ＩＳＳＮ　１３４６－７３２８
国総研資料　第691号
ＩＳＳＮ　０２８６－４６３０
建築研究資料　第137号
平　成　２４　年　７　月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.691　　July 2012

建築研究資料

Building Research Data

No.137　　July 2012

自立循環型住宅設計技術資料

－評価法および要素技術の設計手法に関する研究成果－

Technical data for low energy housing with validated effectiveness:

平成 24 年 7 月

国土交通省　国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

独立行政法人　建築研究所
Building Research Institute
Incorporated Administrative Agency, Japan

はしがき

低炭素社会を目指し、我が国の長期目標として 2050 年までに 1990 年から 80%の二酸化炭素排出量削減が掲げられているが、建築物の高断熱化や機器効率の向上の進展にもかかわらず、住宅・建築分野における二酸化炭素排出量の増加が続いている。上記の長期目標を達成するには、住宅・建築分野では、さらなる省エネルギー化の推進による二酸化炭素排出抑制を図ることが必要不可欠である。また、平成 23 年 3 月の東日本大震災後の電力需給の不均衡解消の点からも、住宅・建築分野における省エネルギー化の推進がより一層強く求められている。一方で、我が国の住まいには健康増進、利便性・快適性の向上といった点において、改善や質向上が求められているところであり、省エネルギー化と質的向上の二つの課題を同時に解決するために、より合理的な建築技術の確立と普及が求められていると言える。

国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所は、平成13年度～21年度にかけて実施した一連の住宅技術開発研究の成果として、「自立循環型住宅設計技術資料　蒸暑地版―エネルギー消費50%削減を目指す住宅設計―」（平成22年1月）、「既存住宅の省エネルギー改修技術資料」（平成22年4月）を公表している。その後、国土技術政策総合研究所では「住宅省エネルギー基準策定支援のための実証的研究（平成20年度～22年度）」、「住宅種別に応じたエネルギー消費性能評価法の開発（平成22年度）」として、建築研究所では「建築・コミュニティーのライフサイクルにわたる低炭素化のための技術開発(平成21年度～22年度)」、「省エネ基準運用強化に向けた住宅・建築の省エネルギー性能評価手法の高度化（平成23年度）」として、更に住宅の省エネルギー技術開発研究に取り組んできた。

本資料は、国土技術政策総合研究所が中心となってまとめた住宅省エネルギー基準の評価指標となる総合的かつ定量的な省エネルギー効果の評価法と、独立行政法人建築研究所が中心となってまとめた自然エネルギー利用、建物外皮、省エネルギー設備に関する要素技術の設計手法に関する成果を、とりまとめたものである。

本資料のとりまとめにあたっては、財団法人建築環境・省エネルギー機構の研究会「自立循環型住宅開発委員会」（委員長：坂本雄三東京大学大学院教授、顧問：三井所清典芝浦工業大学教授）に参加された大学等研究機関及び民間企業に所属する多数の研究者・技術者の方から多くのご意見を頂き、専門的なノウハウや多様な知見を本資料の中で参考とさせて頂いた。また、準寒冷地に関する調査においては、地域の実務者の方々に多大なる協力を頂いた。ここに記して、心から敬意を表する。

本資料の一部は、財団法人建築環境・省エネルギー機構が実務者向けに準備されている「自立循環型住宅への設計ガイドライン　－準寒冷地版－」に反映されると聞いており、両研究所における研究成果の普及活動への同財団の取り組みに対して謝意を表する。

最後に、本資料の作成にご協力頂いたすべての関係各位に敬意を表するとともに、今後、本資料が、住宅の建設に関わる読者諸兄の理解を助け、我が国の住宅の省エネルギー性及び利便性・快適性等の向上の一助となることを期待する次第である。

平成 24 年 6 月

国土交通省国土技術政策総合研究所
副所長　水流　潤太郎
独立行政法人建築研究所
理事長　坂本　雄三

自立循環型住宅設計技術資料

－評価法および要素技術の設計手法に関する研究成果－

目　　次

1. 研究概要 1

2. 外皮に関する研究開発 5

2.1 開口部における日射遮蔽の性能等に関する検討 5

2.1.1 はじめに 5

2.1.2 実験棟概要 5

2.1.3 実験条件 6

2.1.4 測定項目 7

2.1.5 測定結果 7

2.1.6 まとめ 8

2.2 太陽熱利用による暖房負荷削減効果に関する検討 12

2.2.1 はじめに 12

2.2.2 暖房負荷削減に関する数値計算を用いた検討 12

2.2.3 暖房負荷削減に関する実証実験 18

2.3 吹抜け空間の室内環境に関する検討 24

2.3.1 はじめに 24

2.3.2 実大実験棟における吹抜けの温熱環境の検討 24

2.3.3 吹抜け空間の環境性能に関するアンケート調査 29

2.3.4 まとめ 40

2.4 小屋裏換気口の要求性能に関する検討 42

2.4.1 はじめに 42

2.4.2 実験住宅における小屋裏温湿度環境の検討 42

2.4.3 外部風を考慮したシミュレーション計算による小屋裏換気口の要求性能の検討 53

2.4.4 まとめ 57

2.5 陸屋根の防露措置・防露条件の整理に関する検討 59

2.5.1 はじめに 59

2.5.2 屋外実験棟における検討 59

2.5.3 シミュレーション計算による検討 65

2.5.4 まとめ 70

2.6 外壁通気層における防露性能・断熱性能評価に関す検討 71

2.6.1 はじめに 71

2.6.2 通気量の実態把握 71

2.6.3 通気層内温湿度の実態把握 78

2.6.4 通気層を有する外壁における外装材の断熱性能評価 81

2.7 外壁断熱性能の簡易評価方法の開発 86

2.7.1 はじめに 86
2.7.2 簡易評価法の概要 86
2.7.3 簡易評価法の検証 87
2.7.4 まとめ 106
3. 設備に関する研究開発 109
3.1 通風利用によるよる省エネルギー効果等に関する検討 109
3.1.1 はじめに 109
3.1.2 集合住宅試験体の実証実験による省エネルギー効果の検討 110
3.1.3 戸建住宅試験体の実証実験による省エネルギー効果の検討 126
3.1.4 開口部通過風量算定モデルに関する検討 132
3.1.5 夏期～中間期における窓開閉と冷房使用に関する調査 139
3.1.6 集合住宅における通風評価法に関する検討 158
3.2 換気設備の省エネルギー性能等に関する検討 166
3.2.1 はじめに 166
3.2.2 実施内容 166
3.2.3 省エネ評価 167
3.2.4 まとめと課題 190
3.3 給湯・コージェネの試験方法に関する検討 191
3.3.1 はじめに 191
3.3.2 実使用を考慮した試験条件の設定 191
3.3.3 模擬浴槽の開発 246
3.3.4 ガス瞬間式給湯機 248
3.3.5 石油瞬間式給湯機 262
3.3.6 ヒートポンプ給湯機 273
3.3.7 コージェネレーション 278
3.4 家庭用コージェネレーション機器の性能評価方法に関する検討 281
3.4.1 はじめに 281
3.4.2 性能評価試験方法に関する検討 282
3.4.3 実機の測定による実働性能評価 285
3.4.4 ガスと電力のエネルギー消費量を分離する計算ロジックの作成 291
3.4.5 シミュレーションによる評価 294
3.4.6 まとめ 320
3.5 暖冷房機器の効果的使用方法に関する検討 321
3.5.1 はじめに 321
3.5.2 暖冷房機器の容量選定方法の提案 321
3.5.3 暖冷房機器使い方 333
3.5.4 まとめ 343
3.6 昼光利用及び照明機器利用の高度化に関する検討 344
3.6.1 はじめに 344
3.6.2 要素技術の検討 344

3.6.3 設計法の提案 357
3.6.4 まとめ 370

4. 生活モード・家電に関する研究開発 373

4.1 家電消費電力量の推定方法の開発 373
4.1.1 はじめに 373
4.1.2 家電消費電力量に関する実測データの補充と既存データの再評価 374
4.1.3 家電消費電力量試算シートの作成及び計算結果の検証 416
4.1.4 まとめ 426
4.2 調理エネルギーの調査と分析 427
4.2.1 はじめに 427
4.2.2 既往調査の検討 428
4.2.3 アンケート調査 434
4.2.4 まとめ 445

5. 効果検証 446

5.1 はじめに 446
5.2 効果検証方法に関する提案、問題点等 446
5.3 効果検証の結果の例 448
5.3.1 S邸 448
5.3.2 T邸 452
5.3.3 M邸 455
5.4 まとめ 457

執筆者一覧 458

研究組織 462

1. 研究概要

本技術資料は、国土技術政策総合研究所における「住宅省エネルギー基準策定支援のための実証的研究（平成 20 年度～22 年度）」、「住宅種別に応じたエネルギー消費性能評価法の開発（平成 22 年度～）」と、建築研究所における「建築・コミュニティーのライフサイクルにわたる低炭素化のための研究開発（平成 21 年度～22 年度）」、「省エネ基準運用強化に向けた住宅・建築の省エネルギー性能評価手法の高度化（平成 23 年度～）」として実施した研究開発により得られた成果のうち、住宅の省エネルギー技術に関する部分をとりまとめたものである。

外皮に関しては、開口部における日射遮蔽に関する各種手法による日射侵入率の測定、太陽熱の利用（パッシブ利用）による暖房負荷削減効果の検討、吹抜け空間の温熱環境に関する実験的検討および室内環境全般に対する現状把握と課題抽出を目的としたアンケート調査、小屋裏換気口に関する実験・シミュレーションによる評価手法の開発、陸屋根に関する実験・シミュレーションによる防露措置・防露条件の整理、外壁通気層の防露性能・断熱性能評価に必要となる通気量・温湿度等の実測、さらには木造の断熱改修前後に行うことを想定した簡易評価方法を検討した。

設備に関しては、通風、換気、給湯・コージェネ・太陽熱設備、家庭用コージェネレーション機器、暖冷房、照明に関する研究開発を実施した。このうち、通風に関しては集合・戸建住宅試験体における実証実験による省エネルギー効果の検証、開口部通過風量算定モデルの検討、夏期～中間期における窓開閉と冷房使用に関する調査、集合住宅における通風評価法に関する検討を行った。換気に関しては、換気設備の施工・稼働状況に関する測定、省エネルギー型換気設備の評価手法の提案、換気全般にかかる情報の収集・整理、局所換気にかかるエネルギー消費に関する検討を行った。給湯・コージェネ・太陽熱設備に関しては、実使用を考慮した試験条件の設定、模擬浴槽の開発、ガス瞬間式給湯機・石油瞬間式給湯機・ヒートポンプ給湯機に関する効率評価方法の開発を行った。家庭用コージェネレーション機器に関しては、性能評価試験方法の課題抽出、実住宅における測定、電気とガスを分離するための計算ロジックの検討、シミュレーションモデルの開発、シミュレーションによる学習機能の評価に関する検討を行った。暖冷房に関しては、暖冷房機器の容量選定方法の提案、床暖房とエアコンの併用等の暖冷房機器の使い方による違いの実験的検討を行った。照明に関しては、昼光利用技術の高度化のための人工天空、季節・方位・時刻に応じた住宅昼光利用手法の検討、照明設備技術高度化のための戸建て住宅における昼光連動照明制御システムの実験的検討、光束に着目した住宅用照明設計法の検討、省エネ照明設備を導入した住宅事例の調査を行った。

家電等に関しては、家電消費電力量に関する実測データの補充と既存データの再評価、家電消費電力量試算シートの作成及び計算結果の検証、調理エネルギーの調査と分析を行った。

さらに、実験結果を基に推計している既存の省エネルギー効果予測方法の確認として、実在の住宅の省エネルギー効果検証方法の検討とその方法による検証を実施した。

以上の研究開発により、これまでに研究されてきた、住宅における省エネルギー効果推定方法の予測精度を格段に向上させるとともに、適用できる地域をこれまでの温暖地・蒸暑地に加えて準寒冷地にまで拡大することを可能とした。

Technical data for low energy housing with validated effectiveness

This technical data compiled about energy-saving technologies of housing from following studies.

NILIM [*1]:

・Empirical research for housing energy-saving standard decision support. (2008~2010)

・Energy recycling and research on the new technology introduction to the building. (2011~)

BRI [*2]:

・Low-carbon technology development of life cycle of building, community. (2009~2010)

・The quality assessment technique of housing energy-saving standard. (2011~)

[*1] National institute for Land and Infrastructure Management

[*2] Building Research Institute

The details about technical data are as follows.

Technical development of building envelope planning

- Solar shading methods for openings and solar heat gain coefficient measures
- Reduce heating load by solar radiation heat utilization（passive house）
- Questionnaire survey of indoor environments in rooms with void-space
- Development of evaluation method by experiment and simulation for attic ventilation
- Arrangement of measures and condition of dew prevention by experiment and simulation for flat roof
- Measurement of temperature and humidity for evaluation of dew prevention and insulation performance of ventilated cavity inside of wall
- Simply evaluation method for wooden house renovation of heat insulation.

Technical development for using and controlling of wind

- Demonstration of energy-saving effect for tests of multi-family type test building or detached houses type test building
- Study on calculation model for amount of cross ventilation passing through for openings
- Survey of the opening and closing of windows and air conditioning usage during summer and mild seasons
- Technical development of using and controlling of wind by multi-family type test building

Technical development for ventilation System

- Measures of installation and usage for ventilation system
- Development of evaluation method for energy conservation type ventilation system
- Collection and organization for information of ventilation system
- Study of energy-saving effect for local ventilation system

Technical development for domestic hot water system, cogeneration system, solar water heating

- Decision of experimental condition with considering actual use
- Development of simulated heat load bathtub
- Development of efficiency assessment method for instant gas water heater, instant oil water heater, water heater with natural refrigerant heat pump

Technical development for cogeneration system for home use

- Extraction of the issues in the performance evaluation test method
- Measurement in actual use
- Study of calculate logic to isolate electricity and gas consumed for the system
- Development of models for simulation
- Study on evaluation of learning function with simulation

Technical development for heating and cooling equipment

- Proposal of method to choice suitable capacity equipment
- Experimental study of the differences by usage in simultaneously using of multiple type equipments

Technical development for lighting equipment

- Artificial sky for advanced using daylight utilization
- Experimental study of control system in conjunction with housing daylight utilization method for advanced lighting equipment technology
- Study for design method of lighting in house, focused on light flux
- Survey for case study of housing for using energy efficient lighting equipment

Survey for consumer electronics equipment

- Measure and replenishment of the actual consumption data of electric power
- Re-evalution of stored measurement data
- Making estimated data sheet for consumption of electric power, and verification of calculated results
- Investigation and analysis of energy used for cooking

Energy saving effect in actual houses was measured as verification of existing prediction method estimates energy saving effect based on results of experiment.

Accuracy of the existing prediction method for estimating effect of energy conservation in housing is improved significantly by this research. And applicable region was extended by additional semi cold region to mild and hot humid region where original target area.

2. 外皮に関する研究開発

2.1 開口部における日射遮蔽の性能等に関する検討

2.1.1 はじめに

開口部に求められる日射熱取得率，可視光透過率といった物性値は，窓面方位・地域だけでなく居住者の嗜好や生活スタイルにより大きく異なる。最適な日射遮蔽装置を選択するためには，日射遮蔽装置の有効性を評価・予測することが必要である。このような予測・評価を行う上で物性値が必要となり，それらをデータベース化することが重要であると考えられる。このように設計資料として日射遮蔽装置の物性値を横断的に整理することによって，省エネ効果を向上させることが期待できる。しかし，既往の研究では熱物性値や光学特性値など個別の測定は行われているが，横断的な測定事例は少ない[1)]。

熱物性値を測定するためには太陽シミュレーター[2)]を用いた装置など大掛かりな装置を必要とする場合が多く，多数のサンプルを測定するには向いていない。また，大掛かりな装置では光源の移動が困難で，報告されている物性値のほとんどが垂直入射（もしくは拡散光）時のものであり，入射角特性が考慮されていない。

そこで本研究では，実大の実験棟にブラインドやロールスクリーン，レースのカーテン，すだれ等の日射遮蔽装置を装着し，実際の入射角特性を考慮した光環境および熱環境の把握を目的とし，測定を行った。

2.1.2 実験棟概要

東京都文京区東京大学・本郷キャンパスの屋上実験棟において 2010 年 8 月 4 日から 9 月 3 日までの間の晴天日に測定を行った。図 2.1.1 に実験棟の外観と内観を示す。実験棟の大きさは，間口 3940mm，奥行 4028mm，高さ 2442mm である。壁の一面は大きな開口となっており，開口の方位を任意の方位に回転させることができる。本実験期間中はファンコイルユニットにより冷房を行っている。

既往の研究では、本実験棟に対して熱負荷シミュレーションなどを行うときは，窓面に入射する日射量から室内に入射する日射量を推定することが可能であると報告されている[3)]。本研究では，この結果を参考とし，日射侵入率を算出した。



図 2.1.1 実験棟の外観と内観

2.1.3 実験条件

本実験の日射遮蔽装置の条件は日射遮蔽装置なし，内付けブラインド，レースカーテン，すだれ，ロールスクリーン，外付けブラインドの 6 条件である。窓方位は南面と東面とした。但し，東面は測定期間の都合により日射遮蔽装置なし，内付けブラインド，レースカーテンの 3 条件のみの測定である。尚、内付けブラインド及び外付けブラインドのスラット角は 0°（水平)としている。図 2.1.2 に測定した日射遮蔽装置を示す。



図 2.1.2 本測定に使用した日射遮蔽装置

2.1.4 測定項目

測定項目は日射透過率，可視光透過率，輝度分布，照度分布，温度分布，日射侵入率である。輝度分布は 8 時から 12 時まで 1 時間毎の測定とし，他の測定項目は輝度分布の測定日とは異なる日に 1 分間の連続測定とした。図 2.1.3 に測定位置を示す。

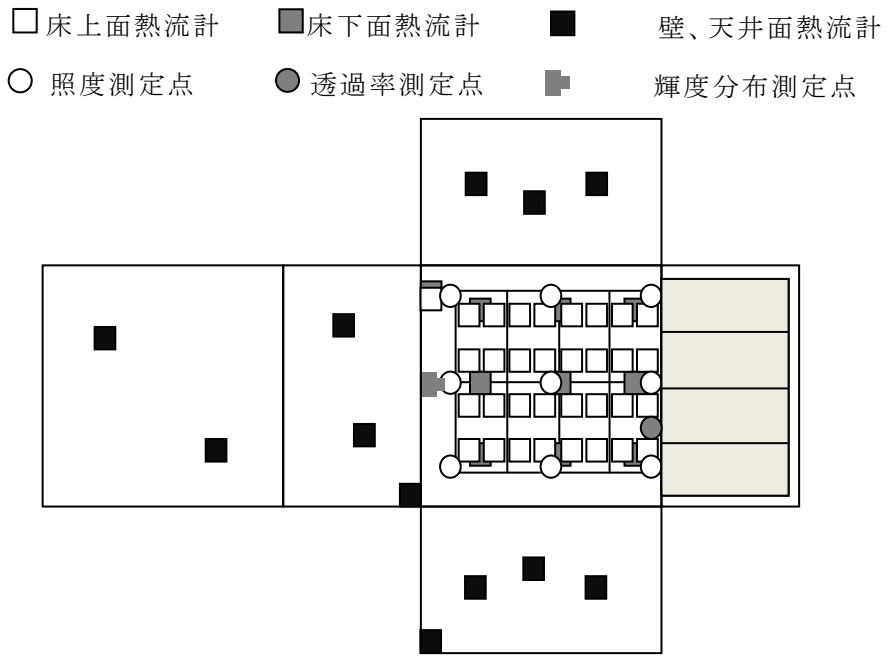


図 2.1.3 測定位置

2.1.5 測定結果

図 2.1.4～図 2.1.12 に結果の一例として、日射侵入率と輝度分布の結果を示す。日射侵入率は高負荷となる時間帯のデータを抽出し解析を行っている(7～17 時かつ窓面鉛直面日射量 200 W/m^2 以上，ファンコイルユニットの流量が安定している時間帯)。日射侵入率は一日の日射からの積算取得熱量に対する一日の積算除去熱量の割合としている。これは実環境下における一日の平均的な日射侵入率と考えられ，日射の入射角特性も考慮されている。

垂直入射に近い東面の遮蔽装置なし 8 時の日射侵入率は 0.40 であり、ISO15099 に基づき測定された結果 0.483 と近い値となっている。また各遮蔽装置の相対的な関係からも概ね良く日射侵入率の測定ができていると考えられる。

遮蔽なしの日射侵入率は南面では日射の入射角が大きくなる為、東面に比べ小さくなっている。本実験で用いたレースカーテンも同様の傾向を示している。一方、それらとは異なりブラインド(スラット角 0°)は東面よりも南面の方が日射遮蔽効果は高い。

2.1.6 まとめ

屋上実験棟において測定を行い，各日射遮蔽装置が室内光・熱環境に与える影響について明らかにした。日射侵入率の測定は主に垂直入射に近い入射角で測定が行われるが、本研究では実条件における日射侵入率を測定した。その結果、垂直入射に近い東面よりも日射の入射額が大きくなる南面の方が日射遮蔽装置なしの場合、日射侵入率が小さくなるなど、方位毎に日射侵入率が異なることを示した。また日射遮蔽装置により日射侵入率の入射角特性が異なることも示している。本測定では実大実験だったので測定環境を制御できず、時刻ごと(入射角ごと)の詳細なデータを得ることができなかった。今後はより詳細な実験を行い、日射遮蔽装置を含む窓面の入射角特性を考慮したデータベースの作成を行う必要がある。

日射遮蔽装置に求められる視環境性能として，「室内の明るさの確保」、「窓面不快グレアの抑制」、「外部景観の見え方の保持」の 3 つが考えられる[4)]。今後は照度分布や輝度分布を用いて視環境性能について検討するとともに，熱環境についても温冷感の評価を行う予定である。光環境と熱環境を総合的に評価し、省エネ性と快適性の観点から日射遮蔽装置を選択することが可能となる。

＜参考文献＞

1)Kobayashi, M. , Sawachi, T. , Kurayama. C. , Nishizawa, S. , Seto, , Inoue, T. , Narita, K,. : Integrated evaluation of solar-shading devices for the indoor climate controllability by cross ventilation and solar shading, Journal of Environmental engineering, Architectural Institute of Japan, No. 613, pp57-64, 2007. 3 (in Japanese)

2)Kurayama. C : Development of a measurement system for shgc and u-value, Study on SHGC and U-value for fenestration and shading system Part 1, Journal of Environmental engineering, Architectural Institute of Japan, No. 604, pp15-22, 2006. 6 (in Japanese)

3)Kim, S. , Kono, R. , Satoh, M. , Kindaichi, S. , Akamine, Y. , Mae, M. , Sakamoto. Y. : Energy Performance in a Floor Heating System of Thermal Energy Storage,Using Solar Direct Gain and Air Source Heat Pump, (Part1) Introduction of the Experimental System and Verification of Solar Direct Gain, Journal of Environmental engineering, Architectural Institute of Japan, No. 660, pp. 169-176, 2011. 2 (in Japanese)

4)Itoh, D. , Iwata, T. , Mochizuki, E. : Comparison of visual performances of window screens and venetian blinds, Study on the evaluation method for the indoor visual environment by window screens Part 4, Journal of Environmental engineering, Architectural Institute of Japan, No. 627, pp. 573-579, 2008. 5 (in Japanese)

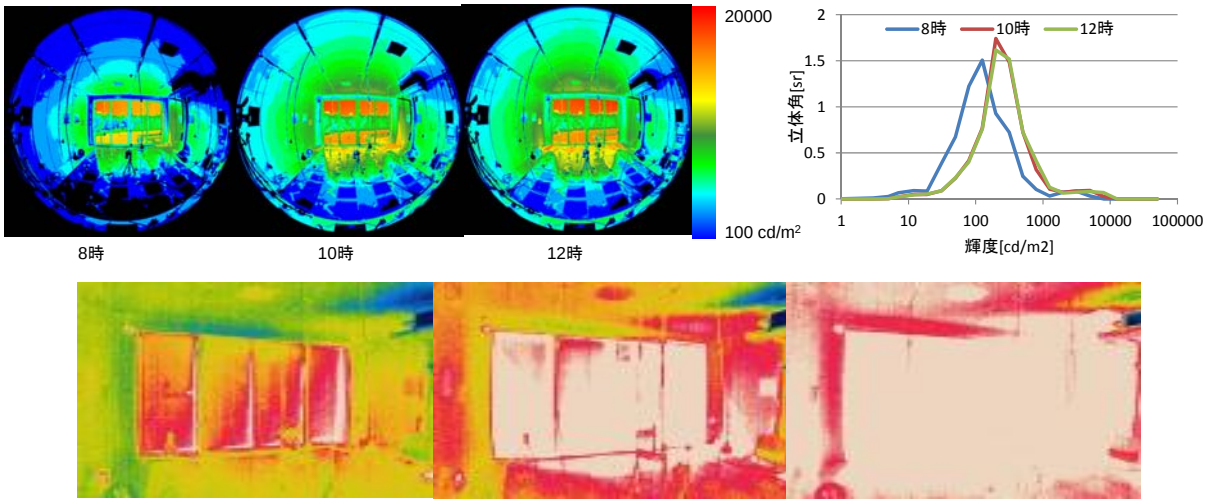


図 2.1.4 遮蔽なし(南面) 日射侵入率:0.35

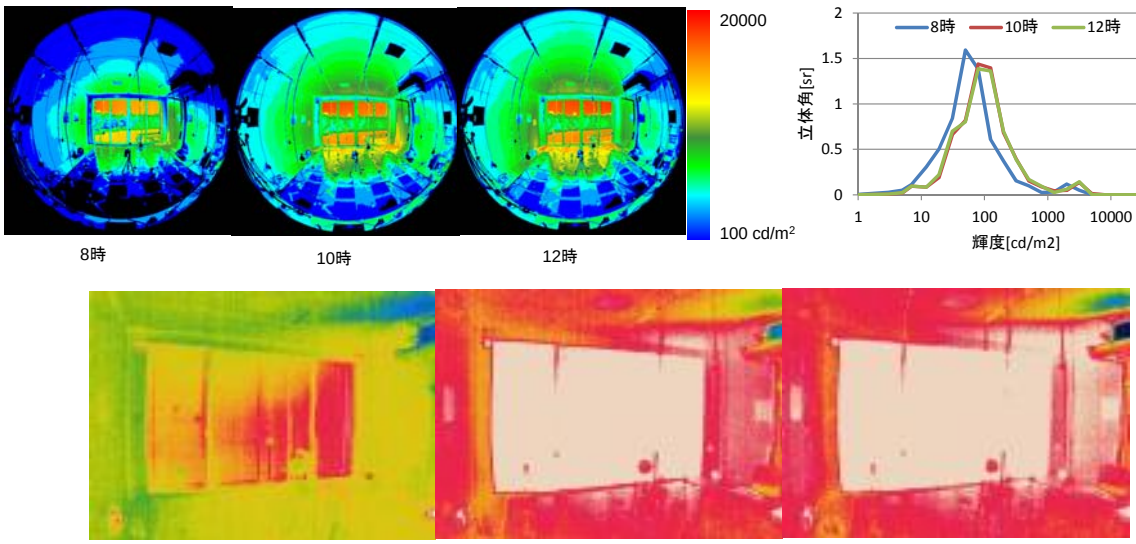


図 2.1.5 内付ブラインド(南面) 日射侵入率:0.12

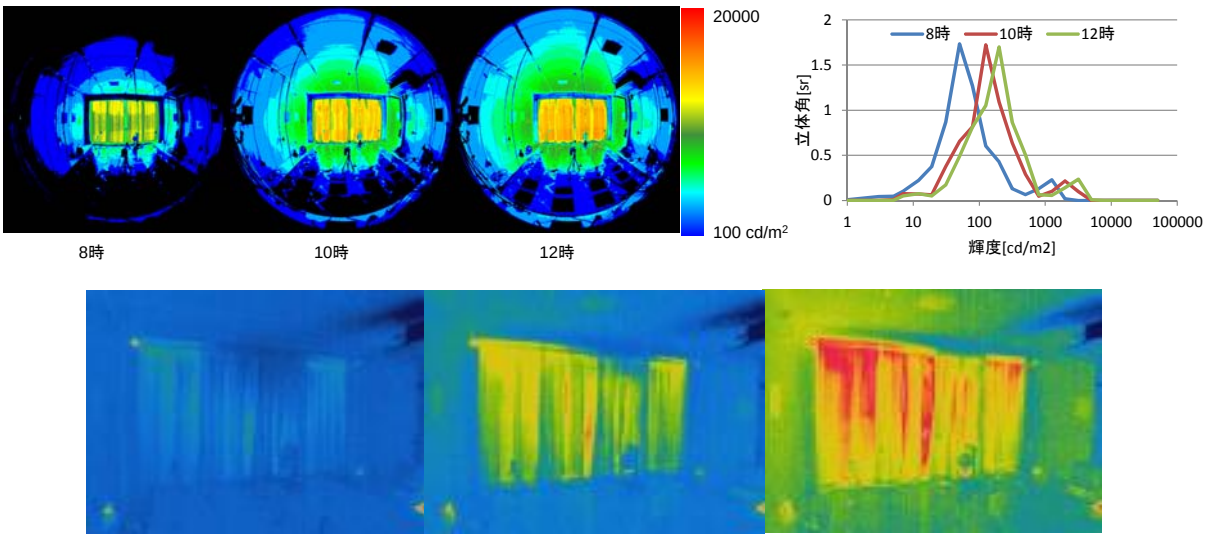


図 2.1.6 レースカーテン(南面) 日射侵入率:0.22

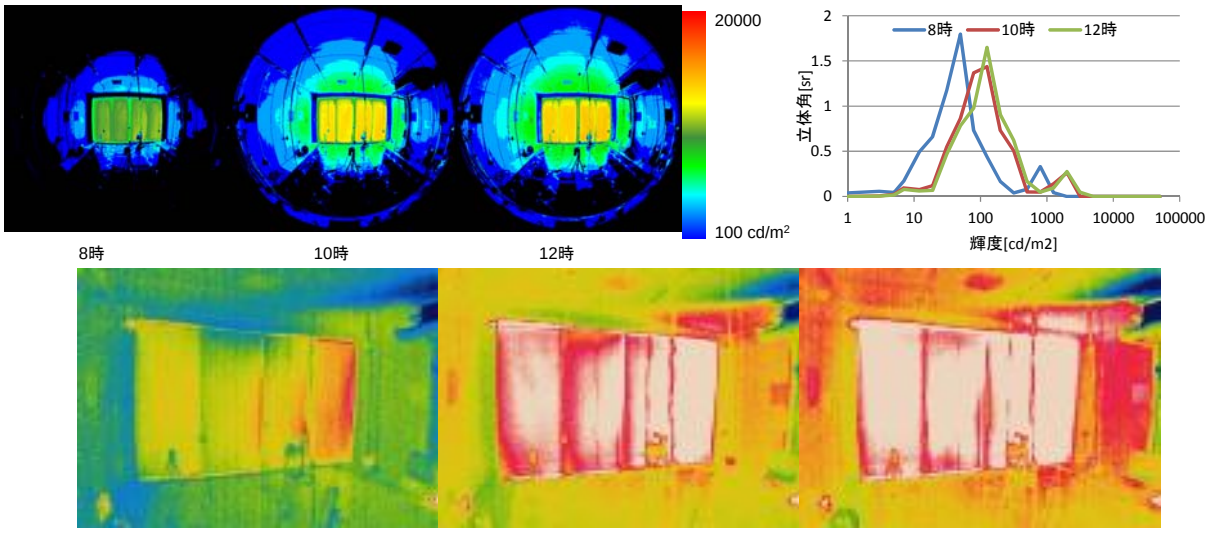


図 2.1.7 ロールスクリーン（南面） 日射侵入率：0.22

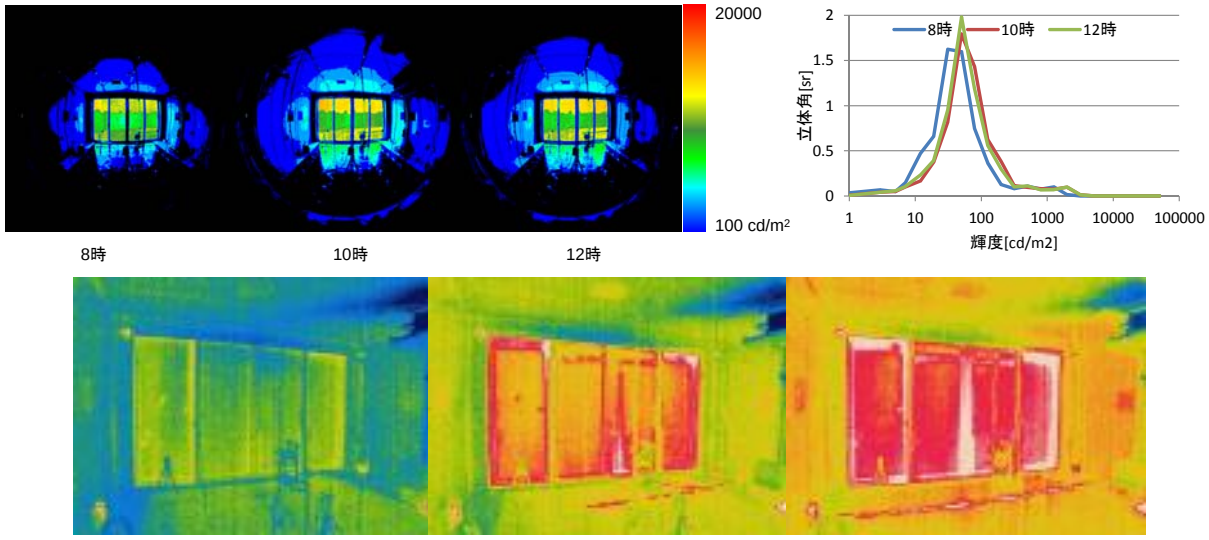


図 2.1.8 すだれ（南面） 日射侵入率：0.11

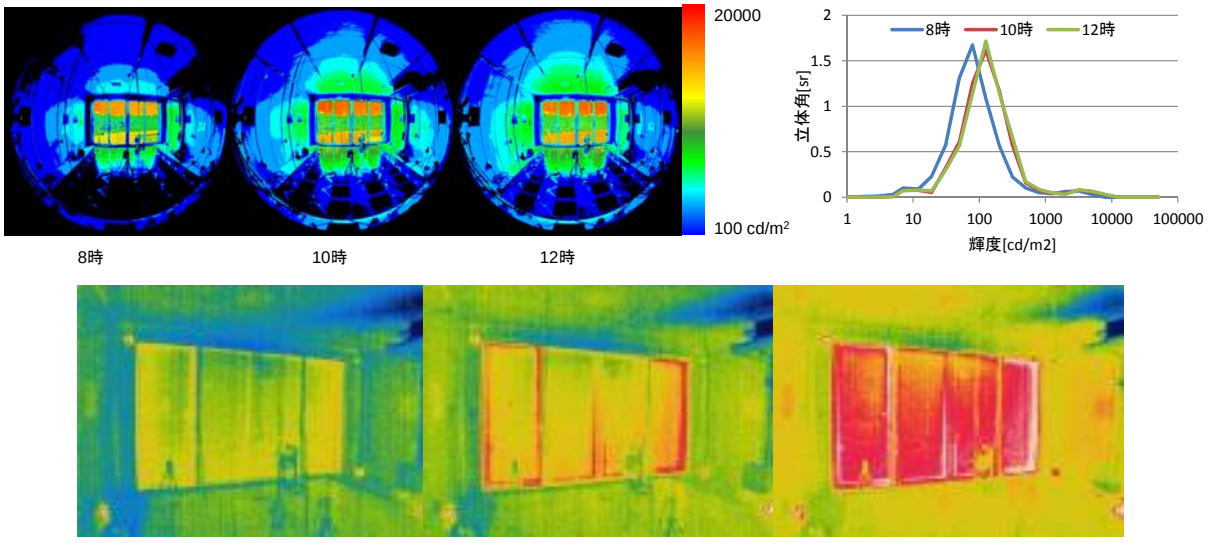


図 2.1.9 外付けブラインド（南面） 日射侵入率：0.13

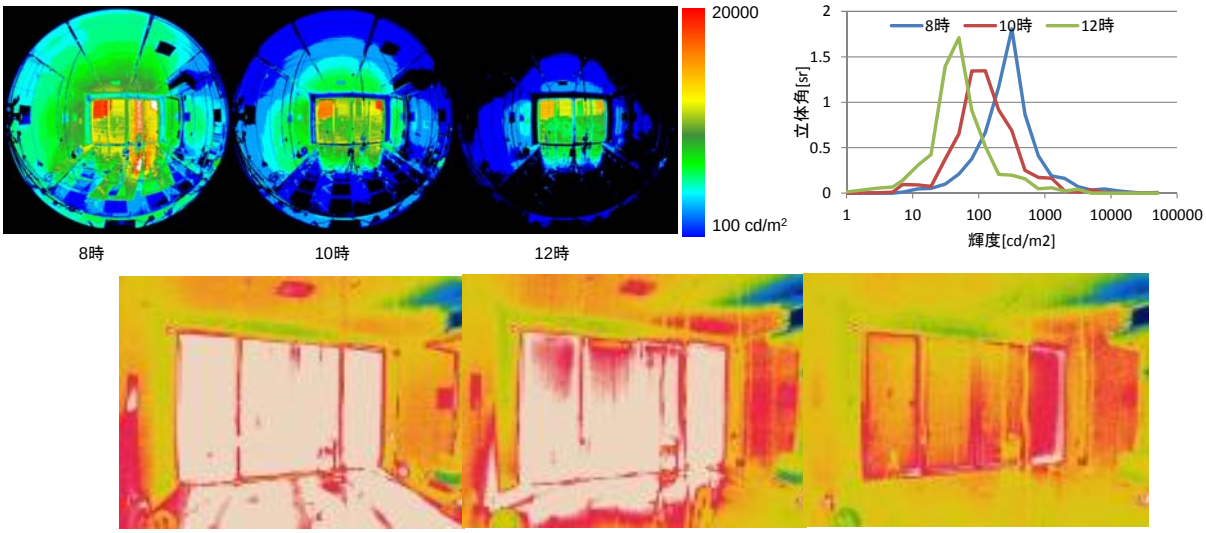


図 2.1.10 遮蔽なし(東面) 日射侵入率:0.40

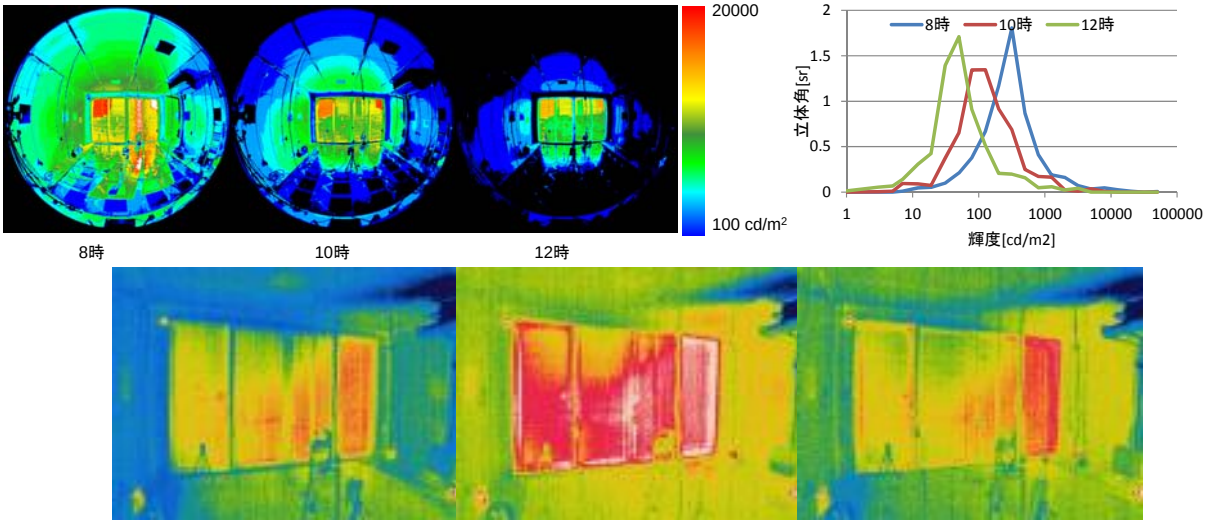


図 2.1.11 ブラインド(東面) 日射侵入率:0.40

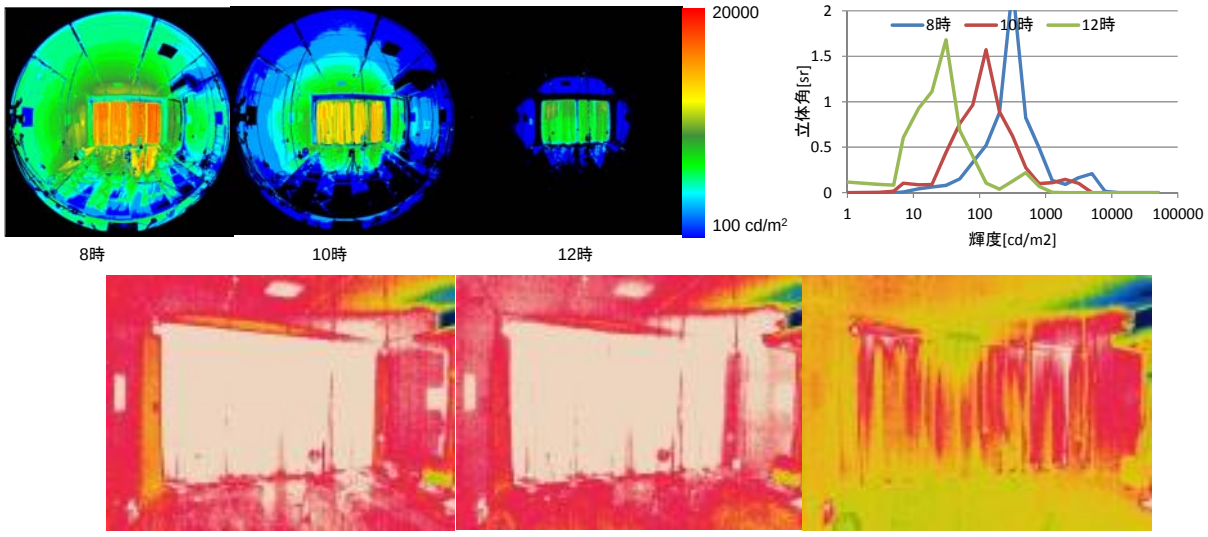


図 2.1.12 レースカーテン(東面) 日射侵入率:0.29

2.2 太陽熱利用による暖房負荷削減効果に関する検討

2.2.1 はじめに

暖房エネルギーの削減手法として、太陽熱を積極的に利用することは非常に重要である。これまでの技術開発の研究においても、太陽熱利用の効果について試算が行われており、立地、方位の条件や蓄熱建材の導入によって暖房負荷削減効果が体系的に示された。しかしながら、これまでの試算は単室のモデルで行われており、住宅一棟での検討がなされていなかった。そこで、太陽熱を利用することによる、住宅一棟としての暖房負荷削減効果について、数値計算を用いた検討を実施した。さらに実住宅での実験も併せて実施し、数値計算の結果の検証を行った。

2.2.2 暖房負荷削減に関する数値計算を用いた検討

太陽熱の利用(パッシブ利用)による、暖房負荷削減の効果を定量的に示すため、シミュレーションを活用した感度分析を行った。

(1) 計算概要

暖房負荷の計算は AE-Sim/Heat を使用し、計算地域は表 2.2.1 のように定めた。なお気象データは、拡張アメダス気象データ2000年版の標準年データを使用した。計算対象の住宅モデルは、自立循環型住宅の研究による一般住宅モデル(図 2.2.1)とした。住宅の断熱仕様は、平成 11 年省エネルギー基準を満たす仕様とした。なおこの断熱仕様は、自立循環型住宅の研究における検討で日射熱利用(パッシブ)の必要条件とされている。この仕様を基準として、表 2.2.2 に示すパラメータを変数とする感度分析を実施した。これらのパラメータは、以前検討した自立循環型住宅の研究において掲げられている項目である。住宅の仕様を変更することで、日射熱利用による暖房負荷削減効果がどの程度期待できるかを確認する。

表 2.2.1 検討対象地域

		P_{SP} 地域区分	
		ろ地域	に地域
HDD_{18-18} 地域区分	III地域	長野	小河内
	IVa地域	富山	宇都宮
	IVb地域	米子	岡山

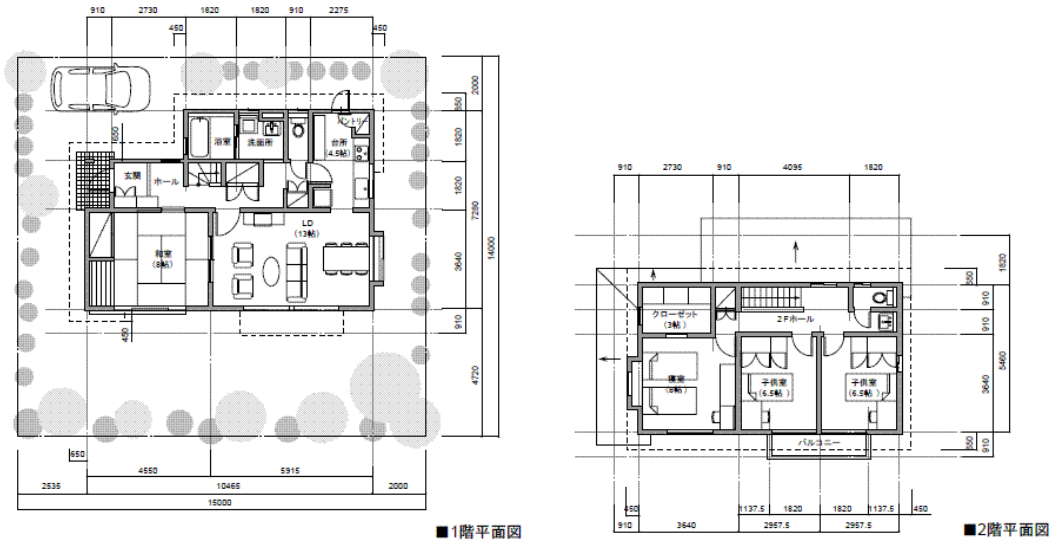


図 2.2.1 一般住宅モデル

表 2.2.2 感度分析のパラメータ

窓のU値 W/m^{2}K	集熱行為	蓄熱	南面開口率 %	方位	日照障害
4.65	あり	あり（床）	16.4	真南	なし
3.49	なし	なし	20.0	東へ15°	日照5h
2.91				東へ30°	日照3h

(2) 感度分析結果

1) 集熱行為による暖房負荷削減効果

集熱行為とは、集熱開口部（真南±30° の方位にある開口部）において、日中にレースカーテンを含む全ての日射遮蔽部材を開放し、積極的に日射熱を取り込む行為を指す。

集熱行為の有無による暖房負荷の比較結果を図 2.2.2 および図 2.2.3 に示す。横軸は集熱行為を実施しなかった場合の暖房負荷、縦軸は集熱行為を実施した場合の暖房負荷である。PSP 地域区分および HDD 地域区分による回帰の両者とも高い相関性を確認できるが、HDD 地域区分で回帰した場合、IVb 地域で傾きが 1 を越えており、高い負荷帯では集熱行為による暖房負荷削減の効果が減少することを意味する結果となった。このことから、集熱行為による暖房負荷削減効果は PSP 地域区分によって層別することが適切であると考えられる。

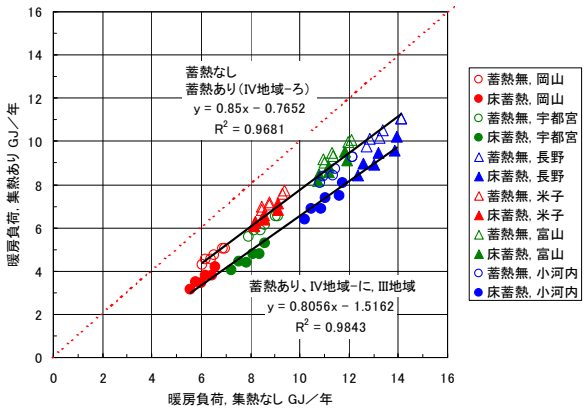


図 2.2.2 集熱行為の有無による暖房負荷の比較（P_{SP} 地域区分による回帰）

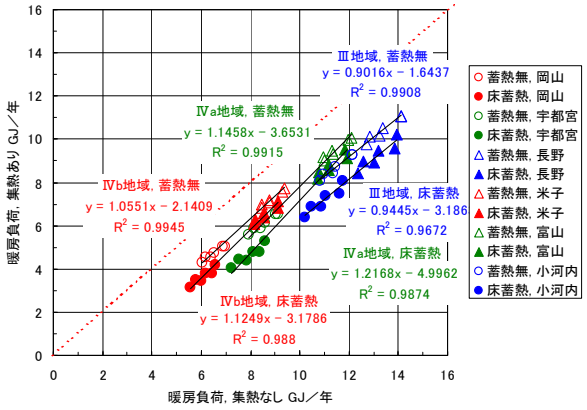


図 2.2.3 集熱行為の有無による暖房負荷の比較（HDD 地域区分による回帰）

また、集熱行為の効果は蓄熱材料を設けることで高められることが図から確認できるが、その効果を地域毎に見ると、IVa-ろ地域および IVb-ろ地域における年間暖房負荷は、蓄熱材料がない場合と殆ど変わらない一方で、III 地域では、PSP の地域によらず蓄熱の効果が現れていることが読み取れる。

2）蓄熱（熱容量の付加）による暖房負荷削減効果

温暖地における自立循環型住宅では、太陽熱利用において有効な蓄熱容量として 120kJ/m^2K の熱容量を付加することを推奨している。そこで、蓄熱容量を付加することによって、暖房負荷がどの程度削減されるか、改めて確認を行った。熱容量の付加は床面に対して行い、全ての床の室内側にコンクリート 60mm（120kJ/m^2K の熱容量に相当）を付加して計算した。

暖房負荷の比較結果を図 2.2.4 および図 2.2.5 に示す。蓄熱による効果は集熱行為の有無によって異なっていることが伺える。集熱行為を実施した場合、日射取得熱の多いは地域は、ろ地域よりも暖房負荷が少なくなる傾向にあることが確認できる。一方、集熱行為を行わない場合は、暖房負荷に地域による差は見られず、回帰直線の傾きも 1.0 に近いことから、蓄熱容量の付加は、集熱行為と組み合わせることによって効果が得られると考えられる。

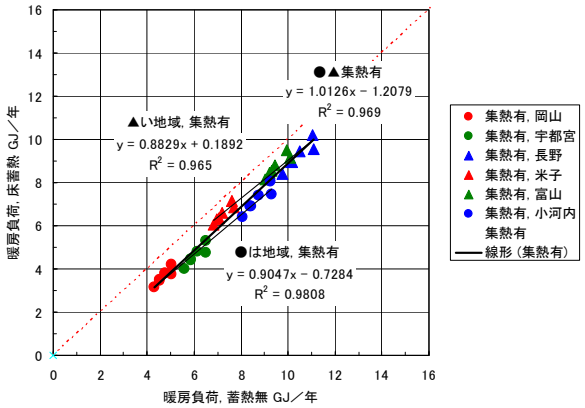


図 2.2.4 蓄熱による暖房負荷削減効果（集熱行為あり）

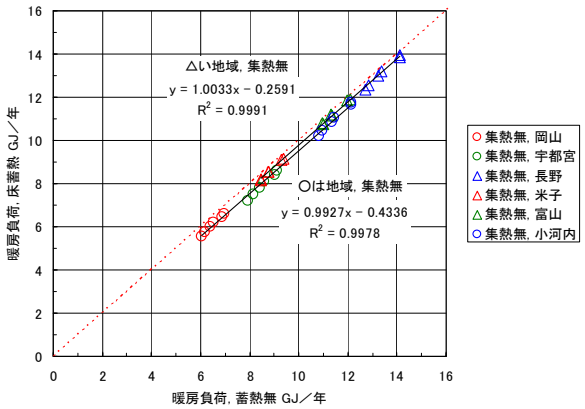
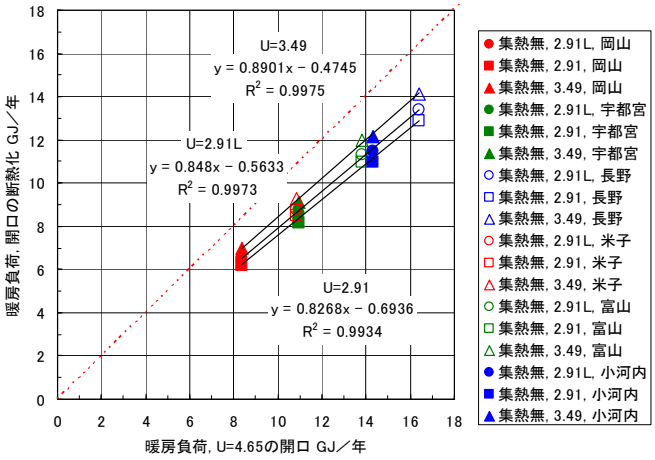


図 2.2.5 蓄熱による暖房負荷削減効果（集熱行為なし）

3）開口部の仕様による暖房負荷の差異

開口部の断熱性能を向上させた場合の暖房負荷の削減効果を図 2.2.6 に示す。横軸は開口部の U 値が 4.65W/m²K である場合の暖房負荷、縦軸は断熱性能を向上させた場合の暖房負荷である。この図から、開口部の断熱性能を向上させた場合の暖房負荷削減効果は、HDD 地域区分ならびに PSP 地域区分によらず、仕様ごとに 1 つの回帰式で表現できることが確認できる。さらに、断熱性能が同一である場合は普通複層ガラスよりも遮熱複層ガラスの暖房負荷の方が大きくなっていることがわかる。これは、遮熱ガラスにより日射取得熱が小さくなることで、普通複層ガラスに比して暖房負荷が大きくなったことに起因すると考えられる。ガラスの仕様による暖房負荷の差異を図 2.2.7 に示す。この図からも、遮熱複層ガラスの暖房負荷は普通複層ガラスよりも大きく、地域によらず同様の傾向にあることが確認できる。



2.91L　：遮熱複層ガラス
　　U 値=2.91W/㎡・K
2.91　：普通複層ガラス
　　U 値=2.91W/㎡・K
3.49　：普通複層ガラス
　　U 値=3.49W/㎡・K

図 2.2.6 開口部の断熱仕様による暖房負荷の差異

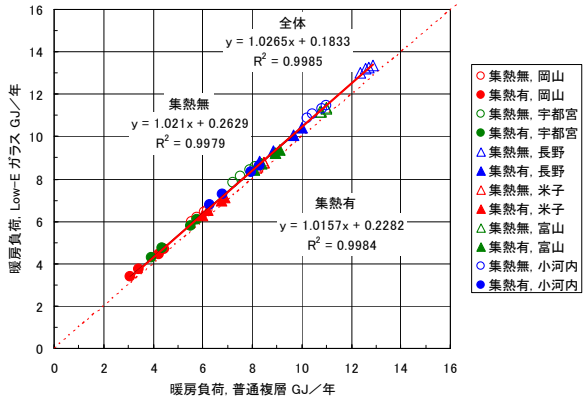


図 2.2.7 ガラスの仕様による暖房負荷の差異

4）方位角および日照時間による暖房負荷の差異

日照障害がない条件下において、集熱開口部の方位が真南から 15°、および 30°東へ振れた場合の暖房負荷を図 2.2.8 および図 2.2.9 に示す。集熱開口部が真南に面している場合に比して、15°振れた場合はおよそ 3%、30°振れた場合にはおよそ 6%暖房負荷が大きくなっており、地域によらず同様の傾向にあることが確認できる。

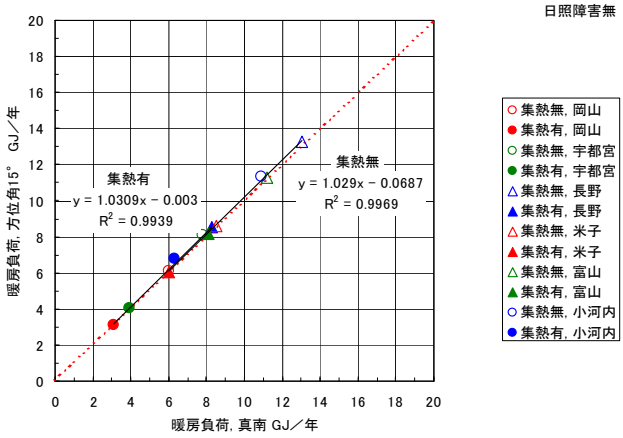


図 2.2.8 方位角の暖房負荷への影響（方位角 15°、日照障害なし）

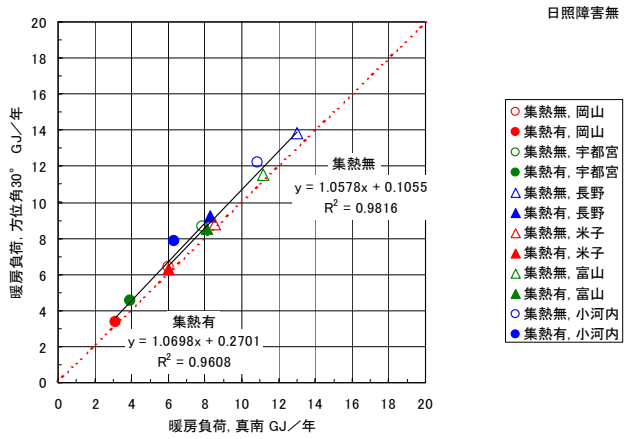


図 2.2.9 方位角の暖房負荷への影響（方位角 30°、日照障害なし）

日照時間 5 時間における、各方位角の暖房負荷を図 2.2.10、図 2.2.11 に示す。回帰直線の傾きは 1.0 に近くなっているが、日照障害がない場合に比して切片が大きく、日照時間が少なくなることで暖房負荷が全体的に大きくなっていることが伺える。

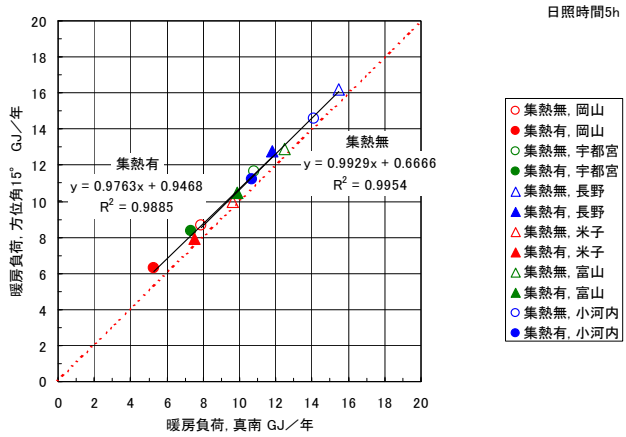


図 2.2.10 方位角の暖房負荷への影響（方位角 15°、日照 5 時間）

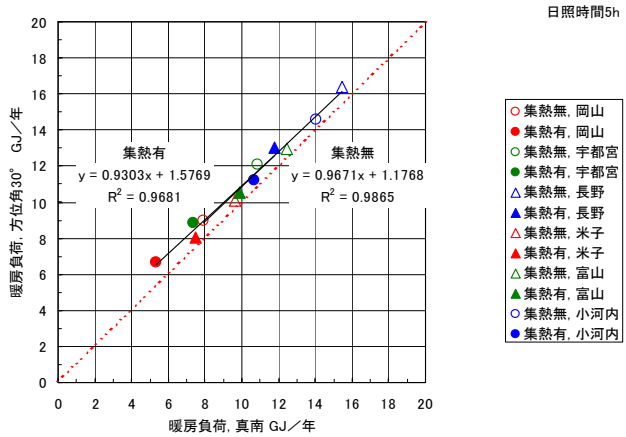


図 2.2.11 方位角の暖房負荷への影響（方位角 30°、日照 5 時間）

日照時間が 3 時間の場合、図 2.2.12、図 2.2.13 に示すように、回帰直線の傾きが 1.0 を超えていることに加え、切片が日照時間 5 時間の条件よりも大きくなっていることが確認できる。

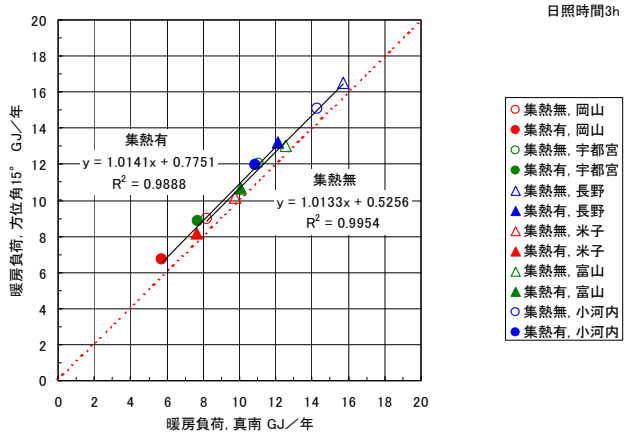


図 2.2.12 方位角の暖房負荷への影響(方位角 15°、日照 3 時間)

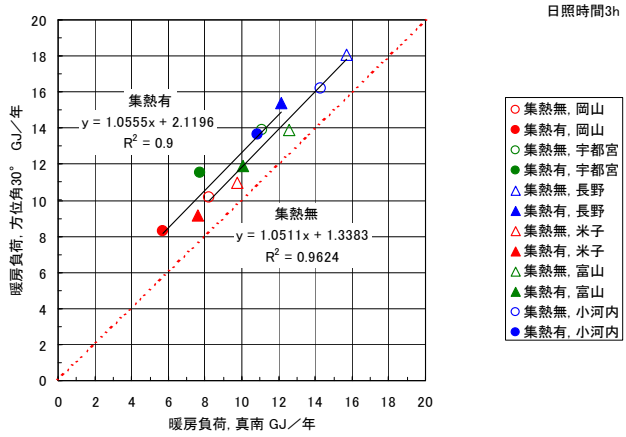


図 2.2.13 方位角の暖房負荷への影響(方位角 30°、日照 3 時間)

(3) まとめ

AE-Sim/Heat を使用した数値計算により、日射熱を積極的に利用する場合の建物仕様に関する感度分析を実施した。その結果、集熱行為と蓄熱建材の採用が暖房負荷削減に対して比較的大きな効果をもつことが確認された。特に、蓄熱建材は太陽熱の積極的な利用を前提として採用することが重要であることが確認された。

2.2.3 暖房負荷削減に関する実証実験

前項で示されたシミュレーション結果を実証することを目的として、岐阜県恵那市に建設された住宅において暖房に係るエネルギー消費量の測定を実施した。今回の実験では特に、集熱行為による暖房負荷削減効果の確認、蓄熱建材の有無による暖房負荷の差異に関する調査、および日照時間が短い場合における暖房エネルギー増加の度合いの確認を実施した。

(1) 実験対象住宅

実証実験は、岐阜県恵那市に建設された木造軸組構造の戸建住宅にて実施した。集熱行為

による暖房エネルギー削減効果および日照障害による暖房エネルギー増大に関する実験は、図 2.2.14 に示す土壁住宅で実施した。この住宅には蓄熱建材として壁の室内側に厚さ 63mm の土壁が施されている(図 2.2.15)。延床面積は 120.5m^2、熱損失係数(Q 値)は 1.35W/m^2K である。



図 2.2.14 土壁住宅外観



図 2.2.15 土壁住宅内観

また、蓄熱建材の有無による暖房エネルギーの差異に関する実験は、図 2.2.16 に示す K 邸離れで行った。当該住宅には図 2.2.17 に示すように、南面の開口付近に蓄熱体が敷設されている。表面は御影石で仕上げられ、この下にコンクリートブロックが積まれている。延床面積は 99.4m^2、Q 値は 2.0W/m^2K である。



図 2.2.16 K 邸離れ外観



図 2.2.17 K 邸離れ内観

(2) 実験条件

1) 集熱行為の効果の検証（土壁住宅）

日射熱の取得条件と暖房エネルギーとの関係を確認するため、集熱開口部からの日射取得を変化させて実験を行った。窓面を透過する日射量の調整は、窓の室内側に設置された断熱スクリーンを用いることとした。昼間にスクリーンを全開にして日射熱を取り入れる場合（全開）と、終日スクリーンを閉じて日射を遮った場合（全閉）、日照障害を模擬するために 10 時～13 時の間のみスクリーンを開け、それ以外はスクリーンを閉じる場合（日照 3 時間）の 3 つのケースについて、暖房に係るエネルギーを測定した。設定温度は 20℃とし、暖房スケジュールは 6 時～10 時および 16 時～23 時とした。暖房は図 2.2.17 に示すように電気ファンヒータを使用し、温度成層ができないようにサーキュレータを用いて室内空気を撹拌した。このときの室内における消費電力量を暖房エネルギーとした。測定期間は各ケース共 2 週間とした。



図 2.2.18 暖房用ファンヒータ

2) 蓄熱による効果（K邸離れ）

蓄熱体の有無による暖房エネルギー消費の差異を確認するため、図 2.2.18 の蓄熱部位を露出した場合（蓄熱あり）と、断熱材で表面を覆い蓄熱を無効にした場合（蓄熱なし）で、暖房に係るエネルギーを比較した。暖房のスケジュールや設定温度は 1)と同様である。測定期間は各ケース共 2 週間とした。

(3) 実験結果

1) 集熱行為による効果（土壁）

各実験ケースにおける測定期間から外気温が類似している部分を抜き出し、図 2.2.19～図 2.2.21、および表 2.2.3 に示す。外気温を見ると、全開のケースでは 3 日間とも同じように推移しているが、全閉のケースでは 3 日目の夜間が高い一方、日照 3 時間のケースでは 1 日目が全体的に高く、3 日目は全体的に低くなっていることが確認できる。室温（床上 1,200mm）は、全開のケースと日照 3 時間のケースで同様の推移となっているが、全閉のケースでは全体的に低くなっていることが確認できる。暖房用として 2,000W のヒータを準備したものの、暖房能力が不足していたと考えられる。

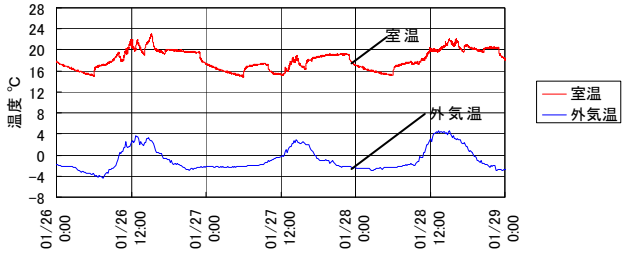


図 2.2.19 室温および外気温の推移（全開）

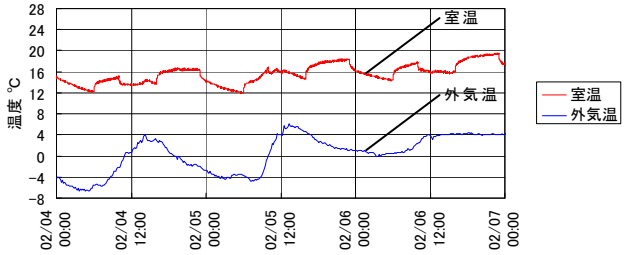


図 2.2.20 室温および外気温の推移（全閉）

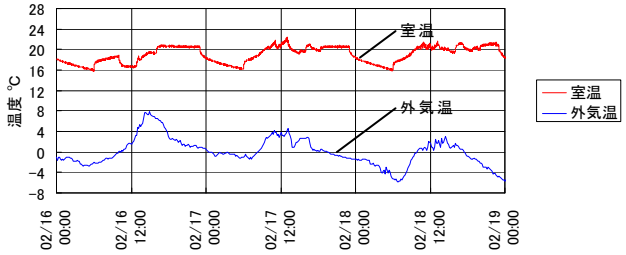


図 2.2.21 室温および外気温の推移（日照 3 時間）

表 2.2.3 各実験ケースにおける外気温

	平均気温	最高気温	最低気温
全開 (1/26-29)	-0.87	4.7	-4.4
全閉 (2/4-6)	0.34	6.1	-6.7
日照3h (2/16-18)	0.03	7.8	-5.9

単位：℃

このときの暖房に係るエネルギー消費量の測定結果を表 2.2.4 に示す。全開のケースと日照 3 時間のケースのエネルギー消費が同等となっているが、全開のケースの 2 日目において、昼間の外気温が低いことから日射量が十分得られなかったことが考えられ、そのため 2 日目の消費エネルギーが増大し、結果として日照 3 時間のケースの暖房エネルギーと同等となったことが考えられる。全開のケースの 2 日目における消費エネルギーが 1 日目、3 日目と同等であったと仮定すると、日照 3 時間のケースよりもエネルギー消費が小さくなると思われる。したがって、暖房に係るエネルギーの削減のためには日射熱を積極的に取り入れることが肝要であるといえる。

表 2.2.4 各ケースにおける消費エネルギー

	1日目	2日目	3日目	平均
全開	36.7	42.3	36.4	38.4
全閉	44.9	41.0	44.6	43.5
日照3h	39.2	35.2	37.7	37.4

単位：kWh

2）蓄熱による効果（K邸離れ）

各実験ケースにおける測定期間から外気温が類似している部分を抜き出し、図 2.2.22～図 2.2.25、および表 2.2.5 に示す。蓄熱なしのケースで、1 日目に室温および外気温が蓄熱のある場合に比して低くなっているものの、室温および外気温の推移、窓を透過した日射量の推移は両ケースとも概ね同様となっていることが確認できる。

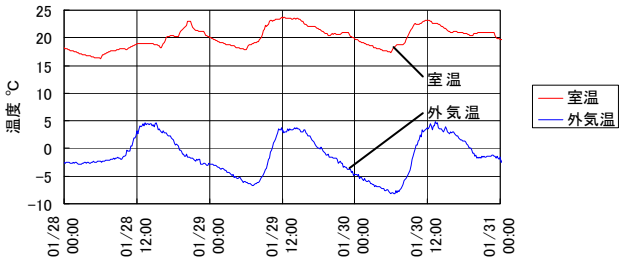


図 2.2.22 室温および外気温の推移（蓄熱あり）

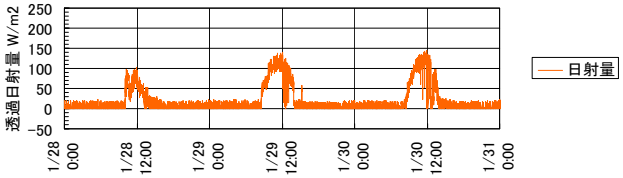


図 2.2.23 透過日射量の推移（蓄熱あり）

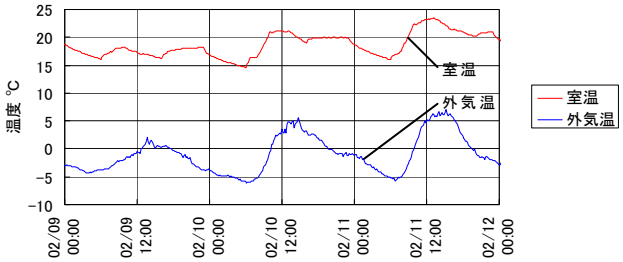


図 2.2.24 室温および外気温の推移（蓄熱なし）

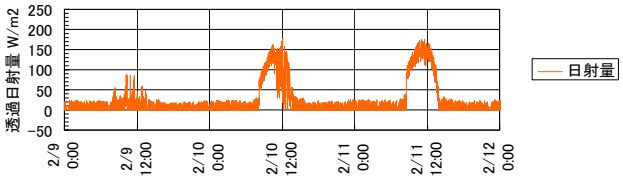


図 2.2.25 透過日射量の推移（蓄熱なし）

表 2.2.5 各ケースにおける外気温

	平均気温	最高気温	最低気温
蓄熱あり (1/28-30)	-1.28	4.9	-8.1
蓄熱なし (2/9-11)	-1.01	7.1	-6.1

単位：℃

このときの暖房に係るエネルギー消費量の測定結果を表 2.2.6 に示す。蓄熱建材を敷設した場合、蓄熱がない場合に比して、暖房に係るエネルギーが 2 割程度少なくなっていることを確認できる。日射熱の取得もさることながら、室内に取り入れた熱を蓄えることも重要であることが、この結果から伺える。

表 2.2.6 各ケースにおける消費エネルギー

	1日目	2日目	3日目	平均
蓄熱あり	17.2	13.3	20.0	16.84
蓄熱なし	23.3	23.3	13.5	20.04

単位：kWh

(4) まとめ

シミュレーションで得られた結果の検証のため、実住宅における暖房実験を実施した結果、数値計算と同様に、積極的な日射熱取得や蓄熱によって、暖房にかかるエネルギーを削減することができることが確認された。

2.3 吹抜け空間の室内環境に関する検討

2.3.1 はじめに

近年の住宅で多く採用される空間構成として、吹抜けを介した LDK と階段室や寝室との一体化が挙げられるが、通風経路や採光面の確保等への寄与に対し、暖房エネルギーの増加やコールドドラフト等の問題が指摘されている [1)、2)]。特に不均一な温熱環境は、隣室条件、生活スタイルによって大きく異なり、設備計画もこれらを勘案べきであるが、経験則に基づいた設計法や対策が採られているのが現状である。

そこで本検討では、吹抜け空間の温熱環境に関する実験的検討を行うとともに、室内環境全般に対する現状把握と課題抽出を目的としたアンケート調査を行った。なお、温熱環境に関する実験については既往の実験結果 [1)]を一部引用したうえで、追加検討を行った。

2.3.2 実大実験棟における吹抜けの温熱環境の検討

(1) 吹抜け空間の温熱環境の測定結果[注)]

既往研究では、人工気象室内に建設された吹き抜けを有する鉄骨 ALC 造 3 階建ての戸建実験住宅(図 2.3.1 参照、Q 値= 2.8 W/m^{2}K)において、暖房時の吹抜けの温熱環境の測定が行われている。表 2.3.1 に検討ケースを示す。測定対象は南側の 1～2 階の吹抜け部分で、外気温度は 6℃一定、1、2 階の居間以外の空間と 3 階は非空調となっている。エアコンの仕様は1階が 6.7kW、2 階が 3.6kW の定格容量(暖房時)、床暖房はガス温水式である。

図 2.3.2 は実験を開始し温度が安定してからの温度と風速の上下分布である。計測ポイントは図 2.3.1 に対応しており、D1 がリビング階段上り口付近の結果である。Case3 が床暖房のみ、Case4 が 1 階のエアコンを運転した際の結果であるが、床暖房の有無にかかわらず足元付近(床上 100mm)の空気温度が低いうえ、風速 0.4m/s もの気流が生じている。

(2) 吹抜け空間の保温性能の測定

前述した既往の測定結果では 0.4m/s ものドラフトが生じていたが、吹抜け空間の断熱性に対し暖房機器容量の不足が懸念されるため、吹抜けを介して繋がる暖房領域全体の保温性能を測定した。測定方法は、電気ヒーターにより室内を加熱するとともに、空間内に温度差が生じないようファンにより撹拌し、内外温度差と加熱量より空間全体の保温性能を算出する。暖房領域は前節の実験と同様、図 2.3.1(d)に示す空間で廊下や 2 階の階段室に繋がる扉は閉とした。保温性能の測定結果を表 2.3.1 に示す。保温性能は住宅の熱損失係数と同様に、加熱量を内外温度差と床面積で除した値である。ただし、吹抜け空間のため床面積の設定を 3 水準設けて保温性能を算出した。測定時は加熱量 3.8kW で内外温度差が約 22K 生じており、保温性能は吹抜け部分の床面積を加えた条件 3 で 3.5W/m^{2}K であった。1 階のエアコンの暖房能力は定格で 6.7 kW であり、測定結果を勘案すると吹抜けを介した 1 階のエアコンだけでも 1、2 階の空間を暖房

するには十分な能力を有すると言えよう。しかし図 2.3.2 の 2 階床付近（H1）の温度は低く、空間構成や暖房設備の配置の影響で温度ムラが生じており、吹抜け空間特有のドラフトを発生させる要因になったと推測できる。

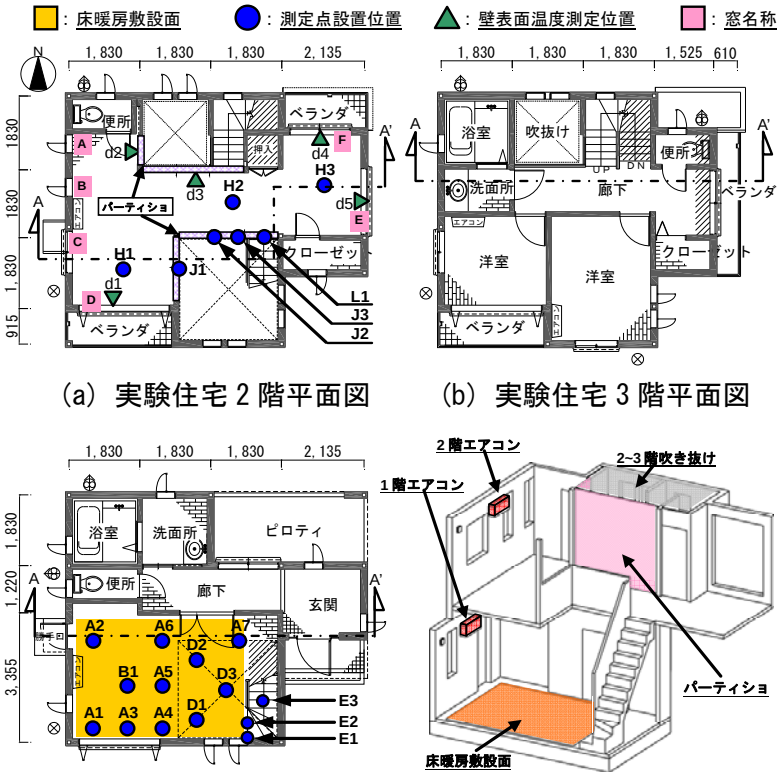


図 2.3.1 実験住宅平面図及び暖房機器設置位置 [1)より引用]

表 2.3.1 検討ケース

ケース	エアコン設定温度［℃］		床暖房運転設定	備考
	1階	2階		
Case3	—	—	強	再実験
Case4	20	—	—	
Case5	20	—	強	
Case6	—	20	強	
Case7	20	20	強	
CaseA	20	20	—	追加実験
CaseB	20	16	—	
CaseC	—	16	強	
CaseD	—	20	弱	
CaseE	20	20	弱	

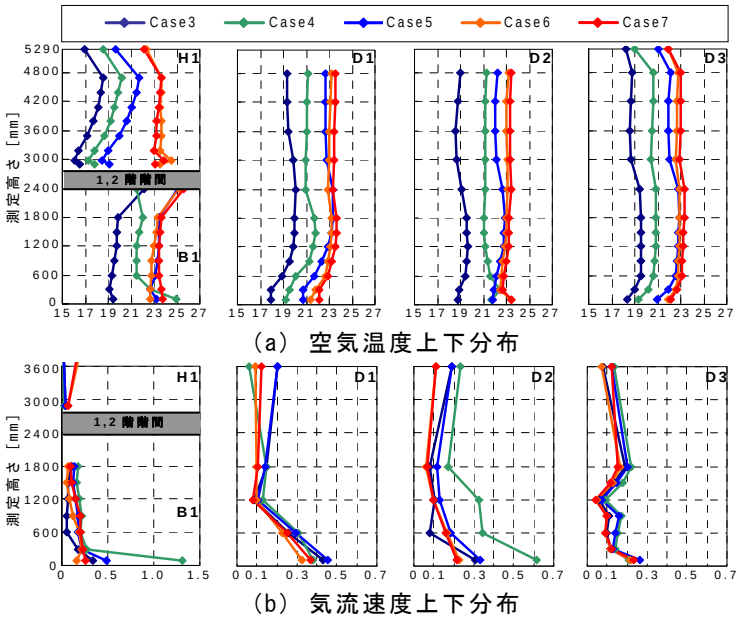


図 2.3.2 吹抜けの温度及び風速分布[文献 1)より引用]

表 2.3.2 空調領域の保温性能測定結果

分類	項目	結果	単位
建物条件	条件 1(1F 面積のみ)	18.98	m^2
	条件 2(1F、2F 延床面積)	41.58	
	条件 3(1F、2F 延床面積[吹抜け含む])	49.12	
測定結果	加熱量	3879	W
	室内温度	28.4	℃
	外気温度	6.0	℃
	内外温度差	22.4	K
	総括熱貫流率	173.0	W/K
保温性能	条件 1(1F 面積のみ)	9.1	W/m^2K
	条件 2(1F、2F 延床面積)	4.2	
	条件 3(1F、2F 延床面積[吹抜け含む])	3.5	

(3) 暖房時の気流性状の可視化

メタルハライドランプを用いた非レーザー可視化装置を用いて、1 階リビングにおける暖房時の気流性状把握を試みた。実験は 1 階エアコン、1 階床暖房、1 階床暖房+2 階エアコンの 3 ケースの暖房方式について行った。測定時の上下及び水平方向の温度分布を図 2.3.3、図 2.3.4 に、床付近の風速分布を図 2.3.5 に示す。

1 階エアコンのみでは 1･2 階床付近の温度が 18℃を下回っている箇所があり、床暖房でも 2 階の温度は低い(図 2.3.3、図 2.3.4)。図 2.3.5 の風速分布は階段付近の値が高く、リビング階段を経由したドラフトの影響と考えられる。図 2.3.6 は 1 階床上 100mm の平均ベクトルと流線(評

価時間:20 秒)である。1 階床暖房のケースでは階段降り口からの気流が顕著に表れており、図の右斜め下への流れが生じている。1 階エアコン運転時は、吹出しの影響を受け写真中央で階段からのドラフトと衝突し渦が生じている。

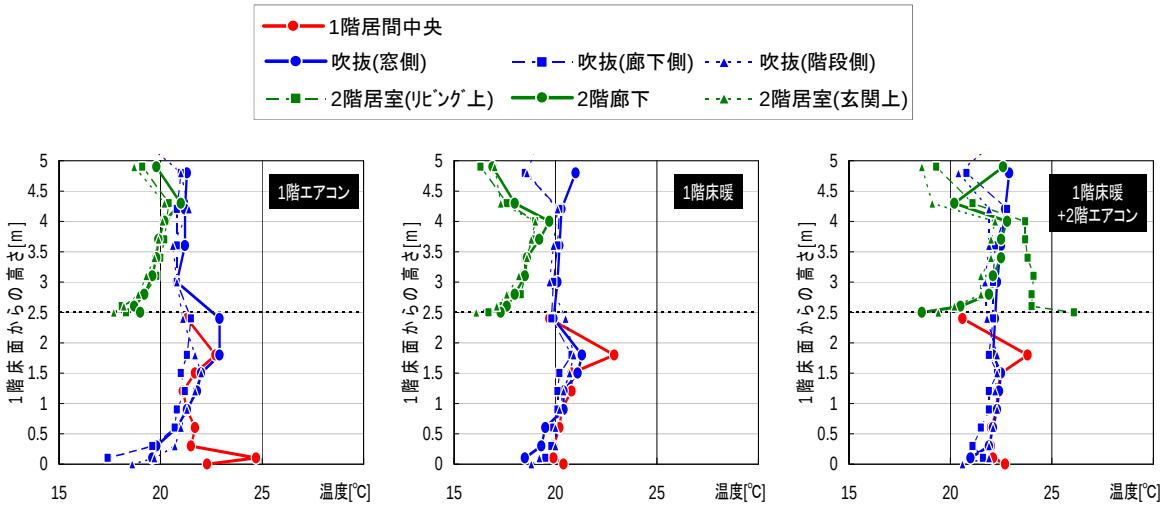


図 2.3.3 測定時の上下温度分布

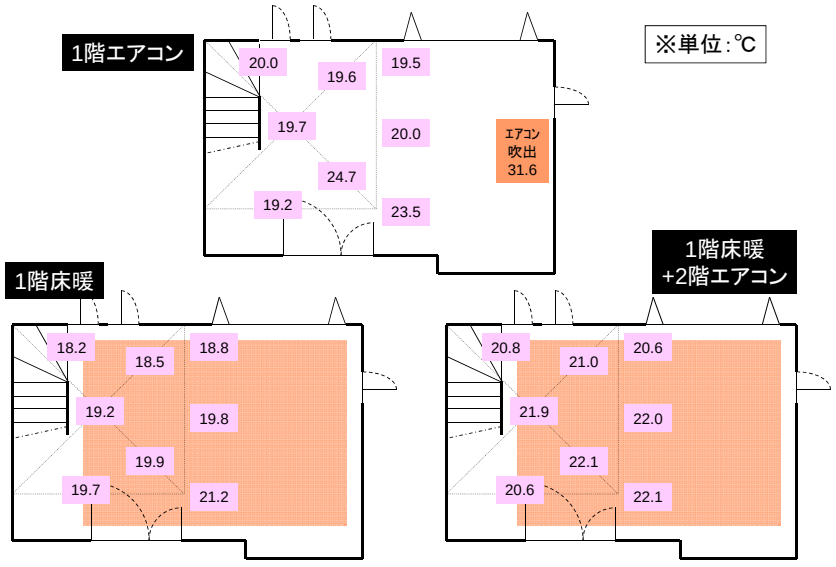


図 2.3.4 測定時の床付近温度分布

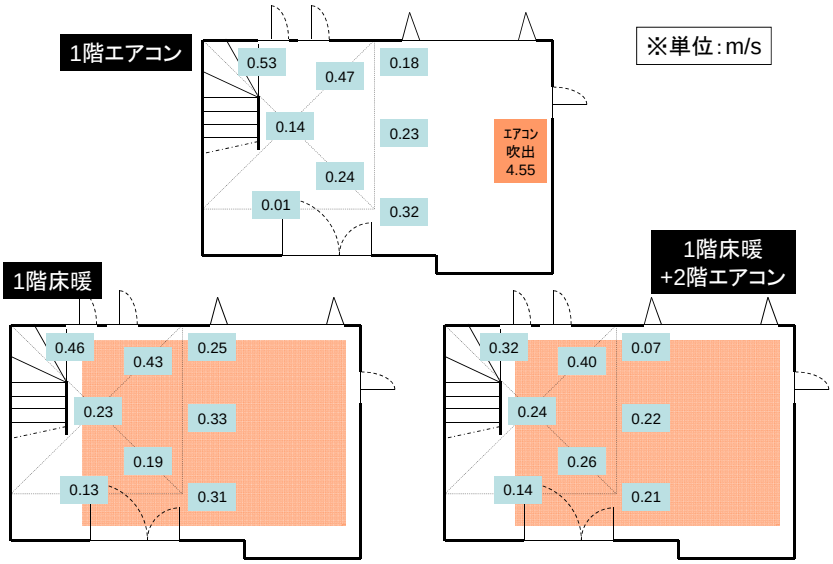


図 2.3.5 測定時の床付近風速分布

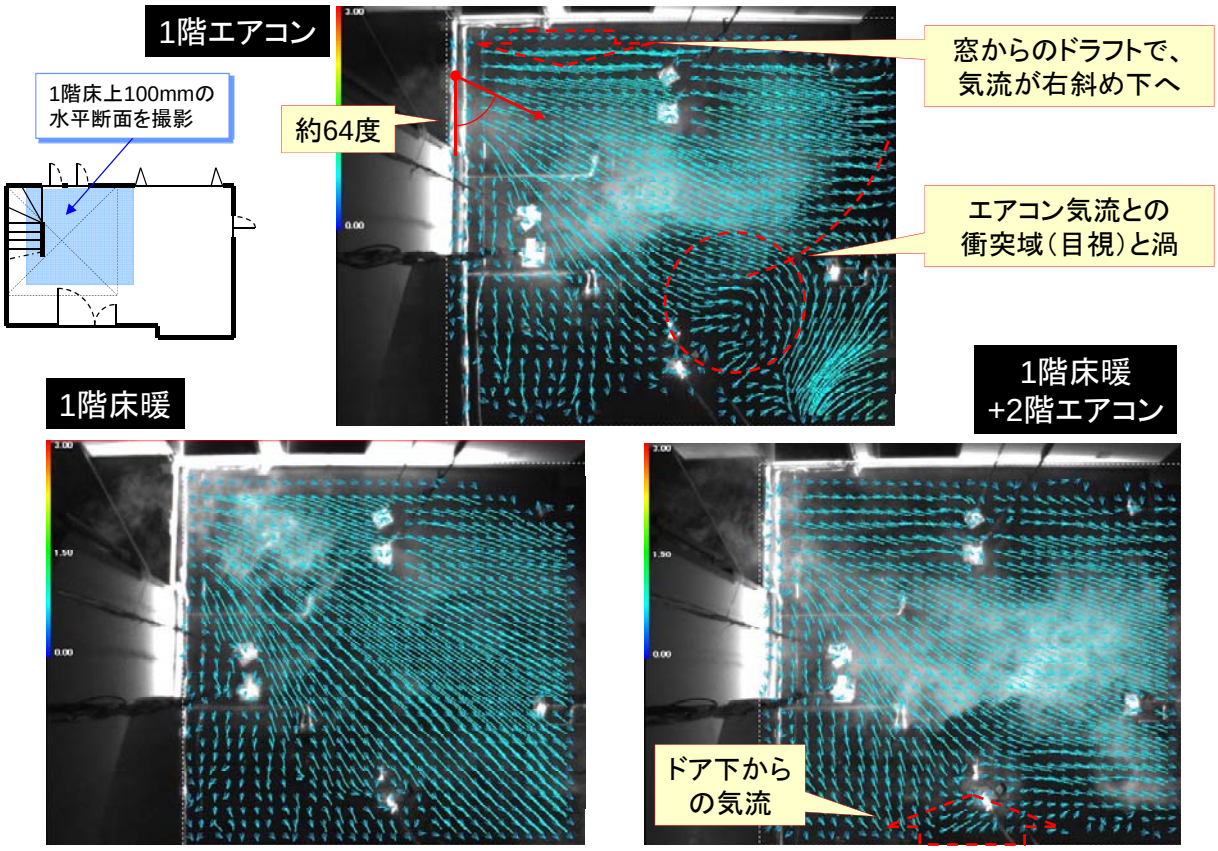


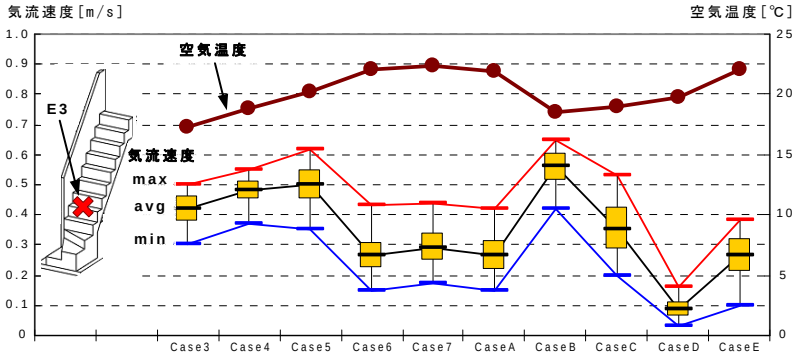
図 2.3.6 暖房時の平均ベクトルと流線(評価時間:20 秒)

(4) 暖房機器別のコールドドラフトと空調エネルギーの関係[注)]

暖房機器の組合せや設定温度別の実験で得られた、リビング階段(図 2.3.1 参照)の風速と空気温度を図 2.3.7 に示す[1)]。各種条件は前出した図 2.3.2 と同じであるが、エアコンの設定温度や床暖房の強弱にバリエーションを設けている。加熱源が 1 階のみとなる Case3～Case5、2

階エアコンの設定温度が低い CaseB、C では気流速度が 0.3m/s を越えている。一方、2 階エアコンを 20℃設定で運転した条件では風速が小さく、2 階も適度に暖め上下温度差を小さくすることが、吹抜け空間のドラフト緩和に有効であることが示されている。

図 2.3.8 は電力及びガス消費量から求めた 2 次エネルギー消費量との関係である。1 次エネルギー表示ではないため、エアコンのケースに比べ床暖房使用時の値が大きい。1 階で床暖房の使用を前提とする場合は、2 階エアコンと併用する CaseD が気流速度、エネルギー消費ともに小さく温熱環境とエネルギー効率が良い結果となった。



床暖房	強		強	強	強			強	弱	弱
1Fエアコン		20℃	20℃		20℃	20℃	20℃			20℃
2Fエアコン				20℃	20℃	20℃	16℃	16℃	20℃	20℃

図 2.3.7 測定点 E3 の空気温度および気流[文献 1)より引用]

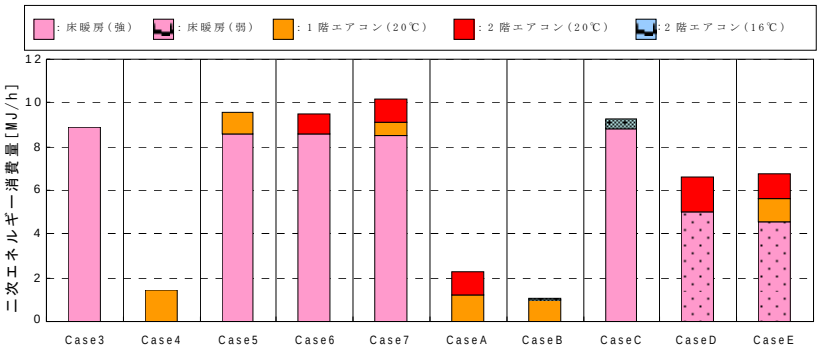


図 2.3.8 二次エネルギー消費量[文献 1)より引用]

2.3.3 吹抜け空間の環境性能に関するアンケート調査

(1) アンケート調査の概要

アンケートはインターネットを利用した二段階調査で、予備調査は 2011 年、本調査は 2012 年冬期に実施した。調査対象は民間調査会社に登録されている一戸建の複数人世帯で、建設地域、吹抜けの有無や平日の在室時間を予備調査で確認した。調査概要を表 2.3.3 に示す。本調査では予備調査の結果より、吹抜けの有無や建設地域の標本数にバラツキが生じないよう配慮したうえで、表 2.3.3 の条件に適合する世帯を抽出し回答を依頼した。

本調査の主な調査項目は、建物属性（吹抜けのタイプも含む）、光環境、暖冷房及び通風時の温熱環境、設備機器及び容量等である。なお、室内環境の調査項目はリビングを対象としており、本報における「吹抜け」はリビング吹抜けを意味する。

表 2.3.3 調査概要

実施時期		予備調査:2011年2月8日～2月14日　37963件 本調査:2012年1月24日～1月30日　251件
方法		インターネット利用　二段階調査
対象者	予備調査	一戸建の複数人世帯
	本調査	持家一戸建の複数人世帯 地域1～3、リビング吹抜けの有/無、平日の在/不在の標本数が同等になるよう配慮 ・地域 地域1:北海道・東北、地域2:北陸・山陰 地域3:関東・関西・中部・近畿・中国・四国・九州 ・平日の在宅 週3回、平日の7～16時の外出時間が3時間以上/未満

(2) 予備調査における吹抜けの採用状況

図 2.3.9、図 2.3.10 に予備調査の回答より得られた吹抜けの採用状況を示す。なお、予備調査における建物は「木造」が 73.2%であり、「平日在宅」の回答者は 49.8%であった。「リビングに吹抜けあり」と回答した全国平均は 7.9%であり、北海道、東北は 10%以上と高く、関東、近畿、中国はおおよそ 7%以下と低い(図 2.3.9)。一方、年代別に整理すると(図 2.3.10)、吹抜けの採用状況は建設年代が新しい程高く、平成 18 年以降は東京に限っても 14%と近年は増加傾向であることが判る。

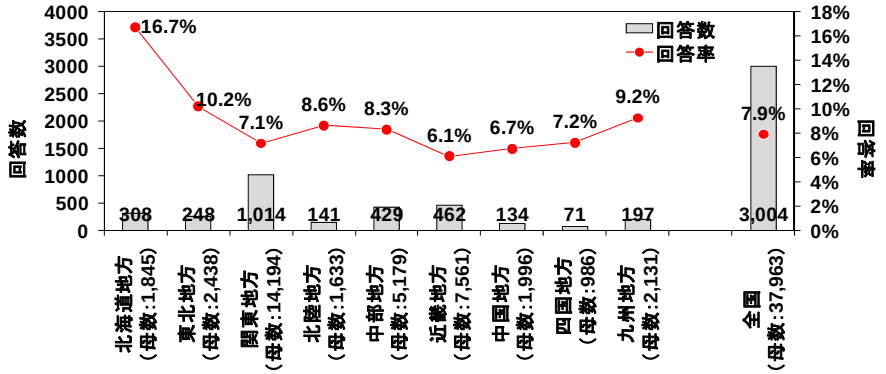


図 2.3.9 吹抜けの採用状況(地域別)

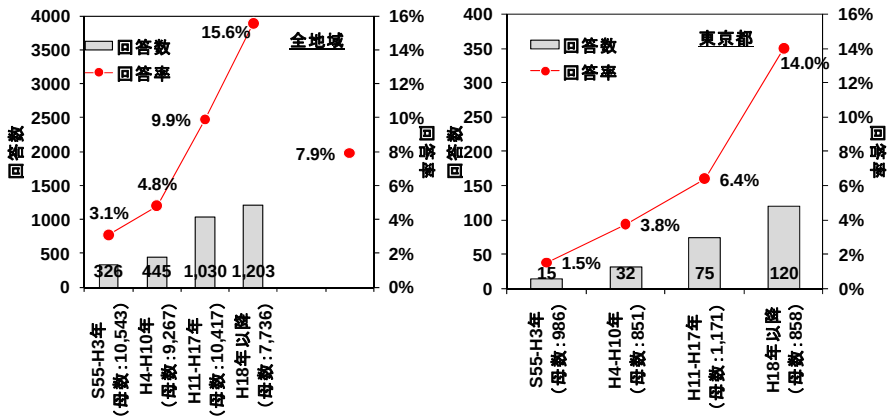


図 2.3.10 リビング吹抜けの採用状況(建設年代別)

(3) 本調査の分析結果

1) 建物及び居住者の概要

図 2.3.11 に本調査における建物及び居住者の概要を示す。建設地域は予備調査に基づき回答者を選別したため、表 2.3.3 で示した地域 1～3 の標本数は同程度となっている。ただし、地域 1 は北海道が回答者の半分を占めており、地域 1 の結果を分析する際は寒冷地の回答者の影響が大きい結果となる点に注意が必要である。階数は 2 階が 93%、工法は 78%が木造であり、一般的な戸建住宅が大半を占める。吹抜けの有無と平日在宅率(週 3 回以上)はおおよそ半々となっている。また、図は省略しているが建物仕様を「高断熱」と回答したものが 73%、「高気密」が 63%となっている。

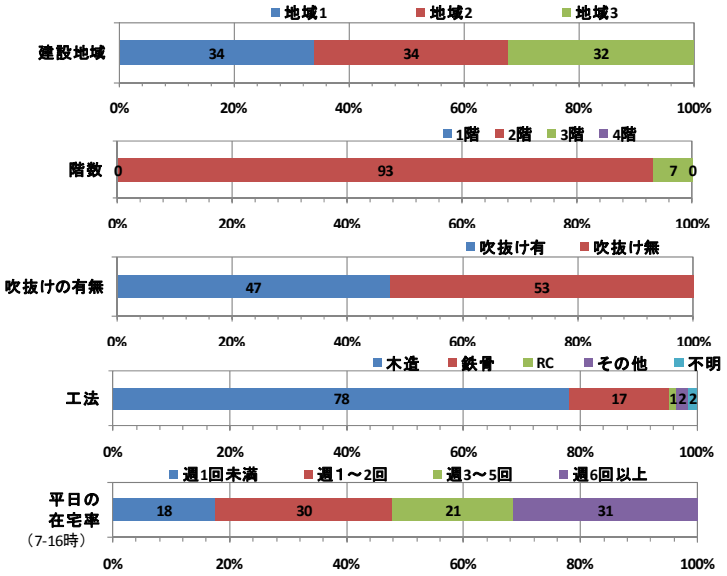


図 2.3.11 建物及び居住者の概要

2) 暖房時の温熱環境

暖房時の温熱環境については、前節で検討した部分暖房時の状況を把握する観点から、標本を「高断熱」、「部分暖房」及び「部分間欠暖房」に限定し分析を行った。「吹抜けあり」に関してはタイプ別に集計した。A、B タイプは吹抜けと階段室が繋がっており、文献[1),2)]で指摘されているコールドドラフトの発生が懸念されるオープンタイプである。C は階段室が吹抜けから独立しているクローズタイプである。

図 2.3.12 は暖房時の温熱環境に関して、PMV を参考にした 7 段階評価に対する回答である。中立以下(涼しい～とても寒い)を比較すると吹抜けありは約 30%と、吹抜けなしの 3 倍の割合となっている。また、階段室と吹抜けが繋がる A、B タイプでは「寒い」、「とても寒い」が合計 10%程度あり、吹抜けの有無やタイプによる温熱環境の差異が見られる。

図 2.3.13 は、暖房の効きや局部不快感に関する回答である。吹抜けありでは「暖房が効かない」、「床面が冷たい」等の回答が多く、図 2.3.12 と同様に吹抜けのタイプ別では A、B タイプで足元付近の不快感が多い傾向が見られる。

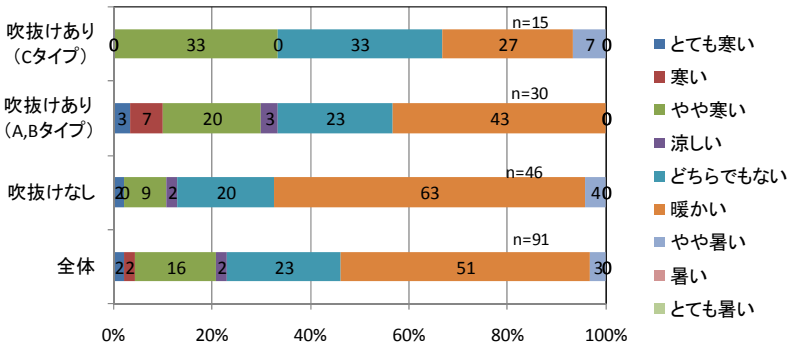


図 2.3.12 暖房時の温熱環境

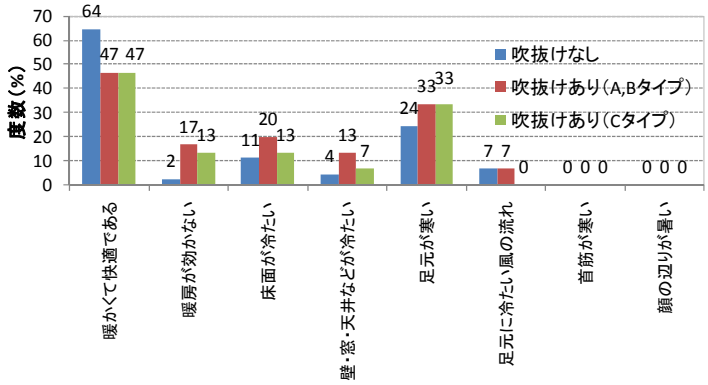
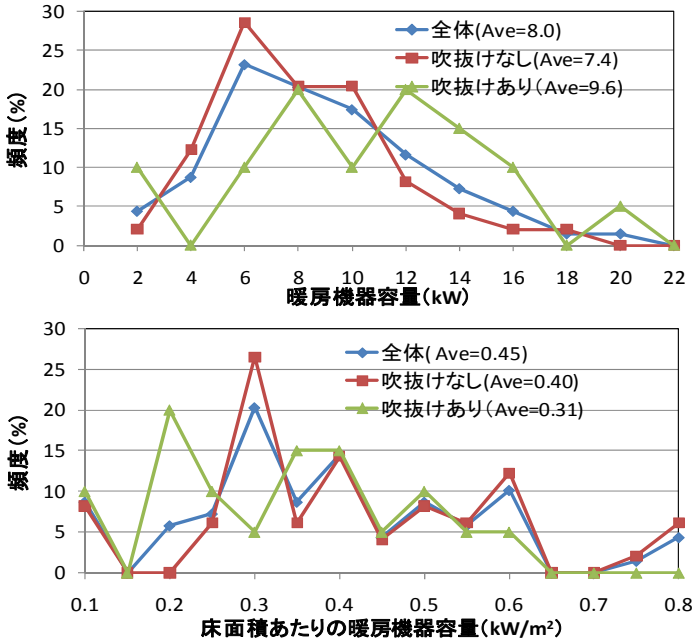


図 2.3.13 暖房時の局部不快感

3）暖房機器の容量

図 2.3.14 はアンケートで得られたリビングで使用する暖房機器の定格容量の積算値と、積算値をリビングに繋がる空間の床面積で除した値を示している。機器容量の積算にあたっては、定格容量の回答が無いもの、セントラル、採暖機器、送風を目的とするもの等は省き、夕方又は夜間に使用すると回答した機器のみを対象とした。また、吹抜けありの床面積は吹抜け部分に床があるものと仮定し、面積を加算している。なお、凡例の Ave は平均値である。吹抜けありの暖房機器容量（図 2.3.14 上）は吹抜けなしと比べやや高めであり、平均も 9.6kW と 2kW 程度高い。しかし、床面積あたりの容量（図 2.3.14 下）では、吹抜けなしが 0.8kW/m^2 を越える回答があるため平均値は大きいものの、頻度分布からは吹抜けの有無で大きな差は見られなかった。



（kW）

図 2.3.14 リビングの暖房機器容量

4）居室の空間構成

分析は、リビングに吹抜けを持つと回答したもの（回答数：119）を対象とし、気象条件による違いを把握するために、地方ごとに地域を分類して分析を行った（表 2.3.4）。吹抜け空間は階段の位置によって、図 2.3.15 に示す 3 種類のタイプに分類した[3)]。A は吹抜け内に階段があるタイプ、B はリビングの吹抜け外に階段があるがタイプ、C はリビングの外に階段があるタイプである。

表 2.3.4 地域の分類

地域 1（N=43）	北海道・東北
地域 2（N=34）	北陸・山陰
地域 3（N=42）	関東・関西・中部・近畿・中国・四国・九州

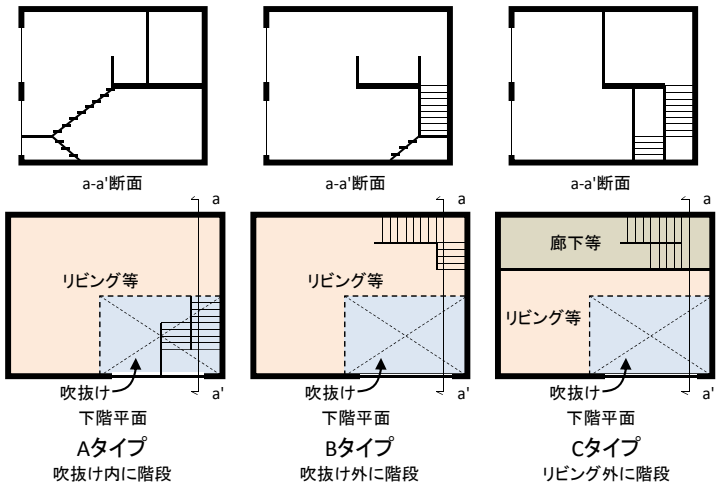


図 2.3.15 階段の位置による吹抜け空間のタイプ分類

吹抜け空間のタイプは A（36%）、B（35%）、C（28%）の順に採用されていた（図 2.3.16）。地域別に見ると地域 1 は C、地域 2 は B が少ない傾向にある。住宅の建築時期は H11 年以降

が半分以上を占めている(図 2.3.17)。なお、地域 1・地域 3 は A、地域 2 は C が増加傾向にあった(データは省略)。吹抜け、及び、吹抜けと連続した空間を図 2.3.18 のように定め、それぞれの面積(畳数)の状況を分析した(図 2.3.19)。吹抜けの下階部分は半数以上が 10 畳程度以上であった。なお、4 畳程度以下の回答も見られたが、リビングの床面積としては小さく、回答者の誤解の可能性が高いので、分析からは除外した。吹抜け部分の回答率が高いのは A が 2 畳以下(23%)、B が 4 畳程度(39%)、C が 6 畳程度(27%)となっており、A の吹抜けが他よりも小さい傾向にあった。上階部分は 6 畳程度以下が過半を占めており、A は 4 畳程度(23%)、B は 6 畳程度(27%)、C は 2 畳以下(33%)の回答が多い。

リビングの主開口は南面に設置されている(図 2.3.20)。ガラスは複層または二重窓、サッシは C を除き半数以上が樹脂・木または複合サッシとなっており、断熱性への配慮がなされていることが伺える(図 2.3.21)。特に、地域 1 の複層ガラス又は二重窓の採用率はほぼ 100%であった。

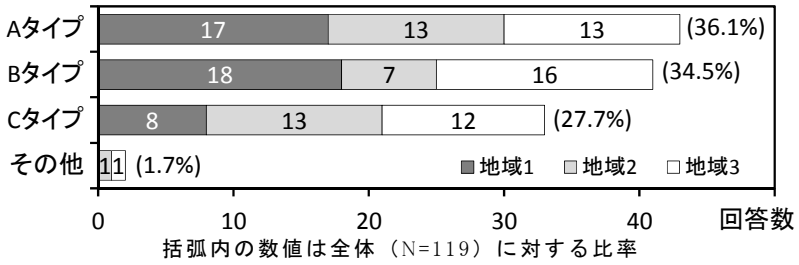


図 2.3.16 吹抜け空間のタイプ

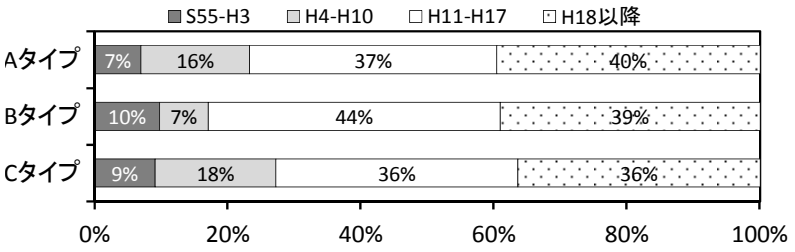


図 2.3.17 吹抜け空間タイプごとの建築時期

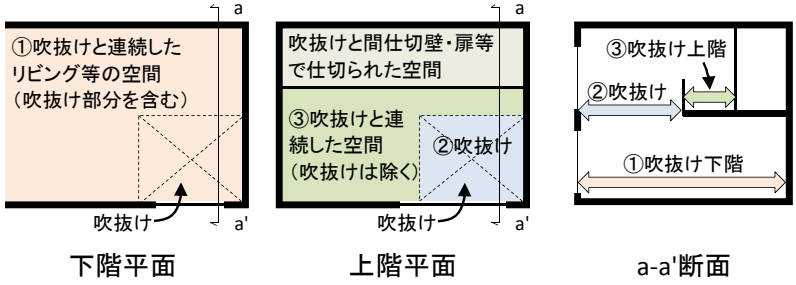


図 2.3.18 吹抜け及び吹抜けと連続した空間の床面積の定義

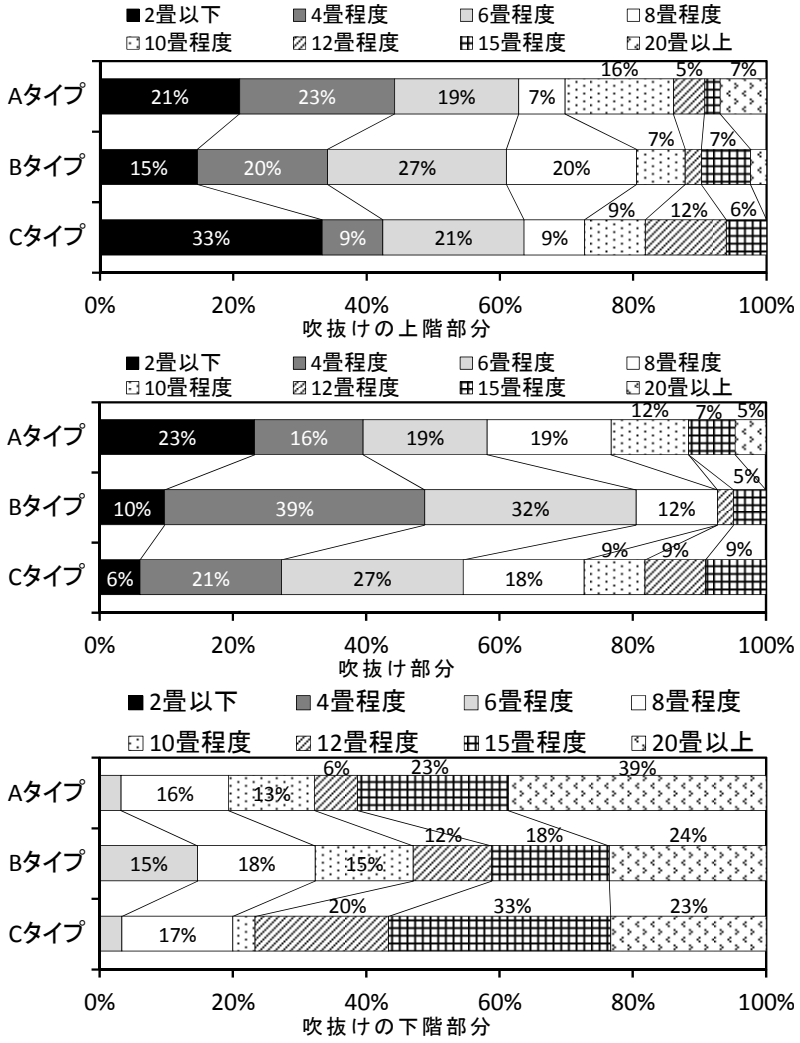


図 2.3.19 吹抜け及び吹抜けと連続した空間の床面積(畳数)

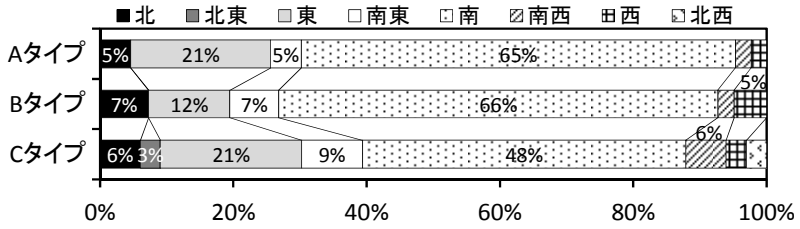


図 2.3.20 リビングの主開口方位

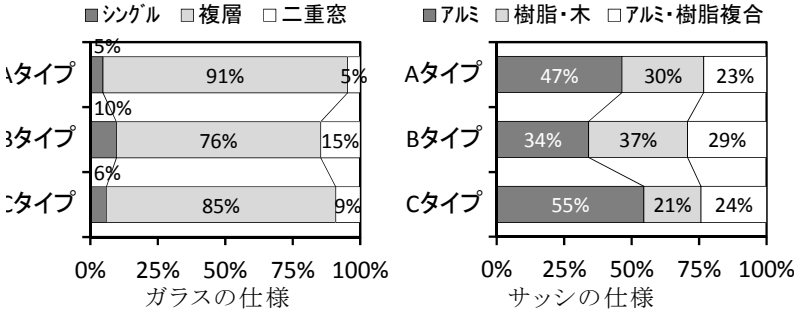


図 2.3.21 リビングの主開口のガラスとサッシの仕様

5) 居室の暖房方式

暖房方式は、吹抜け空間のタイプ(A～C)による違いは無かったので、地域ごとに分析を行った(図 2.3.22)。住宅における暖房運転方式は、地域 3 では部分間欠が 81%を占めるが、地域 1・地域 2 では全館連続または居室連続が基本となっている。表 2 にリビングで使用している暖房機器を地域別に示した。地域 1 ではパネルヒーター(33%)、地域 2・3 ではエアコン(50%・52%)の採用率が高い。また、空気攪拌用のシーリングファンが各地で採用されていた。

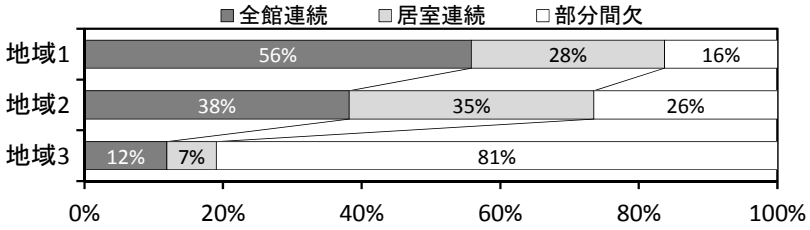


図 2.3.22 暖房運転方式(地域別)

表 2.3.5 リビングで使用している暖房機器(地域別)

暖房機器	地域 1	地域 2	地域 3
ｾﾝﾄﾗﾙ空調	3 (7%)	2 (6%)	2 (5%)
ｴｱｺﾝ(1台め)	8 (19%)	17 (50%)	22 (52%)
ｴｱｺﾝ(2台め)	0 (0%)	4 (12%)	6 (14%)
ﾌｧﾝﾋｰﾀｰ(電気)	1 (2%)	2 (6%)	3 (7%)
ﾌｧﾝﾋｰﾀｰ(ｶﾞｽ・石油)	4 (9%)	5 (15%)	10 (24%)
ｽﾄｰﾌﾞ(ｶﾞｽ・石油)	1 (2%)	2 (6%)	4 (10%)
FF式ｽﾄｰﾌﾞ(ｶﾞｽ・石油)	9 (21%)	4 (12%)	1 (2%)
床暖房	7 (16%)	3 (9%)	7 (17%)
ｵｲﾙﾋｰﾀｰ	3 (7%)	1 (3%)	2 (5%)
ﾊﾟﾈﾙﾋｰﾀｰ	14 (33%)	3 (9%)	2 (5%)
蓄熱式暖房機	11 (26%)	8 (24%)	4 (10%)
薪ｽﾄｰﾌﾞ・暖炉	1 (2%)	4 (12%)	2 (5%)
電気ｶｰﾍﾟｯﾄ	3 (7%)	6 (18%)	4 (10%)
電気ｺﾀﾂ	4 (9%)	3 (9%)	7 (17%)
ｼｰﾘﾝｸﾞﾌｧﾝ	6 (14%)	5 (15%)	8 (19%)
ｻｰｷｭﾚｰﾀｰ	2 (5%)	1 (3%)	2 (5%)

数値は回答数、括弧内は各地域での比率。網掛けは各地域の上位 3 位
(電気ｶｰﾍﾟｯﾄ・ｺﾀﾂの採暖器、ｼｰﾘﾝｸﾞﾌｧﾝ・ｻｰｷｭﾚｰﾀｰの補機を除く)。

6）人工照明の設置状況及び使用状況

表 2.3.6 に分析対象とした質問項目を示す。No.2～5 は使用頻度の高い 5 つの照明器具について質問しているがここでは最も使用頻度が高い器具について報告する。

図 2.3.23 に吹抜け空間の照明器具数を示す。「5 個以上」と答えている割合は吹抜けありの住宅の方が高い。図 2.3.24 に器具の種類を示す。吹抜けがない住宅では「シーリング」が 70%程度占めているのに対し、吹抜けがある住宅では、「シーリング」が最も多い器具であるが、「ダウンライト」や「ペンダント」、「ブラケット」の使用割合も吹抜けなしの住宅に比べ高い。図 2.3.25 に使用している光源の種類を示す。吹抜けなしの住宅ではシーリングライトの使用が多いことから「管型蛍光ランプ」の使用も多い。吹抜けがある住宅では、様々な種類の光源が使用されている。

図 2.3.26 に照明を点灯する時間帯を示す。いずれの条件においても吹抜けがある住宅の方が割合は低い。特に朝方でその差が大きい。図 2.3.27 に照明を調光している時間帯を示す。吹抜けがある住宅では調光ができない器具を使用している割合が 50%程度ある。

表 2.3.6 人工照明の設置状況及び使用状況に関する質問項目

No	質問項目	
1	人工照明の設置状況及び使用状況	照明器具数（5 肢選択）
2		器具の種類（8 肢選択）
3		光源の種類（7 肢選択）
4		点灯する時間帯（17 肢選択）
5		調光する時間帯（17 肢選択）

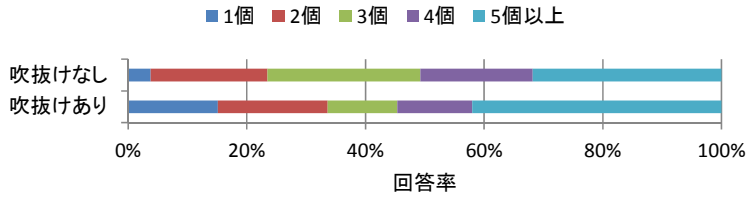


図 2.3.23 設置器具数

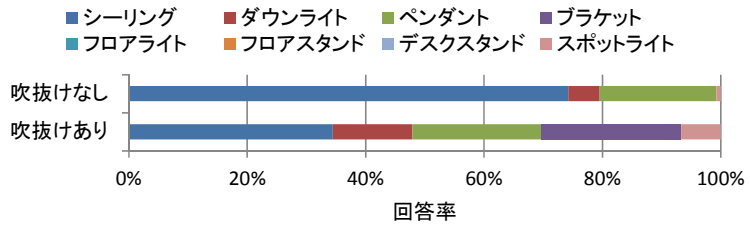


図 2.3.24 器具の種類

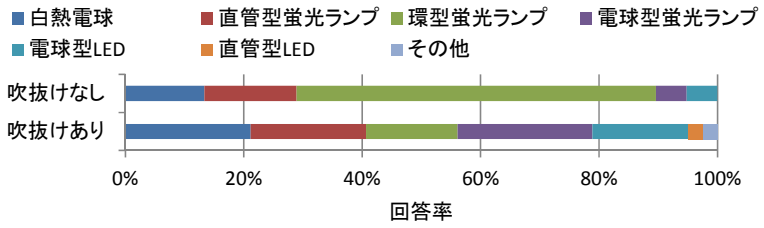


図 2.3.25 光源の種類

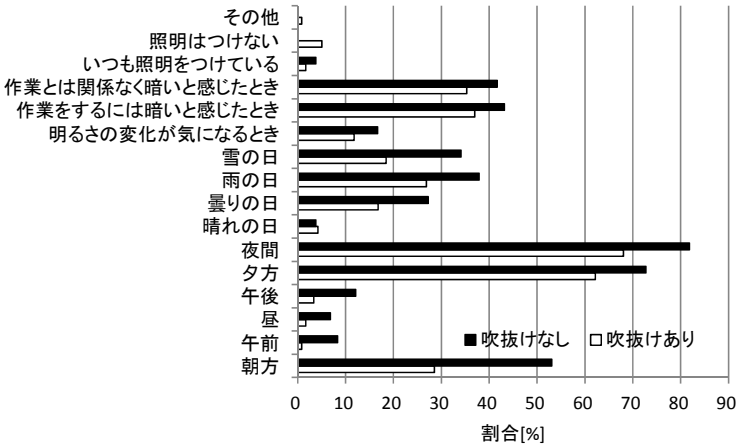


図 2.3.26 照明を点灯する時間帯

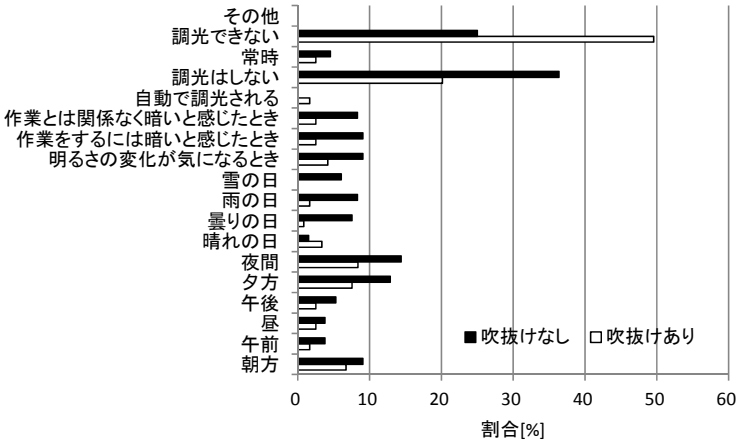


図 2.3.27 照明を調光している時間帯

7）光環境評価の調査結果

表 2.3.7 に分析対象とした質問項目を示す。No.6～9 は朝、昼、夜の時間帯について質問を行っているが、ここでは昼の結果について報告する。

図 2.3.28 に明るさ感の結果を示す。明るさ感の評価は吹抜けがない住宅、ある住宅ともに「明るい」と回答した割合は 60%程度であった。図 2.3.29 に明るさの変化の結果を示す。明るさ感と同様、吹抜けの有無による差は見られない。いずれも「気になる」と回答した割合は 20%程度であった。図 2.3.30 にまぶしさの結果を示す。「気になる」と回答している割合は吹抜けなしの地域 1 で約 50%と高いが、他は 20%以下となっている。図 2.3.31 に開放感の結果を示す。吹抜けなしでは 54%、吹抜け有では 78%で「開放的である」と答えている。吹抜けありでは「閉鎖的である」の回答はなかった。図 2.3.32 に満足度の結果を示す。明るさ感同様に、吹抜け有無による差はなく、ともに 80%程度であった。

表 2.3.7 光環境評価に関する質問項目

No	質問項目	
6	光環境評価	明るさ(3 肢選択)
7		明るさの変化(2 肢選択)
8		まぶしさ(2 肢選択)
9		開放感(3 肢選択)
10		満足度(2 肢選択)

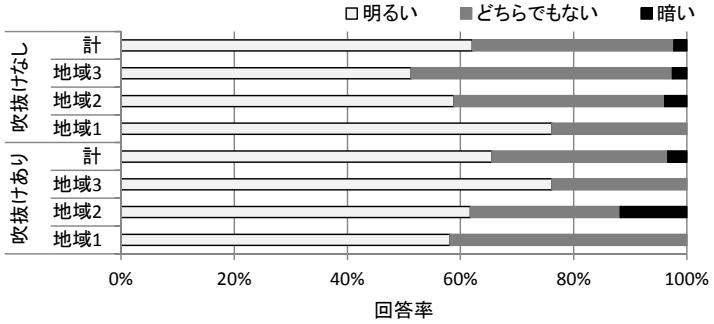


図 2.3.28 吹抜けの有無と明るさ感

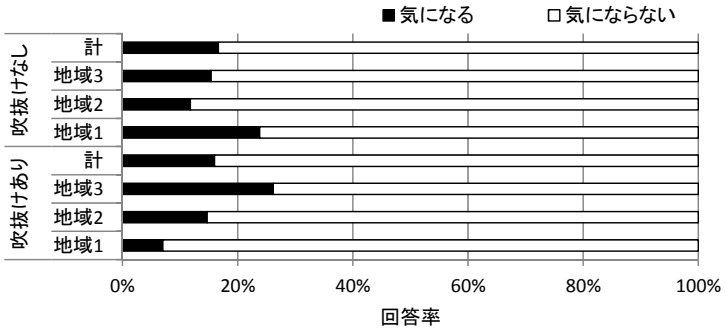


図 2.3.29 吹抜けの有無と明るさの変化

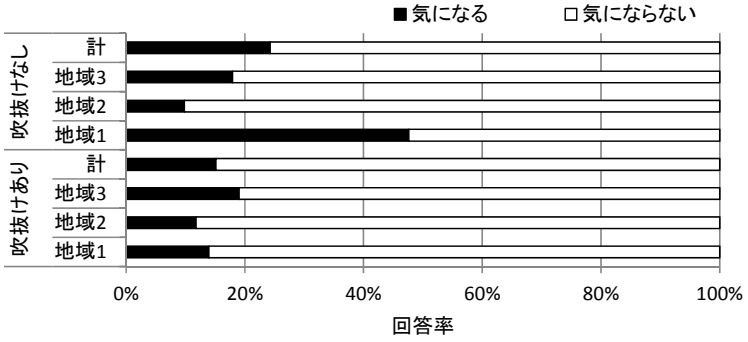


図 2.3.30 吹抜けの有無とまぶしさ

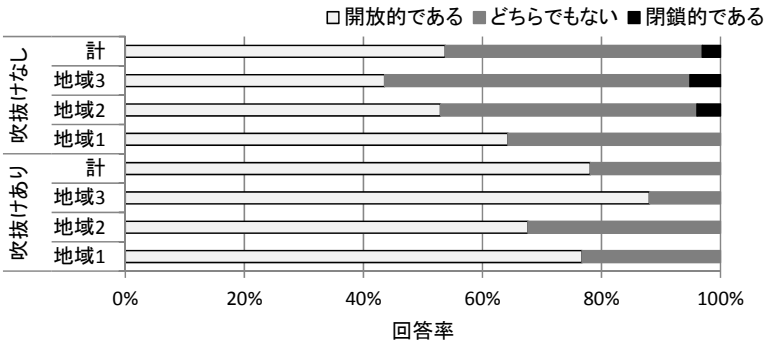


図 2.3.31 吹抜けの有無と開放感

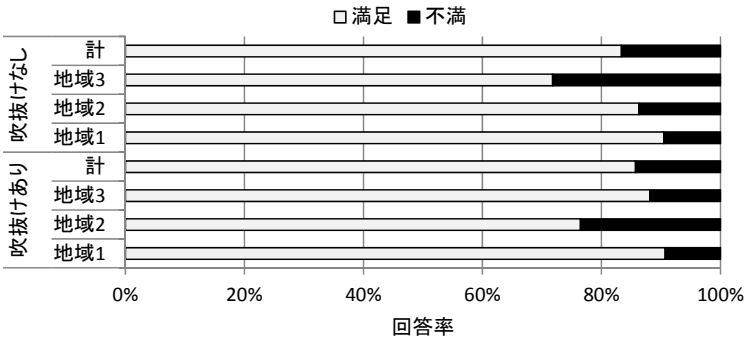


図 2.3.32 吹抜けの有無と満足度

2.3.4 まとめ

本節では、吹抜け空間の温熱環境と暖房エネルギー消費量に関する実験室実験に加え、吹抜けの空間構成、温熱及び光環境等に関するアンケート調査を行った。実験では、吹抜け特有のドラフトが上下階の温度ムラによって生じることや、対策として熱源の分散配置が有効である等の知見が得られた。また、アンケート調査からはリビング吹抜けの採用率の増加、空間構成の傾向、吹抜け有無による温熱環境の差異等が確認された。今後は、住宅内の大空間に対する室内環境及び

消費エネルギー評価に資する検討を行う予定である。

注)(1)、(4)に関しては既往研究 1)の図表を引用したうえで説明を加えた。

＜参考文献＞

1）岩本他：住宅内吹き抜けが室内温熱環境に与える影響（その 1）実大実験建物を用いたコールドドラフトの実験把握，日本建築学会学術講演梗概集 D-2、341-342、2010 年

2）松岡他：戸建住宅の吹抜け空間における温熱環境形成に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集 D-2，61-62，2007 年

3）下川他：吹抜け空間のタイプの違いによる住み心地評価への影響　住宅の吹き抜け空間に関する調査研究　その 2，日本建築学会学術講演梗概集 E-2，253-254，2006 年

2.4 小屋裏換気口の要求性能に関する検討

2.4.1 はじめに

現在の小屋裏換気口面積に対する規定(金融支援機構の木造住宅工事共通仕様書などの基準)は、北米で用いられている基準を導入している。しかし、小屋裏に必要となる開口面積は、本来、天井面の気密性能や気候区分により異なる。特に日本の場合、地域により冬季の温度や夏季の雨量が異なり、これらを考慮することが求められている。これまで、軒裏換気方式を対象に熱・湿気・換気の連成解析による検討[1)]がなされているが、外部風に影響される換気方式別の評価や文献[2)]で指摘されている外壁通気層の寄与については未着手であった。また、小屋裏空間内の温湿度分布や換気口設置位置による違いなどの詳細な実験検証の事例は少ない。

これらの背景より、本技術開発では小屋裏換気口の評価手法の開発と要求性能の明示を目的として、実験住宅における実証実験に加え、外部風を考慮したシミュレーション計算を行った。

2.4.2 実験住宅における小屋裏温湿度環境の検討

本節では小屋裏空間に繋がる躯体の隙間性状や防湿・気密性能に着目した実験を行い、小屋裏換気口面積の要求性能を定めるための実証データを収集する。これまで、軒天換気口面積と気流止めの有無についてデータを収集し、気流止めによる天井面の気密性の確保が重要であるとの知見が得られた。本研究では、妻、軒・妻の組み合わせなど、異なる換気口に対するデータを収集した。

(1) 実験概要

1) 実験住宅の概要

実験住宅は、埼玉県越谷市に建つ東西切妻屋根を持つ平面3.64m×3.64m、天井高2.45mの1階建建物であり、北面は真北から27° 東に振れている。南側約3mと東側約2.5mに隣地との塀が、西側2mに同規模の実験住宅があり、その更に西2.5mに高さ15mの構造実験棟がある。実験住宅北側は畑で開けている(図 2.4.1)。

天井は別張り防湿フィルムを施工し、袋入り断熱材グラスウール10K厚100mmの2重敷きとし、外壁及び床も平成11年省エネルギー基準の断熱性能に準じた仕様となっている。実験住宅外観及び各部の施工状況を図2.4.2、図2.4.3に示す。

実験棟の居室には、部屋中央部に間仕切壁を想定した下がり壁(天井より300mm 下がり)を設けている。その下端にはコンセント等の隙間を想定して開口を設けてあり、上部には気流止め断熱材が充填してある。相当隙間面積(測定値)は1cm^{2}である。

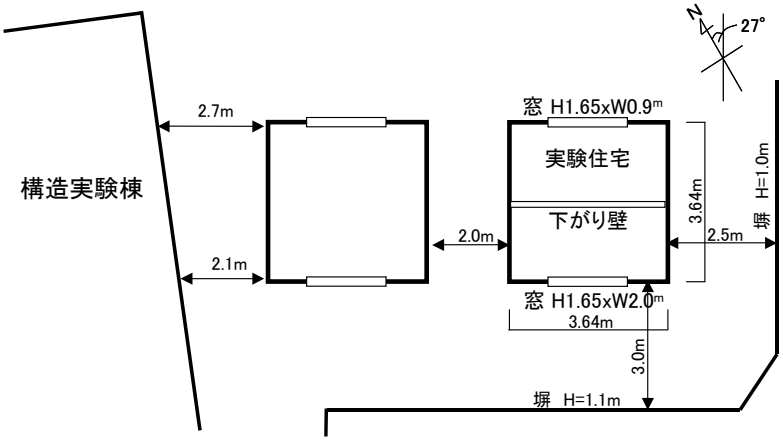


図 2.4.1 実験住宅配置図・平面図



図 2.4.2 実験住宅外観







サイディングは実験中に取り外せるようにした（取合い部、継ぎ目はコーキング代わりに気密テープ）



天井断熱施工状況



下がり壁気流止め



軒換気口は軒ー軒換気の場合気密テープで塞ぐ

図 2.4.3 実験棟の施工状況

各種センサーの設置状況を図 2.4.4 に示す。温湿度センサーは、小屋裏空間の南と北空間に加え、野地板表面近傍（厚さ 6mm の湿度センサーエレメントを野地板に貼付して設置）、

野地板近傍下部(桁梁直上)、通気層内部(風速センサーは軒裏天井から約 20cm 下)など各部に設置した。また、小屋裏への移流量を把握するため、軒天換気口小屋裏側、通気層上端部に熱線風速計を設置した。また、外部風向・風速計は実験住宅西側、地上からの高さ5m に設置している。



野地南側



野地北側



間仕切壁　直上


軒天換気口　風速計



通気層

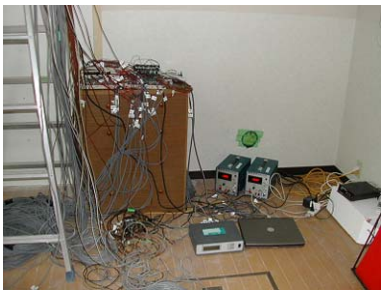


軒部分


軒天換気口 微差圧計


天井吊り木上 野地表面


天井吊り木　直上


室内ロガーなど



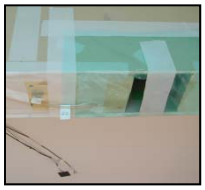

室内下がり壁と隙間状況

図 2.4.4　各種センサーの設置状況

2）実験条件

実験は、小屋裏換気方式及び換気面積の組合せを設定し、それぞれ 1 週間程度の測定を行う。本研究では、軒のみ換気＋間仕切壁気流止め＋全日暖房を基準ケースとして、以下の 4 ケースの実験を行った。換気口は住宅金融支援機構の木造住宅工事共通仕様書に合致するように設置した。

居室の空調についてはヒートポンプエアコン及び加湿器を設置し、設定温度 20℃、相対湿度 50%RH で制御した。また、居室はパイプファンで給気を行う第2種換気とし、居室の換気回数がほぼ 0.5 回/hになるようにボルトスライダーにより調整した。第2種換気によって、小屋裏と下がり壁下部の差圧は常時 3Pa 程度生じている。

表 2.4.1 実験条件及びスケジュール

Case	Case10-1	Case10-2	Case10-3	Case10-4
小屋裏換気方式	南北軒裏のみ	南北軒裏のみ	東西妻のみ	軒－妻
小屋裏換気口面積	軒基準	軒基準 1/2	妻基準	軒妻基準
通気層からの空気流入	あり			
気流止め	あり	あり	あり	あり
実験期間	1/1～1/7	1/7～1/14	1/14～1/21	1/21～1/31
居室	連続暖房			

(2) 実験結果および考察

1）Case10-1及びCase10-2（換気口面積の違い）

Case10-1 及びCase10-2の各測定点の温度変動、相対湿度変動、絶対湿度変動のグラフを図 2.4.5～図 2.4.10 に示す。図中凡例の「表面」とは小屋裏空間に面する野地板表面を意味し、「表面近傍」は野地板表面の近傍空気の値を意味する。ただし、「表面」の相対湿度については「表面近傍」の絶対湿度を表面温度の測定値で補正して算出したものである。なお、絶対湿度変動は日射量との相関性が強いので、水平面全天日射量を右軸に挿入した。

Case10-1、Case10-2ともに居室温度は約21℃、相対湿度は50％前後で推移しているが、Case10-2 の 1/11 の午後から加湿器の不調により相対湿度が低くなっている。外気温度は両者ともほぼ毎日、最低温度が 0℃程度まで下がっているが、Case10-2 の方は-3℃程度まで下がる日が数日あった。

相対湿度のピークは Case10-1、Case10-2 ともに同じように見えるが、Case10-2 の方の 1/3 の朝方の結露時間が長い。

小屋裏内の絶対湿度は日射量とともに上昇している。これは、日射により野地板温度が上昇し、合板内に吸着されている水蒸気が小屋裏空間に放湿されているためである。外気絶対湿度との差は、Case10-2 の方が大きくなっており、換気口面積を1／2にしたことによって、換気が少なくなったことが推測される。

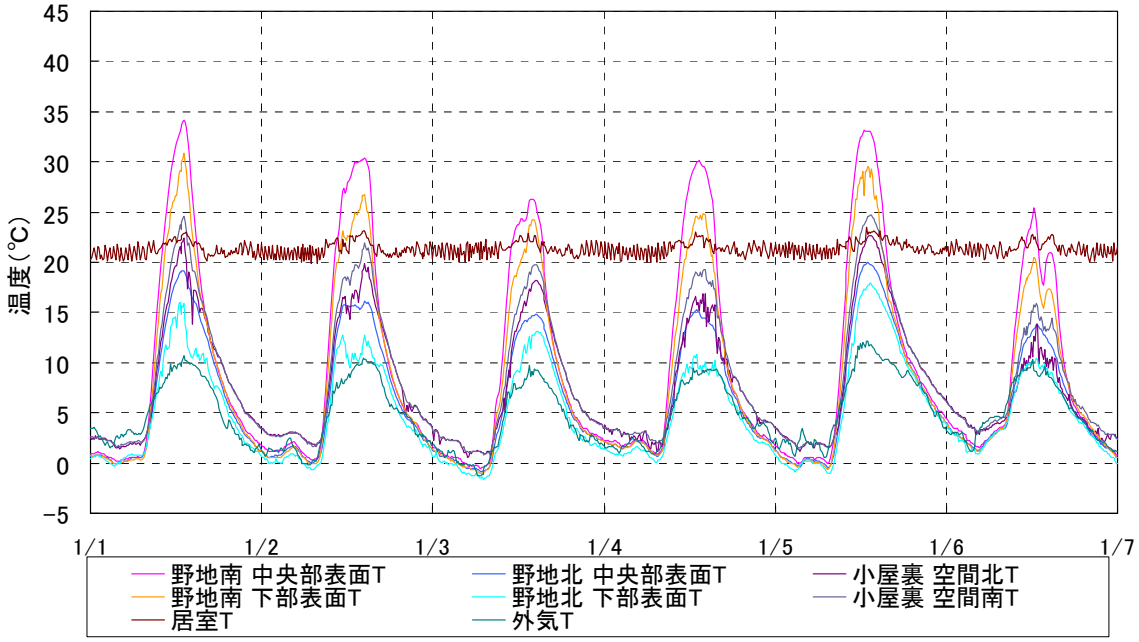


図 2.4.5 温度変動グラフ(Case10-1:1/1～1/6)

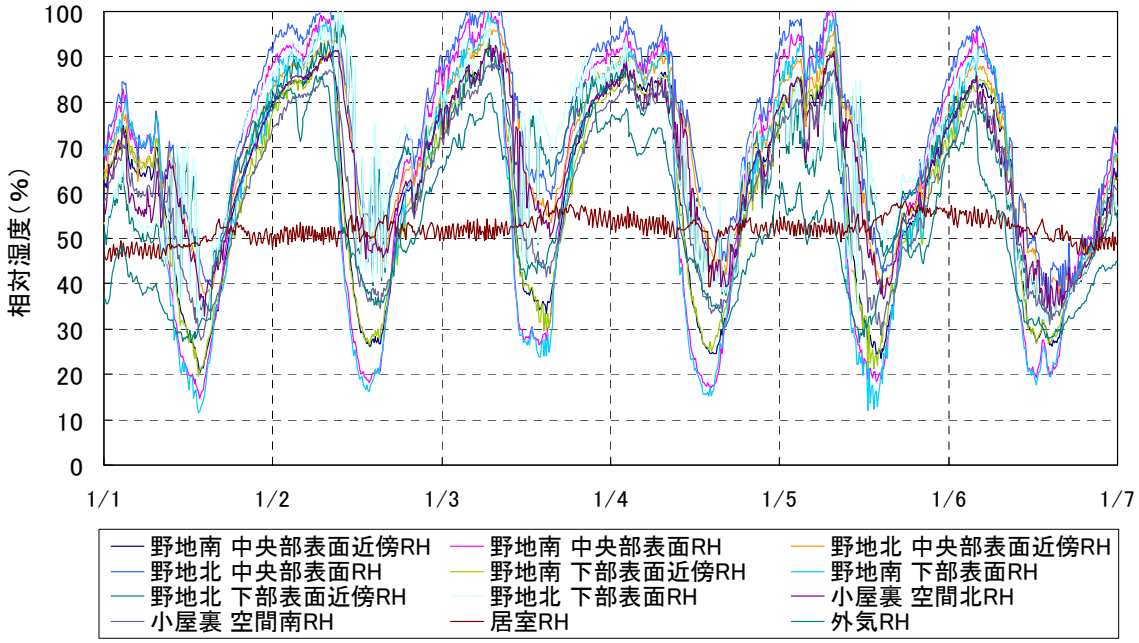


図 2.4.6 相対湿度変動グラフ(Case10-1:1/1～1/6)

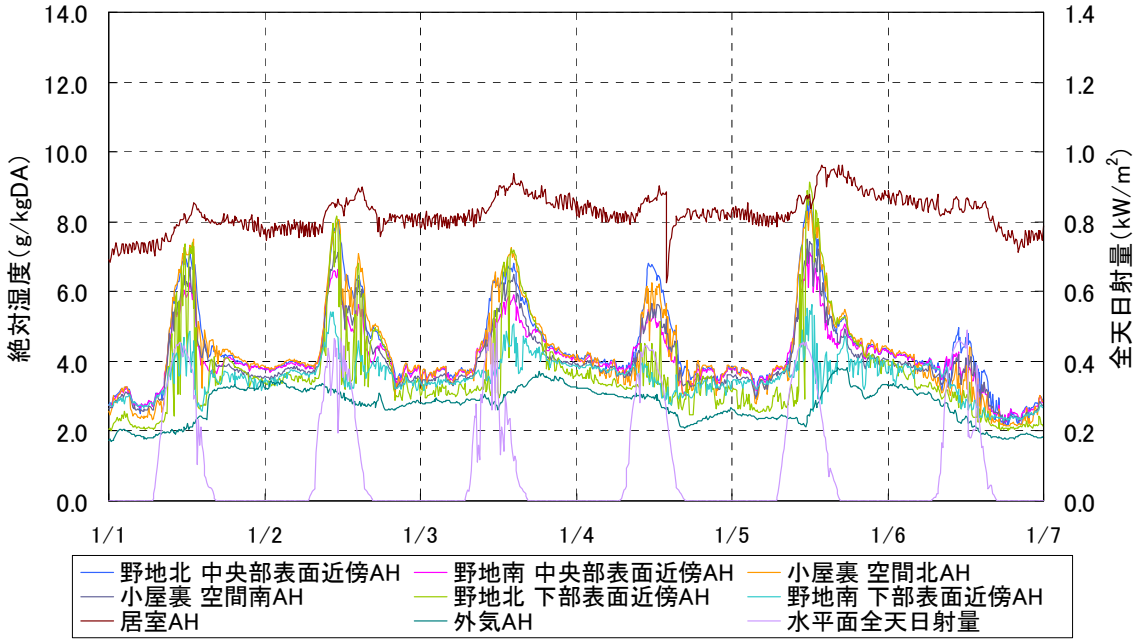


図 2.4.7 絶対湿度・全天日射量変動グラフ(Case10-1:1/1～1/6)

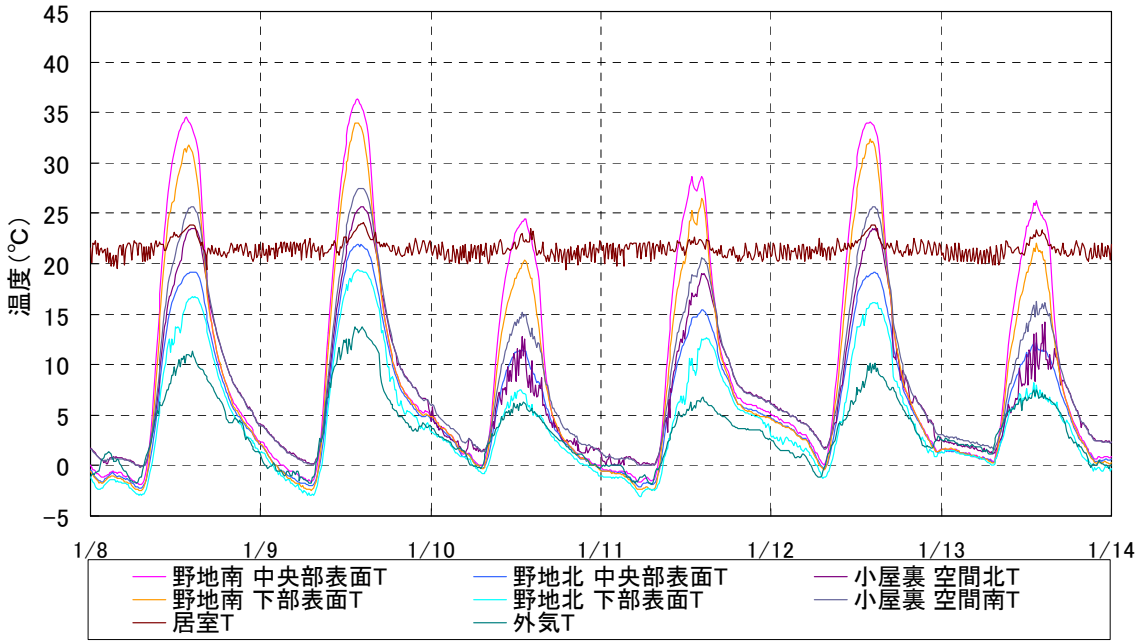


図 2.4.8 温度変動グラフ(Case10-2:1/8～1/13)

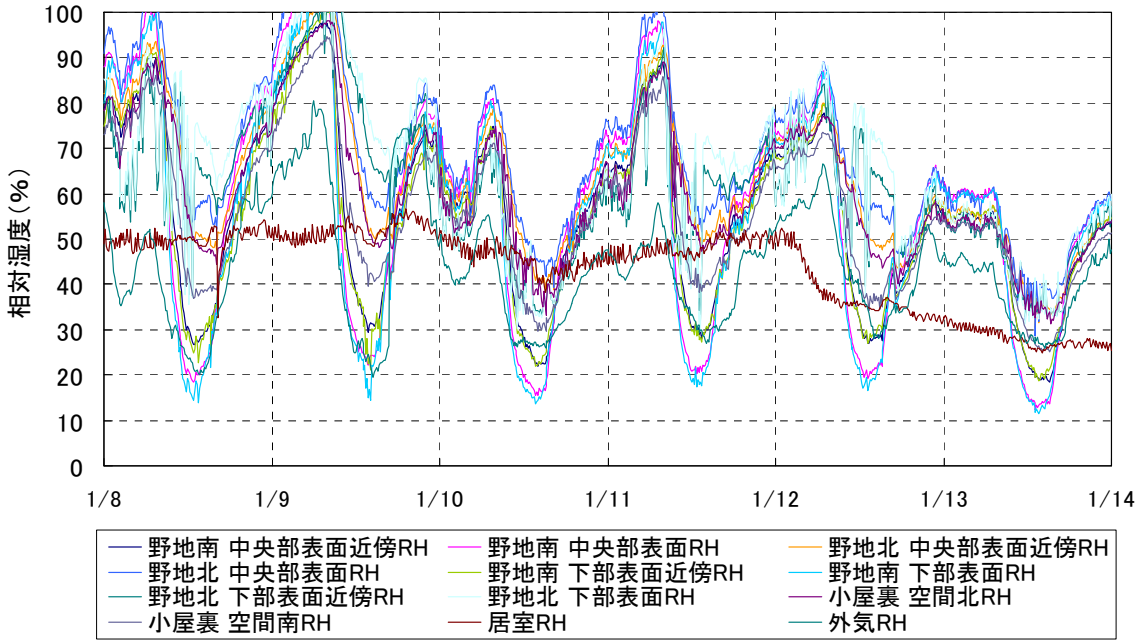


図 2.4.9　相対湿度変動グラフ（Case10-2：1/8～1/13）

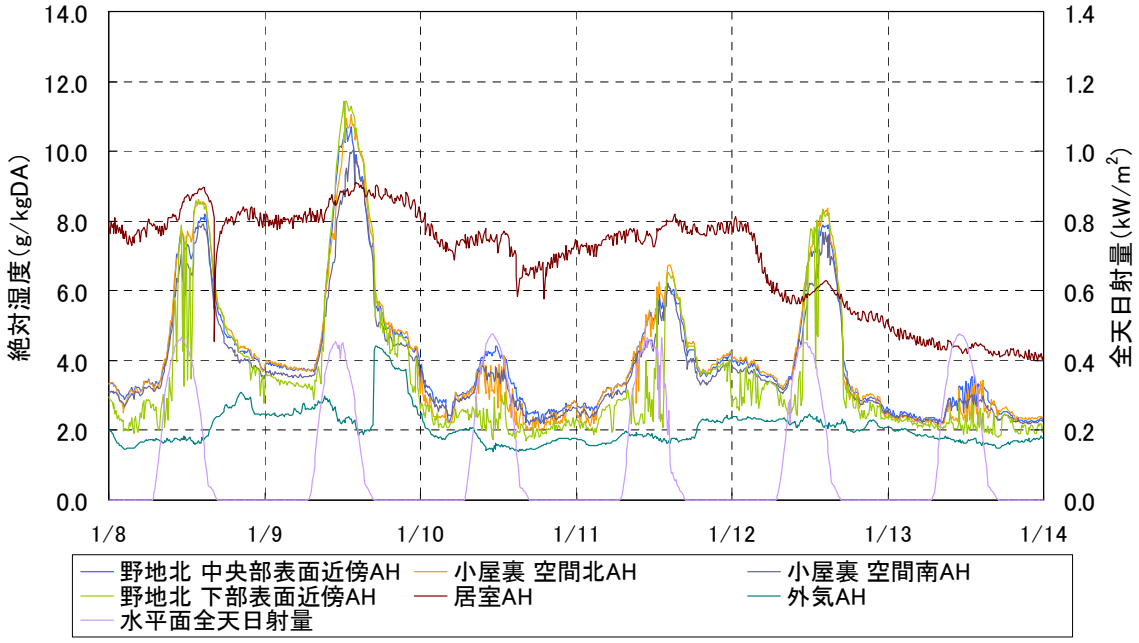


図 2.4.10　絶対湿度・全天日射量変動グラフ（Case10-2:1/8～1/13）

2）Case10-3（妻換気方式）

日最低外気温度は-3℃程度でありCase10-1、2より下がっているが、外気温度の差異を考慮しても湿度は高い傾向がみられる。特に居室の相対湿度が50%前後になった1/18～20は0時前から昼12時前後まで長時間にわたって結露発生の兆候が観測されている（前半の居室の相対湿度は40～50%。加湿器の調整がうまくいかなかったため）。

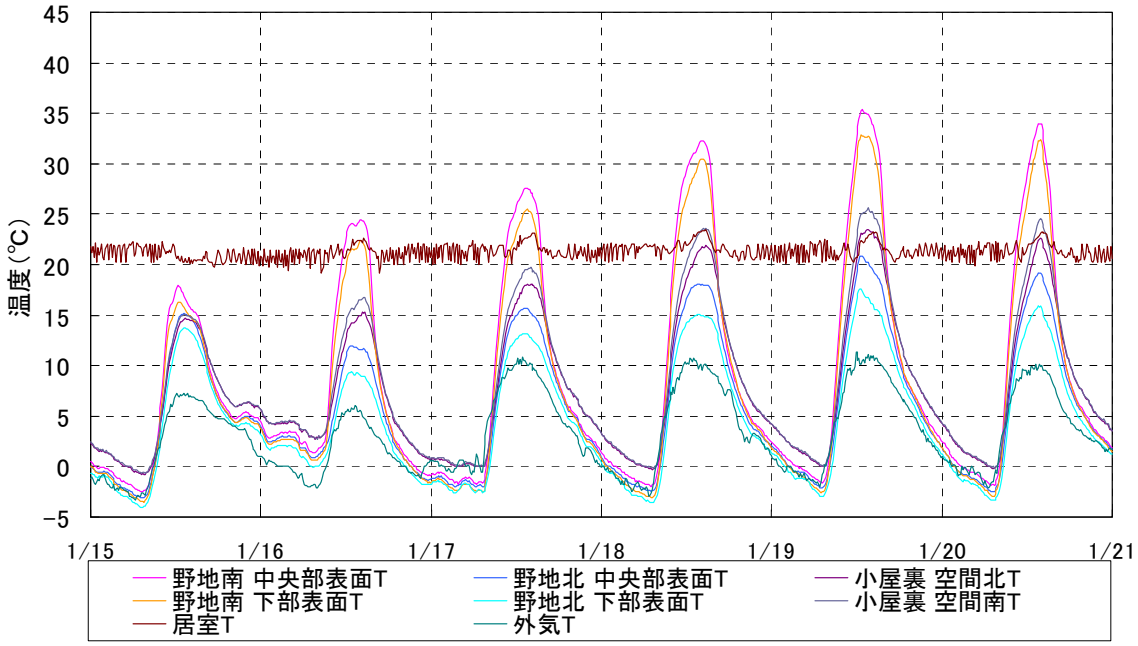


図 2.4.11 温度変動グラフ（Case10-3:1/15～1/20 ）

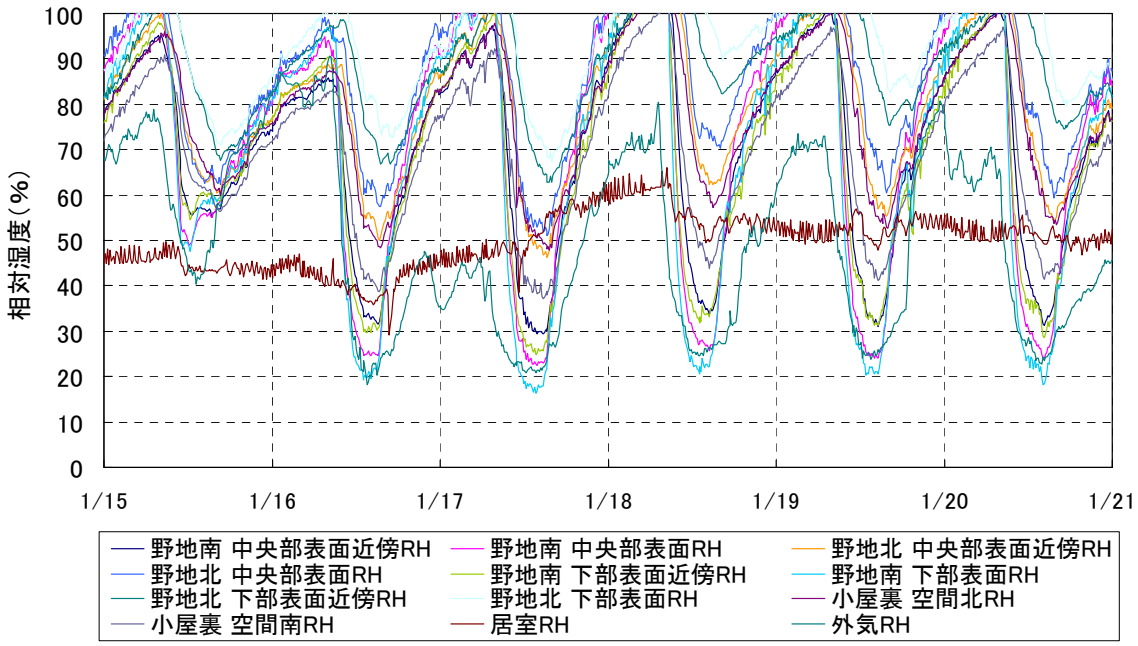


図 2.4.12 相対湿度変動グラフ（Case10-3:1/15～1/20）

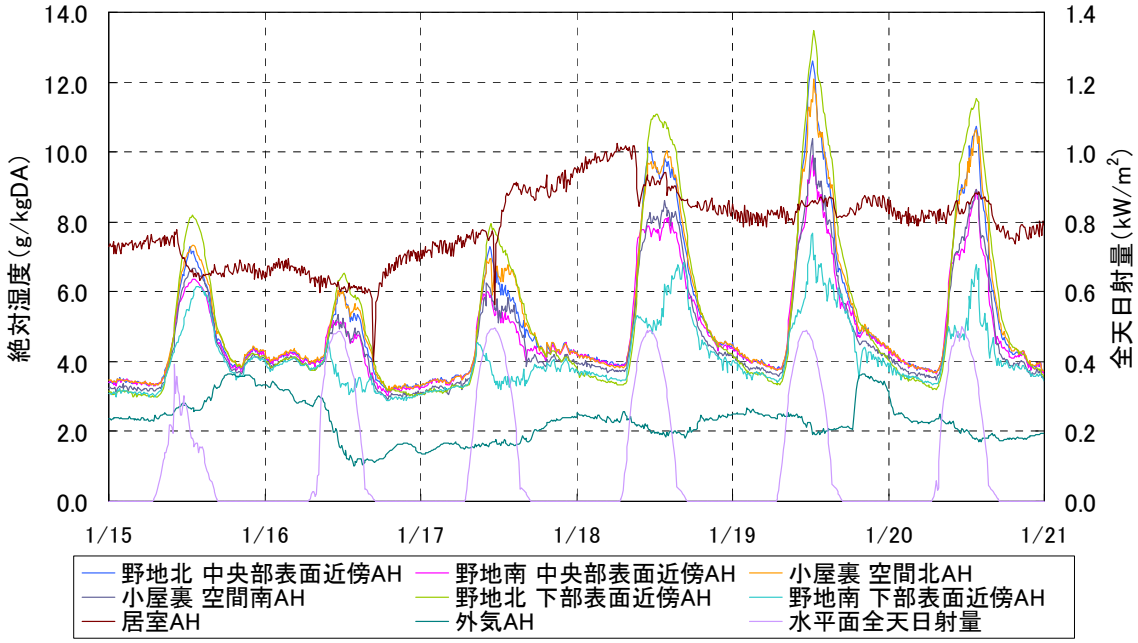


図 2.4.13 絶対湿度・全天日射量変動グラフ（Case10-3：1/15～1/20）

3）Case10-4（軒ー妻換気方式）

日最低外気温度は 0℃から-3℃程度であった。居室の相対湿度 40％の時は結露の発生は確認されていない。1/30 居室の相対湿度が 50％に戻った時に瞬間的に結露する程度で、軒天のみや妻換気に比べ湿度は低く推移している。

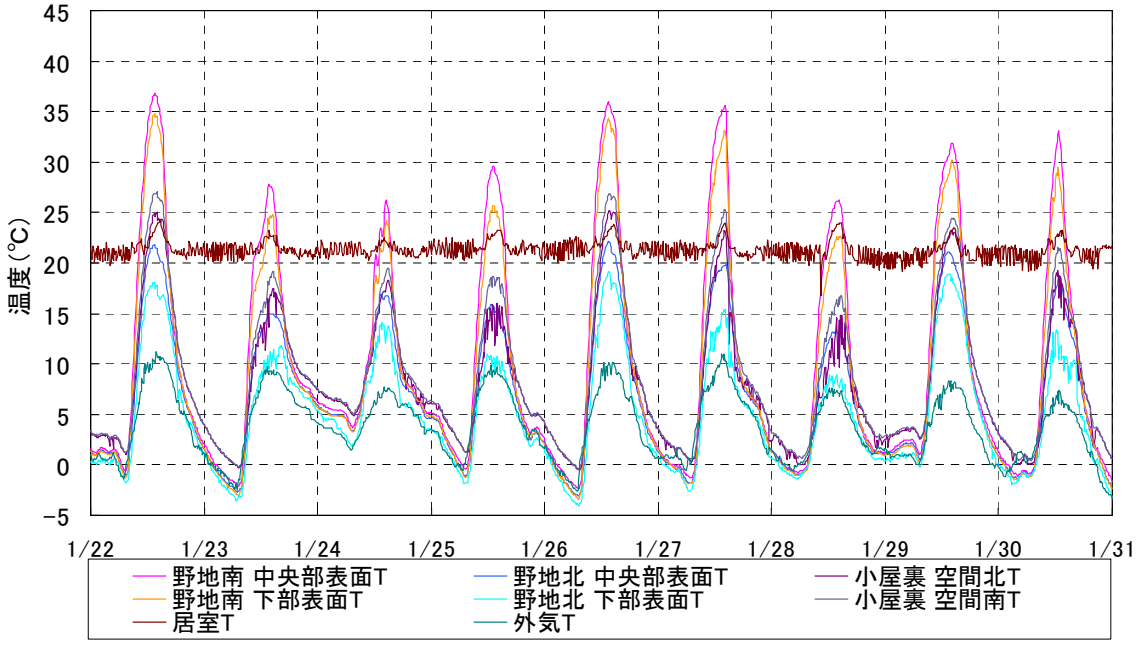


図 2.4.14 温度変動グラフ（Case10-4：1/22～1/30 ）

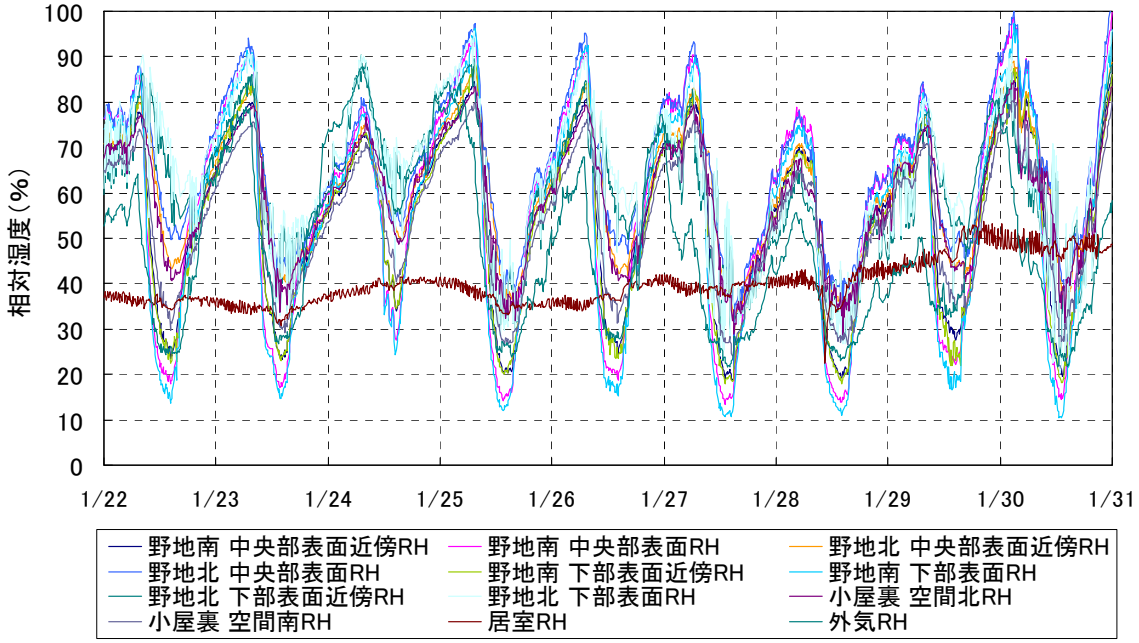


図 2.4.15 相対湿度変動グラフ（Case10-4：1/22～1/30）

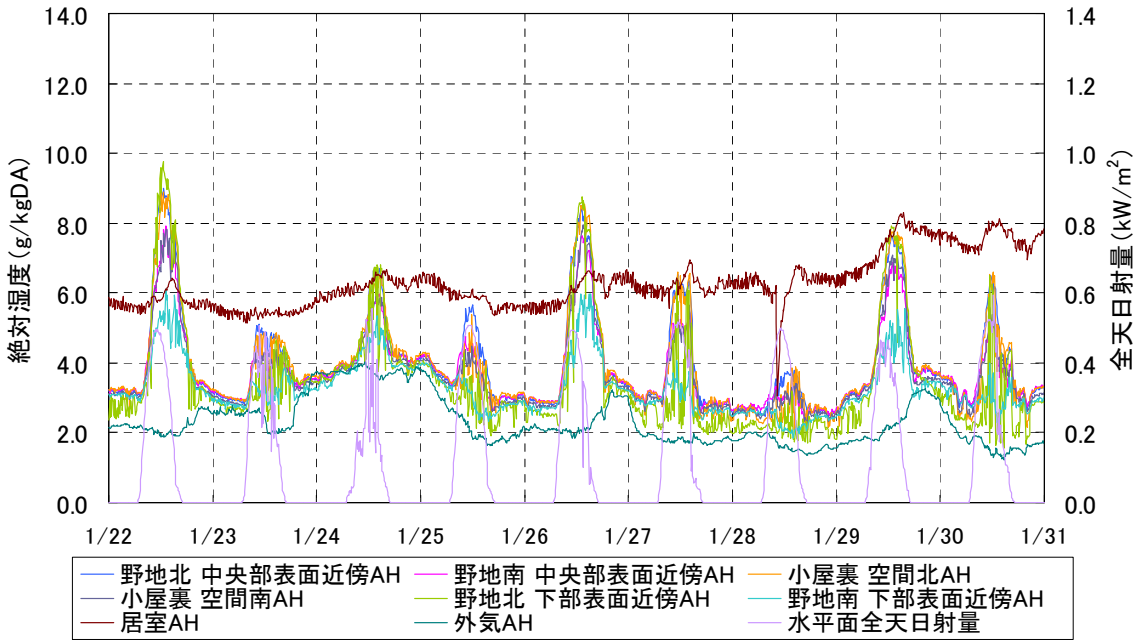


図 2.4.16 絶対湿度・全天日射量変動グラフ（Case10-4：1/21～1/28）

4）無次元絶対湿度による比較

内外の絶対湿度差で無次元化した値を求め、与条件に対する影響を考察する。比較対象とするデータは、温湿度変動が安定する 0 時～6 時の期間平均値とし、以下の(2.4.1)式により無次元絶対湿度を求めた。無次元絶対湿度は 0 が外気、1 が居室と同等であることを意味しており、1 に近付くほど対象部位が高湿化したことになる。

$$\chi = \left(X_a - X_o\right)/\left(X_i - X_o\right) \qquad (2.4.1)$$

ここに、

・:小屋裏各部の無次元絶対湿度

X_a:小屋裏各部の絶対湿度(g/kgDA)

X_o:外気絶対湿度(g/kgDA)

X_i:居室の絶対湿度(g/kgDA)

0 時～6 時における無次元絶対湿度を図 2.4.17 に示す。

無次元絶対湿度によればCase10-3の妻換気の条件が最も値が高く、換気による小屋裏内の水蒸気の希釈が確保されていない結果となった。また、Case10-4 の妻+軒換気では開口に高低差があるため温度差による換気の促進が期待されたが、換気口面積の基準値自体が軒に比べ小さいこともあり、Case10-2(軒のみ、基準値 1/2)と同程度の 結果となった。

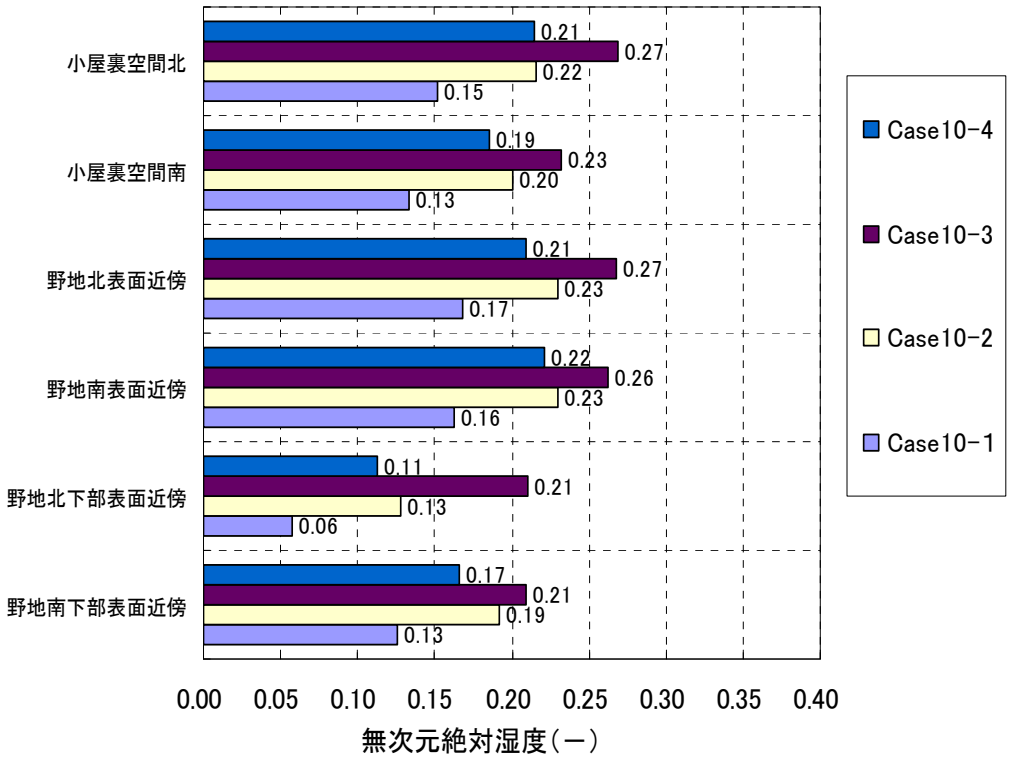


図 2.4.17 各部位の無次元絶対湿度(0 時～6 時の平均値)

2.4.3 外部風を考慮したシミュレーション計算による小屋裏換気口の要求性能の検討

本節では、外部風を考慮したシミュレーション計算によって、地域、換気方式、気密性能等の諸条件を勘案した小屋裏換気口の要求性能について検討する。

(1) 計算概要

1) 計算方法

計算は熱と水分の収支式と換気回路網により連成計算を行うプログラムを新たに開発し行った。多孔質材の熱水分移動に関しては、水分化学ポテンシャルによる熱水分同時移動方程式を適用し、既往の検討[1)]と異なり液水移動領域までの計算を対象とした。

＜計算対象住宅＞

計算対象は日本建築学会の熱負荷計算用標準問題に用いられる住宅モデル[3)]を参考にした(図 2.4.18 参照)。屋根は 4 寸勾配の寄棟及び切妻とし、断熱位置は天井である。計算対象室は小屋裏、居室、通気層 4 方位の計 6 室で、居室は 1 室とした。小屋裏換気口は寄棟では 4 方位、切妻は東西面に設置した。なお、外壁通気層は窓の無い部分のみ考慮し、寄棟では全方位、切妻では南北面が小屋裏に繋がる設定とした。天井面の隙間量については既往研究[1)]と同様に、表 2.4.3 に示す 3 水準とした。小屋裏換気口については、表 2.4.4 の住宅性能表示制度の劣化等級に関する基準値相当に加え、基準値の 0.5 及び 0.25 倍の合計 12 水準を設けた。ただし、計算では単純開口として扱い、隙間特性値 n=2 とした。

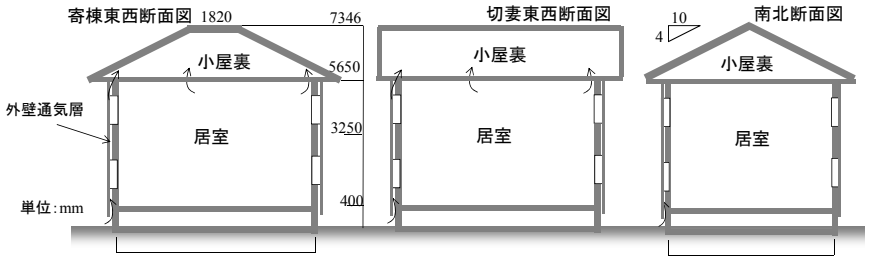


図 2.4.18 計算対象住宅

2) 計算条件

材料物性値に関しては既報[2)]と同じであるが、野地板に関しては文献を参考に平衡含水率及び水分拡散係数を設定した。対象とする都市は盛岡、宇都宮、富山、福岡の 4 都市とし、拡張アメダス気象データの標準年を計算に用いた。計算期間は 1.5 年、居室の温度条件は連続暖房を想定した(2.4.2)式で求め、湿度は 60%一定とした。

$$T_r = 4.5 \cdot \cos(48\pi(D-212)/8760) + 22.5 \qquad (2.4.2)$$

風圧係数差については、密集住宅地を想定した卓越風による換気はないが風の脈動によ

って各開口面間にΔCp=0.05 に相当する実効差圧が生じる条件を設定した[3)]。気象データの風向によらず、4 方位の開口部に Cp=+0.0375 が同じ頻度(各 25%)で発生するものとし、そのときに他の開口部で Cp=−0.125 をとることで、風の脈動の効果で実効差圧ΔCp=0.05 となるように設定している。また、居室の天井面には内外温度差相当の浮力が生じる設定とし、機械換気による圧力勾配は無視した。

表 2.4.2 対象住宅の各部仕様

屋根	ｽﾚｰﾄ瓦 + ｱｽﾌｧﾙﾄﾙｰﾌｨﾝｸﾞ + 野地板12mm(合板)
天井	GWB250mm + 防湿シート + 石こうﾎﾞｰﾄﾞ12mm
壁	ｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ12mm＋通気層＋GW16K100mm＋防湿ｼｰﾄ+石こうﾎﾞｰﾄﾞ12mm

表 2.4.3 気密性能の設定

記号	天井面の気密性能* $C_{ceiling}$ (cm^2/m^2)	住宅気密性能の目安 C_{Total} (cm^2/m^2)	備考
A	3.58	10.4	非気密
B	0.81	4.9	気密住宅(温暖地)
C	0.41	2.4	気密住宅(寒冷地)

＊天井の隙間面積を天井面積で除した値

表 2.4.4 小屋裏換気口面積の設定

換気方式	小屋裏換気口面積・A (cm^2)	天井面積あたりの小屋裏換気口面積* C_{attic} (cm^2/m^2)
軒換気	2650	40
軒+棟換気	1153	17.4
妻換気	2208	33
妻+軒換気	1471	22.2

(2) 結果及び考察

以降の計算結果は最寒期となる 1～2 月の期間平均値とし、換気量は天井面積あたりの質量基準(kg/m^2h)とした。1～2 月の計算結果を抽出したのは、小屋裏結露の発生頻度が最も高い時期のためである。計測期間は、含水率が長期変動で変わることを考慮して 1.5 年とした。また、通気層ありの場合、小屋裏への外気空気流入量に外壁通気層からの流入分を加算している。

1) 小屋裏への室内空気流入量

小屋裏への室内空気流入量を図 2.4.19(左)に示す。屋根及び換気口形状の影響は少なく、天井面の気密性能と室内外温度差によって差異が生じている。図 2.4.19(右)は室内側で第 3 種換気システムの稼働を前提とした既往研究[1)]からの引用であるが、本計算では機械換気の稼働を想定しておらず、小屋裏結露に対しては厳しい結果が得られるよう配慮している。

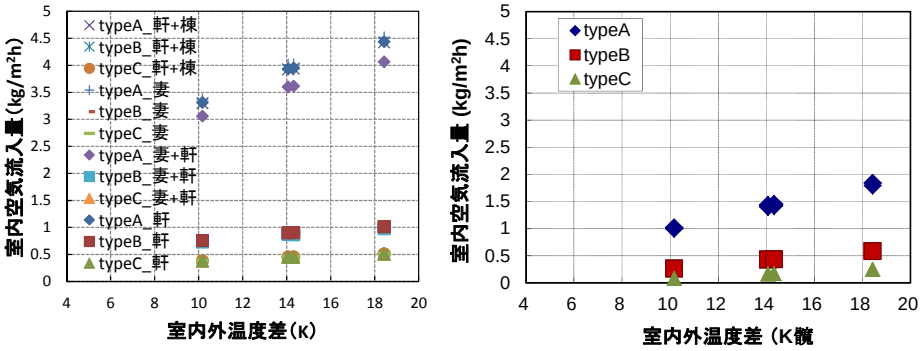


図 2.4.19 小屋裏への室内空気流入量と内外温度差の関係

(左:本計算結果、右:第 3 種換気稼働時[文献から引用 1)])

2) 換気方式と小屋裏への外気空気流入量の関係

図 2.4.20 に typeC の換気方式毎の小屋裏への外気流入量を示す。なお、小屋裏換気口面積は、表 2.4.4 の値(性能表示制度基準値相当)で、点線で囲んだデータは通気層ありの結果(外気+通気層からの流入量)である外気流入量は小屋裏換気口面積とほぼ線形関係であり、勾配は換気方法により異なる。妻換気口では最大で 1.0kg/m²h 程度であり、他に比べ少ない結果であった。本計算では風圧力を各方位 25%ずつの出現頻度で与えているため、2 面開口となる妻換気では値が小さい。一方、点線で囲んだ通気層からの流入量を加えた結果は通気層なしに比べ 0.6～2.0kg/m²h 程度増加した。

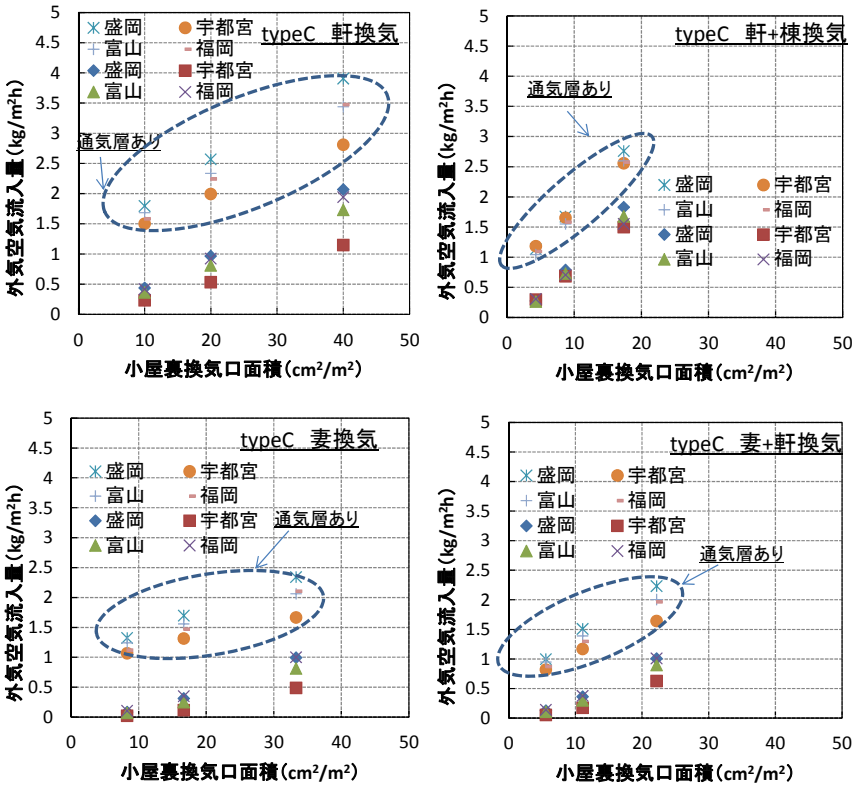


図 2.4.20 小屋裏換気口面積と外気流入量の関係(typeC)

図 2.4.21 の typeC に対する外気流入量の割合は妻換気の typeA が特に低く、typeC 軒換気の 2 割程度であった。しかし、通気層が小屋裏空間へ繋がる場合は 7 割程度への改善が見られ、脈動による実効差圧のみの想定では、通気層の効果は相対的に大きい傾向であった。

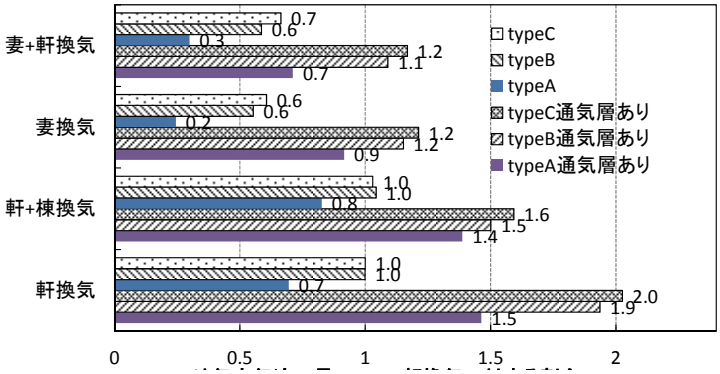


図 2.4.21 typeC に対する外気流入量の割合

3）小屋裏への外気流入量と含水率の関係

図 2.4.22 に typeC の小屋裏への外気流入量と北側野地板表面含水率の関係を示す。含水率がやや高めであるが、外気流入量との相関は確認できる。また、通気層あり・なしはほぼ連続した曲線と見なせ、通気層からの流入分の加算は換気方式の評価において妥当であると言えよう。

4）外気空気流入量に対する評価指標の提案

天井面積あたりの小屋裏換気口面積 C_{attic}(cm²/m²)と外気流入量 q(kg/m²h)を線形関係と見なし(2.4.3)式で近似し勾配 a と切片 b を求めた注)。v_0 は外部風速の期間平均値(m/s)である。

$$q = a \cdot \alpha A \cdot v_o + b \qquad (2.4.3)$$

図 2.4.23 に仕様毎の勾配 a と切片 b の平均値と標準偏差を示す。標準偏差から判るように、外部風速で基準化を行い得られる勾配 a は軒+棟換気を除けば切片 b と共に地域による差が僅かであり、図中の a、b が換気方式や通気層の組合せから定まる評価指標と見なすことができる。

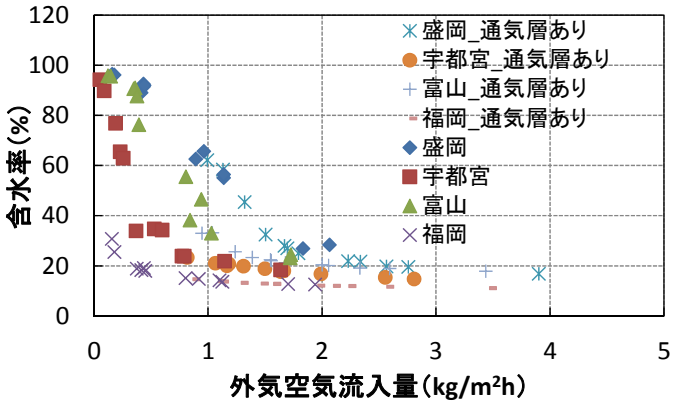


図 2.4.22 小屋裏への外気流入量と含水率の関係(typeC)

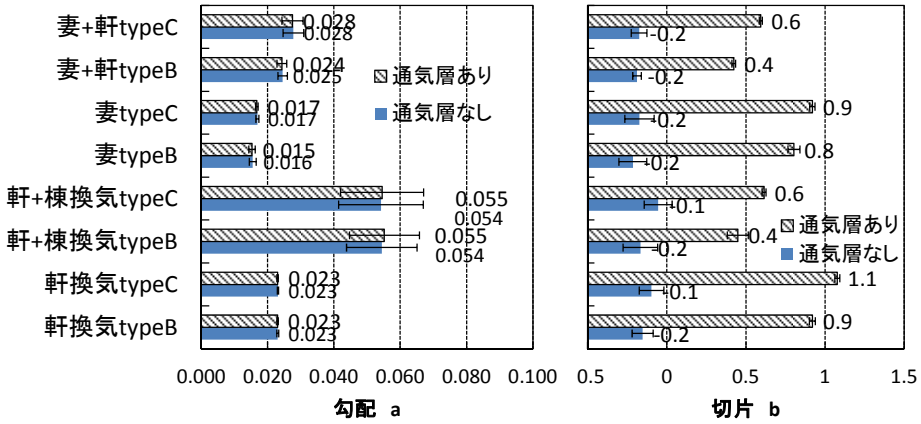


図 2.4.23 換気方式毎の勾配 *a* 及び切片 *b*

2.4.4 まとめ

実験棟における実証実験とシミュレーション計算により、小屋裏空間への外気流入量に対する換気方式や外壁通気層の影響を検討した。換気方式については妻換気の性能が低いこと、外壁通気層の効果の高い等の知見が得られた。また、換気方式や気密性能毎に小屋裏への外気流入量を求める推定式を作成し、小屋裏換気措置に対する評価指標を提案した。今後は評価指標の検証を行い、地域ごとに必要な小屋裏換気措置の要件を整備する予定である。

注)風圧力 P は外部風速 v2 に比例するため、換気量が ΔP の平方根で定義されると仮定し(n=2)、外部風速の一次式で表現した。また、通気層は断熱層の外側に位置するため、地域による温度差の影響は小さいとみなした。

＜参考文献＞

1)齋藤宏昭、本間義規他：多数室シミュレーションによる気密性能を考慮した木造住宅の小屋裏防露性能に関する検討、日本建築学会技術報告集　第 35 号、pp.221~226、2011.2

2）松岡大介他、木造住宅の小屋裏温湿度形成に関する実験的検討、その２　軒裏換気方式の場合における小屋裏への各部空気流量と加湿量の推定、日本建築学会大会学術講演梗概集 D2.2011.9
3）宇田川光弘：標準問題の提案、日本建築学会環境工学委員会 熱分科会第 15 回熱シンポジウム、pp23-33, 1985.9
4)Shigeki Nishizawa, Takao Sawachi, Eizo Maruta ″ Study on Wind, Pressure Coefficient for Cross Ventilation Design in Residential District″, Advances in Wind and Structures (AWAS'08), Vol.2,pp.1141-1155 (2008)

2.5 陸屋根の防露措置・防露条件の整理に関する検討

2.5.1 はじめに

天井・屋根周りに要求される防露性能に関しては、品確法の省エネ等級及び劣化等級に定められる小屋裏換気口や防湿層の設置、透湿抵抗比などの指針がある。しかし、これらは主に勾配屋根を想定しており、陸屋根に関する検討は為されていない。陸屋根を有する住宅は住宅密集地等でよく見られ、屋上をバルコニーとして利用する場合、広い外部空間を有効に確保できる利点を有している反面、勾配屋根のように軒や棟等を有していない為に、換気口の設置が困難で、厳しい放射環境に曝される中、防露上の懸念があると言われている。一方、勾配屋根の不具合に関する実態調査によれば、比較的築年数が浅い物件での野地板の劣化が指摘されており、瑕疵担保履行法や長期優良住宅の施策の観点からも、屋根周りの劣化メカニズムに関する検討は重要になりつつある。

これらの背景を勘案し、本技術開発では陸屋根に要求される防露措置を明らかにする為に、屋外実験により、その性状を確認し、次いで数値解析により、陸屋根に求められる防露条件に関して整理し、提案を行った。

2.5.2 屋外実験棟における検討

(1) 実験概要

1) 実験棟の概要

実験は茨城県つくば市の建築研究所内に、陸屋根を模擬した木造平屋建ての実験棟を建設して行った(図 2.5.1)。実験棟屋上には南側に腰壁を作成し、パラペット立ち上がりによる日影を再現させ、冬季の一定期間日陰となるよう配慮した(図 2.5.2)。天井面には別張りの防湿層が施工され、照明設備などの防湿欠損は無い。また、各仕様は 910mm ごとに区画し、区画間で熱と水分の移動が無いように、断熱材と防湿シートで仕切り、同時に複数の検証ができるように配慮した(図 2.5.3)。陸屋根の仕様は、断熱位置、野地板含水率、脱気口が異なる合計 8case の条件とした(表 2.5.1)。排湿を目的とした脱気口は、天井断熱では小屋裏空間から、屋根断熱では野地板上側の空気層から直径 30φ、長さ 150mm の塩ビ管を北側外壁に貫通させ排湿性能を調節した。野地板は、caseごとに910×910mmの合板を日向と日陰用に2枚用意し、未乾燥材や施工中の雨水による吸水を想定し事前に吸水させ、含水率を20～40 mass%程度に調整した(表 2.5.1)。



図 2.5.1 実験当外観(北側)

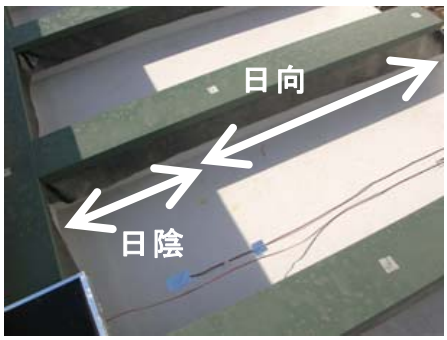


図 2.5.2 屋根部分の日影状況

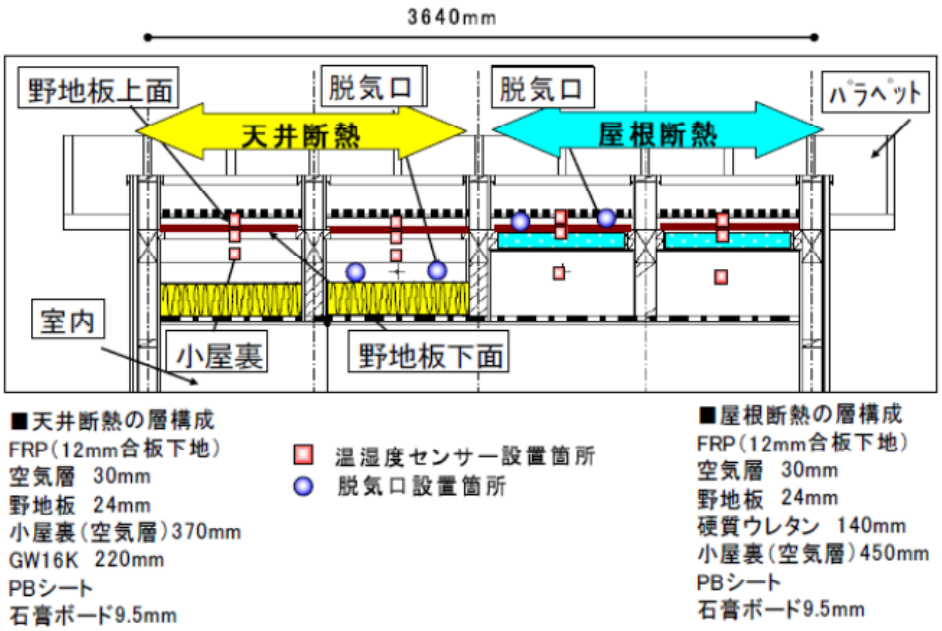


図 2.5.3 実験棟屋根部垂直断面図

2)　測定概要

温湿度の測定には、耐結露性の高い温湿度センサー(コーナー札幌社製 KNS-DEW-10)を用い、パラペットによる日陰となる部位、若しくは日向となる位置の断面方向各層に設置した。外界条件については外気温湿度に加え、日向、日陰部分それぞれの水平面 SAT 温度を計測した。測定期間は、2009 年 12 月から 2010 年の 2 月末で、case1、case5 以外は 3 週間とし、計測インターバルは 10 分とした。室内の温湿度は、約 23℃40％に調整した。

表 2.5.1　実験条件

Case	断熱位置	脱気口	野地板含水率(mass%)		期間
			日向	日陰	
case1	天井	無	36.2	39.1	12/19～2/27
case2		大	33.0	30.4	1/9～1/28
case3		小	27.5	30.0	2/2～2/21
case4		無	17.6	15.7	12/19～1/7
case5	屋根	無	36.7	33.0	12/19～2/27
case6		大	27.8	32.1	1/9～1/28
case7		小	29.6	37.3	2/2～2/21
case8		無	19.2	19.1	12/19～1/7

※脱気口大:30φ×2 本、脱気口小:30φ×1 本

(2) 測定結果

1) 屋根内部湿度に対する外乱の影響

屋根内部湿度に対する外乱の影響を考察するため、初期含水率が高く、密閉された条件である case1 及び case5 の試験期間中の代表的な晴天日(12/24～26)と曇天日(2/12～13 の 2 日間を選択し、野地板の上側に位置する空気層の温湿度変動を図 2.5.4～図 2.5.7 に示した。

晴天日の湿度変動に関しては、図 2.5.4 及び図 2.5.5 より、SAT 温度の上昇に伴い日向、日陰ともに絶対湿度が上昇するが、ピークである 15 時頃の日陰の絶対湿度は日向よりやや低く、夜間は逆に高く推移している。一方、相対湿度は、日向では昼間に低下するが、日陰では昼ごろ相対湿度が上昇し、結露発生が示されている。日陰と日向の日中の絶対湿度差は僅かであるが、水平面 SAT 温度は 20℃以上あり、パラペットにより生じる日影の影響によって、局所的な結露が生じていると言える。

野地板上の空気層は厚さ 30mm 程度で、日向と日陰の空間の間に遮蔽物は無く、センサーの設置位置も南北方向に 900mm 程度しか離れていない。しかしながら、放射環境の差異により温湿度変動は大きく異なり、初期含水率が高く密閉された空間の日陰側では、温度が上昇する日中に結露が発生する結果となった。

曇天日の湿度変動に関しては、図 2.5.6 及び図 2.5.7 より、日陰部分では終日ほぼ 100％RH となっている。これは、竣工後 2 ヶ月程経過した 2 月中旬のデータであるが、前述した放射環境の影響によって、日陰側の含水率が上昇し、低温が続くことで生じたと思われる。絶対湿度は曇天でも日中に若干高くなるが、晴天日ほどの変化は見られなかった。

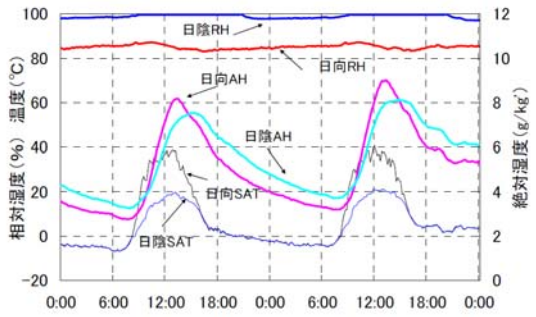


図 2.5.4 晴天日の温湿度変動
（case1 ： 天井断熱）

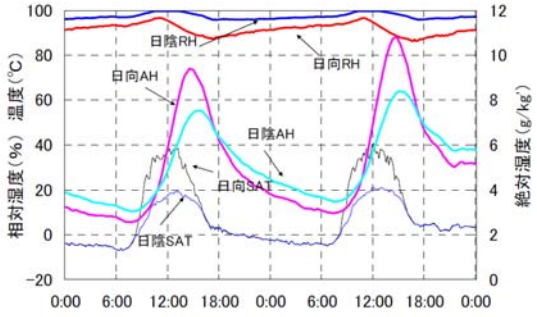


図 2.5.5 晴天日の温湿度変動
（case5 ： 屋根断熱）

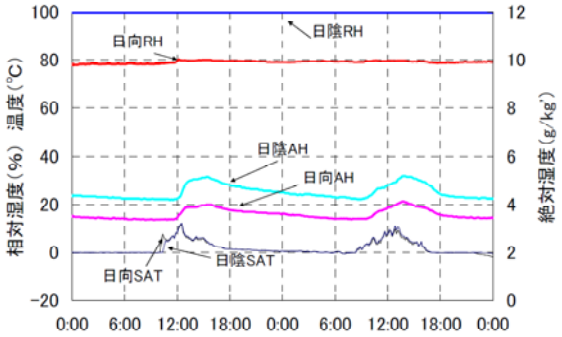


図 2.5.6 曇天日の温湿度変動
（case1 ： 天井断熱）

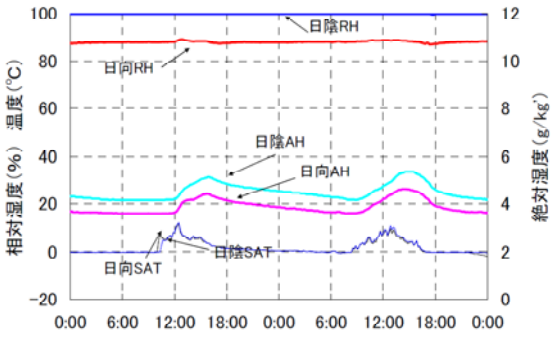


図 2.5.7 曇天日の温湿度変動
（case5 ： 屋根断熱）

2）脱気口の効果

脱気口の排湿性能を把握するため、天井断熱の仕様を対象に炭酸ガスを用いた濃度減衰法により、換気回数を求めた（表 2.5.2）。これより、30φ程度の脱気口（case3、小）でも 0.3 回/h 程度の換気回数を確保できることが確認された。

図 2.5.8 は試験前後の野地板の質量変化を試験日数で除し算出した、1 日あたりの放湿量を示す。本来、放湿量は初期含水率や試験期間中の天候の影響を受けるが、図からは脱気口の有無や大小の差が見られ、表 2.5.2 の結果も勘案すると、脱気口の設置が初期水分の排出に一定の効果をもたらすことを示唆している。また図からは、日向と日陰の差異も若干示されており、日射による吸放湿の影響が読み取れる。

表 2.5.2 小屋裏空間の換気回数測定結果

-	case1	case2	case3
換気量（m^3/h）	-	0.34	0.26
換気回数（1/h）	-	0.48	0.36
脱気口	無	大	小
容積（m^3）	0.71		

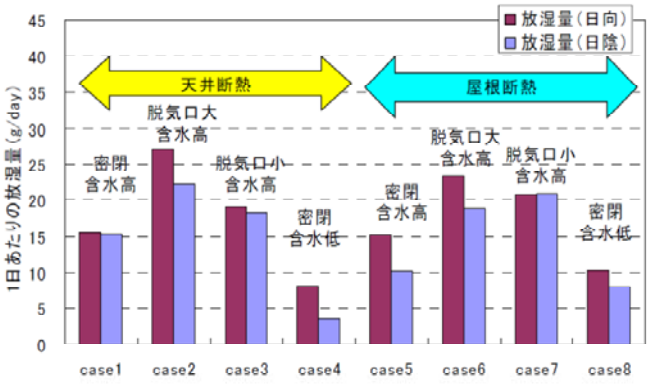


図 2.5.8 野地板からの 1 日あたりの放湿量

3) 脱気口が無い場合の湿度性状

初期水含水率が高い場合(case1、case5)に関して、野地板の上面及び下面で計測した相対湿度変動を図 2.5.9、図 2.5.10 で示す。case1、case5 ともに日向の相対湿度は低下する傾向が見られるものの、日陰は case1 の野地下を除いて 95%RH 以上を維持している。特に、野地板上日陰の湿度は僅かながらも上昇傾向が見られ、1)で述べた日向部の放湿が日陰部分の結露を誘発し、乾燥を妨げていることが推測される。また、曇天が続く 2 月中旬は 1 週間程度飽和状態が続いている。

天井断熱と屋根断熱による差異については野地下日陰が顕著であり、天井断熱の case1 では 2 月下旬に 90%RH 以下まで乾燥するものの、屋根断熱の case5 では 95%RH 以上を維持していた。これは、天井断熱では小屋裏空間に面する構造躯体の湿気容量が大きいため、野地板から放出された水分を吸着できるのに対し、屋根断熱では野地板下面の空間が小さく吸放湿が期待できないことが要因と推測される。ただし、構造躯体に未乾燥材を用いた場合は、case1 の野地下側のような乾燥傾向は再現されないことが予想される。

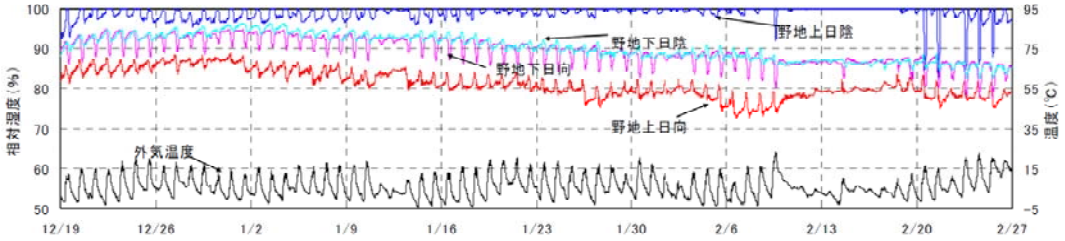


図 2.5.9 野地板上下の相対湿度変動(case1 ： 天井断熱、初期含水率高)

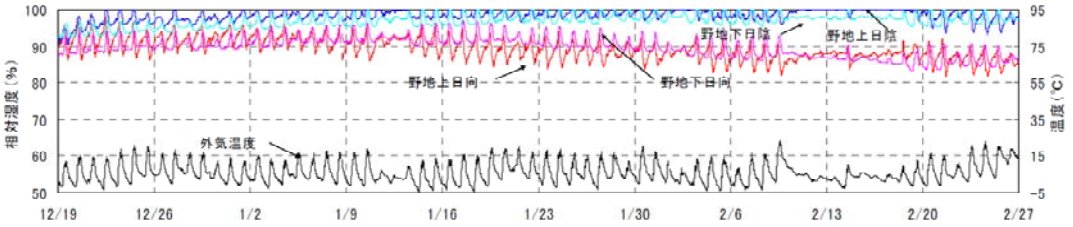


図 2.5.10 野地板上下の相対湿度変動(case5 ： 屋根断熱、初期含水率高)

初期含水率が低い場合(case4、case8)に関して、野地板の初期含水率を 20mass%程度に調整した場合の結果図 2.5.11、図 2.5.12 で示す。case1、case5 と比較して、測定期間は短いが、相対湿度は 90%RH 以下で上昇傾向は見られない。既に述べたとおり脱気口が無い場合、換気による排湿はほとんど期待できないが、竣工時の初期含水率を 20%程度に抑えれば、初期結露の発生は避けられると言えよう。

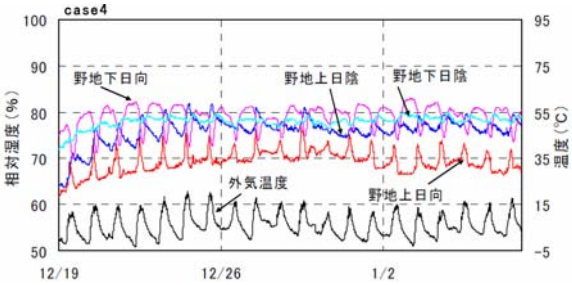


図 2.5.11 野地板上下の相対湿度変動
(case4 ： 天井断熱、初期含水率低)

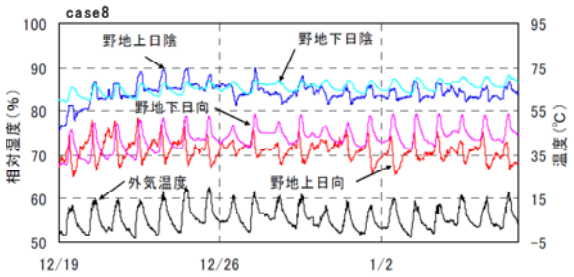


図 2.5.12 野地板上下の相対湿度変動
(case8 ： 屋根断熱、初期含水率低)

4) 試験前後の野地板含水率

質量測定より求めた試験前後の野地板含水率を図 2.5.13 に示す。脱気口を設置した case 2、3、6、7 は 3 週間で 10%程度、脱気口の無い case1、5 は 10 週間で 15%程度の含水率の低下が示されている。着目すべきは、case1 と case5 であり、試験終了時の含水率が 20mass%程度であるにもかかわず、図 2.5.9 の野地上及び図 2.5.10 の野地上及び野地下日陰の相対湿度が 95%RH を超えている。これは野地板全体の含水率は低下しているものの、日陰の為温度が低く、水分の逃げ場が無い部位は、乾燥せずに局所的に高い含水率が維持されたことを示唆している。

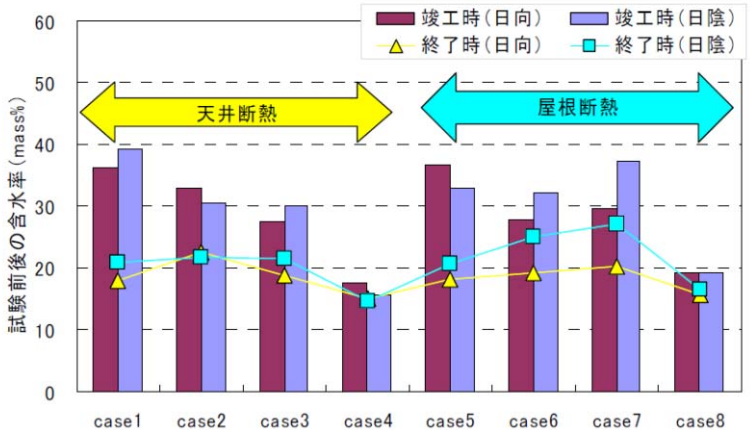


図 2.5.13 試験前後の野地板含水率

5）まとめ

- 30φ程度の脱気口の設置により、天井断熱では 0.25 ㎥/h 程度の換気量が確保でき、初期水分の排出が促進されることが確認された。
- 脱気口がなく野地板の初期含水率が30%程度の場合、日陰となるFRP下面において冬期を通じ結露が断続的に発生し、曇天の場合は終日飽和状態が続く傾向が見られた。また、日射授受時の日向部の放湿が日陰部の乾燥を妨げ、低温部での局所的な結露を助長する傾向が示された。
- 野地板の初期含水率が 20%程度では、脱気口が無くとも野地上下の空間を 90%RH 以下に抑制でき、乾燥材の使用が陸屋根の初期結露防止に有効であることが確認された。

2.5.3 シミュレーション計算による検討

屋外実験棟で得られた知見を踏まえ、熱水分同時移動方程式を用いた数値解析により、陸屋根に求められる防露性能に関して検討を行う。

(1) 計算概要

1）熱水分移動の基本式

基本式は 1 次元湿流を想定した熱水分同時移動方程式と熱及び水蒸気の収支式より構成される。その概要は①建物外皮の材料を通過する熱・水分の移動、②換気による熱・水分・空気の移動、③室内から小屋裏へ流入する熱・水分の移動から成り立っている。

詳細を述べると、陸屋根小屋裏の温度と絶対湿度は、対象となる空間に対して瞬時拡散を仮定した熱湿気の収支式である(2.5.1)、(2.5.2)式を用いる。材料実質部に対する基本式は、水蒸気拡散領域から液水移動領域まで適応することが可能であるうえ、多層壁に対しても統一場で解析できる利点を持つ、水分化学ポテンシャルを用いた熱水分同時移動方程式(2.5.3)、(2.5.4)式を適用する。

$$\rho_a c V \frac{\partial T_r}{\partial t} = \sum \alpha A\left(T_s - T_r\right) + \rho_a c Q\left(T_o - T_r\right) \tag{2.5.1}$$

$$\rho_a V \frac{\partial X_r}{\partial t} = \sum \alpha' A\left(X_s - X_r\right) + \rho_a Q\left(X_o - X_r\right) \tag{2.5.2}$$

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla\left\{\left(\lambda + r\lambda'_{Tg}\right)\nabla T + r\lambda_{\mu g}\nabla\mu\right\} \tag{2.5.3}$$

$$\rho_w \frac{\partial \phi}{\partial \mu}\frac{\partial \mu}{\partial t} = \nabla\left(\lambda'_{\mu}\nabla\mu + \lambda'_{T}\nabla T\right) \tag{2.5.4}$$

室内及び外界との境界条件は(2.5.5)、(2.5.6)式を用いた

$$-\left[\lambda\frac{\partial T}{\partial n}\right]_s - r\left[\lambda'_{\mu g}\frac{\partial \mu}{\partial n}+\lambda'_{Tg}\frac{\partial T}{\partial n}\right]_s = \alpha\left(T_r - T_s\right) \tag{2.5.5}$$

$$\left[-\lambda'_{\mu}\frac{\partial \mu}{\partial n}-\lambda'_{T}\frac{\partial T}{\partial n}\right]_s = \alpha'\left(X_r - X_s\right) \tag{2.5.6}$$

水分化学ポテンシャルに対する水分伝導率は絶対湿度基準の湿気伝導率に対して、時間ステップごとに(2.5.7)、(2.5.8)式により数値微分を行ない逐次計算したものを与えた。

$$\lambda'_{\mu} = \lambda'\frac{\partial X}{\partial \mu}\bigg|_T \tag{2.5.7}$$

$$\lambda'_{T} = \lambda'\frac{\partial X}{\partial T}\bigg|_\mu \tag{2.5.8}$$

記号
t: 時間
ϕ: 体積含水率 (m3/m3)
μ: 水分化学ﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ (J/kg)
T: 温度 (K)
X: 絶対湿度 (g/kgDA)
λ'_{Tg}: 温度勾配による気相水分伝導率(kg/msK)
$\lambda'_{\mu g}$: 水分化学ﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ勾配による気相水分伝導率(kg/ms[J/kg])
λ'_{μ}: 水分化学ﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ勾配による水分伝導率(kg/ms[J/kg])
λ'_{T}: 温度勾配による水分伝導率(kg/msK)
λ': 湿気伝導率(kg/msPa)
ρ_a: 空気比重量 (kg/m3)
ρ_w: 水の比重量 (kg/m3)
r: 潜熱 (J/kg)
ρ: 材料密度 (kg/m3)
λ: 熱伝導率 (W/mK)
αc: 熱伝達率 (W/m2K)
α'c: 湿気伝達率 (g/m2hg/kgDA)
c: 比熱 (J/kgK)
Q: 換気量(m3/h)
V:体積(m3)
A:面積(m2)
添字
μ:水分化学ﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ
T:温度
g:水蒸気
r:室内
o:外気
s:表面

2) 計算対象

計算対象は実験で得られた知見を勘案し、陸屋根の日向及び日陰部分を設けた図 2.5.14 に示すモデルとする。寸法は戸建住宅のルーフバルコニーを想定した規模(表 2.5.3 参照)とし、それぞれの空間の換気量は、屋外実験棟の結果を踏まえて表 2.5.4 の値とした。なお、断熱方式は天井断熱のみとした。

計算対象地域は省エネルギー基準の地域区分でⅣa 地域に該当する宇都宮とし、外界条件としては拡張アメダス気象データ(標準年)を用いた。

変更するパラメータは、小屋裏の換気回数、天井の気密性、室内の相対湿度とした。さらに、合板の初期含水率を 20%と 30%の 2 水準設定し、計算開始日(夏期及び冬期)の影響についても検討を行う。

