

I S S N 1 8 8 0 - 0 1 1 4

国総研プロジェクト研究報告第58号

平成 2 9 年 1 0 月

国土技術政策総合研究所 プロジェクト研究報告

PROJECT RESEARCH REPORT of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.58

October 2017

業務用建築の省エネルギー性能に係る
総合的評価手法及び設計法に関する研究

Research on a Comprehensive Evaluation Method and Design Method
Related to Energy Conservation Performance of Non-residential Buildings

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

業務用建築の省エネルギー性能に係る
総合的評価手法及び設計法に関する研究

澤地孝男 (2008 年 4 月～2009 年 3 月)

*

西山功 (2009 年 3 月～2011 年 3 月)

**

Research on a Comprehensive Evaluation Method and Design Method
Related to Energy Conservation Performance of Non-residential Buildings

Takao Sawachi (Apr. 2008-Mar. 2009)

Isao Nishiyama (Apr. 2009-Mar. 2011)

概要

研究課題「業務用建築の省エネルギー性能に係る総合的評価手法及び設計法に関する研究」では、平成 20 年度から 22 年度にかけて、業務用建築の省エネ措置とエネルギー消費削減量の関係を明確にする技術的基盤の整備を目指して検討を行ってきた。本報告書では、

- ①設備の実使用条件下動作性状に関する既存データの収集調査
 - ②中央式空調システムの実使用条件下における特性計測
 - ③建築内部使用機器の消費電力計測
- についてとりまとめている。

キーワード : 業務用建築 設備 省エネルギー性能

Synopsis

Relation between the energy saving techniques and the effect based on the actual performance is examined in "Research on a Comprehensive Evaluation Method and Design Method Related to Energy Conservation Performance of Non-residential Buildings (FY 2008 - 2010)". This report presents three topics.

- 1.Research of the existing database about the actual performance of buildings and equipments.
- 2.Measurement of the central air-conditioning system
- 3.Electric power consumption of devices in the commercial buildings

Key Words : Non-residential Buildings, Equipment, Energy Saving Performance.

*

建築研究部 建築新技術研究官
(当時)

Research Coordinator for
Advanced Building Technology,
Building Department

**

建築研究部長(当時)

Director of Building Department

担当研究者一覧

プロジェクトリーダー

澤地孝男(2008 年 4 月～2009 年 3 月) 平成 20 年度

西山功(2009 年 4 月～2011 年 3 月) 平成 21 年度～22 年度

担当者

丸山素道(2008 年 4 月～2009 年 3 月) H20

足永靖信(2009 年 4 月～2011 年 3 月) H21～22

倉山千春(2008 年 4 月～2011 年 3 月) H20～22

西澤繁毅(2008 年 4 月～2011 年 3 月) H20～22

三木保弘(2008 年 4 月～2011 年 3 月) H20～22

田島昌樹(2008 年 4 月～2009 年 3 月) H20

三浦尚志(2009 年 4 月～2011 年 3 月) H21～22

目次

第1章 全体概要	1
1.1 背景と目的	1
1.2 構成	2
第2章 設備の実使用条件下動作性状に関する既存データの収集調査	4
2.1 前提となる統計	4
2.2 学識経験者らへの意見聴取	6
2.3 調査結果	7
2.3.1 日本建築学会に発表されている論文	7
2.3.2 空気調和・衛生工学会の竣工設備データ	8
2.3.3 国土交通省保全実態調査	10
2.3.4 都内大規模事業所における温室効果ガス排出実態調査	11
2.3.5 非住宅建築物の環境関連データベース(DECC)	13
2.3.6 民生部門エネルギー消費実態調査	16
2.4 国内既存データベースの詳細さによる整理	19
2.4.1 基礎調査レベルの結果をとりまとめたデータベース	19
2.4.2 標準調査レベルの結果をとりまとめたデータベース	22
2.4.3 詳細調査レベルの結果をとりまとめたデータベース	25
2.5 設備の実使用条件下動作性状に関する既存データの収集における課題	26
2.5.1 データ収集に関する課題	26
2.5.2 多数のデータの収集を行う際の課題	27
2.5.3 データベースの統合管理	28
第3章 中央式空調システムの実使用条件下における特性計測	
3.1 建物Aにおける熱源性能・負荷に関する検討	29
3.1.1 空調システムの概要	29
3.1.2 測定結果の分析	31
3.1.3 まとめ	44
3.2 建物Tにおける熱源性能・負荷に関する検討	45
3.2.1 空調システムの概要	45
3.2.2 測定データの分析方法	47
3.2.3 暖房時の分析	49
3.2.4 冷房時の分析	58
3.2.5 まとめ	69
3.3 建物Tにおける詳細計測による熱源性能・負荷に関する検討	70
3.3.1 空調システムと計測の概要	70
3.3.2 暖房時測定結果の分析	72
3.3.3 冷房時測定結果の分析	85

3.3.4 中央監視室で記録されたデータの検証	99
3.3.5 まとめ	102
第4章 建築内部使用機器の消費電力計測	103
4.1 コンピュータのエネルギー消費特性の計測	103
4.1.1 測定対象機器	103
4.1.2 測定概要	104
4.1.3 測定結果の分析	105
4.1.4 コンピュータの電力消費量予測モデル作成のための分析	110
4.1.5 まとめ	113
4.2 コピー機／プリンタのエネルギー消費特性の計測	114
4.2.1 測定対象機器	114
4.2.2 測定概要	115
4.2.3 測定結果の分析	115
4.2.4 コピー機／プリンタの電力消費量予測モデル作成のための分析	128
4.2.5 まとめ	139
4.3 冷凍冷蔵設備のエネルギー消費特性の計測	140
4.3.1 測定対象機器	140
4.3.2 測定概要	140
4.3.3 測定結果の分析	141
4.3.4 まとめ	143
第5章 総括	144
参考文献・関連発表論文	145

第1章 全体概要

1.1 背景と目的

「業務その他部門(事務所建築、商業建築等)」におけるエネルギー消費に起因する二酸化炭素排出量は「家庭部門」を上回る顕著な増加傾向にある(2005年度で1990年比44.6%増)。

一方で、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第三作業部会(対策)による2007年5月の報告書によれば、建築部門においては2030年までにコスト妥当性をもって約30%の削減が可能とされ、また「2050日本低炭素社会シナリオ(国立環境研究所他、2007年2月)」においても40%の削減が可能であると評価されており、同部門の対策を加速する国が現れ始めると考えられる。

また、2005年の英国G8サミットで作成されたグレンイーグルス行動計画に沿い、2008年の洞爺湖サミットにおいて各国のエネルギー効率指標や有望技術の抽出等に関する報告が議題となったほか、米国を中心とした京都議定書を補完する「クリーン開発と気候変動に関するアジア・太平洋パートナーシップ」、欧州連合における「建築の省エネルギー性能に関する指令」に沿った先鋭的な施策の開始等の国際的動向も注目する必要がある。

さらに、2007年5月のドイツ・ハイリゲンダムサミットにおいて「2050年までに地球規模での排出を少なくとも半減させることを含む、EU、カナダ、日本による決定を真剣に検討する」との共同声明が出されており、2008年の洞爺湖サミットも受けてわが国のイニシアチブを強固なものにしてゆかねばならない状況にある。

このような状況下においては、「業務その他部門」の省エネルギー・二酸化炭素排出削減対策について、わが国としての十分な備えを行なうことが不可欠となっている。建築部門に関して、「実効性のあるどのような要素技術の適用を推進して、どのような基準・制度を構築することによって、どの程度の削減を目指すべきであるか」を明らかにしておくことが重要である。

住宅・建築分野の省エネ対策としては、①省エネ法に基づき、建築主に省エネ措置の努力義務をかけるとともに、国が省エネ措置に関する建築主の判断基準を制定、②住宅性能表示制度、CASBEE(建築物総合環境性能評価システム)による、省エネ性能の情報発信、住宅金融支援機構、日本政策投資銀行による低利融資、地域住宅交付金等による助成が行われている。

省エネ措置に関する技術的動向に関しては、住宅(戸建)について当研究所が実証的裏付けを持った高精度な省エネ基準・設計ガイドラインを開発しており、その一部は、平成18年度の省エネルギー基準の抜本的見直し等の具体的施策の実現プロセスにおいて活用されているとともに、上述の「2050日本低炭素社会シナリオ」においても50%削減可能の根拠として参照されるなど、活用されつつある。また、その成果は、さらなる普及を図るため、「自立循環型住宅への設計ガイドラインーエネルギー消費50%削減を目指す住宅設計ー」としてとりまとめている。

一方で、建築物(非住宅)の省エネ基準については、現行の省エネ基準で想定している建物の使用条件が固定的で、使用条件を加味した省エネ対策が評価されていない、小規模建築物(延床面積2,000m²未満)の省エネ基準が未整備といった課題が山積している。

本研究課題「業務用建築の省エネルギー性能に係る総合的評価手法及び設計法に関する研究」は、これまでに行ってきた住宅を対象とした省エネルギー性能向上技術・二酸化炭素排出削減対策の開発を踏まえ、対象を住宅から事務所・店舗・ホテル・病院・学校等のいわゆる業務用建築(「業務その他部門」の発生要因に対応する)に拡大するために、平成20年度から22年度にかけて研究を行ったものである。業務用建築には、異なる専門家と業界が設計・建設を担っている点、建物の規模や使用形態が異なる点、等で住宅とは異なっており、費用対効果の高い二酸化炭素排出削減対策をとるためには、これまでの評価指標及び設計手法のあり方を検討するとともに、高水準の基準及び制度構築を行なうための技術的基盤を整備する必要がある。

本研究では、業務用建築を対象とした省エネルギー評価指標の高精度化を目指し、設計仕様毎の省エネ性評価に基づいた設計手法をとりまとめ実務者へ提供することを目的とし、省エネ措置とエネルギー消費削減量の関係を明確にする技術的基盤の整備のため、以下の3項目について検討を進めてきた。

- ① 設備の実使用条件下動作性状に関する既存データの収集調査
- ② 中央式空調システムの実使用条件下における特性計測
- ③ 建築内部使用機器の消費電力の評価

なお、本研究が実施された平成20年～平成22年のうち、主に前半の①②における成果を活用し、国土交通省建築基準整備促進事業の調査事項「22 業務用建築物の省エネルギー基準に関する検討」(平成21年～22年度)において、幅広い用途の業務用建物に関する計測を行う大規模な研究が根拠の明らかな研究として実施されている。本研究は、後述するように既存データ収集調査(①)を行った上での、研究実施主体の建物による設備の詳細な省エネ特性計測(②)を重要な根拠として明らかにしたものであり、一方、上記建築基準整備促進事業での計測は、民間企業の建物を対象とし、問題点などを含む設備の省エネ特性の詳細は不明なデータであるが、建物用途と測定項目について幅広く計測したものとして、相互に補完する内容として位置付けられる。また、これらの規模の業務用建築物の調査は本研究報告発行時までになされておらず、非常に有用なデータであるといえる。

加えて、本研究では、建築内部使用機器の消費電力の評価(③)に関しては、OA機器の消費電力のモデル化まで行っていることから、これも、これまでにない有用な知見である。

1.2 構成

本研究報告では、本研究課題で取り組んだ下記の3項目についてまとめている。以下、構

成を記す。

(1) 設備の実使用条件下動作性状に関する既存データの収集調査(2章)

建物所有管理者、研究機関研究者を対象に、業務用建築の設備の実使用条件下動作性状に関する既往のデータについて聞き取り調査を行い、既存のデータおよびデータベースの規模、項目、対象範囲、信頼性、詳細さ等を確認し、現況について整理した。また、建築・設備のシステムとしての性能の評価における既存のデータの限界・課題を抽出し整理した。

(2) 中央式空調システムの実使用条件下における特性計測(3章)

中央式空調設備を導入する研究実施主体の建物2棟において、通常の監視業務で取得しているデータを中心に、熱源等のエネルギー消費量と供給熱量のデータから、熱源機等の運転状況と対応した特性を整理するとともに、空調システムの効率について検討を行った。また、建物1棟については、熱源等のエネルギー消費量と供給熱量の詳細な計測を追加して実施して、機器のエネルギー消費特性と供給熱量、システム効率について検討を行うとともに、監視データと対照して運転状況ならびに監視データの問題点を確認し、既存データを活用する際の課題の事例として整理をしている。

(3) 建築内部使用機器の消費電力計測(4章)

事務所等で使用されるOA機器類(コンピュータ、プリンタ等)、小売店舗の食品保存設備、等を対象に消費電力の計測を実施し、電力負荷ならびに空調負荷を発生する機器類について実使用状況に応じた電力消費量の特性・予測モデルを整理した。

第2章 設備の実使用条件下動作性状に関する既存データの収集調査

業務用建築には、住宅とは異なる専門家と業界が設計・建設を担っている点、建物の規模や使用形態が住宅とは異なる点等があり、費用対効果の高い二酸化炭素排出削減対策を検討するためには、業務用建築の設備に関して、これまでにどのようなデータが蓄積されているかを把握する必要がある。

本章では、業務用建築の設備に係る実使用条件下動作性状に関するデータの収集状況を確認するために、有識者に意見聴取を行って広く意見を聴取し、個別のデータならびに集積されたデータ(データベース)の現況について記す。また、既存のデータの限界・課題を抽出し整理を行っている。

2.1 前提となる統計

わが国における建築物の総数(ストック)については、実際の全数調査で把握されているものは存在しておらず、各種統計から現在の建築物総数は推測されている。

ここでは、建築物ストック統計研究会による建築物の延床面積での推計を表2.1.1に、また用途の割合を図2.1.1に示す。

これによれば、全国で、約17.6億 m^2 のストック量があるとされており、加えて工場・倉庫を含めると、29.9億 m^2 のストックがあると推測されている。そのうち、業務用建築物として割合の多い事務所は約4.9億 m^2 、店舗が約3.3億 m^2 であり、建築物全体のおよそ47%を占めている。

表2.1.1 建築物(工場・倉庫を除く)のストック量推計(延床面積)

	事務所[m^2]	店舗[m^2]	学校[m^2]	病院[m^2]	その他[m^2]	小計[m^2]
北海道	21,889,542	16,770,955	15,302,616	6,338,085	38,847,965	99,149,163
東北	29,927,109	27,366,010	25,176,994	7,525,582	59,165,723	149,161,418
関東	187,831,630	87,315,608	96,993,118	14,357,499	124,241,132	510,738,987
北陸	28,745,167	25,348,986	19,788,766	6,599,648	61,078,190	141,560,757
中部	53,706,810	42,221,570	33,575,704	8,301,996	74,435,235	212,241,315
関西	84,056,877	52,023,295	51,161,479	8,601,917	70,203,562	266,047,130
中国・四国	39,514,647	35,289,311	29,847,741	10,088,652	61,818,754	176,559,105
九州	48,417,626	39,070,021	37,466,839	13,015,905	75,391,401	213,361,792
小計	494,089,408	325,405,756	309,313,257	74,829,284	565,181,962	1,768,819,667

建築物ストック研究会

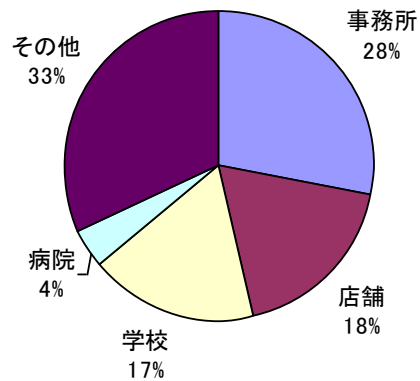


図2.1.1 建築物(ストック)の用途別割合(建築物ストック研究会の推計データから作成)

ただし、この統計ではストック量のみの推計であり、エネルギー消費については推計されていない。

業務用建築物のエネルギー消費の推計については、社団法人空気調和・衛生工学会の委員会を母体とする非住宅建築物の環境関連データベース検討委員会が平成18年度に予備調査として推計を行っている。そのデータを図2.1.2にエネルギーについて、また図2.1.3にCO₂排出量について、それぞれ示す。

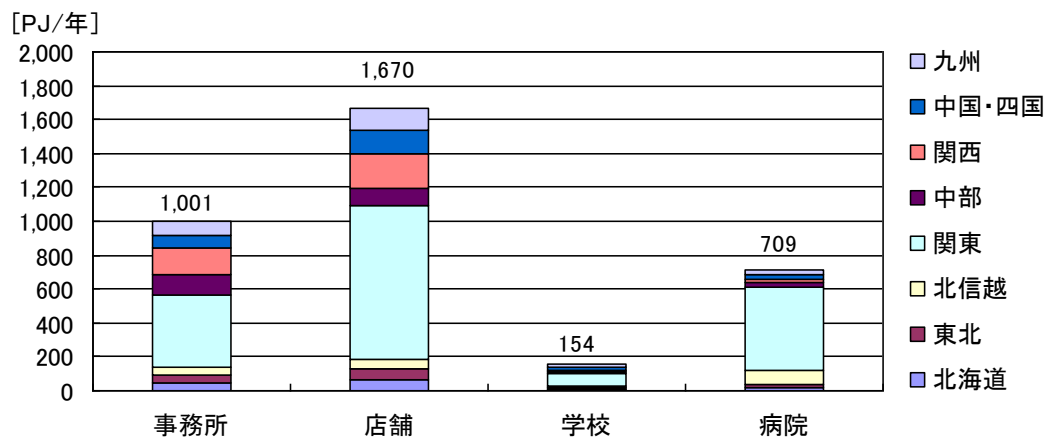


図2.1.2 国内の非住宅建築物のエネルギー消費量

(非住宅建築物の環境関連データベース検討委員会, 2006)

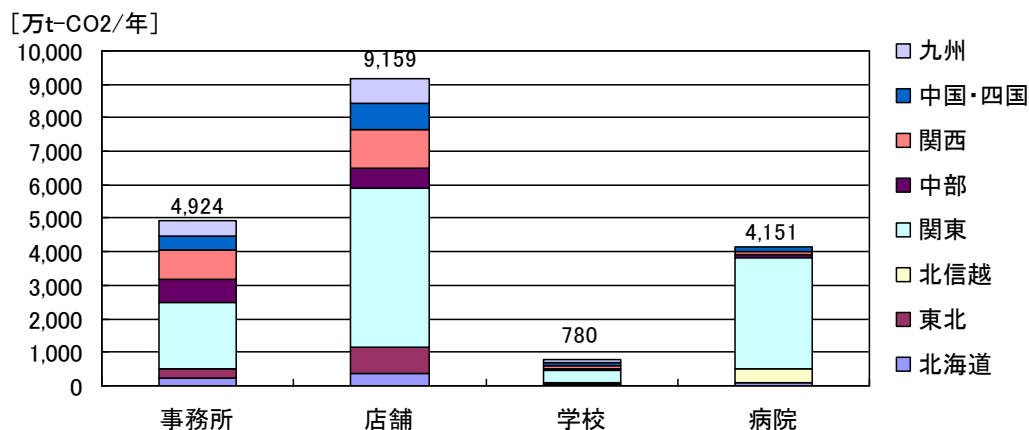


図2.1.3 国内の非住宅建築物のCO₂排出量

(非住宅建築物の環境関連データベース検討委員会, 2006)

この推計は、国土交通省が実施している「法人建物調査」で公開された規模別の建物棟数、延床面積と、前述の建築物ストック研究会の建物用途からそれぞれ要素を抽出して推計したものであり、正確性を担保できる精度は不明である。

これによれば、事務所における1次エネルギー消費量は1,001PJ/年、店舗は1.670PJ/年である。また、エネルギー消費量をCO₂排出量に換算した値は、事務所が4,924万t-CO₂、店舗は9,159万t-CO₂となっている。

2005年度における国内のCO₂排出総量は国立環境研究所の調査によると12億9350万t-CO₂であり、業務用建築物の事務所および店舗の合計が排出するCO₂は、全体の約11%を占めていることになる。

これらのことから、業務用建築物のエネルギー消費を削減する意義は大きく、かつ現状でも増え続けている民生・業務部門のエネルギー消費低減のためには、業務用建築物のエネルギー消費量を削減することは急務であり、それらをどのように具体的に取り組む必要があるのかについても対策を急ぐ必要があると考えられる。

2.2 学識経験者らへの意見聴取

業務用建築のエネルギー消費に大きく関わっている、設備に係る実使用条件下の動作性状に関して、既往研究調査の実績を持つ企業の実務経験者及び大学等の学識経験者に対し、調査データの概要と信頼性について意見聴取を行った。

意見聴取対象者は、建築物の省エネルギー基準のうち、設備機器の検討に関わっている行政および学識経験者、および業務用建築物のエネルギー消費に関連する委員会委員、社団法人日本建築学会および社団法人空気調和・衛生工学会の業務用建築のエネルギーに関する論文発表者や委員会委員等である。意見聴取を行った人数は以下の通りである。

- 1) 業務用建築物の設備機器に関する学識経験者：16名
- 2) 設計・施工会社においてエネルギー・設備機器に関係する実務者：3名
- 3) エネルギーに関するコンサルタント等の会社においてエネルギー・設備機器に関係する実務者：4名
- 4) 設備機器会社にて設計実務やエネルギー計測業務に関係する実務者：11名

2.3 調査結果

本節では、業務用建築の設備に係る実使用条件下の動作性状に関して個別に収集調査された事例、および、それらを集約して作成されたデータベースの特徴的な事例について整理した。

2.3.1 日本建築学会に発表されている論文

2002年度から2007年度にかけて社団法人日本建築学会の大会梗概として発表された論文のうち、業務用建築物のエネルギー消費データに関わる論文を抽出し、概要を整理した。日本建築学会で発表されている論文を確認することで、業務用建築物のエネルギー消費データに関わる実務者、研究者の動向や、個別な建物の調査状況を把握することができる。

日本建築学会学術講演梗概集において、キーワード検索機能を用いて「エネルギー消費量」「計測」等で検索して抽出した55論文を確認したところ、エネルギー消費量を調査している建物は、1,140棟にのぼった(表2.3.1)。

最も多かったのは学校で、これは札幌市における調査が小学校209棟、中学校91棟、高校32棟、合計332棟の調査を行なった研究があったことによる。これは、日本建築学会北海道支部特定課題研究「建物のエネルギー消費量調査」の一環で実施されたものであった。

また次いで多かったのは事務所で、(財)省エネルギーセンターで実施した調査研究が全国154棟の事務所ビルを調査しており、これが数として多くを占めている。

飲食店、ホテルは棟数として上がっていないが、その他に含まれている複合施設の中に飲食店とホテルを含むものがあつた。

調査対象である建物も多岐に渡っており、温浴施設や、学校給食施設、インターネットセンターといった用途を対象にした調査もみられた。

表2.3.1 用途別件数

事務所	官公庁	デパート・スーパー・コンビニ	飲食店	ホテル・旅館	病院	学校	福祉施設	電算・情報センター	その他
383	142	110	0	0	69	416	8	6	6

エネルギー消費量の調査内容については、電力やガスが一般的で、月別集計が多く、用途別に詳細に調査している内容も見られた。

測定期間については、年間を通して複数年行なっているものや、期間を区切り短期で実施しているものもあった。短期で実施しているものについては、四季で行なっているもの、夏季冬季だけのもの、単一期間のものとあった。

2.3.2 空気調和・衛生工学会の竣工設備データ

社団法人空気調和・衛生工学会が機関誌に掲載している竣工設備データは、比較できるように集計、数値化したデータベース(A&Sデータ(山内設計室))¹⁾²⁾としてまとめられている。

データベースの概要を、1999年から2006年までのデータをもとに以下に示す。

1999年から2006年の8年間に掲載されている建物総数は3,801件であった(表2.3.2)。収集建物数は1999年では659件あったが、毎年減り続けており、2006年は半分以下の309件となっている。

表2.3.2 収録されている建物総数

年度	建物数
1999年	6 5 9
2000年	5 9 9
2001年	5 6 0
2002年	4 5 6
2003年	4 5 1
2004年	4 1 9
2005年	3 4 8
2006年	3 0 9

調査項目は、①共通、②空気調和設備、③給排水衛生設備、④排水処理施設、⑤廃棄物処理設備の種類別に定められており、本項では、エネルギー消費量に係る部分として、①～③を対象に、情報の収集状況を確認したところ、建物名称、工事種別、所在地、竣工年、竣工月、塔屋階数、地上階数、地下階数、構造といった一般情報は、ほとんどが記入されていた。以下、要点をまとめた。

1) 共通項目

a. 用途別のエネルギー状況

- ・主たる用途、従属的用途4件、合計5用途に関して、用途、床面積、空調面積率、PAL、CEC-AC、CEC-V、CEC-HW、CEC-L、CEC-EVを調査している。
- ・主たる用途は比較的多くの情報があるが、CEC-HW(給湯設備)と、CEC-EV(エレベーター設備)の情報が少ない(5～7%)。
- ・主たる用途のうち比較的多くの情報があるPAL、CEC-AC、CEC-V、CEC-Lでも、約18%程

度に留まる。

- ・従属的用途1では、主たる用途と比べて半分以下の情報しかなく、PAL、CECの情報も0.5～3%程度と大変少なくなっている。また、従属的用途2以下にはほとんど情報がない。

b. 機械室面積

- ・比較的情報が集まっている。

c. 設備電力

- ・契約電力は45%程度の情報数となっている。熱源機器電力(76%)や換気ファン電力(68%)の情報はより多い。
- ・給排水電力(56%)、消火電力(49%)の情報も比較的集まっている。

2) 空気調和設備

a. 主な熱源装置

- ・7つの主な熱源装置について、熱源装置の冷容量、熱源装置の温容量、総容量について収集している。
- ・1種類目については60%程度の情報が集まっているが、2種類目は30%程度、3種類目は10%程度で、それ以下ほとんど情報はない。

b. 主な空調方式

- ・7つの主な空調方式について、空調方式、系統数、給気量、外気量等について収集している。
- ・1種類目については50～80%程度の情報が集まっているが、2種類目は25～40%程度、3種類目は10%程度で、それ以下ほとんど情報はない。

c. その他

- ・使用管材、蓄熱槽、工事費、主な省エネ手法について収集している。
- ・工事費については情報が集まっているが、それ以外はほとんど情報がない。

3) 給排水衛生設備

a. 計画水量・槽類・設備システム

- ・受水槽についての計画水量、槽類、設備システムは、給水、給湯、排水、通気、消火についての情報が収集されている。

b. その他

- ・他に、消火管、排水処理、し尿浄化槽、衛生器具数、工事費について収集している。
- ・衛生器具数、工事費については情報が集まっているが、それ以外はほとんど情報がない。

このデータベースでは、個別の物件名称が記載されており、特徴をもった設備を抽出してデータ取得の依頼をする等の用途には使いやすいデータであると思われる。

また、建物設計時のPAL・CECの値も記載されており、意見聴取時に指摘があった、「PAL、CEC等の設計値の入手が難しい」点について、補完的に確認する手段が存在することを示すものである。

2.3.3 国土交通省保全実態調査

国土交通省は、昭和57年度に国家機関の建築物の技術的基準を通達後、昭和62年度から保全実態調査を段階的に実施し、適正な保全及び執務環境の向上を呼びかけている。

毎年実施されるこの調査では、主項目として、①施設一般事項(所在地等)、②施設概要(構造、延べ面積、建築年次、設備概要、入居官署等)、③実施体制(管理要員数、保全計画、記録整備等)、④実施状況(法定点検の実施状況)、⑤施設状況(室内環境、衛生環境、清掃状況、事故・故障履歴、修繕履歴など)、⑥維持管理費等(保全関連経費、光熱水費など)などを調査している。

国土交通省大臣官房官庁営繕部が行った2007年度保全実態調査³⁾では、国施設のエネルギー消費量を1次エネルギー消費量原単位が示されている(図2.3.1、図2.3.2)。

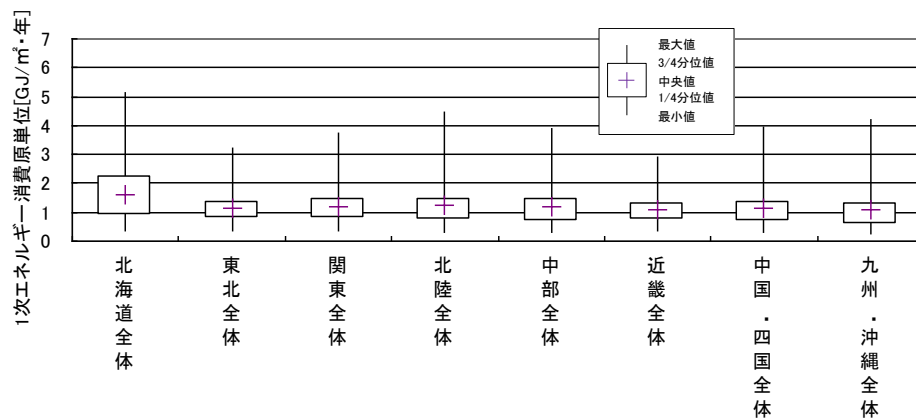


図2.3.1 保全実態調査における地域別1次エネルギー消費量

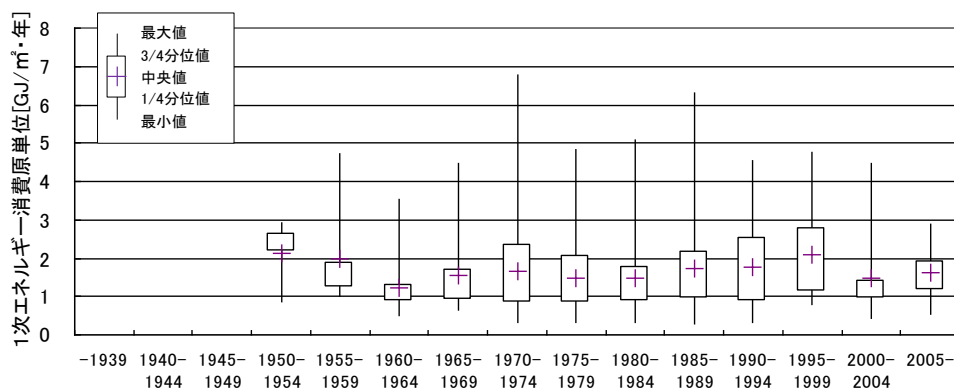


図2.3.2 保全実態調査における築年代別1次エネルギー消費量

2.3.4 都内大規模事業所における温室効果ガス排出実態調査

東京都環境確保条例の「地球温暖化対策計画書制度」における対象事業所等のエネルギー使用量、二酸化炭素排出量の現状およびこれまでの省エネルギー・温室効果ガス削減の取り組みの実態を把握・分析し、今後の削減の可能性等についての検討を行うために、東京都環境局都市地球環境部計画課が主体となって、「都内大規模事業所における温室効果ガス排出実態調査」が平成16年に行われている。