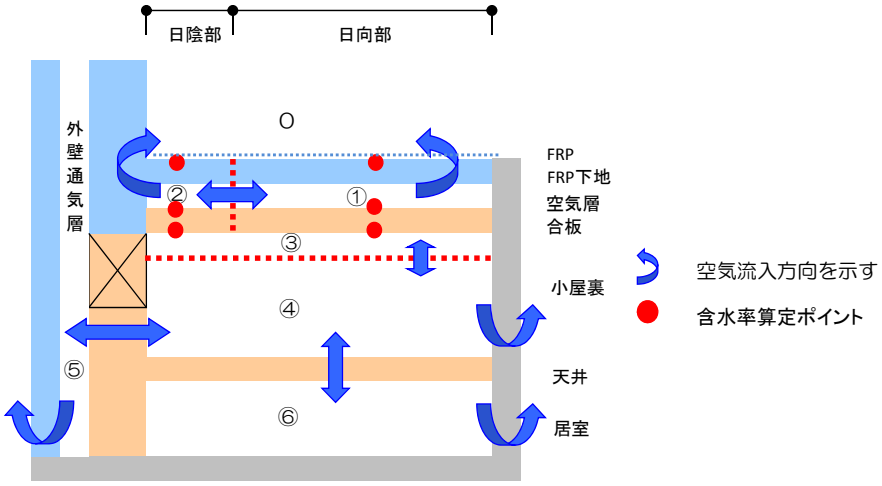


図 2.5.14 計算対象モデル

表 2.5.3 計算モデルの空間ボリューム

空間番号	空間名称	長辺(m)	短辺(m)	高さ(m)	容積(m³)
0	外気	–	–	–	–
①	FRP下日向	3.640	1.365	0.03	0.149
②	FRP下日陰	3.640	0.455	0.03	0.050
③	小屋裏上部	3.640	1.820	0.05	0.331
④	小屋裏	3.640	1.820	0.35	2.319
⑤	外壁通気層	3.640	0.018	2.60	0.170
⑥	室内	3.640	1.820	2.60	17.224

表 2.5.4 計算モデルの空気流入量の整理

	OUT	→	IN	流入量(m³/h)	備考
1	①	→	0	0	
2	①	→	②	0	
3	②	→	0	0	
4	②	→	①	0	
5	③	→	④	0.0662	
6	④	→	0	0.0000	換気回数0回/h
	④	→	0	0.2319	換気回数0.1回/h
	④	→	0	0.6956	換気回数0.3回/h
7	④	→	③	0.0662	
8	④	→	⑤	0	
9	④	→	⑥	1.7200	
10	⑤	→	0	0.1700	
11	⑤	→	④	0	
12	⑥	→	0	8.6122	換気回数0.5回/h
13	⑥	→	④	1.7224	C値 2cm²/m²相当
	⑥	→	④	3.4449	C値 5cm²/m²相当

(2)　計算結果

1）年間の含水率変動

図 2.5.15 夏期竣工の合板及び FRP 下地の含水率変化は夏期に竣工したケースの計算結果である。初期含水率 30%、小屋裏の換気回数 0.1 回/h、天井の気密性能を C 値 2cm^2/m^2 程度とし、室内湿度の差異を考察する(左:50%RH、右:60%RH)。夏期の竣工では、竣工直後の含水率の上昇は見られず初期含水に起因する含水率の局所的な上昇は見られない。冬期は室内湿度 60%設定(図 2.5.15 右)で合板日陰下の含水率が上昇しているが、これは居室からの水蒸気流入による影響である。室内湿度 60%設定の FRP 日陰では 4 月から 6 月にかけて含水率の上昇がみられ、冬期の間、日陰側の合板に蓄積された水分が時間をかけて FRP 日陰部分に到達したと考えられる。

図 2.5.16 は冬期竣工のケースで、室内湿度 50%、小屋裏の換気回数 0.1 回/h、天井の気密性能を C 値 2cm^2/m^2 で、初期含水率の差異を比較した(左:20%、右:30%)。図 2.5.16 は夏期竣工の結果と異なり、相対湿度 50%にもかかわらず冬期の含水率が双方とも 30%を越えている。特に初期含水率 30%では合板日陰下の値が高く、居室からの水蒸気流入が僅かでも躯体に含まれる水分が低温となる箇所に集中し、局所的な含水率の上昇を引き起こすことが読み取れる。しかし、12 月には合板、FRP ともに含水率が低下しており、初期含水の影響が次年度以降に持ち越すことはない。

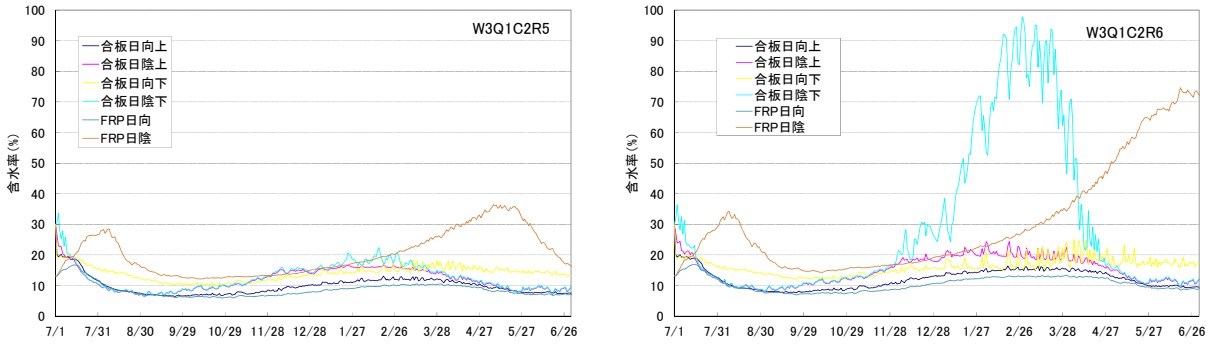


図 2.5.15 夏期竣工の合板及び FRP 下地の含水率変化

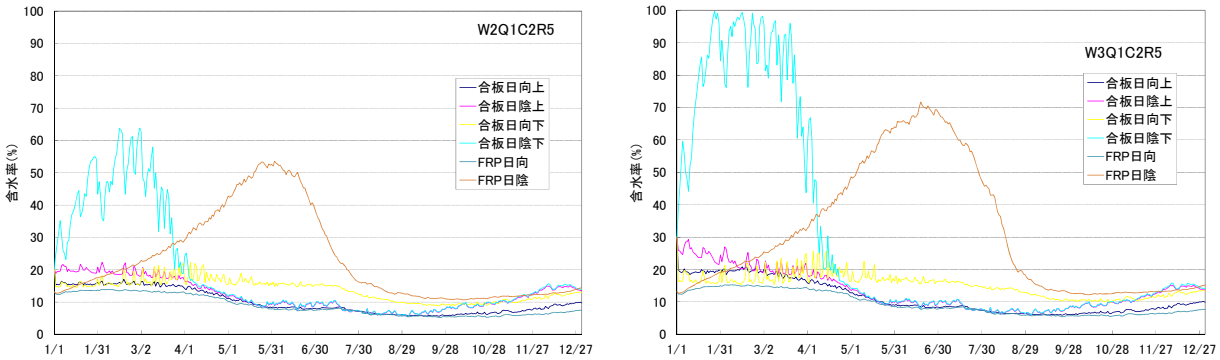


図 2.5.16 冬期竣工の合板及び FRP 下地の含水率変化

2)　外気流入量と含水率の関係

図 2.5.17、図 2.5.18 は、最寒期となる 1～2 月の合板日陰下含水率の期間平均値と外気空気流入量の関係である。なお、外気空気流入量は天井面積あたりの質量基準（kg/m²h）とした。

冬期竣工の図 2.5.17 では総じて含水率が高く、居室に加え躯体からの水分供給の影響が読み取れる。初期含水率が 20%の条件（W2）では外気空気流入量の増加により含水率が低下しているものの、30%（W3）では外気流入量との相関が低く、初期水分排出の観点では換気量が不足している。夏期竣工（図 2.5.18）では、W3R6（初期含水率 30%、室内湿度 60%）を除けば 25%以下であり、冬期に至るまでに躯体が乾燥し初期含水の影響はほとんど見られない。W3R6（初期含水率 30%、室内湿度 60%）については、居室からの水蒸気流入量がやや多いため乾燥が遅れたものと推測できる。

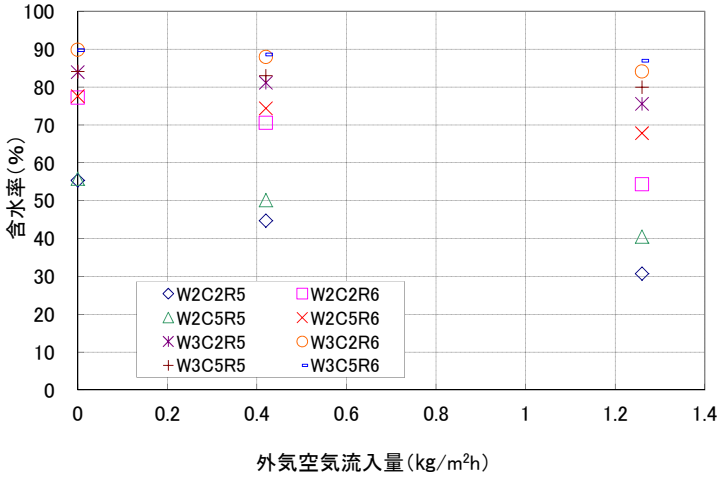


図 2.5.17　外気空気流入量と含水率の関係（夏期竣工）

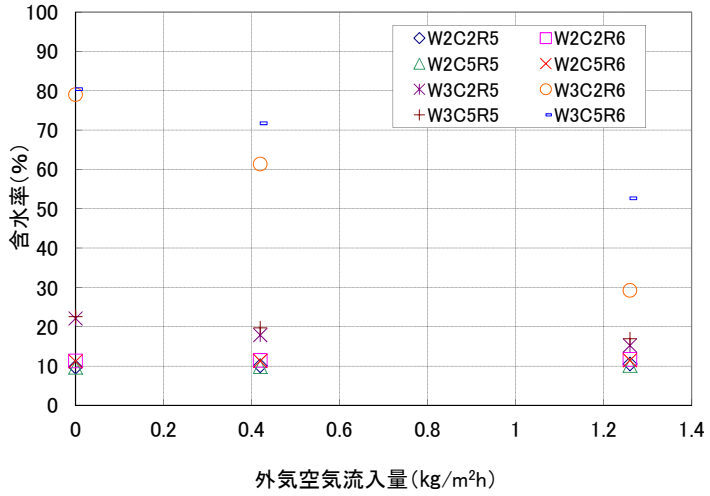


図 2.5.18　外気空気流入量と含水率の関係（夏期竣工）

2.5.4 まとめ

天井断熱の陸屋根小屋裏を対象とした数値解析により得られた知見を以下に示す。

〈初期結露に関して〉

躯体の初期含水が高い場合、野地板の含水率上昇の防止に一定の換気措置が有効である。

冬期竣工の場合、初期含水率が 20%程度でも一時的に日陰部野地板の含水率の上昇が生じる。しかし、0.1 回/h 程度の換気があれば夏期に水分が排出され次年度以降に影響は残らない。

躯体の初期含水率が 30%の場合、0.3 回/h 程度の換気でも初期水分排出には半年程度の期間を要する。

合板と FRP 下地の含水率上昇の位相は異なり、含水率が上昇するケースでは春季から初夏にかけて高含水状態が維持される可能性がある。

〈通年の結露に対して〉

野地板の含水率上昇は日向では生じないが、低温となる日陰部に水分蓄積が集中する。

野地板の含水率上昇は外気導入量に比べ、天井面の気密性と室内湿度の影響が大きく、宇都宮の気象条件下では天井面の気密を確保すれば、0.1 回/h 程度の外気導入量でも 25%以下に維持できる。

本検討は、宇都宮の気象条件下で金物などの熱橋、降雨・降雪等の影響を無視した場合の結果である。計算結果からは低温部への水分の集中が示唆されており、今後は低温部の面積割合や地域性等についても検討が必要と考えられる。

2.6 外壁通気層における防露性能・断熱性能評価に関す検討

2.6.1 はじめに

日本の木造戸建て住宅の外壁で多く採用されている通気層構法は、外装材と断熱層の間に、外気に通じる空気層（通気層）を設けることによって壁体内の湿気を排出し、壁体内の高湿化を抑制する構法である。外壁通気層に関しては多くの研究がなされており、壁体内の湿気排出に有効な通気層厚さなどの知見が得られているものの、実住宅において外壁通気層の効果を検討した研究は少なく、通気量の実態は明確となってはいない。外壁通気層では、外気と通気層の温度差による浮力と外部風による風圧力が通気の駆動力となるが、外部風と通気量の関係性についてはほとんど検討されていない。また、通気量の違いは通気層内の温湿度に影響するため、外壁通気層の防露性能を評価する上で、通気量と温湿度の実態を把握することが重要である。一方、外壁の断熱性能を評価するにあたり、通気層外側の外装材が有する断熱性能を加味した評価手法が求められている。実測に基づく断熱性能検証は、評価手法を確立する上で重要な情報になると考えられる。

以上の背景から、本節では、外壁通気層に関する以下の性状を明らかにすることを目的として、屋外に建てられた実験住宅における長期間の実測を実施した。

（1）外壁通気層における通気量

（2）外壁通気層内の温湿度

（3）通気層を有する外壁における外装材の熱抵抗の効果

2.6.2 通気量の実態把握

戸建て住宅の外壁通気層における通気量の実態を把握するため、実験住宅において通気層の通気量を測定し、外気と通気層の温度差、外部風向・風速が通気量に及ぼす影響について検討した。

（1）実測概要

測定は、岩手県立大学の建築環境工学実験棟にて実施した。実験住宅の概要を図 2.6.1、図 2.6.2、表 2.6.1 に示す。西向き片流れ屋根の総2階建てで、周囲に隣接する建物はなく開けた敷地に建っている。壁合板と透湿防水シートを防風層とする一般的な通気層構法の外壁を有する。北側は天井断熱、南側は屋根断熱であるため、小屋裏の換気方式が異なっている。ただし通気層の上端は軒裏に開放されており、軒裏空間を介して、小屋裏または屋根通気層につながっている。通気層の厚さは 9mm、18mm、27mm の 3 仕様を図 2.6.3 に示すとおり配置した。窓がなく1、2階連続した壁を対象とし、天井断熱に通ずる厚さ 9mm、18mm の通気層を「天井 9mm」、「天井 18mm」、屋根断熱に通ずる厚さ 18mm、27mm の通気層を「屋根 18mm」、「屋根 27mm」として比較した。



図 2.6.1　実験住宅の外観

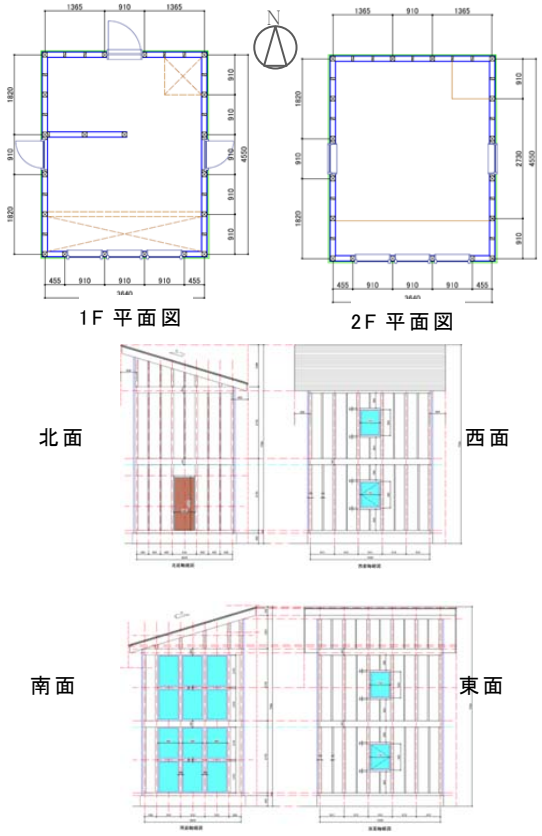


図 2.6.2　実験住宅の平面図･立面図

表 2.6.1　実験住宅の概要

建設地	岩手県滝沢村(岩手県立大学内)
工法	木造総2階建て
延床面積	33.12 ㎡ (3.64×4.55m)
屋根	片流れ (3寸勾配)
断熱仕様	外壁: 高性能 GW16K100mm 天井: 高性能 GW16K200mm 基礎: XPS3 種 b100mm (外張り)
通気層	厚さ: 東西面: 9, 18, 27mm の3仕様 南北面: 18mm

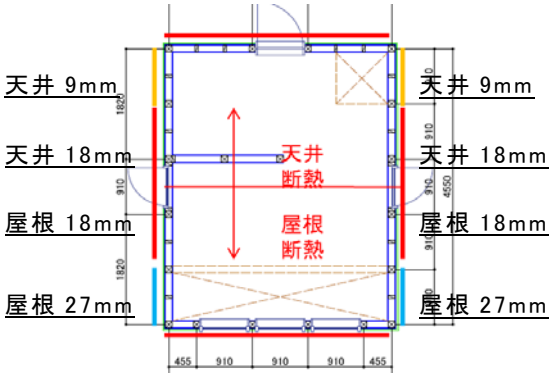


図 2.6.3 通気層の配置

通気層内風速、温度、外部風向・風速、外気温とともに、西面では通気層上下端の圧力差を測定し、通気層内の通気方向の判定に用いた。風向・風速と圧力差は 1 分間隔、温度は 10 分間隔の瞬時値を記録した。実測期間は 2010 年 3 月 17 日～2011 年 5 月 23 日である。

通気量の算定において、通気層内の流れは上下方向の層流とし、断面方向の風速分布を図 2.6.4 の様に 2 次曲線と想定した。通気層内風速の測定値を中心風速とみなして、式 2.6.1 より外壁幅 1m あたりの通気量を算定した。

$$Q = \frac{2}{3} d\, v \qquad (2.6.1)$$

ここで Q:通気量[m^3/s]、v:通気層内風速(厚さ中心)[m/s]、d:通気層厚さ[m]

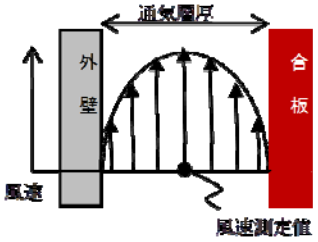


図 2.6.4 通気層内風速分布

(2) 通気量の実態

図 2.6.5 に通気層内風速の測定結果を示す。2 日間の外部および西面通気層内の風速である。通気層内風速はおよそ 0～1m/s で変動している。外部風速に応じて、日中の風速が大きく、夜間に風速が小さい傾向が見られる。東面通気層においても同様の性状であった。測定期間における通気層内風速の頻度分布を図 2.6.6 に、各通気層の平均風速を表 2.6.2 に示す。いずれの通気層も 80%以上が風速 0.4m/s 以下である。西面では通気層厚さが薄い「天井 9mm」が「天井 18mm」より風速が大きい。一方、東面では「天井 18mm」が「天井 9mm」より大きいなど、方位や小屋裏換気方式の違いによって、壁体内通気性状は異なる。

通気層上下端の圧力差より通気方向を判定し、下向きの通気を負とした西面の風速の頻度分

布を図 2.6.7 に示す。10～20%の時間帯において下向きの通気が生じている。「屋根 27mm」を除くと、下向き通気のほとんどは風速 0.2m/s 未満と小さい。

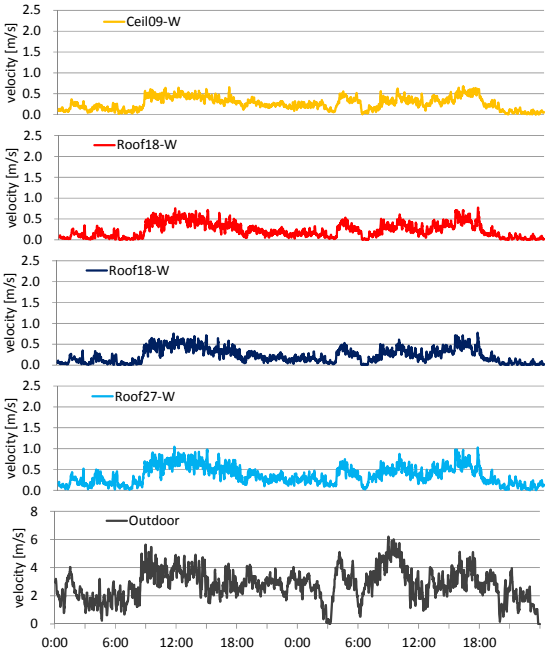


図 2.6.5 通気層内風速(西面)

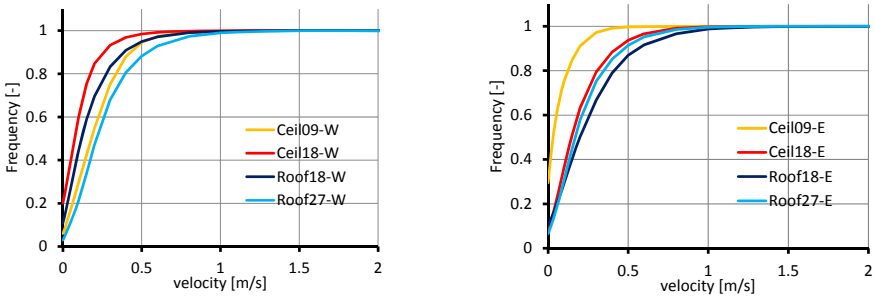


図 2.6.6 風速の頻度分布(左:西面,右:東面)

表 2.6.2 平均風速(単位:m/s)

	天井 9mm	天井 18mm	屋根 18mm	屋根 27mm
西面	0.209	0.105	0.166	0.260
東面	0.066	0.190	0.253	0.215

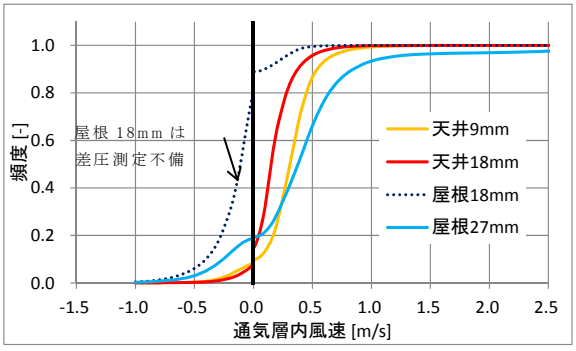


図 2.6.7 通気層内風速(上下頻度分布)

通気量の頻度分布を図 2.6.8 に示す。西面では、「天井 9mm」と「天井 18mm」の通気量がほぼ等しく、「屋根 18mm」、「屋根 27mm」ほど通気量が多い。東面では、「天井 9mm」の通気量が少なく、「天井 18mm」、「屋根 18mm」、「屋根 27mm」の順で通気量が多い。概ね通気層厚さに応じて通気量が多くなっているが、方位や小屋裏換気方式の違いによって通気量が異なる。

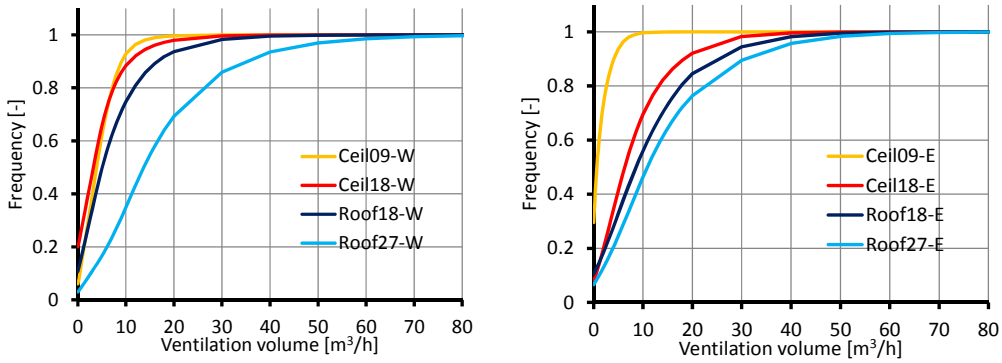


図 2.6.8 通気量の頻度分布

(3) 温度差による通気

外気と通気層の温度差と壁体内通気量の相関を図 2.6.9 に示す。通気層の温度は、1, 2 階の高さ中心における測定値の平均値を用いた。外部風の影響を小さくするため、外部風速が 0.4 m/s 未満の時間帯を抽出した。通気量は、温度差の 1/2 乗に概ね比例している。各通気層における比例定数を表 2.6.3 に示す。同じ通気層厚さでも方位や小屋裏換気方式によって比例定数は異なっている。また上下通気方向を考慮した西面では、温度差が小さい場合、温度差が正であっても下向きの通気を生じている。温度差による通気においても、小屋裏や他の通気層との連続性により通気が影響を受けていることが推測される。

(4) 外部風による通気

外部風速と壁体内通気量の相関を図 2.6.10 に示す。浮力の影響を小さくするため、外気と通気層の温度差が 0.5K 未満の時間帯を抽出した。通気風速の包絡線は外部風速に比例するが 0 m/s の間に分布している。西風では外部風速の増加に伴い、上向きの通気層内風速が増加する。東風では通気層内風速は非常に小さいものの、下向きの通気が増える傾向がみられる。南風や北風では、上向きと下向きの両方向に対して通気層内風速が増加している。図 2.6.10 は、西面天井 18mm の結果だが、他の通気層においても通気層と外部風向の位置関係に対し同様の結果が得られている。

西面と東面について、通気層内風速と外部風速の比例係数を図 2.6.11 に示す。比例係数は通気層内風速の絶対値を用い、西面においても通気方向は考慮していない。外部風が東西方向の時を比較すると、風上側で風速が大きく、風下側で小さい。風下側に対し風上側の比例係数は 2～3 倍の大きさである。

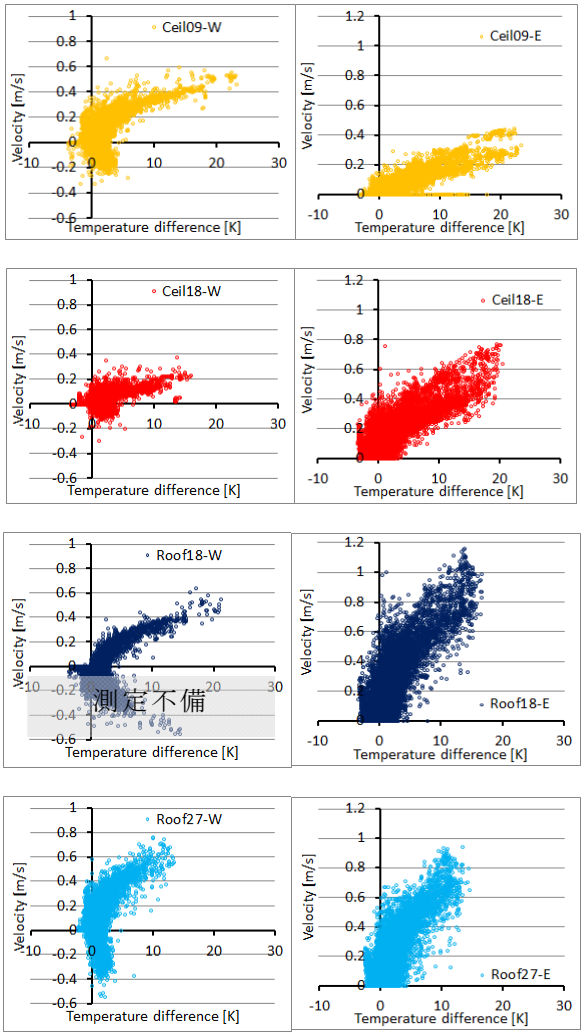


図 2.6.9　温度差と風速の相関（左:西面、右:東面）

表 2.6.3　温度差の 1/2 乗と風速の比例定数

	天井 9mm	天井 18mm	屋根 18mm	屋根 27mm
西面 （上向き）	0.11	0.05	0.10	0.18
西面 （下向き）	-0.12	-0.05	-0.14	-0.22
東面	0.07	0.12	0.23	0.20

（5）まとめ

壁体内通気層における通気量の実態を把握するため、実験住宅における測定を行い、通気の駆動力である温度差および外部風と通気量の関係について検討した。総 2 階建て片流れ屋根の住宅における壁体内通気について以下の性状を確認した。

壁体内通気層において、風速は 0.5m/s 未満がほとんどであり、平均風速は 0.06～0.26m/s と小さい。10～20%の時間帯において下向きの通気が生じている。浮力換気を駆動力とする通気量は、通気層と外気の温度差の 1/2 乗に比例している。外部風圧力を駆動力とする通気量は外

部風速に比例しており、風上側の通気層では上向きの通気量が、風下側の通気層では下向きの通気量が増加する。通気層に平行方向の外部風は、上向きと下向きの両方向に対して通気を生じる駆動力となっている。

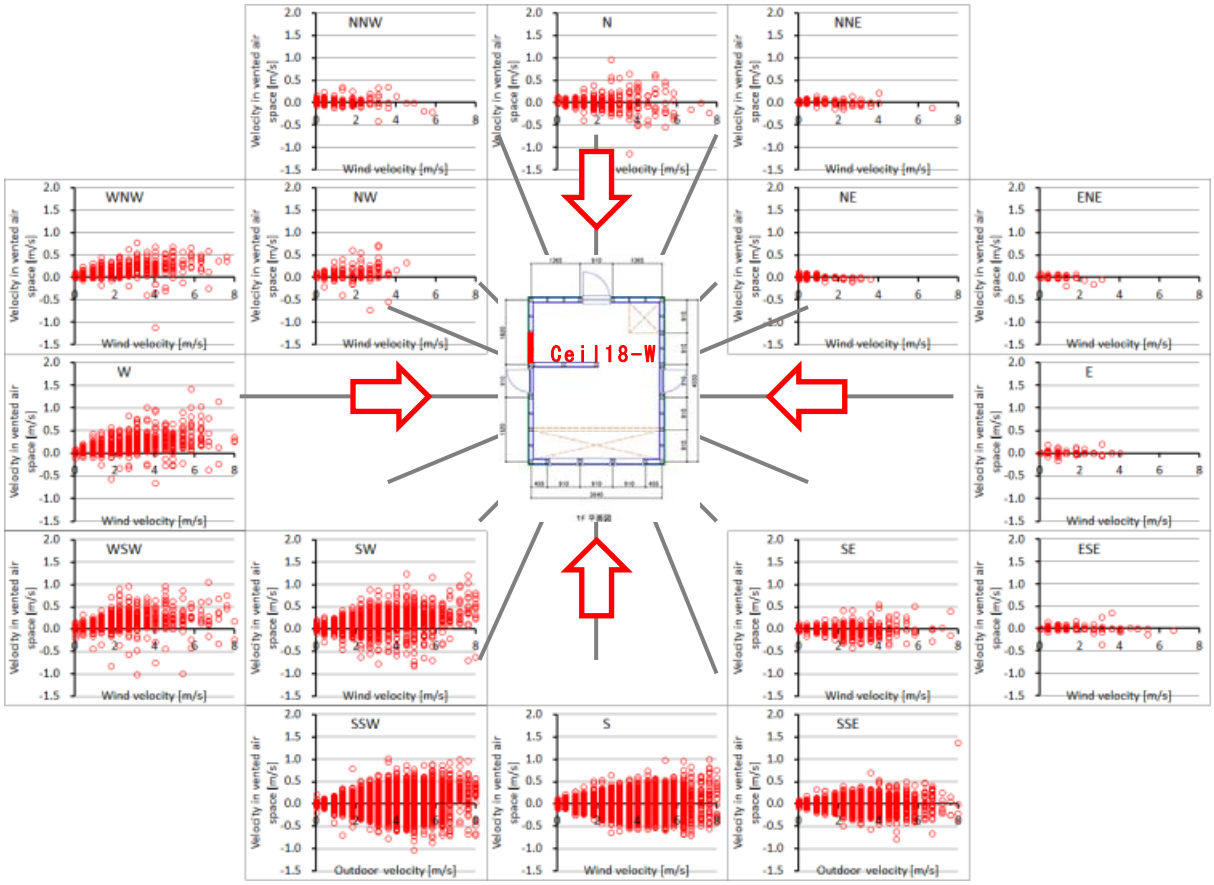


図 2.6.10　通気層内風速と外部風速の相関（西面天井 18mm、風向別）

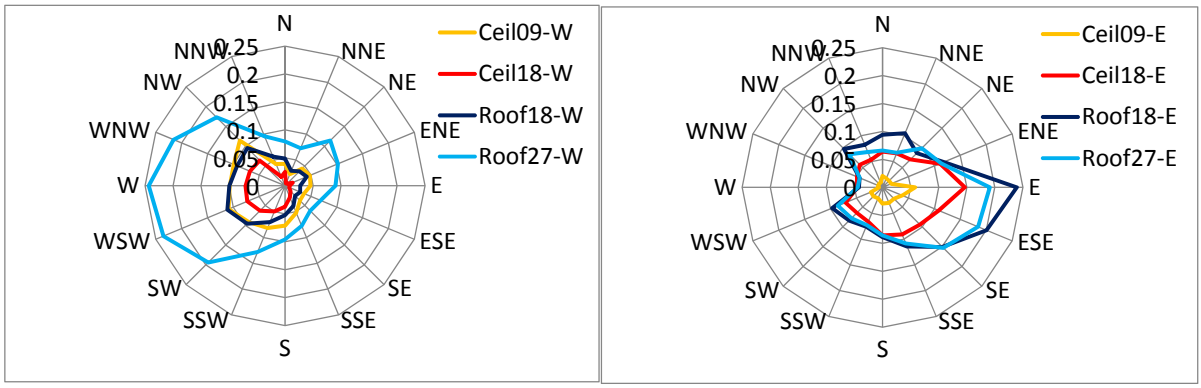


図 2.6.11　外部風速と通気層内風速の比例係数：風向別（左：西面、右：東面）

2.6.3 通気層内温湿度の実態把握

通気層内の温湿度測定結果より温湿度変動の特性を示すとともに、通気量の差が温湿度に及ぼす影響について検討する。

(1) 実測概要

通気層内温湿度の測定は、前節の通気量と同じ、岩手県立大学敷地内に建設された岩手県立大学盛岡短期大学部の建築環境工学実験棟にて行った。

通気層内の風速および温湿度は、1F の中央高さ(FL+1200mm)で測定した。風速は 1 分間隔、温度と相対湿度は 10 分間隔で、それぞれ瞬時値を記録した。測定期間は 2010 月 3 月 18 日～8 月 28 日および、2010 年 12 月 6 日～2011 年 5 月 23 日である。

(2) 通気層内温湿度の実態

屋根 18mm の場合の通気層内温湿度変動を図 2.6.12 に示す。通気層温度は、日射が当たる時間を除けば外気温とほぼ等しい変動を示している。日射による外気との温度差は約 15℃に達する。相対湿度は、温度変動に応じておよそ 20～80%で変動している。絶対湿度は外気とほぼ等しいが、温度と同様、日射の当たる時間に上昇する傾向がみられる。外気温が最も低くなった 1 月 16 日(7 時)に東面で短時間の結露を生じている。東面では夜間に壁が低温となった状態に日射が当たり始めるため、このように瞬時的な高湿度状態となる。

全測定期間の通気層温湿度を昼夜別に外気と比較すると、通気層温度は夜間(18:00-6:00)は外気温度にほぼ等しく、日中(6:00-18:00)は外気温～外気温＋20℃程度を示している(図 2.6.13)。絶対湿度も外気とほぼ等しいが、夜間にはばらつきが大きく、外気よりやや低い傾向が見られる。(図 2.6.14)

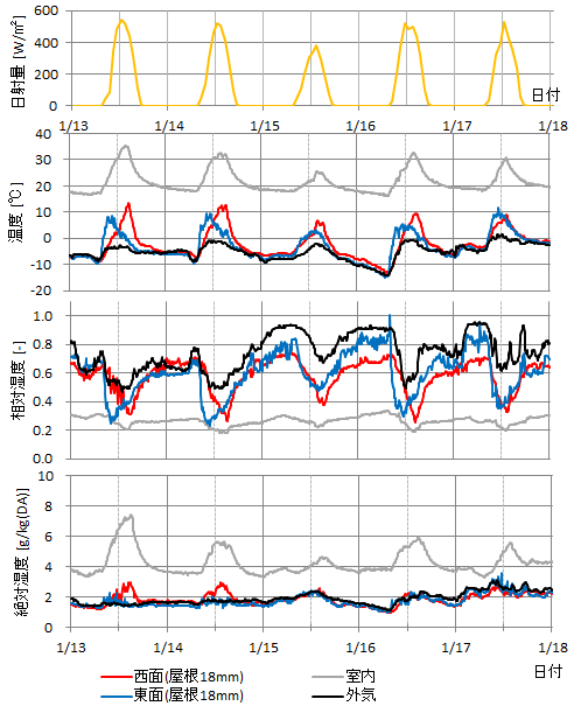


図 2.6.12 通気層の温湿度変動

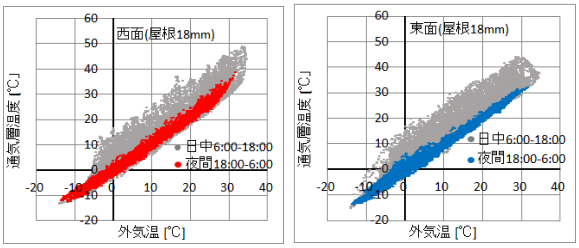


図 2.6.13 通気層温度と外気温度の相関

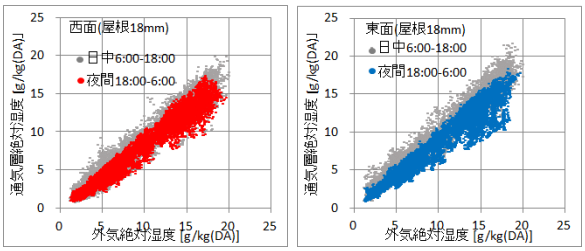


図 2.6.14 通気層と外気の絶対湿度の相関

(3) 通気層内温湿度と通気量

図 2.6.15、図 2.6.16 に各通気層と外気の温度差、絶対湿度差を示す。いずれの通気層においても、外気に比べて日中は温度が高く、夜間は絶対湿度が低い傾向が見られる。平均値はほぼ等しいが、最大値および較差(最大値と最小値の差)は通気層によって違いがある。通気量が少ない通気層ほど最大値、較差が大きい。

温度差と絶対湿度差について、振幅と最大値を平均通気量と比較した結果をそれぞれ、図 2.6.17、図 2.6.18 に示す。平均通気量は前節と同様、通気層内風速から推定した。夜間は通気

量が少なく、温度差、絶対湿度差とも、日中と比較して振幅が 1/2 程度と小さい。測定した 4 仕様の通気層では平均通気量で 3 倍近い差があり、温度差の振幅は約 9℃、絶対湿度の振幅は 12g/kg(DA)の差がある。

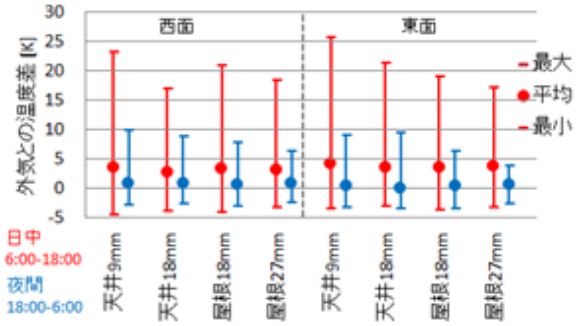


図 2.6.15 通気層と外気の温度差

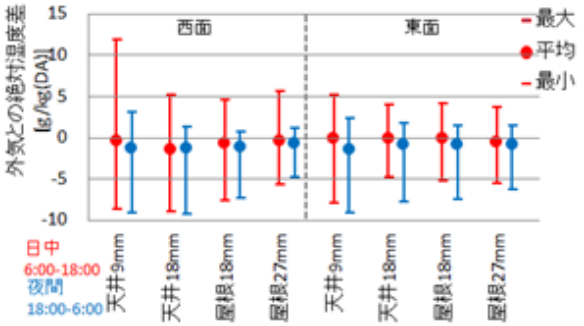


図 2.6.16 通気層と外気の絶対湿度差

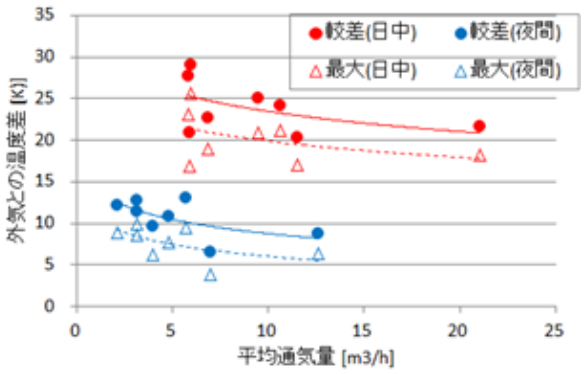


図 2.6.17 外気との温度差と平均通気量の相関

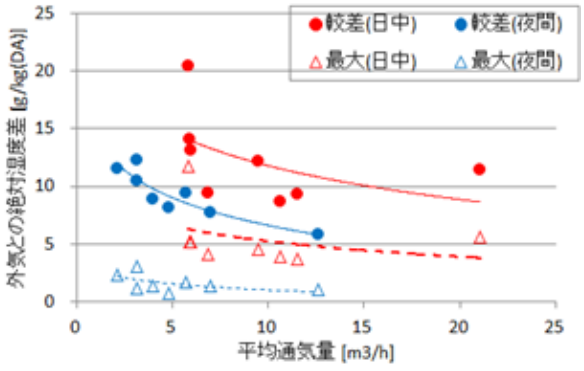


図 2.6.18 外気との絶対湿度差と平均通気量の相関

(4) まとめ

実験住宅における温湿度の実測調査より通気層内の温湿度変動特性を確認し、通気量の差が及ぼす影響について検討した。

本実験住宅のような断熱および室内防湿がなされた外壁の壁体内通気層では、温湿度変動は外気とほぼ等しいが、日中は日射の影響により外気より 20～30℃高い温度となる。また、通気量が少ない通気層ほど、外気との温度差や絶対湿度差が大きくなる。平均通気量で 6～21m^3/h の差があると、温度 9℃、絶対湿度 12 g/kg(DA)の差を生じる。

通気量が少ない通気層では、外気の温湿度変動に加えて、日射による温度上昇や壁の吸放湿量(日中:放湿、夜間:吸湿)が大きくなる傾向がある。早朝における東面での一時的な高湿化のリスクが高い。通気層に求められる防露性能については、このような非定常の温湿度変動を考慮した評価が重要である。

2.6.4 通気層を有する外壁における外装材の断熱性能評価

外壁の熱貫流率を算出する際、何らかの実証データがなければ、外壁通気層の温度は外気と同じとみなし、外気側熱伝達抵抗を変えて評価されている。通気層外側の外装材の性能を問わないため、外装材が有する断熱性能は評価されない。通気層を有する外壁において、通気層の外気側にある外装材の断熱性能を評価し、外壁の熱貫流率へ反映するための基礎データを得ることを目的とした実験を行った。

(1) 実験概要

実験は前節までと同様、岩手県立大学敷地内に建設された岩手県立大学盛岡短期大学部の建築環境工学実験棟にて行った。東面外壁の一部において外装材外側に断熱材を付加し、外壁表面断熱材の有無による壁の断熱性能の違いを評価した。実験の状況、外壁の断面構成を図 2.6.19～図 2.6.21 に示す。壁 A(断熱材あり)、壁 B(断熱材なし)ともに通気層厚さは 18mm である。付加断熱材は XPS3 種 50mm を、外装材と隙間が生じないよう施工した。

図 2.6.20 に示す測定点において、熱流量(室内せっこうボードの外気側表面)、通気層内温度、通気量を 1 分間隔で測定した。測定期間は 2011 年 2 月 23 日～3 月 11 日である。



図 2.6.19 実験の状況

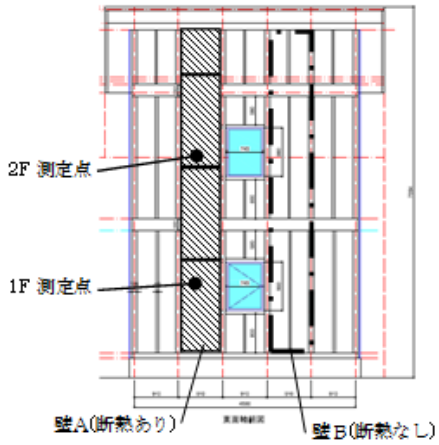


図 2.6.20 評価外壁の配置

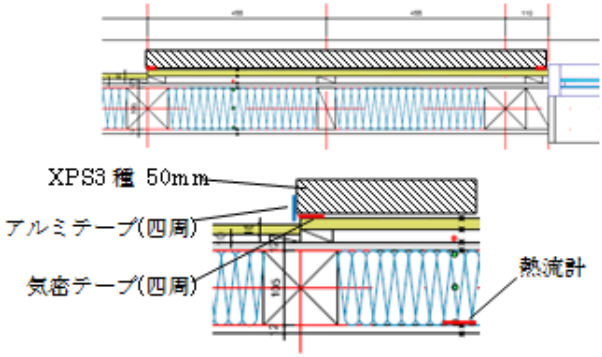


図 2.6.21 外壁の断面構成

(2) 外装材による熱流量の違い

通気層温度の測定結果を図 2.6.22 に示す。以降では、日射による影響を無視するため、夜間(0:00～6:00)の測定データを検討対象とする。

断熱材を付加した壁 A では、通気層と外気側表面(XPS 外)で 2～3℃の温度差があるのに対し、断熱材のない壁 B では通気層温度が外壁表面温度とほぼ等しい。付加断熱材の熱抵抗が通気層温度に影響していることが確認される。室内からの熱流量についても、壁 A は壁 B より小さく、外壁の断熱性能に差がある(図 2.6.23)。

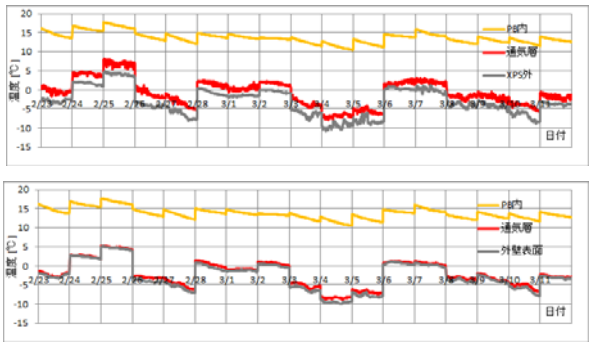


図 2.6.22 温度変動(夜間 0:00-6:00、上:壁 A 断熱あり、下:壁 B 断熱なし)

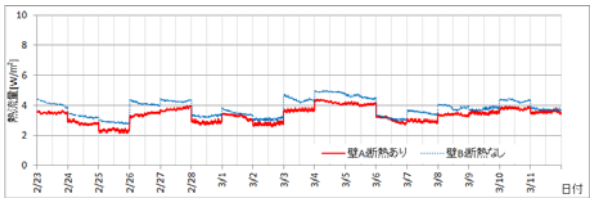


図 2.6.23 熱流量(夜間 0:00-6:00)

(3) 外装材の断熱性能評価方法

図 2.6.24 に示すとおり、室内からの熱流量は、外壁の室内表面と通気層の温度差に比例する結果が得られた。室内からの熱流量の違いは、外装材の熱抵抗を加味した実質的な断熱性能によると考えられることから、通気層温度の低下率を用いて、外装材の熱抵抗を加味した外壁の熱貫流抵抗を導く手法を検討する。なお温度低下率の算出における内外温度差には、外壁の室内側表面と外装材(壁 A では付加した断熱材)の外気側表面の温度差を用いる。

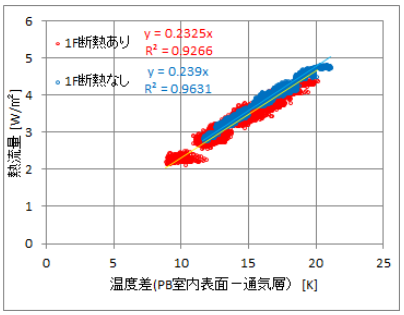


図 2.6.24 温度差と熱流量の相関

通気層温度低下率 C は、式 2.6.2 で表される。

$$c = \frac{T_{si} - T_v}{T_{si} - T_{so}} \qquad \cdots (2.6.2)$$

ここで、c:通気層温度低下率[N.D.]、T_{si}:室内表面温度[℃]、T_{so}:外気側表面温度[℃]、Tv:通気層温度[℃]

外装材を考慮しない場合の熱貫流抵抗を R、考慮する場合を実質熱貫流抵抗 R'とすると、R と R'はそれぞれ式 2.6.3、式 2.6.4 で表される。

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + r_i \qquad \cdots (2.6.3)$$

$$R' = \frac{1}{\alpha_i} + r' + \frac{1}{\alpha_o} \qquad \cdots (2.6.4)$$

ここで、R:外装材を考慮しない場合の外壁の熱貫流抵抗[m^2K/W]、R':外装材を考慮した外壁の熱貫流抵抗[m^2K/W]、α_i:室内側熱伝達率[W/m^2K]、α_o:外気側熱伝達率[W/m^2K]、r_i:室内側表面から通気層中心までの熱貫流抵抗[m^2K/W] 、r':室内表面から外気側表面までの熱貫流抵抗[m^2K/W]

外壁の貫流熱量 q は式(2.6.5)で表されることより、室内外表面温度差に対する通気層温度低下率 C を用いて、実質熱貫流抵抗 R'は式(2.6.6)で表現できる。

$$q = \frac{(T_{si} - T_{so})}{r'} = \frac{(T_{si} - T_v)}{r_i} \quad \cdots (2.6.5)$$

$$R' = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{r_i}{c} + \frac{1}{\alpha_o} = R + \frac{1-c}{c}\left(R - \frac{1}{\alpha_i}\right) + \frac{1}{\alpha_o} \cdots (2.6.6)$$

通気層温度低下率 c と通気層風速の相関を図 2.6.25 に示す。通気層風速は 10 分間の移動平均値を用いた。ばらつきは大きいものの、風速が大きくなるほど通気層温度低下率は 1 に近づく。通気層風速が 1.5m/s(壁 A)または 0.5m/s(壁 B)で通気層温度低下率が 1 となっており、通気層温度が外装材の外気側表面温度と等しくなることが分かる。

図 2.6.25 の近似式より算出した式(2.6.6)の右辺の係数(1-c)/c と通気層風速の相関を図 2.6.26 に示す。壁 A と壁 B の差は、外装材の熱抵抗の違いであることから、外装材の熱抵抗 R_{out} と通気層内風速を用いて、図 2.6.26 の近似曲線を表すと、式(2.6.7)となる。

$$0.007412 \cdot {R_{out}}^{0.5936} \cdot v^2 - 0.119 \cdot {R_{out}}^{0.4046} \cdot + 0.1038 \cdot R_{out} \quad \cdots (2.6.7)$$

ここで、R_{out}:外装材の熱抵抗[m^2K/W]、v:通気層内風速[m/s]

以上より、外装材の断熱性能を考慮した実質熱貫流抵抗 R'は、式(2.6.6)、(2.6.7)を用いて、熱貫流抵抗 R、室内外熱伝達率 α_i、α_o 外装材の熱抵抗 R_{out} により推定される。

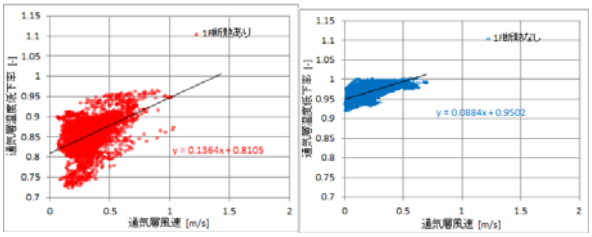


図 2.6.25 通気層内風速と温度低下率 C の相関

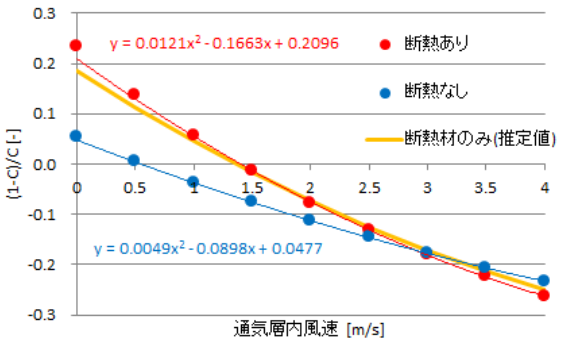


図 2.6.26 通気層内風速と係数(1-C)/C の相関

(4) まとめ

通気層外側の断熱性を壁体の断熱性能に反映することを目的として、実験住宅における実測に基づく実質熱貫流抵抗の算出式を提案した。通気層内風速の平均値、外装材の熱抵抗値をパラメータとして、外装材による熱貫流抵抗への効果を推定できることを示した。

2.7 外壁断熱性能の簡易評価方法の開発

2.7.1 はじめに

主に、木造の断熱改修物件の外壁について、その改修前後における断熱性能を評価する事を目的とし、現場で簡易に評価できる方法を検討した。現在、赤外線カメラ等を用いた熱画像法 [1)]などの現場測定法も検討されているが、これらの評価方法は測定がやや煩雑であり専門的な知識や高価な測定機器が必要である。本評価法の使用者は、主に工務店や設計者等の建築実務者も想定しており、より簡易、簡単かつ安価な評価方法の開発を目的として行ったものである。

2.7.2 簡易評価法の概要

通常、部位の断熱性の評価には温度及び熱量の測定が不可欠であるが、現場ではより簡易な評価法が求められる。本評価法は、断熱性能既知の標準板を用いることで、温度測定のみで部位の断熱性を推定する簡易評価法である [2)]。測定原理を以下に示す。

室内外に温度差のある部位について考えた場合、定常状態においては、部材全体を流れる熱流と室内空気から部位室内側表面へ流入する熱流は等しいので、

$$U(\theta_{ai}-\theta_{ao})=\alpha_i(\theta_{ai}-\theta_{si}) \qquad (2.7.1)$$

ここに、U :熱貫流率 [W/(m²･K)]

α_i :室内側表面熱伝達率 [W/(m²･K)]

θ_{ai} :室内側空気温度（℃）

θ_{ao} :外気側空気温度（℃）

θ_{si} :建物外皮の室内側表面温度（℃）

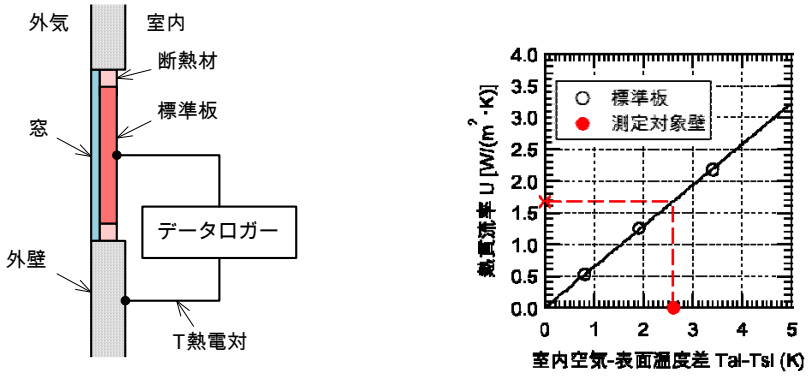
(1)式を変形すると、

$$(\theta_{ai}-\theta_{si})=\frac{U}{\alpha_i}(\theta_{ai}-\theta_{ao}) \qquad (2.7.2)$$

ここで、表面熱伝達抵抗 α_i 及び室内外空気温度差 $(\theta_{ai}-\theta_{ao})$ が一定であれば、室内側空気温度と建物外皮の室内側表面温度との差 $(\theta_{ai}-\theta_{si})$ は、建物外皮の熱貫流率 U に比例する。従って、断熱性既知の部材と測定対象部位の表面熱伝達率が同程度であれば、それぞれの表面温度の違いから断熱性が推定できる。本評価法は、断熱性既知の部材と測定対象部位の室内側表面温度を

それぞれ測定し、その温度の高低から断熱性能を推定する比較法である。本評価法では、断熱性既知の部材として、熱抵抗の異なる複数の発泡プラスチック保温材（以下、標準板と記す。）を用いる手法について検討した。測定手順を以下に示す。

①測定対象は窓面近傍に位置する外壁とする。
②窓ガラス面には熱抵抗既知かつその値の異なる複数の標準板を貼り付け、窓全面を断熱する（図 2.7.1(a)）。
③室内を加熱又は冷却し、室内外に温度差を設ける。
④日射がなく温度が比較的安定している時間帯において、測定対象外壁と標準板の表面温度を測定する。
⑤測定対象と標準板の表面温度の高低から、外壁の断熱性能を定性的に評価する。また、定量的な評価を行う場合は、標準板の断熱性能と温度の関係式を求め、この式から外壁の熱貫流率を算出する（図 2.7.1(b)）。



(a)測定概要　　(b)評価概要

図 2.7.1 簡易評価法の概要

2.7.3 簡易評価法の検証

簡易評価法の測定精度を検証するため、2009 年度から 2011 年度の 3 ヵ年に亘り検証実験を行った。その内容および結果を以下に示す。

(1) 簡易現場測定（2009 年度）

1) 測定内容

異なる断熱性を持つ 4 種類の外壁モデルを作製し、埼玉県草加市の建材試験センター中央試験所の敷地内にある 2F 建て建物の試験室の一部で、簡易的な現場測定を行った（表 2.7.1）。使用する測定器による測定精度を確認するため、測定器には T 熱電対、放射温度計、赤外線カメラおよび熱流計とした（表 2.7.2）。外壁の断熱仕様は、無断熱から H11 基準相当の断熱性とした（表 2.7.3）。また、標準板は断熱性の異なる 3 種類の発泡プラスチック保温材とし、それぞれ S55 基準相当、H4 基準相当、H11 基準相当の断熱性を持つものとした（表 2.7.4）。

表 2.7.1 外壁の断熱水準と断熱性(設計値)

建物	2F 建て S 造試験棟
場所	埼玉県草加市
測定位置	2F 試験室東壁 (窓面を使用)
測定期間	2010 年 3 月 1 日～20 日

表 2.7.2 測定器概要

No.	測定器	品名	製造社名
No.1	放射温度計	73009	シンワ測定
No.2		AD-5615	エーアンドディ
No.3		IR-TA	チノー
No.4		R-150	アンリツ計器
No.5	赤外線カメラ	CPA-8200	チノー
No.6	T 熱電対	ー	山里産業
No.7	熱流計	ー	英弘精機

表 2.7.3 外壁の断熱水準と断熱性(設計値)

断熱水準	壁の熱貫流率
無断熱	1.74 W/ m^2・K
S55	1.17 W/ m^2・K
H4	0.66 W/ m^2・K
H11	0.44 W/ m^2・K

表 2.7.4 標準板の種類と断熱性

断熱水準	種類	厚さ	熱貫流率
S55	EPS	25 mm	1.27 W/ m^2・K
H4	EPS	50 mm	0.74 W/ m^2・K
H11	PF	50 mm	0.40 W/ m^2・K



図 2.7.2 試験室(試験体設置位置)



図 2.7.3 試験室(測定状況)

2) 測定結果

測定期間中の室内外温度測定結果を図 2.7.4 に、熱貫流率の推定結果を図 2.7.5 に、室内側表面温度分布測定結果の一例を図 2.7.6 に示す。図 2.7.5 は 2010 年 3 月 18 日 19 時から 19 日 5 時までの 2 時間毎の測定結果の平均値を示す。測定器によりばらつきはあるが、H4 以下の断熱性を持つ外壁の熱貫流率推定結果は、概ね設計値の±20%以内で一致しており、夜間かつ室内外空気温度差が 20K 程度の環境下であれば、H4 程度の断熱性を持つ外壁であれば、断熱性能の推定ができる事が確認できた。

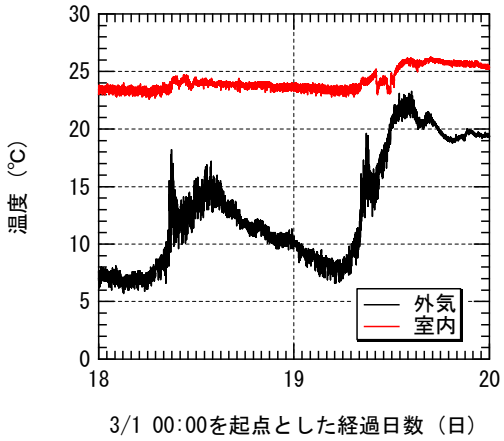


図 2.7.4 室内外温度測定結果

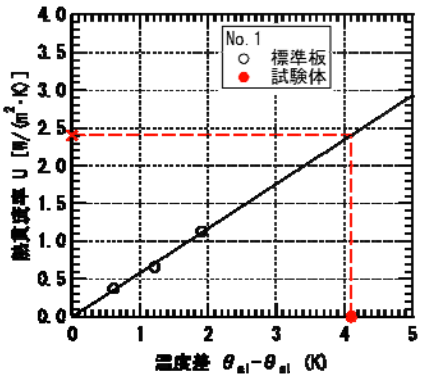


図 2.7.5 熱貫流率の設計値と推定値の比較結果(2010 年 3 月 18 日 19 時から 19 日 5 時の平均値)

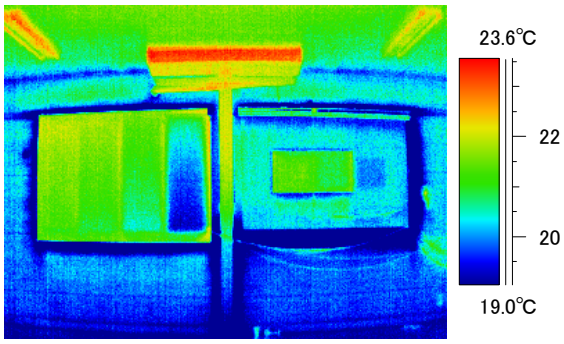


図 2.7.6 赤外線カメラによる表面温度分布測定結果(2009 年 3 月 18 日 23 時)

(2) 現場測定 (2010 年度)

1) 測定内容

2009 年度の簡易現場測定の結果を踏まえ、実際の住宅における現場測定を実施した。放射温度計による測定は、ややばらつきが見られたので、温度測定器には現場での測定のし易さを考慮し小型のロガーを持つ接触式温度計を用いた。

測定対象の建物は、無断熱仕様(A 棟)、S55 基準相当(B 棟)、H11 基準相当(C 棟)の 3 棟とした(表 2.7.6 及び図 2.7.7～図 2.7.9)。A 棟は無断熱仕様であるが、土壁のため熱容量が大きい建物である。また、C 棟の窓ガラスは複層ガラス仕様であったが、検証用に単板ガラスに取り換えた。A 棟、B 棟に関してもガラスは単板ガラスである。ガラス面には、表 2.7.7 に示す 3 種類の標準板を水平に並べて設置した(図 2.7.10～図 2.7.12)。

表 2.7.5 測定器概要

No.	測定器	品名	製造社名
―	接触式温度計	おんどとり	ティアンドディ

表 2.7.6 測定対象外壁の概要

	A 棟	B 棟	C 棟
建物	木造 2F 建て	S 造 2F 建て	S 造 2F 建て
断熱水準	無断熱(土壁)	S55 相当	H11 相当
場所	滋賀県 米原市	滋賀県 彦根市	滋賀県 近江八幡市
測定位置	2F 洋室北壁	1F 和室東壁	2F 洋室北壁
熱貫流率	不明	0.61 W/m^2・K	0.32 W/m^2・K
測定期間	2011 年 3 月	2011 年 3 月	2011 年 3 月

表 2.7.7 標準板の種類と断熱性

断熱水準	種類	厚さ	熱貫流率
S55 相当	XPS	25 mm	1.13 W/ m^2・K
H4 相当	XPS	50 mm	0.66 W/ m^2・K
H11 相当	PF	50 mm	0.38 W/ m^2・K



図 2.7.7 建物外観(A 棟)



図 2.7.8 建物外観(B 棟)



図 2.7.9 建物外観(C 棟)



図 2.7.10 測定状況(室内側、A 棟)



図 2.7.11 測定状況(室内側、B 棟)



図 2.7.12 測定状況(室内側、C 棟)

2) 測定結果

測定期間中における室内外空気温度測定結果を図 2.7.13～図 2.7.15 に、その時の外壁及び標準板室内側表面温度測定結果を図 2.7.16～図 2.7.18 に示す。なお、図 2.7.13～図 2.7.18 の横軸は 0 時を起点とした経過時間を示す。

いずれの測定結果をみても、外壁の室内側表面温度は標準板断熱性能に対応しておらず、温度測定結果から断熱性が判別できない結果となった。A 棟および B 棟に関しては、室温の変動に比べ表面温度の変動が大きい事から、表面の気流状態が一様又は一定では無い(変化している)可能性があり、これが測定精度に影響を与えていると考えられる。また、標準板及

び温度測定器の一部は、ガラス面及び標準板からの浮きが見られており、これも測定精度の低下要因となっていると考えられる。

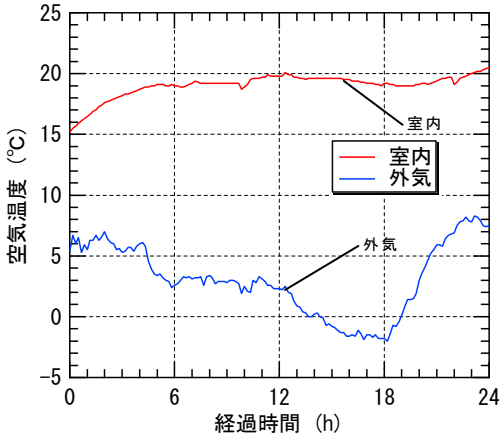


図 2.7.13 空気温度測定結果（A 棟）

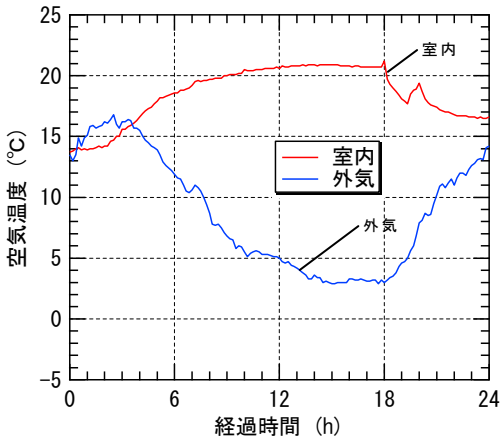


図 2.7.14 空気温度測定結果（B 棟）

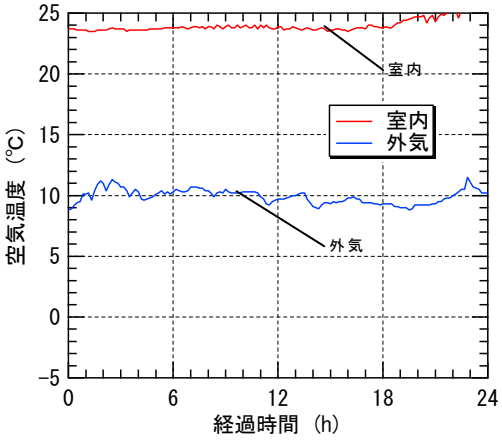


図 2.7.15 空気温度測定結果（C 棟）

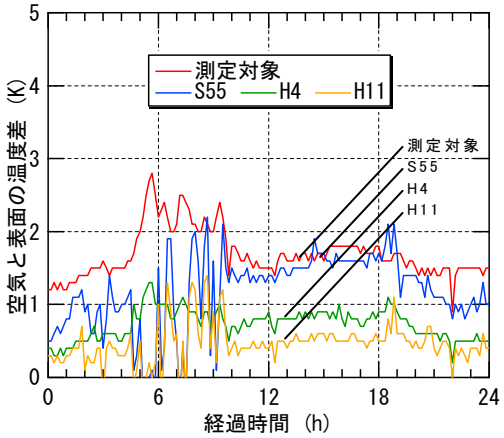


図 2.7.16 室内側表面温度測定結果(A 棟)

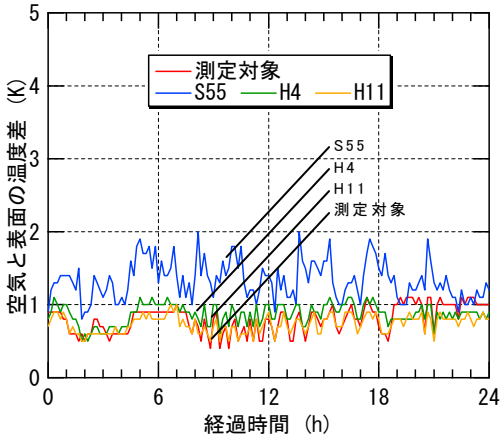


図 2.7.17 室内側表面温度測定結果(B 棟)

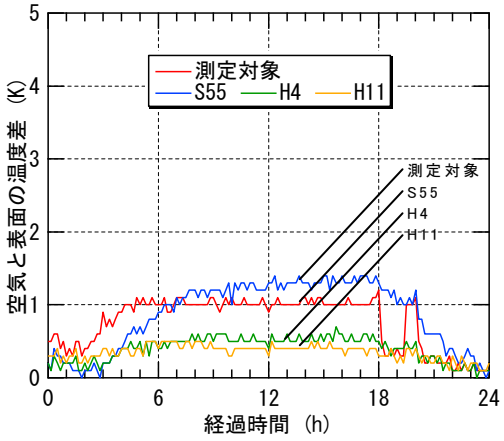


図 2.7.18 室内側表面温度測定結果(C 棟)

(3) 実験室実験 (2010 年度)

評価法の妥当性を再検証するため、実験室において定常環境下における測定を行った。

1）試験体および標準板

試験体は、寸法 W1、820mm×H1、980mm の木造外壁で、その一部に寸法 W805×H900 mm の窓を持つ(図 2.7.19)。この窓ガラス面(FL3mm)を標準板設置位置とし、その近傍の壁面の一般部を測定対象とした。外壁の断熱水準は、無断熱の仕様から次世代省エネルギー基準を超える仕様の 4 種類とした(表 2.7.8)。

なお、外壁の一般部の熱貫流率は(2.7.3)式より算出し、各材料の熱抵抗は JIS A 1412-2 [3] により測定した。また、表面熱伝達率は表 2.7.10 に示す値を用い、中空層の熱抵抗は 0.09m2･K/W と仮定した。

— — —

(2.7.3)

ここに、U :熱貫流率 [W/(m²･K)]

α_i :室内側表面熱伝達率 [W/(m²･K)]

α_o :外気側表面熱伝達率 [W/(m²･K)]

:部位の各材料の熱抵抗 (m²･K/W)

標準板は、熱抵抗の異なる 3 種類とし、それぞれⅣ地域における S55 相当、H4 相当および H11 相当の断熱性を持つものとした(表 2.7.9)。各標準板の熱抵抗は、JIS A 1412-2 に従って測定した。

2）測定内容

a 標準板の設置方法

本評価法では、測定面と標準板面の表面熱伝達率が同程度である事を前提条件としているが、標準板の設置条件によっては、表面熱伝達率が変わる可能性がある。このため、その設置方法が測定結果に与える影響を検討した。いずれの条件でも標準板は、寸法は 200×200 mm とし、窓の中央部に 3 枚並べて設置した。Case1 は標準板と同じ断熱材で周囲のガラス全面を覆う条件(図 2.7.21)、Case2 は標準板周囲のガラス面は断熱せず室内に開放した条件(図 2.7.22)である。

b 簡易評価法の検証

測定は、人工気候室の界壁に測定対象の外壁モデルを垂直に設置して行った(図 2.7.20)。室内外の温度は、冬季の温熱環境を再現した条件とした(表 2.7.10)。各部の温度が安定した後、測定面及び標準板の室内側表面温度を測定した。温度測定器は、T 熱電対及び赤外線カメラ(サーモビジョン CPA-8200 (株式会社チノー製))の 2 種類を用いた。各標準板の温度測定結果より、図 2.7.1 に示すように断熱性と温度の関係式(校正線図)から測定面の熱貫流率を求めた。また、比較用に測定対象面のせっこうボードの外気側に熱流計を貼り付け熱流量を測定し、(2.7.4)式より熱貫流率を求めた。

$$\frac{1}{U}=\frac{1}{\alpha_i}+\frac{\theta_{si}-\theta_{so}}{q}+\frac{1}{\alpha_o}$$ （2．7.4）

ここに、U：部材の外気側表面温度（℃）

α_i：室内側表面熱伝達率［W/(m²･K)］

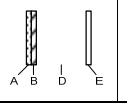
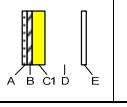
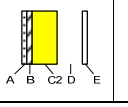
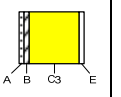
α_o：外気側表面熱伝達率［W/(m²･K)］

θ_{si}：部材室内側表面温度（℃）

θ_{so}：部材外気側表面温度（℃）

q：部材を通過する熱量（W/m²）

表 2.7.8 試験体の概要

No.	No.1	No.2	No.3	No.4
断熱水準	無断熱	S55 相当	H4 相当	H11 相当
熱貫流率	2.82 W/m²･K	0.92 W/m²･K	0.55 W/m²･K	0.29 W/m²･K
断面図				
備考	A：サイディング、t=14mm B：合板、t=9mm C1：XPS、t=25mm C2：XPS、t=50mm C3：GW、t=105mm D：中空層、t=105～55mm E：せっこうボード、t=12.5mm			

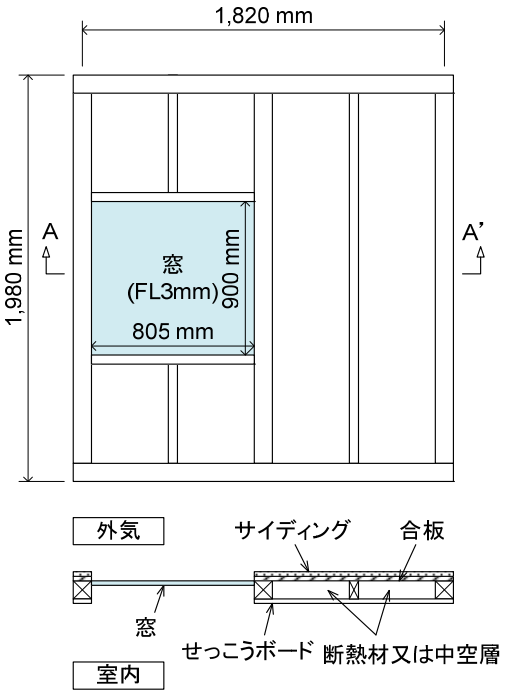


図 2.7.19 試験体概要

表 2.7.9 標準板の概要

記号	A	B	C
断熱水準	S55 相当	H4 相当	H11 相当
種類	XPS t=25mm	XPS t=50mm	PF t=50mm
熱貫流率	1.13W/m²・K	0.66W/m²・K	0.38W/m²・K

表 2.7.10 空気温度及び表面熱伝達率の設定値

項目	室内	外気
空気温度	20℃	0℃
表面熱伝達率	9 W/m²・K [4]	25 W/m²・K [4]

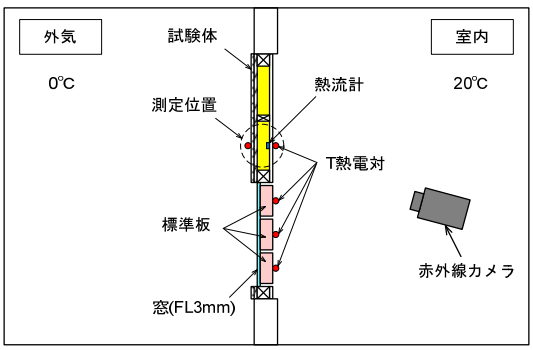


図 2.7.20 試験概要



図 2.7.21 試験状況(Case1)



図 2.7.22 試験状況(Case2)

3) 測定結果

a 標準板の設置方法

窓全面を標準板で覆う Case1 では、標準板の断熱水準の高低に応じた表面温度測定結果が得られた(図 2.7.26、図 2.7.31)。一方、標準板周囲の窓面を断熱しない Case2 では、3種類の標準板の表面温度はほぼ同じ値となり、またその相関性も低い結果となった(図 2.7.27)。これは主に窓面からのドラフトが影響しているものと考えられ、標準板は Case1 のように窓全面を覆う形で設置する方法が望ましいと言える。

b 簡易評価法の検証

いずれの断熱仕様においても、3 種類の標準板の表面温度との高低から、断熱基準が判別できる結果が得られた(図 2.7.23～図 2.7.27)。また、比較的断熱性能の低い試験体 No.2 及び No.3 に関しては、おおむね設計値に対して±10%以内で一致する結果が得られ、本評価法の妥当性が確認できた(表 2.7.11)。ただし、試験体 No.1 及び No.4 は、設計値に比べ±30%を超える顕著な差が認められる条件もあった。これは、校正線図を外挿して結果を推定していることが影響していると考えられる。また、断熱性能が高くなるほど、室内空気温度と室内側表面温度との差が小さくなるため、測定精度は低くなる。表面熱伝達率にもよるが、断熱性能の高い試験体 No.4 は、温度差が 0.3℃程度と非常に小さい。このため、次世代省エネルギー基準を大幅に超えるような断熱性能を持つ部位に関しては、本評価法での定量的な評価は難しいと考えられる。

表 2.7.11 熱貫流率算定結果

No.	断熱水準	熱電対	赤外線カメラ	熱流計
1	無断熱	2.40 W/(m²・K) (−14.9 %)	2.18 W/(m²・K) (−22.9 %)	1.52 W/(m²・K) (−30.4 %)
2	S55 相当	1.00 W/(m²・K) (+7.9 %)	0.91 W/(m²・K) (−1.7 %)	0.81 W/(m²・K) (−11.9 %)
3	H4 相当	0.59 W/(m²・K) (+7.4 %)	0.58 W/(m²・K) (+6.1 %)	0.53 W/(m²・K) (−2.3 %)
4	H11 相当	0.21 W/(m²・K) (−28.1 %)	0.17 W/(m²・K) (−41.3 %)	0.30 W/(m²・K) (+6.3 %)

[備考]表中の()内の数値は設計値との差を示す。

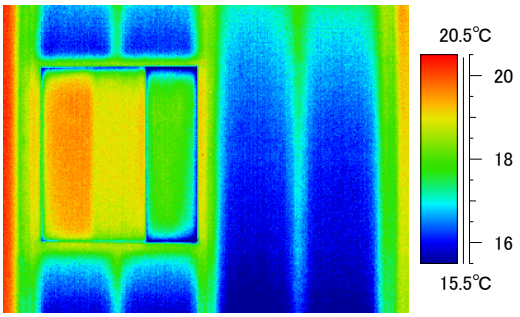


図 2.7.23 赤外線カメラによる表面温度分布測定結果(無断熱仕様、Case1)

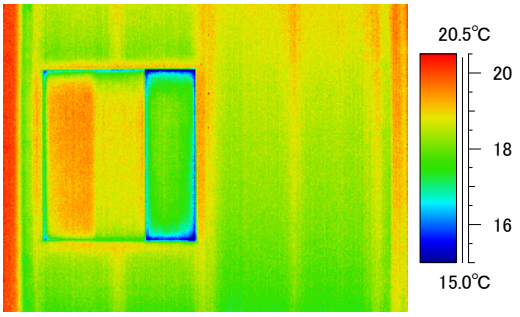


図 2.7.24 赤外線カメラによる表面温度分布測定結果(S55 仕様)

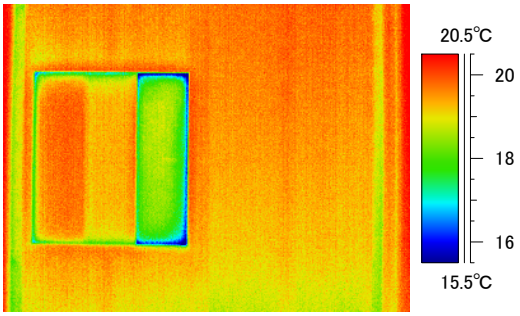


図 2.7.25 赤外線カメラによる表面温度分布測定結果(H4 仕様、Case1)

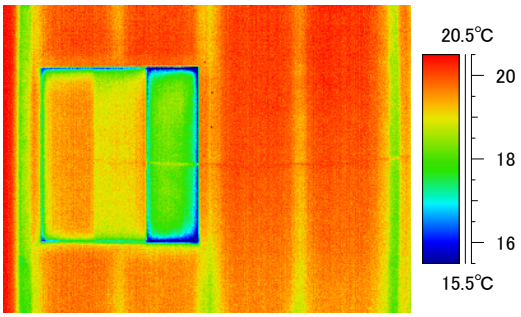


図 2.7.26　赤外線カメラによる表面温度分布測定結果(H11 仕様、Case1)

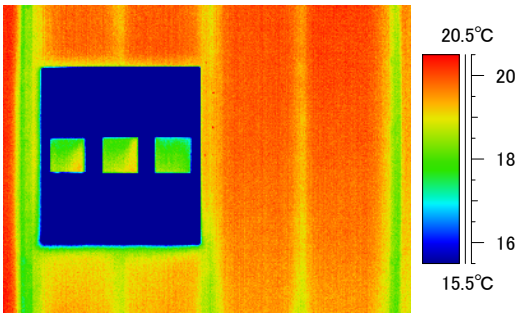


図 2.7.27　赤外線カメラによる表面温度分布測定結果(H11 仕様、Case2)

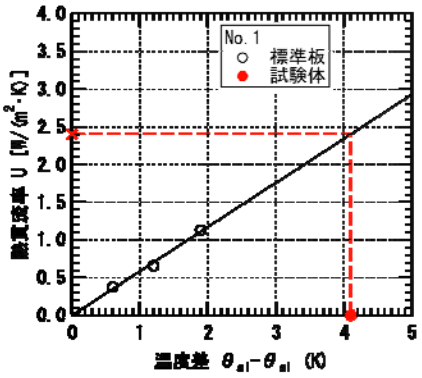


図 2.7.28　熱貫流率推定結果(無断熱)

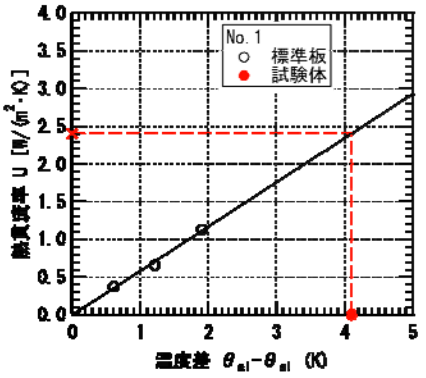


図 2.7.29　熱貫流率推定結果(S55 相当)

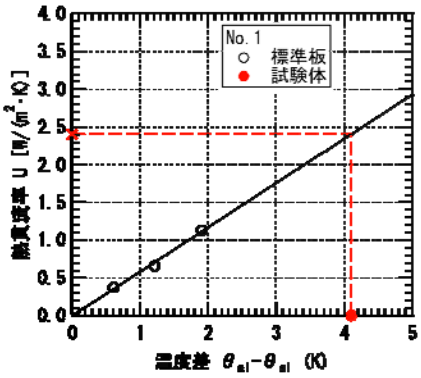


図 2.7.30 熱貫流率推定結果(H4 相当)

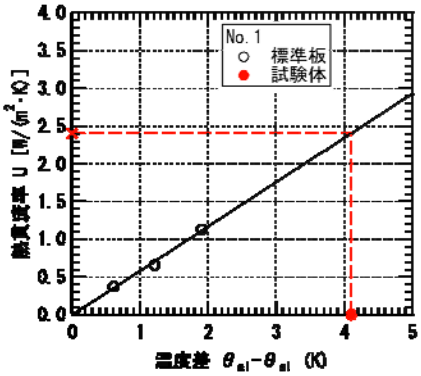


図 2.7.31 熱貫流率推定結果(H11 相当)

(4) 現場測定 (2011 年度)

非定常環境下における精度検証を目的とし、「(3)実験室実験(2010 年度)」と同様の方法にて、現場測定を行った。

1) 建物内容

現場測定は、埼玉県三郷市に建築された 2 棟の戸建木造住宅で行った。各住宅の外壁の断面構成を図 2.7.32 に示す。それぞれの断熱性能は、A 棟が次世代省エネルギー基準(H11)相当、B 棟が新省エネルギー基準(H4)相当である(表 2.7.12)。また、いずれも窓面は複層ガラス仕様の引き違い窓である(表 2.7.13)。

表 2.7.12 建物概要

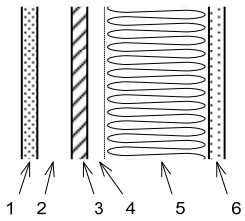
項目	A 棟	B 棟
測定部位	1F 北側外壁	2F 南東側外壁
断熱水準	H11 相当	H4 相当
熱貫流率[注1]	0.37 W/m²・K	0.55 W/m²・K
断熱材	高性能 GW16K t=90mm	RW t=50mm
測定期間	H24.2.19～ H24.2.20	H24.3.10～ H24.3.12

表 2.7.13 窓仕様および標準板の概要

項目	A 棟		B 棟	
窓の種類	引違い窓		引違い窓	
ガラスの仕様	Low-E 複層ガラス（FL6+A6+Low-E6mm）		複層ガラス（網入 6.8+A6+FL6mm）	
ガラスの熱抵抗[注2]	0.23 m^2・K/W		0.13 m^2・K/W	
標準板の種類	XPS 1 種 b t=75mm	XPS 3 種 b t=25mm	XPS 1 種 b t=50mm	XPS 3 種 b t=25mm
標準板の熱抵抗[注3]	2.14 m^2・K/W	0.81 m^2・K/W	1.47 m^2・K/W	0.82 m^2・K/W
熱貫流率[注1]	0.39 W/m^2・K	0.83 W/m^2・K	0.57 W/m^2・K	0.90 W/m^2・K
断熱水準	H11 相当	S55 相当	H4 相当	S55 相当

2）測定内容

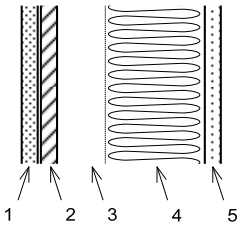
標準板は、ガラスと同寸法で厚さ 25～75mm の発泡プラスチック保温材とし、引き違い窓のそれぞれのガラスに各 1 枚貼り付けた（図 2.7.34、図 2.7.35）。窓のフレーム部分は気泡緩衝シートで覆い、窓全面を断熱した。測定期間は約 2 日間とし、A 棟は 2012 年 2 月、B 棟は同年 3 月に実施した。室温は暖房器を用いて約 23℃に設定した。暖房器は、A 棟ではオイルヒータ及び扇風機を、B 棟ではセラミックファンヒータを用いた。いずれも、暖房器からの放射熱や温風が直接測定面には当たらないように設置した。また、温度測定には φ0.2mm の T 熱電対を用いた。測定対象部の断面詳細を図 2.7.32 および図 2.7.33 に示す。



1:外装材、t=16mm
2:通気層、t=18mm
3:構造用面材、 t=9mm
4:空気層、t=15mm
5:断熱材、t=90mm

6:内装材、t=9.5mm

図 2.7.32 断面詳細図(A 棟)



1:外装材、t=15mm

2:構造用面材、t=9mm

3:空気層、t=34mm

4:断熱材、t=55mm

5:内装材、t=12.5mm

図 2.7.33 断面詳細図(B 棟)



図 2.7.34 測定状況(A 棟)



図 2.7.35 測定状況(B 棟)

3) 測定結果

a 温度測定結果

夜間(0～6 時)の外気温は A 棟では-3℃前後、B 棟では 3℃前後で比較的安定して推移しており、いずれも室内外温度差を 20K 以上確保する事ができた(図 2.7.36、図 2.7.40)。外壁の室内側表面温度は、A、B 棟共に標準板②よりも高い温度で推移する結果となり、いずれ

の外壁も S55 基準以上の断熱性能をもつ事が示される結果が得られた(図 2.7.40、図 2.7.41)。また、A 棟に関しては、標準板①に近い温度で推移しており、H11 基準に近い断熱性能を持つ事が推定できる。一方、B 棟は標準板②よりも低い温度で推移しており、設計値よりも低い断熱性能と推定される結果となった。外壁の室内側表面温度は、断熱性能が高くなるほど室温に近づき、その変化幅も小さくなる。このため、断熱性能が高い部位ほど測定の不確かさが大きくなるが、S55 基準程度であれば外壁の断熱水準がどの程度に位置するかを推定できる結果が得られた。

b 熱貫流率算定結果

測定期間中における熱貫流率の算定結果を表 2.7.14 に示す。A 棟、B 棟共に、日没後は熱貫流率の変化が小さく比較的安定した結果が得られた。また、ISO 98693) の簡易的な評価方法を参考に、各測定日の 0～6 時の 6 時間の平均値を求めた(表 2.7.14)。この結果を見ると、設計値との差は A 棟が 40%弱、B 棟は 20%前後の差であった。B 棟は日中に日射の当たる部位であるが、夜間であれば比較的設計値に近い結果が得られた。

表 2.7.14 熱貫流率推定結果

建物	A 棟	B 棟
測定日	H24.2.20	H24.3.12
外気空気温度	-1.9℃	2.3℃
室内空気温度	24.2℃	22.7℃
外壁室内側表面温度	22.4℃	21.0℃
標準板①室内側表面温度	22.6℃	21.6℃
標準板②室内側表面温度	21.4℃	20.0℃
熱貫流率	0.51 W/m^2・K	0.63 W/m^2・K
設計値との差	37.8 %	14.5 %

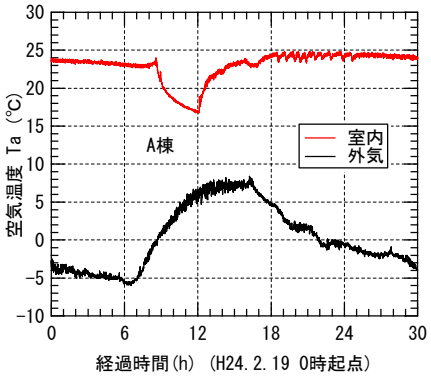


図 2.7.36 空気温度測定結果(A 棟)

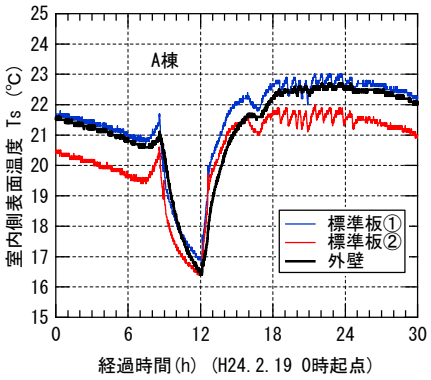


図 2.7.37 室内側表面温度測定結果(A 棟)

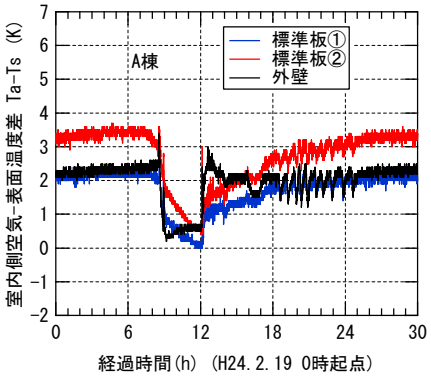


図 2.7.38 空気-表面温度差測定結果(A 棟)

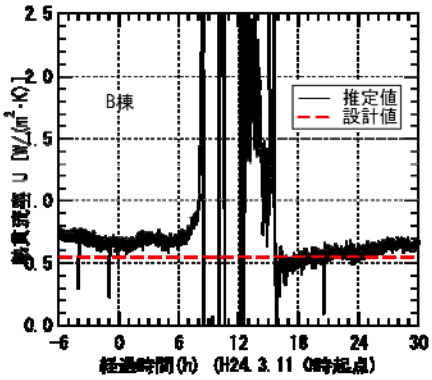


図 2.7.39 熱貫流率推定結果(A 棟)

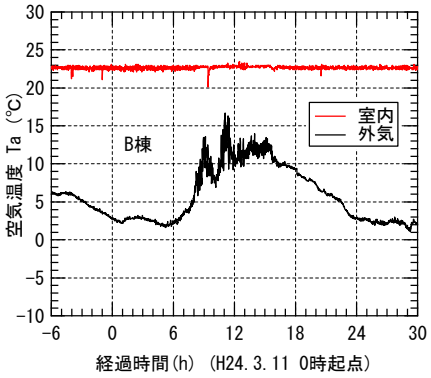


図 2.7.40 空気温度測定結果(B 棟)

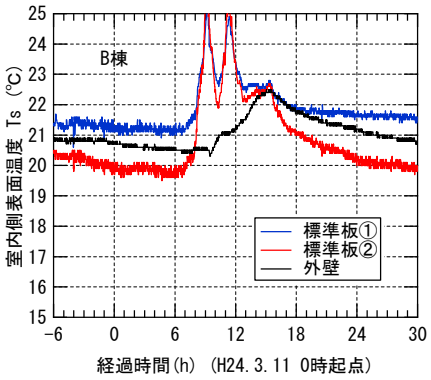


図 2.7.41 室内側表面温度測定結果(B 棟)

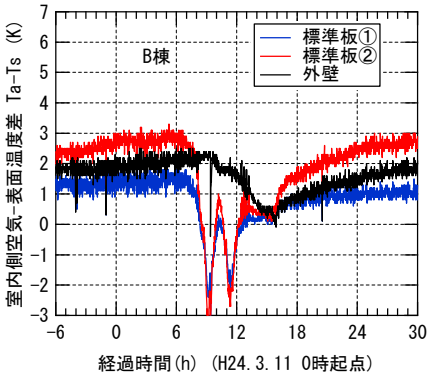


図 2.7.42 空気-表面温度差測定結果(B 棟)

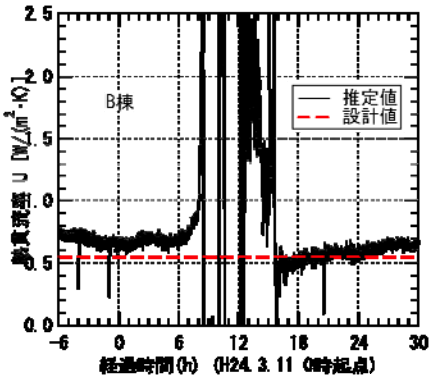


図 2.7.43 熱貫流率推定結果(B 棟)

2.7.4 まとめ

木造住宅における外壁の断熱性能について、熱抵抗既知の標準板を用いる簡易評価法を検討した。本評価法は、比較的断熱性能の高い部位の定量的な評価には課題はあるが、定性的な評価により断熱水準をある程度推定できることを示した。今後は、現場測定を継続して行うと共に、夏期、中間期など、より温度差の小さい温熱環境下での測定精度についても検証を行う予定である。

理想的な環境が揃えば、比較的断熱性能の高い外壁においても設計値と概ね一致する結果も得られた。一方、本評価法は、標準板と測定対象面の表面熱伝達率の差異、室温の変動、日射等の外乱など、様々な要因が測定精度に影響する。このため、例えば、室温変動や気流変動の大き

い条件下では、断熱性能の比較的低い外壁においても設計値と実測値に顕著な差異が認められ、測定環境の変化による影響が測定に大きく影響する事が示された。今後は、現場における実測結果を増やすと共に、精度の高い測定を行うための諸条件を精査する必要がある。

結果と今後の課題について以下に示す。

(1) 検証実験の結果

1) 実験室実験

実験室実験では、定常状態の条件を完全に設定できる事、また恒温室内の温度分布、気流分布が小さいため、旧省エネルギー基準相当及び新省エネルギー基準相当の外壁では、±20%以内で設計値と一致する結果が得られた。また、非定常環境を再現した測定(旧省エネルギー基準相当)においては、外壁の温度応答の遅れに伴う熱貫流率算定結果の振幅は認められたが、設計値と概ね一致する結果が得られた。このことから、環境条件が整えば本簡易評価法による測定は可能と言える。

2) 現場測定

2010 年度の測定では、簡易接触式温度計による測定を試みた。一部標準板と窓面、温度センサーと標準板面の密着性等の問題もあり、精度の良い測定を行うことができなかった。このため、2011 年度は熱電対を用いて測定を行った。本測定では、室内外の温度差が 25K 以上、かつ室温変動が比較的小さいという理想的な環境下での測定ではあるが、設計値に対し±20%以内で一致する結果が得られた。今後は測定データを増やし、精度の良い測定を行うための条件を精査する必要がある。

(2) 簡易評価法の検証

測定器にもよるが、新省エネルギー基準以下の外壁であれば、断熱水準の判別は可能であると言える。一方、外壁の断熱性能が高くなるほど室温と室内側表面温度差が小さくなるから、次世代省エネルギー基準を超える外壁については精度の高い測定は困難である。また、無断熱の外壁の断熱性能は、標準板よりも低くなり、校正線図を外挿して熱貫流率を求める事になる。断熱水準の判別は問題無いが、熱貫流率を推定する場合は、熱抵抗の小さい標準板を用いる等の方法も検討する必要がある。

1) 測定器

当初は安価な放射温度計を用いて測定する計画であったが、測定値のばらつきが大きく、精度の高い測定がやや厳しい結果となった。このため、2010 年度及び 2011 年度は、接触式温度計、赤外線カメラなど複数の測定器を用いて検討を行った。T 熱電対や熱流計による測定では、新省エネルギー基準相当以上の断熱性能を持つ外壁でも、設計値に対し±20%以内と比較的精度の良い結果が得られた。放射温度計での測定については今後の課題である。

2) 標準板

標準板には、S55 基準、H4 基準及び H11 基準の各基準に相当する断熱性能を持つ発泡プラスチック系断熱材を用いた。外壁と標準板とでは、熱容量の違いによる温度応答の差異が

生じるが、その詳細な影響は検討できていない。また、複層ガラスに複数の標準板を設置した場合等の影響も確認する必要がある。

3）測定環境

実験結果より、室温変動、気流変動などが測定精度に大きく影響する事が示された。これらの変動は極力小さくするべきであるが、現場では限界がある。測定できる環境条件について、具体的に示す必要があると思われる。また、冬期以外の低温度差環境下における精度検証も今後の課題である。

＜参考文献＞

1）萩原伸治、黒木勝一、永田明寛、市川大介、加藤信介：建物部位断熱性能の現場測定法の開発 その 8 熱画像法、日本建築学会大会、D-2、(2008)、205-206

2）田坂太一、齋藤宏昭：比較法による建物外皮の断熱性簡易評価法の検討：第 32 回日本熱物性シンポジウム、pp.252-254、2011

3）ISO 9869:1994 “Thermal insulation -Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance”

3. 設備に関する研究開発

3.1 通風利用によるよる省エネルギー効果等に関する検討

3.1.1 はじめに

通風に関する技術開発に関して、下図のように構成し、検討を進めた。[通風 A]では、建築研究所(つくば市)内の集合住宅試験体ならびに戸建住宅試験体において実施した実証実験結果を分析し、通風の省エネルギー効果の検討を実施した。[通風 B]と[通風 C]は合同で実施し、窓開口部における通風量算定モデルの検討を中心に検討した。[通風 D]では、窓開閉と冷房使用に関して調査を行い、冷房開始温度、窓開け上限温度、冷房時の実現室温の関係について整理した。また、[通風 E]では、集合住宅における通風の省エネ評価法に関して、参照風速ならびに風圧係数差の値を整理している。

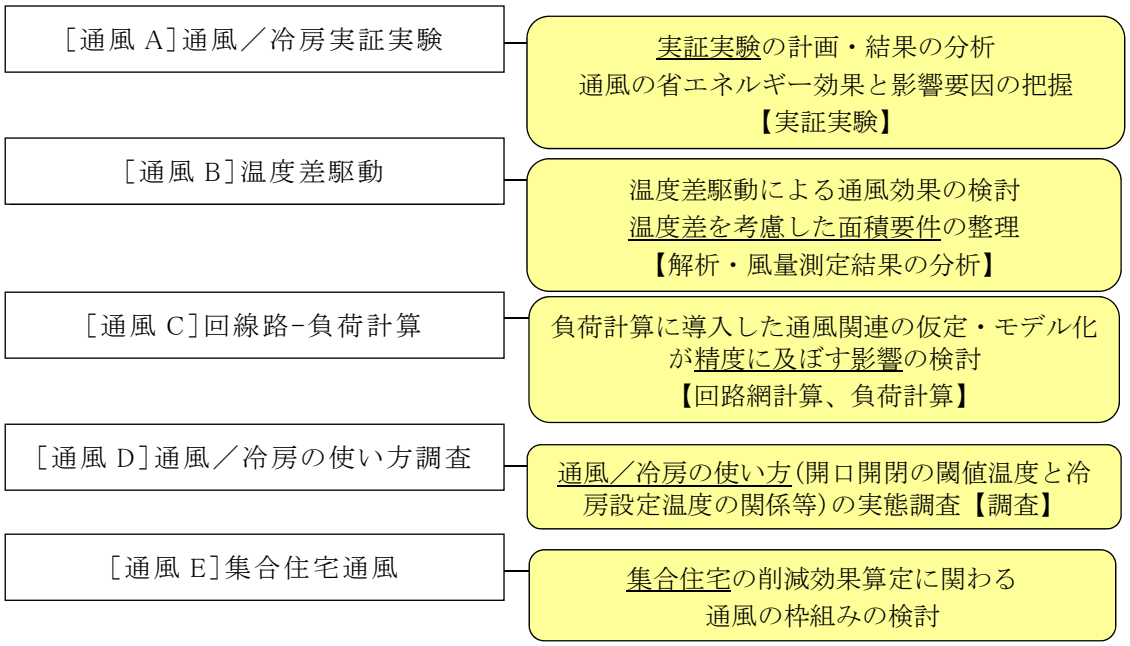


図 3.1.1 通風に関する検討内容と構成

3.1.2 集合住宅試験体の実証実験による省エネルギー効果の検討

これまでに、集合住宅試験体を用いた居住者の生活行動を再現した実験を行い、居住者の通風冷房行為による室内温熱環境や冷房消費電力量への影響、エアコンの運転状況について検討を進めており、通風による体感温度の低減効果を考慮して通風利用の有無により異なる冷房開始室温条件を設定した実験を行い、通風による冷房エネルギー消費削減効果を示してきた [1)~3)]。本項では、その後に追加して実施した冷房開始室温条件での実験結果もあわせて、冷房の使用時間や形成される室内環境の比較を行った。また、通風による排熱量とエアコンの処理熱量を算定し、通風利用の有無による熱処理の分担構造の違いについて検討を行っている。

(1) 実験概要

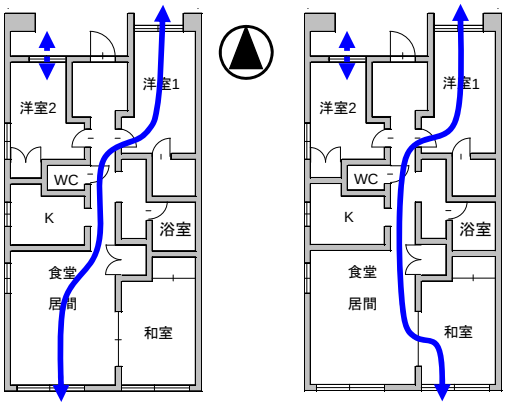
2007 年から 2010 年の 4 年間毎年夏期に、RC 造 3 階建て集合住宅の 3 階の西妻側に位置する住戸(301 号室)において実験を実施した(図 3.1.2)。本項では 301 号室居間について分析した結果をまとめる。対象室には、2.8kW 機種(定格冷房 COP:6.4、最大冷房能力:3.7kW)のエアコンが設置されている。生活スケジュールには、平日パターン(以下、″平日″と記す)、休日に外出するパターン(以下、″外出″と記す)、休日に在宅するパターン(以下、″在宅″と記す)の計 3 種類を用いている。実験は、通風利用による影響を検討するために、通風利用の有無のみが異なる″通風 26℃″、″冷房 26℃高″の 2 条件について行った。条件の主な相違点を表 3.1.1 に、″通風 26℃″における通風経路を図 3.1.3 に示す。″通風 26℃″は、既報 [3)]の″通風南北″に相当し、在室時の室温が 28℃よりも低い場合には通風を、28℃以上では冷房を使用するものとした。″冷房 26℃高″は、既報 [3)]の″冷房 26℃″に対して冷房開始条件を″通風 26℃″と同じ 28℃に変更した条件である。通風利用や冷房使用は在室時のみに行われるものとし、主に室中央床上 900mm において計測された室温に基づき、起居時については 5 分ごとに、就寝時については 1 時間ごとに使用(利用)の可否を判断した。具体的な通風冷房行為の制御条件は、既報 [3)]を参照されたい。



図 3.1.2 集合住宅試験体南側外観

表 3.1.1 実験条件

実験条件名称	通風の有無	冷房開始室温条件	エアコンのリモコン設定温度	実施年度			
				2007	2008	2009	2010
通風26℃	有	28℃	26℃	●	●	●	●
冷房26℃高	無				●	●	●



(a) 起居時　　(b) 就寝時

図 3.1.3 通風経路

(2) 計測項目および計測方法

本実験では、環境計測と合わせてエアコンの処理熱量や通風による排熱量を算定するために、室内機の吹き出し・吸い込みの空気温度および相対湿度、送風ファン回転数については 5 秒間隔で、窓面の通過風速については 0.1 秒間隔で計測した。計測の詳細については、既報[3)]に詳しい。なお、窓面の通過風速については、2007 年～2009 年の間は開口面に 5 つの測定点を設けたが、2010 年ではさらに詳細な測定を行なうため、測定点を追加して 19 点とした。窓面の通過風速について計測位置を図 3.1.4 に示す。

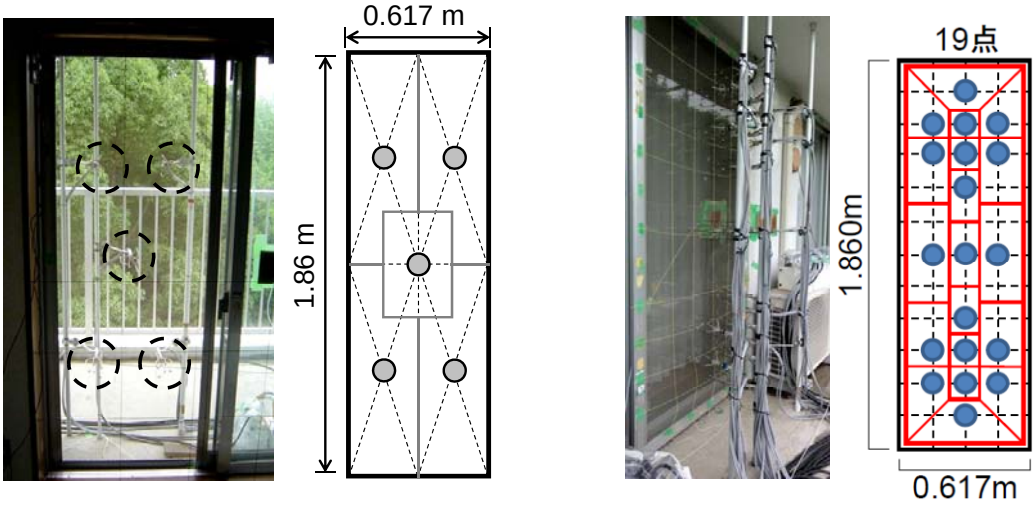


図 3.1.4 開口面通過風速の測定点(左:2007 年～2009 年, 右:2010 年)

(3) 解析方法

1) エアコンの処理熱量

エアコンの処理熱量は、以下の式により求めた。なお、吹き出し風量については、予備実験により送風ファン回転数と吹き出し風量の関係を事前に求めた上で、計測した送風ファン回転数から計算した[3)]。また、解析には計測データを 5 分で平均した値を用いた。

$$L = \rho_d Q(n) \Delta h \tag{3.3.1}$$

$$\Delta h_t = \Delta h_s + \Delta h_l \tag{3.3.2}$$

$$\Delta h_s = C_{s,i}\theta_i - C_{s,d}\theta_d \tag{3.3.3}$$

$$\Delta h_l = \gamma(x_i - x_d) \tag{3.3.4}$$

$$C_s = C_p + C_v x \tag{3.3.5}$$

$$\rho_d = \frac{1}{0.004555(0.622 + x_d)(273.15 + \theta_d)} \tag{3.3.6}$$

2) 通風による排熱量

通風量は、窓面の通過風速に断面積を乗じて積算することで求めた。ただし、窓面の通過風速には、5 分平均値を使用した。

$$Q = \sum_j A_j v_j \tag{3.3.7}$$

通風による排熱量は、式(7)から求まる通風量と内外の空気温度および絶対湿度を用いて、以下の式により求めた。

$$H_t = H_s + H_l \tag{3.3.8}$$

$$H_s = C_{s,r}\rho_r(Q_{ro} + Q_{rc})\theta_r - C_{s,o}\rho_o Q_{or}\theta_o - C_{s,c}\rho_c Q_{cr}\theta_c \tag{3.3.9}$$

$$H_l = \rho_r\gamma(Q_{ro} + Q_{rc})x_r - \rho_o\gamma Q_{or}x_o - \rho_c\gamma Q_{cr}x_c \tag{3.3.10}$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{ただし、} Q_{or} \le Q_{ro} \text{ の場合 } Q_{rc} = 0 \\ Q_{cr} = Q_{ro} - Q_{or} \\ Q_{ro} \le Q_{or} \text{ の場合 } Q_{ro} + Q_{rc} = Q_{or} \\ Q_{cr} = 0 \end{array}\right\} \tag{3.3.11}$$

(4) 解析結果

1) 通風利用による冷房時間への影響

3 種類の生活スケジュールのうち"平日"の実験結果を用いて、日積算冷房時間と日平均外気温度の関係について整理した結果を図 3.1.5 に示す。なお、"平日"の生活スケジュールでは 1 日の延べ在室時間数は 720 分であり、この時間数が冷房時間の最大値となる。また、通風冷房行為の出現割合を外気温度別に図 3.1.6 に、時刻別に図 3.1.7 に示す。ここで、通風冷房行為の出現割合とは、在室時間に対する各通風冷房行為が出現した時間のパーセンテージを外気温度別あるいは時刻別に求めたものである。なお、延べ在室時間は"通風 26℃"では 15,120 分、"冷房 26℃高"では 11,520 分であった。また、出現した在室時の通風冷房行為は、"通風 26℃"では"冷房"と"通風"、"冷房 26℃高"では"冷房"と"閉鎖"であった。

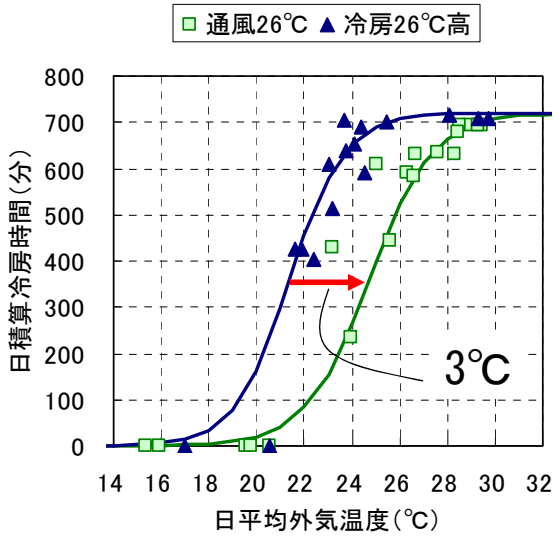
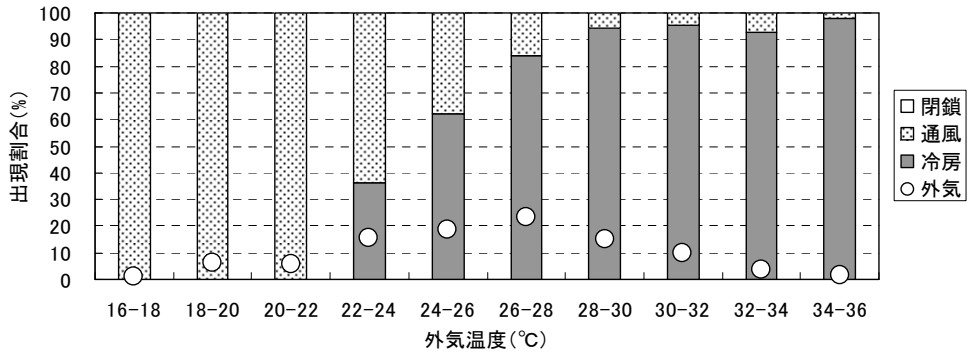
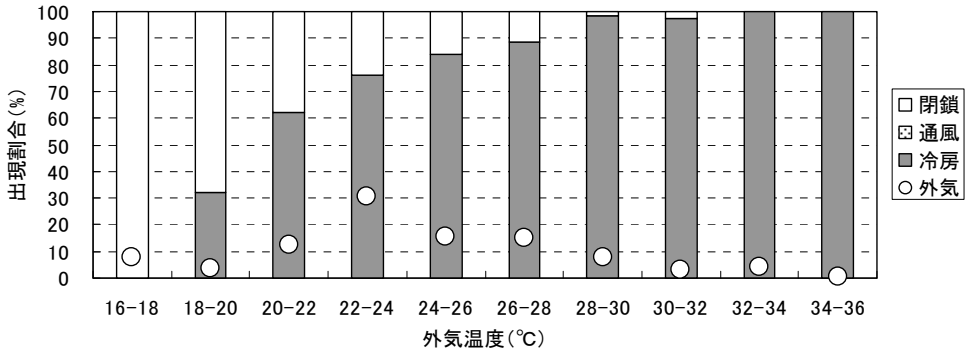


図 3.1.5 日平均外気温度と日積算冷房時間との関係(平日スケジュール)

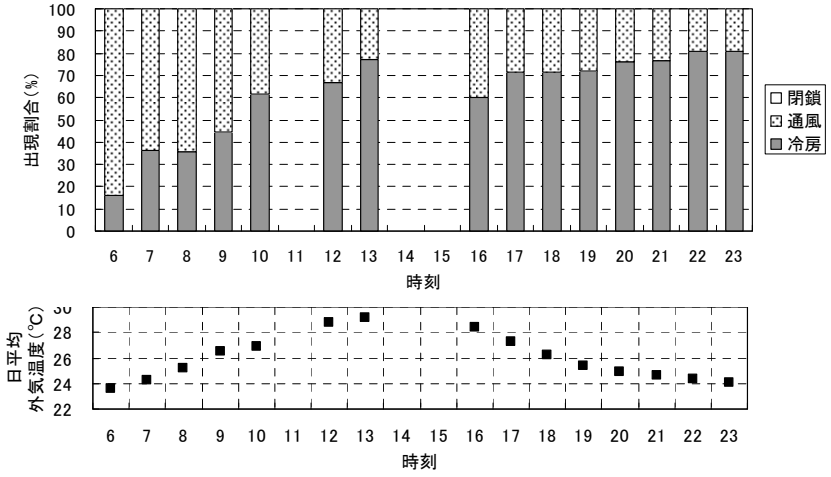


(a) 通風 26℃(在室時)

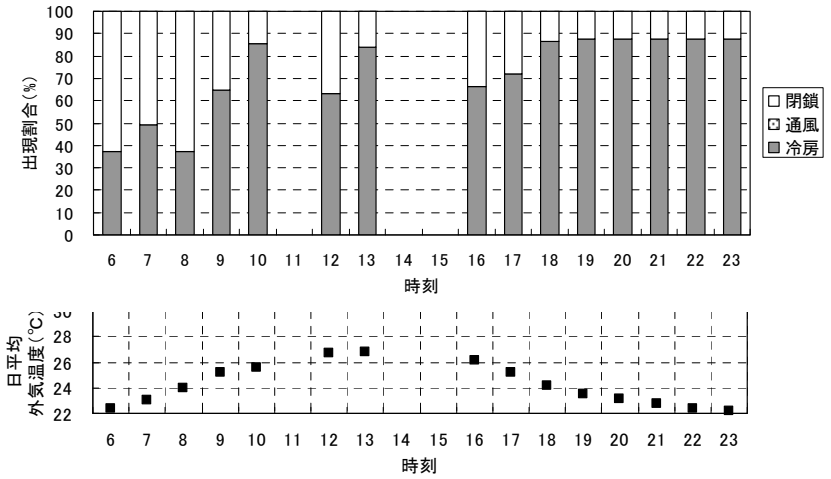


(b)冷房 26℃高(在室時)

図 3.1.6 在室時における通風冷房行為の外気温度別出現割合



(a)通風26℃(在室時)



(b)冷房26℃高(在室時)

図 3.1.7 在室時における通風冷房行為の外気温度別出現割合

″通風 26℃″における日積算冷房時間の日平均外気温度に対する分布は、図 3.1.5 のように″冷房 26℃高″を 3℃程度左へシフトしたものとなった。また、″通風 26℃″では、図 3.1.6 に示すように外気温度が 22℃よりも低い温度帯では通風のみの利用であった。外気温度が 2

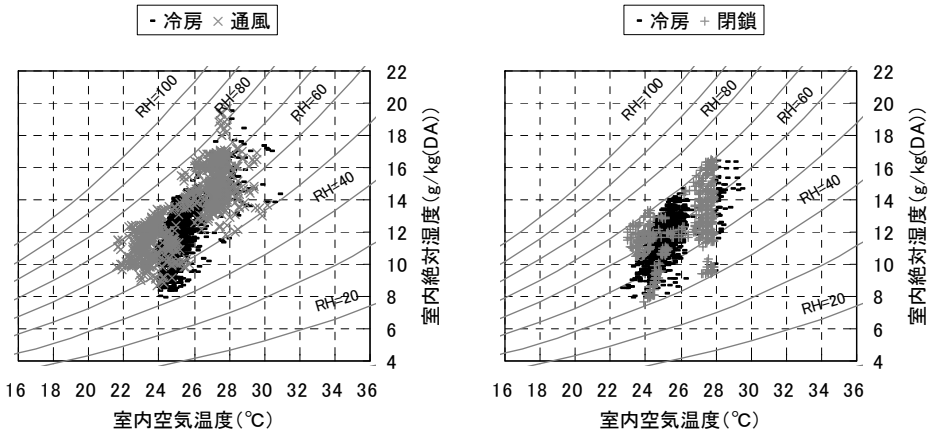
2℃を境に冷房の使用が発生し、28℃以上では在室時間の 90%以上において冷房が使用された。一方で、"冷房 26℃高"では、"通風 26℃"に比べて外気温度が低い範囲においても冷房の使用がみられた。また、図 3.1.7 の時刻別の出現割合は、朝方から昼にかけて外気温度の上昇とともに冷房の使用が増加する傾向が共通してみられたが、冷房の割合は"冷房 26℃高"よりも"通風 26℃"の方が常に小さかった。一方、夕方以降の時間帯では、時刻とともに外気温度が低下するものの、冷房使用の割合は増加する傾向があり、冷房時間の約 7 割が夕方以降の時間帯で発生した。これは、14 時～15 時の不在時に日射侵入熱が蓄熱されることや、夕方以降の時間帯においては、夕食の準備、食事や家族団らんなどが行われるため、内部発熱が大きくなることが原因としてあげられる。また、夕方以降の時間帯における冷房使用の割合は、"冷房 26℃高"に比べて"通風 26℃"の方が 10%程度低かった。

以上の結果から、冷房使用の抑制に対して通風による内部発熱の排出が効果的に働いていることが示された。一方で、不在時における室内への蓄熱が原因となり、夕方以降の時間帯において冷房使用が生じていることが推察された。従って、通風(自然換気)による排熱効果を不在時に有効活用することができれば、室温上昇を緩和し、外気温度の低下する夕方以降の時間帯において冷房使用の抑制を助長する効果が期待できると考えられる。

2) 通風利用による在室時の室内温湿度環境への影響

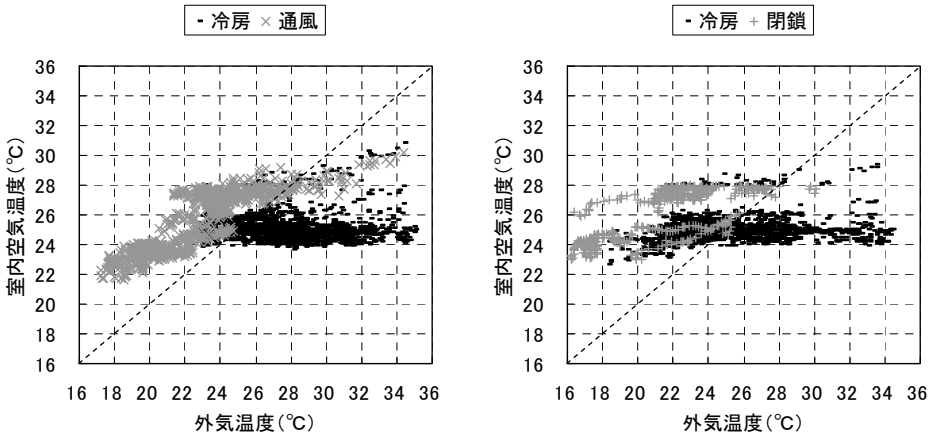
在室時の室内温湿度環境について、居間(床上 900mm)において計測した 5 分ごとの瞬時データにより整理し、図 3.1.8 に示す。また、在室時における居間(床上 900mm)の空気温度および絶対湿度について外気との相関を 5 分ごとの瞬時データにより整理した結果を図 3.1.9 および図 3.1.10 に示す。加えて、″通風 26℃″について、居間(床上 900mm)の空気温度および絶対湿度の出現割合を外気温度別および絶対湿度別に通風時と冷房時に分けて図 3.1.11 および図 3.1.12 に示す。なお、延べ通風時間は 5,305 分、延べ冷房時間は 9,815 分であった。また、解析には前項と同様に″平日″の実験結果を用いた。

室内環境については、図 3.1.6 のように通風時には室温 22℃～30℃、相対湿度 50%～80%に対して、冷房時には室温 24℃～26℃、相対湿度 40%～70%であり、特に通風時には高温高湿の環境となる場合がみられた。空気温度については、通風時には図 3.1.9-(a)および図 3.1.11-(a)のように外気よりも室内の方が高くなることが多く、また、外気温との相関がみられた。一方で、冷房時については図 3.1.9-(a)および図 3.1.11-(b)のように外気温度との相関はみられず、24～26℃の範囲に集中した。また、冷房時の室内空気温度が 26℃以上となる状況も発生したが、その割合は図 3.1.11-(b)のように外気温度が高くなるにつれて大きくなった。これは、外気温度が高いほど、不在時における室温上昇が大きく、結果として起ち上り運転時の室温が高くなるためである。室内絶対湿度については、通風時には図 3.1.10-(a)のように外気との相関がみられ、図 3.1.12-(a)のように外気温と同程度となる状況が多く発生した。一方で、冷房時には図 3.1.10-(a)のように空気温度に見られたある範囲に集中して分布するという傾向はうかがえず、エアコンの湿度制御が成り行きで行なわれている様子が確認できた。また、冷房時には除湿の効果により外気よりも室内の方が低くなることがほとんどであるが、図 3.1.12-(b)のように外気湿度が高くなるにつれて発生する湿度区分の割合が高い側にシフトした。これは、エアコンが処理できない潜熱が外気湿度の上昇に伴って多くなり、室内湿度が上昇したためと推察される。



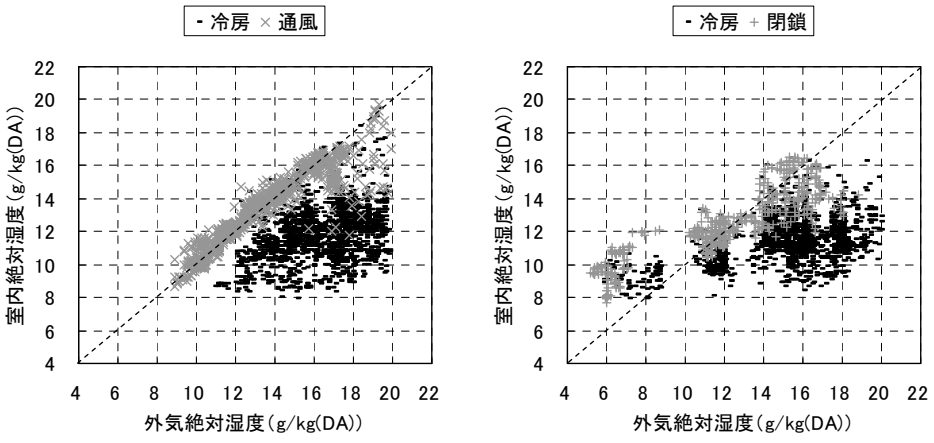
(a)通風 26℃(在室時)　　(b)冷房 26℃高(在室時)

図 3.1.8 居間における在室時の室内温湿度環境



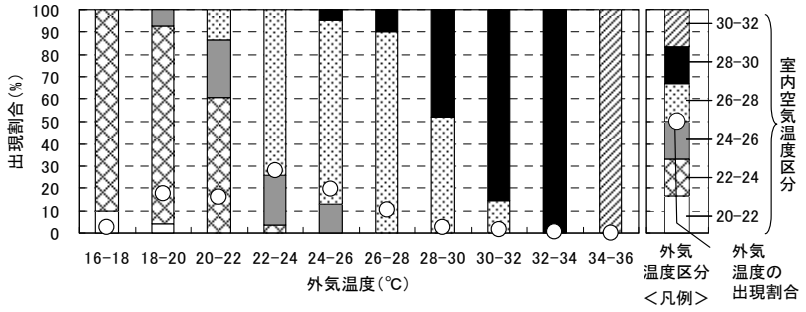
(a)通風26℃(在室時)　　(b)冷房26℃高(在室時)

図 3.1.9 居間における在室時の室内空気温度と外気温度との相関

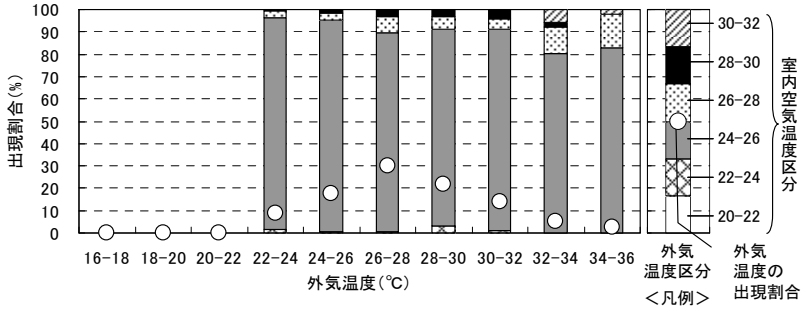


(a)通風26℃(在室時)　　(b)冷房26℃高(在室時)

図 3.1.10 居間における在室時の室内絶対湿度と外気絶対湿度との相関

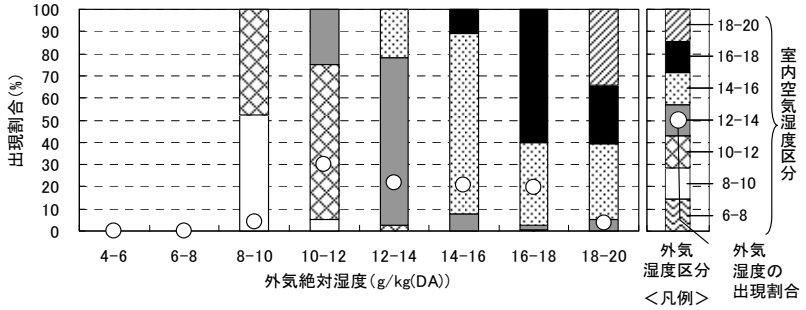


(a)通風26℃(通風時)

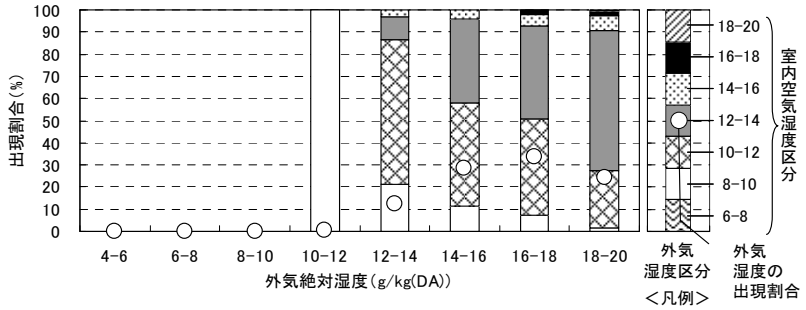


(b)通風 26℃(冷房時)

図 3.1.11 通風冷房行為ごとの室内空気温度の外気温度別出現割合



(a)通風26℃(通風時)



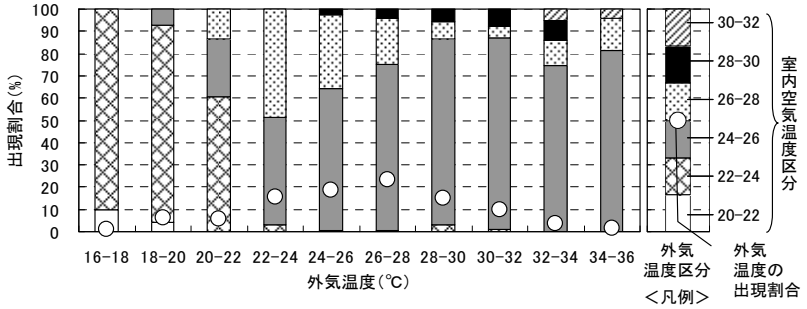
(b)通風26℃(冷房時)

図 3.1.12 通風冷房行為ごとの室内絶対湿度の外気絶対湿度別出現割合

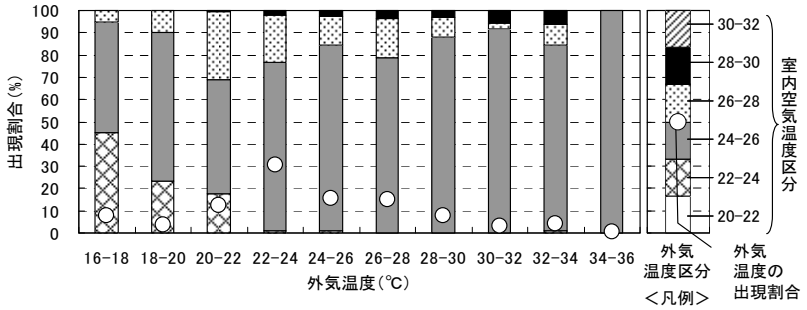
次に、居間(床上 900mm)の空気温度および絶対湿度の出現割合を外気温度および絶対湿度別に"通風 26℃"と"冷房 26℃高"に分けて図 3.1.13 および図 3.1.14 に示す。解析には前項と同様に"平日"の実験結果を用いた。

室内環境については、図 3.1.8 のように"通風 26℃"では室温 22℃～30℃、相対湿度 40%～80%に対して、"冷房 26℃高"冷房時には室温 23℃～30℃、相対湿度 40%～70%であった。特に室温が 26℃以上の範囲では"通風 26℃"と"冷房 26℃高"の間に違いがみられ、"通風 2

6℃″において湿度の高い状況が発生した。また、″冷房 26℃高″における閉鎖時には、″通風 26℃″における通風時と同様に高温高湿の環境となる場合がみられた。室内空気温度は、図 3.1.13 に示すように通風を利用する″通風 26℃″の方が″冷房 26℃高″よりも全般的に高い温度区分が出現する割合が大きかった。また、上述のように冷房時の室内空気温度は 24～26℃の範囲にあることが多いが、図 3.1.13 において″通風 26℃″では外気温度の上昇に伴いその範囲が増加する傾向が見られたのに対し、″冷房 26℃高″では外気温度との関係性はうかがえなかった。一方、室内絶対湿度は、″冷房 26℃″は″通風 26℃″よりも冷房の使用頻度が高いことから、図 3.1.14 に示すように在室時において外気よりも室内の方が高くなる割合は低かった。しかし、内外の湿度差は図 3.1.10 のように″通風 26℃″では通風時において 2g/kg(DA)程度であるのに対し、″冷房 26℃高″では閉鎖時において最大で 4g/kg(DA)程度と大きくなる状況が観察された。このことは、通風利用を行なう住宅では外気に由来する潜熱負荷の増大が懸念されることがあるが、通風利用を行なわない住宅における閉鎖時の内部発湿による湿度上昇の方が潜熱負荷の増大に対して影響が大きい可能性があることを示唆している。

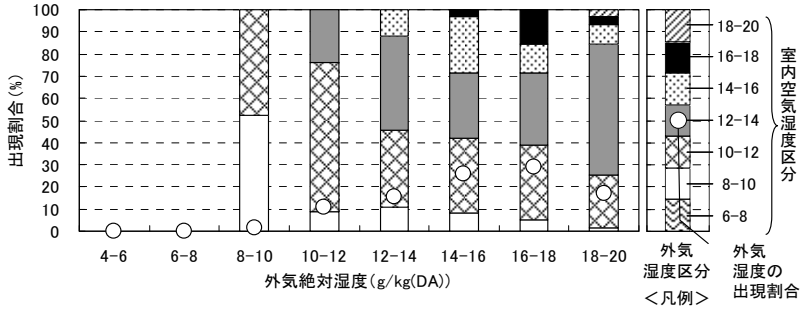


(a)通風 26℃(在室時)

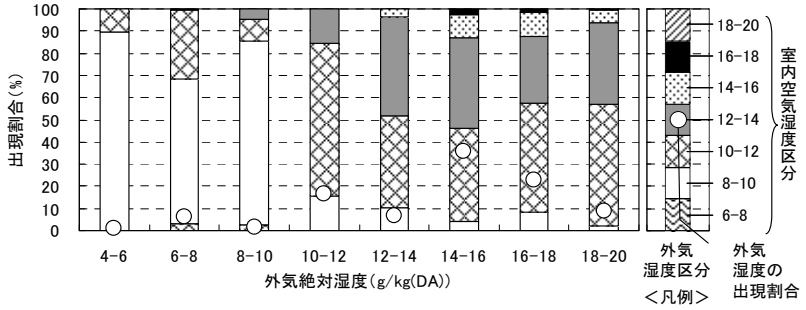


(b)冷房26℃高(在室時)

図 3.1.13 実験条件ごとの室内空気温度の外気温度別出現割合



(a)通風26℃(在室時)



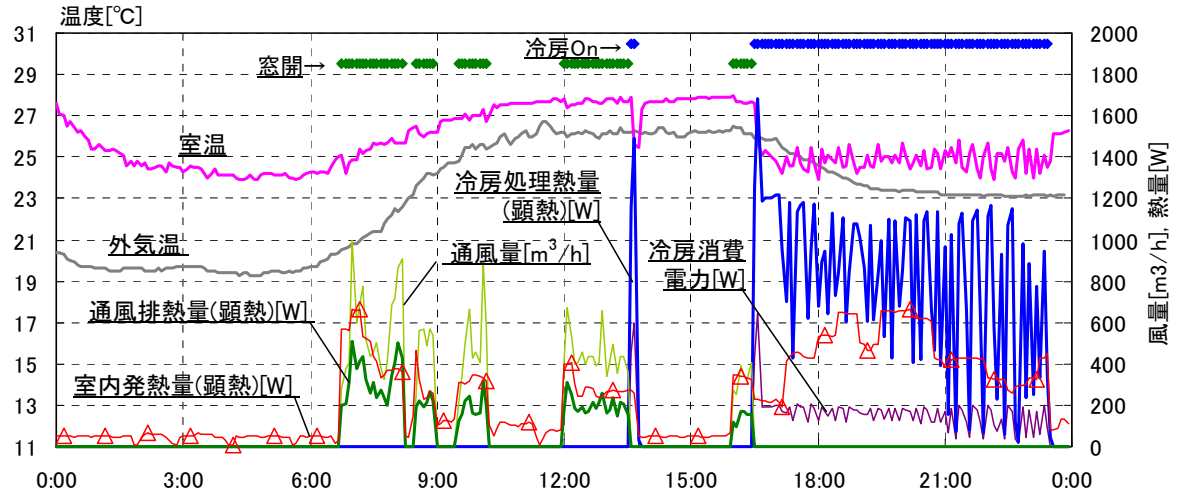
(b)冷房26℃高(在室時)

図 3.1.14 実験条件ごとの室内絶対湿度の外気絶対湿度別出現割合

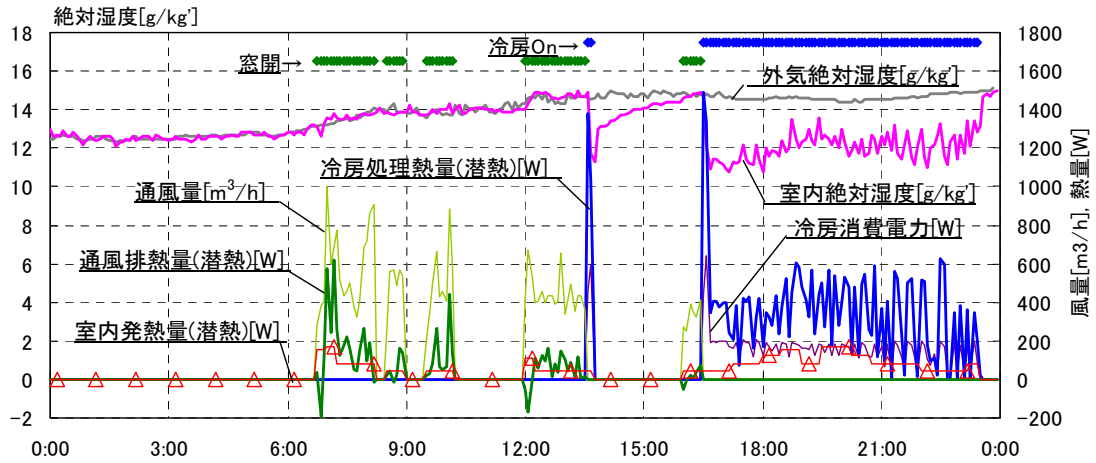
3) 通風による排熱量とエアコンの処理熱量

前々項では、通風による排熱効果が冷房使用抑制に寄与していることが推察された。本項では、通風による排熱量とエアコンの処理熱量を分析し、通風利用の有無による熱処理の分担構造の違いについて検討する。

実験条件が"通風 26℃"、生活スケジュールが"平日"であった 2007 年 9 月 19 日の居間における通風による排熱量とエアコンの処理熱量を 5 分平均値により顕熱と潜熱に分けて図 3.1.15 に示す。図に示す日は、朝方から昼にかけて通風が、夕方以降は冷房が主に使用された。通風時の排熱量は顕熱で 200～400W 程度であり、同時刻の室内発熱量より若干少ないか、もしくは同程度の熱量が室内から屋外へ排出されていた。また、冷房時の処理熱量は、顕熱で400～1200W程度であり、通風による排熱量の2～3倍程度の熱量が除去された。一方、潜熱については、通風開始直後に 200W 程度の熱量が屋外から室内へ流入するものの、開始直後を除く時刻では室内から屋外へと排出されていた。その熱量は200～600W程度であり、午前中の時間帯では内部発湿量よりも多い熱量が室内から屋外へ排出されていた。また、冷房時には、200～500W 程度の熱量が処理されており、その結果、絶対湿度は外気に比べると室内の方が 2g/kg(DA)程度低く保たれていた。



(a) 顕熱



(b) 潜熱

図 3.1.15 通風による排熱量およびエアコンの処理熱量の経時変化
(2007/9/19、"通風 26℃"、平日スケジュール)

また、通風による排熱量を 15 分積算値で図 3.1.16 に、外部の風向・風速について 5 分瞬時値で図 3.1.17 に示す。なお、排熱量および通風量は正の場合は居間からの流出、負の場合は居間への流入を意味している。排熱量については、室内から屋外への移流分と屋外から室内への移流分との差は小さく、前者の方が約 1～6%程度大きかった。顕熱と潜熱の比は 4:6 であり、潜熱の方が多かった。また、図 3.1.17 のように、6 時から 8 時にかけて西～北の風が卓越しており、風速は 1.5m/s 程度であった。この時、図 3.1.16 のように居間の窓では室内から屋外へ向かう流れが優位となる。従って、風力を駆動力とする換気が支配的であることが推察され、北側に位置する洋室 1 の窓から流入した風は、廊下を通じて居間へ到達すると考えられる。一方で、午後は東～南南東の風が卓越しており、風速は 2.0m/s 程度であった。この時、図 3.1.16 に示すように居間の窓における通風量は流入分の方が流出分に比べて大きいが、その差はあまり大きくなかった。これは、実験住戸は集合住宅の西妻側に位置していることから、外部風向が東寄りの場合には外壁に沿う流れが形成されるためである。従って、温度差を

駆動力とする換気が支配的であると推察される。卓越風の異なる上記の時間帯において排熱量を比較すると正味の空気交換量（$|Q_{ro}|+|Q_{or}|$）が同程度であればその差異は小さいことから、温度差換気による排熱は風力換気によるそれと同等の効果を有していると考えられる。

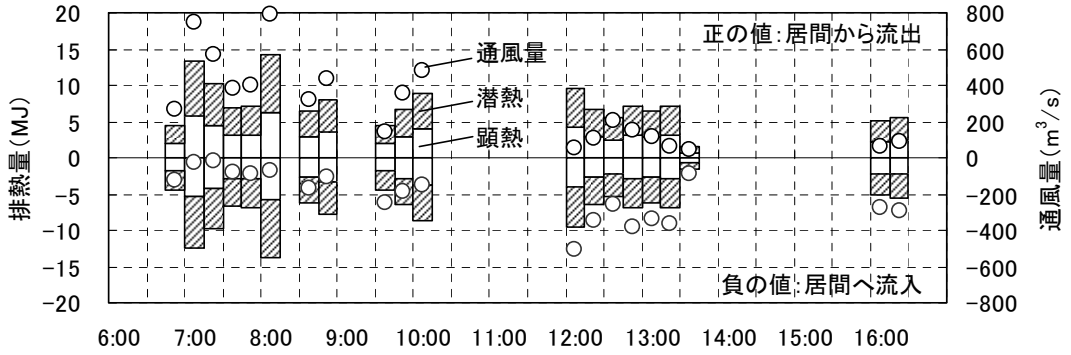


図 3.1.16 通風による排熱量の経時変化（2007/9/19、"通風 26℃"、平日スケジュール）

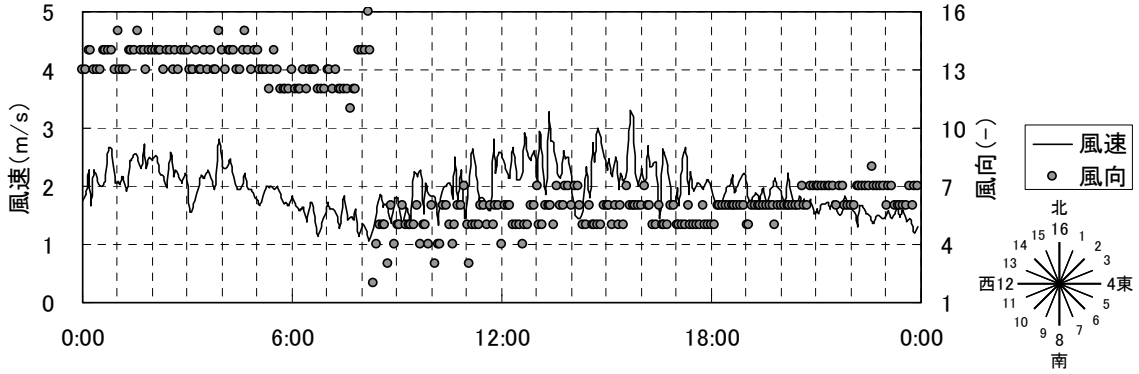
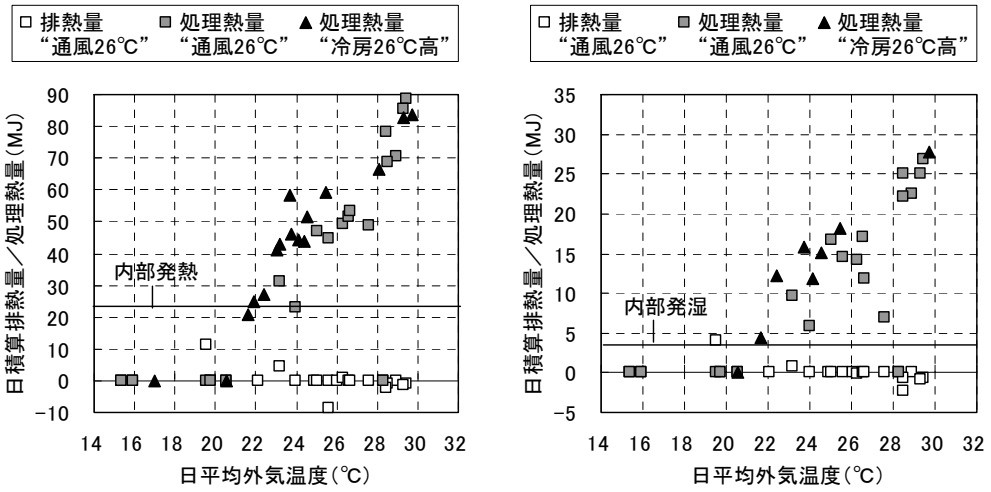


図 3.1.17 外部の風向・風速の経時変化（2007/9/19、"通風 26℃"、平日スケジュール）

図 3.1.18 に″平日″の計測データを用いて日積算排熱量および日積算処理熱量を算出した結果を示す。″通風 26℃″において日平均外気温度が 24℃以下の範囲で通風による排熱が行なわれ、全熱で最大 10MJ 程度であった。また、″通風 26℃″における通風による排熱量（図 3.1.18-(a)中の□）とエアコンの処理熱量（図 3.1.18-(a)中の■）との和が″冷房 26℃高″におけるエアコンの処理熱量（図 3.1.18-(a)中の▲）と同程度であることから、日平均外気温度が 24℃以下の範囲では通風が熱処理の一部を分担する構造になっていると考えられる。また、″通風 26℃″の潜熱処理熱量（図 3.1.18-(b)中の■）は ″冷房 26℃高″（図 3.1.18-(b)中の▲）と同程度か、あるいは小さくなる傾向がみられた。上述のように通風開始直後において潜熱が屋外から室内へ流入する状況もみられるものの、日単位ではその影響は極めて小さく、また、排湿の効果により潜熱処理熱量が減少したと考えられる。



(a) 全熱　　(b) 潜熱

図 3.1.18　日積算排熱量および日積算処理熱量と日平均外気温度との関係

日平均外気温度($\overline{\theta_o}$)と日積算排熱量(H_t)あるいは日積算処理熱量(L_t)との関係から近似式を生活スケジュール別に作成し、居間を対象として 7 月から 9 月における期間積算排熱量および処理熱量を推計した。推計に用いた近似式を表 3.1.2 に、日平均外気温度を図 3.1.19 に示す。推計に用いた日平均外気温度は、過去 10 年間において冷夏であった 2003 年、猛暑であった 2010 年と平年(1971～2000 年)のアメダス気象データ(つくば)である。また、推計結果を月別に図 3.1.20、対象年別に図 3.1.21 に示す。なお、図の上部に記した( )内の数値は“冷房 26℃高”を 100 とした場合の“通風 26℃”の期間積算処理熱量を意味する。

表 3.1.2　推計に用いた近似式

実験条件			近似式	R_2値	近似式作成に用いたデータの数
通風26℃	通風の排熱量	平日	$H_t = -1.22\ \overline{\theta_o} + 33.74$	0.93	8
		外出	$H_t = -0.72\ \overline{\theta_o} + 19.75$	0.95	8
		在宅	$H_t = -1.54\ \overline{\theta_o} + 44.05$	0.96	8
	エアコンの処理熱量	平日	$L_t = 9.12\ \overline{\theta_o} - 187.99$	0.92	14
		外出	$L_t = 5.94\ \overline{\theta_o} - 135.43$	0.84	14
		在宅	$L_t = 9.97\ \overline{\theta_o} - 205.80$	0.91	13
冷房26℃高	エアコンの処理熱量	平日	$L_t = 6.80\ \overline{\theta_o} - 117.94$	0.93	15
		外出	$L_t = 3.35\ \overline{\theta_o} - 62.81$	0.94	13
		在宅	$L_t = 6.53\ \overline{\theta_o} - 112.87$	0.92	14

図 3.1.19　推計に用いた日平均外気温度(アメダス気象データ　つくば)

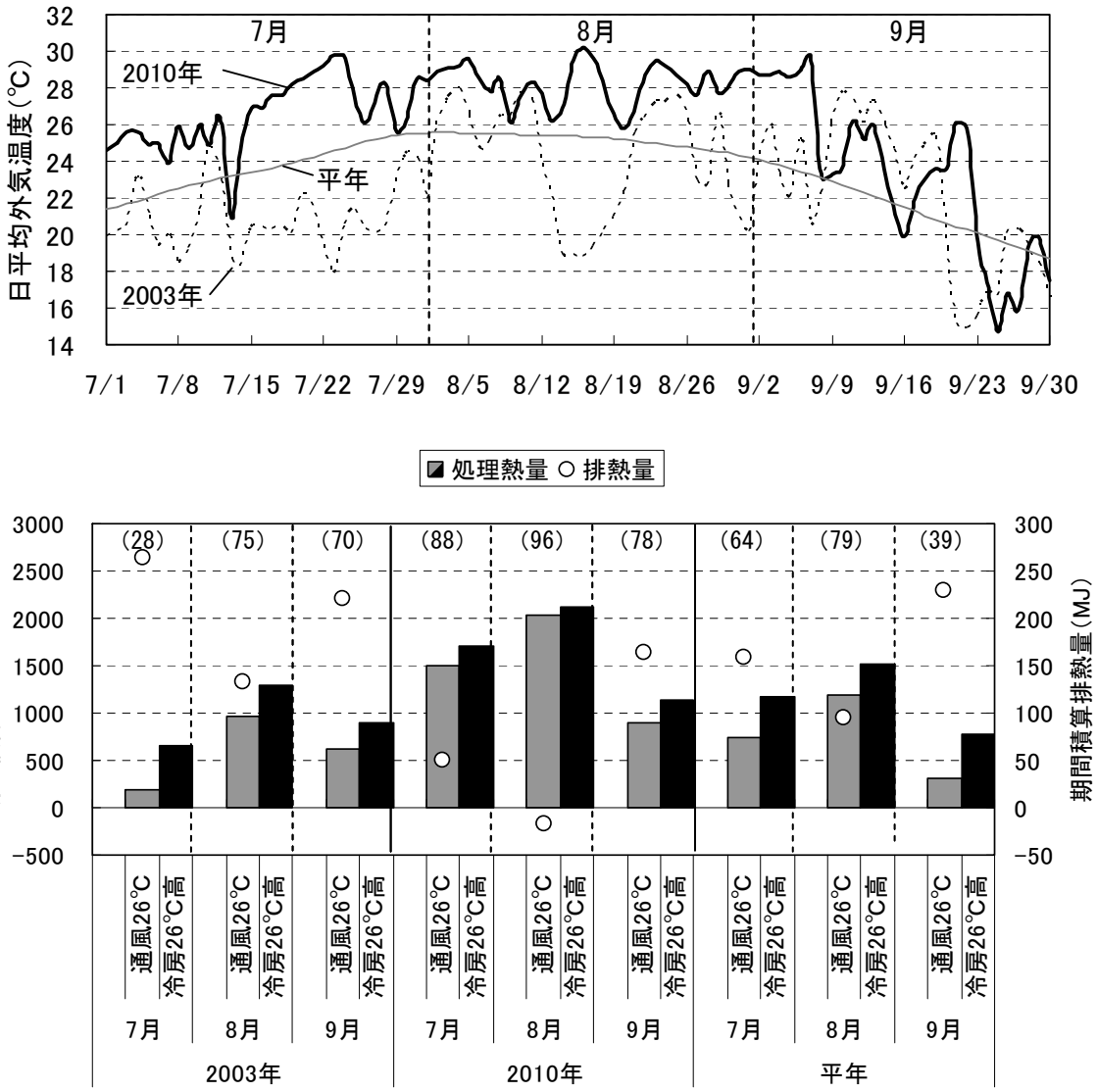


図 3.1.20 通風による排熱量およびエアコンの処理熱量の月別推計結果

（( )内の数値は"冷房 26℃高"を 100 とした時の値）

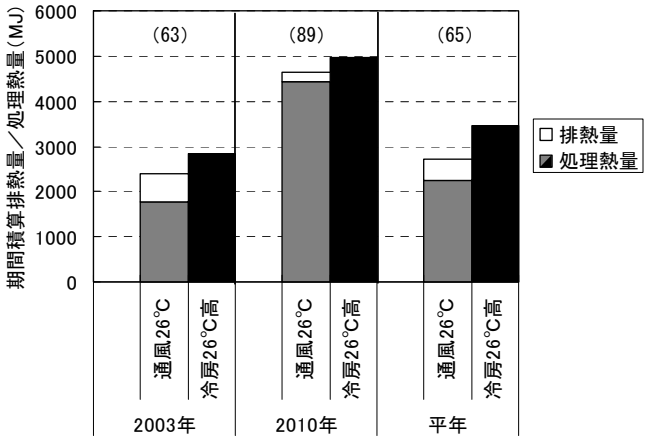


図 3.1.21 通風による排熱量およびエアコンの処理熱量の年別推計結果

（( )内の数値は“冷房 26℃高”を 100 とした時の値）

2003 年は特に 7 月において平年よりも涼しく、通風による排熱量は 263MJ と比較対象の中で最大となり、また、通風利用による処理熱量の削減効果は平年では 36％であるのに対して 72％と大きかった。8 月については、いずれの条件においても削減効果が最も小さくなるが、特に猛暑であった 2010 年では通風利用により 18MJ の熱取得が生じる結果となった。9 月については、平年では通風利用による処理熱量の削減効果が 60％と他の月と比べて大きくなるが、2003 年と 2010 年は残暑が厳しかったことからその効果は小さく、2003 年は 30%、2010 年は 22%に留まった。7 月から 9 月の 3 ヶ月間では通風利用による処理熱量の削減効果は、2003 年で 37%、2010 年で 11%、平年で 35%となった。また、削減量に対して通風による排熱量が占める割合は、2003 年で 58%、2010 年で 37%、平年で 40%となった。冷夏であった 2003 年の削減効果が平年並みとなったのは、9 月の残暑が厳しかったために 7 月に生じた削減効果の増大が相殺されたことに因る。また、2010 年のような猛暑では初夏や晩夏において通風を防暑法として利用することは難しく、通風による削減効果はほとんど期待できないと言える。

(5) まとめ

本論文では、冷房開始室温条件を揃えた条件を追加して実験を行い、形成される室内環境や冷房の使用時間について通風利用の有無による違いを比較した。また、通風による排熱量とエアコンの処理熱量を算定し、通風利用の有無による熱処理の分担構造の違いについて検討した。一連の検討により得られた知見を以下に示す。

①同じ日積算冷房時間で比較した場合、その時の日平均外気温度は″通風 26℃″の方が″冷房 26℃高″より 3℃程度低かった。

②朝方から昼間にかけては外気温度の上昇に合わせて冷房使用の割合が増加した。一方、夕方以降の時間帯では外気温度が低下するものの、冷房使用の割合は増加する傾向にあった。この原因として、外出時における日射侵入熱の蓄熱や夕食準備や家族団らんに起因する内部発熱の増加が考えられた。

③夕方以降の時間帯における冷房使用の割合は、″冷房 26℃高″に比べて″通風 26℃″の方が 10%程度低く、通風による内部発熱の排出が効果的に働いていることが確認された。

④冷房時の室内絶対湿度は、外気湿度が高くなるにつれてエアコンが処理できない潜熱が多くなり、発生する湿度区分の割合が高い側にシフトした。

⑤内外の絶対湿度差は通風時よりも閉鎖時において大きくなることが観察された。このことから、通風利用を行なう住宅では外気に由来する潜熱負荷の増大が懸念されることがあるが、通風利用を行なわない住宅における閉鎖時の内部発湿による湿度上昇の方が潜熱負荷の増大に対して影響が大きい可能性があることが示唆された。

⑥通風による排熱量については、室内から屋外への移流分が屋外から室内への移流分よりも約 1～6%程度大きく、顕熱と潜熱の比は 4:6 であった。また、正味の空気交換量が同程度であれば卓越風向による差異は小さいことから、温度差換気による排熱は風力換気によるそれと同等の効果を有していると考えられた。

⑦″通風 26℃″の潜熱処理熱量は″冷房 26℃高″と同程度か、あるいは小さくなる傾向がみられた。このことから、通風開始直後において潜熱が屋外から室内へ流入する状況もみられるものの、日単位ではその影響は極めて小さく、また、排湿の効果により潜熱処理熱量が減少したと考えられた。

⑧日平均外気温度と日積算排熱量あるいは日積算処理熱量との関係から居間を対象として7月から9月における期間積算排熱量および処理熱量を推計した。通風利用による処理熱量の削減効果は、2003 年で 37%、2010 年で 11%、平年で 35%となった。また、削減量に対して通風による排熱量が占める割合は、2003 年で 58%、2010 年で 37%、平年で 40%となった。

記号

A_j ：窓の断面 j の面積[m²]
v_j ：窓の断面 j における通過風速[m/s]
C_p ：乾き空気の定圧比熱（=1.00）[kJ/kg℃]
C_s ：湿り比熱[kJ/kg(DA)℃]
C_v ：水蒸気の定圧比熱（=1.84）[kJ/kg℃]
Δh ：比エンタルピー差[kJ/kg(DA)]
L ：処理熱量[kW]
n ：ラインファン回転数[-]
θ ：空気の乾球温度[℃]
x ：空気の絶対湿度[kg/kg(DA)]
$Q(n)$ ：吹き出し風量[m³/s]
ρ ：湿り空気の密度[kg(DA)/m³]
γ ：0℃における水蒸気の蒸発潜熱（=2501.6）[kJ/kg]
H ：通風による排熱量[W]
Q_{ab} ：a から b へ移動する空気の量[m³/s]
添え字 i ：エアコンの吸い込み、d ：エアコンの吹き出し、
s ：顕熱、l ：潜熱、t ：全熱、
r ：居間、o ：屋外、c ：廊下

参考文献

1)澤地孝男、堀祐治、細井昭憲、前真之、秋元孝之、桑沢保夫、三浦尚志、三木保弘、田島昌樹、齋藤宏昭、戸倉三和子、西澤繁毅、羽原宏美、青木正諭、宇梶正明：省エネルギー効果検証を目的とした生活模擬手法を含む実験手法の提案：住宅のための省エネルギー手法の実験的評価に関する研究その 1、日本建築学会環境系論文集、第 621 号、pp.69-76、2007.11

2)三浦尚志、羽原宏、美澤地孝男、細井昭憲：回転数計測装置による家庭用ルームエアコンディショナの室内機吹出風量の計測、日本建築学会技術報告集、第 28 号、pp.509-512、2008.10

3)羽原宏美、三浦尚志、細井昭憲、西澤繁毅、澤地孝男：夏期および中間期における通風冷房行為の再現による RC 集合住宅の室内温熱環境および冷房消費電力量に関する研究住宅のための省エネルギー手法の実験的評価に関する研究　その 2、日本建築学会環境系論文集、No.633、pp.1321-1329、2008.11

3.1.3　戸建住宅試験体の実証実験による省エネルギー効果の検討

戸建住宅試験体に、人体、家電機器等の発熱・発湿を模擬する装置を設置し、窓の自動開放閉鎖機構、エアコンディショナーの発停制御とあわせて、コンピュータにより制御を行い、戸建住宅における通風による冷房消費エネルギー削減効果の検証を実施した。

(1) 実験概要

通風／冷房行為の再現実験を、2011 年 7 月 17 日から 10 月 10 日にかけて、独立行政法人建築研究所内の戸建住宅試験体(図 3.1.22)において実施した。図 3.1.23 に平面図を示す。戸建住宅試験体は木造 2 階建、昭和 55 年相当の断熱性能となっている。



図 3.1.22　戸建住宅試験体外観(南側)

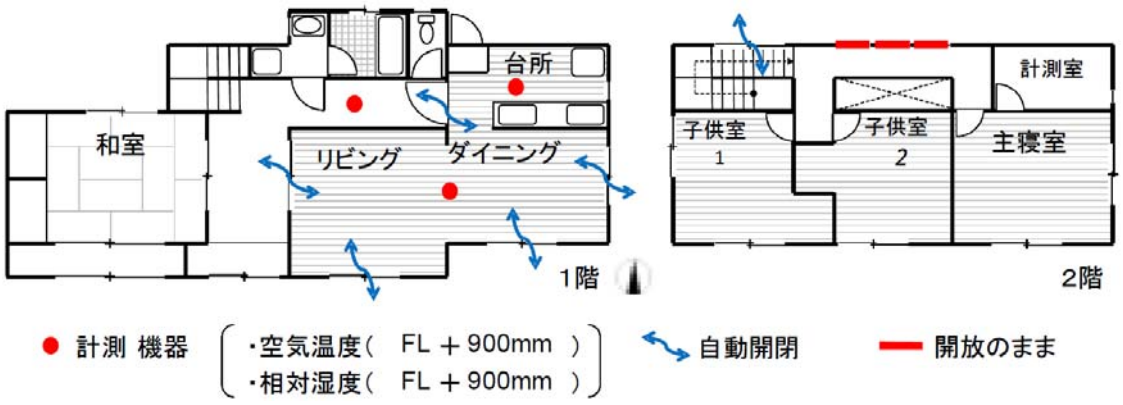


図 3.1.23　戸建住宅試験体平面概略図

本項では、リビング・ダイニングを対象として検討した結果について示す。NHK 生活時間調査の結果を基に作成した 5 人世帯の生活スケジュールに基づき、発熱発湿模擬装置、家電機器、照明等の自動制御スケジュールを設定し、温熱環境及び消費電力量を再現した。図 3.1.24 に、リビング・ダイニングにおける在室状況を示す。生活スケジュールは「平日」「休日在宅」「休日外出」の 3 パターンである。

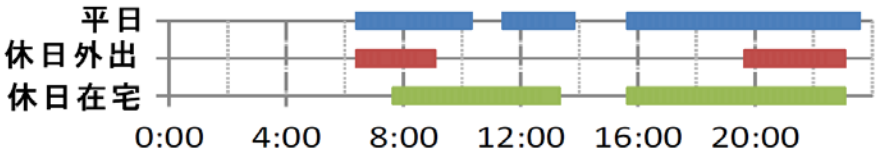


図 3.1.24 リビング・ダイニングの在室状況

通風冷房モードの概要を表 3.1.3 に示す。通風冷房行為の決定条件は「冷房 27℃」「冷房 29℃」「通風 27℃」の 3 つのモードを設定し、各決定条件に基づき窓・扉の自動開閉、冷房の発停を行う。「冷房 27℃」、「冷房 29℃」では、室温が冷房開始温度に達したとき設定温度で運転を開始し、不在となるまで運転を続けるものとした。また、「通風 27℃」では、 表 3.1.4 に示す決定条件によって、通風と冷房を使い分ける設定としている。

表 3.1.3 通風冷房モードの概要

モード名	通風	冷房		備考
		設定温度	開始温度	
冷房27℃	なし	27℃	27℃	基準温度
冷房29℃	なし	29℃	29℃	設定温度による冷房エネルギー削減効果
通風27℃	20<室温<29	27℃	29℃	通風利用による冷房エネルギー削減効果

表 3.1.4 「通風 27℃」における通風冷房行為の決定条件

現在の在室状況	現在の外部風速	1ステップ前の在室状況	1ステップ前の行為	現在の室温Ta	行為	
					窓・扉	冷房
不在	-	-	-	-	閉	オフ
在室	10m/s以上	-	-	Ta＜29	閉	オフ
		-	-	29≦Ta	閉	オン
	10m/s未満	不在	-	Ta≦20	閉	オフ
			-	20＜Ta	開	オフ
		在室	冷房	-	閉	オン
			冷房以外	Ta≦20	閉	オフ
				20<Ta<29	開	オフ
				29≦Ta	閉	オン

(2) 結果及び考察

1) 通風冷房モード別の時刻変動

通風冷房行為が室内温熱環境に及ぼす影響を確認する。通風冷房モード別の時刻変動を図 3.1.25～図 3.1.27 に示す。図 3.1.27 において早朝などの涼しい時間帯について、夏期においても冷房を使用せず通風のみで温熱環境を改善できる状況が示されている。また、冷房運転開始後は、どのモードにおいても室内温度はすぐに設定温度±1～2℃程度で安定して推移する状況が確認できる。

冷房消費電力に関しては、冷房時の室温が安定した後は、各モードとも 0.3kW 程度で発停を行う状況が確認される。しかし、運転開始直後の冷房消費電力は、「冷房 29℃」では、0.3kW 程度なのに対し、「冷房 27℃」では 2 倍程度、「通風 27℃」では 3～ 4 倍程度に増大している状況が確認できる。

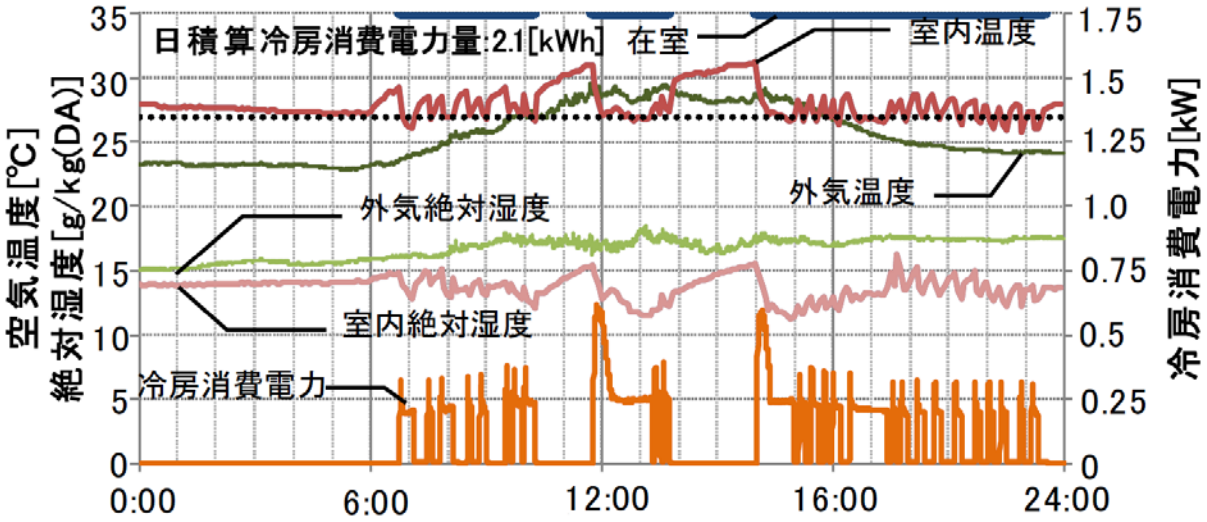


図 3.1.25 「冷房 27℃」における時刻変動

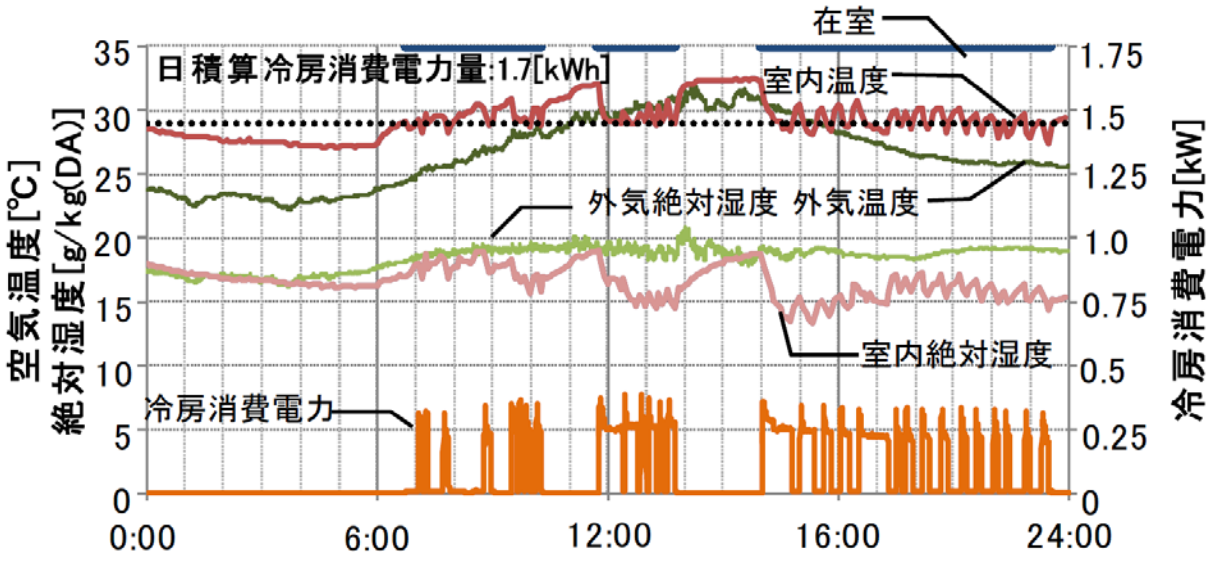


図 3.1.26 「冷房 29℃」における時刻変動

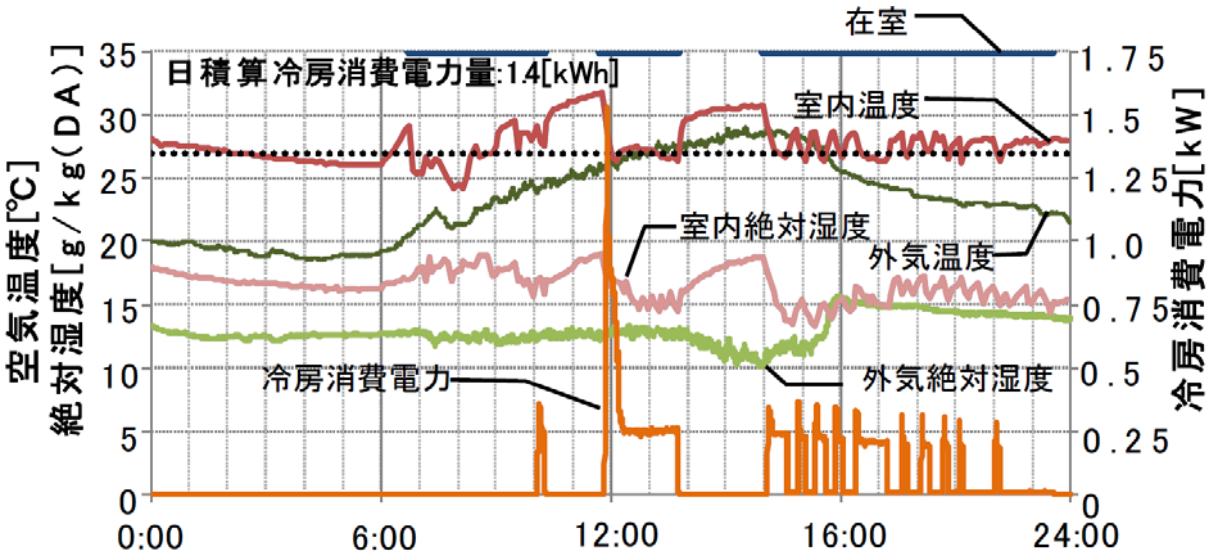


図 3.1.27 「通風 27℃」における時刻変動

2）通風冷房行為の消費電力量・冷房時間への影響

図 3.1.28～図 3.1.30 に全スケジュールでの在室時間における通風・冷房の占める時間割合を示す。冷房運転が行われる日平均外気温は「通風 27℃」では 23℃程度から、「冷房 27℃」では 16℃程度からとなっており、通風を利用することで冷房運転時間を削減できていることがうかがえる。

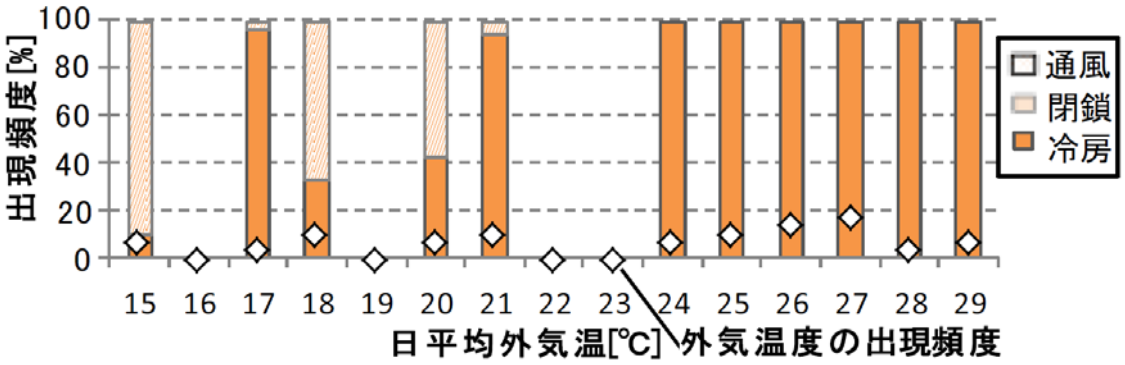


図 3.1.28 「冷房 27℃」における在室時間における通風冷房行為の外気温度別出現割合

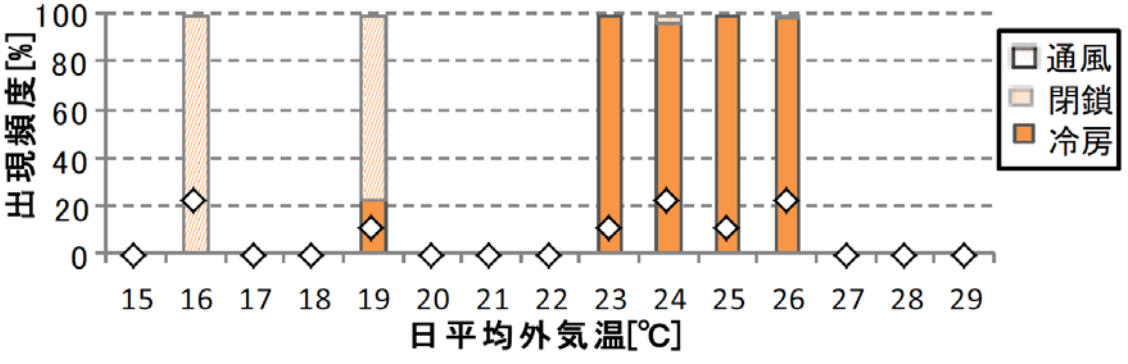


図 3.1.29 「冷房 29℃」における在室時間における通風冷房行為の外気温度別出現割合

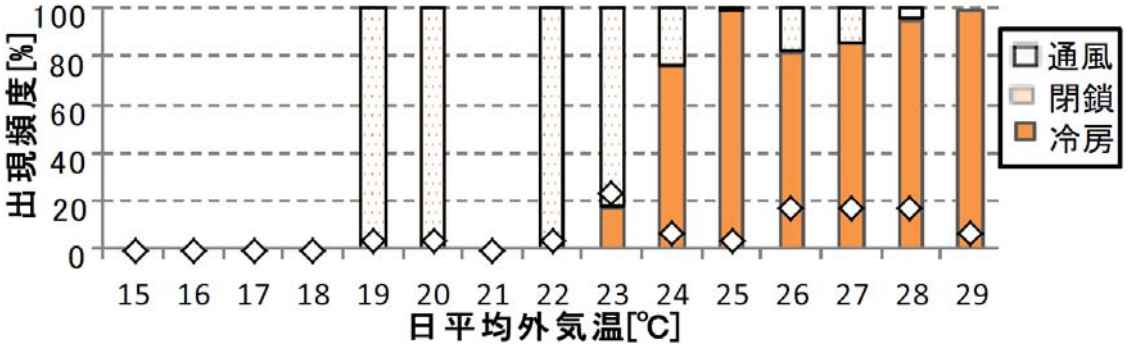


図 3.1.30 「通風 27℃」における在室時間における通風冷房行為の外気温度別出現割合

3) 期間冷房消費電力量の推定

日平均外気温と冷房消費電力量の関係から、各生活スケジュール・通風冷房モードにおける推定式(表 3.1.5)を同定した。ただし、「冷房 29℃」に関しては有効データが少なかったことから、推定を行わないこととした。近似式作成の際には、1 日の消費電力量が 0.06kWh 未満の日は、待機電力のみとして除外した。休日外出時の計測結果と近似直線は、図 3.1.31 のようになっている。

表 3.1.5 モード・スケジュール別の推定式

実験条件		近似式	R2値	近似式作成に用いたデータ数	推計条件
冷房27℃	平日	$E=0.35\ \theta_0-6.82$	0.92	8	$E=0(\theta_0<16)$
	休日外出	$E=0.23\ \theta_0-4.69$	0.76	7	E=近似式
	休日在宅	$E=0.28\ \theta_0-4.60$	0.85	9	$(\theta_0 \geqq 16)$
通風27℃	平日	$E=0.83\ \theta_0-18.61$	0.40	4	$E=0(\theta_0<22)$
	休日外出	$E=0.24\ \theta_0-5.20$	0.37	5	E=近似式
	休日在宅	$E=2.15\ \theta_0-55.12$	0.97	4	$(\theta_0 \geqq 22)$

E:日積算消費電力量[kWh]　　θ_0:日平均外気温[℃]

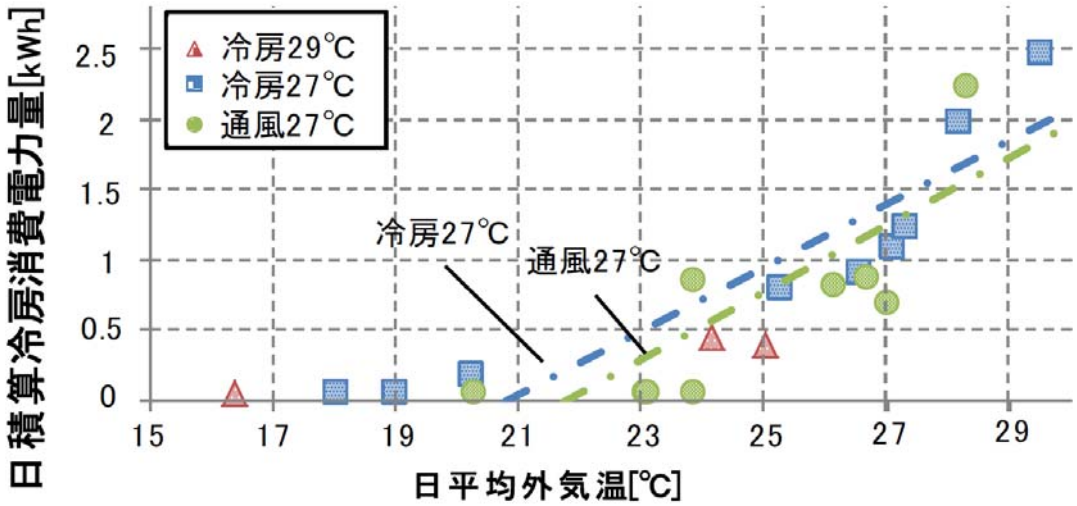
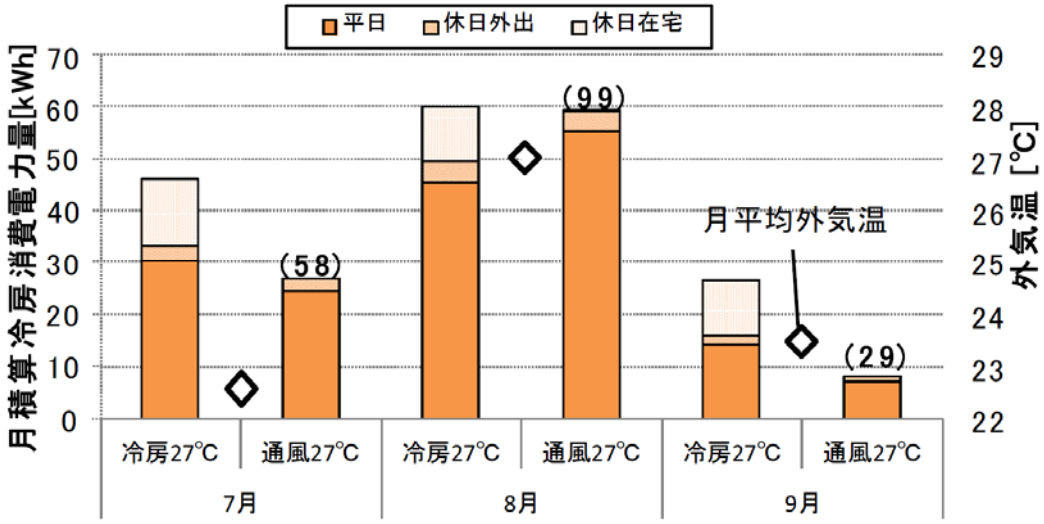


図 3.1.31 日平均外気温と日積算冷房消費電力量(休日外出)

表 3.1.5 の推定式からつくば市における平年値(1981-2010 年)のアメダス日平均外気温データを用いて月積算冷房消費電力量を算出した(図 3.1.32)。なお、推定にあたり、平日を「平日スケジュール」に、土曜日を「休日外出スケジュール」に、日曜と祝日を「休日在宅スケジュール」に割り当てている。7～9 月の期間に通風を利用することにより、3 割程度の冷房消費エネルギーを削減できる結果が得られた。なお、推定結果には、通風 27℃の 8 月平日の結果において冷房 27℃を大きく上回っている、通風 27℃の休日在宅の消費電力量がほとんど計上されていない、といった状況が確認される。これらは、表 3.1.5 に示した近似式の精度によるところが多いと考えられることから、実験データを増やして近似式の精度を高め、推定値の信頼性を向上させていく必要があると考えられる。



※( )内は各月の冷房 27℃を 100 としたときの値

図 3.1.32 月積算冷房消費電力量の推計結果

(3) まとめ

通風冷房行為の再現による実証実験から、通風利用により冷房消費電力量は、夏期において約 3 割削減されることを示した。なお、この削減量は、S55 断熱基準相当の住宅のリビング・ダイニングにおける電力消費という限定された条件のもとでの結果である。今後、さらにデータを蓄積し、集合住宅試験体における実証実験との比較検証を行い、住宅における通風による省エネルギー効果の定量的な実証評価を進めていく予定である。

3.1.4　開口部通過風量算定モデルに関する検討

換気回路網計算に用いるオリフィスの式を敷衍する形で、風圧、温度差を駆動力として開口部を通過する風量を算定するモデルが提案されているが、実環境下における検証は、開口部を通過する風量を外部や開口部近傍の気流が複雑に影響する中で精度良く求めることが難しいことからほとんどされていない。これまでの一連の検討の中で、実環境下での通風量算定を実施してきたが、オリフィス式に合致しない状況が確認されてきており [1)]、多数の風速計により詳細な通過風速の計測を行うことで、開口面を通過する気流の様相が風量に及ぼす影響を検討し、開口部通過風量算定モデルの精緻化に向けた検討を行った。

・参考文献
1)西澤他：通風量の実測による影響要因の検討と予測精度の検証、建築学会大会 D2、pp.703-704、2008

(1) 実験概要

2010 年 10 月に RC 造 3 階建実験用集合住宅(茨城県つくば市)の 3 階西妻側住戸(図 3.1.33 左)の南側居間窓の通風量を三次元超音波風速計(Kaijo Sonic DA-600、WA-390)で南北通風と片面開放の 2 パターンについて計測を行った。開口面内を水平方向に 4 分割、垂直方向に 12 分割した交点上に風速計 19 台を設置している(図 3.1.33 右)。本報の分析では、他に、微差圧計(MKS Baratoron 220)で計測した居間内外差圧と居間室内温度(室中央(FL +900mm)で測定)、外気温、外部風向風速を使用している。測定間隔は温度が 5 分、他のデータが 0.1 秒であり、以下の分析では、30 秒間隔で整理したデータを用いている。

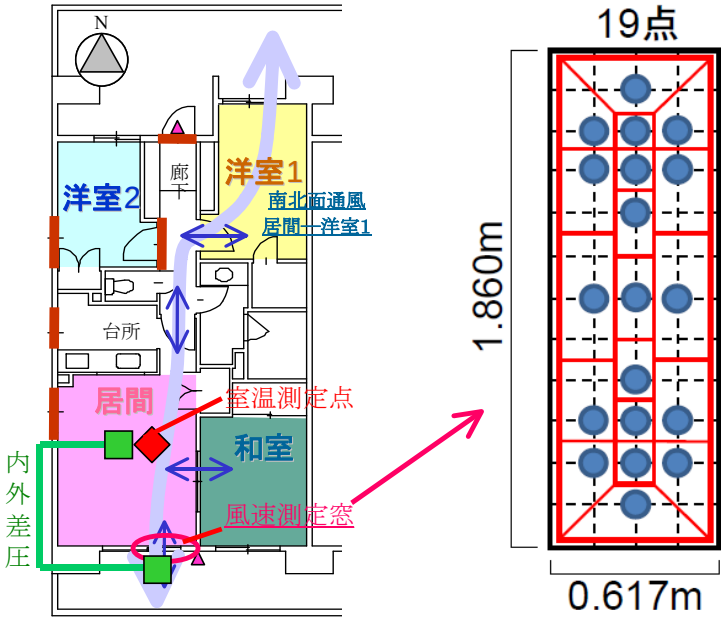


図 3.1.33　住戸平面図(左)と居間窓面の風速測定点(右)

通風量は、開口面で測定した風速鉛直成分を分担面積で積和して算出した流入(Qin(<0))、流出(Qout(>0))、総和(Q=Qin+Qout)、交換(Qex(>0))の流量で整理した(図 3.1.34)。Qex は同一開口面内で空気を交換するポテンシャルに応じた流量と位置づけられる。また、開口面を通

過する気流の様相を表す指標として流入量と流出量の比 r を導入する。r=0 で一方向流れ、r=1 で温度差等により窓面で等量が入れ替わる流れとなる。

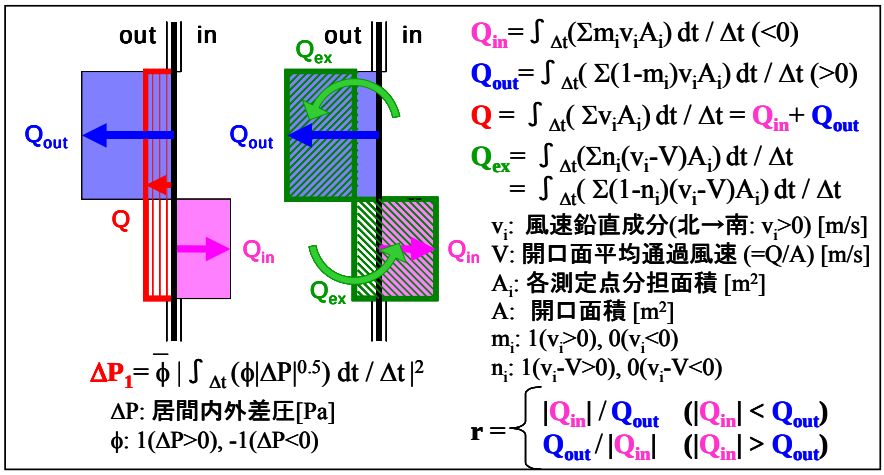


図 3.1.34 流量、差圧の計算式

なお、通風量を算定する際には、開口部の縁近傍で低下する風速を正確におさえることができないことから、縁近傍の風速低下を風量算定に適切に反映させるために補正が必要となる。この補正は、開口部周縁の 0.031m 幅の部分を分担面積から除外することで実施している。この除外幅は、過去に行った建築研究所通風実験用風洞における開口部通過風量の計測データ(48 点計測データ)を用いて算出した値である(図 3.1.35)。

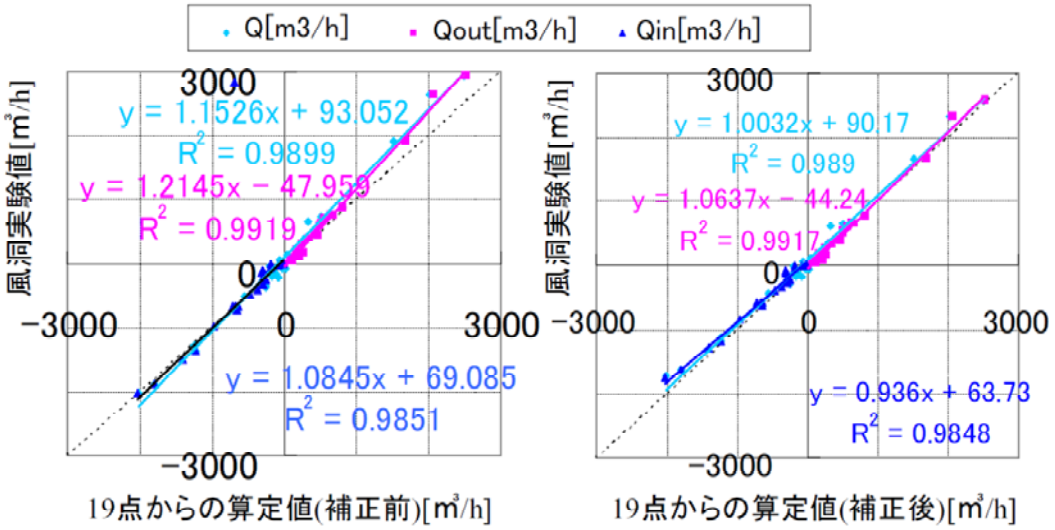


図 3.1.35 風洞実験結果を用いた風量算定時の補正前後の比較

(2) 分析結果

1) 片面開放時の風速分布と交換流量Qex

片面開放時の開口中央における高さ方向の風速分布を図 3.1.36 に、内外温度差・・と Qex の関係を図 3.1.37 に示す。均一室温時の圧力勾配からモデル化された風速分布とは異なるが、流量 Qex については、流量係数・を 0.2～0.25 とした風量算定式の示す傾向と合致した。

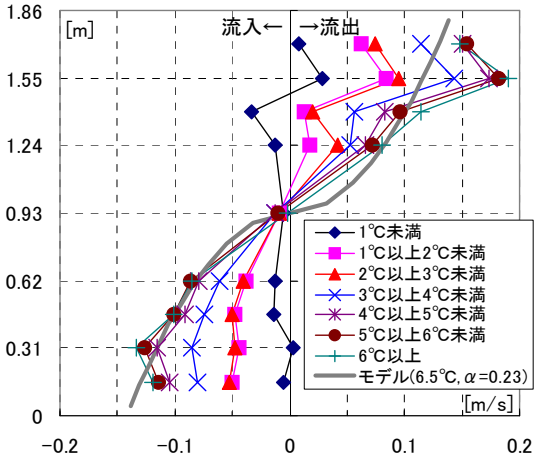


図 3.1.36　片面開放時の鉛直プロファイル

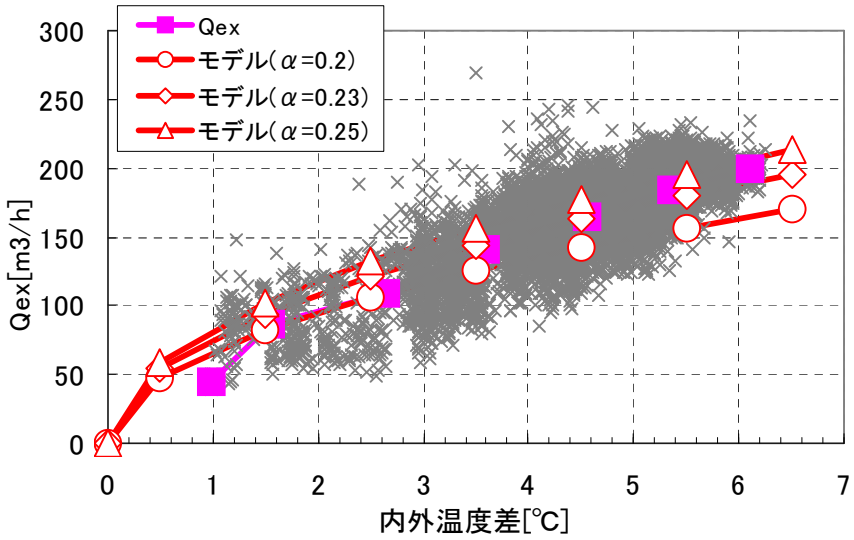


図 3.1.37　内外温度差と Qex(片面開放時)の関係

2）南北通風時の流量

南北通風時の・・と Qex の関係を図 3.1.38 に示す。図 3.1.37 と傾向に大差ないが、1℃以下で Qex が増大する傾向を示す点と 2℃以上で Qex が小さい点が現れる点が異なる。

図 3.1.39 に外部風向が安定し(16 方位で最頻風向が 5 割以上、最頻+両隣の 3 風向が 8 割以上出現[1])、流出で安定する風向(北西～北東)の内外差圧・P と Q の関係を示す。流量比 r が小さく Q が大きい安定した一方向流れの時には流量係数・は 0.4～0.5 程度を示すが、Q が小さく流量比 r が大きくなるにつれ、流量係数・が低下する。

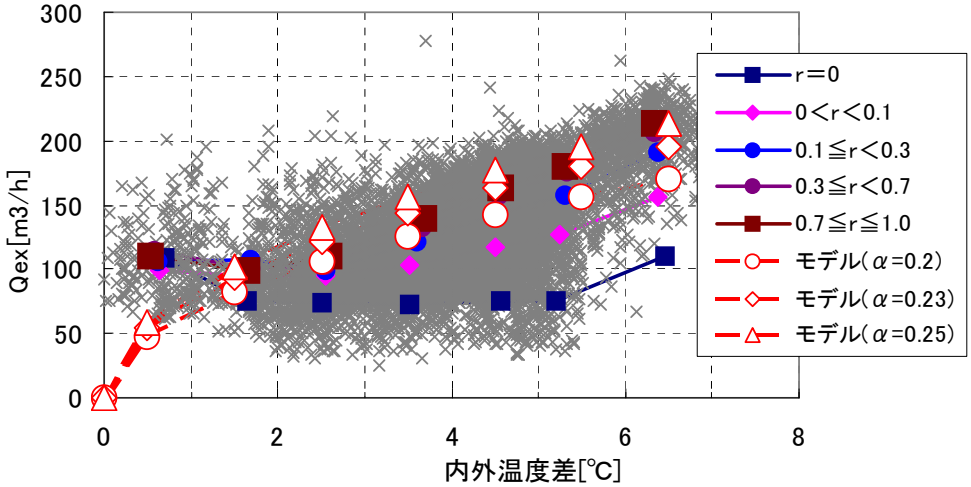


図 3.1.38 内外温度差と Qex(南北通風時)の関係

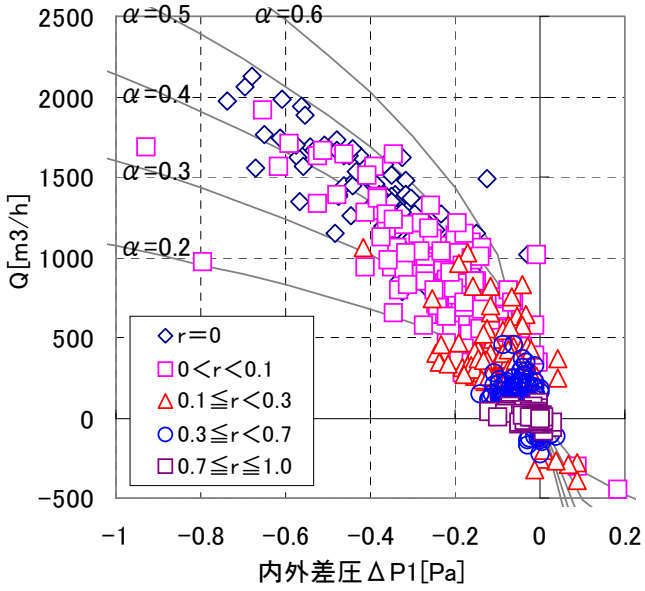


図 3.1.39 内外差圧と Q(南北通風時)の関係

3) 風量算定式による検討

流量比 r による Q、Qex への影響が、風量算定式で算定される流量でも現れるかどうかをΔθ、ΔΠをパラメータとして検討した。

図 3.1.40 に・=0.23 として算出した・・と Qex の関係を示す。流量比 r が小さくなるにつれ、Qex が減少する傾向は、図 3.1.38 同じく現れており、風量算定式では開口面内の風速の変化に温度差由来の圧力勾配以外は反映されていないことから、一方向流れの様相が強まることによって流量係数・が変わらずとも Qex が小さくなることが示されている。

図 3.1.41 に・=0.45 として算出した・P と Q の関係を示す。顕著ではないが図 3.1.39 同様に、流量比 r が小さく Q が大きい安定した一方向流れの時には・は設定した 0.45 に近づくが、Q が小さく流量比 r が大きくなる(二方向流れの様相が強まる)につれ、等温時の流量係数相当で小さな値にシフトしていることが示されている。

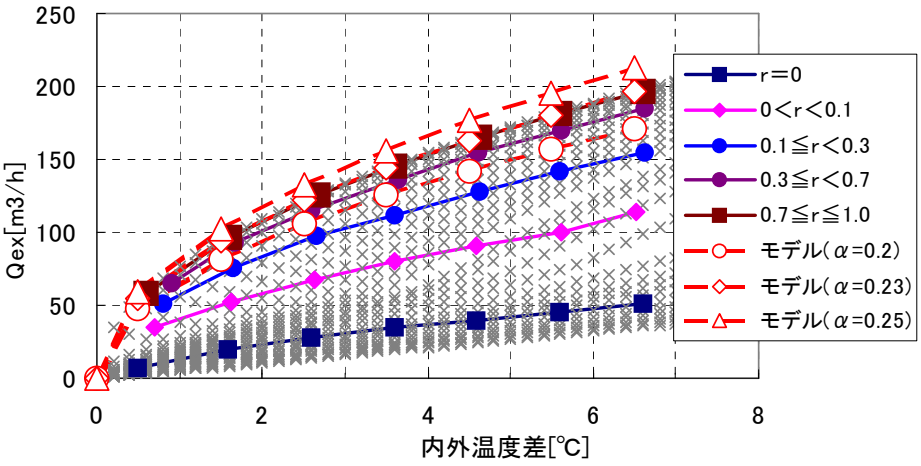


図 3.1.40　内外温度差と Qex(計算値)の関係

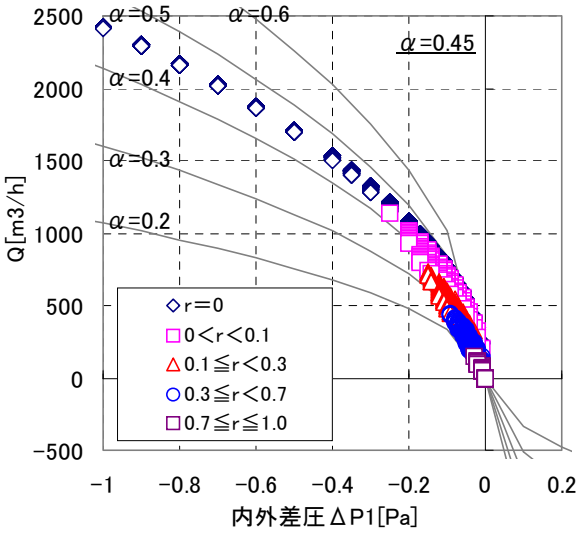


図 3.1.41　内外差圧と Q(計算値)の関係

4）流量算定方法の検討

流量比 r が小さく一方向流れに近い様相を示すときには Q を精度良く算定する必要がある。また、流量比 r が大きく二方向流れに近い様相を示すときには Qex を精度良く算定することが、妥当な Qin、Qout の算定につながる。図 3.1.38 のデータを用いて妥当な Qin、Qout、Q、Qex を計算するための流量係数・の検討を行った。計測値と計算値の対応を、流量係数一定での計算値とともに図 3.1.42 に示す。流量係数 を r によって変化させる(図 3.1.43)ことで、一定の流量係数とするよりも、流量を精度良く求められることが分かる。

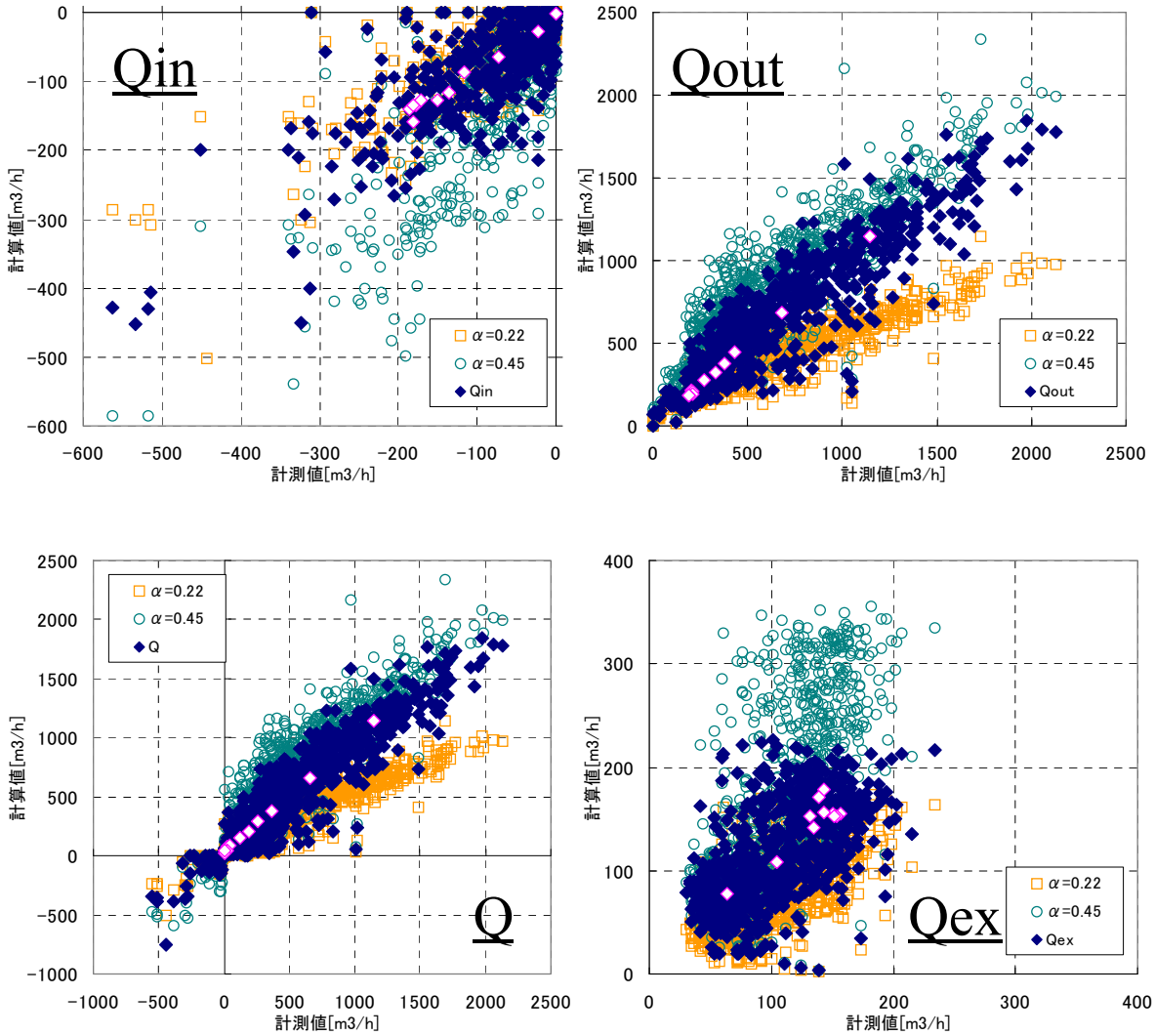


図 3.1.42 通過風量の計測値と計算値の対応

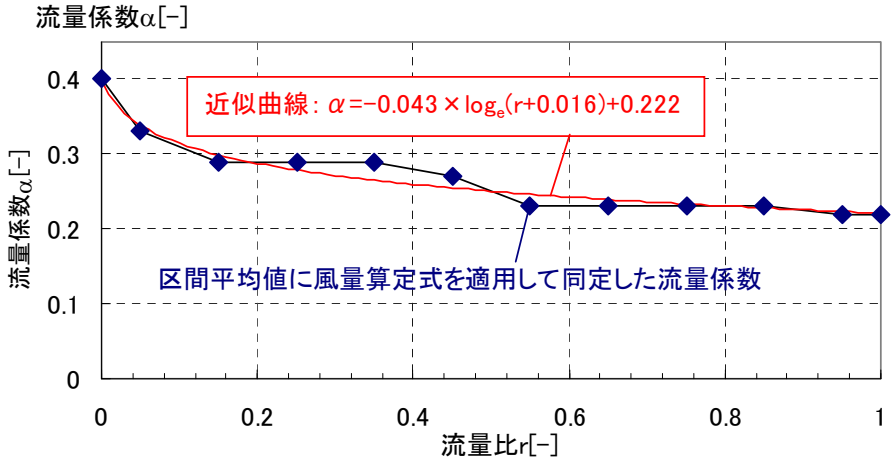


図 3.1.43 流量比 r と流量係数αの関係

（3）まとめ

開口部の詳細な通過風速の計測を行い、通過する気流の様相が風量に及ぼす影響を検討し、流れの様相に応じて流量係数を変えることで風量算定の精度が良くなることを示した(図 3.1.44、図 3.1.45)。

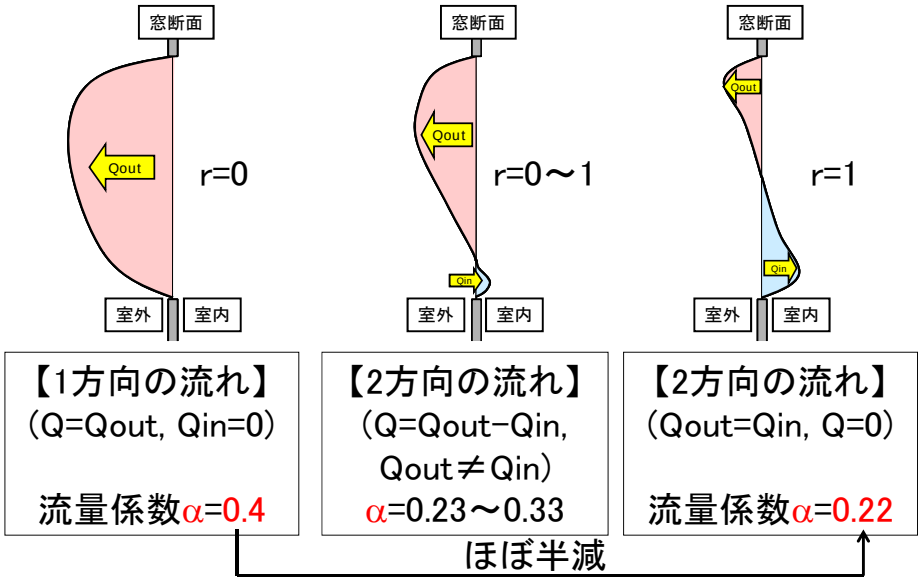


図 3.1.44 流れの形と流量係数の変化

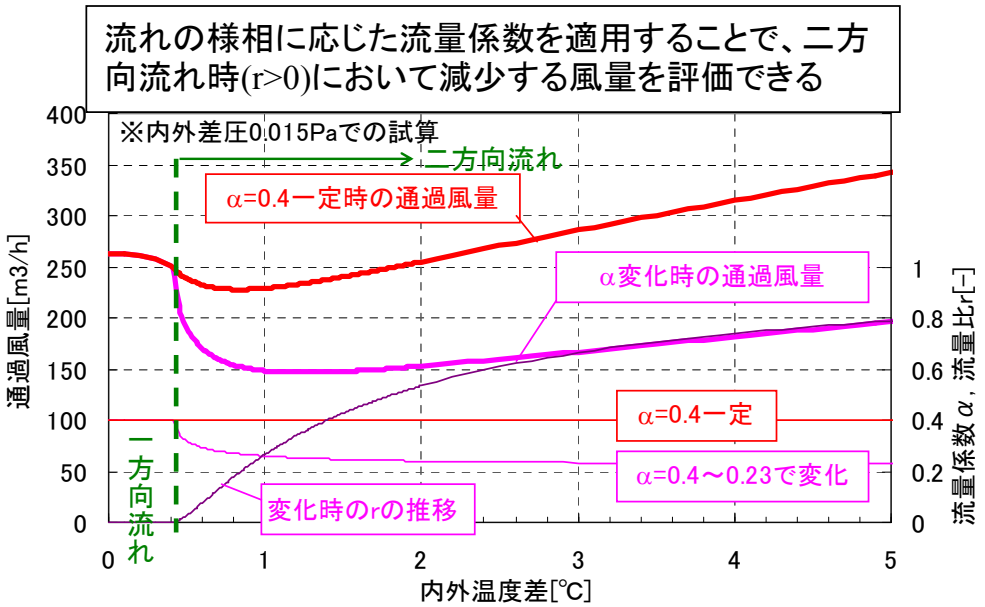


図 3.1.45 流量係数を変化させた場合の試算例

3.1.5　夏期～中間期における窓開閉と冷房使用に関する調査

住宅における冷房消費エネルギーは、立地や住宅の性能(断熱性能、気密性能)、冷房機器(エアコン)の性能の他に、冷房の使い方(冷房時の室温等)や窓開け行為(通風利用)などの居住者の暮らし方によって大きく影響を受ける。これは建築研究所内の集合住宅実験棟で実施された居住者の生活行為に伴う発熱発湿を機械的に再現した状態下での通風／冷房使用時のエネルギー消費量を計測する実証実験により明らかになっている。実証実験では、窓開閉の可否と窓開放上限室温、冷房時の室温をパラメータとして条件設定を行い、冷房一次エネルギー消費量の期間推計値が大きく変化することを確認している[1)]。また、数値シミュレーションにおいても、冷房設定温度や通風利用が冷房消費エネルギーに影響を及ぼすことは確認されており、「住宅事業建築主の判断基準[2)]」では負荷計算結果をもとに、通風利用時の冷房一次エネルギー消費量削減効果を算定できるようになっている。

しかし、窓開け行為や冷房の使い方には不明な点が多く、規基準において冷房開始温度や冷房時の室温、窓開け上限温度などを合理的に決定するための知見は不足している状況にある。現時点では、「住宅事業建築主の判断基準[2)]」では冷房開始温度＝冷房時の室温＝窓開け上限温度としており、起居時に27℃、就寝時に28℃の設定としている。一方、「自立循環型住宅への設計ガイドライン[3)]」では、終日にわたり、冷房開始温度＝冷房時の室温＝窓開け上限温度＝28℃としている。また、実証実験においては、冷房開始温度＝冷房時の室温＝窓開け上限温度とする実験条件の他に、冷房開始温度＝窓開け上限温度＝冷房時の室温＋2℃等と、温度条件を違える条件も設定している。この条件設定は羽原らが実施した調査を参考に設定しており、冷房開始時の温度は冷房時の室温と同等より高い温度帯になるとの知見による。

これら設定の違いには、法に基づいて制定される基準、省エネを目指す自主的な設計ガイドライン、実験条件等それぞれ異なる目的のために設定しているという点の違いもあるが、合理的に決定するための知見の不足という面も否めないであろう。

そこで、冷房一次エネルギー消費量算定に大きく影響を及ぼす冷房開始温度、冷房時の室温、窓開け上限温度等の冷房の使い方や窓の開け方についての知見を得るために、窓開け行為や冷房の使い方に関する実態調査を実施した。本節は、調査結果をとりまとめ、窓開け行為や冷房の使い方に関する資料とするものである。

(1) 窓開閉／冷房使用に影響する要因の整理と本調査の位置づけ

今回の調査にあたり、窓開け行為や冷房の使い方に影響を及ぼす要因を整理した(表 3.1.6)。窓開け行為や冷房の使い方に関する項目を環境調整行為と位置づけ、環境調整行為に影響を及ぼすと考えられる要因を、住戸・居室の特性、居住者の指向・行動、時間進行の程度、環境条件についてピックアップした。

表 3.1.6 窓開閉／冷房使用に影響する要因

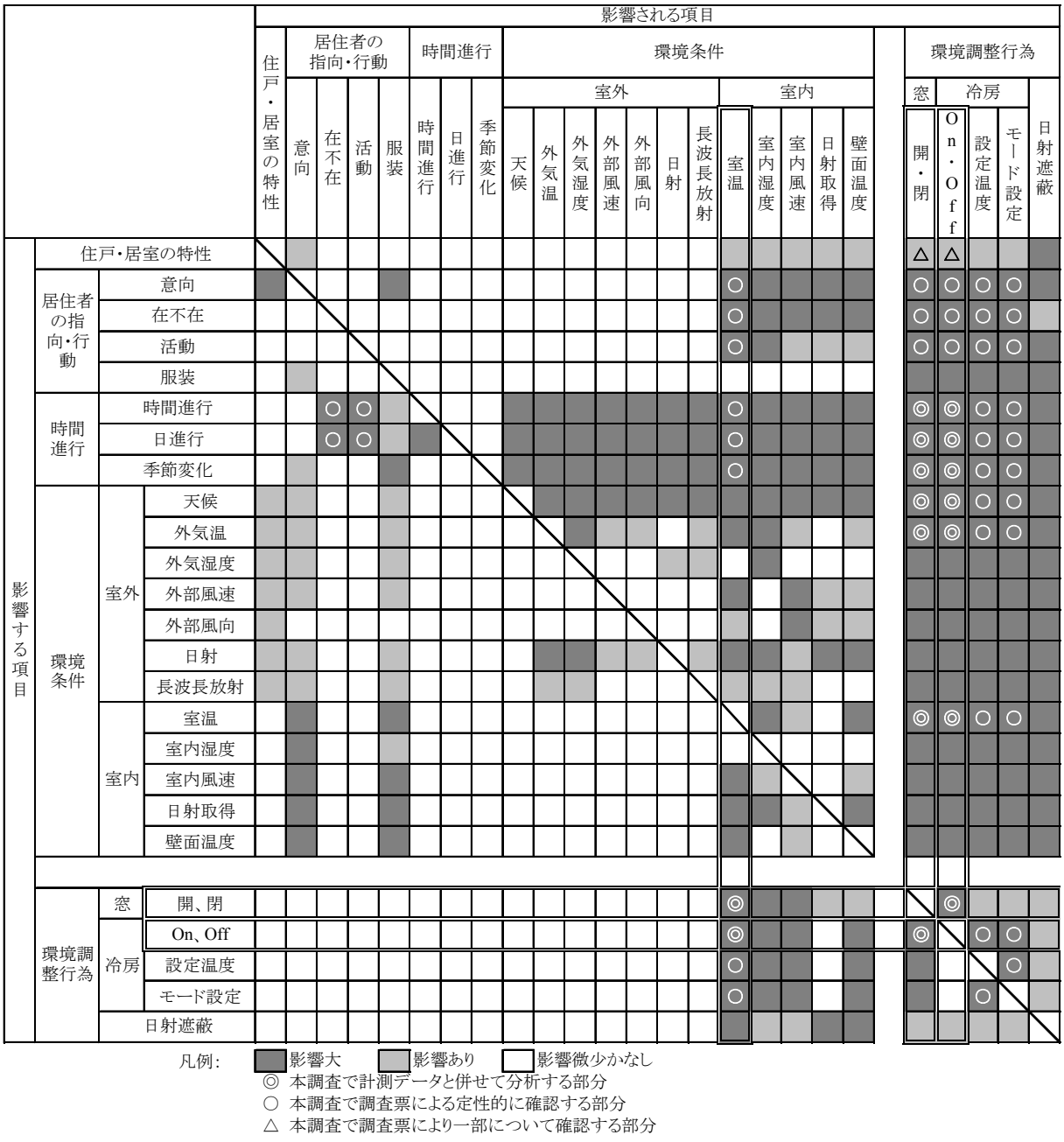
住戸・居室の特性	躯体(断熱、気密等)、開口部(方位、面積、周辺部材等)	
居住者の指向・行動	環境調整に対する意向	窓開けに積極的←→消極的 冷房利用に積極的←→消極的
	在不在	在室、在宅(室不在)、不在
	活動	掃除、調理、食事、就寝、団らん、TV視聴、読書など
	服装	着衣量の変更
時間進行	時間進行	就寝時、朝、午前、昼、午後、夕方、夜
	日進行	曜日
	季節変化	晩春、初夏、梅雨、盛夏、晩夏、初秋
環境条件	室外	天候　過去、現時点、未来(天気予報等) 外気温 外気湿度(相対湿度) 外部風速 外部風向 日射 長波長放射
	室内	室温 室内湿度(相対湿度) 室内風速 日射取得 壁面温度
環境調整行為	窓	開、閉
	冷房	On、Off 設定温度 モード設定(冷房、弱冷房、除湿など)
	日射遮蔽	カーテン、ブラインド、すだれなど

表 3.1.6 であげた項目には、互いに影響を及ぼしあうものもあるため、各項目間の関係を整理するために表 3.1.7 を作成した。左側表記の項目が上側表記の項目に影響する度合いを色の濃さで表したものである。影響の度合いは定性的に判断して見積もっているが、環境調整行為に多くの要素が影響を及ぼし、また、環境調整行為により室内環境が影響する度合いを確認できる。

今回の調査は、冷房開始温度、冷房時の室温、窓開け上限温度等の冷房の使い方や窓の開け方についての知見を得るという目的のため実施するものであり、どのような要因が影響を及ぼすかを検討するため、温度や窓の開閉、冷房使用の経時的な推移を記録する計測機器を使用することとした。表 3.1.7 のうち◎で示した部分が、計測データを用いた検討を行う部分にあたる。実現される室温と、窓の開閉状況、冷房の使用状況の経時的な推移が記録データから直接的に検討可能な部分である。また、外気温等の外部の気象データは近傍のアメダス気象データを使用することとした。また、同時に調査票を配布したアンケート調査を行うこととした。居住者や住戸

などの特徴について記入を依頼し、居住者の冷房の使い方や窓の開け方に対する意向や、在不在・行動の記録、冷房設定(温度とモードの設定)などを回答してもらっている。これらの回答にもとづいて検討可能な部分を表 3.1.7 に○、△で示したが、回答者による回答内容の粗密が避けられないため、分析にあたっては計測データの補完に使用するにとどめた。

表 3.1.7 窓開閉／冷房使用に影響する要因間の関係



(2) 調査概要

調査は計測器による計測と調査票による確認をあわせて行った。計測器および調査票を送付し、調査対象者自身が調査要領『「窓の開け方とエアコンの使い方に関する調査」のお願い』を確認しながら、機器を設置する形で実施した(一部については設置を本調査担当者が実施した)。調査の流れは図 3.1.46 に示す通りである。

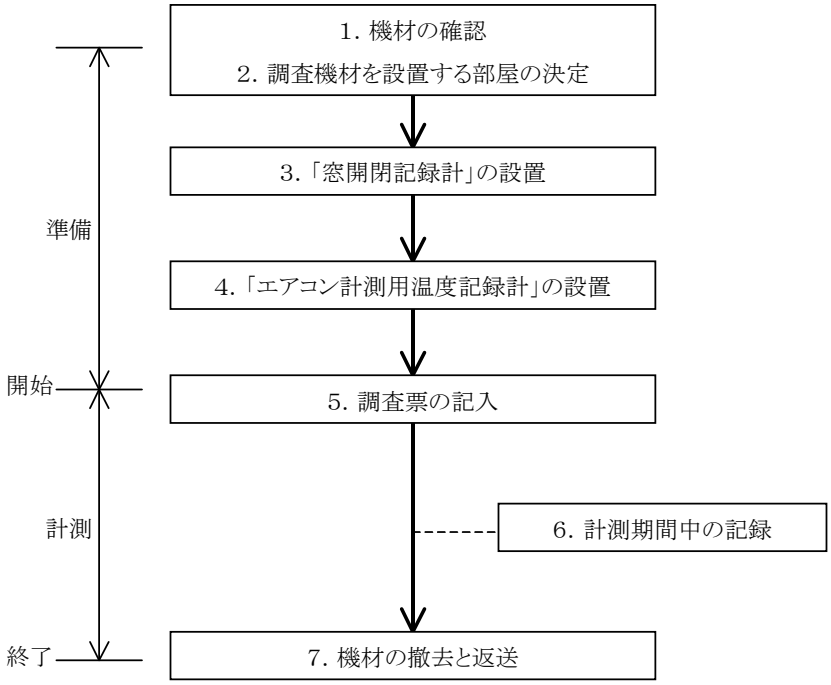


図 3.1.46 調査の流れ

調査の流れは以下の通りである。調査対象者は、まず、調査対象となる部屋(およびエアコン、窓)を以下を考慮して決定する。

・長時間にわたり在室している部屋
・良く開ける窓がある部屋
・エアコンが設置してある部屋

続けて、窓開閉記録計およびエアコン計測用温度記録計の設置を行う。

窓開閉記録計は、電圧ロガー(T&D VR-71)および磁石センサー2 組、電力供給用電池からなり、サッシ枠とガラス障子に貼り付けた磁石センサーから開閉に応じて出力される電圧(閉鎖時に約 1.5V、開放時に約 0V)を記録する。ここで、電力ロガーでは開口部の 2 箇所の開閉状況が記録される(引違窓については左右のガラス障子の開閉状況を記録するように設置要領を作成している)。

エアコン計測用温度記録計には 2 点記録可能な温度記録計(T&D TR-71Ui)を使用し、エアコンの吹出近傍および吸込近傍に温度センサーを設置する。

窓開閉記録計およびエアコン計測用温度記録計の記録は 10 分間隔で行った。

窓開閉記録計およびエアコン計測用温度記録計の設置状況を図 3.1.47 に示す。図中の「温度 ch.1」が吸込側温度センサー、フラップ内側に設置し、図では表から見えない「温度 ch.2」が吹出側温度センサーである。

その後、調査票に居住者、住宅、居室、設置した開口部とエアコンの特徴、ならびに居住者の指向等を回答し、計測期間中の記録を行う。調査が終了した後、計測器を撤去し、調査票と併せて返送して、調査は終了となる。

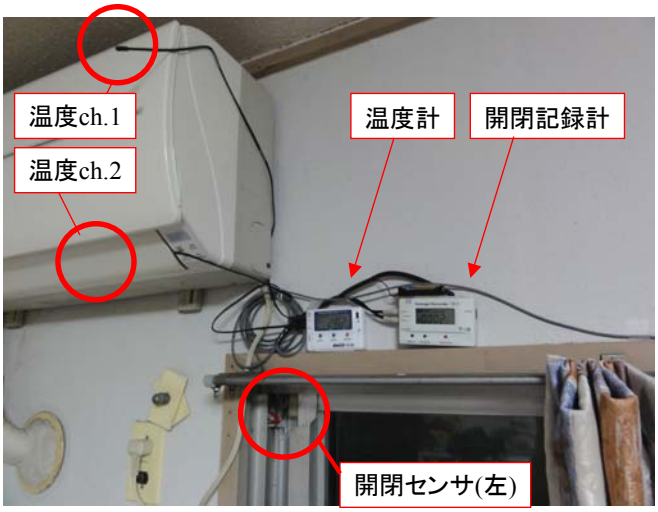


図 3.1.47 設置状況(調査要領記載の例)

(3) 分析対象およびデータ処理方法

1) 分析対象

前述の調査方法で調査した結果を確認し、計測の不備、調査票の回答、回収の不備等を除外した 12 件について分析を行った。分析対象とした 12 件の概要を表 3.1.8 に示す。

分析にあたり参照する外気温には、近傍で計測されたアメダス気象データ(http://www.jma.go.jp /jma/menu/report.html)を使用した。住戸①～⑤には山形県金山、住戸⑥には東京、住戸⑦には千葉県船橋、住戸⑧には東京都江戸川臨海、住戸⑨には茨城県水戸、住戸⑩には大阪府豊中、住戸⑪には茨城県つくば、住戸⑫には千葉県我孫子のアメダス気象データを使用している。

表 3.1.8 分析対象

	所在地	戸建/集合	階数	延床面積[㎡]	世帯人数	設置した部屋		設置した窓			エアコン
							床面積[㎡]	種別	サイズ	方位	
住戸①	山形県金山町	戸建	不明(未記入)	不明(未記入)	6	リビング・ダイニング	26.5	引違窓	W1.8m×H2.1m	南	日立
住戸②	山形県金山町	戸建	2階建	不明(未記入)	5	リビング・ダイニング	20.7	引違窓	W1.7m×H2.2m	南西	National CS-MG40N2-W
住戸③	山形県金山町	戸建	2階建	200	5	リビング・ダイニング	13.2	引違窓	W1.4m×H0.85m	北東	Panasonic CS-259TB
住戸④	山形県金山町	戸建	2階建	300	4	リビング・ダイニング	16.6	引違窓	W2.6m×H1.7m	不明(未記入)	Panasonic CS-400CF2
住戸⑤	山形県金山町	戸建	2階建	150	4	廊下・ホール	8.3	引違窓	W2.7m×H0.3m	南	富士通 A0228P
住戸⑥	東京都墨田区	集合	5階建の4階	33	2	寝室	13.2	引違窓	W1.5m×H2m	南東	ダイキン
住戸⑦	千葉県習志野市	集合	8階建の3階	60	4	子供室	6.6	引違窓	W0.7m×H0.9m	北	National CS-22PGH
住戸⑧	東京都江戸川区	戸建	3階建	105	3	リビング・ダイニング	33.1	引違窓	不明(未記入)	不明(未記入)	シャープ
住戸⑨	茨城県大洗町	戸建	2階建	120	3	リビング・ダイニング	26.5	引違窓	W3m×H2.2m	南	National A75C197
住戸⑩	大阪府箕面市	集合	2階建の1階	23	1	リビング・ダイニング	14.9	引違窓	W0.8m×H1m	東	ダイキン F226TGY-W
住戸⑪	茨城県つくば市	集合	4階建の2階	70	3	リビング・ダイニング	16.6	引違窓	W1.6m×H1.8m	南東	National CS-EX227A
住戸⑫	千葉県我孫子市	戸建	2階建	96	3	リビングと空間的につながっている隣室	9.9	引違窓	W1.8m×H1.5m	東	シャープ Windom AY-K404M

2) データ処理方法

窓開閉記録計およびエアコン計測用温度記録計により得られた時系列データを以下の方法により処理した。

窓開閉記録計に記録される電圧は、基本的にガラス障子の閉鎖に対応した+1.5V 程度、開放に対応した0V程度に二分される。時系列データを確認し、センサー設置位置2箇所のそれぞれについて、開放もしくは閉鎖を判断した。また、磁石センサーが脱落する状況が確認されることがあり、その場合は、計測中の記録や室温データの経時変化、後述のエアコンの稼働状況から適宜判断し、判断不可能な部分は分析対象期間から除外した。また、結果として、開閉状況を記録した開口部はすべて引違窓であったことから、センサー2 箇所(左右の障子枠)のそれぞれの記録から、開口部全体の開閉としてまとめている(左側と右側が両方閉鎖しているときに「閉鎖」と判断し、どちらかが開放されている場合に「開放」とした)。

エアコン計測用温度記録計で計測された温度データからは、吸込側温度を室温を代表する温度として取り扱う。また、エアコンの稼働状況は、吸込側と吹出側の温度に差があることを以て判断することを基本とする(閾値2℃を基本とした)。ただし、吸込側と吹出側に温度差がつかない場合(吹出側設置位置が適切でない場合)や、逆に温度差がつきすぎる場合(吸込側設置位置が上層の高い空気温度位置にあると思われる場合や天井からの温輻射や日射の影響を受けていると思われる場合)には、閾値を適宜変更して判断を行うとともに、閾値のみでは稼働開始直後や終了直後を適切に判断できないため、温度の経時変化を適宜確認して、冷房開始および終了時点の調整を行っている。

また、エアコンがオンオフ運転になっている場合は、温度データのみでは適切に判断することができない。ここでは、計測中の記録がある場合は記録から判断し、ない場合には 1 時間以内の停止をエアコン稼働中(オンオフ運転中)と判断することを基本とし、経時データを確認して適宜調整した。

(4) 分析結果

図 3.1.48～図 3.1.59 に、住戸①～⑫の「窓開放時」「冷房時」「窓閉鎖・冷房停止時」の各モードでの室温の推移を経時的に示す。住戸別に窓開け行為や冷房の使い方に関する特徴を以下にまとめた。

1）住戸①LD

住戸①は山形県金山町の戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は、南面した引違の掃出窓のものである。

エアコンの使用は 9 月上旬までの、11 時～16 時頃、18 時～21 時頃の時間帯が中心で、冷房時の室温は 26～30℃の温度帯の中でばらつきが大きくなっている。特に、18 時～21 時頃の夕食の時間帯は、窓を開けることがなく、冷房の使用が中心となる。調査票の回答では冷房設定温度が 22℃とのことであり、設定温度との乖離が大きく、ばらつきが大きいこと、経時的に下がる傾向が見られることから、躯体の断熱・気密性がそれほど高くないものと考えられる。

窓を開けるのは、8 月下旬までの 4 時～12 時頃の時間帯が中心であり室温は 30℃以下である。25℃以上で窓開けが発生し、室温が高くなるにつれ、窓を開ける比率が高まる傾向にある。12 時時以降で 32℃を上回っても窓を開けている日があるが、これは、不在時に窓を開けている状況と思われる(調査票では、不在時に窓を開けることがあり、閉めるべき理由がないとの回答を得ている)。また、就寝時には基本的に窓を開けない。

以上から、住戸①のリビング・ダイニングでは、窓開け時の温度帯、冷房時の温度帯に幅があり、時間帯による窓開け／冷房の使い分けがはっきりしていることから、室温より時間帯での選択を強く意識していると考えられる。

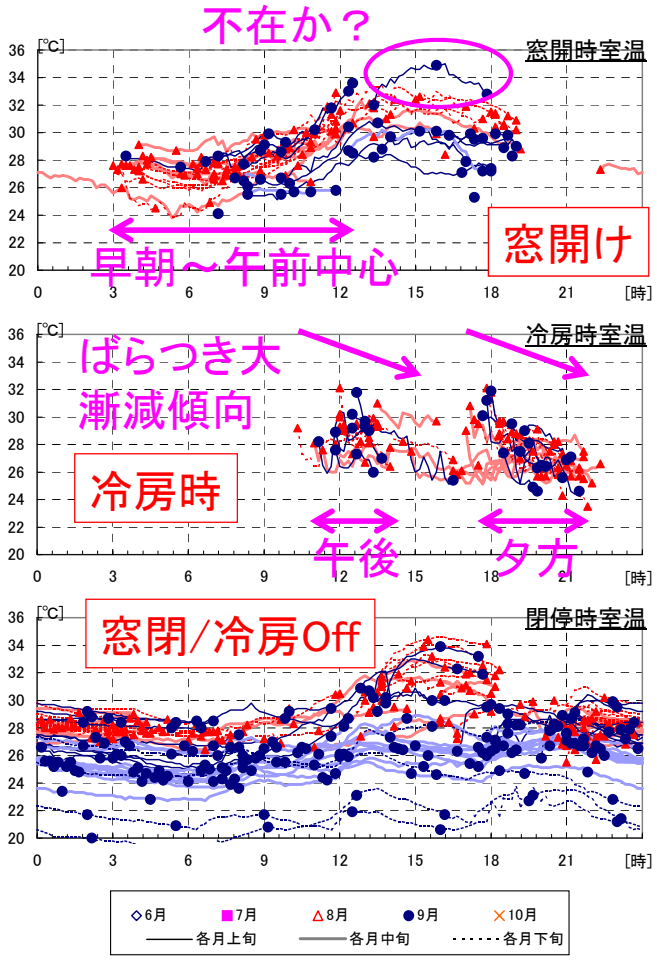


図 3.1.48 【住戸①LD】各モードでの室温の推移（2010/8/12～9/24）

2）住戸②LD

住戸②は山形県金山町の戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は、南西に面した引違の掃出窓のものである。

窓を開けるのは 6 時～12 時頃の時間帯が中心であるが、9 時以降の時間帯は、25～28℃の範囲で冷房利用の出現と拮抗する。午後以降の窓開けは、9 月以降を中心に出現しており28℃以下の室温で推移するが、8 月中旬の不在時に窓開放していると思われる日(8/22、27)には、30℃以上の室温となっている。夜から朝にかけての窓開けはまれである。

冷房の使用は 9 時～22 時頃の時間帯が中心でであり、25～28℃の室温範囲に集中している。出現のピークは 26～27℃である。調査票の回答では冷房設定温度が 22℃とのことであり、設定温度との乖離が大きいが、住戸①に比べて冷房時の室温が安定して推移している。夜から朝にかけての冷房使用はまれである。

窓閉鎖／冷房停止時の室温は、8 月下旬の不在と推測される日中の時間帯の昇温を除き、28℃以下で推移し、低い室温範囲で多く出現する。

以上から、住戸②のリビング・ダイニングでは、住戸①より冷房時の温度帯が安定しているところがあるが、比較的、室温より時間帯での環境調整方法の選択を強く意識していると考えられる。

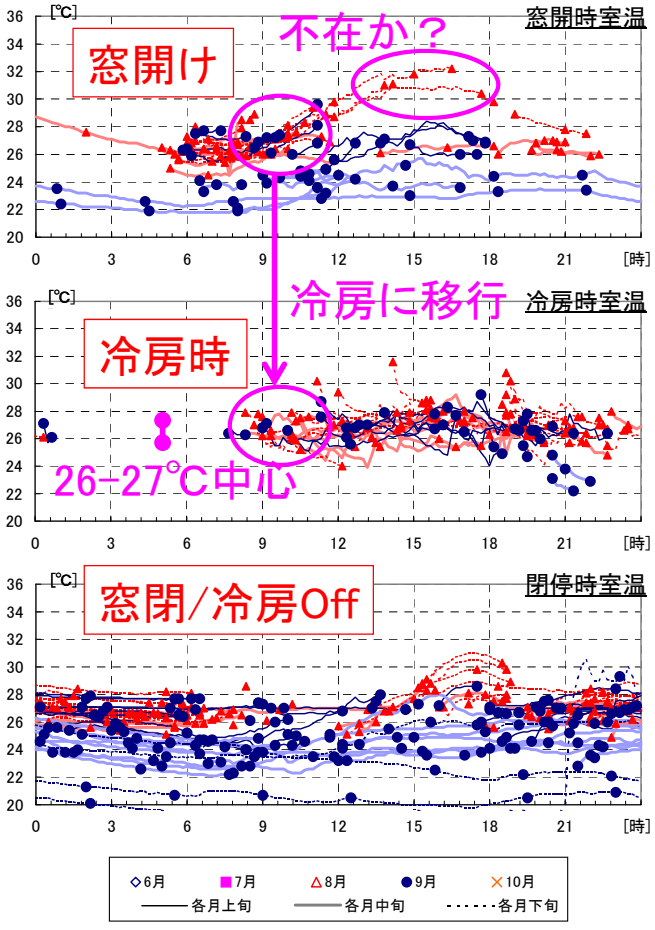


図 3.1.49 【住戸②LD】各モードでの室温の推移（2010/8/12～9/24）

3）住戸③LD

住戸③は山形県金山町の戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は、北東に面した引違の腰窓のものである。

窓を開けるのは、6 時～12 時頃まで及び 23 時以降の時間帯が中心であり、室温は 28℃以下で推移している。午前中の窓開けは、9 時～10 時以降に 26℃以上に室温がなると冷房使用に移行する傾向にある。夜間の窓開けは 8 月下旬に冷房停止後の移行が中心である。また、8 月上旬や 9 月以降は、午後から夜にかけて窓を開けている日もあり、ほぼ 28℃以下で室温が推移している。夜から朝にかけての窓開けはまれである。

冷房の使用は 9 時～24 時の時間帯であり、9 時以降に窓開けから移行するケースが多い。冷房時の室温は 26～28℃の範囲で安定している(出現のピークは 27～28℃)。夜から朝 9 時にかけての冷房使用はほとんどない。

窓閉鎖／冷房停止時の室温は、8 月下旬の不在と推測される日を除き、28℃以下で推移し、低い室温範囲で多く出現する。

以上から、住戸③のリビング・ダイニングでは、住戸①②より温度を意識した環境調整方法の選択が行われていると言える。

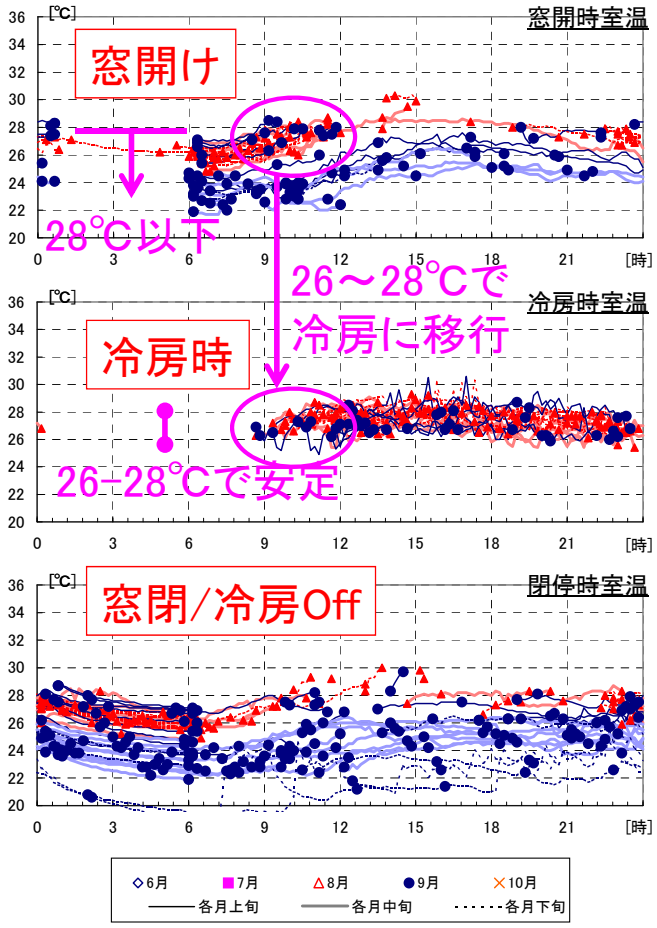


図 3.1.50 【住戸③LD】各モードでの室温の推移（2010/8/12～9/24）

4）住戸④LD

住戸④は山形県金山町の戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は、引違の掃き出し窓のものである。方位は未回答のため不明である。

窓を開けるのは午前中が中心であり、経時的に室温が上昇する傾向にある(30℃を超える室温も出現している)。しかし、10 時～14 時頃にかけて 26℃以上の室温で冷房使用に移行することが多い。9 月を中心に午後の窓開けも散見されるが、28℃以上の室温で推移することも多い(不在時の窓開けとも考えられる)。夜から朝にかけての窓開けはまれである。

冷房の使用は昼～夜の時間帯が中心であり、冷房使用中の室温は 26～30℃の範囲にほぼ収まる(27～28℃の室温範囲でピーク)。午前中も窓開けから移行して冷房を使用している日があるが、それほど多いわけではない。

22 時以降翌朝までを中心に、窓閉鎖／冷房停止が多く出現し、22 時～24 時の室温で 30℃以下、早朝の室温で 28℃以下で推移している。日中の出現は、9 月中下旬が多く、ほぼ 28℃以下で推移している。低い室温範囲で出現が多くなる。

以上、住戸④のリビング・ダイニングでは、冷房時の温度帯は比較的安定して出現するが、窓開け時の温度帯に幅があり、時間帯による窓開け／冷房の使い分けが比較的はっきりしていることから、室温より時間帯を意識した環境調整方法の選択が行われていると考えられる。

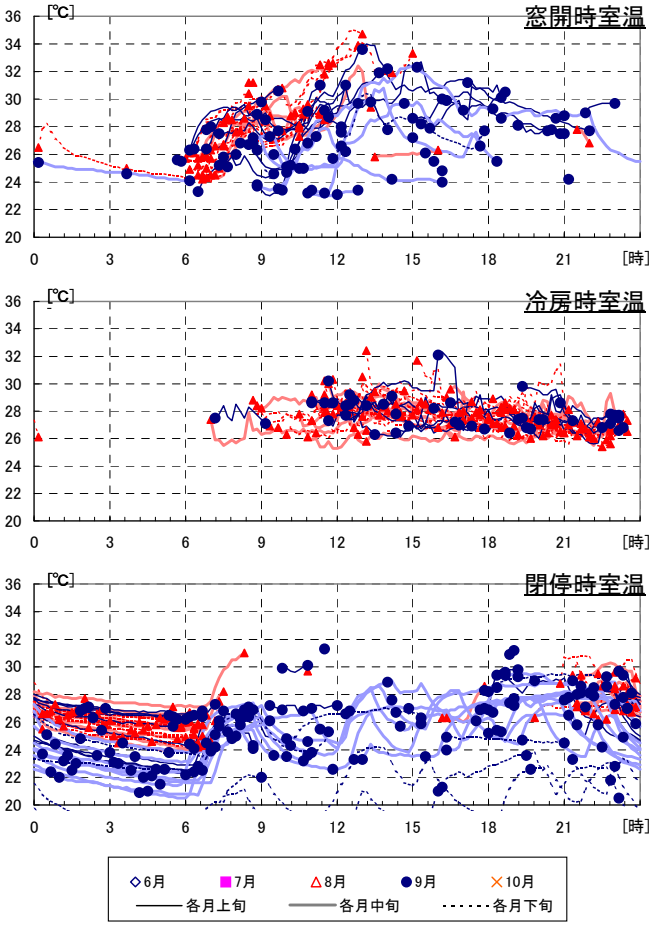


図 3.1.51 【住戸④LD】各モードでの室温の推移（2010/8/12～9/24）

5）住戸⑤廊下・ホール

住戸⑤は山形県金山町の戸建住宅である。調査した部屋は廊下・ホールであり、窓の開閉記録は、南面した引違窓だが幅 2.7m、高さ 0.3m であるため、地窓もしくは高窓だと思われる。

6 時～18 時にかけては、窓を開ける対応が多くとられ、冷房の使用はほぼない。窓開け時の室温は広範に出現し、時間とともに上昇し外気温に追随する傾向が見られる。窓開け時に 34℃を超える室温が記録されることもあった。

冷房の使用はほぼ 18 時以降に限られ、冷房使用時の室温は 27～30℃の範囲となる。23 時頃には冷房を使用しなくなる。

23 時以降翌朝まではほとんど窓閉鎖／冷房停止となるが、8 月中旬、9 月上旬には日中であっても窓を開けず冷房を使用しないことがある(不在である可能性もある)。窓を閉鎖し、冷房を使用しない状況では、室温はほぼ 30℃以下で推移している。

以上から、住戸⑤の廊下・ホールでは、冷房時の温度帯は比較的安定して出現するが使用時が限定的である。日中は基本的に窓が開けられ、冷房を使用する時間と明確に分かれていることから、時間帯を強く意識した環境調整方法の選択が行われていると言える。

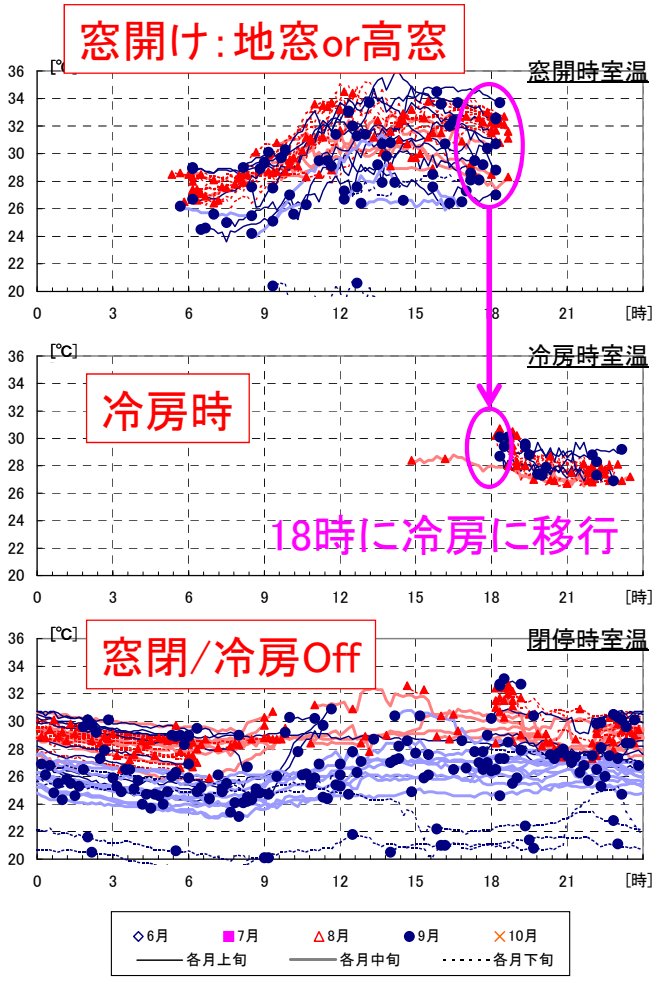


図 3.1.52 【住戸⑤廊下・ホール】各モードでの室温の推移（2010/8/12～9/24）

6）住戸⑥寝室

住戸⑥は東京都墨田区の 5 階建集合住宅の 4 階に位置する。調査した部屋は寝室であり、窓の開閉記録は、南東に面した引違の掃出窓のものである。

窓を開ける機会は多くなく、9 月中旬以降に若干多くなる傾向は見られるが、はっきりはしていない。開放時の室温は 26～32℃と広範に出現している。また、冷房使用時に同時に窓を開けている状況が数時間にわたり出現することがあるが、これは、経時的な推移を確認するとセンサーの脱落とは考えづらく、窓を大きく開けているか小幅で開けているかは不明ながら、また、意図的に開けているか窓を閉め忘れているか不明ながら、実際に窓開けと冷房使用を同時に行っているものと推測される。

冷房は夕方から朝にかけての使用が多く、冷房使用時の室温は 27～29℃の範囲が中心である。9 時頃から 18 時頃の冷房使用は土日に限られる。

また、平日日中の不在(と思われる)時間帯を中心に室温が 30℃を超えても窓閉鎖／冷房停止となる状況が確認されるが、短時間で極端に昇温することはなく、比較的断熱性が高く RC 造の熱容量が効いているものと思われる。

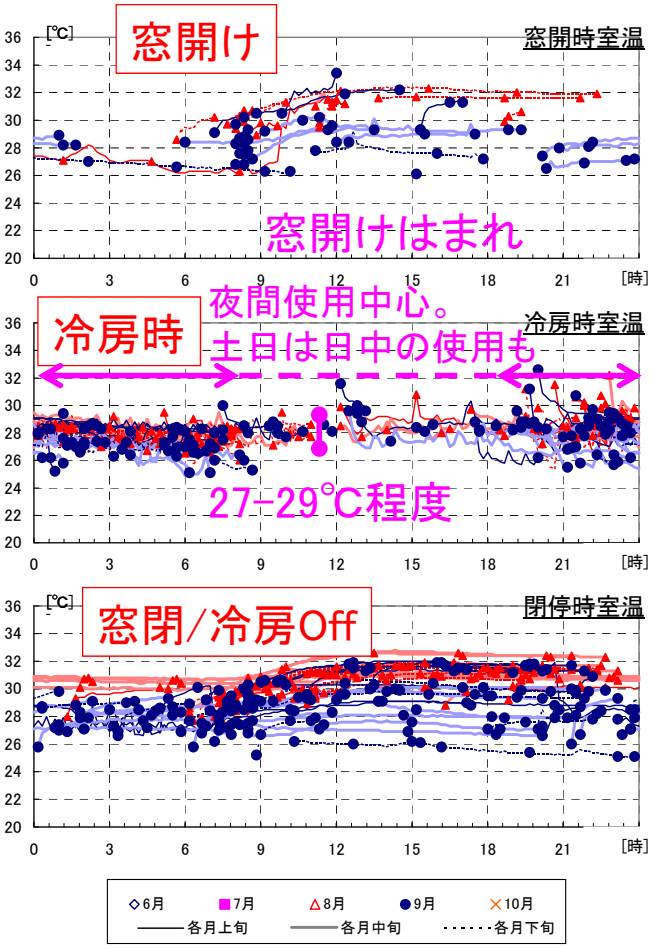


図 3.1.53 【住戸⑥寝室】各モードでの室温の推移（2010/8/7～9/24）

7）7住戸⑦個室

住戸⑦は千葉県習志野市の 8 階建集合住宅の 3 階に位置する。調査した部屋は 20 歳代男性の個室であり、窓の開閉記録は、北面した引違の腰窓のものである。

窓は、基本的に、冷房時と 9 月以降の涼しい時期を除いて開けている状況が確認できる。対象室が集合住宅 3 階の北側部屋であり、防犯性をそれほど気にせずともよい構造になっていると思われる。窓を開けているときの在不在ははっきりとしないが、在室していることが多いと思われる夜間では、8 月下旬に 28～29℃程度で窓を開けており、同時期の冷房時の室温に比べて 1～2℃程度高い室温範囲で窓を開けている状況が確認できる。

冷房は、在室していると思われる夕方から朝にかけての使用が多く、冷房使用時の室温はほぼ 26～28℃の範囲に収まっている。

また、早朝から 9 時過ぎにかけて、室温 27～29℃の範囲で、窓閉鎖／冷房停止となる状況が確認されるが、この時間帯の冷房時室温より若干高く推移していることから、一部はエアコンのアイドリングを冷房停止として処理しているところがあると思われるが、すべてがそうであるとは考えづらく、実際に朝方に窓を閉め、冷房を使用しない状況が出現しているものと思われる（朝食などで他室に移動している可能性もある）。

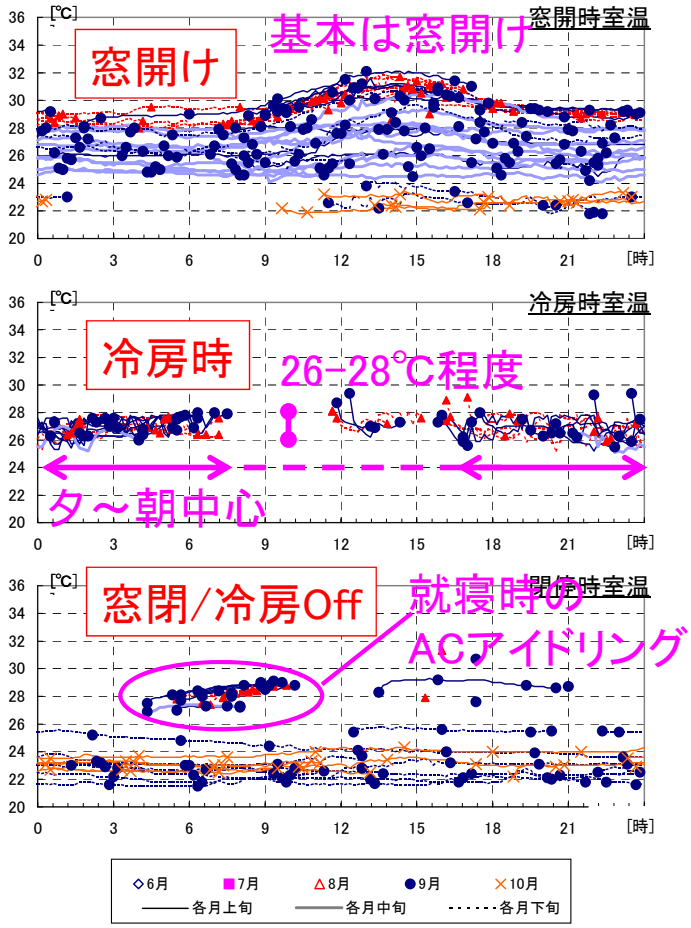


図 3.1.54 【住戸⑦個室】各モードでの室温の推移（2010/8/23～10/5）

8）住戸⑧LD

住戸⑧は東京都江戸川区の 3 階建戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は引違窓のものである(方位とサイズは未記入のため不明)。

住戸⑧のリビング・ダイニングでは、基本的に、窓を開けない状況が確認できる。

冷房は、深夜から早朝にかけての使用は少ないものの比較的多く使用されていることがわかるが、24～32℃まで広範にわたっており、かつ室温変動が大きいため、センサー取付位置の不備が疑われる状況である。吹出側温度との差は明瞭なため、冷房の稼働状況の把握に問題はないと考えられるが、吸込側センサーの設置位置が冷房の吹出気流の影響を受ける場所にあったものと推測され、実際の室温が記録されていると判断できない。

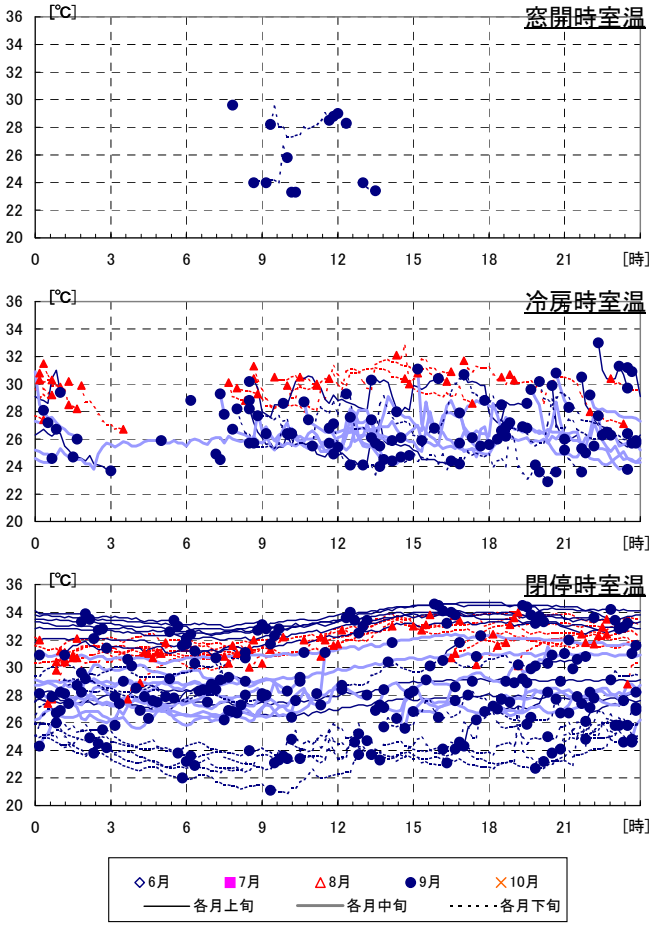


図 3.1.55 【住戸⑧LD】各モードでの室温の推移 (2010/8/25～9/29)

9）住戸⑨LD

住戸⑨は茨城県大洗町の 2 階建戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は東に面した引違の腰窓のものである。

住戸⑨のリビング・ダイニングでは、住戸⑧と同様に、夏期の環境調整として窓開けを行わない状況であった。

冷房は、深夜から早朝にかけての使用は少ないものの比較的多く使用されていることがわかるが、24～32℃まで広範にわたっており、大きな日変動が現れてしまっている。住戸⑧同様、センサー取付位置の不備が疑われる状況である。こちらも吹出側温度との差は明瞭なため、冷房の稼働状況の把握に問題はないと考えられるが、住戸⑨では、吸込側センサーの設置位置が日射の影響を受けているものと推測される。

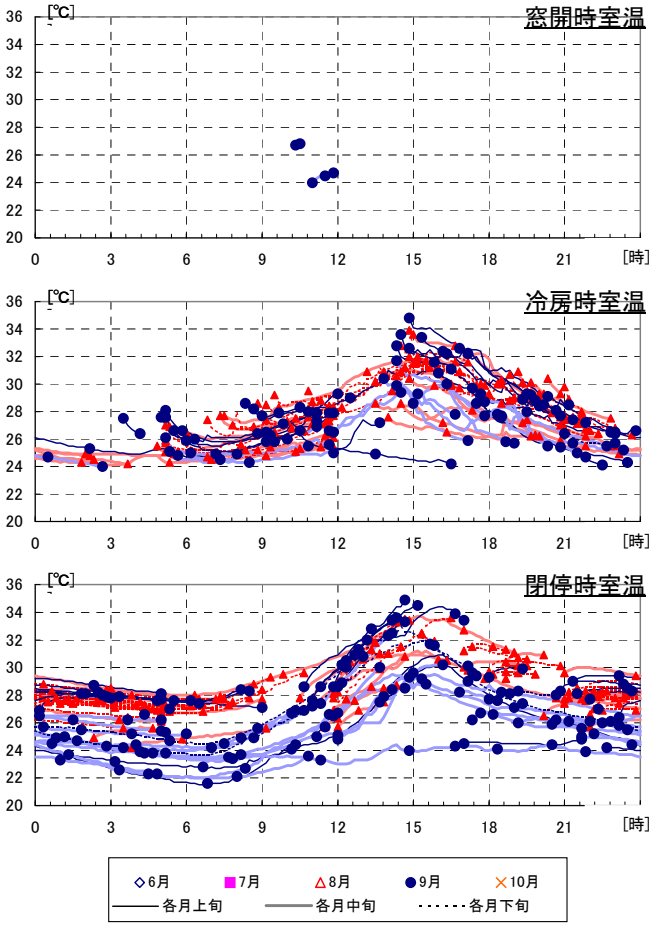


図 3.1.56 【住戸⑨LD】各モードでの室温の推移（2010/8/11～9/22）

10）住戸⑩LD

住戸⑩は大阪府箕面市の 2 階建集合住宅の 1 階に位置する。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は東に面した引違の腰窓のものである。

住戸⑨のリビング・ダイニングでは、終日にわたり広範な温度帯で窓を開けていることが分かる。窓開け時の室温は 26℃から 36℃以上までの範囲で推移しているが、調査票の回答では、日中には窓を「全く開けない」、不在時には「開けない」とされているなど、窓開閉記録との整合がとれていない点に懸念が残る。ただし、窓開閉記録の推移には、磁石センサーの落下などが疑われる状況は見られなかった。

一方で、冷房については、夕方から午前中にかけての使用が中心であり、日中午後の使用は少ない状況が確認される。室温は 28℃を中心に、26～30℃程度の範囲となっている。

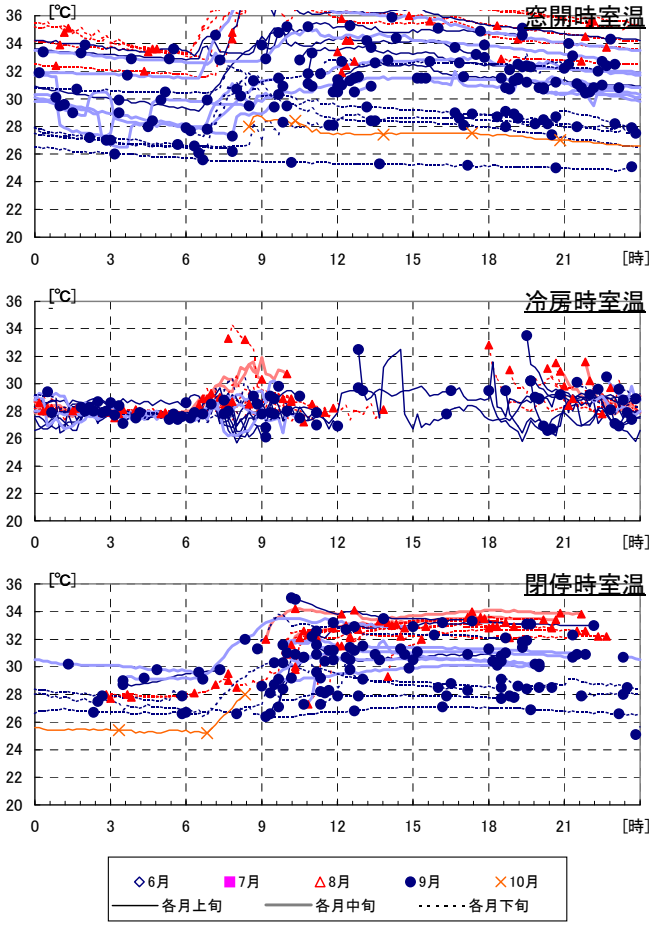


図 3.1.57 【住戸⑩LD】各モードでの室温の推移（2010/8/19～10/1）

11）住戸⑪LD

住戸⑪は茨城県つくば市の 4 階建集合住宅の 2 階に位置する。調査した部屋はリビング・ダイニングであり、窓の開閉記録は、南東に面した引違の掃出窓のものである。平日の日中は基本的に不在になる状況である。

窓を開けるのは朝と夕方から夜半にかけてが中心である。土日には日中の窓開けも見られ、日中には 30℃を超える場合もあるが、基本的には 30℃以下で窓開けが行われている。

エアコンの使用は、朝と夕方から夜半にかけてが中心であり、土日を中心とした日中も含めて、冷房時の室温はほぼ 28～30℃の範囲に収まっている。

以上から、住戸⑪では、在室時の室温が 30℃以下になる範囲で、窓開けと冷房使用が使い分けられている状況にあると考えられる。

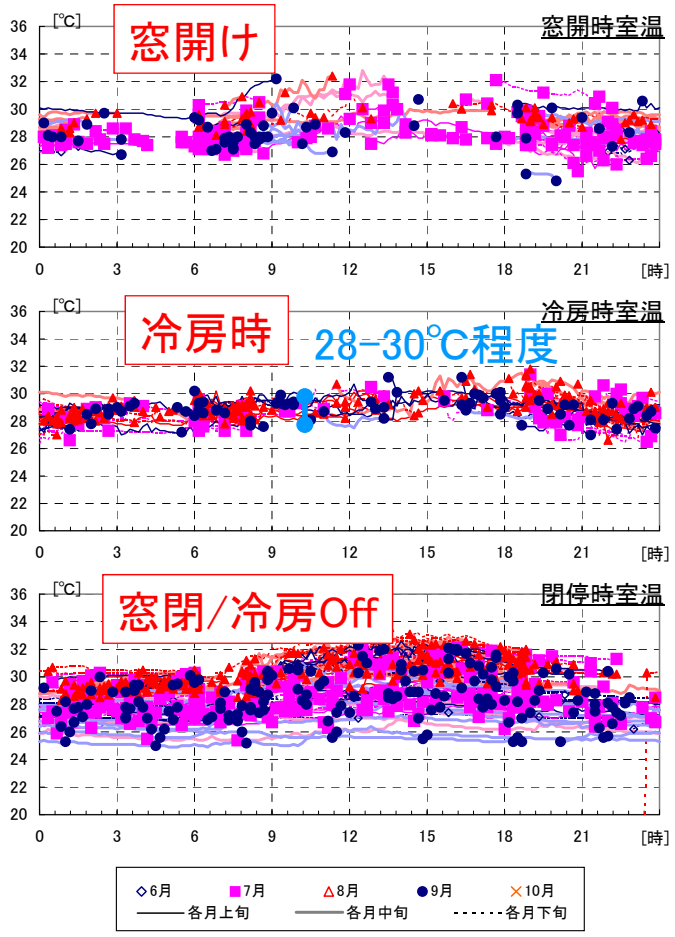


図 3.1.58 【住戸⑪LD】各モードでの室温の推移（2010/6/28～9/23）

12）住戸⑫LD隣接室

住戸⑫は千葉県我孫子市の２階建戸建住宅である。調査した部屋はリビング・ダイニングに隣接する室であり、窓の開閉記録は、東に面した引違窓のものである。

住戸⑫では、窓開けはまれな状況であり、終日にわたる冷房の使用が顕著である。冷房時の室温はほぼ 26～30℃の範囲に収まる状況となっている。

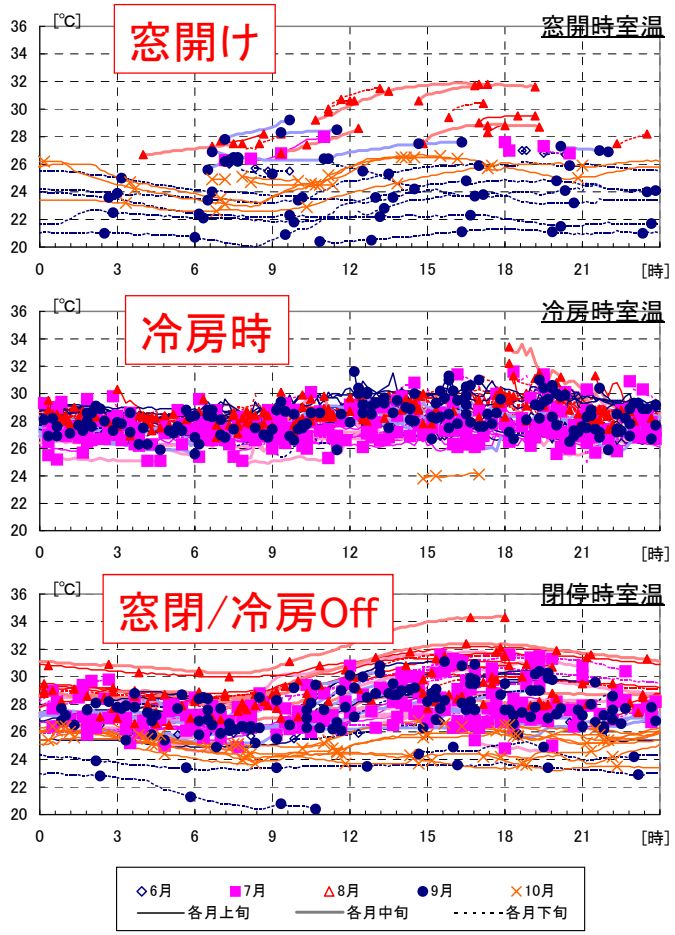


図 3.1.59 【住戸⑫LD 隣接室】各モードでの室温の推移（2010/6/30～10/10）

(5) 窓開閉と冷房使用の温度閾値に関する考察

温度計測に不備が疑われる住戸⑧～⑩を除いた 9 住戸について、前項で分析した記録から「窓開け」から「冷房」に移行した時点の室温の推移を抽出し、冷房開始温度(窓開け上限温度)と冷房時の室温の関係について検討を行った。抽出の具体的な方法としては、冷房開始前 1 時間以内に窓が開放された記録があり、40 分以上継続して冷房を行った状況を抽出し、冷房開始直前の室温を「冷房開始温度」とし、冷房開始後 40～60 分後の平均室温を冷房時の室温(実現温度)として集計している。なお、本考察において、「窓開け」から「冷房」への移行のみを対象として「冷房開始温度」を検討したのは、「窓閉／冷房 Off」から「冷房」に移行する際の室の在不在が判断できないことによる。そのため、本項の考察においては、「冷房開始温度」がそのままイコール「窓開け上限温度」ととらえられる。各住戸の冷房開始温度(≒窓開け上限温度)、冷房時の実現室温を表 3.1.9 にまとめた。

表 3.1.9 窓開閉と冷房使用に関する閾値温度(平均値±標準偏差)

	冷房開始温度 (≒窓開け上限温度)	冷房時の室温 (実現温度)	温度差	備考
住戸①LD	30.7±1.3℃	27.9±1.3℃	2.8℃	
住戸②LD	27.9±1.6℃	26.6±1.4℃	1.3℃	
住戸③LD	27.8±0.9℃	27.7±0.5℃	0.1℃	
住戸④LD	29.9±2.0℃	28.0±1.0℃	1.9℃	
住戸⑤ホール	31.6±1.5℃	28.5±0.8℃	3.1℃	
住戸⑥寝室	31.0±1.4℃	28.2±0.8℃	2.8℃	窓開けがまれなため 参考値
住戸⑦個室	29.9±1.0℃	26.5±0.3℃	3.4℃	窓開け基本のため窓開け 時に不在の可能性あり
住戸⑪L	30.4±1.3℃	28.2±0.8℃	2.2℃	
住戸⑫LD	28.8±1.6℃	28.5±1.2℃	0.3℃	

上記の表から、冷房時の実現温度では、28℃前後の住戸が 7 住戸であり、26℃台が 2 住戸となっていることから、冷房時の実現温度を 26～28℃程度と考えることは本調査結果からは妥当と考えられる。冷房開始温度≒窓開け上限温度については、冷房時の室温に比べて住戸ごとのばらつきが大きくなっており、28℃以下の住戸が 2 住戸ある一方で、30℃以上の住戸が 4 住戸ある結果となっている。また、冷房開始温度≒窓開け上限温度は同一住戸でのばらつきが大きくなっていることから、窓を閉めて冷房に移行するタイミングには幅があることがうかがえる。また、冷房開始による低下する温度差を確認すると、ほぼ同程度の室温となる(窓開け時に冷房で実現したい温度まで室温が上がった段階で冷房に移行する)住戸が 2 住戸ある一方で、冷房を開始するのが冷房時に実現したい温度より 2℃以上高い住戸が 5 住戸と、住戸ごとのばらつきがあることが分かる。以上からは、冷房時の室温については比較的差が小さいものの、窓開けから冷房に移行する温度については住戸ごとの差異が大きく、窓開けと冷房の使い方に関する設定する際には居住者の室内環境のとらえ方と温度調整の考え方を考慮する必要がある結果となっていることが分かる。

(6) まとめ

冷房開始温度、冷房時の室温、窓開け上限温度等の冷房の使い方や窓の開け方についての知見を得るために、窓開け行為と冷房の使い方に関する実態調査を実施した。

窓開け行為や冷房の使い方に影響を及ぼす要因を整理して本調査の検討範囲を明確にし、窓の開閉、冷房の稼働非稼働と室温の関係を経時的に検討できるように調査手法を構築し、調査を実施した。窓開け行為・冷房の使い方と室温の関係から各住戸の特徴を分析し、冷房開始温度、冷房時の室温、窓開け上限温度といった閾値となる温度をまとめた。

3.1.6　集合住宅における通風評価法に関する検討

「住宅事業建築主の判断基準 [1)]」や「自立循環型住宅への設計ガイドライン [2)]」では、戸建住宅における通風による冷房消費エネルギー削減量の評価方法を提示しているが、集合住宅における評価法に関しての検討は十分にされていない。本項では、集合住宅における冷房消費エネルギー削減量の評価に必要となる、通風評価手法を構築することを目的として行った、参照風速値の設定と風圧係数差の設定について検討した結果をとりまとめる。

・参考文献
1)住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法の解説 3.3 通風の負荷削減効果評価に係るモデル、建築環境・省エネルギー機構、pp.49-56 (2009)
2)蒸暑地版 自立循環型住宅への設計ガイドライン 3.1 自然風の利用・制御、建築環境・省エネルギー機構、pp.40-65 (2010)

(1) 参照風速値の設定

戸建住宅の評価法における参照風速値には、「拡張アメダス気象データ 1981-2000(財団法人日本建築学会編、2005 年)」に収録されている全国 842 地点の風速データから軒高 6.5m 位置における風速を算定し、出現頻度の高い風速値として、1.5m/s を採用している。集合住宅においても同様の考え方により参照風速値の検討を行う。

まず、参照する高さは地上 30m とした。この高さは後述の風洞実験に用いた集合住宅モデルが高さ 30m(10 階建相当)であり、そのデータをもとに風圧係数差の検討を行ったためである。「拡張アメダス気象データ 1981-2000(財団法人日本建築学会編、2005 年)」には、地上 6.5m 高さの風速として収録されているため、風速データを 1/4 乗則により地上 30m 高さに補正している。

1981 年～2000 年の 20 年間分の 6 月～9 月の風速データから地上 30m 高さの平均風速を算出し、平均風速の出現地点数の分布を示したのが図 3.1.60 である。1.5～2.0m/s の範囲に 224 地点、2.0～2.5m/s の範囲に 214 地点が入り、1.5～2.5m/s の範囲に全国の 52%(438 地点)が入る。風況特性を地域ごとに反映させることは困難が多いため、地上高さ 30m 位置での参照風速値を出現頻度の多い 2.0m/s に一元化することは、評価法内で参照風速値を簡易に扱うためには妥当であると考えられる。

なお、拡張アメダス気象データの風速値のうち、多くの観測点における値がアメダスにより計測された 1m/s 刻みの値であり(0.9m/s の風は 0m/s と記録される)、平均的に期待できる風速値は実際にはより大きい値となることから、参照風速 2.0m/s は通風評価にとって安全側(通風量を過大に評価しない側)の値になっているといえる。

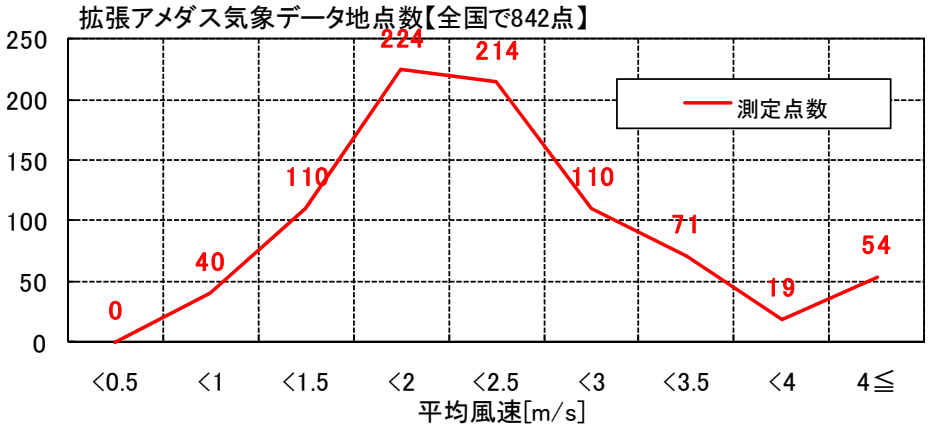


図 3.1.60　平均風速ごとの出現地点数

(2) 風圧差の検討

通風の駆動力となる風圧差について風洞実験の結果を使用して検討を行う。使用した風洞実験結果は、日本大学丸田教授の研究室により得られた結果である。縮尺 1/250、地表面粗度区分 IV (べき乗数 0.27)の条件下において多様な集合住宅の規模、形状を使用して風洞実験を実施しており、得られた風圧係数をデータベース化としている。そのデータベースの中から、高さ 30m 相当の独立集合住宅(図 3.1.61 左)と、その建物が 2 棟隣接して配置された条件(図 3.1.61 右)で得られた風圧係数を使用して検討を行った。

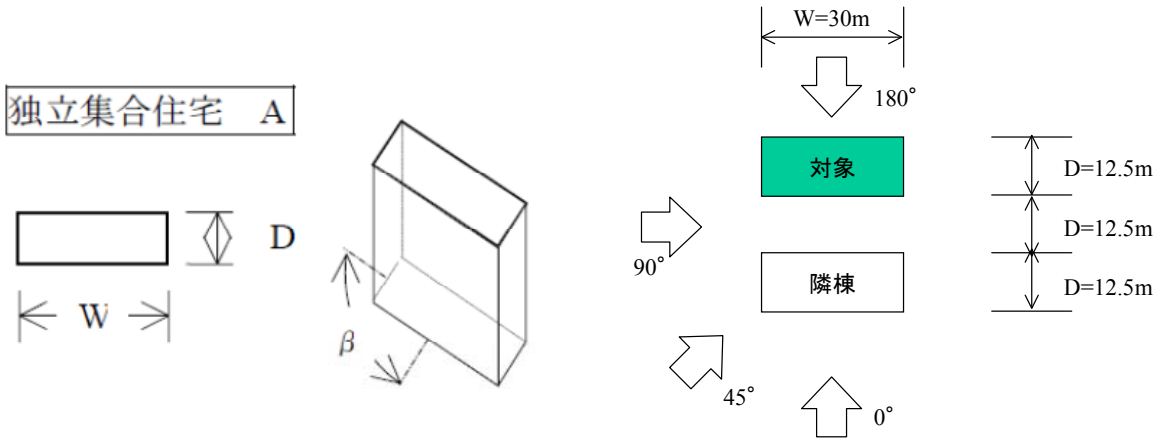


図 3.1.61　集合住宅モデル(左:独立集合住宅(W=30m、D=12.5m、H=30m)、右:隣接条件)

1）独立集合住宅における風圧差

W30m×D12.5m×H30m の棟を 4 住戸×10 階建として、図のように建物モデル上の計測点に住戸を割り付けた。

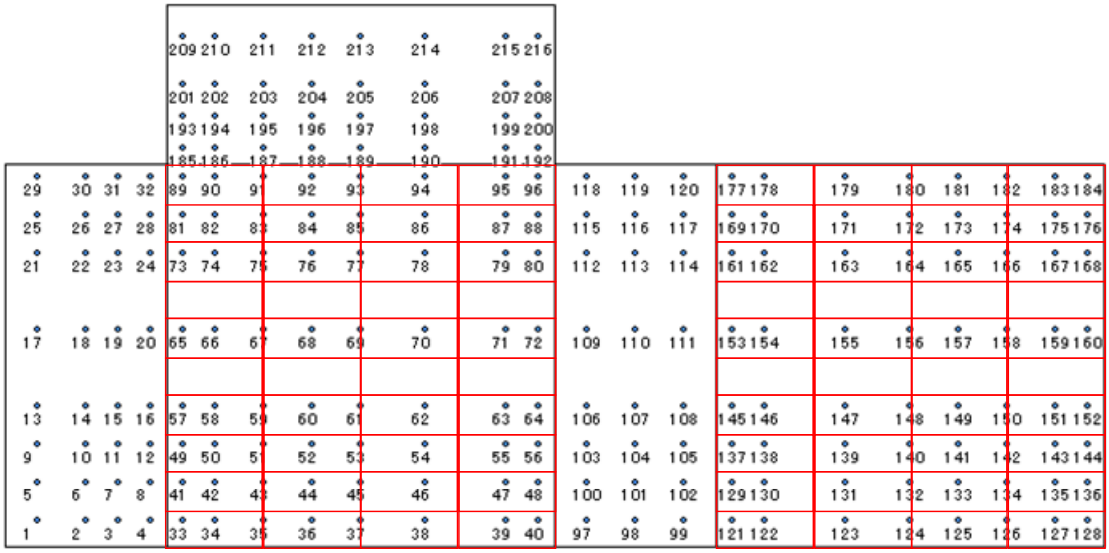


図 3.1.62 独立集合住宅(W=30m、D=12.5m、H=30m)の圧力測定点と住戸の割り付け(展開図)

1 階、3 階、6 階、8 階、10 階の 5 階層について、4 住戸の主開口面間(「対面」間)の風圧差を算定した。また、妻側住戸については、主開口面－妻面の通風経路(平面で見て 90° に曲がる経路)を想定し、その経路上の風圧差を算定した(「隅角」間)。風圧差は、風圧係数から、前項で確認した高さ 30m 位置の参照風速 2.0m/s 時の風圧差[Pa]として算定している。

風向ごとの各住戸の対面間、隅角間の風圧差を図 3.1.63、図 3.1.64 に示す。ΔP=0.0675[Pa]および 0.114[Pa]以下の住戸については、フォントを強調表示としている。

対面間の風圧差は、主開口面の正面から風が当たる場合(風向 0°)に最もお大きな差圧が得られ、主開口面に平行に風があたる場合(風向 90°)で非常に小さくなる。

隅角間の風圧差では、風を受ける面が含まれる経路上の差圧は非常に大きく、一方で、風向に対して、側面と裏面の間の経路上の差圧は小さくなることが確認できる。

風圧差[Pa] ←風速2m/s@高さ30m

対面

10階	2.345	2.512	2.350	2.552
8階	2.736	3.092	2.735	2.745
6階	2.385	2.565	2.710	2.374
3階	1.888	2.240	2.202	1.910
1階	1.891	2.406	2.409	1.985
				0°

10階	1.764	1.804	1.494	1.593
8階	2.368	2.338	1.546	1.478
6階	2.158	2.084	1.932	1.365
3階	2.002	2.166	1.732	1.137
1階	2.072	2.143	1.712	1.090
				56.25°

10階	2.353	2.448	2.224	2.306
8階	2.904	3.094	2.554	2.405
6階	2.575	2.651	2.558	2.078
3階	2.056	2.363	2.099	1.716
1階	2.043	2.527	2.272	1.783
				11.25°

10階	1.429	1.650	1.244	1.194
8階	1.627	2.021	1.158	1.041
6階	1.514	1.761	1.468	0.900
3階	1.676	1.877	1.290	0.776
1階	1.868	1.721	1.196	0.726
				67.5°

10階	2.349	2.371	2.077	2.112
8階	3.052	3.056	2.405	2.160
6階	2.713	2.661	2.495	1.866
3階	2.172	2.428	2.084	1.540
1階	2.154	2.585	2.236	1.605
				22.5°

10階	0.687	1.126	0.787	0.724
8階	0.645	1.354	0.655	0.477
6階	0.624	1.075	0.823	0.424
3階	0.982	1.189	0.671	0.411
1階	1.276	0.974	0.559	0.344
				78.75°

10階	2.109	2.062	1.839	1.834
8階	2.928	2.758	2.073	1.827
6階	2.627	2.441	2.307	1.641
3階	2.168	2.320	1.977	1.353
1階	2.131	2.424	2.061	1.366
				37.5°

10階	0.048	0.143	0.062	0.154
8階	0.037	0.045	0.056	0.123
6階	0.162	0.193	0.080	0.028
3階	0.076	0.072	0.120	0.025
1階	0.081	0.148	0.157	0.027
				90°

10階	1.980	1.928	1.727	1.812
8階	2.798	2.596	1.874	1.720
6階	2.546	2.328	2.218	1.607
3階	2.184	2.300	1.952	1.326
1階	2.163	2.358	1.987	1.295
				45°

図 3.1.63 独立集合住宅の各住戸の対面間の風圧係数差

風圧差[Pa] ←風速2m/s@高さ30m

隅角

10階	0.345	3.612	3.645	0.124	
8階	0.446	3.664	3.674	0.372	
6階	0.499	3.337	3.188	0.336	
3階	0.413	2.735	2.803	0.272	
1階	0.173	2.851	2.613	0.117	
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	0°

10階	1.721	1.180	0.819	0.672	
8階	1.912	1.026	0.906	0.390	
6階	1.756	0.682	0.845	0.310	
3階	1.401	0.159	0.778	0.207	
1階	1.804	0.099	0.723	0.269	
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	56.25°

10階	0.048	4.127	2.798	0.254	
8階	0.151	4.183	2.851	0.466	
6階	0.182	3.764	2.514	0.449	
3階	0.131	2.929	2.289	0.452	
1階	0.196	2.956	2.260	0.374	
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	11.25°

10階	2.381	2.011	0.479	0.595	
8階	2.624	2.082	0.537	0.324	
6階	2.280	1.607	0.526	0.182	
3階	1.910	0.875	0.505	0.137	
1階	2.222	0.400	0.477	0.157	
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	67.5°

10階	0.220	3.460	2.237	0.144	
8階	0.228	3.699	2.308	0.336	
6階	0.217	3.368	2.041	0.336	
3階	0.168	2.534	1.882	0.408	
1階	0.505	2.433	1.898	0.405	
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	22.5°

10階	2.886	2.768	0.257	0.404	
8階	3.186	2.892	0.275	0.109	
6階	2.714	2.318	0.295	0.032	
3階	2.294	1.497	0.319	0.025	
1階	2.377	0.803	0.319	0.028	
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	78.75°

10階	0.598	1.513	1.684	0.085	
8階	0.640	2.049	1.760	0.100	
6階	0.685	2.090	1.558	0.070	
3階	0.513	1.673	1.443	0.208	
1階	0.895	1.495	1.457	0.239	
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	37.5°

10階	3.097	3.227	0.019	0.181	
8階	3.531	3.192	0.043	0.172	
6階	2.902	2.673	0.095	0.123	
3階	2.201	1.954	0.128	0.089	
1階	2.090	1.281	0.158	0.172	
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	90°

10階	1.128	0.023	1.233	0.521	
8階	1.230	0.457	1.312	0.256	
6階	1.200	0.687	1.179	0.269	
3階	0.935	0.764	1.093	0.101	
1階	1.320	0.777	1.058	0.098	
	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N	45°

図 3.1.64 独立集合住宅の各住戸の隅角間の風圧係数差

2）隣接配置条件における風圧差

前項の独立条件と同様の検討を行い、風向ごとの各住戸の対面間、隅角間の風圧差を図 3.1.65、図 3.1.66 に示した。

隣接配置条件では、独立時と比べて、風圧差の分布が複雑になる。隣接棟の「影」にあたる部分で風圧差が小さくなる一方、隣接棟により増速された風を受ける部分では大きな風圧差が得られることもある。全体的には得られる風圧差は小さくなる。

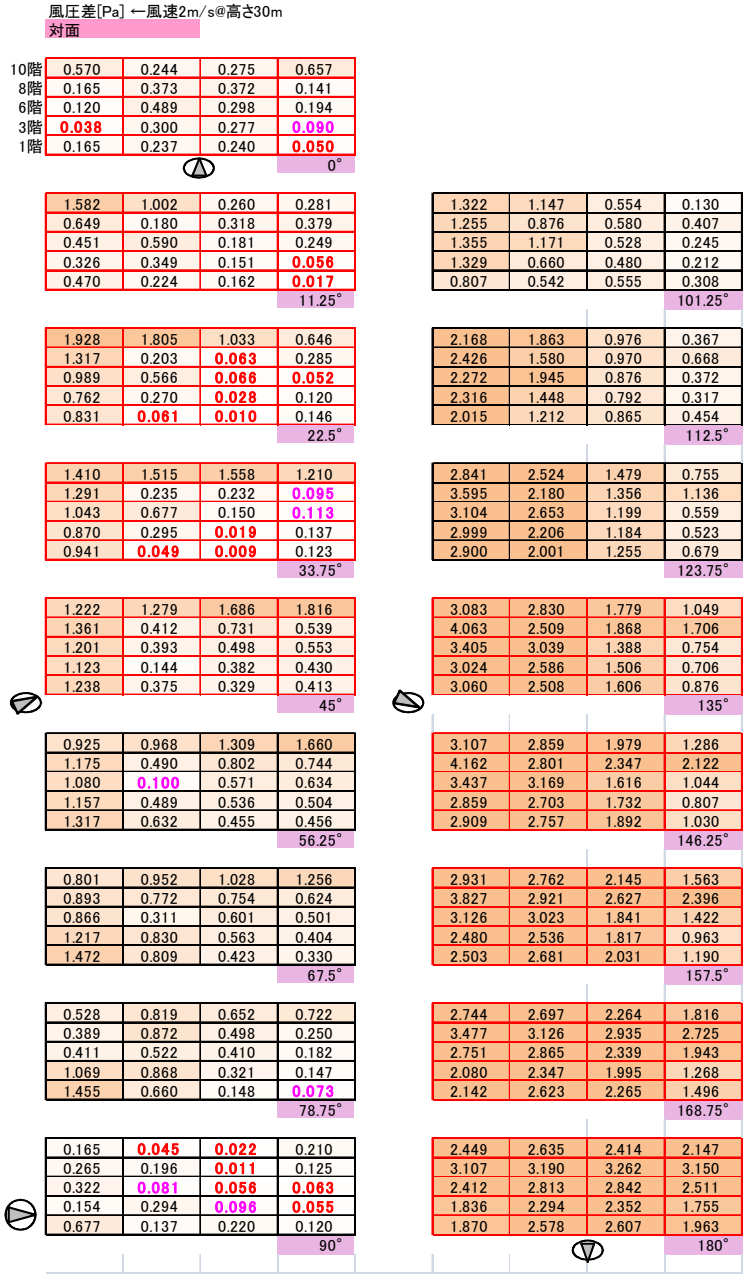


図 3.1.65　隣接配置時の各住戸の対面間の風圧係数差

風圧差[Pa] ←風速2m/s@高さ30m
隅角

	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
10階	0.147	0.814	0.740	0.113
8階	0.043	0.400	0.279	0.083
6階	0.067	0.352	0.370	0.137
3階	0.032	0.233	0.235	0.115
1階	0.146	0.008	0.136	0.149
				0°

	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
10階	1.602	1.949	0.752	0.817
8階	1.767	2.182	0.033	0.546
6階	1.644	1.863	0.010	0.539
3階	1.347	1.313	0.010	0.469
1階	1.673	0.761	0.013	0.462
				56.25°

	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
10階	0.007	1.373	0.598	0.049
8階	0.022	0.319	0.233	0.068
6階	0.260	0.548	0.114	0.062
3階	0.189	0.515	0.096	0.125
1階	0.396	0.207	0.205	0.142
				11.25°

	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
10階	2.250	2.577	0.296	0.878
8階	2.484	2.801	0.046	0.518
6階	2.190	2.319	0.081	0.465
3階	1.831	1.523	0.052	0.385
1階	2.130	0.895	0.055	0.341
				67.5°

	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
10階	0.251	1.126	0.861	0.044
8階	0.239	0.241	0.208	0.078
6階	0.454	0.510	0.008	0.047
3階	0.347	0.491	0.253	0.129
1階	0.620	0.170	0.308	0.151
				22.5°

	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
10階	2.921	3.083	0.115	0.551
8階	3.199	3.386	0.027	0.171
6階	2.694	2.760	0.022	0.127
3階	2.262	1.691	0.021	0.088
1階	2.460	0.941	0.001	0.008
				78.75°

	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
10階	0.521	0.031	1.204	0.009
8階	0.546	0.836	0.112	0.099
6階	0.685	0.890	0.099	0.026
3階	0.515	0.705	0.219	0.050
1階	0.819	0.322	0.185	0.058
				33.75°

	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
10階	3.140	3.503	0.009	0.192
8階	3.545	3.718	0.001	0.170
6階	2.858	3.082	0.023	0.100
3階	2.162	2.061	0.069	0.094
1階	2.182	1.150	0.056	0.197
				90°

	WW-N	WW-S	EE-S	EE-N
10階	1.049	0.937	1.274	0.485
8階	1.123	1.413	0.056	0.335
6階	1.141	1.255	0.094	0.388
3階	0.916	0.924	0.109	0.323
1階	1.234	0.470	0.087	0.320
				45°

図 3.1.66 隣接配置時の各住戸の隅角間の風圧係数差

3) 風圧係数差の出現頻度の検討

独立条件、隣接配置条件における風圧係数差の出現頻度を住戸別に整理した。この出現頻度は、風向が同じ確率で出現する場合の頻度を表しており、極端に風向の出現する比率が異なる場合には異なる結果となる。しかしながら、建物の面の方位とその立地の卓越する風向の関係を考慮に入れて検討することは煩雑になるため、もっとも簡単な風向が同じ確率で出現する状況(すなわち風向に偏りがない状況)を仮想的に想定したものである。

また、集合住宅において通風の駆動力として期待できる風圧係数差をどのように設定するのが妥当かについては議論の余地が残るが、本項で検討している独立条件が大きな風圧を得やすい状況にあり、隣接配置条件が風圧を期待しづらい状況にある点については異論はないと考えられる。実際の集合住宅において期待される風圧係数差には大小あると思われるが、本項で検討している独立条件と隣接配置条件の間の値をとると想定し、通風駆動力として期待できる風圧係数差の設定値の検討を行う。

図 3.1.67、図 3.1.68 は各住戸の対面間の風圧係数差の出現頻度を、独立条件と隣接配置条件で示したものである。図左が全体、図右が細部を拡大したものである。

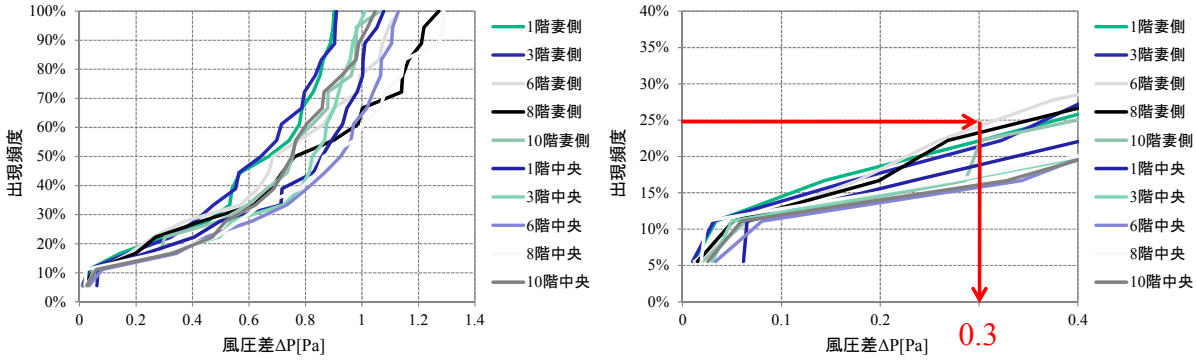


図 3.1.67 独立条件における風圧係数差の出現頻度(対面間)

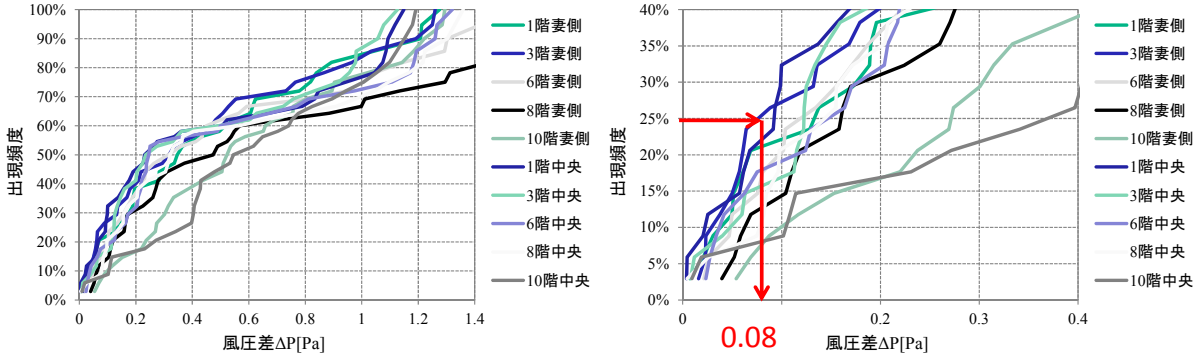


図 3.1.68 隣接配置条件における風圧係数差の出現頻度(対面間)

対面間の風圧係数差は、最も不利な住戸において独立条件では 25 パーセンタイル値で 0.3 を、隣接配置条件で、0.08 をとる結果となった。

図 3.1.69、図 3.1.70 は各住戸の隅角間の風圧係数差の出現頻度を、独立条件と隣接配置条件で示したものである。図左が全体、図右が細部を拡大したものである。

隅角間の風圧係数差は、最も不利な住戸において独立条件では 25 パーセンタイル値で 0.09 を、隣接配置条件で、0.04 をとる結果となり、主開口面間(対面間)に開口を設けるより、通風駆動力を得るためには不利な状況にあるといえる。

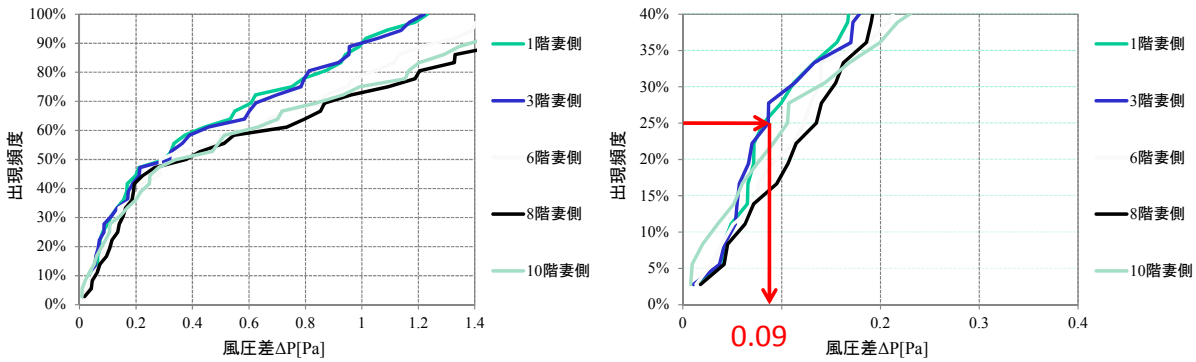


図 3.1.69 独立条件における風圧係数差の出現頻度(隅角間)

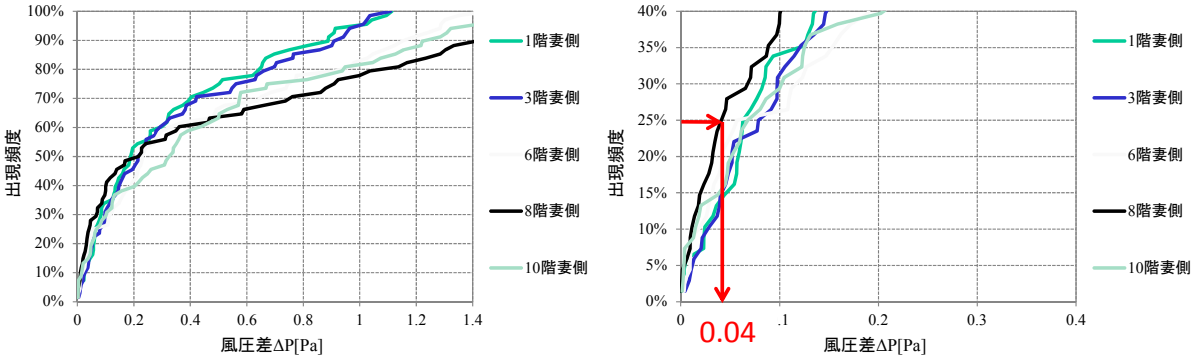


図 3.1.70　隣接配置条件における風圧係数差の出現頻度(隅角間)

以上の検討から、集合住宅における風圧係数差の設定値を考えると、対面間に開口を設ける場合に、独立時と隣接配置時の平均値より・Cp=0.2、隅角間に開口を設ける場合に、・Cp=0.05 もしくは 0.1 といった値が提案できる。ただし、開口部の面積要件を検討する際に簡便にするために、割り切った数値の設定を行うことも一案であろうと考える。

4）まとめ

集合住宅における通風評価手法を構築するために、参照風速値の設定と風圧係数差の設定について検討した。拡張アメダス気象データを整理することで、地上 30m における参照風速として 2.0m/s を設定した。また、集合住宅における風圧係数差設定について風洞実験結果をもとに期待できうる値として、対面間で・Cp=0.2、隅角間で・Cp=0.05 もしくは 0.1 という値を得た。

3.2 換気設備の省エネルギー性能等に関する検討

3.2.1 はじめに

換気統合の検討では以前の検討を継続的に実施するとともに、あらたに全般換気にかかる省エネルギー性能の評価、換気の省エネルギーや室内環境にかかる関連情報の収集、および局所換気にかかる検討を実施している。全体の構成を図 3.2.1 に示す。

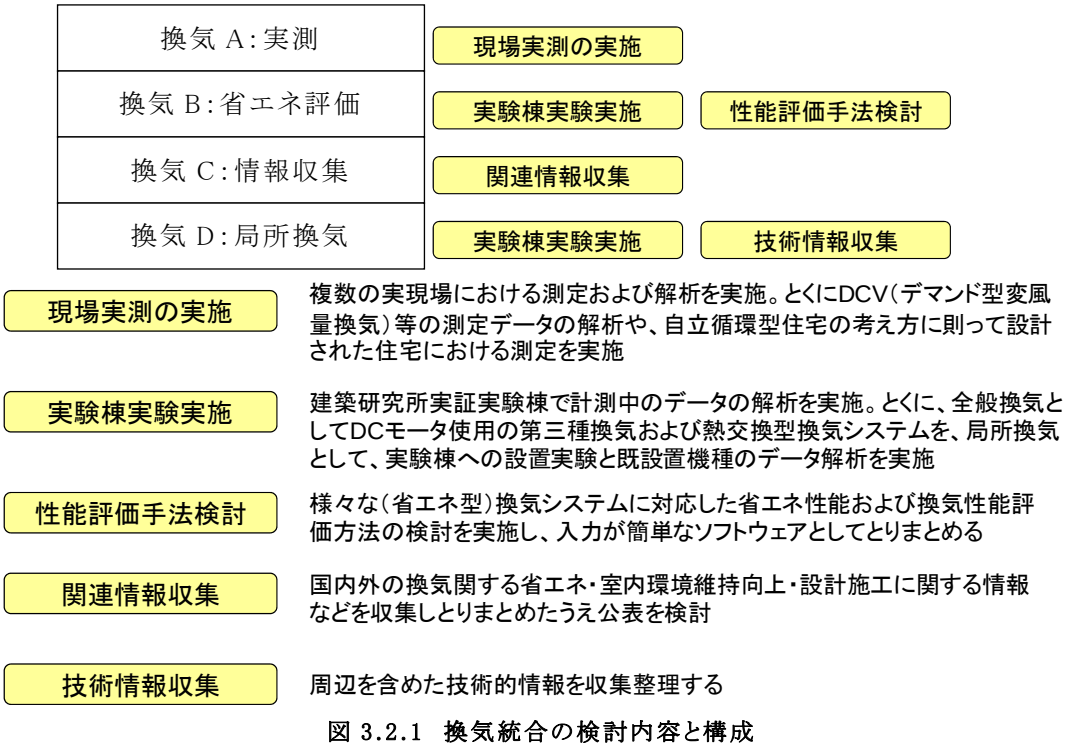


図 3.2.1 換気統合の検討内容と構成

3.2.2 実施内容

(1) A : 実測　換気設備の施工・稼働状況に関する測定

住宅における連続測定と解析を行った。S 邸の測定と解析では、消費電力の測定および室内環境の解析を実施した。M 邸の測定と解析では、換気空調設備の風量測定を実施した。

また、換気設備の維持管理に関するデータおよび集合住宅実験棟の連続使用による性能低下や清掃の効果に関するデータ取得から、熱交換の効果、清掃の効果についてとりまとめた。

さらに、DCV および熱交換型換気設備の性能検証実験を実施し、データ取得および解析を行った。

(2) B：省エネ評価　省エネルギー型換気設備の省エネルギー手法の評価手法の提案

総合的エネルギー削減評価方法の開発として、簡便な入力でエネルギー評価ができるような仕組みの開発し、住宅全体の換気量および暖冷房負荷について解析を進め、計算結果の解析から得られた知見等をとりまとめた。その結果から、プログラム概要を検討した。

(3) C：情報収集　換気全般にかかる情報の収集・整理

AIVC のデータベースを利用した情報の収集と整理を行い、VENTSIM のプリ／ポストのユーザーI/F に関する検討を行った。

(4) D：局所換気　局所換気にかかるエネルギー消費に関する検討

局所換気にかかるエネルギー消費量を試算し、既実施のアンケート調査を精査した。その結果から、局所換気利用の全般換気の換気性能等について計算した。

3.2.3 省エネ評価

ここでは省エネルギー型換気設備の省エネルギー手法の評価手法の提案についての検討内容を報告する。

(1) 目的と検討概要

1) 背景と目的

換気にかかるエネルギーには、換気装置のファン動力と、外気導入負荷を処理する暖冷房の 2 つがある。換気設備の省エネルギー化は、この合計のエネルギーで評価することが必要である。

外気導入負荷の試算においては、以下の点を考慮する必要がある。

a 暖房期間および冷房期間の影響

住宅の熱損失が少なく、かつ、日射取得や内部発熱が多いほど、暖房期間は短くなる(図 3.2.2)。住宅の日射取得や内部発熱が小さいほど、冷房期間は短くなる。従って、外気導入負荷も暖冷房期間が短い分、小さくなる。

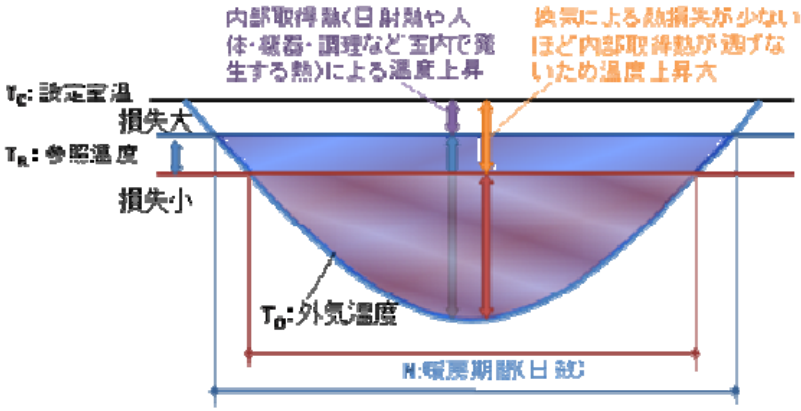


図 3.2.2 熱損失と暖房日数の関係

b 隙間換気量の影響

第 1 種換気(強制給排気)と第 2 種換気(強制給気)や第 3 種換気(強制排気)では、機械換気量に加わる隙間換気量が異なる。図 3.2.3 のように、第 1 種は内外温度差がなければ、内外の圧力差はほとんどないが、内外温度差があると、温度差による圧力差が生じて、隙間換気がプラスされる。

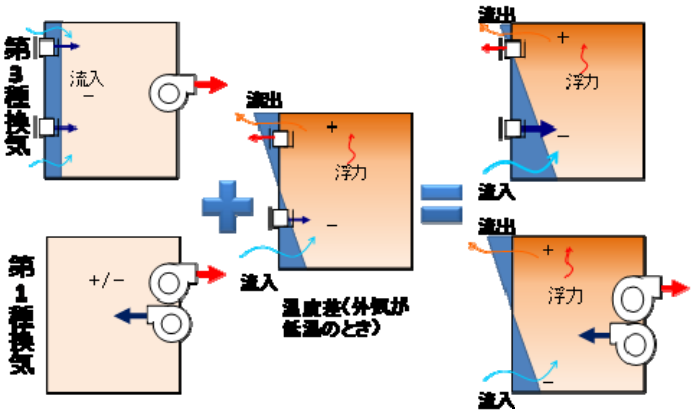


図 3.2.3 隙間換気量の影響

c 部分間欠空調による影響

部分・間欠空調では、全館空調と比べて、暖房期間には住宅平均の室温が低くなり、内外温度差が小さくなるため隙間換気量が減るほか、外気導入負荷も小さくなる。冷房期間には、全館空調と比べて住宅平均の室温が高くなる。

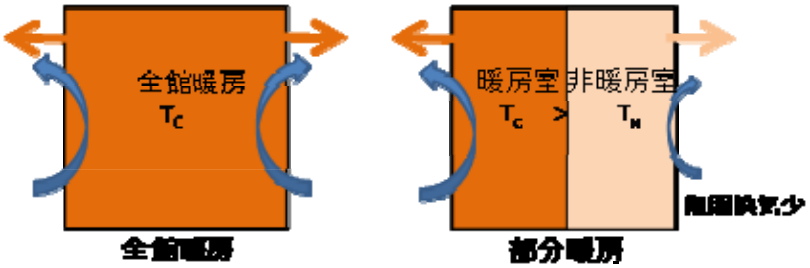


図 3.2.4 部分間欠暖房による室温影響

以上をすべて考慮して外気導入負荷を算出する簡便な方法がない。そのため、外気導入負荷から暖房エネルギーに換算し、換気装置の動力のエネルギーと合計して、地域や住宅性能、空調の状態によって、最も省エネルギーな換気システムを選定するツールが必要である。

そこで、上記を考慮して換気にかかるエネルギーを簡単な入力で推定できる評価手法を検討した。

2) 検討概要

評価手法では、拡張デグリーデー法(以下、DD 法)を使って、前述 a～c の影響を考慮した外気導入負荷を簡易に計算する理論を構築した。

次に、非定常の熱負荷計算ソフトによる外気導入負荷の計算と、DD 法による計算結果を比較し、妥当性を検証した。

次に、DD 法で簡易に算出するために必要な、データベースを作成した。

最後に、必要な情報を入力することで、換気にかかるエネルギーを表示する評価ソフトを作成し、いくつかのエネルギーを試算する。

(2) DD 法による外気導入負荷算出の理論

住宅内は日射熱取得や内部発熱による室温の上昇(自然室温上昇)がある。したがって、自然室温上昇と合わせて設計室温にするための暖房または冷房負荷が発生する。例えば、自然室温上昇が 5℃の場合、暖房設定温度が 20℃だとすると、室温を 15℃にする暖房器の発熱量があれば、自然室温上昇の 5℃が足されて室温は 20℃となる。このときの設定温度と自然室温上昇の差である 15℃を参照室温と呼ぶ。

DD 法は、自然室温上昇から参照室温を求め、日平均外気温度と参照室温の差を、暖房は外気温度が参照室温以下の日数、冷房は外気温度が参照室温以上の日数分を積算して、住宅の総熱損失係数にかけて暖房または冷房負荷を求める方法である。自然室温上昇は、住宅の熱損失が少ないほど大きくなって参照室温は低くなるので、暖房日数は減り、冷房日数は増えることになる。したがって、この方法は住宅の断熱性能や夏季の遮熱性能を考慮することができる。

図 3.2.5 に、DD 法による外気導入負荷(換気負荷)の計算理論を暖房期間の例で示す。換気の熱損失があるときの暖冷房負荷と、換気の熱損失がない(換気量 0 の)ときの暖冷房負荷の差を取ることで、換気をすることにより増加した暖冷房負荷、つまり外気導入負荷を求めることができる。この方法は、換気による熱損失の大小により、暖房日数や冷房日数が変わることも考慮することができる。

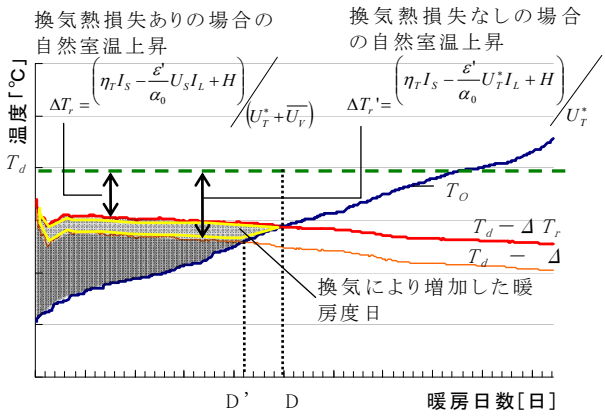


図 3.2.5 拡張デグリーデー法による換気負荷計算理論

以上の計算式を以下に示す。

$$Q_{HV} = Q_H - Q_H^* \tag{3.2.1}$$

$$Q_H = 0.0864\overline{U_T}\left|\sum_{if\{\ \}>0}\{(T_d - \Delta T_r) - T_0\}\right| \tag{3.2.2}$$

$$Q_H^* = 0.0864U_T^*\left|\sum_{if\{\ \}>0}\{(T_d - \Delta T_r') - T_0\}\right| \tag{3.2.2'}$$

$$\overline{U_T} = U_T^* + \overline{U_V} \tag{3.2.3}$$

$$\Delta T_r = \left(\sum \eta_{T(k)} I_{S(k)} - \frac{\varepsilon'}{\alpha_0} U_T^* I_L + H\right) \Big/ \overline{U_T} \tag{3.2.4}$$

$$\Delta T_r' = \left(\sum \eta_{T(k)} I_{S(k)} - \frac{\varepsilon'}{\alpha_0} U_T^* I_L + H\right) \Big/ U_T^* \tag{3.2.4'}$$

$$\eta_{T(k)} = \sum \frac{\varepsilon_S}{\alpha_0} KS + \sum \eta_W S' \tag{3.2.5}$$

U_T^* ：外皮の総熱貫流率[W/K]
$\Delta T_r'$ ：換気熱損失がないときの自然室温上昇[℃]
α_0 ：外表面熱伝達率[W/(m²・K)]
T_O ：外気温度[℃]
H ：内部発熱[W/h]
$\eta_{T(k)}$ ：総日射侵入率[-](k:方位)
η_W ：窓の日射侵入率[-]
ε_S ：外皮日射吸収率[-]
ε' ：長波長放射率[-]
$I_{S(k)}$ ：日射量[W/m²](k:方位)
I_L ：実効放射量[W/m²]
S ：外皮の面積[W/m²]　　S' ：窓面積[W/m²]
0.0864 = 24時間 × 0.0036 [MJ/W]

上記の式は暖房期間の外気導入負荷であるが、冷房期間は、積算が if{ }<0 の期間となる。Σ{ }が参照室温と日平均外気温度の差の期間積算で、これが暖房度日（暖房デグリーデー）、冷房度日（冷房デグリーデー）と呼ばれる。冷房期間の潜熱負荷も同様に、室内の自然湿度上昇を求め、設定湿度からそれを引いた参照絶対湿度と外気絶対湿度の差の積算（除湿量日）から潜熱負荷を求める。ただし、潜熱の貫流熱損失は小さいので換気熱損失のみとし、また、内部取

得潜熱は内部発生のみとする。

機械換気に加わる温度差や風により生じる住宅の隙間等の自然換気(隙間換気)量の機械換気の種類による違いも考慮するために、換気熱損失率$\overline{U_r}$は、機械換気と自然(隙間)換気を合わせた換気熱損失率とする。

また、設計室温 T_dは、部分間欠空調のときには設計室温にならない時間があることから、それらも含めて平均の室温とする。

DD 法により外気導入負荷を算出するために必要な自然(隙間)換気の算出方法と平均室温の算出方法、その他計算に必要なデータベースについては、後で検討する。

(3) 外気導入負荷比較

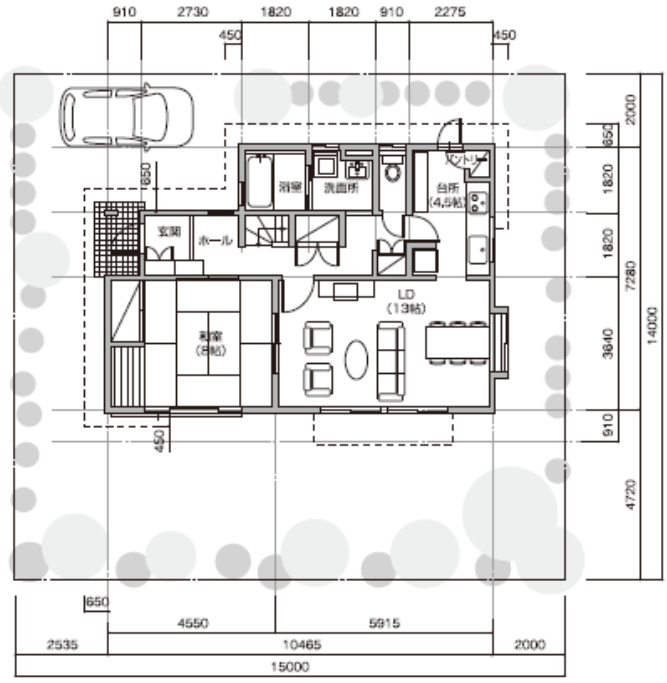
DD 法により算出した外気導入負荷を、非定常の熱負荷計算による外気導入負荷と比較し、妥当性を検証した。熱負荷計算は、AE-Sim/Heat を使用した。

1) Sim/Heatの計算条件

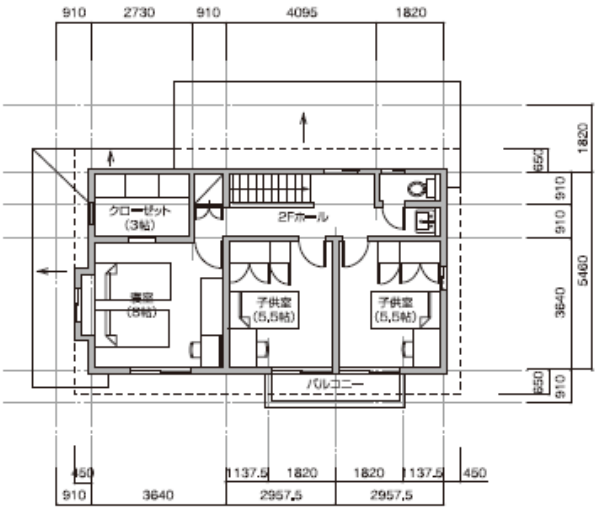
表 3.2.1 に計算ケースを示す。以下に各設定条件を示すが、ここに示す以外の在室、機器発熱等は「住宅事業主の判断基準(以下、事業主基準)」に従う。

a 住宅モデルと換気

住宅モデル A2 および A3 は事業主基準のモデルである。A4 は、自立循環型住宅の準寒冷地モデルである。図 3.2.6～図 3.2.8 に計算モデルを示す。

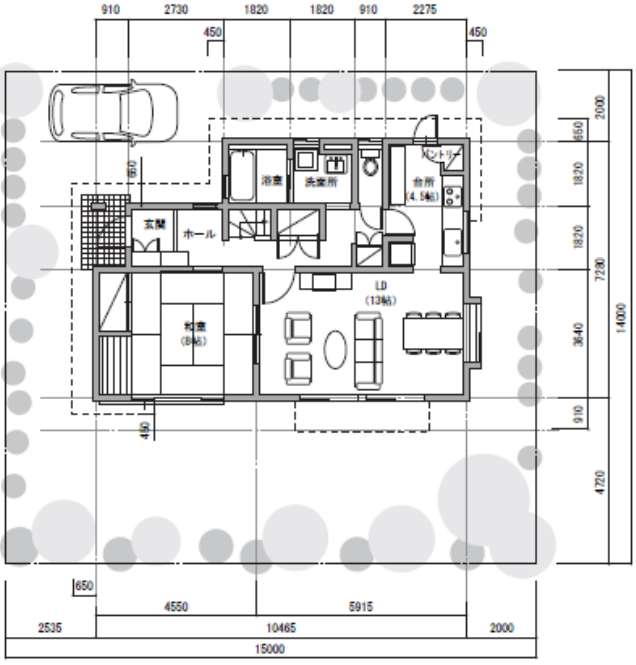


1 階平面図

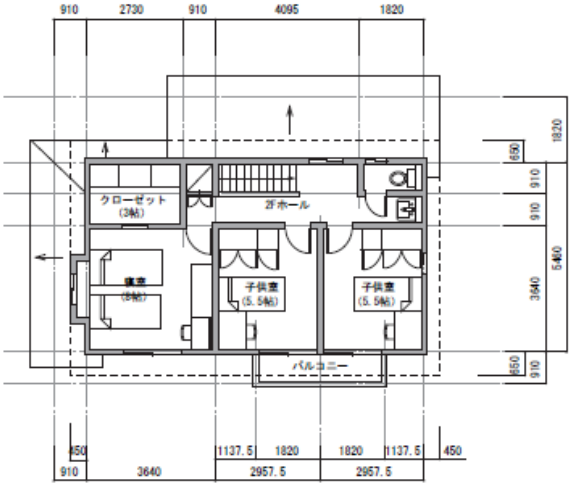


2 階平面図

図 3.2.6 A2(一般温暖地モデル＝事業主基準温暖地モデル)

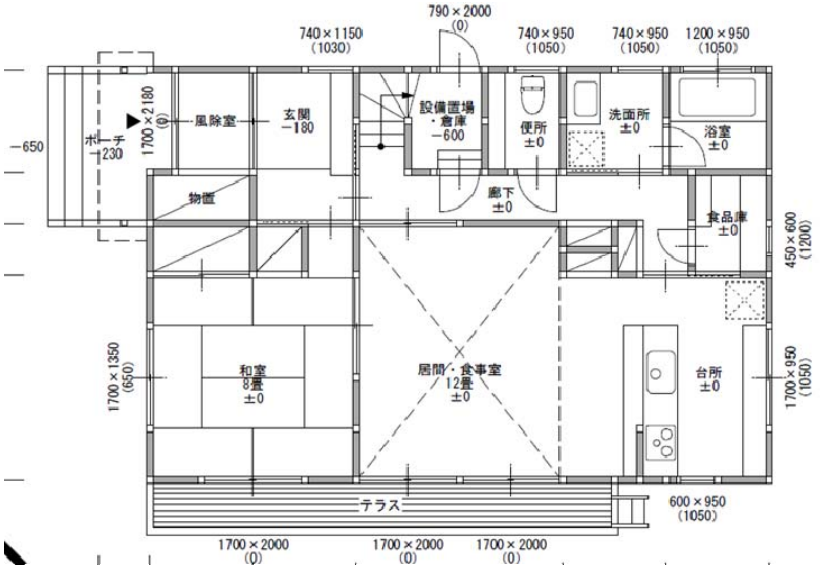


1 階平面図

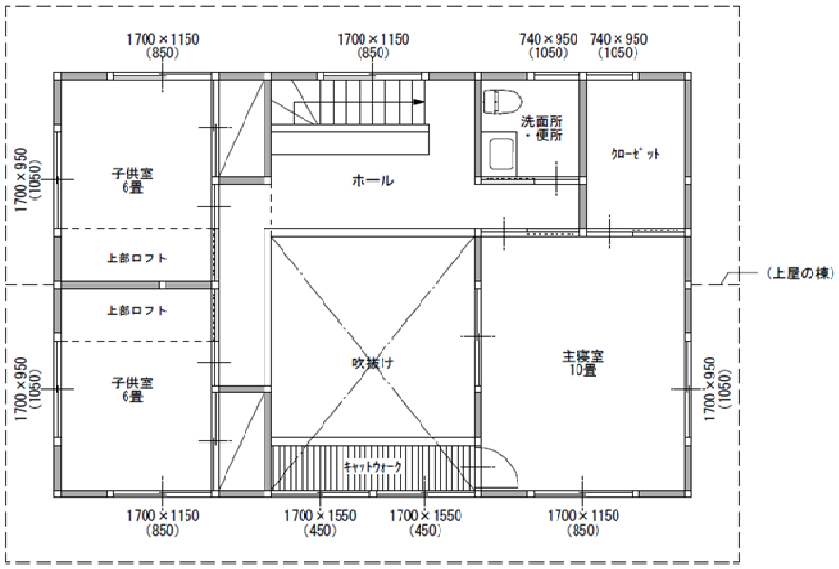


2 階平面図

図 3.2.7 A3(一般寒冷地モデル＝事業主基準寒冷地モデル)



1 階平面図



2 階平面図

図 3.2.8　A4（自立準寒冷地モデル）

b 地点

表 3.2.1 に示す 5 地域で、拡張アメダス気象データ標準年(~1995)を使用した。

表 3.2.1 計算ケース

住宅モデル	A2	一般温暖地モデル
	A3	一般寒冷地モデル
	A4	自立準寒冷地モデル
計算地点	B1	札幌
	B2	盛岡
	B3	仙台
	B4	東京
	B5	那覇
断熱性	C1	高断熱
	C2	中断熱
	C3	低断熱
暖冷房運転	D1	全館連続
	D2	居室連続
	D3	居室間欠
設定温湿度	E1	暖房 20℃・冷房 27℃(就寝時 28℃)
	E2	暖房 20℃・冷房 27℃(就寝時 28℃)60%
換気回数 (常時換気)	F1	0 回/h
	F2	0.5 回/h
	F3	1.0 回/h

c 断熱性能

断熱性能 C1～C3 の断熱仕様を表 3.2.2 に示す。

表 3.2.2 断熱仕様

		一般モデル	準寒冷地モデル
C1(高断熱)		Ⅰ地域のH11基準超	Ⅱ地域のH11基準超
	床	GW24K t149	GW24K t292
	外壁	GW24K t167	GW24K t318
	天井/屋根	吹込用GW13K t279	GW24K t439
	窓	樹脂サッシ＋低放射複層A U=1.9、η=0.75(レースカーテン有 η=0.473)	
C2(中断熱)		Ⅲ地域のH11基準相当	Ⅲ地域のH11基準相当
	床	GW16K t80	GW16K t96
	外壁	GW16K t75	GW16K t99
	天井/屋根	吹込用GW13K t175	GW24K t171
	窓	金属製熱遮断サッシ＋普通複層ガラス U=3.49、η=0.79(レースカーテン有 η=0.512)	
C3(低断熱)		Ⅳ地域のH4基準相当	Ⅲ地域のS55基準相当
	床	GW24K t17	GW10K t64
	外壁	GW10K t37	GW10K t81
	天井/屋根	GW10K t56	GW10K t97
	窓	金属製熱サッシ＋普通単板ガラス U=6.51、η=0.88(レースカーテン有 η=0.554)	

d 暖冷房運転時間

D1 全館連続は、階間および住宅モデル A4 の風徐室を除く空間を連続暖冷房とする。

D2 居室連続は、住宅モデル A2、A3 の”LD”、”台所”、”寝室”、”子供室1”、”子供室2”、住宅モデル A4 は、”居間・食事室”、”台所”、”主寝室”、”子供室 1”、”子供室 2”を連続暖冷房する。

D3 居室間欠は、住宅モデル A2、A3 のみで計算しており、暖房及び冷房のスケジュールと設定温度は住宅事業主の判断基準の部分間欠運転スケジュールに従う。

e 設定温度

設定温度は暖房 20℃、冷房は 27℃とする。暖房は 20℃、冷房 27℃設定であるが、冷房の就寝時間は 28℃設定である。

設定温湿度 E1 と E2 は、冷房時の相対湿度 60%設定の有無(潜熱負荷の有無)である。

f 換気

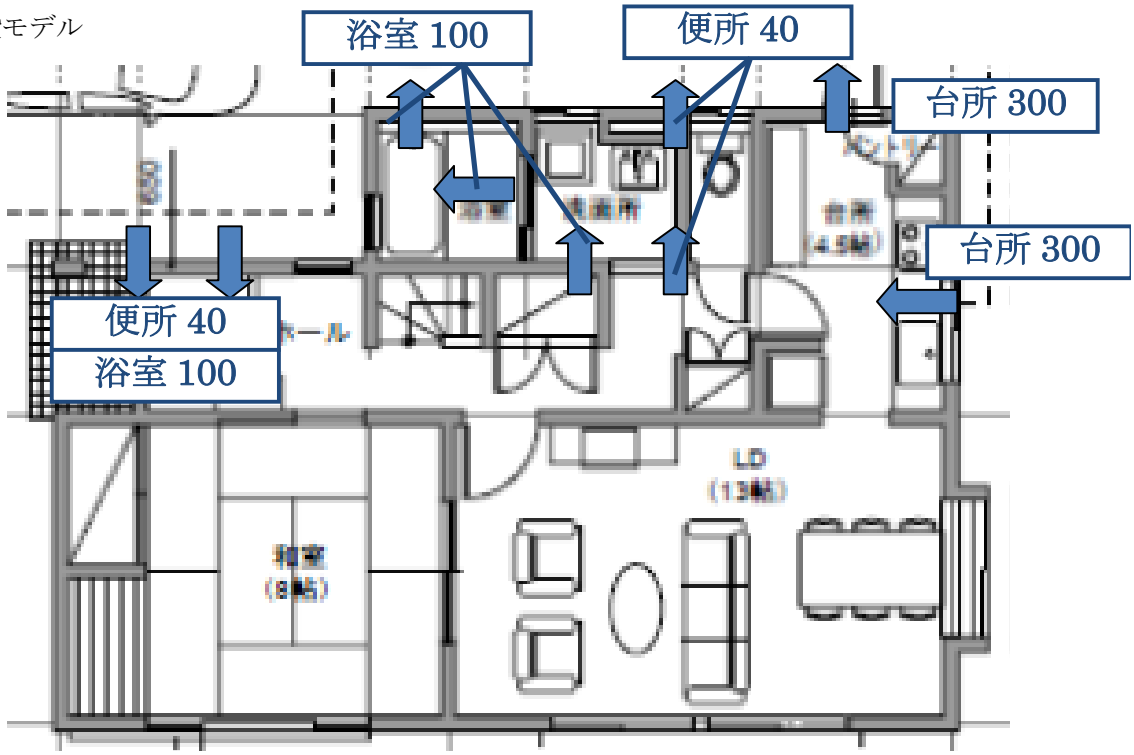
図 3.2.6～図 3.2.8 に、換気回数 0.5 回/h の常時換気の経路と風量を示した。換気回数 1.0 回/h は 0.5 回/h の 2 倍となる。

常時換気とは別に、図 3.2.9 に示す局所換気を与える。図の風量は標準風量であり、業主基準の局所換気スケジュールに従ってこの標準風量に対する割合を、表 3.2.3 の設定とした。

表 3.2.3 局所換気スケジュール

部屋名	日種別	標準風量 [m^3/h]	時間別運転割合(対標準風量)[%]													
			6-7	7-8	8-9	9-10	10-12	12-13	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
トイレ	平日	40	15.0	5.0	0.0	1.7	0.0	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	5.0	0.0	6.7
	休日		0.0	10.0	10.0	0.0	3.3	0.0	5.0	1.7	0.0	5.0	1.7	0.0	5.0	1.7
浴室	平日	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	25.0	100.0
	休日		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	25.0	25.0	100.0
台所	平日	300	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	休日		0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	25.0	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

■一般モデル



■準寒冷地モデル

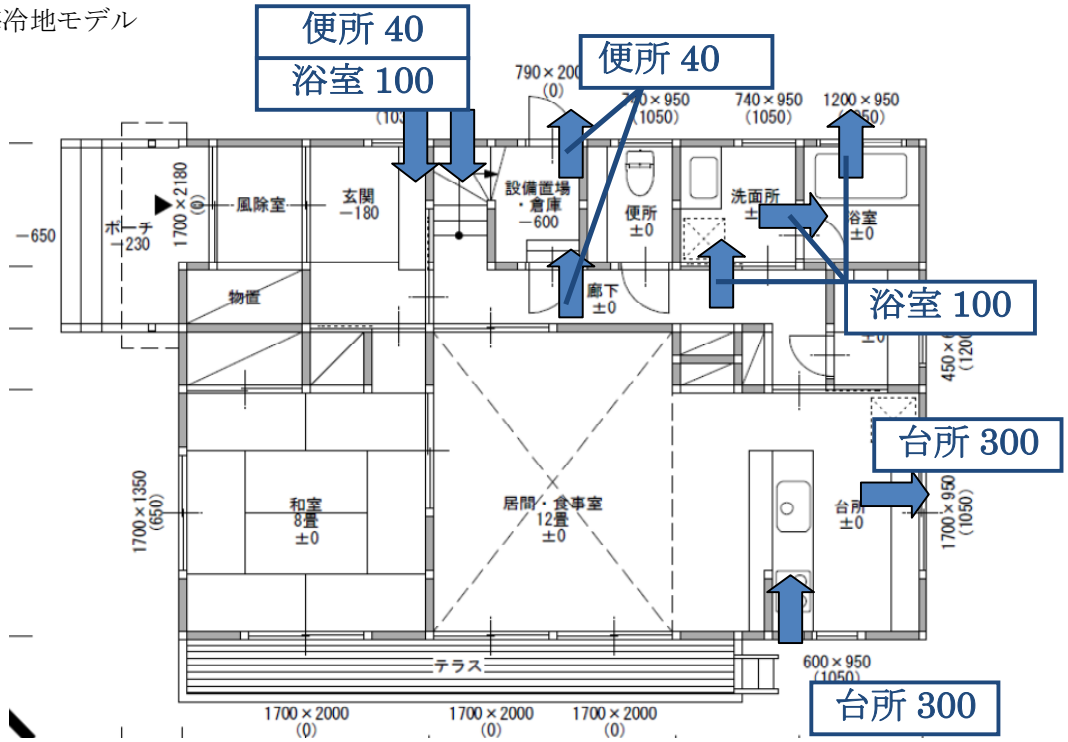


図 3.2.9 局所換気の風量設定

2）DD法の計算条件

前述の Sim/Heat と計算条件と同じ気象データ、住宅モデル等から、DD 法で暖冷房負荷を求める式(1)~(5)に必要なデータを作成した。

図 3.2.10 に暖房度日、冷房度日、除湿量日を示す。除湿量日は、相対湿度が設定室湿度を超えても温度が冷房設定温度を超えなければ除湿をしないとするならば、冷房度日に影響を受ける。図 3.2.10c は、冷房期間での除湿量日である。図 3.2.10d は、参照室温が 24℃のときの冷房日での除湿量日である。日数が少ない分若干除湿量日が減っていることがわかる。このように、参照室温毎に除湿量日が求められるようにする必要がある。

表 3.2.4 に水平および各方位垂直面の日射量および夜間放射量を示す。表 3.2.6 に、貫流および換気の熱損失率と住宅の水平および各方位垂直面の総日射取得率を示す。表 3.2.5 に内部発熱スケジュールから 1 時間平均にした内部発熱量を示す。

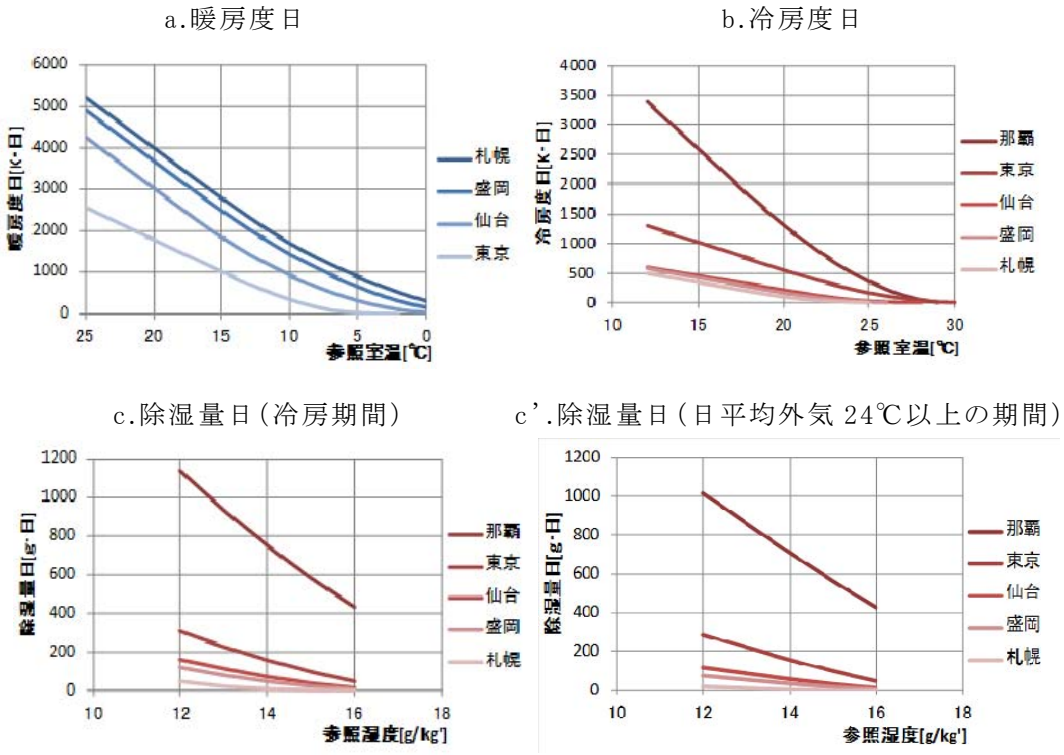


図 3.2.10 デグリーデー

表 3.2.4 平均日射量・夜間放射量(1 日あたり)

①暖房期間 [MJ/m²]

	水平	南	西	東	北	夜間
札幌	9.71	9.48	5.32	5.69	2.42	4.95
盛岡	10.41	9.65	5.78	5.80	2.58	4.83
仙台	11.68	10.80	6.58	6.87	2.72	5.30
東京	10.51	12.70	6.01	6.10	2.17	6.96
那覇	9.94	7.87	5.16	5.33	2.80	4.36

②冷房期間 [MJ/m²]

	水平	南	西	東	北	夜間
札幌	15.20	7.93	7.72	8.22	4.08	3.96
盛岡	15.12	7.16	8.37	6.98	4.22	3.65
仙台	14.94	7.00	7.34	7.80	4.35	3.44
東京	13.99	6.34	6.81	7.03	4.26	3.26
那覇	15.83	7.36	7.83	8.06	4.19	3.89

表 3.2.5 内部発熱量[Wh](1 日)

顕著[Wh]			潜熱[Wh]
暖房期間	冷房期間	中間期	冷房期間
13942.6	12754.6	13645.6	261.4

表 3.2.6 損失率と日射取得率

		総熱貫流率[W/K]	総換気損失率[W/K]			潜熱損失率[W/(g/kg')]			総日射取得率[-]				
			0 回/h	0.5 回/h	1.0 回/h	0 回/h	0.5 回/h	1.0 回/h	水平	南	西	東	北
一般(A2)	C1	125.69	9.69	65.69	121.69	22.97	155.77	288.57	0.39	8.99	1.62	2.31	2.42
	C2	234.02							0.61	10.03	2.03	2.71	2.98
	C3	443.76							1.61	11.12	2.61	3.19	3.78
一般(A3)	C1	114.76							0.39	7.17	1.23	1.88	1.87
	C2	214.61							0.61	8.10	1.62	2.26	2.39
	C3	407.36							1.61	9.10	2.15	2.70	3.12
準寒冷地	C1	187.18		93.69	177.69		221.17	421.37	0.27	9.29	2.46	2.39	6.89
	C2	327.53							0.65	10.41	2.98	2.95	8.13
	C3	504.48							1.38	11.28	3.25	3.33	9.91

表 3.2.7 に、各地の暖冷房期間と期間平均外気温度を示す。

全館連続暖冷房のときは設定室温が暖房時 20℃、冷房時 27℃であるが、全館連続以外の場合は AE−Sim/Heat の結果から暖房または冷房期間の住宅全館の平均室温(期間平均室温に室容積をかけて積算し、全容積で除したもの)を設定室温とした。この、部分・間欠暖冷房時の平均室温の算定方法については、後述の(4)で検討する。居室連続・居室間欠冷房時の潜熱(除湿)負荷の計算については設定室湿度で計算している。

表 3.2.7 暖冷房期間と平均外気温

	暖房期間			冷房期間			中間期	平均外気温[℃]	
	開始日	終了日	日数	開始日	終了日	日数	日数	暖房期間	冷房期間
札幌	10/1	6/2	245	7/12	8/31	51	69	3.70	21.74
盛岡	9/30	5/31	244	7/10	8/31	53	68	4.98	23.02
仙台	10/1	6/2	245	7/14	8/31	49	71	7.70	24.35
東京	11/11	4/14	155	6/14	9/14	93	117	8.46	25.94
那覇				3/25	12/14	265	100		24.79

図 3.2.11 に、Sim/Heat の計算結果による暖房期間の換気負荷とDD 法による換気負荷の関係を示す。換気負荷は、全般換気 0.5 回/h または 1.0 回/h の負荷と 0 回/h の負荷の差である。図を見ると、全館連続暖房の負荷も、居室連続・居室間欠暖房時に設定室温を平均室温で算出した負荷も、Sim/Heat と DD 法はほぼ一致している。

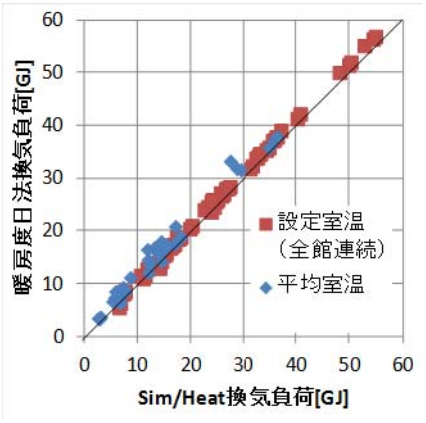


図 3.2.11 暖房期間の換気負荷比較

図 3.2.12 に、同様に冷房期間の換気負荷の関係を示す。全館冷房時の場合は、DD 法による換気負荷は Sim/Heat による換気負荷に比例している。しかし、居室間欠暖房の場合は、特に全熱負荷で DD 法の方が大きくなる傾向にある。これは、居室間欠冷房時に全館冷房と同じ設定湿度で同じで計算したためである。部分・間欠冷房では、よりも全館平均湿度は全館空調（全館除湿）の設定湿度よりも高くなるため、温度同様に設定湿度を全館平均湿度に置き換えると、負荷は小さくなるはずである。

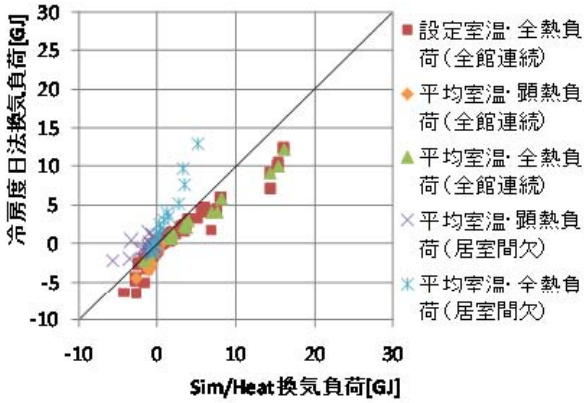


図 3.2.12 冷房期間の換気負荷比較

図 3.2.13 に、Sim/Heat とDD 法による除湿分のみの換気負荷の比較を示す。図を見ると、空調率が同じであれば、両者は比例している。ここで、空調率とは、時間毎の空調室の容積の 1 日（24 時間）積算を、全容積（断熱外皮内側の容積）の 24 時間積算で除したものである。

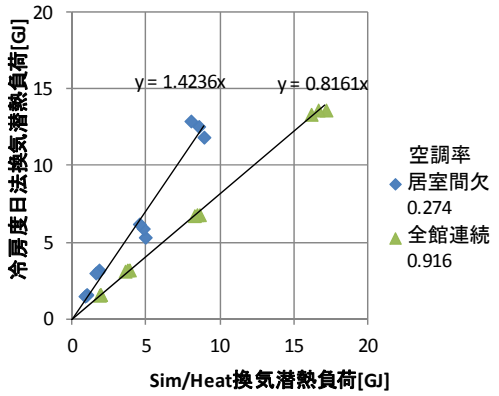


図 3.2.13 冷房期間の換気潜熱負荷比較

$$P = \frac{\sum_{h=1}^{24}\sum_{m=1}^{N}\beta_m^h \cdot V_m}{24\sum_{m=1}^{N}V_m} \qquad (3.2.3)$$

P : 空調率[-]

V_m : m 室の容積[m3]

β^h_m : m 室の h 時の空調状態(空調:1、非空調:0)

N : 部屋数

全館連続空調は空調率 P=1 であるが、計算では断熱外皮内側にある 1・2 階間は空調していない設定のため、空調率 1 になってない。図 3.2.13 の比例定数を、空調率の関数とし、潜熱負荷については DD 法の結果を Sim/Heat による潜熱負荷に近くなるように補正する。補正式を以下に示す。

$$UL' = 0.5537 \cdot e^{0.867P} \cdot UL \qquad (3.2.4)$$

UL' : 補正潜熱分換気負荷[-]

UL : DD 法による潜熱分換気負荷[-]

潜熱分の換気負荷を上式で補正して、顕熱と合わせた換気負荷を図 3.2.14 に示す。補正していない図 3.2.12 と比べると、Sim/Heat と DD 法による換気負荷は近い数値になった。

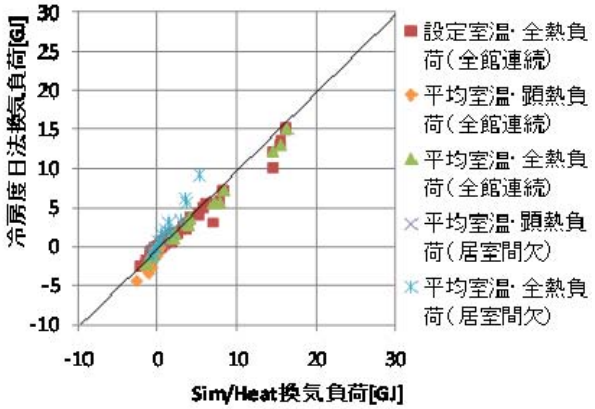
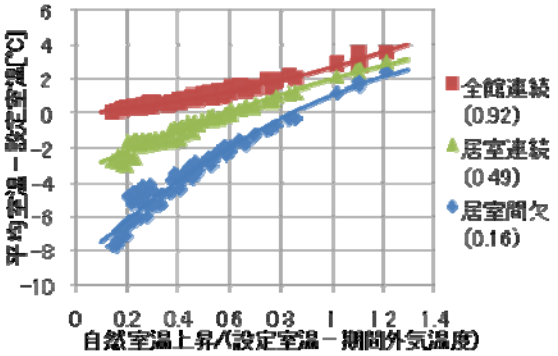


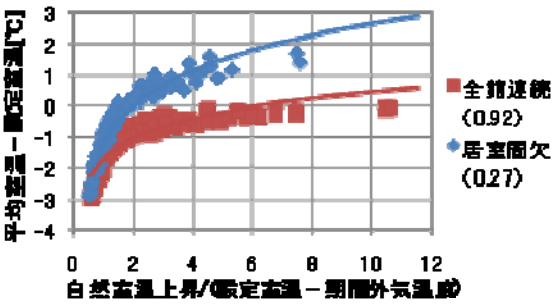
図 3.2.14 房期間の換気負荷比較(潜熱補正)

(4) 平均室温の推定

非空調室や非空調時間の室温は、住宅の断熱性能が高い(熱損失が小さい)ほど、また、内部取得熱が多いほど高くなる。これは、式(3.2.1)(3.2.1')の自然室温上昇と同じである。また、外気温度が低く内外温度差が大きいほど室温の低下は大きくなる。従って、部分間欠暖房時の全館の平均室温は、自然室温上昇を内外温度差で除した値と正の相関があると推察される。図3.2.15 に、Sim/Heat の居室連続および部分間欠空調の暖房及び冷房の各期間の全館平均室温と設定室温の差、DD 法の計算過程で求める式(3.2.1)(3.2.1')自然室温上昇を設定室温と期間平均外気温度(表 3.2.5 参照)の差で割った値の関係を示す。図を見ると、空調率が同じであれば、自然室温上昇の内外温度差比と、全館平均室温に相関があることがわかる。全館空調では、全室温と設定室温が同じになるので、縦軸は 0 となるはずであるが、暖房期間は 0 よりも大きくなっている。これは、横軸(自然室温上昇/内外温度差)が大きいと、日中のオーバーヒートで室設定室温より高くなる時間があるためである。



a.暖房期間



b.暖房期間

図 3.2.15 住宅性能・外気条件と平均室温の関係

この図から、平均室温と設定室温の差を以下の関数で近似した。

暖房期間

$$\Delta T_A = k_2 \cdot R_T{}^2 + k_1 \cdot R_T + k_0 \qquad (3.2.5)$$

$$k_i = a_i \cdot P^2 + b_i \cdot P + c_i \quad (i=1\sim3) \qquad (3.2.6)$$

冷房期間

$$\Delta T_A = k_1 \cdot Ln(R_T) + k_0 \qquad (3.2.5')$$

$$k_i = d_i \cdot P + e_i \quad (i=0,1) \qquad (3.2.6')$$

ΔTA　　:平均室温と設定室温Tdの差
RT　　:自然室温上昇/(設定室温-期間平均外気温)

係数		ai	bi	ci	di	ei
ki	i=2	-1.9622	8.6939	-5.0117		
	i=1	10.423	-27.134	17.529	-1.122	1.9267
	I=0	-10.251	22.535	-12.11	-0.8628	-0.8278

図に近似式から求められるΔ T_A(平均室温－設定室温)を示した。冷房期間はΔ T_A が大きいときにずれが生じているが、最大 0.5 度程度の差であるので、換気負荷に大きな影響は生じないと考えられる。

上式から平均室温を求め、DD 法における負荷計算式の設定室温を平均室温に補正することで、部分間欠暖房の換気負荷を算出できる。ただし、暖房期間に設定室温より室温が高いとき、冷房期間に設定室温より低いときは負荷が発生しないので、設定室温は補正しない。負荷計算式(2)を部分間欠空調の設定室温補正を加えると以下となる。

$$Q_H = 0.0864 \overline{U_T} \left| \sum_{if\{\ \}>0} \{(T_d + \Delta Ta - \Delta T_r) - T_0\} \right| \qquad (3.2.7)$$

$$\Delta Ta = MIN(\Delta T_A, 0)$$

上式は暖房期間の場合であり、冷房期間は、if{ }<0 の期間の積算となり、設定室温の補正は

$$\Delta Ta = MAX(\Delta T_A, 0)$$

となる。

(5) 自然（隙間）換気量の推定

機械換気の強制給気と強制排気量のバランスや、住宅の気密性能(相当隙間面積)や内外温度差によって変化する隙間換気量を推定するため、それらをパラメータとした換気量計算を行い、それらの関係を把握する。ここで、隙間換気量とは、機械換気量より増加する(加算される)換気量である。換気量の計算には換気回路網計算 Ventsim を用いた。

表 3.2.8 計算ケース

気密性能(相当隙間面積)	C0	0 cm^2/m^2
	C2	2 cm^2/m^2
	C5	5 cm^2/m^2
内外温度	全室一定	外気:30,20,10,0,-10 内部:20 一定
	各室別	表8
換気量比	S00E10	給気 0:排気 1
	S05E10	給気 0.5:排気 1
	S10E10	給気1:排気1
	S10E05	給気1:排気 0.5
	S10E00	給気1:排気 0
換気回数※	Q03	0.3 回/h
	Q05	0.5 回/h
	Q10	1.0 回/h

※　　機械換気の換気量比 1 （最大の方）の換気回数

表 3.2.9 各室別温度の場合の設定

温度パラメータ

外気	設定①(空調)	設定②(非空調)		
30	25		25	30
	20	20	25	30
0	10	0	5	10
	20	10	15	20
	30	20	25	30

部屋毎の設定パターン

No	居間(LDK)	居室※	非居室※
Ⅰ	設定①		設定②
Ⅱ	設定①	設定②	
Ⅲ	設定②	設定①	設定②

居室は、寝室、和室、子供室1・2
非居室は、洗面室、浴室、ﾄｲﾚ、ｸﾛｰｾﾞｯﾄ

1) Ventsim 計算条件

住宅モデルおよび機械換気の経路は図 3.2.6 の事業主基準モデルとした。表 3.2.7 にパラメータとした計算条件を示す。機械換気量比を変えても、壁面の自然給気口等は設定していない。従って、相当隙間面積 0 のときに、給気または排気の換気量比が 0 のときは、換気は生じない。隙間は、各階の高さを 5 等分して壁面に均等に与えた。隙間の n 値は 1/0.6 とした。

2) 内外温度差と換気量

図 3.2.16 に、機械給気:機械排気＝1:1、全室一定温度の場合の、内外温度差と隙間換気量を示す。相当隙間面積 C が同じであれば、機械換気量(換気回数)が異なっても、隙間換気量は同じである。これは、機械換気が 0 のときでも内外温度差により生じる温度差換気である。機械給気:機械排気＝1:1 のときは、この温度差換気が機械換気に足されることになる。図 3.2.17 に、図 3.2.18 の横軸を内外空気密度差の 1/n 乗にして示す。図を見ると、隙間換気量は内外密度差の 1/n 乗に比例するがわかる。

図 3.2.20 に、各室別温度の場合の容積平均内部温度を求め、それも含めて同様に内外温度差の 1/n 乗と隙間換気量の関係を示す。図を見ると、全室一定温度に比べるとばらつきがあり、相当隙間面積 C=5 のときには大きい誤差で 10m^3/h 程度ある。しかし、機械換気量が 0.5 回/h 相当あるとすると、隙間換気も合わせた全体換気量に対する誤差は 5%程度である。

3) 相当隙間面積と温度差換気量

図 3.2.19 の比例定数(隙間換気量/内外空気密度差^(1/n))と相当隙間面積の関係を図 3.2.20 に示す。ただし、隙間換気量は住宅の床面積が異なると変化するので、相当隙間面積同様に、1m^2 あたりにした。また、機械給気量:機械給気量＝1:1 および機械給気量が 0 のときに生じる隙間換気を、以下、温度差換気量と呼ぶ。温度差換気量は、相当隙間面積に比例している。この図から、住宅の相当隙間面積と、内外空気密度差を指定すると、1m^2 あたりの温度差換気量が求められる。

4) 機械給気と機械排気のバランスと換気量

機械給気:機械排気＝1:1では、換気量によらず機械換気量より温度差換気量分が増加す

る。しかし、機械給気の割合が多くなり、強制給気に近づくほど、強制給気した分だけ隙間から排気されるので、機械換気量に加えられる隙間換気量は減少すると考えられる。また、強制排気に近づくほど、排気で減圧される分だけ隙間から給気されるので、これも機械換気量に加えられる隙間換気量は減少すると考えられる。図 3.2.22 に、この概念を示す。以上から、機械給気:機械排気＝1:1のときに加えられる自然換気量を加えられる隙間換気の最大値として、これを基準とした隙間換気量と、機械給気および機械排気の換気量割合の関係を図 3.2.23 に示す。図を見ると、機械給気量と機械排気量の差が温度差換気量の 2 倍のとき、隙間換気量は 0 で、全体換気量と機械換気量は同じとなる。また、機械給気量と機械排気量の差が自然換気量と同じ時、隙間換気量は自然換気量の 0.5 倍となるので、全体換気量は、機械換気量にこの自然換気量の 0.5 倍が加えられる。つまり、図 3.2.21 から推定される温度差換気量と、図 3.2.24 から、機械換気量に加えられる隙間換気量も推定することができる。以上の隙間換気量推定式を以下に示す。

$$\Delta V_N = 0.8187 \cdot C \cdot \Delta \rho^{1/1.6667}$$

$$V_T = \mathrm{MAX}(V_S, V_E) + \Delta V_N \cdot S_F \cdot P$$

$$\begin{cases} \Delta V_M = 0 & P = 1 \\ \Delta V_M < 2 \cdot \Delta V_N & P = 1 - 0.5 \cdot \Delta V_M / \Delta V_N \\ \Delta V_M \geqq 2 \cdot \Delta V_N & P = 0 \end{cases}$$

$\Delta V_M = |V_S - V_E| / S_F$

V_S :強制給気量[m^3/h]

V_E :強制排気量[m^3/h]

ΔV_N:1m^2あたり温度差換気量[(m^3/h)/m^2]

C :相当隙間面積[cm^2/m^2]

S_F :延床面積[m^2]

ただし、住宅の隙間分布が異なる場合には隙間換気量は変わることが考えられるため、2 階建てで隙間が高さ方向に均一に分布していると想定される住宅にのみ適用できる。

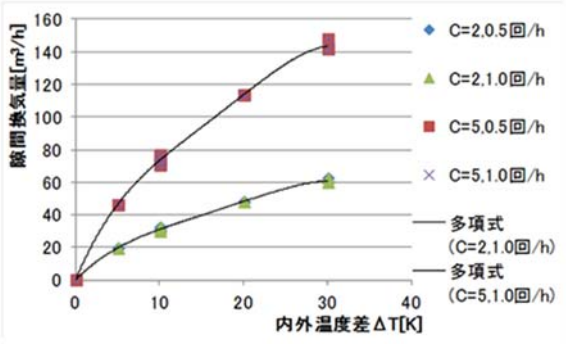


図 3.2.16 内外温度差と隙間換気量

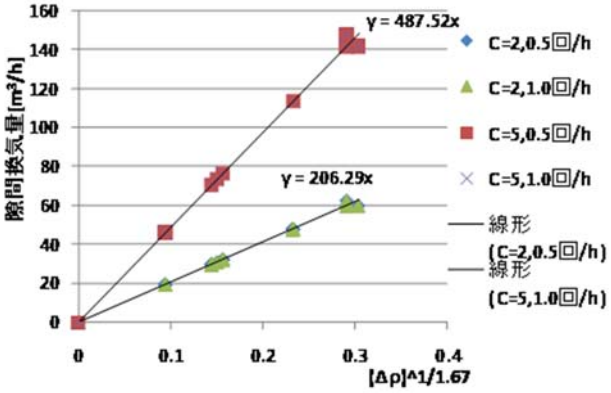


図 3.2.17 内外空気密度差と隙間換気量

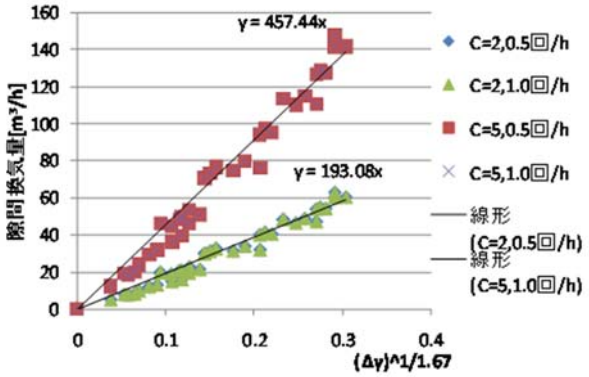


図 3.2.18 内外空気密度差と隙間換気量

（各室別温度設定含む）

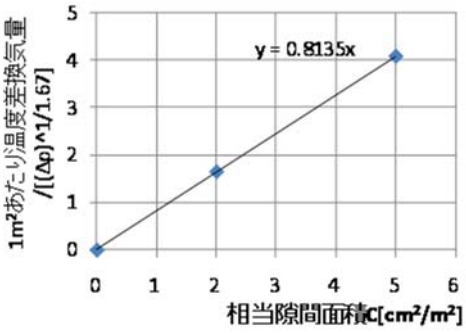


図 3.2.19 相当隙間面積と温度差換気量

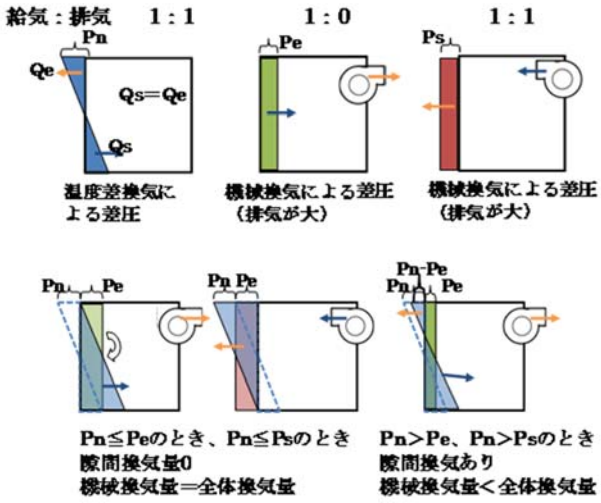


図 3.2.20　機械換気と隙間換気の関係

(6) 評価法の作成

以上の DD 法および隙間換気量の予測手法を用いて、住宅性能や部分・間欠空調、隙間換気量の影響を考慮した換気にかかるエネルギーを計算できるソフトを作成した。

図 3.2.21 にソフト内の計算のフロー、図 3.2.22～図 3.2.24 にソフトの表示画面に示す。

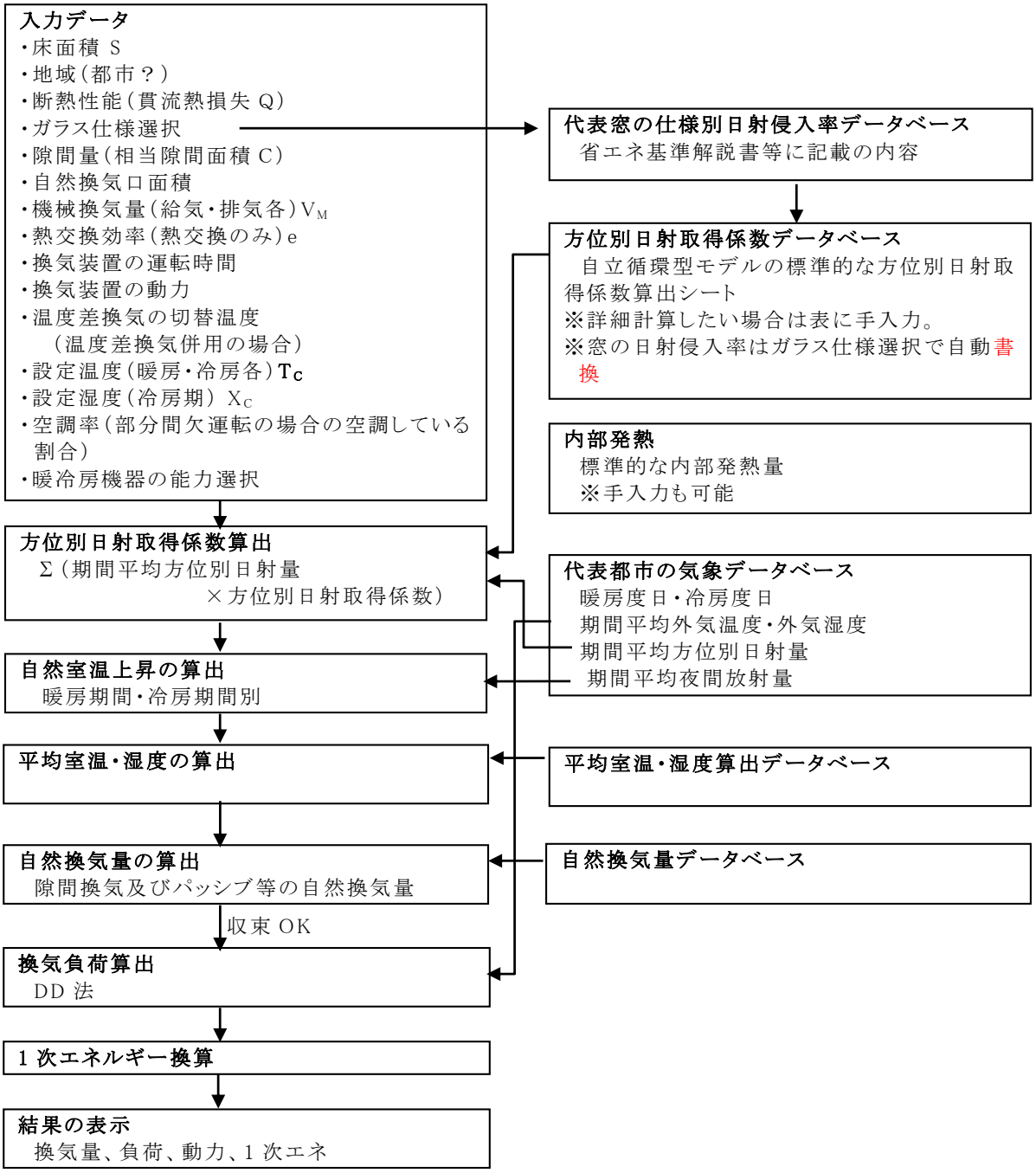


図 3.2.21 換気エネルギー評価ソフトの計算フロー

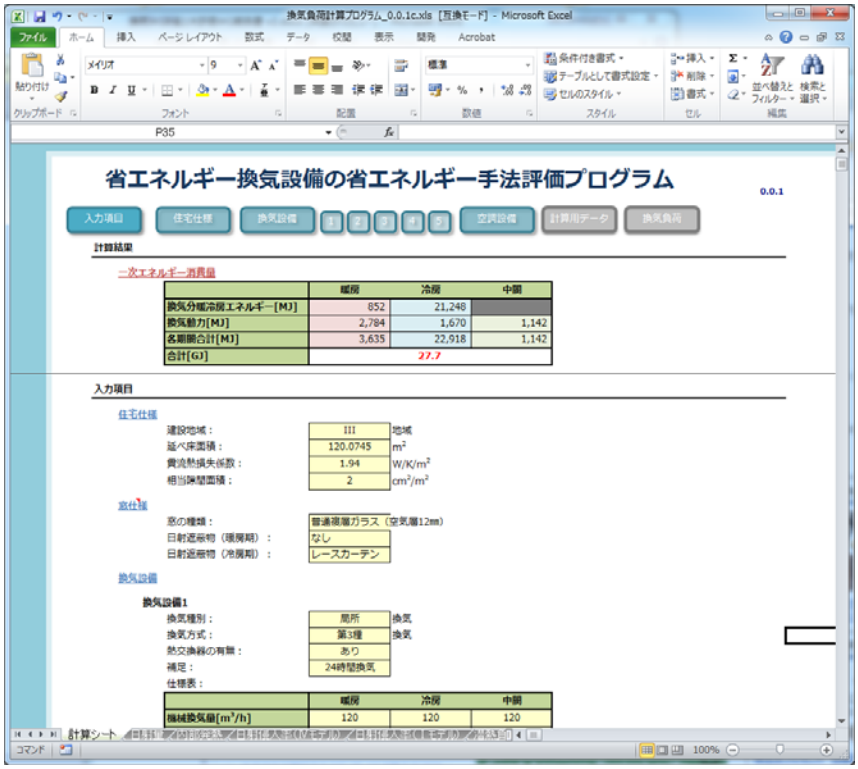


図 3.2.22　表紙

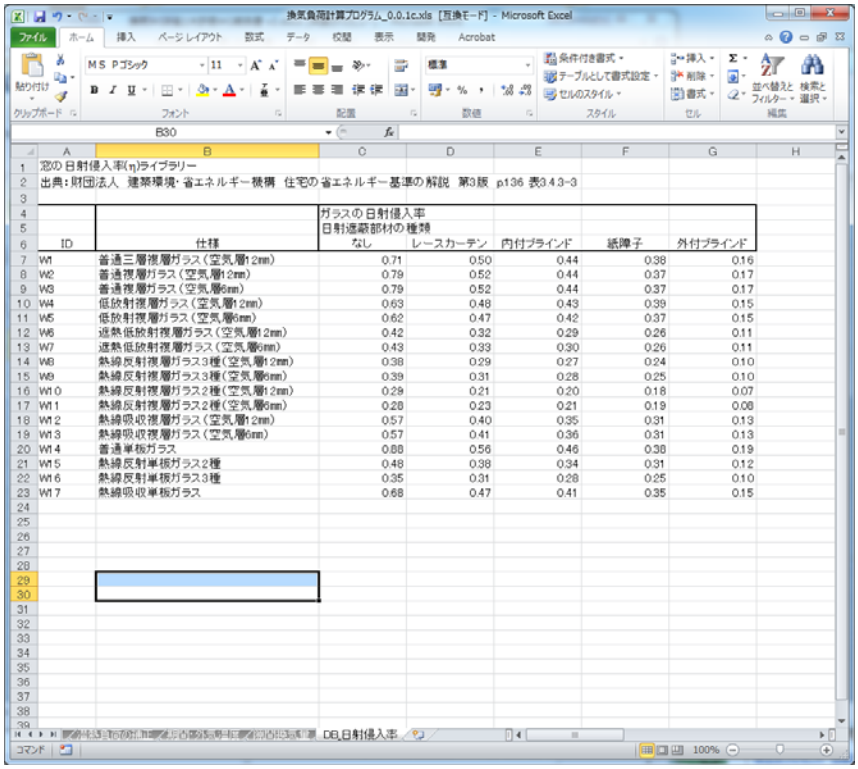
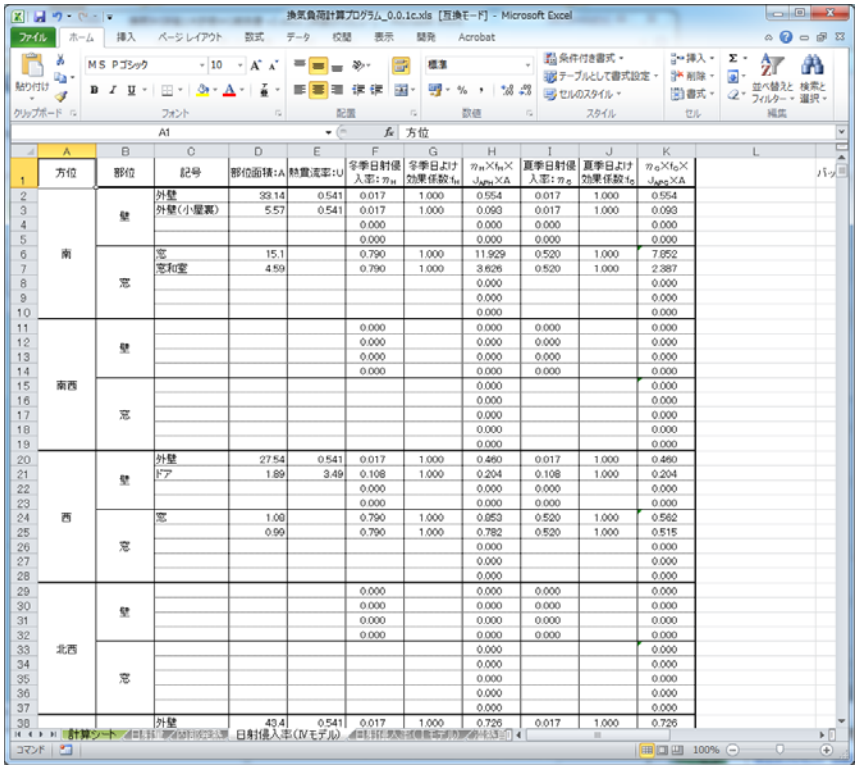


図 3.2.23　日射侵入率ライブラリ



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	方位	部位	記号	部位面積：A	熱貫流率：U	冬季日射侵入率：η_H	冬季日よけ効果係数：f_H	$\eta_H \times f_H \times \nu_{ARS} \times A$	夏季日射侵入率：η_S	夏季日よけ効果係数：f_S	$\eta_S \times f_S \times \nu_{ARS} \times A$	
2	南	壁	外壁	33.14	0.541	0.017	1.000	0.554	0.017	1.000	0.554	
3			外壁(小壁裏)	5.57	0.541	0.017	1.000	0.093	0.017	1.000	0.093	
4						0.000		0.000	0.000		0.000	
5						0.000		0.000	0.000		0.000	
6		窓	窓	15.1		0.790	1.000	11.929	0.520	1.000	7.852	
7			窓和室	4.59		0.790	1.000	3.626	0.520	1.000	2.387	
8								0.000			0.000	
9								0.000			0.000	
10								0.000			0.000	
11	南西	壁				0.000		0.000	0.000		0.000	
12						0.000		0.000	0.000		0.000	
13						0.000		0.000	0.000		0.000	
14						0.000		0.000	0.000		0.000	
15		窓						0.000			0.000	
16								0.000			0.000	
17								0.000			0.000	
18								0.000			0.000	
19								0.000			0.000	
20	西	壁	外壁	27.54	0.541	0.017	1.000	0.460	0.017	1.000	0.460	
21			ドア	1.89	3.49	0.108	1.000	0.204	0.108	1.000	0.204	
22						0.000		0.000	0.000		0.000	
23						0.000		0.000	0.000		0.000	
24		窓	窓	1.09		0.790	1.000	0.853	0.520	1.000	0.562	
25				0.99		0.790	1.000	0.782	0.520	1.000	0.515	
26								0.000			0.000	
27								0.000			0.000	
28								0.000			0.000	
29	北西	壁				0.000		0.000	0.000		0.000	
30						0.000		0.000	0.000		0.000	
31						0.000		0.000	0.000		0.000	
32						0.000		0.000	0.000		0.000	
33		窓						0.000			0.000	
34								0.000			0.000	
35								0.000			0.000	
36								0.000			0.000	
37								0.000			0.000	
38			外壁	43.4	0.541	0.017	1.000	0.726	0.017	1.000	0.726	

図 3.2.24　日射侵入率データベース

3.2.4 まとめと課題

換気分野においては、省エネルギー型換気設備の省エネルギー手法の評価手法の提案のため、住宅全体の換気量および暖冷房負荷について解析とそのとりまとめ、換気全般にかかる情報の収集・整理として、AIVC のデータベースを利用した情報の収集と整理およびVENTSIM のプリ／ポストのユーザーI/F に関する検討、局所換気にかかるエネルギー消費に関する検討として、局所換気にかかるエネルギー消費量の試算、既実施のアンケート調査の精査、局所換気利用の全般換気の換気性能等の計算を実施した。しかし、積み残しの課題も残り、今後の検討において下記の項目について対応することが必要と考える。

実測関連
DCV および熱交換型換気設備の性能についての暖冷房まで含めた検討
熱交換型換気設備の熱交換性能に関する精査

省エネ評価関連
作成したプログラムの精査
作成したプログラムによるケーススタディ
作成したプログラムの機能拡張（換気設備や暖冷房方式の種類の拡張）

情報収集関連
収集した情報の取りまとめと情報発信

局所換気関連
精査しきれていないアンケート調査の整理の継続
計算を実施した局所換気の全般換気の換気性能に関するとりまとめ

3.3 給湯・コージェネの試験方法に関する検討

3.3.1 はじめに

本章では 3.3.1～3.3.6 において、家庭用の給湯・コージェネレーション設備について、実使用を考慮した M1 スタンダードモードによる新しい効率評価方法を構築する。

3.3.2 実使用を考慮した試験条件の設定

実住戸における給湯の消費は散発的でランダム的な様相を呈する出湯が集合して全体の複雑な負荷挙動を生成する。また単なる湯としての消費以外に、浴槽における熱ロスによる追焚負荷も発生する。旧来の安定領域の効率のみを評価する試験方法から、現状ではこうした使用実態を部分的に再現した評価手法が提案されるようになっており、実使用下における効率改善について一定の成果があったものと推測される。特に、自立循環プロジェクトで規定された「修正 M1 モード」は、従来になかった日変動の概念を導入し、貯湯式給湯機などの学習機能を有する機種の効率評価を可能にし、それに続く研究において重要な役割を果たしたものと考える。しかしながら現状では実使用に関して更なる知見が蓄積されてきており、さらなる改良が求められていた。以下では、既往評価の特徴と課題を示し、検討の方針を整理する。

(1) 検討の目的と概要

1) 既往の給湯評価手法の特徴と問題点

a 修正M1モード

自立循環型住宅の研究において開発された評価方法である。住宅建築事業主の判断基準に用いられるなどの実績がある。

- 瞬間式・貯湯式を含めたあらゆる給湯機の効率試験が可能。
- 代表6日　全30日からなる複数日モードであり、学習機能のある貯湯式の試験が可能。
- 代表6日の負荷分布が左右非対称であり、日数の多い平日が大・小2日しかなく不自然。
- 1回の出湯（消費行為）が最低2L であり、5分に1つの消費行為しか割り当てていないなど、給湯消費の細かい特性（後述のミクロ特性）の再現は必ずしも十分でない。
- 浴槽追焚を考慮していない。また浴槽湯はりの湯量も 150L と少ない。

b ふろ給湯標準使用モード

JIS S 2072「家庭用ガスふろがま・石油ふろがまの標準使用条件・標準加速モド及び試験条件」に定められており、近くモード熱効率として製品に表記させる予定である。

- 本来はガス・石油給湯機用の単日モードだが、ヒートポンプ給湯機にも準用されてい

る。

・　給湯水栓部分は実測結果より、消費行為のミクロ特性を詳細に再現している。

・　季節条件は中間期のみ（雰囲気温度 20℃ 給水温度 15℃）

なお、浴槽負荷について、アンケートと実測から詳細に検討しているが、若干根拠に曖昧なところがある。ただし、浴槽負荷を想定しているのは冬期条件のみ。また、自動保温ではなく4回の追焚を想定した。

		用途別湯消費量 [L/日]					合計		7日移動	
		台所	浴室（湯はり）	浴室（シャワー）	洗面	洗濯	浴室合計	合計	平均	標準偏差
1日	休日不在(大)	10	150	200	20		350	380		
2日	休日在宅(大)	200	150	200	100		350	650		
3日	平日(大)	120	150	140	60		290	470		
4日	平日(小)	100	150	80	50		230	380		
5日	平日(大)	120	150	140	60		290	470		
6日	平日(小)	100	150	80	50		230	380		
7日	平日(大)	120	150	140	60		290	470		
8日	休日不在(小)	10	0	200	30		200	240	437.1	125.1
9日	休日在宅(小)	160	150	140	100		290	550	422.9	100.0
10日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	422.9	100.0
11日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	422.9	100.0
12日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	422.9	100.0
13日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	422.9	100.0
14日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	422.9	100.0
15日	休日不在(大)	10	150	200	20		350	380	442.9	65.2
16日	休日在宅(大)	200	150	200	100		290	650	457.1	96.2
17日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	444.3	100.1
18日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	457.1	96.2
19日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	444.3	100.1
20日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	457.1	96.2
21日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	444.3	100.1
22日	休日不在(大)	10	150	200	20		350	380	444.3	100.1
23日	休日在宅(大)	200	150	200	100		350	650	444.3	100.1
24日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	457.1	96.2
25日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	444.3	100.1
26日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	457.1	96.2
27日	平日(小)	100	150	80	50		230	380	444.3	100.1
28日	平日(大)	120	150	140	60		290	470	457.1	96.2
29日	休日不在(小)	10	0	200	30		200	240	437.1	125.1
30日	休日在宅(小)	160	150	140	100		290	550	422.9	100.0
1ヶ月モード	平均	106	140	138	58		276	442		
	標準偏差	53	38	46	23		46	100		

代表日	30日内の日数	台所	浴室（湯はり）	浴室（シャワー）	洗面	洗濯	合計
休日在宅(大)	3日	200	150	200	100	$\mu+2\sigma$	650
休日在宅(小)	2日	160	150	140	100	$\mu+\sigma$	550
平日(大)	11日	120	150	140	60	μ	470
平日(小)	9日	100	150	80	50	$\mu-\sigma$	380
休日不在(大)	3日	10	150	200	20	$\mu-\sigma$	380
休日不在(小)	2日	10		200	30	$\mu-2\sigma$	240

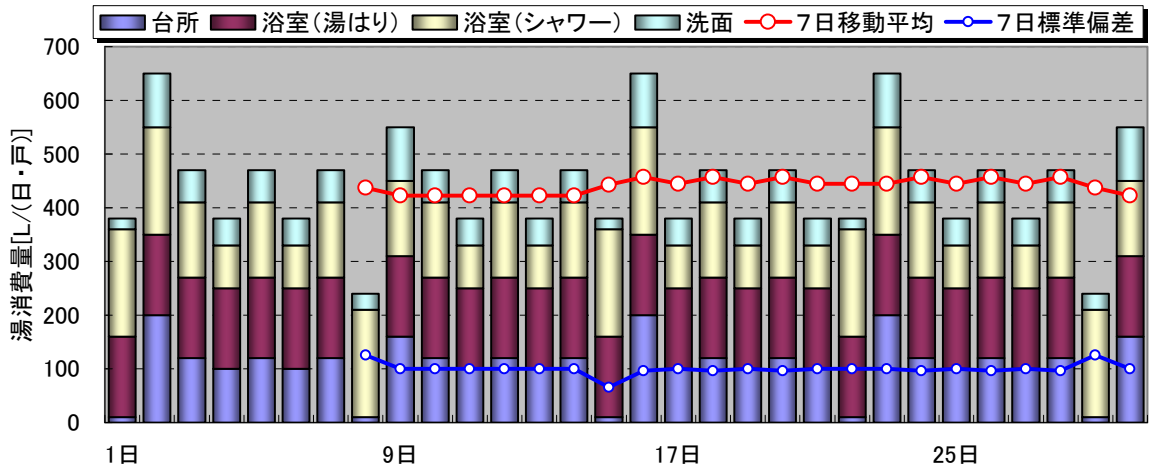


図 3.3.1 修正M1モード（4人世帯） 給湯部分

家電・照明 [kWh/日]	熱負荷 [MJ/日] 冷房 全室	暖房 LD+K	暖房 個室	空調電力 [kWh/日] 冷房 全室	暖房 LDK	暖房 個室	電力合計 [kWh/日] 中間期 家電・照明	夏期 家電+冷房	冬期 温水暖房なし	冬期 温水暖房あり	温水暖房 [MJ/日] LD+K
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
12.68	131.80	190.29	211.67	12.20	17.62	19.60	12.68	24.88	49.90	32.28	190.29
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	19.29	109.86	99.46	1.79	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	61.40	67.64	40.76	5.69	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	19.29	109.86	99.46	1.79	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
12.68	95.88	132.65	177.70	8.88	12.28	16.45	12.68	21.55	41.41	29.13	132.65
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	19.29	109.86	99.46	1.79	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	61.40	67.64	40.76	5.69	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	19.29	109.86	99.46	1.79	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
12.68	131.80	190.29	211.67	12.20	17.62	19.60	12.68	24.88	49.90	32.28	190.29
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
12.68	131.80	190.29	211.67	12.20	17.62	19.60	12.68	24.88	49.90	32.28	190.29
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
12.68	95.88	132.65	177.70	8.88	12.28	16.45	12.68	21.55	41.41	29.13	132.65

10.94	45.07	88.45	81.71	4.17	8.19	7.57	10.94	15.38	26.70	18.51	88.45
1.04	40.51	53.52	64.60	3.75	4.96	5.98	1.04	4.63	11.78	6.93	53.52

エアコンCOP=3を仮定

家電・照明 [kWh/日]	熱負荷 [MJ/日] 冷房 全室	暖房 LD+K	暖房 個室	空調電力 [kWh/日] 冷房 全室	暖房 LDK	暖房 個室	電力合計 [kWh/日] 中間期 家電・照明	夏期 家電+冷房	冬期 温水暖房なし	冬期 温水暖房あり	温水暖房 [MJ/日] LD+K
12.68	131.80	190.29	211.67	12.20	17.62	19.60	12.68	24.88	49.90	32.28	190.29
12.68	95.88	132.65	177.70	8.88	12.28	16.45	12.68	21.55	41.41	29.13	132.65
10.96	61.40	109.86	99.46	5.69	10.17	9.21	10.96	16.64	30.34	20.17	109.86
10.96	19.29	67.64	40.76	1.79	6.26	3.77	10.96	12.75	21.00	14.73	67.64
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00
9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	9.15	9.15	9.15	0.00

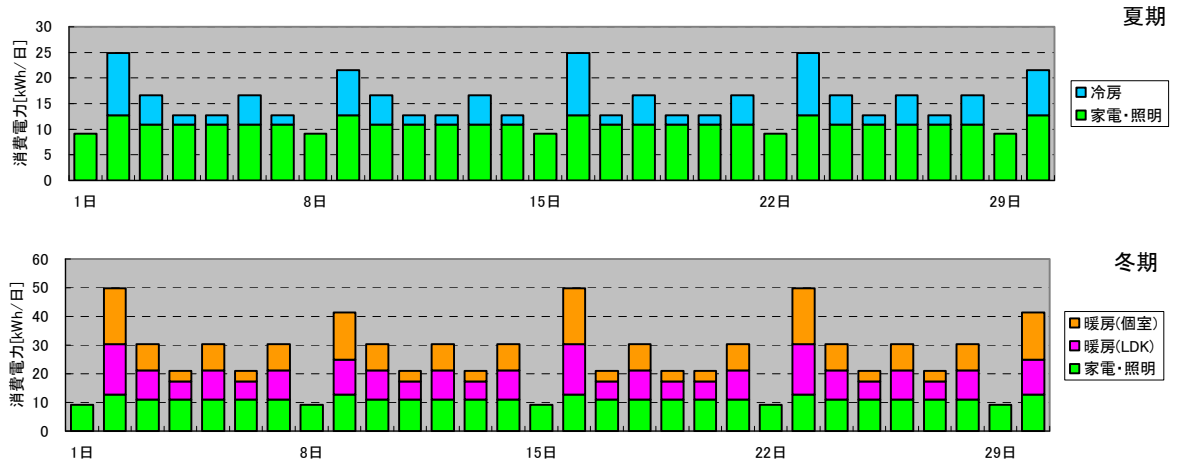


図 3.3.2 修正M1モード（4人世帯） 電力・暖冷房部分

修正M1(4人世帯)

平日(大) 時刻	量[L]	水栓	平日(小) 時刻	量[L]	水栓	休日在宅(大) 時刻	量[L]	水栓	休日在宅(小) 時刻	量[L]	水栓	休日外出(大) 時刻	量[L]	水栓	休日外出(小) 時刻	量[L]	水栓
06:30	3	洗面	06:30	3	洗面	07:15	10	洗面	07:15	10	洗面	06:30	2	洗面	06:30	3	洗面
06:35	3	洗面	06:35	3	洗面	07:55	10	洗面	07:55	10	洗面	07:45	2	洗面	07:45	3	洗面
07:15	5	台所	07:15	5	台所	08:10	10	洗面	08:10	10	洗面	08:00	2	洗面	08:00	3	洗面
07:20	10	台所	07:20	10	台所	08:30	10	台所	08:30	10	台所	08:15	2	洗面	08:15	3	洗面
07:25	3	洗面	07:25	3	洗面	08:35	10	台所	08:35	10	台所	08:45	10	台所	08:45	10	台所
07:30	3	洗面	07:30	3	洗面	08:40	10	洗面	08:40	10	洗面						
08:25	3	洗面	08:25	3	洗面							20:00	6	洗面	20:00	9	洗面
09:30	3	洗面	09:30	2	洗面	11:55	12	洗面	11:55	12	洗面						
10:15	3	洗面	10:15	2	洗面	12:45	20	台所	12:45	15	台所	20:30	150	浴槽			
						12:50	20	台所	12:50	15	台所						
12:45	5	台所	12:45	5	台所	12:55	20	台所	12:55	20	台所	20:50	25	シャワー	20:50	25	シャワー
12:50	10	台所	12:50	10	台所							20:55	25	シャワー	20:55	25	シャワー
13:45	3	洗面	13:45	2	洗面	16:00	9	洗面	16:00	9	洗面						
												21:15	25	シャワー	21:15	25	シャワー
16:00	3	洗面	16:00	2	洗面	17:05	25	シャワー	17:05	25	シャワー	21:20	25	シャワー	21:20	25	シャワー
17:15	3	洗面	17:15	2	洗面	17:10	25	シャワー	17:10	25	シャワー	21:45	2	洗面	21:45	3	洗面
18:00	3	洗面	18:00	2	洗面	17:15	3	洗面	17:15	3	洗面						
18:15	3	洗面	18:15	2	洗面							22:00	25	シャワー	22:00	25	シャワー
						18:00	3	洗面	18:00	3	洗面	22:05	25	シャワー	22:05	25	シャワー
19:15	3	洗面	19:15	2	洗面	18:25	12	洗面	18:25	12	洗面	22:15	2	洗面	22:15	3	洗面
19:20	3	洗面	19:20	2	洗面												
19:25	3	洗面	19:25	2	洗面	19:30	20	台所	19:30	15	台所	22:30	25	シャワー	22:30	25	シャワー
						19:35	20	台所	19:35	15	台所						
20:15	15	台所	20:15	10	台所	19:40	20	台所	19:40	15	台所	22:35	25	シャワー	22:35	25	シャワー
20:20	15	台所	20:20	10	台所	19:45	20	台所	19:45	15	台所	23:00	2	洗面	23:00	3	洗面
20:25	15	台所	20:25	10	台所	19:50	20	台所	19:50	15	台所						
20:30	15	台所	20:30	10	台所	19:55	20	台所	19:55	15	台所						
20:35	15	台所	20:35	15	台所												
20:40	15	台所	20:40	15	台所	20:45	150	浴槽	20:45	150	浴槽						
20:45	150	浴槽	20:45	150	浴槽	21:15	25	シャワー	21:15	25	シャワー						
						21:20	25	シャワー	21:20	25	シャワー						
20:55	20	シャワー	20:55	20	シャワー	21:45	5	洗面	21:45	5	洗面						
21:00	3	洗面	21:00	3	洗面												
						22:00	25	シャワー	22:00	10	シャワー						
21:25	25	シャワー	21:25	10	シャワー	22:05	25	シャワー	22:05	10	シャワー						
21:30	25	シャワー	21:30	10	シャワー	22:10	5	洗面	22:10	5	洗面						
21:45	3	洗面	21:45	3	洗面												
						22:30	25	シャワー	22:30	10	シャワー						
22:00	10	シャワー	22:00	10	シャワー	22:35	25	シャワー	22:35	10	シャワー						
22:05	10	シャワー	22:05	10	シャワー	23:00	11	洗面	23:00	11	洗面						
22:15	3	洗面	22:15	3	洗面												
22:30	25	シャワー	22:30	10	シャワー												
22:35	25	シャワー	22:35	10	シャワー												
23:00	3	洗面	23:00	3	洗面												
23:05	3	洗面	23:05	3	洗面												
合計	470	L	合計	380	L	合計	650	L	合計	550	L	合計	380	L	合計	240	L
行為数	38	回	行為数	38	回	行為数	32	回	行為数	32	回	行為数	18	回	行為数	17	回

図 3.3.3 修正 M1 消費行為の展開

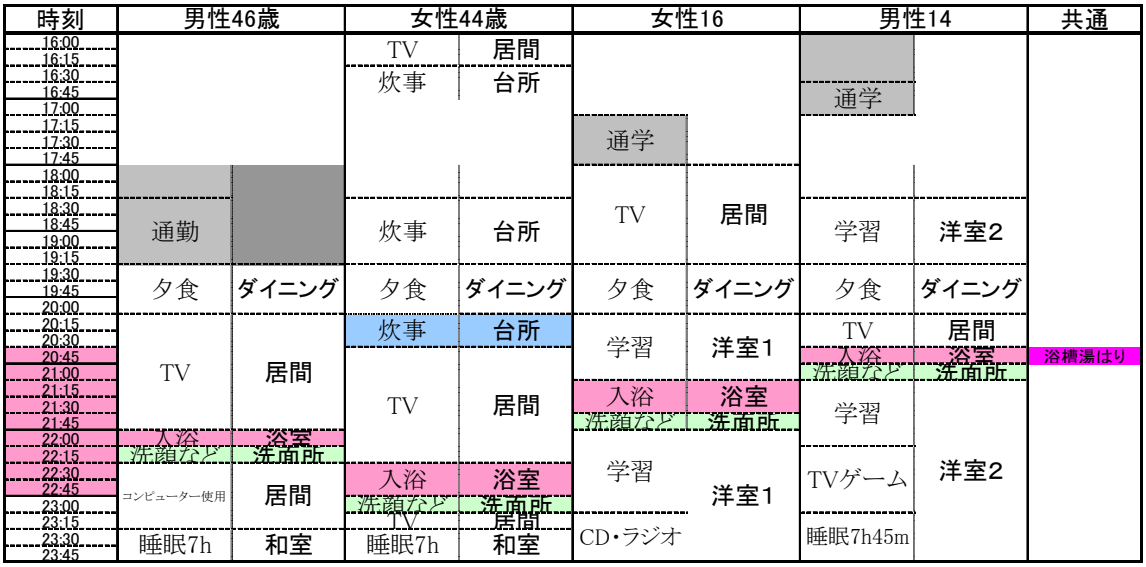
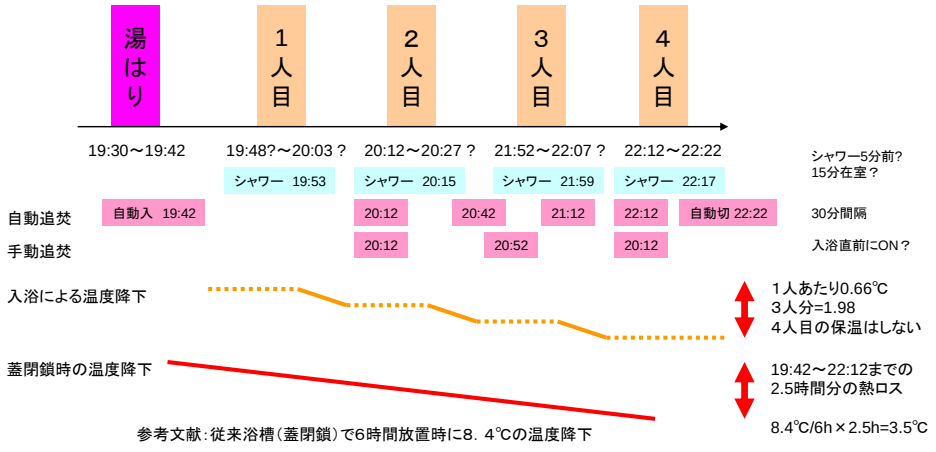


図 3.3.4 修正 M1 の入浴関係スケジュール

表 3.3.1　JIS S 2072 におけるふろ給湯標準使用モード

表 A.1－給湯付ふろがま（自動保温付機器）のふろ給湯標準使用モード（浴槽水入替日：6日／週）

用途	開始時刻	継続時間 (s)	開始前停止時間 (s)	使用流量 a) (L/分)	使用量 (L)	用途	開始時刻	継続時間 (s)	開始前停止時間 (s)	使用流量 a) (L/分)	使用量 (L)
洗面	6:45:00	120	－	5	10.00	台所	19:57:00	30	120	5	2.50
	6:47:30	10	30	5	0.83		19:58:00	10	30	5	0.83
	6:48:10	10	30	5	0.83		20:03:10	30	300	5	2.50
	6:49:20	10	60	5	0.83		20:04:10	10	30	5	0.83
	6:50:00	10	30	5	0.83		20:04:50	10	30	5	0.83
台所	8:00:00	60	4 190	5	5.00	自動追だき	20:12:00	110 s c) 1.36 ℃ d) 1.02 MJ d)		－	－
	8:01:30	10	30	5	0.83	シャワー	20:15:00	300	600	10	50.00
	8:02:10	10	30	5	0.83	台所	20:21:00	10	60	5	0.83
	8:12:20	300	600	5	25.00		20:21:40	10	30	5	0.83
	8:19:20	30	120	5	2.50		20:22:20	10	30	5	0.83
	12:45:00	60	15 910	5	5.00		20:23:00	10	30	5	0.83
	12:46:30	10	30	5	0.83	自動追だき	20:42:00	110 s c) 1.36 ℃ d) 1.02 MJ d)		－	－
	12:47:10	10	30	5	0.83		21:12:00	57 s c) 0.7 ℃ d) 0.53 MJ d)		－	－
	12:52:20	120	300	5	10.00		21:42:00	57 s c) 0.7 ℃ d) 0.53 MJ d)		－	－
	12:55:20	30	60	5	2.50	洗面	21:45:00	120	4 910	5	10.00
	18:00:00	60	18 250	5	5.00		21:47:30	10	30	5	0.83
	18:01:30	10	30	5	0.83		21:48:10	10	30	5	0.83
	18:03:40	60	120	5	5.00		21:48:50	10	30	5	0.83
	18:09:40	60	300	5	5.00	シャワー	21:59:00	120	600	10	20.00
	18:11:10	10	30	5	0.83	洗面	22:01:30	10	30	5	0.83
	18:11:50	10	30	5	0.83		22:02:10	10	30	5	0.83
	18:12:30	10	30	5	0.83	自動追だき	22:12:00	110 s c) 1.36 ℃ d) 1.02 MJ d)		－	－
	18:17:40	30	300	5	2.50	シャワー	22:17:20	300	900	10	50.00
	18:18:40	10	30	5	0.83	洗面	22:24:20	30	120	5	2.50
	18:19:20	10	30	5	0.83		22:25:50	10	60	5	0.83
湯はり b)	19:30:00	720	4 230	15	180.00		22:28:00	60	120	5	5.00
台所	19:45:00	120	180	5	10.00		22:30:00	10	60	5	0.83
	19:47:30	30	30	5	2.50						
シャワー	19:53:00	120	300	10	20.00						



入浴による温度降下 1.98℃
蓋閉鎖時の温度降下 3.5℃
↓
合計 5.48℃
↓
湯量180L換算で4.12MJ
（入浴分 1.49MJ　蓋閉鎖時2.63MJ）

課題
・4人目の入浴による温度降下を考慮していない
・0.66℃の根拠　入浴時間が短い目である
・蓋閉鎖時の温度降下を線形仮定している

・入浴閉鎖時温度降下と蓋閉鎖時温度降下が重複している
実情に合わせた新たな入浴スケジュールが必要に

図 3.3.5　JIS S 2072 の浴槽保温負荷の根拠と課題

2）構築する手法の方針

既往の給湯機試験モードの課題を解決するため、本検討では M1 スタンダードモードによる試験方法を構築する。主な方針は以下の通り。

- 修正 M1 のように複数日モードとし、給湯暖房併用機種やコージェネレーションまでの試験評価に対応できるようにする。一方で、修正 M1 のマクロ特性のバランスを改善する。
- JIS ふろ給湯標準使用モードにおける消費行為のミクロ特性の再現状況に近づける。
- 修正 M1 において実装されていない浴槽保温負荷を評価可能とする。
- JIS ふろ給湯標準使用モードにおける浴槽保温条件を参考にしつつ、曖昧な根拠を明確化。
- 3季節ごとの負荷条件を用意する。世帯校正は 4 人を原則として、1～3 人まで対応する。
- 消費のマクロ・ミクロ特性の根拠は、最新の実測結果・アンケート調査結果を参照する。

なお、後述するように給湯消費は暖冷房などと異なり微小な消費が重なりあって1日・期間の消費を形成していく特徴がある。このため、本年度においては実資料の詳細な把握と再現に務めることとし、計測方法の短縮化などはガス・石油瞬間式などの形式に限定して検討した。

(2) 水栓負荷の検討

1）検討の概要

給湯の消費は住戸差が大きいと予測されることから、できるだけ多くのサンプル数を確保することが求められる。ここでは、財団法人ベターリビング「新時代の省エネ型給湯設備の計画・評価手法に関する研究」で計測されたデータを元に分析を行う。

用いたデータは、給湯機の内部制御信号を 3 秒間隔でロギングすることで流量センサーや温度センサーの追加設置を行うことなく、給湯消費の詳細を簡便に計測することができる手法である。また計測期間は各住戸で1年行われていたため、季節変動等の分析も可能となっている。

地域	東京・名古屋・大阪
使用給湯機	2000年以降のN社製ガス瞬間式給湯機
計測方法	専用の計測器によりガス給湯機の内部信号を受信・記録
計測期間	平成18年2月から平成19年9月（分析には1年分を抽出）
計測項目	**浴槽**（湯はり、足し湯）・**水栓**（シャワー、台所、洗面所） **追焚き**・給湯流量（3秒おき）・給湯継続時間・入水温度 給湯設定温度・風呂設定温度等



図 3.3.6 給湯機の内部データロギングによる計測方法

計測時の住戸特性を示す(図 3.3.7)。全体で 171 戸と給湯の詳細計測データとしては従来にないサンプル数を確保できている。集合住宅が半数以上であるが、給湯消費に影響が多いのは建物種類や床面積よりも世帯人数と考えられるので、特に区別せずに用いることとした。

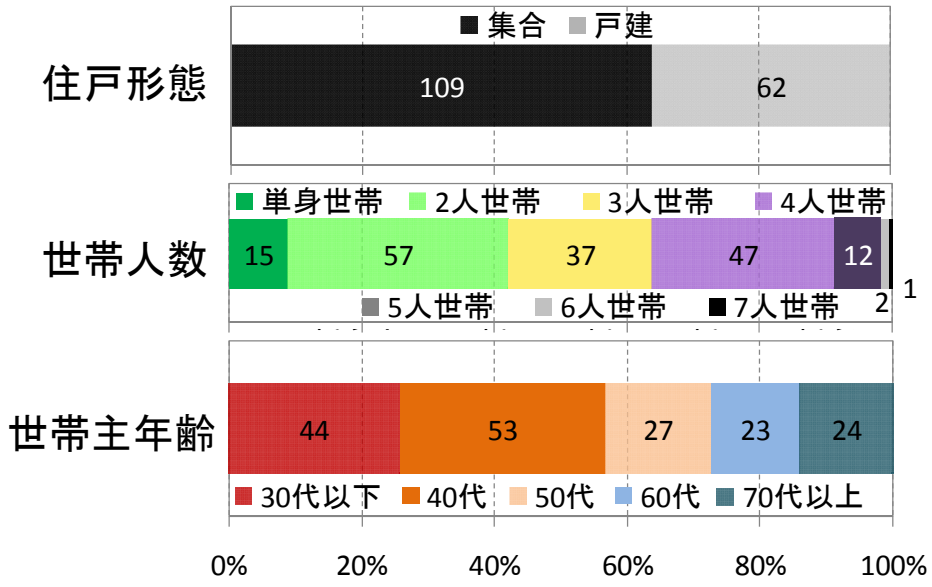


図 3.3.7 給湯詳細データの住戸特性

各住戸の年間を通した1日あたりの平均湯消費量を示す(図 3.3.8)。湯量は全て 40℃換算に補正してある。世帯人数が増えるに従って湯消費は増加している。4 人世帯の平均は 376[L/日]と従来の調査で平均とされる 450[L/日]よりもやや少なめである。浴槽湯量が一般的な1杯 180L 程度の値に比べると少なめの住戸が多く、浴槽入浴を毎日行わないと住戸が多いことが影響しているものと考えられる。

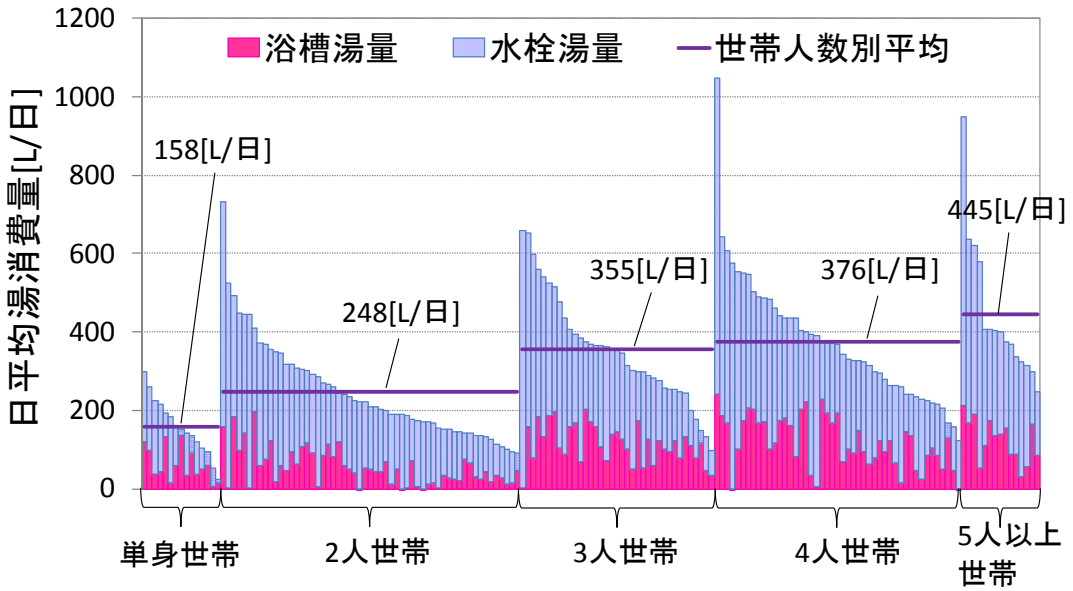


図 3.3.8 給湯詳細データにおける世帯人数別の湯消費量

2）給湯モード策定のフロー

給湯消費は、1日の中でのごく短時間の出湯が重なりあうという、他の用途と比べて際立って特殊な発生状況を呈する。その個々の消費がまとまって、時刻ごとの分布、1日の消費量、期間での消費量平均につながる。このため、給湯の消費の整理においては、1回1回の出湯（以下、消費行為）の細かい特性を「マクロ特性」、消費行為がまとまって示される特性を「マクロ特性」と区別して整理することにする。

- 消費行為：1回の水栓開閉に伴う、時間的に連続した消費

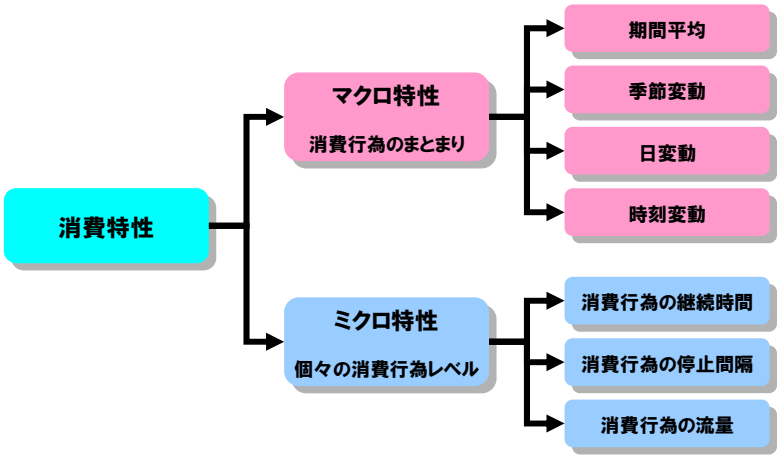


図 3.3.9　給湯消費のマクロ特性とミクロ特性

前述の171住戸の詳細実測データより消費行為のミクロ特性の実態を抽出し、継続時間・流量による消費行為の分類や行為回数等の設定を行う。ついで、自立循環生活スケジュールやアンケート結果から抽出された入浴時間体のデータを組み合わせ、M1 スタンダードモードを実装する。

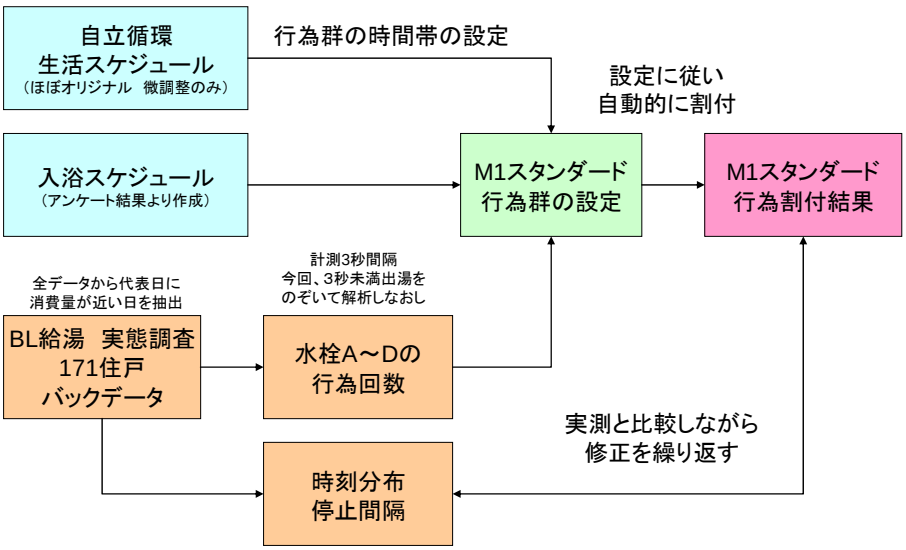


図 3.3.10　M1 スタンダードの条件設定フロー

3）代表日における湯消費の設定

前述のマクロ特性に属する期間平均や日変動等は、沸上量を日々制御している貯湯式給湯機の効率に特に大きな影響を与える。従来の修正 M1 モードにおいては4・3・2人の各世帯構成について、それぞれ湯消費量の期間平均と日々の変動（標準偏差）の値が設定されていた。

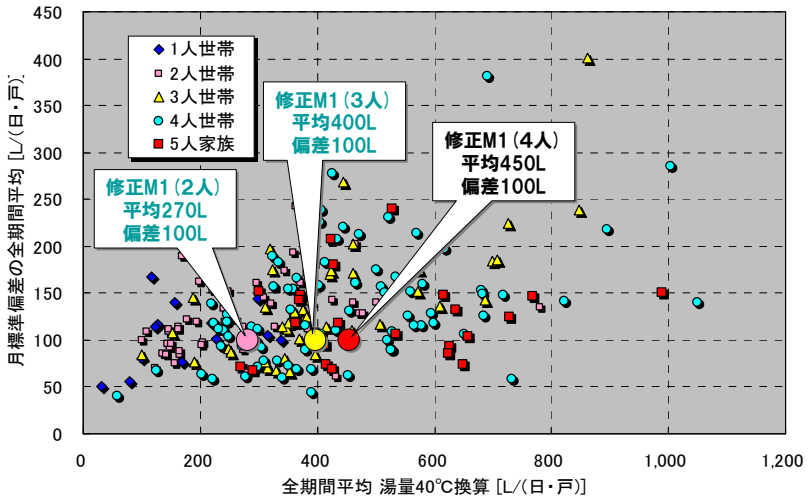


図 3.3.11　修正 M1 モード　4・3・2人モードにおける平均と標準偏差

前述のとおり、修正 M1 モードは 2004 年の作成以降に様々な実験に供された実績があり、多くの実測結果等との比較からも平均・偏差の設定については一定の信頼がおけるものと考えられる。そのため、今回の M1 スタンダードモードにおいても、平均・標準偏差については修正 M1 の値をそのまま用いることとした（修正 M1 に設定のない1人世帯のみ追加）。

また、修正 M1 では代表日として構成平日(大)・平日(小)・休日在宅(大)・休日在宅(小)・休日外出(大)・休日外出(小)の6日が設定されていたが、M1 スタンダードでは日数が多い平日の再現性を改善するため、平日（中）を追加する一方、休日外出については1日にまとめることとした。

表 3.3.2　M1 スタンダードの代表6日と世帯人数別消費量の割当（単位：L/日）

	31 日の発生頻度	統計的意味	4人世帯	3人世帯	2人世帯	1人世帯
平均			450	400	270	180
標準偏差			100	100	100	70
休日在宅（大）	2	平均＋2偏差	650	600	470	320
休日在宅（小）	4	平均＋偏差	550	500	370	250
平日(大)	3	平均＋偏差	550	500	370	250
平日(中)	13	平均	450	400	270	180
平日(小)	7	平均 － 偏差	350	300	170	110
休日外出	2	平均 － 2偏差	250	200	70	40

4）消費行為の分類と回数・時刻分布の分析

前述のマクロ特性は貯湯式給湯機の効率に大きな影響を与える。一方で、ガス・石油瞬間式のように出湯する度に燃焼を繰り返す給湯機については、次に上げるような出湯の継続時間・停止間隔・流量が大きな影響を及ぼす。

- 継続時間[秒]：1回水栓を開放してから止めるまでの時間　短いと効率が低下する傾向
- 停止間隔[秒]：前の消費行為から次に出湯するまでの時間　長いと放熱ロスが増え効率が低下
- 流量[L/min]：出湯している際の湯の出の勢い　小流量だと効率が低下する傾向

実住戸での湯消費はこれらのミクロ特性が複雑にランダム的な様相をもって発生しており、異なる住戸で異なるのはもちろんとして、同一住戸でも日々異なる挙動をしている。そのため、これらのミクロ特性の詳細を完全に再現することは実際には不可能である。

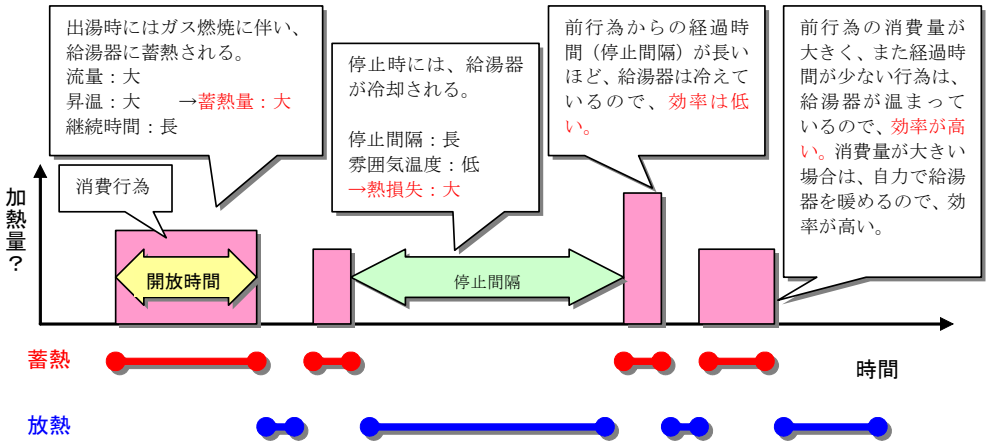


図 3.3.12　消費のミクロ特性が瞬間式給湯機の効率に与える影響

そのため本研究では、まず効率に大きな影響を与える「継続時間」と「流量」に従って、個々の消費行為を以下のように区分することとした。

- 消費行為A　継続時間＜90[秒]　流量＜8[L/min]　台所・洗面の短時間出湯を想定
- 消費行為B　継続時間＞90[秒]　流量＜8[L/min]　台所・洗面の長時間出湯を想定
- 消費行為C　継続時間＜90[秒]　流量＞8[L/min]　シャワーの短時間出湯を想定
- 消費行為D　継続時間＞90[秒]　流量＞8[L/min]　シャワーの短時間出湯を想定

ついで、A～Dに分類された消費行為が1日の中でどのように発生していたかを分析した。171住戸それぞれ1年分のべ約6万日の内から、前述の代表6日の消費量に近い日について抽出し、1日に何回発生しているか、どの時刻に発生しているかを整理した。

なお、浴槽湯はりについては別にアンケート等から分析を行うため、本分析においては除外している。

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日在宅（大）	行為数	水栓A	0.2	0.1	0.5	1.9	3.6	4.2	3.6	2.6	2.0	2.0	1.9	1.6	1.5	1.7	3.0	4.3	4.1	4.1	4.0	3.6	2.9	1.8	0.9	0.5	56.7
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1	0.1	6.0
		水栓C	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.7	0.8	1.1	1.4	1.3	1.0	0.5	0.3	0.1	10.1
合計 650L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.5	0.7	0.6	0.5	0.3	0.2	0.1	4.3
浴槽 180L		水栓A～D	0.3	0.1	0.6	2.3	4.4	5.1	4.3	3.2	2.5	2.5	2.3	2.0	1.8	2.1	3.6	5.6	5.6	6.3	6.6	5.9	4.8	3.0	1.5	0.7	77.0
水栓 470L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.01	0.01	0.05	0.11	0.18	0.25	0.29	0.33	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.54	0.61	0.69	0.76	0.83	0.89	0.94	0.98	0.99	1.00	
1991		水栓B	0.01	0.01	0.01	0.03	0.09	0.16	0.21	0.25	0.28	0.30	0.33	0.36	0.38	0.40	0.45	0.51	0.59	0.69	0.78	0.86	0.92	0.97	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.09	0.12	0.15	0.17	0.19	0.21	0.22	0.24	0.26	0.29	0.36	0.43	0.54	0.68	0.81	0.91	0.97	0.99	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.04	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.28	0.34	0.45	0.61	0.74	0.87	0.95	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.01	0.04	0.10	0.17	0.22	0.26	0.30	0.33	0.36	0.38	0.41	0.43	0.48	0.55	0.63	0.71	0.79	0.87	0.93	0.97	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.21	0.45	0.67	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.4	0.2	0.9	3.7	7.5	9.6	7.7	5.4	4.1	3.9	4.1	3.5	3.0	3.2	5.8	8.6	9.6	10.7	10.4	9.2	7.4	4.4	2.1	1.1	126.5
	[L/日]	水栓B	0.9	0.1	0.6	2.1	6.8	6.9	4.7	3.8	2.7	2.9	3.2	2.9	2.5	2.5	4.5	7.4	12.0	16.3	13.1	9.2	9.2	6.6	3.1	2.0	126.1
		水栓C	0.1	0.0	0.1	1.0	1.3	1.8	1.6	1.6	1.1	1.0	0.7	0.7	0.7	0.9	1.9	4.2	4.3	7.2	9.0	8.6	6.9	3.8	1.9	0.5	61.0
		水栓D	0.5	0.1	0.7	6.0	8.6	4.3	3.6	3.0	2.2	1.8	1.6	1.5	1.3	1.6	3.2	7.9	8.2	19.0	23.5	17.0	15.4	10.6	6.3	2.7	150.5
		水栓A～D	1.9	0.5	2.3	12.8	24.2	22.5	17.6	13.8	10.2	9.6	9.5	8.6	7.5	8.3	15.4	28.1	34.1	53.1	55.9	44.1	39.0	25.4	13.4	6.3	464.1
		浴槽	0.0	0.1	1.4	0.2	0.6	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.1	1.1	2.6	6.1	22.3	40.4	39.7	30.3	13.3	8.5	4.1	0.8	0.1	0.1	172.8
	湯量累積	水栓A	0.00	0.01	0.01	0.04	0.10	0.18	0.24	0.28	0.31	0.34	0.38	0.40	0.43	0.45	0.50	0.57	0.64	0.73	0.81	0.88	0.94	0.97	0.99	1.00	
		水栓B	0.01	0.01	0.01	0.03	0.08	0.14	0.18	0.21	0.23	0.25	0.28	0.30	0.32	0.34	0.37	0.43	0.53	0.66	0.76	0.83	0.91	0.96	0.98	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.24	0.31	0.38	0.50	0.64	0.78	0.90	0.96	0.99	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.13	0.16	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.27	0.32	0.37	0.50	0.65	0.77	0.87	0.94	0.98	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.01	0.04	0.09	0.14	0.18	0.21	0.23	0.25	0.27	0.29	0.30	0.32	0.35	0.42	0.49	0.60	0.72	0.82	0.90	0.96	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.21	0.44	0.67	0.84	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.1	1.9	1.8	2.0	2.1	2.3	2.1	2.1	2.0	1.9	2.1	2.1	2.0	1.9	2.0	2.0	2.3	2.6	2.6	2.6	2.6	2.4	2.3	2.4	2.2
	[L/回]	水栓B	28.4	16.9	15.8	20.9	19.4	15.1	15.7	17.1	18.2	18.8	17.0	19.6	19.4	16.8	17.6	20.0	24.2	28.0	23.9	20.4	22.8	25.0	24.4	29.5	20.6
		水栓C	4.7	12.3	3.8	4.9	4.9	4.8	5.3	5.1	5.2	4.8	4.6	4.5	5.2	4.9	5.7	6.1	5.7	6.4	6.3	6.6	6.8	7.1	6.9	6.9	5.8
		水栓D	35.7	38.9	39.7	45.4	52.0	41.2	41.8	39.6	38.7	38.1	40.3	34.6	37.2	38.3	32.8	34.1	33.6	39.1	34.0	30.0	29.3	30.9	38.1	45.0	37.9
		水栓A～D	6.9	3.8	3.9	5.5	5.5	4.4	4.1	4.3	4.1	3.9	4.1	4.3	4.2	3.9	4.2	5.1	6.1	8.5	8.4	7.4	8.1	8.6	9.1	9.2	5.7
		浴槽		148.8	207.4	222.8	183.9	185.8	134.6	133.8	170.2	147.7	70.1	175.5	198.3	171.7	181.4	179.9	186.4	193.8	189.2	178.9	165.1	124.9	57.1	74.3	160.1

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日在宅（小）	行為数	水栓A	0.1	0.1	0.7	1.9	3.2	3.3	2.9	2.3	1.8	1.8	1.8	1.4	1.2	1.5	2.4	3.7	3.6	3.5	3.4	2.8	2.4	1.5	0.7	0.2	48.2
平日（大）	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	4.5
		水栓C	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6	0.8	1.1	1.5	1.2	0.7	0.3	0.1	0.0	8.9
合計 550L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.5	0.6	0.6	0.4	0.2	0.1	0.0	3.7
浴槽 180L		水栓A～D	0.2	0.1	0.8	2.3	3.9	4.0	3.5	2.8	2.1	2.2	2.1	1.7	1.4	1.8	3.0	4.7	5.0	5.5	6.0	4.9	3.8	2.3	1.0	0.3	65.4
水栓 370L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.12	0.19	0.25	0.30	0.34	0.38	0.41	0.44	0.47	0.50	0.55	0.62	0.70	0.77	0.84	0.90	0.95	0.98	1.00	1.00	
3505		水栓B	0.00	0.01	0.02	0.04	0.10	0.17	0.22	0.26	0.29	0.32	0.35	0.37	0.39	0.41	0.45	0.50	0.58	0.68	0.78	0.86	0.93	0.97	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.22	0.24	0.25	0.29	0.35	0.44	0.56	0.73	0.86	0.94	0.98	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.02	0.05	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.24	0.29	0.36	0.48	0.65	0.81	0.91	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.02	0.05	0.11	0.17	0.23	0.27	0.30	0.34	0.37	0.39	0.41	0.44	0.49	0.56	0.64	0.72	0.81	0.89	0.94	0.98	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.09	0.22	0.40	0.65	0.85	0.93	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.2	0.2	1.3	3.5	6.6	7.4	6.3	4.9	3.6	3.5	3.6	2.8	2.3	2.7	4.5	7.4	7.9	9.1	8.7	7.0	5.7	3.4	1.3	0.5	104.5
	[L/日]	水栓B	0.4	0.3	0.7	2.2	4.4	4.7	3.8	2.7	2.0	2.0	2.2	1.6	1.4	1.6	2.6	4.6	6.8	10.1	9.3	7.2	5.8	4.0	2.0	0.7	83.2
		水栓C	0.1	0.1	0.2	0.9	1.4	1.4	1.7	1.2	0.7	0.8	0.7	0.7	0.5	0.8	1.9	3.5	4.9	7.0	9.6	8.2	4.9	2.2	1.0	0.3	54.6
		水栓D	0.4	0.2	1.5	5.0	6.4	3.9	4.2	2.8	1.5	1.2	1.2	1.0	0.8	1.2	3.0	5.7	7.5	16.0	20.5	17.1	11.9	6.7	3.4	1.0	124.0
		水栓A～D	1.1	0.8	3.8	11.6	18.7	17.4	16.1	11.6	7.8	7.5	7.7	6.1	5.0	6.3	12.0	21.2	27.1	42.2	48.1	39.5	28.2	16.4	7.8	2.5	366.3
		浴槽	0.1	0.2	2.2	1.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.7	0.6	0.7	1.5	8.0	21.2	31.3	43.6	36.0	13.7	5.2	3.1	0.7	0.2	0.1	171.5
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.05	0.11	0.18	0.24	0.29	0.33	0.36	0.39	0.42	0.44	0.47	0.51	0.58	0.66	0.74	0.83	0.90	0.95	0.98	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.01	0.02	0.04	0.09	0.15	0.20	0.23	0.25	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.39	0.45	0.53	0.65	0.76	0.85	0.92	0.97	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.07	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.24	0.30	0.39	0.52	0.70	0.85	0.94	0.98	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.02	0.06	0.11	0.14	0.17	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.24	0.25	0.28	0.32	0.38	0.51	0.68	0.81	0.91	0.96	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.02	0.05	0.10	0.15	0.19	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.31	0.33	0.36	0.42	0.50	0.61	0.74	0.85	0.93	0.97	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.10	0.22	0.40	0.66	0.87	0.95	0.98	0.99	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.0	2.1	1.8	1.9	2.0	2.2	2.2	2.1	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0	2.2	2.6	2.6	2.5	2.3	2.2	2.0	2.1	2.1
	[L/回]	水栓B	23.1	25.9	16.3	17.9	17.1	15.9	16.0	14.3	16.1	16.7	15.9	16.8	17.8	16.4	16.0	17.4	20.3	22.9	20.7	19.0	20.2	19.8	21.6	23.5	18.7
		水栓C	5.5	6.2	5.1	5.0	5.1	4.9	5.3	5.0	4.9	4.5	4.5	4.8	4.5	5.1	5.8	5.9	6.5	6.3	6.5	6.9	6.9	6.7	6.9	6.6	5.6
		水栓D	27.4	32.8	36.5	40.7	44.2	41.9	54.3	40.6	36.4	30.9	32.6	30.3	35.4	30.6	27.9	29.6	30.2	33.3	32.2	30.1	30.3	32.1	36.3	36.6	34.7
		水栓A～D	6.3	6.5	4.6	5.1	4.8	4.4	4.6	4.1	3.7	3.4	3.7	3.6	3.6	3.6	4.0	4.5	5.5	7.7	8.1	8.0	7.4	7.2	7.9	7.4	5.4
		浴槽	70.8	178.5	204.0	197.7	173.3	176.5	191.7	160.9	160.8	230.0	195.2	191.5	181.1	195.1	179.9	176.0	186.5	190.0	188.3	163.4	122.8	166.8	139.1	73.3	170.5

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
平日（中）	行為数	水栓A	0.1	0.1	0.6	1.8	2.8	2.6	2.2	1.6	1.3	1.4	1.3	1.0	1.0	1.2	2.0	2.9	3.1	3.3	2.9	2.2	1.7	0.9	0.3	0.1	38.5
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	3.1
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	1.1	1.3	0.9	0.5	0.2	0.1	0.0	8.1
合計 450L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	2.6
浴槽 180L		水栓A～D	0.1	0.1	0.7	2.2	3.4	3.2	2.7	1.9	1.6	1.7	1.6	1.2	1.2	1.4	2.6	4.0	4.3	5.1	5.0	3.7	2.7	1.3	0.5	0.2	52.3
水栓 270L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.07	0.14	0.21	0.27	0.31	0.34	0.38	0.41	0.44	0.46	0.50	0.55	0.63	0.71	0.79	0.86	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
5943		水栓B	0.00	0.00	0.02	0.05	0.11	0.17	0.21	0.25	0.27	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.41	0.49	0.56	0.67	0.78	0.87	0.94	0.98	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.07	0.10	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.25	0.27	0.32	0.40	0.49	0.62	0.78	0.90	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.29	0.37	0.53	0.70	0.84	0.93	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.02	0.06	0.12	0.18	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39	0.41	0.44	0.49	0.56	0.65	0.74	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.11	0.25	0.43	0.66	0.87	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.1	0.2	1.1	3.5	5.3	5.6	4.7	3.3	2.5	2.6	2.5	1.9	1.8	2.1	3.7	5.8	6.5	8.2	7.6	5.5	4.2	2.0	0.7	0.2	81.5
	[L/日]	水栓B	0.1	0.1	0.5	1.7	3.1	2.9	2.2	1.6	1.2	1.2	1.3	1.0	0.9	1.0	1.5	4.1	4.4	6.4	6.4	5.4	4.2	2.6	0.7	0.3	54.7
		水栓C	0.1	0.1	0.3	1.1	1.2	1.3	1.4	0.9	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.8	2.1	3.8	4.6	7.1	8.5	6.6	3.7	1.3	0.4	0.1	48.1
		水栓D	0.2	0.1	1.0	2.6	3.6	2.0	1.7	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	0.6	0.8	2.6	5.7	6.9	12.2	13.8	10.1	7.5	3.8	1.6	0.7	81.1
		水栓A～D	0.5	0.4	2.8	8.9	13.2	11.8	10.0	6.7	5.3	5.3	5.0	3.9	3.7	4.6	9.9	19.3	22.3	33.8	36.3	27.5	19.5	9.6	3.4	1.4	265.4
		浴槽	0.1	0.4	1.4	0.7	0.3	0.2	0.2	0.3	0.7	0.6	0.5	0.6	1.2	12.5	24.4	29.2	39.2	35.5	13.2	5.0	1.8	0.4	0.1	0.0	168.6
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.12	0.19	0.25	0.29	0.32	0.35	0.39	0.41	0.43	0.46	0.50	0.57	0.65	0.75	0.85	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.04	0.10	0.15	0.20	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.33	0.34	0.37	0.44	0.53	0.64	0.76	0.86	0.93	0.98	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.08	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.25	0.33	0.43	0.57	0.75	0.89	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.02	0.05	0.09	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.19	0.20	0.23	0.30	0.39	0.54	0.71	0.83	0.93	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.14	0.18	0.21	0.23	0.25	0.26	0.28	0.29	0.31	0.35	0.42	0.50	0.63	0.77	0.87	0.95	0.98	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.12	0.26	0.43	0.67	0.88	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.2	2.1	1.9	1.9	1.9	2.1	2.1	2.1	1.9	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.1	2.5	2.6	2.5	2.5	2.2	2.1	2.1	2.1
	[L/回]	水栓B	17.9	13.4	14.4	15.2	17.1	16.4	15.5	15.0	15.3	15.8	15.4	15.2	15.5	14.7	15.0	17.8	18.0	18.8	18.3	19.1	19.8	20.1	17.8	19.6	16.7
		水栓C	5.4	6.0	5.3	5.1	4.5	4.7	4.8	4.6	4.4	4.0	4.0	4.4	4.1	5.0	5.6	5.8	6.1	6.5	6.6	6.9	6.9	6.5	6.7	5.9	5.4
		水栓D	39.9	30.4	33.3	38.4	42.6	35.0	39.5	33.0	33.3	27.4	28.6	26.9	32.7	32.9	29.3	30.3	30.5	31.4	30.4	29.3	31.4	34.5	33.0	41.2	33.1
		水栓A～D	5.5	4.0	4.2	4.0	3.9	3.7	3.7	3.5	3.4	3.1	3.2	3.2	3.1	3.2	3.8	4.8	5.2	6.6	7.3	7.3	7.3	7.2	7.0	8.7	4.9
		浴槽	130.4	187.0	206.9	211.7	158.9	175.8	123.2	178.0	188.8	237.7	185.2	196.5	160.3	195.4	179.0	175.0	179.0	182.7	177.8	158.4	134.8	116.2	176.5	83.5	170.8