調査は、都内に所在する業務用建物のうち、第2種以上の建物を対象に実施されており、郵送でのアンケートによる建物の諸元、熱源システム等の設備概要、管理運営方法および年間の各種エネルギー消費を把握する一次調査と、アンケート調査の不備や原単位等から特に特徴的であると考えられる事業所に対して行われる一次調査結果を補完するヒアリング調査の二段階方式により行われている。

ヒアリング調査では、①アンケートの不備箇所および追加項目の調査、②アンケート回答の未記入箇所の補完、③回答値の異常値修正、④エネルギー消費量等が特異データであるケースの実態および原因把握、⑤運転・管理方法の調査、⑥熱源容量などスペック調査、⑦消費内訳の調査などが行われた。ヒアリング調査には、建物の設備管理経験者が従事していることから入力データの精度は高いとされている。

調査結果をもとに、各種建物用途に対するエネルギー消費特性とその変動要素が分析されている。

事業所の主用途、規模、地域冷暖房からの熱供給の有無、自社ビル或いはテナントビルの相違によってカテゴリーを分け、それぞれのカテゴリーを代表する平均的事業所における延床面積、原単位及びエネルギー消費量を2002年度のデータをもとに算出した結果が、表2.3.3に示されている。

事務所においては、延床面積が小さいものの方が平均原単位は大きい傾向が見受けられる。また、自主熱源を保有するカテゴリーでは、テナントビルのほうが自社ビルより平均原単位が大きい。自社ビルの場合は自主熱源を持つものより地域冷暖房施設から熱供給を受ける事業所のほうが平均原単位は大きい、テナントビルの場合は後者より前者のほうが平均原単位は大きい傾向にある。また、宿泊施設においては、自主熱源を保有するものより地域冷暖房から熱供給を受ける事業所のほうが平均原単位は小さい傾向にあることが示されている。

表2.3.4には、各カテゴリーに属する平均的事業所が各省エネルギー対策を実施した場合に削減される二酸化炭素排出量を示されている。

熱源を保有する事業所では小規模事業所のほうが大規模のものより削減量比率は全体的にやや高い傾向にある。用途別に見ると、学校、電算、スーパー、ショッピングセンター、熱源を保有するテナント事務所を主用途とする事業所に、比較的大きな削減量比率が見受けられる結果となっている。

表2.3.3 建物用途・規模・形態別のエネルギー消費量

建物用途	自社／テナント	熱源保有／DHC	面積クラス	平均延床面積	平均原単位	エネルギー消費量
				㎡	MJ/㎡年	TJ/年
事務所	自社	熱源保有	5万㎡未満	25,736	2,755	70.9
			5万㎡以上	67,647	2,483	168.0
	テナント		5万㎡未満	32,883	3,004	98.8
			5万㎡以上	113,651	2,681	304.7
	自社	DHC	5万㎡未満	33,638	2,900	97.6
			5万㎡以上	85,650	2,556	218.9
	テナント		5万㎡未満	38,008	2,639	100.3
			5万㎡以上	97,137	2,589	251.5
商業	デパート			45,028	3,996	179.9
	スーパー			30,728	3,694	113.5
	ショッピングセンター			35,900	4,456	160.0
学校				93,170	1,690	157.5
病院				40,868	4,106	167.8
宿泊		熱源保有		47,710	4,074	194.4
		DHC		74,921	3,195	239.4
電算				32,010	7,903	253.0

表2.3.4 建物用途別の二酸化炭素排出削減量

建物用途	自社／テナント	熱源保有／DHC	面積クラス	償却期間				
				即	即～短	即～中	即～長	ソフト手法のみ
事務所	自社	熱源保有	5万㎡未満	128	203	257	388	160
			5万㎡以上	258	339	402	692	305
	テナント		5万㎡未満	195	306	389	553	236
			5万㎡以上	489	782	1,025	1,480	611
	自社	DHC	5万㎡未満	120	223	245	369	152
			5万㎡以上	288	466	516	870	363
	テナント		5万㎡未満	127	202	218	372	162
			5万㎡以上	473	695	743	1,161	564
商業	デパート			262	392	567	835	340
	スーパー			222	302	436	602	274
	ショッピングセンター			393	548	709	1,010	483
学校				447	555	797	1,131	486
病院				494	591	714	978	539
宿泊		熱源保有		277	382	644	943	328
		DHC		464	550	556	846	516
電算				546	780	1,076	1,597	689

2.3.5 非住宅建築物の環境関連データベース (DECC)

国土交通省・経済産業省支援のもと、2007年度から非住宅建築物の環境関連データベースに関する調査が行われている。2007年度調査の結果について、以下に概要を示す。

調査当初に行ったアンケートの結果を分析し、18分類に細分化してとりまとめている(表2.3.5、図2.3.3)。

表2.3.5 建物用途分類と回収数・有効回答数

		事務所	電算・情報センター	官公庁	デパート・スーパー	その他物販	コンビニ	飲食店	ホテル旅館	病院	福祉施設	幼稚園 保育園	小学校 中学校	高等学校	大学 専門学校	研究機関	劇場 ホール	展示施設	スポーツ 施設	住居	複合施設	その他	合計
北海道	回収数	49	0	48	46	0	0	0	21	190	0		665				192		18	0	0	0	1229
	有効回答数	48	0	45	44	0	0	0	20	163	0	0	516		33	0	22	140	18	0	0	0	1049
東北	回収数	142	0	141	161	0	0	0	69	156	82	0	527	290	0	0	2	38	13	0	0	0	1621
	有効回答数	140	0	139	150	0	0	0	66	156	80	0	506	245	0	0	2	33	13	0	0	0	1530
北信越	回収数																						0
	有効回答数																						0
関東	回収数	258	18	357	313	0	0	0	152	264	0	79	599	96	27	0	132	157	37	0	52	202	2743
	有効回答数	256	3	316	96	94	0	0	121	235	0	65	586	84	27	0	117	139	25	0	49	176	2389
中部	回収数	17	0	7	154	114	0	8	68	135	14	18	353	15	0	0	1	4	1	0	8	0	917
	有効回答数	16	0	7	147	109	0	0	58	129	13	18	353	15	0	0	1	4	1	0	7	0	878
関西	回収数	196	16	155	123	38	0	2	86	136	29	20	49	93	69	5	48	50	37	12	13	40	1217
	有効回答数	189	15	144	106	35	0	2	82	129	22	15	25	75	63	5	45	46	36	10	12	32	1088
中国・四国	回収数	159	0	186	76	21	0	0	63	164	3	10	45	43	46	0	32	61	10	0	4	70	993
	有効回答数	149	0	203	69	21	0	0	49	153	3	8	29	42	66	0	29	60	7	0	4	71	963
九州	回収数	161	0	123	120	157	0	2	101	96	13	0	7	93	99	1	9	72	21	0	5	4	1084
	有効回答数	138	0	91	96	94	0	2	85	74	12	0	69	5	67	1	8	58	18	0	5	4	827
合計		936	18	945	708	353	0	4	481	1039	130	106	2084	466	256	6	224	480	118	10	77	283	8724

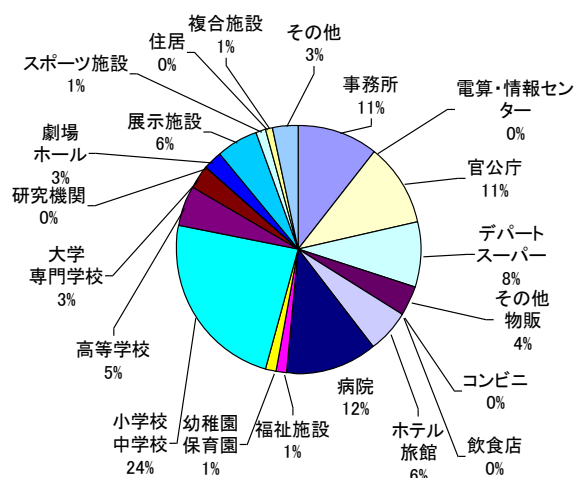


図2.3.3 用途別(細用途別)有効回答割合

調査対象建物の規模は、小規模(2,000㎡未満)の建物が全体の15.7%を占め、中規模(2,000㎡～30,000㎡未満)が76.1%、大規模(30,000㎡以上)が8.3%を占める。この傾向はほぼ全ての地域で同じであるが、中部地方では小規模の建物が少なく6.8%、中規模が全体の84.6%を占める結果となった(図2.3.4)。

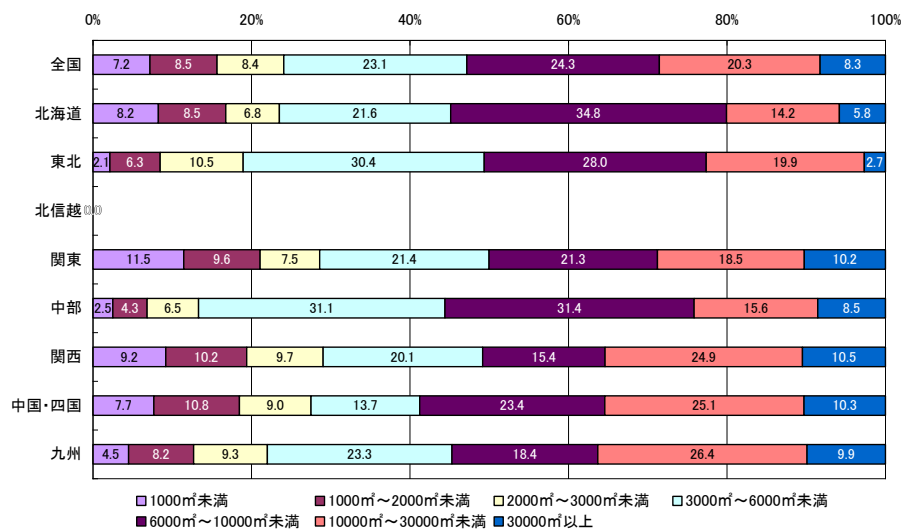


図2.3.4 建物規模

調査対象建物の竣工年については、1979年以前に建てられた建物が全体の34.2%であり、1980年から1999年に建てられた建物が49.7%であった。また、2000年以降に建てられた建物は10.6%であった(図2.3.5)。

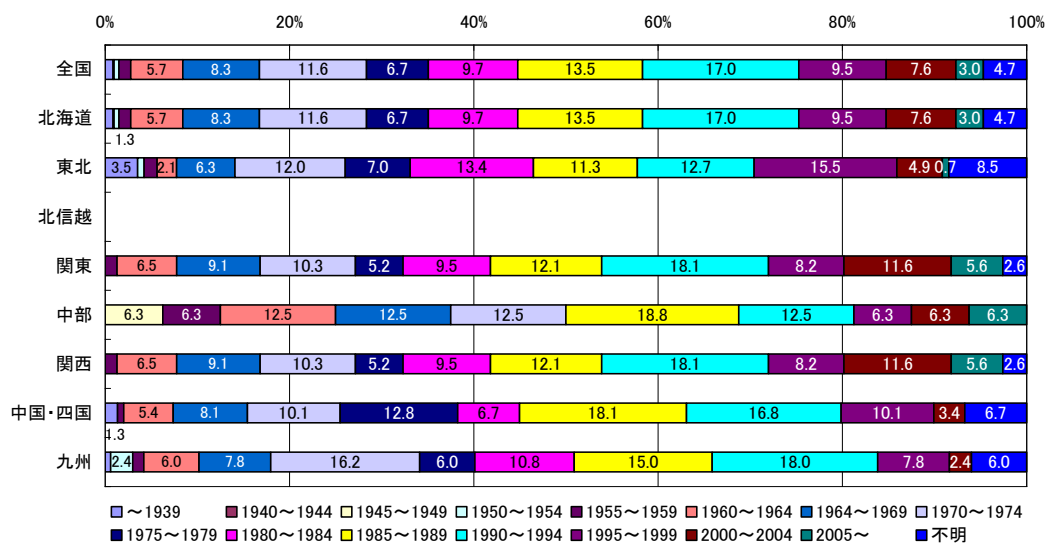


図2.3.5 竣工年

調査結果から暖房期間、冷房期間をまとめたのが、図2.3.6である。

北海道、東北では10月にはそれぞれ66%、40%の建物で暖房が始まり、12月～3月ではほぼ100%の建物で暖房が行われている。4月、5月では北海道より東北での暖房率が高く、5月では北海道で7%、東北で35%の建物が暖房している。

一方、冷房では中部の建物の冷房期間が比較的長く、東北の建物が最も短い。北海道でも

8月には全ての建物が冷房を行っており、東北を除く全ての地域で夏期の冷房はほぼ100%となっていた。東北では92%の建物が8月に冷房を行う結果となっている。

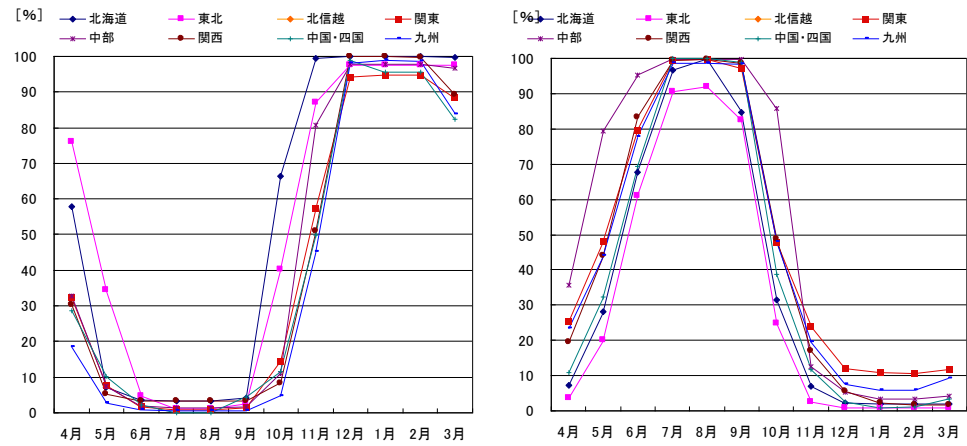


図2.3.6 暖房期間(左)、冷房期間(右)

調査結果から1次エネルギー消費量原単位を地域別・用途別にまとめたのが、表2.3.6である。原単位が最も大きいのは電算・情報センターであるが関東3件、関西15件のデータであり現時点ではサンプル数が少なく信頼性に欠ける。次いで大きいのはデパート・スーパー、飲食店、ホテル・旅館、病院である。東北のスポーツ施設も5.4GJ/(㎡年)と大きい値となっているが、プールの有無など対象施設の構成の違いが大きいことによるものと推測される。事務所、デパート・スーパー、病院、福祉施設では南に行くに従って小さくなる傾向が見られるが、デパート・スーパーのように、東北、中部が例外となるなど、調査対象建物属性との関連を分析する必要がある。一方、官公庁や小・中・高校などの教育施設、劇場・ホールなどの文化施設では地域による顕著な差は見られない結果となっている。

同じ事務所系である、事務所と官公庁では、官公庁が平均で40%小さく、特に関東、中部では、事務所と比べそれぞれ50%、65%小さく、その差が大きい。

表2.3.6 地域別・用途別1次エネルギー消費量原単位

1次エネルギー消費量	事務所	電算	官公庁	商業			宿泊	病院		教育			文化施設			その他
[単位:GJ/㎡・年]	事務所	電算・情報センター	官公庁	デパート・スーパー	コンビニ	飲食店	ホテル・旅館	病院	福祉施設	幼稚園・保育園	小・中・高校	大学・専門学校など	劇場・ホール	展示施設	スポーツ施設	その他
北海道	1.914	－	1.710	4.132	－	－	2.695	2.613	－	－	0.711	1.249	1.024	1.876	1.304	－
東北	1.720	－	1.223	2.118	－	－	2.476	2.831	2.291	－	0.280	－	1.761	1.747	5.353	－
北信越																
関東	2.259	21.864	1.130	4.819	－	－	2.641	2.628	－	0.926	0.381	1.432	1.331	1.156	1.634	1.435
中部	2.282	－	0.791	2.495	－	－	2.776	3.012	2.019	0.264	0.272	－	3.405	1.450	2.564	3.625
関西	1.824	8.299	1.074	3.891	－	5.656	2.750	2.590	1.375	0.617	0.327	1.067	1.148	1.295	1.300	2.447
中国・四国	1.908	－	1.057	3.893	－	－	2.767	2.195	1.811	0.297	0.531	0.903	1.129	2.120	1.429	0.986
九州	1.705	－	1.057	3.364	－	3.406	2.436	2.069	1.232	－	0.386	1.137	1.314	1.313	1.626	2.608

2.3.6 民生部門エネルギー消費実態調査

民生部門エネルギー消費実態調査⁴⁾は、(財)日本エネルギー経済研究所が1985年度から2001年度にかけて実施していた実態調査である。(財)日本エネルギー経済研究所は、国内の代表的な既存データベースにおいて、大規模かつ継続的な実態調査を実施するとともに、データを体系的に蓄積している組織の1つである。

調査では、業務部門(事務所ビル、卸・小売業、飲食店、病院、学校、ホテル・旅館、その他サービス業)と家庭部門について、全国規模で実施しており、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託調査事業が中心となっている(図2.3.7)。現在は経済産業省資源エネルギー庁(総合政策課エネルギー政策企画室)による「エネルギー消費統計(仮称)」の調査が始まったことを機に中断されている。

調査は、アンケート調査票を郵送により配送・回収する方法により行われており、回答率は約10%である。

調査結果は、マクロエネルギー消費構造を推定するための基礎データとなり、エネルギー政策決定のための基礎資料として活用されている。

1巡目	昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度	昭和63年度	平成元年度
	業務部門①	業務部門②	家庭部門①	家庭部門②	5年間のまとめ
2巡目	平成2年度	平成3年度	平成4年度	平成5年度	平成6年度
	業務部門①	業務部門②	家庭部門①	家庭部門②	5年間のまとめ
3巡目	平成7年度	平成8年度	平成9年度	平成10年度	平成11年度
	業務部門①	業務部門②	家庭部門①	家庭部門②	5年間のまとめ
4巡目	平成12年度	平成13年度	平成14年度		
	業務部門①	業務部門②	全体まとめ		
調査例	業務1年目	業務2年目	家庭1年目	家庭2年目	
	事務所ビル、 卸・小売業、飲食店、 病院・診療所	学校 ホテル・旅館 その他サービス業	(大都市部) 札幌、東京、名古屋 大阪、高松、福岡	(中小都市町村部) 北海道、関東、 近畿、九州	

図2.3.7 過去の実態調査の実施状況

(出典：(財)日本エネルギー経済研究所「平成16年度エネルギー環境総合戦略調査」)

2.3.7 (社)日本ビルエネルギー総合管理技術協会による調査

(社)日本ビルエネルギー総合管理技術協会は、ビルにおけるエネルギーの効率的利用を促進するための総合管理技術の研究及びその成果の普及を目的として、1979年11月に通商産業大臣(当時)の許可を得て発足した公益法人である。ビルエネルギーに関する調査・分析、ビルエネルギー総合管理技術の研究及び教育、ビルの省エネルギー診断及び指導等を展開している。

協会では、独自事業として建築物におけるエネルギー消費量の経年変化を調査し、「建築

物エネルギー消費量調査報告書」としてとりまとめている。これは協会会員各社の管理建物について、電気・油・ガス・水消費量を調査し、エネルギー原単位を建物、用途、規模、その他の項目別に整理した統計資料である。約30年間にわたる実態調査であり、2005年度版⁵⁾で28版となる。

建築物エネルギー消費量調査は、協会会員各社が受託している延床面積2,000m²以上の建物を対象として、協会会員各社で技術責任者を設けて、技術責任者を通して物件(建物)への調査票の配布、回収を実施している。物件に直接ではなく、責任者が介在していることから、回答率も約80%と高い。有効回答数は約1,100件であり、そのうち、過去からの継続が約1,000件、新規が約100件と、継続の比率が高いことも、回答数を確保する要因となっている。

調査の結果については、回答者には、報告書の他に履歴データ、各ビルのエネルギー消費原単位、建物用途別全体平均の経年変化とエネルギー種別消費量の経年変化をフィードバックし、活用を促している。

また、協会では、業務用ビルの省エネルギーを促進することを目的に、「エネルギー面から見て、優良か否かを判定するにはどのような方法が良いか」、「優良と判定されたビルを表彰、さらにエネルギー多消費ビルの改善を図るための仕組みとしてはどのような制度が良いか」などの検討を数年来実施している。2000年度より調査研究を開始し、業務用ビル(事務所ビル)のエネルギー消費量の評価ツール「ビルエネルギー管理・評価システム(BAMS : Building-energy Appraisalment & Management System)」を構築するとともに、経済産業省の委託事業として、2006年から「ビルの省エネルギー推進登録制度(表2.3.7、図2.3.8)」を開始している。

ビルエネルギー管理・評価システム(BAMS)の開発のための調査では、調査票の郵送による方法を用いている(5,500件)。調査対象は、官公庁・地方自治体(19% : 457件/2,433件)、保健所(17% : 128件/749件)、全国ビルメンテナンス協会(1.4% : 26件/1,912件)、一般民間ビル(26% : 104件/406件)である。回答方法は、電子回答が154件(22%)、紙調査票による回答が561件(78%)であった。

表2.3.7 ビルの省エネルギー推進登録制度の概要

名称	ビルの省エネルギー推進登録制度
開始	2006年11月
目的	省エネルギーに関心の高い業務用ビルを公募し、申請のあったビルを「省エネルギー推進ビル」として登録、広く紹介することを通して建物所有者、建物管理者、ビル管理事業者など業務用ビルのエネルギー管理にかかわる人の意識を改革し、省エネルギーの推進等、循環型社会の形成に資する。
対象	・原則、現在BAMSで評価可能な事務所ビル ・具体的な条件として、延床面積500m²以上、うち事務所面積が40%以上
特典	・登録証の交付 ・協会ホームページ上で建物名称等を公開（公開する情報：(A)建物名称、(B)所在地、(C)延床面積、(D)建物所有者、(E)建物管理者、(F)ビル管理委託会社、ただしどの情報を公開するかは登録者の意向による） ・当該年度の登録の状況等を概要報告書として次年度に送付 ・調査票でデータを提出されている場合はBAMSによる評価得点の提示（全体の中での位置付けを確認できる。） ・省エネルギー診断兼BAMSデータ現地審査の希望を募り、診断及び審査の実施 ・表彰制度への応募（表彰制度への応募は登録者による。ただし表彰時は上記ビル情報のうち、少なくとも(A)、(B)、(C)は公開するものとする。）
費用その他	・登録の申請費用、省エネルギー診断兼BAMSデータ現地審査の診断料及び審査料は無料。 ・登録したビルは原則として自動的に継続され、毎年度BAMSデータを提出。

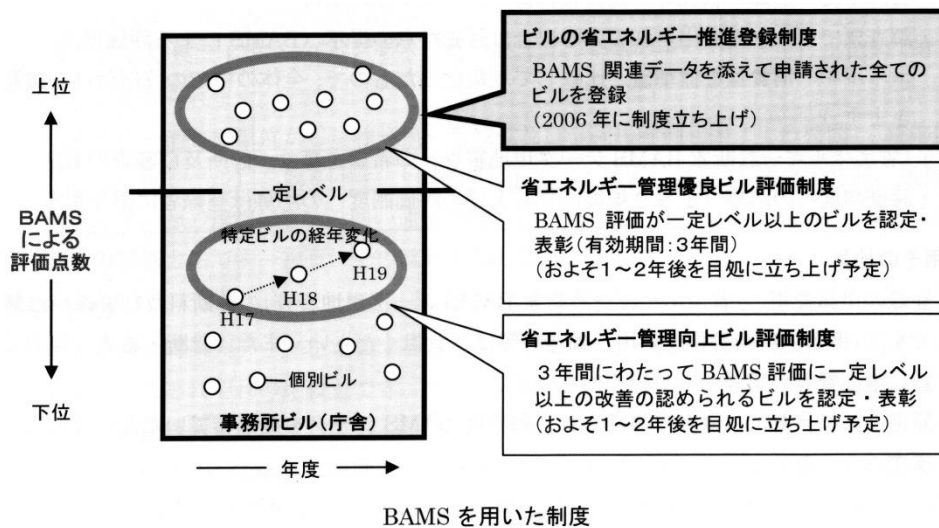


図2.3.8 ビルの省エネルギー推進登録制度の概念

（出典：（社）日本ビルエネルギー総合管理技術協会

「平成18年ビルの省エネルギー推進登録制度／ビルエネルギー管理・評価システム」）

2.3.8 民間の調査の現状

民間の個別の調査事例としては、各種エネルギー消費量や建物設備に関するデータが多数存在し、属性情報を含めてかなり詳細な情報を保有するものであるが、公開されている情報は基本的に収集目的に応じて加工された結果のみである。そのため、その情報を詳細に把

握することができず、分析を公開レベル以上に展開することに限界がある。

さらに、これらの既存データは、収集時に情報提供者とデータの扱いに関する協定を締結していることも多く、データを扱う範囲を限定している場合がある。また、協定を結んでいない場合でも、情報提供にあたっては、情報提供者や関係者の同意を得ることは道義的に避けられない。

このような各々のデータ開示の困難さや調査目的およびフィールド構造の相違等によって有機的な相互リンクはほとんどなく、単一調査の結果となってしまう場合が多数である。

また、BEMS(建物エネルギー管理システム)についても、建物オーナーの意向や管理会社によってそのデータフォーマットは異なり、各々が管理する膨大なデータについての横断的な取り纏めや分析は行われていない。

2.4 国内既存データベースの詳細さによる整理

これまでに示してきた事例をはじめ、国内のデータベース⁶⁾⁻¹⁸⁾は「取得データの対象の細かさ」に応じて大きく3段階の分類で整理することができる。それぞれの段階は大きく以下のようなになる。

- ・基礎調査レベル(レベル1)：各建物についてエネルギー消費量の用途別の総量を確認できる
 - ・標準調査レベル(レベル2)：レベル1に加え、エネルギー消費量の月別の推移や、機器の運転状況を確認できる
 - ・詳細調査レベル(レベル3)：レベル2に加え、ヒアリングや詳細実測に伴うデータをもとにした、エネルギー消費量の経時的な消費特性や、機器毎の特性を確認できる
- 以下に、レベル毎に各データベースの特徴を一覧表として示す。

2.4.1 基礎調査レベルの結果をとりまとめたデータベース

各建物における大まかなエネルギー消費量を実測した結果をとりまとめた基礎調査レベル(レベル1)のデータベースを示す。

表2.4.1 基礎調査レベル(レベル1)のデータベースの例(1)

データベース番号		1	2	3
資料名		平成14年度ビルエネルギー対策検討委員会 報告書	運用管理システムの適正化等による効果分析調査報告書	建築の光熱水原単位
調査機関		省エネルギーセンター	建築環境・省エネルギー機構	早稲田大学 尾島研究室
報告年月		平成15年3月	平成9年3月	平成7年6月
検討委員会等		ビルの省エネルギー対策検討委員会	エネルギー使用合理化推進委員会	
調査目的・概要		省エネ法の改正により第二種エネルギー管理指定工場にもエネルギー管理の定期報告義務が課せられたのを機会に、各種建物エネルギー消費の実態を調査	ストック建物に対して建物運用管理システムの適正化等によるエネルギー消費量及びCO2排出量の削減効果を分析	建物エネルギー原単位調査
調査対象の概要		【ヒアリング調査】 事務所・庁舎その他 【計測調査】 事務所、デパート・スーパー・ホテル・病院	150㎡以上の65～95年の建物全般	東京都近郊の各種建物用途
サンプル総数		ヒアリング:268 計測調査:22	事務所347、ホテル85 千棟、病院55、学校 182、店舗392	1100
地域		全国	全国	東京
建物用途		事務所・庁舎、デパート・スーパー・ホテル・病院	事務所、ホテル、店舗、病院、学校	事務所、病院、教育、宿泊、商業、その他
調査項目				
建物諸元	主要用途	○	○	○
	地域/所在地	○	○	○
	延床面積	○	○	○
	竣工年		○	○
	階数			○
	ペリメーター率			
	設備保守体制			
	自社/テナント			
	人員密度			
	モニタリング点数			
設備容量	温熱源容量			○
	冷熱減容量			○
	契約電力			
	電灯用トランス			
	その他トランス			
	自家発電			
	照明コンセント			
	OA機器コンセント			
	給排気ファン			
	冷温水給水ポンプ			
	給排水ポンプ			
	空調換気設備			○
	電気設備合計			
	蓄熱槽			
各種エネルギー消費量	電力(動力)	○		
	電力(照明)	○		
	電力(コンセント)	○		
	電力(搬送)	○		
	電力合計		○	
	ガス(冷暖房)	○		
	ガス(厨房)			
	ガス(給湯)			
	ガス合計			
エネルギー消費量(一次エネルギー換算)	建物総エネルギー	○	○	○
	空調関係総エネルギー	○		
	照明関係総エネルギー	○		
	原単位(延床当り)	○	○	○
水消費量			○	○
冷暖房運転時間 PAL,CEC/AC				
解析内容			【省エネ、CO2排出量削減方法】 ①運用強化・制御系追加 ②設備更新 ③建築改修	
今後の課題等			統計的手法によるエネルギー量、CO2排出量削減の分析であり実建物での検証なし。	
レベル		1	1	1