図 3.3.13　4人世帯における水栓の使用状況（その1）

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
平日（小）	行為数	水栓A	0.0	0.0	0.3	1.3	2.5	2.3	1.6	1.1	1.0	1.1	1.0	0.8	0.8	0.9	1.5	2.2	2.4	2.6	2.4	1.8	1.2	0.6	0.2	0.1	29.8
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	2.2
		水栓C	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.6	0.9	1.1	0.9	0.5	0.1	0.0	0.0	6.6
合計 350L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	1.5
浴槽 180L		水栓A～D	0.0	0.0	0.4	1.6	2.9	2.7	2.0	1.3	1.2	1.4	1.2	0.9	0.9	1.1	1.9	3.0	3.3	4.0	4.1	3.0	1.9	0.9	0.3	0.1	40.1
水栓 170L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.00	0.01	0.06	0.14	0.22	0.27	0.31	0.34	0.38	0.41	0.44	0.47	0.50	0.55	0.62	0.70	0.79	0.87	0.93	0.97	0.99	1.00	1.00	
6694		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.05	0.11	0.18	0.22	0.25	0.27	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.41	0.49	0.57	0.68	0.80	0.89	0.95	0.99	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.04	0.08	0.12	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.32	0.38	0.47	0.60	0.77	0.90	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.07	0.09	0.10	0.10	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.19	0.27	0.37	0.52	0.70	0.84	0.93	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.13	0.19	0.24	0.28	0.31	0.34	0.37	0.39	0.41	0.44	0.49	0.56	0.64	0.74	0.84	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.09	0.23	0.42	0.62	0.83	0.94	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.1	0.1	0.7	2.6	4.3	4.3	3.1	2.0	1.7	2.0	1.7	1.3	1.2	1.4	2.4	4.2	4.8	5.8	5.8	4.2	2.9	1.5	0.5	0.1	58.5
	[L/日]	水栓B	0.0	0.0	0.3	0.9	2.5	2.1	1.3	1.0	0.6	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	1.2	2.7	2.9	4.1	4.2	3.6	2.5	1.4	0.4	0.1	34.9
		水栓C	0.0	0.0	0.2	1.0	1.1	1.0	1.1	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6	1.4	2.5	3.4	5.5	7.0	5.7	3.1	0.9	0.3	0.1	37.4
		水栓D	0.0	0.0	0.4	0.8	1.2	0.9	0.6	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	1.5	3.4	4.2	6.8	7.4	5.4	3.7	1.9	1.0	0.3	42.1
		水栓A～D	0.2	0.2	1.6	5.3	9.1	8.3	6.1	3.9	3.0	3.6	3.1	2.4	2.4	3.0	6.5	12.6	15.3	22.1	24.4	18.9	12.3	5.7	2.2	0.6	172.8
		浴槽	0.0	0.1	0.9	0.5	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.2	0.3	0.2	1.1	11.4	23.9	30.9	34.0	35.2	18.3	6.2	2.2	0.3	0.1	0.0	167.1
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.01	0.06	0.13	0.20	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.41	0.43	0.45	0.49	0.56	0.64	0.74	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.04	0.11	0.17	0.21	0.24	0.25	0.28	0.30	0.31	0.32	0.34	0.37	0.45	0.53	0.65	0.77	0.87	0.94	0.98	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.24	0.31	0.40	0.54	0.73	0.88	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.08	0.10	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.19	0.27	0.37	0.53	0.71	0.83	0.92	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.04	0.09	0.14	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.34	0.41	0.50	0.63	0.77	0.88	0.95	0.98	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.09	0.24	0.42	0.63	0.84	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	1.9	1.6	2.0	1.9	1.7	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.9	2.0	2.2	2.4	2.4	2.5	2.5	2.1	1.7	1.9
	[L/回]	水栓B	16.5	19.1	14.8	13.0	17.2	15.1	13.2	14.4	13.8	12.7	13.0	12.6	13.6	12.6	15.6	16.1	16.2	16.4	16.6	17.3	19.1	18.3	18.5	21.3	15.7
		水栓C	5.3	4.2	5.0	4.5	4.1	3.9	4.3	4.1	3.7	3.7	3.5	3.7	3.8	4.8	5.4	5.6	6.2	6.4	6.2	6.6	6.5	6.7	7.4	7.3	5.1
		水栓D	24.5	26.6	33.8	34.0	31.5	28.8	28.1	26.9	27.0	22.4	24.1	27.2	28.6	26.4	26.2	27.1	28.5	29.4	27.9	25.7	27.0	30.1	31.8	28.8	28.0
		水栓A～D	3.9	3.3	3.9	3.2	3.1	3.1	3.0	2.9	2.6	2.7	2.7	2.6	2.6	2.8	3.4	4.3	4.7	5.6	6.0	6.2	6.3	6.6	7.1	5.7	4.1
		浴槽		212.3	203.8	194.7	195.3	120.7	195.0	162.1	183.7	145.7	200.8	131.0	181.8	195.2	180.2	177.8	176.8	179.6	179.3	165.8	154.1	113.2	149.3	243.2	175.7

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日外出	行為数	水栓A	0.1	0.1	0.4	1.6	2.6	2.3	1.8	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.3	2.0	2.3	2.4	2.6	2.4	2.0	1.8	1.2	0.4	0.2	34.3
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	3.3
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0	5.1
合計 250L		水栓D	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	2.1
浴槽 0L		水栓A～D	0.1	0.1	0.6	2.0	3.1	2.8	2.2	1.7	1.5	1.4	1.3	1.1	1.1	1.6	2.5	3.1	3.3	3.8	3.6	3.0	2.6	1.7	0.6	0.2	44.8
水栓 270L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.14	0.21	0.26	0.30	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.50	0.56	0.62	0.69	0.77	0.84	0.90	0.95	0.98	1.00	1.00	
2369		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.05	0.11	0.18	0.23	0.26	0.29	0.32	0.34	0.36	0.38	0.41	0.46	0.52	0.59	0.68	0.78	0.86	0.94	0.98	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.02	0.05	0.09	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.36	0.45	0.54	0.66	0.80	0.89	0.95	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.03	0.07	0.12	0.16	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.29	0.37	0.44	0.54	0.67	0.80	0.89	0.96	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.02	0.06	0.13	0.19	0.24	0.28	0.31	0.35	0.37	0.40	0.42	0.46	0.51	0.58	0.66	0.74	0.82	0.89	0.95	0.98	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.21	0.44	0.67	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.2	0.1	0.9	3.0	4.8	4.5	3.6	2.7	2.6	2.3	2.2	1.9	1.9	2.4	3.6	4.5	5.2	6.1	5.7	5.1	4.5	2.8	0.9	0.4	71.7
	[L/日]	水栓B	0.2	0.1	0.7	2.7	4.3	3.6	2.3	2.2	1.8	1.7	1.3	1.3	1.1	1.5	3.0	4.6	5.0	6.2	6.6	5.9	6.0	3.6	1.3	0.3	67.5
		水栓C	0.1	0.0	0.6	0.6	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	1.2	2.6	2.6	3.6	3.7	3.1	1.8	1.4	0.4	0.1	27.7
		水栓D	0.3	0.2	1.6	4.4	4.7	3.2	2.1	1.7	1.2	0.9	0.7	0.7	0.5	0.7	2.2	5.8	5.4	7.4	8.8	9.0	6.8	5.8	3.3	1.1	78.6
		水栓A～D	0.8	0.5	3.8	10.6	14.8	12.3	8.7	7.2	6.1	5.3	4.6	4.4	3.9	5.1	10.0	17.5	18.2	23.2	24.8	23.0	19.1	13.7	5.9	2.0	245.5
		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.13	0.19	0.24	0.28	0.31	0.34	0.38	0.40	0.43	0.46	0.51	0.57	0.65	0.73	0.81	0.88	0.94	0.98	0.99	1.00	
		水栓B	0.00	0.01	0.02	0.06	0.12	0.17	0.21	0.24	0.26	0.29	0.31	0.33	0.35	0.37	0.41	0.48	0.56	0.65	0.75	0.83	0.92	0.98	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.02	0.05	0.08	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.21	0.23	0.24	0.25	0.30	0.39	0.49	0.62	0.75	0.87	0.93	0.98	0.99	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.03	0.08	0.14	0.18	0.21	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.32	0.39	0.46	0.56	0.67	0.78	0.87	0.94	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.02	0.06	0.12	0.17	0.21	0.24	0.26	0.29	0.30	0.32	0.34	0.36	0.40	0.47	0.54	0.64	0.74	0.83	0.91	0.97	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.20	0.44	0.67	0.85	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.6	2.4	2.0	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	2.0	1.8	1.8	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.4	2.4	2.1	2.4	2.1
	[L/回]	水栓B	34.6	18.5	20.0	23.8	19.7	16.4	16.2	17.8	19.5	20.4	17.7	19.1	17.3	17.1	18.4	23.6	21.1	20.6	20.6	21.7	23.3	26.0	28.1	33.5	21.5
		水栓C	6.6	5.7	6.6	4.4	4.7	4.4	4.5	4.4	4.9	4.0	4.0	4.2	3.9	3.9	4.9	5.7	5.7	5.8	5.4	6.7	6.2	7.3	8.9	6.9	5.4
		水栓D	48.6	55.8	27.2	53.5	45.2	40.7	46.7	43.5	48.4	35.6	33.3	33.8	33.3	34.8	33.4	33.4	33.7	36.0	32.7	33.1	35.6	38.0	48.7	48.7	39.7
		水栓A～D	8.2	6.9	6.2	5.4	4.8	4.3	4.0	4.3	4.0	3.7	3.6	3.8	3.4	3.2	4.1	5.7	5.6	6.2	6.8	7.7	7.4	8.2	10.4	9.2	5.7
		浴槽		148.8	213.1	222.8	183.9	185.8	115.1	133.8	167.2	147.7	70.1	175.5	190.3	172.7	181.6	180.0	186.2	194.3	192.3	177.3	164.0	124.9	57.1	67.3	158.8

図 3.3.14　4人世帯における水栓の使用状況（その2）

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日在宅（大）	行為数	水栓A	0.2	0.1	0.6	1.9	3.5	3.7	3.3	2.5	1.9	2.0	1.9	1.6	1.3	1.6	2.7	4.0	4.0	3.7	3.7	3.3	2.8	1.8	0.8	0.4	53.2
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	5.3
		水栓C	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6	0.8	1.1	1.5	1.3	0.9	0.4	0.2	0.1	9.4
合計 600L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.5	0.7	0.6	0.5	0.3	0.1	0.0	4.1
浴槽 180L		水栓A～D	0.2	0.1	0.7	2.3	4.2	4.5	4.0	3.1	2.3	2.3	2.3	1.9	1.6	1.9	3.3	5.1	5.4	5.8	6.4	5.6	4.5	2.7	1.3	0.5	72.0
水栓 420L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.01	0.02	0.05	0.12	0.19	0.25	0.30	0.33	0.37	0.41	0.44	0.46	0.49	0.54	0.62	0.69	0.76	0.83	0.89	0.94	0.98	0.99	1.00	
2742		水栓B	0.00	0.01	0.01	0.03	0.09	0.17	0.22	0.26	0.28	0.31	0.34	0.36	0.38	0.40	0.44	0.50	0.58	0.68	0.78	0.86	0.92	0.97	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.08	0.12	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.24	0.28	0.34	0.42	0.54	0.70	0.83	0.92	0.97	0.99	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.04	0.08	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.19	0.20	0.23	0.28	0.34	0.46	0.63	0.77	0.89	0.96	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.11	0.17	0.22	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39	0.41	0.44	0.48	0.55	0.63	0.71	0.80	0.87	0.94	0.98	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.08	0.20	0.42	0.67	0.85	0.93	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.3	0.2	1.1	3.7	7.3	8.3	7.2	5.3	3.7	3.6	3.9	3.2	2.6	2.9	5.1	7.9	8.8	9.8	9.6	8.4	6.8	3.9	1.8	0.8	116.2
	[L/日]	水栓B	0.6	0.1	0.6	2.4	5.4	5.9	4.4	3.3	2.2	2.4	2.7	2.2	1.9	1.8	3.6	5.7	9.6	13.1	11.7	8.2	7.5	5.4	2.7	1.2	104.5
		水栓C	0.1	0.0	0.2	0.8	1.2	1.4	1.7	1.4	0.9	0.9	0.7	0.7	0.6	0.7	1.9	3.5	4.8	6.7	9.5	8.5	6.0	3.0	1.5	0.4	57.3
		水栓D	0.4	0.2	1.4	5.6	6.9	4.0	4.4	2.9	1.6	1.3	1.3	0.9	1.0	1.4	3.1	6.5	7.5	18.0	22.6	17.9	14.2	8.6	4.6	1.7	137.9
		水栓A～D	1.4	0.5	3.3	12.6	20.8	19.7	17.7	12.8	8.5	8.2	8.5	7.0	6.1	6.8	13.6	23.6	30.6	47.6	53.4	42.9	34.5	21.0	10.6	4.0	415.8
		浴槽	0.0	0.1	2.1	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1	0.4	0.6	0.3	0.8	1.7	6.3	21.6	36.4	43.8	33.5	14.1	6.1	3.7	0.7	0.2	0.1	173.9
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.01	0.05	0.11	0.18	0.24	0.29	0.32	0.35	0.38	0.41	0.43	0.46	0.50	0.57	0.65	0.73	0.81	0.89	0.94	0.98	0.99	1.00	
		水栓B	0.01	0.01	0.01	0.04	0.09	0.14	0.19	0.22	0.24	0.26	0.29	0.31	0.33	0.34	0.38	0.43	0.52	0.65	0.76	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19	0.20	0.23	0.29	0.38	0.49	0.66	0.81	0.91	0.97	0.99	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.13	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.26	0.31	0.36	0.49	0.66	0.79	0.89	0.95	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.04	0.09	0.14	0.18	0.21	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.35	0.41	0.49	0.60	0.73	0.83	0.91	0.96	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.08	0.20	0.41	0.66	0.86	0.94	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	1.9	1.9	1.8	1.9	2.1	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0	2.2	2.6	2.6	2.5	2.4	2.2	2.2	2.2	2.1
	[L/回]	水栓B	29.8	16.4	17.1	20.0	17.8	15.2	16.4	15.2	16.9	18.7	15.9	18.5	19.4	15.3	16.7	18.4	22.6	25.7	22.2	19.0	20.8	22.4	23.4	27.3	19.6
		水栓C	4.9	8.7	4.6	5.1	5.0	4.9	5.4	5.0	5.2	4.8	4.5	4.7	4.8	5.1	5.9	6.0	6.2	6.2	6.4	6.7	6.8	6.9	6.9	7.0	5.7
		水栓D	32.4	39.9	37.1	42.6	45.2	41.8	48.0	38.8	33.1	28.9	35.1	33.9	34.7	32.9	30.0	30.9	31.0	36.3	32.0	29.9	29.0	31.5	35.9	42.2	35.5
		水栓A～D	6.2	4.2	4.6	5.4	4.9	4.4	4.4	4.2	3.8	3.5	3.8	3.7	3.9	3.6	4.1	4.6	5.7	8.2	8.3	7.6	7.6	7.8	8.3	7.9	5.4
		浴槽	61.4	237.6	197.7	207.0	146.6	156.1	92.5	195.1	170.1	205.1	194.1	173.7	175.4	195.9	181.2	176.8	188.4	191.5	192.1	171.4	142.5	153.9	116.4	74.3	166.5

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日在宅（小）	行為数	水栓A	0.1	0.1	0.7	1.9	3.0	3.0	2.5	2.0	1.6	1.6	1.6	1.2	1.1	1.4	2.3	3.4	3.4	3.4	3.1	2.4	2.0	1.2	0.5	0.1	43.5
平日（大）	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	3.7
		水栓C	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6	0.7	1.2	1.4	1.1	0.6	0.2	0.1	0.0	8.5
合計 500L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	3.1
浴槽 180L		水栓A～D	0.1	0.1	0.8	2.3	3.6	3.5	3.0	2.4	1.9	1.9	1.9	1.5	1.3	1.6	2.9	4.4	4.6	5.4	5.4	4.2	3.2	1.8	0.7	0.2	58.9
水栓 320L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.13	0.20	0.26	0.30	0.34	0.38	0.41	0.44	0.47	0.50	0.55	0.63	0.71	0.78	0.86	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	
4502		水栓B	0.00	0.01	0.02	0.05	0.11	0.17	0.22	0.26	0.29	0.31	0.34	0.36	0.38	0.40	0.44	0.50	0.58	0.68	0.78	0.87	0.94	0.98	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.24	0.26	0.30	0.37	0.46	0.60	0.76	0.89	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.20	0.24	0.30	0.37	0.52	0.69	0.83	0.92	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.02	0.06	0.12	0.18	0.23	0.27	0.30	0.34	0.37	0.39	0.41	0.44	0.49	0.57	0.64	0.74	0.83	0.90	0.95	0.98	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.10	0.23	0.41	0.66	0.87	0.94	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.2	0.2	1.3	3.5	6.0	6.6	5.5	4.1	3.0	3.1	3.2	2.4	2.0	2.5	4.3	6.7	7.3	9.0	8.0	6.0	4.8	2.7	1.0	0.3	93.7
	[L/日]	水栓B	0.2	0.2	0.7	2.0	3.6	3.6	3.0	2.1	1.6	1.7	1.7	1.3	1.1	1.3	1.9	4.3	5.3	8.1	7.2	6.2	4.8	3.1	1.3	0.4	66.9
		水栓C	0.1	0.1	0.2	1.0	1.3	1.3	1.5	1.0	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.8	2.0	3.6	4.7	7.6	9.3	7.4	4.2	1.6	0.6	0.1	51.7
		水栓D	0.2	0.2	1.0	4.1	5.6	2.9	3.1	1.7	1.4	1.0	1.0	0.8	0.7	0.9	2.9	5.5	7.2	14.5	17.1	13.3	9.8	5.2	2.3	0.7	103.2
		水栓A～D	0.7	0.6	3.2	10.6	16.4	14.5	13.1	8.9	6.8	6.5	6.7	5.1	4.3	5.5	11.1	20.2	24.5	39.2	41.6	33.0	23.6	12.7	5.2	1.5	315.6
		浴槽	0.1	0.3	1.7	1.1	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4	0.7	0.7	0.6	1.4	9.9	21.9	30.1	43.4	35.7	12.3	4.9	2.4	0.7	0.1	0.1	169.6
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.12	0.19	0.25	0.29	0.32	0.36	0.39	0.42	0.44	0.47	0.51	0.58	0.66	0.76	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.01	0.02	0.05	0.10	0.15	0.20	0.23	0.25	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.39	0.45	0.53	0.65	0.76	0.86	0.93	0.97	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18	0.19	0.21	0.24	0.31	0.40	0.55	0.73	0.87	0.95	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.11	0.14	0.17	0.18	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.27	0.32	0.39	0.53	0.70	0.83	0.92	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.15	0.19	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.31	0.33	0.36	0.43	0.50	0.63	0.76	0.86	0.94	0.98	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.11	0.23	0.41	0.67	0.88	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.2	2.3	1.9	1.9	2.0	2.2	2.2	2.1	1.9	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	2.0	2.2	2.6	2.6	2.5	2.4	2.2	2.1	2.2	2.1
	[L/回]	水栓B	19.8	24.7	14.7	16.4	17.4	16.4	15.6	14.6	15.7	15.9	15.7	16.9	16.4	16.6	15.2	17.7	19.0	20.7	19.9	19.1	20.3	20.3	20.1	20.3	17.9
		水栓C	5.2	6.7	5.0	5.1	4.9	4.8	5.1	4.7	4.8	4.2	4.3	4.8	4.3	5.0	5.7	5.8	6.3	6.5	6.6	7.0	6.9	6.6	6.7	5.4	5.5
		水栓D	26.4	28.3	33.5	39.7	44.6	37.2	49.1	35.7	36.3	31.6	31.3	27.0	35.4	32.0	28.0	29.8	30.4	32.2	32.0	30.2	31.8	33.9	35.0	34.2	33.6
		水栓A～D	6.1	5.9	3.9	4.6	4.5	4.1	4.3	3.8	3.6	3.4	3.5	3.5	3.4	3.4	3.8	4.6	5.3	7.2	7.7	7.8	7.4	7.1	7.6	7.6	5.2
		浴槽	80.3	164.0	213.5	201.2	168.4	171.8	145.0	181.9	175.6	245.1	204.2	198.4	184.4	195.4	179.3	175.6	181.6	185.8	179.7	157.8	124.2	124.7	111.1	75.0	167.7

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
平日（中）	行為数	水栓A	0.0	0.1	0.4	1.6	2.7	2.5	2.0	1.3	1.1	1.2	1.1	0.9	0.9	1.0	1.7	2.6	2.7	3.1	2.7	2.0	1.4	0.7	0.3	0.1	34.0
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	2.7
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6	0.7	1.0	1.2	0.9	0.5	0.2	0.0	0.0	7.6
合計 400L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	2.0
浴槽 180L		水栓A～D	0.1	0.1	0.6	2.0	3.2	3.0	2.4	1.6	1.3	1.5	1.3	1.1	1.0	1.2	2.2	3.5	3.8	4.7	4.6	3.4	2.3	1.0	0.4	0.1	46.3
水栓 220L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.14	0.22	0.27	0.31	0.34	0.38	0.41	0.44	0.46	0.49	0.54	0.62	0.70	0.79	0.87	0.93	0.97	0.99	1.00	1.00	
7069		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.05	0.11	0.17	0.22	0.25	0.27	0.30	0.32	0.34	0.35	0.37	0.40	0.48	0.56	0.67	0.79	0.88	0.95	0.98	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.04	0.08	0.12	0.15	0.17	0.19	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.32	0.40	0.49	0.62	0.78	0.90	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.08	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.27	0.37	0.52	0.70	0.84	0.93	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.02	0.06	0.13	0.19	0.24	0.28	0.31	0.34	0.37	0.39	0.41	0.44	0.48	0.56	0.64	0.74	0.84	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.11	0.26	0.43	0.64	0.85	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.1	0.1	0.9	3.1	4.8	5.0	4.0	2.5	2.0	2.2	1.9	1.6	1.5	1.7	3.0	5.0	5.7	7.1	6.8	5.0	3.6	1.7	0.5	0.2	69.8
	[L/日]	水栓B	0.1	0.0	0.4	1.2	3.0	2.5	1.8	1.2	0.8	0.9	0.9	0.6	0.6	0.7	1.3	3.5	3.6	5.2	5.5	4.6	3.4	1.9	0.5	0.3	44.6
		水栓C	0.0	0.0	0.3	1.1	1.2	1.3	1.3	0.7	0.5	0.7	0.4	0.4	0.4	0.7	1.8	3.3	4.1	6.5	7.9	6.1	3.5	1.1	0.3	0.1	43.8
		水栓D	0.1	0.1	0.8	1.5	2.0	1.4	0.9	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.7	1.9	4.7	5.6	9.4	10.6	7.7	5.4	2.7	1.2	0.5	60.2
		水栓A～D	0.3	0.3	2.4	7.0	11.0	10.2	8.0	5.1	3.9	4.3	3.7	3.0	3.0	3.7	8.0	16.4	19.0	28.2	30.9	23.3	15.7	7.4	2.6	1.1	218.4
		浴槽	0.1	0.3	1.3	0.6	0.3	0.1	0.2	0.3	0.6	0.4	0.3	0.4	1.2	13.3	25.0	28.5	35.0	35.3	16.3	5.6	2.0	0.3	0.2	0.0	167.4
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.13	0.20	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.40	0.42	0.45	0.49	0.56	0.64	0.75	0.84	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.04	0.11	0.16	0.20	0.23	0.25	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.36	0.44	0.52	0.64	0.76	0.86	0.94	0.98	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.25	0.32	0.42	0.57	0.75	0.89	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.02	0.04	0.07	0.10	0.11	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.16	0.17	0.21	0.28	0.38	0.53	0.71	0.84	0.93	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.14	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.27	0.28	0.30	0.34	0.41	0.50	0.63	0.77	0.88	0.95	0.98	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.12	0.26	0.43	0.64	0.85	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.0	1.9	2.0	1.9	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.5	2.5	2.4	2.0	1.9	2.0
	[L/回]	水栓B	19.4	16.0	14.5	13.6	17.2	15.9	14.6	14.7	14.7	14.1	14.5	13.6	14.7	13.4	15.2	17.1	16.9	17.4	17.3	18.6	19.7	19.1	17.6	20.7	16.3
		水栓C	5.6	4.5	5.2	5.0	4.2	4.4	4.4	4.4	3.8	3.9	3.5	4.1	4.0	4.9	5.5	5.7	6.1	6.5	6.4	6.8	6.8	6.5	6.9	6.7	5.2
		水栓D	40.7	31.1	34.1	37.7	36.6	32.8	32.5	32.7	32.0	24.0	25.9	27.0	29.2	30.6	28.5	28.7	30.0	30.4	29.0	27.5	29.1	32.7	32.4	39.5	31.5
		水栓A～D	5.4	3.8	4.3	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	3.1	3.6	4.7	5.0	6.0	6.7	6.9	6.9	7.1	7.0	7.7	4.6
		浴槽	146.9	204.6	203.8	208.4	180.9	171.2	179.1	152.5	200.8	222.1	175.3	182.7	163.9	195.1	179.0	175.5	178.9	181.9	179.9	164.5	147.2	127.9	178.2	243.2	181.0

図 3.3.15　3人世帯における水栓の使用状況（その1）

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
平日（小）	行為数	水栓A	0.0	0.0	0.2	1.0	2.1	1.8	1.3	1.0	0.9	0.9	0.8	0.6	0.6	0.8	1.2	1.8	1.9	2.0	2.0	1.4	1.0	0.5	0.2	0.1	24.3
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	1.7
		水栓C	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	0.7	0.4	0.1	0.0	0.0	4.8
合計 300L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	1.0
浴槽 180L		水栓A～D	0.0	0.0	0.2	1.3	2.5	2.1	1.6	1.1	1.0	1.1	1.0	0.7	0.7	0.9	1.5	2.4	2.6	3.0	3.2	2.3	1.5	0.7	0.3	0.1	31.8
水栓 120L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.00	0.01	0.05	0.14	0.22	0.27	0.31	0.35	0.39	0.42	0.45	0.47	0.50	0.55	0.63	0.70	0.79	0.87	0.93	0.97	0.99	1.00	1.00	
5093		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.04	0.11	0.18	0.22	0.25	0.28	0.31	0.33	0.35	0.37	0.39	0.42	0.50	0.59	0.70	0.81	0.90	0.95	0.99	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.04	0.08	0.12	0.16	0.18	0.19	0.21	0.23	0.24	0.26	0.28	0.32	0.38	0.47	0.59	0.76	0.90	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.05	0.07	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.19	0.29	0.40	0.55	0.70	0.83	0.92	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.13	0.19	0.24	0.28	0.31	0.35	0.38	0.40	0.42	0.45	0.50	0.57	0.65	0.75	0.85	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.09	0.23	0.42	0.62	0.82	0.94	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.1	0.0	0.4	2.0	3.8	3.3	2.4	1.7	1.5	1.5	1.4	1.0	0.9	1.2	1.9	3.3	3.8	4.4	4.6	3.1	2.2	1.2	0.4	0.1	46.1
	[L/日]	水栓B	0.0	0.0	0.2	0.7	1.9	1.5	1.0	0.7	0.5	0.6	0.6	0.4	0.3	0.5	0.8	1.9	2.4	2.8	3.0	2.3	1.7	0.9	0.3	0.1	25.1
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.7	0.8	0.7	0.7	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	1.1	1.9	2.6	3.9	4.9	4.1	2.3	0.7	0.2	0.0	27.1
		水栓D	0.0	0.0	0.1	0.3	0.6	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	1.5	2.5	3.3	4.3	4.4	3.5	2.5	1.5	0.6	0.2	27.8
		水栓A～D	0.2	0.1	0.8	3.7	7.1	6.0	4.4	3.0	2.6	2.7	2.5	1.8	1.7	2.5	5.2	9.7	12.0	15.4	16.8	13.0	8.7	4.2	1.5	0.4	126.1
		浴槽	0.0	0.0	0.2	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.2	0.3	0.3	0.9	12.5	23.9	32.5	33.2	33.4	19.2	6.8	2.0	0.4	0.1	0.0	167.2
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.01	0.05	0.14	0.21	0.26	0.30	0.33	0.36	0.39	0.41	0.43	0.46	0.50	0.57	0.65	0.75	0.85	0.92	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.04	0.12	0.18	0.22	0.24	0.26	0.29	0.31	0.32	0.34	0.36	0.39	0.47	0.56	0.67	0.79	0.88	0.95	0.98	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.20	0.24	0.31	0.40	0.55	0.73	0.88	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.12	0.13	0.18	0.27	0.39	0.55	0.70	0.83	0.92	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.04	0.09	0.14	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.29	0.31	0.35	0.43	0.52	0.65	0.78	0.88	0.95	0.98	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.09	0.24	0.43	0.63	0.83	0.94	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	1.9	1.5	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1.8	2.0	2.1	2.3	2.2	2.3	2.3	2.1	2.2	1.9
	[L/回]	水栓B	10.4	13.0	14.1	12.8	17.2	14.5	12.4	13.9	12.2	11.9	12.4	12.4	12.8	12.7	15.3	15.1	15.6	15.6	15.6	15.8	18.1	17.3	18.0	17.5	14.4
		水栓C	5.2	4.5	4.7	4.0	3.9	3.8	4.3	4.2	4.1	3.6	3.5	3.7	4.0	5.0	5.8	5.8	6.3	6.6	6.1	6.2	6.3	6.9	7.7	6.7	5.1
		水栓D	28.2	26.7	30.8	28.9	27.8	26.9	25.9	23.8	26.0	22.4	22.7	27.1	27.0	25.6	23.5	26.9	27.4	28.7	27.3	25.4	27.1	28.5	28.5	25.3	26.6
		水栓A～D	4.0	2.8	3.3	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.7	3.5	4.1	4.7	5.2	5.3	5.6	5.7	5.9	6.0	5.1	3.8
		浴槽		212.3	185.6	195.5	221.6	129.3	193.6	172.0	155.2	137.5	187.6	142.7	193.2	199.1	183.1	179.0	173.1	176.7	175.8	165.4	156.7	122.5	123.3	243.2	174.9

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日外出	行為数	水栓A	0.0	0.0	0.3	1.3	2.2	1.9	1.4	1.0	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	1.0	1.6	1.9	2.2	2.4	2.0	1.7	1.5	0.9	0.3	0.1	28.4
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	2.9
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.6	0.7	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	4.5
合計 200L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	1.7
浴槽 0L		水栓A～D	0.1	0.1	0.4	1.6	2.7	2.3	1.7	1.2	1.2	1.2	1.0	0.9	0.9	1.2	2.0	2.7	3.0	3.5	3.2	2.6	2.1	1.3	0.5	0.2	37.5
水栓 200L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.00	0.01	0.06	0.14	0.21	0.26	0.29	0.33	0.36	0.39	0.42	0.45	0.48	0.54	0.61	0.68	0.77	0.84	0.90	0.95	0.98	1.00	1.00	
2769		水栓B	0.00	0.00	0.02	0.05	0.11	0.17	0.22	0.25	0.27	0.30	0.32	0.34	0.35	0.38	0.42	0.50	0.58	0.68	0.78	0.87	0.94	0.98	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.02	0.05	0.09	0.13	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.25	0.27	0.29	0.34	0.44	0.53	0.66	0.81	0.89	0.95	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.02	0.06	0.10	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.22	0.25	0.34	0.41	0.50	0.65	0.79	0.88	0.96	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.06	0.13	0.19	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39	0.41	0.44	0.49	0.57	0.64	0.74	0.82	0.89	0.95	0.98	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.21	0.44	0.67	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.1	0.1	0.6	2.4	4.2	3.8	2.8	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	1.7	2.8	4.0	4.7	5.3	5.0	4.2	3.7	2.1	0.7	0.3	59.2
	[L/日]	水栓B	0.2	0.1	0.6	2.0	3.4	3.2	2.0	1.7	1.1	1.2	1.0	0.8	0.7	1.2	2.4	4.9	4.8	5.8	6.3	5.3	4.8	2.9	1.0	0.1	57.4
		水栓C	0.0	0.0	0.4	0.7	0.9	0.8	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	1.2	2.6	2.4	3.4	3.7	2.6	1.6	1.1	0.3	0.1	24.9
		水栓D	0.2	0.1	1.0	2.8	3.2	1.8	1.2	1.2	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.6	1.9	4.2	3.6	5.6	8.2	7.1	5.2	4.4	2.1	0.9	58.0
		水栓A～D	0.5	0.4	2.6	7.9	11.8	9.4	6.5	5.3	4.3	4.1	3.6	3.0	2.9	3.8	8.2	15.7	15.5	20.1	23.2	19.3	15.4	10.5	4.2	1.4	199.5
		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.01	0.06	0.13	0.19	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39	0.41	0.44	0.49	0.56	0.64	0.73	0.81	0.88	0.95	0.98	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.00	0.02	0.05	0.11	0.16	0.20	0.23	0.25	0.27	0.29	0.30	0.31	0.33	0.38	0.46	0.54	0.64	0.75	0.85	0.93	0.98	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.02	0.05	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.28	0.39	0.48	0.62	0.77	0.87	0.94	0.98	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.02	0.07	0.13	0.16	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.29	0.36	0.42	0.52	0.66	0.78	0.87	0.95	0.98	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.02	0.06	0.12	0.16	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.31	0.33	0.37	0.45	0.53	0.63	0.75	0.84	0.92	0.97	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.20	0.44	0.67	0.85	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.4	2.4	2.2	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	1.9	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	2.1	2.1	2.2	2.5	2.5	2.5	2.4	2.2	2.3	2.1
	[L/回]	水栓B	28.5	26.5	17.8	21.0	19.0	17.4	15.5	18.1	16.0	17.8	16.3	15.1	17.1	17.2	18.9	22.5	20.9	19.8	20.6	21.5	22.8	24.8	23.4	18.0	19.9
		水栓C	6.9	5.8	6.2	4.8	4.4	4.2	4.2	4.4	4.8	4.0	3.9	4.2	4.4	3.7	5.2	5.8	5.8	5.8	5.7	6.6	6.0	7.0	8.8	7.0	5.4
		水栓D	39.3	61.3	28.1	48.7	43.4	38.0	41.3	41.1	40.5	29.2	35.9	37.3	32.7	36.3	31.5	30.6	30.7	33.1	32.6	31.0	33.7	32.9	41.3	50.3	37.5
		水栓A～D	7.6	6.4	6.3	4.9	4.4	4.0	3.8	4.3	3.5	3.5	3.6	3.4	3.2	3.3	4.2	5.7	5.2	5.8	7.1	7.5	7.3	8.0	8.9	8.6	5.4
		浴槽		148.8	213.1	222.8	183.9	185.8	115.1	133.8	167.2	147.7	70.1	175.5	190.3	172.7	181.6	180.0	186.2	194.3	192.3	177.3	164.0	124.9	57.1	67.3	158.8

図 3.3.16　3人世帯における水栓の使用状況（その2）

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日在宅（大）	行為数	水栓A	0.1	0.1	0.5	1.8	3.1	3.0	2.0	1.6	1.5	1.8	1.5	1.0	1.1	1.6	2.8	4.2	3.9	3.5	2.3	2.0	1.5	0.9	0.5	0.2	42.5
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	3.8
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.1	0.5	0.7	0.6	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	1.1	0.9	1.1	0.4	0.0	11.2
合計 470L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	2.3
浴槽 180L		水栓A～D	0.2	0.1	0.6	2.1	4.0	4.1	2.8	2.2	2.1	2.4	2.0	1.4	1.5	2.0	3.6	5.3	5.1	4.8	3.8	3.6	2.7	2.2	1.0	0.3	59.9
水栓 290L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.01	0.02	0.06	0.13	0.20	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.42	0.45	0.49	0.55	0.65	0.75	0.83	0.88	0.93	0.96	0.98	1.00	1.00	
1758		水栓B	0.00	0.01	0.03	0.05	0.13	0.20	0.26	0.31	0.35	0.39	0.43	0.46	0.48	0.50	0.53	0.60	0.69	0.79	0.85	0.92	0.96	0.98	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.12	0.17	0.21	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.36	0.42	0.48	0.54	0.60	0.69	0.78	0.86	0.96	1.00	1.00	
		水栓D	0.01	0.01	0.03	0.04	0.09	0.14	0.17	0.19	0.22	0.23	0.25	0.27	0.28	0.30	0.33	0.38	0.44	0.53	0.65	0.77	0.87	0.96	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.02	0.05	0.12	0.19	0.23	0.27	0.30	0.34	0.38	0.40	0.42	0.46	0.52	0.61	0.69	0.77	0.83	0.90	0.94	0.98	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.12	0.22	0.30	0.42	0.67	0.81	0.94	0.99	0.99	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.2	0.2	1.4	3.6	6.3	6.5	4.2	3.5	3.0	3.4	2.9	2.0	2.0	3.3	5.4	8.3	8.1	7.9	5.2	4.9	3.1	2.0	1.0	0.3	88.9
	[L/日]	水栓B	0.2	0.1	0.9	1.0	5.0	4.7	4.0	2.9	1.9	2.6	2.4	1.5	1.0	1.0	1.5	3.5	5.8	5.9	4.6	6.0	4.5	1.3	0.7	0.3	63.1
		水栓C	0.2	0.1	0.3	0.6	2.3	3.1	2.8	1.9	1.6	1.8	1.3	0.9	0.9	1.1	2.5	3.2	3.1	4.7	6.9	7.8	5.9	6.5	2.3	0.3	62.0
		水栓D	0.7	0.4	0.9	1.8	4.4	2.9	1.8	1.8	1.4	1.5	1.5	0.8	0.8	1.4	2.2	3.5	3.8	7.0	8.5	9.3	6.4	5.3	1.9	1.0	71.0
		水栓A～D	1.3	0.9	3.6	7.0	18.0	17.2	12.8	10.1	7.9	9.3	8.0	5.2	4.8	6.8	11.6	18.5	20.7	25.5	25.2	27.9	19.9	15.1	5.9	1.8	284.9
		浴槽	0.1	0.3	1.6	1.0	1.1	0.3	1.0	0.4	1.2	0.3	0.9	0.4	2.1	7.1	16.5	10.7	19.5	39.8	21.3	19.4	8.2	1.0	0.4	0.1	154.8
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.13	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.40	0.42	0.44	0.48	0.54	0.64	0.73	0.81	0.87	0.93	0.96	0.98	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.01	0.02	0.04	0.11	0.19	0.25	0.30	0.33	0.37	0.41	0.43	0.45	0.46	0.49	0.54	0.63	0.73	0.80	0.89	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.10	0.15	0.18	0.21	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.34	0.40	0.44	0.52	0.63	0.76	0.85	0.96	1.00	1.00	
		水栓D	0.01	0.02	0.03	0.05	0.12	0.16	0.18	0.21	0.23	0.25	0.27	0.28	0.29	0.31	0.34	0.39	0.45	0.54	0.66	0.80	0.88	0.96	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.02	0.04	0.11	0.17	0.21	0.25	0.28	0.31	0.34	0.36	0.37	0.40	0.44	0.50	0.57	0.66	0.75	0.85	0.92	0.97	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.11	0.22	0.29	0.42	0.67	0.81	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	1.8	2.2	3.0	2.0	2.1	2.2	2.1	2.2	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	2.0	2.0	2.0	2.1	2.3	2.2	2.5	2.2	2.1	2.1	1.9	2.1
	[L/回]	水栓B	11.6	10.7	12.4	14.2	16.2	17.5	16.1	16.1	15.1	16.1	14.5	14.7	12.3	12.9	13.1	14.3	15.9	16.0	18.2	23.5	28.0	20.8	13.8	10.5	15.6
		水栓C	5.8	7.6	6.2	4.6	4.9	4.5	4.9	5.1	4.5	4.3	4.2	4.4	4.4	4.1	4.1	4.5	4.7	6.3	7.6	7.0	6.6	6.2	5.5	5.7	5.3
		水栓D	33.7	35.5	31.6	50.7	36.1	27.5	26.8	29.3	27.5	33.1	33.4	25.2	24.1	36.6	31.1	27.2	28.9	33.2	31.3	31.5	27.1	26.3	27.2	40.1	31.5
		水栓A～D	7.3	6.0	5.7	3.4	4.5	4.2	4.5	4.6	3.8	3.9	4.0	3.8	3.2	3.4	3.3	3.5	4.1	5.3	6.7	7.7	7.3	6.7	5.8	6.7	5.0
		浴槽	179.7	180.8	227.8	186.2	218.4	189.2	183.6	133.8	206.5	113.8	168.1	170.5	209.4	205.1	197.6	188.5	206.3	201.0	186.7	198.6	220.5	162.1	138.1	104.1	182.4

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日在宅（小）	行為数	水栓A	0.1	0.1	0.3	1.5	2.5	2.3	1.6	1.2	1.1	1.2	0.9	0.8	0.8	1.1	1.6	2.1	2.5	2.0	1.7	1.5	1.1	0.5	0.2	0.1	29.0
平日（大）	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	3.1
		水栓C	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.6	0.5	0.6	0.9	0.8	0.4	0.1	0.0	7.4
合計 370L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	1.5
浴槽 180L		水栓A～D	0.1	0.2	0.4	1.7	3.2	3.1	2.2	1.7	1.5	1.6	1.1	1.0	1.0	1.4	2.2	2.8	3.5	2.9	2.7	2.9	2.2	1.1	0.4	0.1	41.0
水栓 190L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.01	0.02	0.07	0.16	0.24	0.29	0.34	0.37	0.42	0.45	0.47	0.50	0.54	0.60	0.67	0.75	0.82	0.88	0.94	0.97	0.99	1.00	1.00	
2774		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.04	0.10	0.19	0.27	0.31	0.34	0.38	0.41	0.43	0.45	0.46	0.49	0.55	0.65	0.75	0.83	0.93	0.98	0.99	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.08	0.13	0.17	0.21	0.24	0.27	0.29	0.31	0.32	0.36	0.41	0.47	0.55	0.62	0.69	0.82	0.92	0.98	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.01	0.03	0.09	0.13	0.15	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.26	0.30	0.37	0.46	0.58	0.76	0.90	0.98	1.00	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.02	0.06	0.14	0.21	0.26	0.30	0.34	0.38	0.41	0.43	0.45	0.49	0.54	0.61	0.70	0.77	0.83	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.06	0.10	0.20	0.29	0.43	0.64	0.82	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.1	0.3	0.9	3.1	4.9	4.7	3.3	2.5	2.0	2.3	1.6	1.3	1.3	2.0	2.9	4.2	4.9	4.2	3.7	3.8	2.4	1.0	0.4	0.2	58.2
	[L/日]	水栓B	0.0	0.1	0.4	0.9	2.9	4.3	3.7	1.9	1.3	1.8	1.7	0.9	0.6	0.6	0.9	2.9	4.9	4.8	4.1	5.6	2.8	0.6	0.3	0.1	48.2
		水栓C	0.0	0.0	0.3	0.7	1.5	1.6	1.3	1.1	0.9	0.8	0.5	0.4	0.5	0.9	1.7	2.2	3.1	2.8	3.5	5.9	4.9	2.7	0.7	0.1	38.4
		水栓D	0.2	0.1	0.2	0.7	3.6	1.7	0.9	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.5	0.9	1.6	3.2	3.6	5.4	7.4	6.4	3.2	0.8	0.2	42.8
		水栓A～D	0.4	0.5	1.7	5.4	12.8	12.4	9.3	6.1	4.7	5.3	4.3	2.9	2.7	4.0	6.4	10.9	16.1	15.4	16.7	22.6	16.5	7.5	2.3	0.7	187.6
		浴槽	0.0	0.4	0.4	0.7	0.5	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.5	0.6	3.4	6.7	13.2	11.9	19.9	27.5	21.7	16.4	6.5	0.8	0.2	0.1	132.5
	湯量累積	水栓A	0.00	0.01	0.02	0.08	0.16	0.24	0.30	0.34	0.38	0.42	0.44	0.47	0.49	0.52	0.57	0.65	0.73	0.80	0.87	0.93	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.03	0.09	0.18	0.26	0.29	0.32	0.36	0.40	0.41	0.43	0.44	0.46	0.52	0.62	0.72	0.80	0.92	0.98	0.99	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.20	0.22	0.23	0.24	0.25	0.28	0.32	0.38	0.46	0.53	0.62	0.78	0.91	0.98	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.01	0.03	0.11	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.30	0.37	0.45	0.58	0.75	0.90	0.98	1.00	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.04	0.11	0.18	0.23	0.26	0.28	0.31	0.34	0.35	0.37	0.39	0.42	0.48	0.56	0.65	0.74	0.86	0.94	0.98	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.06	0.11	0.21	0.30	0.45	0.66	0.82	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	1.9	1.9	2.9	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.9	1.8	1.7	1.7	1.8	1.7	1.9	2.0	2.1	2.1	2.6	2.2	1.9	2.1	2.2	2.0
	[L/回]	水栓B	10.8	10.6	11.5	13.4	13.8	15.8	16.0	15.1	13.7	16.1	15.7	14.0	13.2	12.7	13.5	15.5	14.8	16.3	17.1	18.3	19.0	14.7	15.0	13.3	14.6
		水栓C	4.7	4.5	5.2	4.0	4.2	4.2	4.3	4.3	3.8	3.5	3.5	4.1	3.8	3.8	4.2	5.0	5.1	6.1	6.2	6.4	6.4	6.3	5.6	6.5	4.8
		水栓D	24.9	26.5	22.2	25.9	41.3	29.5	24.3	27.7	22.9	25.9	28.4	23.9	24.5	24.0	24.8	26.5	28.6	29.9	28.7	29.0	30.5	28.0	29.0	30.8	27.4
		水栓A～D	4.3	2.9	4.2	3.1	4.1	4.0	4.2	3.7	3.2	3.4	3.7	3.0	2.7	2.8	3.0	3.8	4.6	5.3	6.1	7.7	7.5	6.8	5.9	5.7	4.4
		浴槽	53.4	202.8	244.4	129.6	127.3	155.0	178.4	197.5	173.6	78.4	145.2	193.7	206.2	203.2	195.2	182.1	187.5	178.6	168.4	178.8	202.4	169.0	150.9	200.8	170.9

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
平日（中）	行為数	水栓A	0.0	0.1	0.2	0.8	1.5	2.0	1.2	0.9	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.3	1.1	1.1	1.2	0.6	0.2	0.1	0.1	18.1
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	1.7
		水栓C	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.6	0.8	0.6	0.1	0.0	0.0	4.7
合計 270L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7
浴槽 180L		水栓A～D	0.0	0.1	0.2	1.0	1.8	2.4	1.5	1.0	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.9	1.2	1.6	1.9	1.7	1.9	2.4	1.4	0.4	0.2	0.1	25.1
水栓 90L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.01	0.02	0.06	0.14	0.25	0.32	0.37	0.40	0.44	0.47	0.50	0.53	0.56	0.62	0.68	0.75	0.81	0.88	0.94	0.98	0.99	1.00	1.00	
2473		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.03	0.09	0.18	0.24	0.27	0.29	0.32	0.34	0.36	0.37	0.38	0.40	0.46	0.59	0.71	0.79	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.04	0.08	0.13	0.16	0.19	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.29	0.34	0.39	0.47	0.54	0.66	0.83	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.16	0.18	0.24	0.32	0.41	0.56	0.80	0.93	0.98	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.02	0.05	0.13	0.22	0.28	0.32	0.35	0.38	0.41	0.43	0.46	0.49	0.54	0.60	0.68	0.75	0.82	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.10	0.16	0.25	0.37	0.58	0.83	0.94	0.98	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.1	0.2	0.4	1.5	2.5	3.2	2.1	1.4	0.9	1.1	0.8	0.7	0.7	1.0	1.4	1.9	2.2	2.8	2.8	3.4	1.4	0.4	0.2	0.1	33.3
	[L/日]	水栓B	0.0	0.1	0.1	0.4	1.3	2.2	1.3	0.8	0.4	0.5	0.6	0.3	0.2	0.3	0.4	1.4	2.7	3.4	2.2	3.5	1.2	0.3	0.1	0.1	24.0
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.5	0.7	0.9	0.8	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.8	1.0	1.2	2.0	1.9	3.7	4.8	3.5	0.9	0.2	0.1	24.9
		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	0.6	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.8	1.4	1.4	2.3	3.4	2.1	1.0	0.2	0.2	15.9
		水栓A～D	0.1	0.3	0.6	2.7	5.4	6.8	4.3	2.8	1.8	2.0	1.8	1.4	1.2	2.3	3.0	5.3	8.4	9.5	11.1	15.2	8.2	2.7	0.7	0.4	98.2
		浴槽	0.0	0.0	0.3	0.3	0.5	0.8	0.4	0.7	0.4	0.2	0.4	0.4	2.6	5.1	7.7	8.8	13.0	22.4	27.1	11.1	4.1	1.1	0.3	0.2	107.8
	湯量累積	水栓A	0.00	0.01	0.02	0.06	0.14	0.24	0.30	0.34	0.37	0.40	0.43	0.45	0.47	0.50	0.54	0.60	0.66	0.75	0.83	0.94	0.98	0.99	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.02	0.08	0.17	0.22	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.34	0.36	0.37	0.43	0.55	0.69	0.78	0.93	0.98	0.99	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.09	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.22	0.26	0.31	0.39	0.46	0.61	0.81	0.95	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.02	0.07	0.11	0.13	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16	0.17	0.19	0.20	0.25	0.34	0.42	0.57	0.78	0.91	0.98	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.04	0.09	0.16	0.21	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.34	0.37	0.43	0.51	0.61	0.72	0.88	0.96	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.11	0.18	0.26	0.39	0.59	0.84	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	1.6	1.8	2.2	1.9	1.7	1.6	1.7	1.6	1.4	1.5	1.6	1.4	1.3	1.5	1.5	1.6	1.8	2.5	2.6	2.8	2.2	1.9	1.5	1.9	1.8
	[L/回]	水栓B	8.5	10.2	10.9	12.7	12.1	14.5	13.8	13.5	12.6	13.0	14.7	12.4	11.5	12.0	12.0	13.3	12.6	17.8	16.0	15.7	13.9	11.9	9.7	13.9	12.9
		水栓C	5.8	4.1	3.3	3.5	3.8	3.8	4.4	3.8	4.2	3.7	3.9	4.8	4.4	4.5	4.1	5.1	6.0	5.7	6.7	6.0	5.8	6.8	6.1	6.1	4.8
		水栓D	20.8	30.7	18.0	19.9	36.2	32.0	21.8	26.9	38.0	26.7	25.1	23.6	23.3	24.3	20.2	21.4	25.2	25.2	22.6	22.3	24.4	28.8	30.9	28.9	25.7
		水栓A～D	2.8	2.7	2.7	2.7	3.0	2.9	3.0	2.7	2.4	2.4	2.9	2.3	1.9	2.7	2.5	3.4	4.5	5.5	5.8	6.3	5.8	6.3	4.3	5.3	3.6
		浴槽	130.4	187.0	165.4	197.9	187.1	192.3	183.6	168.0	167.0	190.0	178.2	231.7	214.9	207.1	191.7	162.3	175.3	174.8	175.6	153.8	157.3	147.9	195.0	132.1	177.8

図 3.3.17　2人世帯における水栓の使用状況（その1）

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
平日（小）	行為数	水栓A	0.0	0.1	0.3	1.4	2.3	2.1	1.7	1.4	1.1	1.1	1.0	0.7	0.7	0.8	1.5	2.1	2.2	2.2	2.0	1.5	0.7	0.4	0.1	0.0	27.4
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	2.7
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	4.9
合計 170L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	1.2
浴槽 0L		水栓A～D	0.1	0.1	0.4	1.8	2.9	2.6	2.2	1.7	1.3	1.4	1.2	0.8	0.8	1.0	1.9	2.6	3.0	3.2	2.8	2.4	1.2	0.6	0.1	0.1	36.2
水栓 170L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.01	0.02	0.07	0.15	0.23	0.29	0.34	0.38	0.42	0.46	0.48	0.50	0.53	0.59	0.67	0.75	0.83	0.90	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	
3524		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.06	0.14	0.22	0.27	0.31	0.34	0.38	0.41	0.44	0.45	0.47	0.50	0.56	0.66	0.77	0.85	0.94	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.02	0.05	0.11	0.18	0.23	0.27	0.30	0.34	0.37	0.39	0.40	0.43	0.48	0.55	0.63	0.73	0.83	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.01	0.05	0.12	0.16	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.26	0.27	0.29	0.31	0.35	0.42	0.52	0.67	0.81	0.92	0.98	1.00	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.02	0.06	0.15	0.22	0.28	0.33	0.36	0.40	0.43	0.46	0.48	0.51	0.56	0.63	0.71	0.80	0.88	0.94	0.98	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.09	0.23	0.42	0.62	0.83	0.94	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.1	0.2	0.6	2.6	4.6	4.2	3.5	2.8	2.0	2.0	1.9	1.2	1.1	1.4	2.5	3.6	4.8	5.0	4.3	3.4	1.6	0.8	0.2	0.1	54.3
	[L/日]	水栓B	0.1	0.1	0.3	2.8	4.1	3.2	2.2	1.6	1.3	1.5	1.4	0.9	0.7	0.9	1.5	2.1	4.0	5.3	3.7	4.9	2.2	1.0	0.2	0.1	46.1
		水栓C	0.0	0.0	0.3	0.7	1.2	1.3	1.0	0.7	0.6	0.6	0.5	0.3	0.3	0.6	0.9	1.1	1.6	2.2	2.4	2.3	1.6	0.9	0.1	0.0	21.4
		水栓D	0.2	0.1	0.2	1.6	2.4	1.1	1.6	0.9	0.6	0.5	0.3	0.3	0.4	0.7	1.3	2.0	2.9	4.7	6.8	5.8	4.2	2.3	0.6	0.0	41.7
		水栓A～D	0.4	0.4	1.4	7.7	12.3	9.8	8.3	6.0	4.5	4.6	4.1	2.7	2.5	3.6	6.2	8.7	13.4	17.2	17.2	16.5	9.6	5.0	1.2	0.3	163.6
		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	湯量累積	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.15	0.23	0.29	0.34	0.38	0.41	0.45	0.47	0.49	0.52	0.56	0.63	0.72	0.81	0.89	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.07	0.16	0.23	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.42	0.44	0.46	0.49	0.53	0.62	0.74	0.82	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.16	0.21	0.25	0.28	0.30	0.33	0.34	0.36	0.38	0.43	0.48	0.55	0.66	0.77	0.88	0.95	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.01	0.05	0.11	0.14	0.17	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.29	0.34	0.41	0.52	0.69	0.83	0.93	0.98	1.00	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.06	0.14	0.20	0.25	0.28	0.31	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.46	0.51	0.59	0.70	0.80	0.90	0.96	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.09	0.24	0.42	0.63	0.84	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	1.7	1.8	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.8	1.6	1.7	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	1.9	1.8	1.9
	[L/回]	水栓B	16.2	25.2	14.8	21.7	18.7	15.8	16.1	14.9	16.0	14.8	13.7	15.1	15.6	17.1	19.4	13.6	15.7	17.0	18.3	21.4	22.8	19.9	18.5	24.0	17.8
		水栓C	4.9	3.2	4.0	3.7	3.9	4.1	4.0	3.7	3.8	3.5	3.4	3.7	3.9	4.3	3.6	3.6	4.1	4.5	4.8	5.3	5.7	7.9	6.4	4.0	4.3
		水栓D	31.9	24.3	34.3	32.8	31.8	26.3	35.0	30.8	35.3	30.9	34.7	32.9	32.9	37.3	42.6	47.2	37.8	39.1	38.7	34.9	32.2	30.8	36.7	27.4	34.1
		水栓A～D	5.6	3.5	3.6	4.3	4.2	3.7	3.8	3.5	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.6	3.3	3.4	4.5	5.4	6.0	7.0	8.0	8.5	7.9	4.5	4.6
		浴槽		212.3	203.8	194.7	195.3	120.7	195.0	162.1	183.7	145.7	200.8	131.0	181.8	195.2	180.2	177.8	176.8	179.6	179.3	165.8	154.1	113.2	149.3	243.2	175.7

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日外出	行為数	水栓A	0.0	0.2	0.4	1.2	1.9	1.7	1.4	1.0	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.6	1.1	1.7	1.3	1.3	1.3	1.1	0.5	0.3	0.1	0.0	19.8
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	3.6
合計 70L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
浴槽 0L		水栓A～D	0.1	0.2	0.6	1.5	2.3	2.1	1.7	1.2	0.7	0.8	0.7	0.5	0.4	0.7	1.3	2.0	1.7	1.7	1.8	1.5	0.8	0.3	0.1	0.1	25.0
水栓 70L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.01	0.04	0.10	0.19	0.28	0.35	0.40	0.42	0.46	0.49	0.51	0.52	0.55	0.61	0.70	0.76	0.83	0.90	0.95	0.98	0.99	1.00	1.00	
4086		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.05	0.13	0.22	0.28	0.34	0.36	0.38	0.41	0.42	0.43	0.45	0.48	0.56	0.65	0.76	0.85	0.91	0.96	0.98	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.01	0.04	0.10	0.18	0.26	0.33	0.38	0.41	0.44	0.47	0.49	0.50	0.53	0.57	0.62	0.68	0.75	0.84	0.93	0.98	1.00	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.01	0.06	0.15	0.20	0.25	0.28	0.29	0.31	0.32	0.35	0.35	0.37	0.40	0.44	0.53	0.62	0.74	0.87	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.03	0.09	0.19	0.27	0.34	0.39	0.42	0.45	0.48	0.50	0.51	0.54	0.59	0.67	0.74	0.81	0.89	0.95	0.98	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.21	0.44	0.67	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.1	0.3	0.8	1.9	3.3	3.1	2.7	1.8	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6	1.0	1.7	2.8	2.4	2.7	2.7	2.1	1.0	0.5	0.2	0.1	35.3
	[L/日]	水栓B	0.1	0.0	0.2	0.7	1.2	1.3	0.9	1.0	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.3	0.5	1.1	1.5	1.9	1.6	1.2	0.7	0.5	0.2	0.1	16.4
		水栓C	0.0	0.1	0.2	0.7	0.9	0.9	0.9	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.9	1.0	1.3	1.4	0.8	0.3	0.0	0.0	13.0
		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.4	1.2	0.4	0.5	0.3	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2	0.3	0.4	0.8	1.0	1.2	1.5	0.9	0.3	0.1	0.0	10.0
		水栓A～D	0.2	0.4	1.2	3.7	6.6	5.7	4.9	3.7	1.8	1.9	1.9	1.3	1.0	1.9	2.9	4.9	5.6	6.5	6.8	6.1	3.5	1.6	0.5	0.2	74.6
		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	湯量累積	水栓A	0.00	0.01	0.03	0.08	0.18	0.27	0.34	0.40	0.42	0.45	0.48	0.50	0.51	0.54	0.59	0.67	0.74	0.81	0.89	0.95	0.98	0.99	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.01	0.02	0.06	0.13	0.21	0.27	0.33	0.35	0.37	0.40	0.41	0.42	0.44	0.46	0.53	0.62	0.73	0.83	0.90	0.95	0.98	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.01	0.03	0.08	0.15	0.22	0.29	0.34	0.37	0.39	0.42	0.43	0.45	0.48	0.52	0.56	0.63	0.71	0.81	0.91	0.98	1.00	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.00	0.00	0.04	0.16	0.20	0.24	0.27	0.29	0.30	0.31	0.34	0.35	0.36	0.39	0.43	0.50	0.60	0.72	0.87	0.96	0.99	1.00	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.02	0.07	0.16	0.24	0.30	0.35	0.38	0.40	0.43	0.45	0.46	0.48	0.52	0.59	0.66	0.75	0.84	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.20	0.44	0.67	0.85	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	1.6	1.2	1.7	1.6	1.8	1.8	2.0	1.9	1.7	1.6	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.8	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	1.7	1.9	1.7
	[L/回]	水栓B	18.3	20.2	12.1	14.5	12.7	12.9	12.4	13.4	13.2	13.3	12.3	11.7	12.2	14.3	12.0	11.6	12.8	14.4	14.2	15.0	15.1	15.9	13.6	14.5	13.9
		水栓C	7.0	2.1	2.4	3.1	3.1	3.3	3.5	3.7	3.6	3.1	3.2	3.2	3.6	4.0	3.3	3.2	4.0	4.1	3.9	4.2	4.7	5.3	5.0	3.0	3.7
		水栓D	31.5	21.5	15.8	22.4	34.3	24.0	26.7	26.5	22.6	29.9	23.1	29.5	28.2	26.3	25.7	26.8	25.1	30.9	28.6	31.3	27.0	33.3	28.8	25.5	26.9
		水栓A～D	3.6	1.5	2.1	2.5	2.9	2.7	2.9	3.0	2.6	2.4	2.5	2.5	2.3	2.6	2.3	2.4	3.3	3.7	3.7	4.0	4.5	4.7	3.8	4.1	3.0
		浴槽		148.8	213.1	222.8	183.9	185.8	115.1	133.8	167.2	147.7	70.1	175.5	190.3	172.7	181.6	180.0	186.2	194.3	192.3	177.3	164.0	124.9	57.1	67.3	158.8

図 3.3.18　2人世帯における水栓の使用状況（その2）

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日在宅（大）	行為数	水栓A	0.1	0.1	0.3	0.9	1.3	1.1	0.7	0.5	0.8	1.1	0.8	0.7	0.7	0.8	1.2	1.5	1.4	0.7	1.0	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	16.6
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	2.0
		水栓C	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.4
合計 320L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	1.5
浴槽 180L		水栓A～D	0.1	0.1	0.3	1.1	1.6	1.4	0.9	0.6	1.0	1.3	1.0	0.8	0.8	1.0	1.5	2.1	1.9	1.0	1.5	0.8	0.5	0.5	0.3	0.3	22.5
水栓 140L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.9
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.01	0.03	0.08	0.16	0.22	0.27	0.29	0.34	0.41	0.46	0.50	0.54	0.58	0.66	0.75	0.84	0.88	0.94	0.97	0.98	0.99	1.00	1.00	
711		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.03	0.09	0.16	0.20	0.24	0.28	0.34	0.39	0.44	0.48	0.51	0.56	0.72	0.80	0.84	0.89	0.91	0.94	0.97	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.01	0.01	0.04	0.10	0.14	0.17	0.20	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.40	0.47	0.57	0.69	0.74	0.83	0.87	0.92	0.95	0.97	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.02	0.06	0.12	0.14	0.17	0.19	0.21	0.22	0.23	0.23	0.24	0.26	0.28	0.30	0.36	0.40	0.54	0.61	0.69	0.81	0.92	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.02	0.07	0.14	0.20	0.24	0.27	0.32	0.38	0.42	0.46	0.49	0.54	0.60	0.70	0.79	0.83	0.90	0.93	0.95	0.97	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.12	0.12	0.12	0.13	0.17	0.25	0.33	0.52	0.70	0.75	0.80	0.89	0.96	0.99	1.00	
	湯量	水栓A	0.1	0.2	0.5	1.3	2.1	1.7	1.2	0.8	1.3	1.6	1.4	1.1	1.1	1.3	2.0	3.1	2.8	1.3	1.8	1.0	0.4	0.4	0.2	0.2	28.9
	[L/日]	水栓B	0.1	0.0	0.1	1.1	2.5	2.0	2.1	1.4	1.6	2.3	1.8	1.4	0.9	1.2	1.2	5.4	2.5	1.3	1.9	0.8	1.2	1.6	0.9	0.8	36.4
		水栓C	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	1.2	1.5	0.7	1.1	0.6	0.7	0.5	0.3	0.3	11.3
		水栓D	0.3	0.6	1.3	6.5	10.2	1.3	2.0	1.2	1.2	0.7	0.6	0.7	0.7	1.5	0.8	1.3	3.5	3.3	5.3	3.5	3.5	5.1	4.3	3.5	62.8
		水栓A～D	0.6	0.8	2.1	9.2	15.4	5.5	5.6	3.7	4.4	4.9	4.1	3.4	3.0	4.4	4.5	11.0	10.3	6.6	10.0	6.0	5.9	7.6	5.7	4.9	139.4
		浴槽	1.0	1.0	2.5	2.2	0.8	3.1	2.2	2.0	2.8	1.7	0.0	0.5	1.8	6.3	11.9	11.9	26.2	22.9	6.5	7.6	13.0	9.4	3.9	1.8	143.1
	湯量累積	水栓A	0.00	0.01	0.03	0.07	0.15	0.21	0.25	0.27	0.32	0.37	0.42	0.46	0.50	0.54	0.61	0.72	0.82	0.86	0.92	0.96	0.97	0.99	0.99	1.00	
		水栓B	0.00	0.00	0.01	0.04	0.11	0.16	0.22	0.26	0.30	0.37	0.42	0.45	0.48	0.51	0.54	0.69	0.76	0.80	0.85	0.87	0.91	0.95	0.98	1.00	
		水栓C	0.00	0.01	0.02	0.04	0.10	0.14	0.17	0.19	0.22	0.24	0.26	0.29	0.31	0.34	0.39	0.50	0.63	0.69	0.78	0.84	0.90	0.94	0.97	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.03	0.14	0.30	0.32	0.35	0.37	0.39	0.40	0.41	0.42	0.44	0.46	0.47	0.49	0.55	0.60	0.68	0.74	0.80	0.88	0.94	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.02	0.09	0.20	0.24	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.45	0.48	0.51	0.59	0.67	0.71	0.79	0.83	0.87	0.92	0.97	1.00	
		浴槽	0.01	0.01	0.03	0.05	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.19	0.28	0.36	0.54	0.70	0.75	0.80	0.89	0.96	0.99	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.1	1.8	1.9	1.5	1.6	1.5	1.7	1.6	1.6	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	2.1	2.0	1.8	1.7	2.0	2.2	2.6	2.1	2.3	1.8
	[L/回]	水栓B	15.6	16.9	5.1	27.4	22.0	14.7	22.1	19.7	19.8	18.2	17.9	13.6	11.0	17.7	13.5	15.8	16.0	15.3	18.7	16.9	25.1	27.1	25.0	30.2	18.6
		水栓C	6.2	7.4	7.5	3.3	4.5	5.4	4.2	4.4	3.3	3.1	3.4	4.1	3.6	3.7	3.3	4.9	5.3	5.9	5.4	5.8	6.8	6.2	5.4	5.3	4.9
		水栓D	36.1	104.9	87.2	115.3	106.5	56.4	48.4	35.1	42.0	46.8	50.2	59.3	48.4	55.2	33.6	41.9	40.3	51.0	25.8	30.7	29.1	28.3	26.8	30.2	51.2
		水栓A～D	6.8	8.2	6.3	8.7	9.5	4.1	6.1	5.8	4.3	3.7	4.1	4.1	3.6	4.5	3.0	5.2	5.3	6.8	6.5	7.7	12.6	16.2	16.6	17.0	7.4
		浴槽	229.1	179.8	199.9	198.6	142.0	181.0	174.9	177.7	178.8	199.3	70.1	183.2	187.2	185.2	169.2	172.2	163.6	143.0	165.8	169.2	165.0	163.2	164.8	163.5	171.9

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日在宅（小）	行為数	水栓A	0.0	0.0	0.4	0.6	0.9	0.6	0.4	0.3	0.5	0.7	0.3	0.3	0.3	0.4	0.8	1.1	1.3	0.6	0.6	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	11.0
平日（大）	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1.4
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.4
合計 250L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
浴槽 180L		水栓A～D	0.0	0.1	0.5	0.8	1.2	0.8	0.6	0.4	0.6	0.8	0.4	0.3	0.3	0.6	1.0	1.5	1.7	1.0	1.1	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0	14.9
水栓 70L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.01	0.04	0.10	0.18	0.24	0.28	0.31	0.35	0.41	0.44	0.47	0.49	0.53	0.61	0.71	0.82	0.88	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	
876		水栓B	0.00	0.01	0.01	0.03	0.07	0.12	0.20	0.22	0.25	0.30	0.33	0.35	0.38	0.41	0.44	0.54	0.68	0.77	0.87	0.92	0.95	0.98	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.03	0.08	0.16	0.20	0.25	0.27	0.30	0.32	0.34	0.35	0.36	0.39	0.44	0.56	0.65	0.75	0.88	0.93	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.04	0.06	0.09	0.19	0.25	0.31	0.35	0.40	0.45	0.46	0.49	0.51	0.54	0.59	0.64	0.69	0.87	0.93	0.96	0.98	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.04	0.09	0.17	0.22	0.27	0.29	0.33	0.39	0.42	0.44	0.46	0.50	0.57	0.67	0.78	0.84	0.92	0.95	0.98	0.99	1.00	1.00	
		浴槽	0.00	0.01	0.01	0.03	0.05	0.08	0.10	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.32	0.38	0.56	0.83	0.89	0.93	0.97	0.98	0.99	1.00	
	湯量	水栓A	0.0	0.1	0.9	1.3	1.8	1.0	0.7	0.4	0.6	0.9	0.4	0.4	0.4	0.6	1.2	1.7	2.1	1.2	1.3	0.7	0.4	0.3	0.2	0.0	18.6
	[L/日]	水栓B	0.0	0.1	0.1	0.2	0.7	0.7	1.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.4	0.5	0.6	0.7	1.8	2.5	1.8	2.4	0.9	0.8	0.6	0.3	0.2	19.3
		水栓C	0.0	0.0	0.3	0.5	0.9	0.6	0.6	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4	0.6	1.5	1.4	1.8	1.9	0.6	0.6	0.3	0.1	0.0	13.2
		水栓D	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.7	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	4.5
		水栓A～D	0.1	0.3	1.5	2.1	3.5	2.7	3.1	1.5	1.8	1.9	1.4	0.9	1.1	1.7	2.6	5.2	6.1	5.1	6.3	2.5	2.1	1.2	0.6	0.3	55.5
		浴槽	0.6	0.2	0.8	2.4	2.8	3.7	2.9	4.2	2.5	3.0	2.0	2.8	4.3	2.3	6.5	8.2	22.6	31.6	7.7	5.4	5.7	2.1	1.2	1.1	126.6
	湯量累積	水栓A	0.00	0.01	0.06	0.13	0.22	0.28	0.31	0.33	0.37	0.41	0.44	0.46	0.48	0.51	0.58	0.67	0.78	0.85	0.92	0.95	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓B	0.00	0.01	0.01	0.02	0.06	0.10	0.17	0.20	0.23	0.27	0.30	0.32	0.34	0.38	0.41	0.51	0.64	0.73	0.86	0.90	0.95	0.98	0.99	1.00	
		水栓C	0.00	0.00	0.03	0.07	0.13	0.18	0.22	0.24	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.34	0.38	0.49	0.60	0.73	0.88	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.00	0.01	0.04	0.05	0.09	0.19	0.25	0.31	0.36	0.40	0.46	0.47	0.50	0.52	0.54	0.58	0.62	0.68	0.84	0.90	0.95	0.96	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.03	0.07	0.13	0.18	0.24	0.26	0.30	0.33	0.36	0.37	0.39	0.42	0.47	0.57	0.68	0.77	0.88	0.92	0.96	0.98	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.01	0.01	0.03	0.05	0.08	0.11	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.25	0.27	0.32	0.39	0.57	0.82	0.88	0.92	0.96	0.98	0.99	1.00	
	平均湯量	水栓A	1.6	2.0	2.4	2.0	1.9	1.5	1.7	1.4	1.3	1.3	1.3	1.5	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	2.0	2.0	2.2	2.1	2.5	1.9	1.4	1.7
	[L/回]	水栓B	9.2	17.4	12.7	9.9	11.1	11.7	13.8	15.9	13.2	11.7	13.5	12.9	12.4	15.3	13.2	13.8	13.1	15.0	17.0	14.0	16.4	15.6	18.9	16.2	13.9
		水栓C	6.7	6.7	4.5	4.6	4.9	4.8	5.3	4.4	5.3	3.3	4.8	4.4	5.1	5.4	4.5	5.2	6.3	7.5	6.3	5.4	5.7	5.9	4.9	6.6	5.4
		水栓D	27.4	23.2	20.2	22.5	26.5	26.4	24.1	25.8	26.3	26.4	22.8	19.2	34.0	20.6	15.6	21.2	20.0	31.6	21.1	26.5	31.9	22.5	41.0	29.9	25.3
		水栓A～D	2.8	5.1	3.1	2.6	3.0	3.2	4.8	3.8	2.9	2.4	3.5	2.9	3.3	3.0	2.5	3.5	3.6	5.2	5.6	5.0	5.9	5.9	5.5	6.4	4.0
		浴槽	166.0	164.3	120.0	150.3	162.9	171.4	160.9	158.9	146.9	164.3	156.1	176.1	196.1	167.4	139.5	163.0	154.3	142.6	156.6	189.2	172.7	156.8	179.4	193.6	162.9

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
平日（中）	行為数	水栓A	0.2	0.1	0.2	1.1	1.8	1.5	1.1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	1.0	1.2	1.3	0.9	1.1	0.8	0.8	0.5	0.4	0.3	18.8
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.5
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1
合計 180L		水栓D	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1
浴槽 0L		水栓A～D	0.2	0.1	0.5	1.6	2.0	1.8	1.3	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	1.2	1.4	1.4	1.1	1.3	1.1	1.0	0.6	0.5	0.4	23.6
水栓 180L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
データ数	行為累積	水栓A	0.01	0.02	0.03	0.09	0.18	0.26	0.32	0.36	0.39	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57	0.62	0.68	0.75	0.80	0.86	0.90	0.94	0.97	0.99	1.00	
470		水栓B	0.02	0.02	0.06	0.12	0.16	0.21	0.26	0.31	0.34	0.38	0.43	0.47	0.52	0.56	0.61	0.66	0.72	0.77	0.82	0.86	0.90	0.95	0.97	1.00	
		水栓C	0.02	0.02	0.08	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43	0.47	0.51	0.54	0.60	0.64	0.66	0.68	0.73	0.75	0.78	0.82	0.88	0.94	0.97	0.99	1.00	
		水栓D	0.01	0.02	0.09	0.25	0.33	0.41	0.48	0.52	0.57	0.60	0.64	0.68	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	0.81	0.84	0.90	0.95	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.01	0.02	0.04	0.10	0.19	0.27	0.32	0.36	0.40	0.43	0.47	0.51	0.54	0.58	0.63	0.69	0.75	0.80	0.85	0.89	0.94	0.96	0.98	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.11	0.25	0.43	0.66	0.87	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.4	0.3	0.9	4.5	4.8	3.7	2.2	1.3	1.5	1.5	1.4	1.3	1.5	1.6	2.8	3.6	3.5	2.8	3.2	2.8	2.4	1.3	0.9	0.6	50.7
	[L/日]	水栓B	0.7	0.1	2.5	5.0	3.7	3.2	3.4	4.2	1.8	2.3	2.7	2.3	2.3	2.0	2.6	2.5	2.2	2.5	3.0	2.6	3.1	4.2	1.7	1.2	62.0
		水栓C	0.1	0.1	0.4	1.8	0.5	0.4	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	0.4	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	8.5
		水栓D	0.4	0.7	3.1	8.9	8.8	4.4	4.2	2.5	2.8	1.4	2.5	2.2	1.9	1.4	0.8	1.2	0.3	1.0	1.2	2.4	1.9	1.5	1.3	0.6	57.4
		水栓A～D	1.6	1.2	6.9	20.2	17.8	11.7	10.3	8.2	6.4	5.5	6.9	6.2	6.0	5.2	6.3	7.6	6.2	6.6	7.8	8.3	8.0	7.4	4.0	2.4	178.6
		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	湯量累積	水栓A	0.01	0.01	0.03	0.12	0.21	0.29	0.33	0.36	0.39	0.41	0.44	0.47	0.50	0.53	0.59	0.66	0.73	0.78	0.84	0.90	0.95	0.97	0.99	1.00	
		水栓B	0.01	0.01	0.05	0.14	0.19	0.25	0.30	0.37	0.40	0.44	0.48	0.52	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.88	0.95	0.98	1.00	
		水栓C	0.01	0.02	0.07	0.28	0.34	0.39	0.45	0.47	0.50	0.53	0.56	0.60	0.63	0.64	0.65	0.69	0.71	0.75	0.80	0.87	0.94	0.98	0.99	1.00	
		水栓D	0.01	0.02	0.07	0.23	0.38	0.46	0.53	0.57	0.62	0.65	0.69	0.73	0.76	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.87	0.91	0.94	0.97	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.01	0.02	0.05	0.17	0.27	0.33	0.39	0.44	0.47	0.50	0.54	0.58	0.61	0.64	0.67	0.72	0.75	0.79	0.83	0.88	0.92	0.96	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.12	0.26	0.43	0.67	0.88	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.2	2.7	4.0	4.1	2.7	2.4	2.1	1.8	2.3	2.2	2.1	2.1	2.4	2.3	2.7	3.0	2.8	3.2	3.0	3.3	3.0	2.8	2.3	2.1	2.7
	[L/回]	水栓B	18.1	10.0	28.2	31.2	39.4	24.4	26.9	36.3	23.0	26.1	18.8	22.5	20.8	21.7	20.0	17.7	16.3	19.8	21.8	26.7	29.5	40.6	28.0	16.3	24.3
		水栓C	6.4	8.6	7.0	9.7	8.6	8.0	7.8	5.0	5.7	5.7	5.7	5.3	5.6	5.5	3.9	6.3	6.7	9.6	10.0	8.5	8.1	10.2	5.2	7.3	7.1
		水栓D	60.0	40.5	42.8	51.1	98.8	52.0	50.3	58.4	55.6	41.3	54.3	53.4	46.6	60.5	71.0	55.6	29.5	31.8	30.1	38.2	35.2	65.6	68.9	53.6	51.9
		水栓A～D	6.6	8.3	15.3	12.5	8.7	6.5	7.8	8.9	7.8	6.4	7.6	7.3	7.2	6.2	5.2	5.5	4.3	6.1	6.1	7.8	7.7	11.9	8.5	6.7	7.8
		浴槽	130.4	187.0	206.9	211.7	158.9	175.8	123.2	178.0	188.8	237.7	185.2	196.5	160.3	195.4	179.0	175.0	179.0	182.7	177.8	158.4	134.8	116.2	176.5	83.5	170.8

図 3.3.19　1人世帯における水栓の使用状況（その1）

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
平日（小）	行為数	水栓A	0.1	0.1	0.3	0.5	0.9	0.9	0.6	0.3	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.9	1.2	0.5	0.5	0.6	0.6	0.4	0.1	0.1	10.8
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	1.1
		水栓C	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	1.6
合計 110L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
浴槽 0L		水栓A～D	0.2	0.1	0.3	0.6	1.2	1.2	0.8	0.5	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.5	1.1	1.4	0.7	0.6	0.9	0.9	0.6	0.1	0.1	14.4
水栓 110L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
データ数	行為累積	水栓A	0.01	0.02	0.04	0.09	0.17	0.25	0.31	0.33	0.36	0.40	0.44	0.47	0.49	0.52	0.55	0.64	0.75	0.79	0.84	0.90	0.95	0.99	0.99	1.00	
567		水栓B	0.02	0.02	0.03	0.05	0.09	0.16	0.22	0.27	0.32	0.38	0.44	0.48	0.50	0.51	0.54	0.61	0.71	0.75	0.78	0.83	0.89	0.94	0.97	1.00	
		水栓C	0.02	0.02	0.04	0.08	0.16	0.22	0.25	0.28	0.30	0.31	0.34	0.36	0.38	0.38	0.41	0.43	0.52	0.59	0.66	0.78	0.92	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.03	0.03	0.04	0.05	0.12	0.32	0.48	0.57	0.63	0.66	0.68	0.71	0.75	0.78	0.79	0.81	0.83	0.85	0.88	0.93	0.97	0.99	1.00	1.00	
		水栓A～D	0.01	0.02	0.04	0.08	0.16	0.25	0.30	0.34	0.37	0.41	0.45	0.47	0.50	0.52	0.55	0.62	0.72	0.77	0.82	0.88	0.94	0.98	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.09	0.23	0.42	0.62	0.83	0.94	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.2	0.2	1.0	1.8	2.5	1.6	0.9	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	0.4	0.6	1.7	2.0	1.2	1.3	2.0	1.9	1.1	0.3	0.2	24.5
	[L/日]	水栓B	0.4	0.2	0.1	0.5	1.2	1.5	1.5	1.5	1.9	1.1	1.3	0.6	0.5	0.4	0.4	1.1	1.3	0.6	0.5	1.4	1.7	1.5	0.9	0.5	22.6
		水栓C	0.1	0.0	0.2	0.2	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.8	0.8	1.2	1.7	0.8	0.0	0.0	9.4
		水栓D	0.7	0.0	0.2	0.4	2.5	7.1	5.8	2.6	1.9	1.4	0.8	0.9	1.2	1.2	0.4	1.1	0.3	0.7	0.6	1.2	0.8	0.7	0.1	0.2	32.9
		水栓A～D	1.4	0.4	1.6	2.9	6.7	10.7	8.6	4.9	4.5	3.4	3.1	2.2	2.3	2.0	1.6	4.0	4.2	3.3	3.2	5.9	6.1	4.1	1.3	0.9	89.4
		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	湯量累積	水栓A	0.01	0.01	0.06	0.13	0.23	0.30	0.33	0.35	0.37	0.41	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.59	0.67	0.72	0.78	0.86	0.94	0.98	0.99	1.00	
		水栓B	0.02	0.03	0.03	0.05	0.10	0.17	0.24	0.30	0.39	0.44	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.63	0.68	0.71	0.74	0.80	0.87	0.94	0.98	1.00	
		水栓C	0.01	0.01	0.04	0.06	0.12	0.18	0.22	0.25	0.27	0.28	0.30	0.32	0.33	0.34	0.35	0.37	0.43	0.51	0.60	0.73	0.90	0.99	1.00	1.00	
		水栓D	0.02	0.02	0.03	0.04	0.12	0.33	0.51	0.59	0.65	0.69	0.71	0.74	0.78	0.81	0.82	0.86	0.87	0.89	0.91	0.95	0.97	0.99	0.99	1.00	
		水栓A～D	0.02	0.02	0.04	0.07	0.14	0.27	0.36	0.42	0.47	0.50	0.54	0.56	0.59	0.61	0.63	0.68	0.72	0.76	0.80	0.86	0.93	0.98	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.09	0.24	0.42	0.63	0.84	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.0	2.2	4.1	3.5	2.7	1.9	1.5	1.6	1.9	1.7	1.9	2.0	1.7	1.6	1.6	1.8	1.7	2.4	2.9	3.2	3.4	2.7	3.4	2.1	2.3
	[L/回]	水栓B	24.8	26.6	12.5	16.6	26.7	18.0	22.2	26.5	31.6	18.0	19.0	13.0	17.8	35.9	12.4	13.5	11.1	14.3	15.5	21.3	25.6	26.4	23.9	16.5	20.4
		水栓C	3.0	5.2	7.1	4.2	3.8	6.2	6.9	7.1	5.7	4.7	4.0	6.3	3.7	4.8	3.6	4.3	4.1	6.9	6.2	6.6	7.4	7.1	5.1	5.2	5.4
		水栓D	30.4	26.6	33.8	38.1	45.1	42.0	44.6	37.9	37.5	48.6	47.5	39.0	41.2	39.4	57.6	68.0	22.3	37.8	26.1	31.7	27.9	29.2	63.4	54.9	40.4
		水栓A～D	8.4	4.3	5.3	4.8	5.7	9.0	10.3	10.4	10.5	5.9	5.6	6.0	6.4	6.5	3.4	3.8	2.9	4.9	5.1	6.3	6.9	6.8	10.8	7.3	6.5
		浴槽		212.3	203.8	194.7	195.3	120.7	195.0	162.1	183.7	145.7	200.8	131.0	181.8	195.2	180.2	177.8	176.8	179.6	179.3	165.8	154.1	113.2	149.3	243.2	175.7

			H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
休日外出	行為数	水栓A	0.0	0.0	0.2	0.3	1.0	0.8	0.3	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.8	0.4	0.5	0.6	0.4	0.2	0.1	0.0	7.7
	[回/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
		水栓C	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.7
合計 40L		水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
浴槽 0L		水栓A～D	0.0	0.0	0.3	0.3	1.1	0.9	0.5	0.2	0.2	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.7	1.0	0.5	0.6	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	9.3
水栓 40L		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
データ数	行為累積	水栓A	0.00	0.01	0.03	0.07	0.20	0.30	0.33	0.35	0.37	0.42	0.45	0.47	0.48	0.50	0.52	0.60	0.71	0.76	0.82	0.90	0.95	0.98	1.00	1.00	
1105		水栓B	0.01	0.01	0.02	0.03	0.07	0.19	0.39	0.40	0.41	0.46	0.50	0.52	0.53	0.54	0.56	0.65	0.78	0.83	0.87	0.92	0.95	0.98	0.99	1.00	
		水栓C	0.01	0.01	0.09	0.12	0.23	0.29	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39	0.39	0.40	0.41	0.42	0.46	0.53	0.57	0.65	0.75	0.89	0.98	0.99	1.00	
		水栓D	0.04	0.04	0.16	0.20	0.20	0.24	0.31	0.37	0.39	0.39	0.41	0.45	0.47	0.49	0.49	0.51	0.55	0.57	0.63	0.76	0.92	0.96	0.96	1.00	
		水栓A～D	0.00	0.01	0.04	0.07	0.19	0.29	0.34	0.35	0.37	0.42	0.45	0.46	0.48	0.49	0.52	0.59	0.70	0.75	0.81	0.89	0.95	0.98	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.21	0.44	0.67	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	
	湯量	水栓A	0.0	0.1	0.7	0.8	2.2	1.2	0.4	0.2	0.2	0.6	0.4	0.1	0.1	0.1	0.3	1.3	1.3	0.8	0.9	1.2	0.9	0.6	0.2	0.1	14.8
	[L/日]	水栓B	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.7	1.6	0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.9	0.9	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.1	0.2	8.3
		水栓C	0.0	0.0	0.4	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.4	0.0	0.0	3.3
		水栓D	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	1.2
		水栓A～D	0.2	0.1	1.2	1.0	2.8	2.1	2.1	0.5	0.4	0.9	0.8	0.4	0.3	0.3	0.5	2.4	2.5	1.3	1.6	2.1	2.0	1.4	0.4	0.3	27.5
		浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	湯量累積	水栓A	0.00	0.01	0.05	0.11	0.25	0.33	0.36	0.37	0.39	0.43	0.45	0.46	0.47	0.48	0.50	0.59	0.68	0.74	0.80	0.88	0.94	0.98	1.00	1.00	
		水栓B	0.01	0.01	0.02	0.03	0.07	0.15	0.34	0.37	0.38	0.41	0.45	0.47	0.48	0.49	0.52	0.63	0.75	0.79	0.83	0.88	0.92	0.96	0.98	1.00	
		水栓C	0.01	0.01	0.12	0.16	0.25	0.29	0.31	0.34	0.35	0.37	0.38	0.38	0.40	0.41	0.41	0.45	0.50	0.54	0.60	0.70	0.85	0.98	0.99	1.00	
		水栓D	0.06	0.06	0.15	0.17	0.17	0.20	0.26	0.31	0.32	0.32	0.34	0.40	0.43	0.45	0.45	0.47	0.54	0.55	0.60	0.74	0.89	0.95	0.95	1.00	
		水栓A～D	0.01	0.01	0.05	0.09	0.19	0.27	0.35	0.36	0.38	0.41	0.44	0.45	0.46	0.47	0.49	0.58	0.67	0.72	0.78	0.85	0.92	0.98	0.99	1.00	
		浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.20	0.44	0.67	0.85	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	
	平均湯量	水栓A	2.4	2.5	3.3	2.6	2.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.5	1.5	1.4	1.2	1.2	1.6	2.3	1.6	1.9	1.9	2.0	2.4	2.4	2.2	1.8	1.9
	[L/回]	水栓B	12.8	18.5	11.3	11.0	9.6	7.9	10.4	15.6	12.1	7.5	10.0	12.6	12.0	10.9	14.9	13.8	9.4	8.7	11.0	11.2	15.4	16.2	18.7	17.1	12.4
		水栓C	7.5	4.0	5.9	4.6	3.7	3.5	3.3	6.6	4.1	3.3	3.1	4.6	6.3	6.3	1.9	3.2	3.2	4.2	4.0	4.1	5.1	6.2	3.2	6.4	4.5
		水栓D	38.0	55.8	18.6	16.1	45.2	17.8	19.2	19.2	15.6	35.6	26.8	38.1	38.6	19.1	33.4	37.6	38.7	13.0	21.4	26.4	23.8	36.7	48.7	32.4	29.8
		水栓A～D	7.2	2.6	4.3	3.1	2.5	2.3	4.6	2.9	2.1	2.1	2.6	3.5	2.3	2.2	2.5	3.5	2.5	2.6	2.8	2.9	3.8	4.2	3.4	6.1	3.3
		浴槽		148.8	213.1	222.8	183.9	185.8	115.1	133.8	167.2	147.7	70.1	175.5	190.3	172.7	181.6	180.0	186.2	194.3	192.3	177.3	164.0	124.9	57.1	67.3	158.8

図 3.3.20　1人世帯における水栓の使用状況（その2）

世帯人数ごとの消費行為の割当

実測結果より抽出された水栓 A～D の1日における行為回数より、前述の M1 スタンダードモードにおける代表6日について、図 3.3.21 に観すように割当を行った。また、用途ごとの消費量を1ヶ月31日に展開したものを図 3.3.22 に示す。なお1日の消費量のうち浴槽分は1回180L として、それ以外の部分を水栓に割り当てている。

実測結果要約

水栓A:開放時間 <90[s] 流量<8[L/min]　　水栓B:開放時間 >90[s] 流量<8[L/min]
水栓C:開放時間 <90[s] 流量>8[L/min]　　水栓D:開放時間 >90[s] 流量>8[L/min]

4人世帯

	行為数	A～D別回数[回/日] A	B	C	D	合計	A～D別回数[L/回] A	B	C	D	A～D別湯量[L/日] A	B	C	D	合計	n数	データ範囲
0	実測結果	休日在宅(大)	56.7	6.0	10.1	4.3	77.0	2.2	20.6	5.8	37.9	126.5	126.1	61.0	150.5	464.1	1991	470±50
1		休日在宅(小)	48.2	4.5	8.9	3.7	65.4	2.1	18.7	5.6	34.7	104.5	83.2	54.6	124.0	366.3	3505	370±50
1		平日(大)	48.2	4.5	8.9	3.7	65.4	2.1	18.7	5.6	34.7	104.5	83.2	54.6	124.0	366.3	3505	370±50
2		平日(中)	38.5	3.1	8.1	2.6	52.3	2.1	16.7	5.4	33.1	81.5	54.7	48.1	81.1	265.4	5943	270±50
3		平日(小)	29.8	2.2	6.6	1.5	40.1	1.9	15.7	5.1	28.0	58.5	34.9	37.4	42.1	172.8	6694	170±50
4		休日外出	34.3	3.3	5.1	2.1	44.8	2.1	21.5	5.4	39.7	71.7	67.5	27.7	78.6	245.5	2369	250±50
	M1スタンダード	休日在宅(大)	55	6	8	5	74	2.0	20.0	5.0	40.0	110.0	120.0	40.0	200.0	470.0		
	A～Dへの割付	休日在宅(小)	45	4	8	4	61	2.0	20.0	5.0	40.0	90.0	80.0	40.0	160.0	370.0		
		平日(大)	45	4	8	4	61	2.0	20.0	5.0	40.0	90.0	80.0	40.0	160.0	370.0		
		平日(中)	40	2	6	3	51	2.0	20.0	5.0	40.0	80.0	40.0	30.0	120.0	270.0		
		平日(小)	25	1	4	2	32	2.0	20.0	5.0	40.0	50.0	20.0	20.0	80.0	170.0		
		休日外出	20	1	6	4	31	2.0	20.0	5.0	40.0	40.0	20.0	30.0	160.0	250.0		

		行為種類別回数[回/日] A(台所)	A(洗面)	B(台所)	B(洗面)	C(シャワー)	D(シャワー)	行為種類別集計[L/日] A(台所)	A(洗面)	B(台所)	B(洗面)	C(シャワー)	D(シャワー)	用途別集計[L/日] シャワー	台所	洗面
0	M1スタンダード	休日在宅(大)	32	23	6	0	8	5	64	46	120	0	40	200	240	184	46
1	A～Dへの割付	休日在宅(小)	30	15	4	0	8	4	60	30	80	0	40	160	200	140	30
2		平日(大)	28	17	4	0	8	4	56	34	80	0	40	160	200	136	34
3		平日(中)	26	14	2	0	6	3	52	28	40	0	30	120	150	92	28
4		平日(小)	21	4	1	0	4	2	42	8	20	0	20	80	100	62	8
5		休日外出	7	13	0	1	6	4	14	26	0	20	30	160	190	14	46

3人世帯

	行為数	A～D別回数[回/日] A	B	C	D	合計	A～D別回数[L/回] A	B	C	D	A～D別湯量[L/日] A	B	C	D	合計	n数	データ範囲
0	実測結果	休日在宅(大)	53.2	5.3	9.4	4.1	72.0	2.1	19.6	5.7	2.1	116.2	104.5	57.3	137.9	415.8	2742	420±50
1		休日在宅(小)	43.5	3.7	8.5	3.1	58.9	2.1	17.9	5.5	2.1	93.7	66.9	51.7	103.2	315.6	4502	320±50
1		平日(大)	43.5	3.7	8.5	3.1	58.9	2.1	17.9	5.5	2.1	93.7	66.9	51.7	103.2	315.6	4502	320±50
2		平日(中)	34.0	2.7	7.6	2.0	46.3	2.0	16.3	5.2	2.0	69.8	44.6	43.8	60.2	218.4	7069	220±50
3		平日(小)	24.3	1.7	4.8	1.0	31.8	1.9	14.4	5.1	1.9	46.1	25.1	27.1	27.8	126.1	5093	120±50
4		休日外出	28.4	2.9	4.5	1.7	37.5	2.1	19.9	5.4	2.1	59.2	57.4	24.9	58.0	199.5	2769	200±50
	M1スタンダード	休日在宅(大)	55	5	10	4	74	2.0	20.0	5.0	40.0	110.0	100.0	50.0	160.0	420.0		420
	A～Dへの割付	休日在宅(小)	40	4	8	3	55	2.0	20.0	5.0	40.0	80.0	80.0	40.0	120.0	320.0		320
		平日(大)	40	4	8	3	55	2.0	20.0	5.0	40.0	80.0	80.0	40.0	120.0	320.0		320
		平日(中)	35	2	6	2	45	2.0	20.0	5.0	40.0	70.0	40.0	30.0	80.0	220.0		220
		平日(小)	20	1	4	1	26	2.0	20.0	5.0	40.0	40.0	20.0	20.0	40.0	120.0		120
		休日外出	15	3	6	2	26	2.0	20.0	5.0	40.0	30.0	60.0	30.0	80.0	200.0		200

		行為種類別回数[回/日] A(台所)	A(洗面)	B(台所)	B(洗面)	C(シャワー)	D(シャワー)	行為種類別集計[L/日] A(台所)	A(洗面)	B(台所)	B(洗面)	C(シャワー)	D(シャワー)	用途別集計[L/日] シャワー	台所	洗面	合計	
0	M1スタンダード	休日在宅(大)	32	23	5	0	10	4	64	46	100	0	50	160	210	164	46	420 OK
1	A～Dへの割付	休日在宅(小)	28	12	4	0	8	3	56	24	80	0	40	120	160	136	24	320 OK
2		平日(大)	26	14	4	0	8	3	52	28	80	0	40	120	160	132	28	320 OK
3		平日(中)	24	11	2	0	6	2	48	22	40	0	30	80	110	88	22	220 OK
4		平日(小)	14	6	1	0	4	1	28	12	20	0	20	40	60	48	12	120 OK
5		休日外出	9	6	2	1	6	2	18	12	40	20	30	80	110	58	32	200 OK
			↑差分		↑差分													

2人世帯

	行為数	A～D別回数[回/日] A	B	C	D	合計	A～D別回数[L/回] A	B	C	D	A～D別湯量[L/日] A	B	C	D	合計	n数	データ範囲
0	実測結果	休日在宅(大)	42.5	3.8	11.2	2.3	59.9	2.1	15.6	5.3	2.1	88.9	63.1	62.0	71.0	284.9	1758	290±50
1		休日在宅(小)	29.0	3.1	7.4	1.5	41.0	2.0	14.6	4.8	2.0	58.2	48.2	38.4	42.8	187.6	2774	190±50
1		平日(大)	29.0	3.1	7.4	1.5	41.0	2.0	14.6	4.8	2.0	58.2	48.2	38.4	42.8	187.6	2774	190±50
2		平日(中)	18.1	1.7	4.7	0.7	25.1	1.8	12.9	4.8	1.8	33.3	24.0	24.9	15.9	98.2	2473	90±50
3		平日(小)	27.4	2.7	4.9	1.2	36.2	1.9	17.8	4.3	1.9	54.3	46.1	21.4	41.7	163.6	3524	170±50
4		休日外出	19.8	1.2	3.6	0.4	25.0	1.7	13.9	3.7	1.7	35.3	16.4	13.0	10.0	74.6	4086	70±50
	M1スタンダード	休日在宅(大)	40	4	10	2	56	2.0	20.0	5.0	40.0	80.0	80.0	50.0	80.0	290.0		290
	A～Dへの割付	休日在宅(小)	30	3	6	1	40	2.0	20.0	5.0	40.0	60.0	60.0	30.0	40.0	190.0		190
		平日(大)	30	3	6	1	40	2.0	20.0	5.0	40.0	60.0	60.0	30.0	40.0	190.0		190
		平日(中)	20	1	6	0	27	2.0	20.0	5.0	40.0	40.0	20.0	30.0	0.0	90.0		90
		平日(小)	20	1	6	2	29	2.0	20.0	5.0	40.0	40.0	20.0	30.0	80.0	170.0		170
		休日外出	15	1	4	0	20	2.0	20.0	5.0	40.0	30.0	20.0	20.0	0.0	70.0		70

		行為種類別回数[回/日] A(台所)	A(洗面)	B(台所)	B(洗面)	C(シャワー)	D(シャワー)	行為種類別集計[L/日] A(台所)	A(洗面)	B(台所)	B(洗面)	C(シャワー)	D(シャワー)	用途別集計[L/日] シャワー	台所	洗面	合計	
0	M1スタンダード	休日在宅(大)	24	16	4	0	10	2	48	32	80	0	50	80	130	128	32	290 OK
1	A～Dへの割付	休日在宅(小)	18	12	3	0	6	1	36	24	60	0	30	40	70	96	24	190 OK
2		平日(大)	18	12	3	0	6	1	36	24	60	0	30	40	70	96	24	190 OK
3		平日(中)	12	8	1	0	6	0	24	16	20	0	30	0	30	44	16	90 OK
4		平日(小)	12	8	1	0	6	2	24	16	20	0	30	80	110	44	16	170 OK
5		休日外出	9	6	1	0	4	0	18	12	20	0	20	0	20	38	12	70 OK
			↑差分		↑差分													

1人世帯

	行為数	A～D別回数[回/日] A	B	C	D	合計	A～D別回数[L/回] A	B	C	D	A～D別湯量[L/日] A	B	C	D	合計	n数	データ範囲
0	実測結果	休日在宅(大)	16.6	2.0	2.4	1.5	22.5	1.8	18.6	4.9	1.8	28.9	36.4	11.3	62.8	139.4	711	140±50
1		休日在宅(小)	11.0	1.4	2.4	0.2	14.9	1.7	13.9	5.4	1.7	18.6	19.3	13.2	4.5	55.5	2774	70±50
1		平日(大)	11.0	1.4	2.4	0.2	14.9	1.7	13.9	5.4	1.7	18.6	19.3	13.2	4.5	55.5	2774	70±50
2		平日(中)	18.8	2.5	1.1	1.1	23.6	2.7	24.3	7.1	2.7	50.7	62.0	8.5	57.4	178.6	2473	180±50
3		平日(小)	10.8	1.1	1.6	0.8	14.4	2.3	20.4	5.4	2.3	24.5	22.6	9.4	32.9	89.4	3524	110±50
4		休日外出	7.7	0.8	0.7	0.0	9.3	1.9	12.4	4.5	1.9	14.8	8.3	3.3	1.2	27.5	4086	40±50
	M1スタンダード	休日在宅(大)	20	1	0	2	23	2.0	20.0	5.0	40.0	40.0	20.0	0.0	80.0	140.0		140
	A～Dへの割付	休日在宅(小)	15	1	4	0	20	2.0	20.0	5.0	40.0	30.0	20.0	20.0	0.0	70.0		70
		平日(大)	15	1	4	0	20	2.0	20.0	5.0	40.0	30.0	20.0	20.0	0.0	70.0		70
		平日(中)	20	4	4	1	29	2.0	20.0	5.0	40.0	40.0	80.0	20.0	40.0	180.0		180
		平日(小)	15	1	4	1	21	2.0	20.0	5.0	40.0	30.0	20.0	20.0	40.0	110.0		110
		休日外出	10	0	4	0	14	2.0	20.0	5.0	40.0	20.0	0.0	20.0	0.0	40.0		40

		行為種類別回数[回/日] A(台所)	A(洗面)	B(台所)	B(洗面)	C(シャワー)	D(シャワー)	行為種類別集計[L/日] A(台所)	A(洗面)	B(台所)	B(洗面)	C(シャワー)	D(シャワー)	用途別集計[L/日] シャワー	台所	洗面	合計	
0	M1スタンダード	休日在宅(大)	4	16	1	0	0	2	8	32	20	0	0	80	80	28	32	140 OK
1	A～Dへの割付	休日在宅(小)	3	12	1	0	4	0	6	24	20	0	20	0	20	26	24	70 OK
2		平日(大)	3	12	1	0	4	0	6	24	20	0	20	0	20	26	24	70 OK
3		平日(中)	12	8	4	0	4	1	24	16	80	0	20	40	60	104	16	180 OK
4		平日(小)	7	8	1	0	4	1	14	16	20	0	20	40	60	34	16	110 OK
5		休日外出	4	6	0	0	4	0	8	12	0	0	20	0	20	8	12	40 OK

図 3.3.21　M1 スタンダード　家族人数別の消費行為の割付

M1スタンダード（4～1人世帯）

	1ヶ月の日数	代表日	4人世帯 合計	浴槽	水栓 合計	ワー	台所	洗面	3人世帯 合計	浴槽	水栓 合計	ワー	台所	洗面	2人世帯 合計	浴槽	水栓 合計	ワー	台所	洗面	1人世帯 合計	浴槽	水栓 合計	ワー	台所	洗面
代表日	02日	休日在宅(大)	650	180	470	240	184	46	600	180	420	210	164	46	470	180	290	130	128	32	320	180	140	80	28	32
	04日	休日在宅(小)	550	180	370	200	140	30	500	180	320	160	136	24	370	180	190	70	96	24	250	180	70	20	26	24
	03日	平日(大)	550	180	370	200	136	34	500	180	320	160	132	28	370	180	190	70	96	24	250	180	70	20	26	24
	13日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	07日	平日(小)	350	180	170	100	62	8	300	180	120	60	48	12	170	0	170	110	44	16	110	0	110	60	34	16
	02日	休日外出	250	0	250	190	14	46	200	0	200	110	58	32	70	0	70	20	38	12	40	0	40	20	8	12
1月展開	1日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	2日	平日(小)	350	180	170	100	62	8	300	180	120	60	48	12	170	0	170	110	44	16	110	0	110	60	34	16
	3日	平日(大)	550	180	370	200	136	34	500	180	320	160	132	28	370	180	190	70	96	24	250	180	70	20	26	24
	4日	平日(小)	350	180	170	100	62	8	300	180	120	60	48	12	170	0	170	110	44	16	110	0	110	60	34	16
	5日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	6日	休日在宅(小)	550	180	370	200	140	30	500	180	320	160	136	24	370	180	190	70	96	24	250	180	70	20	26	24
	7日	休日在宅(大)	650	180	470	240	184	46	600	180	420	210	164	46	470	180	290	130	128	32	320	180	140	80	28	32
	8日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	9日	平日(小)	350	180	170	100	62	8	300	180	120	60	48	12	170	0	170	110	44	16	110	0	110	60	34	16
	10日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	11日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	12日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	13日	休日在宅(小)	550	180	370	200	140	30	500	180	320	160	136	24	370	180	190	70	96	24	250	180	70	20	26	24
	14日	休日外出	250	0	250	190	14	46	200	0	200	110	58	32	70	0	70	20	38	12	40	0	40	20	8	12
	15日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	16日	平日(小)	350	180	170	100	62	8	300	180	120	60	48	12	170	0	170	110	44	16	110	0	110	60	34	16
	17日	平日(大)	550	180	370	200	136	34	500	180	320	160	132	28	370	180	190	70	96	24	250	180	70	20	26	24
	18日	平日(小)	350	180	170	100	62	8	300	180	120	60	48	12	170	0	170	110	44	16	110	0	110	60	34	16
	19日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	20日	休日在宅(小)	550	180	370	200	140	30	500	180	320	160	136	24	370	180	190	70	96	24	250	180	70	20	26	24
	21日	休日在宅(大)	650	180	470	240	184	46	600	180	420	210	164	46	470	180	290	130	128	32	320	180	140	80	28	32
	22日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	23日	平日(小)	350	180	170	100	62	8	300	180	120	60	48	12	170	0	170	110	44	16	110	0	110	60	34	16
	24日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	25日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	26日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	27日	休日在宅(小)	550	180	370	200	140	30	500	180	320	160	136	24	370	180	190	70	96	24	250	180	70	20	26	24
	28日	休日外出	250	0	250	190	14	46	200	0	200	110	58	32	70	0	70	20	38	12	40	0	40	20	8	12
	29日	平日(中)	450	180	270	150	92	28	400	180	220	110	88	22	270	180	90	30	44	16	180	0	180	60	104	16
	30日	平日(小)	350	180	170	100	62	8	300	180	120	60	48	12	170	0	170	110	44	16	110	0	110	60	34	16
	31日	平日(大)	550	180	370	200	136	34	500	180	320	160	132	28	370	180	190	70	96	24	250	180	70	20	26	24

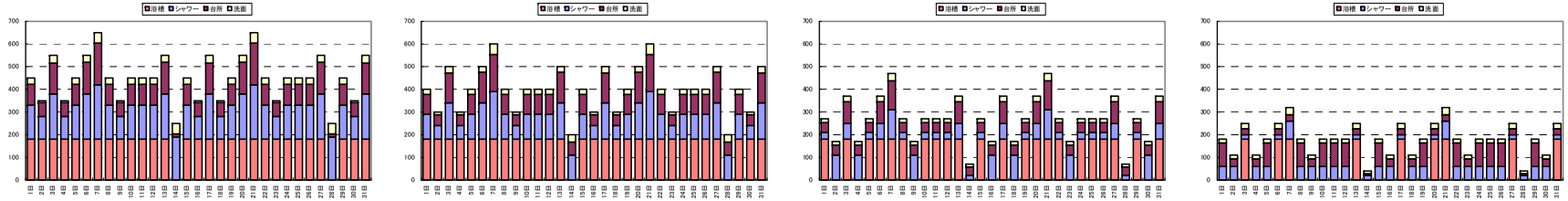


図 3.3.22 M1スタンダード 家族人数別 各用途の消費量

5）4人世帯における消費行為の割付

もっとも標準的に用いられる 4 人世帯について、M1 スタンダードの詳細設定の手順を示す。

a 消費行動の時刻への割当

M1 スタンダードモードの代表 6 日の各日に割り当てられた行為について、各時刻への割当を行う。M1 スタンダードモードの行為数は 1 日で最大 75 回（浴槽湯張りを除く）に達するため、個々の消費行為を実時刻に展開していくのは困難である。そのため、複数の行為を「消費行動」として各時刻に割り当てることとした（図 3.3.23～図 3.3.25）。

b 時刻分布の確認

割り当てられた消費行動より消費行為を1日に展開させる。展開された消費行動の時刻分布について実測結果と比較した結果、行為数が多い水栓 A/B についてはほぼ実測結果を近似出来ていることを確認した。行為数が少ない水栓 C/D についてもピーク時間帯は概ね一致していた（図 3.3.26～図 3.3.31）。

c 停止間隔の確認

出湯の間の停止していた時間である「停止間隔」も、瞬間式給湯機の効率に影響を及ぼす重要なミクロ特性がある。1 日の中に割り当てられた消費行為の時刻分布より、消費行為の間の停止間隔の分布を整理し、実測データより得られた分布と比較・検証した（図 3.3.32）。代表 6 日のほとんどで実測結果を設定モードの分布は適切に近似できており、M1 スタンダードモードが停止間隔についても実態を妥当に再現していることが確認できた。よって、M1 スタンダードが171住戸における標準的なミクロ特性とマクロ特性をもつことを確認できたと考える。

休日在宅（大）

湯消費量設定

用途内訳　合計 650 [L/日]
浴槽 180 [L/日]
水栓 470 [L/日]

水栓行為種類		A	B	C	D	浴槽	合計
	[L/回]	2	20	5	40	180	
	[回/日]	55	6	8	5	1	75
	[L/日]	110	120	40	200	180	650
	[sec/回]					水栓A～D	470
群内外 群外	[回/日]	5	0	0	0		5
	[L/日]	10	0	0	0		10
群内	[回/日]	50	6	8	5	1	70
	[L/日]	100	120	40	200	180	640

那内行為	合計 [回/日]	50	6	8	5	1	70

時間帯		開始	終了	停止間隔							
群01	洗面(朝1)	07:15:00	07:16:18	30	2						4
群02	洗面(朝2)	07:45:00	07:46:18	30	2						4
群03	炊事(朝)	08:00:00	08:04:12	90	3						6
群04	洗面(朝3)	08:30:00	08:31:18	30	2						4
群05	食器洗(朝)	09:00:00	09:05:48	90	2	1					24
群06	炊事(昼)	12:00:00	12:03:06	30	4						8
群07	食器洗(昼)	12:45:00	12:48:48	30	2	1					24
群08	炊事(夕1)	17:30:00	17:49:24	150	6	1					32
群09	炊事(夕2)	17:55:00	18:01:42	30	8						16
群10	浴槽湯はり	19:35:00	19:47:00							1	180
群11	入浴(夜1)	20:00:00	20:00:30				1				5
群12	入浴(夜1)	20:10:00	20:15:00	30			1	1			45
群13	洗顔(夜1)	20:16:00	20:18:12	30	3						6
群14	食器洗(夕1)	20:20:00	20:25:36	30	4	1					28
群15	食器洗(夕2)	20:35:00	20:42:12	30	3	2					46
群16	入浴(夜2)	21:15:00	21:15:30				1				5
群17	入浴(夜2)	21:35:00	21:44:30	30			1	2			85
群18	洗顔(夜2)	21:45:00	21:47:12	30	3						6
群19	入浴(夜3)	22:00:00	22:00:30				1				5
群20	入浴(夜3)	22:15:00	22:20:00	30			1	1			45
群21	洗顔(夜3)	22:22:00	22:24:12	30	3						6
群22	入浴(夜4)	22:30:00	22:30:30				1				5
群23	入浴(夜4)	22:45:00	22:50:00	30			1	1			45
群24	洗顔(夜4)	23:00:00	23:02:12	30	3						6
群25											0

群外行為	合計 [回/日]	5	0	0	0		10

	開始	用途					
群外０１	10:00	洗面	1				2
群外０２	10:45	洗面	1				2
群外０３	13:00	洗面	1				2
群外０４	16:00	洗面	1				2
群外０５	17:00	洗面	1				2
群外０６							
群外０７							
群外０８							
群外０９							
群外１０							
群外１１							
群外１２							
群外１３							
群外１４							
群外１５							

休日在宅（小）

湯消費量設定

用途内訳　合計 550 [L/日]
浴槽 180 [L/日]
水栓 370 [L/日]

水栓行為種類		A	B	C	D	浴槽	合計
	[L/回]	2	20	5	40	180	
	[回/日]	45	4	8	4	1	62
	[L/日]	90	80	40	160	180	550
						水栓A～D	370
群内外 群外	[回/日]	5	0	0	0		5
	[L/日]	10	0	0	0		10
群内	[回/日]	40	4	8	4	1	57
	[L/日]	80	80	40	160	180	540

那内行為	合計 [回/日]	40	4	8	4	1	57

時間帯		開始	終了	停止間隔							
群01	洗面(朝1)	07:15:00	07:16:18	30	2						4
群02											0
群03	炊事(朝)	08:00:00	08:04:12	90	3						6
群04											0
群05	食器洗(朝)	09:00:00	09:02:18	90	2						4
群06	炊事(昼)	12:00:00	12:06:06	90	4						8
群07	食器洗(昼)	12:45:00	12:48:48	30	2	1					24
群08	炊事(夕1)	17:30:00	17:49:24	150	6	1					32
群09	炊事(夕2)	18:00:00	18:06:42	30	8						16
群10	浴槽湯はり	19:35:00	19:47:00							1	180
群11	入浴(夜1)	20:00:00	20:00:30					1			5
群12	入浴(夜1)	20:10:00	20:15:00	30				1	1		45
群13	洗顔(夜1)	20:16:00	20:17:18	30	2						4
群14	食器洗(夕1)	20:20:00	20:24:42	30	3	1					26
群15	食器洗(夕2)	20:35:00	20:38:48	30	2	1					24
群16	入浴(夜2)	21:15:00	21:15:30					1			5
群17	入浴(夜2)	21:35:00	21:40:00	30				1	1		45
群18	洗顔(夜2)	21:45:00	21:46:18	30	2						4
群19	入浴(夜3)	22:00:00	22:00:30					1			5
群20	入浴(夜3)	22:15:00	22:20:00	30				1	1		45
群21	洗顔(夜3)	22:22:00	22:23:18	30	2						4
群22	入浴(夜4)	22:30:00	22:30:30					1			5
群23	入浴(夜4)	22:45:00	22:50:00	30				1	1		45
群24	洗顔(夜4)	23:00:00	23:01:18	30	2						4
群25											0

群外行為	合計 [回/日]	5	0	0	0		10

	開始	用途					
群外０１	10:00	洗面	1				2
群外０２	10:45	洗面	1				2
群外０３	13:00	洗面	1				2
群外０４	16:00	洗面	1				2
群外０５	17:00	洗面	1				2
群外０６							
群外０７							
群外０８							
群外０９							
群外１０							
群外１１							
群外１２							
群外１３							
群外１４							
群外１５							

図 3.3.23　M1 スタンダード　消費行動の割当（休日在宅大・休日在宅小）

平日（大）

湯消費量設定

用途内訳		合計	浴槽	水栓
		550 [L/日]	180 [L/日]	370 [L/日]

水栓行為種類		A	B	C	D	浴槽	合計
	[L/回]	2	20	5	40	180	
	[回/日]	45	4	8	4	1	62
	[L/日]	90	80	40	160	180	550
						水栓A～D	370
群内外 群外	[回/日]	5	0	0	0		5
	[L/日]	10	0	0	0		10
群内	[回/日]	40	4	8	4	1	57
	[L/日]	80	80	40	160	180	540

那内行為	合計	[回/日]	40	4	8	4	1	57

時間帯		開始	終了	停止間隔						
群01	洗面(朝)	06:30:00	06:33:06	30	4					8
群02										
群03	炊事(朝)	06:45:00	06:49:12	90	3					6
群04										
群05	食器洗(朝)	07:15:00	07:18:54	90	1	1				22
群06	炊事(昼)	12:00:00	12:02:18	90	2					4
群07	食器洗(昼)	12:45:00	12:48:06	30	4					8
群08	炊事(夕1)	18:35:00	18:51:30	150	5	1				30
群09	炊事(夕2)	19:00:00	19:04:00	30	5					10
群10	浴槽湯はり	19:35:00	19:47:00	30					1	180
群11	入浴(夜1)	20:15:00	20:15:30	30			1			5
群12	入浴(夜1)	20:25:00	20:30:00	30			1	1		45
群13	洗顔(夜1)	20:35:00	20:36:18	30	2					4
群14	食器洗(夕1)	20:40:00	20:45:36	30	4	1				28
群15	食器洗(夕2)	20:50:00	20:55:36	30	4	1				28
群16	入浴(夜2)	21:15:00	21:15:30	30			1			5
群17	入浴(夜2)	21:35:00	21:40:00	30			1	1		45
群18	洗顔(夜2)	21:45:00	21:46:18	30	2					4
群19	入浴(夜3)	22:00:00	22:00:30	30			1			5
群20	入浴(夜3)	22:15:00	22:20:00	30			1	1		45
群21	洗顔(夜3)	22:22:00	22:23:18	30	2					4
群22	入浴(夜4)	22:30:00	22:30:30	30			1			5
群23	入浴(夜4)	22:45:00	22:50:00	30			1	1		45
群24	洗顔(夜4)	23:00:00	23:01:18	30	2					4
群25										

群外行為	合計	[回/日]	5	0	0	0		10

	開始	用途		
群外01	8:20	洗面	1	2
群外02	9:00	洗面	1	2
群外03	16:30	洗面	1	2
群外04	17:15	洗面	1	2
群外05	18:00	洗面	1	2
群外06				
群外07				
群外08				
群外09				
群外10				
群外11				
群外12				
群外13				
群外14				
群外15				

平日（中）

湯消費量設定

用途内訳		合計	浴槽	水栓
		450 [L/日]	180 [L/日]	270 [L/日]

水栓行為種類		A	B	C	D	浴槽	合計
	[L/回]	2	20	5	40	180	
	[回/日]	40	2	6	3	1	52
	[L/日]	80	40	30	120	180	450
						水栓A～D	270
群内外 群外	[回/日]	2	0	0	0		2
	[L/日]	4	0	0	0		4
群内	[回/日]	38	2	6	3	1	50
	[L/日]	76	40	30	120	180	446

那内行為	合計	[回/日]	38	2	6	3	1	50

時間帯		開始	終了	停止間隔						
群01	洗面(朝)	06:30:00	06:33:06	30	4					8
群02										
群03	炊事(朝)	06:45:00	06:49:12	90	3					6
群04										
群05	食器洗(朝)	07:15:00	07:17:18	90	2					4
群06	炊事(昼)	12:00:00	12:04:12	90	3					6
群07										0
群08	炊事(夕1)	18:35:00	18:51:30	150	5	1				30
群09	炊事(夕2)	19:00:00	19:04:00	30	5					10
群10	浴槽湯はり	19:35:00	19:47:00	30					1	180
群11	入浴(夜1)	20:15:00	20:15:30	30				1		5
群12	入浴(夜1)	20:25:00	20:29:00	30					1	40
群13	洗顔(夜1)	20:35:00	20:36:18	30	2					4
群14	食器洗(夕1)	20:40:00	20:45:36	30	4	1				28
群15	食器洗(夕2)	20:50:00	20:53:06	30	4					8
群16	入浴(夜2)	21:15:00	21:15:30					1		5
群17	入浴(夜2)	21:35:00	21:40:00	30				1	1	45
群18	洗顔(夜2)	21:45:00	21:46:18	30	2					4
群19	入浴(夜3)	22:00:00	22:00:30					1		5
群20	入浴(夜3)	22:15:00	22:15:30	30				1		5
群21	洗顔(夜3)	22:22:00	22:23:18	30	2					4
群22	入浴(夜4)	22:30:00	22:30:30					1		5
群23	入浴(夜4)	22:45:00	22:49:00	30					1	40
群24	洗顔(夜4)	23:00:00	23:01:18	30	2					4
群25										

群外行為	合計	[回/日]	2	0	0	0		4

	開始	用途		
群外01				0
群外02	9:00	洗面	1	2
群外03	16:00	洗面	1	2
群外04				0
群外05				0
群外06				
群外07				
群外08				
群外09				
群外10				
群外11				
群外12				
群外13				
群外14				
群外15				

図 3.3.24　M1 スタンダード　消費行動の割当（平日大・平日中）

平日（小）

湯消費量設定

用途内訳		合計	浴槽	水栓
		350 [L/日]	180 [L/日]	170 [L/日]

水栓行為種類		A	B	C	D	浴槽	合計
	[L/回]	2	20	5	40	180	
	[回/日]	25	1	4	2	1	33
	[L/日]	50	20	20	80	180	350
						水栓A～D	170
群内外 群外	[回/日]	0	0	0	0		0
	[L/日]	0	0	0	0		0
群内	[回/日]	25	1	4	2	1	33
	[L/日]	50	20	20	80	180	350

那内行為	合計	[回/日]	25	1	4	2	1	33

時間帯		開始	終了	停止間隔						
群01	洗面(朝)	06:30:00	06:31:18	30	2					4
群02										
群03	炊事(朝)	06:45:00	06:46:18	30	2					4
群04										
群05	食器洗(朝)	07:15:00	07:17:12	30	3					6
群06										0
群07										0
群08	炊事(夕1)	18:35:00	18:55:42	150	8					16
群09										0
群10	浴槽湯はり	19:35:00	19:47:00						1	180
群11										0
群12	入浴(夜1)	20:25:00	20:29:00	30				1		40
群13										0
群14	食器洗(夕1)	20:40:00	20:45:36	30	4	1				28
群15	食器洗(夕2)	20:50:00	20:53:06	30	4					8
群16										0
群17	入浴(夜2)	21:35:00	21:39:00	30				1		40
群18										0
群19										0
群20	入浴(夜3)	22:15:00	22:16:30	30			2			10
群21	洗顔(夜3)	22:30:00	22:30:24	30	1					2
群22										0
群23	入浴(夜4)	22:45:00	22:46:30	30			2			10
群24	洗顔(夜4)	23:00:00	23:00:24	30	1					2
群25										

群外行為	合計	[回/日]	0	0	0	0		0

	開始	用途		
群外01				
群外02				
群外03				
群外04				
群外05				
群外06				
群外07				
群外08				
群外09				
群外10				
群外11				
群外12				
群外13				
群外14				
群外15				

休日外出

湯消費量設定

用途内訳		合計	浴槽	水栓
		250 [L/日]	0 [L/日]	250 [L/日]

水栓行為種類		A	B	C	D	浴槽	合計
	[L/回]	2	20	5	40	180	
	[回/日]	20	1	6	4	0	31
	[L/日]	40	20	30	160	0	250
						水栓A～D	250
群内外 群外	[回/日]	0	0	0	0		0
	[L/日]	0	0	0	0		0
群内	[回/日]	20	1	6	4	0	31
	[L/日]	40	20	30	160	0	250

那内行為	合計	[回/日]	20	1	6	4	0	31

時間帯		開始	終了	停止間隔						
群01	洗面(朝1)	06:30:00	06:32:12	30	3					6
群02	洗面(朝2)	07:45:00	07:47:12	30	3					6
群03	炊事(朝)	08:00:00	08:04:12	90	3					6
群04	食器洗(朝)	08:45:00	08:49:42	30	3	1				26
群05										0
群06										0
群07										0
群08										0
群09										0
群10	入浴1人目	20:45:00	20:50:00	30				1	1	45
群11										0
群12	洗顔夕1	21:00:00	21:01:18	30	2					4
群13	入浴2人目	21:20:00	21:21:30	30				2		10
群14	入浴2人目	21:30:00	21:34:00	30					1	40
群15	洗顔夕2	21:45:00	21:46:18	30	2					4
群16	入浴3人目	22:00:00	22:05:00	30				1	1	45
群17	入浴3人目									0
群18	洗顔夕3	22:15:00	22:16:18	30	2					4
群19	入浴4人目	22:35:00	22:36:30	30				2		10
群20	入浴4人目	22:45:00	22:49:00	30					1	40
群21	洗顔夕4	23:00:00	23:01:18	30	2					4
群22										0
群23										
群24										
群25										

群外行為	合計	[回/日]	0	0	0	0		0

	開始	用途		
群外01				
群外02				
群外03				
群外04				
群外05				
群外06				
群外07				
群外08				
群外09				
群外10				
群外11				
群外12				
群外13				
群外14				
群外15				

図 3.3.25　M1 スタンダード　消費行動の割当（平日小・休日外出）

時刻比較_休日在宅(大)

実測

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.6	0.3	1.2	4.3	8.9	11.6	8.8	6.4	4.8	4.6	4.8	4.0	3.4	3.8	6.8	10.3	11.4	13.2	12.7	11.3	9.0	5.2	2.5	1.3	151.2
[L/日]	水栓B	0.8	0.1	0.5	1.5	5.5	5.2	3.8	3.0	2.1	2.4	2.5	2.3	2.0	2.0	3.6	5.7	10.0	13.5	10.6	7.1	7.4	5.5	2.7	1.7	101.5
	水栓C	0.1	0.0	0.2	1.4	1.9	2.2	2.0	2.0	1.5	1.2	1.0	1.0	0.8	1.1	2.6	5.7	5.7	9.6	13.2	12.2	10.4	5.8	2.6	0.8	84.9
	水栓D	0.4	0.1	0.7	5.5	8.0	3.9	3.1	2.7	1.9	1.5	1.4	1.2	1.2	1.5	2.7	6.1	6.6	16.3	19.5	14.0	12.1	8.5	5.4	2.3	126.4
	水栓A~	1.8	0.5	2.5	12.7	24.3	22.9	17.7	14.1	10.2	9.7	9.7	8.5	7.4	8.5	15.6	27.8	33.8	52.6	55.9	44.6	38.9	25.0	13.2	6.1	464.0
	浴槽	0.0	0.1	1.6	0.2	0.6	0.1	0.2	0.1	0.4	0.3	0.1	1.1	2.5	6.2	21.9	40.2	40.4	30.7	13.4	8.5	3.9	0.8	0.1	0.1	173.4

実測																										
	水栓A	0.00	0.01	0.01	0.04	0.10	0.18	0.24	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.42	0.45	0.49	0.56	0.63	0.72	0.81	0.88	0.94	0.97	0.99	1.00	
	水栓B	0.01	0.01	0.01	0.03	0.08	0.13	0.17	0.20	0.22	0.24	0.27	0.29	0.31	0.33	0.37	0.42	0.52	0.65	0.76	0.83	0.90	0.96	0.98	1.00	
	水栓C	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.22	0.29	0.36	0.47	0.63	0.77	0.89	0.96	0.99	1.00	
	水栓D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.12	0.15	0.17	0.19	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.28	0.33	0.38	0.51	0.67	0.78	0.87	0.94	0.98	1.00	
	水栓A~	0.00	0.01	0.01	0.04	0.09	0.14	0.18	0.21	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.36	0.42	0.49	0.60	0.72	0.82	0.90	0.96	0.99	1.00	
	浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.20	0.44	0.67	0.85	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	

M1案

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	14.0	16.0	2.0	2.0	20.0	0.0	0.0	0.0	2.0	24.0	8.0	0.0	22.0	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	140.0
[L/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	水栓C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	20.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.0
	水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	40.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	160.0
	水栓A~	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	14.0	16.0	2.0	2.0	40.0	0.0	0.0	0.0	2.0	24.0	8.0	0.0	157.0	66.0	121.0	6.0	0.0	0.0	0.0	470.0
	浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0

M1																										
	水栓A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.19	0.30	0.31	0.33	0.47	0.47	0.47	0.47	0.49	0.66	0.71	0.71	0.87	0.91	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓A~	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06	0.09	0.09	0.10	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.24	0.26	0.26	0.59	0.73	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	
	浴槽	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

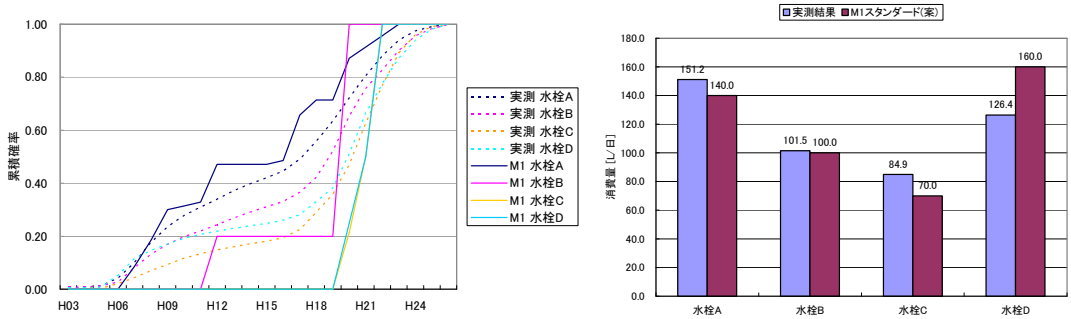


図 3.3.26 消費行為の時刻分布(休日在宅大)

時刻比較_休日在宅(小)

実測

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.3	0.3	1.5	4.2	7.6	8.5	7.3	5.6	4.1	4.0	4.2	3.2	2.6	3.1	5.3	8.7	9.3	11.1	10.8	8.7	6.9	4.2	1.6	0.6	123.7
[L/日]	水栓B	0.3	0.2	0.5	1.7	3.4	3.6	2.8	2.0	1.5	1.5	1.6	1.3	1.2	1.2	1.9	3.4	5.5	8.2	7.2	5.6	4.6	3.1	1.7	0.7	64.8
	水栓C	0.1	0.1	0.4	1.3	2.0	1.7	2.1	1.5	0.9	1.0	0.9	0.9	0.6	1.0	2.7	5.1	6.7	10.2	13.3	11.6	7.3	3.3	1.3	0.4	76.5
	水栓D	0.3	0.2	1.4	4.6	5.7	3.5	3.8	2.4	1.4	1.0	1.0	0.8	0.7	0.9	2.2	4.2	5.8	13.0	16.8	13.0	9.0	5.5	3.0	0.9	101.0
	水栓A~D	1.1	0.8	3.8	11.7	18.8	17.3	15.9	11.5	7.8	7.6	7.7	6.1	5.1	6.3	12.0	21.5	27.3	42.5	48.1	38.9	27.9	16.1	7.6	2.5	366.0
	浴槽	0.1	0.2	2.1	1.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.7	0.7	0.6	1.4	8.2	21.0	31.1	44.3	35.9	13.6	5.1	3.0	0.7	0.2	0.1	171.5

実測																										
	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.05	0.11	0.18	0.24	0.28	0.32	0.35	0.38	0.41	0.43	0.46	0.50	0.57	0.65	0.74	0.82	0.89	0.95	0.98	1.00	1.00	
	水栓B	0.01	0.01	0.02	0.04	0.10	0.15	0.19	0.22	0.25	0.27	0.30	0.32	0.33	0.35	0.38	0.43	0.52	0.65	0.76	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	
	水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.23	0.29	0.38	0.51	0.69	0.84	0.94	0.98	0.99	1.00	
	水栓D	0.00	0.01	0.02	0.06	0.12	0.16	0.19	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.29	0.34	0.39	0.52	0.69	0.82	0.91	0.96	0.99	1.00	
	水栓A~D	0.00	0.01	0.02	0.05	0.10	0.15	0.19	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.33	0.37	0.42	0.50	0.61	0.75	0.85	0.93	0.97	0.99	1.00	
	浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.10	0.22	0.40	0.66	0.87	0.95	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	

M1案

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	10.0	12.0	2.0	2.0	14.0	0.0	0.0	0.0	2.0	16.0	16.0	0.0	26.0	4.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	120.0
[L/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0
	水栓C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	20.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.0
	水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	40.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.0
	水栓A~D	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	10.0	12.0	2.0	2.0	34.0	0.0	0.0	0.0	2.0	16.0	16.0	0.0	121.0	64.0	79.0	4.0	0.0	0.0	0.0	370.0
	浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0

M1																										
	水栓A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.15	0.25	0.27	0.28	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.55	0.68	0.68	0.90	0.93	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓A~D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.08	0.09	0.09	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.23	0.28	0.28	0.60	0.78	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	
	浴槽	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

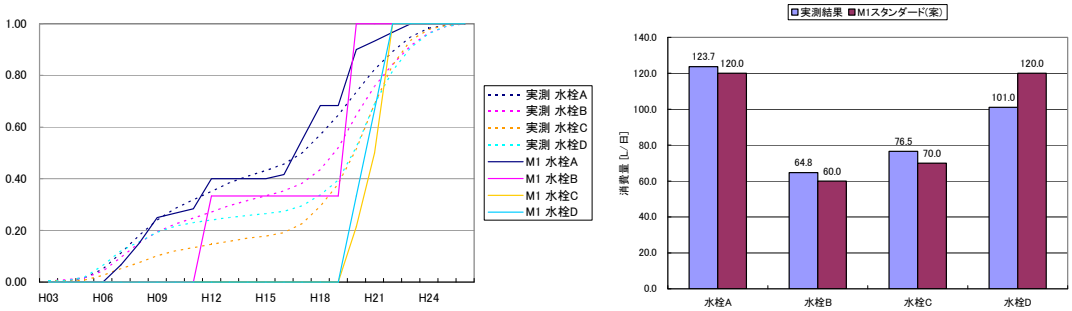


図 3.3.27 消費行為の時刻分布(休日在宅小)

時刻比較_平日(大)

実測

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.3	0.3	1.5	4.2	7.6	8.5	7.3	5.6	4.1	4.0	4.2	3.2	2.6	3.1	5.3	8.7	9.3	11.1	10.8	8.7	6.9	4.2	1.6	0.6	123.7
[L/日]	水栓B	0.3	0.2	0.5	1.7	3.4	3.6	2.8	2.0	1.5	1.5	1.6	1.3	1.2	1.2	1.9	3.4	5.5	8.2	7.2	5.6	4.6	3.1	1.7	0.7	64.8
	水栓C	0.1	0.1	0.4	1.3	2.0	1.7	2.1	1.5	0.9	1.0	0.9	0.9	0.6	1.0	2.7	5.1	6.7	10.2	13.3	11.6	7.3	3.3	1.3	0.4	76.5
	水栓D	0.3	0.2	1.4	4.6	5.7	3.5	3.8	2.4	1.4	1.0	1.0	0.8	0.7	0.9	2.2	4.2	5.8	13.0	16.8	13.0	9.0	5.5	3.0	0.9	101.0
	水栓A~D	1.1	0.8	3.8	11.7	18.8	17.3	15.9	11.5	7.8	7.6	7.7	6.1	5.1	6.3	12.0	21.5	27.3	42.5	48.1	38.9	27.9	16.1	7.6	2.5	366.0
	浴槽	0.1	0.2	2.1	1.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.7	0.7	0.6	1.4	8.2	21.0	31.1	44.3	35.9	13.6	5.1	3.0	0.7	0.2	0.1	171.5

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	
実測	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.05	0.11	0.18	0.24	0.28	0.32	0.35	0.38	0.41	0.43	0.46	0.50	0.57	0.65	0.74	0.82	0.89	0.95	0.98	1.00	1.00	
	水栓B	0.01	0.01	0.02	0.04	0.10	0.15	0.19	0.22	0.25	0.27	0.30	0.32	0.33	0.35	0.38	0.43	0.52	0.65	0.76	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	
	水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.23	0.29	0.38	0.51	0.69	0.84	0.94	0.98	0.99	1.00	
	水栓D	0.00	0.01	0.02	0.06	0.12	0.16	0.19	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.29	0.34	0.39	0.52	0.69	0.82	0.91	0.96	0.99	1.00	
	水栓A~D	0.00	0.01	0.02	0.05	0.10	0.15	0.19	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.33	0.37	0.42	0.50	0.61	0.75	0.85	0.93	0.97	0.99	1.00	
	浴槽	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.10	0.22	0.40	0.66	0.87	0.95	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	

M1案

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.0	0.0	0.0	12.0	12.0	0.0	4.0	2.0	2.0	18.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	16.0	12.0	28.0	4.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	120.0
[L/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0
	水栓C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	15.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.0
	水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.0
	水栓A~D	0.0	0.0	0.0	12.0	12.0	0.0	4.0	2.0	2.0	18.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	16.0	32.0	93.0	59.0	114.0	4.0	0.0	0.0	0.0	370.0
	浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	
M1	水栓A	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.20	0.23	0.25	0.27	0.42	0.42	0.42	0.42	0.43	0.43	0.57	0.67	0.90	0.93	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.57	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓A~D	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06	0.06	0.08	0.08	0.09	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.18	0.27	0.52	0.68	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	
	浴槽	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

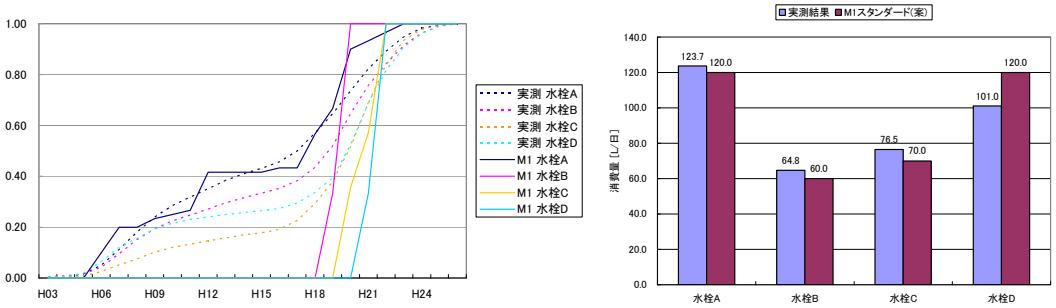


図 3.3.28 消費行為の時刻分布(平日大)

時刻比較_平日(中)

実測

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.2	0.2	1.2	4.2	6.2	6.5	5.5	3.8	2.9	3.0	2.9	2.2	2.0	2.4	4.3	6.9	7.7	9.8	9.3	6.8	5.2	2.5	0.8	0.3	96.7
[L/日]	水栓B	0.1	0.0	0.4	1.1	2.4	2.2	1.6	1.1	0.8	0.9	0.9	0.7	0.6	0.7	1.1	3.1	3.3	4.8	4.6	4.1	3.1	2.1	0.6	0.3	40.8
	水栓C	0.1	0.1	0.4	1.4	1.6	1.6	1.7	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.9	2.8	5.1	6.2	9.9	11.7	9.1	5.3	1.9	0.7	0.2	65.5
	水栓D	0.1	0.1	0.8	2.3	3.1	1.7	1.4	0.7	0.8	0.6	0.5	0.4	0.5	0.6	1.9	4.4	5.2	9.2	10.2	7.4	5.8	3.1	1.3	0.6	62.6
	水栓A~D	0.4	0.4	2.8	9.0	13.4	12.0	10.2	6.7	5.4	5.4	5.1	3.9	3.7	4.7	10.0	19.4	22.4	33.7	35.9	27.4	19.4	9.6	3.4	1.4	265.7
	浴槽	0.1	0.4	1.3	0.7	0.3	0.2	0.2	0.3	0.7	0.6	0.5	0.7	1.2	12.4	24.6	29.2	38.6	35.5	13.3	5.0	1.7	0.4	0.1	0.0	168.1

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	
実測	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.12	0.19	0.25	0.29	0.32	0.35	0.38	0.40	0.42	0.45	0.49	0.56	0.64	0.74	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00	
	水栓B	0.00	0.00	0.01	0.04	0.10	0.15	0.19	0.22	0.24	0.26	0.29	0.30	0.32	0.34	0.36	0.44	0.52	0.64	0.75	0.85	0.93	0.98	0.99	1.00	
	水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.24	0.31	0.41	0.56	0.74	0.88	0.96	0.99	1.00	1.00	
	水栓D	0.00	0.00	0.02	0.05	0.10	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.20	0.21	0.22	0.25	0.32	0.40	0.55	0.71	0.83	0.92	0.97	0.99	1.00	
	水栓A~D	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.14	0.18	0.21	0.23	0.25	0.27	0.28	0.30	0.31	0.35	0.42	0.51	0.64	0.77	0.87	0.95	0.98	0.99	1.00	
	浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.12	0.26	0.44	0.67	0.88	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	

M1案

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.0	0.0	0.0	12.0	12.0	0.0	4.0	2.0	2.0	12.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	12.0	12.0	28.0	4.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	110.0
[L/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0
	水栓C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	15.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
	水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0
	水栓A~D	0.0	0.0	0.0	12.0	12.0	0.0	4.0	2.0	2.0	12.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	12.0	12.0	83.0	59.0	64.0	4.0	0.0	0.0	0.0	280.0
	浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	
M1	水栓A	0.00	0.00	0.00	0.11	0.22	0.22	0.25	0.27	0.29	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.42	0.53	0.64	0.89	0.93	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	水栓A~D	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.09	0.10	0.11	0.11	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.21	0.25	0.55	0.76	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	
	浴槽	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

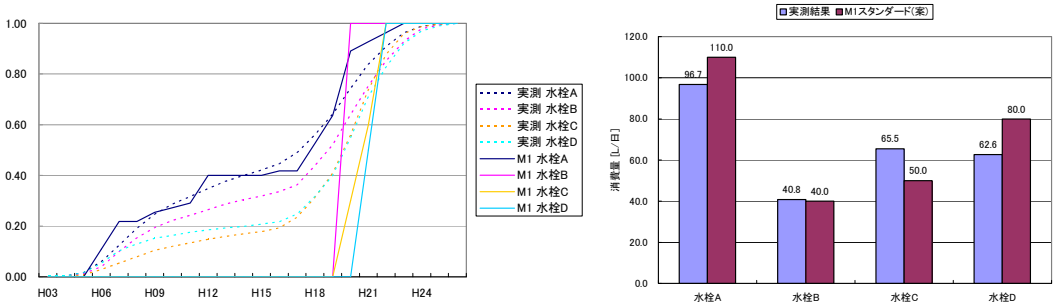


図 3.3.29 消費行為の時刻分布(平日中)

時刻比較_平日(小)

実測

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.1	0.1	0.8	3.0	4.9	4.9	3.6	2.3	1.9	2.2	2.0	1.5	1.4	1.6	2.8	4.9	5.6	6.9	7.1	5.2	3.5	1.8	0.5	0.2	68.7
[L/日]	水栓B	0.0	0.0	0.2	0.5	2.0	1.5	0.9	0.7	0.4	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4	0.9	2.0	2.1	2.9	3.0	2.6	2.0	1.1	0.4	0.1	25.4
	水栓C	0.0	0.0	0.3	1.1	1.3	1.3	1.2	0.6	0.5	0.7	0.5	0.4	0.4	0.7	1.9	3.3	4.4	7.3	9.1	7.4	4.3	1.2	0.5	0.1	48.5
	水栓D	0.0	0.0	0.3	0.6	1.0	0.7	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	1.1	2.5	3.1	4.8	5.1	3.5	2.5	1.6	0.8	0.2	30.3
	水栓A～D	0.2	0.2	1.6	5.3	9.2	8.4	6.1	3.9	3.0	3.6	3.2	2.4	2.4	3.1	6.6	12.7	15.2	21.9	24.3	18.7	12.2	5.7	2.2	0.6	172.9
	浴槽	0.0	0.1	0.9	0.5	0.1	0.1	0.2	0.3	0.6	0.2	0.2	0.2	1.1	11.4	23.7	30.9	34.0	35.3	18.4	6.2	2.2	0.3	0.1	0.0	167.1

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26
実測	水栓A	0.00	0.00	0.01	0.06	0.13	0.20	0.25	0.29	0.31	0.35	0.37	0.40	0.42	0.44	0.48	0.55	0.63	0.73	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00	1.00
	水栓B	0.00	0.00	0.01	0.03	0.11	0.17	0.20	0.23	0.25	0.27	0.29	0.30	0.31	0.33	0.36	0.44	0.52	0.64	0.76	0.86	0.94	0.98	1.00	1.00
	水栓C	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.08	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.22	0.29	0.38	0.53	0.72	0.87	0.96	0.99	1.00	1.00
	水栓D	0.00	0.00	0.01	0.03	0.07	0.09	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.20	0.28	0.39	0.55	0.71	0.83	0.91	0.96	0.99	1.00
	水栓A～D	0.00	0.00	0.01	0.04	0.10	0.14	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.34	0.42	0.50	0.63	0.77	0.88	0.95	0.98	1.00	1.00
	浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.09	0.24	0.42	0.63	0.84	0.95	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00

M1案

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.0	0.0	0.0	12.0	12.0	0.0	4.0	2.0	2.0	12.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	12.0	12.0	28.0	4.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	110.0
[L/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0
	水栓C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	15.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
	水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0
	水栓A～D	0.0	0.0	0.0	12.0	12.0	0.0	4.0	2.0	2.0	12.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	12.0	12.0	83.0	59.0	64.0	4.0	0.0	0.0	0.0	280.0
	浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26
M1	水栓A	0.00	0.00	0.00	0.11	0.22	0.22	0.25	0.27	0.29	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.42	0.53	0.64	0.89	0.93	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
	水栓B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	水栓C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	水栓D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	水栓A～D	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.09	0.10	0.11	0.11	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.21	0.25	0.55	0.76	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
	浴槽	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

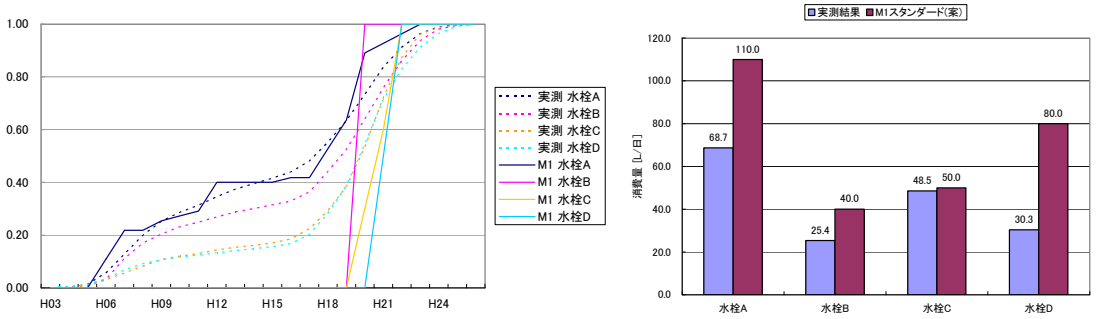


図 3.3.30 消費行為の時刻分布(平日小)

時刻比較_休日外出

実測

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.2	0.2	1.1	3.5	5.7	5.4	4.2	3.1	3.0	2.7	2.5	2.2	2.2	2.7	4.2	5.2	6.1	7.1	7.0	6.2	5.4	3.3	1.0	0.4	84.3
[L/日]	水栓B	0.2	0.1	0.5	2.3	3.6	2.8	1.8	1.7	1.4	1.4	1.1	1.1	0.9	1.2	2.4	3.9	4.1	5.2	5.5	4.8	5.1	3.2	1.1	0.3	55.8
	水栓C	0.1	0.0	0.8	0.8	1.6	1.2	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	1.6	3.6	3.5	4.7	5.1	4.3	2.6	1.9	0.5	0.2	37.5
	水栓D	0.3	0.2	1.4	4.1	4.1	2.9	1.9	1.6	1.1	0.7	0.5	0.6	0.4	0.6	1.9	4.8	4.4	6.3	7.4	7.7	5.9	5.2	3.1	1.0	68.2
	水栓A～D	0.8	0.5	3.8	10.7	15.0	12.3	8.7	7.2	6.2	5.4	4.6	4.4	4.0	5.0	10.2	17.5	18.1	23.3	25.0	23.0	19.0	13.5	5.7	2.0	245.8
	浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26
実測	水栓A	0.00	0.00	0.02	0.06	0.13	0.19	0.24	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.42	0.46	0.51	0.57	0.64	0.72	0.81	0.88	0.95	0.98	1.00	1.00
	水栓B	0.00	0.01	0.01	0.06	0.12	0.17	0.20	0.23	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.40	0.47	0.55	0.64	0.74	0.83	0.92	0.98	0.99	1.00
	水栓C	0.00	0.00	0.03	0.05	0.09	0.12	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21	0.22	0.24	0.25	0.30	0.39	0.48	0.61	0.75	0.86	0.93	0.98	0.99	1.00
	水栓D	0.00	0.01	0.03	0.09	0.15	0.19	0.22	0.24	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.30	0.33	0.40	0.46	0.55	0.66	0.78	0.86	0.94	0.98	1.00
	水栓A～D	0.00	0.01	0.02	0.06	0.13	0.18	0.21	0.24	0.27	0.29	0.31	0.32	0.34	0.36	0.40	0.47	0.55	0.64	0.74	0.84	0.91	0.97	0.99	1.00
	浴槽	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.20	0.44	0.67	0.85	0.92	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00

M1案

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
湯量	水栓A	0.0	0.0	0.0	6.0	6.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	40.0
[L/日]	水栓B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0
	水栓C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	10.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
	水栓D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.0
	水栓A～D	0.0	0.0	0.0	6.0	6.0	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	58.0	94.0	4.0	0.0	0.0	0.0	230.0
	浴槽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

		H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26
M1	水栓A	0.00	0.00	0.00	0.15	0.30	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
	水栓B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	水栓C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	水栓D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	水栓A～D	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.32	0.57	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
	浴槽	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

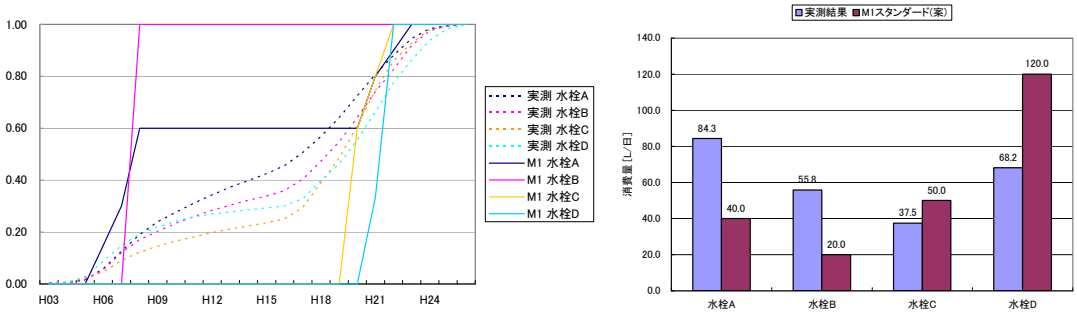
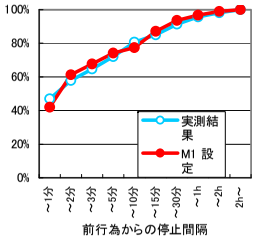


図 3.3.31 消費行為の時刻分布(休日外出)

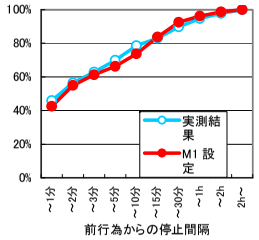
停止間隔確認	全日数	行為数 [回]	[回/日]	停止間隔 総時間[h]	平均[s/回]			前の行為からの停止間隔 ～1分	～2分	～3分	～5分	～10分	～15分	～30分	～1h	～2h	2h～
休日在宅（大）	2,052	182,438	88.9	1,463	693		行為数	85661	19878	12388	13458	15777	8074	11495	7819	4602	3286
							累積確率	47.0%	57.8%	64.6%	72.0%	80.7%	85.1%	91.4%	95.7%	98.2%	100.0%
470±50[L/日]																	
休日在宅（小） 平日（大）	3,538	264,447	74.7	2,456	803		行為数	121428	27672	17197	18634	22956	11703	17778	13085	8234	5760
							累積確率	45.9%	56.4%	62.9%	69.9%	78.6%	83.0%	89.8%	94.7%	97.8%	100.0%
370±50[L/日]																	
平日（中）	5,964	361,067	60.5	4,003	958		行為数	160280	36833	23170	24801	30612	16342	26087	19679	12848	10415
							累積確率	44.4%	54.6%	61.0%	67.9%	76.4%	80.9%	88.1%	93.6%	97.1%	100.0%
270±50[L/日]																	
平日（小）	6,645	304,826	45.9	4,240	1,202		行為数	132150	30208	18716	19686	24954	13782	22747	17890	12668	12025
							累積確率	43.4%	53.3%	59.4%	65.9%	74.0%	78.6%	86.0%	91.9%	96.1%	100.0%
170±50[L/日]																	
休日外出	2,372	121,347	51.2	1,535	1,093		行為数	55968	12449	7407	7499	9632	5221	8238	6406	4335	4192
							累積確率	46.1%	56.4%	62.5%	68.7%	76.6%	80.9%	87.7%	93.0%	96.5%	100.0%
250±50[L/日]																	
休日在宅（小）		93		0.60	557		行為数	39	18	6	6	3	9	6	3	2	1
							累積確率	41.9%	61.3%	67.7%	74.2%	77.4%	87.1%	93.5%	96.8%	98.9%	100.0%
休日在宅（小）		80		0.61	660		行為数	34	10	5	4	6	8	7	3	2	1
							累積確率	42.5%	55.0%	61.3%	66.3%	73.8%	83.8%	92.5%	96.3%	98.8%	100.0%
平日（大）		80		0.64	694		行為数	40	5	7	5	4	7	6	3	0	3
							累積確率	50.0%	56.3%	65.0%	71.3%	76.3%	85.0%	92.5%	96.3%	96.3%	100.0%
平日（中）		69		0.65	815		行為数	30	8	2	4	6	7	6	3	0	3
							累積確率	43.5%	55.1%	58.0%	63.8%	72.5%	82.6%	91.3%	95.7%	95.7%	100.0%
平日（小）		69		0.65	815		行為数	30	8	2	4	6	7	6	3	0	3
							累積確率	43.5%	55.1%	58.0%	63.8%	72.5%	82.6%	91.3%	95.7%	95.7%	100.0%
休日外出		33		0.67	1,751		行為数	12	5	0	1	4	6	2	1	1	1
							累積確率	36.4%	51.5%	51.5%	54.5%	66.7%	84.8%	90.9%	93.9%	97.0%	100.0%

図 3.3.32 滞留行為の停止間隔

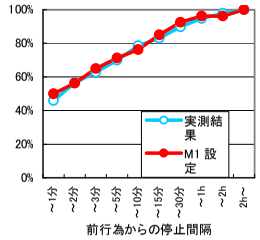
休日在宅（大）



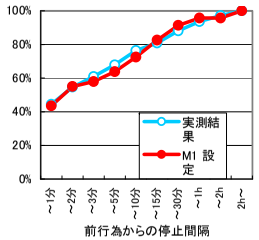
休日在宅（小）



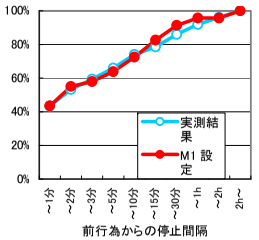
平日（大）



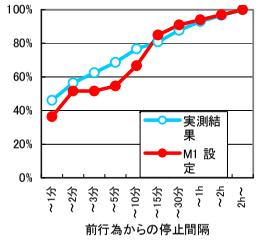
平日（中）



平日（小）



休日外出



(3) 浴槽部分の負荷の設定

1) 検討の概要

水栓部分については前述の171住戸における詳細な実測データより、マクロ・ミクロ特性の詳細な把握、およびそれを反映して標準的な消費を再現した M1 スタンダードの水栓部分の実装を行うことができた。続いて、WEB アンケートや浴室まわりの実測結果から浴槽関係の詳細な負荷条件の設定を行うこととする。浴槽は湯はりだけでなく、湯温度が低下した際には保温が行われるため追焚熱負荷が発生することから、他の用途とは大きく異なる。現在では自動保温機能を有する機種が普及していることから、本検討では自動保温を前提に浴槽の熱負荷を検討する。

2) 入浴のスケジュールに関する検討

入浴スケジュールの検討は、国土交通省基準整備促進事業「住宅の省エネルギー基準に関する検討　集合住宅の住まい方・設備保有状況及び住宅の高断熱化目標水準に関する基礎調査(平成22年度)」において実施された成果をもとに検討を行った。

湯はりおよび入浴開始時刻の累積分布を示す(図 3.3.33、図 3.3.34)。代表値として中央値(累積度数 50%)を用いる。全世帯平均では、湯はりは 19:00 ごろ・最後の入浴が始まるのが 22:00 ごろであり、JIS のスケジュールに比較的近い。4人世帯限定では、概ね同じ傾向であるが、最後の4組目が入浴を始めるのが 22:20 とやや遅くなっている。この結果に基づき自立循環生活スケジュールとの調整を行い、入浴を行う時刻の設定を行った。

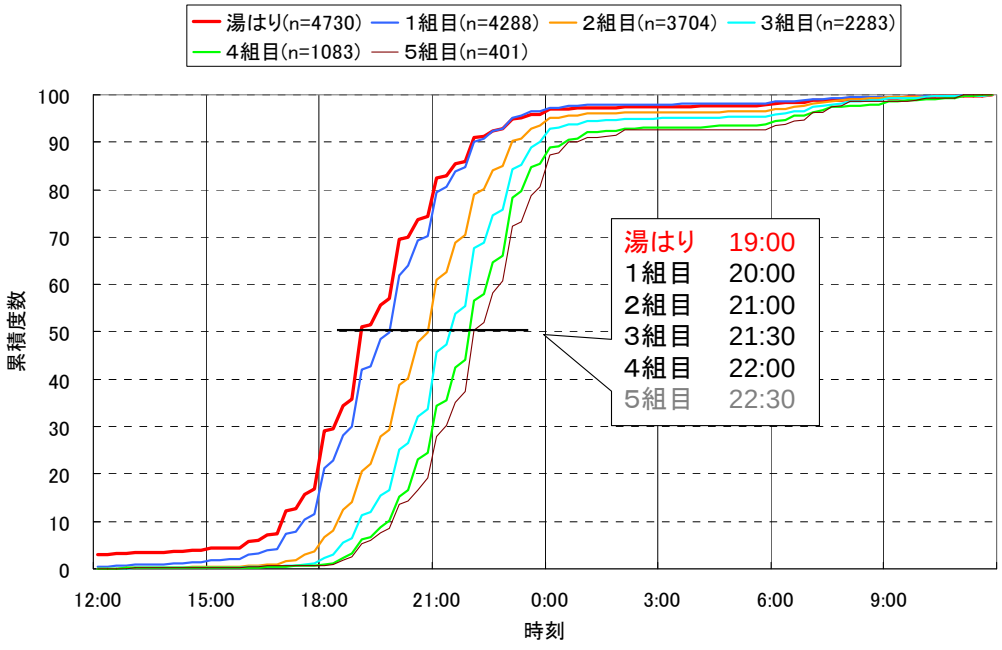


図 3.3.33　湯張り・入浴時間の累積分布(全世帯)

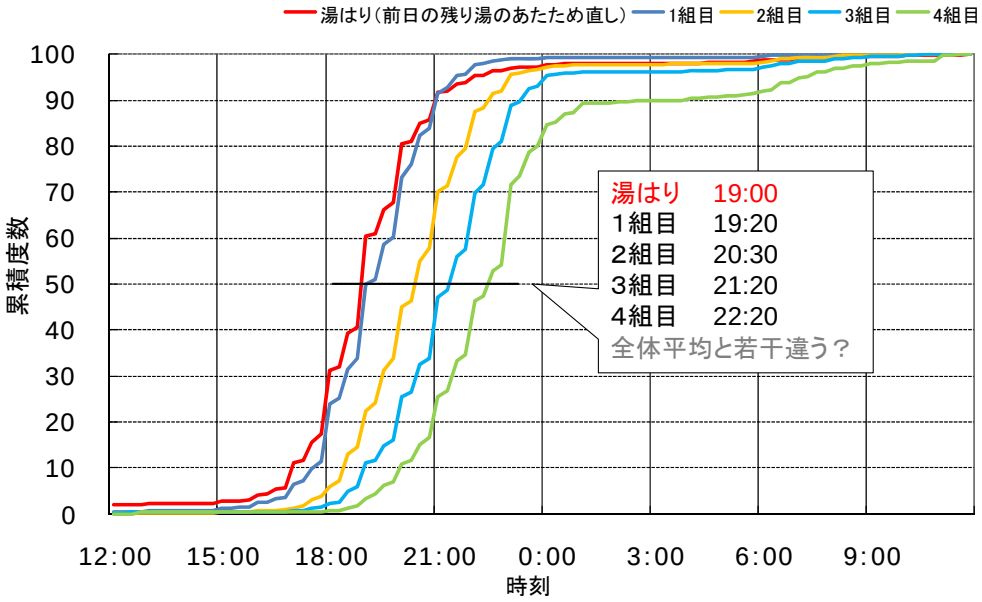


図 3.3.34 湯張り・入浴時間の累積分布（4人世帯のみ）

浴室に滞在する時間・浴槽につかる時間を示す（図 3.3.35）。浴室に滞在する時間は 15/20/25 分程度、浴槽につかる時間は 5/10/15 分程度が多い傾向となっている。このため M1 スタンダードにおいても、浴室滞在時間は 15/20/25 分、浴槽につかる時間も 5/10/15 分のいずれかに設定することとした。

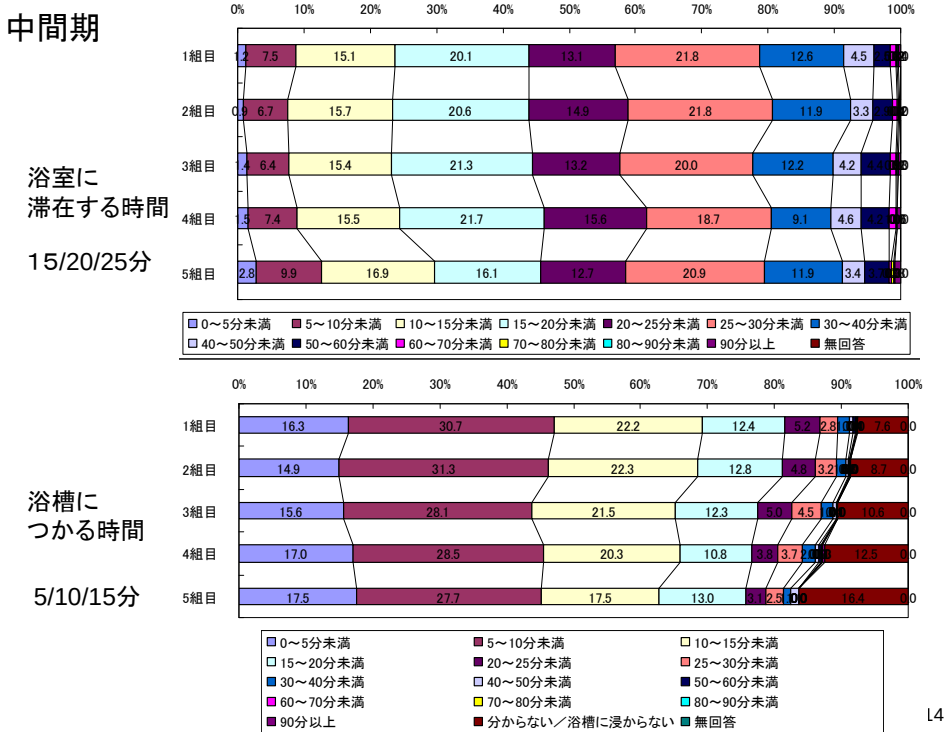


図 3.3.35 浴室滞在時間・浴槽につかる時間の分布

3）入浴時の湯量に関する検討

浴槽湯はり1回あたりに要する湯量については、修正 M1 モードでは 150L とされているが、若干少ない傾向が指摘されていた。先の171住戸の実測結果（図 3.3.36）より 180L 程度が平均的であることが判明したため、浴槽湯量は 180L に変更することとした。

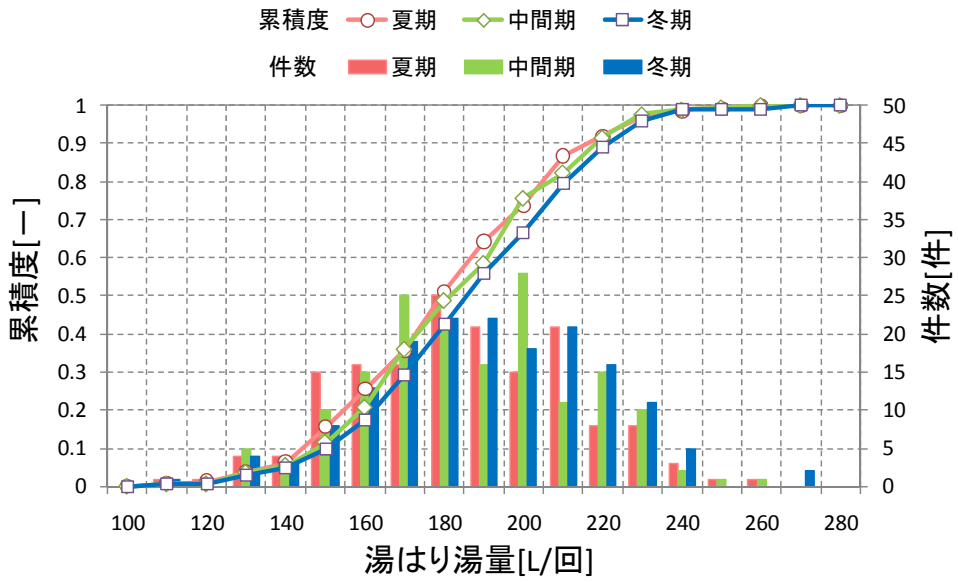


図 3.3.36　実測171住戸における浴槽湯はり量の分布

4）人体以外の浴槽熱負荷に関する検討

浴槽の放熱量についての検討は、財団法人ベターリビング「新時代の省エネ型給湯設備の計画・評価手法に関する研究」の実測調査で計測されたデータを元に分析を行っており、内容は割愛する。

5) 試験時における浴槽熱負荷の設定

以上の検討結果より、浴槽の熱負荷を以下のように設定する。

- WEB アンケート結果と自立循環生活スケジュール → 入浴時間帯を設定
- WEB アンケート → 浴室滞在時間(10/15/20 分)と浴槽入浴時間(5/10/15 分)を設定
- 実住戸で浴室温度降下実測 → 蓋開放時・蓋閉鎖時の放熱量を設定
- 数値人体モデル → 浴槽入浴時の人体吸熱量を設定 ただし長女・妻は体重 50kg に補正

以上の条件より、4・3・2 人世帯の入浴スケジュールを以下のように設定した(図 3.3.37～図 3.3.39)。4 人家族においては入浴開始が 19:30 となり、従来の修正 M1 の 20:45 より早い時間になっている。入浴は湯はり終了後の 19:50～22:50 までの 3 時間の間に行われる。この間に、自動保温が常に作動していると想定している。JIS では浴槽の保温は手動追焚により処理されるとしているが、実際には自動保温の利用割合が多く実使用下での効率評価には自動保温の方が適切であるとしたためである。

熱損失量の合計は、冬期において高断熱浴槽では 3.48MJ、通常浴槽では 5.15MJ となっている。これは湯量 180L 換算とするとそれぞれ 4.62℃・6.84℃の温度降下量に匹敵する。

3・2 人世帯については、それぞれ長男・長女が抜ける形で入浴スケジュールが短くなっている。1 人世帯については 1 人が湯はりしてすぐに入浴する場合が多いと思われるので、特に保温スケジュール等は設定していない。

(休日在宅もほぼ同じ)			時刻	浴室滞在 蓋開放 [min]	浴槽入浴 [min]	人体吸熱 [MJ] 冬期	中間期	夏期	①合計	浴室無人 蓋閉鎖 ②	合計 ①+②	
	湯はり開始		19:30									
	湯はり完了		19:50									
	1人目	長男	20:15 20:30	15	5	0.241	0.223	0.189				
	2人目	長女	21:15 21:40	25	15	0.274	0.267	0.232				←体重50kg
	3人目	夫	22:00 22:20	20	10	0.324	0.309	0.267				
	4人目	妻	22:30 22:50	20	10	0.232	0.221	0.190				←体重50kg
	最終		22:50									湯温降下180L換算
		合計[min]	180	80						100		
高断熱浴槽	冬期	放熱量[W]		350						122		
		放熱量[MJ]		1.68		1.07			2.75	0.73	**3.48**	4.62℃
	中間期	放熱量[W]		250						96		
		放熱量[MJ]		1.20			1.02		2.22	0.58	**2.80**	3.71℃
	夏期	放熱量[W]		150						69		
		放熱量[MJ]		0.72				0.88	1.60	0.41	**2.01**	2.67℃
通常浴槽	冬期	放熱量[W]		500	700					280		
		放熱量[MJ]		2.40		1.07			3.47	1.68	**5.15**	6.84℃
	中間期	放熱量[W]		350	500					219		
		放熱量[MJ]		1.68			1.02		2.70	1.31	**4.01**	5.33℃
	夏期	放熱量[W]		200	300					157		
		放熱量[MJ]		0.96				0.88	1.84	0.94	**2.78**	3.69℃

図 3.3.37 4 人世帯の入浴条件と熱負荷

（休日在宅もほぼ同じ）			時刻	浴室滞在 蓋開放 [min]	浴槽入浴 [min]	人体吸熱 [MJ] 冬期	中間期	夏期	①合計	浴室無人 蓋閉鎖 ②	合計 ①+②	
	湯はり開始		19:30									
	湯はり完了		19:50									
	1人目	長女	20:15 20:30	25	15	0.274	0.267	0.232				
	2人目	夫	21:15 21:40	20	10	0.324	0.309	0.267				←体重50kg
	3人目	妻	22:00 22:20	20	10	0.232	0.221	0.190				
	4人目											←体重50kg
	最終		22:20									湯温降下 180L換算
		合計[min]	150	65						85		
高断熱 浴槽	冬期	放熱量[W]		350						122		
		放熱量[MJ]		1.37		0.83			2.20	0.62	**2.82**	3.74℃
	中間期	放熱量[W]		250						96		
		放熱量[MJ]		0.98			0.80		1.77	0.49	**2.26**	3.00℃
	夏期	放熱量[W]		150						69		
		放熱量[MJ]		0.59				0.69	1.27	0.35	**1.63**	2.16℃
通常 浴槽	冬期	放熱量[W]		500	700					280		
		放熱量[MJ]		1.95		0.83			2.78	1.43	**4.21**	5.59℃
	中間期	放熱量[W]		350	500					219		
		放熱量[MJ]		1.37			0.80		2.16	1.12	**3.28**	4.35℃
	夏期	放熱量[W]		200	300					157		
		放熱量[MJ]		0.78				0.69	1.47	0.80	**2.27**	3.01℃

図 3.3.38 3 人世帯の入浴条件と熱負荷

（休日在宅もほぼ同じ）			時刻	浴室滞在 蓋開放 [min]	浴槽入浴 [min]	人体吸熱 [MJ] 冬期	中間期	夏期	①合計	浴室無人 蓋閉鎖 ②	合計 ①+②	
	湯はり開始		20:30									
	湯はり完了		20:50									
	1人目	夫	21:00 21:25	20	10	0.324	0.309	0.267				
	2人目	妻	22:00 22:20	20	10	0.232	0.221	0.190				←体重50kg
	3人目											
	4人目											←体重50kg
	最終		22:20									湯温降下 180L換算
		合計[min]	90	40						50		
高断熱 浴槽	冬期	放熱量[W]		350						122		
		放熱量[MJ]		0.84		0.56			1.40	0.37	**1.76**	2.34℃
	中間期	放熱量[W]		250						96		
		放熱量[MJ]		0.60			0.53		1.13	0.29	**1.42**	1.88℃
	夏期	放熱量[W]		150						69		
		放熱量[MJ]		0.36				0.46	0.82	0.21	**1.02**	1.36℃
通常 浴槽	冬期	放熱量[W]		500	700					280		
		放熱量[MJ]		1.20		0.56			1.76	0.84	**2.60**	3.45℃
	中間期	放熱量[W]		350	500					219		
		放熱量[MJ]		0.84			0.53		1.37	0.66	**2.03**	2.69℃
	夏期	放熱量[W]		200	300					157		
		放熱量[MJ]		0.48				0.46	0.94	0.47	**1.41**	1.87℃

図 3.3.39 2 人世帯の入浴条件と熱負荷

(4) 試験用暖冷房負荷の検討

1) 検討の概要

燃料電池やガスエンジンにより発電を行うコジェネ設備は、その排熱を給湯だけでなく暖房等にも利用する場合がある。また、多機能 CO2HP 給湯機やヒートポンプ・ガス瞬間式併用型給湯機（通称ハイブリッド給湯機）・一部の太陽熱利用給湯機器については、1つの貯湯槽を給湯だけでなく暖房の熱利用にも用いる。こうした機器については、給湯負荷だけでなく、暖冷房負荷の検討が必要になる。

現状の事業主基準においては、策定された 2008 年の検討経緯の中でコジェネ機器の試験を先行して実施する必要があったため、暖冷房の消費エネルギー算出方法の検討が完了する前に試験用の暖冷房負荷パターンを策定していた（図 3.3.40、図 3.3.41）。そのため、後に決定された暖冷房の消費エネルギー計算に用いられている空調条件と一致していないなど、いくつかの課題が残されていた。本検討ではこれらの課題について検討を行い、評価の整合性を確保することとした。

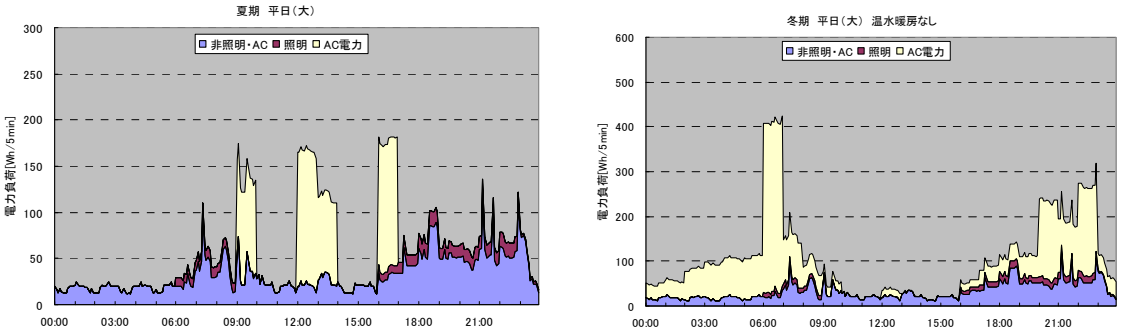
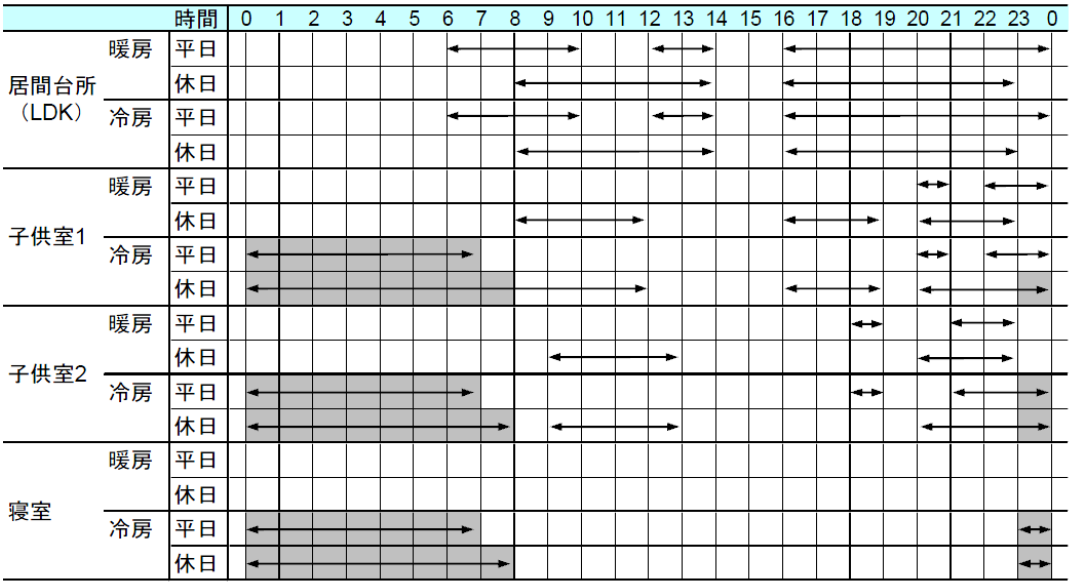


図 3.3.40 事業主基準のコジェネ試験用 空調負荷



*矢印は空調時間帯、網掛け部分は就寝時を示す。

図 3.3.41 事業主基準の空調スケジュール（暖冷房の消費エネルギー算出に用いられている）

2）新しい試験用暖冷房負荷の方針

新たな負荷策定においては、以下の方針で検討を進めることとした。

- スケジュール等の暖冷房負荷条件を、現状の暖冷房の消費エネルギー算出の条件と揃える。元データとしては、事業主基準の WEB において公開されている暖冷房負荷（熱負荷計算ソフトの計算結果）を用いる（図 3.3.42）。
- 従来は既築の改修を主に想定してⅣa 地域・断熱等級3としていたが、都心部の新築を想定してⅣb 地域・断熱等級4に変更した（図 3.3.43）。
- スケジュールの種類としては、温暖地で主流と考えられる部分間欠を採用する。
- 暖房については期間を通した推移があるため、冬の初め・終わりの時期を想定した「低負荷」と、冷え込みの厳しい時期を想定した「高負荷」の2つの条件を用意することとした。なお、冷房については負荷の値が少ない上に日々の変動が大きいことから、高負荷・低負荷の区別を行わない。

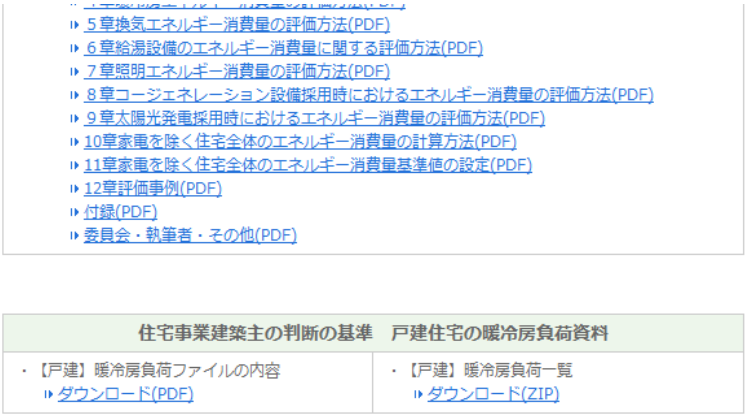


図 3.3.42　試験用暖冷房負荷の元データ（事業主基準 WEB より）

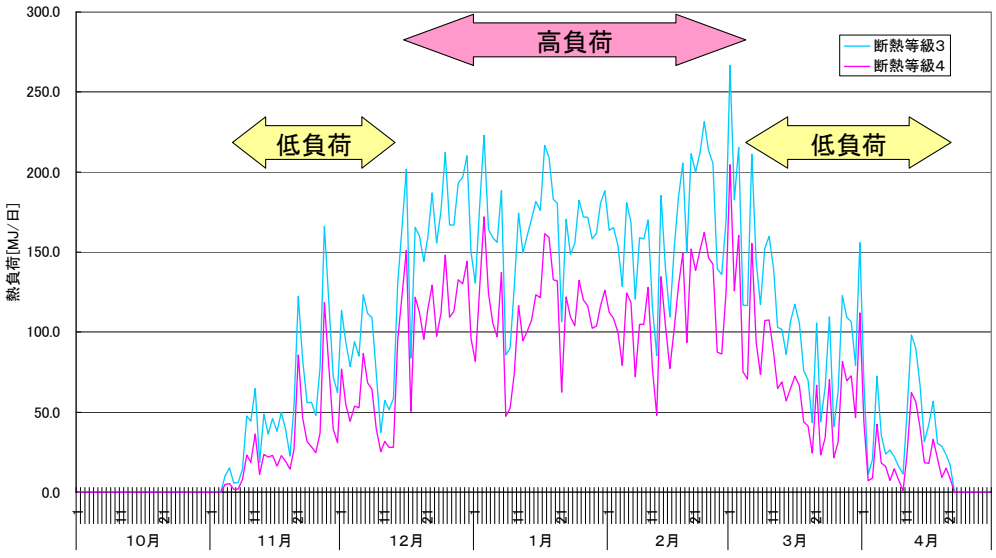


図 3.3.43　新たな熱負荷の設定（Ⅳb 地域　断熱等級4　部分間欠暖房）

3）暖冷房負荷条件の設定結果

暖冷房負荷は日々の気温や日射などの変動により日々異なる複雑な挙動を示す。そのため単純な平均化を行うと、実際の1日の負荷変動に対して過剰に安定した(なめらかな)時刻変動になり、各日の負荷変動を適切に再現できない可能性がある。そのため本検討では複数日の平均化等は行わず、以下の方針により代表日を選定し、該当日の負荷をそのまま用いることとする(図 3.3.44)。

- 現在の事業主基準の代表日選定においては、期間平均(μ)と期間標準偏差(σ)より、μ+2σ・μ+σ・μ・μ−σの4通りの日合計負荷について最も近い日を選択している。
- 本検討でも、同様の手法により選定を行う。平日については同じくμ+2σ・μ+σ・μ・μ−σの4通りの負荷の日合計値に最も近い日を選定する。休日については期間日数が少ないこともあり、μ+σ・μ・μ−σの3通りを採用する。
- 暖房負荷については、温水暖房を用いる場合には LDK に床暖房を敷設したものと仮定してLDKの熱負荷のみを温水床暖房が分担することとし、他居室はエアコンで暖房したとしている。
- 冷房負荷については、LDK・他居室ともに全てエアコンで処理したものとする。
- 温水暖房を用いる場合は床暖房の快適性を考慮し、元の暖房熱負荷の 90%を試験用の熱負荷とした。エアコンを想定する場合は暖冷房ともに COP=3 を仮定し、元の暖冷房熱負荷の 1/3 を試験用の熱負荷とした。
-

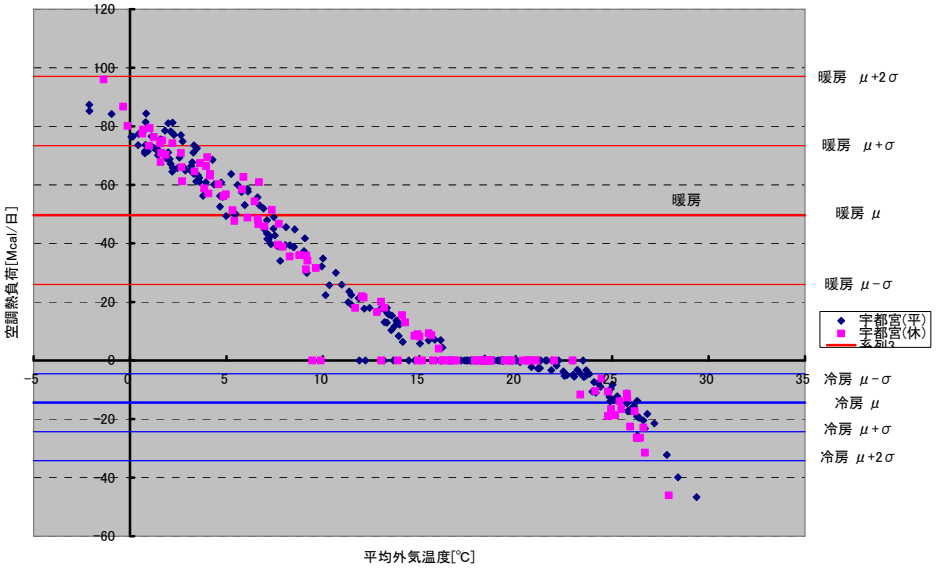
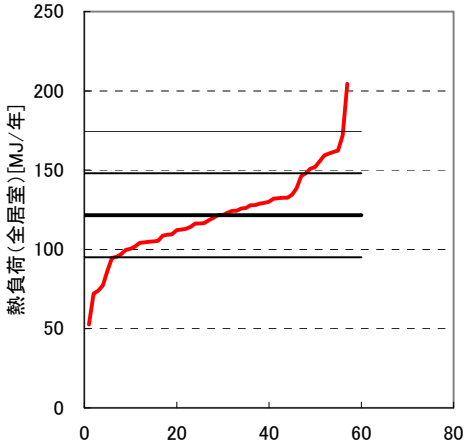
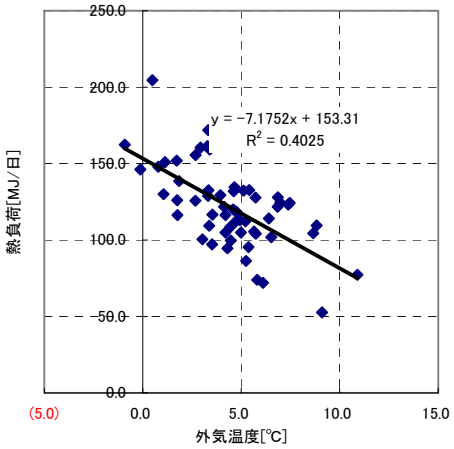


図 3.3.44 事業主基準のコジェネ負荷代表日選定(Ⅳa 地域 断熱等級3 部分間欠)

以下では、平日・休日別に、暖房については高負荷・低負荷の2種類について、期間全日の負荷分布状況と選択された代表日の負荷条件を示す(図 3.3.45～図 3.3.56)。

a 暖房　平日　高負荷





集計値	[MJ/日]
平均	121.6
中央値	121.7
偏差	26.5

	熱負荷　[MJ/日] 目標値	全居室	LDK	その他	該当日	外気温度 [℃]
平均−σ	95.1	95.4	79.5	16.0	12/20	5.4
平均	121.6	121.7	100.6	21.1	01/16	4.1
平均+σ	148.1	148.0	122.0	26.0	12/25	0.8
平均+2σ	174.6	172.0	143.1	28.8	01/03	3.3

0	60
95.1	95.1
121.6	121.6
148.1	148.1
174.6	174.6

	LDK 熱負荷	温水負荷	その他 熱負荷	AC電力	AC電力 [kWh/日]	全居室エアコン 熱負荷 [MJ/日]	AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]
平均−σ	79.5	71.5	16.0	5.3	1.5	95.4	31.8	8.8
平均	100.6	90.5	21.1	7.0	2.0	121.7	40.6	11.3
平均+σ	122.0	109.8	26.0	8.7	2.4	148.0	49.3	13.7
平均+2σ	143.1	128.8	28.8	9.6	2.7	172.0	57.3	15.9

事業主基準　負荷計算結果からの抜粋

		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
熱負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.4	10.1	7.6	4.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	1.9	2.5	4.9	5.5	3.5	4.4	5.1	5.5	79.5
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.4	11.2	8.8	4.4	0.0	0.0	1.0	1.2	0.0	0.0	5.8	4.2	7.1	7.6	4.9	5.7	6.1	6.3	100.6
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	13.3	9.2	5.3	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	6.7	5.5	9.1	9.6	6.3	7.0	7.5	7.9	122.0
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.6	10.6	9.5	8.3	0.0	0.0	15.2	7.6	0.0	0.0	14.4	7.9	9.7	9.2	6.0	6.3	6.4	6.4	143.1
↓温水暖房機能ありの機種評価用	温水暖房は快適性が高いので熱負荷を10%低減できるとしている																									
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	9.1	6.8	3.6	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	1.7	2.2	4.4	5.0	3.2	3.9	4.6	5.0	71.5
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	10.1	7.9	4.0	0.0	0.0	0.9	1.0	0.0	0.0	5.2	3.7	6.4	6.8	4.4	5.1	5.5	5.7	90.5
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.2	11.9	8.3	4.8	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	6.0	5.0	8.2	8.7	5.7	6.3	6.7	7.1	109.8
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	9.6	8.5	7.5	0.0	0.0	13.7	6.9	0.0	0.0	13.0	7.1	8.7	8.2	5.4	5.7	5.7	5.7	128.8
試験用負荷(案)																										
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	10.8	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	72.0
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2	10.8	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	7.2	7.2	7.2	7.2	3.6	3.6	3.6	90.0
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.8	14.4	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	3.6	7.2	7.2	108.0
[MJ/時]	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2	10.8	7.2	3.6	0.0	0.0	14.4	7.2	0.0	0.0	10.8	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	129.6
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	20.0
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	25.0
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	4.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	30.0
[kW]	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0	4.0	2.0	0.0	0.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	36.0
熱負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	3.4	3.5	4.5	1.9	16.0
他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	4.8	4.4	5.5	2.2	21.1
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	5.9	5.4	6.8	2.7	26.0
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	7.1	5.3	6.1	2.3	28.8
↓温水暖房機能ありの機種評価用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	1.1	1.2	1.5	0.6	5.3
他居室のみ	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.6	1.5	1.8	0.7	7.0
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	2.0	1.8	2.3	0.9	8.7
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	2.4	1.8	2.0	0.8	9.6
↓温水暖房機能なしの機種評価用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	3.4	2.5	1.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.8	2.5	1.8	2.3	2.6	3.2	2.5	31.8
LDK+他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	3.7	2.9	1.5	0.0	0.0	0.3	0.4	0.0	0.0	1.9	1.4	3.8	2.5	3.2	3.4	3.9	2.8	40.6
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	4.4	3.1	1.8	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	2.2	1.8	4.8	3.2	4.1	4.1	4.8	3.5	49.3
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	3.5	3.2	2.8	0.0	0.0	5.1	2.5	0.0	0.0	4.8	2.6	5.9	3.1	4.4	3.9	4.2	2.9	57.3

図 3.3.45　負荷条件　暖房・平日・高負荷

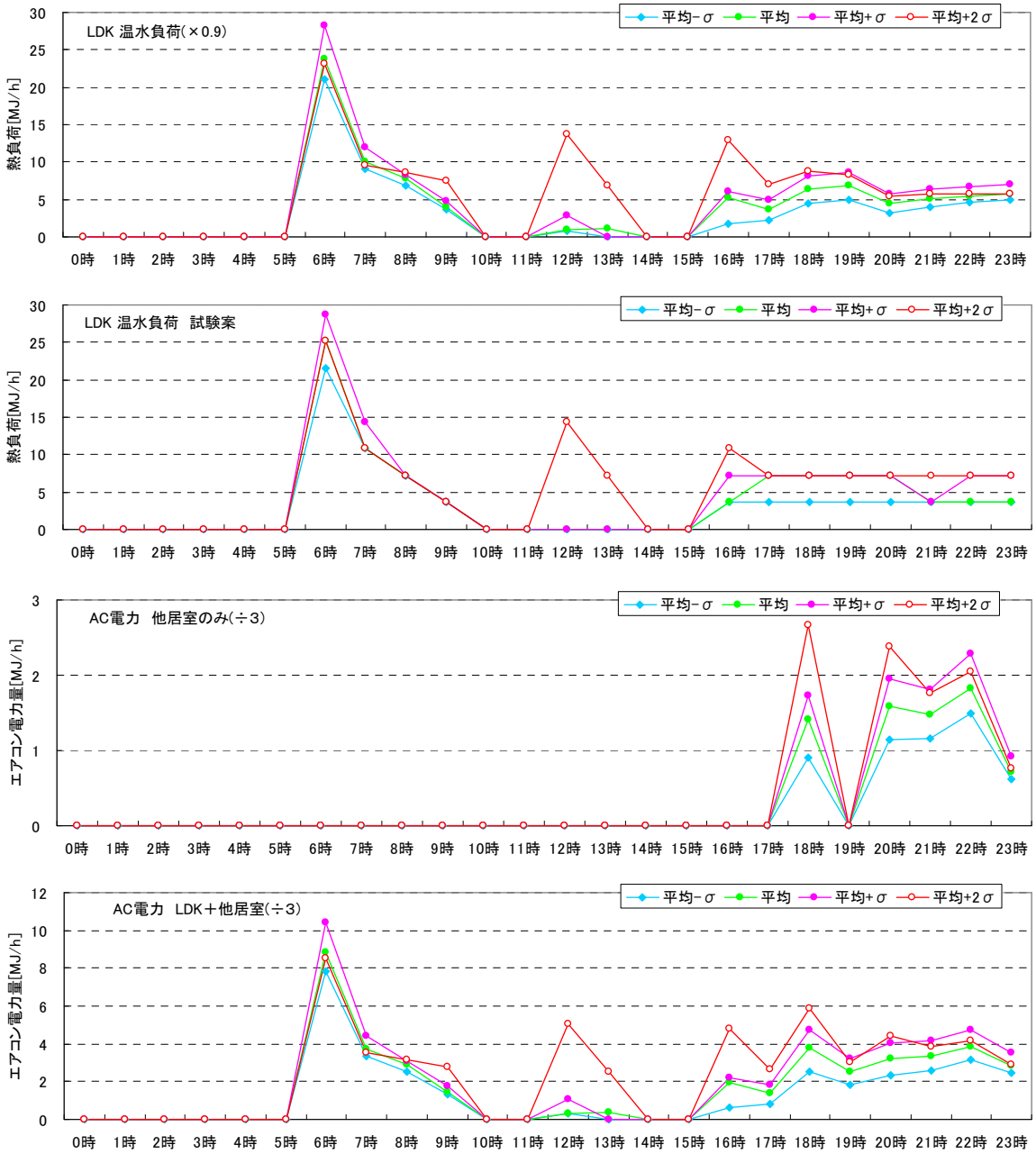
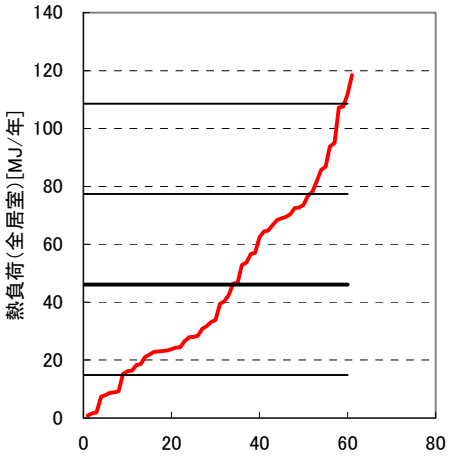
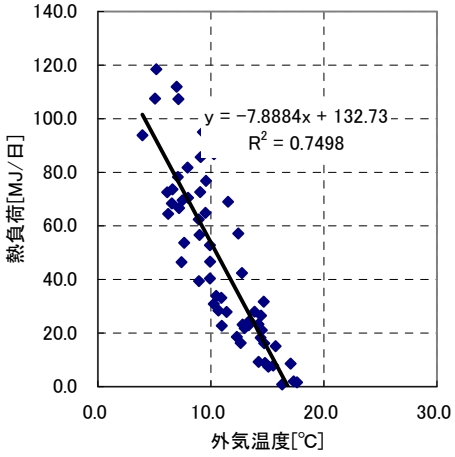


図 3.3.46 負荷時刻分布 暖房・平日・高負荷

b 暖房　平日　低負荷





集計値	[MJ/日]
平均	46.1
中央値	39.4
偏差	31.3

0	60
14.8	14.8
46.1	46.1
77.3	77.3
108.6	108.6

	熱負荷 [MJ/日] 目標値	全居室	LDK	その他	該当日	外気温度 [℃]
平均−σ	14.8	15.1	15.1	0.0	04/20	15.7
平均	46.1	46.5	42.0	4.5	11/22	7.4
平均+σ	77.3	73.6	64.2	9.5	03/08	6.6
	108.6	107.5	87.4	20.1	03/10	5.1

	LDK 熱負荷	温水負荷 ×0.9	その他 熱負荷	AC電力	AC電力 [kWh/日]	全居室エアコン 熱負荷 [MJ/日]	AC電力 ÷3	AC電力 [kWh/日]
平均−σ	15.1	13.6	0.0	0.0	0.0	15.1	5.0	1.4
平均	42.0	37.8	4.5	1.5	0.4	46.5	15.5	4.3
平均+σ	64.2	57.7	9.5	3.2	0.9	73.6	24.5	6.8
平均+2σ	87.4	78.7	20.1	6.7	1.9	107.5	35.8	10.0

		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
熱負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	2.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	7.5	4.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.8	2.7	3.5	42.0
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	10.3	6.6	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.3	2.1	3.5	4.4	5.1	64.2
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	8.5	5.4	2.5	0.0	0.0	3.7	0.6	0.0	0.0	3.2	2.9	6.3	7.3	4.7	5.6	6.3	7.1	0.0
↓温水暖房機能ありの機種評価用	温水暖房は快適性が高いので熱負荷を10%低減できるとしている																									
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	2.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	6.8	3.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	2.5	3.2	37.8
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.4	9.3	5.9	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.9	1.9	3.1	4.0	4.6	57.7
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	7.7	4.9	2.3	0.0	0.0	3.3	0.6	0.0	0.0	2.9	2.6	5.7	6.5	4.2	5.1	5.6	6.4	78.7
試験用負荷（案）																										
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	39.6
[MJ/時]	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	7.2	7.2	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	57.6
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	7.2	7.2	3.6	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	7.2	7.2	3.6	3.6	3.6	3.6	79.2
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	11.0
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	16.0
[kW]	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.0	2.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	22.0
熱負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	2.2	1.1	4.5
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.6	2.6	3.6	1.6	9.5
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	4.4	4.3	5.5	2.4	20.1
↓温水暖房機能ありの機種評価用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
他居室のみ	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.7	0.4	1.5
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	1.2	0.5	3.2
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	1.4	1.8	0.8	6.7
↓温水暖房機能なしの機種評価用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
LDK+他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	2.5	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.6	1.5	15.5
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	3.4	2.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	1.3	2.0	2.7	2.2	24.5
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	2.8	1.8	0.8	0.0	0.0	1.2	0.2	0.0	0.0	1.1	1.0	3.3	2.4	3.0	3.3	3.9	3.2	35.8

図 3.3.47　負荷条件　暖房・平日・低負荷

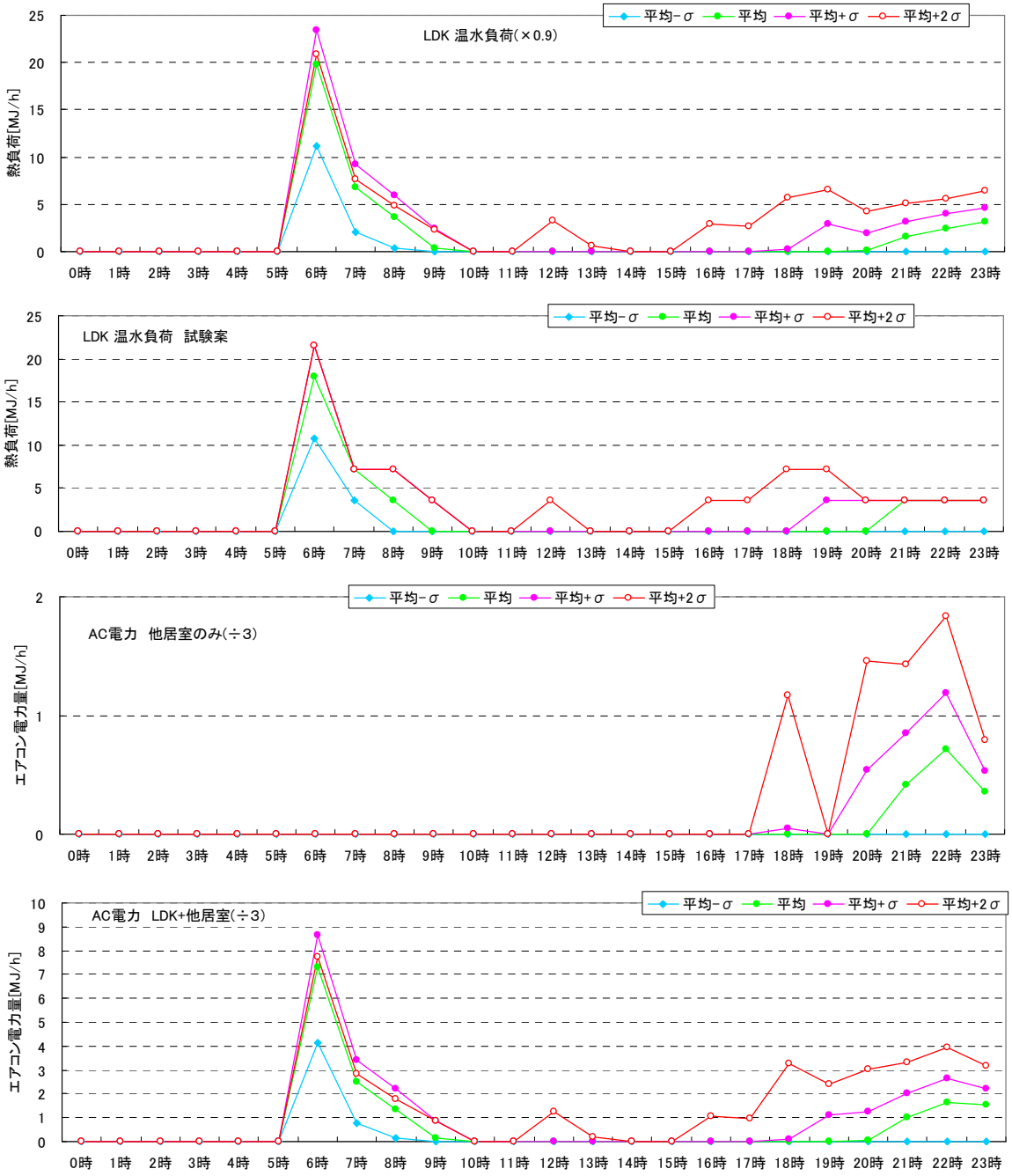
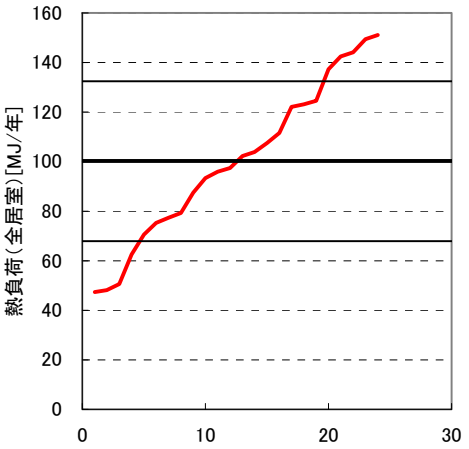
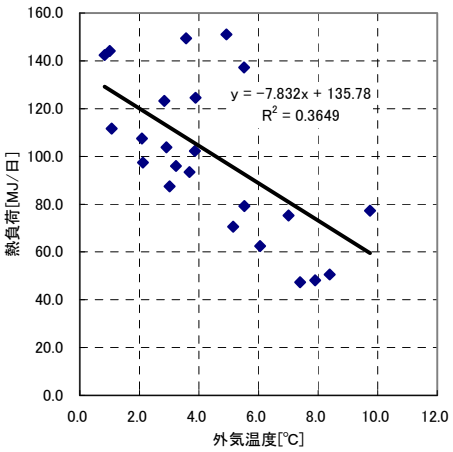


図 3.3.48 負荷時刻分布 暖房・平日・低負荷

c 暖房　休日　高負荷





集計値	[MJ/日]
平均	100.2
中央値	99.8
偏差	32.3
n数	24

	熱負荷 [MJ/日] 目標値	全居室	LDK	その他	該当日	外気温度 [℃]
平均−σ	67.9	70.6	44.1	26.5	03/05	5.1
平均	100.2	102.3	67.5	34.7	01/28	3.9
平均+σ	132.5	137.3	90.0	47.3	01/07	5.5
平均+2σ						

0	60
67.9	67.9
100.2	100.2
132.5	132.5
0.0	0.0

	LDK 熱負荷	温水負荷	その他 熱負荷	AC電力	AC電力 [kWh/日]	全居室エアコン 熱負荷 [MJ/日]	AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]
平均−σ	44.1	39.7	26.5	8.8	2.5	70.6	23.5	6.5
平均	67.5	60.8	34.7	11.6	3.2	102.3	34.1	9.5
平均+σ	90.0	81.0	47.3	15.8	4.4	137.3	45.8	12.7

		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
熱負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.5	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.6	3.4	4.6	5.8	0.0	44.1
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5	5.2	1.0	0.0	1.4	1.2	0.0	0.0	2.2	4.7	6.1	4.1	4.9	5.4	6.0	0.0	67.5
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2	9.2	4.2	3.9	4.8	4.0	0.0	0.0	8.2	6.2	6.1	4.1	4.5	4.6	4.9	0.0	90.0
	平均+2σ																									0.0
↓温水暖房機能ありの機種評価用																										
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.5	3.0	4.1	5.3	0.0	39.7
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.9	4.7	0.9	0.0	1.2	1.1	0.0	0.0	2.0	4.2	5.5	3.7	4.5	4.9	5.4	0.0	60.8
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.7	8.3	3.8	3.5	4.3	3.6	0.0	0.0	7.4	5.6	5.5	3.7	4.1	4.2	4.4	0.0	81.0
																										0.0
試験用負荷(案)																										
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6	3.6	0.0	39.6
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	7.2	7.2	3.6	3.6	3.6	7.2	0.0	61.2
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	7.2	3.6	3.6	3.6	3.6	0.0	0.0	7.2	7.2	7.2	3.6	3.6	3.6	3.6	0.0	79.2
[MJ/時]	平均+2σ																									
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	11.0
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	0.0	17.0
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	22.0
[kW]	平均+2σ																									
熱負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	8.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	3.0	3.4	0.0	26.5
他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	8.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.9	1.5	0.0	6.5	3.9	3.6	0.0	34.7
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	11.1	3.1	2.7	1.3	0.0	0.0	0.0	3.6	1.8	1.8	0.0	6.9	3.5	2.9	0.0	47.3
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
↓温水暖房機能ありの機種評価用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.1	0.0	8.8
他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.0	2.2	1.3	1.2	0.0	11.6
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	3.7	1.0	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	1.2	0.6	0.6	0.0	2.3	1.2	1.0	0.0	15.8
↓温水暖房機能なしの機種評価用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	4.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	2.1	2.5	3.1	0.0	23.5
全居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	4.6	0.5	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.9	1.9	2.5	1.4	3.8	3.1	3.2	0.0	34.1
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	6.8	2.4	2.2	2.0	1.3	0.0	0.0	3.9	2.7	2.7	1.4	3.8	2.7	2.6	0.0	45.8

図 3.3.49　負荷条件　暖房・休日・高負荷

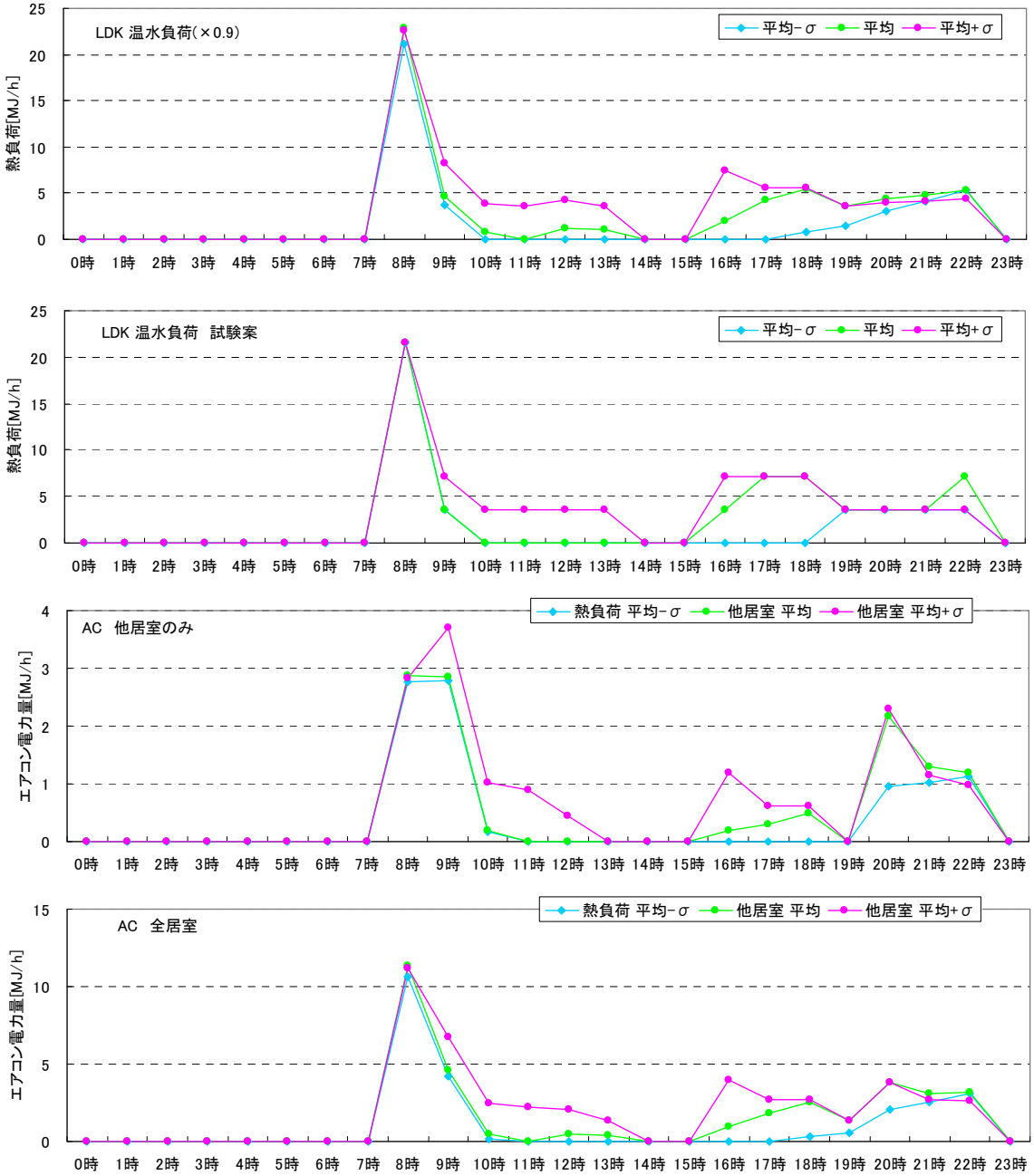
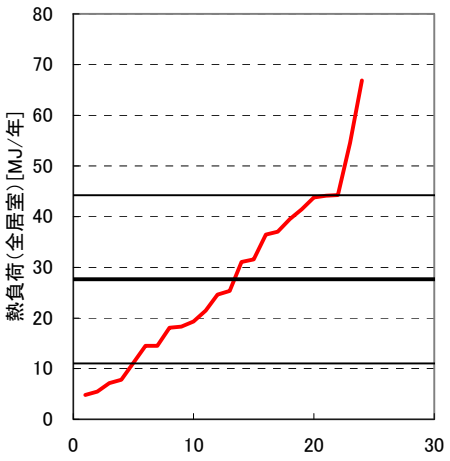
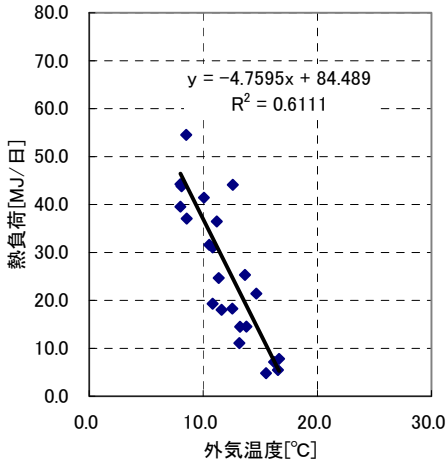


図 3.3.50 負荷時刻分布 暖房・休日・高負荷

d 暖房　休日　低負荷





集計値	[MJ/日]
平均	27.6
中央値	25.0
偏差	16.6
n数	24

	熱負荷 [MJ/日] 目標値	全居室	LDK	その他	該当日	外気温度 [℃]
平均−σ	11.0	11.1	7.7	3.4	11/12	13.2
平均	27.6	25.3	16.3	9.0	12/10	13.6
平均+σ	44.2	44.1	27.9	16.2	04/01	12.6

0	60	
11.0	11.0	
27.6	27.6	
44.2	44.2	

	LDK 熱負荷	温水負荷	その他 熱負荷	AC電力	AC電力 [kWh/日]	全居室エアコン 熱負荷 [MJ/日]	AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]
平均−σ	7.7	6.9	3.4	1.1	0.3	11.1	3.7	1.0
平均	16.3	14.7	9.0	3.0	0.8	25.3	8.4	2.3
平均+σ	27.9	25.1	16.2	5.4	1.5	44.1	14.7	4.1

		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
熱負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.3
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	3.6	1.9	1.0	0.7	0.5	0.0	0.0	1.1	1.0	1.3	0.5	1.0	1.1	1.5	0.0	27.9
↓温水暖房機能ありの機種評価用																										
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	3.3	1.7	0.9	0.6	0.5	0.0	0.0	1.0	0.9	1.2	0.4	0.9	1.0	1.4	0.0	25.1
試験用負荷(案)																										
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	0.0	0.0	25.2
[MJ/時]	平均+2σ																									
温水負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
(×0.9)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	7.0
[kW]	平均+2σ																									
熱負荷	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	4.9	1.5	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3	0.4	0.0	1.9	0.8	0.6	0.0	16.2
↓温水暖房機能ありの機種評価用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
他居室のみ	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.6	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.6	0.3	0.2	0.0	5.4
↓温水暖房機能なしの機種評価用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
全居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	2.8	1.1	0.6	0.3	0.2	0.0	0.0	0.6	0.4	0.6	0.2	1.0	0.6	0.7	0.0	14.7

図 3.3.51　負荷条件　暖房・休日・低負荷

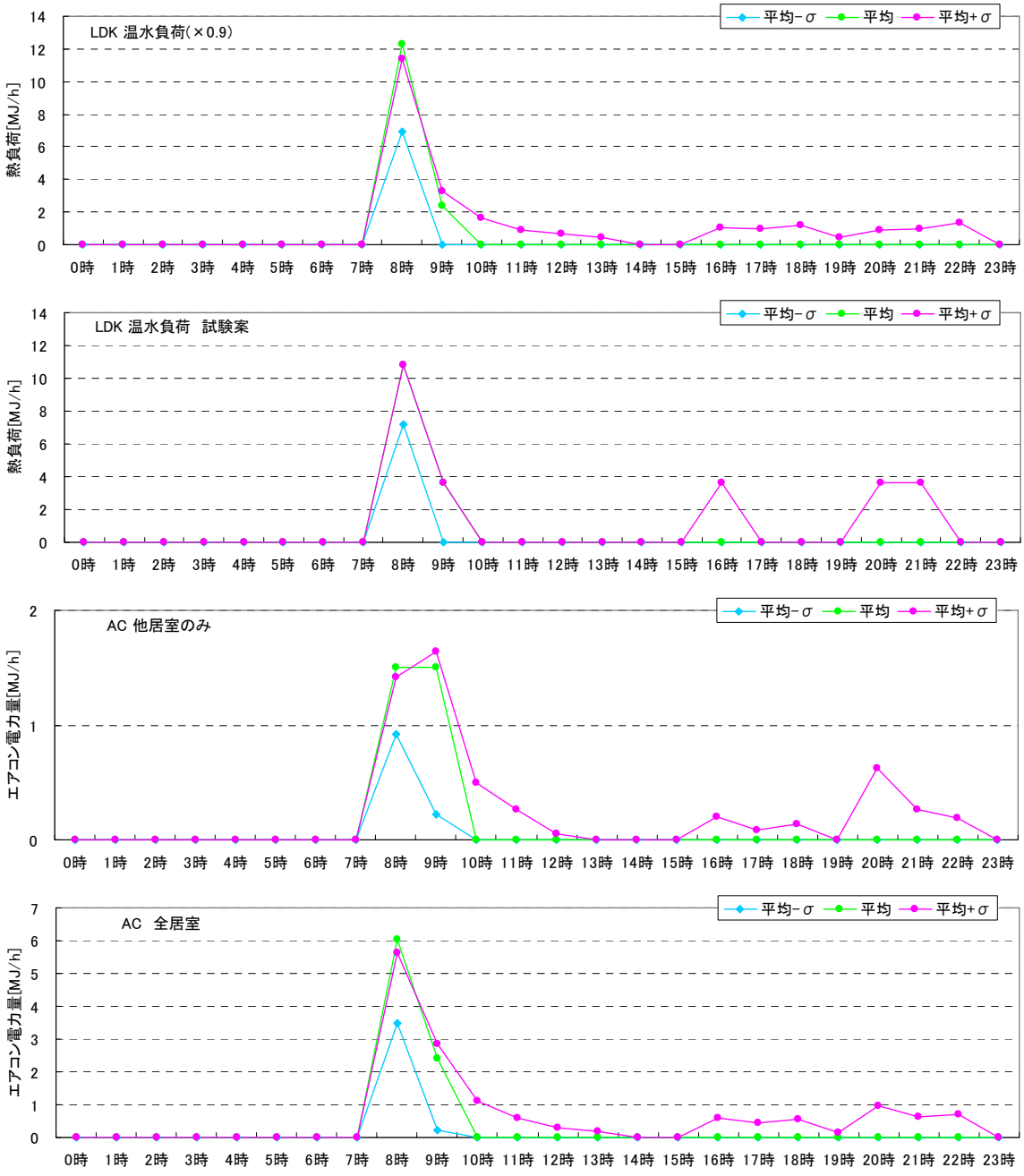
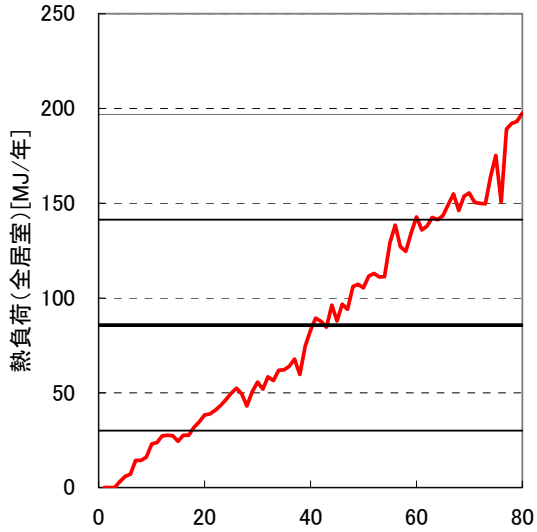
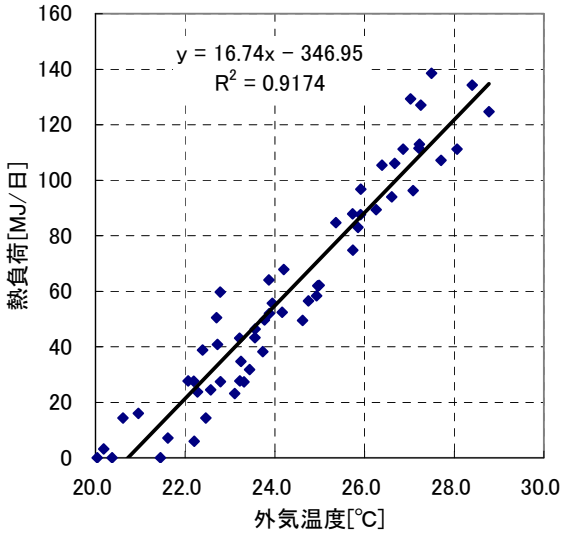


図 3.3.52　負荷時刻分布　暖房・休日・低負荷

e 冷房　平日





集計値	[MJ/日]
平均	85.7
中央値	83.8
偏差	55.7

	0	80
	30.0	30.0
	85.7	85.7
	141.4	141.4
	197.0	197.0

	熱負荷 目標値	[MJ/日] 全居室	LDK	その他	該当日	外気温度 [℃]
平均−σ	30.0	31.8	27.4	4.4	09/21	23.4
平均	85.7	83.0	64.7	18.2	06/30	25.9
平均+σ	141.4	142.6	105.0	37.6	08/21	27.8
平均+2σ	197.0	197.5	140.4	57.2	07/24	31.2

	LDK 熱負荷 [MJ/日]	COP 3を仮定 AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]	その他 熱負荷 [MJ/日]	COP 3を仮定 AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]	AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]
平均−σ	27.4	9.1	2.5	4.4	1.5	0.4	10.6	2.9
平均	64.7	21.6	6.0	18.2	6.1	1.7	27.7	7.7
平均+σ	105.0	35.0	9.7	37.6	12.5	3.5	47.5	13.2
平均+2σ	140.4	46.8	13.0	57.2	19.1	5.3	65.8	18.3

		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
冷房	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	6.2	3.9	0.0	0.0	5.9	3.3	2.3	1.6	1.9	0.9	0.0	0.0	27.4
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	11.3	7.8	0.0	0.0	11.7	6.9	6.3	4.9	3.8	2.4	1.5	1.0	64.7
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	3.1	3.4	4.3	0.0	0.0	16.8	9.6	0.0	0.0	15.0	7.9	9.8	9.1	6.1	5.1	4.3	3.7	105.0
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9	5.2	6.2	7.7	0.0	0.0	20.4	11.3	0.0	0.0	19.0	10.2	12.9	11.4	7.4	6.0	4.8	3.9	137.3
↓COP5から修正																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.1	1.3	0.0	0.0	2.0	1.1	0.8	0.5	0.6	0.3	0.0	0.0	9.1
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	3.8	2.6	0.0	0.0	3.9	2.3	2.1	1.6	1.3	0.8	0.5	0.3	21.6
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	1.0	1.1	1.4	0.0	0.0	5.6	3.2	0.0	0.0	5.0	2.6	3.3	3.0	2.0	1.7	1.4	1.2	35.0
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	1.7	2.1	2.6	0.0	0.0	6.8	3.8	0.0	0.0	6.3	3.4	4.3	3.8	2.5	2.0	1.6	1.3	45.8
冷房	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	1.5	0.1	0.4	0.0	4.4
他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	5.1	1.5	2.1	2.9	18.2
	平均+σ	2.3	2.2	1.5	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	7.2	3.3	4.5	7.4	37.6
	平均+2σ	3.6	3.2	2.9	2.7	2.5	2.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	8.6	4.2	5.3	8.7	55.9
↓COP5から修正																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.5	0.0	0.1	0.0	1.5
他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	1.7	0.5	0.7	1.0	6.1
(÷3)	平均+σ	0.8	0.7	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	2.4	1.1	1.5	2.5	12.5
	平均+2σ	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	2.9	1.4	1.8	2.9	18.6
↓合計を修正																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.1	1.3	0.0	0.0	2.0	1.1	1.6	0.5	1.1	0.3	0.1	0.0	10.6
全居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	3.8	2.6	0.0	0.0	3.9	2.3	4.3	1.6	3.0	1.3	1.2	1.3	27.7
(÷3)	平均+σ	0.8	0.7	0.5	0.3	0.0	0.0	2.2	1.0	1.1	1.4	0.0	0.0	5.6	3.2	0.0	0.0	5.0	2.6	6.0	3.0	4.4	2.8	2.9	3.7	47.5
	平均+2σ	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	4.2	1.7	2.1	2.6	0.0	0.0	6.8	3.8	0.0	0.0	6.3	3.4	7.6	3.8	5.3	3.4	3.4	4.2	64.4

図 3.3.53　負荷条件　冷房・平日

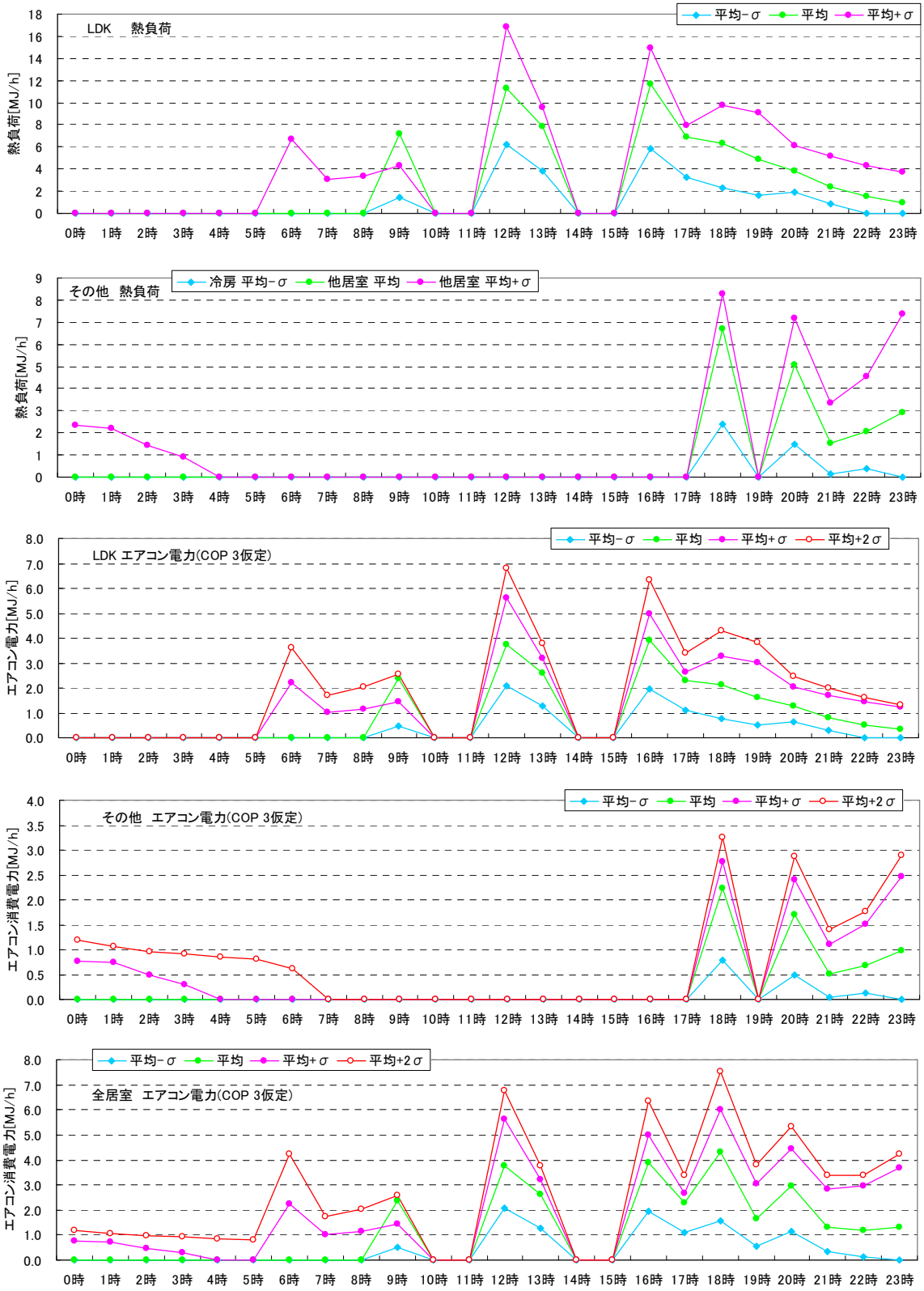
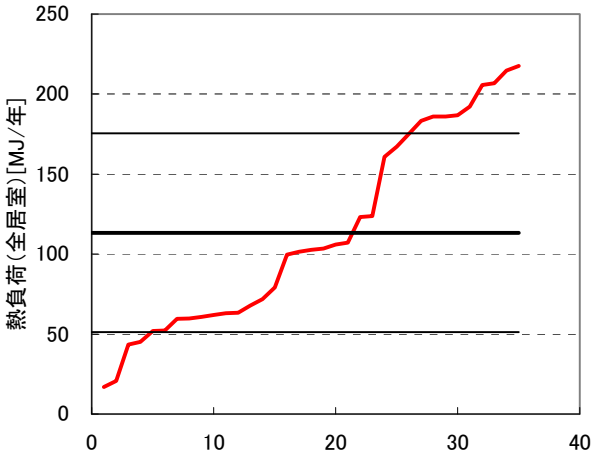
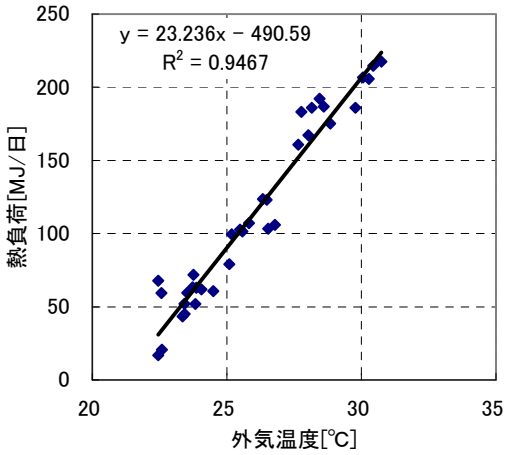


図 3.3.54　負荷時刻分布　冷房・平日

f 冷房　休日





集計値	[MJ/日]
平均	113.3
中央値	102.7
偏差	62.2

	熱負荷 目標値 [MJ/日]	全居室	LDK	その他	該当日	外気温度 [℃]
平均−σ	51.1	51.9	36.5	15.4	06/03	23.8
平均	113.3	107.1	70.3	36.9	07/16	25.8
平均+σ	175.5	175.2	115.2	60.0	07/20	28.8

0	35
51.1	51.1
113.3	113.3
175.5	175.5

	LDK 熱負荷 [MJ/日]	COP=3を仮定 AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]	その他 熱負荷 [MJ/日]	COP=3を仮定 AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]	AC電力 [MJ/日]	AC電力 [kWh/日]
平均−σ	36.5	12.2	3.4	15.4	5.1	1.4	17.3	4.8
平均	70.3	23.4	6.5	36.9	12.3	3.4	35.7	9.9
平均+σ	115.2	38.4	10.7	60.0	20.0	5.6	58.4	16.2

		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
冷房	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	3.3	4.4	4.1	0.0	0.0	7.8	4.9	3.8	3.0	2.0	1.5	0.8	0.0	36.5
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	3.6	4.4	5.9	5.8	0.0	0.0	11.5	9.1	7.4	5.3	3.9	3.4	2.6	0.0	70.3
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	6.6	8.5	8.9	10.4	8.2	0.0	0.0	15.8	12.6	11.3	7.7	6.2	5.8	4.0	0.0	115.2
↓COP5から修正																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	1.5	1.4	0.0	0.0	2.6	1.6	1.3	1.0	0.7	0.5	0.3	0.0	12.2
LDK	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	1.2	1.5	2.0	1.9	0.0	0.0	3.8	3.0	2.5	1.8	1.3	1.1	0.9	0.0	23.4
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	2.2	2.8	3.0	3.5	2.7	0.0	0.0	5.3	4.2	3.8	2.6	2.1	1.9	1.3	0.0	38.4
冷房	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.1	1.5	0.0	0.0	0.0	3.2	1.7	1.3	0.0	3.1	1.3	1.0	0.0	15.4
その他	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	2.2	2.8	1.5	0.0	0.0	0.0	4.8	2.4	1.9	0.0	6.1	2.6	2.4	3.8	36.9
	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	6.6	4.9	5.3	2.8	0.0	0.0	0.0	6.9	3.4	2.8	0.0	9.8	4.4	3.3	6.4	60.0
↓COP5から修正																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.4	0.0	1.0	0.4	0.3	0.0	5.1
その他	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.7	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0	1.6	0.8	0.6	0.0	2.0	0.9	0.8	1.3	12.3
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.2	1.6	1.8	0.9	0.0	0.0	0.0	2.3	1.1	0.9	0.0	3.3	1.5	1.1	2.1	20.0
↓合計を修正																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.8	2.0	1.4	0.0	0.0	3.7	2.2	1.7	1.0	1.7	0.9	0.6	0.0	17.3
全居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	1.9	2.4	2.5	1.9	0.0	0.0	5.4	3.8	3.1	1.8	3.3	2.0	1.7	1.3	35.7
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	4.4	4.5	4.7	4.4	2.7	0.0	0.0	7.6	5.3	4.7	2.6	5.3	3.4	2.4	2.1	58.4

図 3.3.55　負荷条件　冷房・休日

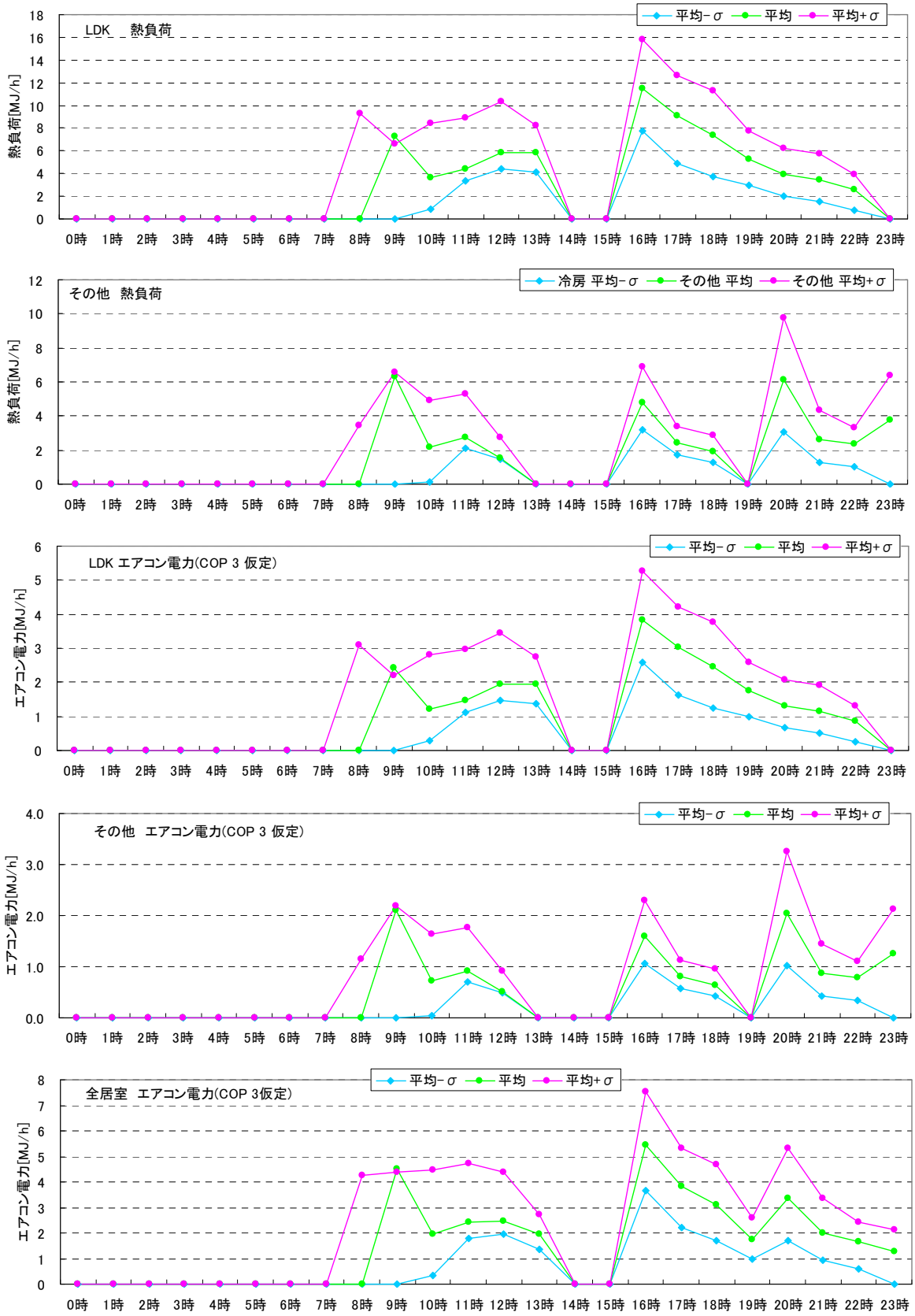


図 3.3.56　負荷時刻分布　冷房・休日

(5) M1 スタンダートモード（4 人世帯）の試験時全条件

以上の検討結果をまとめ、M1 スタンダードの全負荷条件を以下のようにまとめることとする(図 3.3.57～図 3.3.62)。なお、ここでは 4 人世帯のみ扱うこととする。

・全期間は修正 M1 モードの 30 日より1日増やし、31 日とする。これは給湯部分の代表日発生頻度において、日消費量の期間平均(μ)と偏差(σ)の設定値に対し、μ＋2σ:2 日 μ＋2σ:7 日 μ:13 日 μ－σ:7 日 μ-2σ:2 日の合計 31 日とすると、展開時の期間平均・標準偏差が設定値に一致するためである。また当分布は正規分布をよく近似しており、従来の修正 M1 モードの大小のアンバランスが解消されている。μ に該当する平日(中)が新たに追加されたことで、大・中・小の 3 日を用いることができるようになり、該当日の多い平日の再現がより自然になった。
・給湯負荷の日の並びについては、期間の移動平均・移動偏差が比較的安定するようにした。
・学習機能のある機種については、実際のこの 31 日の全期間にわたり試験を行う。結果が収束しない場合は、31 日目から 18 日目に戻って繰り返す。学習機能のない機種については、代表 6 日をそれぞれ 1 回ずつ試験すればよい。
・給湯の個々の消費行為の時刻分布については、Ⅲ.3.1.2 の検討結果を元に設定した。M1 スタンダードモードに比べて、消費行為の回数・継続時間・停止間隔などのミクロ特性がより実態に近づけられている。
・浴槽湯はり・保温は休日外出以外の日は毎日行うものとする。その際の浴槽湯はり・保温の条件については、Ⅲ.3.1.3 の検討結果を用いる。保温負荷の再現には、後述するペルチェ素子を模擬浴槽により行うこととする。
・暖冷房負荷は一部の試験設備の事情を勘案し、2週間14日を1サイクルとしている。うち平日分はμ－σ:2 日 μ:5 日 μ＋σ:2 日 μ＋2σ:1 日 の 10 日、休日はμ－σ:1 日 μ:2 日 μ＋σ:1 日の 4 日としている。
・暖冷房負荷は、Ⅲ.3.1.4 の検討結果に基づき設定している。
・修正 M1 では給湯負荷が多い日に暖房負荷も必ず大きいようになっているが現実に即していない面があるため、給湯負荷と暖冷房負荷の相関にはある程度変化があるように調整した。
・電力負荷のうち家電・照明・換気部分は、従来の修正 M1 モードの値が実態と概ね整合していると考えられたため、従来の平日・休日在宅・休日在宅の値をそのまま用いることとした。
・季節条件については、夏期・中間期・冬期の3条件を基本とする。雰囲気の乾球温度/湿球温度/給水温度はそれぞれ、25℃/21℃/24℃・16℃/12℃/27℃・7℃/6℃/9℃とする。これは従来の修正 M1 と同様である。今後は、より寒冷な条件での試験条件も必要になる可能性がある。

従来の M1 スタンダードモードは制定当時の 2003～2004 年頃の最新知見に基づいたものであったが、マクロ特性・ミクロ特性ともに実態の再現に課題が見られた。今回設定された M1 スタンダードモードは、こうした修正 M1 モードの課題の多くを解消し、かつ浴槽の保温を含めた評価に発展しており、今後の給湯・コジェネ設備評価における標準的な試験モードとして用いられていくことが期待される。

給湯負荷　設定

平均 μ	450 [L/日]
偏差 σ	100 [L/日]

水栓A:水栓A:流量　5[L/min]　消費量　2[L/m台所・洗面の短時間使用を想定
水栓B:水栓A:流量　5[L/min]　消費量　20[L/m台所・洗面の長時間使用を想定
水栓C:水栓A:流量　10[L/min]　消費量　5[L/mシャワーの短時間使用を想定
水栓D:水栓A:流量　10[L/min]　消費量　40[L/mシャワーの長時間使用を想定

1ヶ月の日数	代表日	合計 [L/日]	浴槽 [L/日]	為 合計	水栓A 2	水栓B 20	水栓C 5	水栓D 40	回数 [回/日]	水栓A	水栓B	水栓C	水栓D
02日	休日在宅(大)	650	180	470	110	120	40	200	74	55	6	8	5
04日	休日在宅(小)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4
03日	平日(大)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4
13日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3
07日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2
02日	休日外出	250	0	250	40	20	30	160	31	20	1	6	4

電力負荷　設定

平均
最小
最大
標準偏差

平日
休日在宅
休日外出

		合計		水栓行為 1日の消費量					1日の行為回数					7間移動		給湯熱負荷 [MJ/日]		
			浴槽	合計	水栓A 2	水栓B 20	水栓C 5	水栓D 40		水栓A	水栓B	水栓C	水栓D	平均	偏差	夏期	中間期	冬期
1日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3			30.1	43.3	58.4
2日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2			23.4	33.7	45.4
3日	平日(大)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4			36.8	53.0	71.4
4日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2			23.4	33.7	45.4
5日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3			30.1	43.3	58.4
6日	休日在宅(小)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4			36.8	53.0	71.4
7日	休日在宅(大)	650	180	470	110	120	40	200	74	55	6	8	5	478.6	111.3	43.5	62.6	84.3
8日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	111.3	30.1	43.3	58.4
9日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	478.6	111.3	23.4	33.7	45.4
10日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	464.3	106.9	30.1	43.3	58.4
11日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	95.1	30.1	43.3	58.4
12日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	95.1	30.1	43.3	58.4
13日	休日在宅(小)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	478.6	95.1	36.8	53.0	71.4
14日	休日外出	250	0	250	40	20	30	160	31	20	1	6	4	421.4	95.1	16.7	24.1	32.4
15日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	421.4	95.1	30.1	43.3	58.4
16日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	421.4	95.1	23.4	33.7	45.4
17日	平日(大)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	435.7	106.9	36.8	53.0	71.4
18日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	421.4	111.3	23.4	33.7	45.4
19日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	421.4	111.3	30.1	43.3	58.4
20日	休日在宅(小)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	421.4	111.3	36.8	53.0	71.4
21日	休日在宅(大)	650	180	470	110	120	40	200	74	55	6	8	5	478.6	111.3	43.5	62.6	84.3
22日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	111.3	30.1	43.3	58.4
23日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	478.6	111.3	23.4	33.7	45.4
24日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	464.3	106.9	30.1	43.3	58.4
25日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	95.1	30.1	43.3	58.4
26日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	478.6	95.1	30.1	43.3	58.4
27日	休日在宅(小)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	478.6	95.1	36.8	53.0	71.4
28日	休日外出	250	0	250	40	20	30	160	31	20	1	6	4	421.4	95.1	16.7	24.1	32.4
29日	平日(中)	450	180	270	80	40	30	120	51	40	2	6	3	421.4	95.1	30.1	43.3	58.4
30日	平日(小)	350	180	170	50	20	20	80	32	25	1	4	2	421.4	95.1	23.4	33.7	45.4
31日	平日(大)	550	180	370	90	80	40	160	61	45	4	8	4	435.7	106.9	36.8	53.0	71.4

↑20日～31日が評価期間 収束しない場合は、18日～31日目(32～45日目)を再度繰り返す(延長条件は今後検討　延長時の評価期間は、20日～45日目)

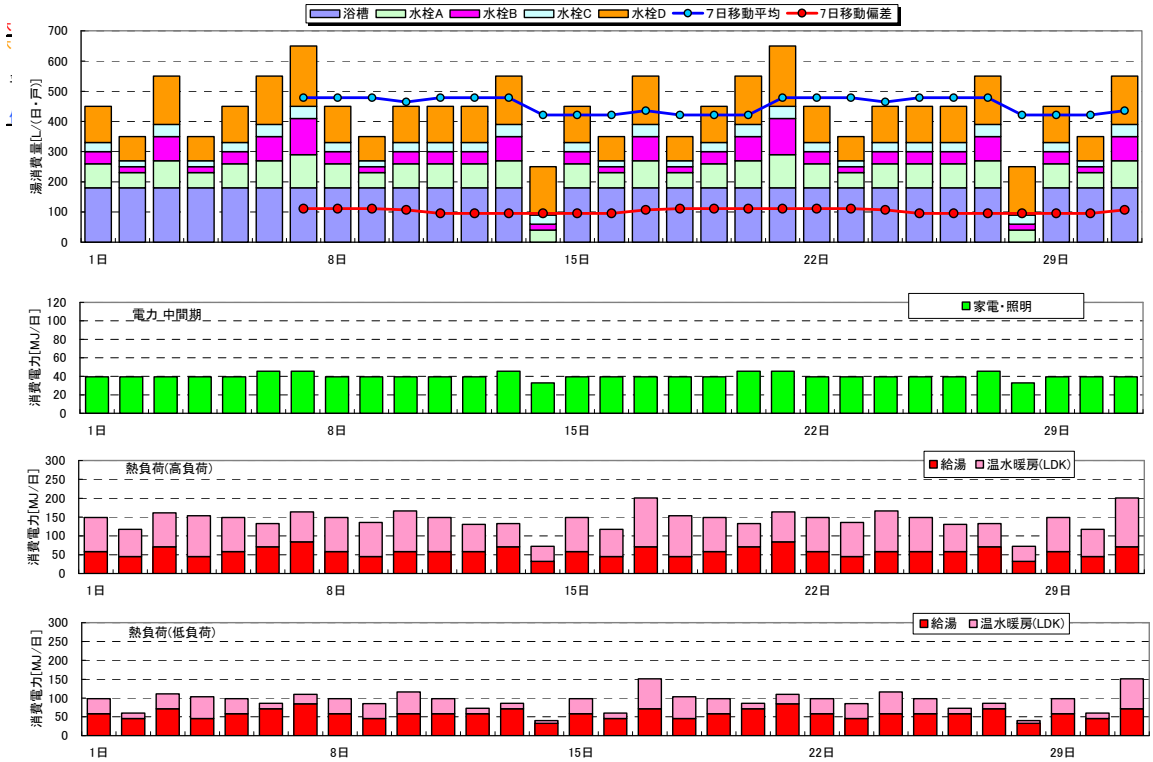


図 3.3.57　M1 スタンダードモード(試験用4人世帯)給湯部分の日並び

暖冷房負荷　設定

			冬期 温水暖房負荷 高負荷	冬期 温水暖房負荷 低負荷	全熱(=給湯+暖房) 高負荷	全熱(=給湯+暖房) 低負荷	AC電力 温水あり(他居室のみAC) 高負荷	AC電力 温水あり(他居室のみAC) 低負荷	AC電力 温水暖房なし(全居室AC) 高負荷	AC電力 温水暖房なし(全居室AC) 低負荷	電力合計 温水あり(他居室のみAC) 高負荷	電力合計 温水あり(他居室のみAC) 低負荷	電力合計 温水暖房なし(全居室AC) 高負荷	電力合計 温水暖房なし(全居室AC) 低負荷	夏期 AC電力	夏期 電力合計
11.2	40.2	平均	84.3	34.1	142.7	92.5	8.4	2.2	39.8	14.6	48.6	42.5	80.0	54.8	32.2	72.4
9.1	32.9	最小	39.6	7.2	72.0	39.6	5.3	0.0	23.5	3.7	41.7	34.1	56.4	36.6	10.6	50.0
12.7	45.6	最大	129.6	79.2	201.0	150.6	15.8	6.7	57.3	35.8	61.4	51.0	96.8	75.3	64.4	104.0
0.9	3.1	標準偏差	21.4	19.8	27.3	25.2	2.7	1.8	8.2	8.5	5.3	4.2	9.4	9.0	15.8	17.3
10.96		平 μ−σ 2	72.0	14.4			5.3	0.0	31.8	5.0					10.6	
12.68		平 μ 5	90.0	39.6			7.0	1.5	40.6	15.5					27.7	
9.15		平 μ+σ 2	108.0	57.6			8.7	3.2	49.3	24.5					47.5	
		平 μ+2σ 1	129.6	79.2			9.6	6.7	57.3	35.8					64.4	
		休 μ−σ 1	39.6	7.2			8.8	1.1	23.5	3.7					17.3	
		休 μ 2	61.2	14.4			11.6	3.0	34.1	8.4					35.7	
		休 μ+σ 1	79.2	25.2			15.8	5.4	45.8	14.7					58.4	

1日頻度

電力負荷 [kWh/日]	電力負荷 [MJ/日]	暖冷房	冬期 温水暖房負荷 高負荷	冬期 温水暖房負荷 低負荷	全熱(=給湯+暖房) 高負荷	全熱(=給湯+暖房) 低負荷	AC電力 温水あり(他居室のみAC) 高負荷	AC電力 温水あり(他居室のみAC) 低負荷	AC電力 温水暖房なし(全居室AC) 高負荷	AC電力 温水暖房なし(全居室AC) 低負荷	電力合計 温水あり(他居室のみAC) 高負荷	電力合計 温水あり(他居室のみAC) 低負荷	電力合計 温水暖房なし(全居室AC) 高負荷	電力合計 温水暖房なし(全居室AC) 低負荷	夏期 AC電力	夏期 電力合計
10.96	39.5	空12日目 平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空13日目 平 μ−σ	72.0	14.4	117.4	59.8	5.3	0.0	31.8	5.0	44.8	39.5	71.3	44.5	10.6	50.0
10.96	39.5	空14日目 平 μ	90.0	39.6	161.4	111.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空01日目 平 μ+σ	108.0	57.6	153.4	103.0	8.7	3.2	49.3	24.5	48.1	42.6	88.8	64.0	47.5	87.0
10.96	39.5	空02日目 平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
12.68	45.6	空03日目 休 μ	61.2	14.4	132.6	85.8	11.6	3.0	34.1	8.4	57.2	48.6	79.7	54.1	35.7	81.3
12.68	45.6	空04日目 休 μ+σ	79.2	25.2	163.5	109.5	15.8	5.4	45.8	14.7	61.4	51.0	91.4	60.3	58.4	104.0
10.96	39.5	空05日目 平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空06日目 平 μ	90.0	39.6	135.4	85.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空07日目 平 μ+σ	108.0	57.6	166.4	116.0	8.7	3.2	49.3	24.5	48.1	42.6	88.8	64.0	47.5	87.0
10.96	39.5	空08日目 平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空09日目 平 μ−σ	72.0	14.4	130.4	72.8	5.3	0.0	31.8	5.0	44.8	39.5	71.3	44.5	10.6	50.0
12.68	45.6	空10日目 休 μ	61.2	14.4	132.6	85.8	11.6	3.0	34.1	8.4	57.2	48.6	79.7	54.1	35.7	81.3
9.15	32.9	空11日目 休 μ−σ	39.6	7.2	72.0	39.6	8.8	1.1	23.5	3.7	41.7	34.1	56.4	36.6	17.3	50.2
10.96	39.5	空12日目 平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空13日目 平 μ−σ	72.0	14.4	117.4	59.8	5.3	0.0	31.8	5.0	44.8	39.5	71.3	44.5	10.6	50.0
10.96	39.5	空14日目 平 μ+2σ	129.6	79.2	201.0	150.6	9.6	6.7	57.3	35.8	49.1	46.2	96.8	75.3	64.4	103.8
10.96	39.5	空01日目 平 μ+σ	108.0	57.6	153.4	103.0	8.7	3.2	49.3	24.5	48.1	42.6	88.8	64.0	47.5	87.0
10.96	39.5	空02日目 平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
12.68	45.6	空03日目 休 μ	61.2	14.4	132.6	85.8	11.6	3.0	34.1	8.4	57.2	48.6	79.7	54.1	35.7	81.3
12.68	45.6	空04日目 休 μ+σ	79.2	25.2	163.5	109.5	15.8	5.4	45.8	14.7	61.4	51.0	91.4	60.3	58.4	104.0
10.96	39.5	空05日目 平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空06日目 平 μ	90.0	39.6	135.4	85.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空07日目 平 μ+σ	108.0	57.6	166.4	116.0	8.7	3.2	49.3	24.5	48.1	42.6	88.8	64.0	47.5	87.0
10.96	39.5	空08日目 平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空09日目 平 μ−σ	72.0	14.4	130.4	72.8	5.3	0.0	31.8	5.0	44.8	39.5	71.3	44.5	10.6	50.0
12.68	45.6	空10日目 休 μ	61.2	14.4	132.6	85.8	11.6	3.0	34.1	8.4	57.2	48.6	79.7	54.1	35.7	81.3
9.15	32.9	空11日目 休 μ−σ	39.6	7.2	72.0	39.6	8.8	1.1	23.5	3.7	41.7	34.1	56.4	36.6	17.3	50.2
10.96	39.5	空12日目 平 μ	90.0	39.6	148.4	98.0	7.0	1.5	40.6	15.5	46.5	40.9	80.0	54.9	27.7	67.1
10.96	39.5	空13日目 平 μ−σ	72.0	14.4	117.4	59.8	5.3	0.0	31.8	5.0	44.8	39.5	71.3	44.5	10.6	50.0
10.96	39.5	空14日目 平 μ+2σ	129.6	79.2	201.0	150.6	9.6	6.7	57.3	35.8	49.1	46.2	96.8	75.3	64.4	103.8

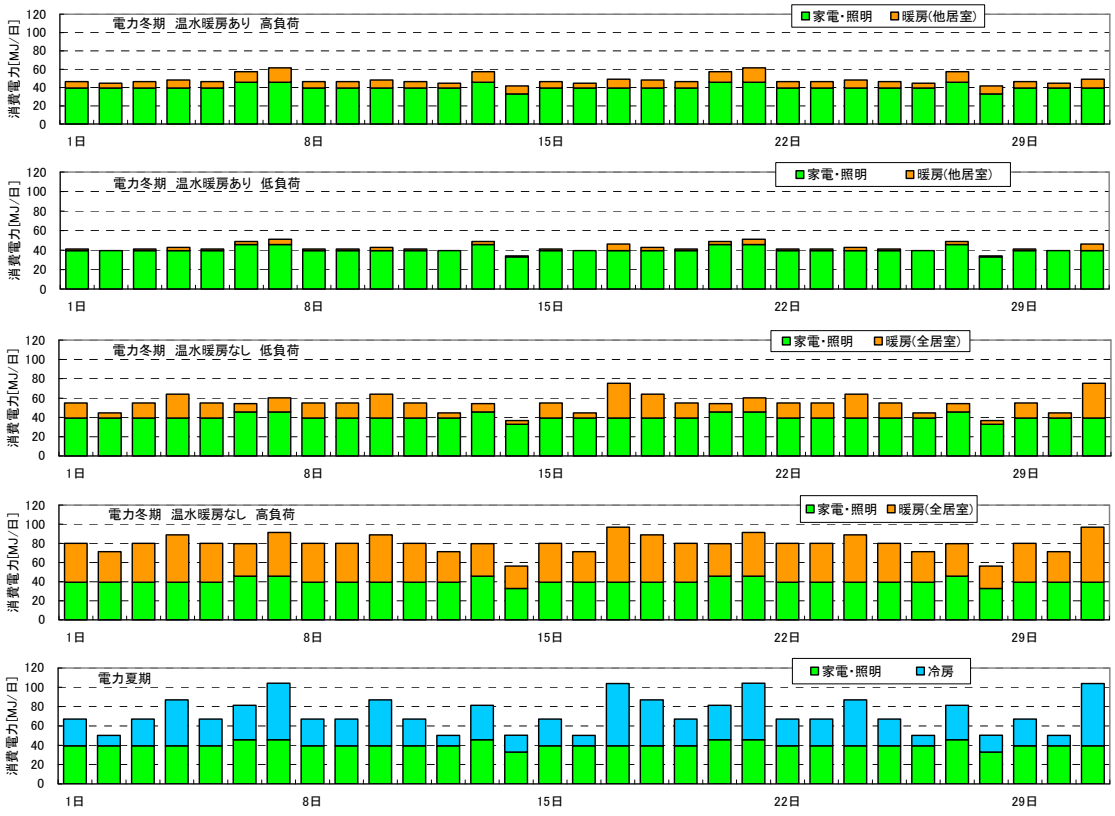


図 3.3.58　M1 スタンダードモード(試験用4人世帯)暖冷房部分の日並び

休日在宅（大）

開放時刻	用途	種類	湯量 [L/回]	流量 [L/min]	開放 [s]	停止 [s]
07:15:00	洗面朝１	A	2	5	24	
07:16:10	洗面朝１	A	2	5	24	46
07:17:20	洗面朝１	A	2	5	24	46
07:45:00	洗面朝２	A	2	5	24	1636
07:46:10	洗面朝２	A	2	5	24	46
07:47:20	洗面朝２	A	2	5	24	46
08:00:00	炊事(朝)	A	2	5	24	736
08:01:20	炊事(朝)	A	2	5	24	56
08:02:40	炊事(朝)	A	2	5	24	56
08:04:00	炊事(朝)	A	2	5	24	56
08:30:00	洗面朝３	A	2	5	24	1536
08:32:10	洗面朝３	A	2	5	24	106
08:34:20	洗面朝３	A	2	5	24	106
09:00:00	食器洗(朝)	A	2	5	24	1516
09:00:50	食器洗(朝)	A	2	5	24	26
09:01:40	食器洗(朝)	A	2	5	24	26
09:02:30	食器洗(朝)	A	2	5	24	26
09:03:20	食器洗(朝)	A	2	5	24	26
09:04:10	食器洗(朝)	A	2	5	24	26
09:30:00	群外	A	2	5	24	1526
09:45:00	群外	A	2	5	24	876
10:45:00	群外	A	2	5	24	3576
11:45:00	群外	A	2	5	24	3576
12:00:00	炊事(昼)	A	2	5	24	876
12:04:40	炊事(昼)	A	2	5	24	256
12:09:20	炊事(昼)	A	2	5	24	256
12:14:00	炊事(昼)	A	2	5	24	256
12:45:00	食器洗(昼)	B	20	5	240	1836
12:49:30	食器洗(昼)	A	2	5	24	30
12:50:20	食器洗(昼)	A	2	5	24	26
12:51:10	食器洗(昼)	A	2	5	24	26
12:52:00	食器洗(昼)	A	2	5	24	26
12:52:50	食器洗(昼)	A	2	5	24	26
12:53:40	食器洗(昼)	A	2	5	24	26
16:00:00	群外	A	2	5	24	11156
17:30:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	5376
17:31:30	炊事(夕)１	A	2	5	24	66
17:33:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	66
17:34:30	炊事(夕)１	A	2	5	24	66
17:36:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	66
17:37:30	炊事(夕)１	A	2	5	24	66
17:39:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	66
17:40:30	炊事(夕)１	A	2	5	24	66
17:42:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	66
17:43:30	炊事(夕)１	A	2	5	24	66
17:55:00	炊事(夕)２	A	2	5	24	666
17:57:50	炊事(夕)２	A	2	5	24	146
18:00:40	炊事(夕)２	A	2	5	24	146
18:03:30	炊事(夕)２	A	2	5	24	146
18:06:20	炊事(夕)２	A	2	5	24	146
18:09:10	炊事(夕)２	A	2	5	24	146
19:35:00	浴槽湯はり	湯はり	180	15	720	5126
20:00:00	入浴１人目	C	5	10	30	780
20:04:30	入浴１人目	C	5	10	30	240
20:10:00	入浴１人目	D	40	10	240	300
20:14:30	入浴１人目	C	5	10	30	30
20:16:00	洗顔夕１	A	2	5	24	60
20:16:40	洗顔夕１	A	2	5	24	16
20:17:20	洗顔夕１	A	2	5	24	16
20:20:00	食器洗(夕)１	B	20	5	240	136
20:24:20	食器洗(夕)１	B	20	5	240	20
20:28:40	食器洗(夕)１	A	2	5	24	20
20:29:20	食器洗(夕)１	A	2	5	24	16
20:30:00	食器洗(夕)１	A	2	5	24	16
20:30:40	食器洗(夕)１	A	2	5	24	16
20:35:00	食器洗(夕)２	B	20	5	240	236
20:40:00	食器洗(夕)２	B	20	5	240	60
20:45:00	食器洗(夕)２	A	2	5	24	60
20:46:20	食器洗(夕)２	A	2	5	24	56
20:47:40	食器洗(夕)２	A	2	5	24	56
20:49:00	食器洗(夕)２	A	2	5	24	56
21:15:00	入浴２人目	C	5	10	30	1536
21:17:10	入浴２人目	C	5	10	30	100
21:19:20	入浴２人目	C	5	10	30	100
21:35:00	入浴２人目	D	40	10	240	910
21:39:30	入浴２人目	C	5	10	30	30
21:45:00	洗顔夕２	A	2	5	24	300
21:45:40	洗顔夕２	A	2	5	24	16
21:46:20	洗顔夕２	A	2	5	24	16
22:00:00	入浴３人目	C	5	10	30	796
22:04:30	入浴３人目	C	5	10	30	240
22:15:00	入浴３人目	D	40	10	240	600
22:19:30	入浴３人目	C	5	10	30	30
22:20:00	洗顔夕３	A	2	5	24	0
22:20:40	洗顔夕３	A	2	5	24	16
22:21:20	洗顔夕３	A	2	5	24	16
22:30:00	入浴４人目	C	5	10	30	496
22:32:10	入浴４人目	C	5	10	30	100
22:34:20	入浴４人目	C	5	10	30	100
22:45:00	入浴４人目	D	40	10	240	610
22:49:30	入浴４人目	C	5	10	30	30
23:00:00	洗顔夕４	A	2	5	24	600
23:00:40	洗顔夕４	A	2	5	24	16

休日在宅（小）

開放時刻	用途	種類	湯量 [L/回]	流量 [L/min]	開放 [s]	停止 [s]
07:15:00	洗面朝１	A	2	5	24	
07:16:00	洗面朝１	A	2	5	24	36
07:45:00	洗面朝２	A	2	5	24	1716
07:46:00	洗面朝２	A	2	5	24	36
08:00:00	炊事(朝)	A	2	5	24	816
08:02:10	炊事(朝)	A	2	5	24	106
08:04:20	炊事(朝)	A	2	5	24	106
08:30:00	洗面朝３	A	2	5	24	1516
08:34:30	洗面朝３	A	2	5	24	246
09:00:00	食器洗(朝)	A	2	5	24	1506
09:01:20	食器洗(朝)	A	2	5	24	56
09:02:40	食器洗(朝)	A	2	5	24	56
09:04:00	食器洗(朝)	A	2	5	24	56
09:30:00	群外	A	2	5	24	1536
09:45:00	群外	A	2	5	24	876
10:45:00	群外	A	2	5	24	3576
11:45:00	群外	A	2	5	24	3576
12:00:00	炊事(昼)	A	2	5	24	876
12:07:10	炊事(昼)	A	2	5	24	406
12:14:20	炊事(昼)	A	2	5	24	406
12:45:00	食器洗(昼)	B	20	5	240	1816
12:51:20	食器洗(昼)	A	2	5	24	140
12:54:00	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
12:56:40	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
12:59:20	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
16:00:00	群外	A	2	5	24	10816
17:30:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	5376
17:31:10	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
17:32:20	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
17:33:30	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
17:34:40	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
17:35:50	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
17:37:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
17:38:10	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
18:00:00	炊事(夕)２	A	2	5	24	1286
18:01:10	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
18:02:20	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
18:03:30	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
18:04:40	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
18:05:50	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
18:07:00	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
18:08:10	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:35:00	浴槽湯はり	湯はり	180	15	720	5186
20:00:00	入浴１人目	C	5	10	30	780
20:04:30	入浴１人目	C	5	10	30	240
20:10:00	入浴１人目	D	40	10	240	300
20:14:30	入浴１人目	C	5	10	30	30
20:16:00	洗顔夕１	A	2	5	24	60
20:16:40	洗顔夕１	A	2	5	24	16
20:17:20	洗顔夕１	A	2	5	24	16
20:20:00	食器洗(夕)１	A	2	5	24	136
20:21:10	食器洗(夕)１	A	2	5	24	46
20:22:20	食器洗(夕)１	A	2	5	24	46
20:23:30	食器洗(夕)１	A	2	5	24	46
20:24:40	食器洗(夕)１	A	2	5	24	46
20:25:50	食器洗(夕)１	A	2	5	24	46
20:35:00	食器洗(夕)２	B	20	5	240	526
20:39:40	食器洗(夕)２	B	20	5	240	40
20:44:20	食器洗(夕)２	A	2	5	24	40
20:45:20	食器洗(夕)２	A	2	5	24	36
20:46:20	食器洗(夕)２	A	2	5	24	36
20:47:20	食器洗(夕)２	A	2	5	24	36
21:15:00	入浴２人目	C	5	10	30	1636
21:17:10	入浴２人目	C	5	10	30	100
21:19:20	入浴２人目	C	5	10	30	100
21:35:00	入浴２人目	D	40	10	240	910
21:39:30	入浴２人目	C	5	10	30	30
21:45:00	洗顔夕２	A	2	5	24	300
21:46:30	洗顔夕２	A	2	5	24	66
22:00:00	入浴３人目	C	5	10	30	786
22:04:30	入浴３人目	C	5	10	30	240
22:15:00	入浴３人目	C	5	10	30	600
22:20:00	洗顔夕３	A	2	5	24	270
22:21:30	洗顔夕３	A	2	5	24	66
22:30:00	入浴４人目	C	5	10	30	486
22:32:10	入浴４人目	C	5	10	30	100
22:34:20	入浴４人目	C	5	10	30	100
22:45:00	入浴４人目	D	40	10	240	610
22:49:30	入浴４人目	C	5	10	30	30
23:00:00	洗顔夕４	A	2	5	24	600
23:01:30	洗顔夕４	A	2	5	24	66

図 3.3.59 M1 スタンダードモード(試験用4人世帯)給湯部分詳細 休日在宅大・休日在宅小

平日（大）

開放時刻	用途	種類	湯量 [L/回]	流量 [L/min]	開放 [s]	停止 [s]
06:30:00	洗面朝	A	2	5	24	
06:31:10	洗面朝	A	2	5	24	46
06:32:20	洗面朝	A	2	5	24	46
06:45:00	炊事(朝)	A	2	5	24	736
06:46:10	炊事(朝)	A	2	5	24	46
06:47:20	炊事(朝)	A	2	5	24	46
07:15:00	食器洗(朝)	A	2	5	24	1636
07:16:10	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:17:20	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:18:30	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:19:40	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:20:50	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
09:30:00	群外	A	2	5	24	7726
09:45:00	群外	A	2	5	24	876
10:45:00	群外	A	2	5	24	3576
11:45:00	群外	A	2	5	24	3576
12:00:00	炊事(昼)	A	2	5	24	876
12:02:50	炊事(昼)	A	2	5	24	146
12:05:40	炊事(昼)	A	2	5	24	146
12:08:30	炊事(昼)	A	2	5	24	146
12:11:20	炊事(昼)	A	2	5	24	146
12:14:10	炊事(昼)	A	2	5	24	146
12:45:00	食器洗(昼)	A	2	5	24	1826
12:47:40	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
12:50:20	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
16:00:00	群外	A	2	5	24	11356
18:35:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	9276
18:36:10	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
18:37:20	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
18:38:30	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
18:39:40	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
18:40:50	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
18:42:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
18:43:10	炊事(夕)１	A	2	5	24	46
19:00:00	炊事(夕)２	B	20	5	240	986
19:04:30	炊事(夕)２	A	2	5	24	30
19:05:20	炊事(夕)２	A	2	5	24	26
19:06:10	炊事(夕)２	A	2	5	24	26
19:07:00	炊事(夕)２	A	2	5	24	26
19:07:50	炊事(夕)２	A	2	5	24	26
19:08:40	炊事(夕)２	A	2	5	24	26
19:35:00	浴槽湯はり	湯はり	180	15	720	1556
20:15:00	入浴１人目	C	5	10	30	1680
20:19:30	入浴１人目	C	5	10	30	240
20:25:00	入浴１人目	C	5	10	30	300
20:27:10	入浴１人目	C	5	10	30	100
20:29:20	入浴１人目	C	5	10	30	100
20:35:00	洗顔夕１	A	2	5	24	310
20:35:30	洗顔夕１	A	2	5	24	6
20:40:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	246
20:44:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30
20:45:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:46:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:47:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:47:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:48:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:50:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	56
20:54:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30
20:55:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:56:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:57:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:57:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:58:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
21:15:00	入浴２人目	C	5	10	30	956
21:19:30	入浴２人目	C	5	10	30	240
21:35:00	入浴２人目	D	40	10	240	900
21:39:30	入浴２人目	C	5	10	30	30
21:45:00	洗顔夕２	A	2	5	24	300
21:46:30	洗顔夕２	A	2	5	24	66
22:00:00	入浴３人目	C	5	10	30	786
22:04:30	入浴３人目	C	5	10	30	240
22:15:00	入浴３人目	D	40	10	240	600
22:19:30	入浴３人目	C	5	10	30	30
22:20:00	洗顔夕３	A	2	5	24	0
22:21:30	洗顔夕３	A	2	5	24	66
22:30:00	入浴４人目	C	5	10	30	486
22:34:30	入浴４人目	C	5	10	30	240
22:45:00	入浴４人目	D	40	10	240	600
22:49:30	入浴４人目	C	5	10	30	30
23:00:00	洗顔夕４	A	2	5	24	600
23:01:30	洗顔夕４	A	2	5	24	66

平日（中）

開放時刻	用途	種類	湯量 [L/回]	流量 [L/min]	開放 [s]	停止 [s]
06:30:00	洗面朝	A	2	5	24	
06:31:10	洗面朝	A	2	5	24	46
06:32:20	洗面朝	A	2	5	24	46
06:45:00	炊事(朝)	A	2	5	24	736
06:46:10	炊事(朝)	A	2	5	24	46
06:47:20	炊事(朝)	A	2	5	24	46
07:15:00	食器洗(朝)	A	2	5	24	1636
07:16:10	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:17:20	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:18:30	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:19:40	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:20:50	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
09:30:00	群外	A	2	5	24	7726
09:45:00	群外	A	2	5	24	876
10:45:00	群外	A	2	5	24	3576
11:45:00	群外	A	2	5	24	3576
12:00:00	炊事(昼)	A	2	5	24	876
12:07:10	炊事(昼)	A	2	5	24	406
12:14:20	炊事(昼)	A	2	5	24	406
12:45:00	食器洗(昼)	A	2	5	24	1816
12:47:40	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
12:50:20	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
16:00:00	群外	A	2	5	24	11356
18:35:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	9276
18:36:50	炊事(夕)１	A	2	5	24	86
18:38:40	炊事(夕)１	A	2	5	24	86
18:40:30	炊事(夕)１	A	2	5	24	86
18:42:20	炊事(夕)１	A	2	5	24	86
18:44:10	炊事(夕)１	A	2	5	24	86
19:00:00	炊事(夕)２	A	2	5	24	926
19:01:10	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:02:20	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:03:30	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:04:40	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:05:50	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:35:00	浴槽湯はり	湯はり	180	15	720	1726
20:15:00	入浴１人目	C	5	10	30	1680
20:19:30	入浴１人目	C	5	10	30	240
20:25:00	入浴１人目	C	5	10	30	300
20:35:00	洗顔夕１	A	2	5	24	570
20:35:30	洗顔夕１	A	2	5	24	6
20:40:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	246
20:44:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30
20:45:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:46:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:47:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:47:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:48:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:50:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	56
20:54:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30
20:55:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:56:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:57:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:57:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:58:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
21:15:00	入浴２人目	C	5	10	30	956
21:19:30	入浴２人目	C	5	10	30	240
21:35:00	入浴２人目	D	40	10	240	900
21:39:30	入浴２人目	C	5	10	30	30
21:45:00	洗顔夕２	A	2	5	24	300
21:46:30	洗顔夕２	A	2	5	24	66
22:00:00	入浴３人目	C	5	10	30	786
22:15:00	入浴３人目	C	5	10	30	870
22:20:00	洗顔夕３	A	2	5	24	270
22:21:30	洗顔夕３	A	2	5	24	66
22:30:00	入浴４人目	C	5	10	30	486
22:45:00	入浴４人目	D	40	10	240	870
22:49:30	入浴４人目	C	5	10	30	30
23:00:00	洗顔夕４	A	2	5	24	600
23:01:30	洗顔夕４	A	2	5	24	66

図 3.3.60 M1 スタンダードモード(試験用4人世帯) 給湯部分詳細 平日大・平日中

平日（小）

開放時刻	用途	種類	湯量 [L/回]	流量 [L/min]	開放 [s]	停止 [s]
06:30:00	洗面朝	A	2	5	24	
06:31:10	洗面朝	A	2	5	24	46
06:32:20	洗面朝	A	2	5	24	46
06:45:00	炊事(朝)	A	2	5	24	736
06:46:10	炊事(朝)	A	2	5	24	46
06:47:20	炊事(朝)	A	2	5	24	46
07:15:00	食器洗(朝)	A	2	5	24	1636
07:16:10	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:17:20	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:18:30	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:19:40	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
07:20:50	食器洗(朝)	A	2	5	24	46
09:30:00	群外	A	2	5	24	7726
09:45:00	群外	A	2	5	24	876
10:45:00	群外	A	2	5	24	3576
11:45:00	群外	A	2	5	24	3576
12:00:00	炊事(昼)	A	2	5	24	876
12:07:10	炊事(昼)	A	2	5	24	406
12:14:20	炊事(昼)	A	2	5	24	406
12:45:00	食器洗(昼)	A	2	5	24	1816
12:47:40	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
12:50:20	食器洗(昼)	A	2	5	24	136
16:00:00	群外	A	2	5	24	11356
18:35:00	炊事(夕)１	A	2	5	24	9276
18:36:50	炊事(夕)１	A	2	5	24	86
18:38:40	炊事(夕)１	A	2	5	24	86
18:40:30	炊事(夕)１	A	2	5	24	86
18:42:20	炊事(夕)１	A	2	5	24	86
18:44:10	炊事(夕)１	A	2	5	24	86
19:00:00	炊事(夕)２	A	2	5	24	926
19:01:10	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:02:20	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:03:30	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:04:40	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:05:50	炊事(夕)２	A	2	5	24	46
19:35:00	浴槽湯はり	湯はり	180	15	720	1726
20:15:00	入浴１人目	C	5	10	30	1680
20:19:30	入浴１人目	C	5	10	30	240
20:25:00	入浴１人目	C	5	10	30	300
20:35:00	洗顔夕１	A	2	5	24	570
20:35:30	洗顔夕１	A	2	5	24	6
20:40:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	246
20:44:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30
20:45:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:46:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:47:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:47:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:48:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:50:00	食器洗(夕)	B	20	5	240	56
20:54:30	食器洗(夕)	A	2	5	24	30
20:55:20	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:56:10	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:57:00	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:57:50	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
20:58:40	食器洗(夕)	A	2	5	24	26
21:15:00	入浴２人目	C	5	10	30	956
21:19:30	入浴２人目	C	5	10	30	240
21:35:00	入浴２人目	D	40	10	240	900
21:39:30	入浴２人目	C	5	10	30	30
21:45:00	洗顔夕２	A	2	5	24	300
21:46:30	洗顔夕２	A	2	5	24	66
22:00:00	入浴３人目	C	5	10	30	786
22:15:00	入浴３人目	C	5	10	30	870
22:20:00	洗顔夕３	A	2	5	24	270
22:21:30	洗顔夕３	A	2	5	24	66
22:30:00	入浴４人目	C	5	10	30	486
22:45:00	入浴４人目	D	40	10	240	870
22:49:30	入浴４人目	C	5	10	30	30
23:00:00	洗顔夕４	A	2	5	24	600
23:01:30	洗顔夕４	A	2	5	24	66

休日外出

開放時刻	用途	種類	湯量 [L/回]	流量 [L/min]	開放 [s]	停止 [s]
06:30:00	洗面朝１	A	2	5	24	
06:30:40	洗面朝１	A	2	5	24	16
06:31:20	洗面朝１	A	2	5	24	16
07:45:00	洗面朝２	A	2	5	24	4396
07:45:40	洗面朝２	A	2	5	24	16
07:46:20	洗面朝２	A	2	5	24	16
08:00:00	炊事(朝)	A	2	5	24	796
08:06:10	炊事(朝)	A	2	5	24	346
08:12:20	炊事(朝)	A	2	5	24	346
08:45:00	食器洗(朝)	B	20	5	240	1936
08:49:30	食器洗(朝)	A	2	5	24	30
08:50:20	食器洗(朝)	A	2	5	24	26
08:51:10	食器洗(朝)	A	2	5	24	26
20:45:00	入浴１人目	C	5	10	30	42806
20:45:50	入浴１人目	C	5	10	30	20
20:46:40	入浴１人目	C	5	10	30	20
20:47:30	入浴１人目	C	5	10	30	20
20:48:20	入浴１人目	C	5	10	30	20
20:49:10	入浴１人目	C	5	10	30	20
21:00:00	洗顔夕１	A	2	5	24	620
21:01:30	洗顔夕１	A	2	5	24	66
21:20:00	入浴２人目	C	5	10	30	1086
21:24:30	入浴２人目	C	5	10	30	240
21:30:00	入浴２人目	D	40	10	240	300
21:45:00	洗顔夕２	A	2	5	24	660
21:46:30	洗顔夕２	A	2	5	24	66
22:00:00	入浴３人目	D	40	10	240	786
22:15:00	洗顔夕３	A	2	5	24	660
22:16:30	洗顔夕３	A	2	5	24	66
22:35:00	入浴４人目	C	5	10	30	1086
22:36:30	入浴４人目	C	5	10	30	60
22:45:00	入浴４人目	D	40	10	240	480
23:00:00	洗顔夕４	A	2	5	24	660
23:01:30	洗顔夕４	A	2	5	24	66

図 3.3.61 M1 スタンダードモード(試験用4人世帯) 給湯部分詳細 平日小・休日外出

平日

暖房・高負荷 [MJ/h]

↓温水暖房ありの機種用		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	1.1	1.2	1.5	0.6	5.3
他居室のみ	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.6	1.5	1.8	0.7	7.0
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	2.0	1.8	2.3	0.9	8.7
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	2.4	1.8	2.0	0.8	9.6
↓温水暖房なしの機種用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	3.4	2.5	1.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.8	2.5	1.8	2.3	2.6	3.2	2.5	31.8
LDK+他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	3.7	2.9	1.5	0.0	0.0	0.3	0.4	0.0	0.0	1.9	1.4	3.8	2.5	3.2	3.4	3.9	2.8	40.6
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	4.4	3.1	1.8	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	2.2	1.8	4.8	3.2	4.1	4.1	4.8	3.5	49.3
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	3.5	3.2	2.8	0.0	0.0	5.1	2.5	0.0	0.0	4.8	2.6	5.9	3.1	4.4	3.9	4.2	2.9	57.3

暖房・低負荷

↓温水暖房ありの機種用		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
他居室のみ	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.7	0.4	1.5
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	1.2	0.5	3.2
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5	1.4	1.8	0.8	6.7
↓温水暖房なしの機種用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
LDK+他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	2.5	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.6	1.5	15.5
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	3.4	2.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	1.3	2.0	2.7	2.2	24.5
	平均+2σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	2.8	1.8	0.8	0.0	0.0	1.2	0.2	0.0	0.0	1.1	1.0	3.3	2.4	3.0	3.3	3.9	3.2	35.8

冷房 ↓合計を修正

		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.1	1.3	0.0	0.0	2.0	1.1	1.6	0.5	1.1	0.3	0.1	0.0	10.6
LDK+他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	3.8	2.6	0.0	0.0	3.9	2.3	4.3	1.6	3.0	1.3	1.2	1.3	27.7
(÷3)	平均+σ	0.8	0.7	0.5	0.3	0.0	0.0	2.2	1.0	1.1	1.4	0.0	0.0	5.6	3.2	0.0	0.0	5.0	2.6	6.0	3.0	4.4	2.8	2.9	3.7	47.5
	平均+2σ	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	4.2	1.7	2.1	2.6	0.0	0.0	6.8	3.8	0.0	0.0	6.3	3.4	7.6	3.8	5.3	3.4	3.4	4.2	64.4

休日

暖房・高負荷 [MJ/h]

↓温水暖房ありの機種用		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.1	0.0	8.8
他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.0	2.2	1.3	1.2	0.0	11.6
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	3.7	1.0	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	1.2	0.6	0.6	0.0	2.3	1.2	1.0	0.0	15.8
↓温水暖房なしの機種用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	4.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	2.1	2.5	3.1	0.0	23.5
全居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	4.6	0.5	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.9	1.9	2.5	1.4	3.8	3.1	3.2	0.0	34.1
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	6.8	2.4	2.2	2.0	1.3	0.0	0.0	3.9	2.7	2.7	1.4	3.8	2.7	2.6	0.0	45.8

暖房・低負荷

↓温水暖房ありの機種用		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
他居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.6	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.6	0.3	0.2	0.0	5.4
↓温水暖房なしの機種用																										
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
全居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	2.8	1.1	0.6	0.3	0.2	0.0	0.0	0.6	0.4	0.6	0.2	1.0	0.6	0.7	0.0	14.7

冷房 ↓合計を修正

		0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	合計
AC電力	平均−σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.8	2.0	1.4	0.0	0.0	3.7	2.2	1.7	1.0	1.7	0.9	0.6	0.0	17.3
全居室	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	1.9	2.4	2.5	1.9	0.0	0.0	5.4	3.8	3.1	1.8	3.3	2.0	1.7	1.3	35.7
(÷3)	平均+σ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	4.4	4.5	4.7	4.4	2.7	0.0	0.0	7.6	5.3	4.7	2.6	5.3	3.4	2.4	2.1	58.4

図 3.3.62 M1 スタンダードモード(試験用4人世帯) 暖冷房負荷条件

3.3.3 模擬浴槽の開発

先に定められた M1 スタンダードの浴槽の自動湯はり・自動保温を再現するため、新たに高度な自動制御機能を有する模擬浴槽を2台開発した(図 3.3.63～図 3.3.66)。概要は以下の通り。

・ペルチェ素子により放熱量を 0～300W 弱まで任意に、かつ高い再現性で制御可能。
・電磁弁により自動排水を行う。攪拌装置により浴槽内湯温のムラを解消する。
・浴槽の熱負荷算定に必要なデータを詳細に計測する。特に浴槽還系統は、湯はり時に浴槽へ向かう一方、追焚循環時には反転して給湯機に向かう流向となる。通常のタービン式流量センサーでは流向反転を検出できないため、ここでは小型電磁流量センサーを順・逆の両方に設けることで流向の判定を行なっている。浴槽内温度や水位も詳細に計測している。
・浴槽制御の自動化のため、専用の PC アプリケーションを新規に開発した。
・試験時に給湯機と接続する配管長は、事業主基準の標準住宅プランにおける浴室と給湯機設置可能位置の関係から片側 4.5m とした。配管径は給湯機の設置仕様書の規定に従って選択。

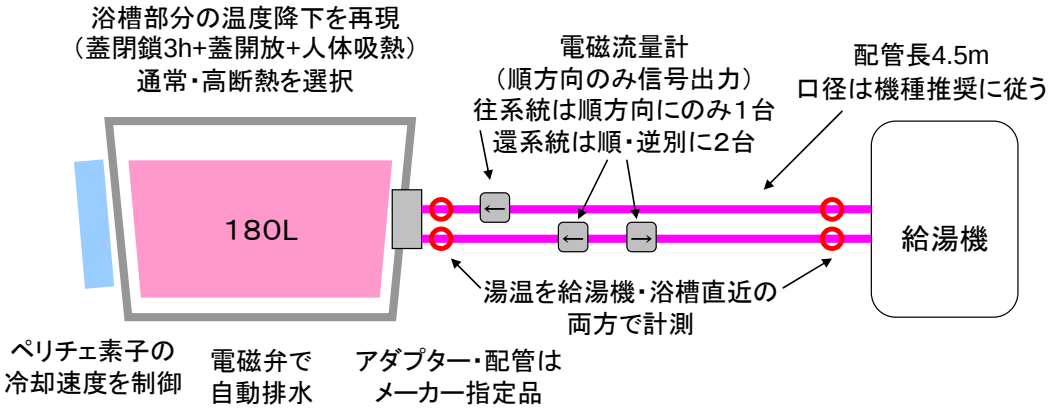


図 3.3.63 模擬浴槽の概要



図 3.3.64 模擬浴槽の外観

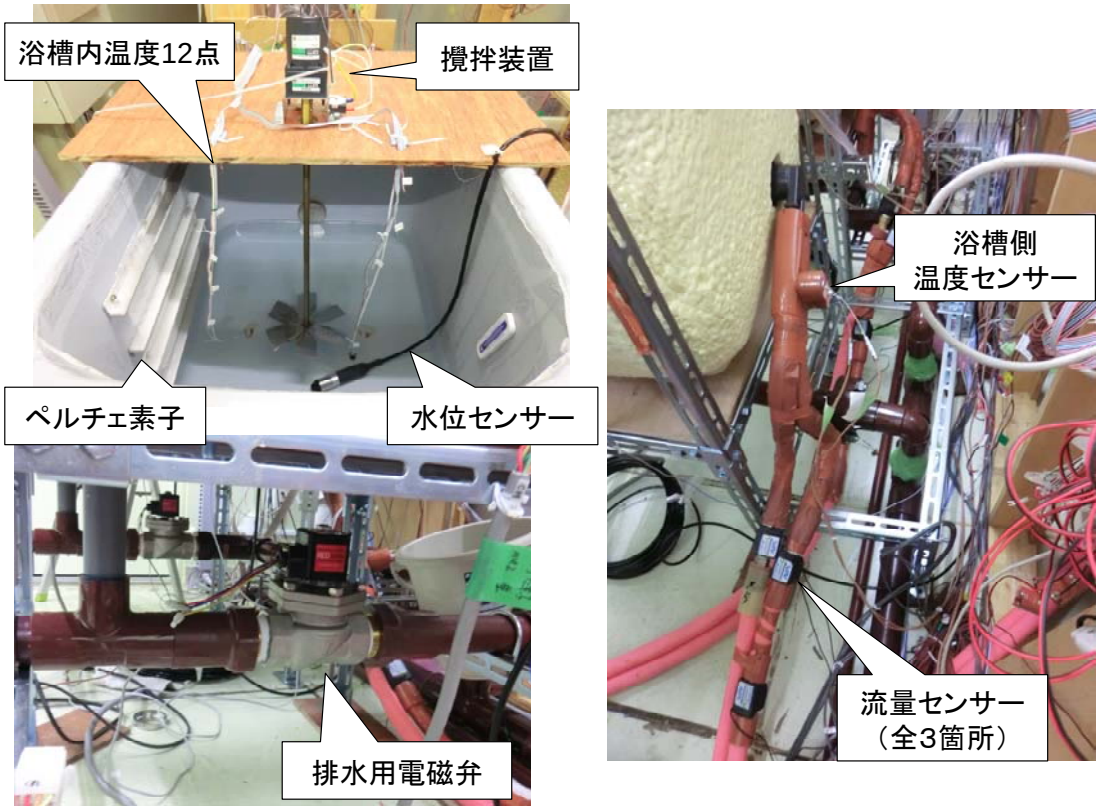


図 3.3.65 模擬浴槽の計測・制御状況



図 3.3.66 模擬浴槽の制御プログラム

3.3.4 ガス瞬間式給湯機

ここまでで新たに開発された効率試験方法に基づき、各形式の給湯機の実使用効率の評価実験を試行する。対象給湯機は、ガス瞬間式・石油瞬間式・CO2HP・コージェネレーションである。

(1) ガス瞬間式給湯機に関する効率試験方法の開発

1) 計測方法の概要

ガス瞬間式の効率特性を考慮し、以下のように計測方法を構築した(図 3.3.67～図 3.3.69)。

- 学習機能などは有さず日消費量の履歴が効率に影響を及ぼさないため、M1スタンダード6日と比較用のJIS51モード1日の計7日とする。
- M1スタンダードモードにより追加された浴槽保温については、給湯回路とは別の追焚回路により処理されるためシステム全体の効率に影響を及ぼさない。そのため、前述7日の試験では水栓落し込みとして再現し、浴槽の自動湯はり・保温については別に2日の繰り返し試験を実施することとした。
- 短時間の出湯を再現するため温度・流量の計測センサーは応答性の高いタイプを選び、事前の校正により精度の確保に務めた。ガス流量は応答速度の早い熱線式マスフロー計を用いた。あらかじめ湿式メーターと校正を行い、マスフロー計が十分な精度があることを確認した。
- 模擬浴槽との接続配管は、内径はメーカー指定の10mm、長さは4.5mとした。

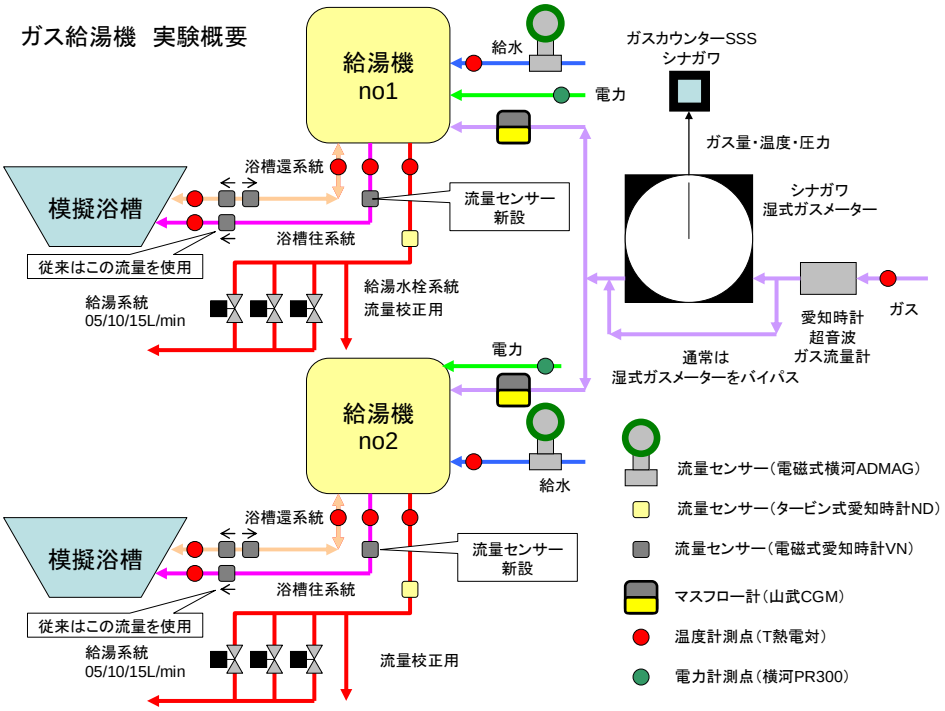


図 3.3.67 ガス瞬間式給湯機の試験システム

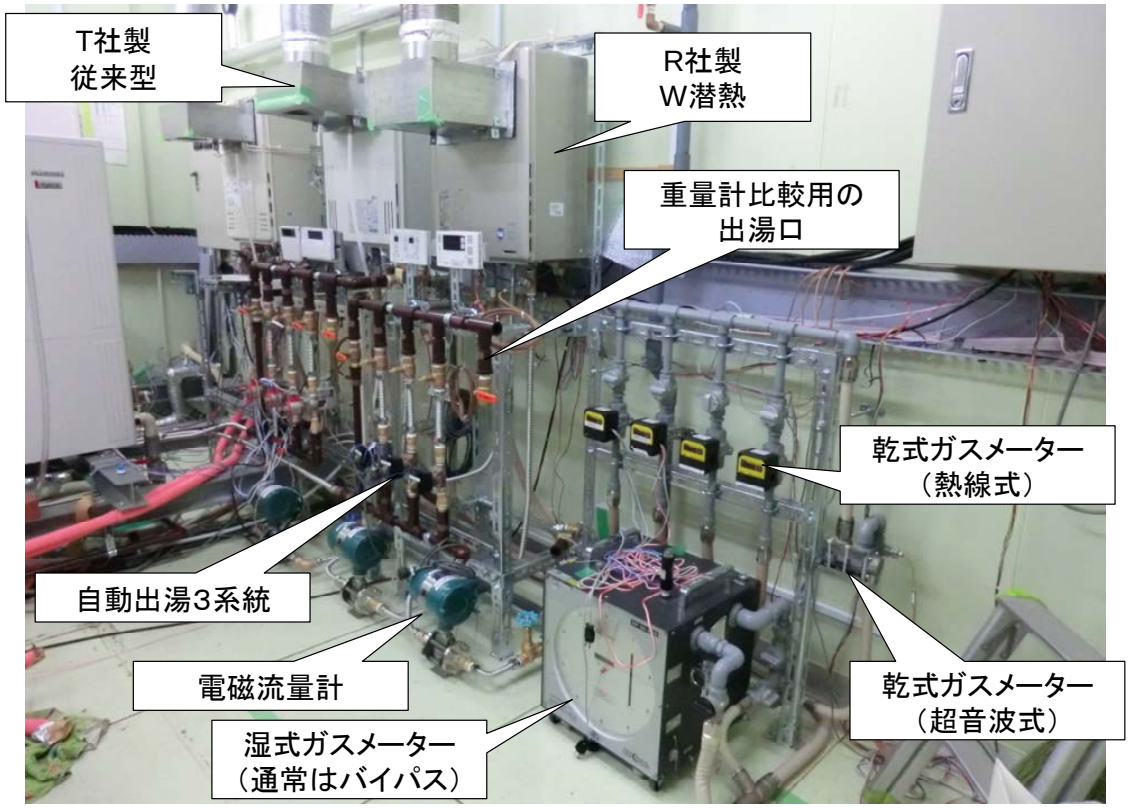


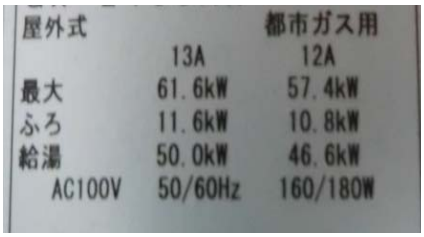
図 3.3.68 ガス瞬間式給湯機の試験状況



図 3.3.69 給湯・給水温度センサーの校正作業

2）試験対象機種の概要

試験試行の対象として、従来型 2 台・潜熱回収型 2 台の計 4 台のガス瞬間式を選定した。うち、潜熱回収型は給湯回路だけでなく追焚回路も潜熱回収を行う機種（通称 W 潜熱）と、追焚回路は潜熱回収を行わない機種（通称　S 潜熱）をそれぞれ 1 台ずつ試験している。



		R 社 W 潜熱	T 社 W 従来	R 社 S 潜熱	N 社従来
消費効率（%）		94.3	82.1	92	87.1
最大（kW）	13A	54	61.6	54	61.6
	12A	50.2	57.4	50.2	57.4
ふろ（kW）	13A	11.2	11.6	11.6	14
	12A	10.5	10.8	10.8	13
給湯（kW）	13A	44.2	50	44.2	
	12A	41.2	46.6	41.2	
定格電圧		AC100V	AC100V	AC100V	AC100V
定格周波数		50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
定格消費電力		105	160/180	110	155/180

図 3.3.70　試験対象のガス瞬間式給湯機

(2) 水栓での給湯消費に関する効率試験

1）試験条件

- 前述のようにガス瞬間式は水栓部分と浴槽追焚部分の内部回路が分離されていることから、水栓部分を単独で試験しても効率評価に問題がないと考えられる。そのため、水栓部分の給湯消費のみを試験する試験を実施することとした。
- 主な消費はシャワー（流量10L/min）と台所洗面（流量5L/min）である。
- 浴槽部分については、浴槽追焚機能を持たない給湯単機能機種の効率推定のため水栓落し込み（流量15L/min）として再現した。
- 3系統の出湯系統を各用途の流量(5/10/15L/min)に予め調整した上で電磁弁により開閉した。
- 停止時の冷却は2時間程度で十分行われるため、停止間隔2時間以上では2時間に短縮。これにより全7日分の試験が4日程度で終了できた。
- 水栓の給湯設定温度は40℃とした。これは修正M1モードの試験と同様である。

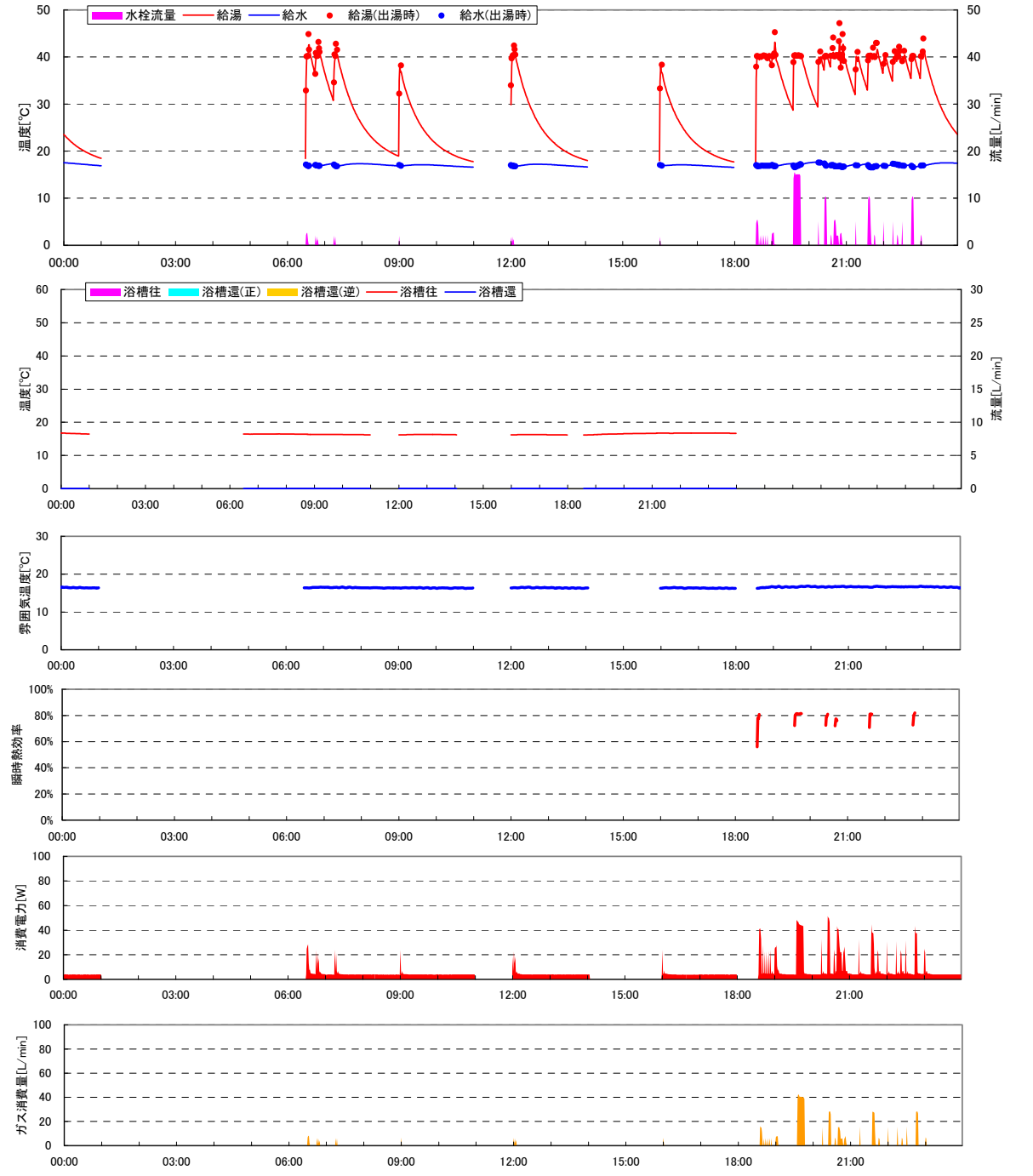
2）試験結果

T 社従来について中間期条件の水栓 7 日試験の結果より平日中と JIS51 モードの部分を比較する。

- M1 スタンダード平日中のガスのみの効率は合計で 76.8%であり、JIS51 モードの 77.4%とほぼ同等である。M1 スタンダードが JI51 モードと同様に給湯消費のミクロ特性を良好に再現できていることが確認できた。
- 用途ごとの効率は、浴槽落し込み>シャワー>台所洗面となっており、流量が小さく断続的な出湯が多いほど効率が低下する傾向がある。

省エネ基準　ガス瞬間式検証実験　　実施場所：東京大学人工環境実験室　　消費モード　浴槽湯はり

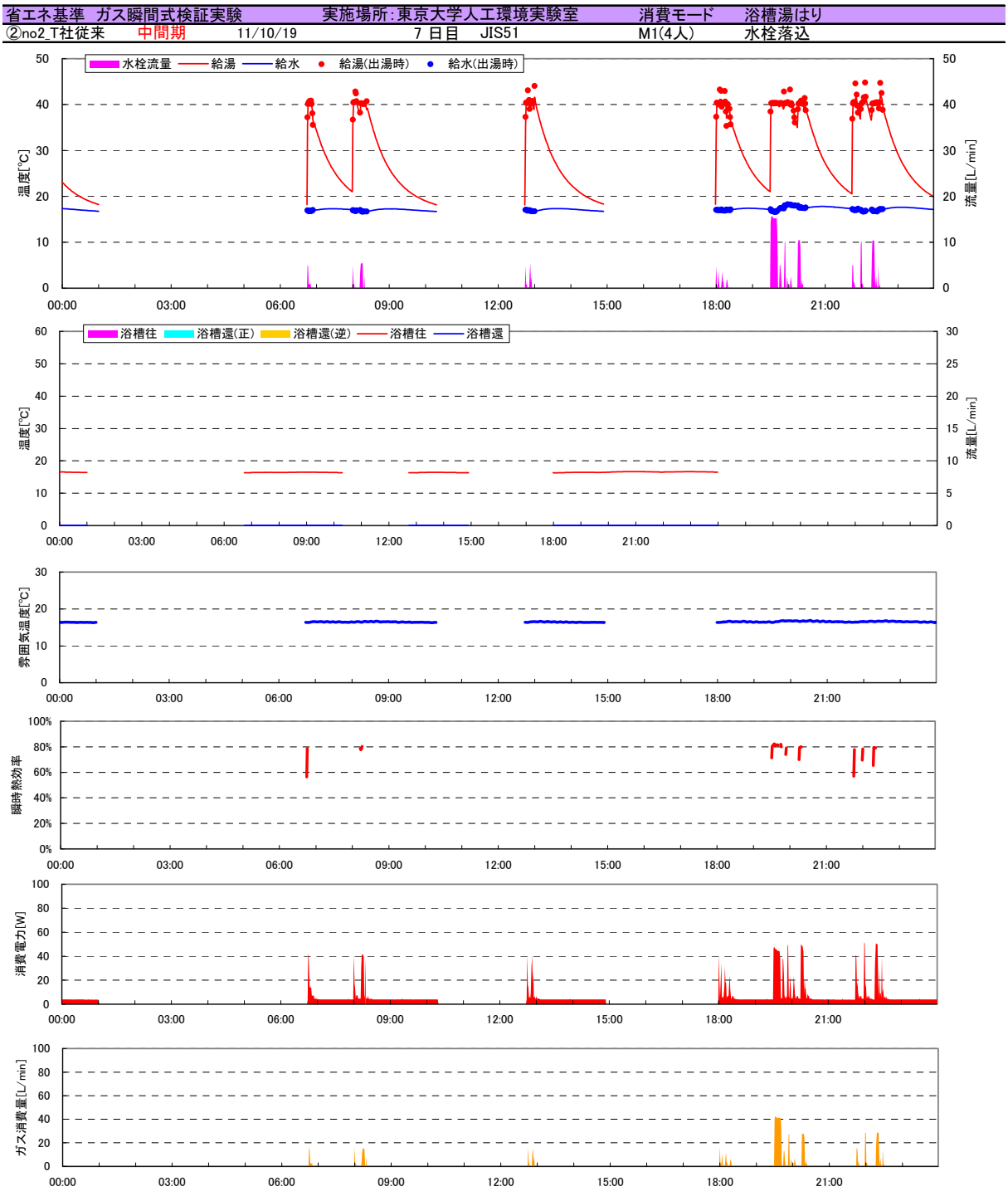
②no2_T社従来　中間期　11/10/16　4 日目　平日(中)　M1(4人)　水栓落込



平均雰囲気　16.5 [℃]　　補正前　0.35

	給湯量 [L/日]			給水		給湯		熱負荷 [MJ/日]				ガス		電力(補正済)[MJ]		全エネ	効率	
	水栓	浴槽自動	合計	熱量[MJ]	温度[℃]	熱量[MJ]	温度[℃]	水栓	浴槽自動	浴槽追焚	合計	量[NL]	熱量[MJ]	合計(2次)	除浴槽	1次	ガスのみ	1次
合計	457.8	0.0	457.8	32.3	16.9	76.4	39.9	44.0	0.0	0.0	44.0	1274	57.3	0.40	0.37	58.4	76.8%	76.3%
台所洗面	123.1		123.1	8.7	16.9	20.3	39.4	11.6			11.6	362	16.3				71.2%	
シャワー	154.6		154.6	10.9	16.9	25.8	39.9	14.9			14.9	426	19.2				77.6%	
浴槽落込	180.2		180.2	12.7	16.9	30.3	40.2	17.6			17.6	486	21.9	0.03			80.4%	

図 3.3.71　水栓部分の試験状況 （T 社従来　中間期条件　平日中）



平均雰囲気　16.5 [℃]　　補正前　0.33

	給湯量 [L/日]			給水		給湯		熱負荷 [MJ/日]				ガス		電力(補正済)[MJ]		全エネ	効率	
	水栓	浴槽自動	合計	熱量[MJ]	温度[℃]	熱量[MJ]	温度[℃]	水栓	浴槽自動	浴槽追焚	合計	量[NL]	熱量[MJ]	合計(2次)	除浴槽	1次	ガスのみ	1次
合計	464.0	0.0	464.0	33.1	17.0	77.6	39.9	44.5	0.0	0.0	44.5	1277	57.4	0.41	0.38	58.6	77.4%	76.9%
台所洗面	139.0		139.0	9.9	17.1	23.0	39.6	13.1			13.1	401	18.0				72.6%	
シャワー	144.7		144.7	10.5	17.3	24.2	40.0	13.7			13.7	389	17.5				78.5%	
浴槽落込	180.2		180.2	12.6	16.8	30.3	40.2	17.7			17.7	487	21.9	0.03			80.5%	

図 3.3.72　水栓部分の試験状況 （T 社従来　中間期条件　JIS51 モード）

(3) 浴槽自動保温に関する効率試験

1) 試験条件

前述の通り、ガス瞬間式においては水栓部分と浴槽湯はり・保温部分を個別に実施する。浴槽部分はⅢ.3.2 で示した模擬浴槽に接続した上で、以下の条件で実施した。

- 浴槽の冷却能力と保温効率を同時に検証するため、自動湯はり完了後にすぐ自動保温を解除する冷却試験と、自動湯はり後にそのまま保温を続ける保温試験を交互に行うこととした。
- 浴槽が十分に冷却される時間間隔を確保するため、1 試験は 6 時間、1 日で 4 回実施とした。
- 冷却試験のスケジュールは各日1回目では、0:30 に自動湯はり開始・0:50 に自動保温解除し 3 時間の冷却後の 3:50 に排水する。
- 保温試験のスケジュールは各日 1 回目では、0:30 に自動湯はり開始・0:50 ごろに湯はり完了しそのまま 3 時間の保温後、3:50 に排水する。
- 放熱量を変更した場合の機器挙動を検討するため、ペルチエ素子の冷却速度を変更しながら試験することとした。今回は、0W/100W/200W/300W の 4 段階の冷却速度を用いた。
- 給湯機のリモコンを改造し、自動湯はりを外部からの短絡操作で行えるようにした。浴槽湯はりの設定温度は 40℃、浴槽湯量は 180L に最も近くなるよう設定する。
- 実使用において、自動湯はり・保温は台所等の他用途と近い時間で使われることが想定される。本試験では自動湯はり・保温のみを単独で実施するため、他用途での出湯による機器の予熱が得られない状態からの開始(コールドスタート)となるため、機器効率を過小に評価する可能性が指摘された。そのため、本試験では自動湯はり開始の 5 分前に、台所を想定して 5L/min の出湯を 3 分間行うこととした。

2) 試験結果

前述の試験条件で、T 社従来型を中間期条件で実施した結果の概要は以下の通り。

- 自動湯はり・自動保温の解除または継続・ペルチェ素子による冷却・排水は全て順調に行われた。なお、ペルチェ素子の冷却は設定値が 0W/100W/200W の時は実績値もほぼ一致したが、設定値が 300W の際には実績値はやや低い傾向があり、冷却能力が不足しているものと思われる。ただし、通常の浴槽試験には十分な冷却速度である。
- 冷却試験(各日の 1・3 回目)では、ペルチェ素子の実績値の増加に従い浴槽内湯温の降下量が大きくなっていることを確認できた。
- 保温試験(各日の 2・4 回目)では、本給湯機では頻繁に湯温確認・追焚動作を繰り返しており、湯温は安定して保たれていた。こちらもペルチェ素子の実績値の増加に従い保温熱負荷が大きくなることを確認できた。
- 湯はり・保温の熱負荷算出については、浴槽系統の往・還の温度と流量が必要になる。温度については給湯機側と浴槽側の 2 箇所でそれぞれ計測しているが、浴槽側の方は配管径が細いことなどから、温度が過小になる傾向が見られた。そのため浴槽側で計測

された温度センサーでは熱負荷を適切に計測できない懸念があり、以下では熱負荷としては給湯機側の温度でのみ評価することとした。

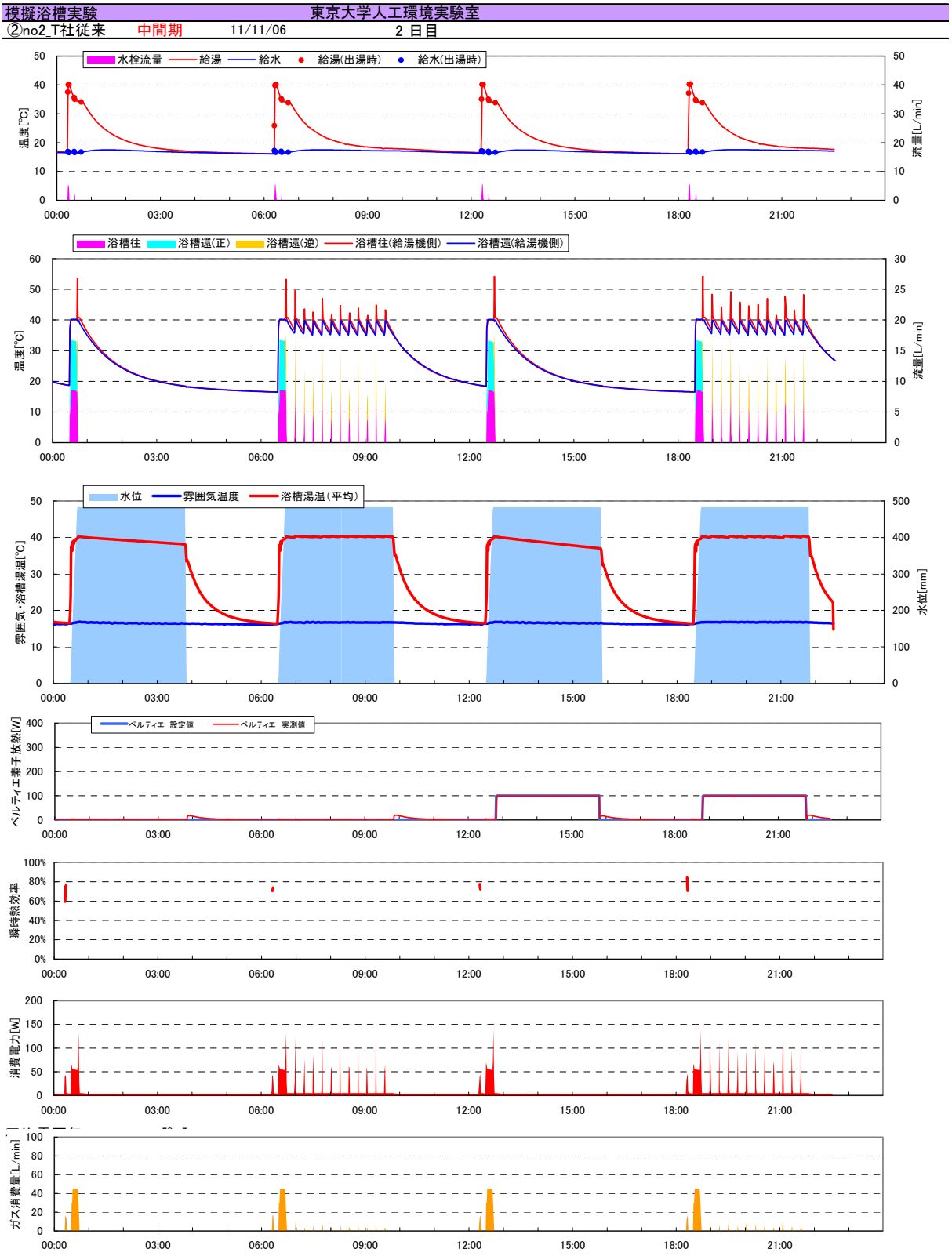


図 3.3.73 浴槽部分の試験状況 （T 社従来 中間期条件 ペルチェ冷却 0～100W）

ペルチェの冷却は 1 回目・2 回目は 0W 3 回目・4 回目は 100W

1 回目・3 回目は冷却試験 2 回目・4 回目は保温試験

②no2_T社従来　　中間期　　11/11/06　　2 日目

データOK！

更新　印刷　前の日　次の日

			自動保温なし 1回目 湯はり	保温	自動保温あり 2回目 湯はり	保温	自動保温なし 3回目 湯はり	保温	自動保温あり 4回目 湯はり	保温
開始時間			0:30	1:00	6:30	7:00	12:30	13:00	18:30	19:00
終了時間			0:59	3:49	6:59	9:49	12:59	15:49	18:59	21:49
雰囲気温度[℃]			16.9	16.8	16.8	16.9	16.9	16.8	16.8	16.9
ペルティエ素子		設定値		1.0		1.0		100.0		100.0
[W]		実績値		1.7		1.6		98.7		98.5
浴槽内 平均湯温度		最高温度	40.20	39.99	40.18	40.34	40.20	39.92	40.23	40.42
[℃]		最低温度		38.15		40.07		36.99		39.92
		温度降下		1.84		0.27		2.93		0.50
湯はり	流量	[L]	193.9		194.0		193.7		194.0	
	熱量	給湯機側	32.50		32.51		32.43		32.52	
	[MJ]	浴槽側	30.41		30.37		30.28		30.37	←温度過小
	熱負荷	給湯機側	19.10		19.06		19.16		19.07	
	[MJ]	浴槽側	17.01		16.92		17.01		16.92	←温度過小
		熱ロス	2.09		2.14		2.15		2.15	←熱ロス過大
		(熱ロス比)	11.0%		11.2%		11.2%		11.3%	←過大評価
	平均温度	給湯機側	40.04		40.02		40.00		40.04	
	[℃]	浴槽側	37.47		37.39		37.35		37.40	←温度過小
		ΔT	2.58		2.63		2.65		2.65	←過大評価
追焚	流量	[L]	15.1		16.4	81.7	15.6		15.6	102.7
	熱負荷	給湯機側②	0.55		0.55	1.95	0.58		0.58	2.94
	[MJ]	浴槽側③	0.48		0.46	1.35	0.50		0.51	2.32
		熱ロス	0.07		0.09	0.60	0.08		0.07	0.62
		熱ロス比	12.7%		15.6%	30.6%	13.4%		11.9%	21.0%
	昇温	給湯機側	8.6		8.0	5.7	8.8		8.9	6.8
	[℃]	浴槽側	7.5		6.8	4.0	7.6		7.9	5.4
		ΔT	1.09		1.25	1.74	1.18		1.06	1.43
ガス量補正	0.98									
熱負荷合計(給湯機側)			19.64	0.00	19.60	1.95	19.74	0.00	19.65	2.94
ガス消費量			24.34	0.00	24.27	2.82	24.44	0.00	24.27	4.02
効率			80.7%		80.8%	69.2%	80.8%		81.0%	73.2%
電力	合計		0.06	0.04	0.06	0.12	0.06	0.04	0.06	0.13
	除待機電力(2W)		0.06	0.02	0.06	0.10	0.06	0.02	0.06	0.11

追炊部分　分析

	温度降下の差分 1回目	3回目
ペリチェ放熱 実績値[W]	1.7	98.7
湯張り量[L]	193.9	193.7
温度降下[℃]	1.84	2.93
推定熱負荷[MJ] ①	1.49	2.37

		2回目	4回目
追焚熱負荷[MJ]	給湯機②	1.95	2.94
	浴槽側③	1.35	2.32
熱ロス 熱負荷②-推定①		0.46	0.57
熱ロス/追焚熱負荷		30.5%	23.9%

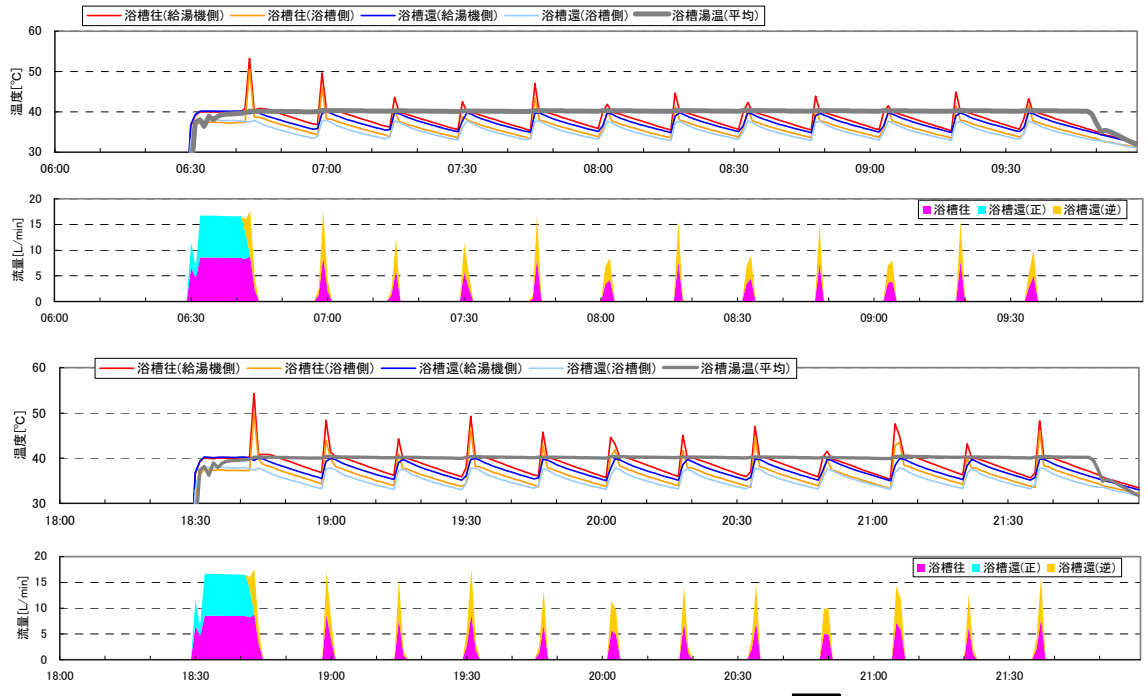


図 3.3.74　浴槽部分の試験結果　（T 社従来　中間期条件　ペルチェ冷却 0～100W）

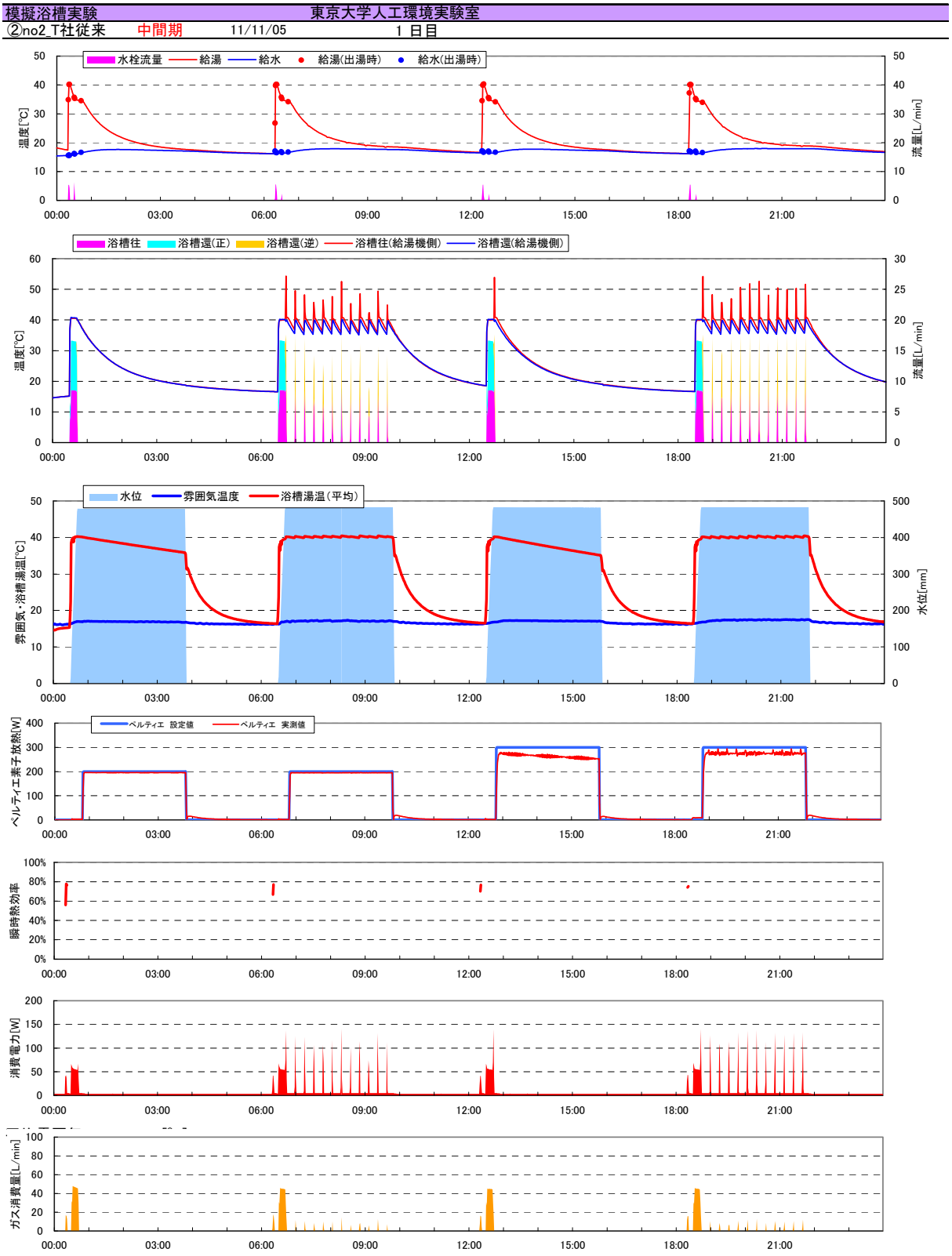


図 3.3.75 浴槽部分の試験状況 （T 社従来 中間期条件 ペルチェ冷却 200～300W）

ペルチェの冷却は 1 回目・2 回目は 200W 3 回目・4 回目は 300W

1 回目・3 回目は冷却試験 2 回目・4 回目は保温試験

②no2_T社従来　　中間期　　11/11/05　　1 日目

データOK！

更新　印刷　前の日　次の日

			自動保温なし 1回目		自動保温あり 2回目		自動保温なし 3回目		自動保温あり 4回目		
			湯はり	保温	湯はり	保温	湯はり	保温	湯はり	保温	
開始時間			0:30	1:00	6:30	7:00	12:30	13:00	18:30	19:00	
終了時間			0:59	3:49	6:59	9:49	12:59	15:49	18:59	21:49	
雰囲気温度[℃]			17.1	17.1	17.1	17.3	17.2	17.3	17.2	17.5	
ペルティエ素子		設定値		200.0		200.0		300.0		300.0	
[W]		実績値		195.5		195.0		262.9		275.7	
浴槽内 平均湯温度		最高温度	40.24	39.85	40.20	40.45	40.21	39.80	40.18	40.46	
[℃]		最低温度		35.85		39.92		35.11		39.79	
		温度降下		4.00		0.53		4.70		0.67	
湯はり	流量	[L]	188.2		193.8		194.2		194.2		
	熱量	給湯機側	31.98		32.45		32.53		32.50		
	[MJ]	浴槽側	30.40		30.69		30.37		30.34		←温度過小
	熱負荷	給湯機側	19.22		19.08		19.10		19.23		
	[MJ]	浴槽側	17.64		17.32		16.94		17.06		←温度過小
		熱ロス	1.58		1.76		2.16		2.16		←熱ロス過大
		(熱ロス比)	8.2%		9.2%		11.3%		11.3%		←過大評価
	平均温度	給湯機側	40.60		40.00		40.01		39.98		
	[℃]	浴槽側	38.59		37.82		37.36		37.32		←温度過小
		ΔT	2.01		2.17		2.66		2.66		←過大評価
追焚	流量	[L]	7.2		16.3	114.5	15.4		15.7	131.8	
	熱負荷	給湯機側②	0.00		0.59	3.81	0.56		0.59	4.83	
	[MJ]	浴槽側③	−0.01		0.53	3.18	0.49		0.52	4.04	
		熱ロス			0.06	0.62	0.08		0.07	0.79	
		熱ロス比			10.3%	16.4%	13.7%		12.4%	16.4%	
	昇温	給湯機側	0.1		8.6	7.9	8.8		9.0	8.8	
	[℃]	浴槽側	−0.5		7.7	6.6	7.6		7.9	7.3	
		ΔT	0.58		0.89	1.30	1.20		1.12	1.43	
ガス量補正	0.98										
熱負荷合計(給湯機側)			19.22	0.00	19.67	3.81	19.67	0.00	19.82	4.83	
ガス消費量			24.59	0.00	24.40	5.10	24.32	0.00	24.50	6.36	
効率			78.2%		80.6%	74.6%	80.9%		80.9%	75.9%	
電力	合計		0.05	0.04	0.06	0.15	0.06	0.04	0.06	0.16	
	除待機電力(2W)		0.05	0.02	0.06	0.12	0.06	0.02	0.06	0.14	

追炊部分　分析

	温度降下の差分 1回目	3回目
ペリチェ放熱 実績値[W]	195.5	262.9
湯張り量[L]	188.2	194.2
温度降下[℃]	4.00	4.70
推定熱負荷[MJ] ①	3.15	3.82

		2回目	4回目
追焚熱負荷[MJ]	給湯機②	3.81	4.83
	浴槽側③	3.18	4.04
熱ロス 熱負荷②−推定①		0.65	1.01
熱ロス/追焚熱負荷		20.8%	26.5%

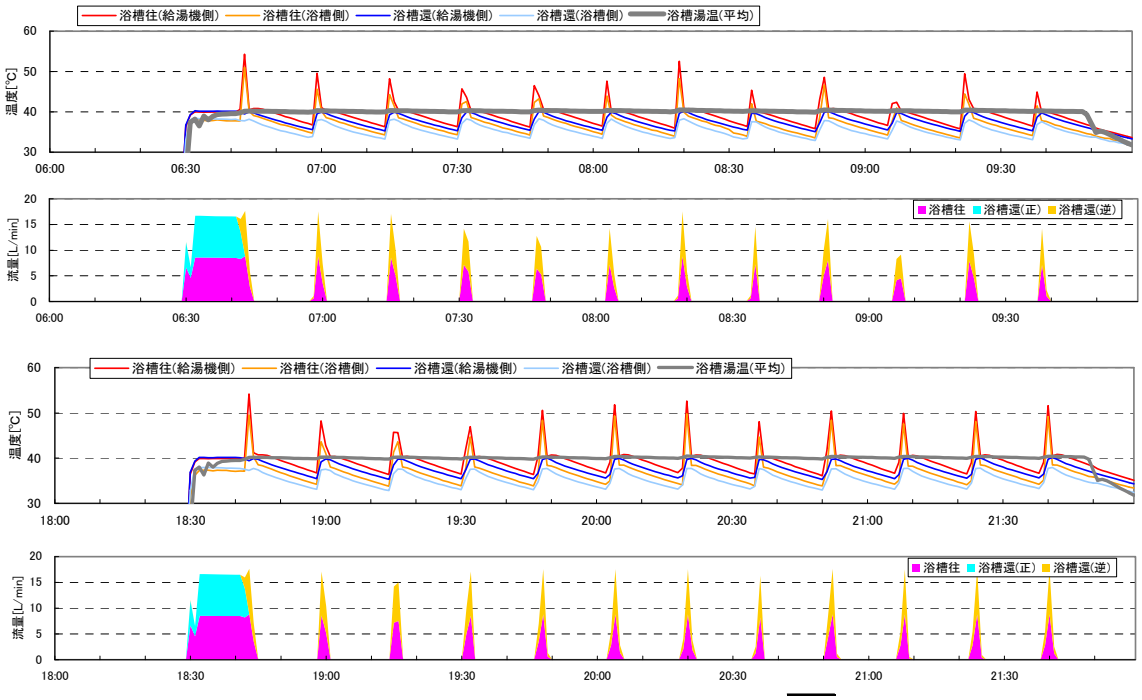


図 3.3.76　浴槽部分の試験結果　(T 社従来　中間期条件　ペルチェ冷却 200～300W)

3）浴槽保温負荷の再現性確認の検証

4 機種を 3 季節の条件で試験した結果より、模擬浴槽の再現性を検証する。なお R 社 S 潜熱・N 社従来については、スケジュールの関係より中間期条件でペルチェ素子 300W は省略している。

- 冷却試験における浴槽内の温度降下量は、ペルチェ素子冷却の実績値と極めて高い直線的な相関を示した。これより本模擬浴槽の高い放熱量制御性を確認できた。
- 2 台の模擬浴槽のうち、浴槽(L)では R 社 W 潜熱・R 社 S 潜熱、浴槽(R)では T 社従来型・N 社従来型の各 2 台による試験を行った。同一浴槽で高い再現性が確認でき、さらに浴槽(L)・浴槽(R)の間でもほぼ一致していることから、本浴槽は再現性・同一性において非常に良好であることを確認できた。
- 冷却試験の温度降下と浴槽内湯量と比重・比熱より、保温熱負荷を算出した。前述したように本計測では浴槽側の湯温が正確に計測できなかったため、保温試験において浴槽単体の放熱量を直接計測できていない。そのため、浴槽側の保温熱負荷としてはこの冷却試験の結果より推定した値を用いることとする。
- 保温試験において計測された給湯機側の保温熱負荷は、浴槽単体の熱負荷に配管熱ロスが加算されたものになる。先に推定された浴槽単体の保温熱負荷に対し 20～30%程度増加して、おり概ね妥当な値と考えられる。ただし機器による差異が激しく、T 社従来のように頻繁に追焚動作を行う機種ではペルチェ素子冷却実績値との相関が高いが、R 社 W 潜熱のように追焚間隔が長い機種では相関が低い結果となっている。

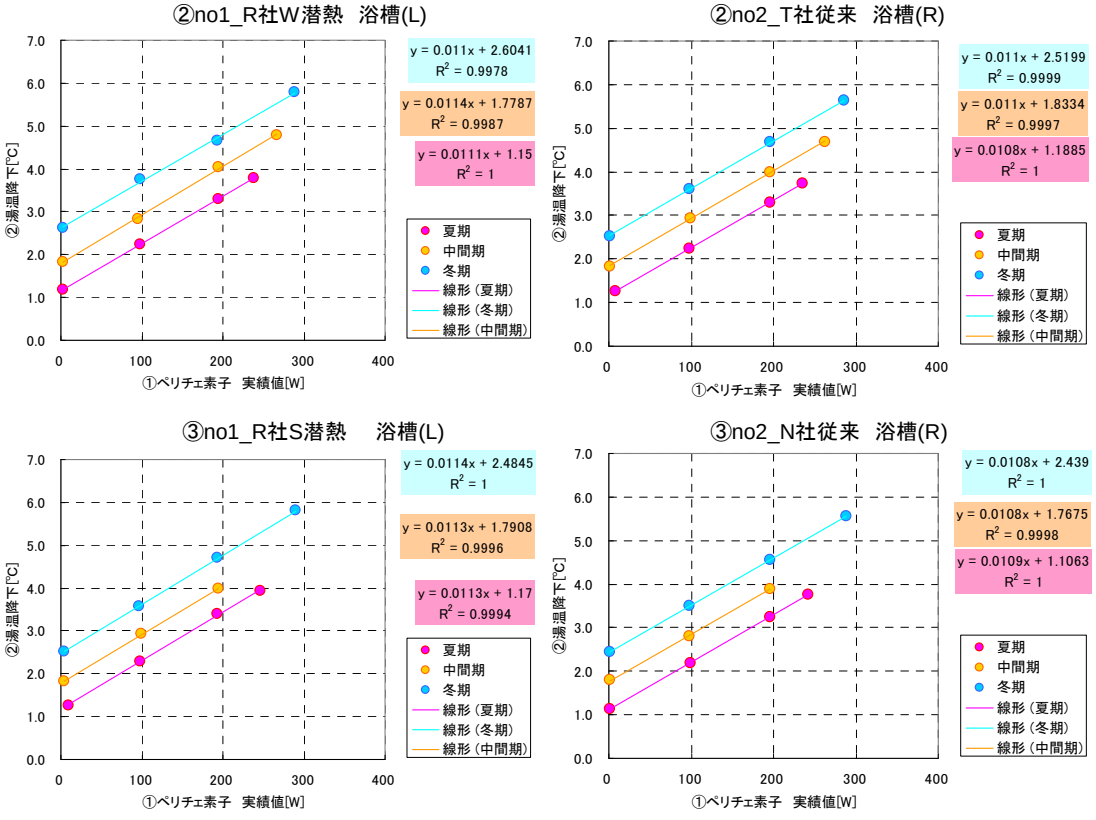


図 3.3.77　冷却試験における浴槽温度降下

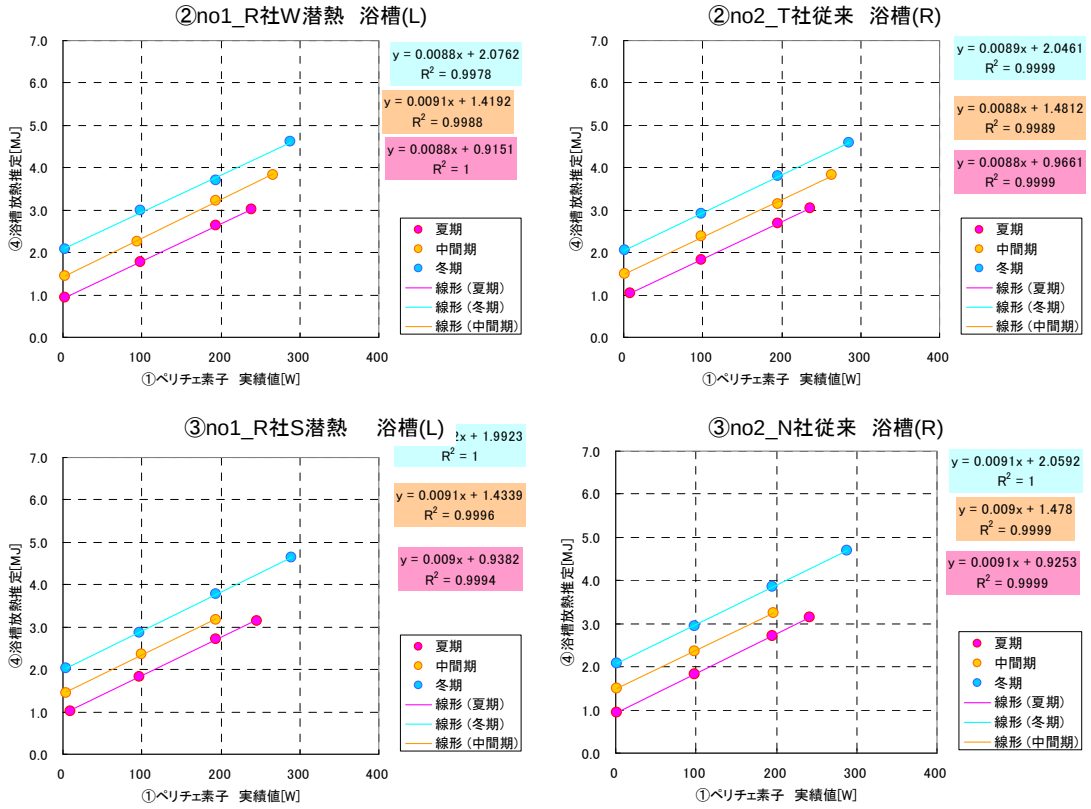


図 3.3.78　冷却試験における浴槽温度降下より推定された浴槽単体の保温熱負荷

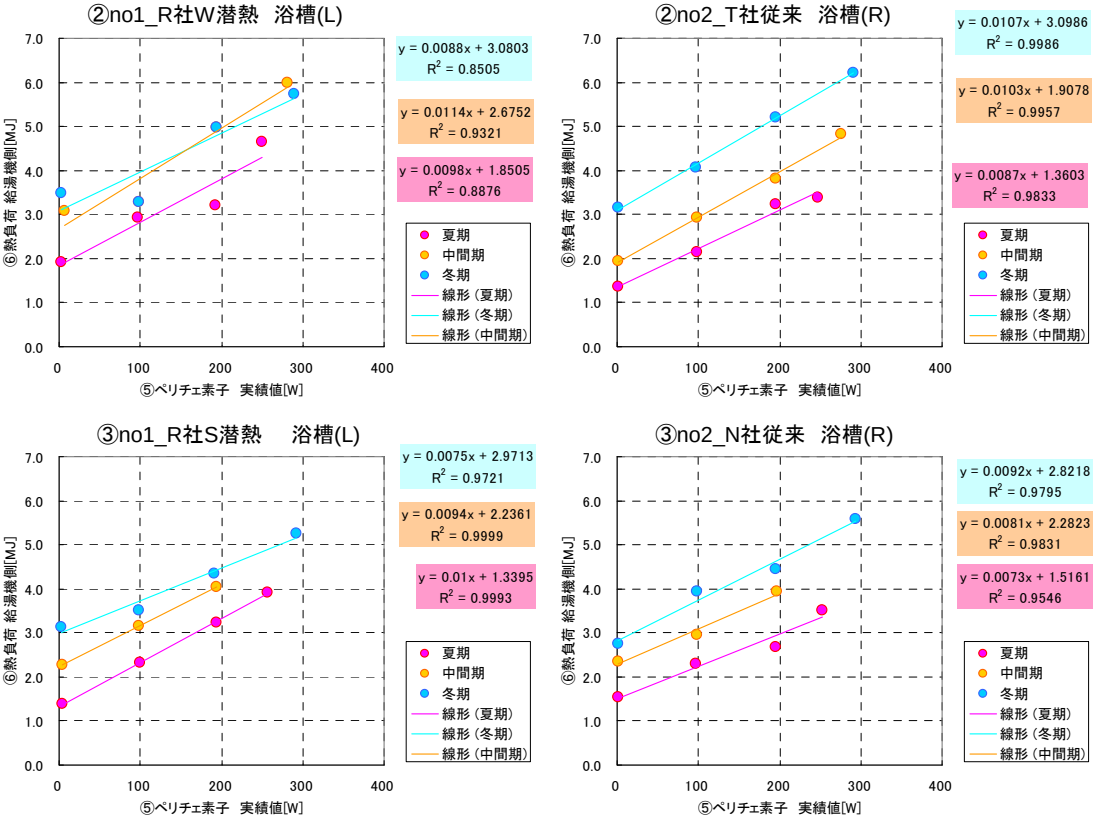


図 3.3.79　保温試験における給湯機側の保温熱負荷（浴槽単体＋配管熱ロス）

3.3.5 石油瞬間式給湯機

ガス瞬間式に続き、石油瞬間式についても試験方法を開発する。水栓・浴槽部分の負荷再現についてはガス瞬間式と同様である。

(1) 石油瞬間式給湯機に関する効率試験方法の開発

1) 試験条件の概要

以下の条件より、石油瞬間式の試験を実施した(図 3.3.80～図 3.3.85)。

- 試験条件の多くはガス瞬間式に準じる。給湯消費の水栓部分と浴槽部分は回路が別になっていることから、水栓試験と浴槽試験を別々に実施することとした。
- 水栓試験については M1スタンダード 6 日＋JIS51 モード 1 日の計 7 日とする。停止間隔は 2 時間に圧縮することで全 4～5 日程度で終了する。
- 浴槽試験については、ペルチェ素子冷却を 0/100/200/300W の 4 段階、冷却と保温を交互に繰り返す計 8 回を、3 季節ごとに実施する。
- 液体燃料であることから、重量を直接計測することが最も高精度であるとして、高精度の天秤(表示単位 0.1g 標準偏差 0.1g)を用い、計測 PC と直接デジタル信号でやり取りすることで、0.1g 単位での詳細な計測を行なっている。これにより、従来は困難であった出湯ごとの効率算出が可能である。
- 模擬浴槽との接続配管は、内径はメーカー指定の 10mm、長さはガスと同じ 4.5m とした。



図 3.3.80 石油重量の計測状況

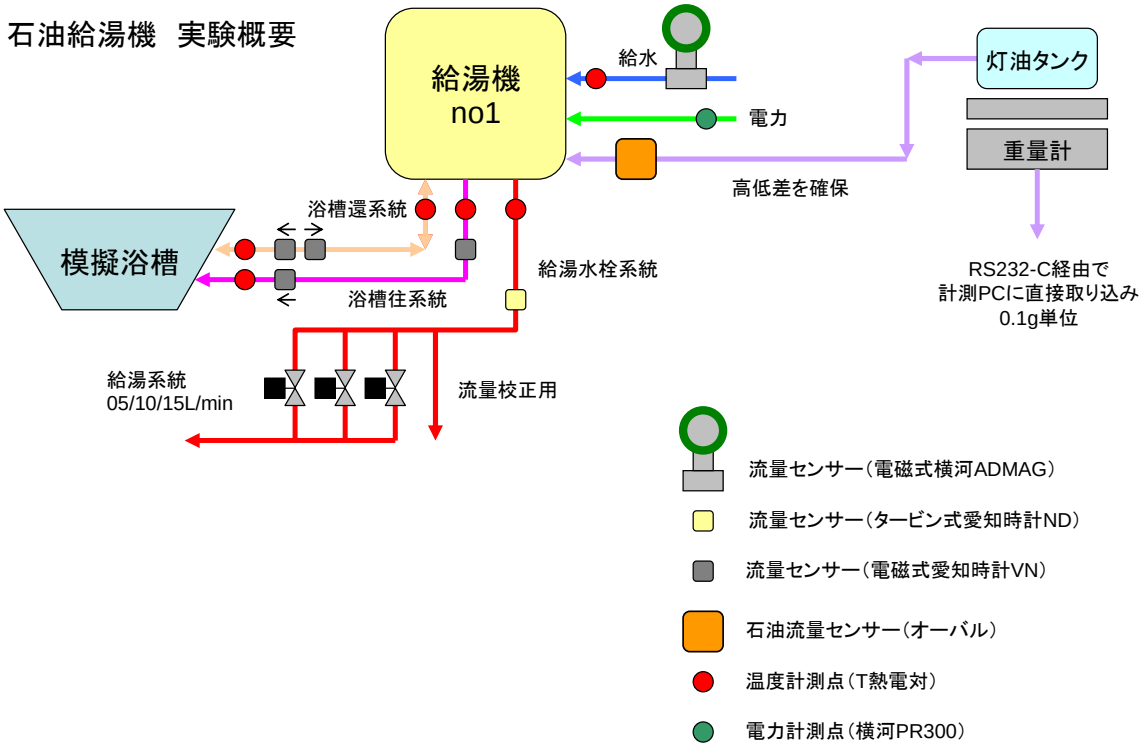


図 3.3.81　石油瞬間式の計測システム

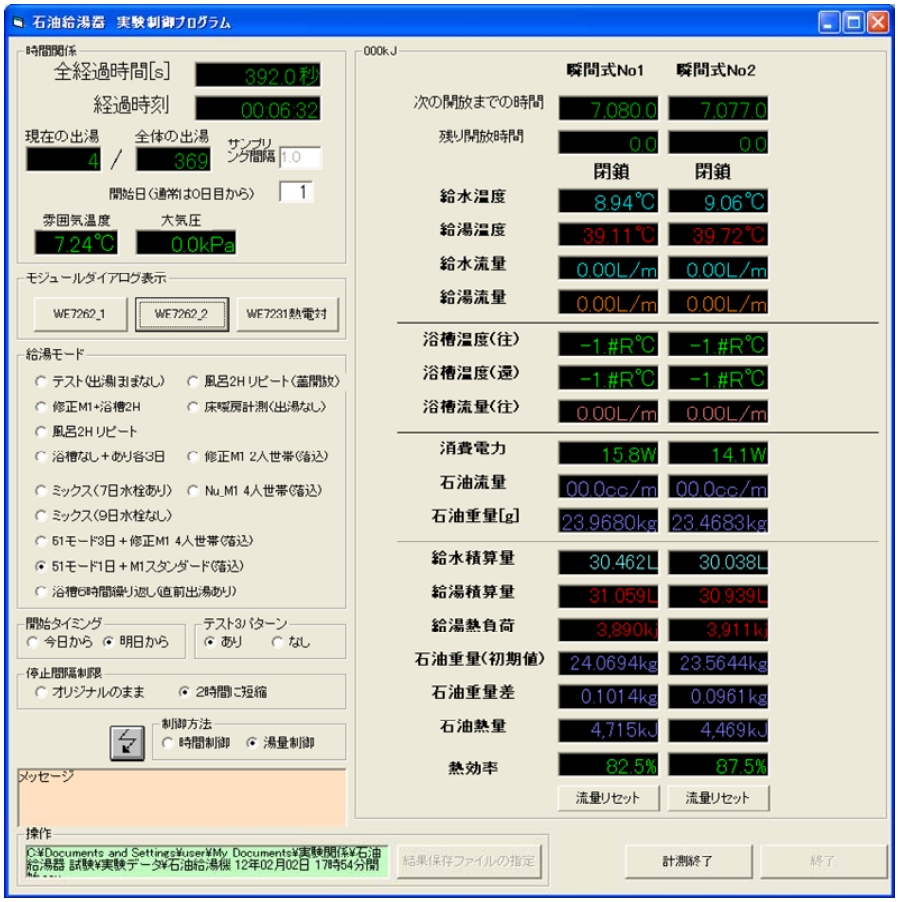
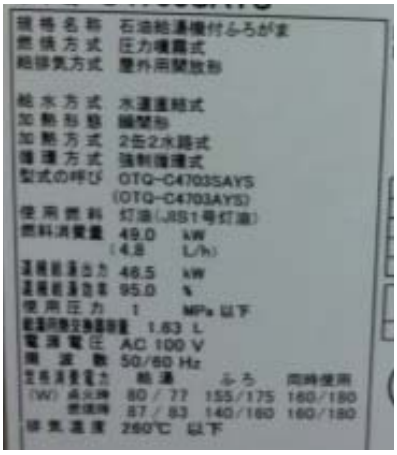


図 3.3.82　石油瞬間式の計測プログラム

2）試験対象機種の概要

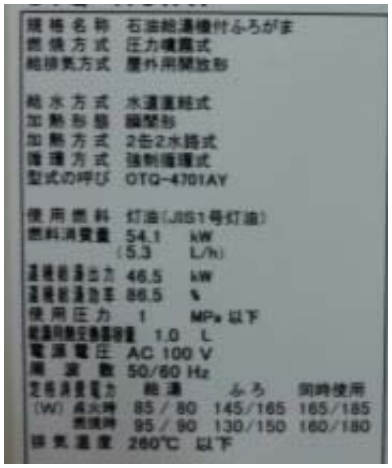
計測対象として、潜熱回収型1台・従来型1台の計測を行った。

潜熱回収型



連続給湯効率 95.0%

従来型



連続給湯効率 86.5%

図 3.3.83 試験対象の石油瞬間式給湯機

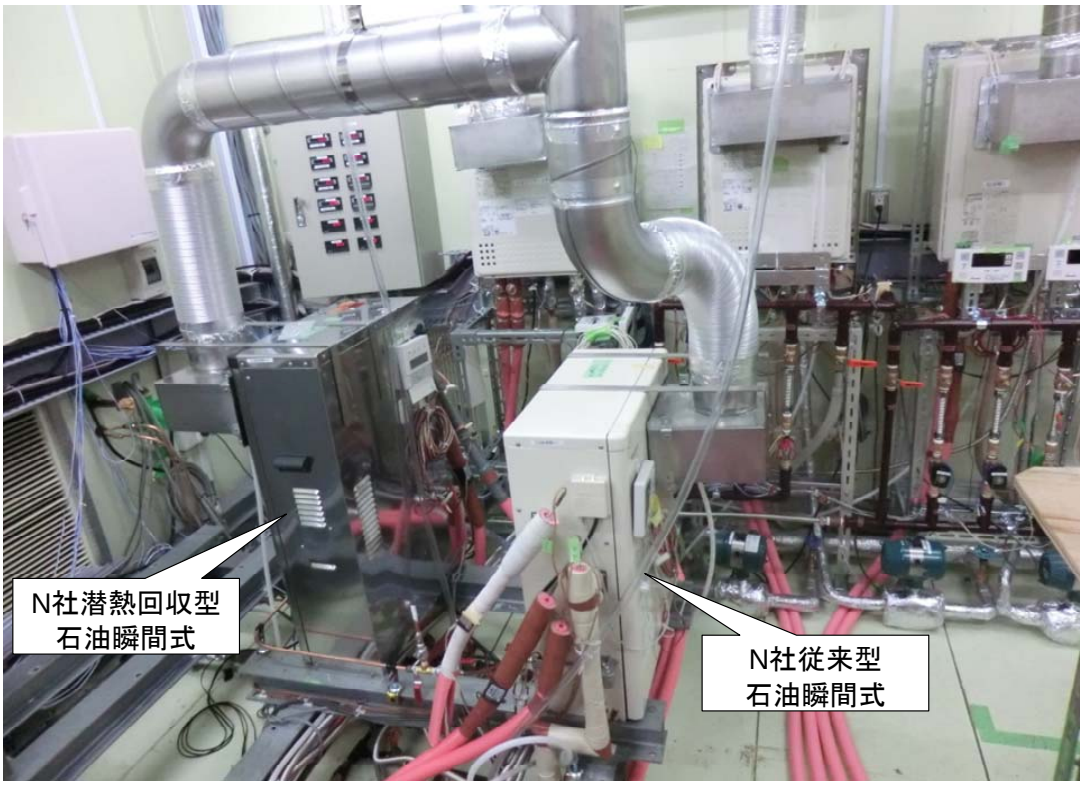
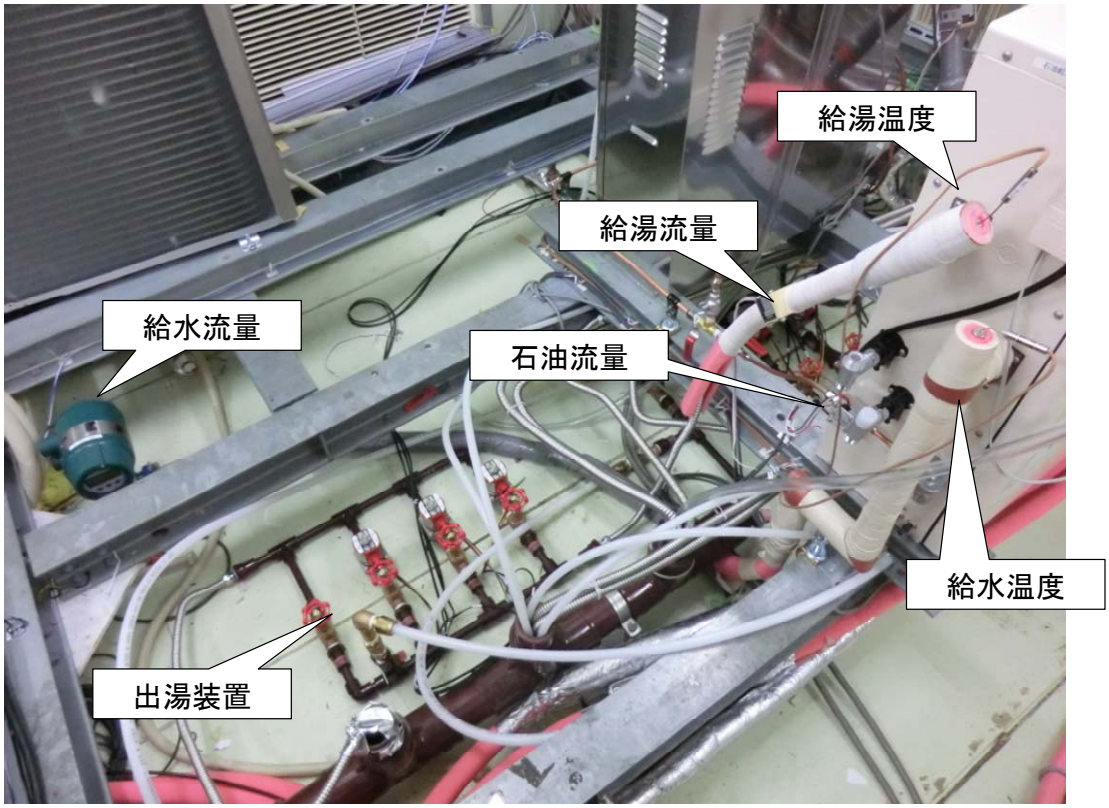


図 3.3.84 石油瞬間式石油給湯機の設置状況



N 社従来型石油瞬間式の計測ポイント

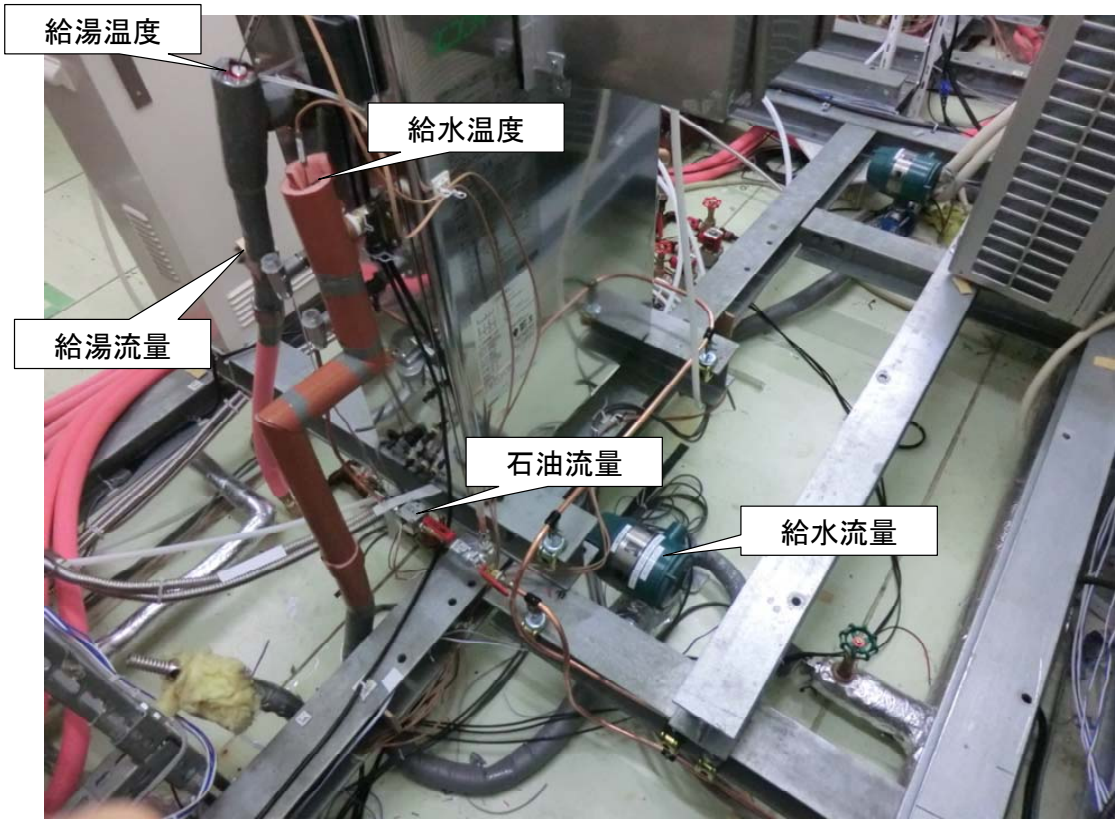


図 3.3.85 N 社潜熱回収型石油瞬間式の計測ポイント

(2) 水栓負荷に関する効率試験

石油瞬間式の水栓負荷の効率試験より、N 社従来型　中間期条件で 7 日実施した内から、平日(中)と JIS51 モードの結果を分析する。

- 石油熱量による効率は、全行為平均で平日(中)では 81.6%、JIS51 モードでは 82.8%となっており、連続給湯効率 86.5%からの低下はほぼ同等である。
- 平日(中)における用途ごと(流量区分)の効率では、台所洗面が 71.2%・シャワーが 84.4%・浴槽湯はり(水栓落し込み)が 87.1%となっており、流量が大きく継続時間が長い用途において効率が高くなる傾向がある。

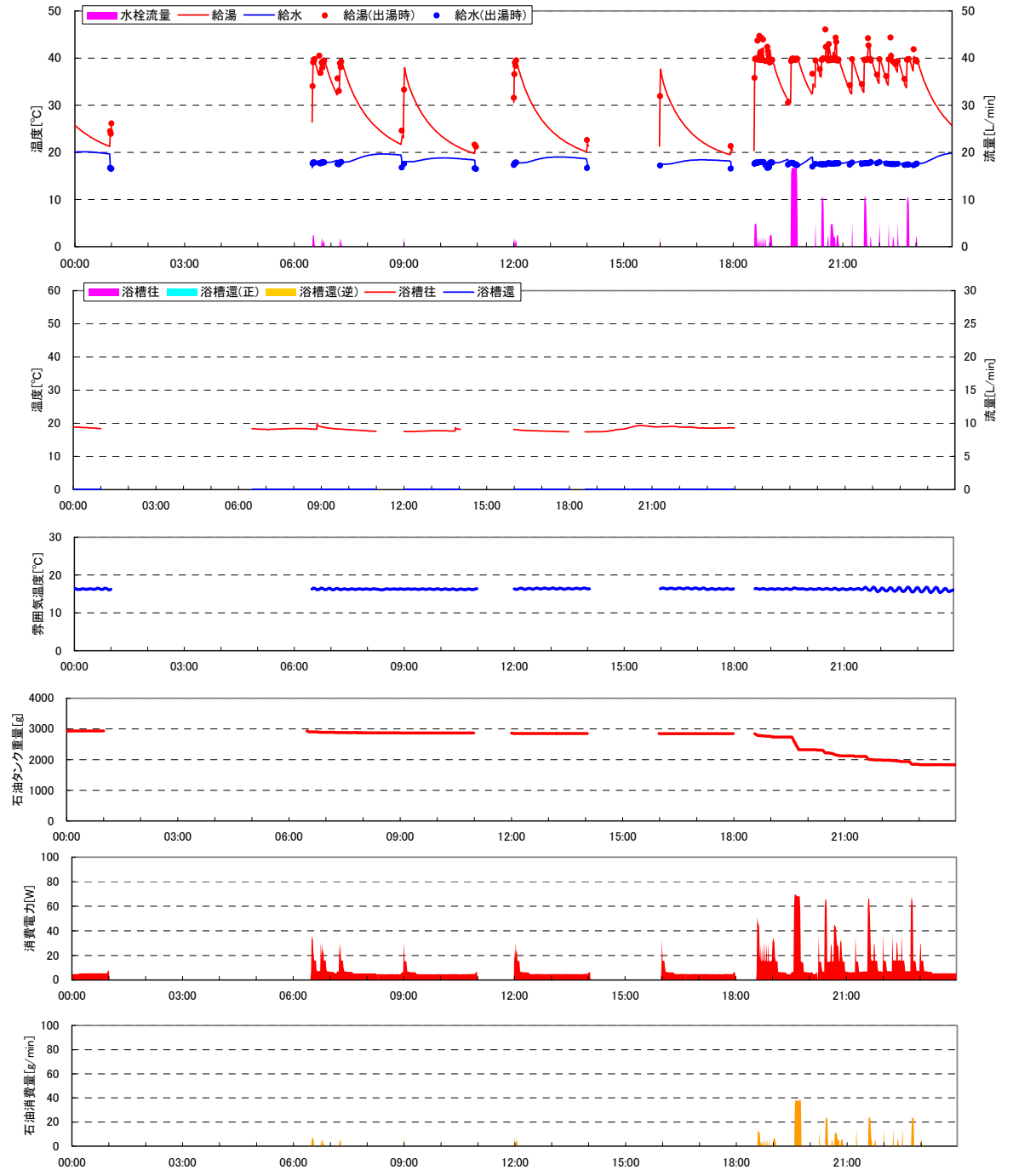
(3) 浴槽負荷に関する効率試験

石油瞬間式の浴槽部分効率試験より、N 社従来型　中間期条件で2日実施した結果を分析する。

- 自動湯はりの開始・自動保温の解除または継続・ペリチェ素子による冷却制御・排水等の制御は全て良好に行われていた。
- 湯はり時の効率は、87%～88程度で比較的高い結果となった。
- 本試験機種においては、保温試験時において頻繁に浴槽内湯温の確認・追焚を行っており、浴槽内湯温はほぼ一定に保たれていた。その一方で、追焚のたびに燃焼発停を繰り返すことから、保温時の効率は60%程度と低くなった。

以上の結果より、3.3.3 のガス瞬間式と本項の石油瞬間式について、水栓部分と浴槽部分の負荷を実使用に即して高度に再現し効率の詳細な検証を行う本手法の有効性を検証することができた。今後は試験対象の機種数を充実させ、その挙動の共通部分と機器固有部分を整理していくことが求められる。また本手法では、水栓部分・浴槽部分を個別に試験し、かつ停止間隔を圧縮するなどすることで1季節について水栓 5 日・浴槽 2 日にまで時間を圧縮しているが、機種数の拡張や他試験室での実施を考えるとより短い期間で簡便に実施できる試験方法も必要となるであろう。

省エネ基準 石油瞬間式 検証実験	中立機関	消費モード	浴槽	沸上モード
①no1_N社従来 中間期 12/03/04	4 日目 平日(中)		水栓落込	0



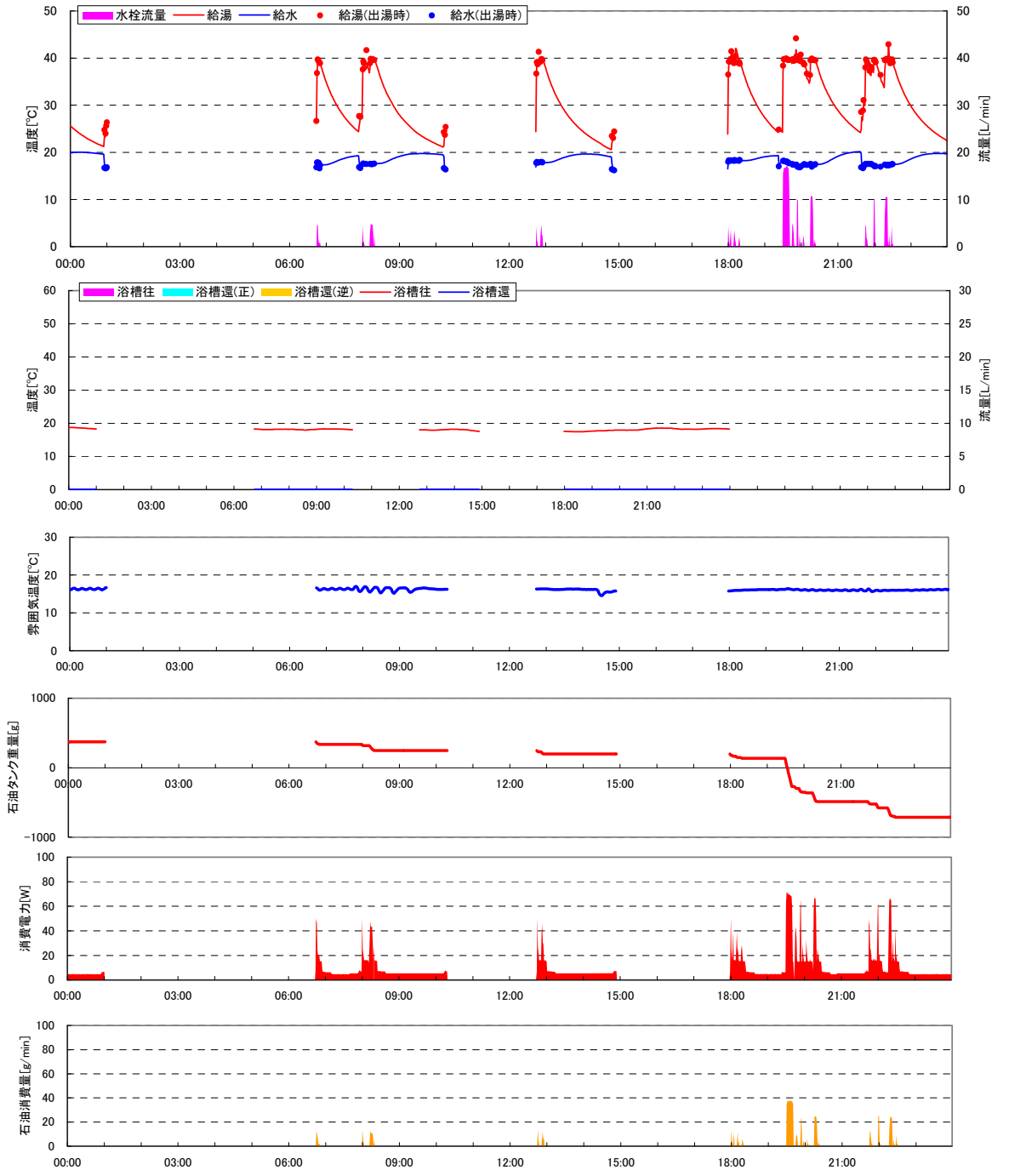
平均雰囲気 16.3 [℃] 石油 46.5kJ/g換算 補正前 0.54

	給湯量 [L/日]			給水		給湯		熱負荷 [MJ/日]				石油		電力(補正済)[MJ]		全エネ	効率	
	水栓	浴槽	合計	熱量[MJ]	温度[℃]	熱量[MJ]	温度[℃]	水栓	浴槽	追焚	合計	量[g]	熱量[MJ]	合計(2次)	除浴槽	1次	石油のみ	全1次
合計	454.2	0.0	454.2	33.5	17.6	75.0	39.5	41.6	0.0	0.0	41.6	1098.8	51.0	0.60	0.55	52.6	81.6%	79.1%
台所洗面	118.7		118.7	8.8	17.7	19.3	38.9	10.6	0.0	0.0	10.6	319.4	14.8				71.2%	
シャワー	155.6		155.6	11.4	17.6	25.8	39.6	14.3			14.3	366.4	17.0				84.4%	
湯はり	179.9		179.9	13.2	17.6	29.9	39.7	16.7			16.7	413.0	19.2	0.04			87.1%	

設定 450.0 重量計[g] 初期値 2933.0 最終値 1834.2 灯油熱量 46.39 [kJ/kg]

図 3.3.86 水栓部分の試験状況 （N 社従来 中間期条件 平日中）

省エネ基準 石油瞬間式 検証実験	中立機関	消費モード	浴槽	沸上モード
①no1_N社従来 中間期 12/03/07	7 日目 JIS51		水栓落込	0



平均雰囲気 16.1 [℃] 石油 46.5kJ/g換算 補正前 0.48

	給湯量 [L/日]			給水		給湯		熱負荷 [MJ/日]				石油		電力(補正済)[MJ]		全エネ	効率	
	水栓	浴槽	合計	熱量[MJ]	温度[℃]	熱量[MJ]	温度[℃]	水栓	浴槽	追焚	合計	量[g]	熱量[MJ]	合計(2次)	除浴槽	1次	石油のみ	全1次
合計	458.5	0.0	458.5	33.9	17.7	75.7	39.4	41.8	0.0	0.0	41.8	1087.1	50.4	0.58	0.54	52.0	82.8%	80.3%
台所洗面	134.7		134.7	10.0	17.7	22.1	39.1	12.1	0.0	0.0	12.1	341.2	15.8				76.4%	
シャワー	143.7		143.7	10.4	17.2	23.8	39.5	13.4			13.4	339.7	15.8				85.0%	
湯はり	180.1		180.1	13.6	18.0	29.9	39.6	16.3			16.3	406.2	18.8	0.04			86.4%	

設定 454.0 重量計[g] 初期値 373.7 最終値 −713.4 灯油熱量 46.39 [kJ/kg]

図 3.3.87 水栓部分の試験状況 （N 社従来 中間期条件 JIS51 モード）

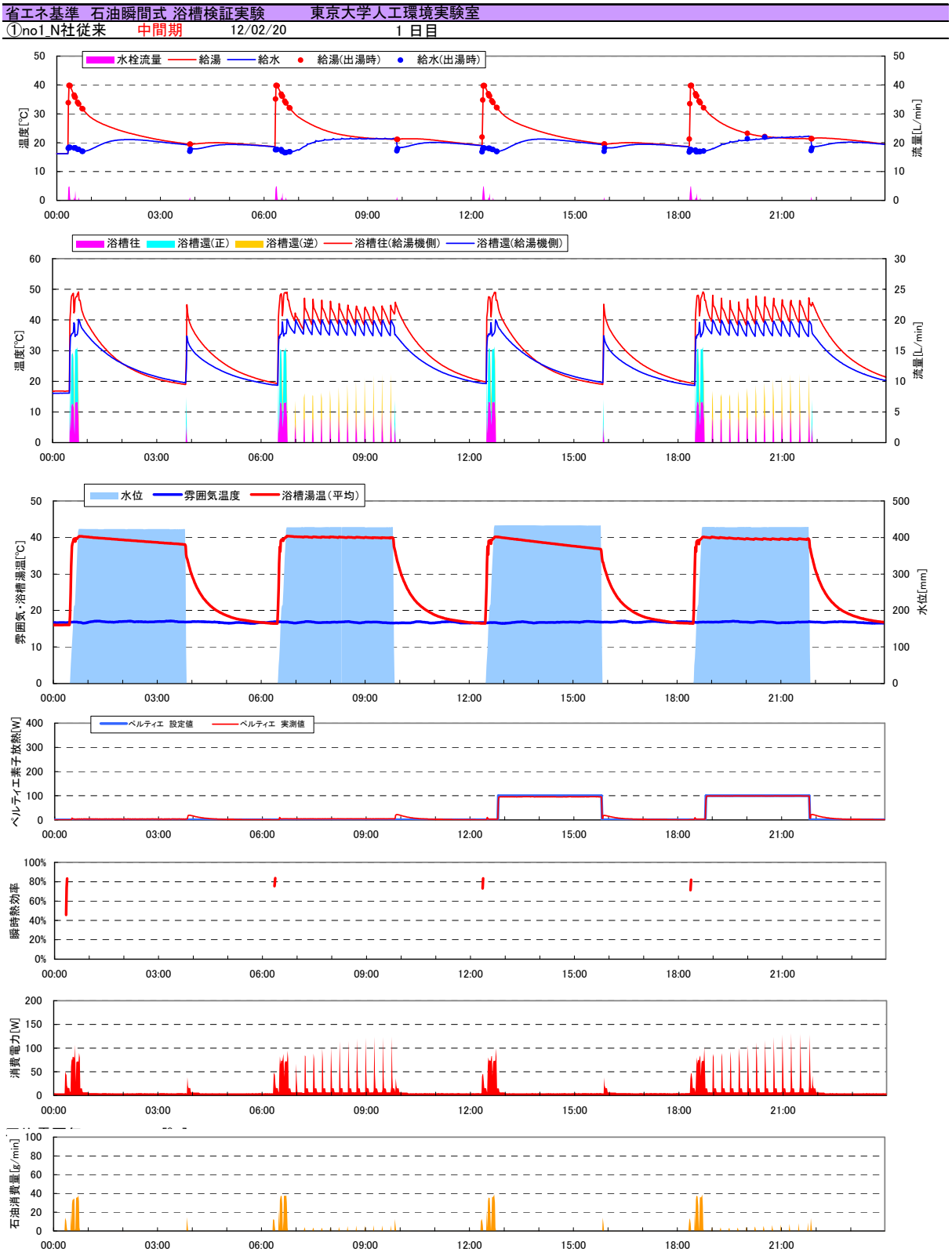


図 3.3.88 浴槽部分の試験状況 （N 社従来 中間期条件 ペルチェ冷却 0～100W）

ペルチェの冷却は 1 回目・2 回目は 0W 3 回目・4 回目は 100W

1 回目・3 回目は冷却試験 2 回目・4 回目は保温試験

①no1_N社従来　　中間期　　12/02/20　　1 日目

データOK！

更新　印刷　前の日　次の日

			自動保温なし 1回目		自動保温あり 2回目		自動保温なし 3回目		自動保温あり 4回目	
			湯はり	保温	湯はり	保温	湯はり	保温	湯はり	保温
開始時間			0:30	1:00	6:30	7:00	12:30	13:00	18:30	19:00
終了時間			0:59	3:49	6:59	9:49	12:59	15:49	18:59	21:49
雰囲気温度[℃]			16.9	17.1	16.9	17.0	16.7	17.0	16.8	17.1
ペルティエ素子		設定値		1.0		1.0		100.0		100.0
[W]		実績値		3.8		4.6		95.7		99.1
浴槽内 平均湯温度		最高温度	40.36	40.12	40.40	40.23	40.20	39.92	40.14	40.13
[℃]		最低温度		38.09		39.82		36.82		39.42
		温度降下		2.03		0.41		3.10		0.70
湯はり	流量	[L]	168.0		169.6		172.1		170.3	
	熱量	給湯機側	28.38		28.71		28.94		28.61	
	[MJ]	浴槽側	27.45		27.55		27.67		27.30	←温度過小
	熱負荷	給湯機側	16.16		17.00		16.51		16.62	
	[MJ]	浴槽側	14.97		15.64		15.02		15.13	←温度過小
		熱ロス	1.19		1.36		1.48		1.48	←熱ロス過大
		(熱ロス比)	7.4%		8.0%		9.0%		8.9%	←過大評価
	平均温度	給湯機側	40.35		40.42		40.18		40.14	
	[℃]	浴槽側	39.04		38.79		38.41		38.31	←温度過小
		ΔT	1.31		1.63		1.77		1.83	←過大評価
追焚	流量	[L]	12.8		12.7	86.0	12.7		12.8	94.5
	熱負荷	給湯機側	0.36		0.35	1.80	0.34		0.37	2.68
	[MJ]	浴槽側	0.32		0.33	1.60	0.32		0.34	2.52
		熱ロス	0.03		0.03	0.20	0.02		0.03	0.16
		熱ロス比	9.5%		7.6%	11.3%	5.9%		8.4%	5.8%
	昇温	給湯機側	6.7		6.6	5.0	6.5		6.8	6.8
	[℃]	浴槽側	6.1		6.1	4.4	6.1		6.3	6.4
		ΔT	0.64		0.50	0.57	0.38		0.57	0.39
ガス量補正	0.99									
熱負荷合計(給湯機側)		[MJ]	16.52	0.00	17.35	1.80	16.85	0.00	16.99	2.68
石油熱量		[MJ]	18.76	0.17	19.87	3.21	19.23	0.13	19.42	4.23
効率			88.1%	0.0%	87.3%	56.1%	87.6%	0.0%	87.5%	63.2%
電力	合計		0.08	0.05	0.08	0.20	0.08	0.05	0.08	0.21
	除待機電力(2W)		0.08	0.03	0.07	0.18	0.07	0.03	0.07	0.19

追炊部分　分析

	温度降下の差分 1回目	3回目
ペリチェ放熱 実績値[W]	3.8	95.7
湯張り量[L]	168.0	172.1
温度降下[℃]	2.0	3.1
推定熱ロス[MJ] ①	1.43	2.23

		2回目	4回目
追焚熱負荷[MJ]	給湯機側	1.80	2.68
	浴槽側②	1.60	2.52
残差 熱負荷②-推定熱ロス①		0.17	0.29
残差/追焚熱負荷		10.6%	11.5%

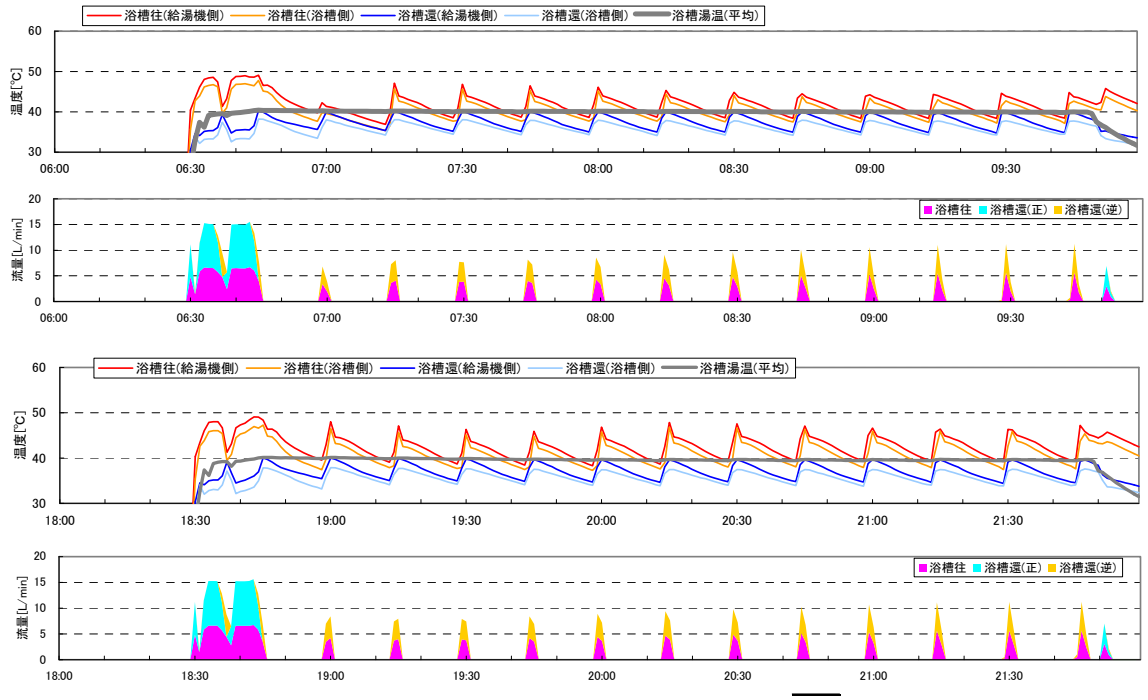


図 3.3.89　浴槽部分の試験結果　（T 社従来　中間期条件　ペルチェ冷却 0～100W）

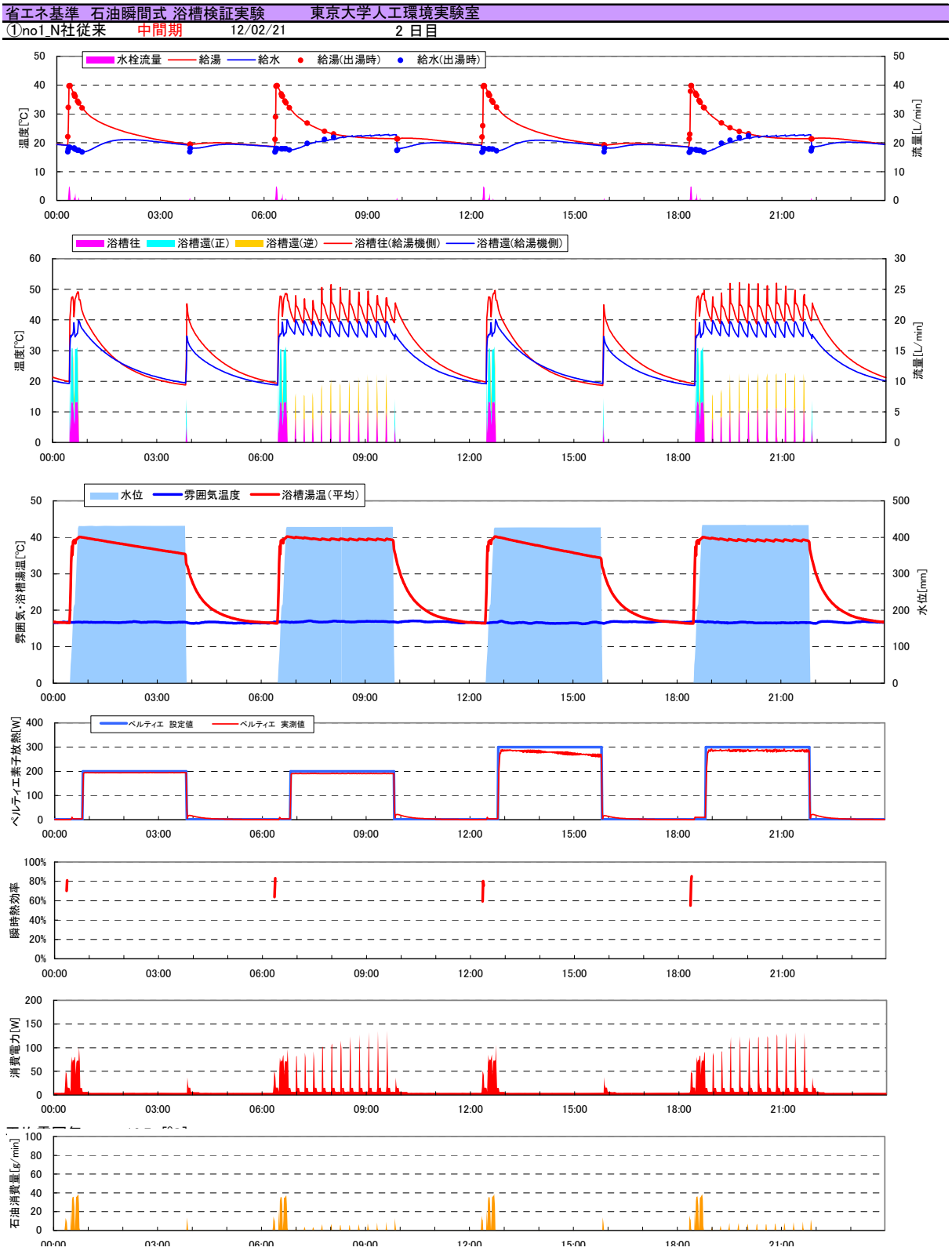


図 3.3.90 浴槽部分の試験状況 （T 社従来 中間期条件 ペルチェ冷却 200～300W）

ペルチェの冷却は 1 回目・2 回目は 200W 3 回目・4 回目は 300W

1 回目・3 回目は冷却試験 2 回目・4 回目は保温試験

①no1_N社従来　　中間期　　12/02/21　　2 日目

データOK！

更新　印刷　前の日　次の日

			自動保温なし 1回目 湯はり	保温	自動保温あり 2回目 湯はり	保温	自動保温なし 3回目 湯はり	保温	自動保温あり 4回目 湯はり	保温
開始時間			0:30	1:00	6:30	7:00	12:30	13:00	18:30	19:00
終了時間			0:59	3:49	6:59	9:49	12:59	15:49	18:59	21:49
雰囲気温度[℃]			16.8	16.9	16.9	17.1	17.0	16.8	17.0	16.8
ペルティエ素子		設定値		200.0		200.0		300.0		300.0
[W]		実績値		194.1		190.8		277.0		285.6
浴槽内 平均湯温度		最高温度	40.11	39.73	40.21	40.08	40.20	39.75	40.07	39.84
[℃]		最低温度		35.43		39.23		34.34		38.92
		温度降下		4.30		0.85		5.41		0.92
湯はり	流量	[L]	171.0		169.9		169.2		172.4	
	熱量	給湯機側	28.66		28.61		28.53		28.90	
	[MJ]	浴槽側	27.52		27.65		27.43		27.86	
	熱負荷	給湯機側	16.46		16.13		16.19		16.66	
	[MJ]	浴槽側	15.12		14.88		14.82		15.35	
		熱ロス	1.35		1.26		1.37		1.32	
		(熱ロス比)	8.2%		7.8%		8.5%		7.9%	
	平均温度	給湯機側	40.05		40.23		40.29		40.05	
	[℃]	浴槽側	38.46		38.87		38.73		38.60	
		ΔT	1.59		1.36		1.56		1.45	
追焚	流量	[L]	13.2		12.7	94.8	12.7		12.7	110.7
	熱負荷	給湯機側	0.38		0.35	3.15	0.34		0.36	4.10
	[MJ]	浴槽側	0.34		0.32	3.14	0.32		0.35	4.09
		熱ロス	0.04		0.03	0.01	0.02		0.01	0.02
		熱ロス比	10.1%		9.8%	0.2%	7.0%		3.5%	0.4%
	昇温	給湯機側	6.9		6.6	7.9	6.5		6.8	8.9
	[℃]	浴槽側	6.2		5.9	7.9	6.0		6.6	8.8
		ΔT	0.70		0.64	0.01	0.45		0.24	0.04
ガス量補正	0.99									
熱負荷合計(給湯機側)		[MJ]	16.85	0.00	16.48	3.15	16.53	0.00	17.03	4.10
石油熱量		[MJ]	19.28	0.15	18.86	4.83	18.90	0.09	19.43	5.86
効率			87.4%	0.0%	87.4%	65.2%	87.4%	0.0%	87.6%	70.1%
電力	合計		0.08	0.05	0.08	0.21	0.08	0.05	0.08	0.23
	除待機電力(2W)		0.07	0.03	0.07	0.19	0.07	0.03	0.07	0.21

←温度過小
←温度過小
←熱ロス過大
←過大評価
←温度過小
←過大評価

追炊部分　分析

	温度降下の差分 1回目	3回目
ペリチェ放熱 実績値[W]	194.1	277.0
湯張り量[L]	171.0	169.2
温度降下[℃]	4.3	5.4
推定熱ロス[MJ] ①	3.08	3.83

		2回目	4回目
追焚熱負荷[MJ]	給湯機側	3.15	4.10
	浴槽側②	3.14	4.09
残差 熱負荷②-推定熱ロス①		0.07	0.25
残差/追焚熱負荷		2.1%	6.2%

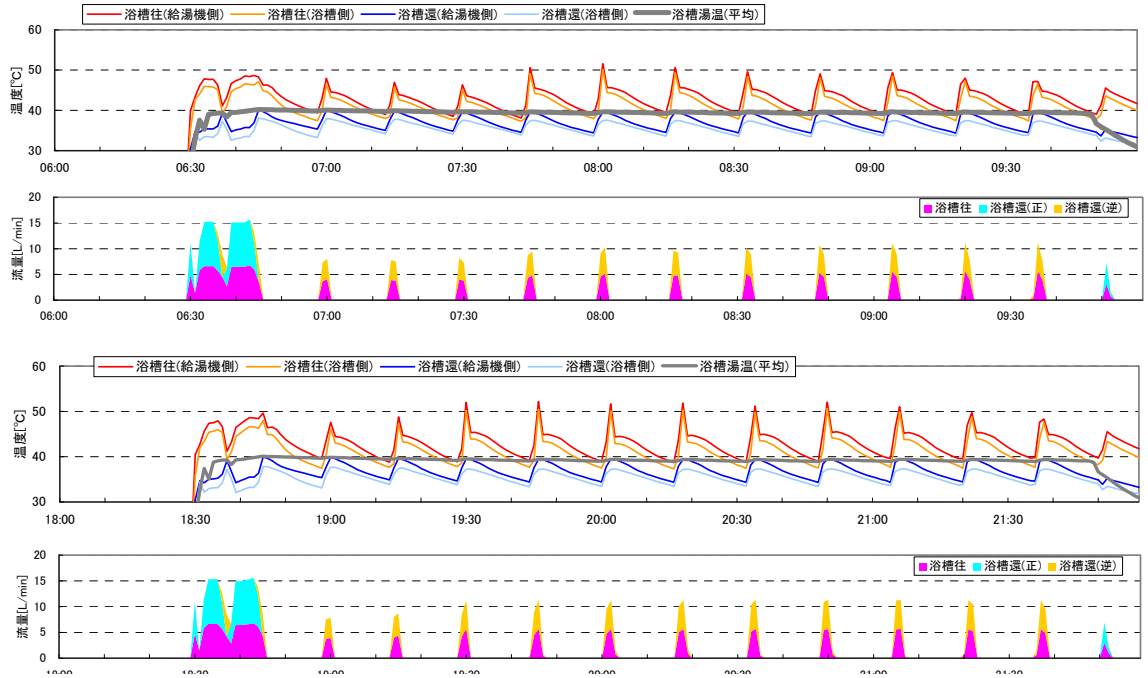


図 3.3.91　浴槽部分の試験結果　(T 社従来　中間期条件　ペルチェ冷却 200～300W)

3.3.6　ヒートポンプ給湯機

ヒートポンプ式給湯機については、ガス瞬間式・石油瞬間式と異なり、1 つの貯湯タンクの給湯を水栓給湯と浴槽追焚の両方に用いるため、水栓部分と浴槽部分の負荷を同時にあたえながら試験する必要がある。以下では、ヒートポンプ給湯機の試験方法と試行結果を示す。

(1) フルオート機種に関する効率評価方法の開発

1) 試験概要

- ヒートポンプ式給湯機については、模擬浴槽に接続した上で、水栓からの出湯と併せ浴槽の自動湯はり・保温の負荷を同時にかけることとする。
- ヒートポンプ式給湯機は学習による沸上量制御機能を有しており、消費の履歴により沸上量・温度のレベルを変更している。このため試験は学習期間を含める必要があるため、M1スタンダード31日の全期間に渡り試験を実施する。はじめの1～19日は学習期間として、効率評価は20～31日の12日間を用いることとする。
- 試験時間の圧縮はせず、すべて実時間で制御する。
- 浴槽の保温熱負荷はガス・石油のように変化させることはせず、浴槽入浴を行う日には毎日同じ負荷がかかるように設定する。冬期については、浴槽単体の放熱量が設定の3.48MJになるよう、ガス瞬間式での試験結果を元に175Wのペリチェ放熱量を与えることとした。
- ヒートポンプの効率特性を考慮し、雰囲気の乾球温度だけでなく湿度条件についても高度に計測・制御するように配慮した。消費電力についても高精度電力計の値をデジタル値で直接計測PCに取り込むこととした。
- 浴槽配管の口径はメーカー指定の内径13mmとし、配管長はガス・石油と共通の4.5mとした。

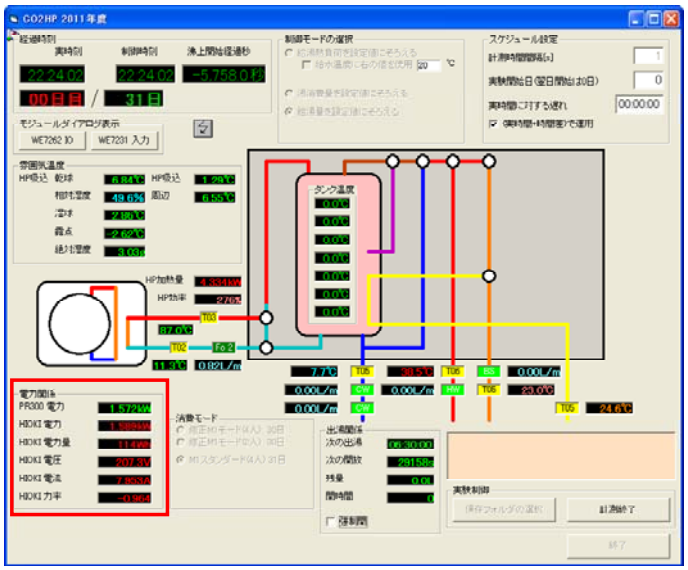


図 3.3.92　ヒートポンプ式給湯機の計測プログラム

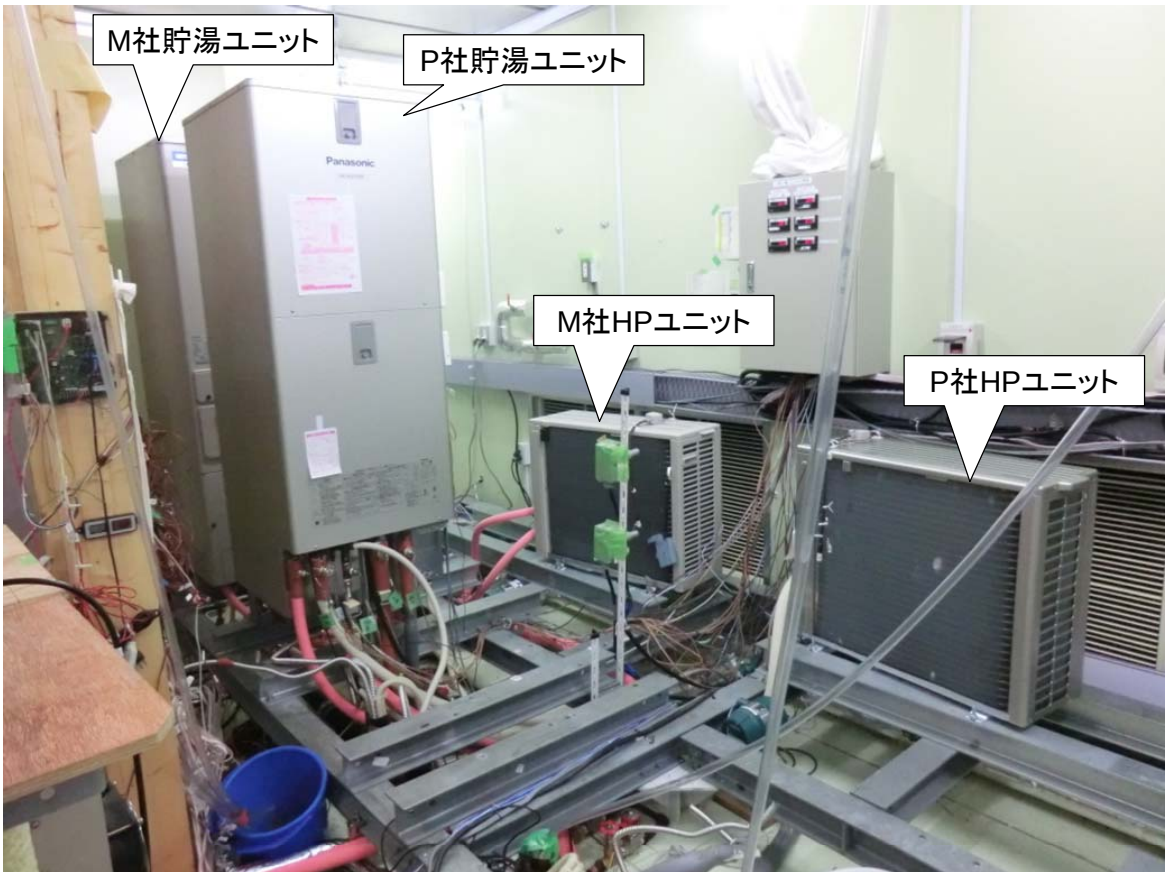


図 3.3.93 ヒートポンプ式給湯機の試験状況

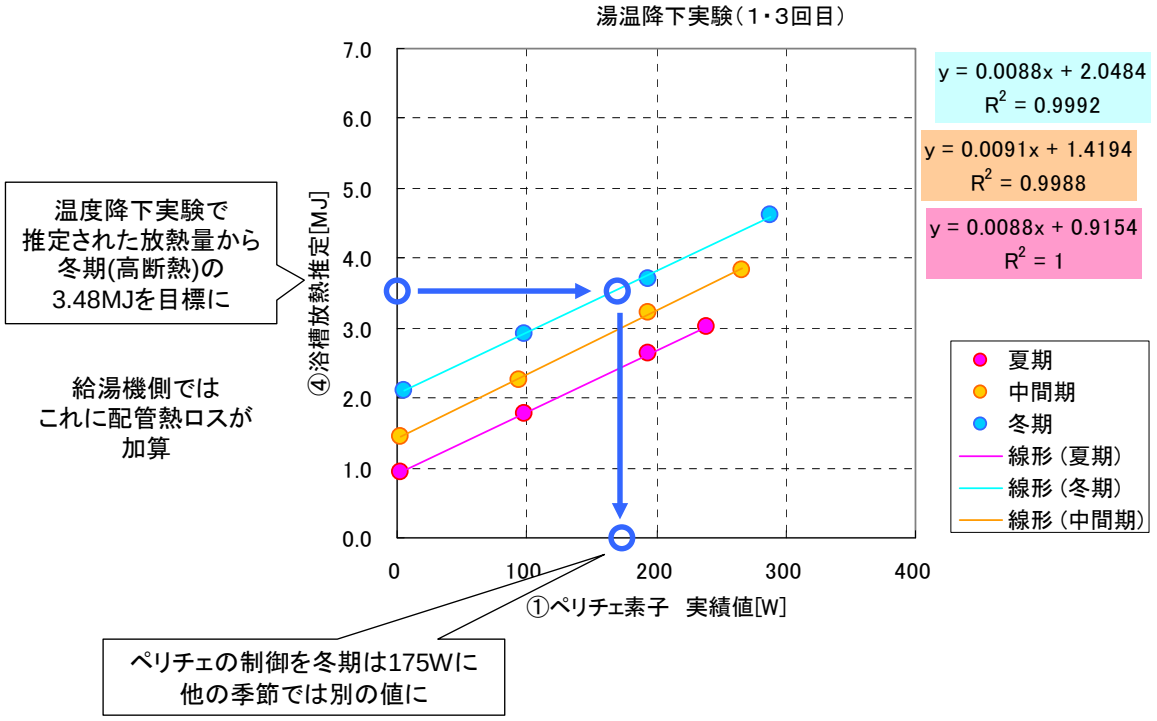


図 3.3.94 模擬浴槽のペリチェ冷却設定値（冬期条件）

高精度電力計



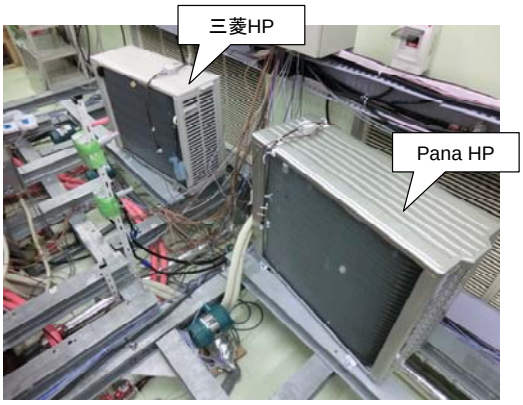
給水流量センサーの校正

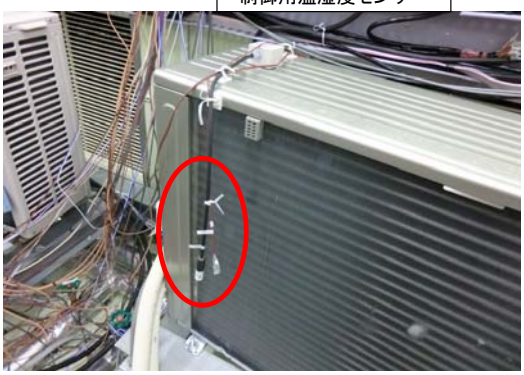




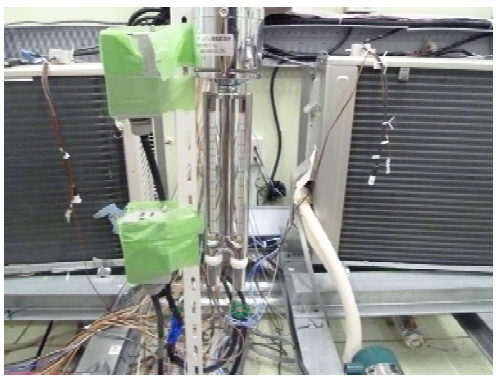
図 3.3.95　電力計測と給水流量センサーの校正







HP吸い込み空気の乾球温度・湿度計測



アスマン乾湿計による湿度確認

図 3.3.96　人工環境実験室の温湿度制御と雰囲気温度の計測状況

2）試験対象機器

2011 年度時点で年間給湯保温効率が最も高い機種と低い機種の 2 機種を選択した。



図 3.3.97 試験対象機器 A 社 2011 年モデル（年間給湯保温効率 3.2）



運転音	貯湯ユニット（追いだき時）	40dB
中間期標準加熱能力／消費電力※2※3		4.5kW／1.01kW
中間期標準運転電流※3		5.5A
冬期高温加熱能力／消費電力※1※2※4		4.5kW／1.50kW
コンプレッサ出力		1.1kW
ファンモータ出力		0.050kW
冷媒名／封入量		CO_2(R744)／0.81kg
設計圧力		高圧:14MPa／低圧:8.5MPa
消費電力	風呂保温時（うち制御用消費電力）	0.116kW(0.005kW)
	凍結防止ヒータ	0.036kW
最大電流		16A
沸上げ温度範囲		約65℃～約90℃
冬期高温沸上げ温度		90℃
中間期高温沸上げ温度		90℃
給湯設定温度		35℃～48℃（1℃刻み）、50℃、60℃
風呂温度設定		35℃～48℃（1℃刻み）
水側最高使用圧力		193kPa（逃し弁圧力）
通常使用圧力		170kPa（減圧弁圧力）
安全装置		電流動作形漏電遮断器、缶体保護弁
給水器具認証書番号		W009-20020-100

図 3.3.98 試験対象機器 B 社 2011 年モデル（年間給湯保温効率 2.8）

3）試験結果

本試験における雰囲気条件・負荷の再現状況について、B 社 2011 年モデルの冬期条件における試験結果から検証する。なお 5 日目までは計測データの一部に欠測が見られたが、制御自体は正常に行われている。また、給湯・浴槽の設定温度はすべて 40℃である。

- 雰囲気温度の乾球温度は、冬期条件の 7℃が HP 稼動時も含めて維持されていた。湿度条件（湿球温度）は冬期条件では 6℃であり、前半は5℃程度とやや乾燥気味であったが空調機の制御改善により後半では約 6℃に達しており良好に制御されていた。
- 水栓部分の出湯・自動湯はり・自動保温は、M1 スタンダードモードの設定条件通りに良好に制御されていた。
- 浴槽追焚の熱負荷は 4.3MJ 程度となっており、浴槽単体の設定熱負荷 3.48MJ と配管熱ロスを考慮すると妥当な値であると判断でき、良好な負荷再現ができているものと推測された。

これより、M1 スタンダードモードによりヒートポンプ給湯機の負荷再現が良好に行われていることを示した。今後は、各季節条件の試験実施、機種数の拡充が求められる。

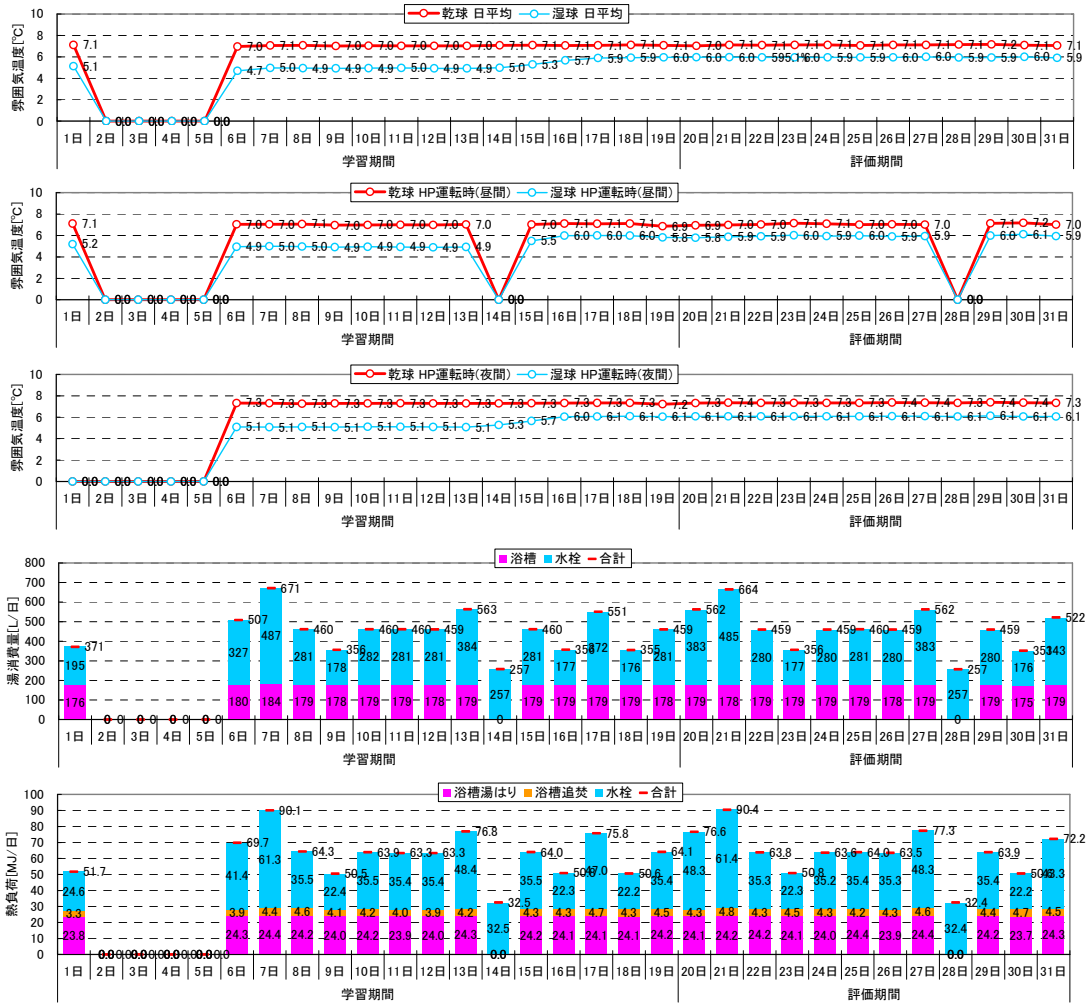


図 3.3.99 B 社 2011 年モデル 31 日間における負荷条件・雰囲気条件の推移

3.3.7 コージェネレーション

コージェネレーションは、ガスにより燃料電池またはガスエンジンユニットで発電を行い、その排熱を給湯・温水暖房に供するため、試験としては最も複雑になる。ここでは M1 スタンダードモードによる 31 日試験の概要について示す。

(1) コージェネレーションに関する効率試験方法の開発

1) 試験概要

コージェネレーションの効率特性に基づき、以下のように試験方法を構築した(図 3.3.100、図 3.3.101)。

- コージェネレーションは日々の消費を学習した上で発電時間帯等を決定していくため、学習制御が重要になる。そのため前述の M1 スタンダードの全 31 日にわたる試験を実施し、学習期間終了後の後半 12 日分の効率を評価することとした。
- 試験対象機は排熱を温水暖房に用いるため、冬期においては温水暖房を含めた試験とした。温水暖房負荷は、熱交換器による制御を行なっている。
- 電力負荷については模擬負荷装置により 2kW までの負荷を再現した。設定負荷は 2kW 以上になる時間帯もありその場合は再現できないが、コージェネレーションの発電出力は 1kW 程度なので特に問題ないこととした。
- 浴槽追焚部分は補助熱源の追焚回路で行うだけなので、追焚はシステム全体の効率に影響を与えない。そのため試験時に模擬浴槽を接続することはせず、別に補助熱源における追焚の消費エネルギーを加算することとした。



図 3.3.100 試験対象の燃料電池コージェネレーション装置と計測制御装置

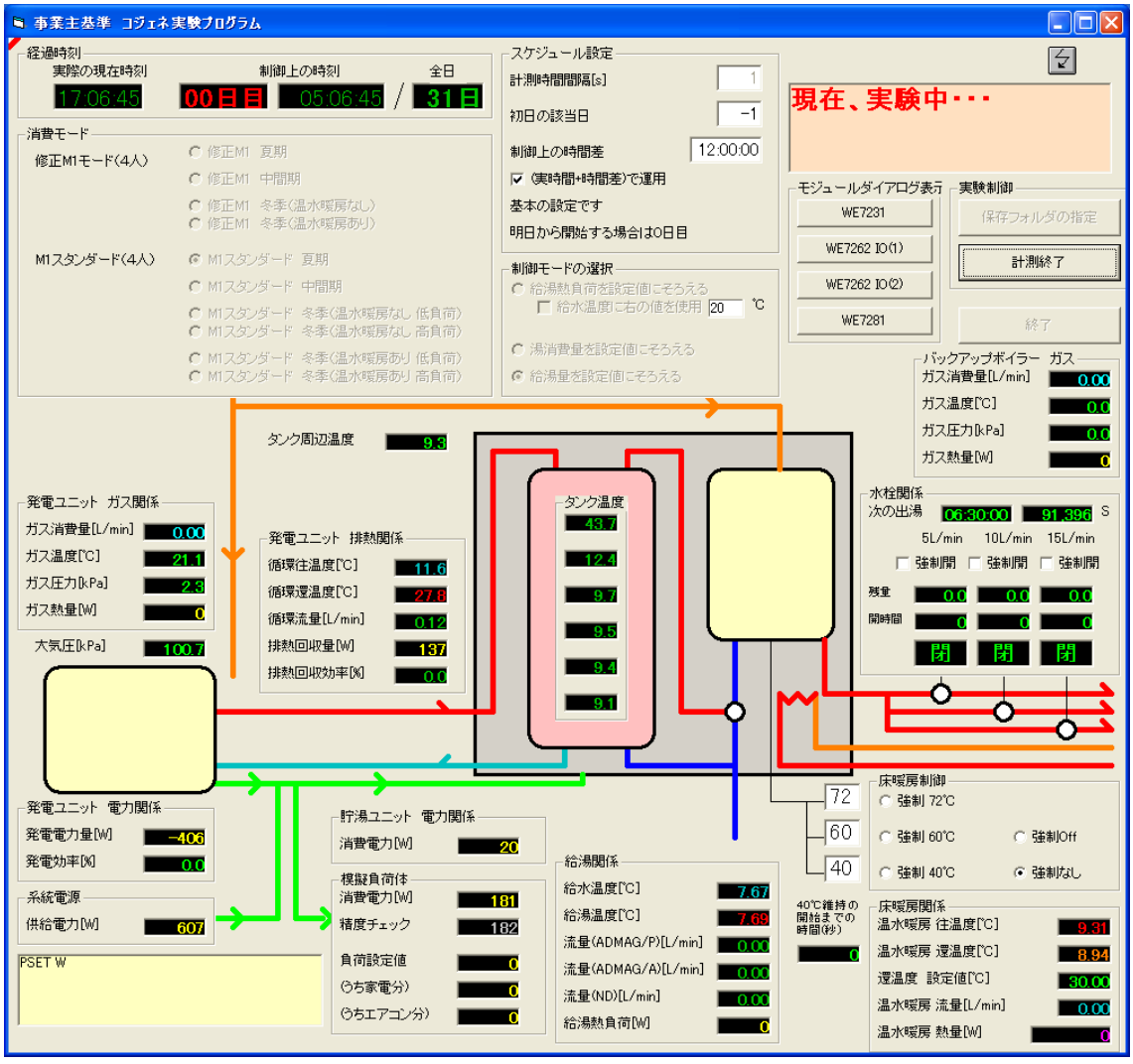


図 3.3.101 コージェネレーション 計測プログラム

2) 試験対象機器

2011 年現状、市場で最も広く普及している機種を選定した。

表 3.3.3 試験対象燃料電池コージェネレーション(左側)

		新製品	現行品
発売日		2011年4月1日予定	2009年5月1日
性能	発電出力	250W～750W	300W～1.0kW
	定格発電効率	40%(LHV) 36%(HHV)	37%以上(LHV) 33%以上(HHV)
	定格熱回収効率	50%(LHV) 45%(HHV)	52%以上(LHV) 47%以上(HHV)
	貯湯タンク容量	200リットル	200リットル
寸法	燃料電池ユニット	H1,883mm×W315mm×D480mm	H860mm×W780mm×D400mm
	貯湯ユニット	H1,883mm×W750mm×D480mm	H1,883mm×W750mm×D480mm

3）試験結果

冬期条件・温水暖房ありで試行した際の負荷の再現状況についてについて示す。

- 給湯熱負荷・電力負荷は良好に再現されていた。
- 温水暖房についても設定値からの若干のズレはあるものの、概ね良好に再現されていた。

以上より、コージェネレーションまでふくめた評価方法を構築することができた。今後は SOFC などの新しいタイプの登場も予定されており、さらなる試験機種の充実が求められる。

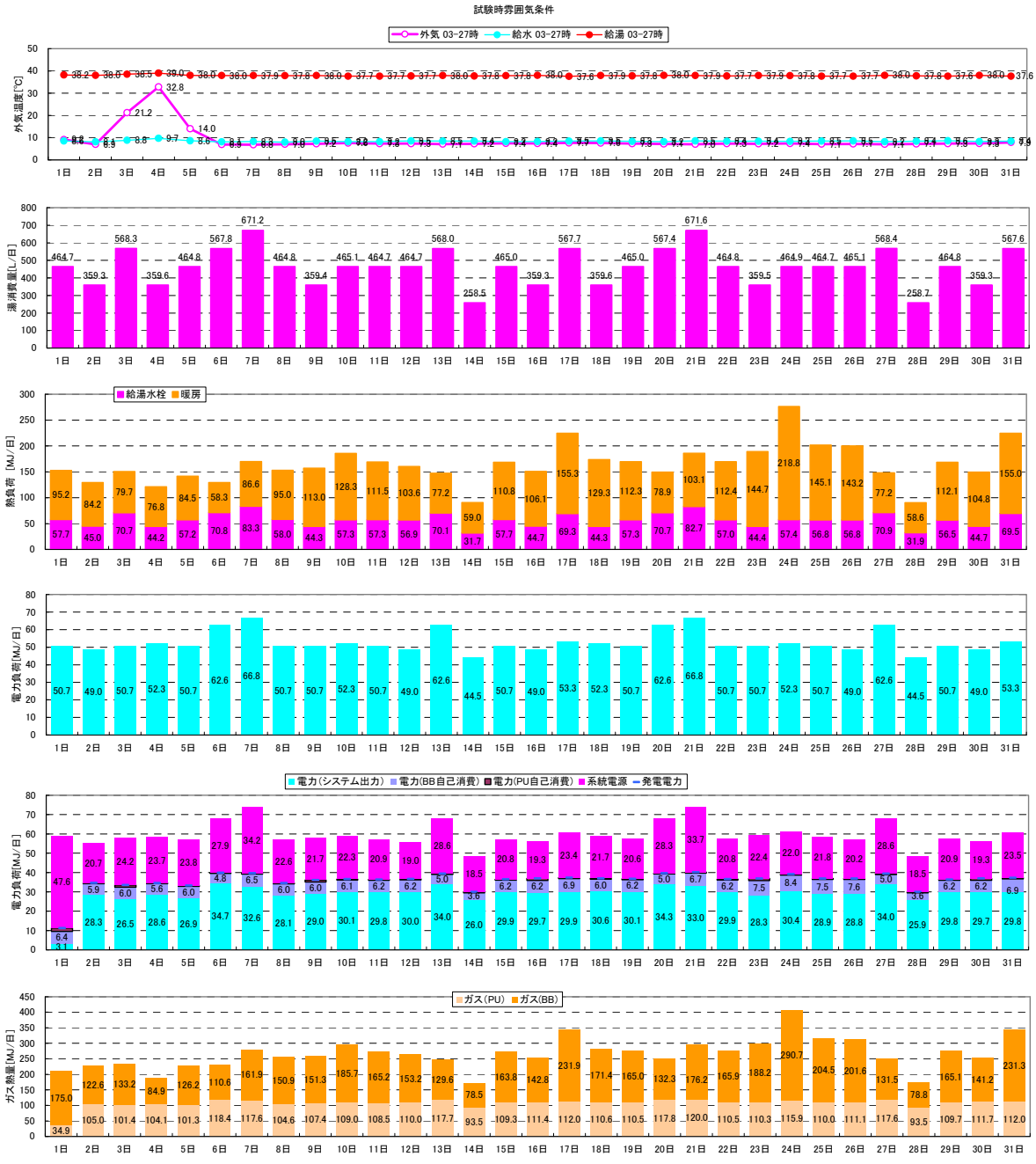


図 3.3.102　P 社燃料電池　冬期条件における負荷再現状況

3.4　家庭用コージェネレーション機器の性能評価方法に関する検討

3.4.1　はじめに

(1) 家庭用コージェネレーション機器の現状

日本における家庭用コージェネレーション機器の歴史は、2003年にガスエンジンCGSが発売されたことに始まり、2009年の固体高分子型燃料電池(PEFC-CGS)の一般販売開始を契機により広く一般に周知される状況となった。これら二つの機器は、現在まで着々と開発が進んでおり、発電効率や排熱回収効率と言った性能値の変化にその改善効果が現れている。さらに、2011年には従来の機器に比べ発電効率が高い、固体酸化物型燃料電池(SOFC-CGS)の一般販売も開始され、東日本大震災後の節電・省エネへの気運の高まりも相まって、ますます注目を集めている。

このように家庭用コージェネレーション機器は登場からまもなく約10年という歴史の浅い機器であり、新たな機種も登場するなど、現在も日々改良が加えられている過渡的状況と言える。**エラー! 参照元が見つかりません。**に家庭用コージェネレーション機器の分類と特徴を示す。

表 3.4.1 家庭用コージェネレーション機器の種類と特徴

種類	ガスエンジンCGS	燃料電池CGS		
発電機	ガス駆動エンジン	固体高分子形(PEFC)ユニット		固体酸化物形(SOFC)ユニット
補助熱源の種類	従来型	従来型	潜熱回収型	潜熱回収型
特徴	ガス駆動のエンジンにより発電を行い、その際の排熱をタンクに湯として貯める。 排熱量が大きいため、原則として床暖房設備と併用する。	ガスを改質して水素を取り出し、空気中の酸素との化学反応により電気と熱を取り出す。 学習機能を持ち家庭の電力負荷、給湯負荷に応じて自動で運転を行います。 補助熱源(ガスボイラー)として従来型ボイラーを使用するものと潜熱回収型ボイラーを使用するものがある。		ガスを改質して水素を取り出し、空気中の酸素との化学反応により電気と熱を取り出す。 固体高分子形燃料電池CGSに比べ、発電効率が高く、排熱効率が低い特徴がある。 原則として24時間運転を行う。

※機種によってことなる。ここでは、代表的な数値を示している。

(2) 研究の目的

まだ黎明期と言える家庭用コージェネレーション機器の評価に関する研究は、自立循環型住宅に関する研究[2)]から始まった。これまでに、機器の測定法やエネルギー消費量の推定法が確立され、省エネ法の評価方法としても援用されるなど、高い成果が上げられている。

一方で、いくつかの課題も見えて来ている。例えば、現状の測定法は、1機種の測定に約3ヶ月かかることが挙げられる。現状ではコージェネレーション機器は機種が少ないため、問題にならないが、将来的に複数のメーカーから様々な機種が発売される状況を考えるとどのような評価

方法にするのがよいか、検討を進めておく必要がある。また、評価の際に与える電力や給湯の負荷についても住宅の現状を捉えられているのか見直しが必要との意見もある。

現状の評価方法はコージェネレーション機器を含む家庭全体の一次エネルギー消費量を推定するものとなっており、コージェネレーション機器においてどれだけの電気、ガスが消費されるのかという内訳を示すことができないという課題もある。CO2 排出量の算出というニーズに応えるためにはこの内訳を示す必要があり、新たな推計ロジックを考案する必要がある。

他にも、式に基づく推計の課題として、式を取得した実験条件から逸脱するような負荷条件となる住宅では、推計式による評価が適用できないことが挙げられる。家族人数が異なる場合や極端に省エネ型あるいは多消費型の住宅を評価する場合にはシミュレーション等による評価方法の確立が必要不可欠と言える。

さらに、運用実態および実働性能の把握には実住宅における測定が不可欠である。これまでに実際の住宅で性能測定が実施され結果が公開された事例としては、(財)新エネルギー財団による定置用燃料電池大規模実証事業が挙げられるが、個々の家庭の詳細なデータまでは公表されておらず、統計値が示されるにとどまっている。こうした現状からコージェネレーション機器に関する実測データは不足している状況であり、これも課題である。

このように、これまでにでてきた課題を受けて本研究では、以下の 5 点に取り組んだ。

1.性能評価試験方法の課題抽出

2.実住宅における測定

3.電気とガスを分離するための計算ロジックの検討

4.シミュレーションモデルの開発

5.シミュレーションによる学習機能の評価

これらの取り組みの成果を以下にまとめる。

3.4.2 性能評価試験方法に関する検討

(1) 性能評価試験方法の課題整理

機器の代表的な性能を評価するための試験モード(省エネ法の試験モード)について課題の抽出を行った。出された意見は以下の通りで会った。全体的に大きな修正というよりは細かな点の見直しの要望が多かった。なお、これは本研究のはじめに行った検討で有り、給湯の試験負荷として修正 M1 モードを使用する旧試験モードを対象とした課題の抽出結果である。

1) 暖冷房による負荷について

・暖冷房モードとの整合性

暖冷房関連の検討で使用されている暖冷房スケジュールとコジェネ機器の試験における暖冷房の使用時間帯とで不整合な点がある。

・エアコンによる電力負荷の修正

冬期の一部の時間帯にエアコンによる過剰な電力負荷が掛かっている。

2) 家電による電力負荷について

・家電負荷の見直し

家電負荷が小さい、あるいは、現状と合っていないと思われる点がある。自立家電部会での検討結果との整合が必要である。

・待機電力の見直し

近年の機器は待機電力が減っているので、負荷を見直すべきではないか。

・短時間に高出力がある機器の影響

炊飯器、ポット、電子レンジ、ドライヤーなどは 5 分よりも短い間隔で高い負荷が出る。5 分で平均して負荷を与えた場合とは異なる挙動となる。

・エアコンによる電力負荷の修正

冬期の一部の時間帯にエアコンによる過剰な電力負荷が掛かっている。

3）家電による電力負荷について

・家電負荷の見直し

家電負荷が小さい、あるいは、現状と合っていないと思われる点がある。自立家電部会での検討結果との整合が必要である。

・待機電力の見直し

近年の機器は待機電力が減っているので、負荷を見直すべきではないか。

・短時間に高出力がある機器の影響

炊飯器、ポット、電子レンジ、ドライヤーなどは 5 分よりも短い間隔で高い負荷が出る。5 分で平均して負荷を与えた場合とは異なる挙動となる。

・ネットワーク機器

ネットワーク機器など 24 時間稼働している機器が増加していると考えられる。

4）給湯負荷について

評価期間直前の給湯負荷が小さく残湯を保持したまま評価期間に入る。最終日は出湯量が多く湯を使い切りやすい。多少有利な評価となる。

5）負荷の作成法について

・戸建住宅での使用を想定した負荷とすべき

現状では、集合住宅での実測結果を基に電力負荷が作成されているが、戸建住宅用としては、戸建住宅での測定結果に基づいて負荷を作成すべきではないか。

6）試験法の標準化について

・メーカーでの試験

試験法の標準化を図り、新機種の試験をメーカー等ができるようにするべき。

7）評価について

・家電分の評価

家電分を除外する現行の評価法を是正して欲しいという要望の一方で、持ち込み家電を評価に加えるべきではないとの意見もあった。

・評価期間について

評価期間を 9 日間としているが、短いのではないか。

(2) JIS 評価試験結果からの読み替えに関する検討

省エネ法におけるエアコンの評価方法では、JIS 試験結果に基づきメーカーより公表されるAPFの数値から想定する標準住宅プランで使用した場合のエネルギー消費量がどの程度になるかを推定し、評価に代える方法が取られている。この方法の利点はすべての機器を測定する必要がなく、一部の機種の測定結果に基づいて全機種を評価することができ、測定の手間が大幅に削減される点にある。研究の目的でも述べた通り、すべての機種を測定しなければならない現状の評価方法は将来的には改善が必要となる可能性が高い。ここでは、燃料電池に関する現行の JIS を調査し、読み替えの可能性について分析した。対象は、「JIS C 8823:2008 小形固体高分子形燃料電池システムの安全性及び性能試験方法」である。

1) JISの概要

a 適用範囲

PEFC 定格送電出力 10kW未満

b 運転状態の定義

定義されている運転状態について図 3.4.1 に示す。電気出力とセル温度の状態に応じて、いくつかの運転状態が定義されている。

c 性能試験項目

・燃料消費量試験

定格発電状態で 30 分以上経過した後、3 時間以上計測する。単位時間あたりの燃料消費量を測定する。

・起動試験

停止状態から起動する。発電ユニットの起動時間、起動に必要なエネルギー、保管停止状態の受電量を測定する。

・発電効率試験

定格、70%、50%など指定された送電出力で 30 分以上経過した後、3 時間以上計測する。この結果より発電効率を算出する。

・排熱回収効率試験

試験方法は発電効率試験に同じ。排熱回収効率を算出する。

・負荷変動特性試験

定格状態から 50%、50%から定格状態に変化させ、追従する時間を計測する。

・負荷追従特性試験

あらかじめ決められた変動負荷パターンを 5 サイクル繰り返し、追従できない部分(発電不足、発電過剰)を計測する。

・停止試験

定格発電状態から停止させる。停止時・その他

安全性に関する試験項目は多数あった。

2）考察

現在のJISによる試験項目の中にAPFのような性能を代表するような指標は特にない。そのため、一つの指標から実働性能を予測する手法を取り入れることは現状では困難である。今後の検討・改訂が期待される。