表2.4.2 基礎調査レベル(レベル1)のデータベースの例(2)

データベース番号		4	5	6
資料名		事務所建業における竣工設備データ	ビル省エネルギー診断検討委員会報告書	ビル管理システム委員会/エネルギー管理・故障診断小委員会報告書
調査機関			省エネルギーセンター	空気調和・衛生工学会
報告年月			平成12年度	平成12年3月
検討委員会等			ビル省エネルギー診断検討委員会	ビル管理システム委員会/エネルギー管理・故障診断小委員会
調査目的・概要		事務所建物の竣工設備データの把握	ビルの省エネルギー診断に関する問題点の解消、診断技術の向上、評価制度の向上に関する調査研究	エネルギー管理組織体と管理内容の実態調査により、実際のエネルギー消費の比較と省エネルギーに関する意識等を検討
調査対象の概要		事務所建物(自社ビル・貸しビル・官公庁舎で多用途の併設を含み、竣工期間は1994年4月から1999年3月まで、延床面積2000㎡以上)		首都圏の各産業の主な企業400社の本社機能のあるオフィスビル
サンプル総数		220	34	41
地域		全国	東京近郊	首都圏
建物用途		事務所建物	事務所、店舗、飲食店、宿泊施設、病院、学校、研究所	事務所
調査項目				
建物諸元	主要用途	○	○	○
	地域/所在地			○
	延床面積	○	○	○
	竣工年		○	○
	階数	○	○	○
	ペリメーター率			○
	設備保守体制			○
	自社/テナント		○	
	人員密度			
設備容量	モニタリング点数		○	
	温熱源容量	○	○	
	冷熱減容量	○		
	契約電力	○		
	電灯用トランス			
	その他トランス			
	自家発電	○		
	照明コンセント	○		
	OA機器コンセント	○		
	給排気ファン	○		
	冷温水給水ポンプ			
	給排水ポンプ			
	空調換気設備			
	電気設備合計			
各種エネルギー消費量	蓄熱槽	○		
	電力(動力)			
	電力(照明)			○
	電力(コンセント)			
	電力(搬送)			
	電力合計		○	○
	ガス(冷暖房)			
	ガス(厨房)			
	ガス(給湯)			
エネルギー消費量(一次エネルギー換算)	ガス合計			○
	地域冷暖房			
	建物総エネルギー	○		
	空調関係総エネルギー	○		
	照明関係総エネルギー(原単位(延床当り))	○	○	
水消費量	水消費量	○		
	冷暖房運転時間		○	
PAL,CEC/AC				
解析内容		竣工設備データの調査	【病院】竣工年、入院患者数、電力依存率、蒸気吸収冷凍機有無、温水ボイラ有無 【ホテル】竣工年、電動冷凍機有無、宿泊利用率 ・単位エネルギー消費量/㎡年を	組織的なエネルギー管理と活動及び省エネルギー意識(経営陣、社員)などが及ぼす省エネルギー効果を検討したが、相関性が認められず、(組織的な活動を行っているビルほど規模が大きく、エネルギー消費は増大
今後の課題等		平均-2118 自社ビル-2775		①省エネ効果の分析
レベル		1	1	1

2.4.2 標準調査レベルの結果をとりまとめたデータベース

標準調査レベル(レベル2)のデータベースは、レベル1のデータベースに加えて、月別のエネルギー消費量、機器の運転状況などの調査が実施されている。

表2.4.3 標準調査レベル(レベル2)のデータベースの例(1)

データベース番号	7	8	9
資料名	グリーンビルのモニタリングに関する検討業務最終報告書	建築物エネルギー調査報告書	ビル省エネルギー格付けシステム普及事業報告書
調査機関	公共建築協会	日本ビルエネルギー総合管理技術協会	日本ビルエネルギー総合管理技術協会
報告年月	平成15年2月	平成15年3月	平成15年3月
検討委員会等	グリーンビルのモニタリングシステムのあり方に関する検討委員会	日本ビルエネルギー総合管理技術協会 調査委員会	ビル省エネルギー格付けシステム普及検討委員会
調査目的・概要	グリーンビルの達成状況を定量的に確認するためのモニタリングシステムのあり方について検討	建築物におけるエネルギー消費量の経年変化の調査	業務用ビル個々の省エネルギー性の位置づけを明らかにし、削減目標を設定する指標としての格付けシステムの開発とバージョンアップ
調査対象の概要	一般ビル、先進ビル(BEMS設置) 3,000～20,000m ²	協会会員各社が受託している建物で延床面積2,000m ² 以上	一般ビル、市役所
サンプル総数	204	1,022	364
地域	全国	全国	—
建物用途	事務所、庁舎、商業施設、文化施設他	事務所、デパート、病院、ホテル、学校、雑居ビル他	事務所、店舗
調査項目			
建物諸元	主要用途	○	○
	地域/所在地	○	○
	延床面積	○	○
	竣工年	○	○
	階数	○	○
	ペリメーター率		
	設備保守体制		
	自社/テナント		
	人員密度		○
	モニタリング点数	○	
設備容量	温熱源容量	○	
	冷熱減容量	○	
	契約電力	○	
	電灯用トランス	○	
	その他トランス	○	
	自家発電	○	
	照明コンセント	○	
	OA機器コンセント		○
	給排水ファン		
	冷温水給水ポンプ	○	
	給排水ポンプ		
	空調換気設備	○	
	電気設備合計		
	蓄熱槽	○	
各種エネルギー消費量	電力(動力)	○	○
	電力(照明)	○	○
	電力(コンセント)	○	○
	電力(搬送)	○	
	電力合計	○	○
	ガス(冷暖房)	○	
	ガス(厨房)	○	
	ガス(給湯)	○	
	ガス合計	○	○
	地域冷暖房	○	○
エネルギー消費量(一次エネルギー換算)	建物総エネルギー消費量	○	
	空調関係総エネルギー消費量	○	
	照明関係総エネルギー消費量	○	
	原単位(延床当り)	○	
	水消費量	○	○
冷暖房運転時間			○
PAL/OEC/AC			
解析内容等	【説明変数】 温熱源容量、冷熱減容量、冷温水ポンプ容量、照明コンセント容量 水消費量、建物総エネルギー消費量 空調関係総エネルギー消費量 【結果】いずれも相関性が低いと判明	【説明変数】 エネルギー消費量/延床面積 【結果】相関係数0.8以上 ①事務所:電気使用量、総エネルギー ②デパート:電気使用量、総エネルギー ③ホテル:電気、ガス、総エネルギー	【建物規模】延床面積 【地域性】CDD(冷房度日) 【建物使用状況】 空調運転時間 在館人員密度 【OA化レベル】PC台数
今後の課題等	①各設備運転時間の調査 ②熱源系個別エネルギー消費量調査 ③用途毎のエネルギー消費量調査	実建物データを用いた検証	室内環境レベルの検討
レベル	2	2	2

表2.4.4 標準調査レベル(レベル2)のデータベースの例(2)

データベース番号		10	11	12
資料名		業務用ビルの省エネルギー基準値と空調需要の実態調査報告書	平成13年度ビルエネルギー対策検討委員会 報告書	平成15年度ビルエネルギー対策検討委員会 報告書
調査機関		日本ビルエネルギー総合管理技術協会	省エネルギーセンター	省エネルギーセンター
報告年月		平成13年3月	平成14年3月	平成16年3月
検討委員会等		ビルエネルギー使用合理化委員会	ビルの省エネルギー対策検討委員会	ビルの省エネルギー対策検討委員会
調査目的・概要		竣工ビルのPAL/CEC基準の達成状況とエネルギー消費の関係グリーンビルの達成状況を調査	第二種エネルギー指定工場の対象拡大の必要性、業務用建築に相応しい判断基準・管理標準の提案や試案の整備・評価基準に	業務用建物における省エネルギーを推進させるための技術的資料の整備、考え方の整理や基準などの検討
調査対象の概要		PAL/CEC対象建物	事務所建物・百貨店・病院・ホテル	ヒアリング調査・ホテル・病院計測調査・商業施設(百貨店・スーパーマーケット・ショッピングセンター)・事務所建物
サンプル総数		空衛学会竣工設備調査 PAL対象:888 CEC対象:867		ヒアリング:ホテル58、病院44 計測調査:商業施設32(百貨店11・スーパーマーケット10・ショッピングセンター11)
地域				全国
建物用途		事務所、店舗、ホテル、病院学校	事務所建物・百貨店・病院・ホテル	シティホテル・病院・百貨店・スーパーマーケット・ショッピングセンター・事務所
調査項目				
建物諸元	主要用途	○	○	○
	地域/所在地	○	○	○
	延床面積	○	○	○
	竣工年	○	○	○
	階数	○		○
	ペリメーター率	○		
	設備保守体制			
	自社/テナント	○	○	
	人員密度			○
	モニタリング点数	○	○	
設備容量	温熱源容量	○	○	○
	冷熱減容量	○	○	○
	契約電力			○
	電灯用トランス			
	その他トランス			
	自家発電			
	照明コンセント			
	OA機器コンセント			
	給排気ファン			
	冷温水給水ポンプ			
	給排水ポンプ			
	空調換気設備			
	電気設備合計			
	蓄熱槽			
各種エネルギー消費量	電力(動力)	○	○	
	電力(照明)	○	○	
	電力(コンセント)	○	○	
	電力(搬送)	○	○	
	電力合計			○
	ガス(冷暖房)	○		
	ガス(厨房)			
	ガス(給湯)			
	ガス合計	○		
	地域冷暖房	○		○
エネルギー消費量(一次エネルギー換算)	建物総エネルギー		○	○
	空調関係総エネルギー		○	○
	照明関係総エネルギー	○	○	○
	原単位(延床当り)	○	○	○
水消費量				
冷暖房運転時間		○		
PAL/CEC/AC		○	○	
解析内容等	【説明変数】 ①PAL、CEC/AC、 ②PAL*ペリメーター率 【結果】PAL*ペリメーター率を用いPALの大きさに区分するとエネルギー消費量/延床面積と相関性あり		業務用建築物の省エネルギーを推進するための有用な手段の提案	事務所建築物以外の業務用建築物におけるエネルギー使用状況に関する調査、事務所建築物におけるエネルギー使用状況に関する分析、チューニングによる省エネルギー効果の検証、原単位管理ツール
今後の課題等	PAL/CEC対象建物の運転 データフォロー			
レベル		2	2	2

表2.4.5 標準調査レベル(レベル2)のデータベースの例(3)

データベース番号		13
資料名		民生部門エネルギー消費実態調査 (業務部門Ⅱ)
調査機関		日本ビルエネルギー経済研究所
報告年月		平成14年10月
検討委員会等		日本ビルエネルギー経済研究所 計量分析部
調査目的・概要		民生部門のなかで特にデータが乏しく、整備されていない業務用エネルギーデータについてのアンケート調査
調査対象の概要		「学校・試験研究機関」「ホテル・旅館」「その他サービス業」
サンプル総数		「学校・試験研究機関」—439 「ホテル・旅館」—193 「その他サービス業」—372
地域		全国
建物用途		「学校・試験研究機関」—幼稚園・保育園・小中高校・大学・短大・試験研究機関「ホテル・旅館」—旅館・
調査項目		
建物諸元	主要用途	○
	地域/所在地	
	延床面積	○
	竣工年	
	階数	
	ペリメーター率	
	設備保守体制	
	自社/テナント	
	人員密度	
	モニタリング点数	
設備容量	温熱源容量	
	冷熱減容量	
	契約電力	
	電灯用トランス	
	その他トランス	
	自家発電	
	照明コンセント	
	OA機器コンセント	
	給排気ファン	
	冷温水給水ポンプ	
	給排水ポンプ	
	空調換気設備	
	電気設備合計	
各種エネルギー消費量	蓄熱槽	
	電力(動力)	
	電力(照明)	
	電力(コンセント)	
	電力(搬送)	
	電力合計	
	ガス(冷暖房)	
	ガス(厨房)	
	ガス(給湯)	
	ガス合計	
エネルギー消費量(一次エネルギー換算)	地域冷暖房	
	建物総エネルギー	○
	空調関係総エネルギー	○
	照明関係総エネルギー	○
	原単位(延床当り)	○
水消費量		
冷暖房運転時間		
PAL,CEC/AC		
解析内容等		業種別エネルギー消費量原単位を調査し、業務部門全体のエネルギー消費についての分析
今後の課題等		幼稚園・保育所—331、小中高校—272、大学・短大—569、試験研究機関—2122、ホテル・旅館—1917、理美容業—1503、文化施設—774、老人福祉施設—1461、娯楽業—3277
レベル		2

2.4.3 詳細調査レベルの結果をとりまとめたデータベース

以下に、詳細調査レベル(レベル3)の例を示す。いずれも時間消費特性や機器特性の把握がなされており、建物内での消費内訳なども把握されている。ヒアリングまたは補完する詳細実測が実施済みとなっている。

表2.4.6 詳細データベースの例(1)

データベース番号	14	15	16
資料名	ビルの省エネルギー診断及び 広報事業 報告書	関西地区建物エネルギー消費実態 報告書	都内大規模事業所のエネルギー 使用に関わる実態調査
調査機関	日本ビルエネルギー総合管理 技術協会	空調調和・衛生工学会 近畿支部	東京都環境局
報告年月	平成13年3月	平成10年3月	平成15年9月
検討委員会等	日本ビルエネルギー総合管理 技術協会	関西地区建物エネルギー消費実態 調査研究会(水野・亀谷)	都市地球環境部
調査目的・概要	エネルギー診断士による平成12年度 の診断結果の詳細報告(当協会は平 成8年度よりエネルギー診断を実施し ており、累計101件となる)	関西地区内における建物消費エネ ルギーの実態把握	大規模事業所の設備・運営状況と エネルギー使用実態との関係か ら、省エネルギー対策への取り組 み等を明らかにする
調査対象の概要	公募した診断要請建物	事務所、商業、ホテル、病院、教育施 設、文化施設、官公庁建物、一般住 宅	東京都「地球温暖化対策計画書」 における「計画書の担当部署」、 および「対象事業所調査」の事業 所
サンプル総数	20	985	480
地域	全国	関西地区	東京都内
建物用途	事務所、病院、学校、ホテル、店舗	事務所(一般専用、店舗兼用)、商業 (デパート、スーパーマーケット、コンビニエンスス トア)、ホテル(シティ、ビジネス)病院(総合病	事務所、電算ビル、病院、学校、 宿泊、商業、その他
調査項目			
建物諸元	主要用途	○	○
	地域/所在地	○	○
	延床面積	○	○
	竣工年	○	○
	階数	○	○
	ペリメーター率	○	○
	設備保守体制	○	○
	自社/テナント	○	○
	人員密度	○	○
	モニタリング点数	○	○
設備容量	温熱源容量	○	○
	冷熱減容量	○	○
	契約電力	○	○
	電灯用トランス	○	○
	その他トランス	○	○
	自家発電	○	○
	照明コンセント	○	○
	OA機器コンセント	○	○
	給排気ファン	○	○
	冷温水給水ポンプ	○	○
	給排水ポンプ	○	○
	空調換気設備	○	○
	電気設備合計	○	○
	蓄熱槽	○	○
各種エネルギー 消費量	電力(動力)	○	○
	電力(照明)	○	○
	電力(コンセント)	○	○
	電力(搬送)	○	○
	電力合計	○	○
	ガス(冷暖房)	○	○
	ガス(厨房)	○	○
	ガス(給湯)	○	○
	ガス合計	○	○
	地域冷暖房	○	○
エネルギー消費 量(一次エネ ルギー換算)	建物総エネルギー	○	○
	空調関係総エネルギー	○	○
	照明関係総エネルギー	○	○
	原単位(延床当り)	○	○
	水消費量	○	○
	冷暖房運転時間	○	○
	PAL/CEC/AC	○	○
解析内容等	【診断結果】 エネルギー診断を実施し、個々の建物 即した省エネルギー提案を実施 (提案項目103項)	①用途毎の建物特性、使用状況、熱 源機器、エネルギー消費量およびこ れら項目と延べ床面積等との相関の 導出 ②24時間実測あるいはデー ター記録の収集	①事業所の概要 ②設備仕様 ③管理運用手法
特徴・今後の課題等		実測有 他用途建物へのデータ拡充 時刻別の消費量内訳の精度向上	ヒアリング 用途別エネルギー使用量
レベル	3	3	3

2.5 設備の実使用条件下動作性状に関する既存データの収集における課題

本節では、意見聴取ならびに収集した資料において確認された、実使用条件下の動作性状に関するデータ収集に関して課題を抽出し、整理を行っている。

2.5.1 データ収集に関する課題

(1) 情報保護問題

多くの意見聴取者から「データの提供については同意がないと出せない。手続きが複雑である」との意見が出された。

その背景には、業務用建築物の所有は建物所有者であるのに対し、計測を実施しているのは研究者や管理会社・ゼネコン等と異なり、また実際に建物を使用している法人は別の契約関係があることが多いため、責任所在が複雑であることがあげられる。また、昨今の情報保護の流れから、建物所有者の同意なしに自由なデータの公開はできないことがほとんどであり、結果的にデータの「提供」「公開」については次第にハードルが高くなっているのが実情である。また、特に設備の効率に関する情報は、裏を返せば、建物の使用時間、稼働率等が判明するために、営業実態の公表を避けるため、公開・提供には敏感に拒否反応があるとの意見もあった。

一方で、東京都では、温暖化対策の一環として大規模の事業所にはエネルギー消費の提供を義務付けており、それらはインターネットで公開されているが、これらは大規模な事業所のみとなっている。

今後、精緻なデータの取得に向けては、一般の建物の協力のみでは難しく、ミクロ的なアプローチの方が精緻なデータ取得が得られる可能性が高いと考えられる。

(2) 計測手法に関する問題

意見聴取において収集した計測システム図を確認したところ、計測手法はまちまちであり、同一条件での比較が難しいことは容易に想像しうる。計測結果を集積し、統一的にデータを取り扱うために、計測システムの基盤としての統合が必要であると言えるが、コスト的な側面からも、容易に解決しうるとは言いがたい状況である。

また、導入されているBEMSが蓄積しているデータを活用する場合には、以下の問題が指摘されている。

基礎調査レベル(前節のレベル1)や標準調査レベル(前節のレベル2)相当の調査では、BEMSの月報を活用することができるが、ガス消費量や水消費量等の記載がない場合がある。その場合には請求書等から情報を得られることもある。また、用途別の電力消費量については得られないことが多く、データの補完のために、出力用紙を収集してデータ入力作業が必要となる場合もある。

詳細調査レベル(前節のレベル3)相当の調査では、BEMSの日報を活用することができる。ただし、日報にあがっていない項目も多くあり、追加計測が必要となる場合もある。多くの

BEMSデータは一定期間しか蓄積されない(通常一ヶ月分)ため、収集した出力用紙から入力する作業が必要となる場合もある。

2.5.2 多数のデータの収集を行う際の課題

(1) 調査対象の選定

数多くの物件からデータを収集するために郵送による調査方式をとる場合には、まず、調査票の郵送先を特定する作業が必要となる。これは適切な回答を行いうる担当者に調査票を届けることが、効果的な調査とするために重要なことによる。その際には、業界団体(ビルオーナーの諸団体である(社)日本ビルディング協会連合会(国土交通省所管)、ビル管理者の諸団体である(社)日本ビルエネルギー総合関知技術協会(経済産業省所管)、(社)全国ビルメンテナンス協会(厚生労働省所管)等)の協力を得ることが望まれる。また、諸団体に要請する場合には所管官庁に協力を得ることで回収効率が上がることが期待できる。

調査先の選定の際には、個別の建物単位ではなく、一括してデータを管理している事業者もあり、管理主体の確認が必要となる。例えば、チェーン展開しているスーパーマーケットなどは本社で一括してデータを管理している場合も多い。また、公立学校は地方自治体や教育委員会が一括してデータを管理している。一方で、自治体所有の施設については、基本的に国で一括した管理をしていない。自治体所有施設の各種消費量データは、ISO14001の取り組み関連等で自主的に公表しているケースの多い庁舎などの施設を除いて、現状では特に国へのデータ報告等は行っておらず、報告する義務や制度もない。中央省庁で自治体所有施設のデータを収集管理しているところはないため、全国の自治体所有施設の環境関連データを収集する場合は、自治体ごとに収集作業を行う必要がある。

(2) 調査目的の明確化

調査先の協力を得るために、収集したデータの活用目的を明確にすることは不可欠である。また、調査に協力することで得られる特典を提示することも効率的なデータベース構築に不可欠である。国や地方等のマクロエネルギー消費構造の把握、エネルギー・環境政策への利用等だけでは新鮮みがなく、従来調査との差異化が重要となる。調査協力者が求める利用方法では、「当該建物の経年変化」「他建物との比較」の要望が高い。前者については、調査を継続した場合に、調査票の送付の際に経年変化を確認できる取り組みが有用と考えられる。後者については、建物規模や用途、建築年代等について比較に値する対照群を適切に設定し、分析結果の明確な提示を行うことで、有用な情報提供につなげることができる。

(3) 調査項目・設問の設定

また、回答を容易にする対策も必要となる。回収率を上げるためには、調査項目や設問数は少ない方がよい(目的を明確にすることは設問数を絞るためにも有用である)。**WEB**等の電子回答は、回答者にとっては紙調査票での回答より理解に時間を要することがあるため、

入力への理解を容易にし、短時間での回答を可能にするツールを用意する必要がある。

数値での回答項目については、単位間違い等の入力ミスを防ぐ対策をとる必要がある。年間データの回答を求める場合であっても、あえて月別データの入力を求めることで、月報データの単純な転記による合算ミスを防ぐ等の対策をとることも可能である。

2.5.3 データベースの統合管理

これまでに整理されてきたデータベースを参照して、より規模の大きいデータベースに統合して管理することは、調査時の調査協力者との約束事項(守秘義務等)から考えると事実上不可能と考えられる。また、今後の統合管理を見ずえと、今後のデータベース構築では、調査時の調査協力者との約束事項(守秘義務の範囲)を工夫する必要がある。既存のデータにおいて、建物名称を匿名化するだけで守秘義務を担保したとするのは難しいと考えられる。今後データを柔軟に活用していくためには、設問項目毎に「公開可」「非公開」の区別を個々に回答してもらうことも一案となる。

また、データベースの統合管理を考えると、各省庁間の協同と連携が不可欠といえる。類似の実態調査が、経済産業省資源エネルギー庁(エネルギー消費統計(仮称)等)や環境省(環境大福帳：小規模オフィス支援ソフト等)で実施されており調整が必要となる。

さらに、将来を見据えて、各実態調査機関の間で調査項目とデータベースの構築方法等を標準化することは、データベースの活用の容易さもあわせて有用といえる。

第3章 中央式空調システムの実使用条件下における特性計測

業務用建築の実態に即した省エネルギー性能評価を確立するためには、導入されている設備の実際の挙動を考慮した性能を把握する必要がある。業務用建築物に導入される設備の中でも、空調設備については、構成する機器が熱源機、補機類、空調機等多岐にわたり、システムとしての挙動とエネルギー消費特性を把握することは容易ではない。しかし、空調設備システムの省エネルギー性能評価を確立するためには、実使用条件下における熱源機等の稼働状況に応じた処理熱量とエネルギー消費量のデータが欠かせない。

本章では、中央式空調設備を対象として、中規模建物2棟において、実使用条件下における熱源等のエネルギー消費量と供給熱量のデータを分析し、熱源機等の運転状況と対応した特性を整理するとともに、空調システムの効率について検討を行った結果についてとりまとめている。

3.1 建物Aにおける熱源性能・負荷に関する検討

本節では、国土交通省国土技術政策総合研究所旭庁舎(以下、建物A)の空調用熱源性能ならびに空調負荷に関する検討を行う。前章で示したように、業務用建築物はテナントビルの場合、計測対象とすることが難しい場合があること、また、自社ビルで監視業務によりデータが取得されても、都合の悪いデータは省いて提出される場合があるなど、特性を明らかにするための計測に限界があることが多い。そこで、本研究実施主体である国土技術政策総合研究所を対象として、公平な観点で計測を行うこととした。

3.1.1 空調システムの概要

図3.1.1に建物Aの空調・熱源システムの概要を示す。建物A(図3.1.1では「総研本館」と表記)で使用される空調用の熱は、実験棟3棟および独立行政法人土木研究所にも熱を供給するエネルギーセンターから供給される。エネルギーセンターには、ガス焚蒸気ボイラー4台、熱交換器2台、吸収式冷凍機2台があり、冬期はボイラーからの蒸気を熱交換した温水により暖房を、夏期には吸収式冷凍機を用い蒸気を熱源として作成した冷水により冷房を行っている。また、ボイラーからの蒸気は各棟の空調(加熱・加湿)、厨房、貯湯槽の加熱にも利用されている。また、この他に冷温水発生機2台が恒温恒湿室の冷房用に24時間連続稼働しているが、一般空調の使い方ではない(実験用途)ことから、本節の検討から除外する。

図3.1.2は熱源システムの系統の概要である。ボイラー4台で作成した蒸気は、夏期は吸収式冷凍機2台にそのままの圧力で、各棟には減圧して供給される。また、冬期は減圧して熱交換器2台および各棟に供給される。吸収式冷凍機2台で作成された冷水ならびに熱交換器からの温水は、各棟の空調のために供給されるが、冷温水の同時供給は行えないため、冬期は吸収式冷凍機が、夏期には熱交換器が休止することになる。

冬期の一般的な熱源機器の運用としては、平日の日中に2台、平日夜間および休日に1台のボイラーが稼働し、平日朝方の立ち上がり時(7時～9時程度)に2台、それ以降19時までは

1台の熱交換器を用いて温水を供給している。熱交換器は平日夜間ならびに休日は使用されていない(平日夜間ならびに休日はボイラー1台による蒸気供給のみとなり、各棟の空調は停止することになる)。以上を4台のボイラー、2台の熱交換器で順繰りに担当するように運用される。

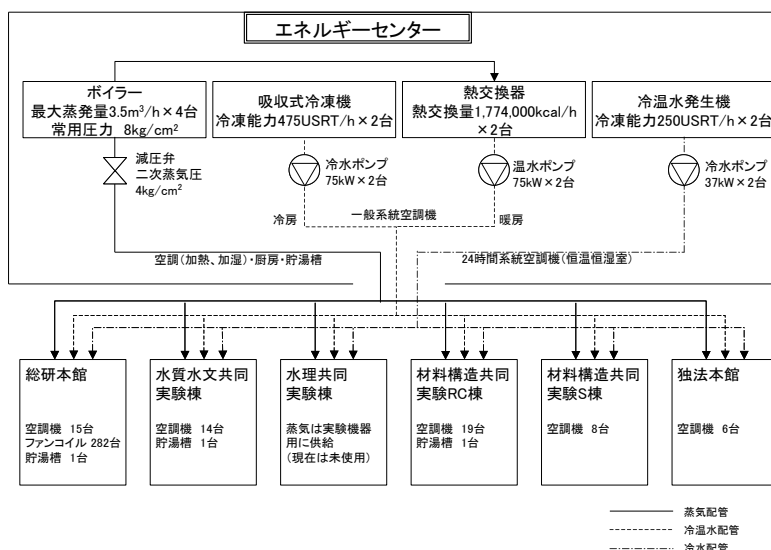


図3.1.1 空調熱源システム概要

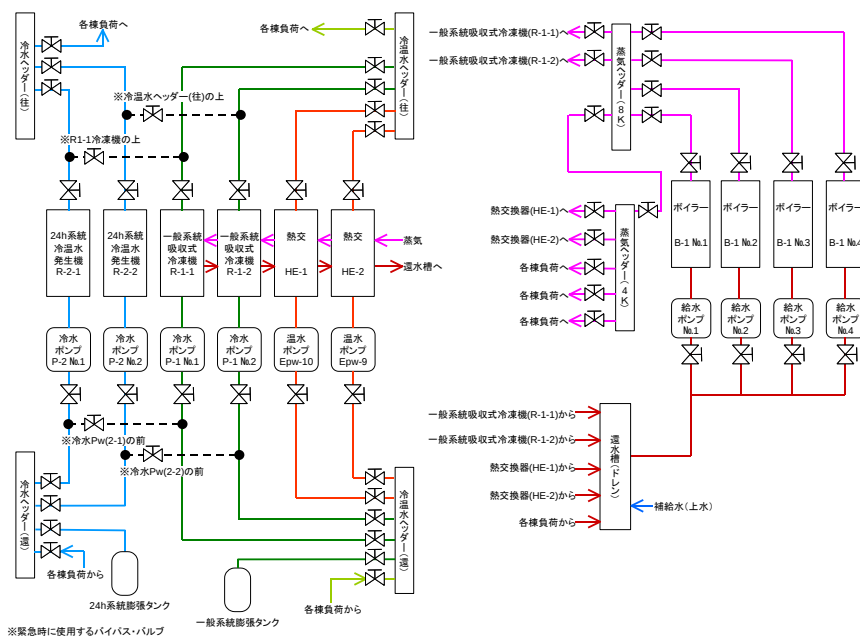


図3.1.2 熱源システム系統概要

熱源機器の運転状況はエネルギーセンターで常時監視され、8kヘッダにおける蒸気圧、各棟へ供給される冷温水流量、冷温水熱量、冷温水往還温度等が1時間間隔で自動記録されている。また、ボイラーで消費するガス量は、1、2時間おきに目視によるカウンタの読み取りにより記録されている。一方、各機器が消費する電力量、蒸気温度等の記録はない。