一方で、JIS 試験では停止、起動、待機などの試験を行うことになっており、それらから性能値に読替えることもできるのではないかと考えられる。不足していると思われる情報は、バックアップボイラーの性能、タンクの性能、学習機能などである。特に学習機能については、全く評価がなされておらず、学習機能の評価をどのように扱うかが課題と言える。

また、ガスエンジンCGSについて同様のJISがないこと、カタログ・取扱説明書等にはこれらの試験結果は記載されていないことも課題である。評価法については後述のシミュレーションに関する節の中でも検討する。

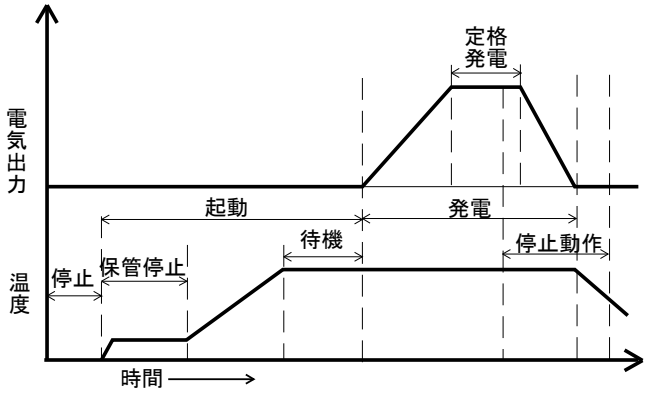


図 3.4.1 JISにおける運転状態の定義

3.4.3 実機の測定による実働性能評価

(1) 測定概要

家庭用固体高分子型燃料電池(以下、PEFC)を導入している2軒の住宅を対象に実測調査を行い、PEFCの稼働実態および実働性能を調査した。測定を行った2住戸について表 3.4.2 に示す。A邸は4人家族、B邸は3人家族である。いずれも床暖房システムが導入されており、PEFCから温水が供給される。

表 3.4.3 に機器仕様を、図 3.4.2 に測定を行ったPEFCの機器構成と測定点を、示す。

。発電は家庭の電力負荷に追従して 300W～1000W の範囲で行われる。タンク容量は 200Lであり、家庭の給湯需要に合わせて出湯される。タンク内の熱が不足する場合には、補助ボイラーにより出湯設定温度まで昇温された湯が供給される。床暖房にはタンクの湯は使用されず、発電中であれば熱交換機を介して、PEFC の排熱が床暖房の循環水と熱交換され利用される。熱量が不足する場合は補助熱源により補われる。

測定はすべて2秒間隔で実施している。本報では2010年11月から2012年3月までの計測結果をまとめる。A邸では床暖房回路流量を測定するセンサーが2011年4月4日より故障し、風呂回路流量を測定するセンサーが2011年5月14日より故障した。そのため、故障以降の期間については温度条件より流量を推定する方法を作成し、推定値により分析を行った。紙面の

都合上、推定法の説明と精度確認結果は割愛するが、良好な推定精度であった

表 3.4.2 測定住戸の概要

項目	A邸	B邸
所在地	東京都小金井市	埼玉県さいたま市
家族構成	夫、妻、子(中学生)、子(小学生)	夫、妻、子(乳児)
太陽光発電	なし	3.1kW(屋根との一体型)
延床面積	112.98㎡	126.69㎡
構造	鉄骨造2階建て	木造2階建て
床暖房	リビングとキッチンで1系統	リビングとキッチンで2系統

表 3.4.3 測定した燃料電池の機器仕様

タイプ	固体高分子型	定格発電効率	33%(HHV基準)
発売年	2009年	定格排熱効率	47%(HHV基準)
定格発電出力	1000W	タンク容量	200L
最低発電出力	300W	補助ボイラー	潜熱回収型
定格ガス消費量	3000W	燃料	都市ガス(13A)

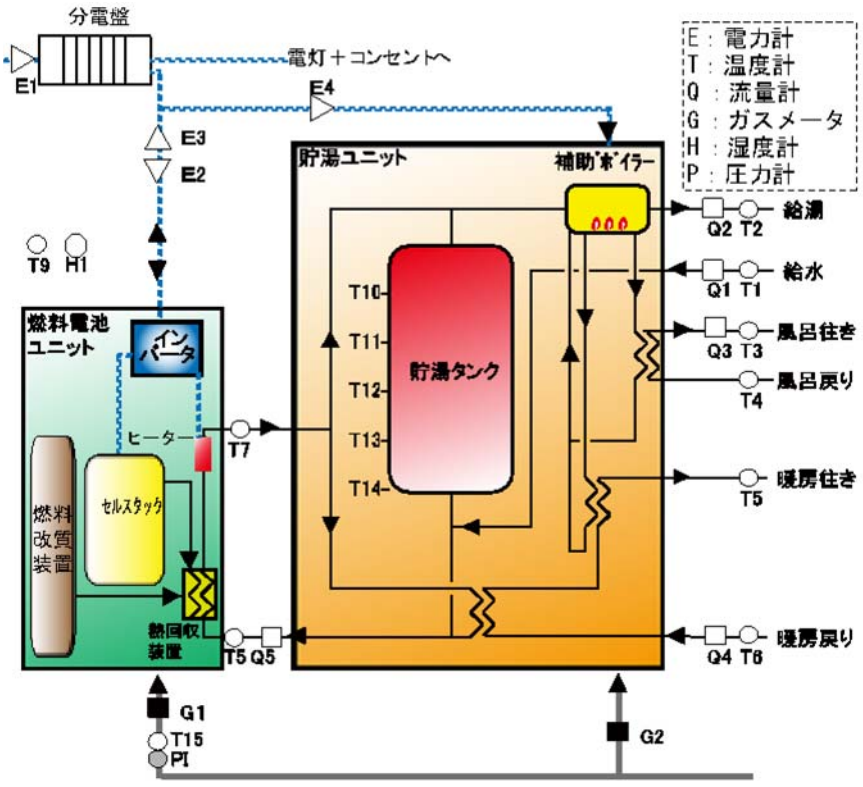


図 3.4.2 燃料電池の機器構成と測定点

(1) 測定結果

図 3.4.3、図 3.4.4 に A 邸、B 邸それぞれの測定結果(日積算値)を示す。熱負荷(グラフ(a))は全般的に A 邸の方が大きい。いずれの住宅でも 11 月から 5 月までの期間で床暖房が使用されてい

る。B 邸の特徴として数日間熱負荷がほぼ 0 になっているところが散見される。家族旅行等の外出によるものと思われる。買電量と発電量(グラフ(b))を見ると発電により住宅全体の電力の 5 割弱が賄われていることが分かる。発電量は熱負荷が小さくなる夏期に発電量が小さい。B 邸については太陽光発電パネル(3.1kW)が設置されており、太陽光発電パネルから供給された自家消費分の電力も記載している。本報では太陽光発電の省エネ量の集計は行わず、PEFC の省エネ量算定の際には太陽光発電による自家消費分は買電と同等に扱う。ガス消費量と運転時間(グラフ(c))から補助ボイラーのガス消費は、床暖房使用時に特に大きく、床暖房使用時は PEFC の排熱だけでは不足しているものと推測される。いずれの住宅でも発電効率（グラフ(d))は、定格発電効率に近い数値が出ているが排熱効率については定格排熱効率より低い数値である。電力負荷が 1000W に満たず、部分負荷運転となっている時間帯が多いためこのような結果になったと考えられる。省エネ量(グラフ(e))を見るとA 邸では多くの日で 10～20MJ 程度の省エネ量が得られている。省エネ量は、PEFC を使わず電力負荷を系統電力で賄い、熱負荷を一般的なガスボイラー(効率 73.6%)で賄ったと仮定した場合の一次エネルギー消費量と実測結果の一次エネルギー消費量との差として算出している。B 邸の省エネ量は冬期に 40MJ を超える日が見られる一方で、マイナスとなっている日も多い。外出と見られる熱負荷が小さい期間に PEFC が必要以上に稼働し、生成された熱がタンクから熱損失として失われることによる。PEFC は前日までの負荷状況に基づき発電時間帯を決めるが、B 邸のような不定期な外出等があると適切な発電時間帯の予測は困難になる。図 3.4.5 に両住宅の負荷の熱電比を、図 3.4.6 に月別エネルギー消費量と省エネ率を示す。A 邸に比べ B 邸は電力負荷、熱負荷ともにやや低い。床暖房があるため両住宅とも熱電比は大きい日が多い。月別の省エネ率を見ると、A 邸では 2 ～10％の範囲で推移しており夏期に低く中間期が最も高い。2011 年 4 月からの一年間の省エネ率は 6.6%であった。一方 B 邸では省エネ率も変動が大きくなっており、夏期にはマイナスとなっている。年間では 4.9%の省エネ効果が得られている。

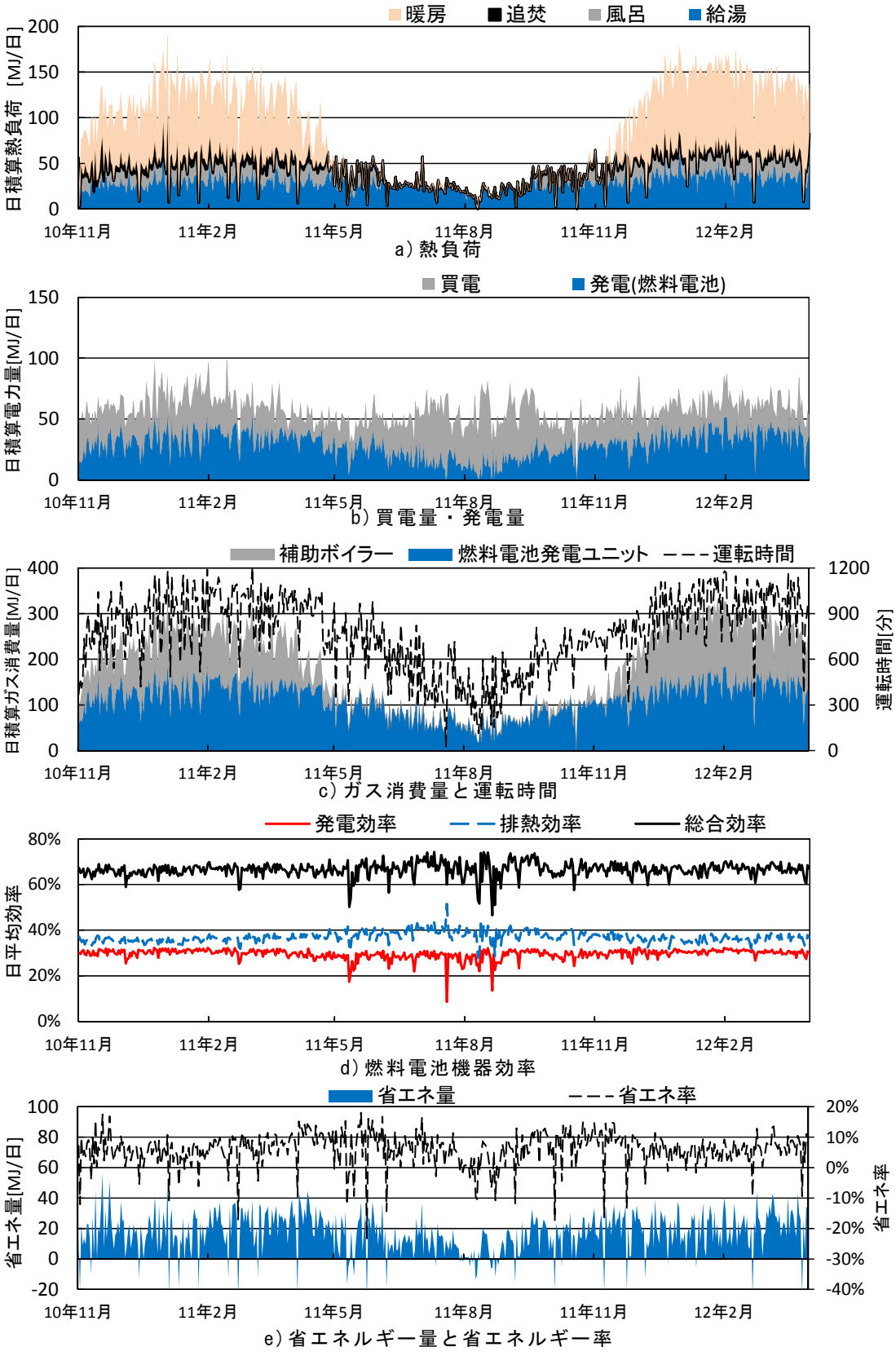


図 3.4.3 A 邸測定結果(日積算値)

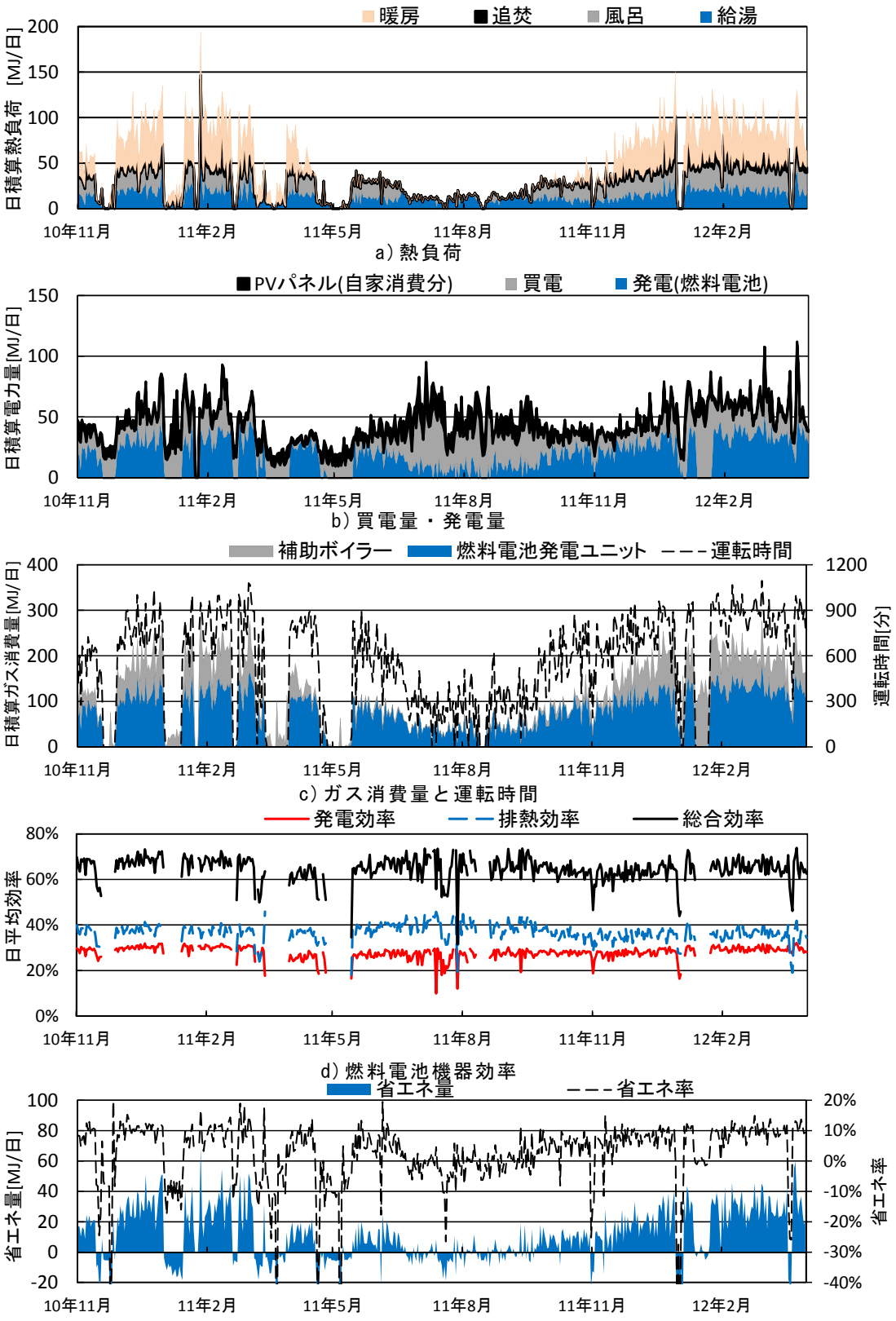


図 3.4.4 B 邸測定結果(日積算値)

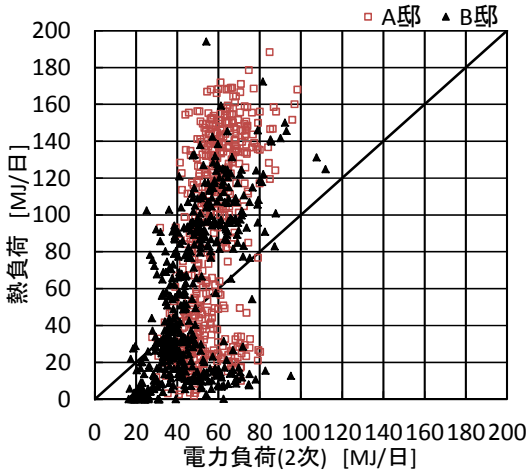
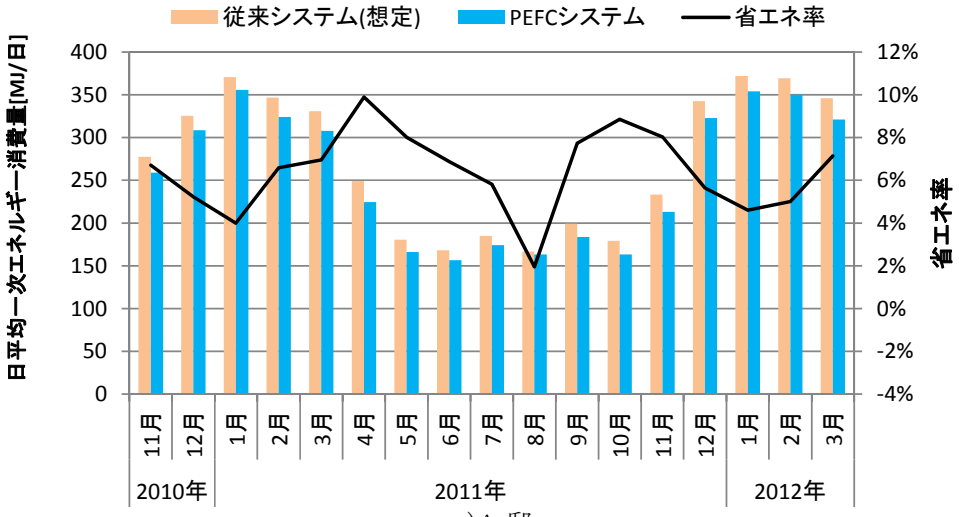
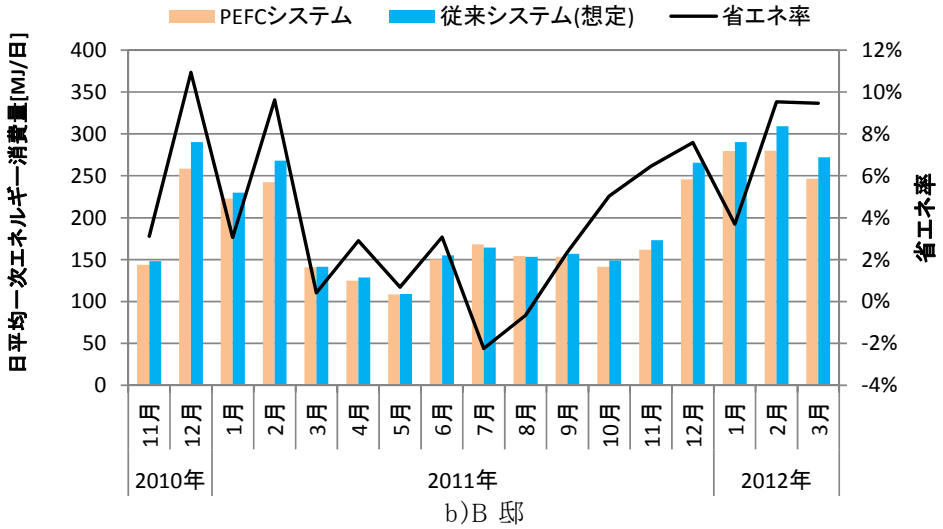


図 3.4.5 熱電比



a)A 邸



b)B 邸

図 3.4.6 月別エネルギー消費量と省エネ率

3.4.4　ガスと電力のエネルギー消費量を分離する計算ロジックの作成

(1) 目的

PEFC やガスエンジンコジェネの省エネルギー効果は、熱需要との相関性が高いことから、これまでに実験結果より作成した熱需要と一次エネルギー削減量との関係式を用いた推定式による評価法が確立されている。しかし、この方法では、トータルのエネルギー消費量がいくらになるかは推定できるものの、ガス消費量と電力消費量それぞれがいくらになるのかは分からず、例えば CO2 排出量を推定したい場合などに、課題が残る。本プロジェクトにおける取り組みとして CO2 排出量の算定も視野に入れた WEB プログラムの開発も進められているところであり、コージェネレーション機器のエネルギー消費量をガスと電気に分離して評価する計算ロジックの確立は、重要な課題である。ここでは、ガスと電気の分離のために検討した計算ロジックについて示す。

(2) 基本となる推定式

実験結果に基づき作成された日積算熱需要と一次エネルギー削減量(省エネ量)との関係式を図 3.4.7 に示す。また、同様に日積算熱需要と発電量との関係式を図 3.4.8 に示す。図 3.4.8 中の点は測定結果である。図より、発電量についても熱需要と相関があることが確認できる。なお、図 3.4.8 中の横軸の熱負荷は燃料電池から供給される熱量を表し、電力消費量の 1.4 倍までの熱需要でかつ 120.1MJ/日までの熱需要が燃料電池でまかなえるとする制限を考慮したものである。

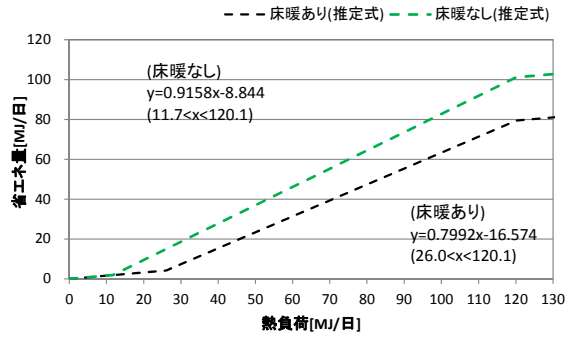


図 3.4.7　熱需要と省エネ量の関係

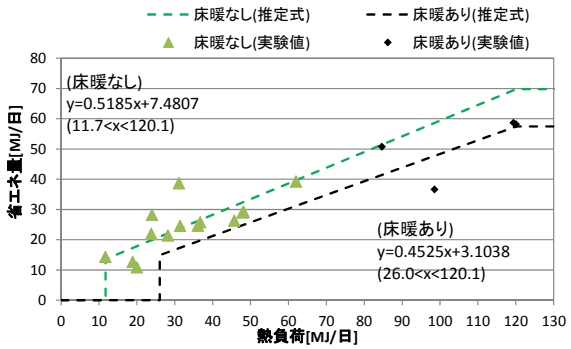


図 3.4.8　熱需要と発電量の関係

(3) 算定ロジック

これまでの省エネ量推定の計算は、図 3.4.7 に示した熱需要と一次エネルギー削減量との関係に基づくものである。ここでは、算定ロジックの検討に当たり、図 3.4.8 に示した熱需要と発電量の関係に着目し、一次エネルギー消費量をガス消費量と電力消費量に分離するロジックを作成した。以下に、燃料電池 CGS Type1を例に作成した CO2 排出量の計算手順を示す。また、図 3.4.9 にガス・電気分離の模式図を示す。以下の手順解説と合わせて見て頂きたい。

[手順]

① 住宅における電力負荷、熱負荷(給湯・床暖房)を想定する。
② 電力負荷を系統電力[A]、熱負荷を従来型ガス給湯器(効率 73.6%)で処理した場合[B]を想定し、一次エネルギー消費量を求める。
③ 熱負荷の日積算値から推定式を用いて省エネ量 [C] ・発電量(一次換算) [D]を推定する。
④ 手順②で求めた一次エネルギー消費量から手順③で求めた省エネ量を引き、燃料電池を使用した際のエネルギー消費量[E]を求める。さらに、手順②で求めた系統電力負荷から手順③で求めた発電量を引き、燃料電池を使用した際の電力消費量[F]が求まる。
⑤ 手順④で求めた燃料電池を使用した際の一次エネルギー消費量と電力消費量(一次換算)からガス消費量(一次換算) [G]を求める。

(4) 精度検証

精度検証のため、実験データを用いて本推計法による電力消費量およびガス消費量の推計を行った。表 3.4.4 に使用した実験結果および推計結果を示す。図 3.4.10 に推計結果と実験結果の比較を示す。いずれの季節でも、推計値は実験値をある程度捉えていることが確認できる。ただし、夏期や中間期の休日不在(小)の日には、発電量の推計値と実験値に大きな差があり、電力とガスの割合が大きくずれている日も見受けられる。

図 3.4.11 に電力消費量とガス消費量について実測値と推計値の散布図を示す。電力消費量、ガス消費量ともばらつきはあるものの全体的には傾向を捉えていると言える。

図 3.4.11 に電力消費量とガス消費量について実測値と推計値の散布図を示す。電力消費量、ガス消費量ともばらつきはあるものの全体的には傾向を捉えていると言える。

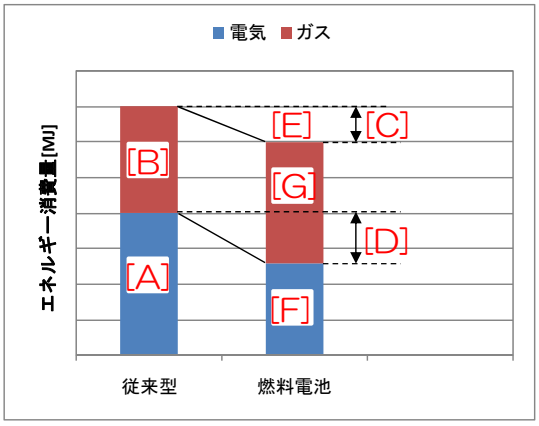
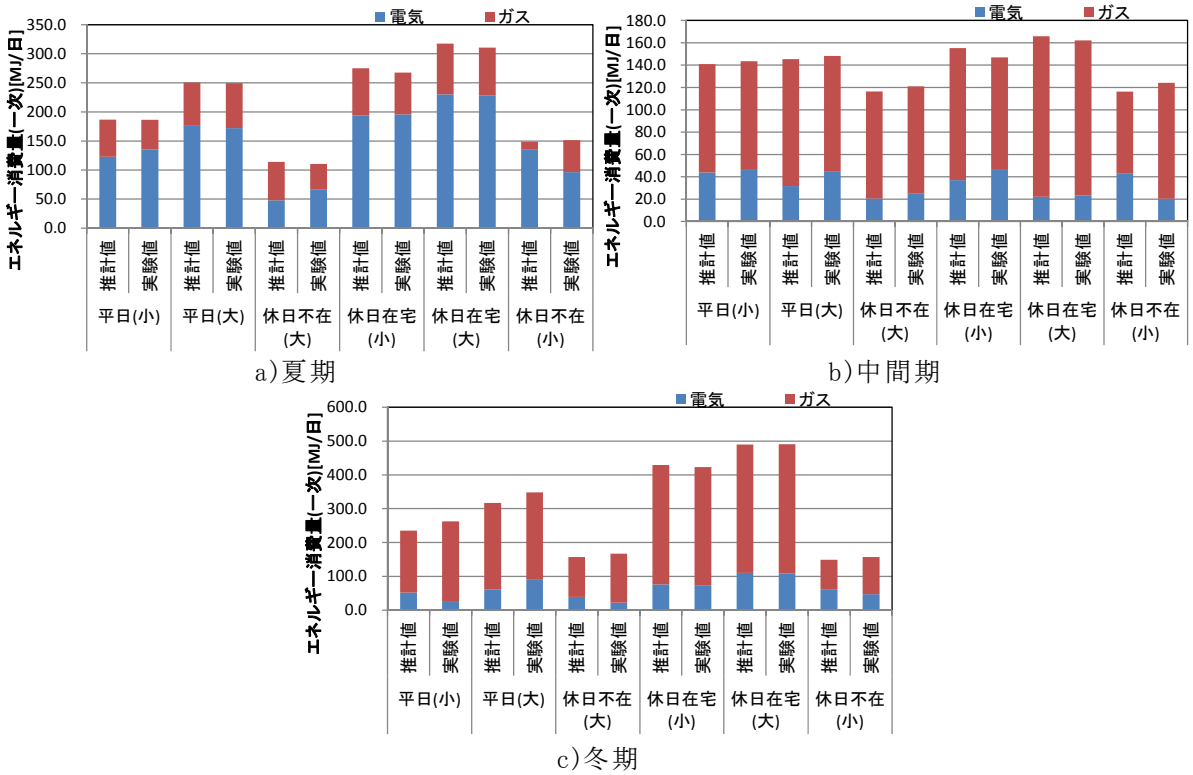


図 3.4.9 電気及びガスのエネルギー消費量推定

表 3.4.4 電力・ガス消費量の推計結果

[MJ/日]		実験負荷			実験結果								推計結果				
					電力(二次)			ガス消費量		一次エネルギー消費量		省エネ量	発電量	省エネ量	一次エネルギー消費量	買電量(二次)	ガス消費量合計(発電ユニット+補助熱源)
		電力需要	給湯負荷	暖房負荷	買電量	発電量	燃料電池受電量	発電ユニット	補助熱源	燃料電池システム	従来システム(想定)				燃料電池システム		
夏期	平日(小)	62.6	18.9	0.0	50.0	15.3	2.7	51.1	0.0	186.7	195.4	8.7	17.3	8.5	186.9	45.3	64.1
	平日(大)	85.3	23.8	0.0	63.4	24.3	2.4	76.1	1.7	249.7	263.6	13.9	19.8	13.0	250.6	65.5	73.1
	休日不在(大)	35.5	20.0	0.0	24.7	13.6	2.8	43.5	0.0	110.5	123.4	13.0	17.9	9.5	113.9	17.6	66.1
	休日在宅(小)	93.7	28.2	0.0	72.3	24.1	2.7	71.2	0.5	267.7	292.3	24.6	22.1	17.0	275.4	71.6	81.3
	休日在宅(大)	108.7	31.4	0.0	84.2	26.9	2.4	82.2	0.4	310.9	337.4	26.5	23.8	19.9	317.4	84.9	87.2
	休日不在(小)	49.8	11.7	0.0	35.5	16.9	2.6	54.8	0.4	151.4	150.9	−0.5	0.0	1.9	149.0	49.8	14.0
中間期	平日(小)	42.7	36.7	0.0	17.0	28.1	2.4	88.9	8.5	143.5	165.6	22.1	26.5	24.8	140.9	16.2	97.0
	平日(大)	42.9	45.7	0.0	16.6	28.5	2.2	89.8	13.4	148.2	178.4	30.2	31.2	33.0	145.4	11.7	113.6
	休日不在(大)	33.8	36.1	0.0	9.2	26.5	1.9	90.1	5.9	120.9	140.7	19.7	26.2	24.2	116.5	7.6	95.9
	休日在宅(小)	46.1	48.2	0.0	17.0	30.7	1.6	100.4	0.4	146.9	190.5	43.6	32.5	35.3	155.2	13.6	118.2
	休日在宅(大)	47.8	62.0	0.0	8.6	40.9	1.7	126.2	12.6	162.1	213.8	51.7	39.6	47.9	165.9	8.2	143.7
	休日不在(小)	35.7	24.0	0.0	7.5	29.7	1.5	103.1	0.8	124.2	129.4	5.2	19.9	13.1	116.3	15.8	73.5
冬期	平日(小)	60.5	47.5	61.9	9.8	54.2	3.5	163.6	72.8	263.0	312.7	49.7	41.4	77.7	235.0	19.1	183.3
	平日(大)	70.4	59.1	96.4	33.8	43.1	6.5	132.5	124.3	348.4	402.1	53.7	47.7	85.1	317.0	22.7	255.5
	休日不在(大)	46.9	47.9	0.0	8.3	39.8	1.2	130.3	14.3	167.1	192.2	25.1	32.3	35.0	157.2	14.6	117.7
	休日在宅(小)	85.3	69.5	145.8	26.7	64.1	5.5	184.2	166.7	423.3	523.8	100.5	57.1	94.8	429.0	28.2	352.6
	休日在宅(大)	98.0	81.4	156.2	39.9	63.8	5.7	185.4	196.8	490.4	588.5	98.1	57.5	98.4	490.1	40.6	380.1
	休日不在(小)	46.5	31.1	0.0	17.5	30.5	1.5	107.7	1.8	156.9	168.3	11.4	23.6	19.6	148.7	22.9	86.6

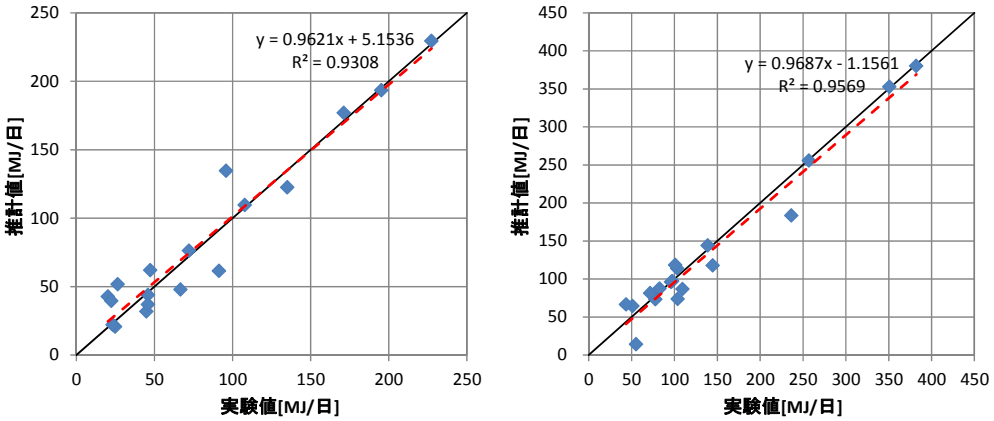


a)夏期

b)中間期

c)冬期

図 3.4.10 推計結果と実験結果の日積算値比較



a)電力消費量(1 次)　　b)ガス消費量

図 3.4.11　推計結果と実験結果の散布図

3.4.5　シミュレーションによる評価

(1) シミュレーション開発の目的

コージェネレーション機器による省エネ効果を評価するとき、これまでの推定式を用いた手法だけでは限界がある。推定式は実験結果に基づき作成されているため、極端に低い電力負荷などは想定されておらず、推定式の適用範囲外である。また測定点が少ない範囲、例えば給湯負荷が非常に大きい場合などでは誤差が大きくなることが予想される。したがって、推定式による省エネ量計算は標準的な負荷範囲に対して簡易に省エネ量を試算するには適しているが、さまざまな負荷条件に対するエネルギー消費量を試算するには不向きである。そのため、様々な条件下におけるコージェネレーション機器の省エネ効果を評価するためには、シミュレーションモデルの開発が必要である。

さらに、実験結果に基づく推定式による評価は、ガスエンジン CGS や PEFC-CGS などの学習機能を持つ機器については、1 季節当たり約 1 ヶ月 ×3 季節(夏期、冬期、中間期)＝3 ヶ月の長期に亘る試験が必要であるが、将来的に販売機種が増えてきた場合に試験施設の不足などの問題が発生することが懸念される。これは 3 週間の学習期間を設け、負荷の出現状況を学習させた上で 4 週目に評価を行うためである。学習機能では過去の電力・給湯負荷の発生状況から、将来の負荷発生状況を予測し、予想された負荷に対する最適な運転時間帯を計算し、運転を行う。

こうした評価の課題に対してもシミュレーションの活用による解決策が考えられる。学習機能をシミュレーション上に完全に再現することは困難であるが、学習機能による負荷予測の誤差によりどの程度省エネ効果が低減するかは、評価できる。すなわち、負荷データから最適な運転スケジュールを割り出し、エネルギー消費量を計算して、実際の運転状態との比較を行えば、学習機能の誤差による省エネ効果の低減率(ここでは学習係数とする)が分かる。こうすれば、学習機能のある機種をすべて詳細に測らずとも、学習係数を想定して、機器特性さえ測定すればエネルギー消費量が推計できることになる。

(2) モデル概要

PEFC を対象にモデルを作成した。シミュレーションモデルの概要図を図 3.4.12 に示す。モ

デルは発電ユニットモデルおよびタンクユニットモデルで構成され、本体部分には「部分負荷特性」「起動特性」「停止特性」「待機特性」が含まれる。これらの特性は実機の運転データ(建築研究所集合住宅実験棟における2006年製機種の実験データ)から抜き出し使用した。対象機器の仕様を表 3.4.5 に示す。

計算時間ステップは 1 分としており、入力は ON/OFF スケジュール、外気温度、給水温度、電力負荷、給湯量である。今回のモデルでは床暖房の負荷および風呂の追焚き負荷については考慮していない。対象機は学習機能を有し ON/OFF スケジュールは学習機能により決定されるが、前述の通り学習機能の再現は困難なため、本モデルでは ON/OFF スケジュールは入力データとした。計算の際は、実機の運転データより ON/OFF スケジュールを抜き出して使用している。なお、燃料電池の運転段階として、待機、起動、安定運転、停止の 4 段階を設定しているが、これらの時間帯は発電時間帯をONとするON/OFFスケジュールデータから割り出すプログラムとしている。具体的には、ON の時間帯は安定運転段階とし、起動時間については前回の発電時間からの待機状態の継続時間が影響するため、これに基づいて計算する。停止時間は OFF になってから 20 分とし、残りは待機時間としている。

モデルでは、定格発電効率、定格排熱効率、タンク容量、補助熱源効率、沸き上げ温度、タンク満蓄判定温度などを機器の仕様としてあらかじめ設定している。これらは実機のカタログ仕様および運転データに基づいて設定した。タンクモデルには温度成層型蓄熱槽の計算モデルを適用し、タンクを 7 層に分割して計算を行った。出湯の際には最上層から必要量の湯が放出され、同量の水が最下層から供給される。出湯時にタンク内の湯が出湯温度に満たない場合は、補助熱源により出湯温度まで加熱して出湯される。発電時の排熱回収は、最下層の水が排熱回収回路に送られ、暖められて最上層に戻される。タンクには断熱性能を設定しており、外気温度と各層の湯温との差に応じて熱損失が発生し、各層の湯温が下がる計算としている。

今回作成したモデルはPEFCを想定したものであるが、SOFCやガスエンジンでも特性式を変更することで適用可能と考えられる。

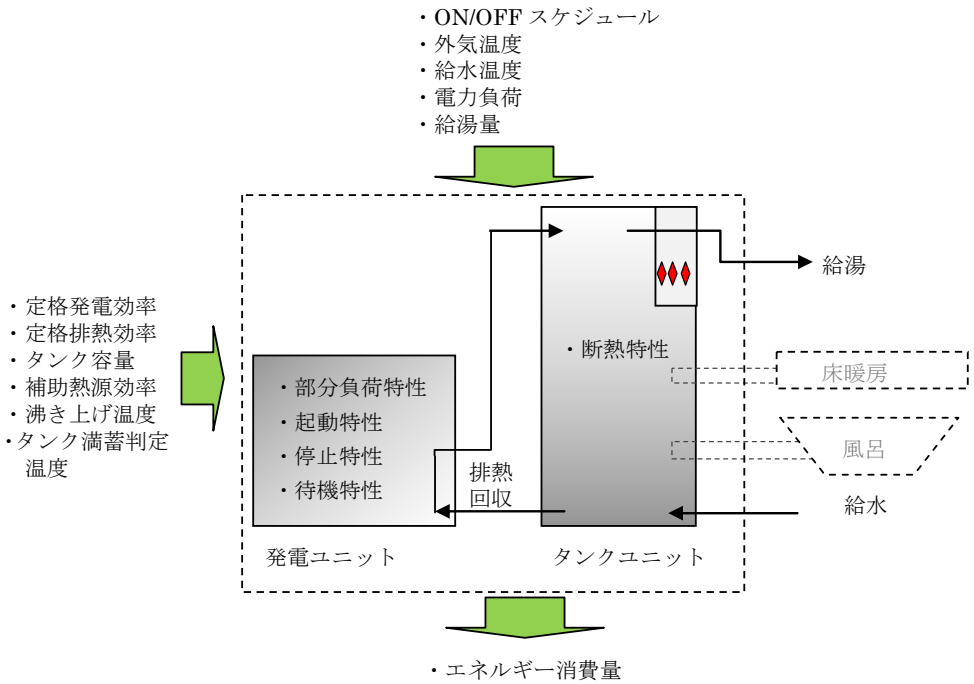


図 3.4.12 シミュレーションモデルの概要

表 3.4.5 特性を取得した燃料電池(2005 年製)の機器仕様

タイプ	固体高分子型	定格発電効率	31%(HHV基準)
定格発電出力	1000W	定格排熱効率	40%(HHV基準)
最低発電出力	300W	タンク容量	200L
定格熱出力	1300W	補助ボイラー	潜熱回収型
定格ガス消費量	3200W	燃料	都市ガス(13A)

(3) 計算精度の検証

1) 計算の概要

作成したモデルの計算精度の検証を行った。検証には、建築研究所集合住宅実験棟での実験結果のうち、中間期データとして 2007 年 9 月 20 日～10 月 14 日、冬期データとして 2007 年 1 月 24 日～2 月 17 日、夏期データとして 2008 年 7 月 31 日～8 月 24 日のデータを使用した。使用した実験期間では約 1 ヶ月の連続試験を実施しており、平日(大)、平日(小)、休日外出(大)、休日外出(小)、休日在宅(大)、休日在宅(小)の 6 パターンの負荷(電力・給湯)を与え、実機の挙動、エネルギー消費量等を測定した。6 パターンの負荷の並びを表 3.4.6 に示す。

検証では実測データより燃料電池の ON/OFF スケジュール、外気温度、給水温度、電力負荷、給湯量を抜き出し入力データとした

表 3.4.6 試験負荷の並び

試験日	中間期データ (電力:標準) (給湯:修正M1) 2007年	冬期データ (電力:L) (給湯:L) 2008年	夏期データ (電力:L) (給湯:L) 2008年	負荷パターン
1	9月20日	1月24日	7月31日	平日(大)
2	9月21日	1月25日	8月1日	外出(大)
3	9月22日	1月26日	8月2日	在宅(小)
4	9月23日	1月27日	8月3日	在宅(大)
5	9月24日	1月28日	8月4日	外出(小)
6	9月25日	1月29日	8月5日	平日(大)
7	9月26日	1月30日	8月6日	平日(小)
8	9月27日	1月31日	8月7日	平日(大)
9	9月28日	2月1日	8月8日	外出(大)
10	9月29日	2月2日	8月9日	在宅(小)
11	9月30日	2月3日	8月10日	在宅(大)
12	10月1日	2月4日	8月11日	外出(小)
13	10月2日	2月5日	8月12日	平日(大)
14	10月3日	2月6日	8月13日	平日(小)
15	10月4日	2月7日	8月14日	平日(大)
16	10月5日	2月8日	8月15日	外出(大)
17	10月6日	2月9日	8月16日	在宅(小)
18	10月7日	2月10日	8月17日	在宅(大)
19	10月8日	2月11日	8月18日	外出(小)
20	10月9日	2月12日	8月19日	平日(大)
21	10月10日	2月13日	8月20日	平日(大)
22	10月11日	2月14日	8月21日	平日(小)
23	10月12日	2月15日	8月22日	在宅(小)
24	10月13日	2月16日	8月23日	外出(大)
25	10月14日	2月17日	8月24日	外出(小)

1) 計算結果

b) 実測値

図 3.4.13、b) 実測値

図 3.4.14、b)実測値

図 3.4.15 に中間期代表日(2007 年 10 月 8 日～10 月 14 日)、冬期代表日(2008 年 2 月 11 日～2 月 17 日)、夏期代表日(2007 年 8 月 8 日～8 月 14 日)における計算結果と実測値の発電状況の比較を示す。ON/OFF スケジュールを入力としているため、発電の時間帯は一致していることが確認できる。また発電量についても電力負荷に追従して決定されるため概ね一致している。ただし、例えば 8 月 19 日の 20 時～24 時などの時間帯では、電力負荷が 1000W 以上あるにもかかわらず、発電量が 1000W に満たない時間帯も見られ、計算値との乖離がある。実機では発電量が電力負荷の変化に追従するまでにやや時間がかかることや運転状態によっては負荷に追従できない状況があると考えられ、こうしたことが計算における誤差要因となっている。

b)実測値

図 3.4.16、b)実測値

図 3.4.17、図 3.4.18 に中間期代表日、冬期代表日、夏期代表日における発電量・排熱回収量・ガス消費量の比較を示す。発電時間帯については概ね傾向を捉えられていることが確認できる。ただし、8 月 19 日の 20 時～24 時など、前述した発電量が再現できていない時間帯では、排熱量・ガス消費量ともに誤差が大きい時間帯も見られる。

計算では、発電が開始される直前の時間帯(例えば 10 月 9 日 12 時前後など)に一定時間、一定のガス消費が見られる。これは起動にかかるガス消費特性を平均的な数値として一定に与えているためである。ただし、このガス消費量の数値と起動にかかる時間については、前述のように待機時間がどれだけ継続しているかによって決定される。実測では、起動時のガス消費量は変動しており、起動時のガス消費量の変動までは再現できていない。また、10 月 11 日の 12 時前後の実測値には発電前の起動時間帯に排熱回収は見られるが、発電が行われていない時間帯がある。他の日の実測値と比較すれば分かるようにイレギュラーな運転であり、大きな誤差要因となっていると考えられる。こうしたイレギュラーな運転は発電を行うセルスタックの状態などが影響して引き起こされると考えられ、セルの状況を再現しない特性式を用いたモデルではこれを再現することは困難である。

待機の時間帯についても実測値では時折ガス消費が見られるが、計算値では再現していない。

図 3.4.19 に中間期代表日、冬期代表日、夏期代表日における燃料電池受電量の比較を示す。実測では待機時に燃料電池自体で消費される電力消費量が細かく変動している。計算ではこれを平均的な数値として再現している。計算では、受電量は外気温度の関数として特性式を作成し、使用している。

図 3.4.20 に中間期代表日、冬期代表日、夏期代表日における補助熱源機のガス消費量の比較を示す。補助熱源のガス消費量を再現するにはタンクでいつ熱量不足が発生するかを正確に把握する必要があるため、補助熱源のガス消費量は計算誤差が出やすい項目の一つであると考えられる。中間期においては計算値の方が実測値に比べ、補助熱源の稼働が多いものの、全般的に出湯のタイミングと熱量を再現できており、タンクモデルは妥当なものと考えられる。

図 3.4.21 に発電効率の比較を、図 3.4.22 に排熱回収効率の比較を示す。発電効率は実測値の傾向を良く捉えている。排熱回収効率については発電効率に比べ実測値のばらつきが大きい。計算ではどの季節においても排熱回収効率の平均的な数値を概ね捉えられていると言えるが、冬期は実測値よりもやや高め、夏期・中間期はやや低めにでる傾向がある.



a) 計算値



b) 実測値

図 3.4.13 発電状況の比較(中間期)

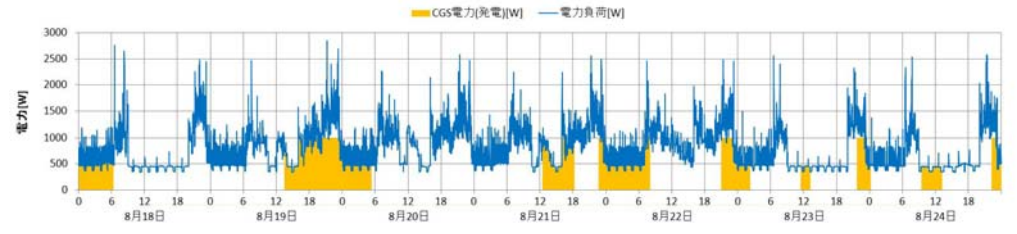


a) 計算値

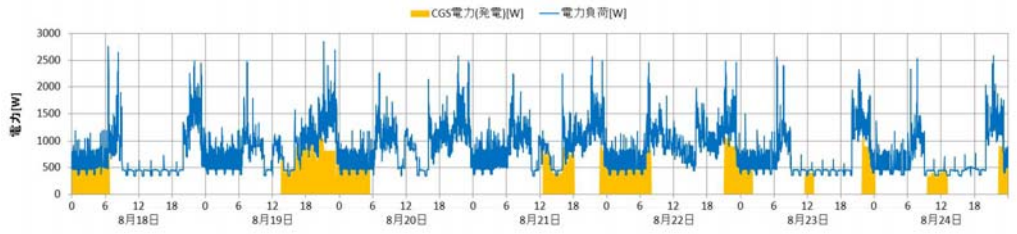


b) 実測値

図 3.4.14 発電状況の比較(冬期)



a) 計算値

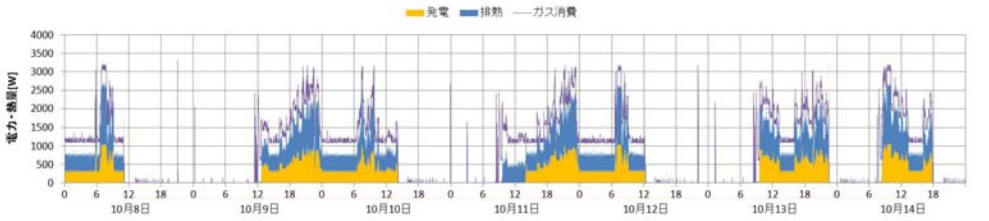


b) 実測値

図 3.4.15 発電状況の比較(夏期)

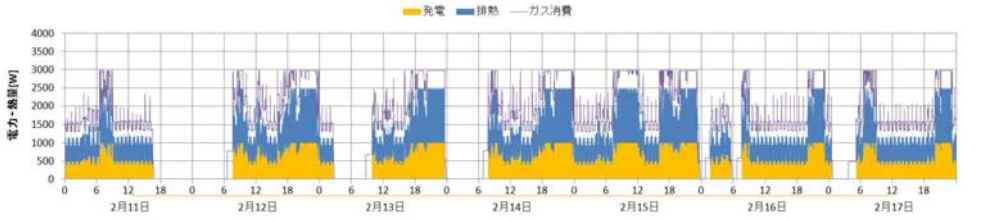


a）計算値

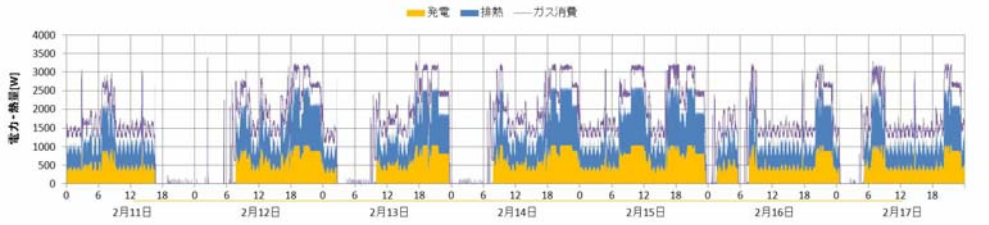


b）実測値

図 3.4.16　発電量・排熱回収量・ガス消費量の比較(中間期)

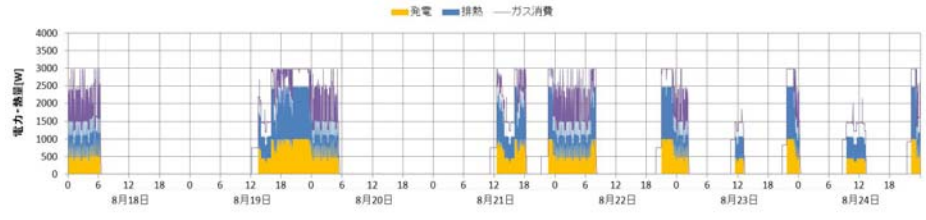


a）計算値

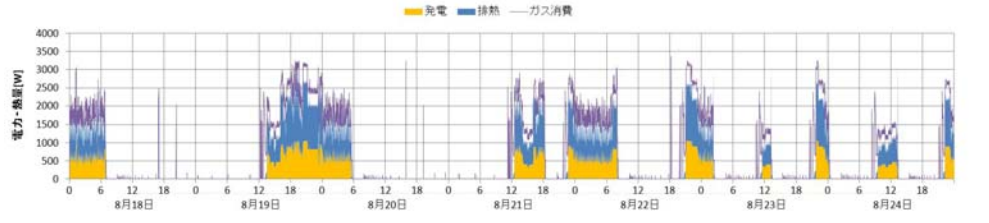


b）実測値

図 3.4.17　発電量・排熱回収量・ガス消費量の比較(冬期)

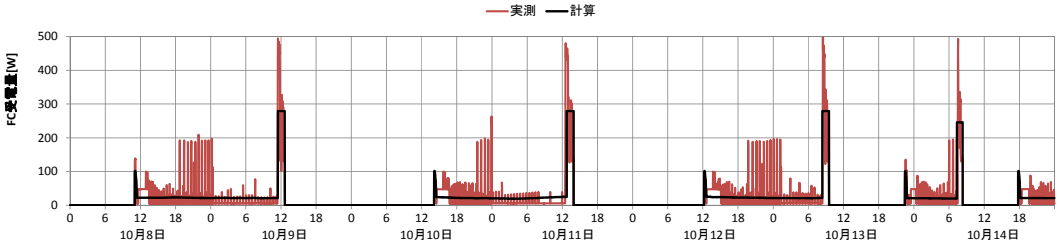


a）計算値

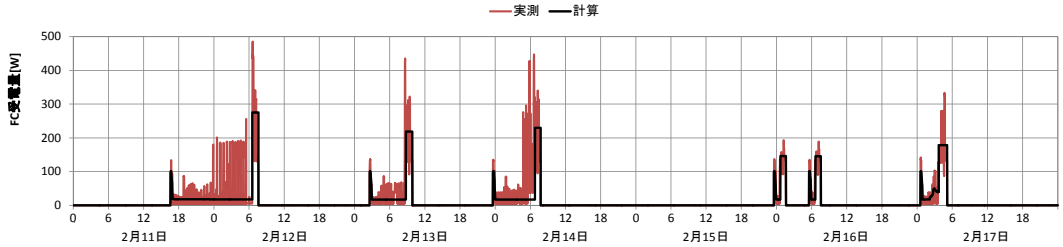


b）実測値

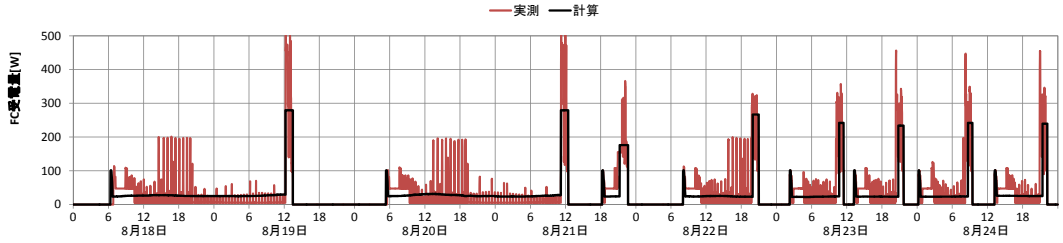
図 3.4.18　発電量・排熱回収量・ガス消費量の比較(夏期)



a）中間期

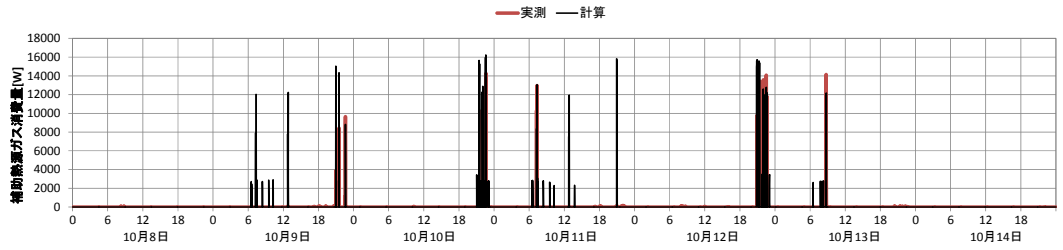


b）冬期

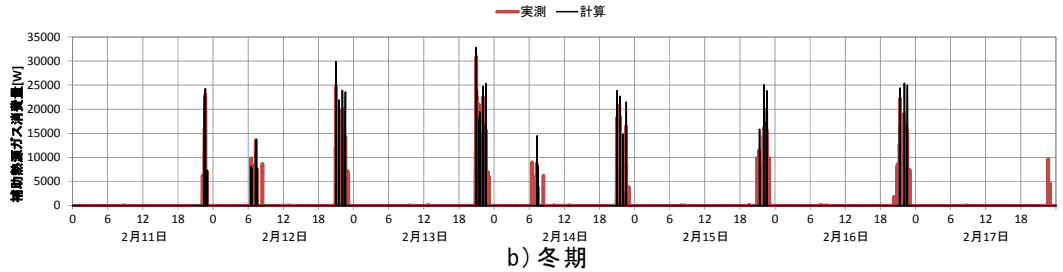


c）夏期

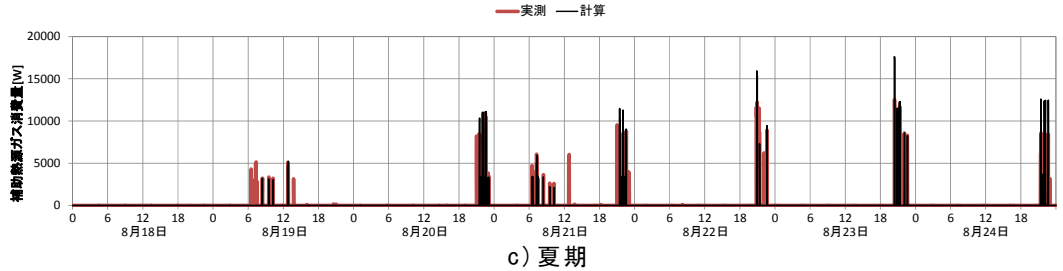
図 3.4.19 燃料電池受電量の比較



a）中間期

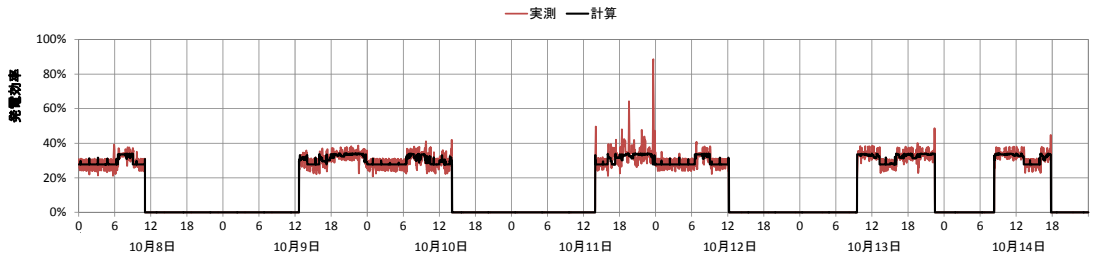


b）冬期

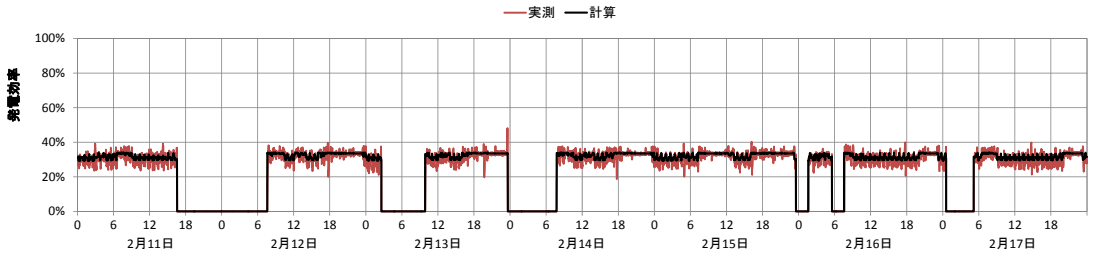


c）夏期

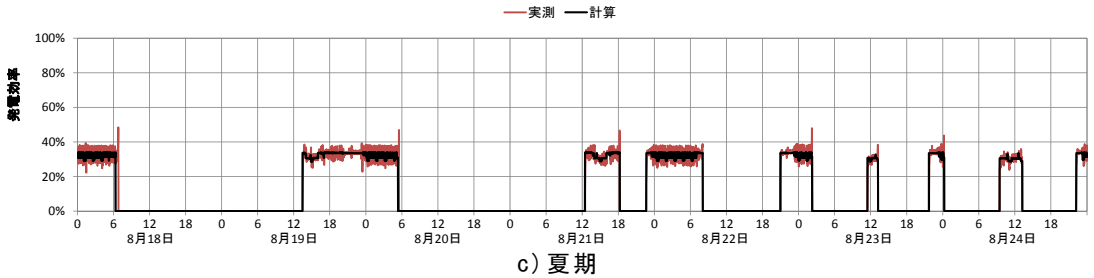
図 3.4.20 補助熱源機ガス消費量の比較



a) 中間期

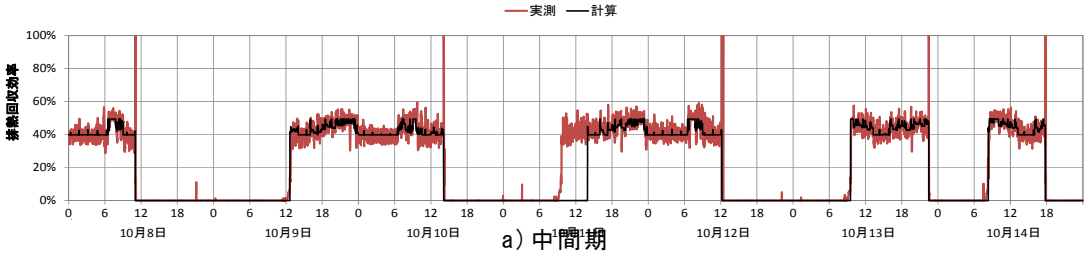


b) 冬期

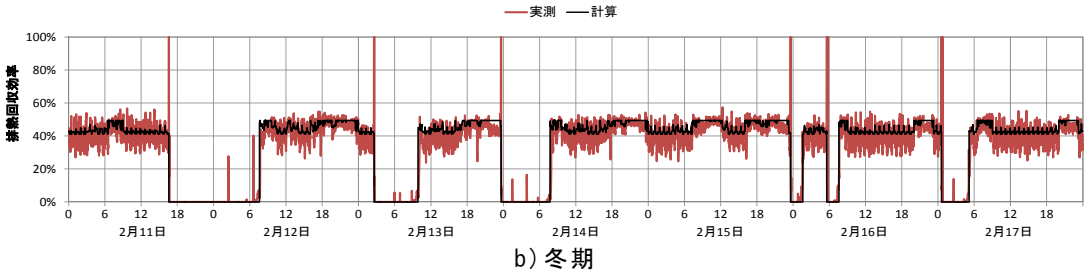


c) 夏期

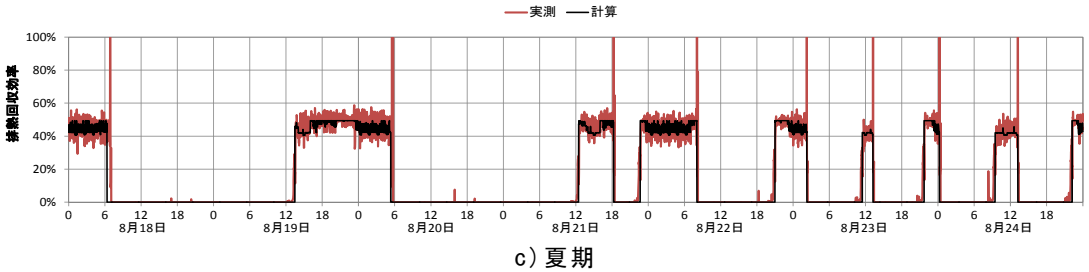
図 3.4.21 発電効率の比較



a) 中間期



b) 冬期



c) 夏期

図 3.4.22 排熱回収効率の比較

次に日積算値および期間全体の積算値による計算精度の検証を行う。図 3.4.23、図 3.4.24、図 3.4.25 に中間期、冬期、夏期のそれぞれにおける日積算値の比較を示す。

ON/OFF スケジュールを入力としているため、どの季節においても計算値の発電量(グラフ a))は概ね実測の傾向を捉えている。冬期や夏期では計算値の方が実測値を僅かに上回っている日が多い。実測では電力負荷が 1000W 以上あるにもかかわらず発電量が 1000W となっていない時間帯が時折見られ、これを計算値では再現できていないためと考えられる。

排熱回収量(グラフ b))についても概ね傾向を捉えている。冬期に計算値の排熱回収量が実測値よりも大きい日が見られるが、図 3.4.21 で示したように排熱回収効率が冬期には実測値よりも高めに計算されており、このことが影響している。

燃料電池受電量(グラフ c))は実測値と計算値で比較的乖離が大きい。計算では待機時の平均的な電力消費量を外気温度と相関のある特性式として表現しているが、その誤差が大きいものと考えられる。待機時の消費電力の特性式については見直しが必要である。特に中間期と夏期には計算値の方が大きく、冬期には実測値の方が大きいこと、また夏期よりも中間期により計算値の方が大きくなっていることから、単に外気温度との相関だけで特性を表現するには不適である可能性もある。ただし、燃料電池受電量はガス消費量などに比べ、絶対値が小さいため、全体のエネルギー消費量の誤差に与える影響は小さい。

燃料電池ガス消費量(グラフ d))は夏期にやや計算値の方が大きくなっているものの、全体的には実態をよく捉えていると言える。中間期の 22 日目に大きな乖離が見られるが、これは b)**実測値**

図 3.4.16 で示した発電が行われずに排熱回収だけが行われた日であり、他の日のガス消費量の状況から考えてイレギュラーな運転であったことが分かる。

補助熱源ガス消費量(グラフ e))は全般的に誤差が大きい。前述の通り、補助熱源が動くかどうかはタンクの蓄熱状況によるため、タンクの状態を正確に再現する必要があり、補助熱源ガス消費量を正確に計算することはシミュレーションにおける最も難しい点の一つと言える。計算開始時のタンクの状態をどのようにあたえるかによっても結果が変わるため、出来るだけ計算の初期条件としてタンクの実際の状況に近い初期条件を与えることも重要となる。

出湯熱量(グラフ f))については夏期に乖離が大きい。今回の計算では、出湯量だけを入力とし、出湯温度については設定温度(実験を行った際は 40℃と設定していたが、本計算では実際の出湯温度の測定結果から38.5℃と設定)になるものとして計算を行った。設定温度ではなく実際の出湯温度を入力とすればより計算精度は向上するものと考えられる。

発電効率(グラフ g))については、図 3.4.21 でも示したとおり、よく傾向を捉えている。排熱回収効率(グラフ h))については、冬期は実測値よりも計算値が高く、夏期は逆になる傾向がある。特性式に外気温度に関する因子を取り込むなどすれば、より精度を向上できる可能性がある。

一次エネルギー消費量(グラフ i))は冬期に実測値よりも計算値の方が小さい日が多い。その他の季節では概ね傾向を捉えられており、特に夏期に良く一致している。

最後に省エネ量(グラフ j))についてみると、一次エネルギー消費量と同様に中間期・夏期はよく傾向を捉えており、冬期に誤差が大きい結果であった。なお、省エネ量は従来型ガス給湯器(効率 0.736)と系統電力により住宅のエネルギーを賄ったと仮定した場合のエネルギー消

費量と計算結果あるいは実測結果のエネルギー消費量との差を取ったものである。給湯負荷が実測と計算とで異なるため、比較対象となる従来システムのエネルギー消費量も実測と計算とで異なる。

中間期、冬期、夏期のそれぞれにおける期間通算の日平均値の実測値と計算値の比較を表 3.4.7 に示す。中間期、冬期では燃料電池受電量および補助熱源機ガス消費量の誤差が大きい。燃料電池受電量については待機時の特性式の見直しによって改善される可能性がある。また、燃料電池受電量はエネルギー消費量の全体に占める割合が小さいため、誤差は大きいものの全体に対する影響は小さい。補助熱源機のガス消費量の誤差については排熱回収量の誤差が強く影響しているものと考えられる。排熱回収量について各季節で計算値から実測値を引くと、中間期-0.36、冬期 0.93、夏期 0.07 となるが、補助熱源機ガス消費量について同様の数値を計算すると中間期 0.47、冬期 1.01、夏期-0.07 となり、絶対値はほぼ同じで符号が逆転していることが分かる。これは排熱回収効率の計算誤差により排熱回収量が減った(増えた)分、補助熱源機のガス消費量が増えた(減った)ことを表している。したがって、排熱回収効率の誤差を小さくすることが、補助熱源機のガス消費量の誤差を小さくすることに寄与すると考えられる。補助熱源機は熱負荷が大きい冬期により稼働し、夏期は稼働が少ないため、誤差の絶対値は冬期ほど大きく、夏期は小さい。そのため、一次エネルギー消費量の誤差も冬期ほど大きく夏期に小さい結果となっている。このことから、現状の計算プログラムは給湯負荷が大きい場合に誤差が大きくなり、給湯負荷が小さければ誤差も小さいことが予想される。一次エネルギー消費量の誤差は中間期で-1.9%、冬期で-3.6%、夏期で-1.1%となり、エネルギー消費量を推計する上では十分な精度を持っていると言える。一方で、従来システムと比較した省エネ量で見ると誤差は中間期に 14.7%、冬期に 20.9%と大きかった.

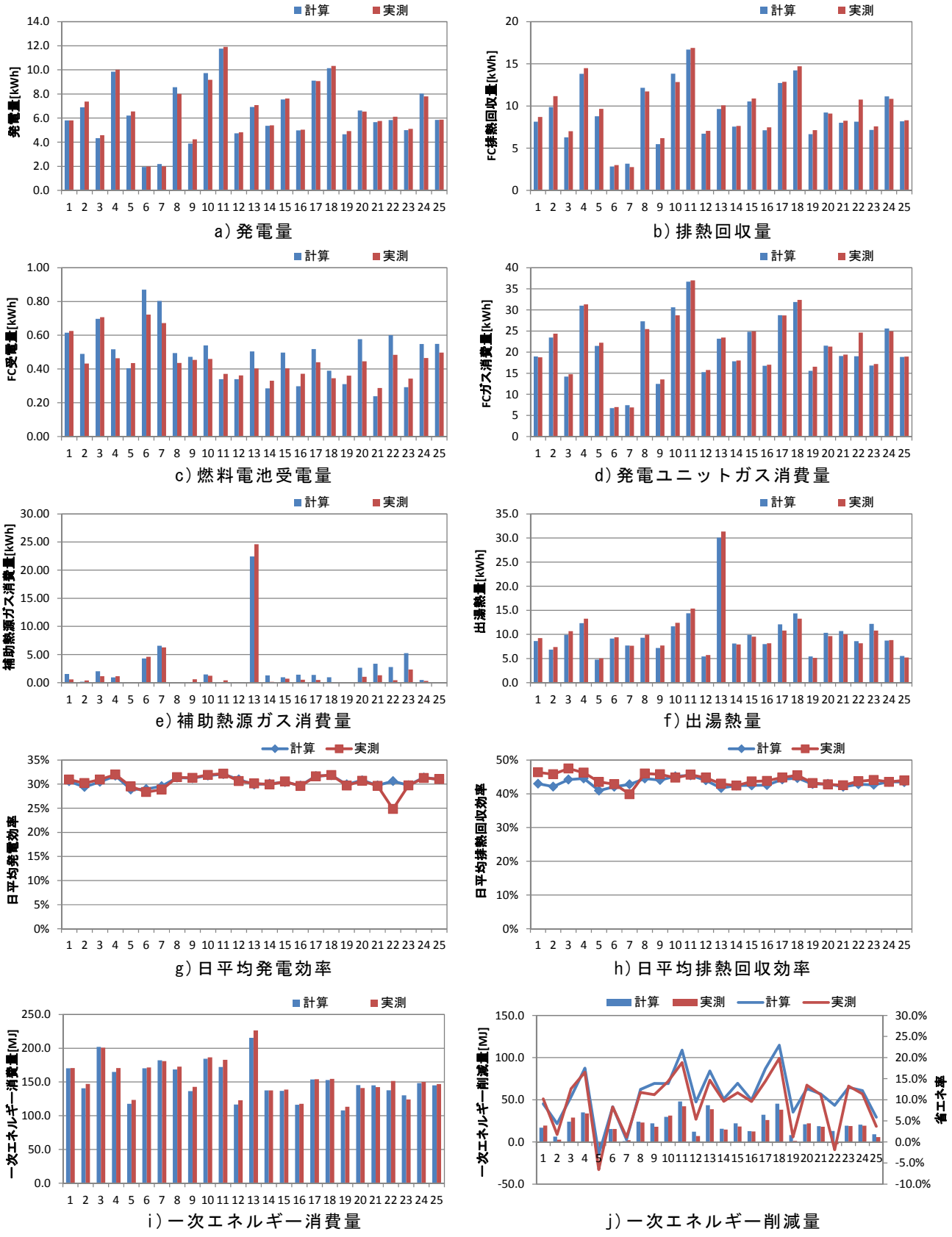


図 3.4.23 日積算値による実測値と計算値の比較(中間期)

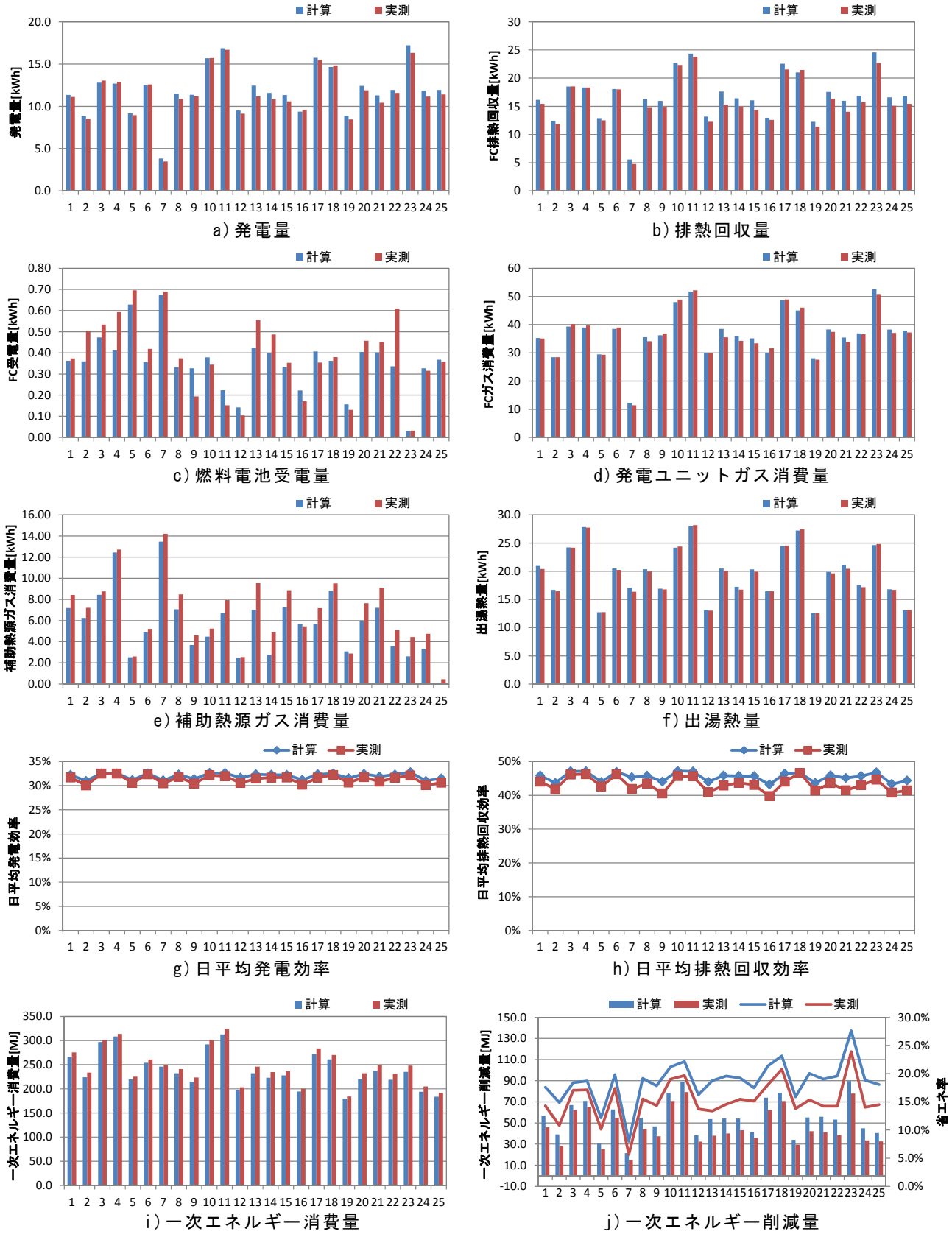


図 3.4.24 日積算値による実測値と計算値の比較(冬期)

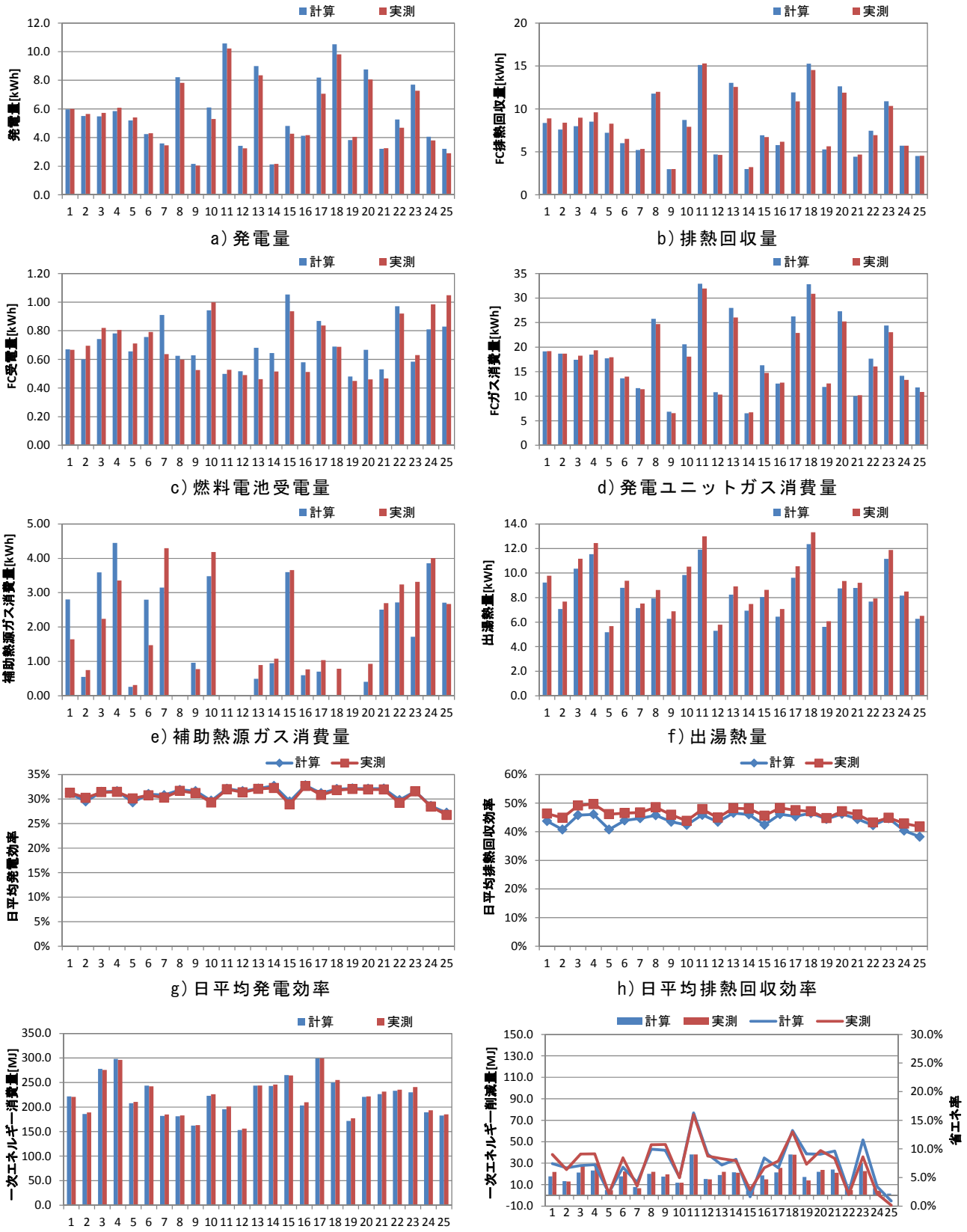


図 3.4.25 日積算値による実測値と計算値の比較(夏期)

表 3.4.7 日平均値の比較

期間日平均値		中間期			冬期			夏期		
		計算	実測	誤差	計算	実測	誤差	計算	実測	誤差
電力負荷	[kWh]		12.63	-		20.13	-		20.12	-
給湯熱量	[kWh]	10.06	10.11	-0.5%	19.77	19.61	0.8%	8.35	8.96	-6.8%
発電量	[kWh]	6.47	6.52	-0.9%	11.87	11.52	3.0%	5.64	5.40	4.5%
排熱回収量	[kWh]	9.13	9.49	-3.8%	16.87	15.94	5.8%	8.04	8.11	-0.8%
燃料電池受電量	[kWh]	0.49	0.45	7.7%	0.35	0.39	-8.3%	0.71	0.69	3.1%
燃料電池ガス消費量	[kWh]	21.02	21.34	-1.5%	36.98	36.63	1.0%	18.14	17.43	4.1%
補助熱源機ガス消費量	[kWh]	2.40	1.93	24.2%	5.70	6.71	-15.1%	1.69	1.76	-4.1%
発電効率	[%]	0.31	0.31	0.6%	0.32	0.31	2.0%	0.31	0.31	0.4%
排熱回収効率	[%]	0.43	0.44	-2.3%	0.46	0.44	4.8%	0.44	0.47	-4.7%
一次エネルギー消費量	[MJ]	151.93	154.80	-1.9%	237.79	246.58	-3.6%	219.63	222.10	-1.1%
一次エネルギー消費量(従来システム想定)	[MJ]	172.44	172.69	-0.1%	293.20	292.40	0.3%	237.23	240.22	-1.2%
省エネ量	[MJ]	20.51	17.89	14.7%	55.42	45.82	20.9%	17.60	18.12	-2.9%
省エネ率	[%]	0.12	0.10	14.8%	0.19	0.16	20.6%	0.07	0.08	-1.7%

(4) 遺伝的アルゴリズムを用いた最適スケジュール計算による学習機能の評価

PEFC やガスエンジン CGS は、学習機能によって ON/OFF スケジュールが決定されるため、学習機能の良し悪しが機器の省エネ性の評価に含まれる。学習機能の性能を評価する方法として、与条件となる負荷に対する最適な運転スケジュールとその際のエネルギー消費量を算出し、学習機能の予測が外れることによってどれだけエネルギー消費量がどれだけ増えるのかを割り出す方法が考えられる。この学習機能によるエネルギー消費量の増加率を学習係数とし、シミュレーションによる学習係数の算出を試みた。エネルギー消費量が最適値と比べて 10%増えている場合には学習係数 1.1 と表記する。

1) 計算の概要

最適スケジュールの算出は遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて行った。図 3.4.26 に最適スケジュール適用の模式図を示す。燃料電池がタンクを有し、タンクの状態が翌日のエネルギー消費量に影響することから、最適化は計算対象日とその翌日の 2 日分の負荷データを入力として 2 日分の最適スケジュールを算出した上で、計算対象日のスケジュールのみを適用する方法を取った。スケジュールの遺伝子表現について図 3.4.27 に示す。遺伝子 1 で始めの運転開始時刻を 10 分刻みで指定し、遺伝子 2～4 は残り時間に対する比率で運転停止あるいは運転開始時刻を表現する。2 日間で最大 2 回起動されるが、遺伝子 2 が 200 となる場合など、遺伝子に選択された数値によっては運転が 1 回となることもある。また、図は 1 日目開始時点で燃料電池が停止している状態を想定したものであり、1 日目開始時点で燃料電池が運転中である場合には、図中の ON と OFF が逆転することになる。この遺伝子表現による組み合わせは 2 億 8800 万通りとなる。なお、ON と OFF の時間が非常に短い選択肢となることも考えられるが、遺伝子からスケジュールを作成する際に起動時間および停止時間が確保されるよう補正をかけている。1 日分の計算は、1 世代 80 個体として 500 世代計算した。

計算対象日は中間期として 2007 年 10 月 8 日～10 月 14 日、冬期として 2008 年 2 月 11 日～2 月 17 日、夏期として 2008 年 8 月 18 日～8 月 24 日とした。いずれも前節の精度検証

で使用した期間の一部となっている。入力データの項目は図 3.4.11 で示したものから、運転スケジュールを除いたものである。また、各期間の初日の計算の際は、前節での計算で算出した計算開始時点の運転状態を与えて、計算した。2 日目以降は最適スケジュールを適用した後の最終時刻の運転状態を翌日の最初の時刻に引き継ぎ計算を行った.

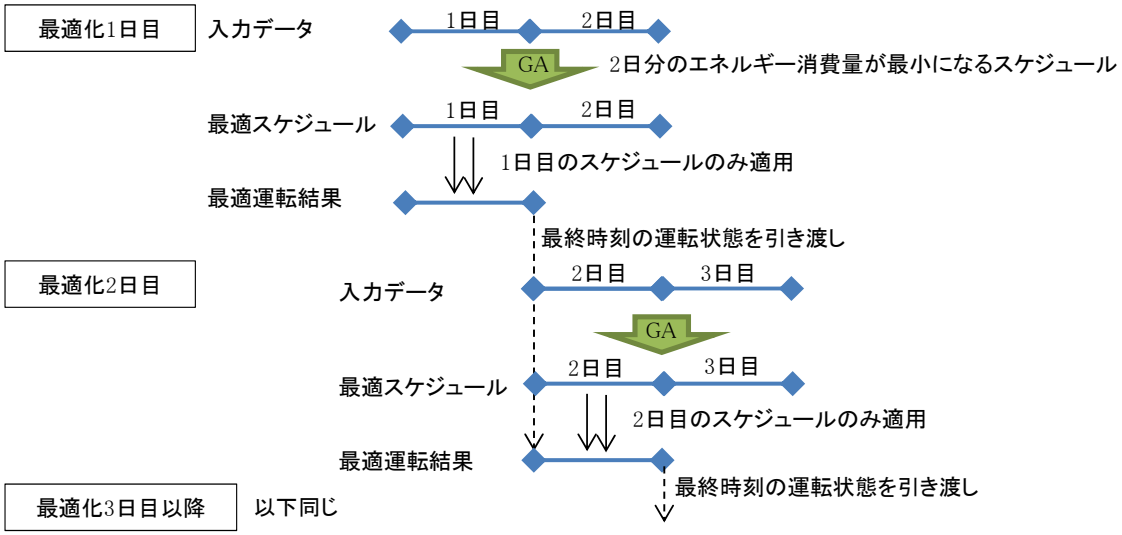


図 3.4.26 最適スケジュール適用の模式図

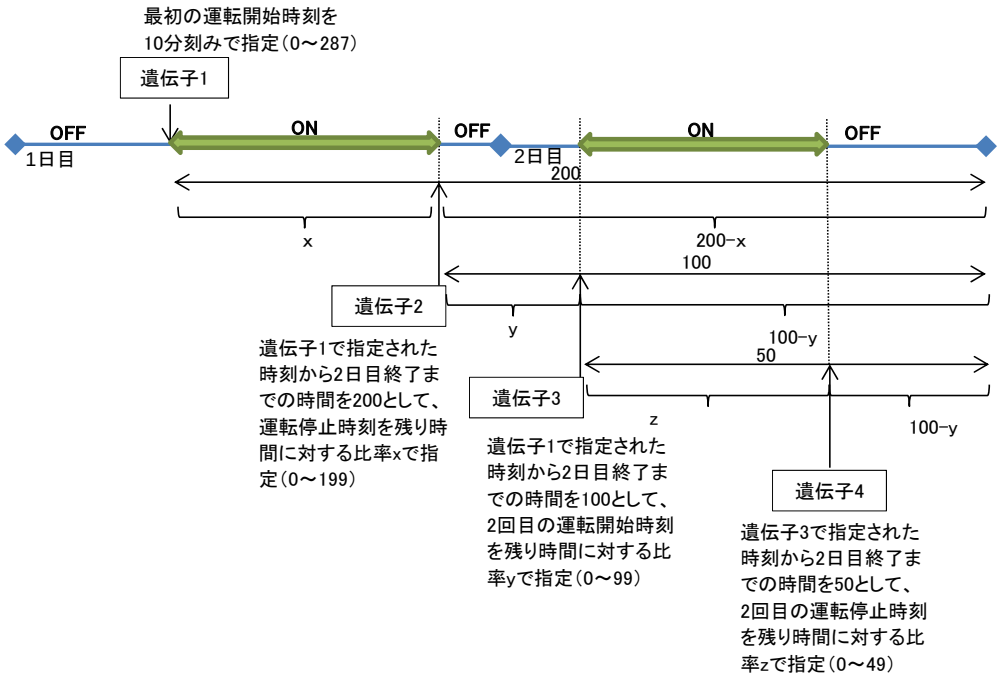


図 3.4.27 スケジュールの遺伝子表現

1) 計算結果

図 3.4.28、図 3.4.29、図 3.4.30 に各季節の実測スケジュールと最適スケジュールにおける発電状況の比較を示す。実測スケジュールとは、実測結果より算出したスケジュールを適用

して計算を行った場合を表し、前節の精度検証で示した「計算」の結果と同一である。したがって、実測スケジュール、最適スケジュールとも計算結果である。

中間期の最適スケジュールでは実測スケジュールに比べ、起動回数が増加している。実測スケジュールでは2日に1回程度起動し、夜間も連続して運転を行っている日が多いが、最適スケジュールでは一日一回起動し、電力負荷が小さい夜間は停止する日が増えている。負荷率が低下すると効率が低下することが要因と考えられる。

冬期の最適スケジュールは実測スケジュールに近いが、運転時間が増加していることが確認できる。給湯負荷が大きい冬期は、運転時間を延ばして燃料電池から供給する熱量を増やすことで効率が高まるものと考えられる。

夏期の最適スケジュールでは、起動回数はやや減少している。特に、実測スケジュールにみられる短時間の運転(例えば8月23日12時前後)がなくなり、まとまった運転となっていることが特徴である。こうした短時間の運転は学習による負荷予測がうまくいかずに起こったものと考えられ、最適スケジュールではまとまって運転できる時間帯が選択される結果となった。

図 3.4.31 に中間期における給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較を示す。最適スケジュールにおける貯湯タンク熱量をみると風呂の湯張りが行われる 20 時前後の時刻に 11kWh 程度になっている日が多い。また、排熱回収がなされる時間帯は風呂でのシャワー出湯が終わる 23 時 30 分頃に終了している日が多く、出湯の多い夜に向けて午前中から発電及び排熱回収を行い、風呂の湯張り前に満蓄として、その後シャワー出湯まで運転するスケジュールが最適となっている。なお、10 月 8 日および 10 月 14 日は湯張りを行わないスケジュールであり、他の日とは傾向が異なる。図 3.4.32 に補助熱源ガス消費量の比較を示す。補助熱源ガス消費量は実測スケジュールに比べて大幅に減少していることが確認できる。湯張り開始前に満蓄とする運転により、最適スケジュールでは補助熱源ガス消費量を減らすことができている。

図 3.4.33 に冬期における給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較を、図 3.4.34 に補助熱源ガス消費量の比較を示す。冬期においても風呂の湯張り開始前に満蓄とする運転が最適スケジュールとして選択されていると言える。最適スケジュールにおける補助熱源ガス消費量は中間期に比べれば多いものの、実測スケジュールと比べ減らすことができている。

図 3.4.35 に夏期における給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較を、図 3.4.35 に補助熱源ガス消費量の比較を示す。夏期においても風呂の湯張り開始前に満蓄とする最適スケジュールの傾向は変わらない。給湯負荷が小さいため運転時間は短くなっている。また、湯張りが行われない 8 月 18 日および 8 月 24 日では、深夜のうちにタンクに熱を蓄え昼間は運転しないスケジュールが選択されている。給湯負荷が小さくなると、起動・停止にかかるエネルギーの影響が大きくなり、運転回数を減らす運転が選択されたものと考えられる。最適スケジュールにおける補助熱源ガス消費量は中間期と同様に実測スケジュールと比べ少ない

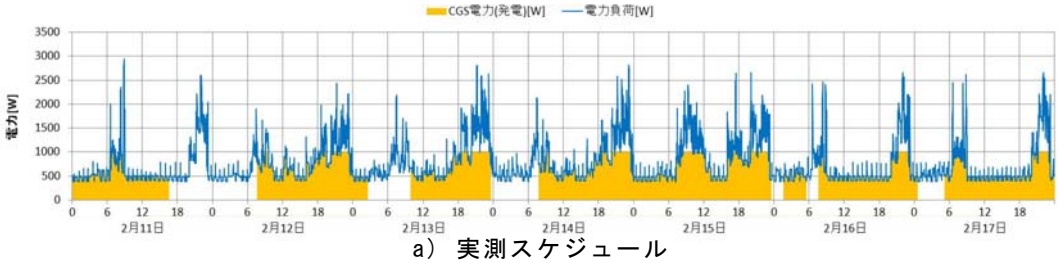


a)実測スケジュール



b) 最適スケジュール

図 3.4.28 発電状況の比較(中間期)

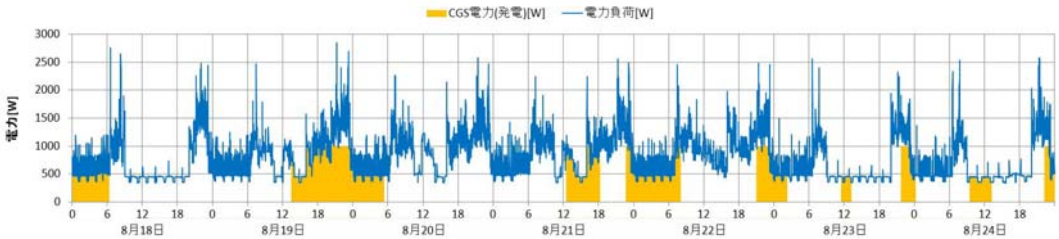


a) 実測スケジュール

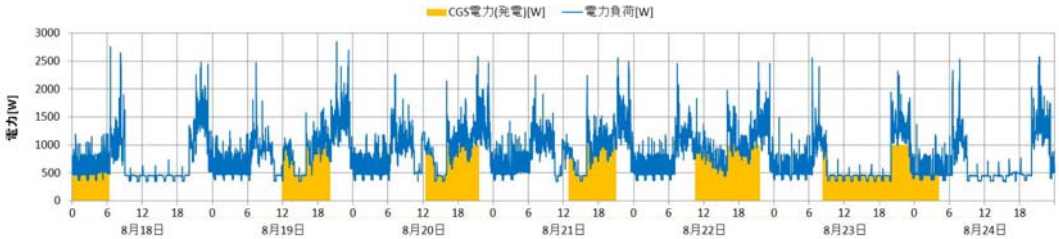


b) 最適スケジュール

図 3.4.29 発電状況の比較(冬期)

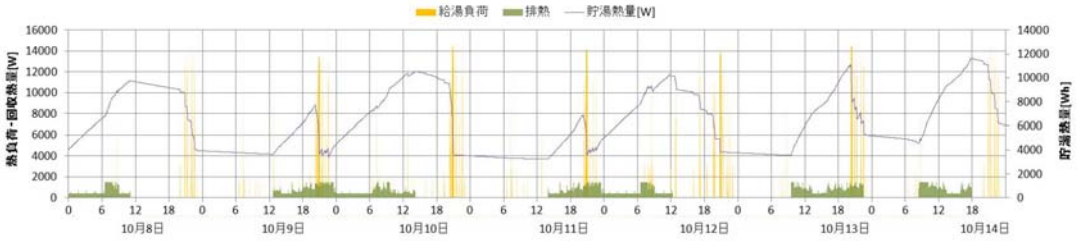


a) 実測スケジュール

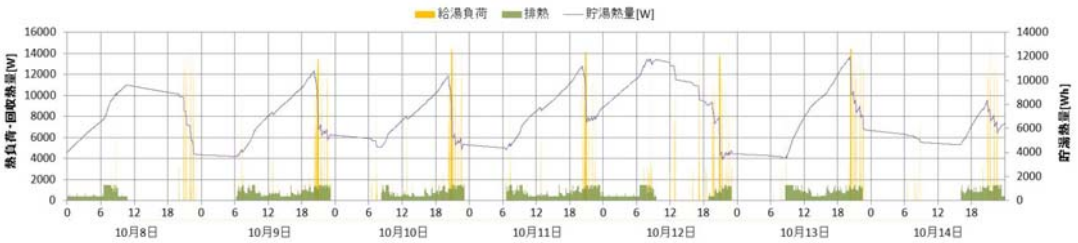


b) 最適スケジュール

図 3.4.30 発電状況の比較(夏期)



a) 実測スケジュール



b) 最適スケジュール

図 3.4.31 給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較(中間期)

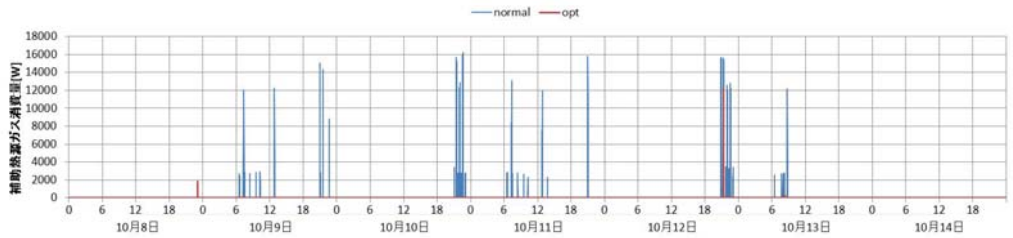
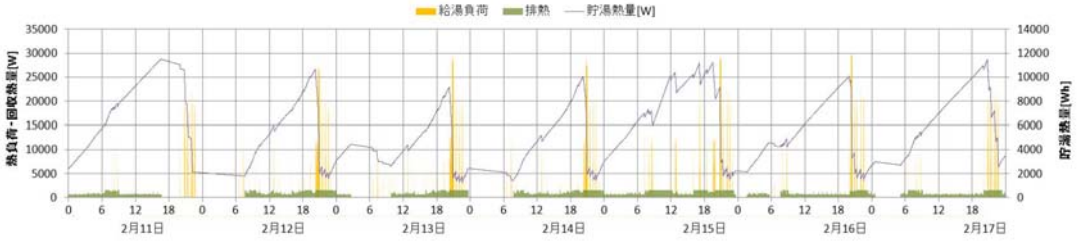
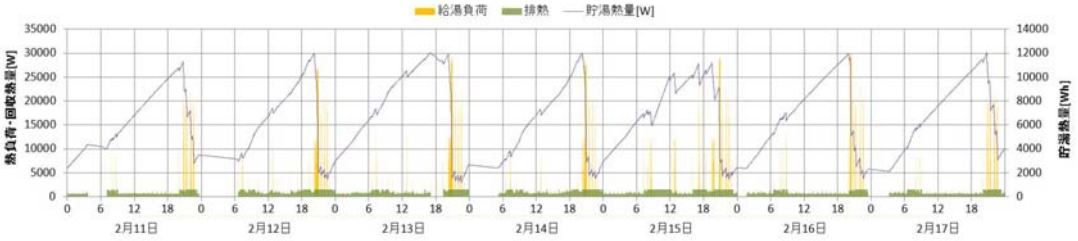


図 3.4.32 補助熱源ガス消費量の比較(中間期)



a) 実測スケジュール



b) 最適スケジュール

図 3.4.33 給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較(冬期)

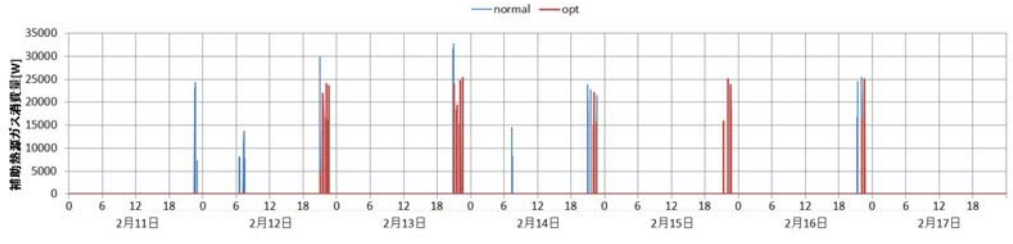
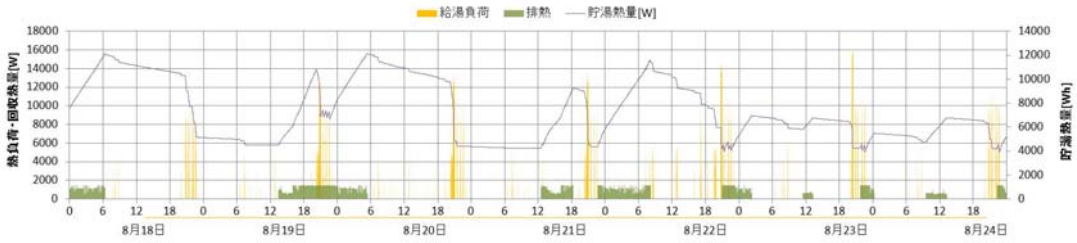
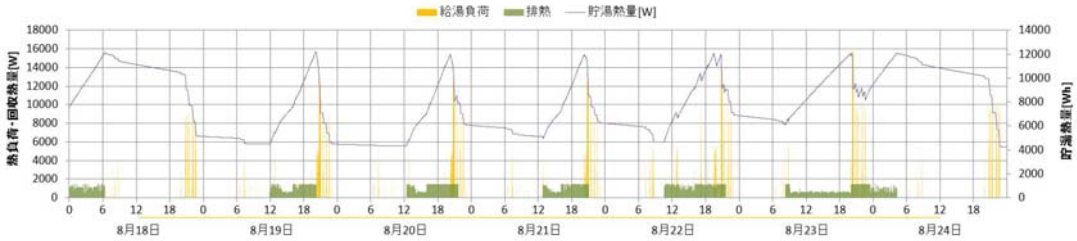


図 3.4.34 補助熱源ガス消費量の比較(冬期)



a) 実測スケジュール



b) 最適スケジュール

図 3.4.35 給湯負荷・排熱回収量・貯湯タンク熱量の比較(夏期)

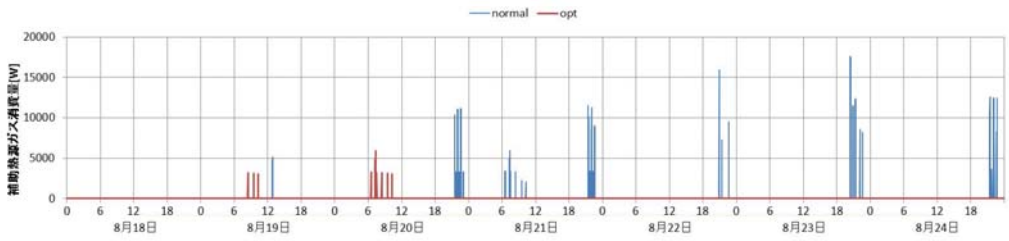


図 3.4.36 補助熱源ガス消費量の比較(夏期)

中間期における最適スケジュールと実測スケジュールの計算結果の日積算値比較を図 3.4.37 に示す。発電量(グラフ a))は、実測スケジュールに比べ最適スケジュールでやや増加している。それに伴い排熱回収量(グラフ b)) および燃料電池ガス消費量(グラフ d))も最適スケジュールの方が多い。受電量については、運転時間が増加した場合、待機時間が減少し待機電力削減に繋がるため、減少することになる。しかし、起動にかかる電力消費があるため起動回数が増えれば、電力消費量は増加することになる。その結果、運転時間が減少した 8 日と 14 日、および起動回数が増えた 10 日および 12 日において受電量が増加する結果となった。補助熱源ガス消費量(グラフ e))は最も顕著な違いが現れ、最適スケジュールでは実測スケジュールに比べ大幅に減少していることが分かる。できるかぎり燃料電池の排熱で給湯負荷を賄うことが省エネルギーに繋がるものと推測される。発電効率(グラフ g))および排熱回収効率(グラフ h))については、最適スケジュールと実測スケジュールでほとんど差がない。発電時間帯が変わっているものの負荷率はほとんど変わらなかったものと考えられる。一次エネルギー消費量(グラフ i))はやや最適スケジュールのほうが少なく、省エネルギー量(グラフ j))から 8 月 9 日～12 日の減少が大きいことが確認できる。これは補助熱源ガス消費量(グラフ e))が大きく減少した日に一致する。

冬期における最適スケジュールと実測スケジュールの計算結果の日積算値比較を図 3.4.38 に示す。冬期においても、発電量(グラフ a))は実測スケジュールに比べ最適スケジュールでやや増加しているが、増加した比率は中間期ほどではない。図 3.4.28 からも分かるように、実

測スケジュールにおいてもほとんどの時間運転している状況であり、増加できる余地が非常に少ないためと考えられる。発電量の増加に伴って、排熱回収量(グラフ b)) および燃料電池ガス消費量(グラフ d))は最適スケジュールでやや増加している。受電量については、起動回数がほぼ変わらないため、運転時間が増加し待機電力が削減されて減少している。補助熱源ガス消費量(グラフ e))については中間期ほど顕著ではないものの、すべての日で最適スケジュールの方が実測スケジュールよりも減少している。図 3.4.34 より、最適スケジュールにおける補助熱源の稼働時刻がすべて風呂の湯張り後のシャワーの時間帯であり、この時間帯はいずれも発電を行っていることから、タンク容量の不足により湯張り前に満蓄としていても給湯負荷をすべて賄うことができないものと考えられる。このことからできるかぎり燃料電池の排熱で給湯負荷を賄うことが省エネルギーに繋がるという中間期の検討で得られた結論と同様、冬期においても補助熱源の稼働を極力減少させるスケジュールが選択されているものと推測される。中間期同様、発電効率(グラフ g))および排熱回収効率(グラフ h))については、最適スケジュールと実測スケジュールでほとんど差がない。一次エネルギー消費量(グラフ i))はやや最適スケジュールのほうが少なく、省エネルギー量(グラフ j))から 2 月 15 日と 17 日を除いて省エネ効果が得られていることが確認できる。15 日と 17 日以外は補助熱源ガス消費量(グラフ e))が最適スケジュールにおいて減少しており、やはり補助熱源による出湯を減らすことが省エネに繋がると言える。

夏期における最適スケジュールと実測スケジュールの計算結果の日積算値比較を図 3.4.39 に示す。発電量(グラフ a))は、実測スケジュールに比べ最適スケジュールで増加している日が多く、中間期、冬期の傾向と一致する。受電量(グラフ c))については、運転時間が増加し、待機時間が減少したことにより最適スケジュールの方が少ない日が多い。中間期と同様、最も顕著な違いが現れたのは補助熱源ガス消費量(グラフ e))であり、最適スケジュールでは実測スケジュールに比べ大幅に減少している。発電効率(グラフ g))および排熱回収効率(グラフ h))については、中間期や冬期と異なり、やや最適スケジュールで向上が見られる。発電時間帯が変わり負荷率が上昇したことが影響しているものと考えられる。一次エネルギー消費量(グラフ i))はやや最適スケジュールのほうが少なく、特に後半の日程でより減らすことができている。発電効率(グラフ g))をみると、実測スケジュールでは後半の日程で前半に比べ低下しており、最適スケジュールでは前半同様の効率を維持していることが分かる。このことと、補助熱源ガス消費量を減少できたことにより、より高い省エネルギー効果を得られたと言える。なお、8 月 20 日において最適スケジュールよりも実測スケジュールの方がエネルギー消費量が少ない要因として、2 点上げられる。一つは、最適化を行う際に 2 日分のデータから 2 日合計のエネルギー消費量が最小となるスケジュールを選択するようにしたことである。8 月 20 日のスケジュールは 8 月 20 日および 21 日のエネルギー消費量が最小となるものが選択されるようになるため、20 日にエネルギー消費量が増加したとしても、21 日によりエネルギー消費量がより削減されれば、そのスケジュールが最適と判断される。実際、21 日のエネルギー消費量は 20 日の増分以上に減少している。もう一つは、図 3.4.35 から分かるように実測スケジュールでは、19 日の夜間から 20 日の深夜にかけての発電により蓄えられたタンクの熱量により、20 日の出湯の多くが賄われたことである。19 日に蓄えられた熱を 20 日に消費したことにより 20 日のガスのエネルギー消費量が減少し、実測スケジュールの一次エネルギー消費量が少なくなっている。

以上の結果より、最適スケジュールの計算結果には一定の傾向が見られた。すべての季節に共通に見られたのは、補助熱源ガス消費量を減少させることにより省エネ効果が得られるこ

とである。補助熱源ガス消費量を減少させるには、学習によりどの時刻にどれだけの出湯があるかを正確に予測することが必要であるがそれは困難である。また、起動停止に関する制約として、エネルギーの浪費を防止する観点から対象としたPEFCは満蓄になると運転を停止する仕様となっていること、起動回数は機器劣化の防止や省エネ性などの観点から原則一日一回となっていることが挙げられる。そのため、学習の予測がはずれ早めに満蓄となると、その後起動できないという制約がある。これにより出湯時刻が予測よりも遅くなったとしても機器を停止せずに運転を続けることができる。こうした制御方法を取ることは予測が外れる可能性がある学習機能にとって不可避であるが、省エネルギー効果が低減する要因となる。

また、省エネルギー効果が得られるもう一つの要因として、夏期に見られたように発電効率を上げることが挙げられる。夏期のように給湯負荷が小さく、短時間の運転となると発電を行う時間帯をある程度選択できるようになる。極力電力負荷が高い時間帯に運転を行い、負荷率を上げることで高効率な運転が可能となるため、発電時間帯の選択も重要である。実測スケジュールでは、夏期において比較的電力負荷の小さい時間帯に運転することが多く、そのことが発電効率の低下に繋がっている。最適スケジュールではこれを改善したことにより省エネ効果が得られている。

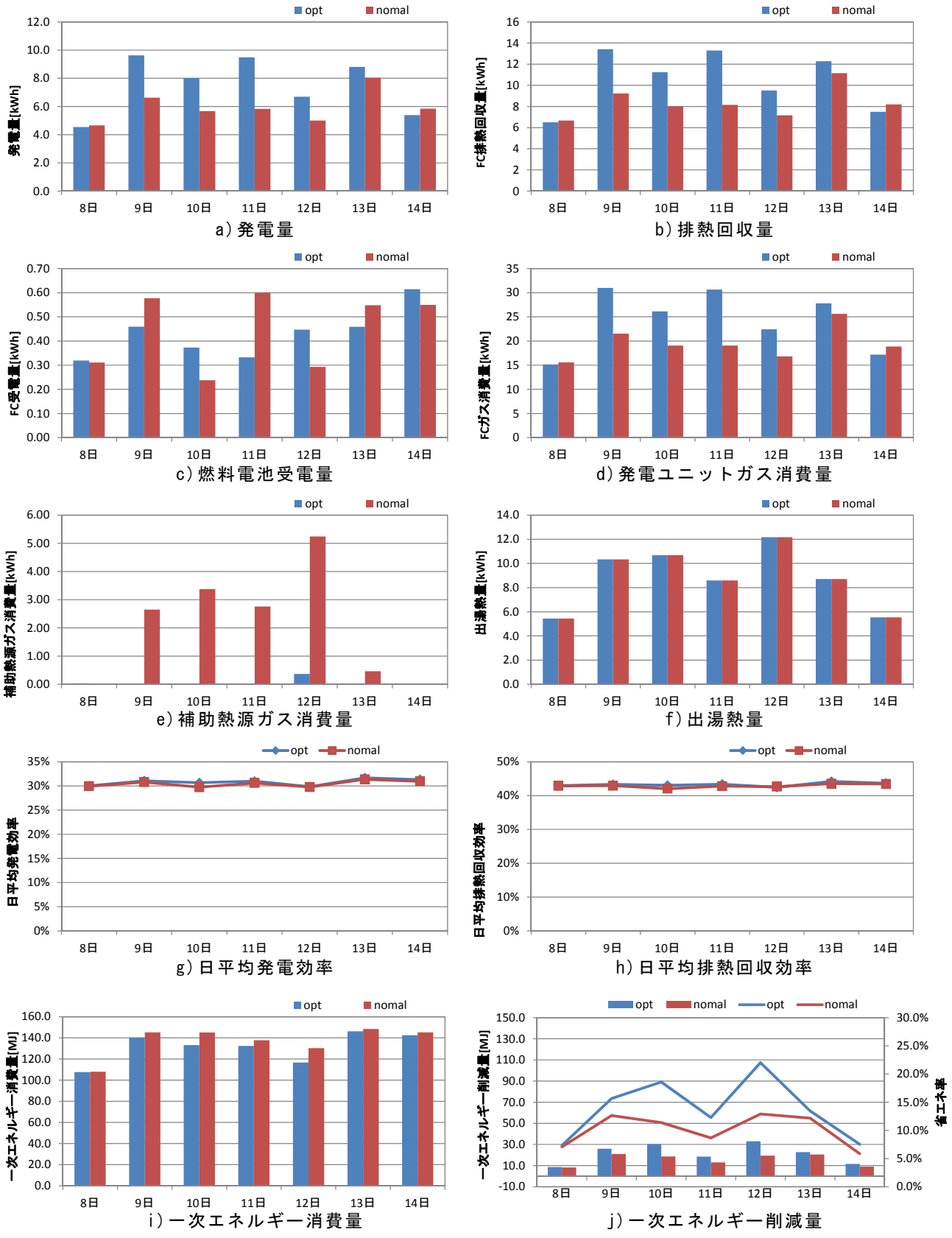


図 3.4.37　日積算値の比較(中間期)

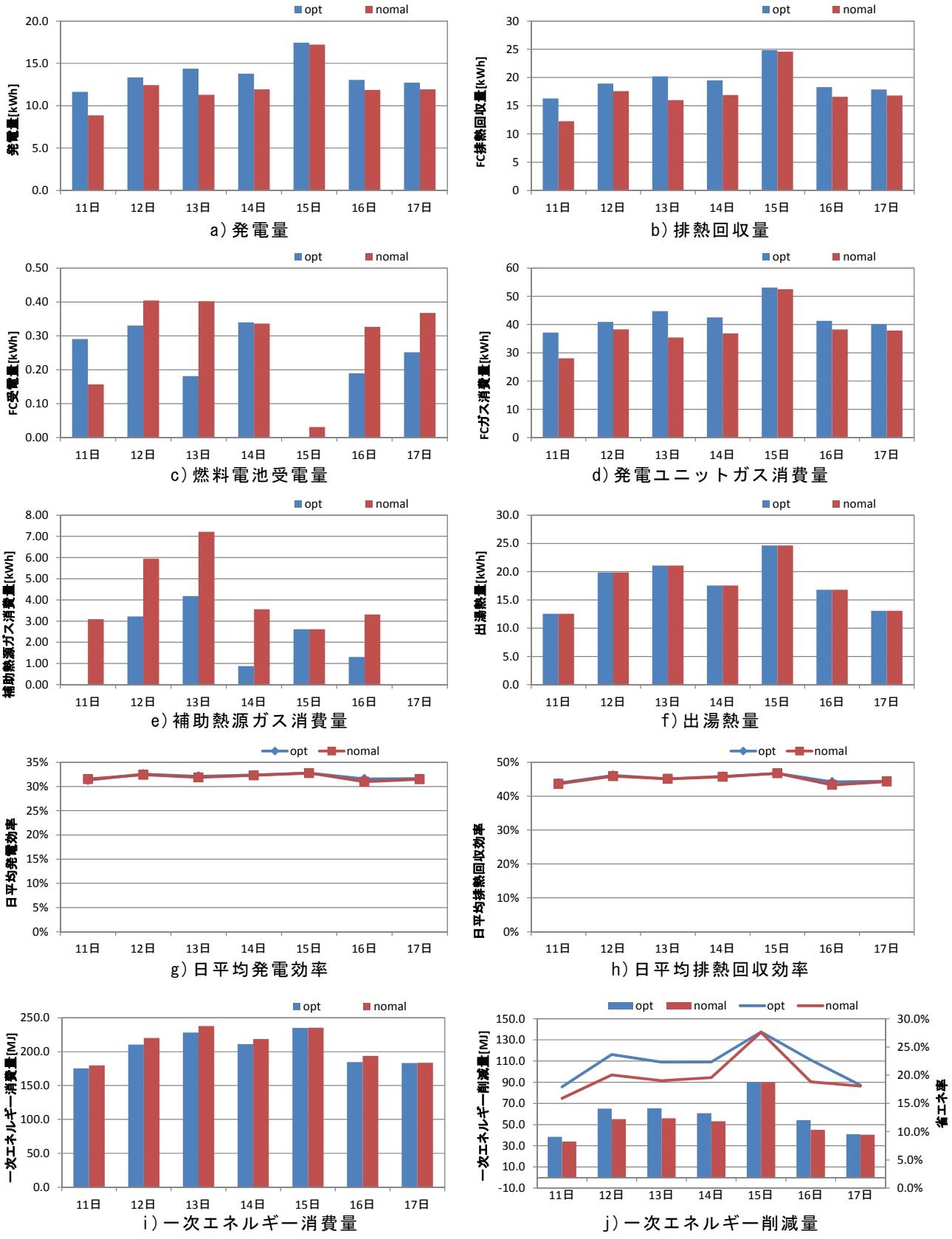


図 3.4.38 日積算値の比較(冬期)

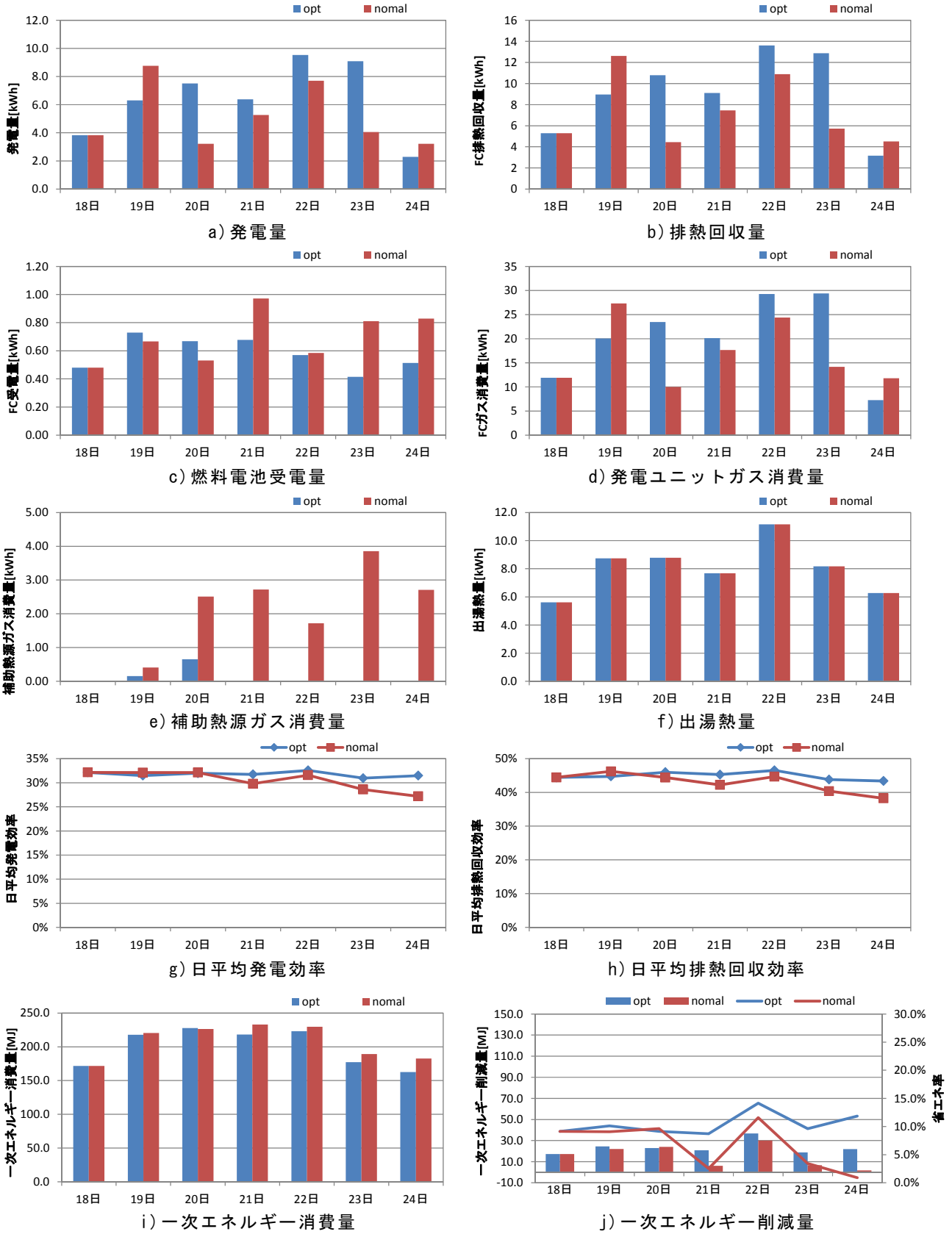


図 3.4.39 日積算値の比較(夏期)

表 3.4.8 に計算期間における日平均値の比較を示す。中間期および夏期には、最適スケジュールにおいて実測スケジュールと比べ、発電量および排熱回収量が 25％程度増加している。これに伴い、燃料電池ガス消費量も中間期で 25％程度、夏期で 20％程度増加するものの、補助熱源機ガス消費量をほぼゼロにまで減らすことができている。冬期では、最適スケジュールにおいて発電量および排熱回収量は 12.6％の増加となり、補助熱源機ガス消費量は約 50％削減される結果となった。この結果、最適スケジュールの発電寄与率は実測スケジュールと比べ中間期で 13.8 ポイント、冬期で 8.6 ポイント、夏期で 6.8 ポイントの向上となった。同様に給湯寄与率は、中間期で 20.6 ポイント、冬期で 9.7 ポイント、夏期で 20.9 ポイントの向上となり、中間期・夏期ではほぼ 100％、冬期でも 91.3％とかなり高い数値となった。一次エネルギー消費量は、中間期に 4.3％、冬期に 2.8％、夏期に 3.8％削減の余地があるという計算結果であった。一次エネルギー消費量の削減量では中間期・冬期は 1.7kWh/日であり、夏期が 2.2kWh/日で最も大きい結果となった。補助熱源消費量の削減量はいずれの季節でもほぼ同程度(0.5kWh/日)であることから、発電効率および排熱回収効率にも大きな改善が見られた夏期のエネルギー消費量が最も削減される結果となっている。

以上の結果より、各季節の学習係数は中間期、冬期、夏期の順に、1.046、1.030、1.039 であり、いずれの季節でも最適運転から 3～5％エネルギー消費量が増加しているという結果であった。予測機能を含む制御としては大きな損失なく、非常に高い水準で運転されていると考えられる。これは、今回使用したデータが実験データであることにも影響されているものと考えられる。一日の電力負荷の発生傾向や給湯の出湯時刻などは、意図的にばらけさせてあるもののある程度傾向があり、比較的予測が行いやすいものと考えられる。実際の住宅では、旅行による外泊など、極端に傾向の違う負荷が発生することも考えられ、学習係数はもう少し悪化する可能性がある。今後、検証を進めたい。

表 3.4.8 計算期間における日平均値の比較

期間日平均値		中間期			冬期			夏期		
		opt	normal	増減	opt	normal	増減	opt	normal	増減
電力負荷	[kWh]	3.15		-	5.04		-	5.27		-
給湯熱量	[kWh]	2.46		-	5.02		-	2.26		-
発電量	[kWh]	2.10	1.67	26.1%	3.85	3.42	12.6%	1.80	1.44	24.7%
排熱回収量	[kWh]	2.95	2.34	25.9%	5.43	4.83	12.6%	2.55	2.04	25.2%
燃料電池受電量	[kWh]	0.12	0.12	-3.6%	0.06	0.08	-21.7%	0.16	0.19	-16.8%
燃料電池ガス消費量	[kWh]	6.81	5.46	24.8%	12.00	10.70	12.2%	5.66	4.69	20.7%
補助熱源機ガス消費量	[kWh]	0.02	0.58	-97.2%	0.49	1.03	-52.6%	0.03	0.56	-94.2%
発電効率	[%]	30.9%	30.5%	0.3p	32.1%	32.0%	0.1 p	31.8%	30.7%	1.0 p
排熱回収効率	[%]	43.3%	42.9%	0.4p	45.3%	45.1%	0.2 p	45.1%	43.5%	1.6 p
発電寄与率	[%]	66.7%	52.9%	13.8p	76.5%	67.9%	8.6 p	34.1%	27.4%	6.8 p
給湯寄与率	[%]	99.4%	78.8%	20.6p	91.3%	81.6%	9.7 p	98.7%	77.8%	20.9 p
一次エネルギー消費量	[MJ]	36.7	38.4	-4.3%	57.1	58.8	-2.8%	56.0	58.2	-3.8%
一次エネルギー消費量 (従来システム想定)	[MJ]	42.8	42.8	0.0%	73.7	73.7	0.0%	62.5	62.5	0.0%
省エネ量	[MJ]	6.0	4.4	37.3%	16.6	14.9	11.0%	6.5	4.3	50.9%
省エネ率	[%]	14.1%	10.3%	3.8p	22.5%	20.3%	2.2 p	10.4%	6.9%	3.5 p

※増減率の「p」はポイントを表す。

3.4.6 まとめ

本研究では、家庭用コージェネレーション機器の評価及び適切な普及のため、性能評価試験方法の課題の抽出、実住宅における実働性能測定、電気とガスを分離するための計算ロジックの検討、シミュレーションモデルの開発、シミュレーションによる学習機能の評価に取り組んだ。いずれも十分に遂行できたとは言えず、残された課題も多い。例えば、評価試験法については新たに簡略な試験方法を提案するには至らなかった。電気とガスを分離するための計算ロジックの検討やシミュレーションプログラムの作成では、一機種の結果の検証にとどまり、現行のいくつかの機種で評価法、計算法を確立するには至っていない。また、シミュレーションプログラムには床暖房負荷や追焚き負荷の影響を反映しておらず、今後追加が必要である。

一方で、シミュレーションプログラムが完成し、高精度にエネルギー消費量が予測可能であることを示せたことは、大きな成果である。他機種への展開を考えた場合、その機器を代表する起動・停止・部分負荷・待機の各特性を取得すればよく、これは学習の影響がないため、非常に短期間の試験で機器性能を評価できる可能性がある。また、様々な負荷条件に対するエネルギー消費量の予測も可能になり、コージェネレーション機器の導入に適した住宅であるかどうかを判断するための基準作成などにも使用できる。

「はじめに」で述べたとおり、コージェネレーション機器はまだ進化途中の発展途上の機器であり、今後も新たな機器が出てくると考えられる。特にタンク容量の違いや発電出力の違いなどにより、個々の住宅に合わせることができる豊かな商品ラインナップとなることが予想され、こうした機器を適切に評価・普及させることが今後の課題といえる。東日本大震災後の状況から、エネルギーの効率的な利用は最重要課題となったが、コージェネレーション機器はその切り札の一つである。今後、益々コージェネレーション機器が発展し、適切に普及が進むことが期待される。

参考文献

1)(財)新エネルギー財団, 平成 21 年度定置用燃料電池大規模実証事業報告書　2010.3

2)(財)建築環境・省エネルギー機構、住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法の解説　2009.3

3)(財)日本規格協会、JIS C 8823：2008　小形固体高分子形燃料電池システムの安全性及び性能試験方法　2008.7

4)黒木洋ほか、各種家庭用電熱源機器の導入効果について--家庭用分散型電熱源の導入効果に関する研究(その 2)　日本建築学会環境系論文集 75(647)　2010.1　p43-50

5)大阪ガスホームページ、2012 年 5 月時点

http://home.osakagas.co.jp/search_buy/ecowill/lineup/1193293_3133.html

http://home.osakagas.co.jp/search_buy/enefarm/about/lineup.html

6)東芝燃料電池システム株式会社、2012 年 5 月時点

http://www.toshiba.co.jp/product/fc/products/index.htm

7)JX 日鉱日石エネルギーホームページ、2012 年 5 月時点

http://www.noe.jx-group.co.jp/lande/product/fuelcell/spec.html

3.5 暖冷房機器の効果的使用方法に関する検討

3.5.1 はじめに

暖冷房機器選定方法を提案する。機器の容量選定方法を作成するために、気候・暖房面積・隣室条件など条件を変えた SimHeat による負荷計算をパラメトリックに行う。使用するソフトウェアについては、熱負荷計算プログラムとして市販されているソフトウェアは各種あるが、出力される計算結果の信頼性、出力データ書式改造等のカスタマイズ性、入力ファイル作成の手間の軽減等の観点から、AE-Sim/Heat とし、必要に応じて改造を行った。検討ケースは、表 3.5.1 に示す検討項目の組合せとする。

表 3.5.1 検討ケース概要

項目	ケース数	備考
計算地点と暖冷房条件	15	5地点、暖房・冷房、間欠・連続の組合せの中から選択した
室用途	2	LD・子供室
室モデル	6	1階・2階、1面外気・2面外気、腰窓・掃出し窓の組合せの中から選択した
断熱仕様	3	S55仕様・H04仕様・H11仕様
床面積とエアコン能力	31	床面積6畳～20畳、エアコン2.2kW～7.1kWの組合せの中から選択した
設定温度	3	(暖房のみ)18℃・20℃・22℃
通風量	3	(冷房のみ)20回/h・5回/h・2回/h
方位	4	東・西・南・北(2面外気モデルは45度回転)
隣室温度	8	外気温と計算対象室の重みづけ平均として設定
室の熱容量	3	

3.5.2 暖冷房機器の容量選定方法の提案

(1) 検討ケースの詳細

検討するケースは、以下の条件を組み合わせたものとする。なお、各ケースに対して計算結果ファイル名等と一意に対応させるために ID を設定している。

1) 計算地点と暖冷房条件

計算地点と暖冷房条件は表 3.5.2 に○で示した 15 ケースとする(カッコ内がケース ID)。なお、各地点に対応する気象データは拡張アメダス気象データ(旧版)で作成した 1980～1995 年の標準年データ(SMASH 形式)とする。

表 3.5.2　計算地点と暖冷房条件

計算地点	暖房		冷房	
	間欠	連続	間欠	連続
札幌		○(SA01)		
仙台	○(SE02)	○(SE03)	○(SE04)	○(SE05)
新潟	○(NI06)	○(NI07)	○(NI08)	○(NI09)
東京	○(TO10)	○(TO11)	○(TO12)	○(TO13)
那覇			○(NA14)	○(NA15)

※カッコ内はケース ID

2）室用途

熱負荷算出の対象となる室の想定用途は、表 3.5.3 に示す LD と寝室の 2 ケースとする。

表 3.5.3　室用途

室用途	ケースID
LD	1
子供室	2

室用途に応じて、暖冷房スケジュール設定や発熱設定が異なり、それぞれ図 3.5.1、図 3.5.2 のように設定する。

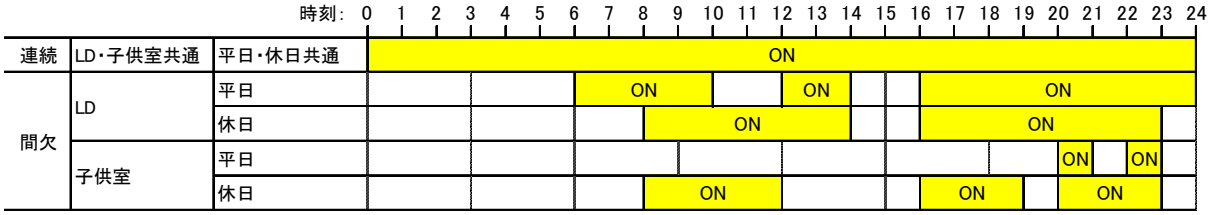


図 3.5.1　室用途ごとの暖冷房スケジュール設定

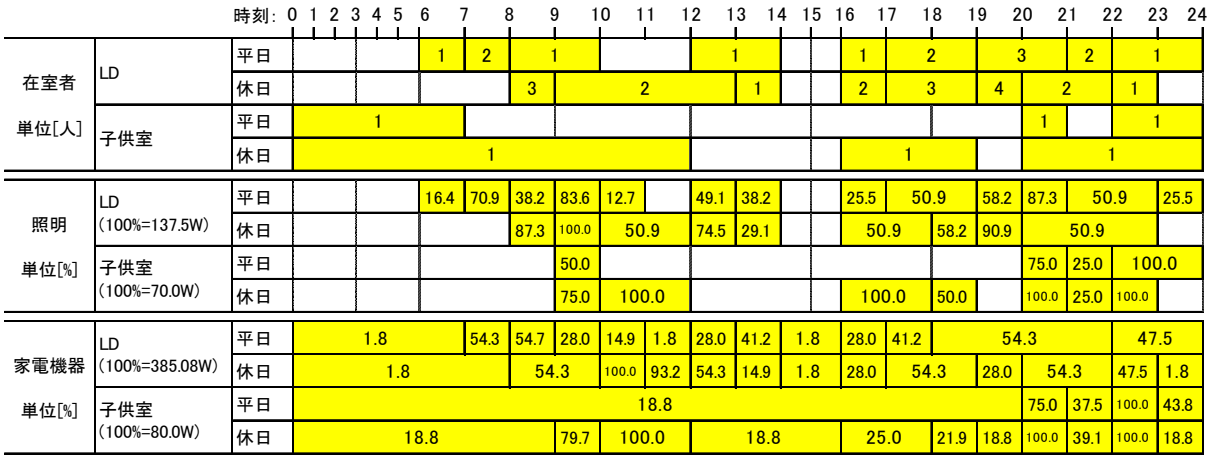
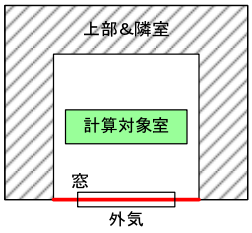
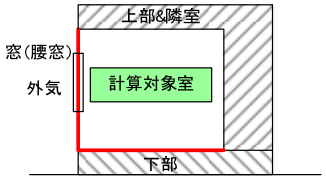
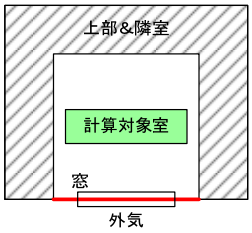
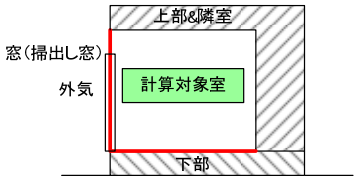
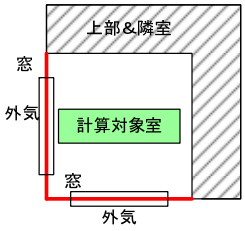
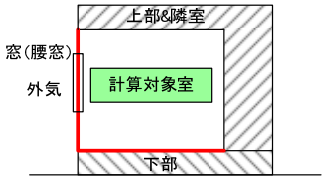
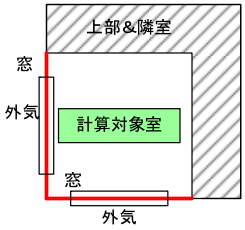
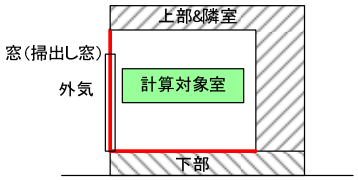
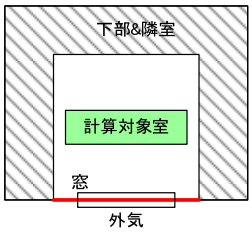
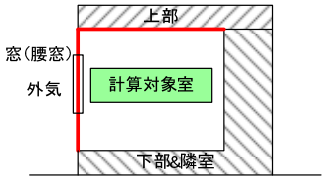
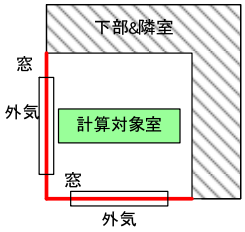
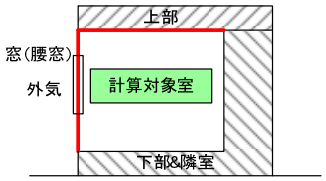


図 3.5.2　室用途ごとの在室者・機器スケジュール設定

3）室モデル

表 3.5.4 に示す検討モデルで計算を行う。計算対象室周囲に隣室想定室を設置するが、計算対象室の 1 面を外皮面とするケースと 2 面を外皮とするケースの 2 ケースを設ける。熱負荷算出の対象となる室と、周囲の空間（床下・階間・天井裏等）や外気との位置関係、窓形状との組合せをまとめて 6 ケースに設定する。

表 3.5.4　室モデル

ケース概要	ケースID	平面形状	断面形状
1階 1面外気 腰窓	1		
1階 1面外気 掃出し窓	2		
1階 2面外気 腰窓	3		
1階 2面外気 掃出し窓	4		
2階 1面外気 腰窓	5		
2階 2面外気 腰窓	6		

ケースの設定にあたっては、以下の点に留意している。

- 負荷計算対象室はいずれのモデルも 1 室とする。ケースに応じて床下・隣室・天井裏・階間等の空間も設定するが、それらの空間では熱負荷は算出しない。
- 外気条件は気象データに従うものとし、床下・隣室・天井裏・階間等の室温は一定のルールで設定する
- 負荷計算対象室は 1 階または 2 階に位置するものとし、1 階の場合は外壁および床を断熱部位とし、2 階の場合は外壁および天井を断熱部位とする。
- 外気に面する面は 1 面または 2 面とする。2 面の場合、その 2 面は隣接する 2 面とする。また、外気に面する面には必ず窓を設ける。
- 1 階の場合、窓は腰窓と掃出し窓の 2 ケースとし、2 階の場合は腰窓のみとする。
- 腰窓の高さ寸法は 1,350mm とし、床から窓下端までの高さは 900mm とする。掃出し窓の高さ寸法は 2,250mm とし、窓下端高さは床面に一致するものとする。なお、窓幅は室サイズに応じて変化させる。

4）断熱仕様

断熱仕様は省エネルギー基準（仕様基準）の変遷に応じて設定する。昭和 55 年・平成 4 年・平成 11 年にそれぞれ省エネ基準が強化されたのに対応し、計算地点（省エネ地域区分）ごとに以下のように 3 ケースを設定する。

表 3.5.5 断熱仕様（Ⅰ地域）

対応する省エネ基準	ケースID	Ⅰ地域用			
		外壁	床（1階モデル用）	天井（2階モデル用）	窓
S55仕様	1	住宅用GW16K 100mm	住宅用GW16K 大引間450mm+根太間50mm	住宅用GW10K 140mm	金属製熱遮断サッシ 普通複層ガラス(AS12) U=3.49
H04仕様	2	住宅用GW16K 100mm	住宅用GW16K 大引間60mm+根太間50mm	吹込みGW13K 210mm	樹脂製サッシ 低放射複層ガラスA(AS12) U=2.33
H11仕様	3	押出法ポリスチレンフォーム3種 200mm（外張） +住宅用GW16K 100mm（充填）	住宅用GW16K 大引間100mm+根太間50mm	吹込みGW13K 300mm	樹脂製サッシ 低放射複層ガラスA(AS12) U=2.33

表 3.5.6 断熱仕様（Ⅱ地域）

対応する省エネ基準	ケースID	Ⅱ地域用			
		外壁	床（1階モデル用）	天井（2階モデル用）	窓
S55仕様	1	住宅用GW10K 40mm	住宅用GW10K 40mm	住宅用GW10K 65mm	金属製サッシ 普通複層ガラス(AS6) U=4.51
H04仕様	2	住宅用GW10K 90mm	住宅用GW16K 85mm	住宅用GW10K 145mm	金属製熱遮断サッシ 普通複層ガラス(AS12) U=3.49
H11仕様	3	住宅用GW16K 100mm	住宅用GW16K 大引間100mm+根太間50mm	吹込みGW13K 210mm	樹脂製サッシ 低放射複層ガラスA(AS12) U=2.33

表 3.5.7 断熱仕様(Ⅲ地域)

対応する省エネ基準	ケースID	Ⅲ地域用			
		外壁	床(1階モデル用)	天井(2階モデル用)	窓
S55仕様	1	住宅用GW10K 40mm	住宅用GW10K 40mm	住宅用GW10K 65mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51
H04仕様	2	住宅用GW10K 90mm	住宅用GW16K 85mm	住宅用GW10K 95mm	金属製サッシ 普通複層ガラス(AS6) U=4.51
H11仕様	3	住宅用GW16K 100mm	住宅用GW16K 100mm	吹込みGW13K 210mm	金属製熱遮断サッシ 普通複層ガラス(AS12) U=3.49

表 3.5.8 断熱仕様(Ⅳ地域)

対応する省エネ基準	ケースID	Ⅳ地域用			
		外壁	床(1階モデル用)	天井(2階モデル用)	窓
S55仕様	1	住宅用GW10K 30mm	住宅用GW10K 25mm	住宅用GW10K 45mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51
H04仕様	2	住宅用GW10K 60mm	住宅用GW16K 45mm	住宅用GW10K 95mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51
H11仕様	3	住宅用GW16K 100mm	住宅用GW16K 100mm	吹込みGW13K 210mm	金属製サッシ 普通複層ガラス(AS6) U=4.51

表 3.5.9 断熱仕様(Ⅴ地域)

対応する省エネ基準	ケースID	Ⅵ地域用			
		外壁	床(1階モデル用)	天井(2階モデル用)	窓
S55仕様	1	無断熱	無断熱	住宅用GW10K 25mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51
H04仕様	2	無断熱	無断熱	住宅用GW10K 95mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51
H11仕様	3	住宅用GW16K 100mm	無断熱	吹込みGW13K 210mm	金属製サッシ 普通単板ガラス U=6.51

上記のほか、断熱等の仕様に関しては以下のように設定する。

- 外壁の 17%は間柱等による熱橋(断熱材を木材・空気層で置き換え)とする。
- 床面積の 20%は根太等による熱橋(断熱材を天然木材 1 類で置き換え)とする。
- 外壁外側には通気層 18mm および外装材(木片セメント板 20mm)を設ける。
- 外壁の室内側仕上げは石膏ボード 9.5mm とする。
- 床の室内側仕上げは合板 12mm とする。
- 天井の室内側仕上げは石膏ボード 9.5mm とする。

5）床面積と暖冷房能力

負荷計算対象室の床面積と、エアコンの能力を以下のように設定する。

表 3.5.10 床面積とエアコン能力の組合せ

床面積		負荷計算対象室の一辺長[m]	窓幅	エアコン冷房定格能力							
				2.2kW（6畳用）	2.5kW（7畳用）	2.8kW（8畳用）	3.6kW（10畳用）	4.0kW（11畳用）	5.0kW（14畳用）	6.3kW（17畳用）	7.1kW（20畳用）
[m^2]	[畳]	[m]	[mm]								
9.94	6	3.152	1275	○(01)							
13.25	8	3.640	1700	○(02)	○(05)	○(09)					
16.56	10	4.070	2125	○(03)	○(06)	○(10)	○(14)				
19.87	12	4.458	2550	○(04)	○(07)	○(11)	○(15)	○(20)			
23.19	14	4.815	2975		○(08)	○(12)	○(16)	○(21)	○(25)		
26.50	16	5.148	3400			○(13)	○(17)	○(22)	○(26)		
29.81	18	5.460	3825				○(18)	○(23)	○(27)	○(29)	
33.12	20	5.755	4250				○(19)	○(24)	○(28)	○(30)	○(31)

※カッコ内はケース ID

ここで、計算対象室の平面形状は正方形としている。また、窓幅は床面積に応じて変化させる（腰窓・掃出し窓共通）。

窓幅については、外壁が 1 辺の場合、8 畳間における標準的な窓サイズ（幅 1700 高さ 1350:6 尺幅肘掛窓）の窓／床面積比率が 17.3%であり、他の床面積の計算ケースも一律で窓／床面積比率が 17.3%になるように窓幅を設定した。外壁が 2 辺の場合も同様の方法で下表のように定めた。

採光のために必要となる開口面積比率：1/7（14.28%）

外接壁　1辺の場合

	部屋規格		窓サイズ[m]		窓数	窓面積[m^2]	窓/床面積比率	
	面積[m^2]	1辺の長さ[m]	幅	高さ				
6畳間	9.94	3.152	1.275	1.35	1	1.72125	17.3%	
8畳間	13.25	3.640	1.7	1.35	1	2.295	17.3%	6尺幅の肘掛窓
10畳間	16.56	4.070	2.125	1.35	1	2.86875	17.3%	
12畳間	19.87	4.458	2.55	1.35	1	3.4425	17.3%	
15畳間	24.84	4.984	3.1875	1.35	1	4.303125	17.3%	

外接壁　2辺の場合

	部屋規格		窓サイズ[m]		窓数	窓面積[m^2]	窓/床面積比率	
	面積[m^2]	1辺の長さ[m]	幅	高さ				
6畳間	9.94	3.152	1.275	1.35	2	3.4425	34.6%	
8畳間	13.25	3.640	1.7	1.35	2	4.59	34.6%	6尺幅の肘掛窓
10畳間	16.56	4.070	2.125	1.35	2	5.7375	34.6%	
12畳間	19.87	4.458	2.55	1.35	2	6.885	34.6%	
15畳間	24.84	4.984	3.1875	1.35	2	8.60625	34.6%	

上表にエアコンの具体的な能力は以下のとおりとする。冷房 COP=6.0、暖房 COP=6.30 のものを想定している。

表 3.5.11　エアコン機種ごとの能力設定

冷房定格能力	冷房		暖房	
	定格能力 [kW]	最大能力 [kW]	定格能力 [kW]	最大能力 [kW]
2.2kW機種	2.20	3.02	2.41	4.97
2.5kW機種	2.50	3.43	2.95	6.09
2.8kW機種	2.80	3.84	3.43	7.07
3.6kW機種	3.60	4.94	4.49	9.26
4.0kW機種	4.00	5.49	4.93	10.18
5.0kW機種	5.00	6.86	5.88	12.12
5.6kW機種	5.60	7.68	6.36	13.11
6.3kW機種	6.30	8.64	6.85	14.14
7.1kW機種	7.10	9.74	7.36	15.18

※5.6kW は今回の条件では使用しない

上表の能力等の決定については、以下の式を用いた。

$$COP_H = 0.8311 \times COP_C + 1.3164 \quad (3.5.1)$$

$$r_H = 0.6154 \times \exp(0.1919 \times COP_H) \quad (3.5.2)$$

$$r_C = 0.8181 \times \exp(0.0861 \times COP_C) \quad (3.5.3)$$

$$Q_H = 4.2217 \times \ln(Q_L) - 0.9179 \quad (3.5.4)$$

ここで、

COP_H　:暖房定格 COP
COP_L　:冷房定格 COP
r_H　:暖房定格能力に対する暖房最大能力の比
r_c　:冷房定格能力に対する冷房最大能力の比
Q_H　:暖房定格能力(kW)
Q_L　:冷房定格能力(kW)

6) 設定温度

設定温度は、暖房負荷計算の場合のみ変化させる。

表 3.5.12　暖房設定温度

暖房設定温度	ケースID
18℃	1
20℃	2
22℃	3

冷房負荷計算時の設定温度は 27℃とし、相対湿度は後述の SHF を用いた計算で決定する。

7）通風設定

通風は、冷房負荷計算時のみ考慮することとし、以下のように設定する。

表 3.5.13 通風設定

通風量	ケースID
20回/h	1
5回/h	2
2回/h	3

なお、通風を行う条件は以下のとおりとする。

- 間欠冷房負荷計算の場合のみ通風を行う。連続冷房、および暖房負荷計算時は考慮しない。
- 在室スケジュール等を参照し、「在室している」「起床している（6 時～24 時）」「室温 27℃未満」をすべて満たす場合に通風を行う。

8）方位

モデルの外気方向を 4 方向に変化させる。1 面が外気に面するモデルは各面が東西南北を向く設定とし、2 面が外気に面するモデルは 45 度角度を振る設定とする。

表 3.5.14 方位設定

1面外気モデル	2面外気モデル	ケースID
南	南東・南西	1
西	南西・北西	2
北	北西・北東	3
東	北東・南東	4

9）隣室温度

外気に面する方向の外界条件には気象データを用いるが、その他の方向の条件は外気温と負荷計算対象室との重みづけ平均で決めるものとし、以下のように設定する。

表 3.5.15 1 階モデルの隣室温度設定

上部（階間）および隣室	下部（床下）	ケースID
外気温×0.0＋室温×1.0	外気温×0.3＋室温×0.7	1
外気温×0.3＋室温×0.7	外気温×0.3＋室温×0.7	2
外気温×0.5＋室温×0.5	外気温×0.3＋室温×0.7	3
外気温×0.7＋室温×0.3	外気温×0.3＋室温×0.7	4
外気温×0.0＋室温×1.0	外気温×0.7＋室温×0.3	5
外気温×0.3＋室温×0.7	外気温×0.7＋室温×0.3	6
外気温×0.5＋室温×0.5	外気温×0.7＋室温×0.3	7
外気温×0.7＋室温×0.3	外気温×0.7＋室温×0.3	8

表 3.5.16　2 階モデルの隣室温度設定

下部（階間）および隣室	上部（天井裏）	ケースID
外気温×0.0＋室温×1.0	外気温×0.3＋室温×0.7	1
外気温×0.3＋室温×0.7	外気温×0.3＋室温×0.7	2
外気温×0.5＋室温×0.5	外気温×0.3＋室温×0.7	3
外気温×0.7＋室温×0.3	外気温×0.3＋室温×0.7	4
外気温×0.0＋室温×1.0	外気温×0.7＋室温×0.3	5
外気温×0.3＋室温×0.7	外気温×0.7＋室温×0.3	6
外気温×0.5＋室温×0.5	外気温×0.7＋室温×0.3	7
外気温×0.7＋室温×0.3	外気温×0.7＋室温×0.3	8

これらの設定は、外気および負荷計算対象室から隣室等に強制的に大風量の送風を行うことにより実現する。

10）室の熱容量

暖冷房の立ち上がり負荷は熱容量（顕熱・潜熱）の影響を受けることから、以下の 3 ケースを設定する。

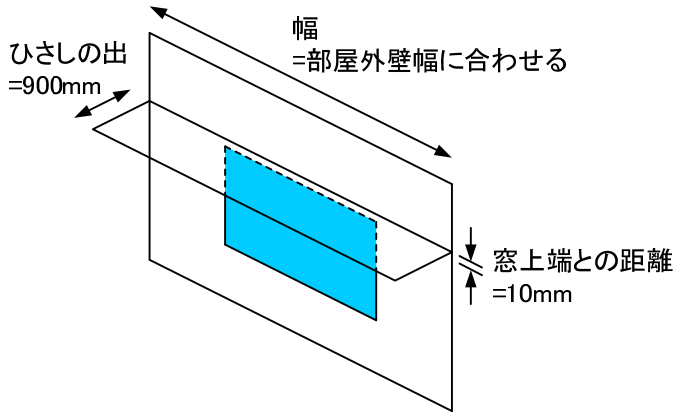
表 3.5.17　室の熱容量設定

顕熱容量 [kJ/m^{3}K]	潜熱容量 [kJ/m^3(g/kgDA)]	ケースID
6.3	12.6	1
12.6	25.1	2
18.9	37.7	3

11）その他の設定

各ケースに共通の設定として主なものを以下に示す。

- 計算対象室の天井高は 2,400mm とする。
- 常時換気を 0.5 回/h 行う。
- 窓上部の外気側に日よけを設ける。2 面が外気に面する場合は 2 面とも設ける。日よけの幅は負荷計算対象室と同じとし、庇の出は 900mm、窓上端から 10mm 高い位置に設置するものとする。計算上は、直達日射のみを遮蔽する効果を持つ。



(2) 既存ソフトウェア（Sim-Heat）の改造

1) 出力間隔の修正

SimHeat の出力間隔は 1 時間間隔であったのを 1 分間隔にした。計算時間間隔も 1 分である。

2) SHF（顕熱比）の設定

冷房負荷計算においては湿度もエアコンによる制御の対象となる。エアコンの能力を顕熱・潜熱にそれぞれどれだけ振り分けるかを決定するため、以下の方法を用いた。

SHF（顕熱比）[-]が次式で定まるものと仮定する。

$$SHF = 1.0 \qquad (R_h < 0.385)$$

$$SHF = 1.1774 R_h^{\,2} - 2.9042 R_h + 1.9427 \qquad (0.385 \le R_h \le 0.900)$$

$$SHF = 0.28 \qquad (0.900 < R_h)$$

ここで、R_hは吸い込み空気の相対湿度(=室空気相対湿度)[-]である。

冷房負荷計算の各ステップにおいて、前時刻に算出された室相対湿度を用いてSHFを決定し、室空気を設定温度に維持するための負荷(顕熱負荷)を先に算出し、除湿量が顕熱負荷とSHFから定まることから湿度は成り行きで決定するものとする。除湿量が潜熱負荷となる。また、顕熱負荷と潜熱負荷の和が機器の最大冷房能力を超えないよう配慮している。

3) 最大能力の設定

従来の処理では、最大暖房能力および最大冷房能力をユーザーが設定し、その値を常に一定の最大処理熱量として扱っていた。

今回はこれを改造し、「(定格の)最大能力」および「定格能力」を暖冷房それぞれに設定し、「最大能力と定格能力の比」と「外気温」の関数として時々刻々の「(実際の)最大能力」を与え、それを当該時刻の最大処理熱量とする形とした。

(3) ケースごとのファイル名

ここまでに示したケースごとのケース ID を用いて、各ケースの計算結果等のファイル名を以下のように一意に定める。文字はすべて半角とし、5 桁目と 6 桁目の間および 9 桁目と 10 桁目の間に目印として_(アンダースコア)を使用する。

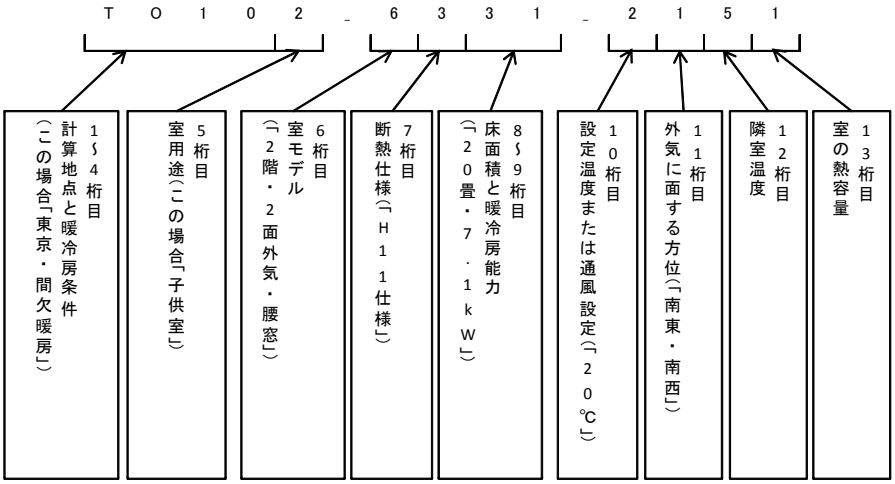


図 3.5.3 ケース ID とファイル名の対応づけ

(4) 出力ファイル書式

暖冷房負荷計算結果は CSV 形式のテキストファイルで出力するものとし、以下の書式とする。なお、ファイルは 1 つのケースにつき 1 つとし、ファイル名はケース名に拡張子.csv を付加したものとする。

表 3.5.18 負荷計算結果書式

分類	項目	列番号	列名
出力時点	月	1	A
	日	2	B
	時刻	3	C
	分	4	D
外気	温度[℃]	5	E
	絶対湿度[g/kg(DA)]	6	F
	相対湿度[%]	7	G
下部隣接室（床下または階間）	温度[℃]	8	H
	絶対湿度[g/kg(DA)]	9	I
	相対湿度[%]	10	J
負荷計算対象室	温度[℃]	11	K
	絶対湿度[g/kg(DA)]	12	L
	相対湿度[%]	13	M
	OT[℃]	14	N
	暖冷房スケジュール設定	15	O
	SHF(*1)	16	P
	表面温度（床）[℃]	17	Q
	表面温度（主方位）[℃]	18	R
	表面温度（主方位+90°）[℃]	19	S
	表面温度（主方位+180°）[℃]	20	T
	表面温度（主方位+270°）[℃]	21	U
	表面温度（天井）[℃]	22	V
	表面温度（窓1）[℃]	23	W
	表面温度（窓2）[℃](*2)	24	X
	暖房顕熱処理量[kJ]	25(24(*3))	Y(X)
	暖房潜熱処理量[kJ]	26(25)	Z(Y)
	冷房顕熱処理量[kJ]	27(26)	AA(Z)
	冷房潜熱処理量[kJ]	28(27)	AB(AA)
下部隣接室（階間または天井裏）	温度[℃]	29(28)	AC(AB)
	絶対湿度[g/kg(DA)]	30(29)	AD(AC)
	相対湿度[%]	31(30)	AB(AD)

(*1) SHFは冷房負荷計算時のみ有効とする。暖房負荷計算時は0を出力する。
(*2)表面温度（窓2）は、2面外気モデルのみ出力する。1面外気モデルの場合は列ごと出力しない。以降の列番号は繰り上げ。

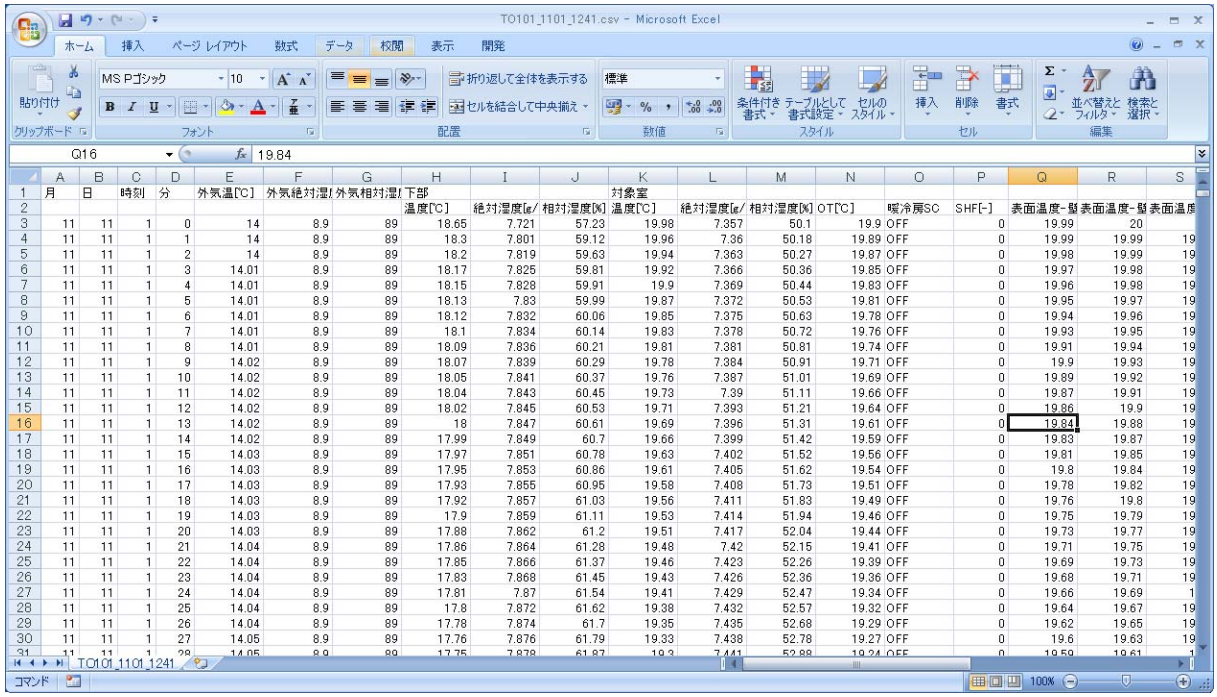


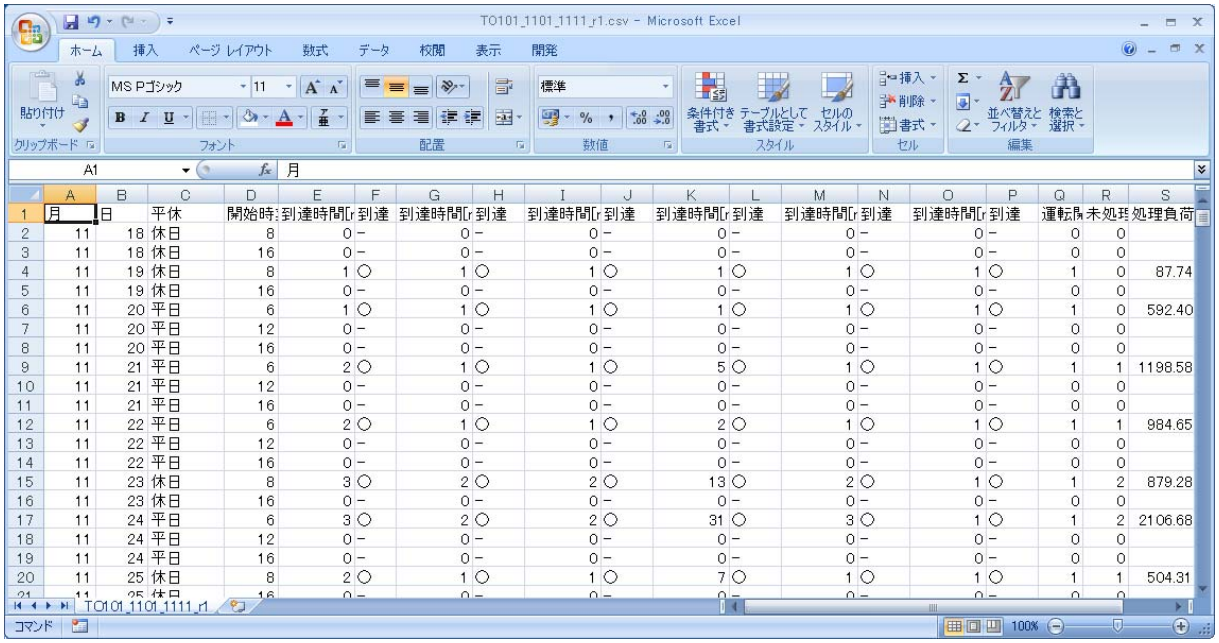
図 3.5.4 出力ファイル例

(5) 取りまとめファイル書式

負荷等を取りまとめた結果は CSV 形式のテキストファイルとし、以下の書式とする。ファイルは 1 ケースにつき 1 つとし、ファイル名はケース名に「_r1.csv」を付加したものとする。

表 3.5.19 とりまとめ結果書式

項目	列番号	列名	書式等
月	1	A	
日	2	B	
平日・休日区分	3	C	
暖冷房開始時刻	4	D	
気温=設定温度 となるまでの到達時間[min]	5	E	開始時に暖冷房が不要だった場合は 0とする(以下同様)。
60分以内に到達したかどうか	6	F	○:到達した、×:到達しなかった、 −:開始時に暖冷房不要(以下同様)
気温=設定温度−1 となるまでの到達時間[min]	7	G	※冷房時は(気温=設定温度+1)と読み替え
60分以内に到達したかどうか	8	H	
気温=設定温度−2 となるまでの到達時間[min]	9	I	※冷房時は(気温=設定温度+2)と読み替え
60分以内に到達したかどうか	10	J	
OT=設定温度−1 となるまでの到達時間[min]	11	K	※冷房時は(OT=設定温度+1)と読み替え
60分以内に到達したかどうか	12	L	
OT=設定温度−2 となるまでの到達時間[min]	13	M	※冷房時は(OT=設定温度+2)と読み替え
60分以内に到達したかどうか	14	N	
OT=設定温度−3 となるまでの到達時間[min]	15	O	※冷房時は(OT=設定温度+3)と読み替え
60分以内に到達したかどうか	16	P	
暖冷房運転状態	17	Q	スケジュールONと同時に暖冷房した場合は1、 スケジュールONより遅れて暖冷房開始の場合は2、 一連のスケジュールON時間帯に暖冷房不要の場合は0
未処理負荷発生時間[min]	18	R	気温が設定温度に到達していない時間数
処理負荷[kJ]	19	S	



月	日	平休	開始時	到達時間[r	到達	到達時間[r	到達	到達時間[r	到達	到達時間[r	到達	到達時間[r	到達	到達時間[r	到達	運転	未処理	処理負荷
11	18	休日	8	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	18	休日	16	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	19	休日	8	1	○	1	○	1	○	1	○	1	○	1	○	1	0	87.74
11	19	休日	16	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	20	平日	6	1	○	1	○	1	○	1	○	1	○	1	○	1	0	592.40
11	20	平日	12	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	20	平日	16	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	21	平日	6	2	○	1	○	1	○	5	○	1	○	1	○	1	1	1198.58
11	21	平日	12	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	21	平日	16	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	22	平日	6	2	○	1	○	1	○	2	○	1	○	1	○	1	1	984.65
11	22	平日	12	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	22	平日	16	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	23	休日	8	3	○	2	○	2	○	13	○	2	○	1	○	1	2	879.28
11	23	休日	16	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	24	平日	6	3	○	2	○	2	○	31	○	3	○	1	○	1	2	2106.68
11	24	平日	12	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	24	平日	16	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	－	0	0	
11	25	休日	8	2	○	1	○	1	○	7	○	1	○	1	○	1	1	504.31

図 3.5.5 取りまとめファイル例

3.5.3 暖冷房機器使い方

(1) 床暖房とエアコンの併用実験

暖房機器を併用した場合の暖房負荷の処理がどのように行われるか、言い換えると暖房負荷の分担方法について建築研究所の集合住宅実験棟3階を使用して床暖房とエアコンを併用しそれらの設定を変えながら実測し、実験結果をもとに整理した。

1) 実験の設定パターン

実験の設定パターンを表 3.5.20 に示す。

表 3.5.20 実験設定パターン

No.	パターン	床暖		エアコン	表示
		温度目盛り	ホットダッシュ	設定温度	
1	床暖とエアコンの併用	4	ON	18	床暖(4_ON)_AC(18)
2		4	OFF	18	床暖(4_OFF)_AC(18)
3		4	ON	20	床暖(4_ON)_AC(20)
4		4	OFF	20	床暖(4_OFF)_AC(20)
5		4	ON	22	床暖(4_ON)_AC(22)
6		4	OFF	22	床暖(4_OFF)_AC(22)
7		5	ON	18	床暖(5_ON)_AC(18)
8		5	ON	22	床暖(5_ON)_AC(22)
9	床暖のみ	4	ON	－	床暖(4_ON)
10		4	OFF	－	床暖(4_OFF)
11		5	ON	－	床暖(5_ON)
12		5	OFF	－	床暖(5_OFF)
13	エアコンのみ	－	－	20	AC(20)
14		－	－	22	AC(22)

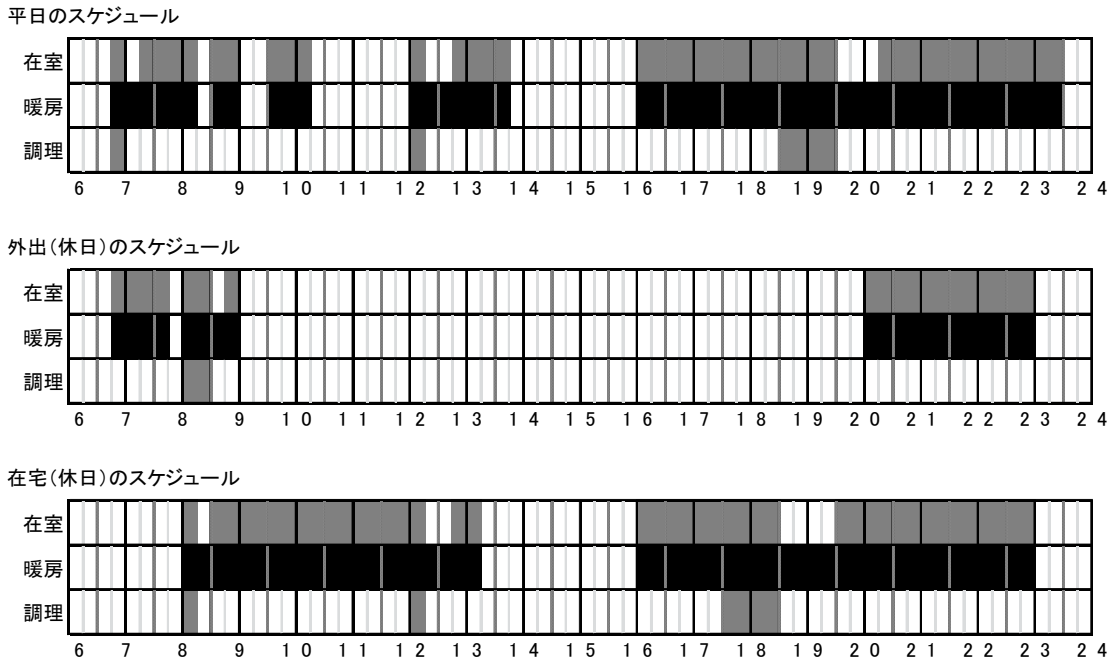
＊メーカにより、床暖温度目盛り4:20℃相当、目盛り5:22℃相当

2）運転スケジュール

運転スケジュールを表 3.5.21に示す。

・対象部屋:リビング・ダイニング

表 3.5.21 在室と暖房運転スケジュール



3）実験実施日

2010 年 2 月 17 日～4 月 10 日
2010 年 12 月 1 日～2 月 13 日

4）投入熱量の日積算値

図 3.5.6(上:平日、中:在宅、下:外出)に床暖とエアコンからの投入熱量の日積算値を示す。

同じ設定温度同士を比較すると、床暖とエアコンからの投入熱量の合計値は外気温度の影響を受け、外気温が低くなるほど多くなる。

同じ運転スケジュール同士を比較すると、エアコンからの投入熱量は設定温度が高くなるほど多くなり、外気温度の変動によって激しく増減するが、床暖からの投入熱量は外気温による影響が小さい。

床暖かエアコンの単独使用に比べ、両者を併用する場合の投入熱量の日積算値が多い。

平日と在宅パターンに比べ、外出パターンは運転時間が短いため、投入熱量が平日と在宅より少ない。一方、平日は在宅より運転時間がやや短いものの、投入熱量が多い結果となって

いる。

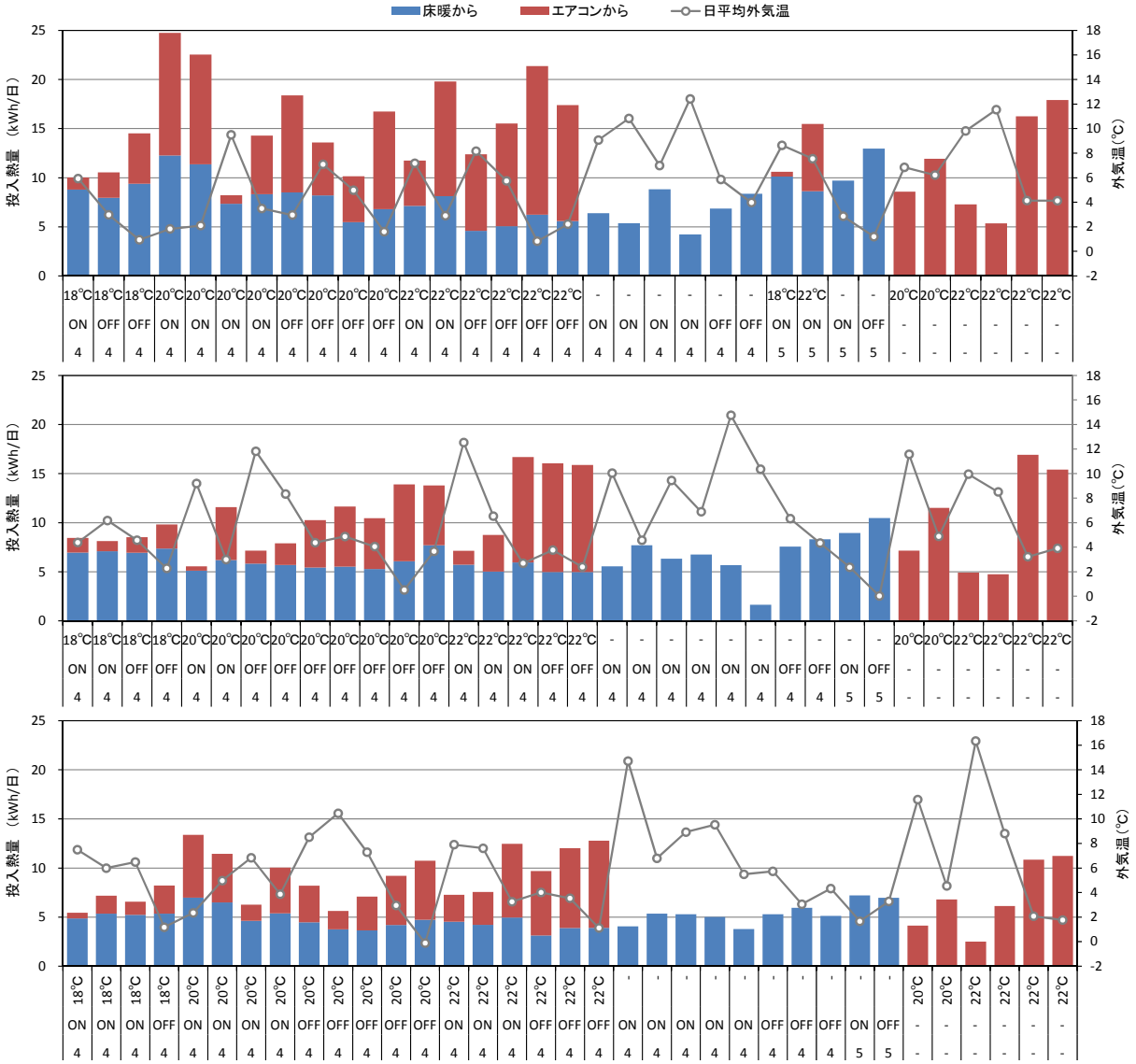


図 3.5.6　投入熱量の日積算（上：平日、中：在宅、下：外出）

5）床暖とエアコンを併用する場合の運転特徴

a 時系列変動

床暖とエアコンを併用する場合の運転特徴を明らかにするため、図 3.5.7 ～図 3.5.9 に投入熱量の時系列変動を示す。（図 3.5.7　：平日、図 3.5.8：在宅、図 3.5.9：外出）

・床暖：温度目盛り 4、ホットダッシュ機能入り

・エアコン：20℃設定

エアコンは立ち上がり時に全力で運転するのに対し、床暖は徐々に熱を投入する。

投入熱量の絶対値から見ると、エアコンからの投入熱量は運転し始めた直後にピークに到達し、その後室温の上昇に従い投入熱量が減少し、室温が設定温度を超えるところに運転を停止する。一方、床暖からの投入熱量は運転し始めてから約 20 分を経過するところにピーク値に到達し、その後は室温が設定温度を越えても、床表面温度を保つため、熱を投入しつつである。

投入熱量の割合から見ると、立ち上がり時に負荷のほぼ 100％がエアコンに処理され、その後床暖からの投入熱量が増加し、両者が処理負荷を奪い合う。

運転期間中の室温から見ると、室温は運転し始めてから上昇し、日中において、外気温が高くなるにつれ、負荷が小さくなり、室温がオーバーヒートする状況となった。実際の住宅において、居住者は日中にある時点で暖房を切る可能性も考えられる。一方、夜には、室温が設定温度前後に安定している。

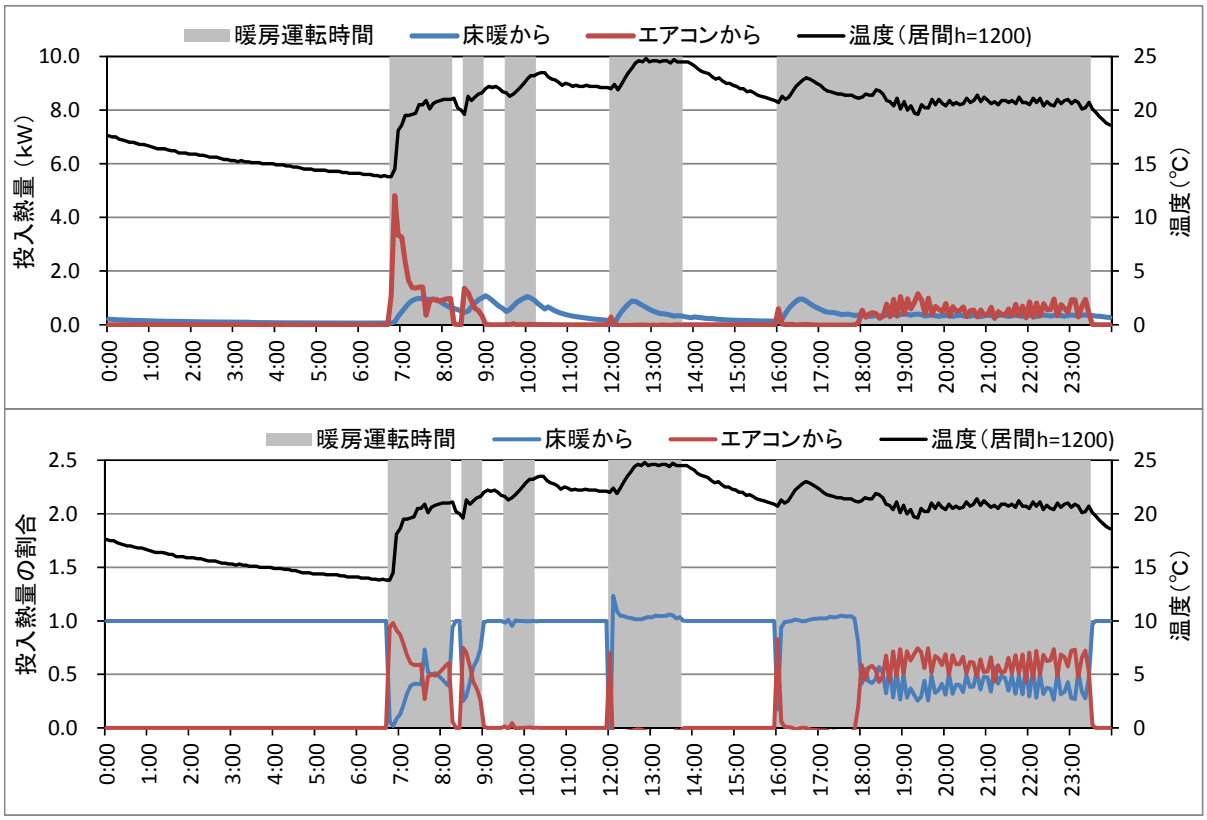


図 3.5.7 平日 床暖(4_ON)_ AC(20)の場合の時系列変動(2011/1/22)
上:投入熱量の絶対値、下:投入熱量の割合)

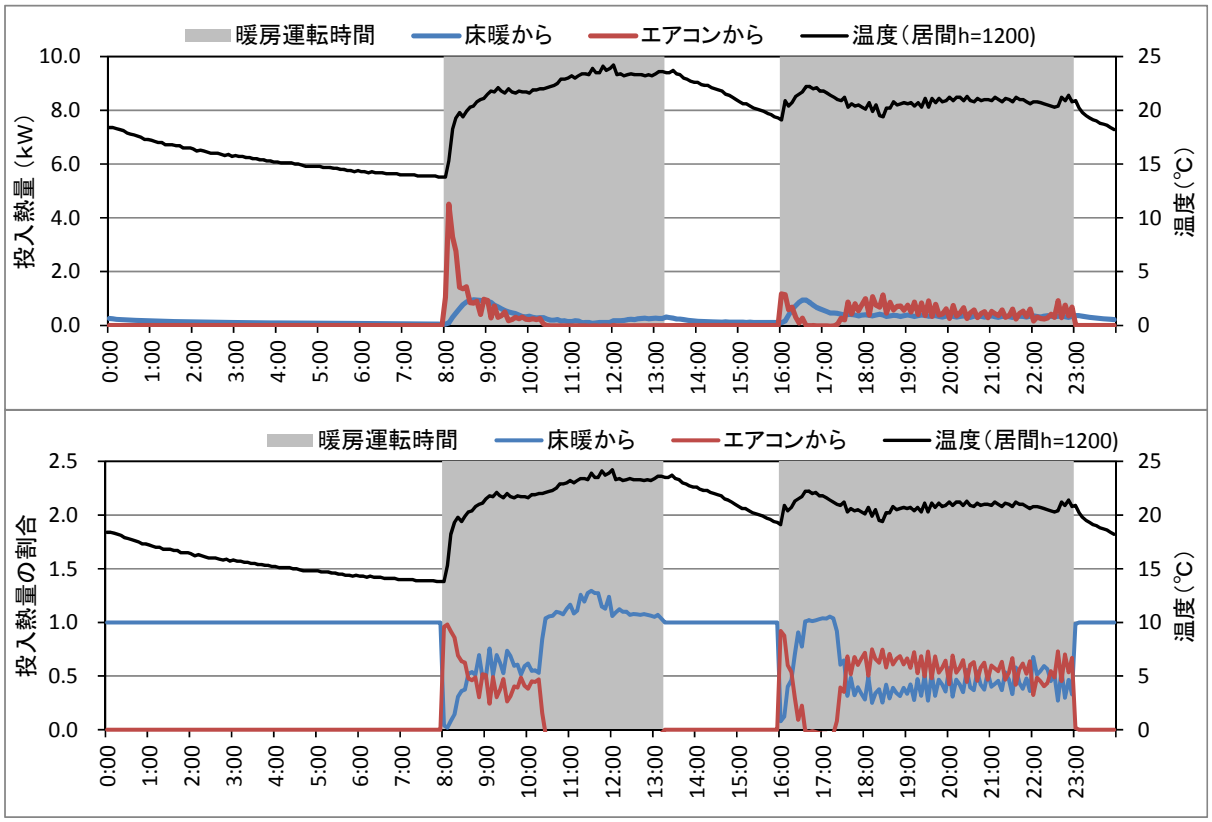


図 3.5.8 在宅 床暖（4_ON）_ AC（20）の場合の時系列変動（2011/1/23）

（上：投入熱量の絶対値、下：投入熱量の割合）

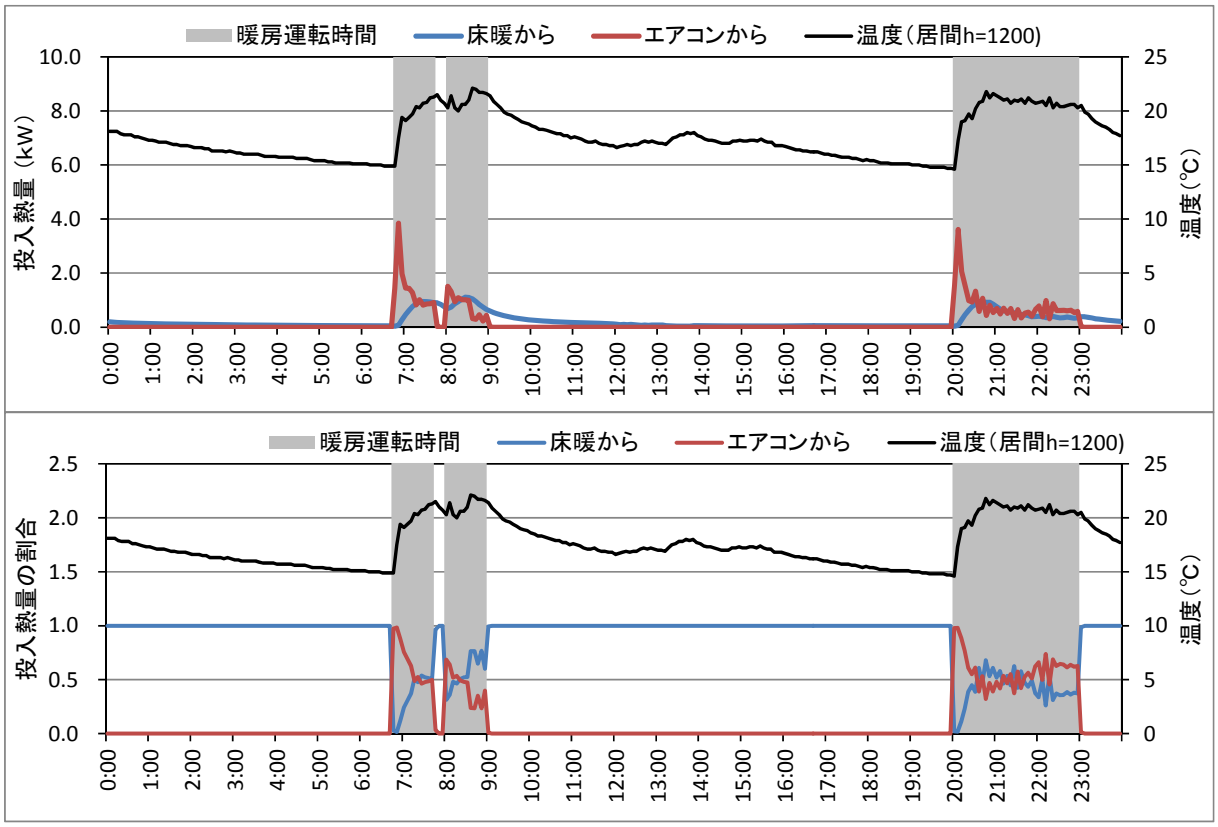


図 3.5.9 外出 床暖(4_ON)_ AC(20)の場合の時系列変動(2011/1/24)

(上:投入熱量の絶対値、下:投入熱量の割合)

b 日積算

表 3.5.22 に図 3.5.7 ～図 3.5.9 における投入熱量の日積算を示す。外出パターンの運転時間(180 分)は在宅(735 分)と平日(720 分)に比べて短いため、投入熱量が少ない。在宅パターンの運転時間は平日よりやや長いが、在宅パターンの立ち上がり時は 2 回に対し、平日は 5 回もあるため、平日の方が立ち上がり時に投入した熱量が多く、日積算値も在宅より多くなっている。また、投入熱量の割合から見ると、床暖は運転時間外にも床表面の温度を維持するため運転しつつであるため、エアコンより多い熱量を投入している。

表 3.5.22 投入熱量の日積算

床暖(4_ON)_AC(20)		1日中平均		1日中投入熱量の積算			投入熱量の割合	
		室温	外気温	床暖	エアコン	合計	床暖	エアコン
		℃	℃	kWh	kWh	kWh	-	-
2011/1/22	平日	19.8	3.5	8.3	6.0	14.3	58.2%	41.8%
2011/1/23	在宅	19.3	3.0	6.2	5.4	11.6	53.5%	46.5%
2011/1/24	外出	17.5	3.9	5.4	4.7	10.0	53.6%	46.4%

6) 床暖とエアコンを併用する場合の負荷分担率

床暖とエアコンを併用する場合の処理負荷分担率(＝投入熱量/投入熱量の合計)に影響する要因を把握したいため、朝 1 回目の運転を対象に分析した。

a 床暖とエアコンからの投入熱量

図 3.5.10～図 3.5.12 に平日、在宅と外出の朝 1 回目の運転における床暖とエアコンからの投入熱量を示す。

各スケジュールパターンにおいて、床暖の温度目盛り設定が同じ同士を比較すると、床暖からの投入熱量の絶対値は変化が小さいのに対し、エアコンからの投入熱量はエアコンの設定温度が高くなるに従って多くなり、エアコンの設定温度が同じであってもばらつきが大きい。また、床暖からの投入熱量はホットダッシュ機能の有無による差が殆ど見られなかった。

投入熱量の割合から見ると、運転時間の短い平日(90 分)と外出(60 分)では、殆どの実験日においてエアコンの投入熱量の割合が半分以上を占めている。一方、運転時間が 6 時間半もある在宅では、エアコンの設定温度が床暖より高い実験日(床暖 4、エアコン 22℃設定)にはエアコンの投入熱量の割合が半分以上を占めるが、それ以外の実験日には両者からの投入熱量の割合が半々であるか、床暖の投入熱量の割合が大きい。

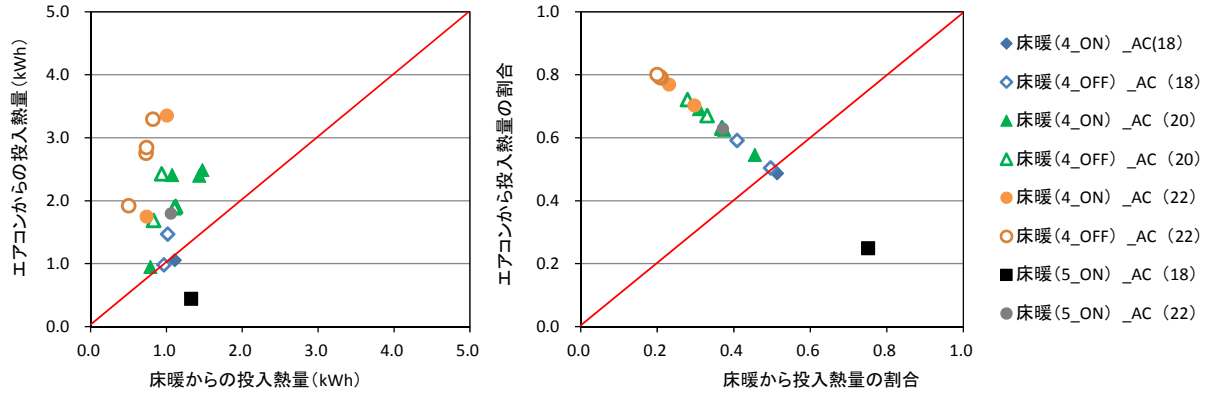


図 3.5.10　平日の朝 1 回目の運転（6:45～8:15）における床暖とエアコンからの投入熱量
（左：投入熱量の絶対値、右：投入熱量の割合）

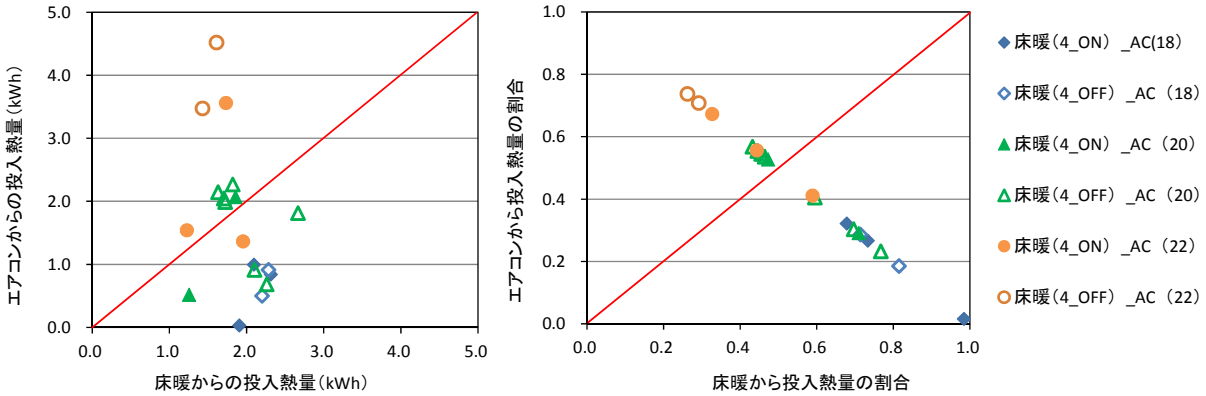


図 3.5.11　在宅の朝 1 回目の運転（6:45～13:15）における床暖とエアコンからの投入熱量
（左：投入熱量の絶対値、右：投入熱量の割合）

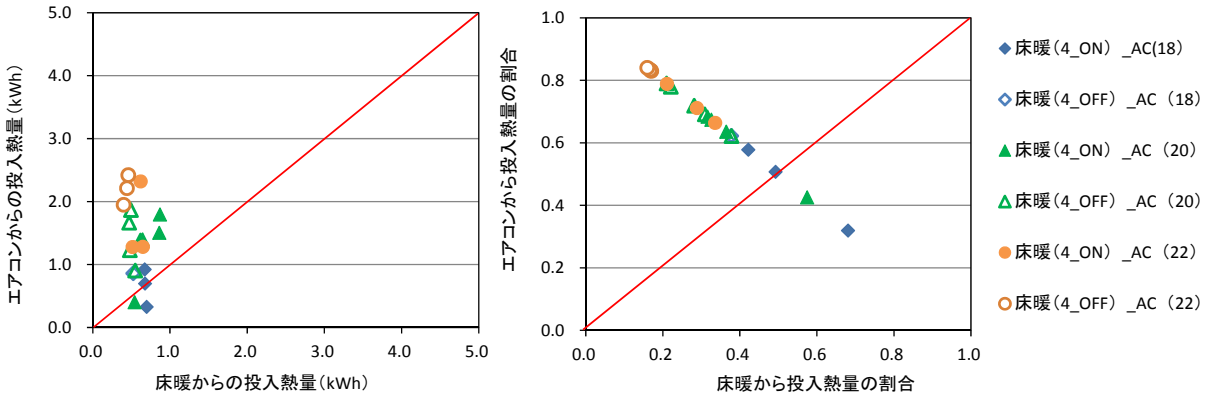


図 3.5.12　外出の朝 1 回目の運転（6:45～7:45）における床暖とエアコンからの投入熱量
（左：投入熱量の絶対値、右：投入熱量の割合）

b 負荷分担率とスタート時室温の関係

図 3.5.13、図 3.5.14 と図 3.5.15 にそれぞれ外出、平日と在宅の朝 1 回目の運転における投入熱量とスタート時室温の相関を示す。

投入熱量の絶対値から見ると、エアコンからの投入熱量はスタート時の室温が高くなるほど多くなる傾向が見られたが、床暖からの投入熱量はスタート時の室温による影響が小さかった。また、併用時の床暖とエアコンからの投入熱量は単独時より少なく、運転時間の最も短い外出

パターンではその差はわずかであったが、運転時間の最も長い在宅パターンでは、スタート時の室温が低い場合において併用時のエアコンからの投入熱量は単独時より大幅に少なかった。

投入熱量の割合から見ると、運転時間の最も短い外出パターンでは、床暖からの投入熱量の割合がスタート時の室温が高くなるほど大きくなる傾向が見られるが、運転時間が長いほうの平日と在宅パターンでは同じような傾向が見られなかった。

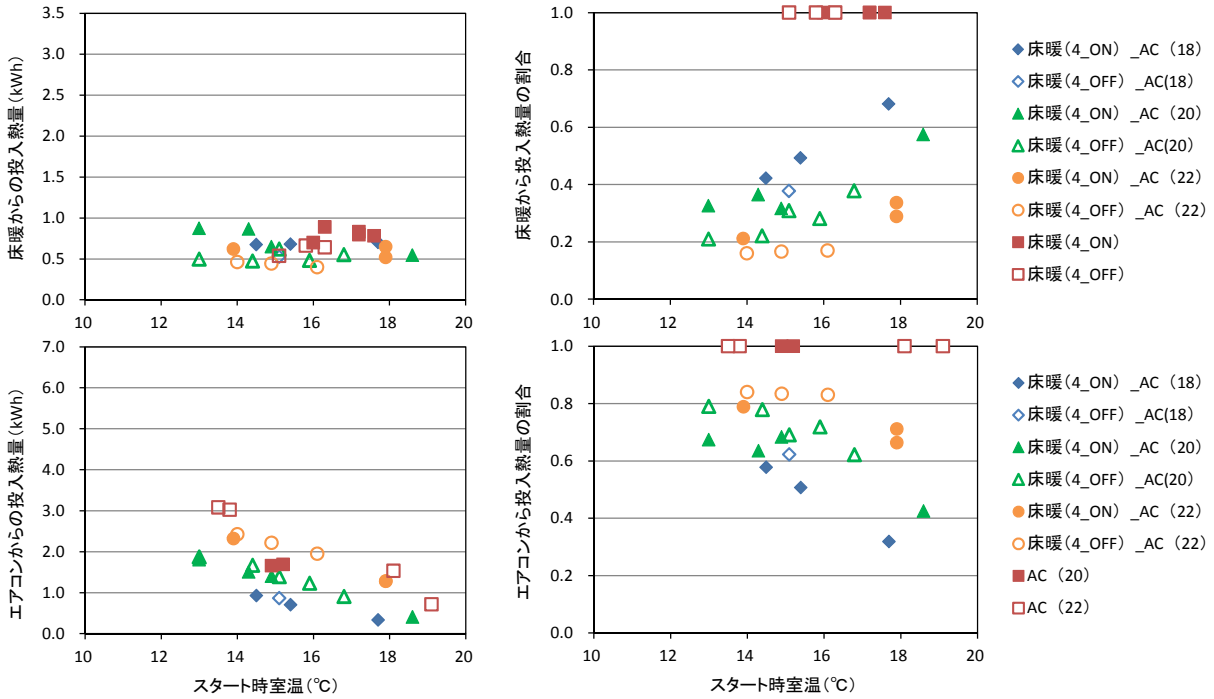


図 3.5.13 外出の朝 1 回目の運転（6:45～7:45）における投入熱量とスタート時室温の相関

（左：投入熱量の絶対値、右：投入熱量の割合）

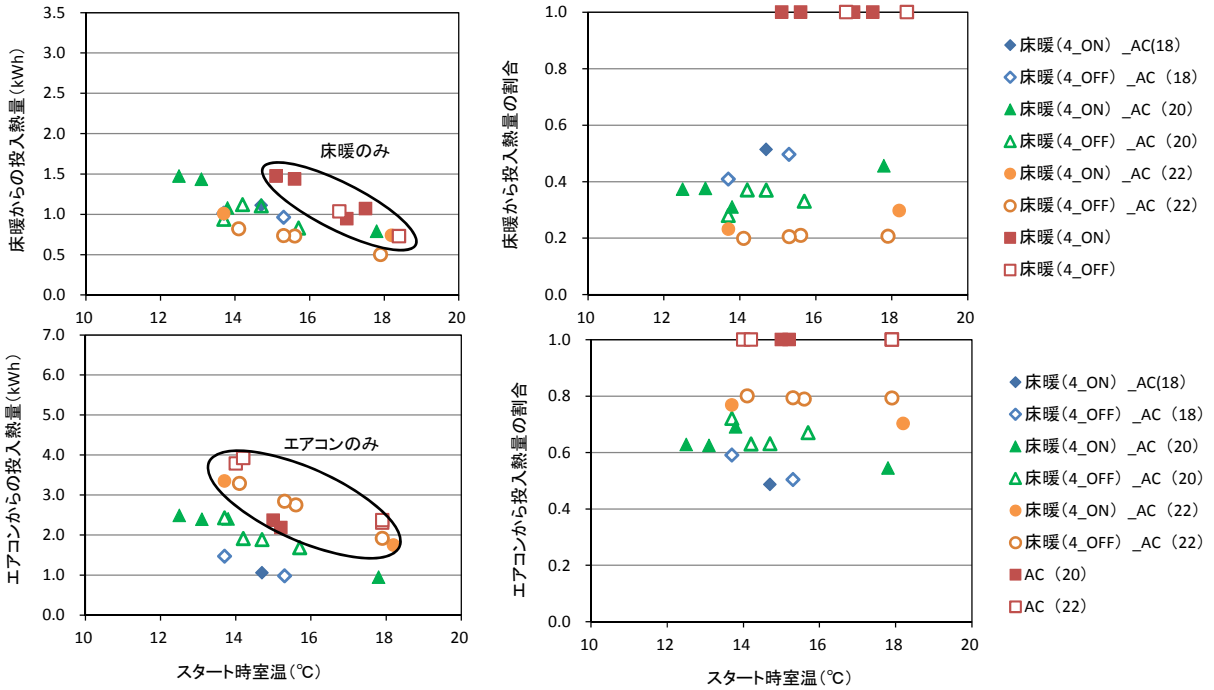


図 3.5.14 平日の朝1回目の運転（6:45～8:15）における投入熱量とスタート時室温の相関

（左：投入熱量の絶対値、右：投入熱量の割合）

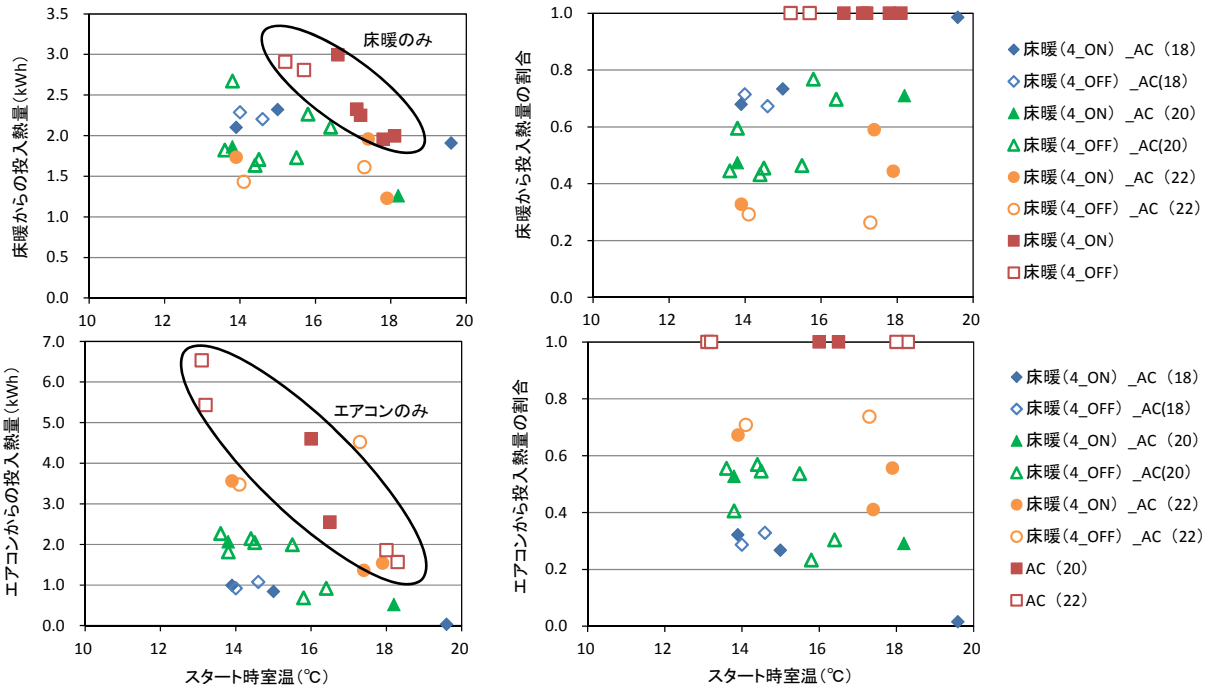


図 3.5.15 在宅の朝 1 回目の運転（8:00～13:15）における投入熱量とスタート時室温の相関
（左：投入熱量の絶対値、右：投入熱量の割合）

c 負荷分担率とスタート時外気温の関係

図 3.5.16、図 3.5.17 と図 3.5.18 にそれぞれ外出、平日と在宅の朝 1 回目の運転における投入熱量とスタート時外気温の相関を示す。

投入熱量の絶対値から見ると、床暖からの投入熱量はスタート時の外気温による影響が小さいが、エアコンからの投入熱量は外気温が低くなるほど多くなる傾向が見られる。

投入熱量の割合から見ると、床暖からの投入熱量の割合は外気温が低くなるにつれ大きくなる傾向が見られる。

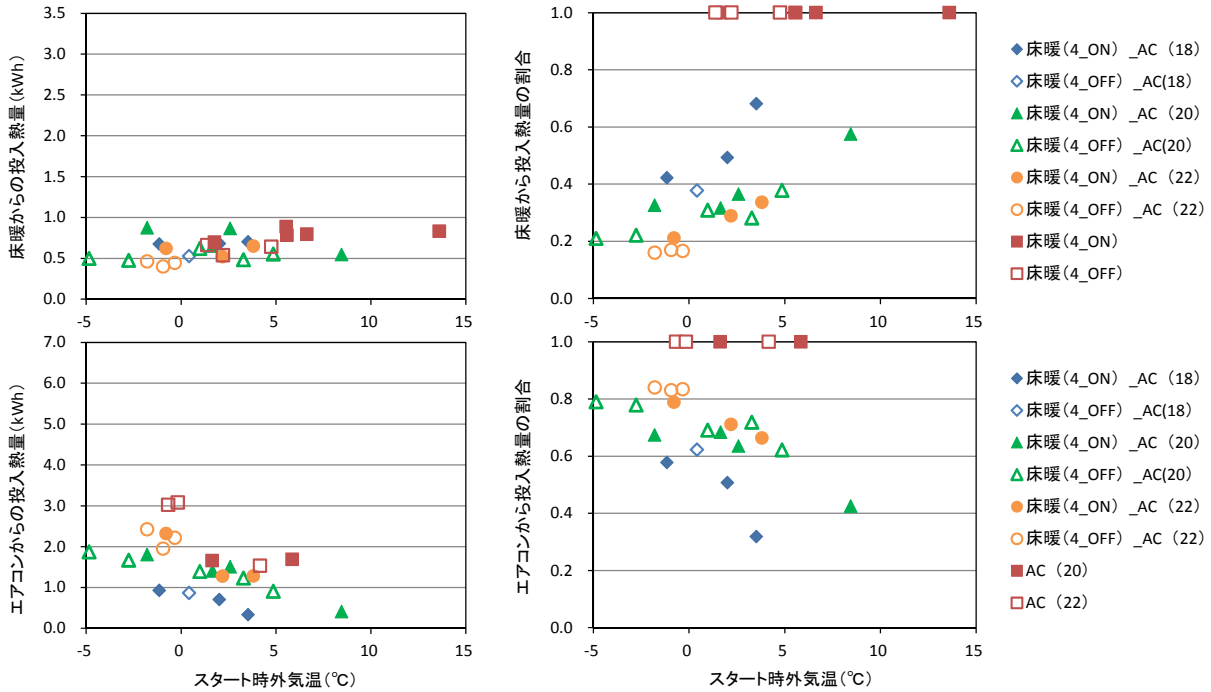


図 3.5.16 外出の朝 1 回目の運転（6:45～7:45）における投入熱量とスタート時外気温の相関

（左：投入熱量の絶対値、右：投入熱量の割合）

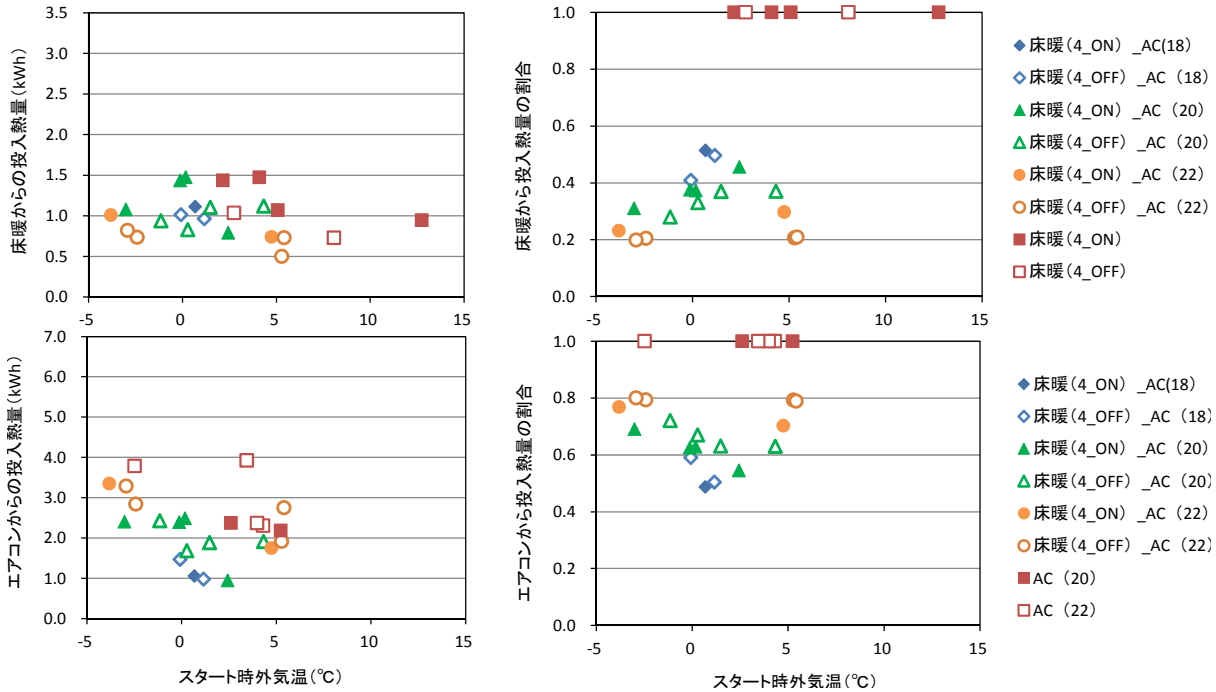


図 3.5.17 平日の朝 1 回目の運転（6:45～8:15）における投入熱量とスタート時外気温の相関

（左：投入熱量の絶対値、右：投入熱量の割合）

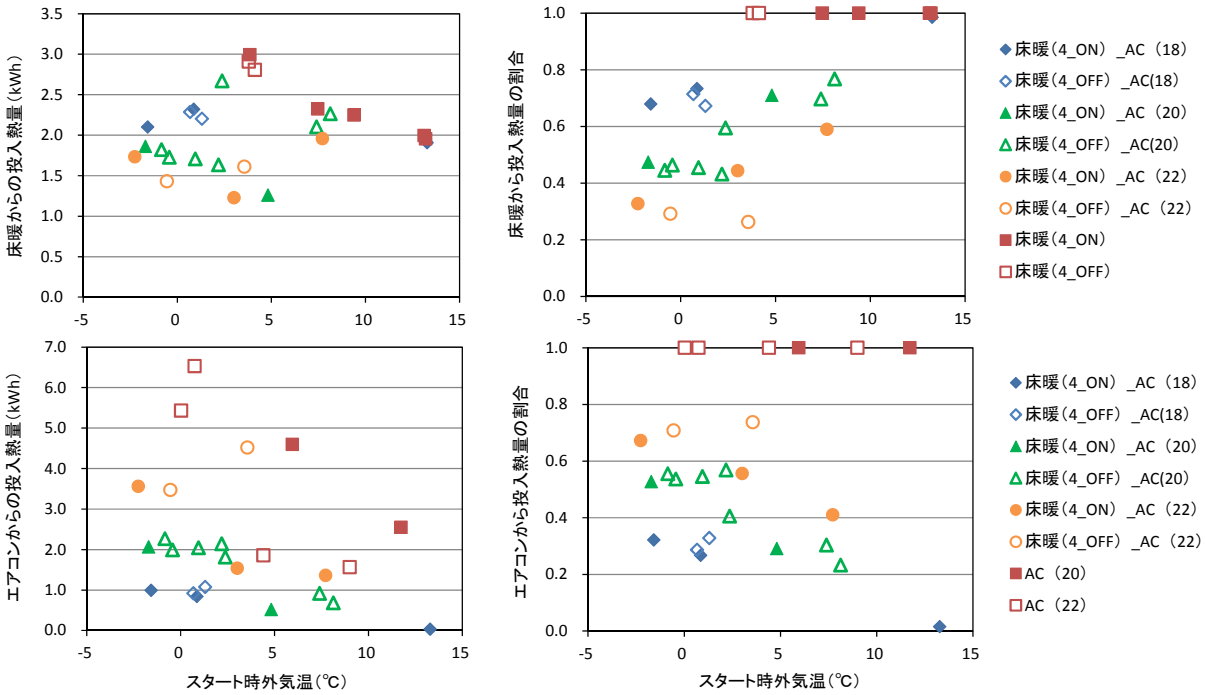


図 3.5.18 在宅の朝 1 回目の運転（8:00～13:15）における投入熱量とスタート時外気温の相関
（左：投入熱量の絶対値、右：投入熱量の割合）

3.5.4 まとめ

まず、暖冷房機器の容量選定方法を作成するために、気候・暖房面積・隣室条件など条件を変えた SimHeat による負荷計算をパラメトリックに行い、計算結果をまとめた。また、暖房機器を併用した場合の暖房負荷の処理がどのように行われるか、言い換えると暖房負荷の分担方法について、建築研究所の集合住宅実験棟3階を使用して床暖房とエアコンを併用しそれらの設定を変えながら実測し、実験結果をもとに整理した。