3.1.2 測定結果の分析

2009年1月18日～3月21日にエネルギーセンターで記録したデータをもとに、冬期暖房運転時の建物A等の空調用熱源性能ならびに空調負荷に関する分析を行った。

(1) 分析データ

経時データを図3.1.3～図3.1.11に示す。図中aに外気温度、図中bにボイラーと熱交換器の運転状況をバーで示している。cはボイラー4台のガス使用量の、dは温水による供給熱量時間積算値の推移を示す。

eにはボイラーでの燃焼によるガスの発熱量と温水供給熱量の合計値を示すが、ガスの発熱量の換算には、エネルギー源別標準発熱量表2005年度改訂版に記載されている都市ガス12A13Aの総発熱量(高位発熱量)45.6MJ/m³(N)に、低位発熱量と高位発熱量の比0.90を乗じた、真発熱量(低位発熱量)に相当する41.0MJ/m³(N)を使用した。

fには温水供給熱量とガス発熱量の比の経時変化を示している。

(2) ガス使用量

ボイラーの運転は、基本的には、平日は主運転機が朝7時半(月曜等は30分前倒し)～翌朝9時、副運転機が朝9時～夕方19時の間となっている。また、休日は朝9時～翌朝9時を1台で運転するのが基本となっている(図中b)。図中cにはボイラー各機のガス使用量の推移が示されているが、主運転機は変化が比較的少ない推移を示すのに対し、副運転機(9時～19時)では稼働直後に多くのガスが燃やされ、その後徐々に低下していく状況が見られる。これは主副により制御方法が異なることを示していると思われる。ボイラー4台の合計では、平日朝方の暖房運転開始時にピークが発生しており、400～600m³程度のガスを1時間に消費している。平日日中には200m³前後で推移し、暖房運転が停止する(蒸気供給のみとなる)休日では1時間あたり80m³程度のガス消費量となっている。

(3) 温水供給熱量

暖房運転開始時は研究本館(建物A)への温水供給熱量が非常に大きいですが、時間が経つにつれ急激に小さくなり、材料構造棟を下回るようになる。2棟の実験棟は暖房開始のピーク時と日中の差が小さいことが分かる。独法本館については熱量自体は小さいものの、時間推移は研究本館に似た形状を示す(図中d)。

各棟の日積算値を示した図3.1.12、図3.1.13によると、研究本館(建物A)に供給される熱量は4割前後であり、材料構造棟に供給される4～5割と同等である。一方、独法本館に温水供給される熱量は1割前後であり、水質水文棟と同等か下回る程度となっている。

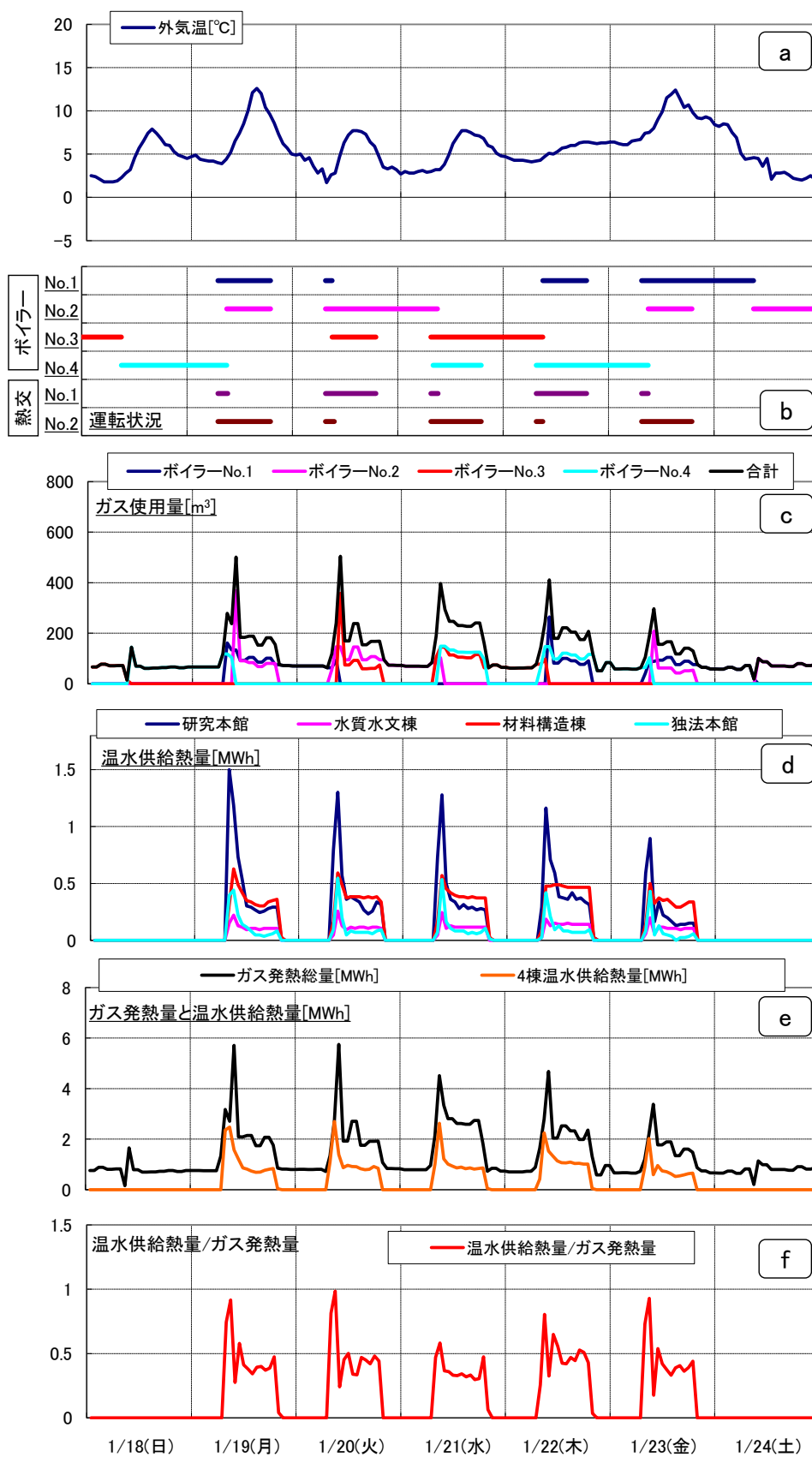


図3.1.3 計測分析結果(2009/1/18~1/24)

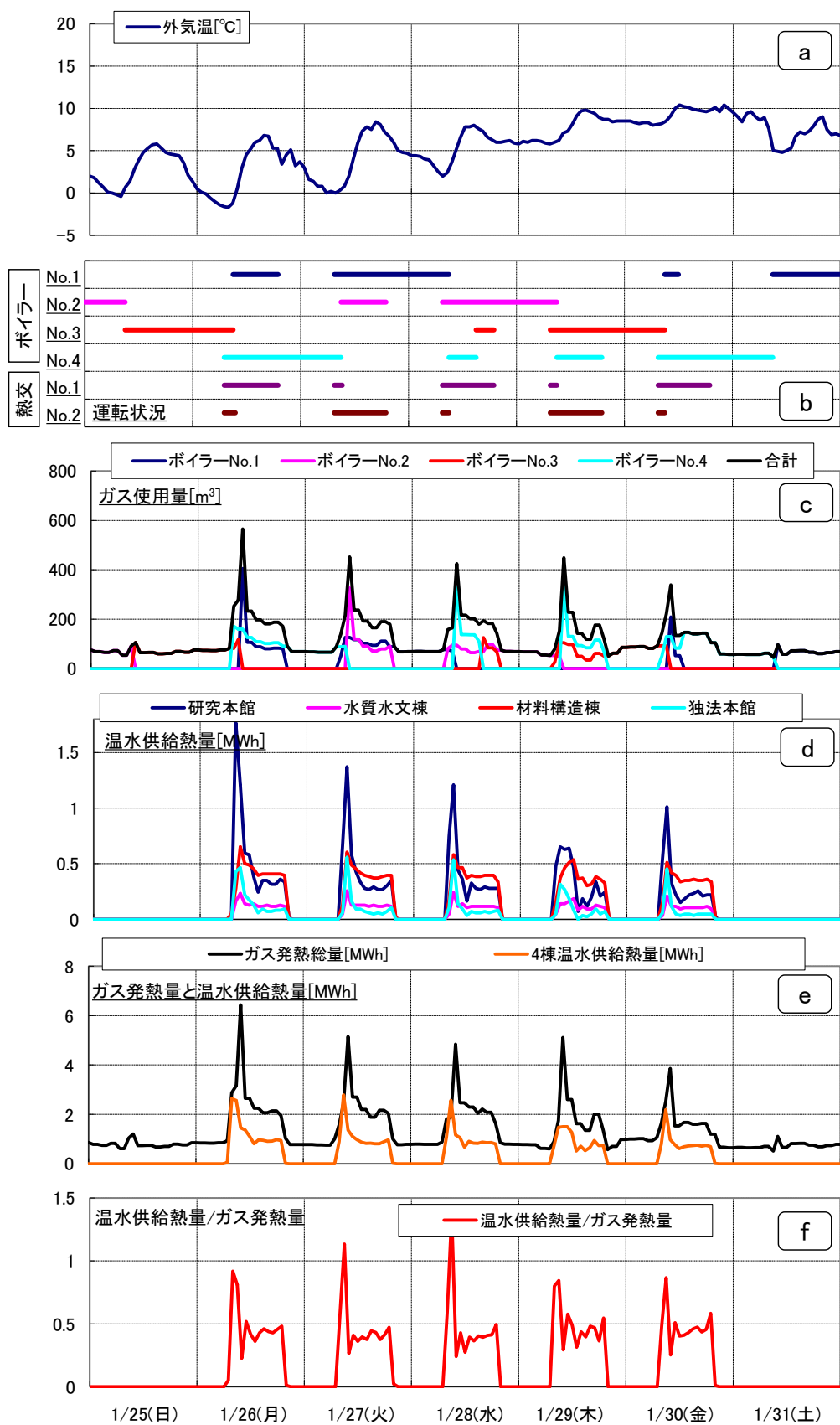


図3.1.4 計測分析結果(2009/1/25~1/31)

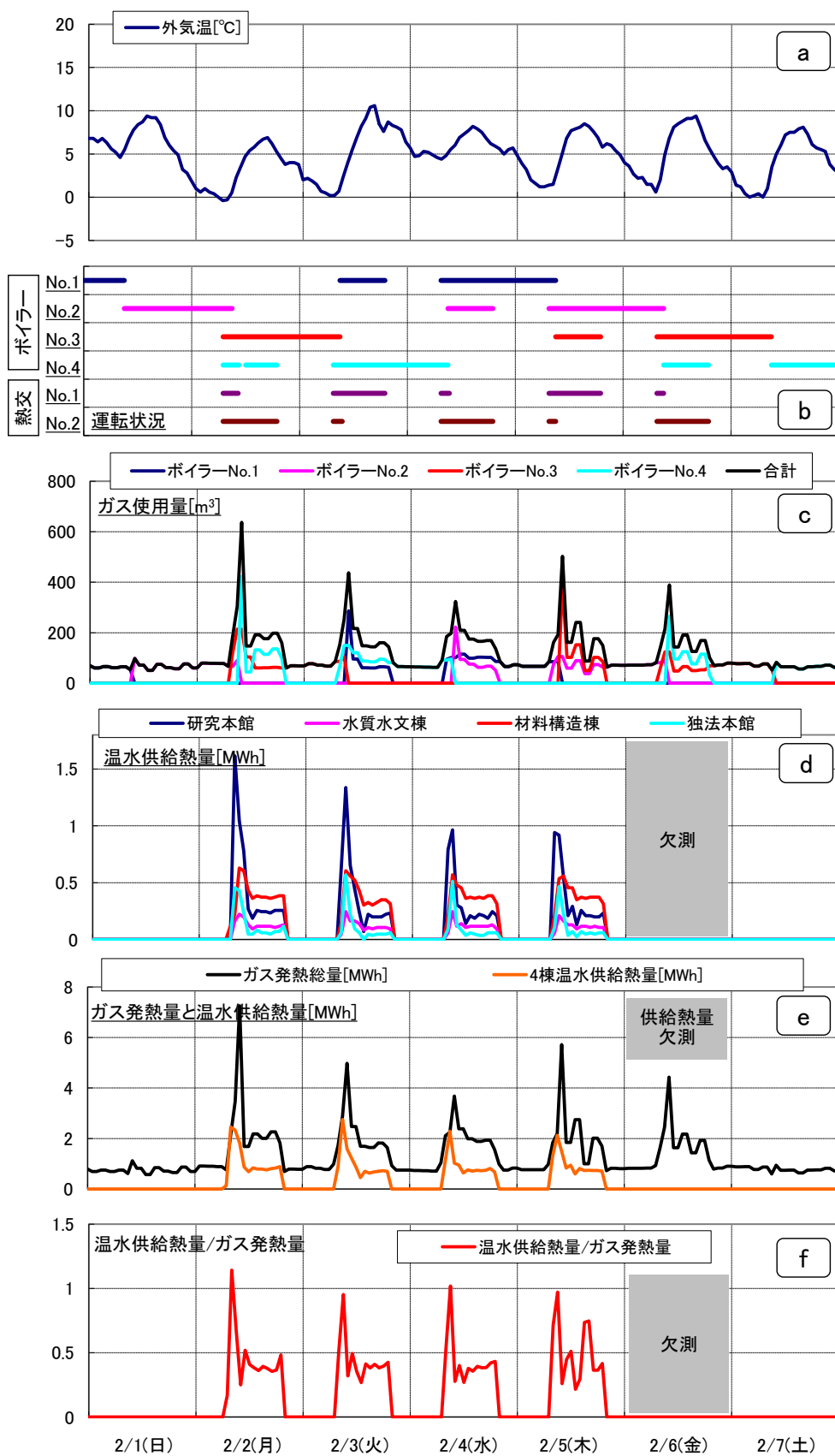


図3.1.5 計測分析結果(2009/2/1~2/7)

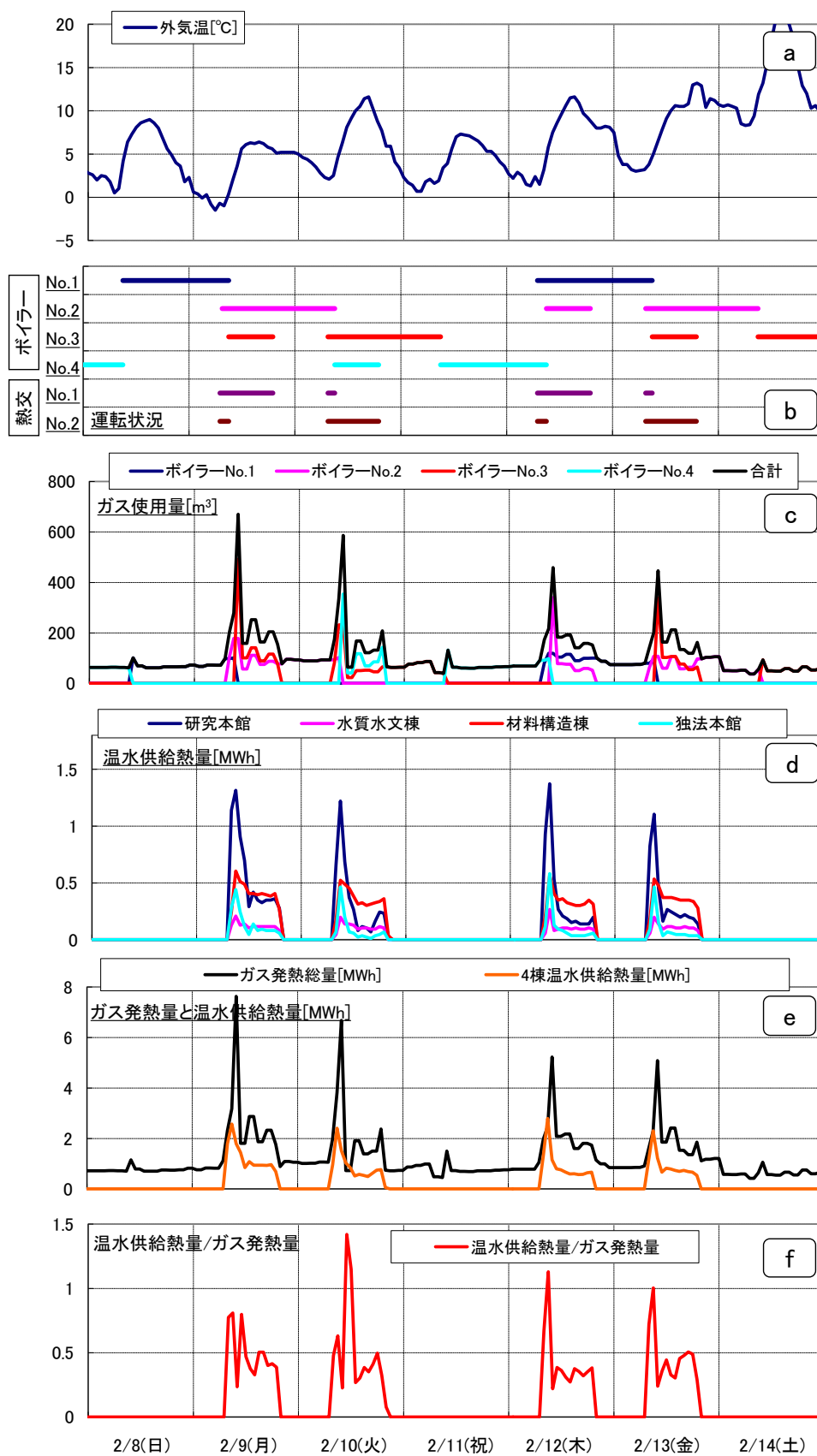


図3.1.6 計測分析結果 (2009/2/8~2/14)

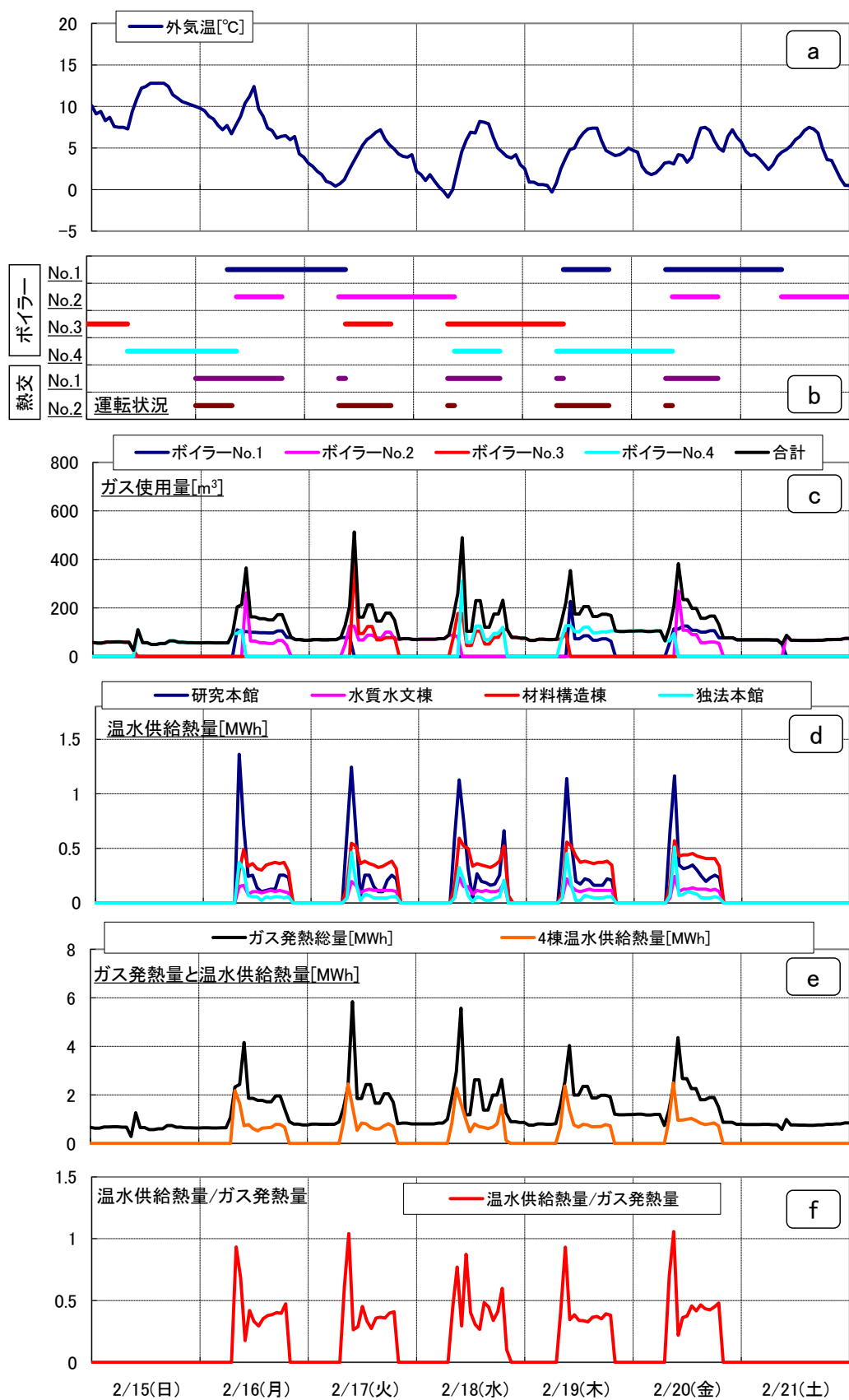


図3.1.7 計測分析結果(2009/2/15~2/21)

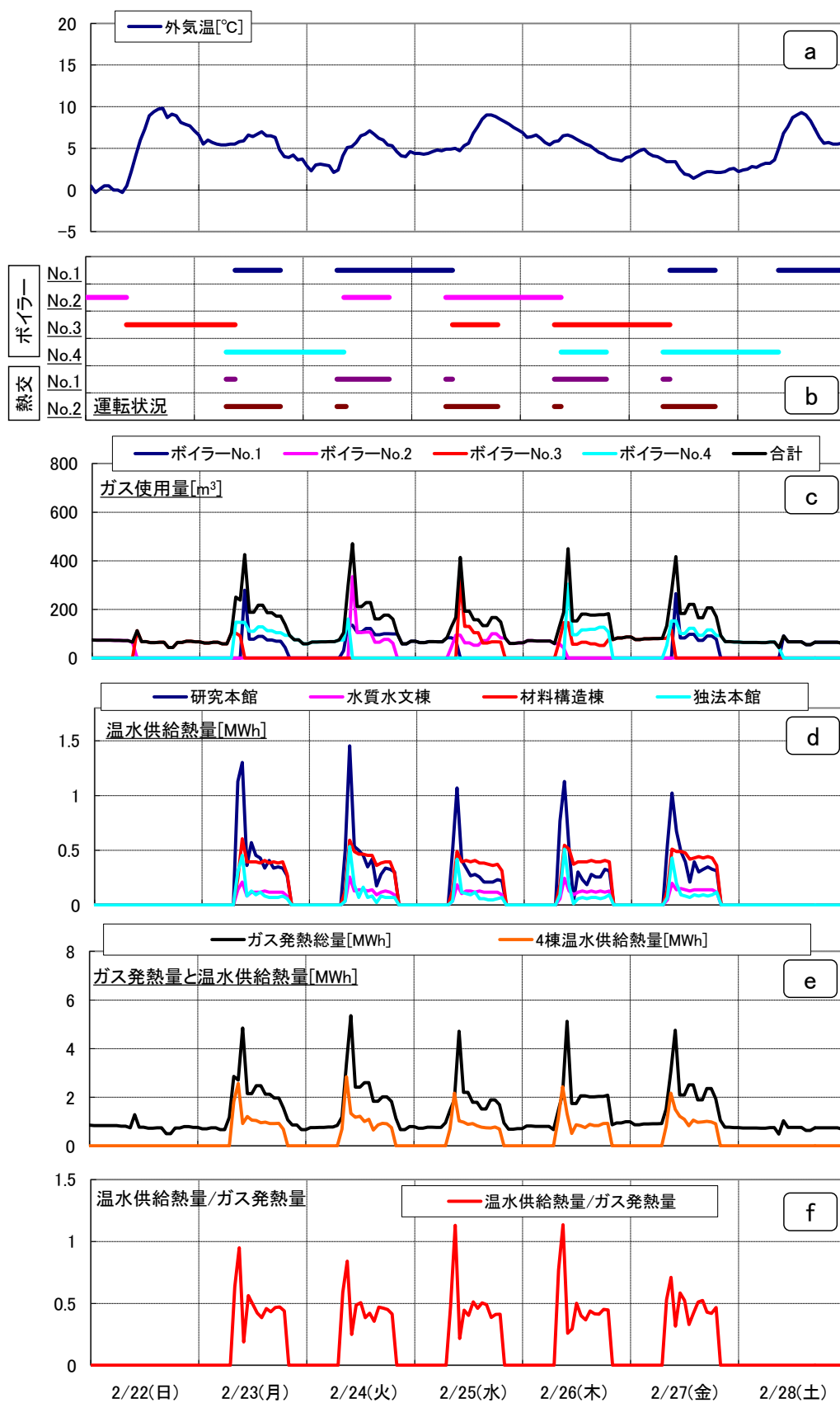


図3.1.8 計測分析結果(2009/2/22~2/28)

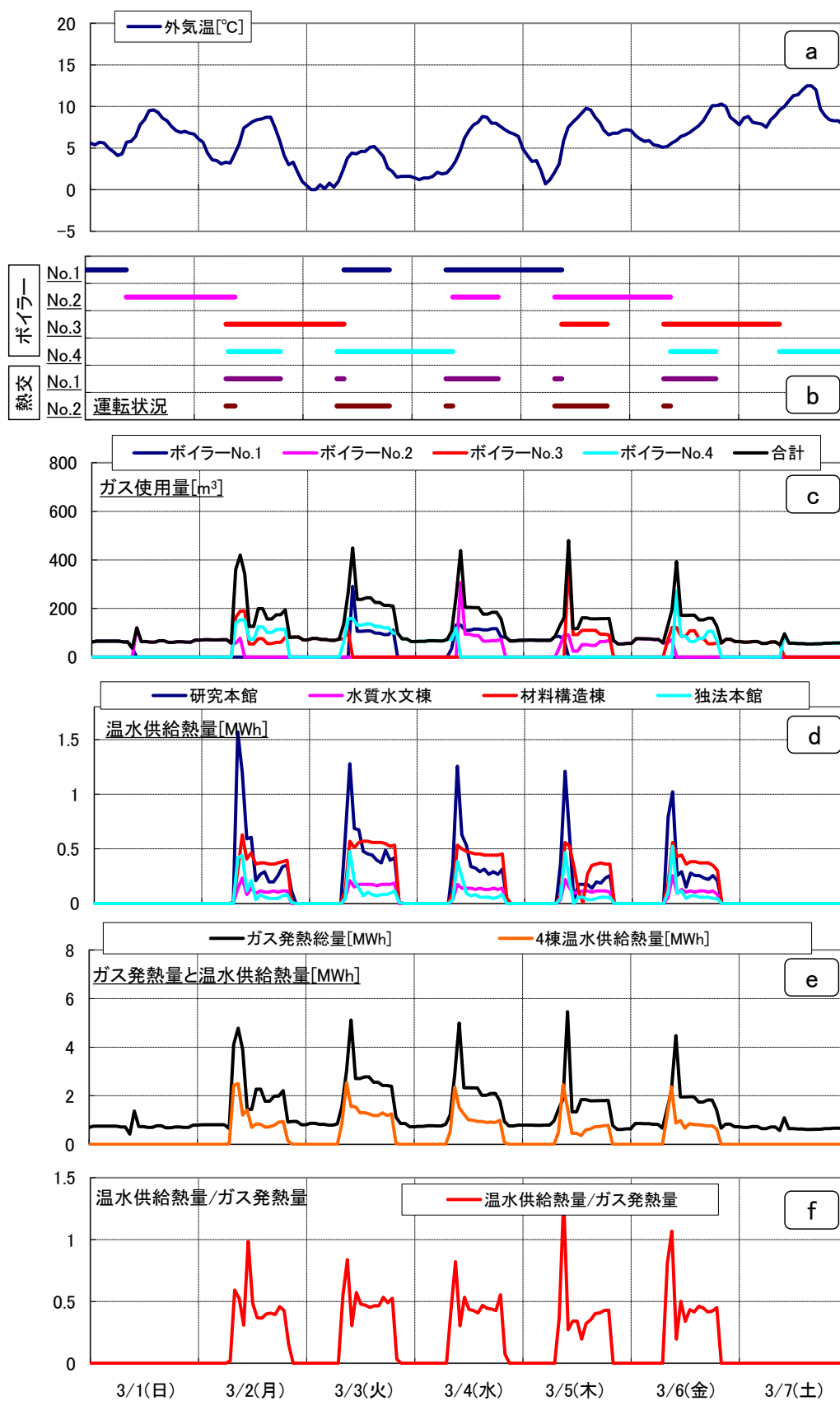


図3.1.9 計測分析結果(2009/3/1~3/7)