3.6　昼光利用及び照明機器利用の高度化に関する検討

3.6.1　はじめに

自立循環型住宅において、光環境に関する省エネルギーの実現は、自然エネルギーである昼光の利用と人工照明の効率化の両側面から、人工照明による消費エネルギーを削減することによってなされる。自立循環型住宅における光環境、すなわち昼光利用及び照明に関する技術は、この「省エネルギー」を基本に据えながらも、快適性に結びつく視覚的な「質」を、居住者の生活スタイルを踏まえて実現する「調和技術」であると考え、既往研究では、その基本的要件を示してきた。

既往研究では、昼光利用について蒸暑地域や準寒冷地などの地域性の考慮や、輝度対比などの省エネ設計上の効果などについて検討し、照明に関しては、多灯分散照明のLED対応や、明るさ知覚による考慮など、照明の省エネルギーと光環境の質両立のための根拠の明確化に努めてきた。

そして、本研究では、更なる昼光利用技術及び照明設備技術の高度化、実用性の向上を目的として、既往研究における検討過程で新たに得られた技術開発の視点に基づく要素技術に関する個々の検討とともに、実際の設計へ反映していくための設計法として昇華させるための検討を試みた。

以下、要素技術に関する検討、設計技術に関する検討について示していくが、あわせて、既往研究で提案してきた内容が実際の住宅における実例として反映された例についても示すこととした。

3.6.2 要素技術の検討

(1) 昼光利用技術の高度化の検討

1) 人工天空による住宅昼光利用手法の基礎的検討

a はじめに

採光による室内の視環境を評価する上で、安定した条件による評価が重要となる場合がある。例えば、採光による快適性を被験者実験より検討するためには、変動の激しい実際の昼光ではなく再現可能な光源、つまり人工天空による再現性を重視した評価が必要となる。

住宅の採光を考える際、省エネルギー性と快適性を両立する照明方式の検討が重要であることは間違いない。そこで、本研究では昼光を効果的に採り入れながら人工照明の点灯を減らし、かつ快適な視環境を実現するため、人工天空を用いた評価とシミュレーションを用いた試行的な評価実験を示すことを目的とする。

b 既往状況からみた新たな室内環境実験の必要性

既報(2001)[1)]で、曇天空を模擬した人工天空(図3.6.1)を用いた昼光環境の予測・評価シス

テムについて考察している。そこでは、室内の印象評価実験に耐えうる天空の見えを有する人工天空を用いた縮尺／実大模型評価実験は、室内輝度分布の計測・予測との対応という点で有効ということを示している。しかしながら昨今、積極的な昼光利用という観点から、直射光を含めた室内視環境の予測評価技術確立の重要性が高まりつつある。

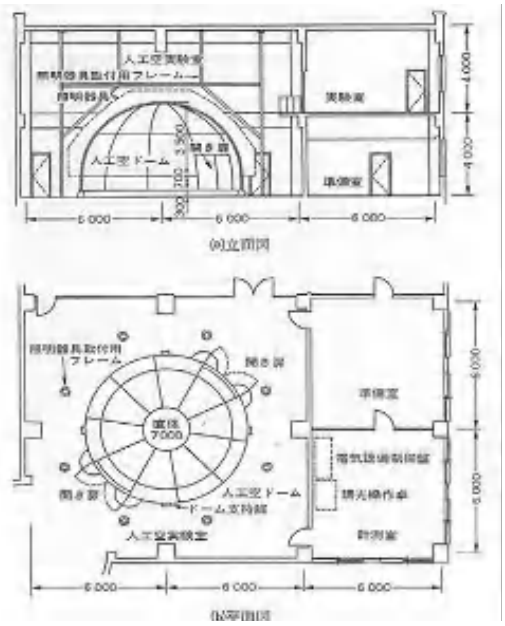


図 3.6.1　建築研究所の人工天空（曇天を対象）

昼光を採り入れた室内環境の評価技術としては、明るさ知覚画像による室内環境の評価技術 [2]、不快グレア評価技術 [3]の提案がなされている。また、室内環境の予測技術としては、例えば、様々な天空に対応するシミュレーション技術として Radiance を用いた輝度シミュレーションの精度が向上している [4]。

しかしながらこれらの昼光環境の評価技術では、その精度向上のレベルに比して、特に変動の大きい実際の直射光を考慮した場合、評価実験はケーススタディ的な位置付けに止まっており、再現性を有していないという大きな問題点がある。さらにシミュレーションによる予測と評価の関連性も十分確認がとれていない。

そこで、1) 直射光を含む人工天空とシミュレーションによる室内環境予測精度の相互補完、2) 再現性の高い人工天空による直射光を含む室内環境評価、により新たな室内環境予測実験および評価法の確立が重要となってきている。

c 新たな人工天空環境構築の試行

ア 既存の人工太陽と本研究の人工太陽

再現性を有する形で直射光を実験的に導入する場合、人工太陽を考える必要がある。既存の人工太陽は、建築研究所の人工太陽(図 3.6.2)[5]や、直接照射型人工空 [6]がある。前者は人工空とは独立しており、台の角度が可変式であるという制約から被験者による室内環境評価には適さないという問題点がある。後者は人工天空と人工太陽が統合された設備であるが、その主眼が太陽位置・高度と拡散光・直射光の比を確保することにあり、グレア等の評価に影響する光量は確保できないことや、窓面からの人工天空の見え方に問題を有していた。

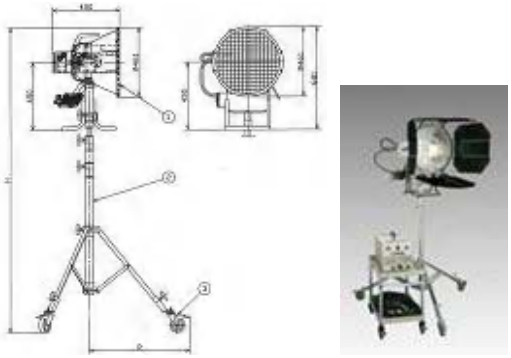
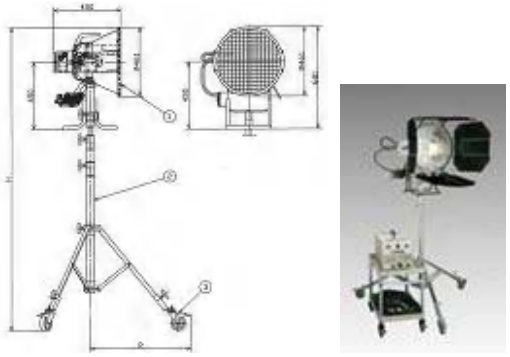


図 3.6.2 建築研究所にかつて導入された人工太陽

そこで本研究では、上記既存の直射光実験環境の問題点を鑑み、図 3.6.2 の拡散光を模擬する人工空内に、明るさや不快グレアの評価実験に耐える光量を確保可能な簡易な人工太陽(図 3.6.3)を導入し拡散光を模擬する直径 7m の人工天空内の端部に高さ 3m に設置し、評価実験環境について検討した。

用いた人工太陽は直射・拡散光を合わせて 120、000lx を超える水平面照度を有し、明るさ知覚やグレア等の評価に対して十分な光量が確保できる。しかしながら、簡易な配光制御のため光線の平行度が低いこと、構造上太陽高度・位置の頻繁な変更が難しいこと、室内模型の窓面正面に三脚が位置するような太陽位置・角度の評価は難しい、といった問題もある。従って、直射光下の午前の中頃、午後の西日の指す時間帯における明るさや眩しさのような光量に依存し、夕方などを除く光色的に不具合のない条件を対象とした評価実験が有効となる。



ランプ種類	メタルハライドランプ
ランプ最大出力	2[kW]
ランプ全光束	190,000[lm]
ランプ色温度	5500[k]
ランプ角度	水平から上下 60° の範囲
ランプ高さ	1900～3500[mm]

図 3.6.3 導入した直射光を模擬する人工太陽用光源 [7)]

d 人工天空とシミュレーションとの対応評価

本研究では人工天空内に 1/5 サイズの住宅室内模型を設置し(図 3.6.4)、室内の輝度分布及び被験者による官能評価を行う。本研究で用いた人工天空は CIE 標準曇天空 [8)]を精度よく再現できる。照明シミュレーションソフトの一つである Radiance は CIE 標準天空を標準的に利用できるため、本報では人工天空と比較するためのシミュレーションとして Radiance を用いる。Radiance の計算精度は様々に報告されている。しかしながら、人工天空内で主観評価できる程度大型の模型を設置する場合、天空と模型の位置関係や人工天空内にある実験に必要な機材の影響が無視できない可能性がある。

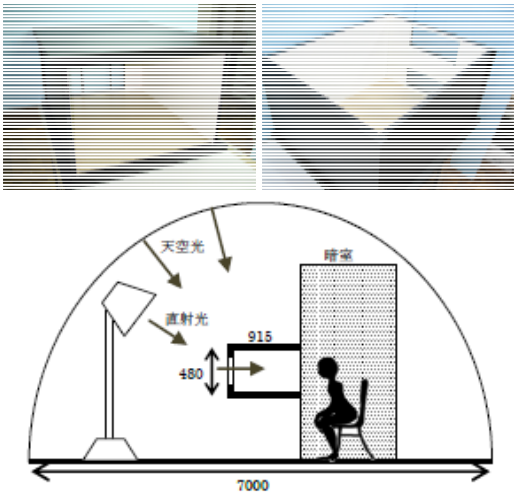


図 3.6.4 1/5 サイズ模型と人工天空の関係

そこで、まず人工天空に設置した模型の輝度分布と Radiance による計算結果との対応の確認を行った。人工天空の条件は模型前水平照度 A)3、650、B)9、370、C)122、400lx の 3 条件とした。なお、C)はその1で紹介したメタハラ 2kW による直接光とした。模型内の輝度分布は主観評価実験で被験者の眼の位置となる点からデジタルカメラ(Nikon D300+ Tokina AT-X 116 PRO DX 画角 104°)を用い、予め輝度校正したシャッタースピード、絞りで撮影した複数枚のデジタル画像を合成することで作成した。Radiance のシミュレーション精度に関するパラメーターは Parametric Study を行いその結果から-av 0 -ab 6 -st 0 -sj1 -aa 0.0 8 -ad 1024 -as 512 -ar 256 とした。Radiance の天空条件は条件 A、B は CIE 標準曇天、条件 C は CIE 標準曇天+人工太陽相当の光源とし、模型窓前照度を設定した。反射率は測定値及びメーカー値を使用した(壁天井反射率 0.72、床反射率 0.41、窓アクリル透過率 9 4%)。

図 3.6.5 に実測による模型の輝度画像(左)とシミュレーションによる輝度画像(右)を示した。比較の結果、人工天空内の模型の輝度と Radiance の計算結果は条件 A、B の CIE 標準曇天では、高い精度で輝度分布を再現できることが分かった。また、条件 C では直射光による高輝度部分の精度がやや低いものの明るさや不快グレアを検討する上で十分実用的な結果が得られた。このことから、再現性の高い人工天空を用いた主観評価実験で得られた知見を用いることで、シミュレーションによる室内環境を予測することが可能となると考えられる。

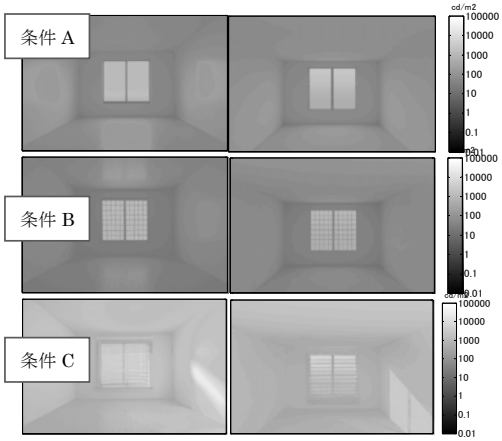


図 3.6.5 実測(右)とシミュレーション(左)

e 主観評価実験

被験者による主観評価実験は、図 3.6.4 に示した 1/5 の住宅室内模型(732(W)×915(D)×480(H) [mm])を用いて行った。人工天空内に遮光された前室と実験室を設置し、被験者は前室で眼を順応させた後、実験室に設置した模型前に座り、アンケートに回答する、という形式を採用した。前室と実験室は連続した部屋とした。被験者は 23 歳～47 歳の合計 18 名(平均 35 歳)とした。採光条件は表 3.6.1 に示した条件で全 87 パターンとした。アンケートは図 3.6.6 に示した 9 項目とした。眩しさの程度と形容詞は 0～4.5 まで 0.5 刻みで 9 段階とし、Q2、Q4~Q8 は 1~7 までの 7 段階で評価した。物理量は、窓外側の水平面照度、窓際の床水平照度、被験者位置での床水平照度及び被験者眼の位置での鉛直照度及び被験者目の位置での輝度画像とした。図 3.6.6 に実験条件の一例と実験風景を示した。主観評価と物理量の対応において例えば不快グレアは窓面の輝度分布が大きな影響をおよぼす。中村らは輝度画像から明るさ知覚を計算した明るさ画像 5)やグレア画像 6)の提案している。例えばこのグレア評方法を用いることでこれまで複雑な手続きを要した Radiance シミュレーション結果から不快グレアの程度を算出することが容易になる。また、昼光による不快グレア分析において本実験は非常に有用であり、今後はこの実験結果をもとに、これらの手法を用いて解析を進めていく。

表 3.6.1 実験パターンとアンケート項目

実験パターン

天空条件	屋外設備	窓条件	屋内設備	実験パターン
A	無し ルーバー	腰高窓 上下窓	無し 障子 ブラインド レースカーテン	25 パターン
B	無し ルーバー	腰高窓 上下窓	無し 障子 ブラインド レースカーテン	25 パターン
C	無し ルーバー 庇	腰高窓 上下窓	無し 障子 ブラインド レースカーテン	37 パターン

被験者へのアンケート項目

Q1.	眩しさの程度	0 感じない～4.5 ひど過ぎる，耐えがたい
Q2.	プライバシーの流入出の程度	1 非常に流出する～7 全く流出しない
Q3.	不快な暗さ部分	絵にチェック
Q4.	不快な明るさ部分	絵にチェック
Q5.	明暗のメリハリの程度	1 全くメリハリがない～7 非常にメリハリがある
Q6.	開放感の程度	1 全く開放感が無い～7 非常に開放感がある
Q7.	人工照明必要さの程度	1 非常に必要～7 全く必要ない
Q8.	光環境の好き嫌いの程度	1 非常に好ましくない～7 非常に好ましい
Q9.	Q8. の理由	フリーアンサー



図 3.6.6 実験条件 C(レースカーテン)及び実験風景

2) 季節・方位・時刻に応じた住宅昼光利用手法

a 目的、背景

これまでの検討において、第1フェーズの温暖地版の設計ガイドラインでは、開口部の配置による昼光の量の導入に加え、日照調整による光量の調節が快適な視環境と昼光導入による照明エネルギー削減効果を向上させる重要な点であるとの考えのもと、日照調整装置毎の光・視環境的な観点での基本的な機能及び性能の分類を表として示した。また、第2フェーズの蒸暑地版の設計ガイドラインでは、花ブロックのような日射遮蔽効果が非常に強い建築的日

照調整装置について、輝度対比の抑制による室内の相対的な暗さ感を減らし、無駄な照明を減らす可能性について示した。

これらの検討を通じ、日照調整装置のより有効な設置と運用を実現するためには、日照調整装置の種類毎に、方位・季節・時刻を考慮した視環境に及ぼす特性を定量的に検討しておくことが必要と考えられた。

そこで、第3フェーズでの本検討では、これらのパラメーター相互を考慮した検討として、日照調整装置の種類及びその方位・季節・時刻等を変化させた輝度分布のシミュレーションとその考察を行った。

b シミュレーション概要

シミュレーションは、昼光環境の予測ソフトウェアである Inspirer を用いて行い、モンテカルロシミュレーション（精度1％収束）により、室奥から窓方向に向けた輝度画像（パース）および輝度値データ、床面の輝度画像（水平投影面）および輝度値データ取得した。室の性状・周辺状況及び日照調整装置仕様は以下である（図 3.6.7）。

①部屋形状：階高 3.5m、床高さ GL＋0.5m（2 階建ての 1 階部分）

D×W×H=4.5m×3.6m×2.5m

②窓：壁厚さ 150mm、壁厚中央にガラスを設置（透明ガラス 80％透過）。

③前面遮蔽物：窓面から 10m、反射率：15％

④横ブラインド：幅 25mm、ピッチ 20mm （スラット角水平）、反射率 80%

⑤スクリーン：窓枠内に設置（枠内寸法同寸）。透過率 10%、透過拡散率 70%

⑥地面：反射率 15%

⑦内装反射率：床、壁、天井 30％、50％、70％（低反射率）、50％、70％、90％（高反射率）

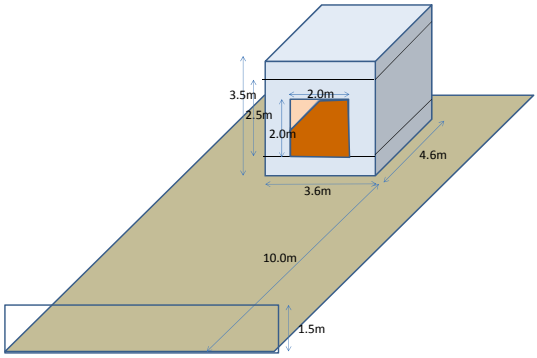


図 3.6.7 設定モデルの形状及び周辺状況

これらの条件で、季節は春分、夏至、冬至、方位は南、東、西、時刻は 9 時、12 時、15 時、天空条件は、晴天、曇天の場合について組み合せを考え、全 120 通りについてデータを取得した。また、地域は東京を想定した。表 3.6.2 に、各季節の時刻別の直射照度と全天空照度を示す。

表 3.6.2 季節・時刻毎の直射照度及び全天空照度

季節	時刻	直射照度	全天空照度	グローバル照度
春分	9:00	42000	17000	59000
	12:00	68000	22000	90000
	15:00	38000	16000	54000
夏至	9:00	67000	21000	88000
	12:00	88000	25000	113000
	15:00	56000	19000	75000
冬至	9:00	16000	12000	28000
	12:00	37000	15000	52000
	15:00	13000	9000	22000

以下の結果考察は、傾向を明確に示すために、夏至・冬至の南・東、時刻は9時・12時、低反射率内装の場合に絞って行った。

c シミュレーション結果

シミュレーション結果の一例として方位:南、季節:夏至と冬至、時刻:9 時と 12 時の輝度分布とそのヒストグラム(全体と開口部)を示す。開口部と背景の輝度が不快グレアや明るさ感、日照調整装置前後の輝度のヒストグラム(日照調整装置前のヒストグラムをどの程度維持しているか)が景観の見えに主に関係している。

ア 日照調整装置なし

図 3.6.8 に日照調整装置なしの場合のシミュレーション結果を示す。窓面の平均輝度は冬至の 12 時で最も高く 8852cd/m2 であった。室内の直射日光照射部は高輝度となっており、窓面だけでなくグレア源となることが考えられる。日照調整装置により、高輝度部の輝度及び出現範囲を抑制する必要がある。ヒストグラムよりいずれの条件でも天空部と地表部の輝度比があり、十分な景観の見えが確保されている。

イ ブラインド

図 3.6.9 にブラインド装着時のシミュレーション結果を示す。スラット角水平の場合、太陽高度が高い夏至では直射日光の室内への入射を防いでおり、室内の高輝度部は見られない。しかし、太陽高度が低くなり夏至では9時、12時とも室内へ直射日光が入射している。窓面平均輝度は本計算条件では日照調整装置なしの場合よりも高くなっている。これは直射日光がブラインドのスラットで反射しているためであり、不快グレア抑制を考えた場合、スラット角は直射日光遮蔽角よりもさらに閉める必要となる場合がある。ヒストグラムよりブラインドのスラット間から屋外が望めるため、日照調整装置なしの場合の輝度分布をある程度保持しており、いずれの条件においても天空部と天空部と地表部の輝度比がある。

ウ スクリーン

図 3.6.10 にスクリーン装着時のシミュレーション結果を示す。窓面平均輝度はスクリーンを直射日光が拡散透過したために高くなっている。ヒストグラムよりいずれの条件において天空部と地表部の輝度比が小さく、景観の見えが見込めない。これは上記に示したとおり直射日光がスクリーンで拡散透過する光が外部景観からの光よりも十分に高いことが原因である。

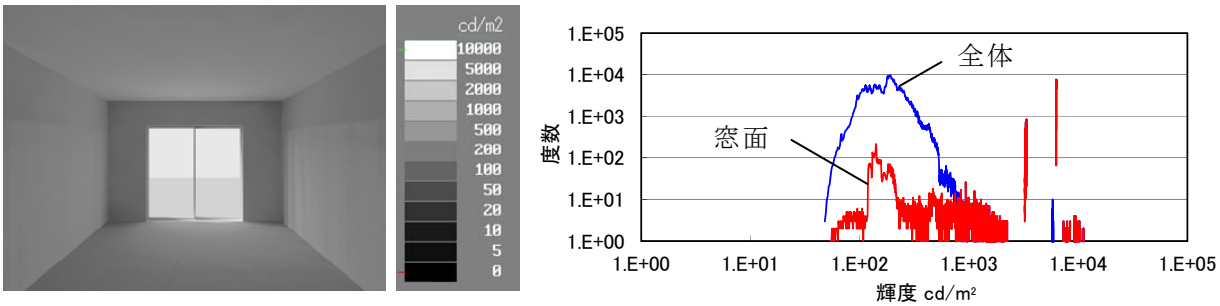
スクリーンの表面輝度は輝度は空隙部を通過する光、繊維部分を拡散透過する光、室内から繊維部分を拡散反射する光によって構成される。今回のスクリーンは、拡散透過率 70%と高いため高輝度となっているが、繊維部分の透過率や空隙率といった光学特性値を調整することによって、輝度や景観の見えをある程度改善することができる。

d まとめ

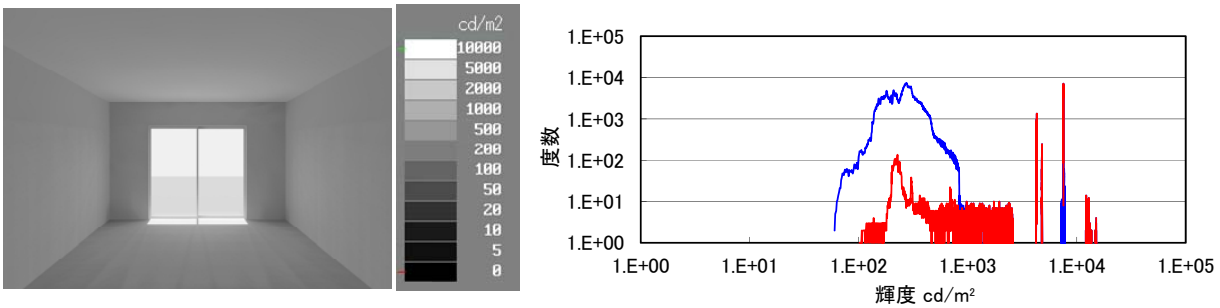
本検討では、省エネルギーと快適性の両立のための日照調整装置のより有効な設置と運用を目的として、基本的な日照調整装置の種類毎の方位・季節・時刻を考慮した視環境に及ぼす特性について、系統的な輝度分布のシミュレーションとその考察を行った。

その結果、輝度分布の分析により、不快グレアや明るさ感、景観の見えに及ぼす影響が判断できそうであること、方位・季節・時刻によって日照調整装置を設置した場合でもその効果は変化し、日照調整装置がプラスの効果だけでなく、設置しない条件よりも窓面輝度を高くし、グレア発生の可能性を高め、同時に、景観の見えが失われるケースがあることなどが分かった。また、それらは、開口部と背景の輝度の関係や、窓面の平均輝度、開口部内の天空部と地表部の輝度比等によって判断できることなどが分かった。

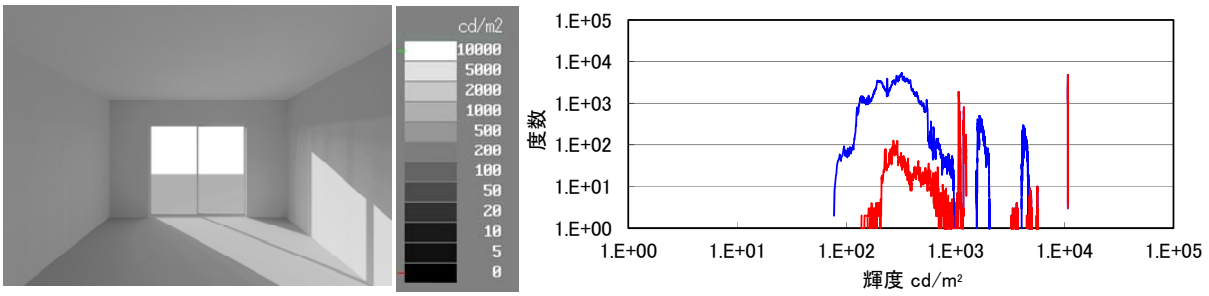
なお、第3フェーズの外皮部会における検討において、熱的な側面を含めた実空間での日照調整装置の実測を行っており、これらの結果との対応についてはそちらを参照されたい。



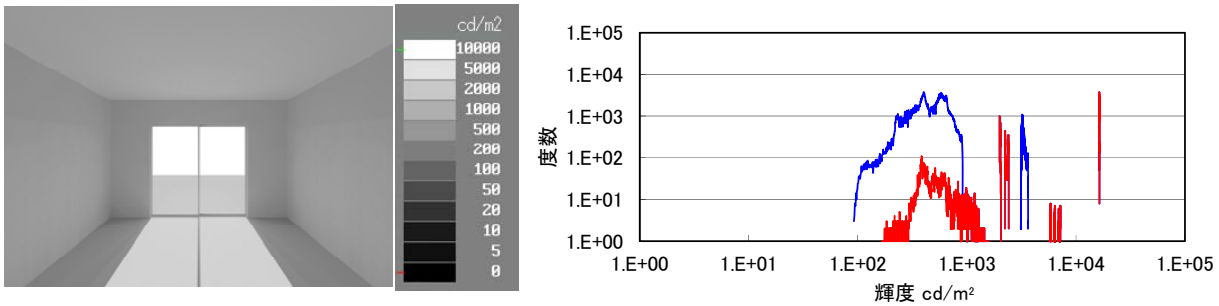
方位:南面、季節:夏至、時刻:9 時　　窓面平均輝度:4502cd/m^2



方位:南面、季節:夏至、時刻:12 時　窓面平均輝度:5591cd/m^2

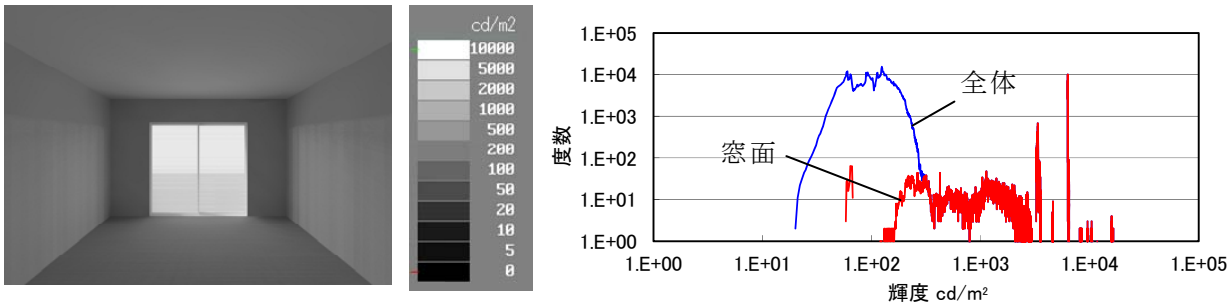


方位:南面、季節:冬至、時刻 9 時　　窓面平均輝度:5706cd/m^2

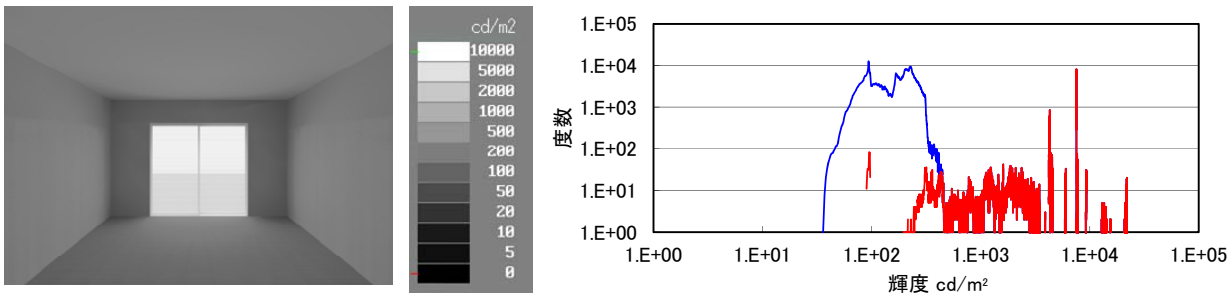


方位:南面、季節:冬至、時刻 12 時　窓面平均輝度:8852cd/m^2

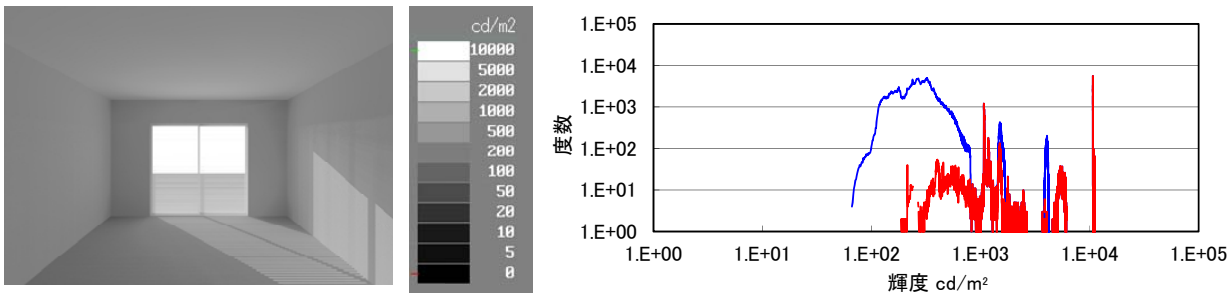
図 3.6.8　日照調整装置なしのシミュレーション結果



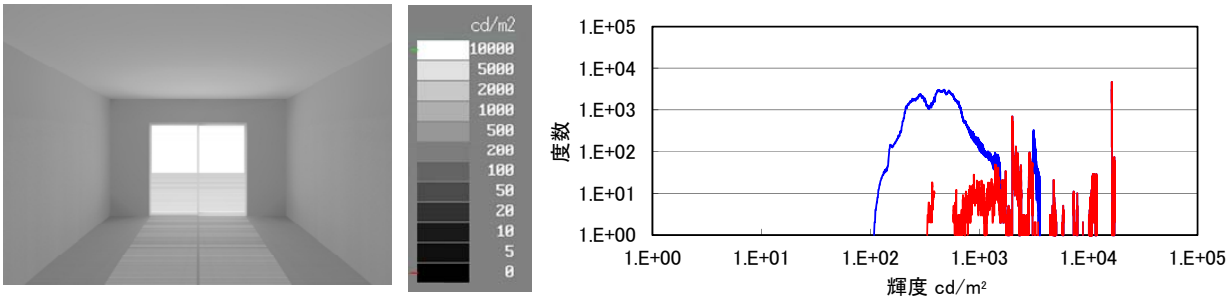
方位:南面、季節:夏至、時刻:9 時　　窓面平均輝度:4192cd/m²



方位:南面、季節:夏至、時刻:12 時　窓面平均輝度:5693cd/m²

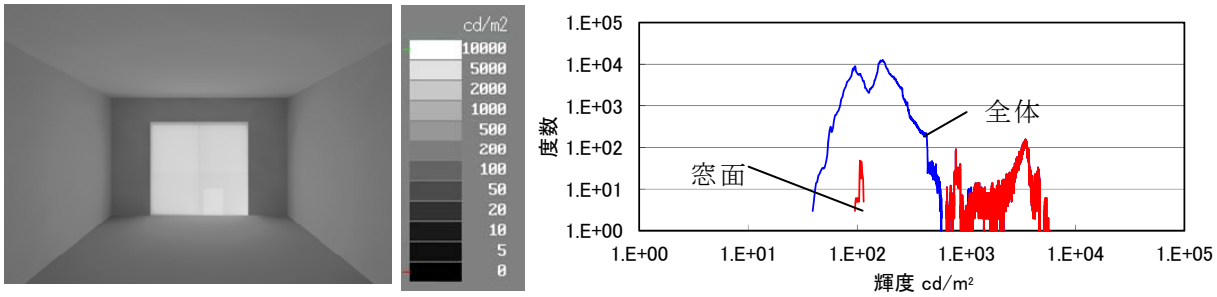


方位:南面、季節:冬至、時刻 9 時　　窓面平均輝度:6129cd/m²

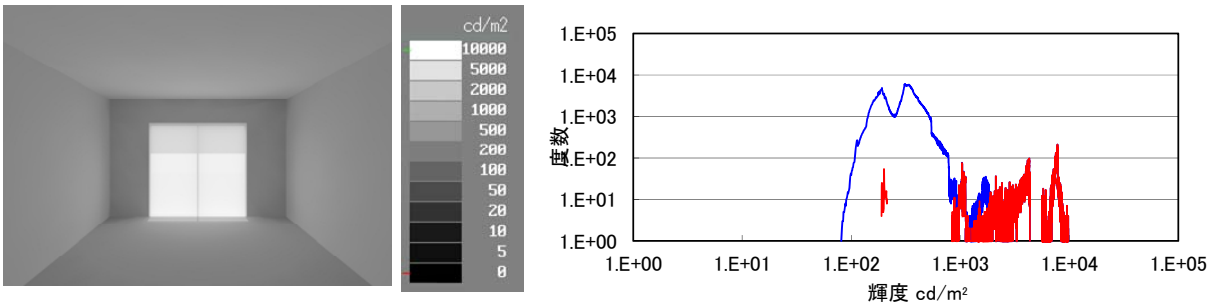


方位:南面、季節:冬至、時刻 12 時　窓面平均輝度:9982cd/m²

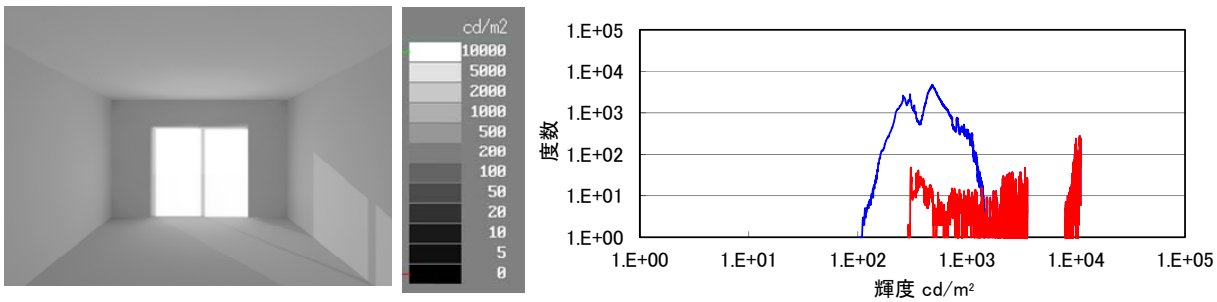
図 3.6.9　ブラインド装着時のシミュレーション結果



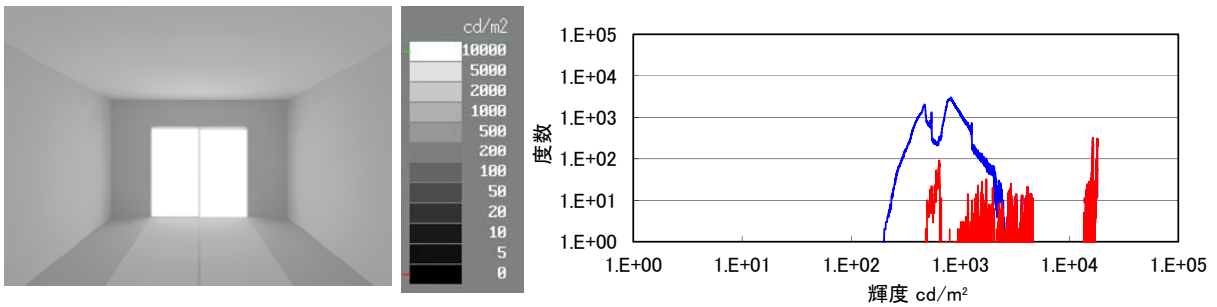
方位:南面、季節:夏至、時刻:9 時　　窓面平均輝度:3201cd/m^2



方位:南面、季節:夏至、時刻:12 時　窓面平均輝度:6034cd/m^2



方位:南面、季節:冬至、時刻 9 時　　窓面平均輝度:9004cd/m^2



方位:南面、季節:冬至、時刻 12 時　窓面平均輝度:15388cd/m^2

図 3.6.10　スクリーン装着時のシミュレーション結果

(2) 戸建て住宅の昼光連動照明制御システムの検討

戸建て住宅における昼光連動照明制御システムを開発した。窓からの昼光に連動して照明器具が自動的に調光し、室内の床面照度を均一に近づけるように調節する仕様となっている。

システム概要図を図 3.6.11 に示す。パソコン上で床面照度を設定すると、床面に設置した照度センサーが昼光および人工照明による床面照度を検知し、設定照度に足りなければ照明器具を点灯および調光し、設定照度以上であれば調光および消灯する。

光源がLEDであるため、専用の制御装置が必要になるが、新光源としてのLEDと昼光利用との組み合わせは、今後の住宅照明における省エネルギー手法の主流になると考えられる。

対象となる居室は、リビングダイニングと寝室となっている。各室の回路分け(ゾーニング)は図 3.6.12 の通り。

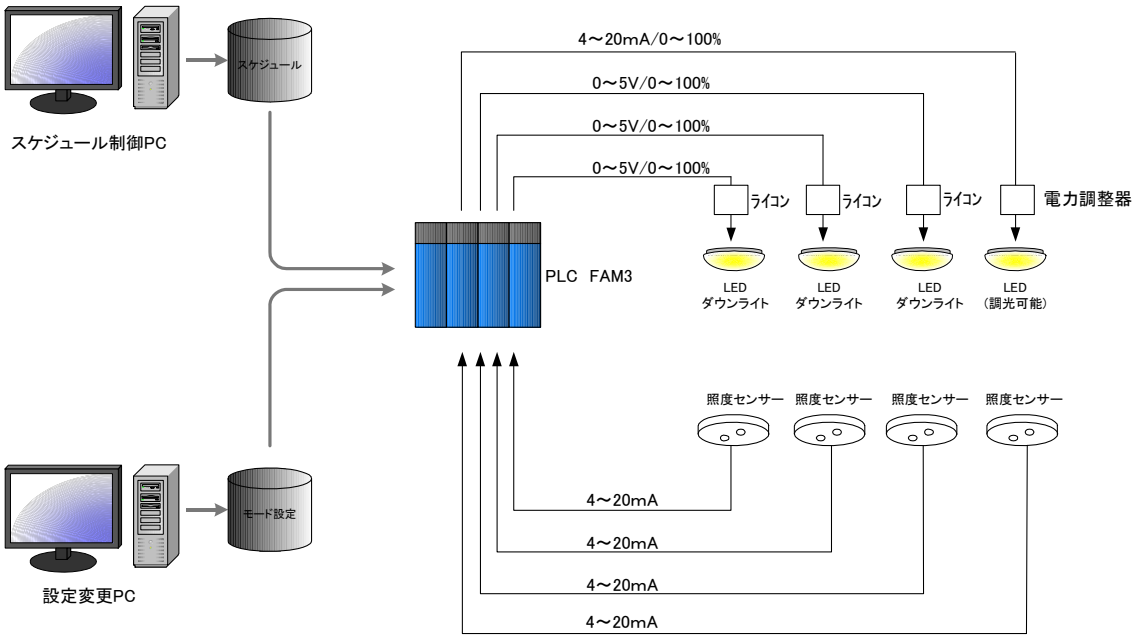
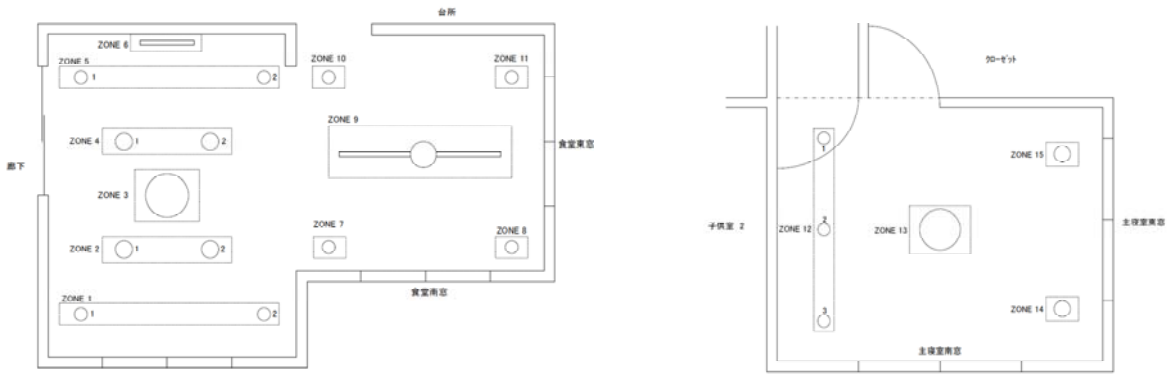


図 3.6.11 システム概要図



リビングダイニング　　寝室

図 3.6.12 照明制御のゾーニング

図 3.6.13 に現地写真を示し、図 3.6.14 に各室の多灯分散プランを示す。写真ではリビングおよび寝室は中央にシーリングライトが設置されているが、これは一室一灯プランに対応するための照明器具である。多灯分散プラン時にはシーリングライトは設置しない。ダイニングは配線ダクトにペンダントライトを吊り下げるが、一室一灯プランでは1灯、多灯分散プランでは3灯を設置する。

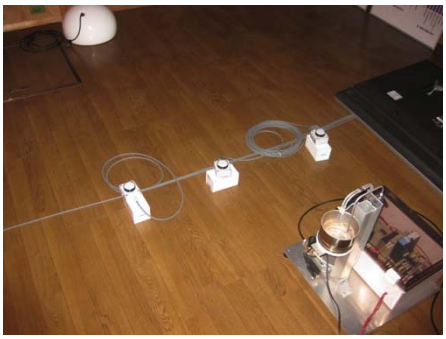
現在はまだ内装材が貼られていないことから省エネルギーの程度を検証できていないが、内装材の施工後に検証を開始する予定である。



リビング



寝室

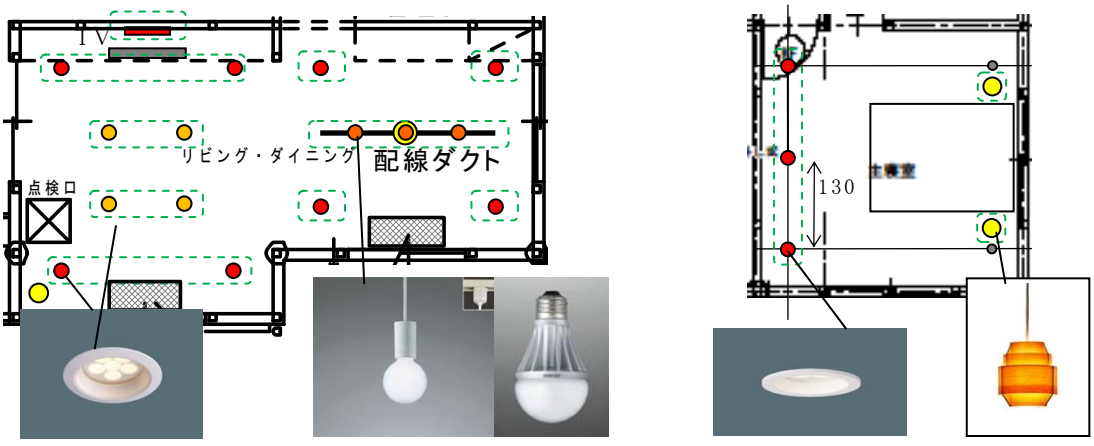


照度センサ



照明制御装

図 3.6.13 現地写真



リビングダイニング　　寝室

図 3.6.14 多灯分散照明プラン

参考文献
１）三木保弘：人工天空を用いた昼光環境の予測・評価システムの構築、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1、pp. 401-402、 2001.7
２）中村芳樹、 輝度画像と「見え方」;照明学会誌（特集新しい光環境の評価手法について）.Vol.93 No.12、 pp.879-884、 2009.12
３）岩田利枝；不快グレア評価法、 照明学会誌（特集新しい光環境の評価手法について）、 Vol.93.No.12、 pp.897-901、2009.12
４）菊地卓朗、黒木友裕:光環境における「物理」評価の高度化と「心理・生理」評価の導入、照明学会誌、 Vol.93.No.12、 pp.917-921、 2009.12
５）宮田紀元:：昼光利用とアトリウム、建築技術 No.429、pp.195-196、1987.5
６）大門昌昭、河崎由美子、中村洋 、古賀靖子、後藤浩一：直接照射型人工天空の製作、 日本建築学会研究報告(九州支部)2、 環境系、 第 32 号、pp.17-20、 1991.3
７）http://www.iwasaki.co.jp/product/applied_optics_field/environment_sim_system/
８）Spacial distribution of daylight-CIE standard overcast sky and clear sky、 CIE、 No. S003、 1996

3.6.3 設計法の提案

(1) 多灯分散照明方式の簡易設計フローの提案

今後の省エネルギー評価法を検討する上で、現在の住宅照明計画の設計方法を把握しておく必要がある。従来は一室一灯照明方式が主流であったが、自立循環型住宅設計ガイドラインなどの普及に伴い、多灯分散照明方式が主流になりつつある。

1) 照明設計フロー

多灯分散照明方式の照明設計フローには、現在大きく分けて3パターンあると考えられる(図 3.6.15)。照度分布図を作成しない方法(照度設計簡易法)、照度分布図を作成する方法(照度設計詳細法)及び輝度分布図を作成する方法(輝度設計法)であり、この順に高度化する(図 3.6.16)。

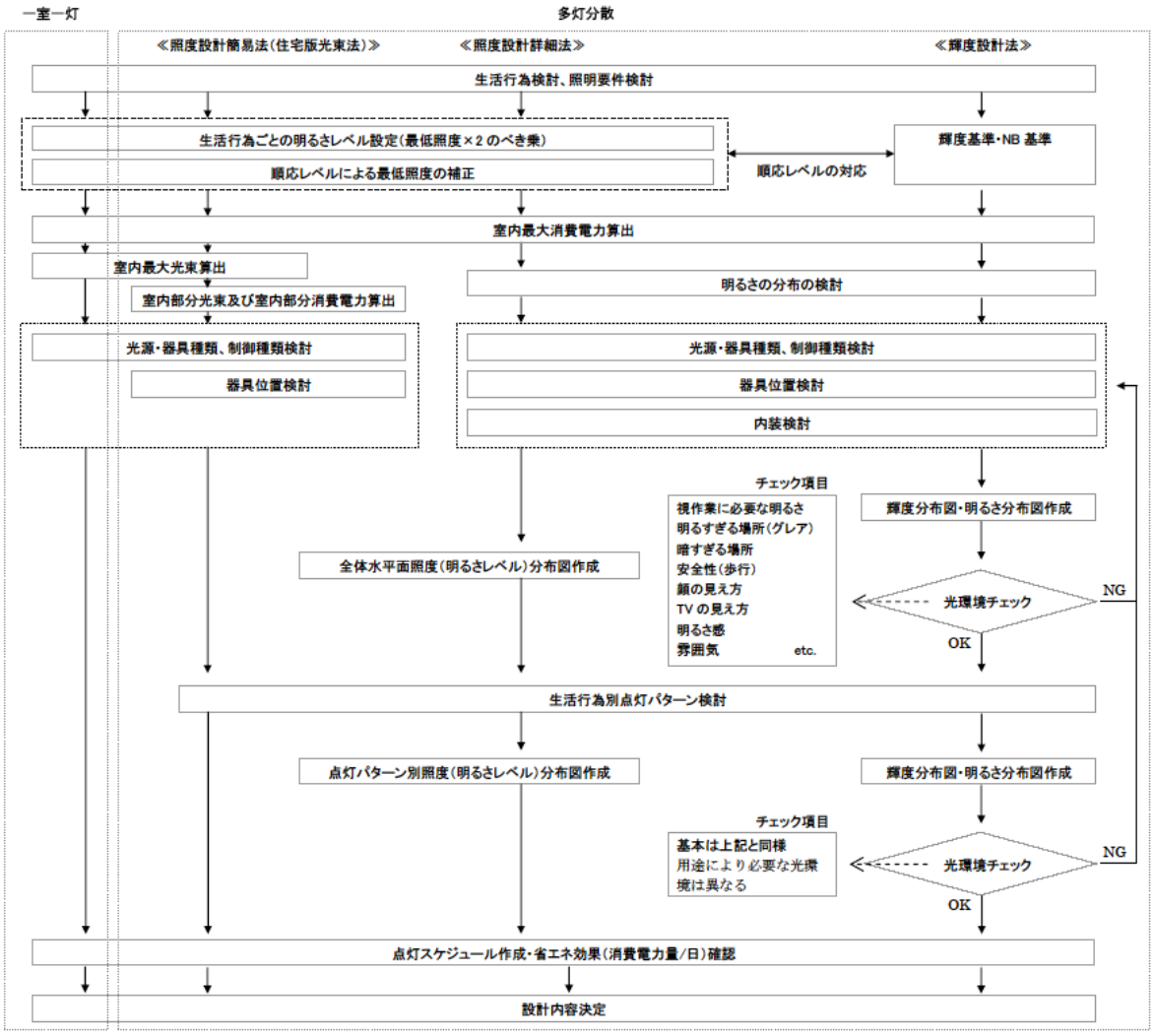


図 3.6.15 多灯分散照明方式の照明設計フロー

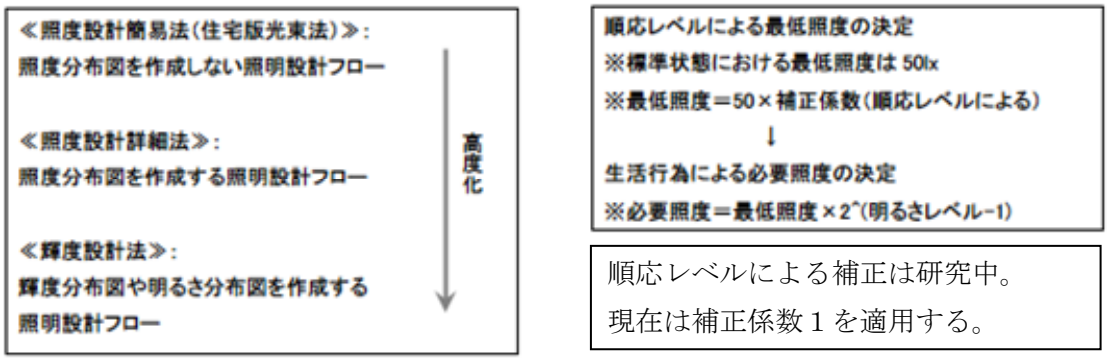


図 3.6.16 照明設計フローの高度化

全体的な照明設計の流れであるが、まずその空間における生活行為や照明要件を検討する。次に具体的な明るさの検討を行う。照度設計を行う際には明るさの基準として JIS 照度基準があるが、より簡易的な基準として、明るさレベルの考え方を提案している。輝度設計を行う際には、現在輝度による基準がないため、照度から換算した輝度値を用いる。

次に室の大きさに応じて室内最大消費電力を算出する。これにより、省エネルギー性の確保を行っている。

その後、具体的な照明設計に進むが、ここで三つの照明設計法に違いが出てくる。照度設

計簡易法では、室内最大光束を算出後、室を生活行為に応じて部分に分け、その部分ごとに必要な光束(室内部分光束)と必要な消費電力(室内部分消費電力)を算出し、その値に見合う照明器具を選定し、器具配置を検討する。照度設計詳細法では、室の明るさの分布を主に水平面照度を用いて検討し、その分布を実現する照明器具の選定と器具配置の検討を行う。輝度設計法では、同様に明るさの分布を検討するが、壁面や天井面を含めた室内全体の輝度を用いる。

多灯分散照明方式では、生活行為別に点灯パターンを変えるため、点灯パターンごとの光環境を検討するプロセスが必要となる。照度設計簡易法では、室内部分光束を検討する際にその部分の明るさも検討しているために生活行為と明るさとの関係を確認するだけでよいが、照度設計詳細法では点灯パターンを変えた状況での水平面照度分布図を作成する必要があり、輝度設計法では輝度分布図を作成する必要がある。ここで照度設計詳細法と輝度設計法の大きな違いが出る。照度設計詳細法では照度基準との整合性を確認するために、基本的に水平面照度分布しか作成しない。これは明視照明に関する光環境をチェックしているだけに止まり、雰囲気照明に関する光環境はほとんど考慮していないことになる。これに対して、室全体の輝度分布図を作成する輝度設計法では、明視照明及び雰囲気照明の双方の光環境をチェックすることが可能となる。そのため設計時に、ある程度正確な光環境が把握できることになり、もし不具合が見つかればフィードバックして仕様を変更することでさらに質の高い設計内容とすることができる。

但し現在、輝度設計は照明設計の専門家には可能であるが、一般の建築設計者にはやや敷居が高い。従来は一室一灯照明方式が多く、明るさを決定する際にも、照度や光束といった測光量を用いずに、消費電力を用いていたことから、まず測光量を用いた照明設計法に移行させる必要があると考えられる。これは LED が消費電力だけでは明るさが判断できなくなって全光束を表示するようになってきたことも影響している。そこでまず敷居の低い照度設計への誘導が適当と考えられるが、照度設計詳細法では照度分布図を作成するために照明器具の配光データ及び照度分布図作成ソフトが必要となり、心理的な抵抗があることが予想される。そのため、それらがなくてもある程度の明るさを検討できる照度設計簡易法がスムーズな移行には適切であり、省エネルギー評価用の照明設計法としても適当であると考えられる。

2) 照明設計プログラム

住宅照明において省エネルギーと光環境の向上を誘導する上で、現在の建築業界を鑑みると照度設計簡易法が適当であると前述したが、その設計法を普及させるためには、その設計法を反映させた簡易な照明設計プログラムの作成が有効と考えられる。そこで、まずその照明設計プログラムのフローを作成した(図 3.6.16-2)。

このプログラムフローの見方であるが、表の中央にある二重枠のフローは、設計者の入力項目となっている。その右側の一重枠は具体的な入力データの内容である。さらに右側の図は画面表示の際のイメージであり、二次元の場合と三次元の場合を併記している。設計者の入力項目である二重枠のフローの左側に位置する一重枠のフローは、データを入力後に自動的に算出される消費電力の項目である。また途中の段階でいくつかチェック項目があり、要件を満たしていないと前のステップにフィードバックする。設計が完了すると器具一覧表や器具配置が出力され、同時にエネルギー計算書も出力される。

照度計算を行わないため、正確な明るさは算出できないが、多灯分散照明方式を用いる際の大まかな光環境の検討が容易に行えることに加え、同時に消費電力量を算出できることから、照明設計の知識が乏しい建築設計者にも使いやすいプログラムになっていると考えられる。

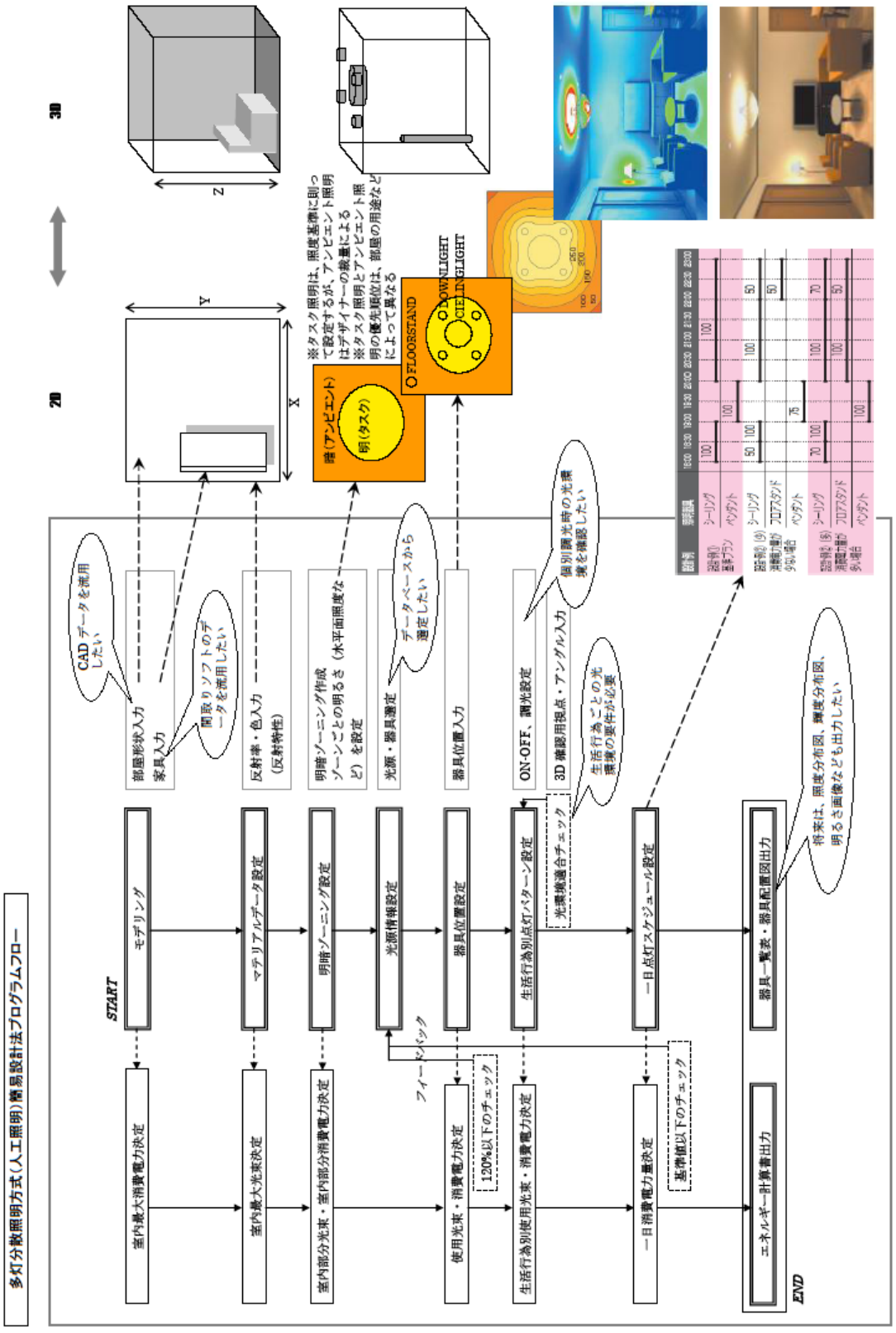


図 3.6.16-2　照明設計フローの高度化

(2) 光束に着目した住宅用照明設計法の検討

住宅の照明設計における照度設計においては、照度分布図の作成の有無により、簡易法と詳細法に分けられる。簡易法の一つとして、光束に着目した設計法(単位光束法)を考案した。

1) 考え方

照明設計の基本として知っておくべき照明設計法の一つに光束法がある。これは、全般照明を想定して、天井に均等配置された照明器具による作業面の平均照度を算出する設計法である(図 3.6.17)。オフィスなど均一な光環境を得たい場合に用いる。

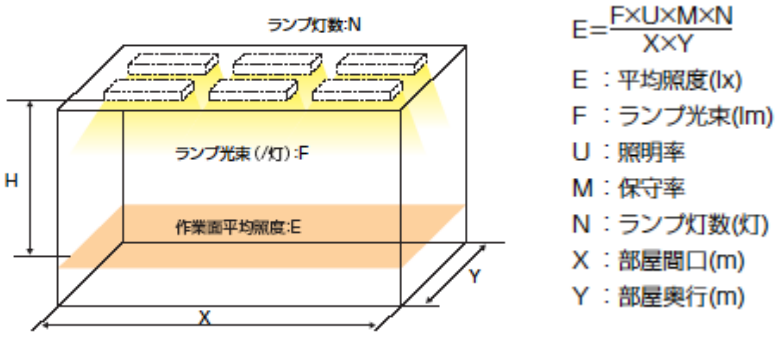


図 3.6.17 光束法

この設計法は大まかにいうと、ランプの全光束のうち、どの程度作業面に入射するかを室の形状や内装反射率及び照明器具の配光などから導き、その作業面に入射する光束を作業面の面積で割って平均照度を算出する方法である。ちなみにランプの全光束のうち、作業面に入射する光束の割合を照明率と呼んでおり、照明メーカーが照明器具ごとに照明率表を作成している。

また一般的には、光束法は平均照度を算出する数式となっているが、照明設計者は設計照度が決まっていて、必要な照明器具の灯数を算出するために用いることが多いことから、光束や灯数を算出するために、次のように数式を変形して用いている。

F×N＝E×X×Y／(U×M)

住宅においても設計者が対象であることから、上記の数式を参考に、設計照度を得るために必要な光束をできるだけ簡易に求めることを最優先して、住宅の照明設計に適した設計法を単位光束法として考案した。次節に詳細を述べる。

2) 設計手順

3.6.3(1)-1)照明設計フローにて示した照明設計のプロセスを具体的に記し、その中で単位光束法の詳細を述べる。

Process 1) 各室で行われる作業・生活行為の検討

住宅内の各室で行われる作業や生活行為を時間別に考え、照明要件を検討する。

Process 2) 生活行為に必要な明るさの確認

夜間において各室で行われる作業・生活行為をもとに光環境を検討する。まず、自立循環型住宅のコンセプト(省エネルギー性を向上させつつ快適性を損なわない)に基づき作成した生活行為と光環境に関する表(表 3.6.3)を用い、計画する住宅の各室で想定される生活行為の種類と明るさレベルを確認する。ここでの明るさレベルとは、照度のような物理量でなく、人の感覚に近い明るさの目安であり、居室における明るさの最低レベル(歩行に支障のない明るさ)をまず設定し、生活行為に必要な明るさがその最低レベルの何倍程度かによって決めた数値となっている。これは人の感覚が、物理量の対数に比例することを応用した考え方である。具体的には、床面照度 50 ルクス程度を明るさレベル1に該当させ、その照度の 2 倍を明るさレベル 2、次にその照度の 2 倍を明るさレベル 3、さらにその照度の 2 倍を明るさレベル 4 と設定したものである。照度と明るさレベルとの関係は表 3.6.3 の通り。

主に明視照明を対象としているが、明るさレベル 3 までを主にシーリングライトやダウンライトなどの天井照明によって得ることを想定しており、明るさレベル 4 以上の明るさが必要な場合は、スタンドなどの補助照明にて対応するという考え方になっている。

表 3.6.3 明るさレベルを用いた生活行為と光環境の関係

室	生活行為	光環境		備考 多灯分散照明の適用可能性
		照明部分	明るさレベル	
リビング	読書	テーブル面	4	◎
	TV、ゲーム	-	-	
	団欒	テーブル面	2	
	パソコン	テーブル面	3	
	くつろぐ	-	-	
	音楽鑑賞	-	-	
ダイニング	食事	テーブル面	3	△
	飲酒	-	-	
キッチン	調理	手元	3	
	片付け	手元	3	
主寝室	睡眠	-	-	○
	読書	手元	4	
	化粧	顔面	4（鉛直面）	
	身支度	収納内部 全身	2（鉛直面）	
	音楽鑑賞	-	-	
子供室 （洋室）	睡眠	-	-	○
	勉強	手元	4	
	読書	手元	4	
	遊び	手元	3	
和室	睡眠	-	-	○
	接客	テーブル面	3	
	TV	-	-	
	読書	手元	4	
	音楽鑑賞	-	-	
玄関	接客	顔面	2（鉛直面）	△
	身支度	全身	2（鉛直面）	
	移動	通路	1	
廊下・階段	移動	通路	1	
洗面所	洗顔	顔面	3（鉛直面）	
	化粧	顔面	3（鉛直面）	
浴室	入浴	-	-	
	洗髪等	顔面や体	2	
便所	排泄	便器周辺	2	
納戸・収納	物の出し入れ	収納内部	2	

表 3.6.4 明るさレベルと照度の関係

明るさレベル:BL	1	2	3	4※
照度(lx)	50	100	200	400※

※明変換式:照度＝50×2$^{(明るさレベル-1)}$

るさレベル4は、高齢者など特に明るさを必要とする場合を除き、通常は天井照明でなく、補助照明にて対応する。

Process 3)各室を利用する住まい手の視覚能力の確認

各室を利用する住まい手の年齢や視覚能力を確認する。視覚能力は加齢とともに低下するとされており、住まい手の現状把握と将来変化の予測を行い、生活行為に対する必要な明るさを補正する。

例えば、高齢者の居室で明るくしたい場合は、明るさレベルを1上げるようにする。これにより、照度は約2倍になる。但し、必要な部分のみとする。

Process 4) 昼光利用の範囲と程度の確認

各室における昼間の太陽光の状況把握と昼光利用計画を踏まえ、昼間の暗い時間帯や夕方に照明が必要になるに部分を予め把握する。

Process 5) 室内最大消費電力の算出

各室の消費電力の上限値を設定する。この上限値は、一室一灯照明方式を用いた場合のシーリングライトの消費電力を目安とする。この上限値を室内最大消費電力 Wmax と呼ぶこととする。

Process 6) 室内最大光束、室内部分光束および室内部分消費電力の算出

室内の明るさは天井照明を用いる場合、概ね室内の光束によって決まるため、室内の光束を用いて明るさを検討する。そこで室全体の光束の上限値を予め算出しておき、その室で用いる照明器具の光束の合計値がその上限値以下になるように器具配置を工夫する。この上限値を室内最大光束と呼ぶこととする。

ここで室内最大光束は以下の式(1)により算出する。単位光束 Fu と畳数 Su は表 3.6.5 内の値を用い、明るさレベル BL は表 3.6.3 内の値を用いる。表 3.6.4 内の単位光束 Fu は、室の各条件において平均床面照度50ルクスを得ることのできる光束となっている。設計面積が表3内にある面積に当てはまらない場合は、表中にあるその前後の面積における光束を用いて内分し、必要な光束を求める。

$Fmax = Fu \times 2^{(BL-1)}$ ・・・(1)

Fmax:室内最大光束(lm)、Fu:単位光束(lm)、BL:明るさレベル

表 3.6.5 単位光束一覧表



光束算出用器具：86WHf 蛍光ランプシーリングライト
ランプ光束：7980 lm、カバー：乳白アクリル、器具効率：56%

●拡散配光器具

面積(畳)		2	4.5	6	8	10	12.5
間口(m)×奥行(m)		1.82×1.82	2.73×2.73	2.73×3.64	3.64×3.64	3.64×4.55	4.55×4.55
単位光束(lm)	室内反射率(%) 70 30 10	2050	2750	3150	3650	4100	4650
	室内反射率(%) 70 50 10	1600	2300	2700	3200	3650	4200
	室内反射率(%) 70 70 10	1150	1850	2200	2700	3150	3700

●広照配光器具



光束算出用器具：9.4W 電球形 LED ランプダウンライト
ランプ光束：650 lm、反射板：鏡面、器具効率：69%、1/2 ビーム角 85°

面積(畳)		1	2	4.5	6	8	10
間口(m)×奥行(m)		0.91×1.82	1.82×1.82	2.73×2.73	2.73×3.64	3.64×3.64	3.64×4.55
単位光束(lm)	室内反射率(%) 70 30 10	950	1150	1550	1800	2100	2400
	室内反射率(%) 70 50 10	700	950	1400	1600	1950	2250
	室内反射率(%) 70 70 10	500	750	1200	1450	1750	2050

●中照配光器具



光束算出用器具：6.9W LED 一体型ダウンライト
ランプ光束：305 lm、反射板：鏡面、器具効率：90%、1/2 ビーム角 44°

面積(畳)		0.5	1	2	4.5	6	8
間口(m)×奥行(m)		0.91×0.91	0.91×1.82	1.82×1.82	2.73×2.73	2.73×3.64	3.64×3.64
単位光束(lm)	室内反射率(%) 70 30 10	280	360	460	750	920	1170
	室内反射率(%) 70 50 10	250	330	430	720	890	1140
	室内反射率(%) 70 70 10	210	290	390	680	850	1100

※天井高さは、2.4m と想定
※室内反射率は、天井反射率(%)、壁反射率(%)、床反射率(%)を示す
※保守率は、0.7 に設定
※光の広がりが大きい器具は広い室に、光の広がりが小さい器具は狭い室に用いるようにし、各器具は表中の面積の範囲内で適用する

室内最大光束を算出する手順であるが、まず設計する室の用途により、一室一灯照明方式と多灯分散照明方式のどちらを採用するかを決める。

●一室一灯照明方式を採用する場合

室の条件に合う単位光束 Fu を表 3.6.5 から選択する。室の大きさが表 3.6.5 内の設定条件と異なる場合は、室の大きさの前後の単位光束を内分して Fu を算出する。次に明るさレベル BL を決定する。標準は床面の水平面照度が100ルクス程度となる明るさレベル2となっている。これらの値を式(1)に代入すると、その室における室内最大光束 Fmax が得られる。

●多灯分散照明方式を採用する場合

生活行為に応じて明るくしたい部分と暗くてもよい部分を分けて考えること(ゾーニング)が可能なので、室全体と部分の両方の光束及び消費電力を考える。

最初に室全体を均一の明るさに照明すると仮定して、室内最大光束 Fmax を算出する。これらの値が、室内で採用する照明器具のランプ光束の合計の上限値となる。

次にこの光束を、集中させて明るくするゾーン(明視照明)とそれ以外の暗いゾーン(雰囲気照明)に分配する。本来は明視照明の明るさを得るために、高さも考慮した空間内の最適な位置に照明器具を配置することが理想だが、現在は空間内に自由に照明器具を配置することは難しく、建築設計時には天井照明を主体に検討していることから、天井照明を用いた単位光束法を用いる。

まず明視照明用に明るくしたいゾーンの光束(室内部分光束 Ft)を算出する。やはり式(1)を用いる。ここで例えば、リビングのテーブルでのパソコン使用を想定し、テーブル周辺のやや明るくしたいゾーンをゾーン1と設定すると、表1から明るさレベルは3となる。そしてゾーン1の面積から表 3.6.5 を用いて単位光束を選択すると、式(1)より室内部分光束 Ft が算出できる。これは概ねこの光束があれば、部分に必要な明るさを得ることができるということなので、多少増加しても問題ない。

ここで消費電力の目安とするために、式(2)を用いて室内部分光束 Ft から室内部分消費電力 Wt も算出しておく。

Wt＝Ft／LE　・・・(2)　　Wt:室内部分消費電力(W)、LE:総合効率

総合効率 LE はその部分で用いる光源が決まっている場合は、その光源の総合効率を用い、光源が決まっていない場合などは標準である 70lm/W を用いる。これは電球色の電球形蛍光ランプの総合効率に近い値である。

また、ゾーン1とは別に明るさレベルの高い部分をさらに設定することも可能だが、室内部分光束や部分消費電力の合計が室全体の上限値を超えてしまわないように注意する。

明視照明用器具の室内部分光束の算出後、雰囲気照明用器具の室内部分光束を算出する。その際、室内最大光束 Fmax から、明視照明用器具の室内部分光束 Ft を減じる。これにより得られた雰囲気照明用器具の室内部分光束 Fa が、雰囲気照明用器具の合計光束の上限値である。室内最大消費電力 Wmax から室内部分消費電力 Wt を減じた室内部分消費電力 Wa が雰囲気照明用器具の合計消費電力の上限値となる。

住宅においては室の大きさが小規模であるため、明視照明と雰囲気照明を明確に区別できない場合がある。そのため、まず明視照明用器具の検討を行い、その照明器具が雰囲気照明を兼ねることも想定しながら、雰囲気照明用器具の検討を行う。例えば、テーブル面を照らす

ための明視照明用のダウンライトが壁面も明るくしている場合などは、ダウンライトが雰囲気照明の一部を担当していると考えられるため、ダウンライトで照らされていない壁面を雰囲気照明用器具であるフロアスタンドで補うといった考え方である。明視照明用器具の室内部分消費電力 Wt 及び雰囲気照明用器具の室内部分消費電力 Wa は、実際に採用する器具の合計消費電力が室内最大消費電力 Wmax 以下になっていればよく、それぞれの室内部分消費電力は目安と考えてよい。

また吹き抜けは照明の対象となる空間の容積が大きいため、上限値を 1.5 倍程度に計画する。一時的な視作業のみを目的とするデスクスタンドなど、設計段階で通常除かれる局部照明器具は、光束や消費電力の合計を算出する際の器具に含めない。

Process 7) 照明配置計画と器具の選定

●一室一灯照明方式を採用する場合

Process 5)で得られた室内最大消費電力や Process 6)で得られた室内最大光束に近い仕様の照明器具を選択する。通常、和室など広い室であれば室天井の中央にシーリングライトを一灯設置し、トイレなど狭い室であれば室天井の中央に広照配光形ダウンライトを配置する。シーリングライトは、照明メーカーのカタログなどで主流となっている照明器具の畳数表示を参考に照明器具を選択しても問題ない。この畳数表示は、およそ 10 W/畳×畳数程度で床面 100 ルクス程度（明るさレベル2）が得られる設定となっている。

●多灯分散照明方式を採用する場合

多灯分散照明方式では、その室で使用する照明器具の消費電力や光束の合計が、室全体では室内最大消費電力や室内最大光束以下になるように、ゾーンでは室内部分消費電力や室内部分光束程度になるように計画する。ここでの光束はその器具で用いられている光源のランプ光束である。LED 一体型ダウンライトにおいて、器具光束のみが分かっている場合は、器具光束の一割増しをランプ光束とみなして計算する【ランプ光束＝器具光束×1.1】。

明るくしたい部分を効率的に照明するためには、中照配光形ダウンライトなどあまり光の広がらない照明器具を選ぶ。その際、光源はできるだけ総合効率が 70lm/W 以上のものを選択する。

住まい手の要望などで、雰囲気を重視したり、いろいろなシーンを作れるように多数の器具を計画する場合は、室内最大消費電力や室内最大光束を超えることがあるが、できるだけ設計時に消費電力や光束の合計が大きくならないように十分検討するとともに、運用時に各シーンに応じて点灯する照明器具の消費電力や光束の合計が上限値を超えないように設定することにより、省エネルギー性を確保することができる。

そのため多灯分散照明方式を用いる居室においては、通常は設計時に全ての照明器具の消費電力やランプ光束の合計が上限値を超えないようにし、照明器具が多い場合でも上限値の 1.2 倍以下に抑えることが重要となる。

(3) 多灯分散照明方式におけるタスク照明とアンビエント照明の考え方に関する考察

1) はじめに

自立循環型住宅の照明設備手法では、①機器効率、②運用・制御、③設計手法の総合的な検討によって、省エネ効果と光環境の質向上を実現する。この③設計、すなわち、室内形状や内装面の反射等、生活行為なども考慮して適切な配置を行うために有効な方法として、多灯分散照明方式が提案されている。

多灯分散照明方式は、『様々な行為が想定される多目的な住宅居室において、一室一灯の標準的 W 数を目安として、各生活行為に適切に対応できるよう、小型で高効率な複数の照明機器を必要箇所に分散して配置し、なるべく目安を超えない総 W 数の点灯状況を設定する』と定義され、従来の天井中央から万遍なく照らす一室一灯照明方式と対比させて考案された方式である。

一方、オフィス照明では、同様に従来一般的であった全般照明方式に対し、手元と周辺の照明の配置を考慮したタスク・アンビエント照明方式が、省エネ性と光環境の質を向上させる有効な手法として用いられつつあるが、分散配置による効果が類似していることから、多灯分散照明方式は、タスク・アンビエント照明方式とほぼ同じであると誤解されやすい。

しかし、住宅では、手元のタスク照明、周辺のアンビエント照明を個々には考えることができるが、具体的に照明の配置を考えようとすると、執務環境のようにに居住者の行為や位置が固定されておらず、手元の照明を考えようとした場合、室内表面の距離が近く、手元の照明が周辺を照らすアンビエント照明の効果を含む場合が多く見られる。

これらを鑑みると、住宅の多灯分散照明方式のより実効的な設計の考え方を明確にするためには、オフィスとの違いをもとに、タスク照明、アンビエント照明などの住宅での位置づけを整理しておくことが有効と考えられる。

2) 照明方式と照明機能による分類の検討

そこで、住宅及びオフィスのそれぞれについて、その室性状や居住形態の違いと照明方式、タスク照明とアンビエント照明の位置づけについて整理することを試みた。

その前提として、タスク照明、アンビエント照明とは、個々は「照明の機能」と考えられ、それら有する器具の配置の集合体が「照明方式」と考えられるとした。このような基本的な前提によって整理したものが表1である。

室規模では、室内表面との距離による反射効果の大小、行為種類・行為位置では、その多さと位置の定・不定で2つに分類し、これらに該当する照明方式を住宅、オフィスそれぞれ位置づけた。多灯分散照明方式は、この室内表面の反射効果が大、行為種類は多、行為位置は不定となる。

また、照明方式毎に、タスク照明とアンビエント照明の組みあわせ及び包含関係、それらによる照明範囲(ゾーン／室全体)を整理した。多灯分散照明は、基本的にゾーンで照明する手法であり、タスク照明、アンビエント照明、タスク照明＋アンビエント照明の場合の組みあわせで構成されると整理された。

これらより、住宅では、多灯分散照明方式の設計とは、生活行為及び生活位置の整理が前提として必要であり、これを合理的に設計するために、タスクとアンビエントの機能の組み合わ

せと包含関係を構築していく作業である、と位置づけることが可能であろう 。

表 3.6.6 照明方式と機能分類の整理

対象	室規模	行為種類 行為位置	照明方式分類	照明の機能分類
住宅	小 室内表面との距離による反射効果大	行為種類多 行為位置不定	多灯分散照明方式	タスク照明（ゾーン） アンビエント照明（ゾーン） タスク照明＋アンビエント照明（ゾーン／室全体）
			一室一灯照明方式	タスク照明アンビエント照明一体（室全体単独）
オフィス	大 室内表面との距離による反射効果小	行為種類少 行為位置定	タスク・アンビエント照明方式	タスク照明（ゾーン） アンビエント照明（ゾーン／室全体）
			全般照明方式	タスク照明アンビエント照明一体（室全体均等配列）

3.6.4 まとめ

本研究では、既往研究での検討の成果を、昼光利用技術と照明設備技術において高度化するため、主として個別の具体的な要素技術の開発と、それらを設計時にどのように使っていくかという設計法に関する検討を主として行い、あわせて既往研究で開発した内容がモデルハウス等の実住宅に反映された例についても検討してきた。これらの検討により得られた内容及び今後に向けた課題をそれぞれまとめると以下のようになる。

要素技術の開発では、まず、昼光利用技術の高度化として、人工天空による住宅昼光利用手法の基礎的検討と、季節・方位・時刻に応じた住宅昼光利用手法の検討を行った。これらに共通するのは、昼光利用手法の高度化は、昼光の調整性能の有無によってなされるという仮説であり、手法としては、前者は、実際の居住者の評価を想定した直射光も含む模型実験、後者は、屋外状況を系統的に考えたシミュレーションとなっており、これらの相互補完によって、日照調整装置の種類及び運用の仕方が昼光利用効果に大きな影響を与えることを示すことができた。今後、これらの結果をさらに検討し、設計ガイドライン等へ反映することが考えられる。

ついで、照明設備技術の高度化として、戸建て住宅の昼光連動照明制御システムの実験住宅における検討を行った。これは LED の個別制御を住宅で採用したものであり、多灯分散照明の昼間と夜間の効果を検討できる点で意味あるといえるが、その効果の計測は十分ではなく、今後、季節毎の実測を行うことで、住宅での昼間の制御の効果を明らかにする必要がある。

設計法の検討では、多灯分散照明の設計法としての実用性の検討として、まず、多灯分散照明方式の簡易設計フローの提案を行った。これをもとに、今後、簡易に設計を行うためのソフトウェア

などのツールを開発していく必要があると考えられる。

ついで、LED 等の、同じ消費電力でも光量や配光が異なる光源が住宅で用いられるようになった現状から、光束に着目した住宅用照明設計法の検討を行った。今後、この設計法の検証や、適用範囲の拡大の検討を行い、設計法としての実用性を高めていく必要がある。また、住宅におけるタスク照明とアンビエント照明の関係についても整理も行っているが、これは、上記の設計法の具体として応用が考えられる。

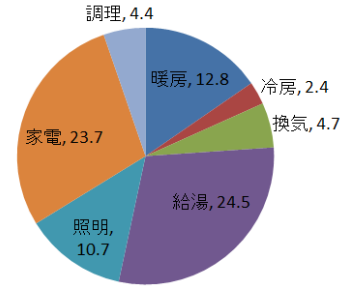
省エネ照明設備を導入した住宅事例では、主に、多灯分散照明や、LED の可能性、昼光利用効果、有機 EL 等の新光源の採用など、省エネ照明と光環境の質の両者を考慮した実例が多くなってきていることが確認された。今後、上記、第3フェーズで行った要素技術開発及び設計法を普及させることで、このような実住宅への応用事例がさらに増えてくると考えられ、それらについて、光環境的な検証が必要となろう。

4. 生活モード・家電に関する研究開発

4.1 家電消費電力量の推定方法の開発

4.1.1 はじめに

住宅におけるエネルギー消費用途には、暖冷房、換気、給湯、照明の他に家庭用電化製品（以降、家電と称す）が含まれる。それらの構成比は住宅の立地する地域の気象条件や住宅の形態（特に戸建か共同住宅か）によって変わるが、戸建住宅では**図 4.1.1** 及び図 4.1.2 のようになっており、温暖地や蒸暑地のみならず準寒冷地においても家電のためのエネルギー消費量の比率は高くなっている。



東京、戸建住宅、4人家族、2000年頃の平均的エネルギー消費量構成 （合計83.2GJ）

図 4.1.1 Ⅳ地域の場合のエネルギー消費用途別構成
（出典：自立循環型住宅への設計ガイドライン（温暖地版））

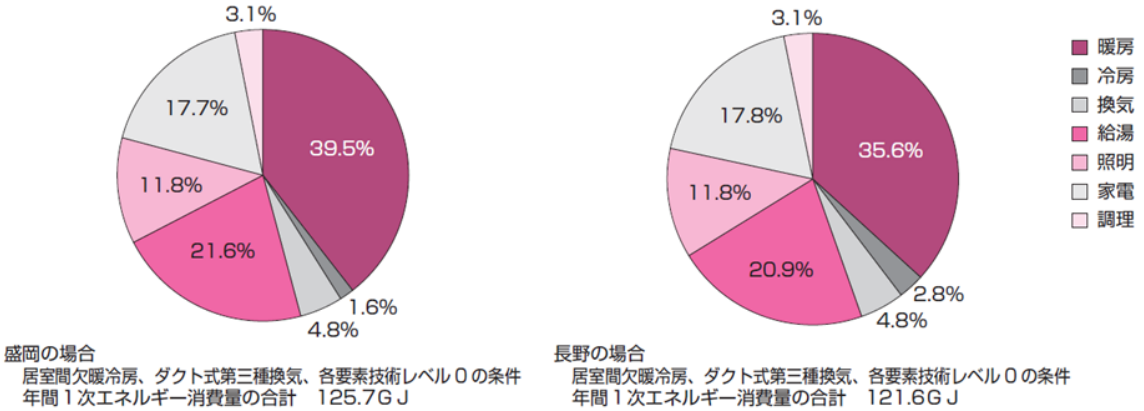


図 4.1.2 Ⅱ地域、Ⅲ地域の場合のエネルギー消費用途別構成

したがって、住宅におけるエネルギー消費全体を抑制するためには、家電のためのエネルギー消費量の削減も欠かせない。また、近年大きな課題となっている節電や電力需要ピークの抑制のため、さらには太陽光発電によって発電された電力の自家消費分の見積もり、しいては電力料金の推定、コージェネレーションの稼働率の推定のためにも家電による電力消費量の推定が重要となっている。

このような背景において、家電による電力消費の構成や総量の推定が重要課題となっているものの、多種類の家電にわたって実使用時における電力消費量を推定するための方法論については、未だ課題が多く残されているといえる。

そこで本研究では、最終的に家電のための電力消費を総量及び時系列的に推定するための手法を開発することを主たる目的とした。そのために、同じ主体による先行する研究で得られている種々の家電に関する情報で欠落している部分を補強した上で、推定手法を開発し、様々な角度から検証を行うこととした。

4.1.2 家電消費電力量に関する実測データの補充と既存データの再評価

(1) 温水暖房便座

実験は(独)建築研究所シックハウス実験棟の 4 住戸にて実施した。実験対象の温水暖房便座が設置された住戸番号及び仕様を表 4.1.1 に示す。実験棟 4 戸の温水暖房便座については、実際の生活に近い使用状態(フタを空けたり閉めたり誰かが座ったり)になるように機械的に再現した。

表 4.1.1 実験対象とした温水暖房便座の仕様

温水暖房便座	製造年	消費電力				温水洗浄				温風乾燥	暖房便座				便器	備考	測定時設定	
		定格消費電力_W	最大定格_W	待機時_W	1時間当たりの標準消費電力量_Wh *1	温水ヒータ容量_W	低_℃	中_℃	高_℃	温風ヒータ容量_W	ヒータ容量_W	低_℃	中_℃	高_℃	洗浄消費電力_W		温水	便座
建研_101号室	2002-2005		1200			1090	36	38	40	250	45	28	36	40		・24時間節電、節電切タイマー(6時間後自動復帰)	切■■■■□高	切■■■■□高 *2
建研_103号室	2002-2005		1200			1090	36	38	40	250	45	28	36	40		・24時間節電、節電切タイマー(6時間後自動復帰)	切■■■■□高	切■■■■□高 *2
建研_301号室	2002-2005		1200			1090	36	38	40	250	45	28	36	40		・24時間節電、節電切タイマー(6時間後自動復帰)	破損により不明	破損により不明
建研_303号室	2000	576			32	500				350	50					洗浄用に1リットルのタンクが付属。	中	中

4 台の日積算消費電力と日平均周囲温度の関係を図 4.1.3～図 4.1.6 に示す。101 号室及び 103 号室に設置された機種(各々図 4.1.3 及び図 4.1.4)に関しては、近似式の傾き、切片ともにほぼ一致している。同じ機種であるが、301 号室に設置されたものの近似直線の傾きは一致するものの切片が異なる。これは、同機種の便座ヒーターが「高」設定で使用されていたのに対して、他の 2 台は「中」設定で使用されていたためと考えられる。

一方、303 号室に設置された機種のみは、近似直線の傾きが急である。この機種は他の 3 台と異なり、洗浄温水の湯沸かしが瞬間式ではなく貯湯式(1 リットル貯湯槽)であり、便座ヒーターについても定格 50W と、他の 3 台(45W)に比して加温能力が大きくなっている。

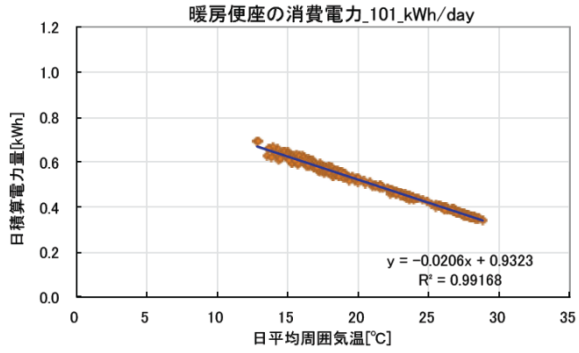


図 4.1.3 101 号室の温水暖房便座の日積算消費電力量と日平均周囲温度の関係

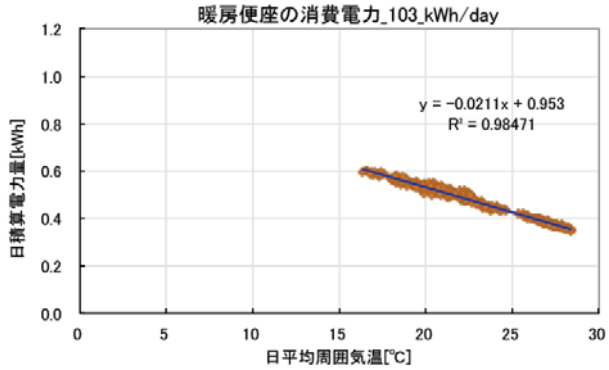


図 4.1.4 102 号室の温水暖房便座の日積算消費電力量と日平均周囲温度の関係

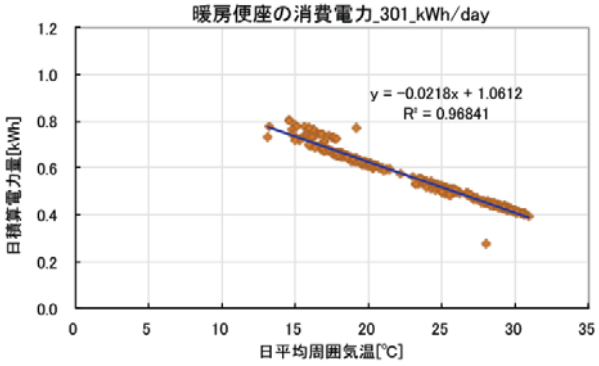


図 4.1.5 301 号室の温水暖房便座の日積算消費電力量と日平均周囲温度の関係

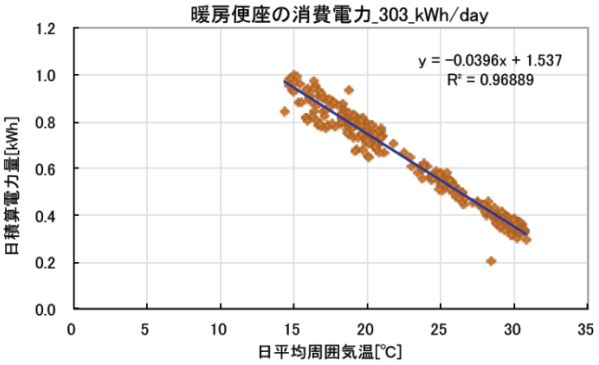


図 4.1.6 303 号室の温水暖房便座の日積算消費電力量と日平均周囲温度の関係

温水暖房便座の電力消費の推定のためには、電力の主たる使用目的であるところの便座の昇温と、洗浄温水の加温を別個に推定できたほうが便利である。温水暖房便座の電力消費の時系

列データ(ある 1 日分を切り取った結果)を図 4.1.7 に示すが、間欠的に生じている消費電力の増加(約 50W 以上の部分)が温水ヒーター動作時のものである。電力消費の実測は 1 分間隔で行われた。そこで 50W 以上の電力消費を温水ヒーター、それ以下を便座加温のためのものと考え、集計した結果が表 4.1.2 である。

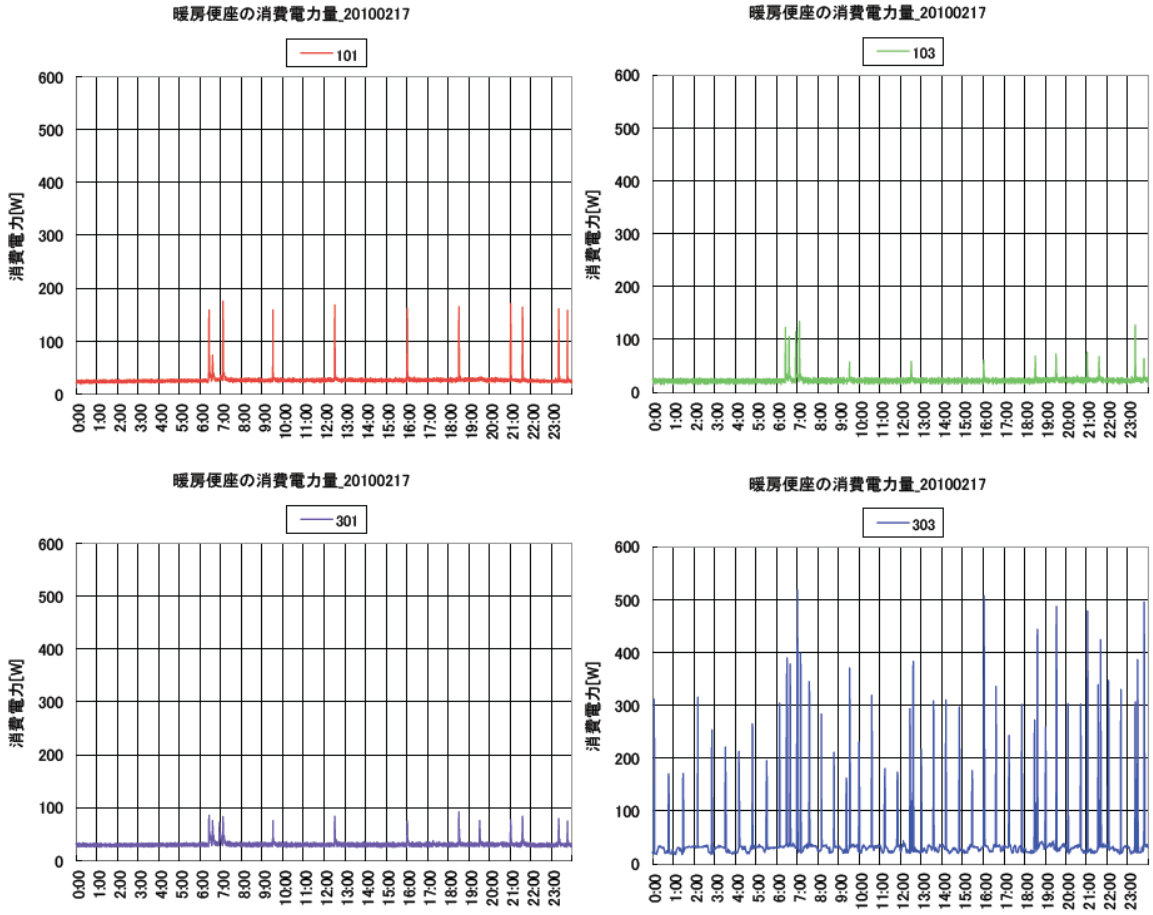


図 4.1.7 温水暖房便座の電力消費時系列データ（冬期）

表 4.1.2 温水暖房便座の年間消費電力量を温水ヒーター分と便座ヒーター分とに分離した結果

	温水電力 kWh/年	便座電力 kWh/年	合計 kWh/年	合計に対する温水電力の割合
101号室	3.85	158.88	162.73	2.4%
103号室	2.67	153.29	155.96	1.7%
301号室	4.46	181.02	185.48	2.4%
303号室	58.12	145.17	203.29	28.6%

温水ヒーターの動作が瞬間式の場合(101 号室、103 号室、301 号室)、温水ヒーター分の消費電力は便座加温用の消費電力を加えた合計値の約 2～2.5%程度であるのに対して、貯湯式の場合(303 号室)は約 29%と大きな割合を占めている。

次に温水暖房便座周囲の温度(トイレの室温)と日積算消費電力量との関係を見る。相関図を

図 4.1.8 に示す。

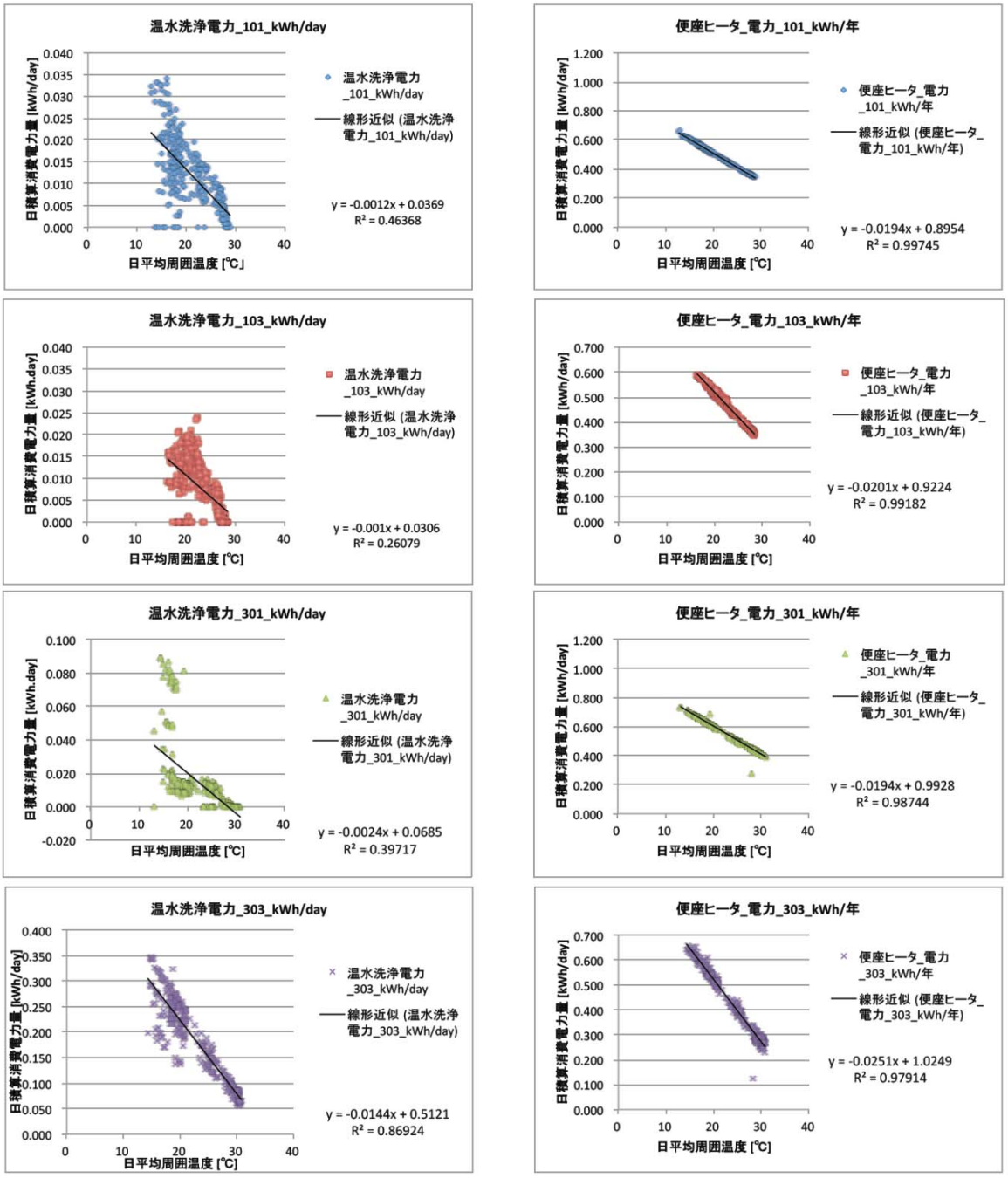


図 4.1.8 温水ヒーター及び便座ヒーター消費電力と周囲温度との関係（101～303 号室）

温水ヒーターが瞬間式の機種では、日平均周囲温度と日積算温水ヒーター消費電力量との相関は低く（R^2 値 0.26～0.46）、日積算便座ヒーター消費電力量との相関は高い（同 0.97～0.99）。貯湯式の機種（303 号室）では、日平均周囲温度と日積算温水ヒーター消費電力量との相関も高くなっている（同 0.87）が、このことは常時温水を保温しているためと言える。周囲温度から消費電力量を求めることを意図し、これらの関係を整理すると表 4.1.3 のようになる。

表 4.1.3　日平均周囲温度による温水暖房便座の日積算消費電力量推定式係数一覧

		傾き	切片	R2
101号室	温水ヒーター	−0.0012	0.0369	0.46368
	便座ヒーター	−0.0194	0.8954	0.99745
	温水+便座	−0.0206	0.9323	0.99168
103号室	温水ヒーター	−0.001	0.0306	0.26079
	便座ヒーター	−0.0201	0.9224	0.99182
	温水+便座	−0.0211	0.953	0.98471
301号室	温水ヒーター	−0.0024	0.0685	0.39717
	便座ヒーター	−0.0194	0.9928	0.98744
	温水+便座	−0.0218	1.0612	0.96841
303号室	温水ヒーター	−0.0144	0.5121	0.86924
	便座ヒーター	−0.0251	1.0249	0.97914
	温水+便座	−0.0396	1.537	0.96889

表 4.1.3 の関係のうち温水ヒーターに関する式を図化したものが図 4.1.9 である。同一機種であるものの、101 号室と 103 号室に比して 301 号室の製品は消費電力が大き目であるが、その理由は温水ヒーターの設定湯温の違いにあると考えられる（前者が「中」、後者が「高」）。瞬間式の場合、日平均周囲温度が約 28℃でゼロになっていることを考慮し、かつ測定機種とは異なる温水ヒーターの定格消費電力を持つ機種の予測にも対応できるようにするため表 4.1.4 のような式を導出した。一方、貯湯式に関しては同様にして表 4.1.5 のような式を導出した。

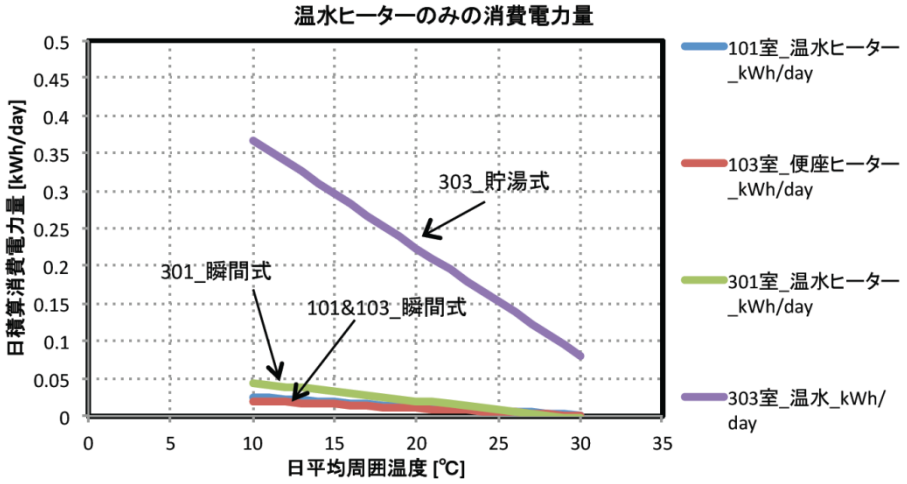


図 4.1.9　温水暖房便座の日平均周囲温度と日積算消費電力量（温水ヒーター分）の近似式

表 4.1.4 日平均周囲温度及び温水ヒーター定格消費電力から日積算消費電力（温水ヒーター分）を推定する式

（瞬間式温水ヒーターの場合）

・瞬間式温水ヒーターの温度設定が「中」場合。

- 101号室の日平均周囲温度が10℃のときの日積算消費電力量を計算対象とする瞬間式温水ヒーターの定格消費電力 Hw [W]で案分した点と、日平均周囲温度が28℃で日積算消費電力量がゼロになる点を結んだ線とする。
- ここで、101号室の温水ヒーターの定格消費電力は表1より1090 Wである。

$$W_{ws} = -1.274 \cdot 10^{-6} \cdot H_W \cdot x + \left(0.0357 \cdot 10^{-3} \cdot H_W\right)$$

- ただし、日平均周囲温度x [℃]が28℃以上の場合はWws＝0 [kWh/day]とする。

・瞬間式温水ヒーターの温度設定が「高」場合。

- 101号室の日平均周囲温度が10℃のときの日積算消費電力量を計算対象とする瞬間式温水ヒーターの定格消費電力 Hw [W]で案分した点と、日平均周囲温度が28℃で日積算消費電力量がゼロになる点を結んだ線とし、設定温度が高くなったことにより周囲空気との温度差が2℃大きくなったと考える。

$$W_{ws} = -1.274 \cdot 10^{-6} \cdot H_W \cdot (x-2) + \left(0.0357 \cdot 10^{-3} \cdot H_W\right)$$

- ただし、日平均周囲温度x [℃]が28℃以上の場合はWws＝0 [kWh/day]とする。

表 4.1.5 日平均周囲温度及び温水ヒーター定格消費電力から日積算消費電力（温水ヒーター分）を推定する式

（貯湯式温水ヒーターの場合）

- 貯湯式温水ヒーターの日積算消費電力量 Wwt [kWh/day]は、日平均周囲温度を x [℃]、計算対象とする貯湯式温水ヒーターの定格消費電力Hw [W]とすると次式のようになる。

- 貯湯式温水ヒーターの設定温度が「中」の場合

$$W_{wt} = -0.0144 \cdot x + 0.5121 \cdot \frac{H_W}{500}$$

- 温水ヒーターの設定温度が「高」の場合

$$W_{wt} = -0.0144 \cdot (x-2) + 0.5121 \cdot \frac{H_W}{500}$$

表 4.1.3 の関係のうち便座ヒーターに関する式を図化したものが図 4.1.10 である。便座ヒーターの設定温度がともに「中」である 101・103 号室の近似直線と 303 号室のそれを比べると、日平均周囲温度 10℃では 303 号室のほうが日積算消費電力量は大きいが、日平均周囲温度が 30℃では 303 号室のほうが小さくなっている。そこで、整合をとり簡単化するため、303 号室の日平均周囲温度が 30℃のときの消費電力量は、101・103 号室と等しい（=0.3194 kWh/day）と仮

定する。この仮定に基づくと 303 号室の便座ヒーターの日平均周囲温度による回帰式の係数は、傾きが-0.0227、切片が 1.0012 となる(変更前は表 4.1.3 にあるように、各々-0.0251 及び 1.0249)。修正後の図の近似直線を図 4.1.11 に示す。

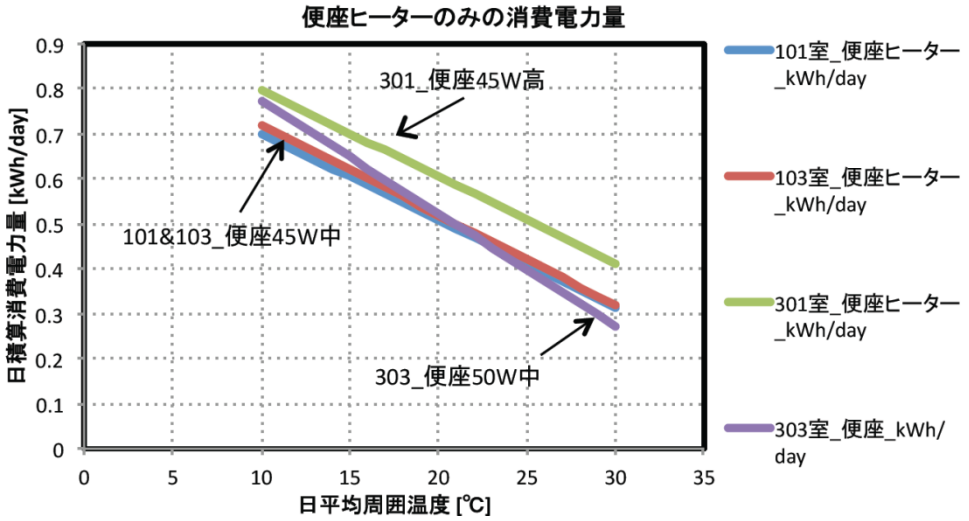


図 4.1.10 温水暖房便座の日平均周囲温度と日積算消費電力量(便座ヒーター分)の近似式(修正前)

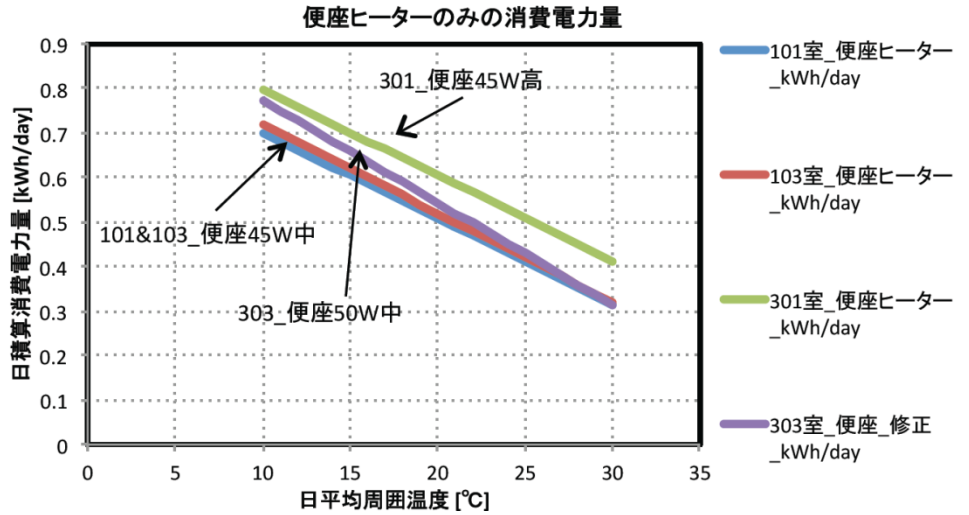


図 4.1.11 温水暖房便座の日平均周囲温度と日積算消費電力量(便座ヒーター分)の近似式(303 号室機種の近似式を修正後:y=-0.0227x+1.0012)

便座ヒーターの設定温度が「中」の場合、図 4.1.11 の「101&103_便座 45W 中」と「303_便座 50W 中」の線を、計算対象とする温水暖房便座の便座ヒーター定格消費電力で案分し与えることとする。また、同図において「101&103_便座 45W 中」と「301_便座 45W 高」とは便座の設定温度のみが異なっている。両近似式の傾きはほぼ同じであることから、設定温度が「高」の場合は、切片のみを 1.763 倍(=0.9928/0.9224)することとする。

計算対象とする温水暖房便座の便座ヒーター定格消費電力を HB(W)、日平均周囲温度を x(℃)とすると、便座ヒーターの日積算消費電力量 WB (kWh/day)は、HB の値に応じて表 4.1.6 に示す式により求めることができる。

表 4.1.6 日平均周囲温度及び便座ヒーター定格消費電力から日積算消費電力（便座ヒーター分）を推定する式

・便座ヒーター定格消費電力 H_B [W] ≦ 45 W

- 計算対象便座ヒーターの定格消費電力が、103号室の便座ヒーター定格消費電力（45 W）より小さい場合
- 表4に示した103号室の便座ヒーター近似式と同じ傾きで切片を便座ヒーター定格消費電力で案分して与える。
- ここで、便座ヒーター設定温度が「中」の場合は周囲温度xに実際の周囲温度を代入し、設定温度が「高」の場合はxに周囲温度-4℃の値を代入する。これは、設定温度を「高」にすることにより、便座表面と周囲空気との温度差が設定温度の刻みは場である4℃大きくなったと考えるからである。

$$W_B = -0.0201 \cdot x + 0.9224 \cdot \frac{H_B}{45}$$

・45 W < 便座ヒーター定格消費電力 H_B [W] < 50 W

- 103号室の便座ヒーター定格消費電力（45 W）より大きく、301号室のそれ（50 W）より小さい場合
- 日平均周囲温度が10℃における103号室日積算消費電力量と303号室のそれとを、計算対象便座ヒーター定格消費電力で案分する。また、日平均周囲温度が30℃のときの日積算消費電力量は103号室と同じ0.3194 kWh/day として、その2点を結ぶ線分とする。
- 表3を用いて予測値を求めたところ、便座ヒーターの日積算消費電力量 WB [kWh/day] は、温水暖房便座の便座ヒーター定格消費電力を H_B [W]、日平均周囲温度をx [℃]とすると以下のようになる。
- ここで、便座ヒーター設定温度が「中」の場合は周囲温度xに実際の周囲温度を代入し、設定温度が「高」の場合はxに周囲温度-4℃の値を代入する。これは、設定温度を「高」にすることにより、便座表面と周囲空気との温度差が設定温度の刻みは場である4℃大きくなったと考えるからである。

$$W_B = (-0.0201 - 5.25 \cdot 10^{-4} \cdot (H_B - 45)) \cdot x + \left(0.923 + 0.0157 \cdot (H_B - 45)\right)$$

・便座ヒーター定格消費電力 H_B [W] ≧ 50 Wの場合

- 計算対象便座ヒーターの定格消費電力が、303号室の便座ヒーター定格消費電力（50 W）より小さい場合
- 表4に示した303号室の便座ヒーター近似式と同じ傾きで切片を便座ヒーター定格消費電力で案分して与える。
- ここで、便座ヒーター設定温度が「中」の場合は周囲温度xに実際の周囲温度を代入し、設定温度が「高」の場合はxに周囲温度-4℃の値を代入する。これは、設定温度を「高」にすることにより、便座表面と周囲空気との温度差が設定温度の刻みは場である4℃大きくなったと考えるからである。

$$W_B = -0.023 \cdot x + 1.0042 \cdot \frac{H_B}{50}$$

表 4.1.6 中の式を用い、便座ヒーターの定格消費電力が各々40,47,55W のときの便座ヒーター日積算消費電力量を求めた結果を図 4.1.12 及び表 4.1.7 に示す。

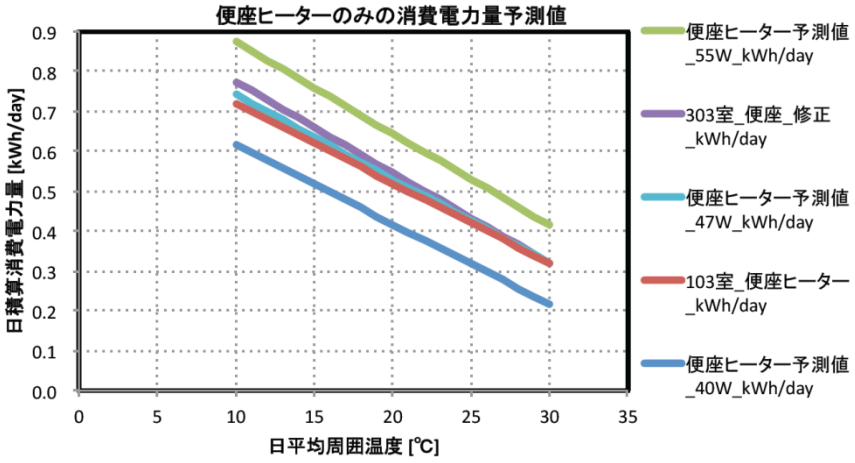


図 4.1.12 便座ヒーターの日積算消費電力量の試算例（便座ﾋｰﾀｰ定格消費電力が40, 47, 55Wの場合）

表 4.1.7 便座ヒーターが各定格消費電力の場合の予測式係数

便座ヒーター定格消費電力_W	傾き	切片
55	−0.0230	1.1046
47	−0.0212	0.9544
40	−0.0201	0.8199

ここまでに作成した温水暖房便座の消費電力量推定式の精度の確認のため、予測値と実測値との比較を行う。表 4.1.8 が各機器の予測式の係数の一覧である。また、図 4.1.13 に各機器に関する予測値と実測値の比較結果を示す。

表 4.1.8 実測対象温水暖房便座の仕様及び設定温度条件から求めた予測式の係数一覧

		定格消費電力_W	傾き	切片
101号室	温水ヒーター	1090	−0.0014	0.0389
	便座ヒーター	45	−0.0201	0.9224
103号室	温水ヒーター	1090	−0.0014	0.0389
	便座ヒーター	45	−0.0201	0.9224
301号室	温水ヒーター	1090	−0.0025	0.0692
	便座ヒーター	45	−0.0201	0.9928
303号室	温水ヒーター	500	−0.0144	0.5121
	便座ヒーター	50	−0.0230	1.0042

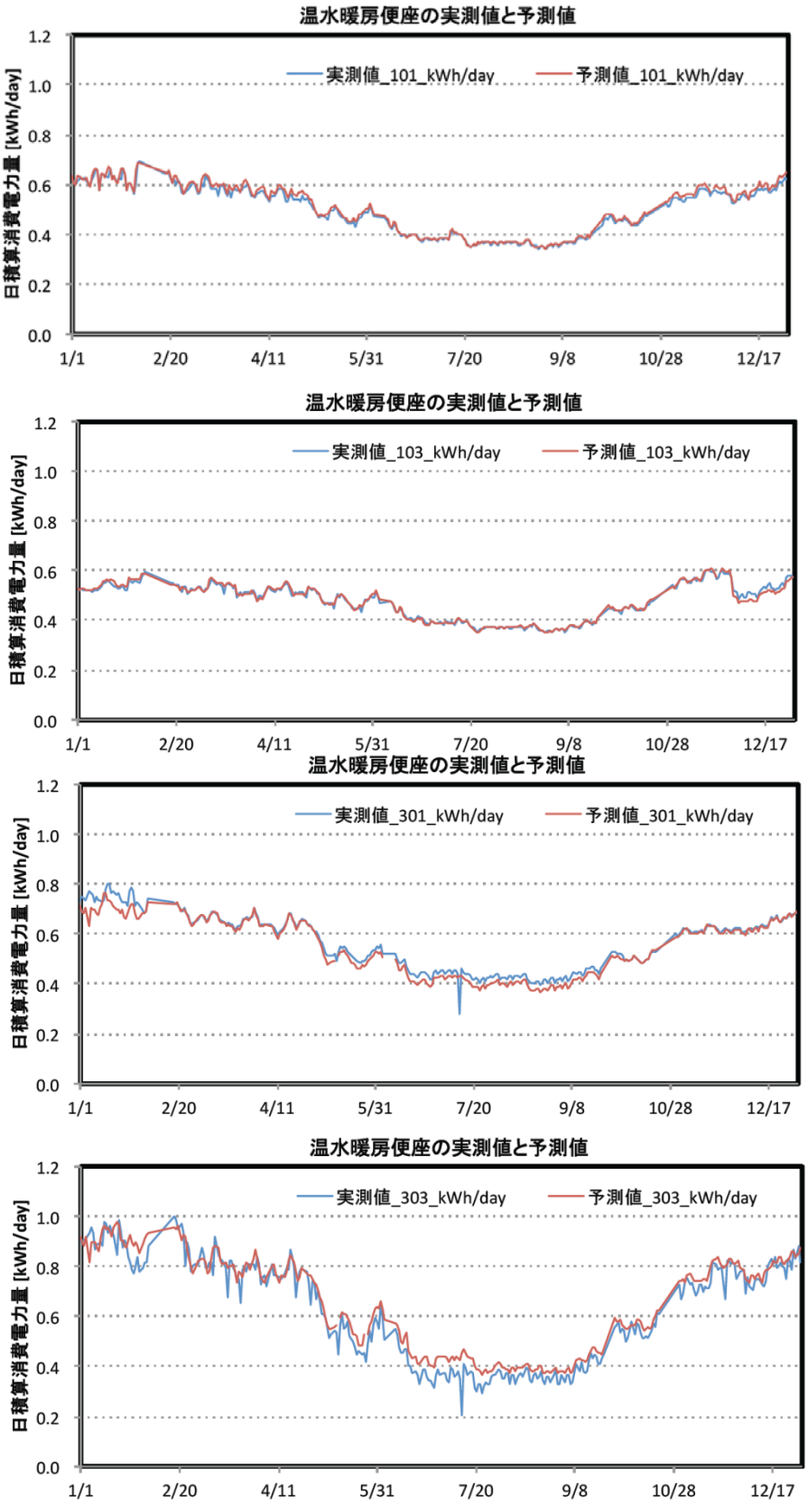


図 4.1.13 温水暖房便座の日積算消費電力量に関する実測値と予測値の比較

図 4.1.13 と同様の比較を年積算値により行うと図 4.1.14 及び表 4.1.9 のようになる。103 号室と 301 号室については予測値のほうがやや小さく、101 号室と 303 号室についてはやや大きくなっているが、誤差は 4%程度となっている。

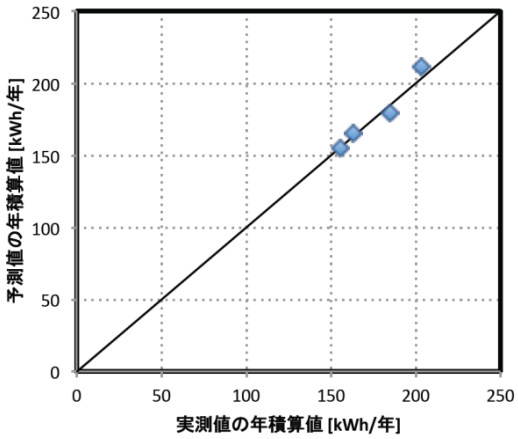


図 4.1.14 温水暖房便座の年積算消費電力量に関する実測値と予測値の比較

表 4.1.9 温水暖房便座の年積算消費電力量に関する実測値と予測値の比較

	実測値	予測値	誤差※
101号室	162.7	165.2	1.5%
103号室	156.0	155.5	−0.3%
301号室	185.5	179.0	−3.5%
303号室	203.3	212.1	4.3%

※＋：予測値の方が大きい場合に正

ここまでの消費電力量の予測は、機器の置かれた周囲温度に基づくものであるが、外気温度とトイレの室温の相関が別に得られていれば外気温に基づく予測も可能である。参考までに実験に使用した各室トイレの室温と外気温の相関を図 4.1.15 に示す。

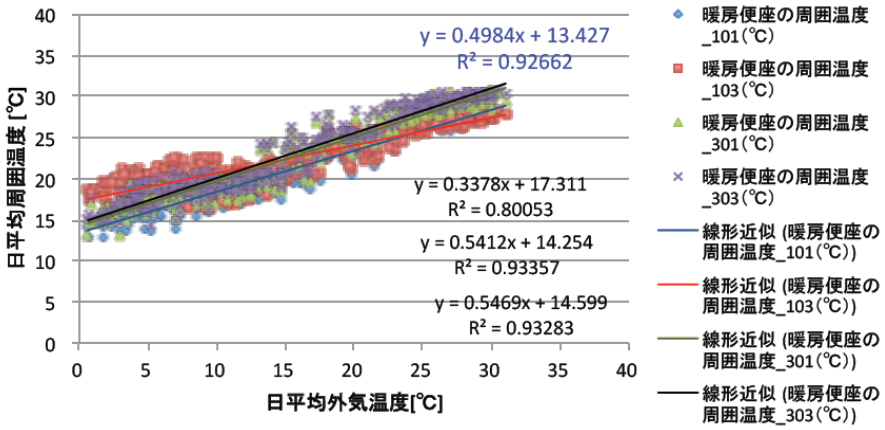


図 4.1.15 実験住宅における日平均外気温と日平均周囲温度(トイレ室温)の関係

(2) 浴室乾燥機

実験は温水暖房便座と同じ実験住宅において実施した。301 号室の浴室にはガス熱源のものを、303 号室には電気式のものを設置した。両者の仕様を表 4.1.10 及び表 4.1.11 に示す。

表 4.1.10 浴室乾燥機(ガス熱源)の仕様表

品名			浴室暖房乾燥機	
品名コード			FD2809F3(3室換気機能付)	FD2809F2(2室換気機能付)
型式名			FD2809F3	FD2809F2
設置様式			設備ユニット天井に設置	
外形寸法	グリル板		幅600×奥行490×高さ25	
	本体		幅530×奥行769×高さ228	
質量			14.5kg(運転時)	
乾燥方式			温風循環	
熱源			暖房用温水(80℃ 50Hz:2.0ℓ/分、60Hz1.5ℓ/分)	
電源			AC100V 50Hz/60Hz	
接続	電気		VVF φ1.6(2芯クイック接続)	
	アース		VVF φ1.6(1芯クイック接続)	
	リモコン		DC12V3芯5m 両端コネクター接続(付属品)	
	温水		PTS-7Aまたは10A(クイックファスナー接続)	
	換気		φ100 ダクト(フレキ管、VP、VU管)	
風量(50/60Hz)	乾燥		吹出:4.8/5.0m³/分	
			換気:3.7m³/分(at0Pa)	換気:3.0/2.8m³/分(at0Pa)
	暖房	強	吹出:4.8/5.0m³/分	
		弱	吹出:3.8m³/分	
	涼風		吹出:4.8/5.0m³/分	
			換気:2.8/2.3m³/分(at 0Pa)	換気:2.2/1.9m³/分(at 0Pa)
	換気	強	換気:3.7m³/分(at 0Pa) 3.0m³/分 (at 88.2Pa[9mmH₂O])	換気:3.0/2.8m³/分(at 0Pa) 2.4m³/分 (at 78.4Pa[8mmH₂O])
		弱	換気:2.8/2.3m³/分(at 0Pa)	換気:2.2/1.9m³/分(at 0Pa)
※1 騒音(50/60Hz)	乾燥		44dB(A)	
	暖房	強	43dB(A)	
		弱	36dB(A)	
	涼風		43dB(A)	
	換気	強	40dB(A)	38dB(A)
		弱	32/30dB(A)	30/28dB(A)
消費電力(50/60Hz)	乾燥		71W	62W
	暖房	強	29W	
		弱	23W	
	涼風		54W	51W
	換気	強	44W	35W
		弱	32W	26W
待機電力			1.5W	
加熱能力			3.3kW(2,800kcal/h)	
安全装置			凍結予防装置・過熱防止装置	
付属品			●リモコン ●リモコンコード ●リモコン取付ネジ ●天吊り用自在金具セット ●防振ゴム ●グリル板 ●グリル板取付ネジ ●グリル板用ネジOリング ●ノズル取付用ネジ ●ファンボックス取付ネジ ●取扱説明書(保証書付) ●工事説明書 ●サービス網一覧表	

※1:騒音値は、JISの試験方法による当社無響室における測定値です。

表 4.1.11 浴室乾燥機(電気式)の仕様表

■V-132BZF4・V-132BZF4-T　　(電圧:100V)

運転内容		消費電力(W) 50Hz	消費電力(W) 60Hz	風量(m³/h) 50Hz	風量(m³/h) 60Hz	騒音(dB) 50Hz	騒音(dB) 60Hz	質量(kg)
衣類乾燥	温風	1252	1257	235	224	43.5	43.0	9.5
	涼風	59.5	67.0	235	224	44.0	43.5	
浴室乾燥		1260	1267	235	224	44.0	43.5	
予備暖房		1230	1235	235	224	43.5	43.0	
換気	強	29.5	32.0	162	158	37.5	37.0	
	弱	22.0	22.0	104	100	29.0	28.5	

※特性はJIS-C 9603に基づく

〈運転の内容〉

形名	運転の内容		換気用ファン	循環用ファン	ヒーター
V-132BZF4 V-132BZF4-T	換気		強または弱運転	―	―
	予備暖房		―	運転	シーズヒーター
	衣類乾燥	温風	弱運転	運転	シーズヒーター
		涼風	強運転	運転	―
	浴室乾燥		強運転	運転	シーズヒーター

ガス熱源浴室乾燥機(301 号室)動作時の浴室内部温度及び消費電力の推移を図 4.1.16 に、ガス消費量を図 4.1.17 に示す。また、これらの図を参考に、各運転モードの特徴を表 4.1.12 に示すとともに、エネルギー消費に係るカタログ値と実測値の関係について

表 4.1.13 に示す。

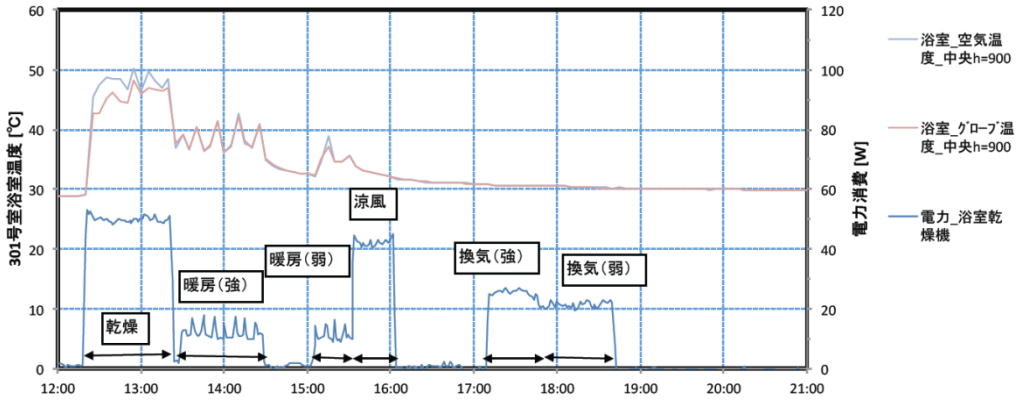


図 4.1.16 ガス浴室乾燥機(301 号室)動作時の室温と消費電力

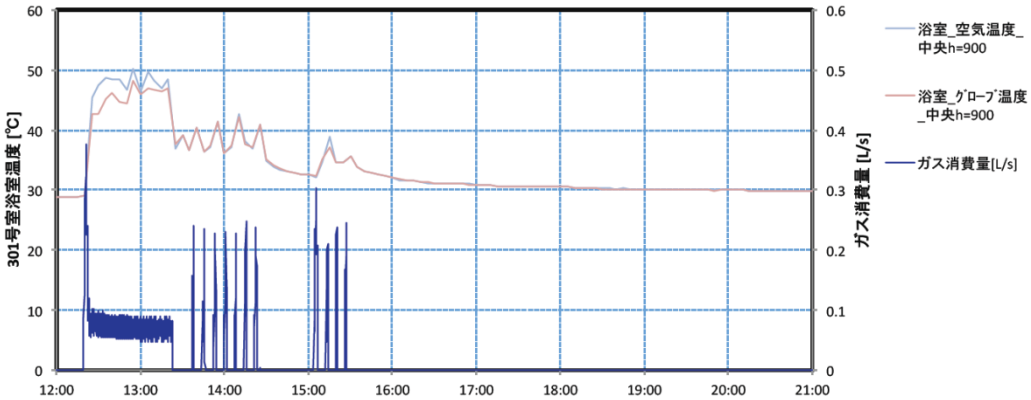


図 4.1.17 ガス浴室乾燥機(301 号室)動作時の室温とガス消費量

表 4.1.12 ガス浴室乾燥機(301 号室)の運転モード毎の特徴

運転モード	コメント
乾燥	電力消費は50W、ガス消費は3.5kW。浴室空気温度は45～50℃に達する。 浴室内温度は50℃以上になっていないことから、50℃でサーモ制御がかかっている可能性がある。
暖房（強）	室温自体が30℃を超しておりほとんど動作しなかった。モード選択中、熱源機の動作にかかわらず、10W弱の電力消費が見られた。測定した条件では、運転は1分動き7分停止のサイクル。運転時はガス5～10kW、電力20W程度。
暖房（弱）	暖房（強）と同じ。
涼風	ガス消費はなし。電力消費は42W。
換気（強）	ガス消費はなし。電力消費は26W。
換気（弱）	ガス消費はなし。電力消費は21W。換気（強）とのエネルギー消費の違いは見られない。

表 4.1.13 ガス浴室乾燥機(301 号室)のカタログ値と実測値の比較

	消費電力 [W]							加熱能力 [kW]
	乾燥	暖房		涼風	換気		待機	（ガス）
		強	弱		強	弱		
FDS2809F3（3室換気機能付き）	71	29	23	54	44	32	1.5	3.3
FDS2809F2（2室換気機能付き）	62	29	23	51	35	26	1.5	3.3
実測時刻	12:22～13:18	13:30～14:23	15:06～15:29	15:35～15:59	17:12～17:42	17:48～18:38		
電力消費実測値 [W]	50	12*	11*	42	26	21		
FDS2809F2（2室換気）の定格消費電力に対する比	80.6%			82.4%	74.3%	80.8%		
		*ほとんど動いていなかった						
ガス消費量実測値 [kW]	3.4	1.2	1.1					
FDS2809F2（2室換気）の加熱能力に対する比	103.6%	36.9%	33.0%					

電気式浴室乾燥機の浴室室温及び消費電力を図 4.1.18 に示し、各運転モードの特徴を表 4.1.14 にまとめた。また、カタログ値と実測値の関係を表 4.1.15 に示す。

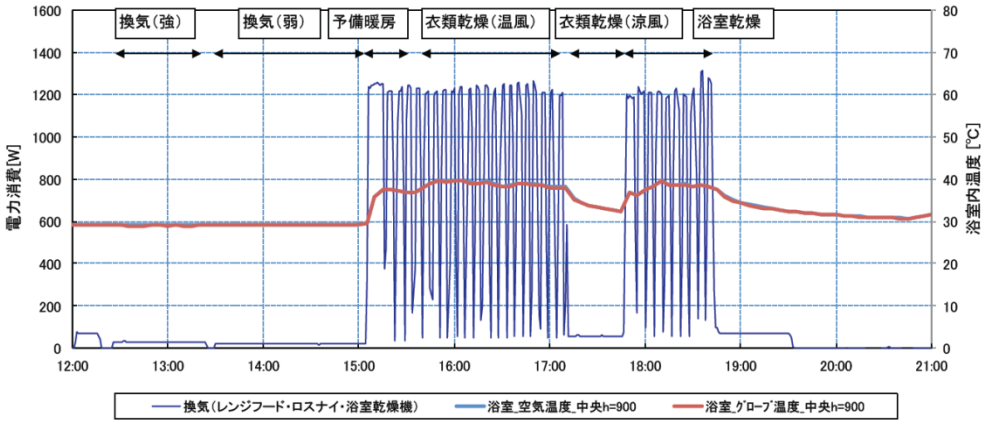


図 4.1.18 電気式浴室乾燥機(303 号室)動作時の室温と消費電力

表 4.1.14 電気式浴室乾燥機(303 号室)の運転モード毎の特徴

運転モード	コメント
換気（強）	電力消費は26W。
換気（弱）	電力消費は20W。
予備暖房	浴室温度は30℃から約38℃まで上昇。電力消費は1026W。
衣類乾燥（温風）	電力消費は874W。 5分に1回約120～200 Wに下がり、再び約1200 Wにあがるというサイクルを繰り返して居る。浴室内温度と電力消費との相関は見られない。→サーモによる制御はないと思われる。
衣類乾燥（涼風）	電力消費は57W。
浴室乾燥	電力消費は900W。

表 4.1.15　電気式浴室乾燥機（303 号室）のカタログ値と実測値の比較

	消費電力 [W]					
	換気		予備暖房	衣類乾燥		浴室乾燥
	強	弱		温風	涼風	
V-132BZF4	29.5	22.0	1230	1251	59.5	1260
実測時刻	12:22～13:19	13:30～14:24	15:06～15:29	15:35～15:59	17:12～17:42	17:48～18:38
電力消費実測値[W]	25.7	19.7	1026.2	873.8	57.3	900.5
	87.3%	89.4%	83.4%	69.9%	96.3%	71.5%

表 4.1.16　浴室乾燥機（ガス熱源、電気式）の電力及びガス消費量に関する定格値と実測値の比較

		ガス浴室乾燥機						電気式浴室乾燥機		
		定格消費電力 [W]	実測電力 [W]	定格に対する割合	ガス加熱能力[kW]	ガス消費熱量[kW]	加熱能力に対する割合	定格消費電力 [W]	実測電力 [W]	定格に対する割合
衣類乾燥	温風	62.0	50.0	80.6%	3.3	3.4	103.0%	1251.0	873.8	69.8%
	涼風							59.5	57.3	96.3%
浴室暖房	強	29.0	-		3.3	-		1230.0	1026.2	83.4%
	弱	23.0	-		3.3	-				
換気	強	35.0	26.0	74.3%				29.5	25.7	87.1%
	弱	26.0	21.0	80.8%				22.0	19.7	89.5%
浴室乾燥								1260.0	900.5	71.5%

※　「-」印は浴室暖房実験の前に衣類乾燥実験を行なったため、既に浴室内が暖まっており暖房がほとんど動いていなかったため欠測扱いとした。

浴室暖房運転の場合、ガス式では一定時間間隔ごとにガス消費が生じている。これは、一定時間間隔ごとの発停制御されていることを示している。電気式の場合も同様に、電力消費が一定間隔で上下しており、一定時間間隔の発停運転がされていると考えられる。このことから、ガス式・電気式ともに浴室内の空気温度を一定にするようなサーモ制御はなされていないと考えられる。

ガス式浴室乾燥機の衣類乾燥時のガス消費（消費したガスに相当する発熱量）は、ガス加熱能力と等しかった。したがって、ガス消費量の予測は、ガス加熱能力に相当するガスの（流）量を求めれば良いと考えられる。

(3) 冷蔵庫

実測した 4 台の冷蔵庫の仕様を表 4.1.17 に示す。

表 4.1.17 実測した冷蔵庫の仕様

	製造年	定格全内容量 [リットル]	冷凍室定格容積 [リットル]	冷蔵室定格容積 [リットル]	電動機定格消費電力[W]	伝熱装置定格消費電力[W]	旧JIS年間消費電力量 [kWh/年]
101号室	2004	407	98	309	150	103	180
103号室	2003	404	100	304	104	128	180
301号室	2002	404	100	304	105	133	200
303号室	1998	380	85	295	87	150	384

冷蔵庫の日積算消費電力量の予測のため、既往文献[1)]で提案されている下式を用いる。

$$Q[kWh] = (3.283 \cdot E\text{-}3 - 2.0 \cdot E\text{-}6 \times V) \times (\theta 2 - 30 \times \theta) + 1.85 \cdot E\text{-}3 \times V + 1.329$$

ただし、Q は日積算消費電力量(kWh)、V は旧 JIS 表示による年間消費電力量(kWh)、θ は日平均周囲温度(℃)とする。

この式による予測精度の検証のため、4 台の冷蔵庫について予測値と実測値との比較を行った。結果を図 4.1.19 及び図 4.1.20 に示す。

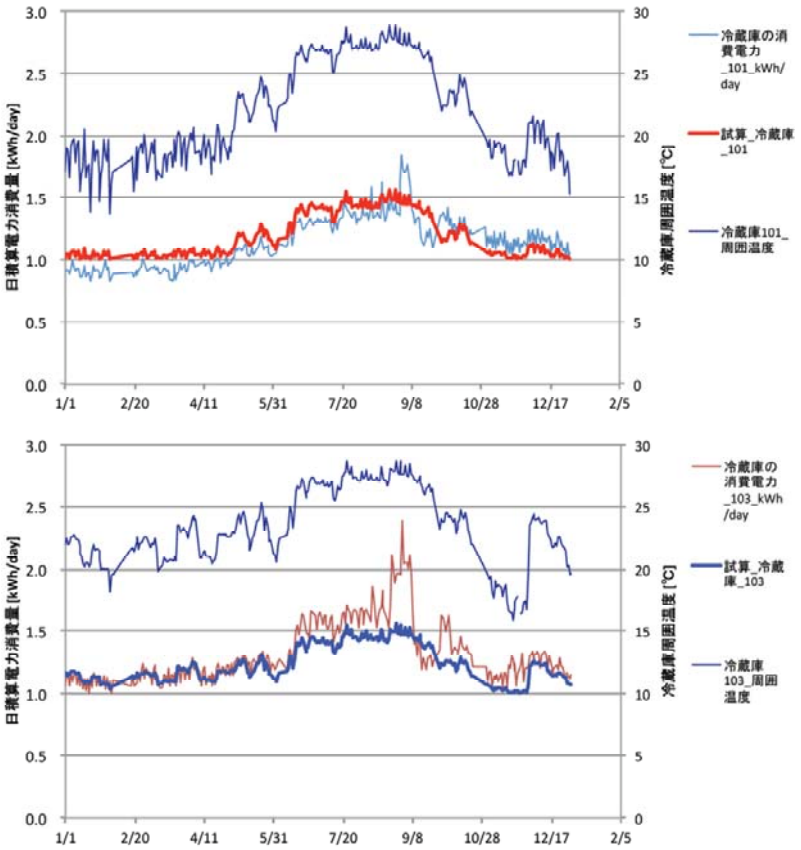


図 4.1.19 冷蔵庫(101 号室及び 103 号室)の日積算消費電力量の予測値と実測値の比較

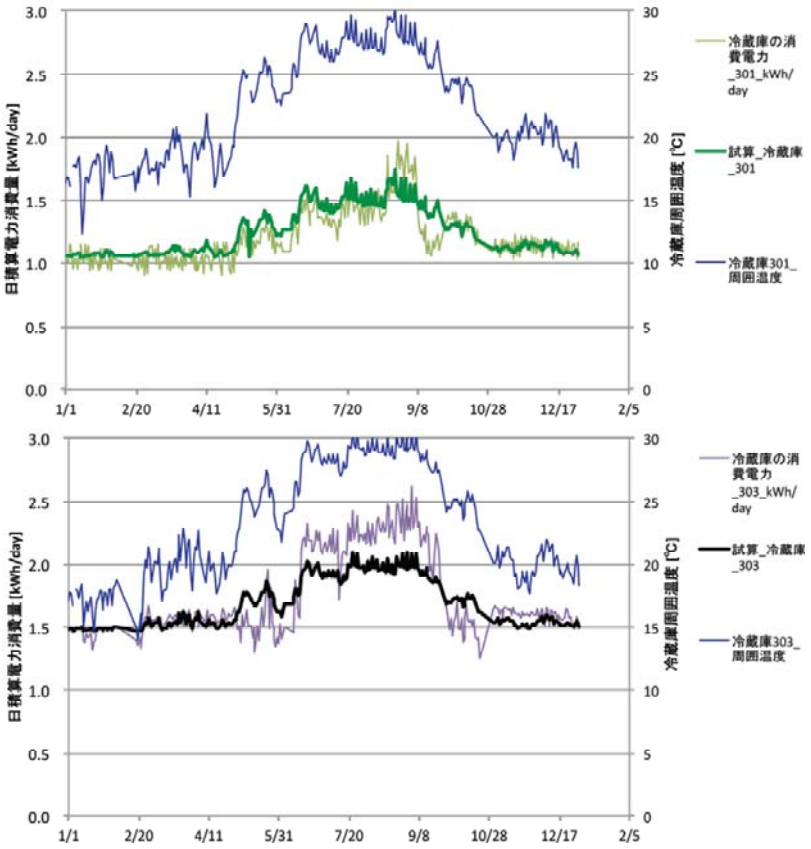


図 4.1.20 冷蔵庫(301 号室及び 303 号室)の日積算消費電力量の予測値と実測値の比較

図 4.1.19(101 号室)と図 4.1.20(301 号室)の場合、予測値と実測値は比較的合っている。しかしながら、周囲温度が約 27℃以上になると予測値の方が小さい傾向がある。図 4.1.19(103 号室)と図 4.1.20(303 号室)では、周囲温度が約 27℃以上で予測値が実測値より小さくなる傾向が顕著になっている。

図 4.1.21 に予測値と実測値の相関を示す。予測値と実測値との間には±0.2 kWh/日程度の差がある。大きいところでは 0.4 kWh/日となっているところもある。次に年間の消費電力量について予測値と実測値の関係を図 4.1.22 でみた。

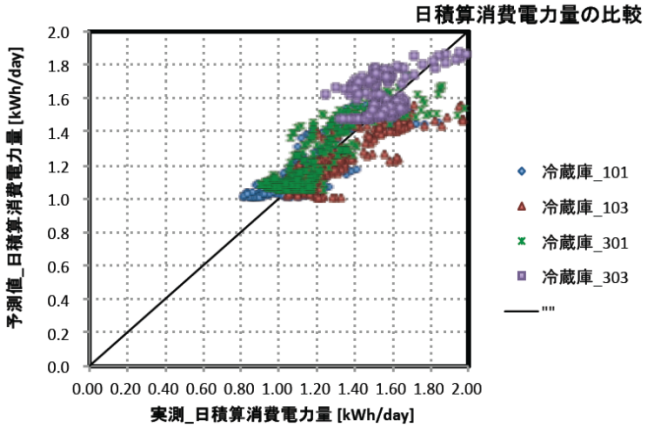


図 4.1.21 4 台の冷蔵庫に関する日積算消費電力量の予測値と実測値の比較

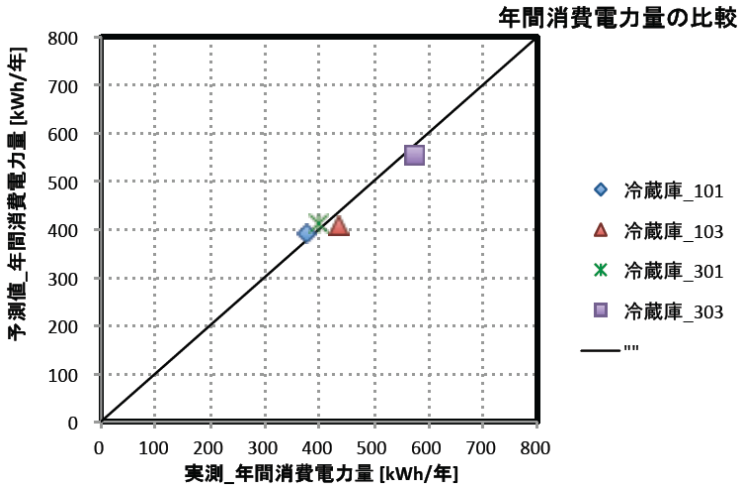


図 4.1.22 4 台の冷蔵庫に関する年間消費電力量の予測値と実測値の比較

年間消費電力量を見ると、冷蔵庫(103 号室)と冷蔵庫(303 号室)は予測値の方がやや小さくなっている。一方、冷蔵庫(101 号室)と冷蔵庫(301 号室)は予測値の方がやや大きくなっている。実測値に対する予測値の誤差は最も大きい 103 号室で約 7%、小さい 301 号室・303 号室で 3.4%となっている。

表 4.1.18 予測値の実測値に対する誤差一覧

	実測値_kWh/年	予測値_kWh/年	実測値に対する誤差_%
冷蔵庫_101	375.59	390.76	4.0%
冷蔵庫_103	437.03	405.71	7.2%
冷蔵庫_301	398.50	412.18	3.4%
冷蔵庫_303	574.66	555.03	3.4%

年間消費電力量の観点から見ると、103 号室を除くと実測値と予測値との誤差は 5%以下である。ただし、103 号室と 303 号室の場合、予測値の方が小さくなっており、電力消費削減効果をやや過大に見積もる傾向のあることには注意を要する。

(4) 洗濯乾燥機

追加的にヒートポンプ式の洗濯乾燥機と欧州製の洗濯乾燥機の 2 機種について実験を行った。表 4.1.19 及び表 4.1.20 に各々の仕様を示す。

ヒートポンプ式洗濯乾燥機の使用方法に関する情報を表 4.1.21 に示す(取扱い説明書抜粋)。同洗濯乾燥機の実験は 2011 年 9 月 3 日から 14 日にかけて実施(家族 3 人の実家庭で、ほぼ毎日洗濯を実施)、計測は日置クランプオンパワーハイテスター3168 を用い、測定間隔 1 分で行った。図 4.1.23 に 10 回の洗濯時の消費電力の変化を示す。

洗濯(洗い、すすぎ 1・2、脱水)は 1～10 回目でほぼ同じような消費電力の時間変化となっており、洗濯物の量によってあまり変化しないようである。

表 4.1.19　実験対象としたヒートポンプ式洗濯乾燥機（NA-VR5600R）の仕様

洗濯･脱水容量		9kg
乾燥容量		6kg
標準使用水量	定格洗濯時	72L
	洗濯～乾燥時※1	56L
消費電力	洗濯時	190W
	最大(乾燥時)	930W
消費電力量	定格洗濯時	79Wh
	定格洗濯乾燥時(標準乾燥モード)※1	860Wh
	定格洗濯乾燥時(スピーディ乾燥モード)※1	1,140Wh
目安時間	定格洗濯時	45分
	定格洗濯乾燥時(標準乾燥モード)※1	156分
	定格洗濯乾燥時(スピーディ乾燥モード)※1	116分
運転音	洗濯時	32dB
	脱水時	41dB
	乾燥時	42dB
本体寸法(幅×高さ×奥行)(給･排水ホース含む)		639×1021×716mm
本体質量		83kg
コース	洗濯	おまかせ、プレ洗浄+おまかせ、わたし流、ナイト、お急ぎ、上質おうちクリーニング、上質プラス、高洗浄消臭、毛布、槽洗浄
	乾燥	おまかせ、わたし流、ナイト、上質プラス、毛布、ソフト乾燥、槽乾燥
	洗乾	おまかせ、プレ洗浄＋おまかせ、わたし流、ナイト、上質プラス、除菌消臭、毛布
洗浄方式		Wジェットダンシング洗浄方式
乾燥方式		ヒートポンプ方式
ナノイー機能		○
エコナビ		○
バスポンプ		○
ハイパーウェーブインバーター		○
泡洗浄		○
セルフクリーニング		○
カビクリーンタンク		○
ステンレス槽		○
予約タイマー(1時間単位)		○
毛布洗い		○(洗･乾3.0kg以下、洗濯4.2kg以下)
ふとん洗い		○(洗濯1.0kg以下)
排水ホース取り出し		左･右･後方 3方向+真下(伸縮式)
対応防水フロアー		奥行(内寸)540mm以上
待機電力ゼロ		○

※1 各データは(社)日本電機工業会･自主基準「洗濯性能評価法」「乾燥性能評価法(2008年7月11日改定)」による

表 4.1.20 実験対象とした欧州製洗濯乾燥機(AEG ÖKO-LAVAMAT 12700J TURBO ELECTRONIC)の仕様

品名			洗濯乾燥機
形名			ÖKO-LAVAMAT 12700J TURBO ELECTRONIC
設置方法			ビルトイン／単独置
電源			単相200V　50&60Hz
消費電力	洗濯	合計	1950W
		モーター	250W
		洗濯ヒーター	1700W
	乾燥	合計	1520W
		モーター	120W
		乾燥ヒーター	1400W
洗濯方式			ドラム回転式
乾燥方式			水冷式除湿＋熱風ファン
標準使用水量		洗濯時	78L
		乾燥時	30L
水道水圧			0.06～1.0MPa（6～100N／㎠）
標準洗濯容量			6kg
標準乾燥容量			3kg
外形寸法(W×D×H)		単独置の場合	600×606×850mm
		ビルトインの場合	595×570×820mm
重量			75kg

表 4.1.21 実験対象としたヒートポンプ式洗濯乾燥機(NA-VR5600R)の使用方法

■「洗濯～乾燥」「洗濯」

※衣類の種類や片寄りにより、所要時間が長くなることがあります。

コース	運転内容	容量(以下)	所要時間(約)	自動設定の場合 洗い	すすぎ	脱水	乾燥
おまかせ わたし流	洗濯～乾燥	6kg	2時間～4時間30分	9～16分※1	ため2回	13分以上	標準
	洗濯	9kg	45分	9～17分※1	ため2回	6分	—
プレ洗浄 + おまかせ	洗濯～乾燥	3kg	4時間～6時間30分	9～16分※1	ため2回	13分以上	標準
	洗濯	3kg	2時間45分	9～17分※1	ため2回	6分	—
ナイト	洗濯～乾燥	4.5kg	2時間30分～5時間20分	12～16分※1	ため2回	13分以上	標準
	洗濯	9kg	53分	12～17分※1	ため2回	10分	—
お急ぎ	洗濯	9kg	34分(3kgの場合)	5～10分※1	注水2回	3分	—
上質プラス	洗濯～乾燥	2kg	2時間～2時間50分	10分	ため2回	3分以上	標準
	洗濯	4.5kg	55分	10分	ため2回	2分以上	—
高洗浄消臭	洗濯	4.5kg	1時間45分	35分～1時間35分※2	ため2回	6分	—
※3 除菌消臭	洗濯～乾燥	2kg	3時間10分～3時間50分	35分～1時間35分※2	ため2回	13分以上	しっかり
上質おうちクリーニング	洗濯	1.5kg	38分	13分	注水3回	1分	—
毛布	洗濯～乾燥	3kg	3時間10分	13分	注水3回	11分	標準
	洗濯	4.2kg	1時間23分	13分	注水3回	3分	—
槽洗浄	洗濯	—	11時間	10時間	注水4回	3分	—

水位	洗い	すすぎ	脱水	乾燥
自動 高め 低め	1～30分	注水4 ため4 注水3 ため3 注水2 ため2 注水1 ため1	3～16分	標準 スピーディ しっかり タイマー
			1～16分	—
			3～16分	標準 スピーディ しっかり タイマー
			1～16分	—
			3～16分	標準 しっかり
			1～16分	—
				—
自動	1～30分		3分	標準
			2分	—
自動 低め	35分～1時間35分(表示時間は変更不可)		1～16分	—
			3～16分	しっかり
自動 高め 低め	1～20分	注水4 注水3 注水2 注水1	1～3分	—
自動 低め	1～30分		10～16分	標準(乾燥のみ時はタイマー)
			1～16分	—

※1 容量に応じて洗い時間が設定されます。
おまかせコース・エコナビ運転ありの場合、
汚れの量に応じて、洗い時間が設定されます。
※2 容量・室温によって洗い時間が変化します。

※3「除菌」の試験内容
試験機関：(財)日本食品分析センター
試験方法：付着布の菌の減少率測定　除菌方法：温風乾燥方式
対象部分：ドラム内の衣類　試験結果：菌の減少率99%以上

●水位「高め」「低め」は水位ボタンで選んでください。
●「洗濯～乾燥」の場合、脱水0～2分では、乾燥を選べません。

■「乾燥」のみ　所要時間(約)

乾燥の種類	おまかせ・わたし流コース
標準	1時間～5時間
しっかり	1時間30分～4時間40分
スピーディ	1時間～4時間10分

●「標準」乾燥は
温風温度をコントロールし、「スピーディ」乾燥より消費電力量を削減します。(運転時間は30～60分程度長くなります)
・6kg洗濯乾燥時の消費電力量
「標準」乾燥：約860Wh
「スピーディ」乾燥：約1140Wh
(社)日本電機工業会・自主基準「乾燥性能評価方法(2008年7月11日改訂)」による。
※衣類の布質や片寄り、室温等により消費電力量・運転時間は異なります。
※衣類の容量により、消費電力量の削減率は異なります。
●「しっかり」乾燥は、衣類の量や種類などにより「標準」乾燥より時間が短くなる場合があります。(除湿能力を上げているためです)

乾燥の種類	ナイトコース	上質プラスコース	槽乾燥コース
標準	1時間10分～4時間	1時間～1時間50分	30分
しっかり	1時間50分～4時間10分	—	—

■予約タイマー運転の設定時間について

洗濯	プレ洗浄+おまかせ	4～24時間後
	高洗浄消臭	3～24時間後
	上記以外のコース	2～24時間後
洗濯～乾燥	プレ洗浄+おまかせ	8～24時間後
	除菌消臭	7～24時間後
	上記以外のコース	6～24時間後

■時間について

●所要時間は室温20℃の場合です。室温によって運転時間が長くなることがあります。
●コース運転の洗い・脱水の表示時間は、実際の運転時間と異なります。
●所要時間は給水時間(標準給水量毎分15L)、排水時間を含んでいます。水道水圧、排水条件、衣類の量や種類、風呂水の使用などにより時間は長くなることがあります。
●コース運転内容を切り換えると、記載の所要時間とは異なります。

■すすぎについて

●注水すすぎは、水をため、給水と排水を繰り返し、水を入れ換えながらすすぎます。
●ためすすぎは、水をためてすすぎます。

仕様

定格電圧	交流100V
定格周波数	50Hz/60Hz共用
最大消費電力	930W(乾燥時)
電動機消費電力	190W
外形寸法	幅639×奥行716×高さ1021(mm)
製品質量	83kg
標準洗濯容量	9.0kg
標準脱水容量	9.0kg
標準乾燥容量	6.0kg
標準水量	29L
標準使用水量	洗濯時：72L
水道水圧	0.03MPa～1MPa
運転音(約)	洗い時32dB　脱水時41dB　乾燥時42dB

●標準洗濯・脱水・乾燥容量は、JIS(日本工業規格)で規定された布地で乾燥状態の場合です。
●標準水量と標準使用水量は、エコナビ設定無しの場合です。
●運転音は、(社)日本電機工業会 洗濯機性能評価基準による表示です。

バスポンプ(本体内蔵)の仕様

消費電力	50Hz/60Hz　25W
揚水量	50Hz/60Hz　毎分10L
風呂水吸水ホース内径	15mm(市販のホースは使えません)

●仕様は、全揚程1.4mでホース約4mのときです。

表 4.1.21　実験対象としたヒートポンプ式洗濯乾燥機（NA-VR5600R）の使用方法

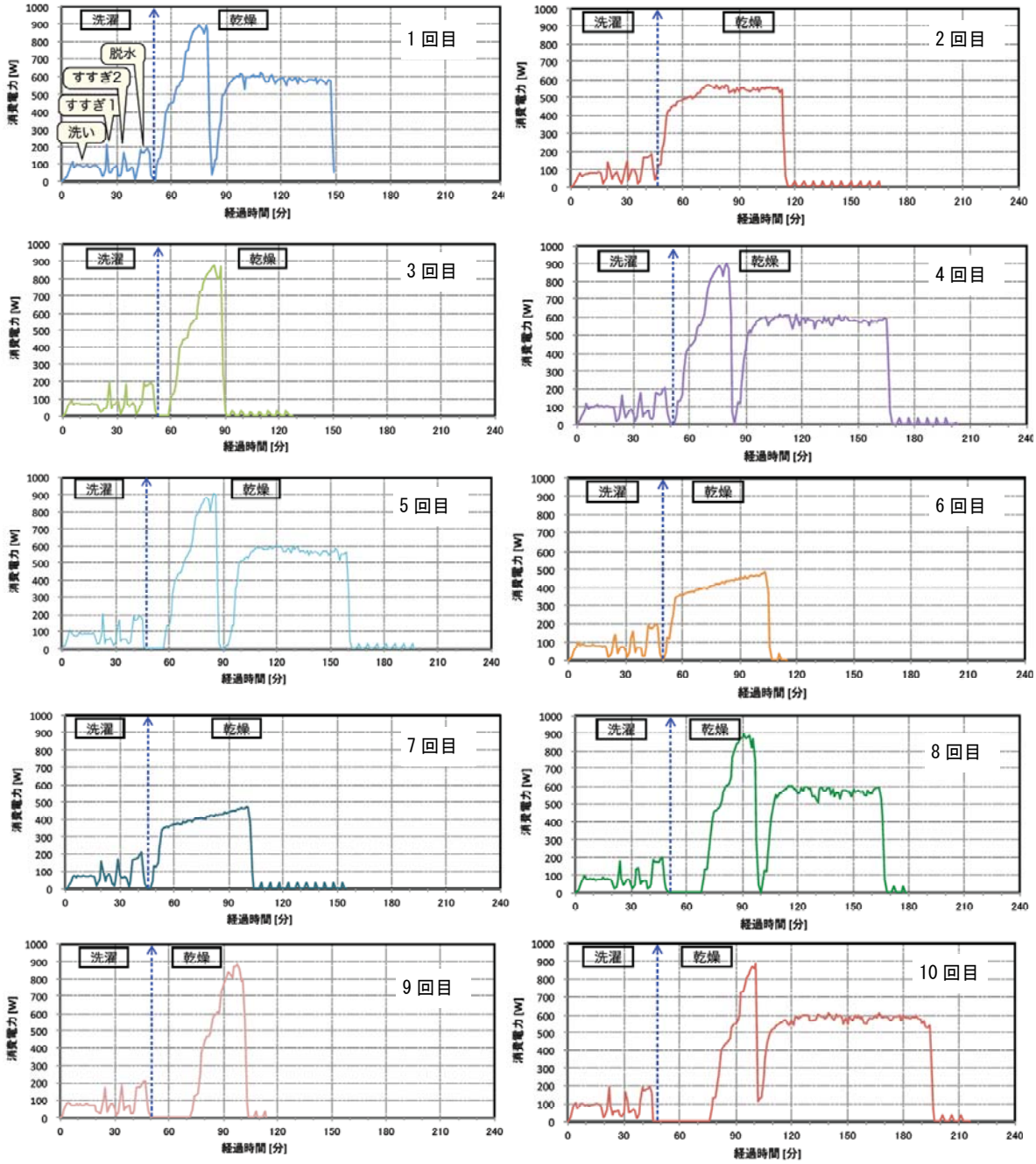
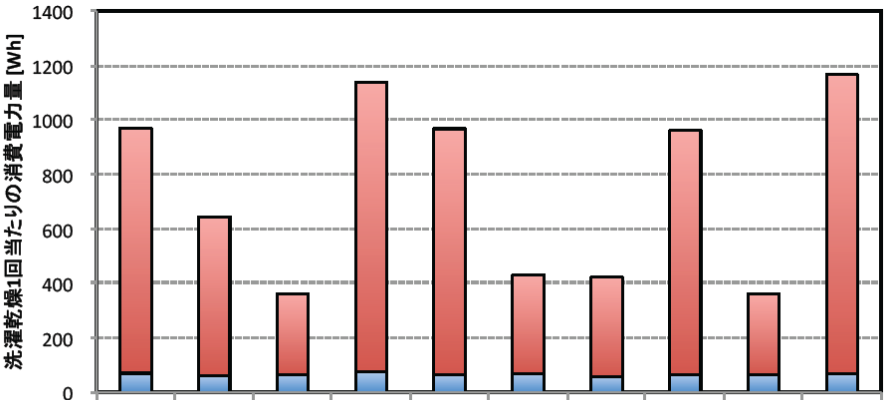


図 4.1.23　10 回の各洗濯時についての消費電力の変化

一方、乾燥については2つのパターンがあり、ひとつは約 900W を頂点とする山と約 600W で台形状の消費電力変化が連続する場合、もうひとつは約 600W の台形状の消費電力変化をする場合である。乾燥時間は洗濯物の量によってかなり変化するようである。

図 4.1.24 は、洗濯 1 回あたりの消費電力量を、洗濯と乾燥の別に集計したものである。この洗濯乾燥機の洗濯の定格消費電力は 79kWh である（表 4.1.19）であるのに対して、洗濯各回では 57～70kWh（平均 65.6kWh）となっており、実測消費電力量の定格消費電力量に対する比率は、

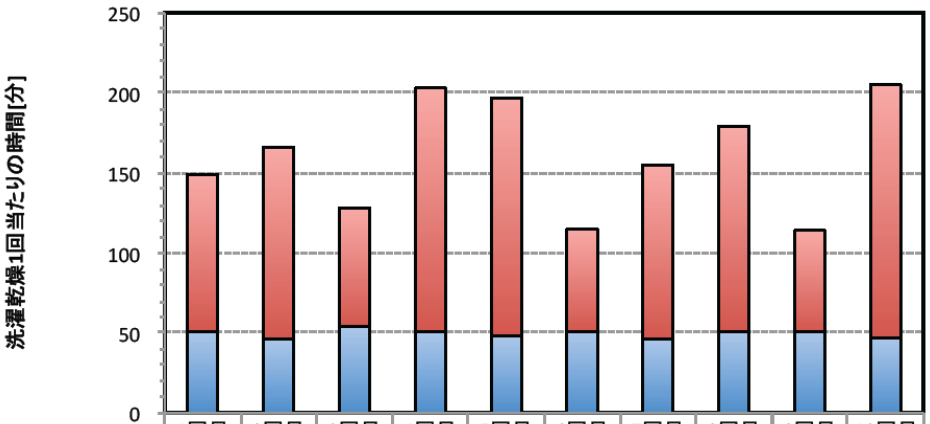
72.1～88.6%(平均 83.0%)となっている。



	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目
乾燥	899.5	585.4	296.5	1062.6	903.7	363.5	364.9	894.8	296.9	1098.1
洗濯	69.9	59.6	66.2	74.0	63.9	67.1	57.5	65.9	64.7	67.7

図 4.1.24 洗濯・乾燥各々の消費電力の内訳(単位:Wh)

また、図 4.1.25は洗濯・乾燥に要した時間を集計したものである。洗濯は約50分で、洗濯物の量によらずほぼ一定であるが、乾燥に要する時間は洗濯物の量によって大きく異なることがわかる。



	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目
乾燥時間_分	98	120	74	152	149	64	109	128	63	158
洗濯時間_分	51	46	54	51	48	51	46	51	51	47

図 4.1.25 洗濯・乾燥各々の所要時間の内訳(単位:分)

表 4.1.22 は、10 回の実測における洗濯・乾燥の消費電力量と所要時間および、それらの平均をまとめたものである。表 4.3.17 に記載されている洗濯と洗濯乾燥時の定格消費電力量の値と比較し、実消費電力予測式を導いた。

洗濯時の実消費電力量/カタログ値の比は、0.831（表 4.3.A の最右列より）である。よって、洗濯時の消費電力量 y [Wh/洗濯 1 回当たり]の予測式は、洗濯時の定格消費電力量を x [Wh]とすると下記のようになる。

$$y = 0.831x$$

ここで、洗濯時間は 10 回の実測の平均より 50 分とする。

乾燥時の定格消費電力量は、洗濯+乾燥の定格消費電力量 860Wh から、洗濯時の定格消費電力量 79Wh を除いた 786Wh であるとした。乾燥時の実消費電力量/カタロ

グ値の比は、0.866（表 4.3.A の最右列より）である。よって乾燥時の消費電力量 y ［Wh/乾燥 1 回当たり］の予測式は、乾燥時の定格消費電力量を z[Wh]とすると下記のようになる。

$$y = 0.866z$$

表 4.1.22 ヒートポンプ洗濯乾燥機の洗濯・乾燥の平均消費電力とよそ式の係数

	1回目_W	2回目_W	3回目_W	4回目_W	5回目_W	6回目_W	7回目_W	8回目_W	9回目_W	10回目_W	平均_Wh	カタログ値_Wh	実消費/カタログ値の比	
合計_Wh	969.4	645.0	362.7	1136.6	967.6	430.5	422.4	960.7	361.6	1165.8				
最大値_W	890.0	575.0	875.0	906.0	910.0	486.0	479.0	894.0	881.0	889.0				
運転時間(洗濯+乾燥)	149	166	128	203	197	115	155	179	114	205	161.1			
洗濯_Wh	69.9	59.6	66.2	74.0	63.9	67.1	57.5	65.9	64.7	67.7	65.6	79.0	0.831	洗濯時(50分)
乾燥_Wh	899.5	585.4	296.5	1062.6	903.7	363.5	364.9	894.8	296.9	1098.1	676.6	781.0	0.866	乾燥時(112分)
洗濯+乾燥_Wh	969.4	645.0	362.7	1136.6	967.6	430.5	422.4	960.7	361.6	1165.8		860		
洗濯時間_分	51	46	54	51	48	51	46	51	51	47		50		
乾燥時間_分	98	120	74	152	149	64	109	128	63	158		112		

欧州製洗濯乾燥機については、平成 24 年 2 月 3 日～15 日の期間に、ある集合住宅(3 人家族)において実施した。洗濯(毎回洗濯物種類に応じて2回実施)及びタオル類の乾燥を行った場合の測定結果を示す。なお、計測はコーナー札幌社製 KNS-WP-WL を使用した。

表 4.1.23、表 4.1.24 に洗濯及び乾燥の操作方法に関する説明を示す(取扱説明書抜粋)。洗濯時は衣類の種類に応じてプログラムボタンが設定されている。ダイヤルメモリの数字は温水温度を示す。柔軟剤仕上げは別途設定となっている。乾燥は衣類の種類のみの違いである。衣類の選択により温度が異なる。今回の計測では、計測機設置住宅における通常の使用状態である、木綿・麻の 40℃コースにて計測を行っている。なお、洗濯の種類を分けて、通常 2 回洗濯機を運転させているとのこと。

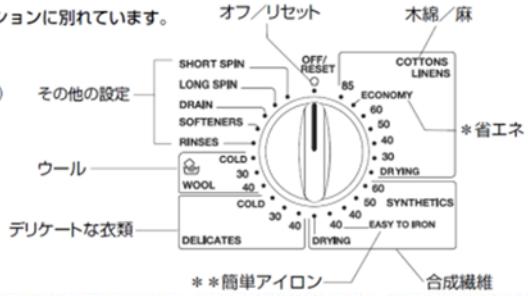
表 4.1.23 欧州製洗濯乾燥機のプログラムダイヤル及び乾燥タイマーボタンに係る説明

H：プログラムダイアル

ダイアルを回して、洗濯物にあった**洗濯サイクル、洗濯温度や衣類別の乾燥**を選びます。
選んだプログラムによって、水の使用量、ドラムの動作、すすぎの回数が違います。
（詳細は20・21ページのプログラム表を参照してください）（高温では、色落ち縮みが発生することがあります。）

プログラムダイアルは５つのセクションに別れています。

- ●木綿／麻（COTTONS LINENS）
- ●合成繊維（SYNTHETICS）
- ●デリケートな衣類（DELICATES）
- ●ウール（WOOL）
- ●その他の設定（上から）
  - 脱水（短）（SHORT SPIN）
  - 脱水（長）（LONG SPIN）
  - 排水（DRAIN）
  - ソフナー（SOFTENER）
  - すすぎ（RINSE）
- ○オフ／リセット（OFF）



※省エネ（ECONOMY）：木綿／麻の普通汚れを水温67℃で洗濯、ドラムの回転を変える事で、85℃と同じ洗濯の結果が得られます。（短時間洗いとしっかり洗いとの組合わせは出来ません）（衣類のタグを確認してください。）

※＊簡単アイロン：合成繊維を水温40℃で、通常より衣類にやさしく洗濯・脱水することで、衣類のシワを少なくします。

F：乾燥タイマーボタン（DRYING）

洗濯～乾燥までの連続運転もしくは乾燥だけを設定する場合、乾燥タイマーボタンを押して乾燥時間を設定します。

［洗濯～乾燥連続運転］

お好みの洗濯プログラムを設定した上で、乾燥タイマーボタンを押して乾燥時間を設定します。

［乾燥のみ］

プログラムダイアルで木綿／麻プログラム（高温乾燥モード）または合成繊維プログラム（低音乾燥モード）のDRYINGにダイアルを合わせて、乾燥タイマーボタンを押してお好みの乾燥時間を設定します。

［設定時間］

木綿／麻：10分～130分　合成繊維：10分～100分（５分単位）

表 4.1.24 欧州製洗濯乾燥機の洗濯プログラムに係る説明

洗濯プログラム

	洗濯プログラム	セレクトダイヤル	洗濯物の種類	組み合わせ可能オプション	最高洗濯量 (kg)	消費電力 (kWh)	消費水量 (L)	所要時間 (分)	短時間洗い (分)
Cottons / Linens 木綿・麻コース	白物洗いプログラム	85℃~65℃	普通汚れの木綿や麻の衣類、シーツ、下着、タオル類、家庭で洗濯できる麻等	しっかり洗い INTENSIVE つけ置き洗い SOAK 短時間洗い QUICK 予備洗い PREWASH すすぎ追加 EXTRA RINSE すすぎストップ RINSE HOLD 脱水スピード SPIN SPEED	6	2.9	78	145	120
	白物節約洗いプログラム	ECONOMY	普通汚れ~軽い汚れの木綿、麻など シーツ	予備洗い PREWASH すすぎ追加 EXTRA RINSE すすぎストップ RINSE HOLD 脱水スピード SPIN SPEED	6	1.9	78	128	–
	色物洗いプログラム (色落ちしない物)	60℃~50℃	色付きの木綿の繊維 衣類、下着、タオル等	しっかり洗い INTENSIVE つけ置き洗い SOAK 短時間洗い QUICK 予備洗い PREWASH すすぎ追加 EXTRA RINSE すすぎストップ RINSE HOLD 脱水スピード SPIN SPEED	6	1.3	75	130 ~125	81 ~77
	色物洗いプログラム (色落ちしやすい物)	40℃~30℃	色付きの木綿の繊維 衣類、下着、タオル等	しっかり洗い INTENSIVE つけ置き洗い SOAK 短時間洗い QUICK 予備洗い PREWASH すすぎ追加 EXTRA RINSE すすぎストップ RINSE HOLD 脱水スピード SPIN SPEED	6	1.3	75	124 ~118	72 ~66
Synthetics 合成繊維コース	化繊標準プログラム	60℃~40℃ 60℃ 50℃ 40℃	化繊、下着、色付きの衣類、縮みしないシャツブラウス等	しっかり洗い INTENSIVE つけ置き洗い SOAK 短時間洗い QUICK 予備洗い PREWASH すすぎ追加 EXTRA RINSE すすぎストップ RINSE HOLD 脱水スピード SPIN SPEED	3	1.2	60	92 ~82	68 ~58
	化繊簡単アイロンプログラム (アイロンがけがしやすい仕上がり)	Easy to Iron 40℃	化繊または木綿混紡のしわの付きやすい繊維	しっかり洗い INTENSIVE つけ置き洗い SOAK 短時間洗い QUICK 予備洗い PREWASH すすぎ追加 EXTRA RINSE すすぎストップ RINSE HOLD 脱水スピード SPIN SPEED	3	0.55	60	82	58
Delicates デリケートコース	デリケートプログラム	40℃~30℃ COLD (水洗い)	デリケートな繊維 カーテンなど	つけ置き洗い SOAK 短時間洗い QUICK 予備洗い PREWASH すすぎ追加 EXTRA RINSE すすぎストップ RINSE HOLD 脱水スピード SPIN SPEED	3	0.6	59	58 ~41	50 ~33
Wool ウール	ウールプログラム	40℃~30℃ COLD (水洗い)	ウール、ウール混紡、絹など	すすぎストップ RINSE HOLD 脱水スピード SPIN SPEED	2	0.55	58	54 ~49	–

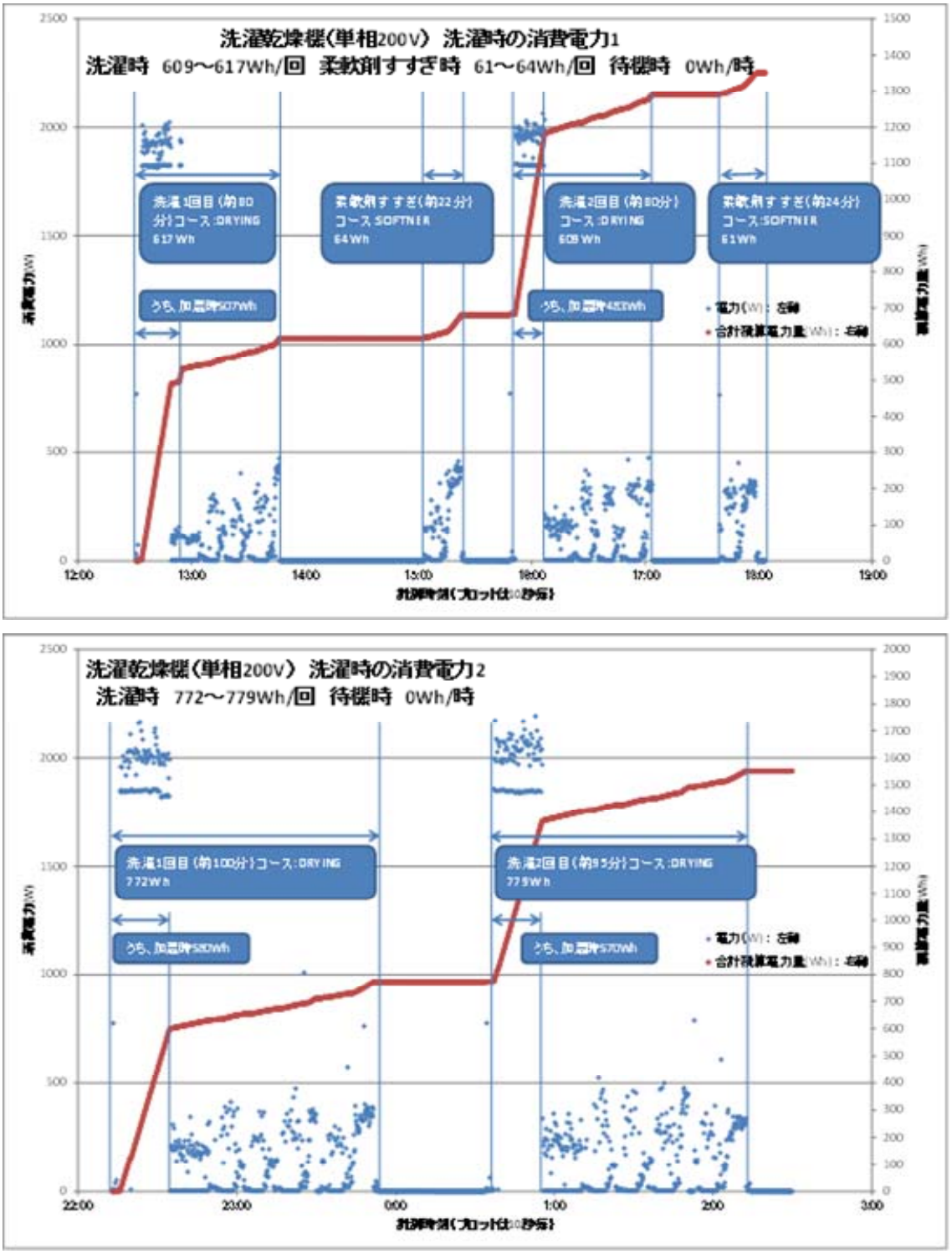


図 4.1.26 洗濯時における消費電力の変化(上図:洗濯物の少ない場合、下図:多い場合)

洗濯時における消費電力量は少ないときで609Wh/回、多いときで779Wh/回であった。最初の加温時で483～580Whが使用されており(ヒーター以外の消費電力も含めて)、加温時以外の消費電力は192Wh～209Whであった。この消費電力を他の洗濯機と比較した結果を図4.1.27に示す。

洗濯時全体では2000年の洗濯機に比べ7倍超の消費電力であり、加温(給水)時以外の消

費電力においても今回の洗濯機は 2 倍超の消費電力を持っている。ただし、加温は生産国ドイツを含むヨーロッパにおいては水質(硬水)と洗剤の性質上やむを得ないことかもしれず、一概に国内外すべての条件で加温が悪いとは言えないが、少なくとも国内での水質と市場に流通している洗剤の適温から判断すると、加温のメリットは少ないと考えられる。

なお、図中の韓国製洗濯機は今回のドイツ製洗濯機と同じく加温式の洗濯機であるが、洗濯時間中に常に 900W 程度の消費電力が頻繁に入っており、今回のドイツ製の洗濯機とは消費電力の発生の仕方が異なっている(図 4.1.28 参照)。

実測された消費電力は、ヒーターの入っていない時で最大 500W、ヒーターが入っているときで最大 2200W であり、カタログ値の 250W、1950W よりも各々多かった。消費電力量はカタログ値の 1.3kWh よりは小さい。

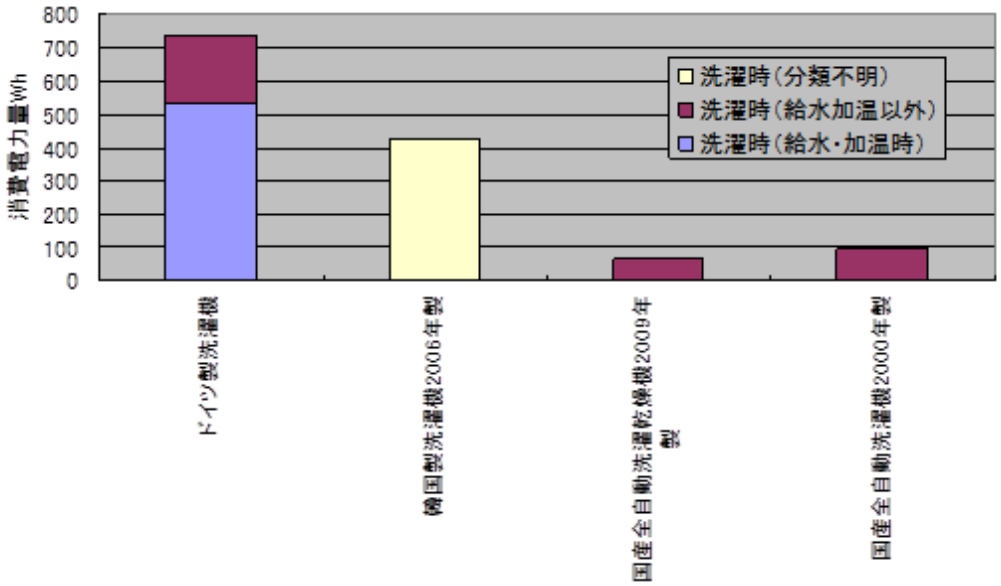


図 4.1.27 欧州製洗濯乾燥機の消費電力と他の洗濯機の消費電力との比較

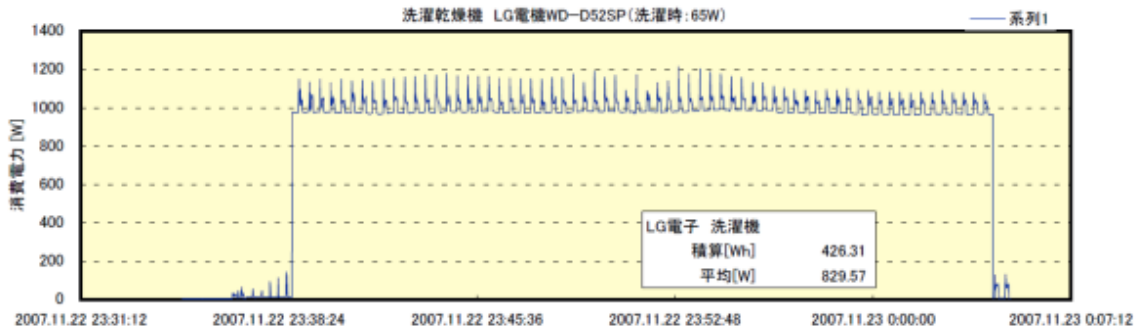


図 4.1.28 韓国製単相 200V 洗濯機(2006 年製)の消費電力(洗濯時の積算消費電力の実測値 426Wh)

乾燥時における消費電力量は 2214Wh/回であった(図 4.1.29)。他の衣類乾燥機・衣類乾燥機能付き洗濯機との比較結果を図 4.1.30 に示す。

図に示すとおり、乾燥時の消費電力量は今回の洗濯乾燥機は、国産の最新のヒートポンプ式洗濯乾燥機の消費電力に比べると 2 倍以上であるが、国産の 2000 年製衣類乾燥機(調査より、非ヒートポンプ式の乾燥機は現行機種も消費電力に変化ない。図 4.1.31 参照)に比べれば 0.9

倍と少ない値である。よって乾燥機能については多いとは言えないものと考えられ、更には単相200V のため多少は効率が良くなっていることも考えられるが、今回の計測だけでは判断できない。

なお、ヒートポンプタイプの乾燥機の消費電力とは大きな差があるが、乾燥機の場合、ドラムの大きさや通過風量が衣類のしわを少なくしたり柔らかにしたりしており、その点ではヒートポンプ型の最新の機種の弱点と言われているので、一概に消費電力のみでは機種買換え等に繋がっていないのが現状である。

消費電力は 1520W のカタログ値に対して 1612W、消費電力量で 2.1kWh に対して実測 2.214kWh と、それぞれ多かった。

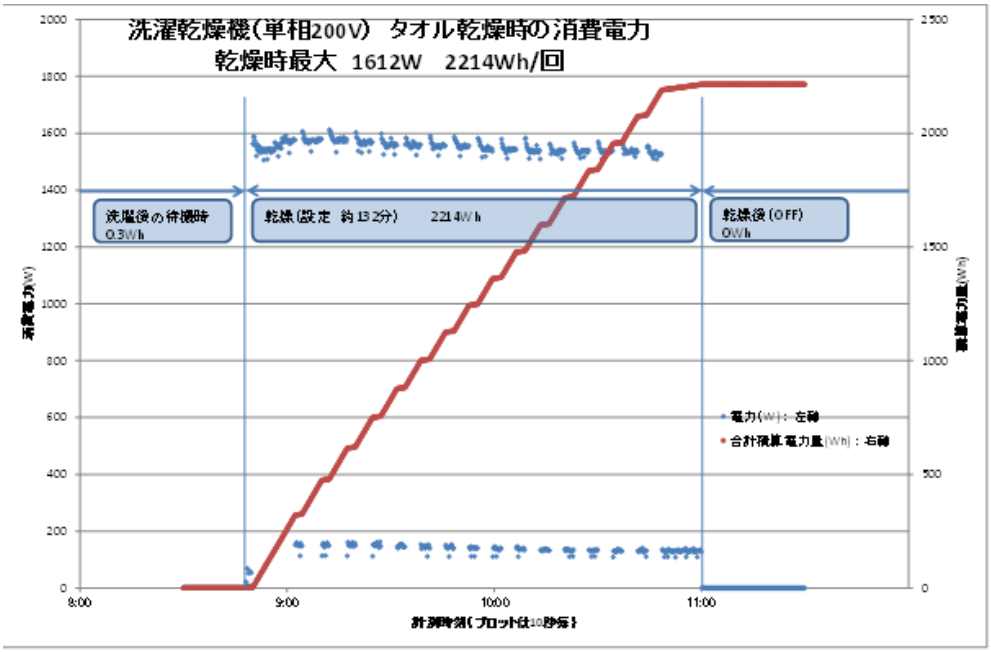


図 4.1.29 欧州製洗濯乾燥機の乾燥時における消費電力の変化

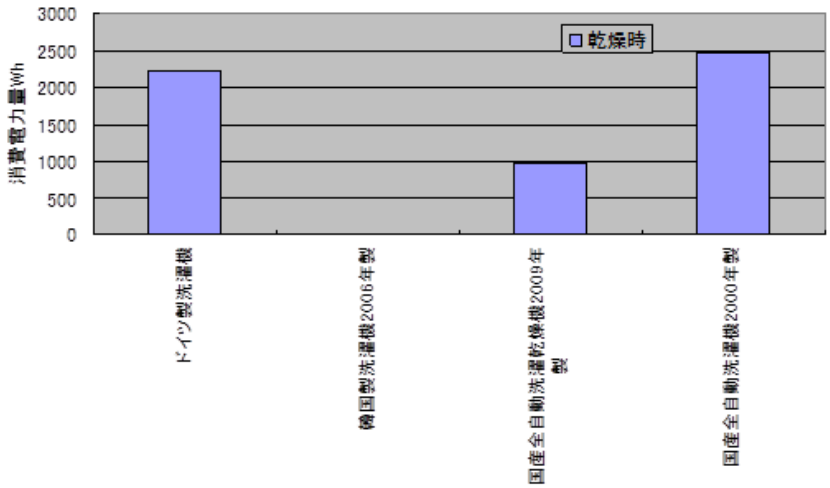


図 4.1.30 他の衣類乾燥機・衣類乾燥機能付き洗濯機との比較結果

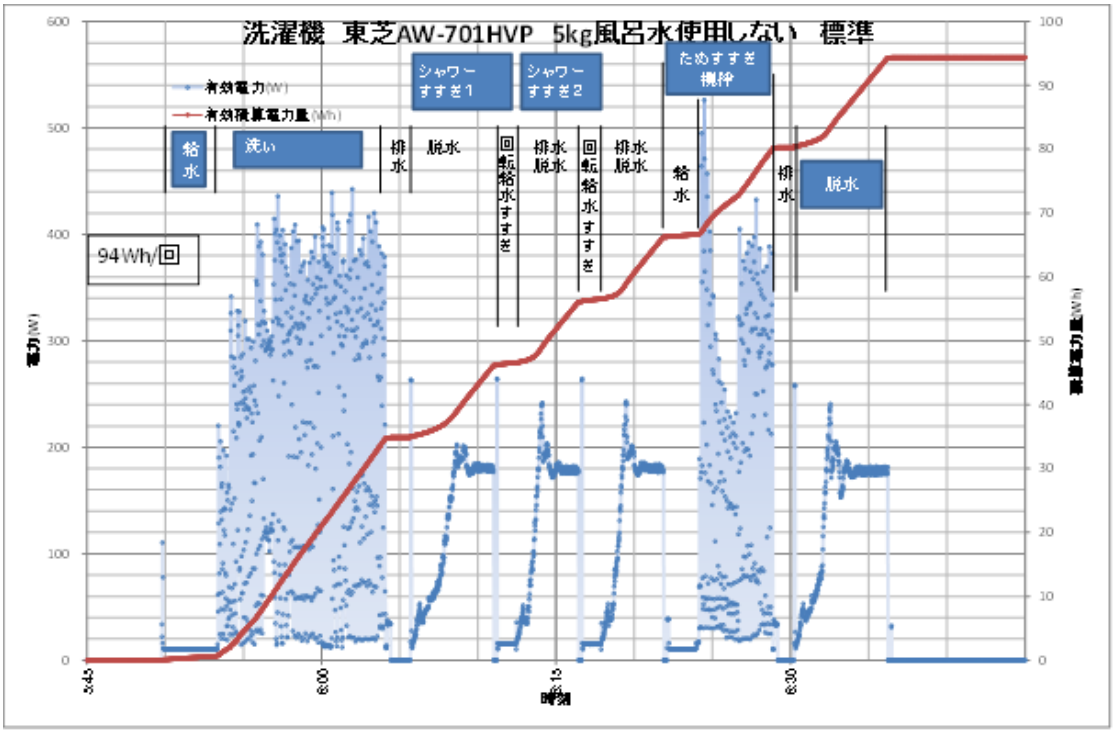


図 4.1.31 従来型洗濯機(2000 年 縦型全自動・乾燥機能なし)5kg の消費電力量グラフの例(95W/回)

(5) 炊飯器

表 4.1.25 に炊飯時の消費電力量を計測した機種の仕様を示す。また、図 4.1.32 に計測結果を示す。「従来タイプ」の方が定格消費電力は小さく、1 回当たりの消費電力量も「省エネタイプ」よりも小さい。呼称は保温時における所要消費電力量によりつけられたものであり、炊飯時の所要消費電力量に関してつけられたものではない。「省エネタイプ」は給水温度・室温の違いによる消費電力量の違いが顕著であるのに対して、「従来タイプ」は給水温度・室温の違いによる消費電力量の違いがそれほど大きくない。「省エネタイプ」「従来タイプ」ともに炊く合数が大きくなると消費電力量も大きくなる。

図 4.1.33 に各条件における消費電力の時系列データを示す。

表 4.1.25 計測した炊飯器の仕様

	省エネタイプ	従来タイプ
メーカー	象印魔法瓶株式会社	象印魔法瓶株式会社
型番	NP-AA10	NS-CG10
製造年	2002年製	1996年製
容量	1.0L	1.0L
定格	1230W	650W
備考	真空保温釜	

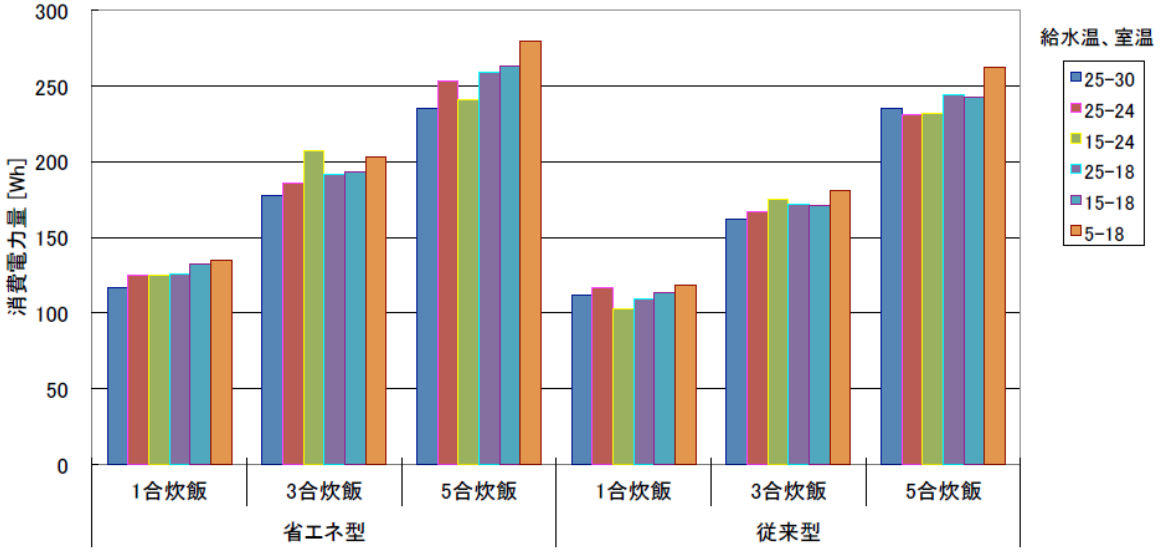


図 4.1.32 炊飯 1 回当たり(炊飯量、給水温、室温の各条件)の消費電力量の実測値

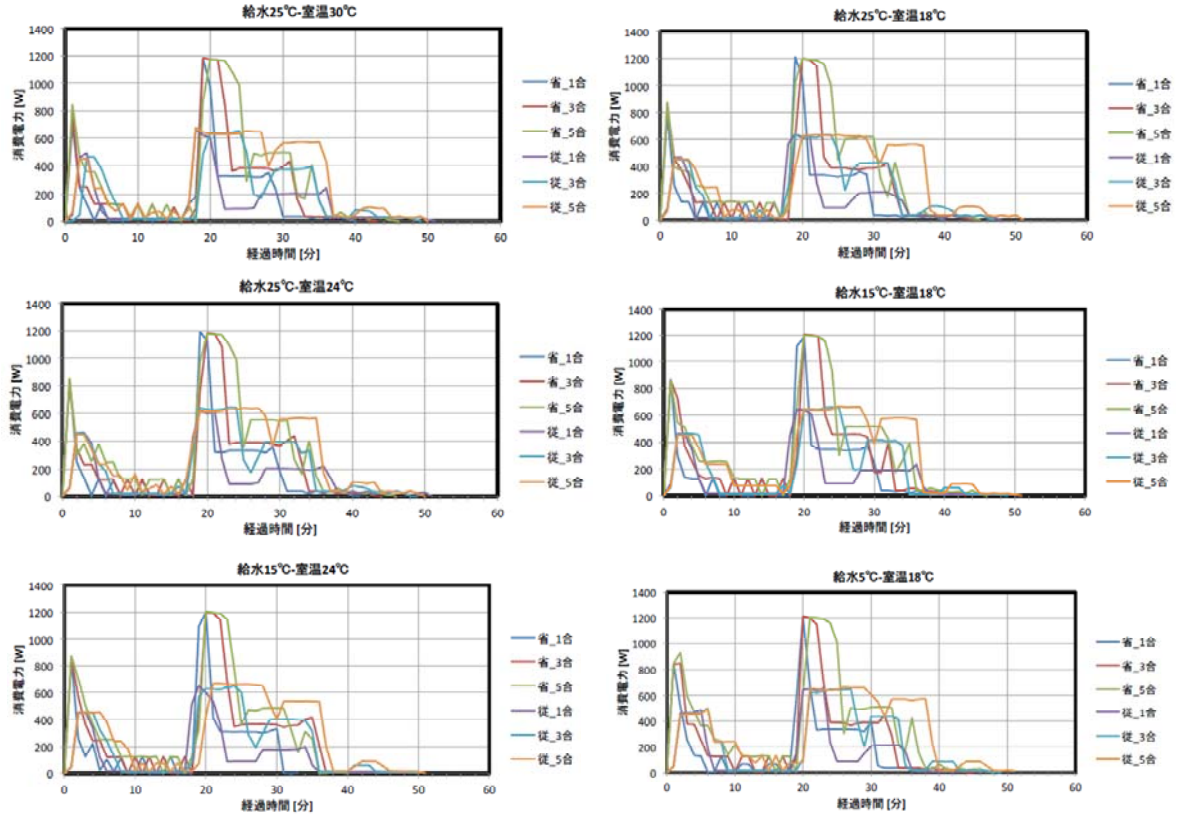


図 4.1.33 給水温度及び室温条件別の炊飯時消費電力の時系列データ

炊飯器の定格消費電力と炊飯 1 回当たりの消費電力量との関係を図 4.1.34 に示す。いずれの炊飯合数の場合も傾きは 0.029～0.045 と近く、切片だけが異なっている。そこで、消費電力量予測式の傾きは 3 つの傾きの平均値:0.0348 とし、切片は炊飯合数との関係から求めることにする。

炊飯合数と上図の切片との関係を図 4.1.35 に示す。

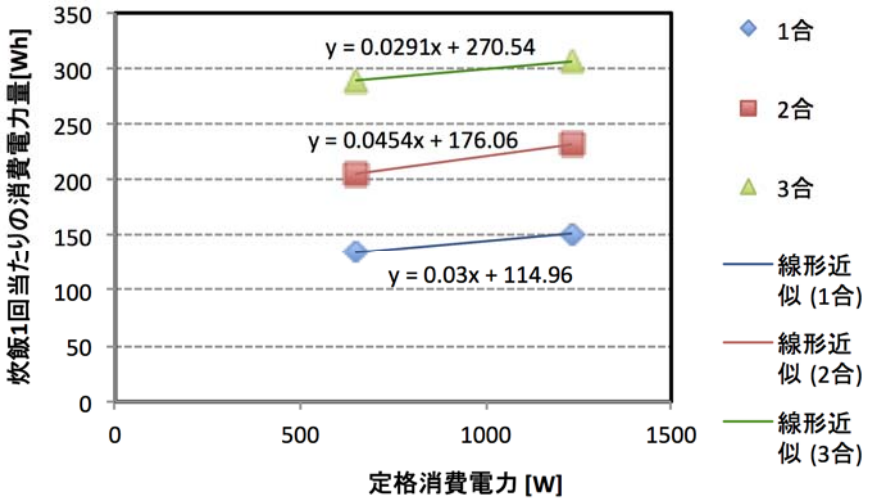


図 4.1.34 炊飯器定格消費電力と炊飯 1 回当たりの消費電力量の関係

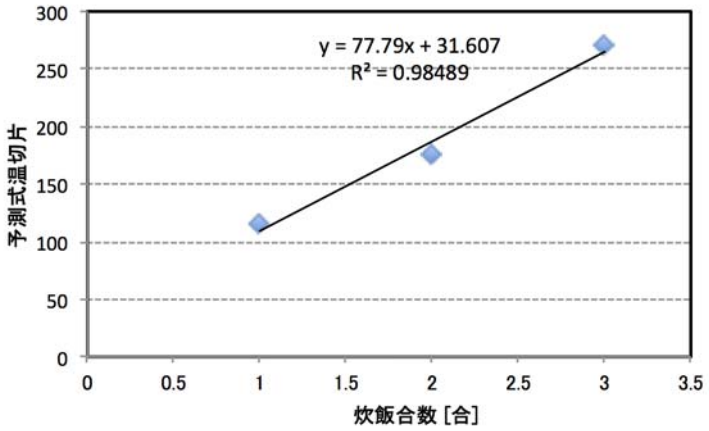


図 4.1.35 炊飯器消費電力量予測式の切片と炊飯合数の関係

以上より、炊飯器の 1 回当たりの消費電力量を y [Wh]、炊飯器の定格消費電力を x [W]、炊飯合数を z [合]とすると、y [Wh]は下式から求められる。

$$y = 0.0348x + (77.79z + 31.607)$$

(6) 電気ポット

湯沸かし 1 回当たりの消費電力量:P_b (Wh/回)は理論的に下式により求まると考えられる。

$$P_b = \frac{C_{pw} \cdot \rho_w \cdot V \cdot (\theta_h - \theta_L)}{\eta}$$

ただし、C_{pw}:水の比熱(J/kg)、ρ_w:水の密度(=1)(kg/ℓ)、V:電気ポットの容量 (ℓ)、θ_h:沸騰時の水温(=100)(℃)、θ_L:沸騰開始前の水温(℃)、η:湯沸かし時の熱効率(=水に加えられる熱量/電気ポット消費電力)(-)

上式右辺第1項の係数 η は、熱効率で水に加えられる熱量／電気ポット消費電力の比である。

係数 η には従前の実測より求めた値を用いる。熱効率 η の値は、本来は電気ポットの断熱性能などを反映して機種ごとに変えるべきであると考える。しかし、現時点では実測データが不足しておりカタログ値と熱効率 η との関係が明らかでない。そこで、暫定的に後述する従前の実測データより求めた η の値を用いる。

一方、保温時の消費電力:P_k (Wh/日)は理論的に下式により求まると考えられる。

$$P_k = W_{kc} \cdot \tau$$

ただし、Wkc:保温時の消費電力(W)、τ :1 日当たりの保温時間(秒/日)

保温時の消費電力は、カタログ値の電気ポット容量 (ℓ)、年間消費電力量 (kWh/年)からもとめることとする。

係数を定めるために実測を行った電気ポットの仕様を表 4.1.26 に、湯沸かし時に関する測定結果を表 4.1.27 に、保温時に関する測定結果を表 4.1.28 に示す。なお、「省エネタイプ」は、魔法瓶機能を有し、「従来タイプ」は有していない。

表 4.1.26 実測を行った電気ポットの仕様

	省エネタイプ	従来タイプ
製造年	2002年製	1997年製
容量	3.0L	3.0L
定格	985W	900W
保温時(98℃)	29W	
保温時(90℃)	23W	
備考	真空保温式	

表 4.1.27 湯沸かし時に関する測定結果

	省エネタイプ			従来タイプ		
	1L沸騰	2L沸騰	3L沸騰	1L沸騰	2L沸騰	3L沸騰
消費電力量_Wh	123.73	211.92	298.05	143.17	230.01	309.48
消費電力量_J	445428	762912	1072980	515412	828036	1114128
加熱量_J	313953.75	627907.5	941861.25	313953.75	627907.5	941861.25
熱効率 [-]	0.705	0.823	0.878	0.609	0.758	0.845
沸騰時間_分	10.7	15.7	20.7	15.7	20.2	24.4

表 4.1.28 保温時に関する測定結果

30分保温時消費電力 Wh	3L保温	2L保温	1L保温
省エネ	0	0	8.7
従来	14.08333	15.12	22.135

表 4.1.27 によれば、電気ポットの熱効率(＝水に加えられる熱量/電気ポットの消費電力)は 0.6～0.88 となっている。下限値が 0.6 と小さいのは、容量 3.0ℓのポットで 1ℓと少量の湯沸かしを行なったためと考えられる。また、満水時(3ℓ)沸きあげ時の熱効率は 0.85～0.88 と非常に近い。この結果から、沸きあげ時の熱効率を 0.85～0.88 の平均値 0.865 と仮定する。

表 4.1.27 には消費電力量を(定格消費電力×熱効率)で除して沸きあげに要する時間を求

めた値も併記した。3 リットル沸きあげの場合、約 21 分(省エネタイプ)、約 25 分(従来タイプ)となっている。

最近の電気ポットの仕様表には、保温時の消費電力(W)が記載されていない。そこで、保温時の消費電力 Wkc (W)をカタログの電気ポットの容量 V (ℓ)、定格消費電力 Wb (W)、年間消費電力量 Ph (kWh/年)から推定する。まず、カタログの年間消費電力量は、次の条件で求められている。

・日本電機工業会自主基準による測定(室温 23℃、湯沸し 2 回/1 日、再沸とう 1 回/1 日、保温 90℃で 23 時間/1 日、365 日/年間)

保温時の消費電力 Wkc (W)は、以下の手順で求めることにした。電気ポットの容量と 23℃→100℃の条件から、沸騰に必要な熱量を求める。

年間の保温用電力消費量[kJ/年]＝年間消費電力量カタログ値[kWh/年]
×3600[kJ/kWh]×熱効率[-]
－ (沸騰に要する熱量[kJ/回]×2[回/日]
－再沸騰に要する熱量 [kJ/回]×1[回/日])×365[日]

上式より年間の保温用電力消費量(kJ/年)を求め、(23(時間/日)×3600(秒/時)×365(日))で除して保温時の電力消費量 W_{kc} (W)を求めることとした。

最近の電気ポットのカタログデータを表 4.1.29 に示す。表の左端から「備考」列までがカタログ値の抜粋、それより右欄は計算値である。電気ポットの定格消費電力は、約 700 W と約 900 W のほぼ 2 種類となっている。また、容量は、約 2 リットル、約 3 リットル、約 4 リットルの 4 種類程度である。

図 4.1.36 は、表 4.1.29 をもとに電気ポット容量と 1ℓ当たりの年間消費電力力量の関係を示

品番	容量 [litter]	湯沸し時消費電力[W]	1日当たりの消費電力量 [kWh/day]	年間消費電力量 [kWh/年]※	備考	1ℓ当たりの年間消費電力量 kWh/(ℓ年)	沸きあげ時必要加熱量 kJ	再沸騰時必要加熱量 kJ	保温時加熱量 kJ/day	保温時加熱 W	保温時消費電力 W
CV-PT22	2.2	905	0.52	191		86.82	709.11	230.23	-18.93	-0.23	
CV-PT30	3	905	0.64	233.4		77.80	966.97	313.95	-256.63	-3.10	
CD-WL22	2.2	700	0.99	362		164.55	709.11	230.23	1439.96	17.39	**20.10**
CD-WL30	3	700	1.18	432		144.00	966.97	313.95	1437.73	17.36	**20.07**
CD-WL40	4	700	1.38	504		126.00	1289.29	418.60	1302.70	15.73	**18.19**
CW-PZ22	2.2	840	1.14	415		188.64	709.11	230.23	1892.13	22.85	**26.42**
PIA-A220	2.2	700	0.58	211		95.91	709.11	230.23	151.70	1.83	**2.12**
PIA-A300	3	700	0.68	249		83.00	966.97	313.95	-123.54	-1.49	
PVS-G300	3	905	0.6	218		72.67	966.97	313.95	-388.01	-4.69	
PDL-G200	2	905	1.2	439		219.50	644.64	209.30	2246.74	27.13	**31.37**
PDR-A220	2.2	700	1.05	382		173.64	709.11	230.23	1610.59	19.45	**22.49**
PDR-A300	3	700	1.21	440		146.67	966.97	313.95	1505.98	18.19	**21.03**
PDR-A400	4	700	1.45	529		132.25	1289.29	418.60	1515.99	18.31	**21.17**
PLK-30DE	3	900	1.33	487		162.33	966.97	313.95	1906.96	23.03	**26.63**
PLK-22DE	2.2	900	1.12	409		185.91	709.11	230.23	1840.94	22.23	**25.70**
WMH-22	2.2	700	1.06	387		175.91	709.11	230.23	1653.25	19.97	**23.08**
WMH-30	3	700	1.24	453		151.00	966.97	313.95	1616.89	19.53	**22.58**
WMH-40	4	700	1.47	536		134.00	1289.29	418.60	1575.71	19.03	**22.00**
WBI-F22	2.2	650	0.92	336		152.73	709.11	230.23	1218.14	14.71	**17.01**
WBI-F30	3	650	1.22	444		148.00	966.97	313.95	1540.11	18.60	**21.50**
NC-SU223	2.2	910	0.58	210.99	98保温	95.90	709.11	230.23	151.62	1.83	**2.12**
NC-SU303	3	910	0.68	248.25	98保温	82.75	966.97	313.95	-129.94	-1.57	
NC-SU403	4	910	0.82	299.99	98保温	75.00	1289.29	418.60	-437.81	-5.29	
NC-GU223	2.2	910	0.61	221.45	98保温	100.66	709.11	230.23	240.86	2.91	**3.36**
NC-GU303	3	910	0.73	264.69	98保温	88.23	966.97	313.95	10.32	0.12	**0.14**
NC-MU223	2.2	700	0.64	234.05	98保温	106.39	709.11	230.23	348.35	4.21	**4.86**
NC-MU303	3	700	0.76	277.4	98保温	92.47	966.97	313.95	118.76	1.43	**1.66**

したものである。容量が大きいほど、1ℓ当たりの年間消費電力量が小さくなる傾向がある。容量が 2.2ℓの機種では、1ℓ当たりの年間消費電力量が約 87 kWh/(ℓ年)から 189 kWh/(ℓ年)と大きな開きがある。

表 4.1.29 気ポットのカタログデータ(「備考」列より左)と保温時電力消費の試算結果

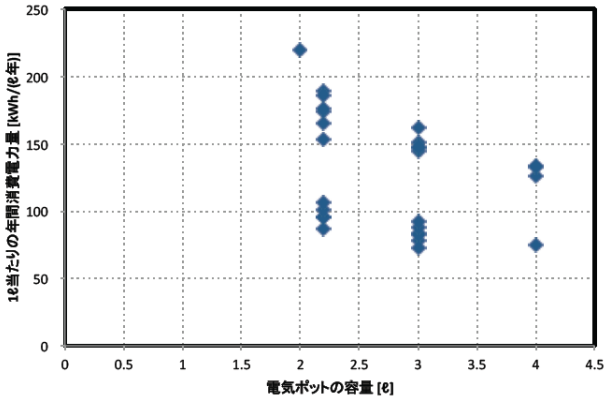


図 4.1.36 電気ポット容量と1ℓ当たりの年間消費電力量(カタログ値より換算)の関係

表 4.1.29 に示したカタログデータより、保温時の消費電力を推定する手順を以下に示す。ここで、年間消費電力量カタログ値は、日本電機工業会自主基準による測定(室温 23℃、湯沸し 2 回/1 日、再沸とう 1 回/1 日、保温 90℃で 23 時間/1 日、365 日/年間)によっている。推定に当たって、以下の仮定を行なった。

- 再沸騰開始前の水温は、75℃と仮定。
- 電気ポットの熱効率は表 1 より 0.865 と仮定。

表 4.1.29 の最右列に電気ポットの保温時消費電力の推定結果を示した。保温時消費電力の推定値は約 1～32W となった。保温時消費電力量が空白となっている電気ポットは、年間消費電力量カタログ値が、(湯沸し 2 回/1 日＋再沸とう 1 回/1 日)に必要な理論熱量より大きくなっているケースである。全 27 機種のうち 6 台がそれに該当する。それらの電気ポットは、熱効率の値がここで仮定した 0.865 より高かったと考えられる。

そこで、試みとして、電気ポットの熱効率を 1.0 とした場合の計算結果を表 4.1.30 に示す。保温時消費電力推定値は、約 0.6～34 W となった。

表 4.1.30 電気ポットの沸きあげ時熱効率を 1.0 とした場合の保温時消費電力の試算結果

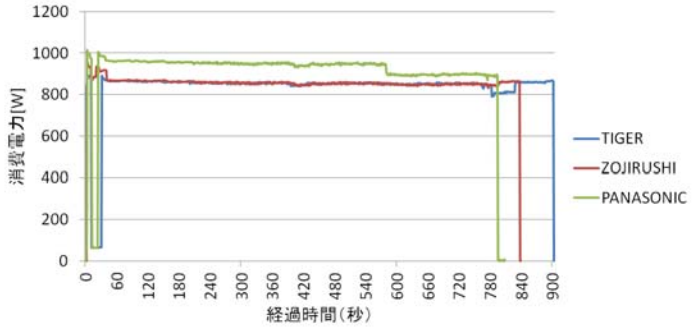
品番	容量 [liter]	湯沸し時消費電力[W]	1日当たりの消費電力量 [kWh/day]	年間消費電力量 [kWh/年]※	備考	1ℓ当たりの年間消費電力量 kWh/(ℓ年)	湯沸し時必要加熱量 kJ	再沸騰時必要加熱量 kJ	保温時加熱量 kJ/day	保温時加熱 W	保温時消費電力 W
CV-PT22	2.2	905	0.52	191		86.82	709.11	230.23	235.39	2.84	2.84
CV-PT30	3	905	0.64	233.4		77.80	966.97	313.95	54.15	0.65	0.65
CD-WL22	2.2	700	0.39	362		164.55	709.11	230.23	1921.96	23.21	23.21
CD-WL30	3	700	1.18	432		144.00	966.97	313.95	2012.94	24.31	24.31
CD-WL40	4	700	1.35	504		126.00	1289.29	418.60	1973.78	23.84	23.84
CW-PZ22	2.2	840	1.14	415		188.64	709.11	230.23	2444.70	29.53	29.53
PIA-A220	2.2	700	0.58	211		95.91	709.11	230.23	432.65	5.23	5.23
PIA-A300	3	700	0.68	249		83.00	966.97	313.95	208.01	2.51	2.51
PVS-G300	3	905	0.6	218		72.67	966.97	313.95	-97.75	-1.18	
PDL-G200	2	905	1.2	439		219.50	644.64	209.30	2831.28	34.19	34.19
PDR-A220	2.2	700	1.05	382		173.64	709.11	230.23	2119.22	25.59	25.59
PDR-A300	3	700	1.21	440		146.67	966.97	313.95	2091.84	25.26	25.26
PDR-A400	4	700	1.45	529		132.25	1289.29	418.60	2220.36	26.82	26.82
PLK-300E	3	900	1.33	487		162.33	966.97	313.95	2555.41	30.86	30.86
PLK-220E	2.2	900	1.12	409		185.91	709.11	230.23	2385.53	28.81	28.81
WMH-22	2.2	700	1.06	387		175.91	709.11	230.23	2168.54	26.19	26.19
WMH-30	3	700	1.24	453		151.00	966.97	313.95	2220.06	26.81	26.81
WMH-40	4	700	1.47	536		134.00	1289.29	418.60	2289.40	27.65	27.65
WBI-F22	2.2	650	0.92	336		152.73	709.11	230.23	1665.53	20.12	20.12
WBI-F30	3	650	1.22	444		148.00	966.97	313.95	2131.30	25.74	25.74
NC-SU223	2.2	910	0.58	210.99	98保温	95.90	709.11	230.23	432.55	5.22	5.22
NC-SU303	3	910	0.68	248.25	98保温	82.75	966.97	313.95	200.61	2.42	2.42
NC-SU403	4	910	0.82	299.99	98保温	75.00	1289.29	418.60	-38.37	-0.46	
NC-GU223	2.2	910	0.61	221.45	98保温	100.66	709.11	230.23	535.72	6.47	6.47
NC-GU303	3	910	0.73	264.69	98保温	88.23	966.97	313.95	362.76	4.38	4.38
NC-MU223	2.2	700	0.64	234.05	98保温	106.39	709.11	230.23	659.99	7.97	7.97
NC-MU303	3	700	0.75	277.4	98保温	92.47	966.97	313.95	488.12	5.90	5.90