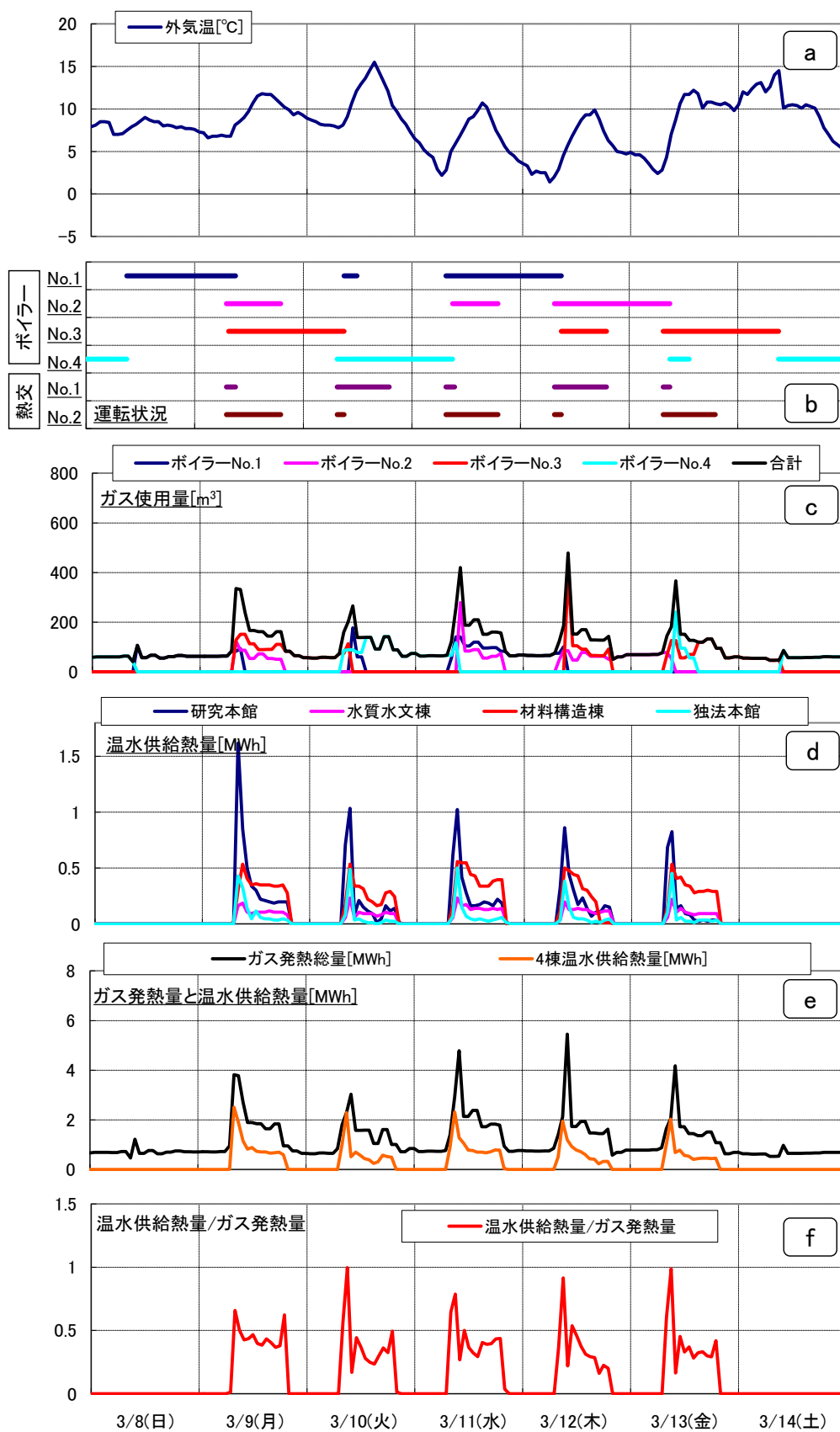


図3.1.10 計測分析結果(2009/3/8~3/14)

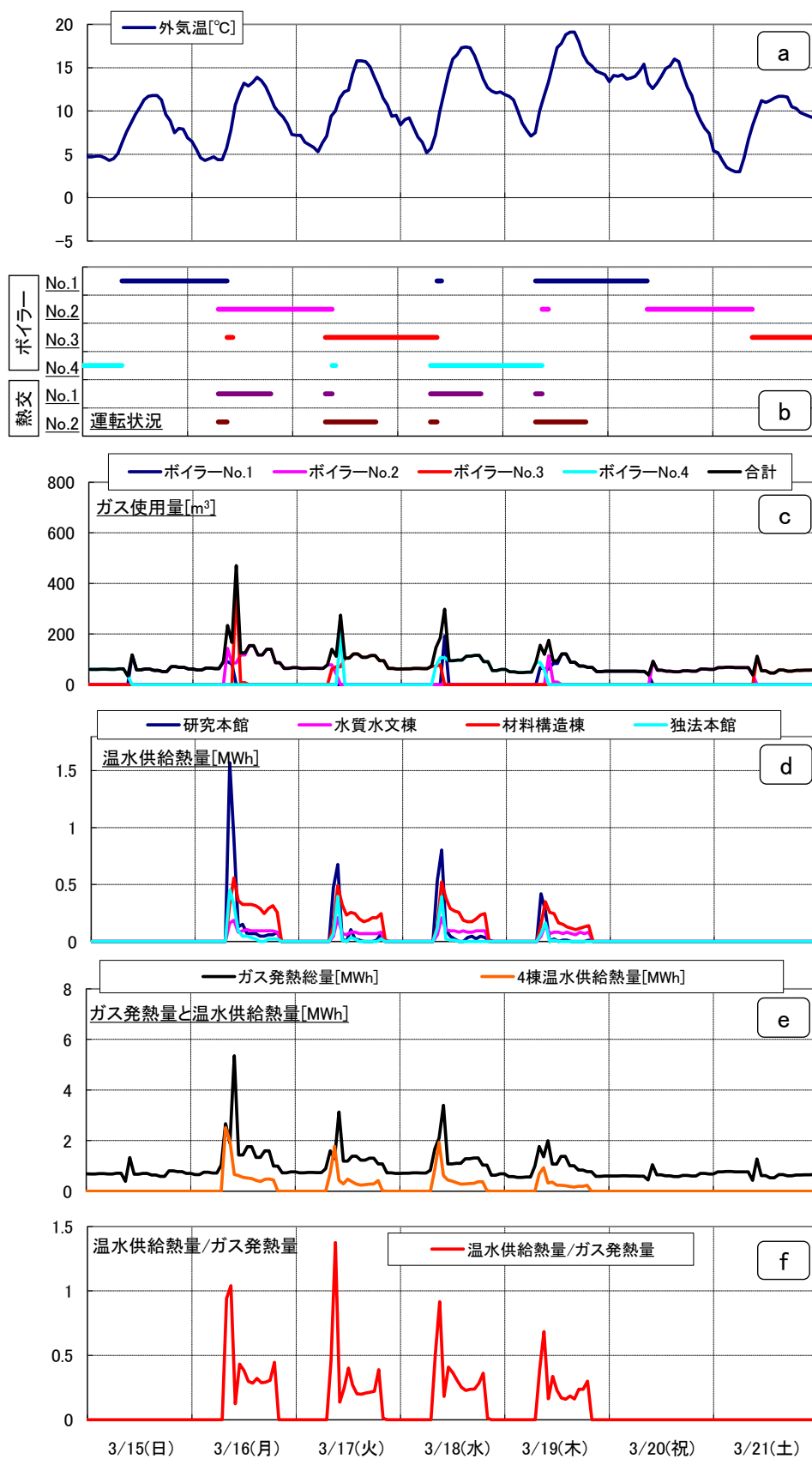


図3.1.11 計測分析結果(2009/3/15~3/21)

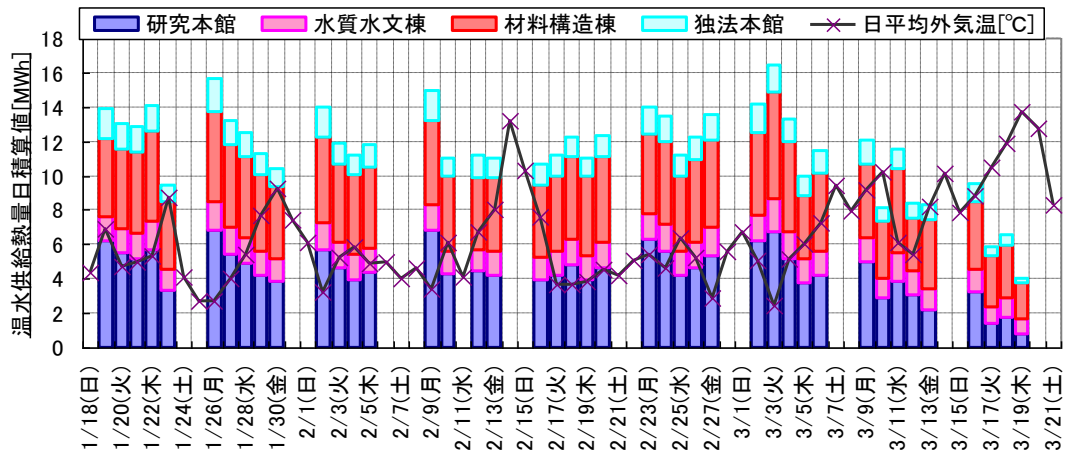


図3.1.12 温水供給熱量の日積算値の推移

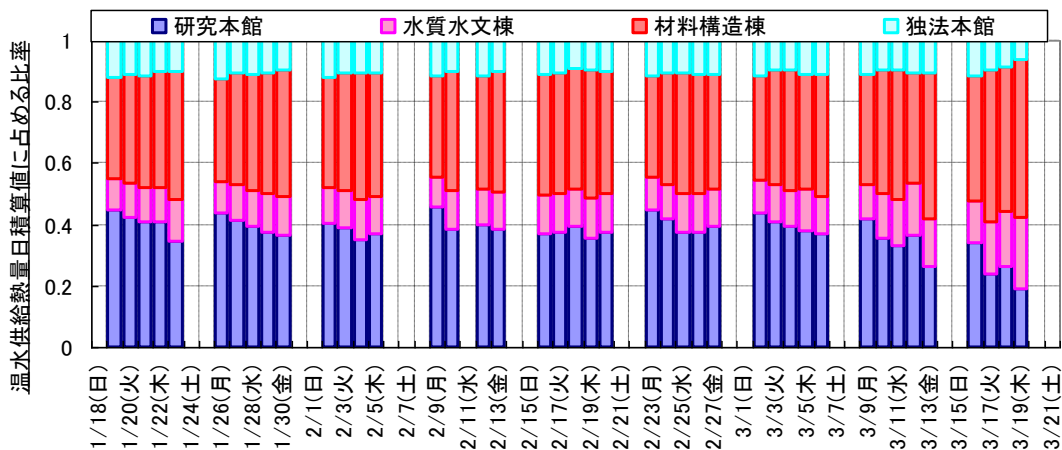


図3.1.13 日積算温水供給熱量に占める各棟の割合

(4) 消費エネルギー・効率に関する考察

図3.1.3～3.1.11中eのガス発熱量は、温水供給熱量の合計とほぼ同様の形状を示していることが見て取れる。休日のガス発熱量を見るとほぼ横ばいに推移しており、蒸気の需要は時間帯の影響をそれほど受けないものと推測できる。すると、休日、夜間の蒸気供給時の発熱量に相当する量がベースとなり、その上に温水需要に対応した発熱量が上乘せされると見ることができる。ガス発熱量と温水供給熱量の比をとったfでは、温水供給開始時に1を超えてしまう(ガスの熱量以上に温水で熱を供給してしまう)状況も見られるが、ガス発熱量と温水供給熱量のピークに1時間のズレがある場合に生じていることから、データの収録・処理に何らかの時間的なズレをうむ原因があるものと推測される。平均的に見ると温水供給中はガスの燃焼によって得られる熱量の5割弱が温水供給にまわる状況となっている。

(5) 日積算値によるエネルギー消費量と温水供給熱量の分析

建物A他の熱源はシステムが複雑になっている上に、蒸気供給熱量を算出するためのデータが欠けていることから、日積算値による分析を行い検討を加えた。

図3.1.14に日平均外気温と日積算ガス発熱量の関係を示す。日積算ガス発熱量は、温水供給のない休日と休日明けの(前日に温水供給のない)平日、休日明けでない平日の3つに分けて表示している。図からは外気温が高くなるとガス消費量が減ることが読み取れる。また、温水供給がなく蒸気供給のみの休日において日平均外気温との相関が非常に高いことが分かる。前項の考察から蒸気需要は大きく変動しないものと推測できるため、平日の発熱量から、図3.1.14の回帰式を使用して蒸気供給にあたる発熱量を差し引き、温水供給に相当する発熱量を算定した。

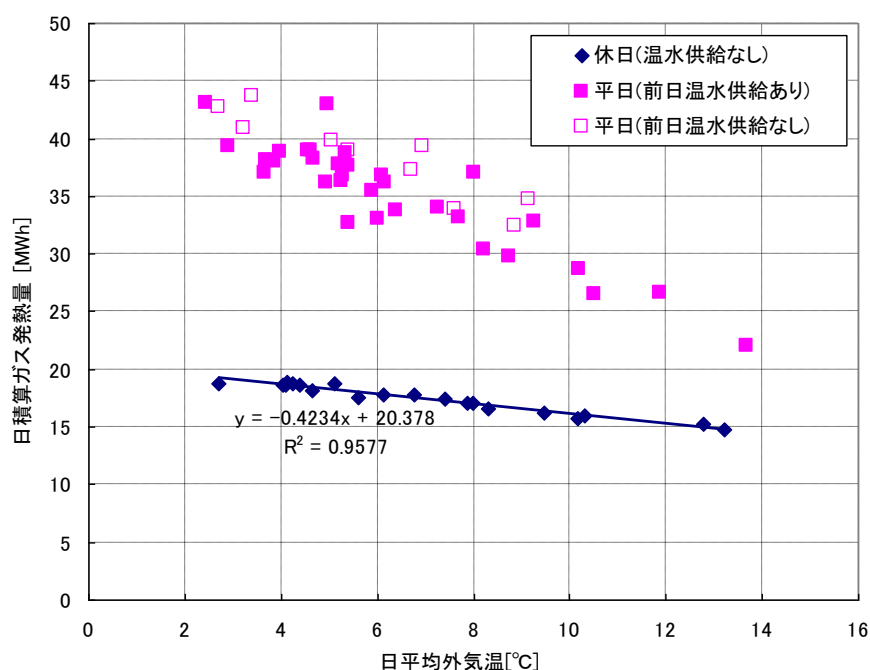


図3.1.14 日積算ガス発熱量と日平均外気温の関係

図3.1.15が温水供給に相当する発熱量を温水供給熱量とともに記した図となる。図からは算定した発熱量と温水供給熱量が良く対応していることが分かる。また、発熱量、温水供給熱量ともに、前日に温水供給していない日(休日明けの日)でやや大きくなる傾向が見られることから、前日に温水供給を停止していることで負荷がやや増大する状況が確認できる。

図3.1.16に温水供給に相当する発熱量と温水供給熱量の関係を示す。ほぼ直線状の関係を示しており、本節の分析からはガス発熱量(温水供給に相当)の63%熱量の温水を供給できているといえる。この数値はボイラー、ポンプ等の消費電力を含んでいないものの温水供給

のシステム効率ととらえることができる。

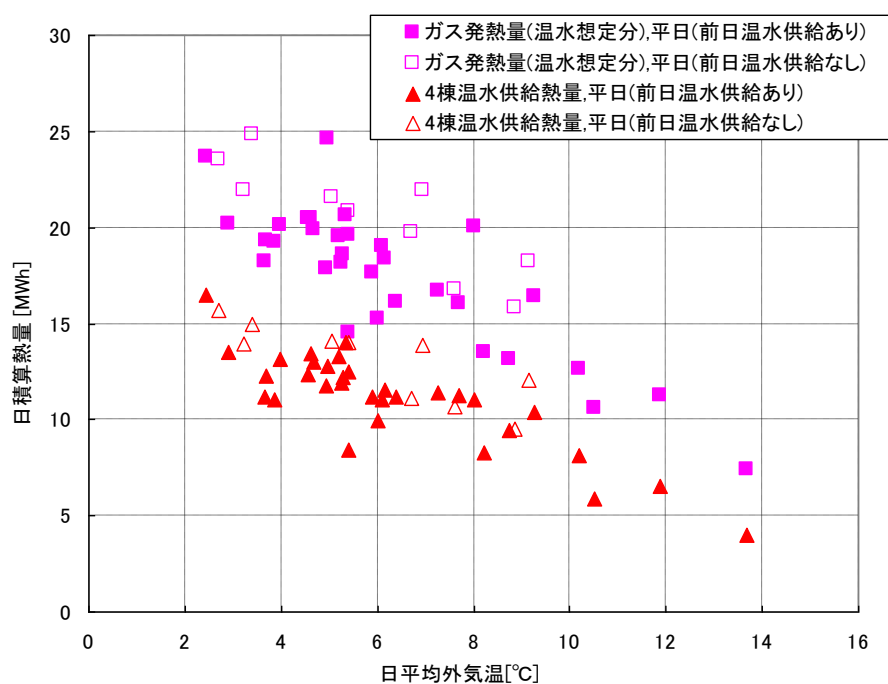


図3.1.15 温水相当分の日積算ガス発熱量、供給熱量と日平均外気温の関係

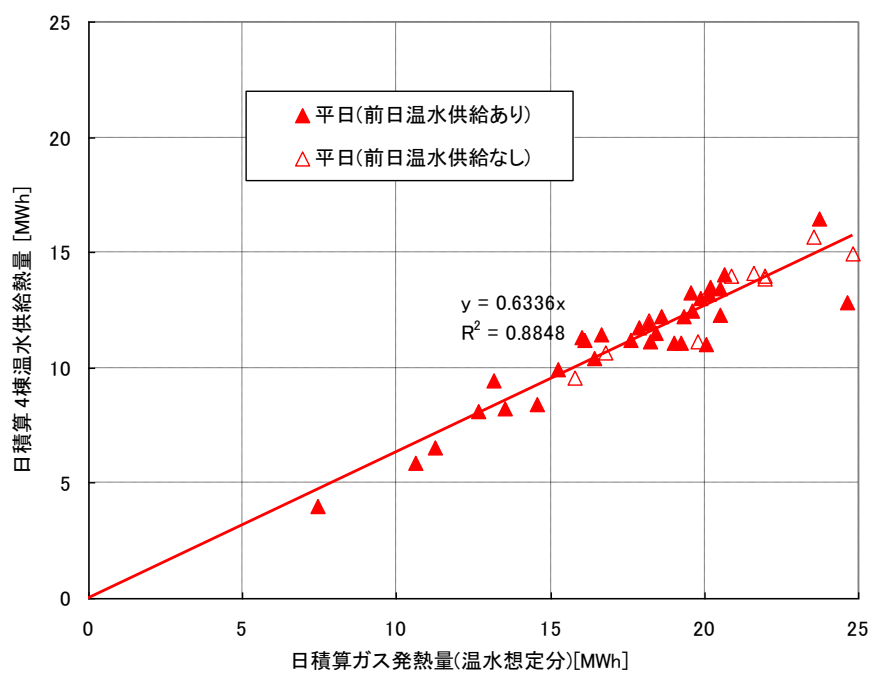


図3.1.16 温水相当分の日積算ガス発熱量と供給熱量の関係

図3.1.17には、棟別の日積算温水供給熱量と平均外気温の関係を示す。いずれの棟の空調負荷も日平均外気温が上がるにつれ減少している。実験棟(水質水文棟、材料構造棟)では比較的ばらつきが小さいが、事務棟(研究本館、独法本館)ではばらつきがやや大きい。また、事務棟においては、前日温水供給がなかった影響がより強く現れているといえる。

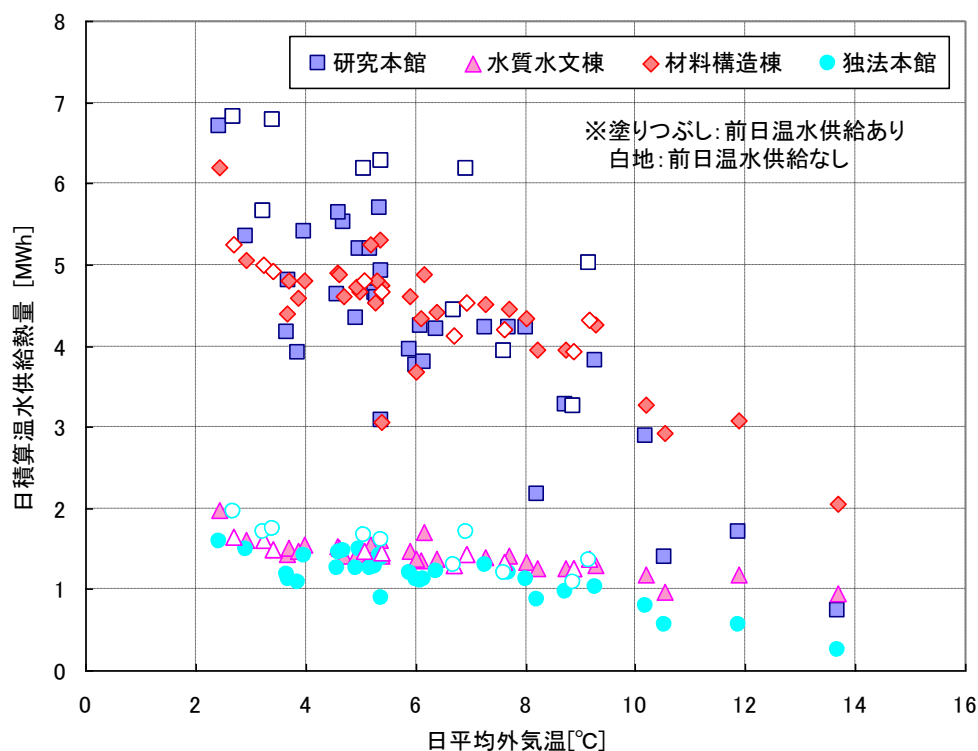


図3.1.17 日平均外気温と棟別温水供給熱量の関係

3.1.3 まとめ

本節では、建物A等における空調用熱源性能ならびに空調負荷に関する検討を行うために、エネルギーセンターで記録している計測データの分析を行った。熱源、供給先、供給媒体が複数ある複雑なシステムが形成されている中で、ガス使用量と熱供給量の特徴から蒸気供給熱量を推測することで、温水供給に対する効率を算定した。

ここでの検討では、エネルギーセンターで記録している計測データをもとに推算も交え、評価したものである。より詳細に需要側の負荷特性や、熱源機器の稼働状況、熱源機器単体およびシステムとしての効率を評価するためには、計測機器を追加する必要がある。

3.2 建物Tにおける熱源性能・負荷に関する検討

本節では、国土交通省国土技術政策総合研究所立原庁舎新館(以下、建物T)の空調用熱源性能ならびに空調負荷に関する検討を行う。本検討で対象とする建物Tは、前節の建物Aと同じく、本研究実施主体である国土技術政策総合研究所を対象として、公平な観点で計測を行うこととした。さらに熱源等のエネルギー消費量と供給熱量の詳細な計測を追加して実施して、機器のエネルギー消費特性と供給熱量、システム効率について検討を行うとともに、監視データと対照して運転状況ならびに監視データの問題点を確認し、既存データを活用する際の課題の事例として整理をすることを目的として選定した。

3.2.1 空調システムの概要

表3.2.1に建物Tの概要を、表3.2.2に空調機器の概要を示す。建物Tには、空調用熱源として2台の冷温水発生機(灯油直焚二重効用吸収式)が導入されており、冷却塔、冷温水ポンプ、冷却水ポンプ等とともに2系統の空調用熱源システムが構成されている。通常の運用では、主運転系統と副運転系統に日々交互に振り分けられ、主運転系統は7～8時に運転を開始し18～19時前後に運転を停止される。副運転系統は朝方の立ち上がり時に運転されている。

作成された冷水(夏期)、温水(冬期)は、冷温水ポンプにより、1～5、7、8階のファンコイルユニット、空気調和機に搬送され、暖冷房に利用されている。

表3.2.1 建物T概要

所在地:	茨城県つくば市
竣工年:	1995年
建物用途:	研究施設(執務室、会議室等)
建物規模:	地下1階+地上7階+塔屋1階
延床面積:	4309m ²

建物Tでは、空調システムの運転状況は中央監視室にて監視されており、冷温水流量、冷温水熱量、冷温水往還温度等が自動記録されている。また、冷温水発生機で使用する灯油量は、約1、2時間おきに目視によるカウンタの読み取りにより記録されている。

表3.2.2 空調機器概要

機器番号	機器名称	機器仕様	動力(50Hz)		台数	設置場所
			電圧φ-V	容量kW		
RH-1, 2	冷温水発生機	荏原製作所製 直焚二重効用吸収式冷温水機 型式: RAP-K009 燃料: 灯油 燃料消費量: 冷房時30.2L/h(251.264kcal/h) 暖房時21.4L/h 冷却能力: 260,000kcal/h(80USRT) 暖房能力: 164,000kcal/h 冷水量: 870L/min(12°C~7°C) 温水量: 830L/min(51.7°C~55°C) 冷却水量: 1,460L/min(32°C~37.5°C) 吸収式ポンプ 冷媒ポンプ バーナブロー	3-200 3-200 3-200	1.5 0.15 1.0	2	B1F 機械室
CT-1, 2	冷却塔	型式: 低騒音型、開放式・角形、内部配管型 冷却能力: 462,000kcal/h 冷却水量: 1,400L/min 入口空気湿球温度: 27°CWB 送風機	3-200	3.7	2	RF 屋外機置場
WF-1-1, 2	冷温水用薬注装置	薬注ポンプ1台 薬注タンク 100L 防錆、殺藻、スケール防止 PCH-1, 2と連動	1-200	15W	2	B1F 機械室
WF-2-1, 2	冷却水用薬注装置	薬注ポンプ1台 薬注タンク 100L PCD-1, 2と連動	1-200	15W	2	RF 屋外機置場
PCH-1, 2	冷温水ポンプ	型式: 片吸込渦巻ポンプ 能力: 80φ×65φ×870L/min×30mmAq 許容押込圧力: 3.9kg/cm2	3-200	11.0	2	B1F 機械室
PCD-1, 2	冷却水ポンプ	型式: 片吸込渦巻ポンプ 能力: 100φ×80φ×1,400L/min×25mmAq 許容押込圧力: 3.9kg/cm2	3-200	11.0	2	B1F 機械室
PO-1	オイルギアポンプ(往) (空調用)	型式: オイルギアポンプ 能力: 20φ×3L/min×2kg/cm2	3-200	0.4	2	オイルギアポンプ室
POR-1	オイルギアポンプ(還) (空調用)	型式: オイルギアポンプ 能力: 20φ×3L/min×2kg/cm2	3-200	0.4	1	B1F 機械室
AC-1	ユニット型空調和 機 (1Fロビー系統)	型式: 横型 送風機: 6,000m3/h×27mmAq(機外静圧) 還風機: 5,000m3/h×29mmAq(機外静圧) 冷房能力: 36,000kcal/h 暖房能力: 32,400kcal/h 冷温水量: 120L/min コイル: 6列 フィルター: プレ(重量法50%以上)+中性能(NBS65%以上) 加湿: 気化式 10.1kg/h(有効) 全熱交換器: 回転型(交換効率69%) スプリング防振	3-200 3-200 3-200	5.5 5.5 0.1	1	1F機械室
AC-2	ユニット型空調和 機 (2F応接室系統)	型式: 横型 送風機: 3,400m3/h×39mmAq(機外静圧) 還風機: 2,400m3/h×19mmAq(機外静圧) 冷房能力: 20,000kcal/h 暖房能力: 12,300kcal/h 冷温水量: 67L/min コイル: 6列 フィルター: プレ(重量法50%以上)+中性能(NBS65%以上) 加湿: 気化式 7.3kg/h(有効) 全熱交換器: 回転型(交換効率67%) スプリング防振	3-200 3-200 3-200	2.2 2.2 0.1	1	2F機械室
AC-3	ユニット型空調和 機 (3F研究官室系統)	型式: 横型 送風機: 3,700m3/h×21mmAq(機外静圧) 還風機: 3,140m3/h×23mmAq(機外静圧) 冷房能力: 21,800kcal/h 暖房能力: 13,400kcal/h 冷温水量: 73L/min コイル: 6列 フィルター: プレ(重量法50%以上)+中性能(NBS65%以上) 加湿: 気化式 8.0kg/h(有効) 全熱交換器: 回転型(交換効率71%) スプリング防振	3-200 3-200 3-200	3.7 3.7 0.1	1	3F機械室

3.2.2 測定データの分析方法

(1) 分析データ

本節では、2008～2010年度の暖房期および冷房期に中央監視室で記録されたデータを使用している(表3.2.3)。

表3.2.3 中央監視室で取得している主なデータ項目

【自動記録(毎時)項目】
冷温水流量(瞬時, 積算)
冷温水熱量(瞬時, 積算)
冷温水往還温度(往, 還, 還(一括))
熱源機出口温度(R-1, R-2)
冷却水出入口温度(CT-1, CT-2)
【手動記録(1, 2時間毎)項目】
外気温湿度
冷温水機: 運転状況
温度(排ガス, 冷温水出口, 冷却水出口等)
冷却水: 出入口温度, 圧力
冷温水: 出入口温度, 圧力
冷却水ポンプ: 出入口圧力等
灯油積算流量(2台合計値)

電力消費量については中央監視室では計測していないため、電力計を追加して計測を行った。冷温水発生機、冷却塔、冷伽水ポンプ、冷温水ポンプ、空気調和機の消費電力量を日置電機製クランプ型電力計3169、モジュール式データロガー2300シリーズを使用して計測している。ファンコイルユニットの電力消費量は、測器の台数の都合により計測を見送っている。

図3.2.2～図3.2.7および図3.2.12～図3.2.19における図中の細目は、下記の通りである。

- a: 外気温
- b: 冷温水往還温度
- c: 冷温水流量の時間積算値
- d: 灯油消費量
- e: 灯油発熱量、熱源・搬送系の消費電力と供給熱量
- f: 供給熱量と灯油発熱量の比
- g: 一次エネルギー消費量と供給熱量
- h: 一次エネルギー効率
- i: 熱源機器の消費電力の1時間平均値の推移
- j: ポンプの消費電力の1時間平均値の推移
- k, l: 空気調和機の消費電力の1時間平均値の推移

図中e、f、g、h等に用いた除去熱量については、(2)で後述する理由により、記録している

「積算熱量」の値が実態から乖離していると判断し、冷温水往還温度差と積算流量から求めた供給熱量①と冷温水往還温度差(還温度一括)と積算流量から求めた供給熱量②で示す。1時間あたりの供給熱量①、②の算定式は下記の通りである。

$$\text{供給熱量①[Mcal]} = cp \{ (\theta_o + \theta_o^{-1})/2 - (\theta_i + \theta_i^{-1})/2 \} \times Q$$

$$\text{供給熱量②[Mcal]} = cp \{ (\theta_o' + \theta_o^{-1})/2 - (\theta_i + \theta_i^{-1})/2 \} \times Q$$

cp : 比熱(1Mcal/m³)

Q : 冷温水積算流量[m³]

θ_i : 冷温水往温度(瞬時値)[°C]

θ_i^{-1} : 1時間前の冷温水往温度(瞬時値)[°C]

θ_o : 冷温水還温度(瞬時値)[°C]

θ_o^{-1} : 1時間前の冷温水還温度(瞬時値)[°C]

θ_o' : 「冷温水還温度一括」(瞬時値)[°C]

$\theta_o'^{-1}$: 1時間前の「冷温水還温度一括」(瞬時値)[°C]

また、図中e、fに用いた灯油の発熱量の換算には、エネルギー源別標準発熱量表2005年度改訂版に記載されている灯油の総発熱量(高位発熱量)36.7MJ/Lに、低位発熱量と高位発熱量の比0.94を乗じた、真発熱量(低位発熱量)に相当する34.5MJ/Lを使用した。

一方、図中g、hに関して、一次エネルギーの換算には、「建築物に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断の基準」で平成18年に示された下記の値を使用している。

灯油 : 37MJ/L

電力 : 9,760KJ/kWh

図中e、g、hの電力消費量等の「熱源」「搬送」の区分は、「熱源」に関しては、冷温水発生機、冷却塔、冷却水ポンプで使用する電力等を、「搬送」に関しては、冷温水ポンプ、空調和機で使用する電力を計上している。

(2) 供給熱量に関するデータの選別

データを分析している過程で、記録している「冷温水積算熱量」のデータが、往還温度差と流量から求めた熱量と大きくかけ離れていることが分かった。図3.2.1mで分かるように、平均的に2.5倍程度大きい値が記録されている。

表3.2.2に示した冷温水発生機の暖房能力が164Mcal/hであることを考えると、1台運転時において200～600Mcalの熱量を供給しているとする状況には、センサーの校正ミスや換算値の誤り等、何らかのエラーがあると考えざるを得ない。そのため、「冷温水積算熱量」を使用せずに、往還温度瞬時値の時間平均値(当該時刻と1時間前データの平均値とした)と積算流量により算定した供給熱量①、②を導入して検討を進めることとした。供給熱量①、②は温水還温度の記録に「冷温水還温度」と「冷温水還温度一括」の2項目があることに対応している(表3.2.3)。「冷温水還温度」と「冷温水還温度一括」の値には多少の差はあるものの同等の推移を示しており、供給熱量①、②には大きな差は生じていない。また、この供給熱

量①、②は、灯油発熱量と同程度のオーダーの値となっており、以降、供給熱量①をベースに検討を進めることとした。

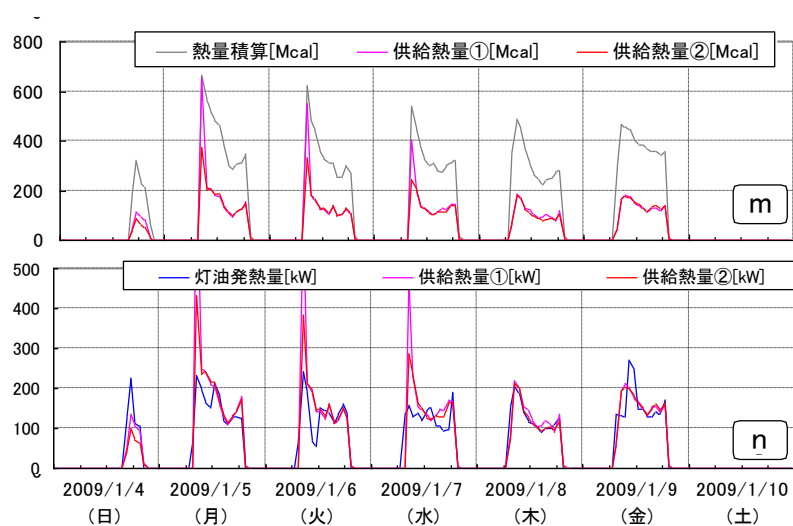


図3.2.1 「熱量積算」の値の確認

3.2.3 暖房時の分析

(1) 経時データ

図3.2.2～3.2.7に暖房時の経時データを示す。

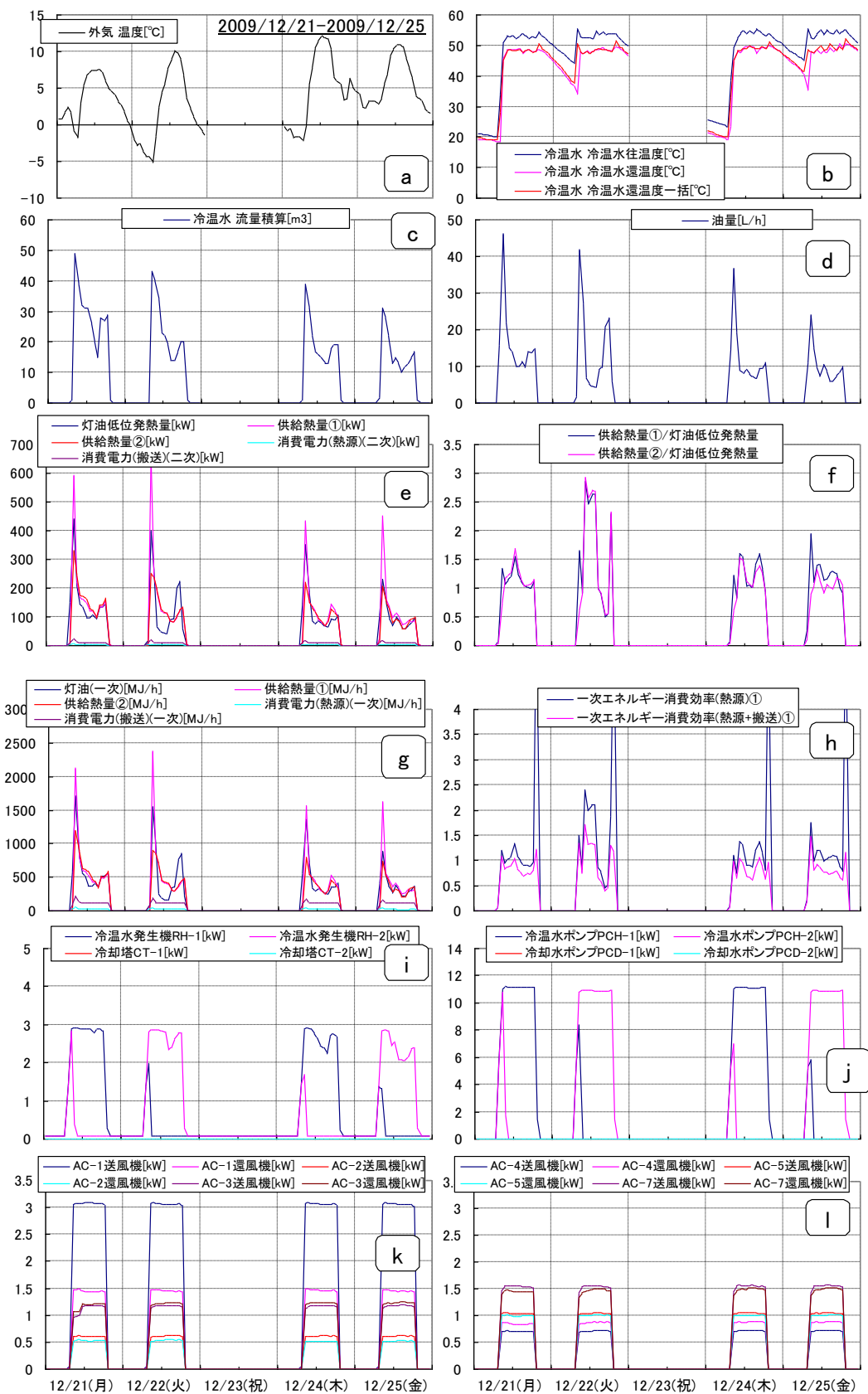


図3.2.2 計測分析結果(2009/12/21~12/25)

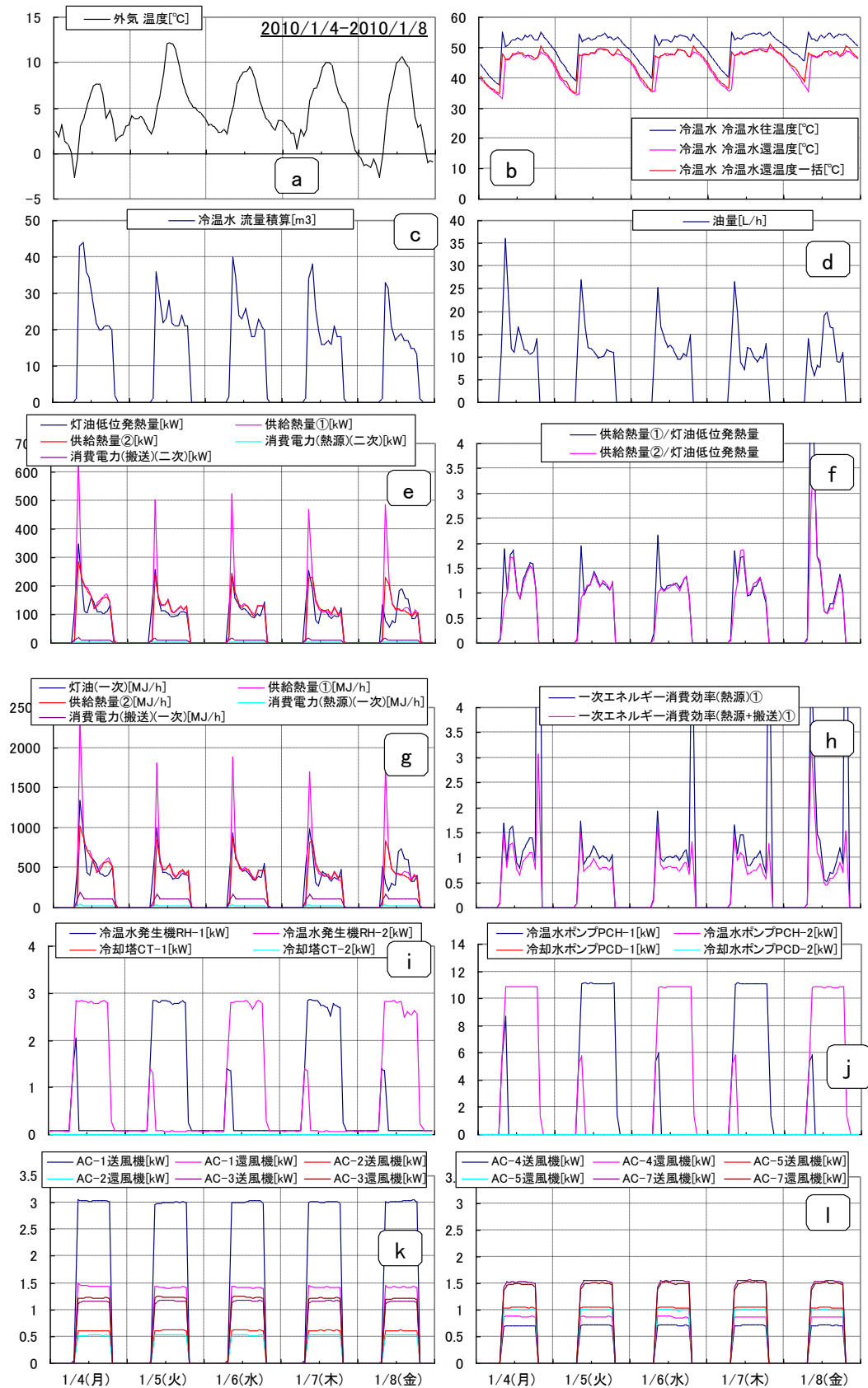


図3.2.3 計測分析結果(2010/1/4~1/8)

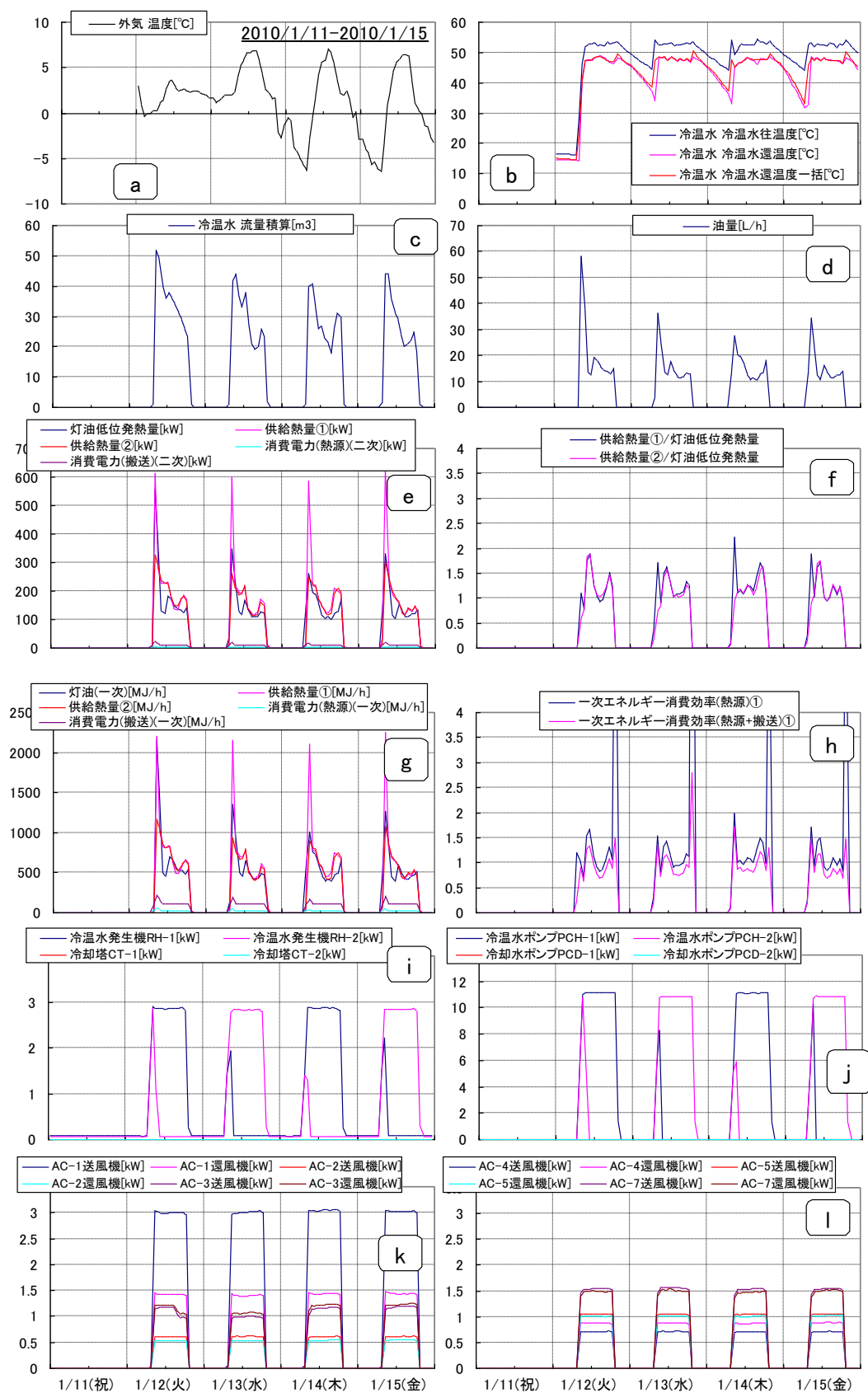


図3.2.4 計測分析結果(2010/1/11~1/15)

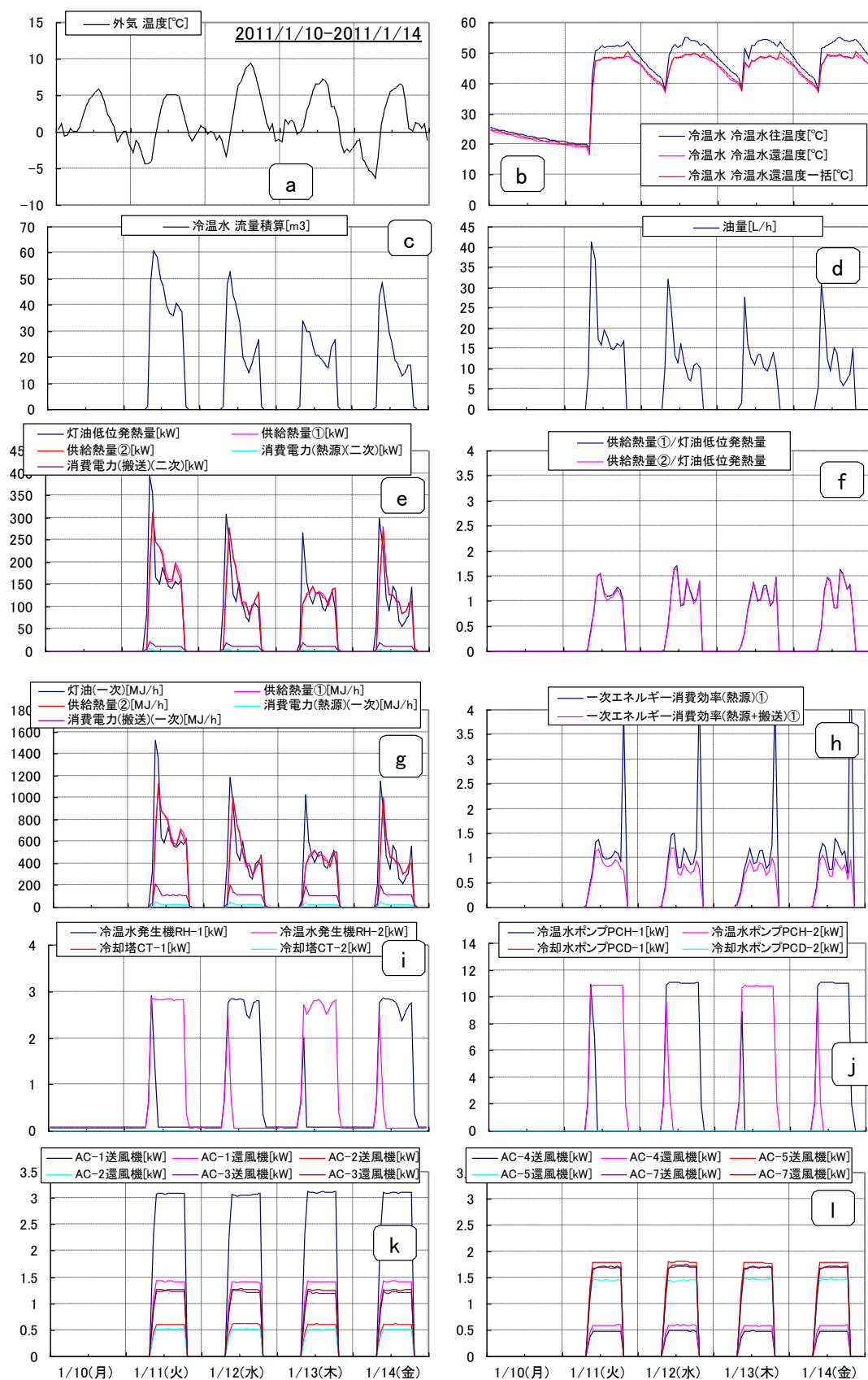


図3.2.5 計測分析結果(2011/1/10~1/14)

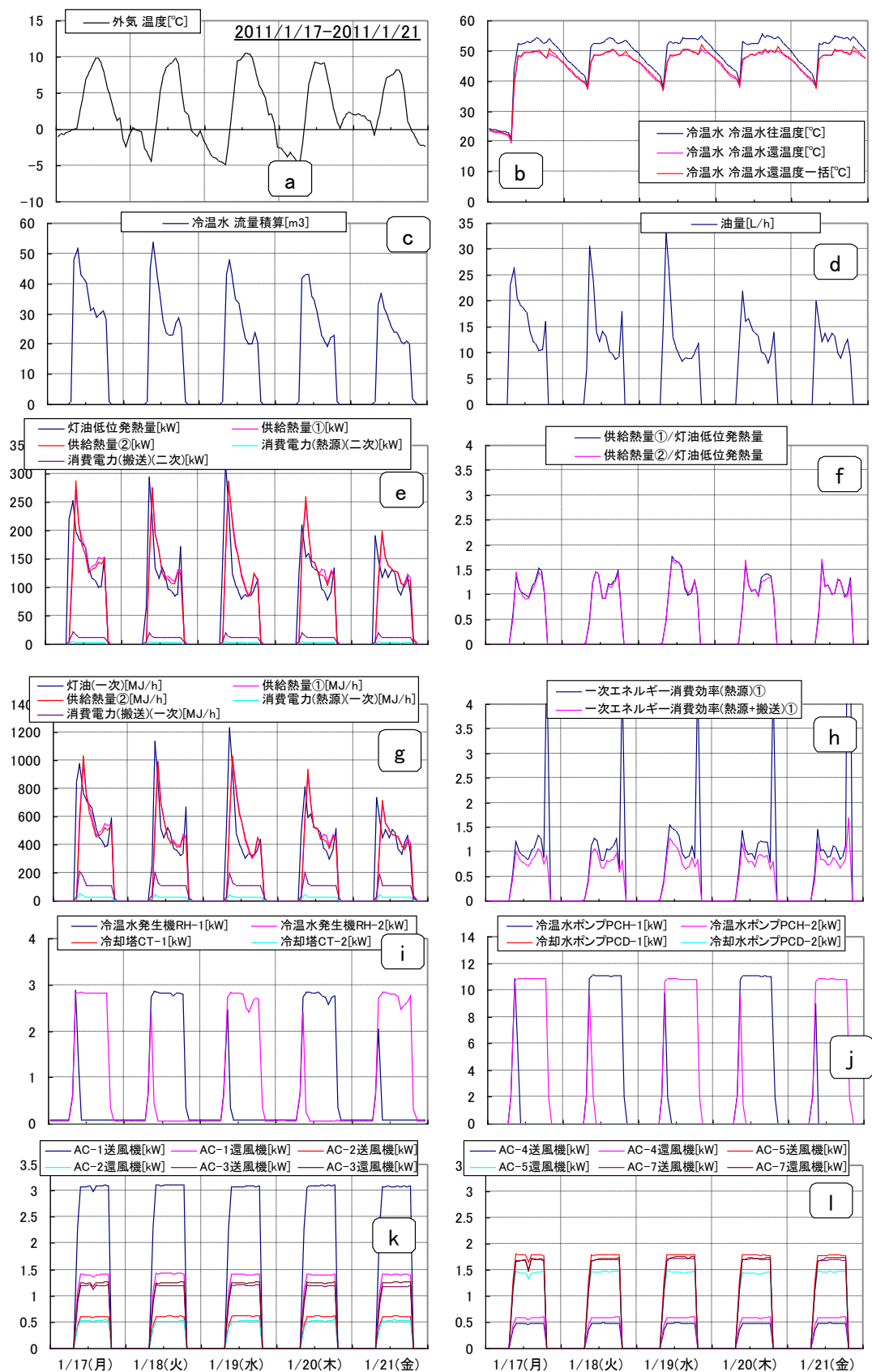


図3.2.6 計測分析結果(2011/1/17~1/21)

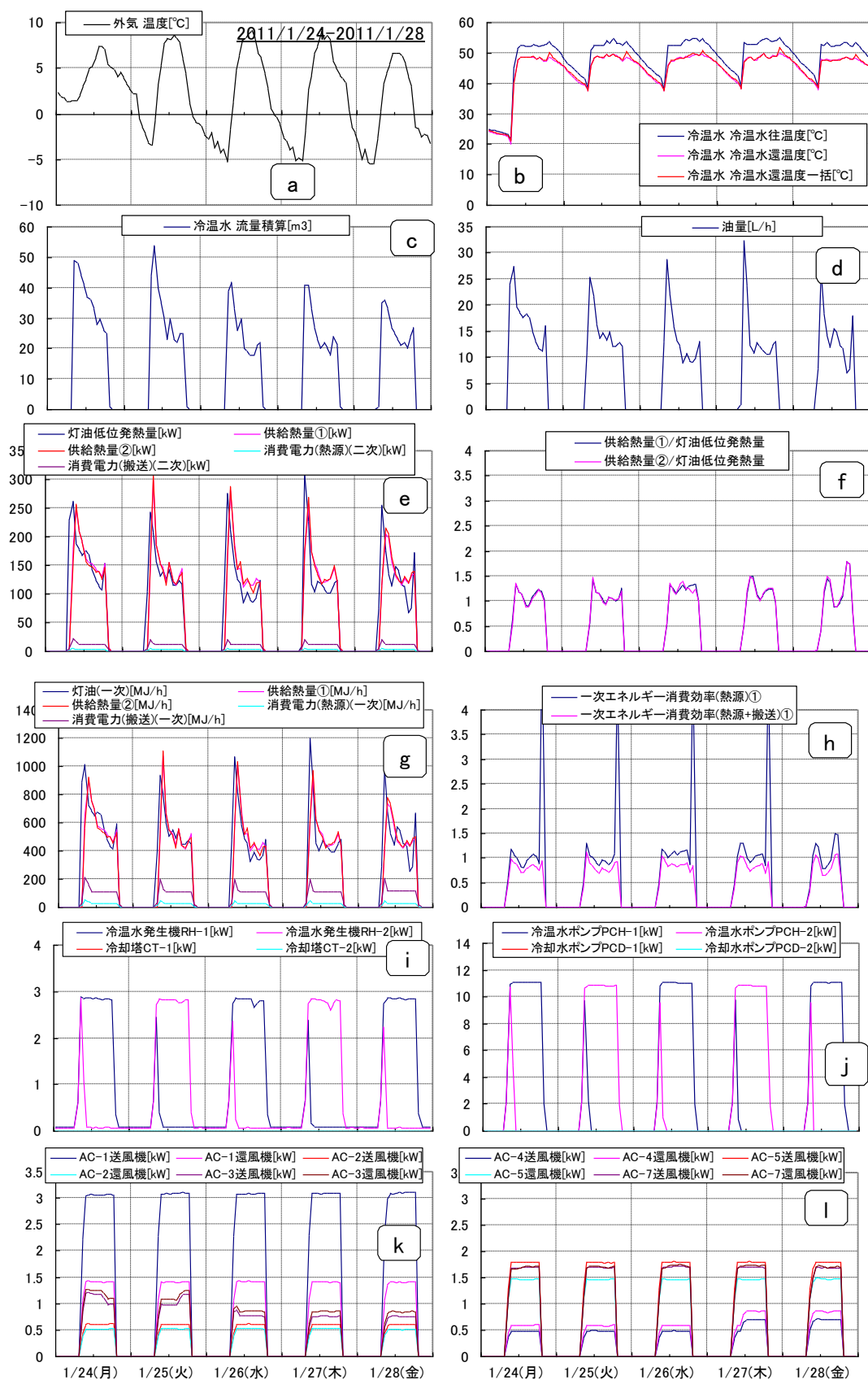


図3.2.7 計測分析結果(2011/1/24~1/28)

(2) 日積算値による空調負荷とエネルギー消費量の分析

図3.2.8、3.2.9に、2009、2010年度の灯油消費量と電力消費量の日平均一次エネルギー換算値、供給熱量①の日積算値、日平均外気温の関係、図3.2.10、3.2.11に一次エネルギー効率と日平均外気温の関係を示す。

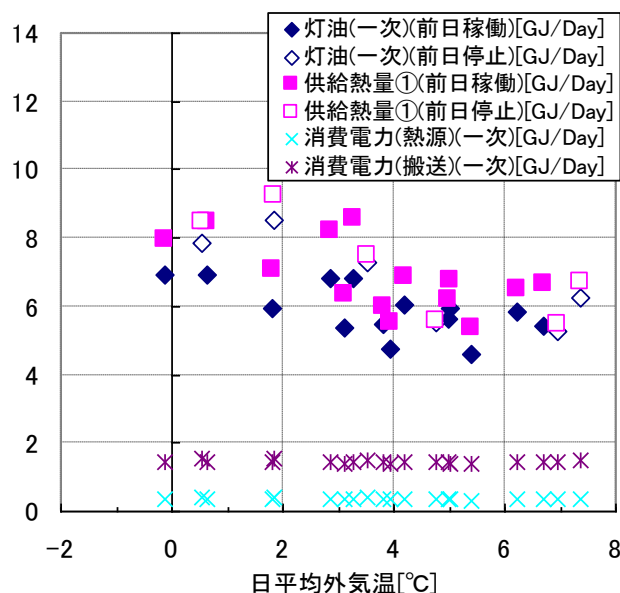


図3.2.8 日積算一次エネルギー消費量、供給熱量と日平均外気温の関係(2009年度冬)

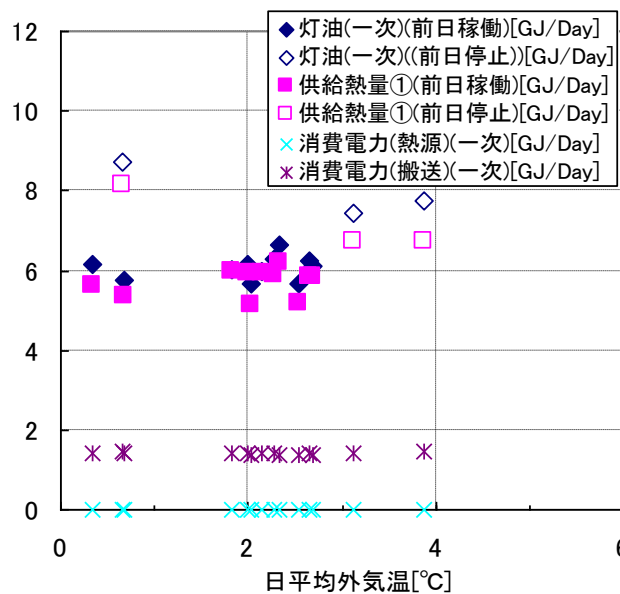


図3.2.9 日積算一次エネルギー消費量、供給熱量と日平均外気温の関係(2010年度冬)