表 4.1.31 に掲げられた最近の電気ポットのうち表 4.3. に示す 3 機種について湯沸かし時、保温時、再沸騰時における消費電力量の測定を行った。なお、パナソニック社製のものは保温温度が可変であるが 90℃条件についての値を示した。

表 4.1.31 実験を行った電気ポットの仕様

機種	PVS-G300	CV-PT30-NL	NC-SU303
定格容量	3.0L	3.0L	約3.0L
湯わかし時の消費電力W	905W	905W	910W
年間消費電力量 kWh/年	218kWh/年	233.4kWh/年 (約5,100円)	約221.25kWh
一日当たりの消費電力量kWh／日	0.60kWh/日	0.64kWh/日 (約14円)	約0.61kWh
サイズ	23.6×30.1×30.7	22.5×31×29.5cm	(約)24.7×34.5×29.0cm
本体質量(約)kg	3.6kg	3.2kg	約3.2kg

湯沸かし時(2.0ℓ の水を 23℃から 100℃に)における消費電力の変化を図 4.1.37 に示す。



消費電力W	835.84 W	858.01 W	922.68 W
消費電力量Wh	209.19 Wh	199.01 Wh	203.50 Wh
〃 (cal)	179,905 cal	171,149 cal	175,013 cal
熱効率（100℃-23.51℃)×2000cc	0.85031	0.89381	0.87408
湯沸かし時間(秒)	902 秒	837 秒	795 秒
沸騰時電圧 V	97.514 V	96.789 V	100.200 V

図 4.1.37 最近の電気ポットの湯沸かし時における消費電力変化及び集計結果

また、保温時（2.0 リットル 90℃）における消費電力の変化については図 4.1.38 に示す。再沸騰時及び給湯時における消費電力の実験結果を合わせた集計値を表 4.1.32 に示す。

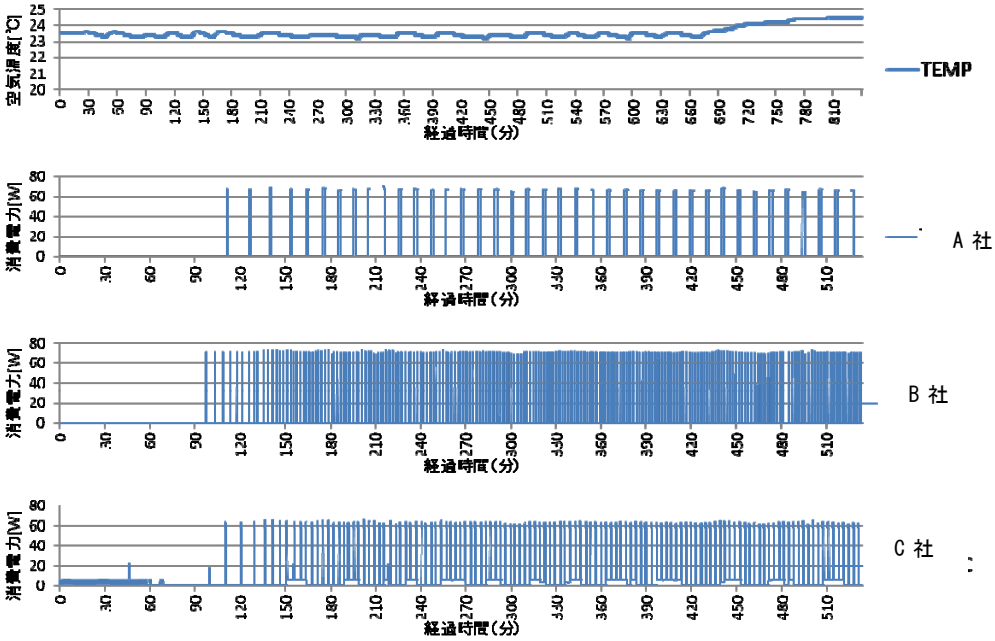


図 4.1.38 最近の電気ポットの保温時における消費電力変化

表 4.1.32 保温時、再沸騰時、給湯時における消費電力の集計結果

保温時 （90℃ 2.0L）の消費電力解析

保温時	A社	B社	C社
保温加熱開始までの時間	6,660 秒	5,853 秒	6,579 秒
保温加熱開始までの平均消費電力W	0.2827 W	0.1989 W	1.6363 W
保温時(約300-600分)平均消費電力W*	10.86 W	11.77 W	12.26 W
インターバル秒数	543.8 秒	112.2 秒	307.6 秒
再保温加熱時間	104.0 秒	21.9 秒	60.3 秒
インターバル時 平均消費電力 W	0.3184 W	0.3002 W	2.3619 W
再保温加熱時 平均消費電力 W	65.98 W	70.62 W	62.73 W
*300分以降消費電力上昇時から、600分以降の消費電力上昇1秒前までの平均W			
熱貫流率K[W/(K・㎡)]	1.306	1.416	1.475

平均雰囲気温度 0-100分	23.44 ℃
平均雰囲気温度 300-600分	23.38 ℃

再沸騰時 （90℃⇒100℃ 2.0L）の消費電力解析

再沸騰	A社	B社	C社
再沸騰所要時間(90℃⇒100℃)	147 秒	165 秒	154 秒
再沸騰時消費電力量 Wh	29.60 Wh	38.28 Wh	34.03 Wh
再沸騰時消費電力 W	724.92 W	835.17 W	795.40 W
再沸騰時熱効率	0.7856	0.6075	0.6835

＊保温時再加熱終了直後に再沸騰ON

電気給湯時（200cc）の消費電力

電気給湯	A社	B社	C社
200cc給湯秒数	7 秒	7 秒	10 秒
給湯時消費電力量	0.06 Wh	0.00 Wh	0.02 Wh

（7）ワインセラー

ワインセラー（コンプレッサー型）の実住宅における実測を行った。

・機種：F 社 加湿冷蔵庫 ST-98 1998 年製
・ワイン収納本数 24 本、有効内容量 98L
・貯蔵最適温度 12℃から 14℃
・温度設定 8℃から 18℃（室温 25℃基準）
・庫内湿度 65%から 80%
・電動機定格消費電力 60W、電熱装置の定格消費電力 10W
・消費電力量 50Hz 26kWh/月
・計測期間：平成 23 年 11 月 13 日～25 日
・計測住宅：関東地方の戸建住宅（2 人家族）

設置状況を図 4.1.39 に、ある 1 日の時系列データを図 4.1.40 に示す。



図 4.1.39 実測対象ワインセラーの設置状況

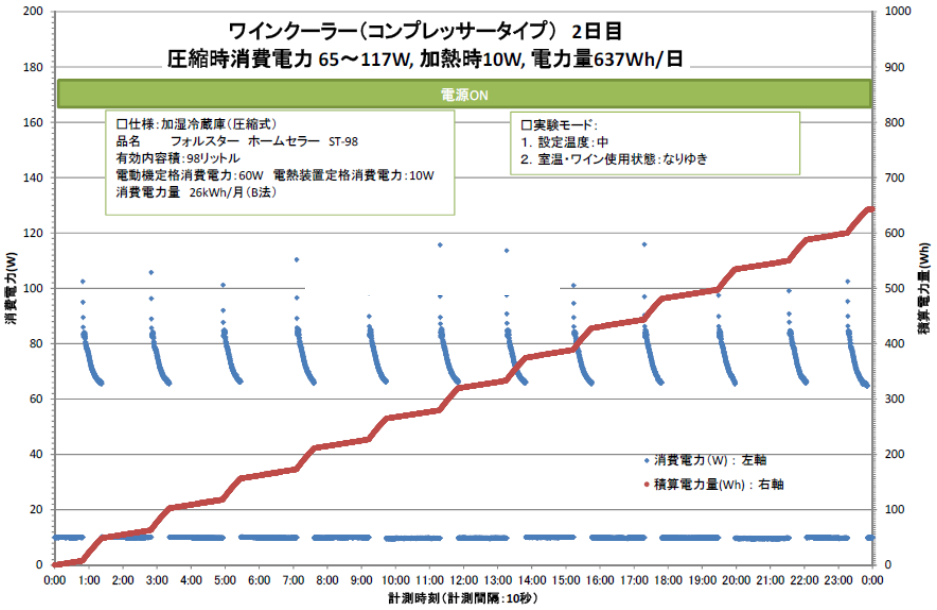


図 4.1.40　1 日の消費電力及び消費電力量の変化

また、実測期間における 1 日あたりの消費電力量値の変動を図 4.1.41 に示す。556～718Wh/日の範囲で変動し、期間内での平均は 630Wh/日であった。630Wh/日として単純にひと月当たり及び年間に換算した場合、18.9kWh/月、230kWh/年(一次エネ換算 2.24GJ/年)となる。

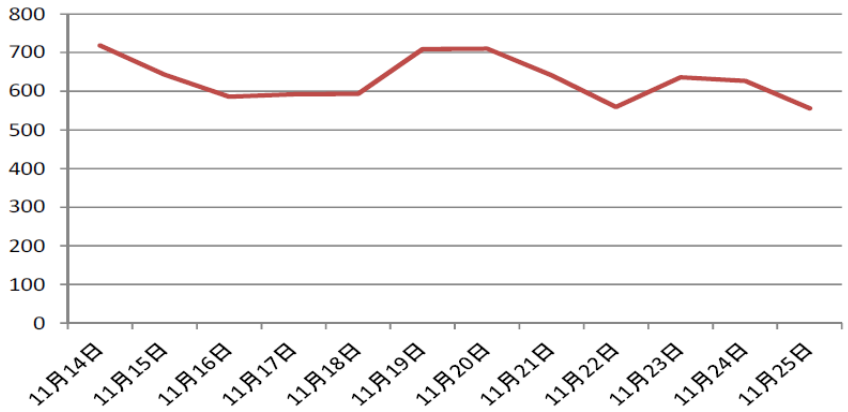


図 4.1.41　実測期間における 1 日あたりの消費電力量値の変動(ワインセラー)

(8) 自走式掃除機

実住宅において実測を行った。対象機種及び計測期間等は下記の通りである。

・機種　I 社　自走式掃除機(2011 年製)
・充電式(消費電力等の記載なし)
・計測期間:平成 23 年 9 月 17 日～25 日
・計測住宅:埼玉県　集合住宅(2 人家族)

時系列データの一例を図 4.1.42 に示す。

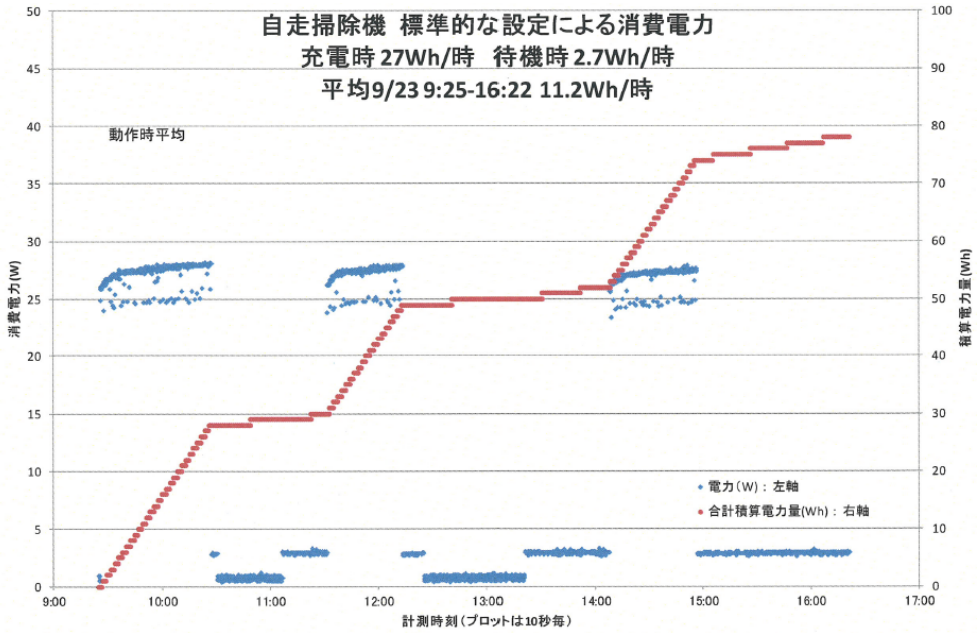


図 4.1.42 実測期間における消費電力量値の変動(自走式掃除機)

1回(全部屋)あたりの消費電力量は78Whであった。使用時以外は電源を切っているとのことであり、1回(=1日)当たりの充電時と作動時の合計の消費電力を示している。この家庭の場合、週に2回程度使用とのことであり、単純計算を行なえば、1か月(9回程度使用)に702Wh/月、1年(104 回使用)で 8.1kWh/年(79MJ/年)となり、一般的な掃除機と比較して少ないことになる。

(9) 融雪用設備機器

富山県高岡市の戸建住宅において、地下水くみ上げ式の融雪装置について消費電力量の計測を行った。実測期間は平成22年12月24日から平成23年2月28日の間、実測対象は下記のようなものであった(図 4.1.43参照)。

- K社ポンプ(消費電力660W、出力0.4kW、水量0.2m^3/min)、降雪センサーYMS2、制御盤の組み合わせ。
- 敷設面積 約200㎡



図 4.1.43　融雪対象、ポンプ、制御盤及び降雪センサーの外観

図 4.1.44に測定期間の一部について日積算積雪量と日積算消費電力の変化を示す。また、両者の相関を図 4.1.45に示す。融雪に伴うポンプ消費電力は、降雪量に相対して増減している。融雪に消費される電力量は、積雪量1cmあたり約140Whであり、当該ポンプ12.7分間の運転、2.545m^{3}の水量が必要であった。すなわち、単位面積、単位降雪量に対し、12.7L/㎡・cmの散水が必要であった。

また融雪は積雪以降行われることから、降雪量(cm)に加え、日平均気温、日照時間を説明変数として消費電力量の重回帰分析を行った。分析の結果を表 4.1.33 融雪用消費電力量の気象条件による重回帰分析結果に示す。

降雪量と日照時間を説明変数にすることで、散水に必要とされるポンプの消費電力を重相関係数R=0.740で予測することができた。

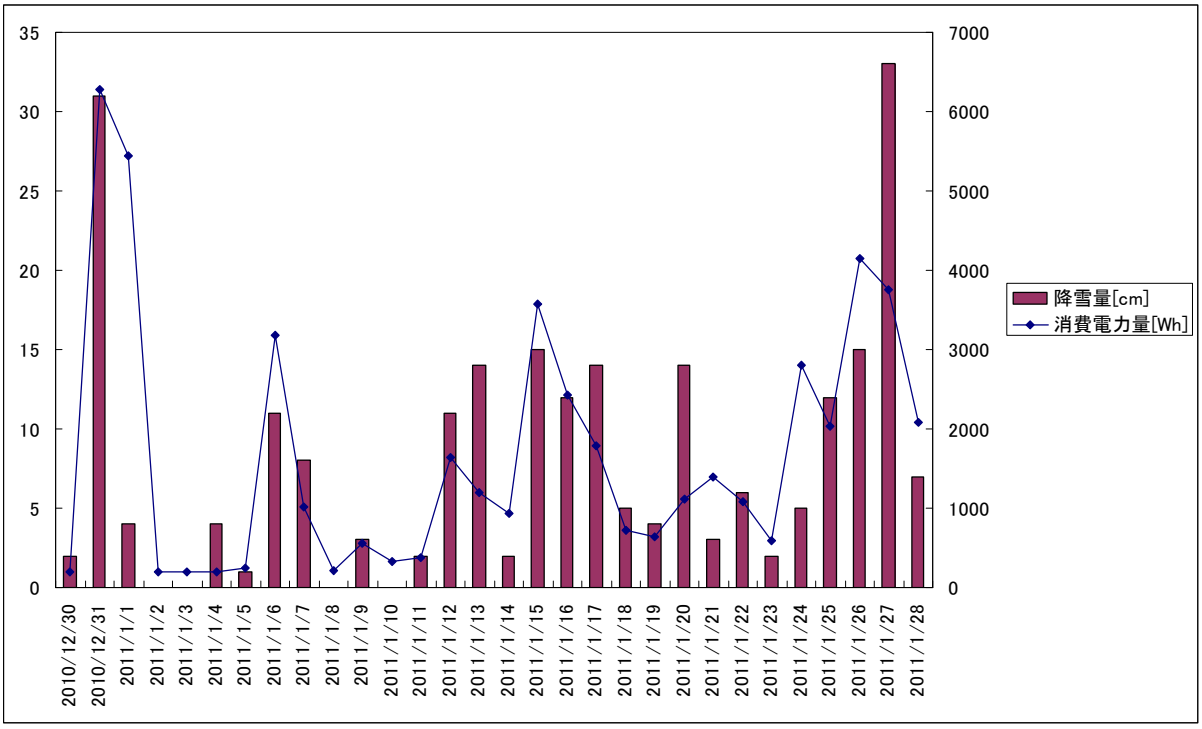


図 4.1.44　日積算積雪量と日積算消費電力

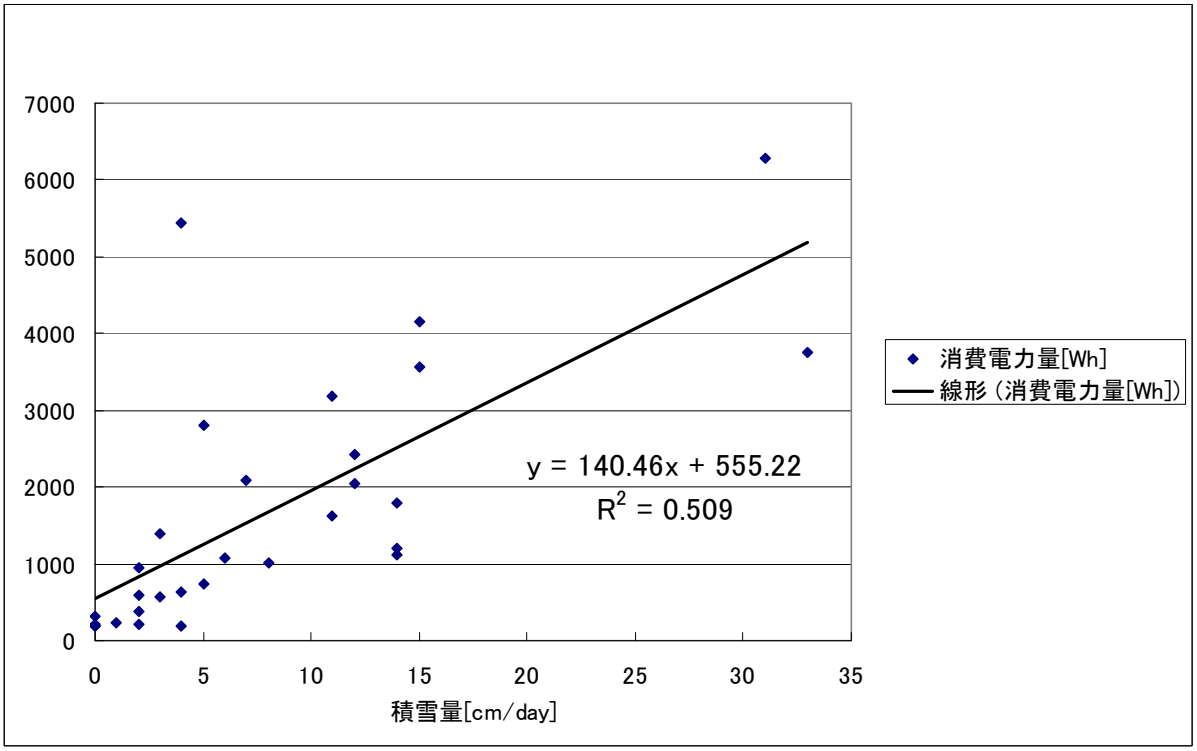


図 4.1.45　日積算積雪量と日積算消費電力の相関

表 4.1.33 融雪用消費電力量の気象条件による重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 R	0.757683
重決定 R2	0.574083
補正 R2	0.524939
標準誤差	1121.316
観測数	30

分散分析表	自由度
回帰	3
残差	26
合計	29

	係数
切片	234.6746
降雪量[cm]	96.97984
気温	240.5056
日照時間	−237.185

回帰統計	
重相関 R	0.739979
重決定 R2	0.547569
補正 R2	0.514056
標準誤差	1134.088
観測数	30

分散分析表	自由度
回帰	2
残差	27
合計	29

	係数
切片	510.475
降雪量[cm]	87.27849
日照時間	−202.895

4.1.3 家電消費電力量試算シートの作成及び計算結果の検証

(1) 家電の実消費電力の予測式及び係数と試算シートの作成

自立循環型住宅に係わる技術開発において蓄積してきた家電の実際の消費電力予測のための知見に、4.1.2 節に示した新たに得られた知見を合わせ、予測式及び係数を表 4.1.34 に示すようにまとめた。

表 4.1.34 家電実消費電力予測式及び係数一覧

■家電 実消費電力予測式・係数一覧表

機器名	Y値(目的値)	X値(変数1)	Z値(変数2)	稼働時実消費電力の予測式	備考	元データ出典
冷蔵庫(除霜運転時)_W	除霜運転時の電力消費 [W]	電熱器定格消費電力 [W]		y=0.9x	除霜運転時の消費電力をヒーター定格消費電力の90%と仮定	
冷蔵庫(通常運転時)_W	通常運転時電力消費 [W]	日積算電力消費量 [kWh/day]			除霜運転は23時から翌1時までの2時間とし、残りを22時間の発停運転で案分	
冷蔵庫日積算消費電力量_kWh/day	日積算電力消費量 [kWh/day]	日平均外気温 [℃/day]	カタログ年間消費電力量 [kWh/year]	y=(3.283/(E-3)-2.0/(E-6)*z) * (x^2-30x)+1.85/(E-3)*x+1.329	堀先生作成予測式(2011AIJ大会梗概より)	・建研・シーさん(2010) ・堀他:冷蔵庫の消費電力量の作成に関する研究、AIJ大会、pp.1193-1194、2011年8月。
電子レンジ	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.9373x	測定台数2台。	・自立P2家電TG(2007)
炊飯器	1回当たりの炊飯電力消費量 [Wh/回]	定格消費電力 [W]	炊飯合数 [合]	y=0.0348x+77.79z+31.607	フェーズ1における堀先生実測値より(2台)。 炊飯時間45分(実際は50分)として平均[W]を算出する。	・自立P1堀先生 ・110624家電WG幹事会【資料13-4】
洗濯機	洗濯時の実電力消費量 [W]	標準選択コースの電力消費量カタログ値 [Wh/回]		y=(1.3503x-42.848)/(洗濯時間_分/60分)	・洗濯標準コースの1回当たりの諸費電力量[Wh]を、標準洗濯時間45分として平均[W]化。	・自立P2家電TG(2007)
衣類乾燥機	乾燥時の実消費電力 [W]	乾燥時定格消費電力 [W]		y=0.992x	測定台数は1台。標準乾燥時間を2時間と仮定。	・自立P2家電TG(2007)
洗濯乾燥機(非ヒートポンプ)	洗濯時の実電力消費量 [W]	標準洗濯コースの電力消費量カタログ値 [Wh/回]		y=(1.3503x-42.848)/(洗濯時間_分/60分)	・洗濯標準コースの1回当たりの諸費電力量[Wh]を、標準洗濯時間45分として平均[W]化。	
	乾燥時実消費電力 [W]	乾燥時定格消費電力 [W]		y=0.992x	測定台数は1台。標準乾燥時間を2時間と仮定。	
洗濯乾燥機(ヒートポンプ式)	洗濯時の実電力消費量 [W]	標準洗濯コースの電力消費量カタログ値 [Wh/回]		y=(0.88x)/(洗濯時間_分/60分)	・洗濯標準コースの1回当たりの諸費電力量[Wh]を、標準洗濯時間45分として平均[W]化。	・atc予備実測(2011) ・111026家電WG【資料8-4】
	乾燥時の実消費電力 [W]	標準洗濯コースの電力消費量カタログ値 [Wh/回]	洗濯+乾燥標準コースの消費電力量カタログ値[Wh/回]	y=(z-x)/2時間	・標準的な乾燥コースの時間を120分として平均[W]化。	
洗濯乾燥機(海外製)	洗濯時の実電力消費量 [W]					・未実施
	乾燥時の実消費電力 [W]					
ヘアドライヤー	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.8974x	測定台数は4台。予測式の切片をゼロに修正。	・自立P2家電TG(2007)
温水暖房便座	実消費電力 [kWh/day]	温水ヒータ一電力消費 [kWh/day]	便座ヒーター電力消費 [kWh/day]	y=x+z		・建研実測(2010)※2011/10/21に修正
温水ヒーター(瞬間式)	日積算電力消費量 [kWh/day]	日平均の雰囲気温度 [℃]	温水ヒーター定格消費電力[W]	y=-1.274*10^-6*z*x+(0.0357*10^-3*z)	日平均のW数は24時間で除す。 設定温度が「高」の場合は、雰囲気温度を2℃低く与える。	・111026家電WG【資料8-2】
温水ヒーター(貯湯式)	日積算電力消費量 [kWh/day]	日平均の雰囲気温度 [℃]	温水ヒーター定格消費電力[W]	y=-0.0144x+0.5121*(z/500)	日平均のW数は24時間で除す。 設定温度が「高」の場合は、雰囲気温度を2℃低く与える。	〃
便座ヒーター						
便座ヒーター定格<45W	日積算電力消費量 [kWh/day]	日平均の雰囲気温度 [℃]	便座ヒーター定格消費電力[W]	y=-0.0201x+0.9224*(z/45)	日平均のW数は24時間で除す。 設定温度が「高」の場合は、雰囲気温度を4℃低く与える。	〃
45W<=便座ヒーター定格<=50W	日積算電力消費量 [kWh/day]	日平均の雰囲気温度 [℃]		y=(-0.0201-5.25*10^-4*(z-45))x+(0.923+0.157*(z-45))	日平均のW数は24時間で除す。 設定温度が「高」の場合は、雰囲気温度を4℃低く与える。	〃
便座ヒーター定格>50W	日積算電力消費量 [kWh/day]	日平均の雰囲気温度 [℃]	暖房便座定格消費電力[W]	y=-0.023x+1.0042*(z/50)	日平均のW数は24時間で除す。 設定温度が「高」の場合は、雰囲気温度を4℃低く与える。	〃
テレビ(ブラウン管)	待機時消費電力量 [W]	待機電力カタログ値 [W]		y=x	カタログ値を用いるよう修正2011/10/21	
	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.8495x	切片をゼロに修正(2011/06)	・自立P2家電TG(2007)
テレビ(液晶)	待機時消費電力量 [W]	待機電力カタログ値 [W]		y=x	カタログ値を用いるよう修正2011/10/21	
	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.8579x	切片をゼロに修正(2011/06)	・自立P2家電TG(2007)
テレビ(プラズマ)	待機時消費電力量 [W]	待機電力カタログ値 [W]		y=x	カタログ値を用いるよう修正2011/10/21	
	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.9639x	切片をゼロに修正(2011/06)	・自立P2家電TG(2007)
パソコン(デスクトップ)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=1.0871x+2.2719		・自立P2家電TG(2007)
パソコン(ラップトップ)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.72x		
Wii	待機時消費電力 [W]			y=1.2		・堀先生実測
	稼働時消費電力 [W]			y=16.5		
PlayStation 2 旧型	待機時消費電力 [W]			y=3.1		・堀先生実測
	稼働時消費電力 [W]			y=29.0		

機器名	Y値(目的値)	X値(変数1)	Z値(変数2)	稼働時実消費電力の予測式	備考	元データ出典
PlayStation 2 新型	待機時消費電力 [W]			y=0.5		・堀先生実測
	稼働時消費電力 [W]			y=12.2		
PlayStation 3 旧型	待機時消費電力 [W]			y=1.3		・堀先生実測
	稼働時消費電力 [W]			y=221.8		
PlayStation 3 新型	待機時消費電力 [W]			y=0.3		・堀先生実測
	稼働時消費電力 [W]			y=95.7		
Xbox 360 2005-2007	待機時消費電力 [W]			y=2.3		
	稼働時消費電力 [W]			y=177.1		
Xbox 360 Late 2007-2008	待機時消費電力 [W]			y=2.8		
	稼働時消費電力 [W]			y=121.5		
Xbox 360 Late 2008	待機時消費電力 [W]			y=2.0		
	稼働時消費電力 [W]			y=105.9		
Xbox360 Slim	待機時消費電力 [W]			y=0.6		
	稼働時消費電力 [W]			y=88.0		
ディスプレイ(液晶)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.8902x	予測式の切片をゼロに修正(2011/06)	・自立P2家電TG(2007)
扇風機(弱)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.6462x+0.0917		・自立P2家電TG(2007)
扇風機(中)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.8186x+2.6905		・自立P2家電TG(2007)
扇風機(強)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.9874x+0.351		・自立P2家電TG(2007)
赤外線ヒーター	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.9x	定格1200W機を1200W設定で運転	・自立P2家電TG(2007)
ガス浴室乾燥機(衣類乾燥)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.806x	温風運転の場合	・建築研究所・三浦氏(2007)
ガス浴室乾燥機(換気)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.743x	強運転の場合	・110829家電WG【資料7-5】
ガス浴室乾燥機(暖房)	ガス消費量熱量換算 [W]	定格加熱能力 [W]		y=x		
電気浴室乾燥機(衣類乾燥)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.699x	温風の場合	・建築研究所・三浦氏(2007)
電気浴室乾燥機(換気)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.881x	強運転の場合	・建築研究所・三浦氏(2007)
電気浴室乾燥機(暖房)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.834x	強運転の場合	・建築研究所・三浦氏(2007)
コーヒーメーカー(ドリップ式)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.915x	抽出時、稼働時間約6分	・自立P2家電TG(2007)
コーヒーメーカー(エスプレッソ)	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.578x	抽出時、稼働時間約3分	・自立P2家電TG(2007)
モデム・ルーター	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.6058x		・自立P2家電TG(2007)
掃除機	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=1.0355x 従来型:y=0.5x 省エネ形:y=0.225x	予測式の切片をゼロに修正~~(2011/10)~~ ・自立ガイドラインの堀先生式に修正(2011/12)	・自立P2家電TG(2007)
TVチューナー	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.833x	測定台数は1台。	・自立P2家電TG(2007)
電話・Fax複合機	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.8466x+1.0368		・自立P2家電TG(2007)
DVD/HDDプレイヤー	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=0.2833x+13.283		・自立P2家電TG(2007)
ビデオデッキ	実消費電力 [W]	定格消費電力 [W]		y=1.6474x-8.4936		・自立P2家電TG(2007)
電気ポット	湯沸かし時_実消費電力量 [Wh/回]	容量 [ℓ]		y=4.186*x*(100-23)/0.865	・熱効率(電気ポットV[ℓ]沸き上げに必要な熱量/電気ポット消費電力)の値は、実測より0.867(仮)とした。 ・熱効率は、年間消費電力量と容量から予測式を用いて求めるように変更する。 ・計算シートではyを15分で平均した[W]数を使う。	・堀先生実測 ・111026家電WG【資料8-5】
	保温時_実消費電力 [W]	保温時電力消費推定値 [W]		y=0.9x	保温時の消費電力[W]は1による求める。	
	保温時電力消費推定値 [W]	容量 [ℓ]	年間消費電力量 [kWh/年]	y=(z*3600/365-(4.186*x*(100-23)+2+4.186*x*100-75)))/(23*3.6)	※日本電機工業会自主基準による測定(室温23℃、湯沸し2回/1日、再沸とう1回/1日、保温90℃で23時間/1日、365日/年間より、保温時W数を逆算する。	
電気ケトル	実消費電力量 [Wh/回]	定格消費電力 [W]		y=0.9x*(3/60)	電気ケトル沸きあげ時間を約3分と仮定 計算シートではyを15分で平均した[W]数を使う。	・堀先生実測 ・100823家電WG【資料3-5】資料

できるだけ実態に即した家電消費電力量を求め、家電に関わる電力消費削減に関する知見を得ることを目的として、(仮称)家電省電力試算ツールを開発した。この試算ツールは、標準的な

4 人世帯(夫婦と子供 2 人)を対象に、その生活スケジュールをもとに家電機器の使用スケジュールを想定し、実測により導いた実消費電力とカタログ値との関係を用いて年間消費電力量を求めるものである。以下に、この家電消費電力試算ツールの概要について記す。

＜試算ツールの対象家電と計算の流れ＞

(仮称)家電消費電力試算ツール(以下、試算ツールと記す)は、夫婦と子供 2 人の標準的な世帯を対象に、それぞれの生活スケジュールから家電の使用スケジュールを想定し、家電の消費電力量を求めるものである。家電機器の消費電力量の算出はカタログ情報を元に行なうが、より実状を反映させたものとするために、実機の電力測定を行ないカタログ値との関係を求めてカタログ情報から実消費電力を予測する式を作成した。現バージョンでは、東京、新庄、仙台、久慈、山形、秋田、盛岡の 7 つの地域に対応している。

本試算ツールで対象とした家電機器を表 4.1.35 家電消費電力試算ツールで対象とした家電機器に示す。

表 4.1.35 家電消費電力試算ツールで対象とした家電機器

台所	冷蔵庫、オーブントースター、トースター、電気ポット(保温付き)、電気ケトル、電子レンジ、食器洗浄乾燥機、電気炊飯器、IH クッキングヒーター、ホットプレート、フィッシュロースター、ホームベーカリー、レンジフード、コーヒーメーカー、浄水器・整水器
居間・食堂 居室	テレビ(ブラウン管、液晶、プラズマ)、HDD/DVD レコーダ・プレーヤー、チューナー/アンテナ、情報端末(モデム・ルーター)、家庭用ゲーム機、電話/FAX 複合機、電話(親機)、パソコン(デスクトップ、ノート)、オーディオ・CD/MD コンポ、掃除機、扇風機、火災報知器、加湿器、空気清浄機、ウォーターサーバー、防犯機器、インターホン、ワインセラー、熱帯魚水槽、除湿器、マッサージ器(椅子)、フィットネス機器、電気ヒーター・ストーブ、電気こたつ、ホットカーペット、電気毛布・ひざ掛け、アイロン、ズボンプレッサー、布団乾燥機、机上電気スタンド、防犯機器
トイレ	温水暖房便座、換気装置
洗面所	洗濯機、衣類乾燥機、洗濯乾燥機、ヘアドライヤー、シェーバー、電動歯ブラシ、浴室暖房乾燥
屋外・その他	ロードヒーティング、屋根融雪、水道管凍結防止ヒーター、インターホン(親機)、常夜灯・保安灯

図 4.1.46 家電消費電力量試算ツールにおける計算フローに本試算ツールにおける消費電力の計算フローを示す。まず、計算対象家電の選択し、計算に必要なカタログ値を入力する。入力されたカタログ値を元に、実消費電力＝f(カタログ値)による予測式を生成する。ただし、周囲温度の影響を受ける冷蔵庫、温水暖房便座は、実消費電力＝f(カタログ値、周囲温度)である。計算に用いるカタログ値は、定格消費電力、年間消費電力量などで、機器により必要な項目は異なる。次に、機器ごとに定めた 15 分間隔の日使用スケジュール(平日、休日在宅、休日外出)より、消費電力量を計算し 15 分間隔の電力消費の時系列データを求める。最後に、機器ごとに年間消費電力量の集計し、その結果をグラフまたは数値で表示する。

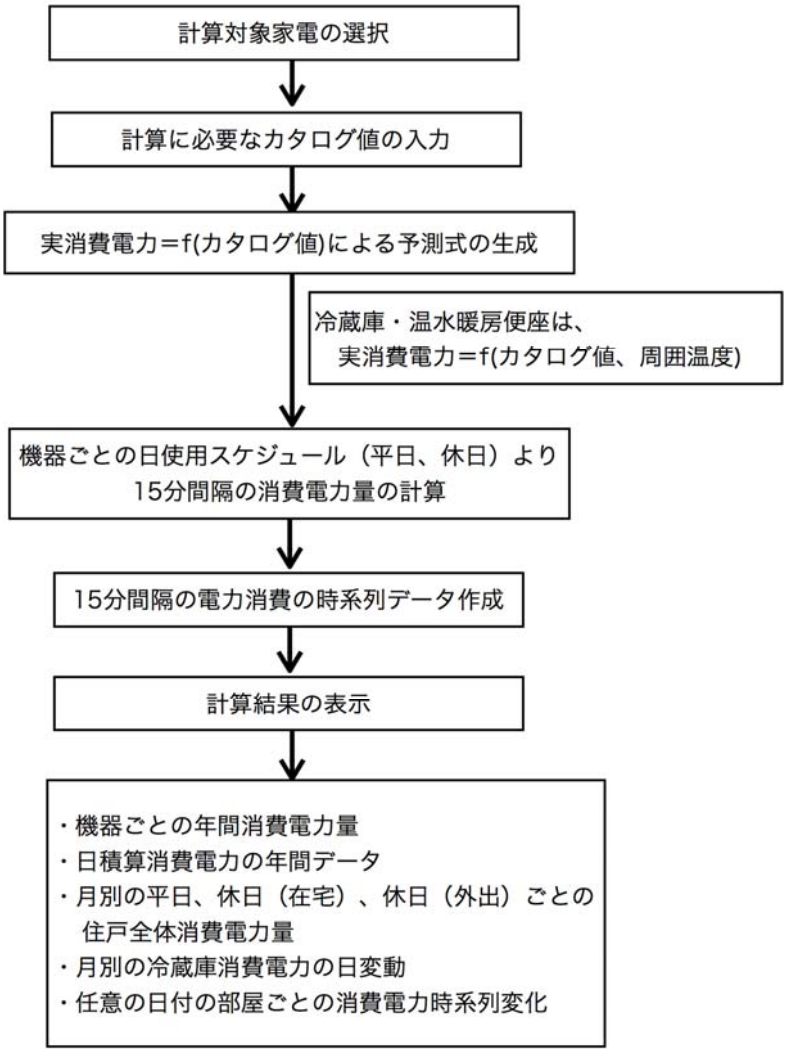


図 4.1.46 家電消費電力量試算ツールにおける計算フロー

＜試算ツール構成＞

試算ツールは、Microsoft Excel® 上に構築した。家電機器の選択とカタログ値の入力部分、カタログ値から実消費電力の計算部分、機器の日使用スケジュール設定部分、平日・休日の設定部分および、計算結果の表示部分の 5 つの部分からなっている。図 4.1.47 は、計算対象機器の選択とカタログ値を入力部分の一部である。計算対象とする機器の左側の有無の列の□を「有り」とし、赤枠で囲まれた部分のカタログ値を入力する。機器は部屋ごとに分類されており、部屋は台所、居間・食堂、和室、居室（2部屋＋予備室 2 部屋）、トイレ、洗面所の計 9 部屋まで対応している。



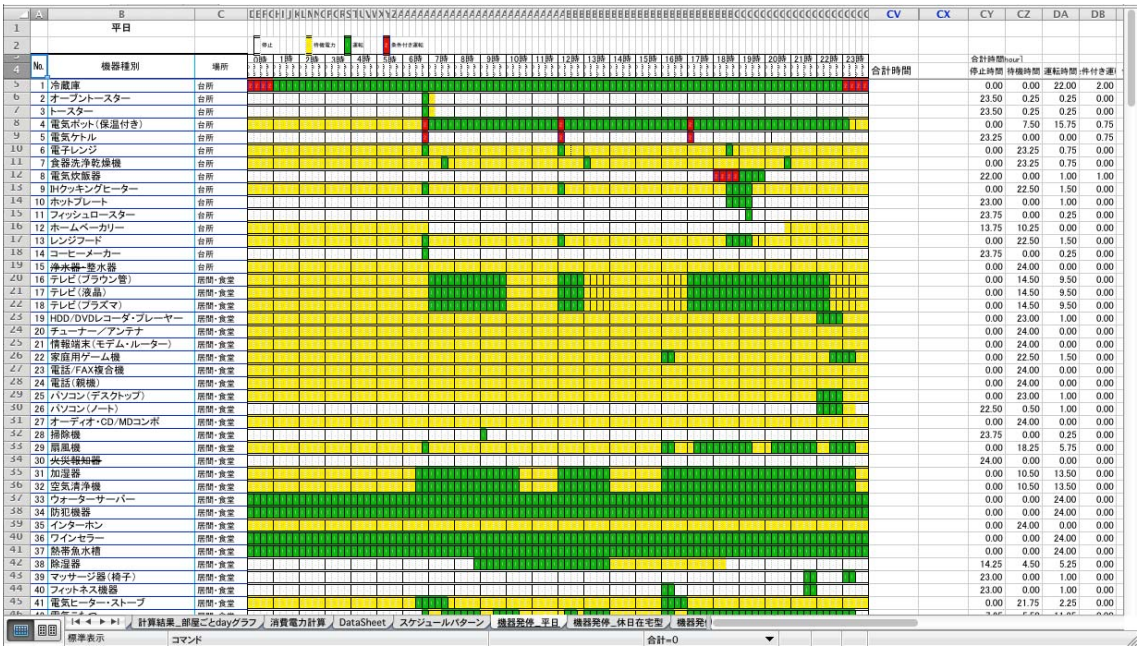
	A	B	C	D	F	G	H	I	J	K	L
1											
2	家電消費電力試算ツール				計算対象地域	東京					
3	番号	場所	有無	家電品名	仕様1	仕様2	仕様3	仕様4	仕様5	仕様6	仕様7
4	1	台所	有	冷凍冷蔵庫	電動機 [W]	伝熱装置[W]	年間消費電力量[kWh/年]	製造年 西暦を4桁で入力	定格 全内容量[ℓ]	庫内容量 冷蔵室 [ℓ]	庫内容量 冷凍室 [ℓ]
5					125	188	280	2004	501	251	104
6	2	台所	有	オーブントースター	消費電力 [W]						
7					1300						
8	3	台所	有	トースター	消費電力 [W]						
9					1000						
10	4	台所	有	電気ポット（保温付き）	容量 [ℓ]	消費電力 沸き上げ時[W]	消費電力 保温時[W]	年間消費電力量[kWh/年]	1日当たりの消費 電力量 [kWh/年]		
11					2.2	905	30	191	0.52		
12	5	台所	有	電気ケトル	容量 [ℓ]	消費電力 沸き上げ時[W]		年間消費電力量[kWh/年]	1日当たりの消費 電力量 [kWh/年]		
13					0.8	1100					
14	6	台所	有	電子レンジ	庫内容量 [ℓ]	待機電力 [W]	電子レンジ 消費電力（最大）[kW]	オーブン 消費電力 [kW]	グリル 消費電力 [kW]		
15					30	0	1.45	1.41	1.35		
16	7	台所	有	食器洗い乾燥機	容量（食器点数） [点]	運転時間 [分]	消費電力 モーター [W]	消費電力 ヒーター [W]	消費電力 最大 [W]		
17					53	84	65	1100	1165		
18	8	台所	有	電気炊飯器	容量 [ℓ]	消費電力 炊飯時[W]	炊飯時間 [分]	消費電力 保温時[W]	炊飯合数 [合]		
19					1	1210	35	15.1	3		
20	9	台所	有	IHクッキングヒーター	口数 [口]	消費電力 [kW]					
21					3	5.8					
22	10	台所	有	ホットプレート	消費電力 全面加熱時 [W]	消費電力 半面加熱時 [W]					
23					1350	1200					
24	11	台所	有	フィッシュロースター	消費電力 [W]						
25					1300						
26	12	台所	有	ホームベーカリー	消費電力 ヒーター[W]	消費電力 モーター[W]					
27					370	80					

InputSheet / 計算結果_年間グラフ / 計算結果_住戸全体dayグラフ / 計算結果_部屋ごとdayグラフ / 消費電力計算 / DataSheet

標準表示　コマンド　合計=0

図 4.1.47　計算対象機器の選択とカタログ値を入力部分の抜粋

図 4.1.48 は、機器の日使用スケジュールを設定している部分の抜粋である。使用スケジュールは 15 分間隔で機器の動作と待機および停止を設定する。待機は待機電力を消費する状態、停止は電力を全く消費しない状態である。



	B	C	CV	CX	CY	CZ	DA	DB
1	平日							
2								
3								
4	No. 機器種別	場所	合計時間		合計時間[hour] 停止時間	待機時間	運転時間	停付き運
5	1 冷蔵庫	台所			0.00	0.00	22.00	2.00
6	2 オーブントースター	台所			23.50	0.25	0.25	0.00
7	3 トースター	台所			23.50	0.25	0.25	0.00
8	4 電気ポット（保温付き）	台所			0.00	7.50	15.75	0.75
9	5 電気ケトル	台所			23.25	0.00	0.00	0.75
10	6 電子レンジ	台所			0.00	23.25	0.75	0.00
11	7 食器洗浄乾燥機	台所			0.00	23.25	0.75	0.00
12	8 電気炊飯器	台所			22.00	0.00	1.00	1.00
13	9 IHクッキングヒーター	台所			0.00	22.50	1.50	0.00
14	10 ホットプレート	台所			23.00	0.00	1.00	0.00
15	11 フィッシュロースター	台所			23.75	0.00	0.25	0.00
16	12 ホームベーカリー	台所			13.75	10.25	0.00	0.00
17	13 レンジフード	台所			0.00	22.50	1.50	0.00
18	14 コーヒーメーカー	台所			23.75	0.00	0.25	0.00
19	15 浄水器・整水器	台所			0.00	24.00	0.00	0.00
20	16 テレビ（ブラウン管）	居間・食堂			0.00	14.50	9.50	0.00
21	17 テレビ（液晶）	居間・食堂			0.00	14.50	9.50	0.00
22	18 テレビ（プラズマ）	居間・食堂			0.00	14.50	9.50	0.00
23	19 HDD/DVDレコーダ・プレーヤー	居間・食堂			0.00	23.00	1.00	0.00
24	20 チューナー／アンテナ	居間・食堂			0.00	24.00	0.00	0.00
25	21 情報端末（モデム・ルーター）	居間・食堂			0.00	24.00	0.00	0.00
26	22 家庭用ゲーム機	居間・食堂			0.00	22.50	1.50	0.00
27	23 電話/FAX複合機	居間・食堂			0.00	24.00	0.00	0.00
28	24 電話（親機）	居間・食堂			0.00	24.00	0.00	0.00
29	25 パソコン（デスクトップ）	居間・食堂			0.00	23.00	1.00	0.00
30	26 パソコン（ノート）	居間・食堂			22.50	0.50	1.00	0.00
31	27 オーディオ・CD/MDコンポ	居間・食堂			0.00	24.00	0.00	0.00
32	28 掃除機	居間・食堂			23.75	0.00	0.25	0.00
33	29 扇風機	居間・食堂			0.00	18.25	5.75	0.00
34	30 火災報知器	居間・食堂			24.00	0.00	0.00	0.00
35	31 加湿器	居間・食堂			0.00	10.50	13.50	0.00
36	32 空気清浄機	居間・食堂			0.00	10.50	13.50	0.00
37	33 ウォーターサーバー	居間・食堂			0.00	0.00	24.00	0.00
38	34 防犯機器	居間・食堂			0.00	0.00	24.00	0.00
39	35 インターホン	居間・食堂			0.00	24.00	0.00	0.00
40	36 ワインセラー	居間・食堂			0.00	0.00	24.00	0.00
41	37 熱帯魚水槽	居間・食堂			0.00	0.00	24.00	0.00
42	38 除湿器	居間・食堂			14.25	4.50	5.25	0.00
43	39 マッサージ器（椅子）	居間・食堂			23.00	0.00	1.00	0.00
44	40 フィットネス機器	居間・食堂			23.00	0.00	1.00	0.00
45	41 電気ヒーター・ストーブ	居間・食堂			0.00	21.75	2.25	0.00

計算結果_部屋ごとdayグラフ / 消費電力計算 / DataSheet / スケジュールパターン / 機器発停_平日 / 機器発停_休日在宅型 / 機器発

標準表示　コマンド　合計=0

図 4.1.48　機器の使用スケジュール設定部分の抜粋

図 4.1.49 は計算結果表示のうちの、機器ごとの年間消費電力量計算結果をグラフと数値で表示している画面の抜粋である。棒グラフは月ごとに色分けしている。



図 4.1.49 計算結果表示画面の抜粋(機器ごとの年間消費電力量のグラフと数値)

図 4.1.50 は計算結果表示のうちの、日にちごとの家電消費電力合計(左)と、冷蔵庫の消費電力の日変動(右)である。

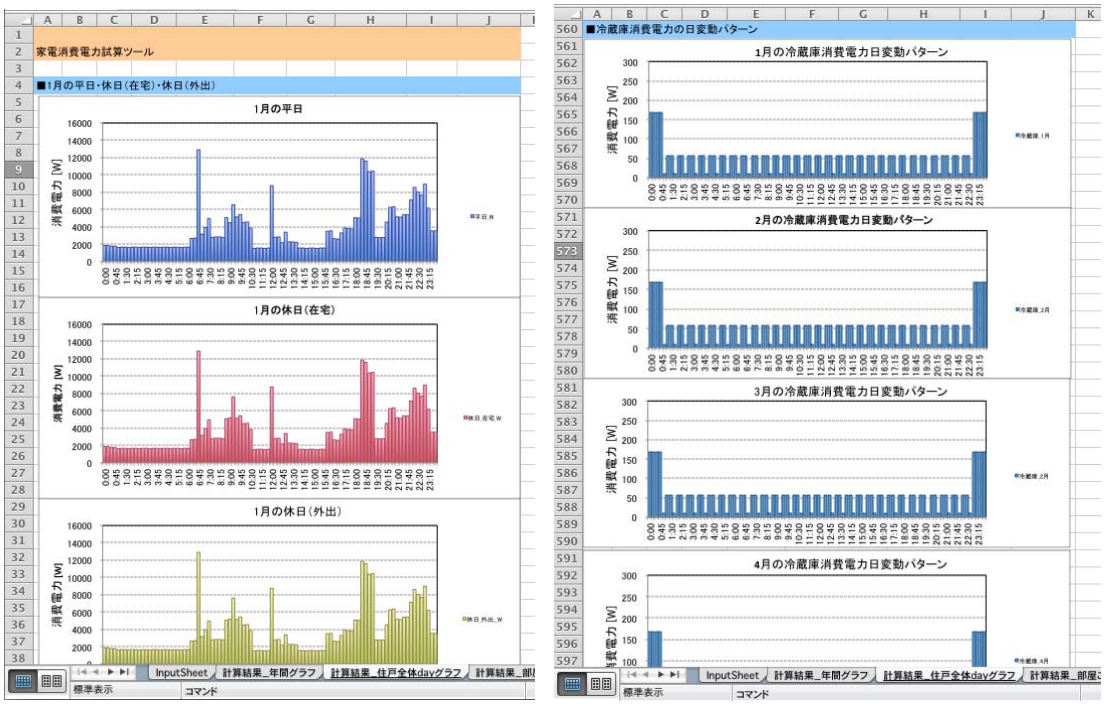


図 4.1.50 計算結果表示画面の抜粋

日にちごとの家電消費電力合計(左)、冷蔵庫の消費電力の日変動(右)

＜家電消費電力試算ツールの計算結果の検証＞

自立循環型住宅へのガイドラインのために作成された冷蔵庫の日積算消費電力量の予測式

は図 4.1.51 に示すものである。一方、試算シートにおける冷蔵庫日積算消費電力量 Q（kWh/年)の予測式は下式である。

$$Q = (3.283 \cdot 10^{-3} - 2.0 \cdot 10^{-6} \cdot V) \times (\theta^2 - 30\theta) + 1.85 \cdot 10^{-3} \cdot V + 1.329$$

ここで、V: 旧 JIS 表示による年間積算消費電力量（kWh/年)、θ : 日平均周囲温度（℃)である。以下に示す試算に用いた旧 JIS 表示の年間消費電力量は、従来型冷蔵庫が 380kWh/年、省エネ型冷蔵庫が 180kWh/年であった。

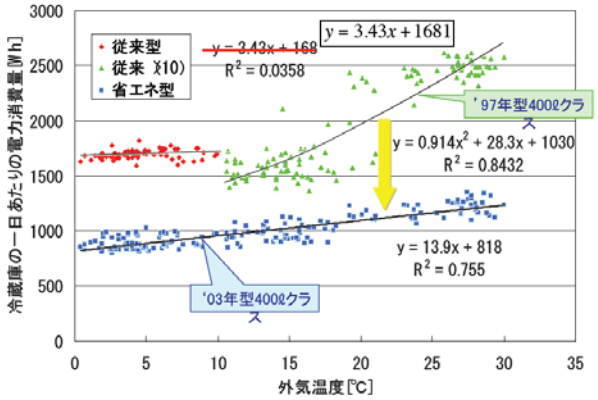


図 4.1.51　自立循環型住宅への設計ガイドラインで使用している冷蔵庫日積算消費電力量の予測式

ガイドラインの近似式と試算シート予測式による計算結果を示す。ここで、日平均外気温度はガイドラインの試算で用いられている外気温を用い、試算シート計算では、以下の関係式から冷蔵庫の周囲温度を求めた。

$$\theta_r = 0.4142 \cdot \theta_o + 15.47$$

図 4.1.52 は、従来型冷蔵庫の場合のガイドラインの近似式と試算シート予測式による計算結果である。日平均外気温度が 10℃以下の部分では、試算シート日積算消費電力量はガイドライン日積算消費電力量より約 200Wh/年大きい。日平均外気温が 10℃以上の部分では最大で約 500Wh/日大きくなっている。

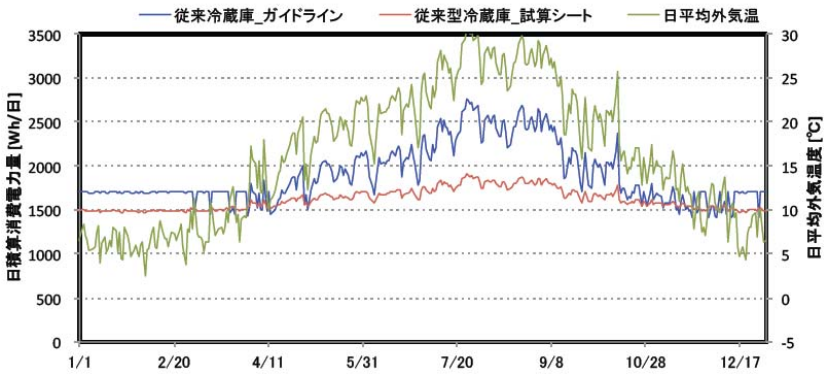


図 4.1.52　従来型冷蔵庫の場合のガイドライン予測式と試算シート予測式による予測計算結果の比較

図 4.1.53 は、省エネ型冷蔵庫の場合のガイドラインのための予測式と試算シート予測式による予測計算結果である。試算シート日積算消費電力量は、全体的にガイドライン日積算消費電力量より約 140Wh/年大きくなっている。

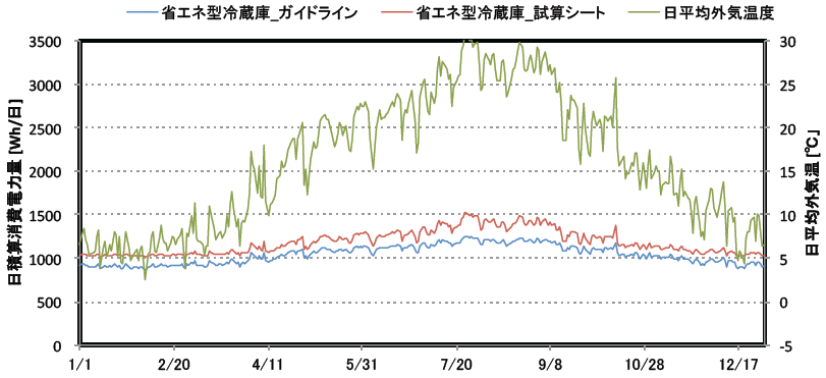


図 4.1.53 省エネ型冷蔵庫の場合のガイドライン予測式と試算シート予測式による予測計算結果の比較

日平均外気温と日積算消費電力量との関係を図 4.1.54 に示す。従来型冷蔵庫の場合、ガイドラインの予測式による予測値と試算シート予測式による予測値は、日平均外気温度 10℃以上での傾きが大きく異なっており、ガイドラインの方の傾きが急になっている。

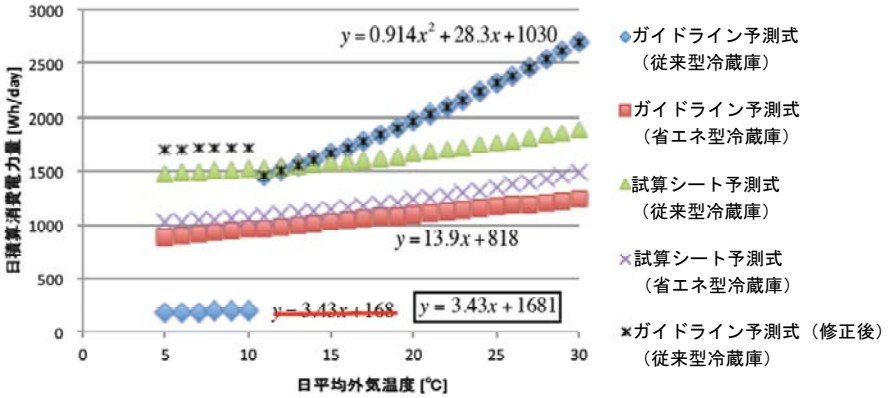


図 4.1.54 自立循環型住宅への設計ガイドラインのための予測式と試算シート予測式による予測計算結果の比較

2つの予測式による従来型と省エネ型冷蔵庫の年間消費電力量の予測結果を表 4.1.36 に示す。

表 4.1.36 2 種類の冷蔵庫の年間消費電力量の予測結果

自立ガイドライン		試算シート	
従来型	省エネ型	従来型	省エネ型
694.7	380.2	590.5	431.5

単位 [kWh/年]

次に温水暖房便座についても自立循環型住宅への設計ガイドラインの予測式と試算シートのそれとの比較検証を行う。ガイドラインにおける日積算消費電力量予測式は図 4.1.55 に示すようなものである。一方、試算シートにおける予測式は表 4.1.34 の温水暖房便座の行に示したような式である。

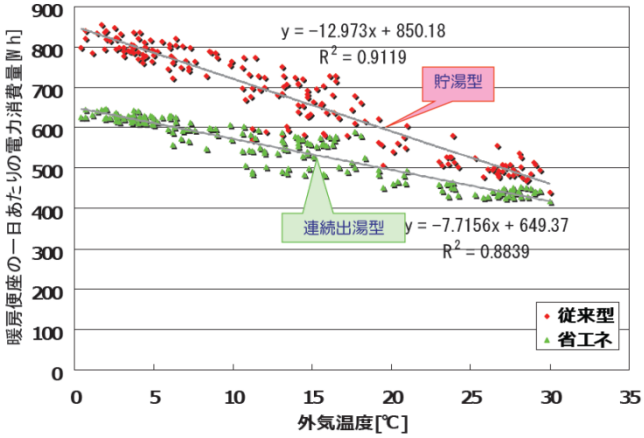


図 4.1.55 自立循環型住宅への設計ガイドラインのための日積算消費電力量の予測式

図 4.1.56 は従来型温水暖房便座の場合のガイドラインのための予測式による予測値と試算シートのものを比較したものである。

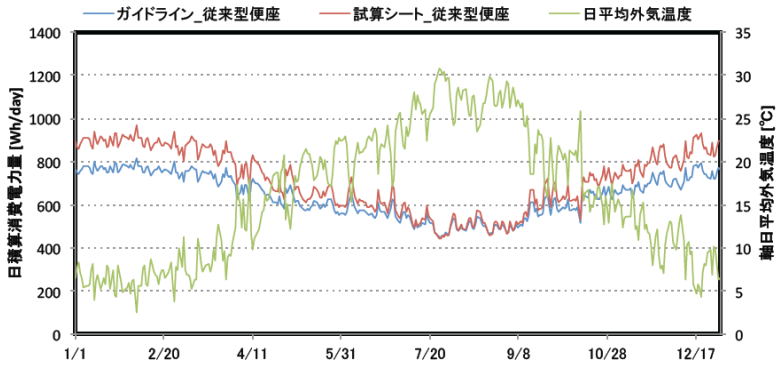


図 4.1.56 従来型温水暖房便座に関する両予測式による予測値の比較

試算シートの計算では、従来型温水暖房便座を貯湯式とし、温水ヒーター定格消費電力を 500W、便座ヒーター定格消費電力を 50W として求めた。1 月から 5 月末ごとまでは試算シート計算値の方が最大で約 280Wh/日大きい。7 月から 10 月末ごろまでは、ガイドライン計算値と試算シート計算値とは比較的近い値になっている。11 月以降は外気温が低くなるに従いガイドライン計算値と試算シート計算値との差は大きくなっている。

図 4.1.57 は、省エネ型温水暖房便座の場合のガイドライン計算値と試算シート計算値である。試算シートでは、瞬間式温水暖房便座とし、温水ヒーター定格消費電力を 1090W、便座ヒーター定格消費電力を 45W とした。

外気温が比較的低い 1 月 4 月および 10 月末から 12 月末では、ガイドライン計算値と試算シート計算値とはほぼ一致している。一方、外気温が 15℃以上となっている 4 月から 10 月末までは試算シート計算値の方が最大で約 30Wh/日小さい。2つの予測式による従来型と省エネ型冷蔵庫の年間消費電力量の予測結果を表 4.1.37 に示す。

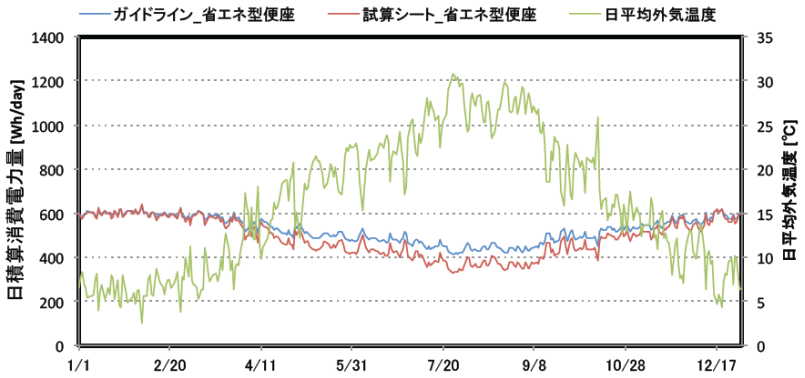


図 4.1.57 省エネ型温水暖房便座に関する両予測式による予測値の比較

表 4.1.37 2 種類の温水暖房便座の年間消費電力量の予測結果

自立ガイドライン		試算シート	
従来型	省エネ型	従来型	省エネ型
234.1	191.7	260.7	178.7

単位 [kWh/年]

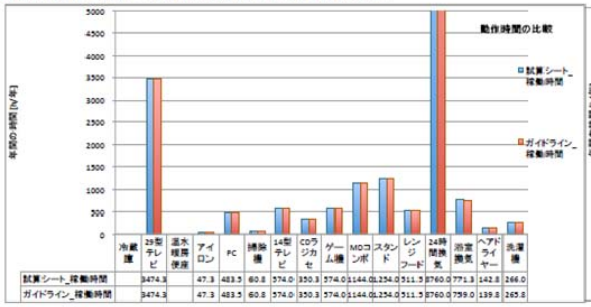
その他の家電についての自立循環型住宅への設計ガイドラインにおける年間消費電力量の予測値と評価シートの予測値との比較検証結果については表 4.1.38 に一覧を示す。

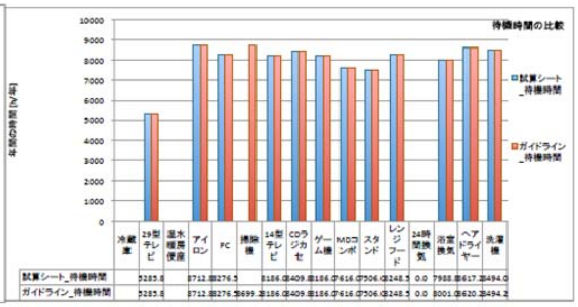
表 4.1.38 一般的な家電製品に関する自立循環型住宅への設計ガイドライン及び評価シートの消費電力量予測値の比較検証結果

■家電試算シートと自立ガイドラインの年間消費電力量の比較結果

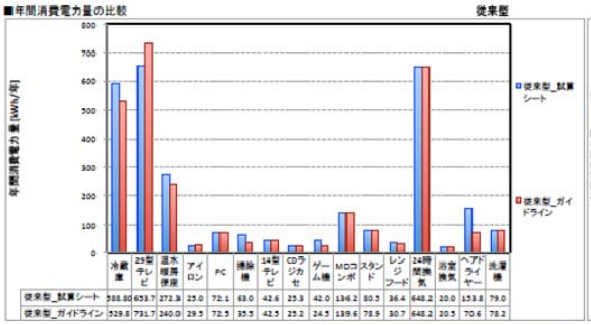
	家電WG試算シート								自立ガイドライン(堀さん)								
			従来			省エネ					従来				省エネ			
	[hour/年]	[hour/年]	消費電力_W		消費電力量	消費電力_W		消費電力量	[hour/年]		消費電力_W			消費電力量	消費電力_W			消費電力量
	運転時間	待機時間	動作時[W]	待機時[W]	kWh/年	動作時[W]	待機時[W]	kWh/年	動作時間	待機時間	動作時[W]	待機時[W]	定格[W]	kWh/年	動作時[W]	待機時[W]	定格[W]	kWh/年
冷蔵庫					588.80			429.51						529.8				380.0
29型テレビ	3474.3	5285.8	177.5	7.0	653.7	127.4	3.6	461.5	3474.3	5285.8	200.0	7.0	209.0	731.7	127.0	3.6		460.0
温水暖房便座					272.3			184.3						240.0				190.0
アイロン	47.3	8712.8	530.0		25.0	530.0		25.0	47.3	8712.8	530.0	0.5	1000.0	29.5	530.0	0.5	1000.0	29.5
PC	483.5	8276.5	149.0		72.1	89.2		43.1	483.5	8276.5	150.0	0.0		72.5	90.0	0.0		43.5
掃除機	60.8		1035.0		63.0	1035.0		63.0	60.8	8699.2	500.0	0.6	1000.0	35.5	225.0	0.6	1000.0	18.8
14型テレビ	574.0	8186.0	52.7	1.5	42.6	29.7	0.0	17.1	574.0	8186.0	52.5	1.5		42.5	30.0	0.0		17.2
CDラジカセ	350.3	8409.8	11.6	2.5	25.3	11.6		4.1	350.3	8409.8	11.5	2.5	29.0	25.2	11.5	0.1	29.0	4.6
ゲーム機	574.0	8186.0	29.0	3.1	42.0	12.2	0.5	11.1	574.0	8186.0	10.1	2.3	10.5	24.5	25.1	1.4	39.0	25.8
MDコンポ	1144.0	7616.0	19.2	15.0	136.2	19.2	0.2	23.5	1144.0	7616.0	21.0	15.2	48.0	139.6	20.5	0.2	48.0	25.0
スタンド	1254.0	7506.0	64.2		80.5	24.6		30.9	1254.0	7506.0	62.9	0.0	60.0	78.9	25.4	0.0	23.0	31.8
レンジフード	511.5	8248.5	63.1	0.5	36.4	28.7	0.5	18.8	511.5	8248.5	60.0	0.0	77.0	30.7	30.0	0.0	35.0	15.3
24時間換気	8760.0	0.0	74.0		648.2	74.0		648.2	8760.0	0.0	74.0	0.0	71.0	648.2	74.0	0.0	71.0	648.2
浴室換気	771.3	7988.8	26.0		20.0	22.0		17.0	759.0	8001.0	27.0	0.0	29.5	20.5	21.0	0.0	25.0	15.9
ヘアドライヤー	142.8	8617.2	1076.9		153.8	1076.9		153.8	139.8	8620.2	504.0	0.0	1200.0	70.6	504.0	0.0	1200.0	70.6
洗濯機	266.0	8494.0	173.2		79.0	44.9		20.5	265.8	8494.2	240.0	1.7	300.0	78.2	80.0	0.0	450.0	21.3

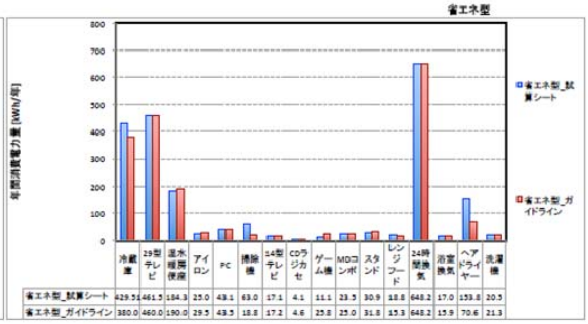
■稼働時間の比較　→試算シートの年稼働時間は、ガイドラインに合うよう修正した。





■年間消費電力量の比較





■試算シートとガイドラインの差の要因(従来型)　※口内は2011/11/02家電研事会にて採択した事項

冷蔵庫	年間は試算シートの方が大きい。よそくしきは下図に示すように堀先生の式の方が全体的大きい。
29型テレビ	試算シートとガイドラインの実消費電力予測式の係数が違う 試算シート y=0.85x (x:定格消費電力 [W]) ガイドライン y=0.95x (x:定格消費電力 [W])
アイロン	試算シートでは非使用時の待機電力をゼロとしている(ガイドは待機時0.5 W)
掃除機	試算シートとガイドラインの実消費電力予測式の係数が違う 試算シート y=1.035x (x:定格消費電力 [W]) ←実測結果から求めた式 ガイドライン Y=0.5x (x:定格消費電力 [W])
ゲーム機	実使用時消費電力の設定値が異なっている 試算シート PS2旧(稼働時:29.0 W、待機:3.1 W) ガイドライン ?を想定(稼働時:10.1 W、待機:2.3 W)
ヘアドライヤー	試算シートとガイドラインの実消費電力予測式の係数が違う 試算シート y=0.8974x (x:定格消費電力 [W]) ←実測結果から求めた式 ガイドライン Y=0.42x (x:定格消費電力 [W])

■試算シートとガイドラインの差の要因(省エネ型)

冷蔵庫	下図(右側)のように試算シート式の×は、堀先生ガイドライン式の■やや大きい。
29型テレビ(差はない)	ガイドラインの機種の定格消費電力が不明なので、ガイドラインの実消費電力を試算シートでの計算に用いた。 ※14型テレビも同様。
アイロン	試算シートでは非使用時の待機電力をゼロとしている(ガイドは待機時0.5 W)
掃除機	試算シートとガイドラインの実消費電力予測式の係数が違う 試算シート y=1.035x (x:定格消費電力 [W]) ←実測結果から求めた式 ガイドライン Y=0.225x (x:定格消費電力 [W])
ゲーム機	実使用時消費電力の設定値が異なっている 試算シート PS2新(稼働時:12.2 W、待機:0.5 W) ガイドライン ?を想定(稼働時:25.1 W、待機:1.4 W)
ヘアドライヤー	試算シートとガイドラインの実消費電力予測式の係数が違う 試算シート y=0.8974x (x:定格消費電力 [W]) ←実測結果から求めた式 ガイドライン Y=0.42x (x:定格消費電力 [W])

4.1.4　まとめ

家電製品について実使用時におけるエネルギー消費量を予測するための手法(試算シート)を整備した。また、そのために、実使用時におけるデータを新たに収集し分析を行った。

試算シートは、15 分毎の電力消費量の計算が可能であり、合計値のみでなく時系列値の推定も可能であり、今後はそうしたより詳細な推定結果に関する検証や活用が課題となる。

4.2 調理エネルギーの調査と分析

4.2.1 はじめに

住宅におけるエネルギー消費量の削減が、極めて重要な課題となっている。調理用エネルギー消費量が住宅全体のエネルギー消費量に占める割合はそれほど大きいものではないが、冷暖房等のエネルギー消費量にも関与し、その削減に努める必要がある。

一方で、近年食生活や調理行動の変化が指摘されているが、その実態は明確に把握されておらず、エネルギー消費量との関連性についても不明である。本研究では、既往調査の検討とあわせて、アンケートにより近年の食生活、調理行動等の実態について明らかにするとともに、これらと調理用エネルギー消費量との関係について検討した。

なお本節では、エネルギー消費量を下記と定義する。

・調理用エネルギー消費量: コンロ+調理機器のエネルギー消費量
・コンロ用エネルギー消費量: コンロのみのエネルギー消費量
・調理機器用エネルギー消費量: 調理機器のみのエネルギー消費量

※調理機器とは、調理そのもの（食事等をつくるため）に用いる機器とする。
例）電子レンジ、炊飯器、トースター、電気ポット等は含まれ、冷蔵庫は含まれない。
個別機器（小分類）データから算出の場合は、上記基準で合算、厨房用（大分類）データから算出の場合は厨房用から食洗機等を減算した。

4.2.2 既往調査の検討

検討の最初に既往調査の分析を行った。近年、既往調査として行われた住宅のエネルギー消費に関する調査のうち、調理のエネルギー消費について分析が可能なものとしては、2002 年 11 月～2005 年 3 月に日本建築学会が主体となり全国 80 件(戸建住宅 53 件、集合住宅 27 件)を対象として行なわれた実測調査があり、その中から調理に関連する部分を取り出して検討を行った。

参考データ:「日本の住宅におけるエネルギー消費」日本建築学会、2006.10、付属 CD-ROM データ

(1) 日本建築学会の調査における調理用エネルギー消費量

図 4.2.1 に日本建築学会における世帯人数別、エネルギー種別の調理用エネルギー消費量(IH クッキングヒーターと調理機器)を示す。

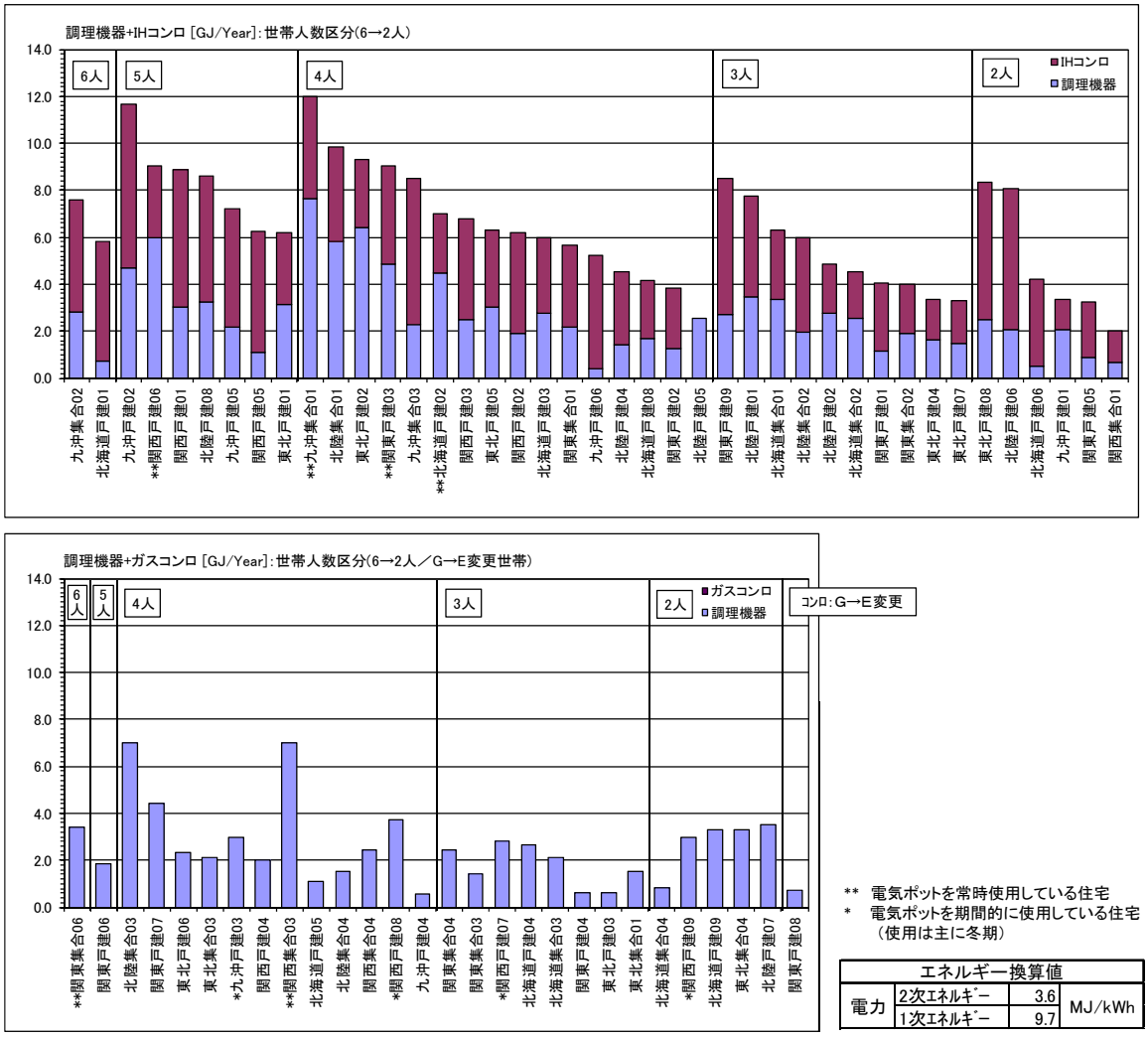


図 4.2.1 調理用エネルギー消費量(コンロ+調理機器)

(2) 対象世帯の抽出手順

ガスを暖房に使用している世帯(21 軒)にてコンロ用エネルギー消費量を比較したところ、ガス暖房を使用しない世帯に比べコンロ用エネルギー消費量が多い傾向が見られた。データ拾い出しの際に、冬期(11 月～3 月頃)の値を確認し、他期間に比べて極端に増加している場合などは除いたが、本データでは調理／給湯／暖房用の区分が不十分と考えられる。以上から、ガスをコンロと暖房に使用している世帯のデータは分析から除いた。(図 4.2.2)

多元配置分散分析　ガスコンロエネルギー消費量:ガス暖房の有無

基本統計量

目的変数	モデル	暖房G利用	n	平 均	標準偏差(:	平均-SD	平均+SD	標準誤差(:	平均-SE	平均+SE
コンロ	暖房G利用	不使用	13	3.72	1.62	2.10	5.34	0.45	3.27	4.17
		使用	8	4.79	2.64	2.14	7.43	0.93	3.85	5.72

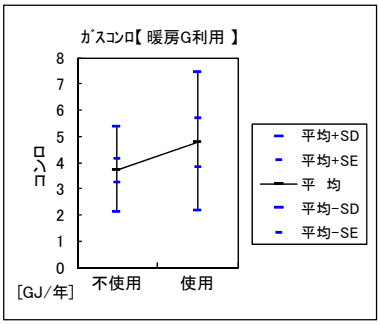


図 4.2.2　ガスの暖房への使用による影響

ガスをコンロと給湯に使用している世帯(給湯 G)と、ガスをコンロにのみ使用している世帯(給湯 O)のコンロ用エネルギー消費量を比較したところ、ガスをコンロと給湯に使用している世帯の方が、僅かに平均値は高いが有意差はなかった(平均世帯人数は給湯 G が 3.3 人、給湯 O が 3.0 人、ガス消費量の平均値の差は人数差とおよそ対応)。ガスを暖房に使用していない世帯であれば、コンロ用エネルギー消費量は、データとして妥当性のあるものと考えられる。(図 4.2.3)

多元配置分散分析　ガスコンロエネルギー消費量:暖房にガス使用住宅を除く

基本統計量

目的変数	モデル	給湯	n	平 均	標準偏差(:	平均-SD	平均+SD	標準誤差(:	平均-SE	平均+SE
コンロ	給湯	給湯O	3	4.19	1.18	3.01	5.38	0.68	3.51	4.88
		給湯G	12	4.56	2.09	2.46	6.65	0.60	3.95	5.16

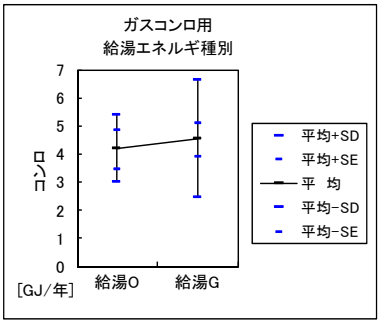


図 4.2.3　ガスの給湯への使用による影響

(3) 世帯人数と地域別の比較

調理用エネルギー消費量(コンロ+調理機器)は、世帯人数により増加する傾向にある。ただし、有意差(5%)があるのは 3 人世帯と 5 人以上世帯のみである。(図 4.2.4)

また地域別による調理用エネルギー消費量(コンロ+調理機器)に有意差はない。(図 4.2.5)

多元配置分散分析　調理用エネルギー量:世帯人数別

基本統計量

目的変数	モデル	人数	n	平　均	標準偏差(:	平均-SD	平均+SD	標準誤差(:	平均-SE	平均+SE
調理計	人数	2人	10	5.33	2.53	2.80	7.86	0.80	4.53	6.13
		3人	13	5.04	1.84	3.20	6.88	0.51	4.53	5.55
		4人	21	6.82	2.09	4.73	8.91	0.46	6.36	7.27
		5人以上	8	7.78	1.94	5.84	9.71	0.68	7.09	8.46

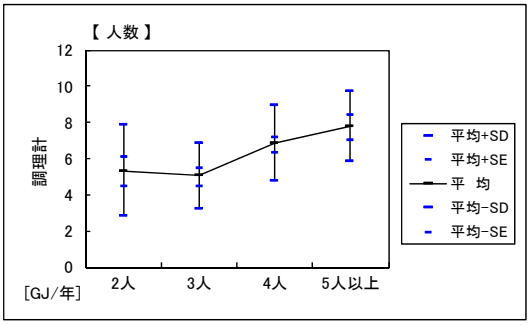


図 4.2.4　調理用エネルギー消費量(コンロ+調理機器)の世帯人数別の比較

多元配置分散分析　調理用エネルギー量:地域別

基本統計量

目的変数	モデル	地域	n	平　均	標準偏差(:	平均-SD	平均+SD	標準誤差(:	平均-SE	平均+SE
調理計	地域	北海道	10	5.58	1.24	4.34	6.81	0.39	5.19	5.97
		東北	10	6.09	2.37	3.72	8.47	0.75	5.34	6.84
		北陸	8	6.86	1.97	4.89	8.83	0.70	6.16	7.55
		関東	9	5.27	2.33	2.94	7.59	0.78	4.49	6.04
		関西	7	6.07	2.33	3.74	8.40	0.88	5.19	6.95
		九・沖	8	7.85	2.93	4.92	10.78	1.04	6.82	8.89

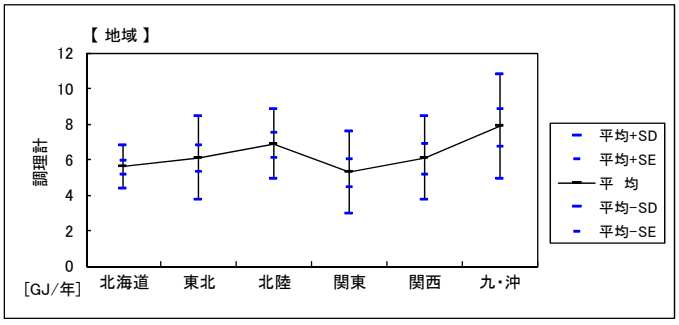


図 4.2.5　調理用エネルギー消費量(コンロ+調理機器)の地域別の比較

(4) 調理用エネルギーの電気ポット使用別の比較

電気ポットの使用状況により調理用エネルギー消費量(コンロ+調理機器)を比較したところ 5%の有意差があるが、コンロ用エネルギー消費量で見ると電気ポットを使用している世帯に有意差はなく、かつ特段の傾向も見られない。(図 4.2.6・図 4.2.7)

多元配置分散分析　調理用エネルギー量:電気ポットの使用状況

基本統計量

目的変数	モデル	ﾎﾟｯﾄ使用	n	平 均	標準偏差(:	平均-SD	平均+SD	標準誤差(:	平均-SE	平均+SE
調理計	ﾎﾟｯﾄ使用	不使用	47	5.98	2.17	3.81	8.14	0.32	5.66	6.29
		期間使用	2	7.67	0.59	7.08	8.26	0.41	7.25	8.08
		常時使用	3	9.32	2.51	6.82	11.83	1.45	7.88	10.77

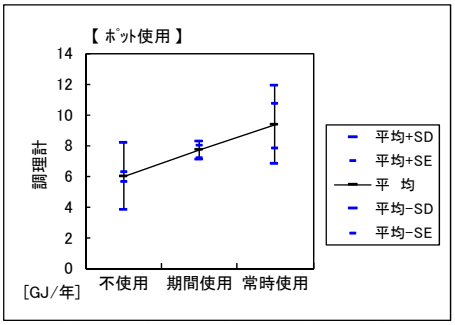


図 4.2.6　調理用エネルギー消費量(コンロ+調理機器)の電気ポット使用別の比較

多元配置分散分析　コンロエネルギー消費量:電気ポット使用状況

基本統計量

目的変数	モデル	ﾎﾟｯﾄ使用	n	平 均	標準偏差(:	平均-SD	平均+SD	標準誤差(:	平均-SE	平均+SE
コンロ	ﾎﾟｯﾄ使用	不使用	47	3.73	1.57	2.16	5.29	0.23	3.50	3.96
		期間使用	2	4.70	0.57	4.13	5.28	0.41	4.30	5.11
		常時使用	3	3.65	1.00	2.64	4.65	0.58	3.07	4.23

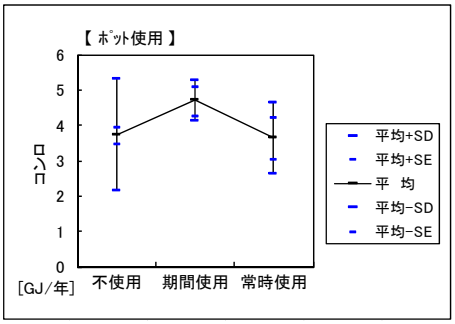


図 4.2.7　コンロ用エネルギー消費量の電気ポット使用別の比較

(5) 調理機器用エネルギーの比較

エネルギーの種別(IH クッキングヒーター／ガスコンロ)による調理機器用エネルギー消費量に有意差はない。(図 4.2.8)

※調理機器とは、調理そのもの(食事等をつくるため)に用いる機器とする。

例)電子レンジ、炊飯器、トースター、電気ポット等は含まれ、冷蔵庫は含まれない。

個別機器(小分類)データから算出の場合は、上記基準で合算、厨房用(大分類)データから算出の場合は厨房用から食洗機等を減算した。

多元配置分散分析　調理機器エネルギー消費量:コンロエネルギー種別

基本統計量

目的変数	モデル	E/G	n	平　均	標準偏差(;	平均-SD	平均+SD	標準誤差(;	平均-SE	平均+SE
調理機器	E/G	IHｺﾝﾛ	41	2.68	1.66	1.02	4.34	0.26	2.42	2.94
		ｶﾞｽｺﾝﾛ	28	2.54	1.63	0.91	4.18	0.31	2.24	2.85

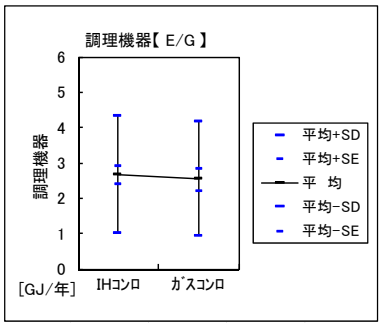


図 4.2.8　調理機器用エネルギー消費量の IH･ガスコンロの比較

電気ポットの使用状況により調理機器用エネルギー消費量を比較したところ有意差がある。(有意水準 1%)(図 4.2.9)

多元配置分散分析　調理機器エネルギー消費量:電気ポット使用状況区分

基本統計量

目的変数	モデル	ﾎﾟｯﾄ使用	n	平　均	標準偏差(;	平均-SD	平均+SD	標準誤差(;	平均-SE	平均+SE
調理機器	ﾎﾟｯﾄ使用	不使用	59	2.29	1.37	0.92	3.66	0.18	2.11	2.47
		期間使用	4	3.11	0.41	2.70	3.51	0.20	2.91	3.31
		常時使用	6	5.57	1.61	3.97	7.18	0.66	4.92	6.23

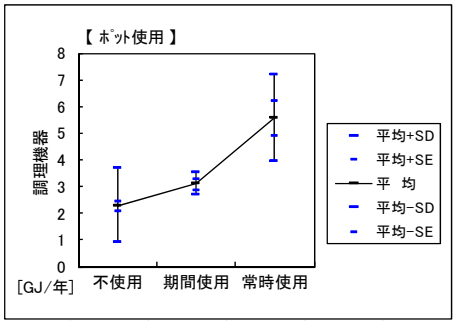


図 4.2.9　調理機器用エネルギー消費量の電気ポット使用別の比較

(6) コンロ（ＩＨクッキングヒーター）用エネルギー消費量の推計

日本建築学会の実測調査について調理に関連する部分を取り出して検討し、調理用エネルギー消費量を推計した。IHクッキングヒーターを使用した世帯のコンロ用エネルギー消費量については、回帰分析の結果4人世帯で3．9GJ／年であった(図 4.2.10)。

ただし、調理用エネルギー消費量は、調理頻度、調理スタイルなどによると思われるばらつきがやや大きかった(4.2.4 節参照)。

多元配置分散分析　AIJ:IHクッキングヒーター

基本統計量　　40

目的変数	モデル	人数	n	平　均	標準偏差(	平均−SD	平均+SD	標準誤差(	平均−SE	平均+SE
IHヒータ	人数	2	6	3.43	2.14	1.282	5.572	0.876	2.552	4.303
		3	10	2.96	1.34	1.626	4.300	0.423	2.540	3.385
		4	15	3.71	1.03	2.682	4.735	0.265	3.443	3.973
		5	9	4.93	1.26	3.667	6.186	0.420	4.506	5.346

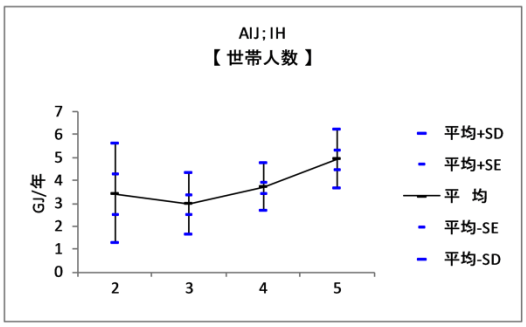


図 4.2.10　コンロ用エネルギー消費量

4.2.3 アンケート調査

前項の結果を元に、ガスコンロを使用した世帯のエネルギー消費量を把握するための手段を検討した。その結果、調理の実態を把握すべくインターネットを利用したアンケート調査を実施した。本調査では検針値データによるコンロ用エネルギー消費量を調査し、コンロ用エネルギー消費量に影響を与えている因子とその影響の度合いを調べた。

(1) アンケート調査概要と回答世帯の基本特性

1) 調査概要

アンケート調査は 2010 年秋期にインターネットを利用し「調理に関するアンケート」として 2 回に分けて実施した。調査対象者は 30～50 歳代の 2 人以上世帯とし、民間調査会社に登録されているモニターより表 4.2.1 の条件に適合する人・世帯を抽出し回答を依頼した。回答数は 1831 件である。

表 4.2.1 調査概要

実施時期 回収数	調査① 2010年9月下旬～10月上旬　　100件（予備調査） 調査② 2010年11月中旬　　1731件 内、209件が「コンロにのみガスを使用している世帯」*注 *注　給湯、暖冷房、調理機器等に使用しているエネルギー種類に関する回答およびガス消費量の月変動状況から「コンロにのみガスを使用している世帯」を抽出。さらに、スミルノフ・グラブス検定により外れ値の世帯を除外した。
方法	インターネット利用、2段階調査
調査対象者	回答者が30～59歳、複数人世帯 *1 エネルギー量調査対象期間中に、使用エネルギー種類の変更、リフォーム等を行なっていない、対象世帯単体でエネルギー使用量が把握できる、太陽光発電・燃料電池等を使用していない等を条件とした。 *2 調査ではIHクッキングヒータを使用している世帯、および調理にのみガス（都市ガス・LPガス）を使用している世帯（給湯、暖冷房、乾燥機にガスを使用していない世帯）からの回答が一定数以上得られるようサンプル計画を行なった。

項 目	調 査 内 容
フェイス	世帯人数、世帯構成、住居形式、所在地、世帯年収、各人の年齢、職業 等
使用 エネルギー	使用エネルギー種類、供給会社名 各エネルギーの月単位使用量（ガス、電気、灯油）　検針値：2008.9～2009.8／2009.9～2010.8（必須） 用途別の使用エネルギー種類 ： 調理、給湯、暖冷房（主要室）、乾燥機 等
調理関連機器	コンロ・クッキングヒータの種類・機能、主要調理機器の使用状況 等
調理・食事行動 平日／休日	朝食・昼食・夕食・その他食事の調理状況 ： 調理頻度、調理時間、食事内容 等 世帯各人の食事状況（内食・中食・外食 等）、調理方法・調理器具の使用方法
意識	調理・食事に関する意識、省エネルギーに関する意識

2) 調査項目

また本アンケート調査では電気・ガス・灯油の使用量について検針票、購入伝票ベースで最長 2 年分のデータが得られている。さらに給湯・暖冷房等の主要機器・用途に使用しているエネルギーの種類も確認されているため、これらをもとにコンロ用エネルギー消費量の抽出が可能である。データとしての精度はそれほど高くないが、コンロで消費されるエネルギー量の概略値については把握可能と考えられる。分析対象世帯の抽出手順を表 4.2.2 に示す。

表 4.2.2 コンロ用エネルギー消費量分析対象世帯の抽出手順

コンロ用エネルギー消費量分析対象世帯の抽出手順	
1	ガス（天然ガス・LPガス）を使用している世帯を抽出。1次エネルギー換算（主要都市ガスについては事業者により公示の値、LPGについては102.0MJ/m3を用いた。）
2	1）給湯（風呂釜、小型給湯器を含む）、暖房・冷房（居間、主要室）、浴室暖房乾燥機・衣類乾燥機についてガスを使用している世帯を除外（「不明」回答世帯についても除外） 2）コンロ以外の調理機器（ガス炊飯器、ガスオーブン、ホース接続式卓上ガスコンロ）を使用している世帯を除外
3	1）ガスデータが12ヶ月分揃っていない世帯を除外（1年分以上のデータがある場合、同月の平均値を当該月分とした） 2）12ヶ月分のデータから年間の消費量Sと標準偏差SDを算出
4	スミルノフ・グラブス検定により外れ値の世帯を除外。

3) 回答者・回答世帯の概要

回答者の概要を図 4.2.11 に示す。「主に調理を担当」する方に回答を依頼したところ、女性の回答者が 96%であった。年齢としては女性では 30 歳代と 40 歳代が各 40%、男性では 50 歳代が 60%となっていた。また回答世帯の人数は 2～8 人であったが、2 人、3 人、4 人世帯が約 30%ずつであった。地域・年齢に偏りがないように、ほぼ分散させた回答を得られた。

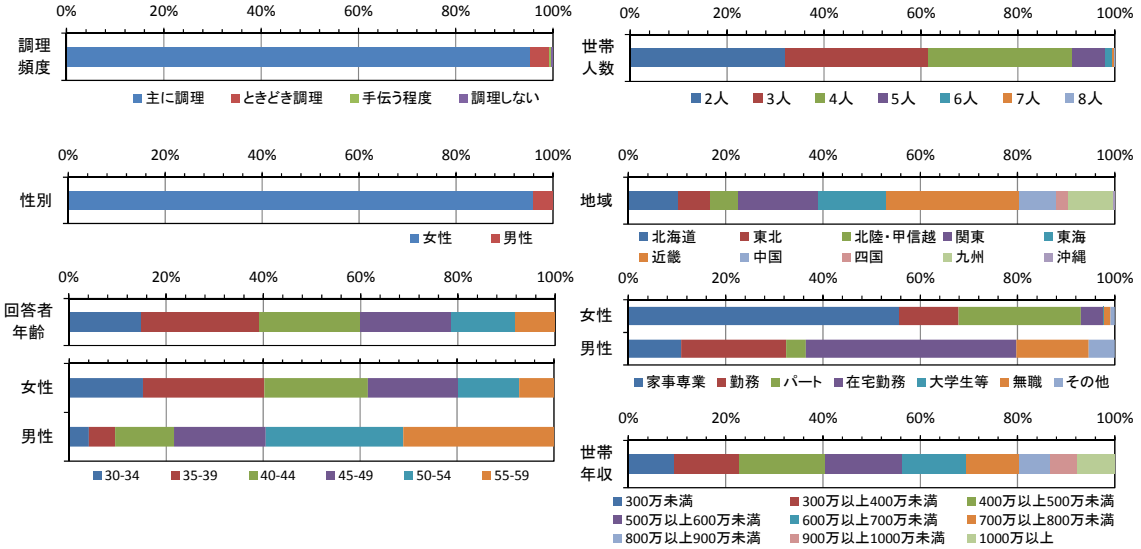


図 4.2.11 回答者・回答世帯の概要

世帯構成では 20 歳以上 65 歳未満（成人）のみの 2 人世帯が最も多く（28%）、次に成人+子供（20 歳未満）の 3～4 人世帯（各 10%前後）が多かった。また 65 歳以上の人（以降、高齢者）が居る世帯（成人+高齢者、成人+子供+高齢者）は合せて 10%であった。（図 4.2.12）

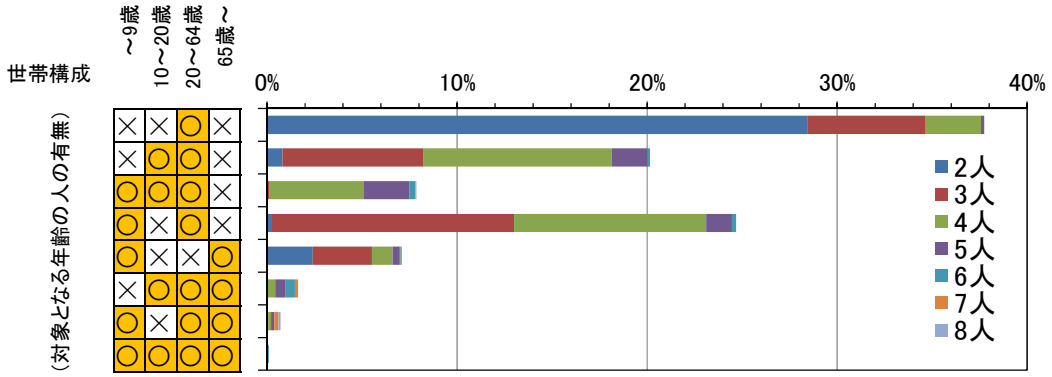
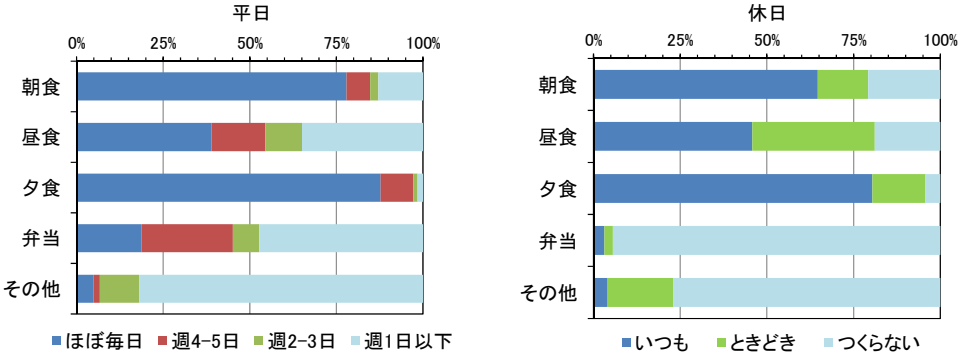


図 4.2.12 回答世帯の構成

4) 調理の頻度

平日と休日の調理頻度を図 4.2.13 に示す。平日は「ほぼ毎日」調理する世帯が朝食で 78%、夕食で 88%であったが、「週 1 日以下」しか朝食を作らない世帯も 13%いた。休日は、平日に比べ調理頻度が下がるが、昼食を調理する頻度は、平日より高くなっていた。



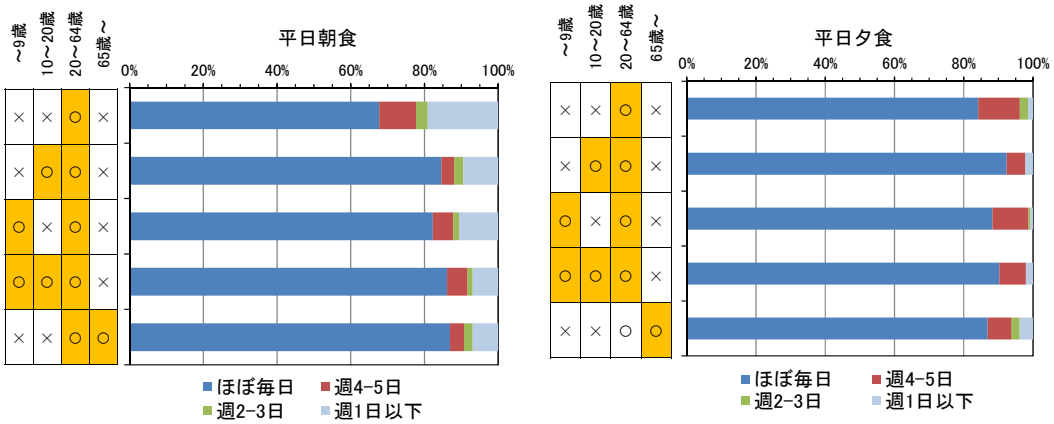
※「その他」は「おやつ、軽食、夜食、離乳食、病人食、ストックのための調理」

図 4.2.13 調理の頻度

5) 世帯構成と調理の頻度

調理の頻度を世帯構成により区分したものを図 4.2.14 に示す。$\chi 2$ 検定を行なったところ調理の頻度と世帯構成には関係があることが分かった(P=0.00)。

- どの世帯でも、平日の朝食夕食とも家で食べている率が高い。
- 子供や高齢者が居る世帯では、朝食で 90%弱、夕食で 90%強の世帯で「ほぼ毎日」調理がされている。
- 成人のみの世帯の平日の朝食頻度は「週 1 日以下」が 20%弱となる。



※「週1日以下」には「週1日程度」「月2-3日」「つくらない」が含まれる。

図 4.2.14 世帯構成と調理の頻度

6）主な調理担当者の職業と調理（頻度・時間）

職業別に、調理の頻度と時間を区分したものを図 4.2.15 に示す。

- 朝・夕食とも「家事専業者」は、勤務者の調理頻度に比べ、「ほぼ毎日」調理する頻度が高い。
- 勤務者の平日朝食の調理頻度は「週1日以下」が 20%強いる。
- 職業に関わらず、朝食の調理時間は 15 分未満が最も多く約 7 割となった。
- 夕食の場合は、どの職業でも朝食より調理時間が長くなっており、45 分以上かけて調理している世帯が 7 割以上となった。（家事専業＞パート、在宅勤務＞勤務の順に調理時間が短くなる。）

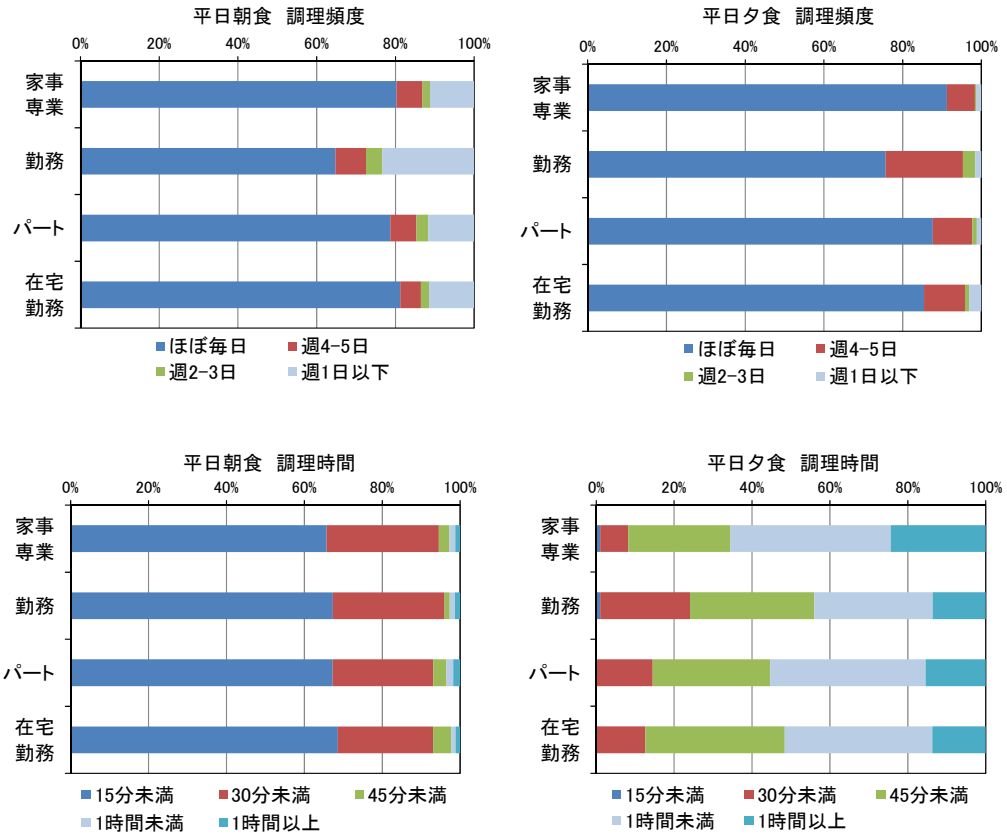


図 4.2.15　主な調理担当者の職業と調理

7) 食事の内容

朝・夕食の食事の内容を世帯構成別にしたものを図 4.2.16 に示す。

- 朝食は手づくり、半調理品等との組合せ、つくり置きの料理が約 4 割であるが、夕食は手づくりの割合が 9 割と高い。
- 世帯構成により食事の内容に有意差はないが（χ^2検定）、9 歳以下の子供が居る世帯では手づくり、半調理品等との組合せが多く出来合いのものを食べることは少ないが、10 歳以上 20 歳未満の子供のみいる世帯では、手作りより出来合いのものを食べる回答がやや高くなる。

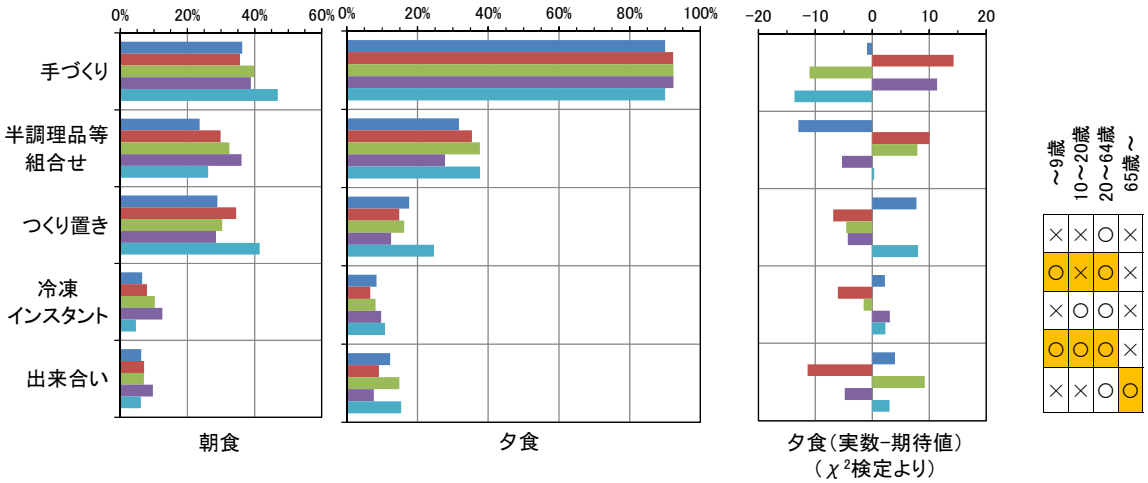


図 4.2.16 世帯構成別の食事内容

(2) 主な調理機器の使用状況

1) 電子レンジ・オーブン等　※調査世帯1831件に対する所有率

電子レンジ･オーブンレンジ、オーブン等の所有および使用の状況を図 4.2.17 に示す。

- オーブントースタ=73%、電気オーブンレンジ=71%となり電子レンジ機能を有する機器の所有率は 100%を超えていた。ただし多機能レンジであっても、レンジ以外の機能については、週数回～月数回程度しか使用していない世帯がかなりの割合を占めた。

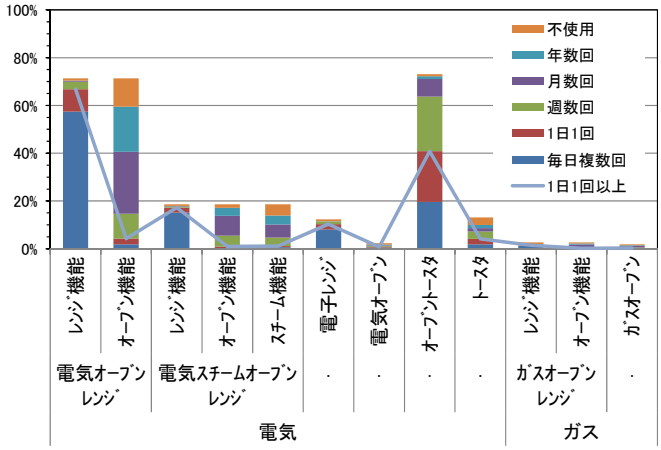


図 4.2.17　電子レンジ、オーブン等の使用状況

2) 電気式保温ポット　※調査世帯1831件に対する所有率

電気式保温ポットの使用状況を図 4.2.18 に示す。

- 電気式保温ポットは 31%の世帯で所有されており、所有世帯の約半数で「年中使用」されており、12 時間以上保温している世帯が 70%にも達していた。
- 居住地域･世帯人数による所有率の有意差はない。ただし高齢者が居る世帯の所有率が相対的に高い（$\chi 2$ 検定、P=0.00）。
- 電気式保温ポットの種類と保温時間については、特段の関係は見られなかった。

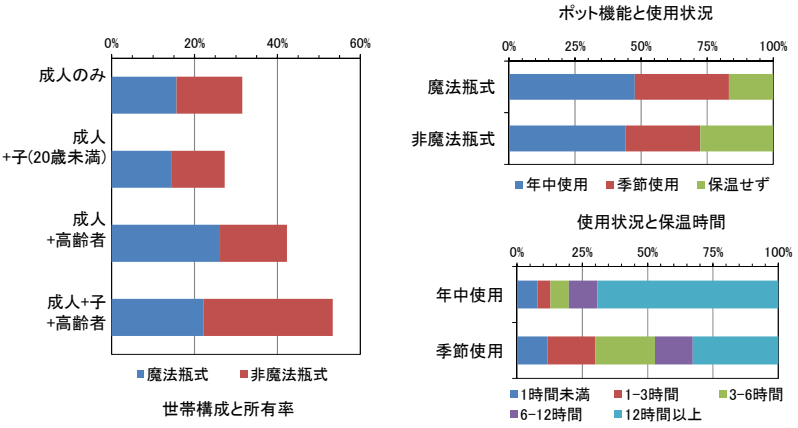


図 4.2.18　電気式保温ポットの使用状況

3) 炊飯器　※調査世帯1831件に対する使用状況

炊飯に使用する機器の使用状況を図 4.2.19 に示す。

- 炊飯に使用する機器は、電気炊飯器が 91%と大半を占めていたが、鍋炊飯 12%、電子レンジ炊飯 1%、ガス炊飯器 3%でも炊飯されている(複数回答)。
- 電気炊飯器使用世帯(n=1661)において、「保温しない」「1 時間未満」が 61%と過半数を占める一方、保温時間が「12 時間未満」「12 時間以上」の合計が 18%あり、無視できない。
- 電気炊飯器の炊飯量は世帯人数に対応して比例し、他の炊飯機器でもその傾向は同様であった。

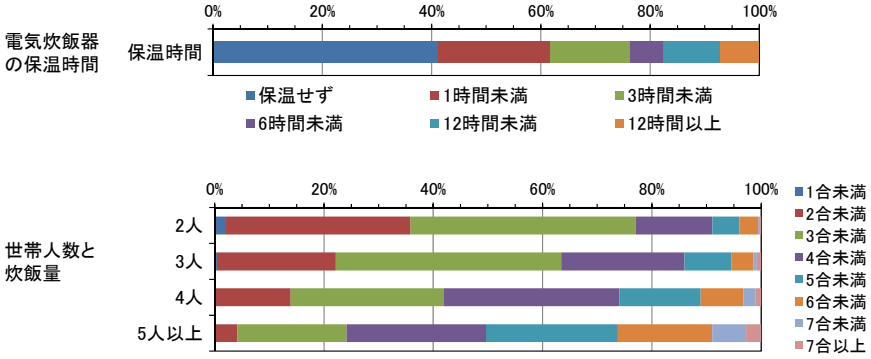


図 4.2.19　電気炊飯器の使用状況

4) その他の調理機器　※調査世帯1831件に対する所有率

各種調理関連機器の所有および使用状況を図 4.2.20 に示す。

- ホットプレート、カセット式卓上ガスコンロ、ミキサー、ジューサーは過半数以上の世帯で所有しているが、使用率は低い(月数回～年数回使用が大半)。
- 食器洗い乾燥機(食洗機)、電気ケトル、コーヒーメーカーは、所有率も使用率も比較的高く、電気ケトルについては所有者の 77%、食洗機については所有者の 69%が 1 日 1 回以上使用していた。

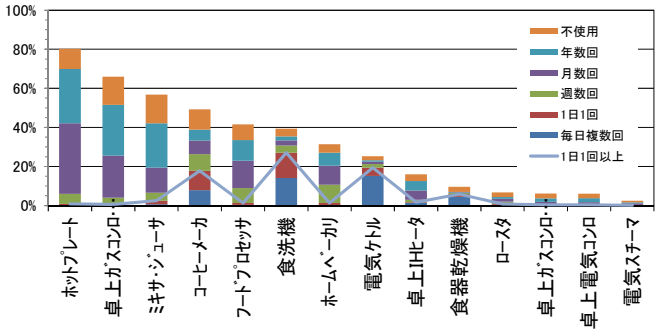


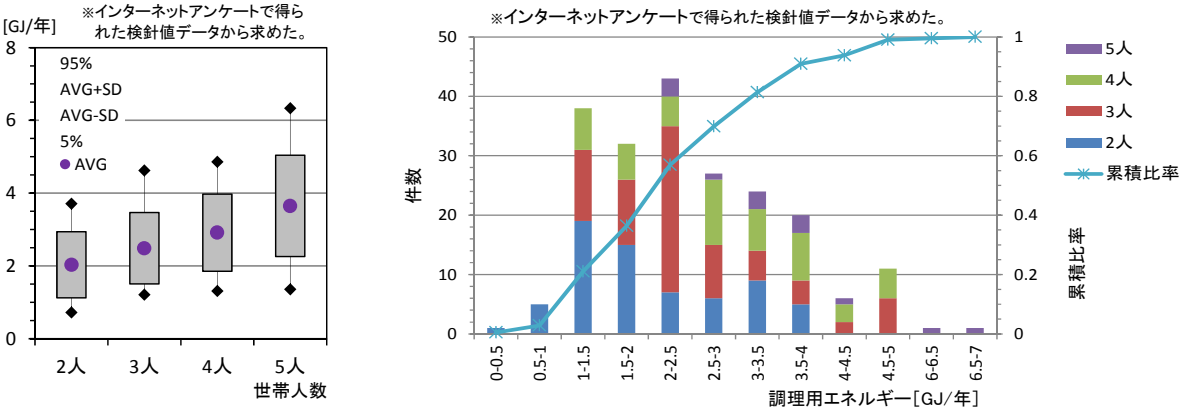
図 4.2.20　調理関連機器の所有・使用状況

(3) 世帯特性とコンロ用エネルギー消費量との関係

1) 世帯構成と調理用エネルギー消費量

【世帯人数による差異】

世帯人数別のコンロ用エネルギー消費量を図 4.2.21 に示す(有効回答数 n=209)。エネルギー消費量は世帯人数が多くなるに従い増加するが、ばらつきが大きく、4 人世帯の場合の 90%レンジは 1.3～4.9GJ/年であった。またコンロ用エネルギー量が住宅全体のエネルギー消費量に占める割合は約 4%であった。



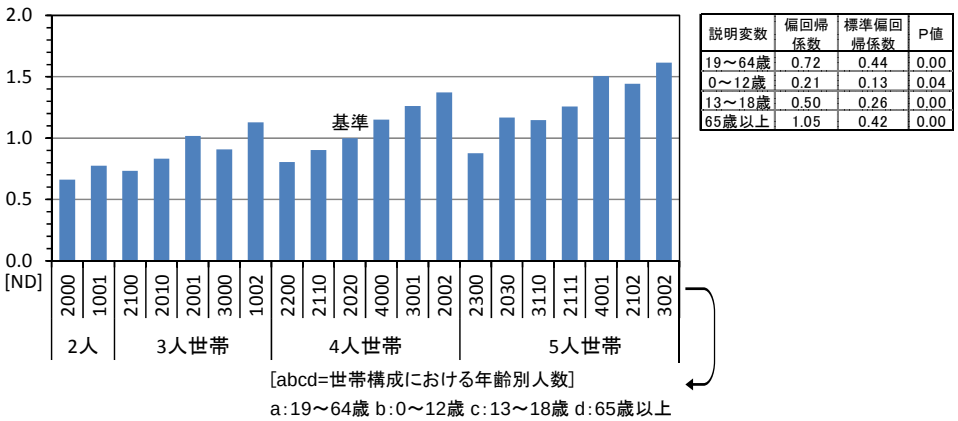
a 世帯人数別コンロ用エネルギー消費量　　b コンロ用エネルギー消費量の分布

図 4.2.21 世帯人数別コンロ用エネルギー消費量と分布

【世帯構成による差異】

図 4.2.22 はコンロ用エネルギー消費量を各世帯における年齢別の人数で重回帰分析し、19～64 歳(以下、大人)2 人、13～18 歳(以下、中高生)2 人の 4 人世帯を基準〈1〉として、その推計値を比率で示したものである。データが収集された世帯構成に関して、調査世帯の平均値と推計値を比較したところ、その差は 1 割程度に納まっていた。

年齢別の 1 人あたり消費量で見ると、12 歳以下(以下、子供)は大人の約 0.3 倍、中高生は約 0.7 倍、65 歳以上(以下、高齢者)は約 1.4 倍であり、大人 2 人+子供 2 人の世帯と大人 2 人+高齢者 2 人の世帯では 1.7 倍の開きとなった。



説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	P値
19～64歳	0.72	0.44	0.00
0～12歳	0.21	0.13	0.04
13～18歳	0.50	0.26	0.00
65歳以上	1.05	0.42	0.00

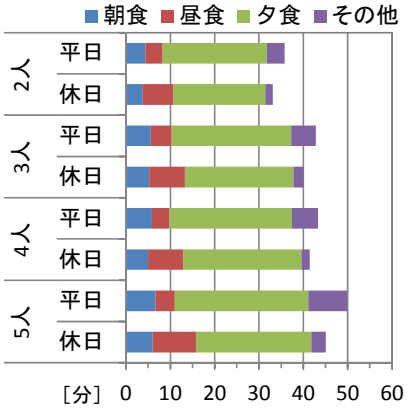
図 4.2.22 世帯構成によるコンロ用エネルギー消費量の差異

2) 調理内容とコンロ用エネルギー消費量

【コンロの使用時間】

世帯人数別、食事別のコンロ使用時間を図 4.2.23 に示す。

- 世帯人数が多くなるほどコンロ使用時間は長い。平日の方が使用時間は長いが、昼食のみ休日の使用時間が長くなっていた。
- 2～5 人世帯における平均コンロ使用時間は、朝食:平日 5.6 分／休日 5.0 分、昼食:4.2 分／8.2 分、夕食:27.0 分／24.5 分、その他:6.1 分／2.3 分で、夕食の使用時間が 6 割以上を占めていた。
- コンロ使用時間が長くなるに従い、コンロ用エネルギー消費量は増加する傾向が見られたものの、明確な関係としては捉えられなかった(n=189:ガスコンロ世帯「調理を主に担当」している人の回答に限定し分析)。



世帯人数:2～5人(n=1,683)
IHｸｯｷﾝｸﾞﾋｰﾀｰ使用世帯を含み、「調理を主に担当」している人の回答に限定し分析)

※コンロ使用時間は、朝・昼・夕食、その他食事に関する平日、休日の調理頻度に、それぞれの調理におけるコンロ使用時間を掛け1日あたりの時間数を概算した。

※調理時間0分とした食事がある世帯もすべて含んだ結果。

図 4.2.23 世帯人数別、食事別のコンロ使用時間

【食事の内容による差異】

世帯人数で想定される全食事数に対する、「自宅で調理した食事」と「持参弁当」が占める割合(＝自宅調理比)を図 4.2.24a 示す(n=1,756)。

※自宅調理比: 世帯員の朝昼夕食、その他食事における調理食数を世帯人数に応じた食事数で除した値。例えば、世帯全員が毎日「自宅で調理した朝昼夕食」をすると、朝昼夕食に関する自宅調理比は〈1〉となる。4 人世帯における朝昼夕食の平均自宅調理比=0.70、その他食事の平均自宅調理比=0.08 である。

- 世帯人数が多いほど高くなり、夕食で高く、昼食は低くなっていた。
- 昼食を除き平日は自宅調理比が休日より高く、夕食は世帯人数が少ないほどその差は大きかった。

図 4.2.24b に、自宅調理比とコンロ用エネルギー消費量の平均値を重回帰分析した推計値を示す。図 4.2.24c に、自宅調理比と年齢別世帯人数により重回帰分析した推計値を、基準〈1〉世帯に対する比率で示す(n=189)。

図 4.2.24b より、本調査のコンロ用エネルギー消費量の平均値と、平均自宅調理比による推計値との差

は 5%以内であり、推計値として妥当な値が得られていることが確認できた。

図 4.2.24c より、コンロ用エネルギー消費量は、自宅調理比が高くなると増加し、基準世帯において朝昼夕食を世帯全員が自宅調理食とした場合には 1 割程度、その他も自宅調理食とした場合には 3 割程度、コンロ用エネルギー消費量が増加するものと推計された。

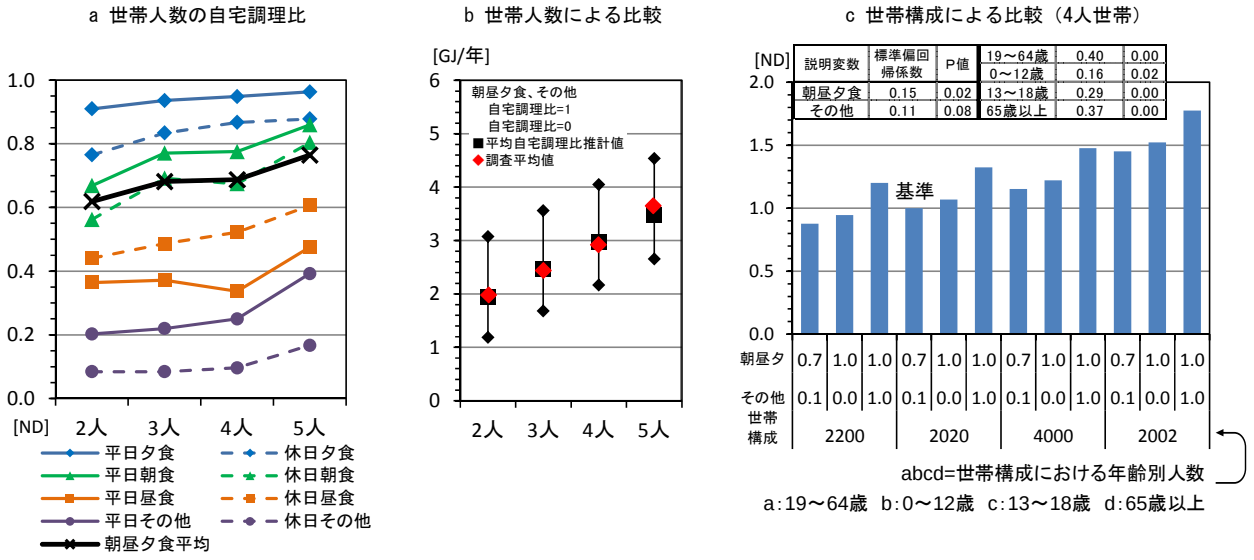


図 4.2.24 世帯人数別の自宅調理比の比較と世界構成による比較

3) 調理行動とコンロエネルギー消費量

【調理の得意度と省エネルギー意識・調理行動との関係】

調理の得意度と省エネ意識の関係を図 4.2.25a に示す。得意度と省エネ意識には関連性があり（χ^2 検定、1%有意）、調理が不得意だと省エネ意識が低くなることが分かった。

図 4.2.25b に調理行動を調理の得意度別に示す。得意な世帯では「電子レンジ調理」や「余熱利用調理」が行なわれ、不得意な世帯では「市販合わせ調味料」や「冷凍・インスタント食品」の利用が多くなっていた。

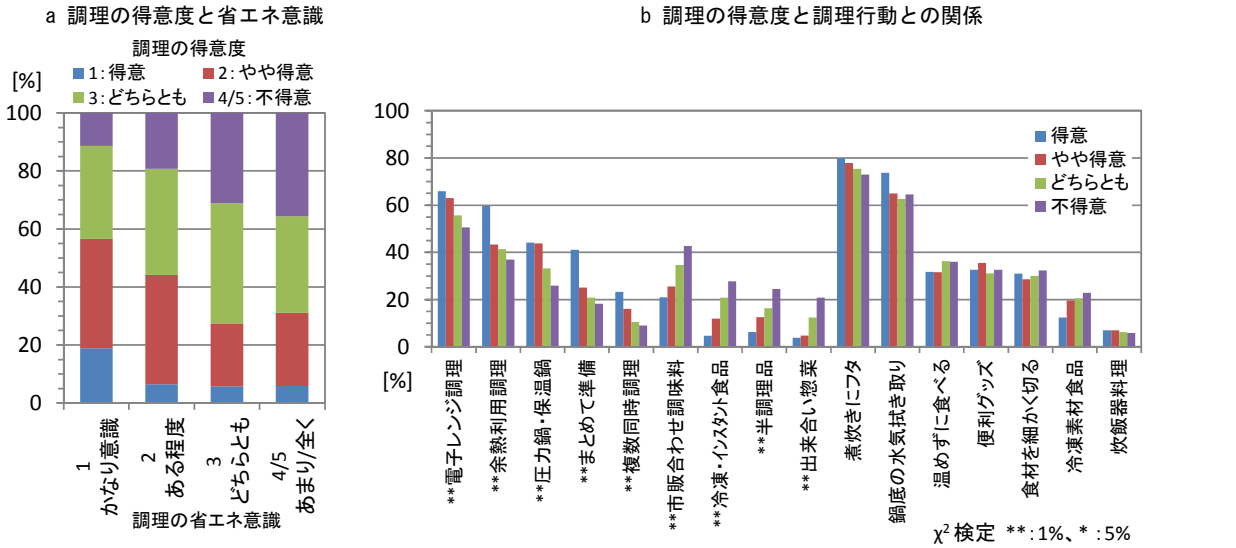


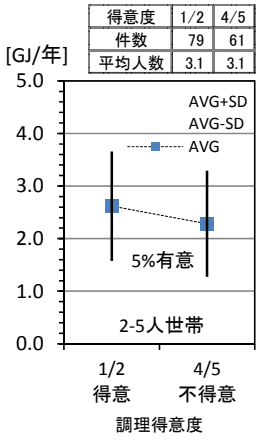
図 4.2.25 調理の得意度と省エネルギー意識・調理行動との関係

【調理の得意度、調理行動とコンロ用エネルギー消費量】

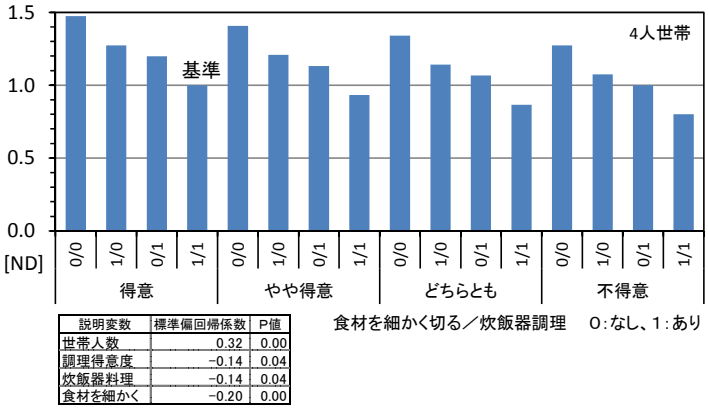
図 4.4.3 1a より、コンロ用エネルギー消費量を調理の得意度で比較したところ、調理の得意な世帯は、不得意な世帯よりエネルギー消費量が多いことが確認された(5%有意)。

コンロ用エネルギー消費量について、調理行動で重回帰分析を行なうと、「食材を細かく切る」「炊飯器調理」がエネルギー消費量に関与することが分かり、図 4.4.3 1b に、「食材を細かく切る」「炊飯器調理」の調理行動の有無によるコンロ用エネルギー消費量の推計を調理の得意度別に示した。両調理行動を行わない場合は、行った場合より 5 割程度コンロ用エネルギー消費量が多い。なお、通常の炊飯と別に「炊飯器調理」をした場合、別途エネルギー量が加算されるため、コンロ用エネルギーの削減量は推計値よりも少なくなった。

a 調理の得意度とコンロ用エネルギー消費量



b 調理行動とコンロ用エネルギー消費量との関係



説明変数	標準偏回帰係数	P値
世帯人数	0.32	0.00
調理得意度	−0.14	0.04
炊飯器料理	−0.14	0.04
食材を細かく	−0.20	0.00

図 4.4.3 1 調理の得意度、調理行動とコンロ用エネルギー消費量

(4) アンケート調査結果のまとめ

本アンケート調査では、検針値データによるコンロ用エネルギー消費量を確認し、ガスコンロを使用した世帯のエネルギー消費量が推測された。また調理機器の使用状況、調理・食事スタイルの差異との関連性、世帯特性などエネルギー消費量に影響を与えている因子とその影響の度合いを確認できた。

(5) アンケート調査結果の抜粋（参考資料）

資料編(CD)参照

4.2.4 まとめ

生活モード・家電部会では、住宅内でのエネルギー消費に大きな影響を与えている生活の状態や、家電によるエネルギー使用量について検討し、より実態に近いエネルギー消費量を明らかにすることを目標とした。その中で、自立循環型住宅研究委員会のフェーズ 1、2 においては充分な検討が実施できていなかった調理を対象として、関連する消費エネルギーの実態調査・検討を実施した。

まず初めに、既往調査である日本建築学会が行った実測調査における家庭内のエネルギー消費量のうち調理部分を再整理して、世帯人数や地域、電気ポットの有無による調理機器用エネルギー消費量への影響等について検討するとともに、コンロ(IH クッキングヒーター)のエネルギー消費量を推計した。

次に、既往調査の再整理結果等を踏まえて、調理に特化したより詳細な web アンケート調査を実施し、その結果から調理の頻度・内容、調理機器の保有・使用状況など、また世帯人数や調理行動のコンロ(ガスコンロ)用エネルギー消費量への影響などについて検討を行った。

以上の結果を踏まえて、住宅における消費エネルギー推計方法へのフィードバックとして、「自立循環型住宅への設計ガイドライン」で使用するコンロのエネルギー消費量を定めるとともに、同ガイドラインの調理用エネルギー消費量に関するコラムを作成した。

5. 効果検証

5.1 はじめに

これまで、自立循環型住宅における省エネルギー効果は、実験結果を基に推計する方法を示してきたが、実際に建設されている住宅でその効果が得られているかどうかを確認する事を目的とし、以下の実施方針とした。

①実在の自立循環型住宅の効果検証方法を検討する。

②実在の自立循環型住宅で効果を検証する。

・エネルギー消費量の実測

・室内環境等の実測

（少数サンプルによる詳細計測と、比較的多数の簡易計測）

③ガイドラインにおける省エネルギー性の評価方法を必要に応じて補正する。

5.2 効果検証方法に関する提案、問題点等

効果検証として簡易、中間、詳細の3レベルを提案した。以下にそれぞれについて示す。

(1) 簡易レベル

できるだけ簡易化した方法として、以下の2者を比較する。

・月別実エネルギー消費量

・ガイドラインによる予測エネルギー消費量

前者は領収書などによることを想定している。また、後者は、

・対象住宅の建物（プラン）は、自立プランと見なして計算（補正は行わない）

・対象住宅の生活状況は、自立モードと見なして計算（補正は行わない）

とする。

この方法は、簡易化してあるので、web 調査などを用いた多数のサンプル収集に向いている。ただし、予測エネルギー消費量は、プランや生活状況が異なるため大きな誤差を含むことが考えられる。そこで、多数収集したサンプルによる平均値を元に検討する必要がある。

	建物（プラン）	建物（断熱等）	設備	生活		
対象住宅	自立プラン とみなす	対象住宅	対象住宅	自立プラン とみなす	→	月別実エネルギー 消費量
基準住宅	自立プラン	標準レベル	標準レベル	自立モード	→	予測エネルギー 消費量

対象住宅／基準住宅 を自立での計算結果と比較

(2) 中間レベル

簡易レベルでは誤差の大きくなることが想定されるので、予測エネルギー消費量の精度を比較的簡単な補正方法で向上させる方法である。比較は以下の2者となる。

・月別実エネルギー消費量

・在室状況を簡易に予測する程度の測定(おんどとり、電力量計等)および建物(プラン)等で補正した予測エネルギー消費量

補正には、床面積、外皮面積、室温、居住者数、居住者の構成等を用いることが考えられる。

この方法では比較的詳細な対象建物の情報を必要とし、また現地における簡単な測定を実施するので、ある程度の協力が可能な居住者のいる住宅が対象となる。

	建物 (プラン)	建物(断熱等)	設備	生活
対象住宅	対象住宅の	対象住宅プラン*	対象住宅	対象住宅のモード* → 月別実エネルギー消費量
基準住宅	自立プラン	標準レベル	標準 レベル	自立モード → 予測エネルギー消費量

*は対象住宅に合わせて補正

対象住宅／基準住宅 を自立での計算結果と比較

(3) 詳細レベル

簡易・中間レベルでは、対象住宅でのエネルギー消費量を領収書等から求めるが、その場合エネルギーの用途分類が難しい。詳細レベルではエネルギー消費の用途分類が可能なように、できるだけそれぞれのエネルギー消費量を個別に測定する。また、それに加えてさらに精度の高い補正が可能となるように、以下の様な情報も収集する。

暖冷房:暖冷房機器の種類、Q 値(断熱性)、窓等の利用状況、生活パターン

給湯 :給湯機器の種類、配管断熱、給湯栓(節湯?)、給湯使用量

換気 :換気扇の種類、ダクトの抵抗(長さ、曲がり数など)

照明 :照明機器の種類、生活パターン

その他:保有する家電機器類とその使用状況、自然エネルギーの利用状況

この方法では、非常に詳細なデータを収集するため居住者の協力が不可欠である。また、計測器なども多く使用するため測定できる数は限られる。

	建物 (プラン)	建物(断熱等)	設備	生活
対象住宅	対象住宅の	対象住宅プラン*	対象住宅	対象住宅のモード* → 月別実エネルギー消費量
基準住宅	自立プラン	標準レベル	標準 レベル	自立モード → 予測エネルギー消費量

*は対象住宅に合わせて補正

対象住宅／基準住宅 を自立での計算結果と比較

5.3 効果検証の結果の例

5.3.1 S 邸

1) 建物の概要

集成材による「木質フレームシステム」の木造 3 階建 2 世帯住宅。外周壁を耐震壁として間取変更の自由度を高め、長寿命住宅を指向している。また、Q 値 1.7、C 値 1.1、蓄熱部位を多くした躯体性能を確保している。暖冷房は 24 時間換気設備の新鮮空気を暖めたり冷やしたりしてダクトで送る方式である。換気設備は排気端末が各室にあり、連続的な空調をした場合に空調の熱が各居室に供給される設計である。幅 5m高さ 6mの大開口をもつ吹抜には蓄熱型薪ストーブが置かれ、趣味の暖房として稼働する。冬期吹抜上部の暖気を 1 階床下に送る縦ダクトにより床下を 17 ～ 18℃の安定した温度環境としている。吹抜外部の外ブラインドは日射遮蔽・光量調節等の機能をもち、まちに対して開く・閉じるのメリハリをつける目的をもち、この家の特徴としている。

建築場所 ： 東京都葛飾区
家族構成 ： 若夫婦・老夫婦の 2 世帯構成
1・2 階 4 人（夫婦:2 名 子:2 名）、3 階 2 人（老夫婦）
延床面積 ： 床面積合計 217. 25 [m^2]
駐車場面積: 17.97 [m^2]
延面積 ： 199.28 [m^2]
住宅性能 ： C値 1. 1 [cm^2/m^2]（実測値）
Q値 1. 7 [W/m^2K]（実測に基づく計画値）
設備の特徴
空調設備 :天井埋込エアコンを 2 階、3 階に 1 台ずつ設置、各エアコンのリターン部にセントラル熱交換換気扇の新鮮給気を取り入れている。
換気設備 ： 2 階、3 階居室ゾーンはセントラル式熱交換換気扇による換気、サニタリーはダクト換気扇、浴室バス乾機能付換気扇、センサー付換気扇で換気

給湯 ： 1 世帯 1 組として 2 階、3 階にエコキュートを各1台ずつ設置
循環・搬送 ： 1 階吹抜け頂部の滞留暖気を循環用送風機により 1 階床下に送る。塔屋の暖気を搬送用送風機で 3 階に送る。

その他 ： 太陽光発電量 3kW、ホームエレベーターを設置、照明は LED、蛍光灯を中心とする多灯分散



図 5.3.1 建物外観(南面)

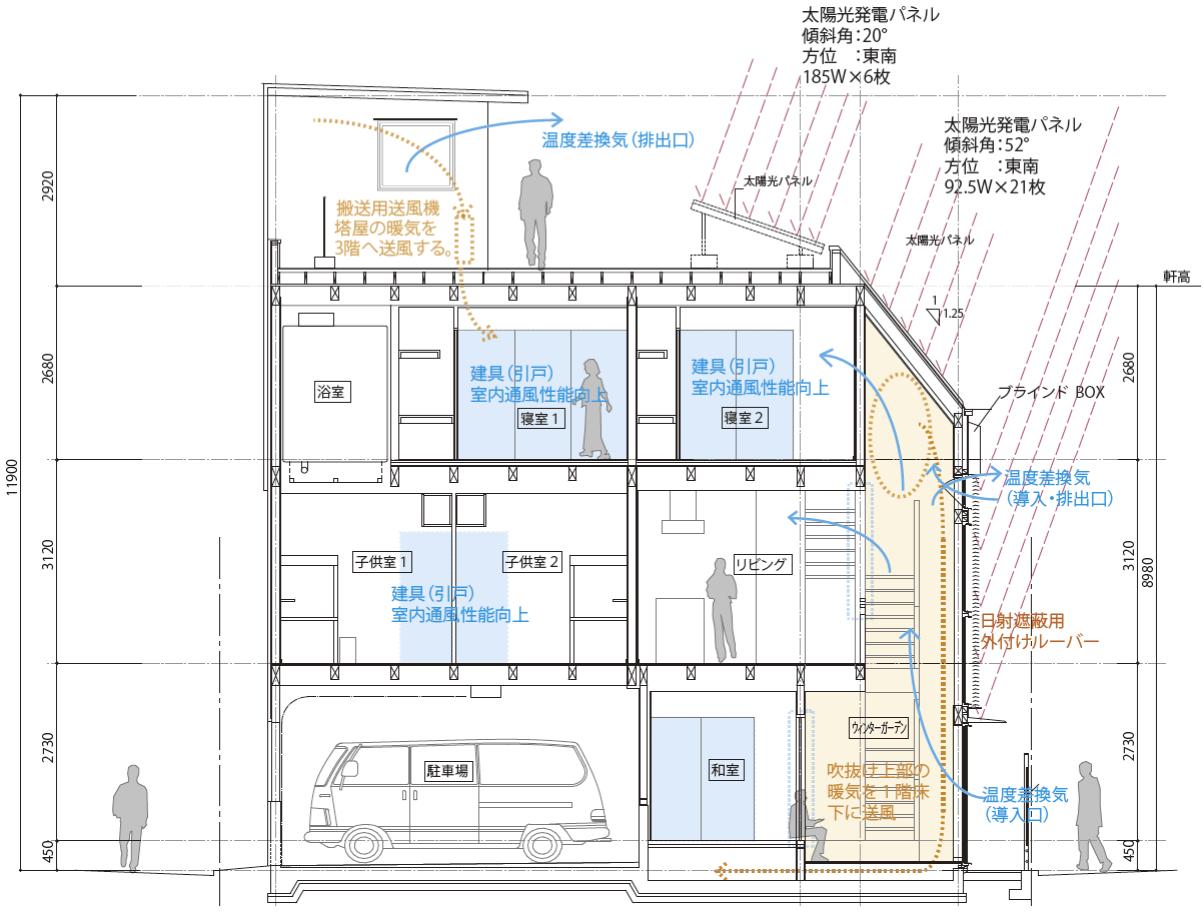


図 5.3.2 断面図

2) 結果の概要

設計値で見ると、断熱外皮計画で平成11年省エネ基準を超えるレベルとしているため、暖房のエネルギー削減量が目立って大きい。また、給湯も高効率給湯器の使用により削減量が大きい。そのほか、換気・家電も一次エネルギー削減に役立っている。また、3kW の太陽光発電を採用していることで、太陽光発電による効果を入れれば基準値の半分以下となる。

各種の省エネルギー要素技術を採用しており、それらを元にした設計値では41.8%の削減率となった。これに対して、浴室乾燥機の使用や、震災後の省エネルギー的なライフスタイルへの変化なども含まれた状態における実際の測定値では、住戸全体の場合自立循環の基準値に比べて太陽光発電を除いて30%の削減となった。

表 5.3.1 年間消費電力量【期間 2010 年 12 月～2011 年 11 月まで】

項目			月別［kWh］2010年 6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
総消費電力量(主回路)			6/5～6/30	7/1～7/31	8/1～8/31	9/1～9/30	10/1～10/31	11/1～11/30	12/1～12/31
1·2階	照明	1F 照明	5.66	7.75	7.35	7.36	8.31	8.64	8.49
		2F 照明	19.42	18.35	28.76	21.34	19.70	17.92	21.37
	空調	エアコン	21.86	369.22	601.16	225.35	9.09	54.71	110.50
	給湯	エコキュート	71.29	67.26	55.09	72.42	117.12	176.11	246.01
	調理	IHクッキングヒーター	13.78	13.54	13.80	14.84	16.51	25.31	34.52
	換気扇	セントラル全熱交換型	11.90	13.50	14.44	11.67	14.71	10.58	4.79
		浴室換気乾燥機	46.18	30.59	14.53	50.54	90.91	88.92	40.63
	家電	冷蔵庫	43.59	54.02	53.56	47.22	38.72	30.11	27.48
	小計		233.68	574.23	788.69	450.74	315.07	412.30	493.79
3階	照明	照明	27.22	34.68	43.65	45.94	52.02	50.51	47.85
	空調	エアコン	20.72	401.01	674.73	270.97	89.13	230.63	263.13
	給湯	エコキュート	53.91	41.25	33.83	40.70	63.02	95.24	122.12
	調理	IHクッキングヒーター	10.16	18.26	20.99	17.90	22.68	14.92	18.57
	換気扇	セントラル全熱交換型	26.19	31.13	31.09	32.88	31.57	30.57	49.70
		浴室換気乾燥機	8.06	14.35	24.58	29.29	25.12	20.73	6.53
	家電	冷蔵庫	–	–	–	–	–	–	84.56
	小計		146.26	540.68	828.87	437.68	283.54	442.60	592.46
共通	エレベーター		12.83	16.00	15.38	13.46	14.31	13.10	13.37
	その他※		312.52	353.10	358.89	362.64	407.15	352.37	325.31
			705.29	1484.01	1991.83	1264.52	1020.07	1220.37	1424.93
太陽光発電量									
太陽光発電(パワコン)	発電量		-226.45	-303.10	-334.81	-243.81	-164.84	-202.06	-227.81
		売電量	(-72.37)	(-31.34)	(-2.49)	(-31.13)	(-39.59)	(-48.07)	(-46.65)
① 主回路(計測値)			551.21	1212.25	1659.51	1051.84	894.82	1066.38	1243.77
② 発電量-売電量			(-154.08)	(-271.76)	(-332.32)	(-212.68)	(-125.25)	(-153.99)	(-181.16)
①-②			705.29	1484.01	1991.83	1264.52	1020.07	1220.37	1424.93

項目			2011年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
総消費電力量(主回路)			1/1～1/31	2/1～2/28	3/1～3/31	4/1～4/30	5/1～5/31	6/1～6/30	7/1～7/31	8/1～8/31	9/1～9/30	10/1～10/31	11/1～11/30	12/1～12/12
1·2階	照明	1F 照明	11.10	10.51	9.89	6.66	7.92	9.64	7.85	9.83	10.16	11.00	11.15	4.13
		2F 照明	20.64	18.79	16.97	15.79	16.91	18.94	22.44	24.10	23.36	23.48	23.81	10.71
	空調	エアコン	325.79	519.65	390.42	7.58	4.00	45.51	205.93	300.49	230.12	3.91	40.46	170.34
	給湯	エコキュート	332.01	273.30	289.02	169.10	121.93	90.40	68.46	67.88	82.99	118.44	153.85	106.91
	調理	IHクッキングヒーター	28.96	19.02	30.90	15.40	19.61	18.03	13.11	19.22	22.00	26.59	23.64	9.95
	換気扇	セントラル全熱交換型	6.44	8.65	8.83	9.35	9.21	8.69	9.20	8.92	8.41	7.47	8.70	3.43
		浴室換気乾燥機	63.93	206.38	133.54	45.67	81.47	104.61	115.58	76.53	77.94	39.53	62.68	55.36
	家電	冷蔵庫	27.68	27.92	27.14	27.95	37.05	42.60	48.84	48.71	45.89	38.35	30.27	12.43
	小計		816.55	1084.22	906.71	297.50	298.10	338.42	491.41	555.68	500.87	268.77	354.56	373.26
3階	照明	照明	68.09	44.76	50.25	32.95	27.99	25.01	24.63	24.49	26.82	27.73	32.38	13.42
	空調	エアコン	315.49	211.94	154.23	80.04	14.51	42.90	345.51	289.09	141.36	18.71	130.90	121.87
	給湯	エコキュート	182.76	141.59	144.46	93.50	63.57	47.67	37.00	35.01	40.23	59.12	97.79	55.51
	調理	IHクッキングヒーター	20.09	15.65	13.37	12.73	12.25	10.28	10.92	10.07	11.25	12.29	13.07	3.07
	換気扇	セントラル全熱交換型	35.12	15.25	16.54	16.91	26.99	30.48	31.32	31.34	30.43	25.13	17.23	6.48
		浴室換気乾燥機	5.17	4.10	4.44	4.34	4.55	4.45	4.62	4.62	4.50	4.70	4.42	1.63
	家電	冷蔵庫	88.67	76.38	77.79	86.05	106.42	127.06	129.20	137.54	127.25	109.94	87.64	34.77
	小計		715.39	509.67	461.08	326.52	256.28	287.85	583.20	532.16	381.84	257.62	383.43	236.75
共通	エレベーター		15.56	11.36	10.48	10.65	10.67	11.33	11.61	12.81	12.97	13.41	13.78	4.55
	その他※		331.53	545.80	463.25	206.24	296.08	261.54	252.64	246.52	234.68	215.80	251.56	157.40
			1879.03	2151.05	1841.52	920.91	861.13	899.14	1338.86	1347.17	1130.36	755.60	1003.33	771.96
太陽光発電量														
太陽光発電(パワコン)	発電量		-296.69	-216.57	-351.50	-330.59	-268.69	-228.87	-300.38	-280.36	-250.18	-213.48	-192.71	-60.41
		売電量	(-66.04)	(-11.17)	(-83.86)	(-133.29)	(-96.6)	(-48.46)	(-17.93)	(-29.86)	(-43.17)	(-79.11)	(-55.48)	(-11.69)
① 主回路(計測値)			1648.38	1945.65	1573.88	723.61	689.04	718.73	1056.41	1096.67	923.35	621.23	866.10	723.24
② 発電量-売電量			(-230.65)	(-205.4)	(-267.64)	(-197.3)	(-172.09)	(-180.41)	(-282.45)	(-250.5)	(-207.01)	(-134.37)	(-137.23)	(-48.72)
①-②			1879.03	2151.05	1841.52	920.91	861.13	899.14	1338.86	1347.17	1130.36	755.6	1003.33	771.96

項目			一年分 kWh 12/1～11/30			一年分 GJ 12/1～11/30		
1·2階	照明	1F 照明	114.20			1.1		
		2F 照明	246.60	暖房分	冷房分	2.4	暖房分	冷房分
	空調	エアコン	2184.36	1398.40	785.96	21.3	13.6	7.7
	給湯	エコキュート	2013.39			19.7		
	調理	IHクッキングヒーター	271.00			2.6		
	換気扇	セントラル全熱交換型	98.66			1.0		
		浴室換気乾燥機	1048.49			10.2		
	家電	冷蔵庫	429.88			4.2		
	小計		6406.58			62.5		
3階	照明	照明	432.95	暖房分	冷房分	4.2	暖房分	冷房分
	空調	エアコン	2007.81	1170.24	837.57	19.6	11.4	8.2
	給湯	エコキュート	1064.82			10.4		
	調理	IHクッキングヒーター	160.54			1.6		
	換気扇	セントラル全熱交換型	326.44			3.2		
		浴室換気乾燥機	56.44			0.6		
	家電	冷蔵庫	1238.50			12.1		
	小計		5287.50			51.6		
共通	エレベーター		148.00			1.4		
	その他※		3710.95			36.2		
			15553.03			151.8		
太陽光発電(パワコン)	発電量		-3157.83			-30.8		
		売電量	-711.62			-6.9		
① 主回路(計測値)			13106.82			127.9		
② 発電量-売電量			-2446.21			-23.9		
①-②			15553.03			151.80		

表 5.3.2 一次エネルギー削減量と削減量

単位:[GJ]

	子世帯	親世帯	合計	住戸全体エネルギー削減率	単位面積あたりでのエネルギー削減率	一人あたりのエネルギー削減率	世帯あたりのエネルギー削減率	自立基準値
暖房	13.6	11.4	25.1	42%	65%	61%	71%	43.2
冷房	7.7	8.2	15.8	-199%	-79%	-99%	-49%	5.3
換気	1.0	3.2	4.1	12%	47%	41%	56%	4.7
給湯	19.7	10.4	30.0	-23%	26%	18%	39%	24.5
照明	3.5	4.2	7.7	28%	57%	52%	64%	10.7
家電(バス乾&EV&その他)	52.1	12.6	64.7	-173%	-64%	-82%	-37%	23.7
調理(IH)	2.6	1.6	4.2	4%	43%	36%	52%	4.4
合計	100.2	51.6	151.8	-30%	22%	13%	35%	116.5
太陽光発電も含む合計			121.0	-4%	38%	31%	48%	116.5

単位:[GJ]

太陽光発電	30.8		30.8

※世帯分割出来ない系統については子世帯に計上

表 5.3.3 採用手法と省エネルギー効果の推計

採用手法と省エネルギー効果の推計				
用途	要素技術	レベル評価	エネルギー消費率	採用手法
暖房	断熱外皮計画	レベル 4	0.7	平成 11 年基準を超える断熱性能
	日射熱の利用	レベル 0	1	開口部の断熱性能向上
	暖房設備計画	レベル 1	0.85	COP3.28 ＋配管保温
冷房	自然風の利用	レベル 0	1	温度差換気＋室内通風性能向上＋屋根面を利用した自然風の取り込み※
	日射遮蔽手法	レベル 3	0.65	木製気密ｻｯｼ（ｸﾘﾌﾟﾄﾝｶﾞｽ入り複層ｶﾞﾗｽ 4-12A-4）＋外付けﾌﾞﾗｲﾝﾄﾞｼｬｯﾀｰ、内付ﾊﾆｶﾑｻｰﾓｽｸﾘｰﾝ
	冷房設備計画	レベル 1	0.85	COP3.03 ＋配管保温
給湯	太陽熱給湯	レベル 0	1	なし
	給湯設備計画	レベル 2	0.8	高効率給湯機の導入＋配管保温
換気	換気設備計画	レベル 2	0.6	ダクト式換気システムの適正化＋高効率機器の導入（セントラル式全熱交換型換気設備）
照明	昼光利用	レベル 0	1	LD 2 面＋その他居室 1 面採光（採光条件 1）
	照明設備計画	レベル 1	0.7	高効率機器の採用＋多灯分散照明
家電	高効率家電機器の導入	レベル 1	0.8	2010 年製冷蔵庫＋液晶テレビ＋待機電力の低減
その他（調理）		レベル 0	1	なし
電力	太陽光発電	レベル 1	—	発電容量：3.05kW

※自然風の利用は「全館連続暖冷房」のため評価できない。

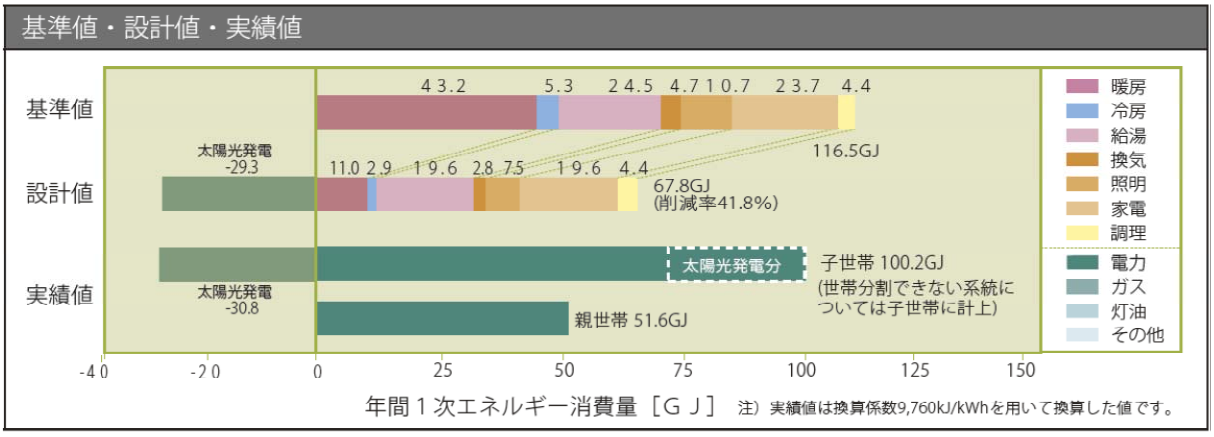


図 5.3.3 年間一次エネルギー消費量の基準値と設計値、実績値

5.3.2 T邸

1) 建物の概要

屋根面の集熱部により暖められた空気を暖房、給湯に利用するシステムを採用している。暖房時には屋根面で暖められた空気は床下に搬送され、基礎部分に蓄熱するとともに1階床から室内に吹き出すことで対流型暖房となるのに加えて、床下から床面も暖められることで放射型の暖房にもなっている。室内温度がある程度高い場合には、暖められた空気の熱は貯湯槽の水の加熱に利用される。また、搬送用の電力は太陽光発電を利用している。建設地は太平洋側で冬季の晴天率が高く、日射熱を暖房に活用しやすい。

敷地は、住宅地の西側端部に位置している。東側は住宅街であるが、西側は企業の寮と社員用駐車場、また坂の頂上、という条件となっており、東側以外は比較的広がりのある環境である。東隣の建物が接近しており一階の東側には日照が期待出来ないため、玄関、水廻りなどを東側に配置する事で、リビング・ダイニング・キッチンの明るさに配慮している。また、階段を南側のリビング東側に設け、東側の出っ張りを無くすことで、午前中日照が得られる時間には、すぐにリビングに日が差すよう考慮されている。また空気式集熱システムを採用し、階段廻りをすのこ床にすることで、空気が2階にも上がり、暖房エネルギーの削減に効果を得られる。

表 5.3.4 建物概要と家族構成

所在地	愛知県安城市
竣工年	2008 年春
床面積	延床:96m^2(1階:48m^2　2階:48m^2) ※ロフト部分の面積は含めず
家族構成	4 人家族 父(会社員)、母(主婦)、 姉(中学 3 年生)、弟(小学 6 年生)



図 5.3.4 建物外観(南面)

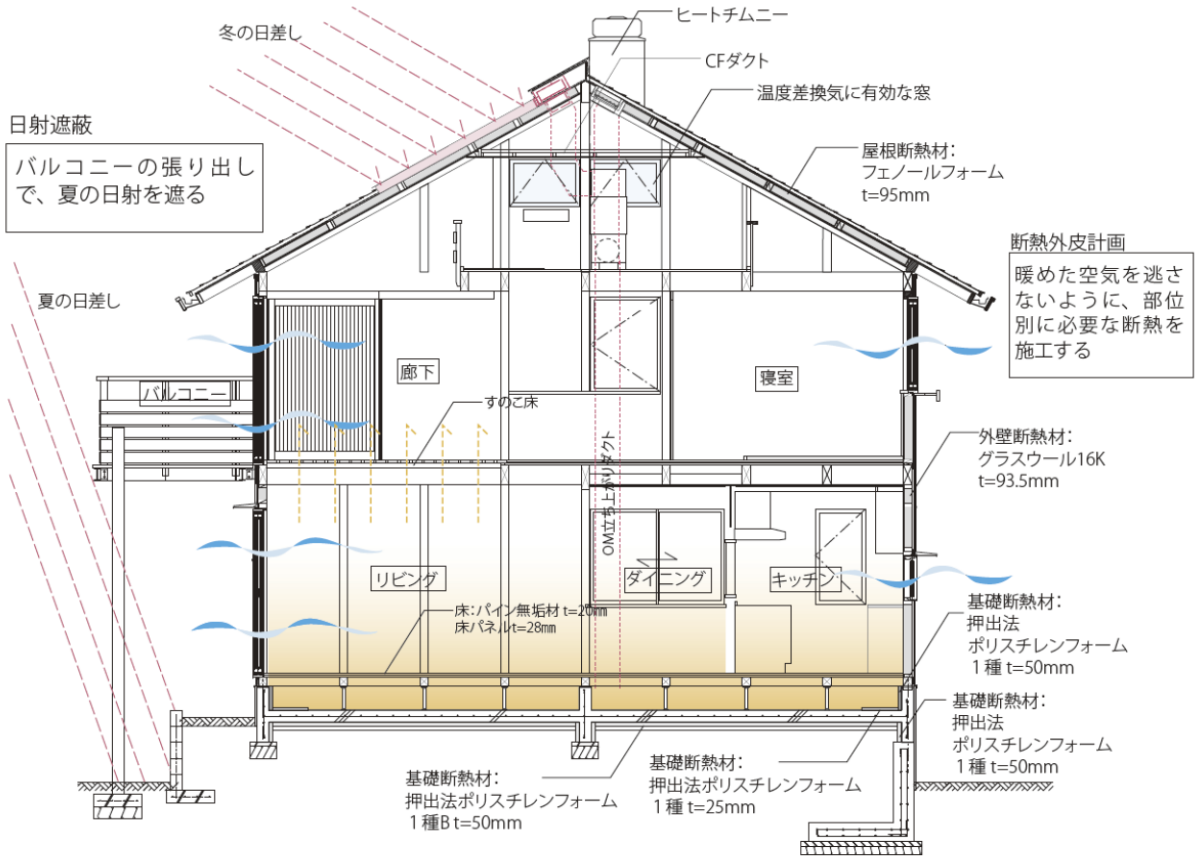


図 5.3.5 空気式集熱システム、昼光利用、自然風の利用

2）結果の概要

この住宅も断熱外皮計画で平成11年省エネ基準を超えるレベルとしているため暖房エネルギー削減量が大きく、また、家電についても効果的な機器を導入していることから削減量が大きい。一方、空気集熱式のソーラーシステムは暖房・給湯に活用されているが現状の評価手法ではその効果が見込まれていないため実績値との誤差の要因となっている。特に給湯では設計値では削減がない想定となっているが、夏季には大きな集熱量があり、今後の検討課題と言える。

これに加えて、この住宅における居住者の住まい方として、暖房期でも比較的低い気温で過ごしていることが多いなどの要因も含まれているが、実績値では設計値よりもさらに低い年間1次エネルギー消費量となった。

表 5.3.5　採用手法と省エネルギー効果の推計

採用手法と省エネルギー効果の推計

用途	要素技術	レベル評価	エネルギー消費率	採用手法
暖房	断熱外皮計画	レベル４	0.45	平成 11 年省エネ基準を超える断熱性能
	日射熱の利用	レベル０	1	なし
	暖房設備計画	レベル１	0.8 ※1	高効率エアコンの採用（暖冷房平均 COP4.0 以上）＋空気集熱式ソーラーシステム
冷房	自然風の利用	レベル１	0.9	直接的な取込み＋温度差換気利用＋室内通風性能向上
	日射遮蔽手法	レベル３	0.55	樹脂サッシ＋低放射複層ガラス＋すだれ
	冷房設備計画	レベル１	0.8	高効率エアコンの採用（暖冷房平均 COP4.0 以上）
給湯	太陽熱給湯	レベル０	1 ※1	空気集熱式ソーラーシステム
	給湯設備計画	レベル０	1	なし
換気	換気設備計画	レベル１	0.7 ※1	換気方式の簡略化＋空気集熱式ソーラーシステムと連動した換気
照明	昼光利用	レベル３	0.9	LD・寝室２面＋その他居室２面、非居室１面採光
	照明設備計画	レベル０	1	なし
家電	高効率家電機器の導入	レベル２	0.6	2008 年製液晶テレビ＋ 2008 年製冷蔵庫＋ 2007 年製温水暖房便座
その他（調理）		レベル０	1	なし
電力	太陽光発電	レベル０	1	なし

※１空気集熱式ソーラーシステムは、「自立循環型住宅への設計ガイドライン」温暖地版では、要素技術として取り上げられていないため、レベル評価およびエネルギー消費率には反映しない。

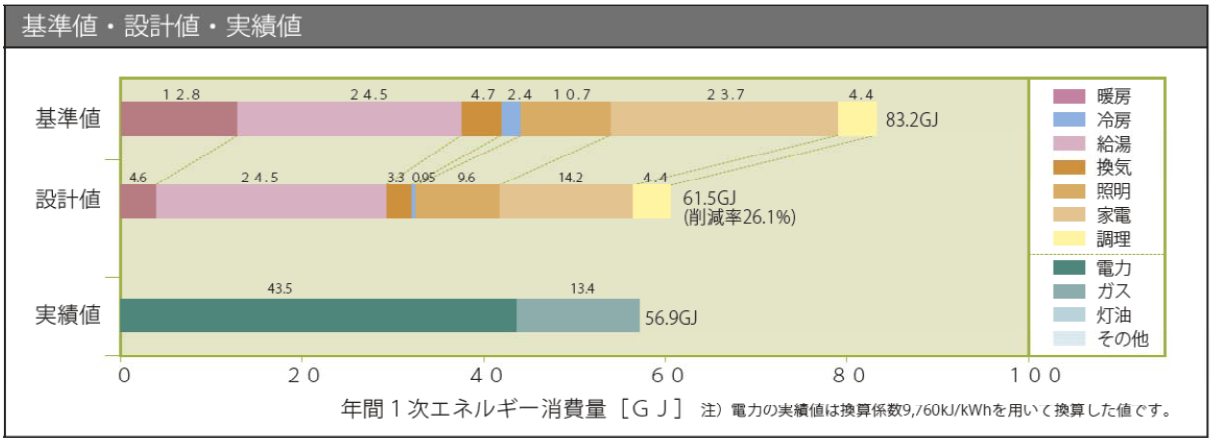


図 5.3.6　年間一次エネルギー消費量の基準値と設計値、実績値

5.3.3 M邸

1) 建物の概要

“都市にあってもエコライフを育み、楽しく永く住み継げるすまい” をコンセプトに建てられた木造枠組壁工法のモデルハウスである。無理な我慢をしない“快適・健康で省エネルギーなすまい”の実現に向け、“次世代省エネルギー基準を上回る住宅性能” ＋ “全館空調だからできる快適性＆都市でもオープンに過ごすことができる間取り” をベースとしている。シャープなデザインの庇や袖壁を利用したパッシブ設計技術や太陽光発電による創エネルギーに加え、夏期と冬期で使い分けができる半戸外空間“コンサバトリー” や排気ガスの出ない電気自動車を室内に取り込む“カースタジオ” を提案している。



図 5.3.7 外観

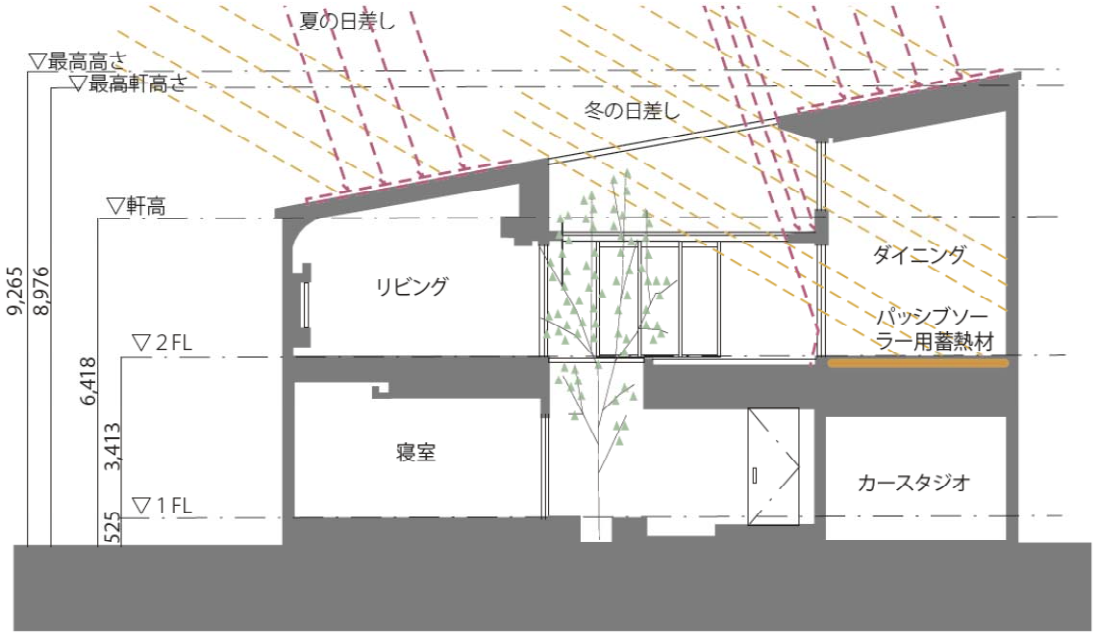


図 5.3.8 断面図

2) 結果の概要

モデルハウスのため居住状態による実績値はないが、設計値で見ると、やはりこの住宅でも断熱外皮計画で平成11年省エネ基準を超えるレベルとしていることから暖房エネルギー削減量が大きい。次に、給湯にも高効率給湯器を用いていることから削減量が大きい。そのほか、換気・家電も一次エネルギー削減に役立っている。全館空調システムではあるが、これらの削減により部分間欠暖冷房方式の基準値を下回る年間一次エネルギー消費量となっている。また、6kW を超える容量の太陽光発電を採用しているが、ガイドラインでは 4kW としてカウントされるため、実際には設計値で示したよりもさらに大きな削減量となる可能性がある。

表 5.3.6 採用手法と省エネルギー効果の推計

採用手法と省エネルギー効果の推計

用途	要素技術	レベル評価	エネルギー消費率	採用手法
暖房	断熱外皮計画	レベル 4	0.3	平成 11 年基準を超える断熱性能
	日射熱の利用	レベル 0	1	開口部の断熱性能向上
	暖房設備計画	レベル 2	0.8	COP4.57 ＋室別温度調節機能
冷房	自然風の利用	レベル 0	1	直接的な自然風の取り込み（開口部配置）＋間接的な自然風の取り込み（ウィンドキャッチャー）※
	日射遮蔽手法	レベル 3	0.55	アルミ・樹脂複合サッシ＋遮熱・断熱複層ガラス＋庇＋外付けブラインド
	冷房設備計画	レベル 2	0.8	COP3.73 ＋配管保温
給湯	太陽熱給湯	レベル 0	1	なし
	給湯設備計画	レベル 2	0.8	高効率給湯機の導入＋室別温度調節機能
換気	換気設備計画	レベル 2	0.6	ダクト式換気システムの適正化＋高効率機器の導入（セントラル式全熱交換型換気設備）
照明	昼光利用	レベル 1	0.98	I.D、老人室２面＋その他居室１面採光＋非居室１面採光（採光条件３）
	照明設備計画	レベル 1	0.7	高効率機器の採用＋多灯分散照明
家電	高効率家電機器の導入	レベル 1	0.8	2009 年製液晶テレビ＋瞬間湯沸かしタイプ温水暖房便座＋待機電力低減
その他（調理）		レベル 0	1	なし
電力	太陽光発電	レベル 2	—	発電容量：6.67kW

※自然風の利用は「全館連続暖冷房」のため評価できない。

基準値・設計値・実績値

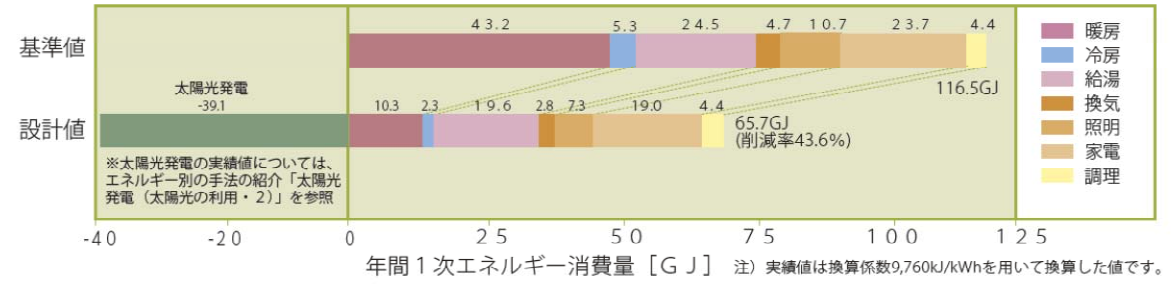


図 5.3.9 年間一次エネルギー消費量の基準値と設計値

5.4 まとめ

まず初めに、効果検証のレベルとして3段階を示した。その後、詳細レベルの検証を行い、特にこれまで評価対象としてこなかった空気式集熱システムについては、新たなガイドラインに組み込めるような情報を収集できた。また、その他、各種の条件における計測結果からエネルギー消費の詳細に関する情報等を多く得ることができた。

しかしながら、測定できた件数があまり多くはなく、大規模な簡易レベル調査も実施することができなかったため、住宅規模やライフスタイルなどの違いによる年間一次エネルギー消費量の補正方法にまでは到達することができなかった。今後はさらなる情報の収集とともに、既存情報も活用しながらガイドラインにおける設計値の補正方法などについて検討を加えていく必要がある。

執筆者一覧

（所属は平成 24 年 6 月現在）

目　　次	執筆者
1. 研究概要	
2. 外皮に関する研究開発	
2.1 開口部における日射遮蔽の性能等に関する検討	齋藤 宏昭　足利工業大学（当時建築研究所） 伊藤 大輔　ものつくり大学
2.1.1 はじめに	
2.1.2 実験棟概要	
2.1.3 実験条件	
2.1.4 測定項目	
2.1.5 測定結果	
2.1.6 まとめ	
2.2 太陽熱利用による暖房負荷削減効果に関する検討	齋藤 宏昭　足利工業大学（当時建築研究所） 野中 俊宏　LIXIL
2.2.1 はじめに	
2.2.2 暖房負荷削減に関する数値計算を用いた検討	
2.2.3 暖房負荷削減に関する実証実験	
2.3 吹抜け空間の室内環境に関する検討	齋藤 宏昭　足利工業大学（当時建築研究所） 赤嶺 嘉彦　建築研究所 伊藤 大輔　ものつくり大学
2.3.1 はじめに	
2.3.2 実大実験棟における吹抜けの温熱環境の検討	
2.3.3 吹抜け空間の環境性能に関するアンケート調査	
2.3.4 まとめ	
2.4 小屋裏換気口の要求性能に関する検討	齋藤 宏昭　足利工業大学（当時建築研究所） 松岡 大介　ポラス暮し科学研究所
2.4.1 はじめに	
2.4.2 実験住宅における小屋裏温湿度環境の検討	
2.4.3 外部風を考慮したシミュレーション計算による小屋裏換気口の要求性能の検討	
2.4.4 まとめ	
2.5 陸屋根の防露措置・防露条件の整理に関する検討	齋藤 宏昭　足利工業大学（当時建築研究所） 西崎　久　住友林業
2.5.1 はじめに	
2.5.2 屋外実験棟における検討	
2.5.3 シミュレーション計算による検討	
2.5.4 まとめ	
2.6 外壁通気層における防露性能・断熱性能評価に関す検討	齋藤 宏昭　足利工業大学（当時建築研究所） 梅野 徹也　積水ハウス
2.6.1 はじめに	
2.6.2 通気量の実態把握	

<table>
<tr><td>2.6.3 通気層内温湿度の実態把握</td><td>齋藤 宏昭　足利工業大学(当時建築研究所)</td></tr>
<tr><td>2.6.4 通気層を有する外壁における外装材の断熱性能評価</td><td>梅野 徹也　積水ハウス</td></tr>
<tr><td>2.7 外壁断熱性能の簡易評価方法の開発</td><td rowspan="5">齋藤 宏昭　足利工業大学(当時建築研究所)
田坂 太一　建材試験センター</td></tr>
<tr><td>2.7.1 はじめに</td></tr>
<tr><td>2.7.2 簡易評価法の概要</td></tr>
<tr><td>2.7.3 簡易評価法の検証</td></tr>
<tr><td>2.7.4 まとめ</td></tr>
<tr><td>3. 設備に関する研究開発</td><td></td></tr>
<tr><td>3.1 通風利用によるよる省エネルギー効果等に関する検討</td><td></td></tr>
<tr><td>3.1.1 はじめに</td><td>西澤 繁毅　国土技術政策総合研究所
羽原 宏美　大阪大学大学院</td></tr>
<tr><td>3.1.2 集合住宅試験体の実証実験による省エネルギー効果の検討</td><td rowspan="5">西澤 繁毅　国土技術政策総合研究所</td></tr>
<tr><td>3.1.3 戸建住宅試験体の実証実験による省エネルギー効果の検討</td></tr>
<tr><td>3.1.4 開口部通過風量算定モデルに関する検討</td></tr>
<tr><td>3.1.5 夏期～中間期における窓開閉と冷房使用に関する調査</td></tr>
<tr><td>3.1.6 集合住宅における通風評価法に関する検討</td></tr>
<tr><td>3.2 換気設備の省エネルギー性能等に関する検討</td><td></td></tr>
<tr><td>3.2.1 はじめに</td><td rowspan="2">澤地 孝男　建築研究所
田島 充士　高知工科大学</td></tr>
<tr><td>3.2.2 実施内容</td></tr>
<tr><td>3.2.3 省エネ評価</td><td>澤地 孝男　建築研究所
村田さやか　北方建築総合研究所</td></tr>
<tr><td>3.2.4 まとめと課題</td><td>澤地 孝男　建築研究所
田島 充士　高知工科大学</td></tr>
<tr><td>3.3 給湯・コージェネの試験方法に関する検討</td><td></td></tr>
<tr><td>3.3.1 はじめに</td><td rowspan="6">前　真之　東京大学大学院
澤地 孝男　建築研究所
桑沢 保夫　建築研究所</td></tr>
<tr><td>3.3.2 実使用を考慮した試験条件の設定</td></tr>
<tr><td>3.3.3 模擬浴槽の開発</td></tr>
<tr><td>3.3.4 ガス瞬間式給湯機</td></tr>
<tr><td>3.3.5 石油瞬間式給湯機</td></tr>
<tr><td>3.3.6 ヒートポンプ給湯機</td></tr>
<tr><td>3.3.7 コージェネレーション</td><td></td></tr>
<tr><td>3.4 家庭用コージェネレーション機器の性能評価方法に関する検討</td><td></td></tr>
<tr><td>3.4.1 はじめに</td><td rowspan="4">住吉 大輔　九州大学大学院
澤地 孝男　建築研究所
桑沢 保夫　建築研究所</td></tr>
<tr><td>3.4.2 性能評価試験方法に関する検討</td></tr>
<tr><td>3.4.3 実機の測定による実働性能評価</td></tr>
<tr><td>3.4.4 ガスと電力のエネルギー消費量を分離する計算ロジックの作成</td></tr>
</table>

3.4.5 シミュレーションによる評価	住吉 大輔　九州大学大学院
3.4.6 まとめ	澤地 孝男　建築研究所 桑沢 保夫　建築研究所
3.5 暖冷房機器の効果的使用方法に関する検討	三浦 尚志　国土技術政策総合研究所
3.5.1 はじめに	
3.5.2 暖冷房機器の容量選定方法の提案	
3.5.3 暖冷房機器使い方	三浦 尚志　国土技術政策総合研究所
3.5.4 まとめ	
3.6 昼光利用及び照明機器利用の高度化に関する検討	三木 保弘　国土技術政策総合研究所
3.6.1 はじめに	三木 保弘　国土技術政策総合研究所 伊藤 大輔　ものつくり大学 野中 俊宏　LIXIL
3.6.2 要素技術の検討	三木 保弘　国土技術政策総合研究所 松下　進　松下進建築・照明設計室
3.6.3 設計法の提案	三木 保弘　国土技術政策総合研究所 後藤 浩一　積水ハウス 金谷 末子　金沢工業大学 檜山 智子　三菱地所ホーム
3.6.4 まとめ	三木 保弘　国土技術政策総合研究所
4. 生活モード・家電に関する研究開発	
4.1 家電消費電力量の推定方法の開発	
4.1.1 はじめに	
4.1.2 家電消費電力量に関する実測データの補充と既存データの再評価	澤地 孝男　建築研究所
4.1.3 家電消費電力量試算シートの作成及び計算結果の検証	
4.1.4 まとめ	
4.2 調理エネルギーの調査と分析	
4.2.1 はじめに	桑沢 保夫　建築研究所
4.2.2 既往調査の検討	室　恵子　足利工業大学
4.2.3 アンケート調査	今井 聡子　建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
4.2.4 まとめ	
5. 効果検証	
5.1 はじめに	
5.2 効果検証方法に関する提案、問題点等	
5.3 効果検証の結果の例	桑沢 保夫　建築研究所
5.3.1 S 邸	
5.3.2 T 邸	
5.3.3 M 邸	
5.4 まとめ	

研　究　組　織

（平成24年3月現在）敬称略

－自立循環型住宅開発委員会－

・全体委員会　委員長：坂本　雄三　東京大学大学院

・幹事会　委員長：坂本　雄三　東京大学大学院

－設計計画技術開発部会－

・部会長　秋元　孝之　芝浦工業大学

・戸建て住宅温暖地作業部会　主査：秋元　孝之　芝浦工業大学

・集合住宅作業部会　主査：秋元　孝之　芝浦工業大学

・戸建て住宅蒸暑地作業部会　主査：岩田　司　建築研究所

・プログラム作成作業部会　主査：三浦　尚志　国土技術政策総合研究所

－情報発信部会－

・部会長　坂本　雄三　東京大学大学院

・普及広報作業部会　主査：大倉　靖彦　アルセッド建築研究所

・効果検証作業部会　主査：桑沢　保夫　建築研究所

・空気式集熱ソーラーシステム WG　主査：桑沢　保夫　建築研究所

・WEB 作成作業部会　主査：三浦　尚志　国土技術政策総合研究所

－外皮に関する要素技術開発部会－

・部会長　齋藤　宏昭　建築研究所

・幹事会　主査：齋藤　宏昭　建築研究所

・開口部統合 WG（外皮 A1）　主査：伊藤　大輔　ものつくり大学

・太陽熱利用 WG（外皮 A2）　主査：野中　俊宏　ＬＩＸＩＬ

・吹抜け WG（外皮 A3）　主査：齋藤　宏昭　建築研究所

・小屋裏 WG（外皮 B1）　主査：松岡　大介　ポラス暮し科学研究所

・陸屋根 WG（外皮 B2）　主査：西崎　久　住友林業

・外壁（通気層）WG（外皮 B3）　主査：梅野　徹也　積水ハウス

・簡易評価 WG（外皮 C2）　主査：田坂　太一　建材試験センター

－設備に関する要素技術開発部会－

・部会長　岩本　靜男　神奈川大学

・幹事会　主査:前　真之 東京大学大学院

・通風　　通風合同 WG　主査：西澤　繁毅　国土技術政策総合研究所

・通風／冷房の使い方調査 WG（DWG）　主査：西澤　繁毅　国土技術政策総合研究所

・換気　　換気合同 WG　主査：田島　昌樹　国立保健医療科学院

・給湯　　給湯 WG（AWG）　主査：前　真之　東京大学大学院

・CO2HPWG（B1WG）　主査：前　真之　東京大学大学院

・燃焼式 WG（B2WG）　主査：前　真之　東京大学大学院

・太陽熱 WG（CWG）　主査：前　真之　東京大学大学院

・浴槽 WG（DWG）　主査：前　真之　東京大学大学院

・節湯 WG（EWG）

・給湯設計 WG（FWG）

・コジェネ　　試験モード検討 WG（AWG）　主査：住吉　大輔　九州大学大学院

・GE-CGS WG（B1WG）　主査：住吉　大輔　九州大学大学院

・PEFC-CGS WG（B2WG）　主査：住吉　大輔　九州大学大学院

・発展的活用法 WG（CWG）　主査：住吉　大輔　九州大学大学院

・暖冷房　　石油熱源機評価法作成 WG（A1WG）

・ルームエアコンディショナー 評価法作成 WG（A3WG）　主査：細井　昭憲　熊本県立大学

・ガス熱源機評価法作成 WG（A4WG）　主査：三浦　尚志　国土技術政策総合研究所

・温水ヒートポンプ熱源機 評価法作成 WG（A5WG）　主査：三浦　尚志　国土技術政策総合研究所

・暖冷房 BCD 合同 WG　主査：三浦　尚志　国土技術政策総合研究所

・照明　　照明合同 WG　主査：三木　保弘　国土技術政策総合研究所

－生活モード・家電部会－

・部会長　井上　隆　東京理科大学

・幹事会　主査:桑沢　保夫　建築研究所

・給湯モード WG　主査：前　真之　東京大学大学院

・家電 WG　主査：澤地　孝男　建築研究所

・生活スケジュール WG　主査：三浦　尚志　国土技術政策総合研究所

・調理 WG　主査：桑沢　保夫　建築研究所

－設計ガイドライン整備部会－

・部会長　澤地　孝男　建築研究所

研究主体　国土交通省国土技術政策総合研究所　　独立行政法人建築研究所

研究協力　　**学識者委員所属機関**（次頁以降の名簿参照）

参加企業

旭化成ホームズ株式会社	**東京ガス株式会社**
ＯＭソーラー株式会社	**東邦ガス株式会社**
大阪ガス株式会社	**株式会社ノーリツ**
関西電力株式会社	**パナソニック株式会社**
株式会社コロナ	**パナホーム株式会社**
西部ガス株式会社	**株式会社ポラス暮し科学研究所**
三協立山アルミ株式会社	**ミサワホーム株式会社**
ＪＸ日鉱日石エネルギー株式会社	**三井住友建設株式会社**
住友林業株式会社	**三菱地所株式会社**
積水化学工業株式会社	**三菱電機株式会社**
積水ハウス株式会社	**株式会社ＬＩＸＩＬ**
中部電力株式会社	**リンナイ株式会社**
株式会社デンソー	**ＹＫＫＡＰ株式会社**

研究協力　株式会社アルセッド建築研究所　株式会社建築環境ソリューションズ
株式会社アーキテック・コンサルティング

事務局　　**財団法人　建築環境・省エネルギー機構**

（平成 23 年度は一部の事務局を一般社団法人日本サステナブル建築協会にて実施した。）

委　員　名　簿（平成 24 年 3 月現在）

参加企業連絡担当者（平成 23 年度）

区　分	氏　名	所　属
委　員	千葉　陽輔	旭化成ホームズ
委　員	中村　正吾	OM ソーラー
委　員	西尾　雄彦	大阪ガス
委　員	木虎　久隆	関西電力
委　員	大橋　由宗	コロナ
委　員	櫻井　明秀	西部ガス
委　員	高橋　泰雄	三協立山アルミ
委　員	坂井　則和	ＪＸ日鉱日石エネルギー
委　員	西崎　　久	住友林業
委　員	堤　正一郎	積水化学工業
委　員	吉田　元紀	積水ハウス
委　員	釣　　祐二	中部電力
委　員	村端　秀峰	デンソー
委　員	大平　　昇	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
委　員	松田　昌明	ノーリツ
委　員	神野　　寧	パナソニック
委　員	佐藤　　寛	パナホーム
委　員	松岡　大介	ポラス暮し科学研究所
委　員	栗原　潤一	ミサワホーム
委　員	小林　　誠	三井住友建設
委　員	村上　剛志	三菱地所
委　員	佐藤　　務	三菱電機
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
委　員	洞谷　謙二	リンナイ
委　員	柳原　朋英	ＹＫＫＡＰ

略称

1) 北方建築総合研究所：
北海道立北方建築総合研究所

2) 国土技術政策総合研究所：
国土交通省国土技術政策総合研究所

幹事会

区　分	氏　名	所　属
委員長	坂本　雄三	東京大学大学院
顧　問	三井所清典	芝浦工業大学
委　員	秋元　孝之	芝浦工業大学
委　員	井上　　隆	東京理科大学
委　員	岩村　和夫	東京都市大学
委　員	岩本　静男	神奈川大学
委　員	大倉　靖彦	アルセッド建築研究所
委　員	大塚　雅之	関東学院大学
委　員	倉渕　　隆	東京理科大学
委　員	小玉祐一郎	神戸芸術工科大学
委　員	鈴木　大隆	北方建築総合研究所 1)
委　員	住吉　大輔	九州大学大学院
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	豊原　寛明	千葉県
委　員	羽原　宏美	大阪大学大学院
委　員	細井　昭憲	熊本県立大学
委　員	堀　　祐治	富山大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	岩田　　司	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
協力委員	三木　保弘	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	山口　克己	アルセッド建築研究所
事務局	永岡　洋二	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設計計画技術開発部会

区　分	氏　名	所　属
部会長	秋元　孝之	芝浦工業大学
委　員	坂本　雄三	東京大学大学院
委　員	小玉祐一郎	神戸芸術工科大学
委　員	鈴木　大隆	北方建築総合研究所 1)
委　員	本間　義規	岩手県立大学
委　員	前　真之	東京大学大学院
委　員	大倉　靖彦	アルセッド建築研究所
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	岩田　司	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	千葉　陽輔	旭化成ホームズ
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	田中　敏英	大阪ガス
委　員	宮崎　正博	関西電力
委　員	大橋　由宗	コロナ
委　員	大浦　豊	三協立山アルミ
委　員	根本　孝明	住友林業
委　員	堤　正一郎	積水化学工業
委　員	吉田　元紀	積水ハウス
委　員	大平　昇	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
委　員	松岡　大介	ポラス暮し科学研究所
委　員	栗原　潤一	ミサワホーム
委　員	小林　誠	三井住友建設
委　員	佐藤　務	三菱電機
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
委　員	洞谷　謙二	リンナイ
委　員	柳原　朋英	ＹＫＫＡＰ
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	山口　克己	アルセッド建築研究所
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	砂川　雅彦	砂川建築環境研究所
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	宮岡　大	東京大学大学院
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	中村美紀子	住環境計画研究所
事務局	永岡　洋二	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

集合住宅作業部会

区　分	氏　名	所　属
主　査	秋元　孝之	芝浦工業大学
副　査	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	鈴木　大隆	北方建築総合研究所 1)
委　員	大倉　靖彦	アルセッド建築研究所
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	岩田　司	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	山口　克己	アルセッド建築研究所
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	砂川　雅彦	砂川建築環境研究所
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	中村美紀子	住環境計画研究所
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

戸建て住宅蒸暑地作業部会

区　分	氏　名	所　属
主　査	岩田　司	建築研究所
委　員	堤　純一郎	琉球大学
委　員	内田　晃	北九州市立大学
委　員	鈴木　大隆	北方建築総合研究所 1)
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
協力委員	伊志嶺敏子	伊志嶺敏子建築設計事務所
協力委員	金城　優	門
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	山口　克己	アルセッド建築研究所
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	武田　光史	アルセッド建築研究所
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	砂川　雅彦	砂川建築環境研究所
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	三井所隆史	みいしょ計画研究所
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

プログラム作業部会

区　分	氏　名	所　属
主　査	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	秋元　孝之	芝浦工業大学
委　員	前　真之	東京大学大学院
委　員	大倉　靖彦	アルセッド建築研究所
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	宮田　征門	建築研究所
協力委員	宇田　渉	ユーワークス
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	山口　克己	アルセッド建築研究所
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	砂川　雅彦	砂川建築環境研究所
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

情報発信部会

区　分	氏　名	所　属
部会長	坂本　雄三	東京大学大学院
委　員	大倉　靖彦	アルセッド建築研究所
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	前　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	岩田　司	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	瀬戸　裕直	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	赤嶺　嘉彦	建築研究所
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	西尾　雄彦	大阪ガス
委　員	宮崎　正博	関西電力
委　員	南　裕介	積水ハウス
委　員	大平　昇	東京ガス
委　員	西口　一弘	東邦ガス
委　員	小林　誠	三井住友建設

委　員	村上　剛志	三菱地所
委　員	佐藤　　務	三菱電機
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
委　員	洞谷　謙二	リンナイ
委　員	柳原　朋英	ＹＫＫＡＰ
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	山口　克己	アルセッド建築研究所
事務局	永岡　洋二	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
委員兼事務局	青木　正論	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

普及広報作業部会

区　分	氏　名	所　　属
主　査	大倉　靖彦	アルセッド建築研究所
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	岩田　　司	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	山口　克己	アルセッド建築研究所
事務局	青木　正論	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

効果検証作業部会

区　分	氏　名	所　　属
主　査	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	細井　昭憲	熊本県立大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	服部　哲幸	イビケン
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	岩田　　司	建築研究所
委　員	瀬戸　裕直	建築研究所
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	赤嶺　嘉彦	建築研究所
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
事務局	青木　正論	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

空気式集熱ソーラーシステム WG 部会

区　分	氏　名	所　　属
主　査	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	赤嶺　嘉彦	建築研究所
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	盧　　炫佑	ＯＭソーラー
事務局	青木　正論	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

外皮に関する要素技術開発部会

区　分	氏　名	所　　属
部会長	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	本間　義規	岩手県立大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	望月　悦子	千葉工業大学
委　員	伊藤　大輔	ものつくり大学
委　員	田坂　太一	建材試験センター
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	瀬戸　裕直	建築研究所
委　員	三木　保弘	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	千葉　陽輔	旭化成ホームズ
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	向井　　正	大阪ガス
委　員	木場　将雄	関西電力
委　員	大浦　　豊	三協立山アルミ
委　員	中西　　功	ＪＸ日鉱日石エネルギー
委　員	西崎　　久	住友林業
委　員	堤　正一郎	積水化学工業
委　員	梅野　徹也	積水ハウス
委　員	大平　　昇	東京ガス
委　員	西口　一弘	東邦ガス
委　員	上門　一登	パナソニック
委　員	佐藤　　寛	パナホーム
委　員	松岡　大介	ポラス暮し科学研究所
委　員	林　　康治	ミサワホーム
委　員	小林　　誠	三井住友建設
委　員	村上　剛志	三菱地所
委　員	佐藤　　務	三菱電機
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
委　員	洞谷　謙二	リンナイ
委　員	柳原　朋英	ＹＫＫＡＰ
事務局	永岡　洋二	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	青木　正論	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

外皮に関する要素技術開発部会　幹事会

区　分	氏　名	所　　属
主　査	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	本間　義規	岩手県立大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	伊藤　大輔	ものつくり大学
委　員	田坂　太一	建材試験センター
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	瀬戸　裕直	建築研究所
委　員	三木　保弘	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	西崎　　久	住友林業
委　員	梅野　徹也	積水ハウス
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
委　員	松岡　大介	ポラス暮し科学研究所
事務局	青木　正論	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

外皮部会　開口部統合 WG(外皮 A1)

区　分	氏　名	所　　属
主　査	伊藤　大輔	ものつくり大学

委　員	前	真之	東京大学大学院
専門委員	河野	良坪	大阪工業大学
委　員	齋藤	宏昭	建築研究所
委　員	西澤	繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦	尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	中村	正吾	ＯＭソーラー
委　員	大浦	豊	三協立山アルミ
委　員	佐藤	寛	パナホーム
委　員	檜山	智子	三菱地所
委　員	野中	俊宏	ＬＩＸＩＬ
委　員	柳原	朋英	ＹＫＫＡＰ
事務局	青木	正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永	美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

外皮部会　太陽熱利用 WG（外皮 A2）

区　分	氏　名	所　属
主　査	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	前　真之	東京大学大学院
委　員	伊藤　大輔	ものつくり大学
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	大浦　豊	三協立山アルミ
委　員	大平　昇	東京ガス
委　員	檜山　智子	三菱地所
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

外皮部会　吹抜け WG（外皮 A3）

区　分	氏　名	所　属
主　査	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	前　真之	東京大学大学院
委　員	望月　悦子	千葉工業大学
委　員	伊藤　大輔	ものつくり大学
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	赤嶺　嘉彦	建築研究所
委　員	森戸　直美	旭化成ホームズ
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	大浦　豊	三協立山アルミ
委　員	大平　昇	東京ガス
委　員	松岡　大介	ポラス暮し科学研究所
委　員	檜山　智子	三菱地所
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	高瀬　幸造	東京大学大学院
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

外皮部会　小屋裏 WG（外皮 B1）

区　分	氏　名	所　属
主　査	松岡　大介	ポラス暮し科学研究所
委　員	本間　義規	岩手県立大学
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	瀬戸　裕直	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	西崎　久	住友林業
委　員	梅野　徹也	積水ハウス
委　員	佐藤　寛	パナホーム
委　員	村上　剛志	三菱地所
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

外皮部会　陸屋根 WG（外皮 B2）

区　分	氏　名	所　属
主　査	西崎　久	住友林業
委　員	本間　義規	岩手県立大学
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	瀬戸　裕直	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	千葉　陽輔	旭化成ホームズ
委　員	梅野　徹也	積水ハウス
委　員	佐藤　寛	パナホーム
委　員	松岡　大介	ポラス暮し科学研究所
委　員	村上　剛志	三菱地所
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

外皮部会　外壁（通気層）WG（外皮 B3）

区　分	氏　名	所　属
主　査	梅野　徹也	積水ハウス
委　員	本間　義規	岩手県立大学
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	瀬戸　裕直	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	木場　将雄	関西電力
委　員	西崎　久	住友林業
委　員	松岡　大介	ポラス暮し科学研究所
委　員	林　康治	ミサワホーム
委　員	村上　剛志	三菱地所
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

外皮部会　簡易評価 WG（外皮 C2）

区　分	氏　名	所　属
主　査	田坂　太一	建材試験センター
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	木場　将雄	関西電力
委　員	西崎　久	住友林業
委　員	上門　一登	パナソニック
委　員	佐藤　寛	パナホーム
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備に関する要素技術開発部会

区　分	氏　名	所　属
部会長	岩本　静男	神奈川大学
委　員	前　真之	東京大学大学院
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	細井　昭憲	熊本県立大学
委　員	羽原　宏美	大阪大学大学院
委　員	住吉　大輔	九州大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	三木　保弘	国土技術政策総合研究所 [2]
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 [2]
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 [2]
委　員	赤嶺　嘉彦	建築研究所
委　員	荻野　登司	建築研究所
委　員	千葉　陽輔	旭化成ホームズ
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	田中　敏英	大阪ガス
委　員	杉山　太	関西電力
委　員	大橋　由宗	コロナ
委　員	櫻井　明秀	西部ガス
委　員	高橋　泰雄	三協立山アルミ
委　員	小林　拡	ＪＸ日鉱日石エネルギー
委　員	宍戸　俊之	住友林業
委　員	朝桐　大介	積水化学工業
委　員	大野　範之	積水ハウス
委　員	釣　祐二	中部電力
委　員	村端　秀峰	デンソー
委　員	大平　昇	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
委　員	松田　昌明	ノーリツ
委　員	西山　吉継	パナソニック
委　員	辻　正雄	パナホーム
委　員	松本　泰輔	ポラス暮し科学研究所
委　員	太田　勇	ミサワホーム
委　員	小林　誠	三井住友建設
委　員	村上　剛志	三菱地所
委　員	佐藤　務	三菱電機
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
委　員	洞谷　謙二	リンナイ
委　員	柳原　朋英	ＹＫＫＡＰ
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	藤原　陽三	藤原環境科学研究所
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	加藤　正宣	ベターリビング
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　幹事会

区　分	氏　名	所　属
部会長	岩本　静男	神奈川大学
主　査	前　真之	東京大学大学院
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	住吉　大輔	九州大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	三木　保弘	国土技術政策総合研究所 [2)]
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 [2)]
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 [2)]
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　通風合同 WG

区　分	氏　名	所　属
主　査	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 [2)]
委　員	細井　昭憲	熊本県立大学
委　員	羽原　宏美	大阪大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 [2]
委　員	赤嶺　嘉彦	建築研究所
委　員	森戸　直美	旭化成ホームズ
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	盧　炫佑	ＯＭソーラー
委　員	山手　美穂	関西電力
委　員	高橋　泰雄	三協立山アルミ
委　員	竹内健一郎	住友林業
委　員	村上　剛志	三菱地所
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
委　員	柳原　朋英	ＹＫＫＡＰ
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	岸田　真一	住環境計画研究所
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　通風／冷房の使い方調査 WG（通風 DWG）

区　分	氏　名	所　属
主　査	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 [2]
委　員	細井　昭憲	熊本県立大学
委　員	羽原　宏美	大阪大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	赤嶺　嘉彦	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 [2]
委　員	森戸　直美	旭化成ホームズ
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	高橋　泰雄	三協立山アルミ
委　員	村上　剛志	三菱地所
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　換気合同 WG

区　分	氏　名	所　属
主　査	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	村田さやか	北方建築総合研究所 [1)]
委　員	前　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 [2)]
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 [2)]
委　員	柏原　誠一	旭化成ホームズ
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	盧　炫佑	ＯＭソーラー
委　員	石田　直哉	関西電力
委　員	竹内健一郎	住友林業
委　員	松岡由紀子	東京ガス
委　員	辻　正雄	パナホーム

委　員	松岡	大介	ポラス暮し科学研究所
委　員	野田	将樹	ポラス暮し科学研究所
委　員	太田	勇	ミサワホーム
委　員	村上	剛志	三菱地所
委　員	佐藤	務	三菱電機
委　員	大西	茂樹	三菱電機
委　員	洞谷	謙二	リンナイ
協力委員	峰野	悟	建築環境ソリューションズ
協力委員	金	秀耿	建築環境ソリューションズ
事務局	青木	正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永	美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　給湯 WG（給湯 AWG）

区　分	氏　名	所　属
主　査	前　真之	東京大学大学院
委　員	岩本 靜男	神奈川大学
委　員	住吉 大輔	九州大学大学院
委　員	澤地 孝男	建築研究所
委　員	桑沢 保夫	建築研究所
委　員	三浦 尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	石村 修一	旭化成ホームズ
委　員	盧　炫佑	ＯＭソーラー
委　員	阿部 哲二	大阪ガス
委　員	杉山　太	関西電力
委　員	大橋 由宗	コロナ
委　員	山本 克也	西部ガス
委　員	小林　拡	ＪＸ日鉱日石エネルギー
委　員	宍戸 俊之	住友林業
委　員	釣　祐二	中部電力
委　員	村端 秀峰	デンソー
委　員	松岡由紀子	東京ガス
委　員	吉村 正博	東邦ガス
委　員	松田 昌明	ノーリツ
委　員	西山 吉継	パナソニック
委　員	太田　勇	ミサワホーム
委　員	佐藤　務	三菱電機
委　員	嶋崎　勝	リンナイ
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	福澤　清	ガスター
事務局	青木 正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永 美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　CO2HP WG（給湯 B1WG）

区　分	氏　名	所　属
主　査	前　真之	東京大学大学院
委　員	岩本 靜男	神奈川大学
委　員	住吉 大輔	九州大学大学院
委　員	澤地 孝男	建築研究所
委　員	桑沢 保夫	建築研究所
委　員	三浦 尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	小川 芳樹	関西電力
委　員	反町 俊之	コロナ
委　員	釣　祐二	中部電力
委　員	村端 秀峰	デンソー
委　員	西山 吉継	パナソニック
委　員	平岡　宗	三菱電機
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	坂本 真一	ダイキン工業
	小山 淳一	電気事業連合会
事務局	青木 正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永 美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　燃焼式 WG（給湯 B2WG）

区　分	氏　名	所　属
主　査	前　真之	東京大学大学院
委　員	岩本 靜男	神奈川大学
委　員	住吉 大輔	九州大学大学院
委　員	澤地 孝男	建築研究所
委　員	桑沢 保夫	建築研究所
委　員	三浦 尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	阿部 哲二	大阪ガス
委　員	加藤 克則	コロナ
委　員	山本 克也	西部ガス
委　員	中西　功	ＪＸ日鉱日石エネルギー
委　員	松岡由紀子	東京ガス
委　員	吉村 正博	東邦ガス
委　員	松田 昌明	ノーリツ
委　員	嶋崎　勝	リンナイ
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	福澤　清	ガスター
事務局	青木 正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永 美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　太陽熱 WG（給湯 CWG）

区　分	氏　名	所　属
主　査	前　真之	東京大学大学院
委　員	岩本 靜男	神奈川大学
委　員	住吉 大輔	九州大学大学院
委　員	澤地 孝男	建築研究所
委　員	桑沢 保夫	建築研究所
委　員	三浦 尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	石村 修一	旭化成ホームズ
委　員	阿部 哲二	大阪ガス
委　員	小川 芳樹	関西電力
委　員	丸山 和彦	コロナ
委　員	山本 克也	西部ガス
委　員	坂井 則和	ＪＸ日鉱日石エネルギー
委　員	松岡由紀子	東京ガス
委　員	吉村 正博	東邦ガス
委　員	荒井 達朗	ノーリツ
委　員	野中 俊宏	ＬＩＸＩＬ
委　員	中島 忠司	リンナイ
事務局	青木 正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永 美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　浴槽 WG（給湯 DWG）

区　分	氏　名	所　属
主　査	前　真之	東京大学大学院
委　員	岩本 靜男	神奈川大学
委　員	住吉 大輔	九州大学大学院
委　員	澤地 孝男	建築研究所
委　員	桑沢 保夫	建築研究所
委　員	三浦 尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	阿部 哲二	大阪ガス
委　員	小川 芳樹	関西電力
委　員	大橋 由宗	コロナ
委　員	山本 克也	西部ガス
委　員	小林　拡	ＪＸ日鉱日石エネルギー

委　員	釣　　祐二	中部電力
委　員	村端　秀峰	デンソー
委　員	松岡由紀子	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
委　員	田村　　朗	ノーリツ
委　員	畝崎　史武	三菱電機
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	福澤　　清	ガスター
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　節湯 WG(給湯 EWG)

設備部会　給湯設計 WG(給湯 FWG)

設備部会　試験モード検討(コジェネ AWG)

区　分	氏　名	所　　属
主　査	住吉　大輔	九州大学大学院
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	荻野　登司	建築研究所
委　員	阿部　哲二	大阪ガス
委　員	小川　芳樹	関西電力
委　員	山本　克也	西部ガス
委　員	小林　　拡	ＪＸ日鉱日石エネルギー
委　員	大平　　昇	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
委　員	太田　　勇	ミサワホーム
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　GE-CGSWG(コジェネ B1WG)

区　分	氏　名	所　　属
主　査	住吉　大輔	九州大学大学院
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	阿部　哲二	大阪ガス
委　員	山本　克也	西部ガス
委　員	大平　　昇	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
委　員	荒井　達朗	ノーリツ
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　PEFV-CGSWG(コジェネ B2WG)

区　分	氏　名	所　　属
主　査	住吉　大輔	九州大学大学院
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	阿部　哲二	大阪ガス
委　員	山本　克也	西部ガス
委　員	中西　　功	ＪＸ日鉱日石エネルギー
委　員	大平　　昇	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　発展的活用法検討(コジェネ CWG)

区　分	氏　名	所　　属
主　査	住吉　大輔	九州大学大学院
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	阿部　哲二	大阪ガス
委　員	小川　芳樹	関西電力
委　員	山本　克也	西部ガス
委　員	中西　　功	ＪＸ日鉱日石エネルギー
委　員	大平　　昇	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会 石油熱源機評価法作成 WG(暖冷房 A1WG)

設備部会　ﾙｰﾑｴｱｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅｰ評価法作成 WG(暖冷房 A3WG)

区　分	氏　名	所　　属
主　査	細井　昭憲	熊本県立大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	荻野　登司	建築研究所
委　員	西尾　雄大	関西電力
委　員	釣　　祐二	中部電力
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会 ガス熱源機評価法作成 WG(暖冷房 A4WG)

区　分	氏　名	所　　属
主　査	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	窪田　明美	大阪ガス
委　員	吉竹　史郎	西部ガス
委　員	大平　　昇	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　温水ヒートポンプ熱源機評価法作成 WG(暖冷房 A5WG)

区　分	氏　名	所　　属
主　査	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	岩本　静男	神奈川大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	住吉　大輔	九州大学大学院
委　員	桑沢　保夫	建築研究所

委　員	赤嶺　嘉彦	建築研究所
委　員	荻野　登司	建築研究所
委　員	叶　喜代森	関西電力
委　員	山口　正巳	コロナ
委　員	佐藤　　務	三菱電機
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　暖冷房 BCD 合同 WG

区　分	氏　名	所　　属
主　査	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	細井　昭憲	熊本県立大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	赤嶺　嘉彦	建築研究所
委　員	荻野　登司	建築研究所
委　員	伊藤　康之	旭化成ホームズ
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	盧　　炫佑	ＯＭソーラー
委　員	窪田　明美	大阪ガス
委　員	光野　茂生	関西電力
委　員	西尾　雄大	関西電力
委　員	叶　喜代森	関西電力
委　員	大橋　由宗	コロナ
委　員	吉竹　史郎	西部ガス
委　員	宍戸　俊之	住友林業
委　員	釣　　祐二	中部電力
委　員	大平　　昇	東京ガス
委　員	西口　一弘	東邦ガス
委　員	松岡　大介	ポラス暮し科学研究所
委　員	松本　泰輔	ポラス暮し科学研究所
委　員	川上　隆士	ミサワホーム
委　員	村上　剛志	三菱地所
委　員	佐藤　　務	三菱電機
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	岸田　真一	住環境計画研究所
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	高瀬　幸造	東京大学大学院
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

設備部会　照明合同 WG

区　分	氏　名	所　　属
主　査	三木　保弘	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	中村　芳樹	東京工業大学大学院
委　員	金谷　末子	金沢工業大学
委　員	岩本　静男	神奈川大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	伊藤　大輔	ものつくり大学
委　員	齋藤　宏昭	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	加藤　未佳	建築研究所
委　員	菅野　　普	旭化成ホームズ
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	福永　　浩	関西電力
委　員	後藤　浩一	積水ハウス
委　員	檜山　智子	三菱地所
委　員	野中　俊宏	ＬＩＸＩＬ
協力委員	松下　　進	松下進建築・照明設計室
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	是永　美樹	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

生活モード・家電部会

区　分	氏　名	所　　属
主　査	井上　　隆	東京理科大学
委　員	堀　　祐治	富山大学
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	三木　保弘	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	阿部　哲二	大阪ガス
委　員	宮崎　正博	関西電力
委　員	大橋　由宗	コロナ
委　員	櫻井　明秀	西部ガス
委　員	小林　　拡	ＪＸ日鉱日石エネルギー
委　員	宍戸　俊之	住友林業
委　員	杉村　保人	積水ハウス
委　員	釣　　祐二	中部電力
委　員	村端　秀峰	デンソー
委　員	松岡由紀子	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
委　員	片岡　　章	パナソニック
委　員	野田　将樹	ポラス暮し科学研究所
委　員	栗原　潤一	ミサワホーム
委　員	小林　　誠	三井住友建設
委　員	佐藤　　務	三菱電機
委　員	洞谷　謙二	リンナイ
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

生活モード・家電部会幹事会

区　分	氏　名	所　　属
主　査	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	井上　　隆	東京理科大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	三木　保弘	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	西澤　繁毅	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

生活モード・家電部会　給湯モード WG

区　分	氏　名	所　　属
主　査	前　　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	盧　　炫佑	ＯＭソーラー

委　員	阿部　哲二	大阪ガス
委　員	小川　芳樹	関西電力
委　員	大橋　由宗	コロナ
委　員	山本　克也	西部ガス
委　員	釣　　祐二	中部電力
委　員	村端　秀峰	デンソー
委　員	松岡由紀子	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
委　員	野田　将樹	ポラス暮し科学研究所
委　員	畝崎　史武	三菱電機
委　員	中島　忠司	リンナイ
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

生活モード・家電部会　家電 WG

区　分	氏　名	所　　属
主　査	澤地　孝男	建築研究所
委　員	堀　　祐治	富山大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	羽原　宏美	大阪大学大学院
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	盧　　炫佑	ＯＭソーラー
委　員	阿部　哲二	大阪ガス
委　員	宮崎　正博	関西電力
委　員	山本　克也	西部ガス
委　員	林　　直樹	三菱電機
委　員	洞谷　謙二	リンナイ
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	淺田　秀男	ｱｰｷﾃｯｸ･ｺﾝｻﾙﾃｨﾝｸﾞ
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	岸田　真一	住環境計画研究所
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

生活モード・家電部会幹事会　家電 WG 幹事会

区　分	氏　名	所　　属
主　査	澤地　孝男	建築研究所
委　員	堀　　祐治	富山大学
ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ	淺田　秀男	ｱｰｷﾃｯｸ･ｺﾝｻﾙﾃｨﾝｸﾞ
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

生活モード・家電部会　生活スケジュール WG

区　分	氏　名	所　　属
主　査	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	中村　正吾	ＯＭソーラー
委　員	阿部　哲二	大阪ガス
委　員	小川　芳樹	関西電力
委　員	大橋　由宗	コロナ
委　員	山本　克也	西部ガス
委　員	釣　　祐二	中部電力
委　員	松岡由紀子	東京ガス
委　員	吉村　正博	東邦ガス
委　員	野田　将樹	ポラス暮し科学研究所
委　員	栗原　潤一	ミサワホーム
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	岸田　真一	住環境計画研究所
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構

生活モード・家電部会　調理 WG

区　分	氏　名	所　　属
主　査	桑沢　保夫	建築研究所
委　員	井上　　隆	東京理科大学
委　員	室　　恵子	足利工業大学
委　員	前　　真之	東京大学大学院
委　員	田島　昌樹	国立保健医療科学院
委　員	澤地　孝男	建築研究所
委　員	三浦　尚志	国土技術政策総合研究所 2)
委　員	高倉　美香	大阪ガス
委　員	木虎　久隆	関西電力
委　員	丹生　慎吾	西部ガス
委　員	松岡由紀子	東京ガス
委　員	西口　一弘	東邦ガス
委　員	片岡　　章	パナソニック
委　員	林　　直樹	三菱電機
委　員	洞谷　謙二	リンナイ
事務局	青木　正諭	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構
事務局	今井　聡子	建築環境・省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構