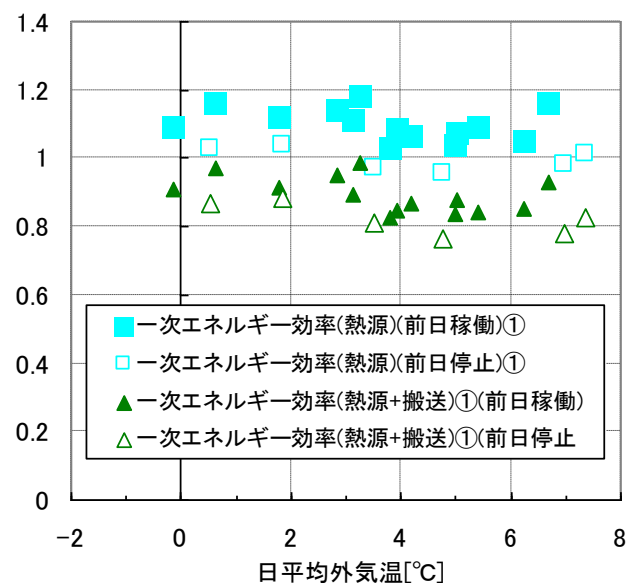


図3.2.10 一次エネルギー効率と日平均外気温の関係(2009年度冬)

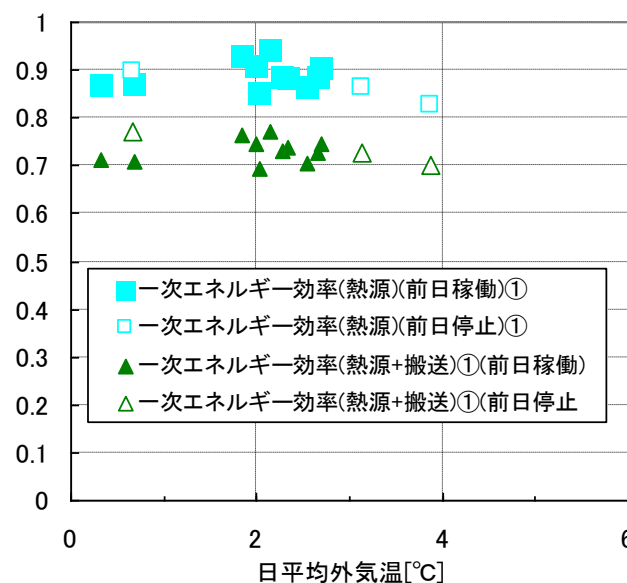


図3.2.11 一次エネルギー効率と日平均外気温の関係(2010年度冬)

まず、2009年度の結果を見ると、灯油発熱量を供給熱量が上回っており(図3.2.8)、熱源の一次エネルギー効率が1を超える結果となってしまう(図3.2.10)ことから、計測に不備がある状況が見て取れる。実際に、灯油流量計が更新された後の2010年度の結果を見ると、灯油発熱量を供給熱量が下回る結果となっており(図3.2.9)、灯油流量計に問題があったと考えられる。

上記の問題があることを理解した上で2009年度の結果から相対的な傾向を見ると、日平均外気温の低下とともに灯油発熱量と供給熱量が増加する傾向が見られる。一方、2010年度

の結果では、外気温の幅が小さいためか、顕著な傾向は見られない結果となっている。

図中、前日の稼働状況が空調負荷にどの程度影響を与えるかを検討するために、灯油発熱量と供給熱量①については、前日の稼働状況により記号を変えているが、前日空調を行っていない場合に、灯油発熱量と供給熱量が若干増加する傾向があると言える。

また、熱源機器および搬送機器で消費されている電力量は外気温にかかわらずほぼ一定で推移している。

一次エネルギー効率については、2010年度の図3.2.11から、熱源については0.9前後、搬送系も含めると0.7～0.8程度と言える。また2009年度の図3.2.10の傾向もあわせて見ると、外気温が高くなるにつれ効率が低下する傾向にあることが分かる。

3.2.4 冷房時の分析

(1) 経時データ

図3.2.12～図3.2.19に冷房時の経時データを示す。

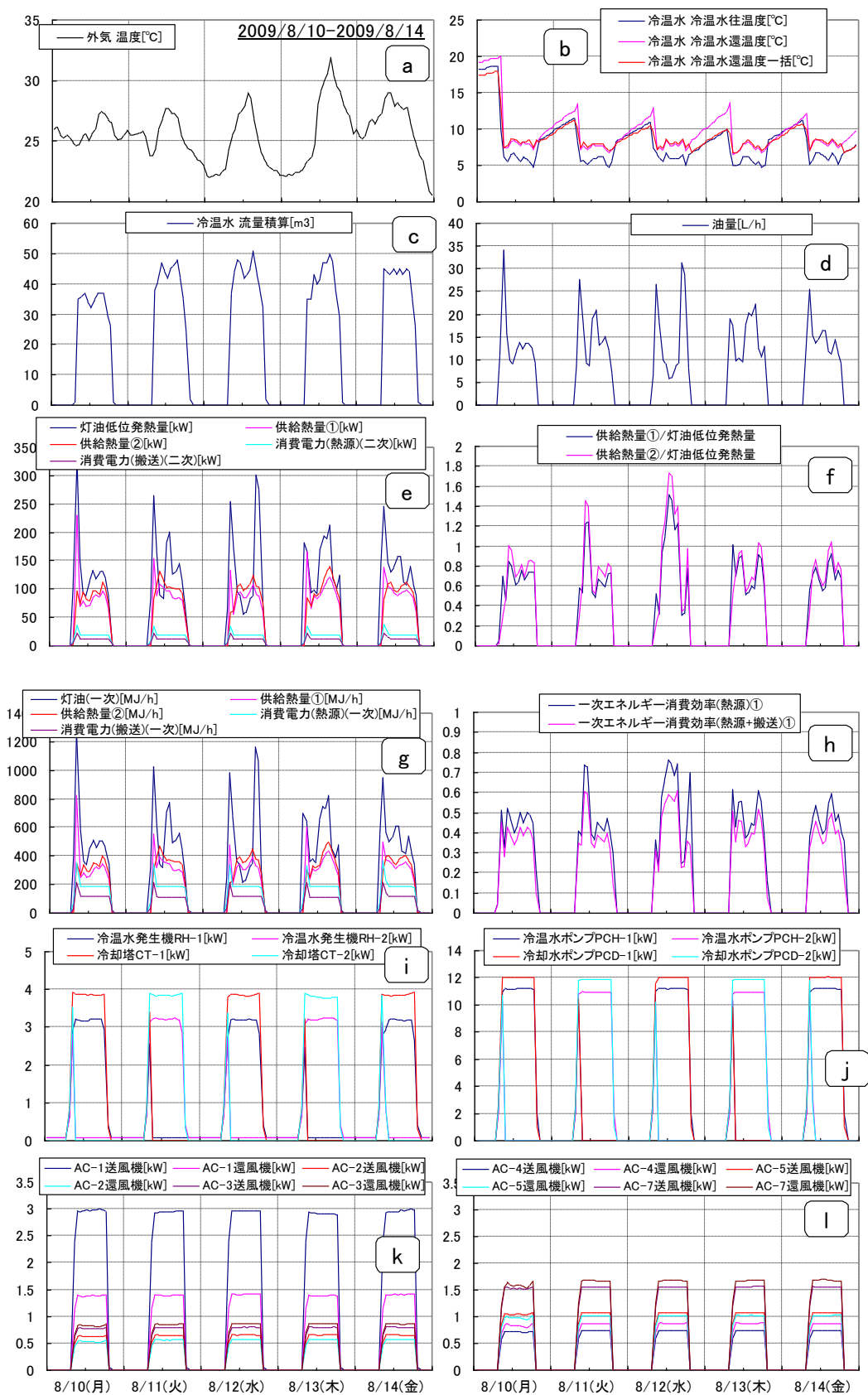


図3.2.12 計測分析結果(2009/8/10~8/14)

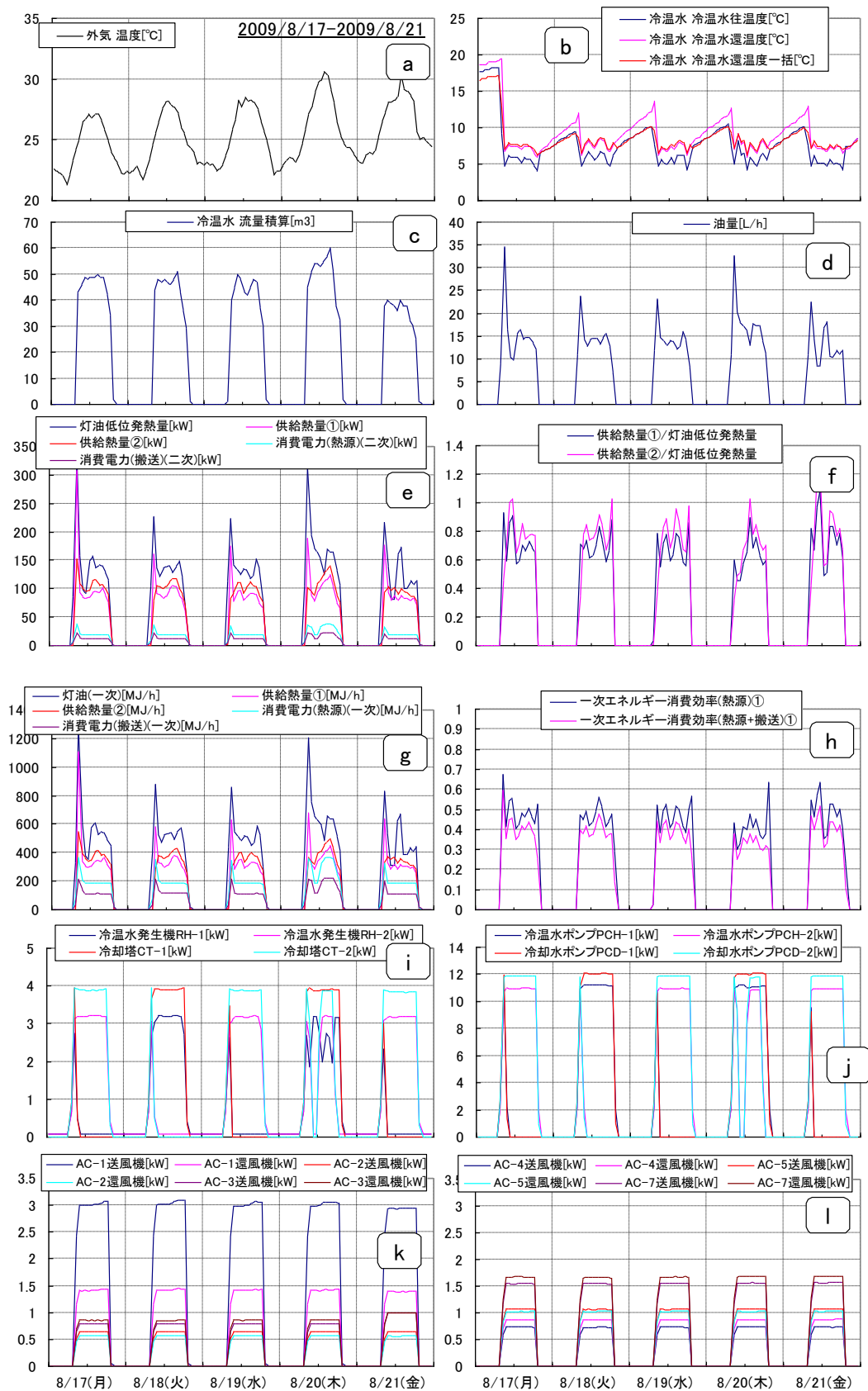


図3.2.13 計測分析結果(2009/8/17~8/21)

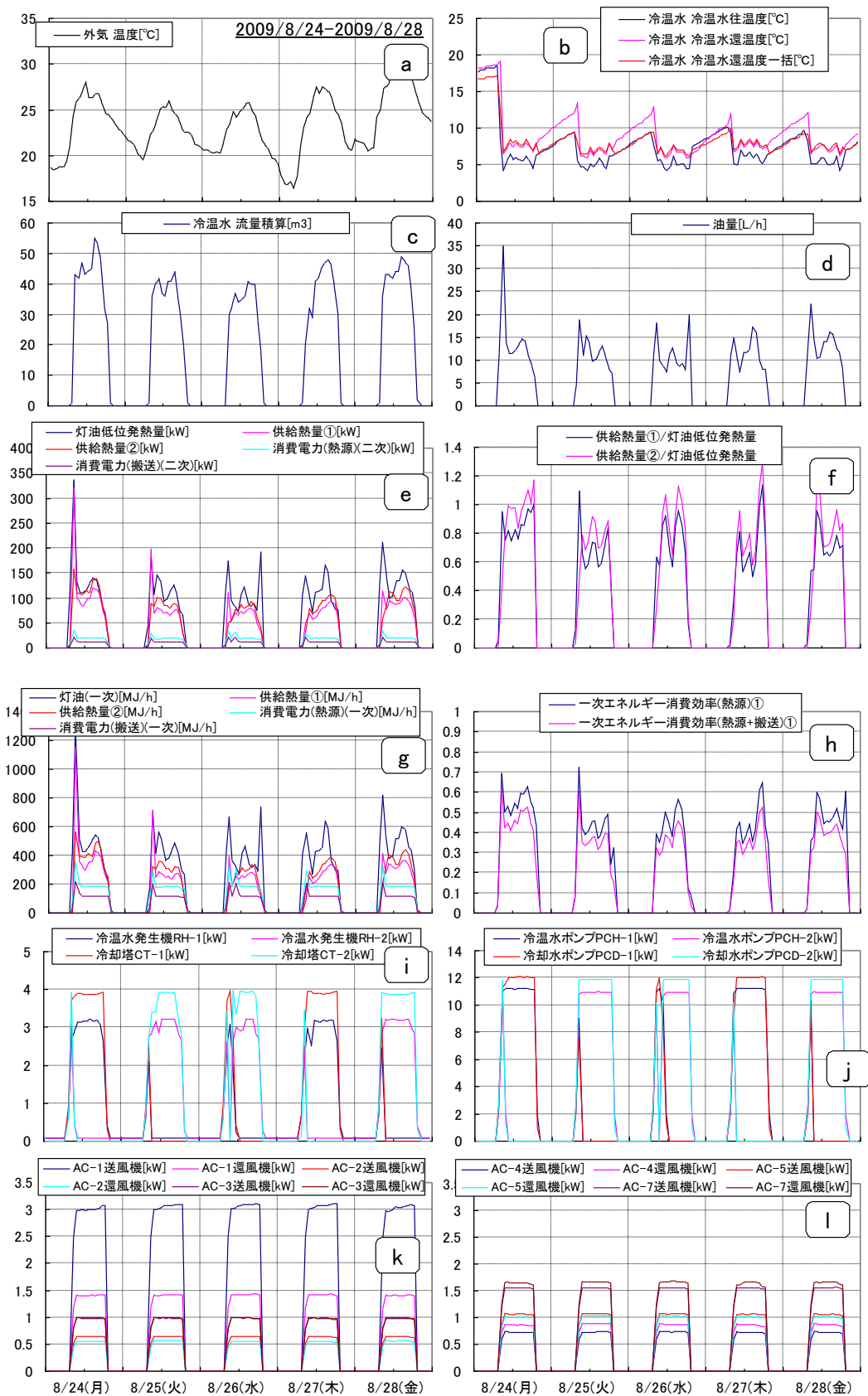


図3.2.14 計測分析結果(2009/8/24~8/28)

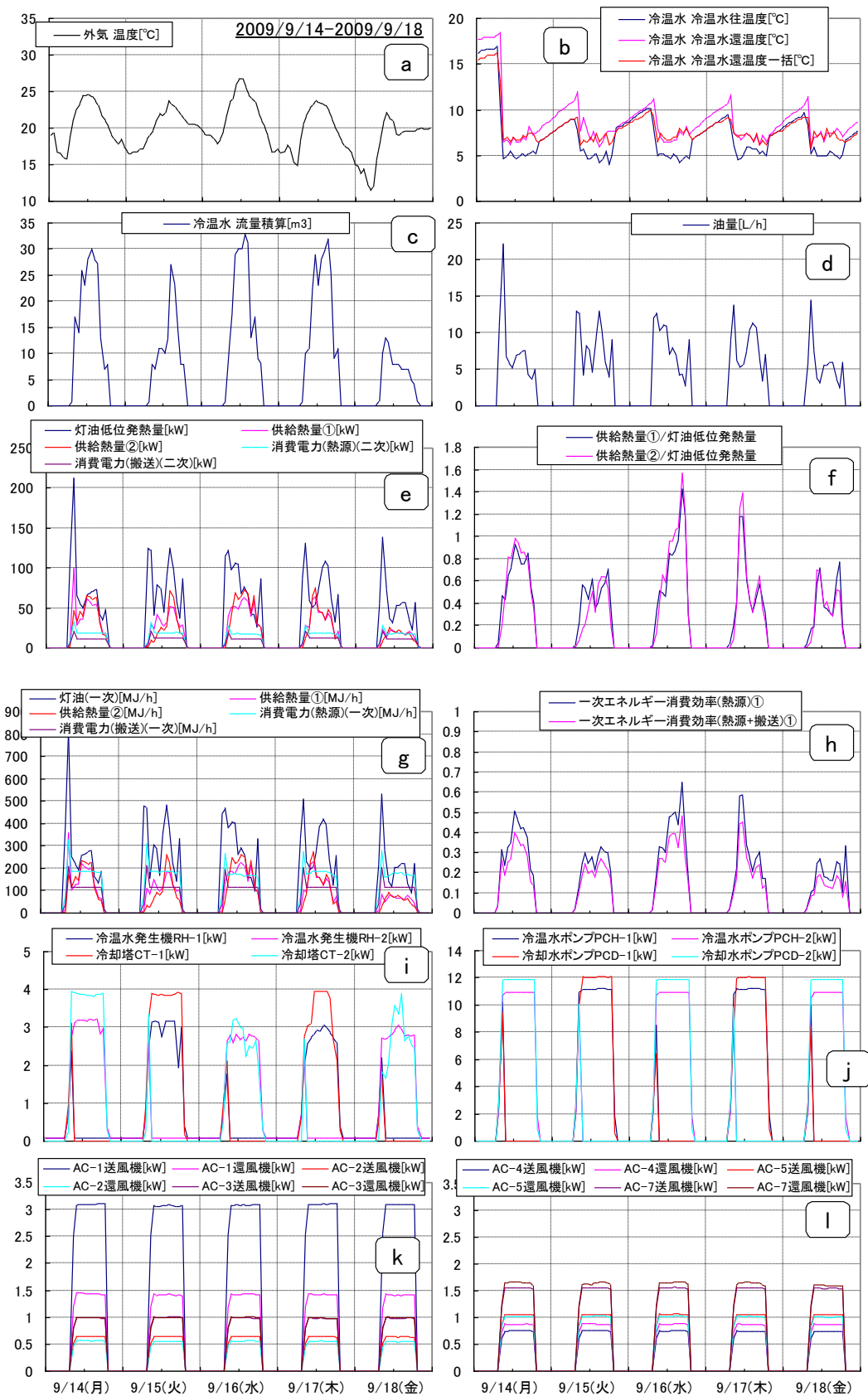


図3.2.15 計測分析結果 (2009/9/14~9/18)

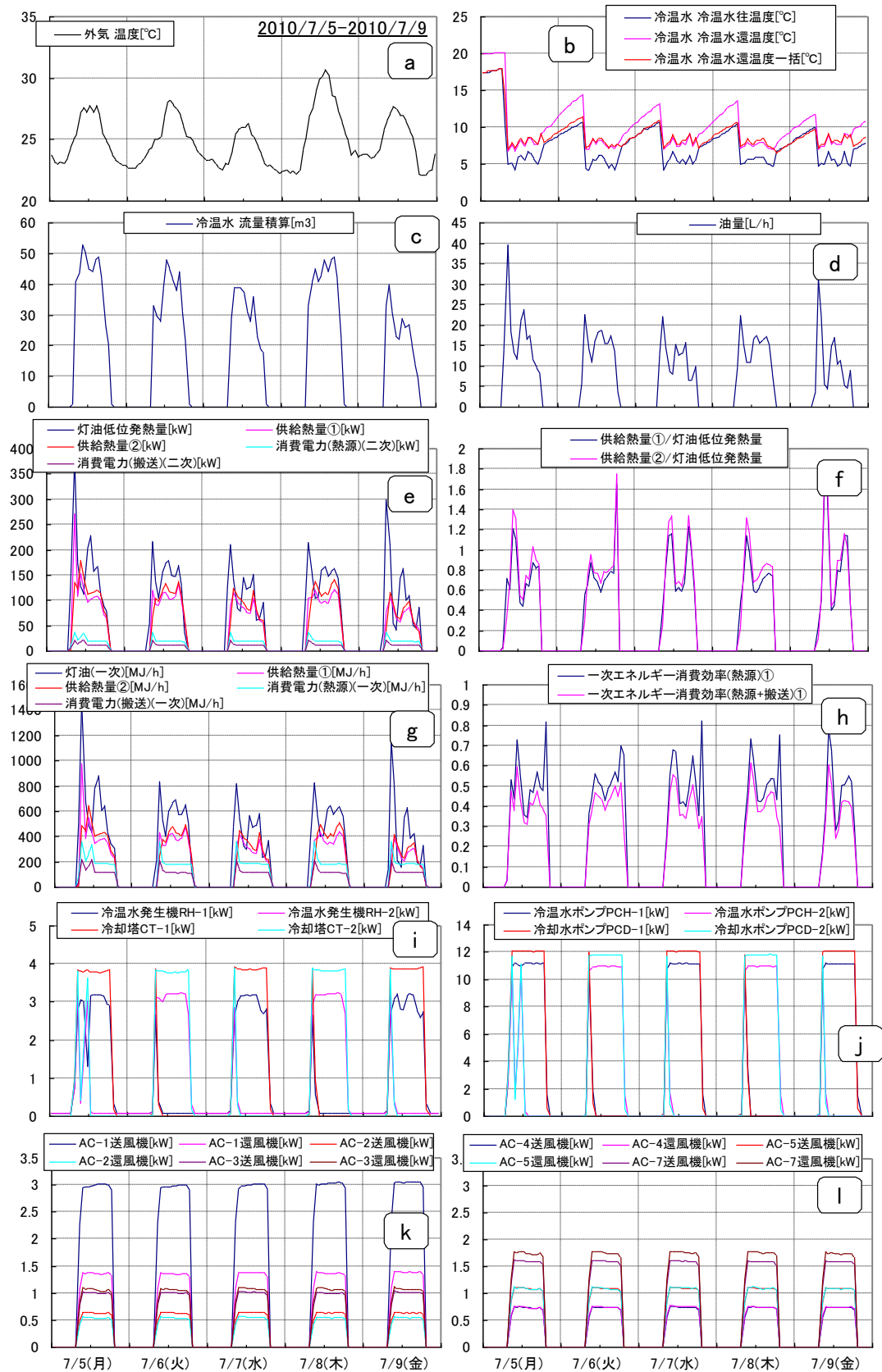


図3.2.16 計測分析結果(2010/7/5~7/9)

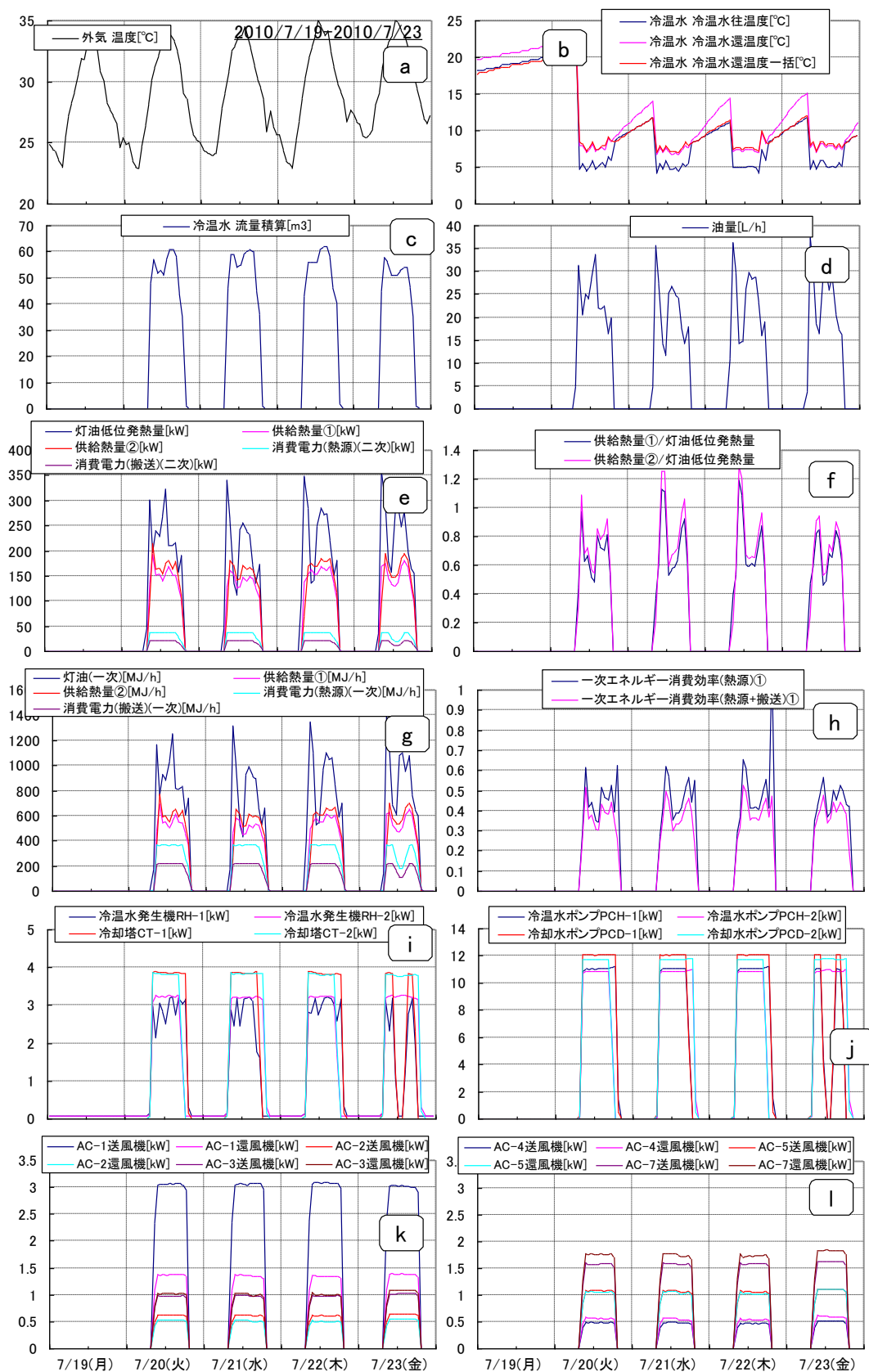


図3.2.17 計測分析結果(2010/7/19~7/23)

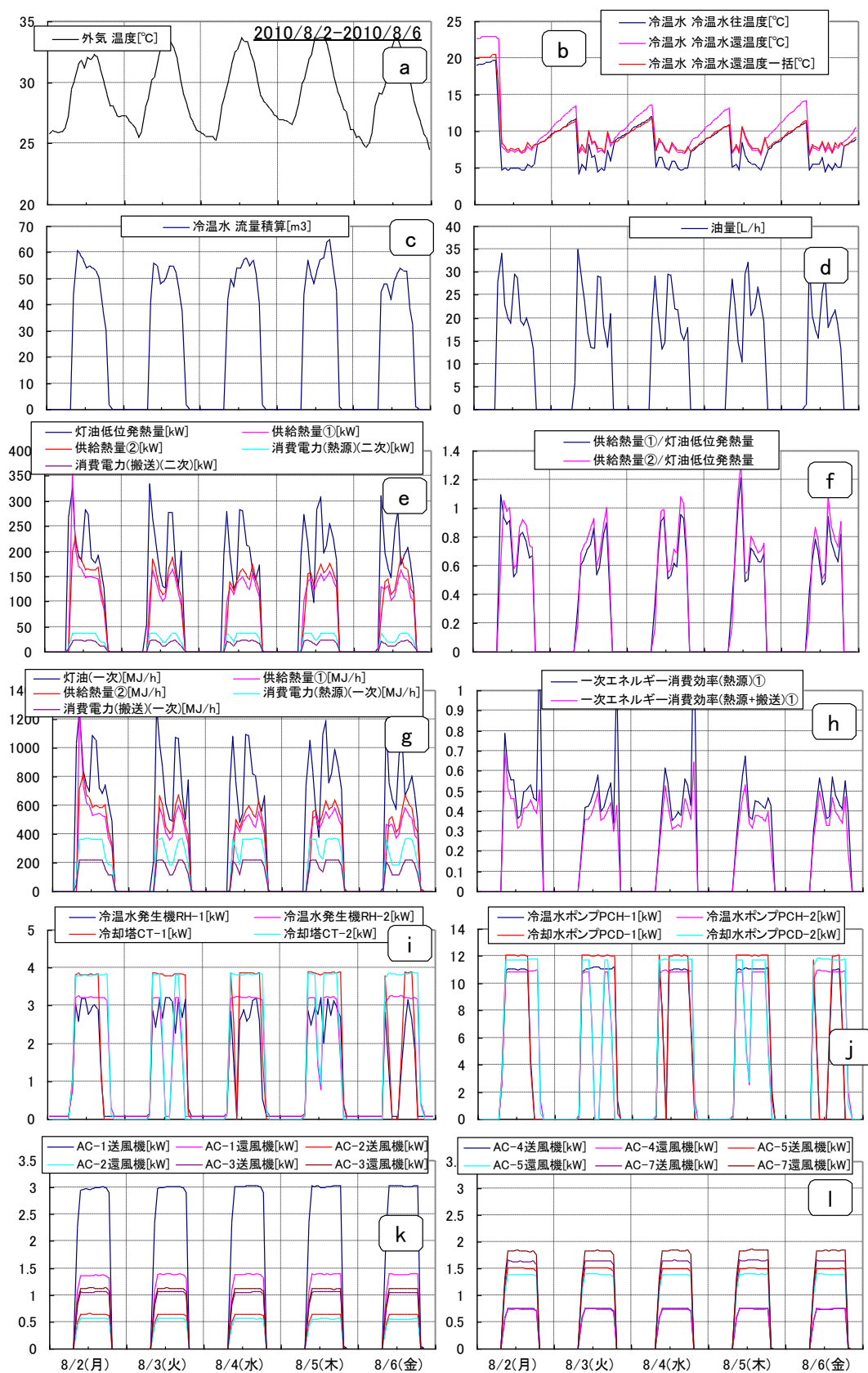


図3.2.18 計測分析結果(2010/8/2~8/6)

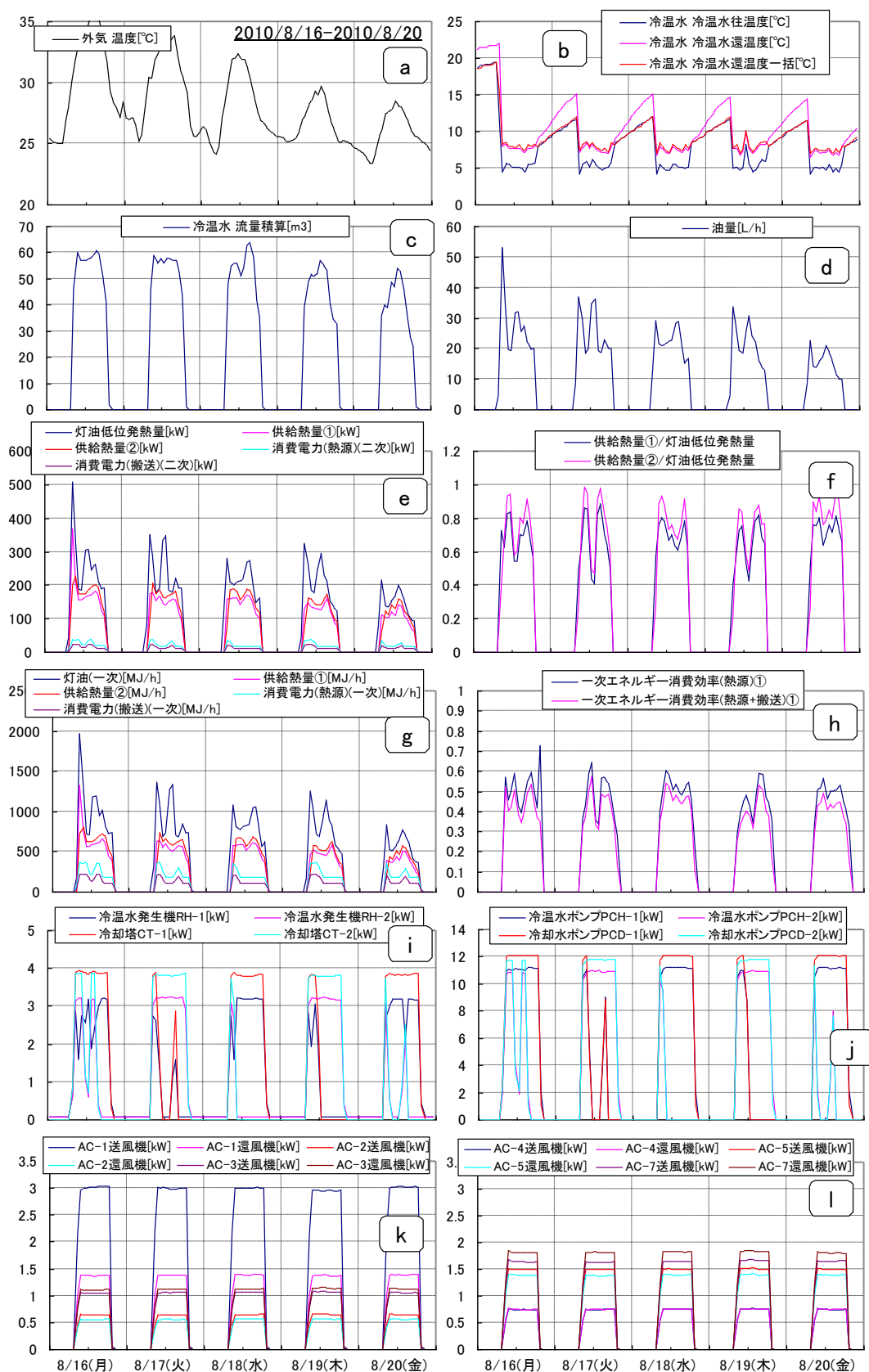


図3.2.19 計測分析結果(2010/8/16~8/20)

(2) 日積算値による空調負荷とエネルギー消費量の分析

図3.2.20、3.2.21に、2009、2010年度の灯油消費量と電力消費量の日平均一次エネルギー換算値、供給熱量①の日積算値、日平均外気温の関係、図3.2.22、3.2.23に一次エネルギー効率と日平均外気温の関係を示す。

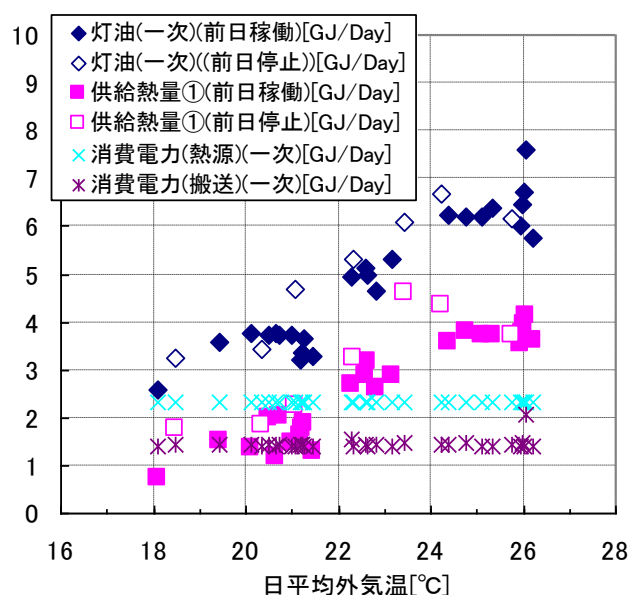


図3.2.20 日積算一次エネルギー消費量、供給熱量と日平均外気温の関係(2009年度夏)

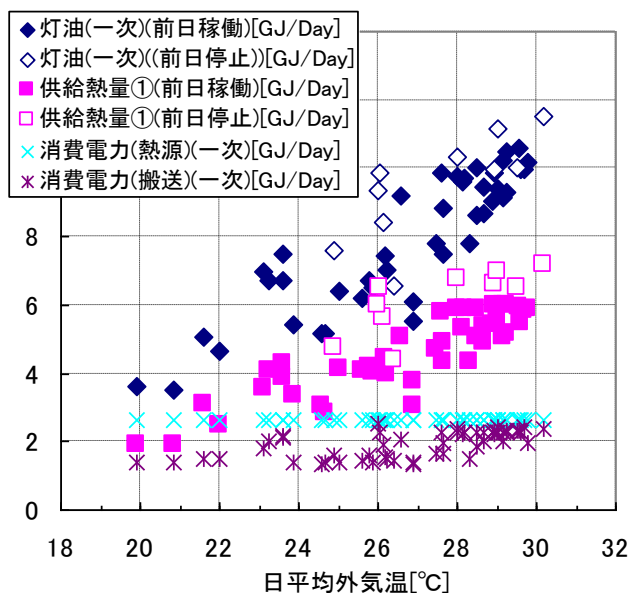


図3.2.21 日積算一次エネルギー消費量、供給熱量と日平均外気温の関係(2010年度夏)

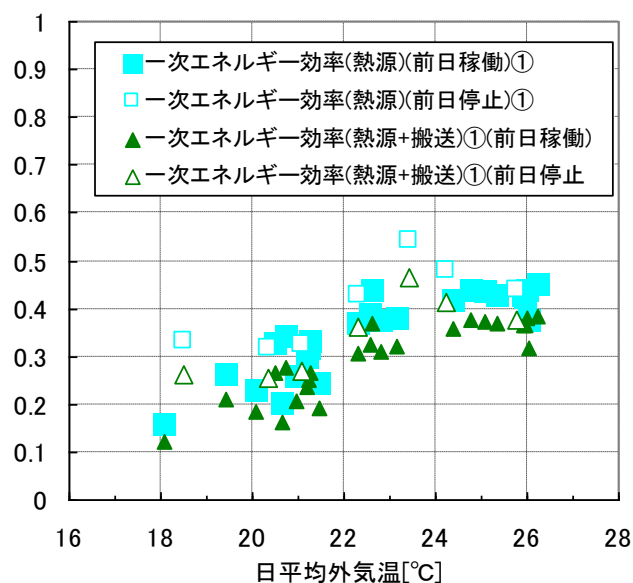


図3.2.22 一次エネルギー効率と日平均外気温の関係(2009年度夏)

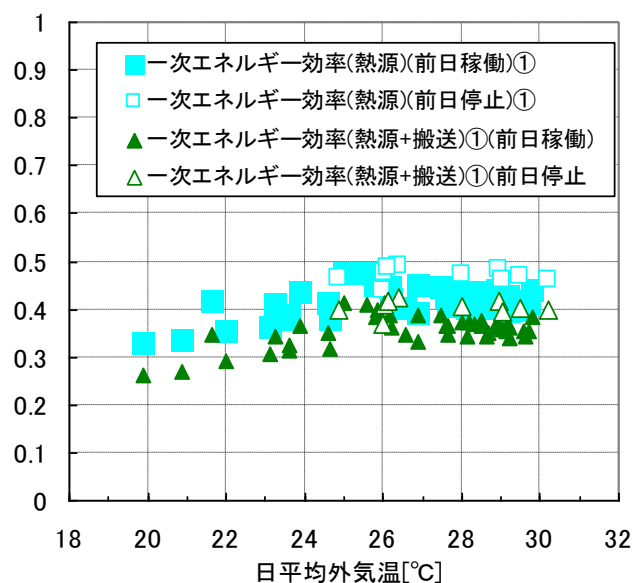


図3.2.23 一次エネルギー効率と日平均外気温の関係(2010年度夏)

図3.2.20、3.2.21からは、日平均外気温が上がるにつれ、灯油発熱量と供給熱量が直線的に増加する傾向が見られる。図中、前日の稼働状況が空調負荷にどの程度影響を与えるかを検討するために、灯油発熱量と供給熱量①については、前日の稼働状況により記号を変えているが、前日空調を行っていない場合に、灯油発熱量と供給熱量が若干増加する傾向があると言える。

また、熱源機器で消費されている電力量は外気温にかかわらずほぼ一定で推移している。搬送機器の消費電力量は、外気温の上昇とともに若干増加する傾向が見受けられる。

図3.2.22、3.2.23に示した一次エネルギー効率については、熱源については0.1～0.5程度、搬送系も含めると0.1～0.4程度となっている。日平均外気温が24～26℃程度で最大の値を取り、外気温が24℃から下がると効率が低下する傾向が見受けられる。一方、外気温が26℃を上回ると若干効率が下がって横ばいの状況が見られる結果となっている。

また、前日の稼働状況については、前日非稼働の方が効率としては向上する傾向が見られることから、高負荷帯での高効率での稼働が反映されたものと言える。

3.2.5 まとめ

本節では、建物Tにおける空調用熱源性能ならびに空調負荷に関する検討を行うために、中央監視室で記録している計測データと別途並行して計測を実施した消費電力量のデータを分析した。2台の冷温水発生機を熱源とした構成が比較的シンプルな空調システムにおいて、灯油消費量と熱供給量、電力消費量の計測データをもとに暖房、冷房の一次エネルギー効率の検討を行った。

しかし、1時間間隔のデータでは検討では限界がある。より詳細に需要側の負荷特性や、熱源機器の稼働状況、熱源機器単体およびシステムとしての効率を評価するためには、細密なデータが必要となる。また、熱源機器およびシステムとしての評価をするためには、計測機器の追加が必要となる。次節では、熱源まわりを中心に計測機器を追加し、より詳細な検討を行った結果について示す。

3.3 建物Tにおける詳細計測による熱源性能・負荷に関する検討

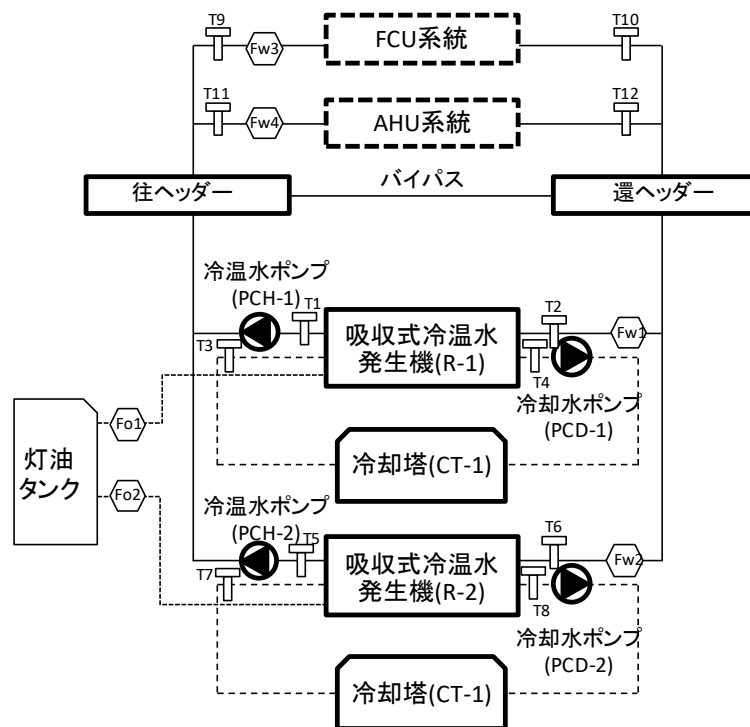
本節では、建物Tに新たに導入した流量計、温度センサー等の計測システムを使用して計測した結果をもとに、空調用熱源性能ならびに空調負荷に関する検討を行う。

3.3.1 空調システムと計測の概要

前節で中央監視室で記録されたデータをもとに検討を行った建物Tには、空調用熱源として2台の冷温水発生機(灯油直焚二重効用吸収式)が導入されており、冷却塔、冷温水ポンプ、冷却水ポンプ等とともに2系統の空調用熱源システムが構成されている。通常の運用では、主運転系統と副運転系統に日々交互に振り分けられ、主運転系統は7～8時に運転を開始し18～19時前後に運転を停止される。副運転系統は朝方の立ち上がり時に運転されている。作成された冷水(夏期)、温水(冬期)は、冷温水ポンプにより、1～5、7、8階のファンコイルユニット、空気調和機に搬送され、暖房または冷房に使用されている。

図3.3.1は、中央監視室で記録されたデータの分析を踏まえ、空気調和・衛生工学会で2005年に策定された「建築設備の性能検証過程指針」を参照して、追加した計測システムの概要である。吸収式冷温水機2台(図3.3.2)の出入温度、ポンプ(図3.3.3)の流量、二次側流量と往還温度、灯油の冷温水機毎の消費量の計測を1分間隔で行っている(図3.3.4)。また、冷却水ポンプ2台(PCD-1、PCD-2)の流量は、別途超音波流量計(横河US300PM)を設置し、10分間隔で計測している。

計測は2009年度冬期および2010年度の夏期、冬期に実施した。



灯油流量計(Fo-1～2):	OVAL LS4976-430A	2台
電磁流量計(Fw-1～4):	横河電機 AXF125G-D1AL1S-AJ11-01A	3台
	横河電機 AXF100G-D1AL1S-AJ11-01A	1台
測温抵抗体(T-1～12):	JIS A級	12本
電力計	HIOKI 3169, 2300シリーズ	

図3.3.1 計測システム概要



図3.3.2 冷温水発生機



図3.3.3 冷温水・冷却水ポンプ



図3.3.4 計測用PC

3.3.2 暖房時測定結果の分析

(1) 経時データ

図3.3.5～3.3.12に暖房時の経時データを示す。また、図3.3.13～3.3.17に2011年1月～2月の日平均値・積算値等の推移を示す

計測器を追加して詳細計測を行うことで、以下が確認された。

- ・副運転機は、朝の立ち上がり時の2時間弱の運転のみであり、日中に負荷増大により2台運転する状況は見られなかった(図3.3.14)。
- ・熱源機の効率は日中の長時間運転している際には90%程度の効率となっており、仕様上の効率(85%)と同程度を実現できている(図3.3.17)。ただし、立ち上がり時の運転では70%

程度に効率が低下している。吸収式冷温水発生機2台の稼働状況を見ると、R-2の方が安定しており、R-1の効率が若干低くなっている。

- 冷温水ポンプ(PCH-1, 2)による流量が2台とも1,200～1,300L/minと熱源の仕様(暖房時830L/min)の約1.4倍と過大になっている。また、空調時のバイパス流量が冷温水流量の3～8割を占めることから、熱源の加熱による温度上昇が2℃程度と、設計温度差(5℃)を大きく下回る状況で運転されている(図3.3.5～3.3.12 1, 2, 6)。
- AHU系統の流量が極端に少なく、往還温度差が30℃を越える状況が出現している(図3.3.5～3.3.12 5)。当初は計測の不備が疑われたが、熱源の生産熱量とAHU、FCU系統への供給熱量がほぼ一致して推移している(図3.3.5～3.3.12 7, 9)ことから計測自体は妥当と判断される。
- 供給熱量のうち、AHU系統で3～5割、FCU系統で5～7割が使用される結果となった(図3.3.5～3.3.12 9)。

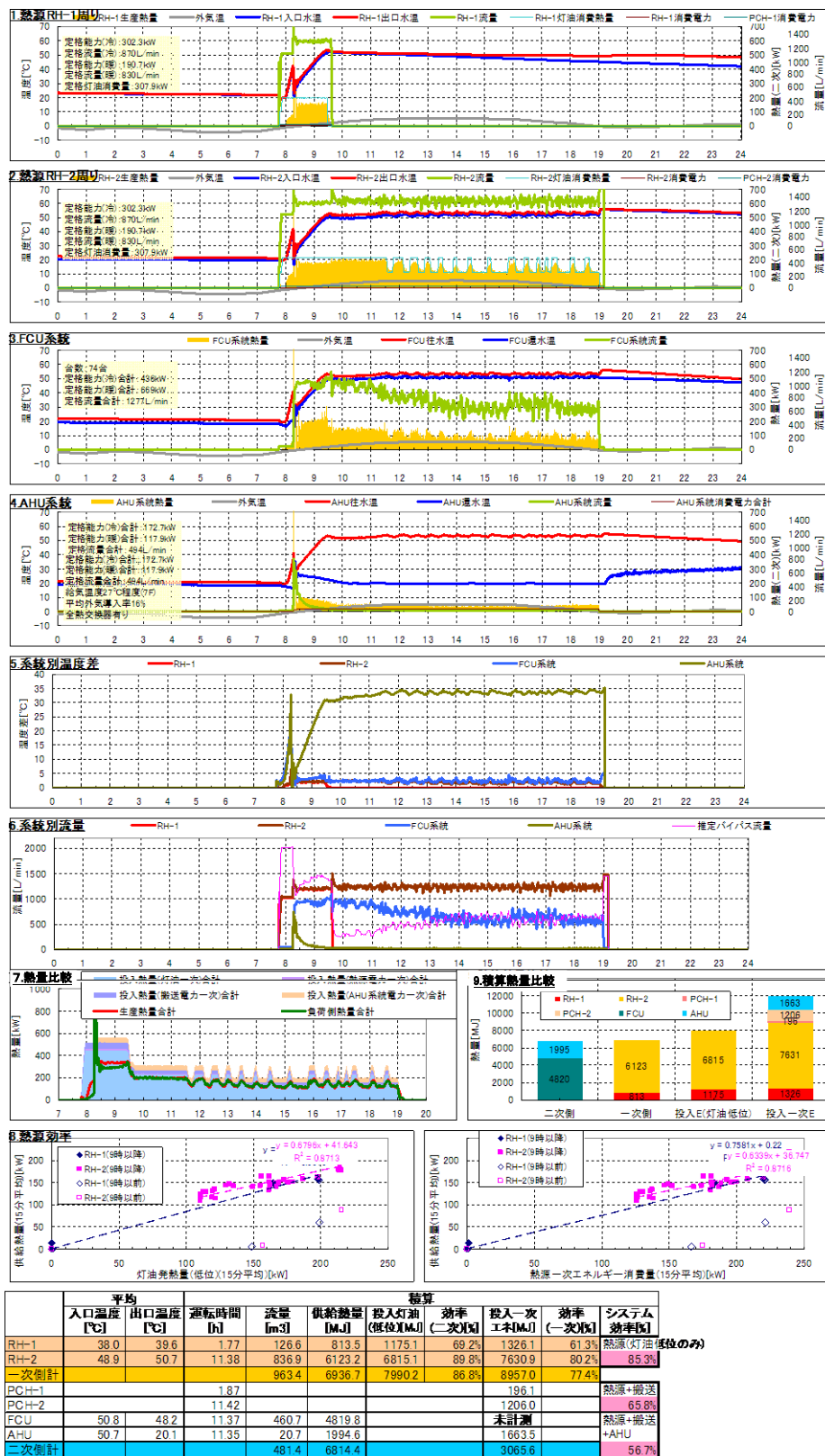


図3.3.5 計測結果(2011年1月11日)

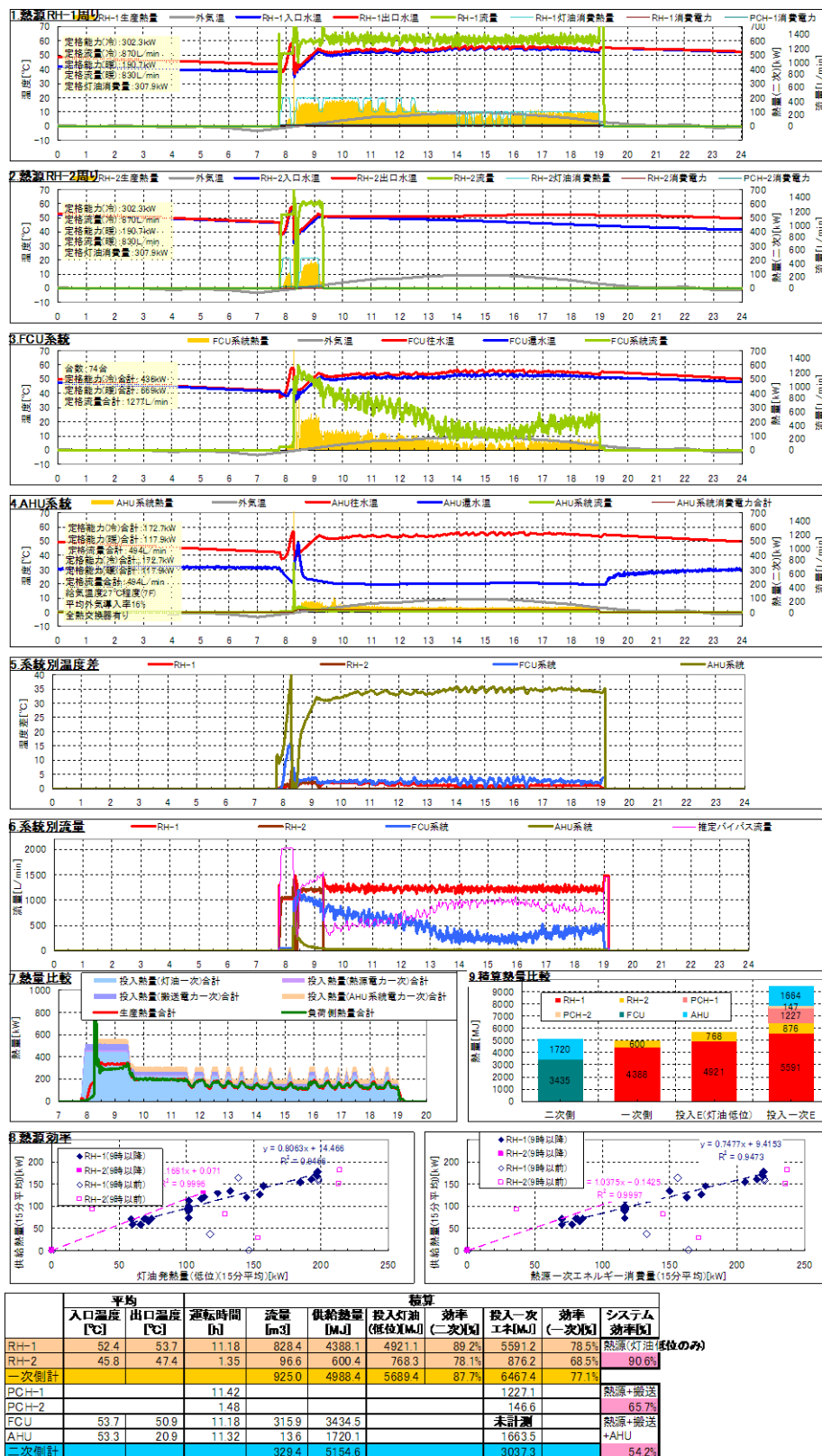


図3.3.6 計測結果(2011年1月12日)

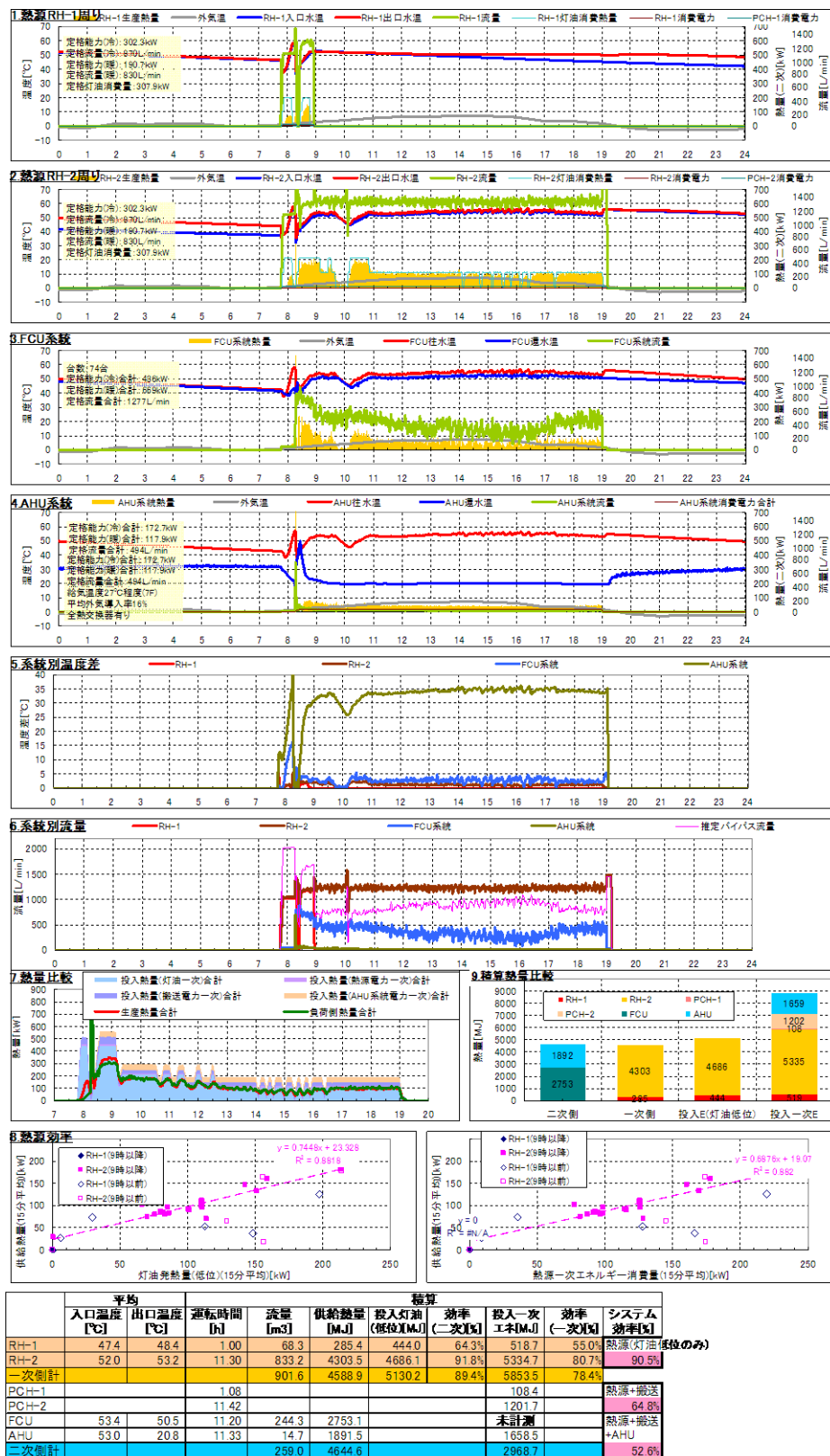


図3.3.7 計測結果 (2011年1月13日)

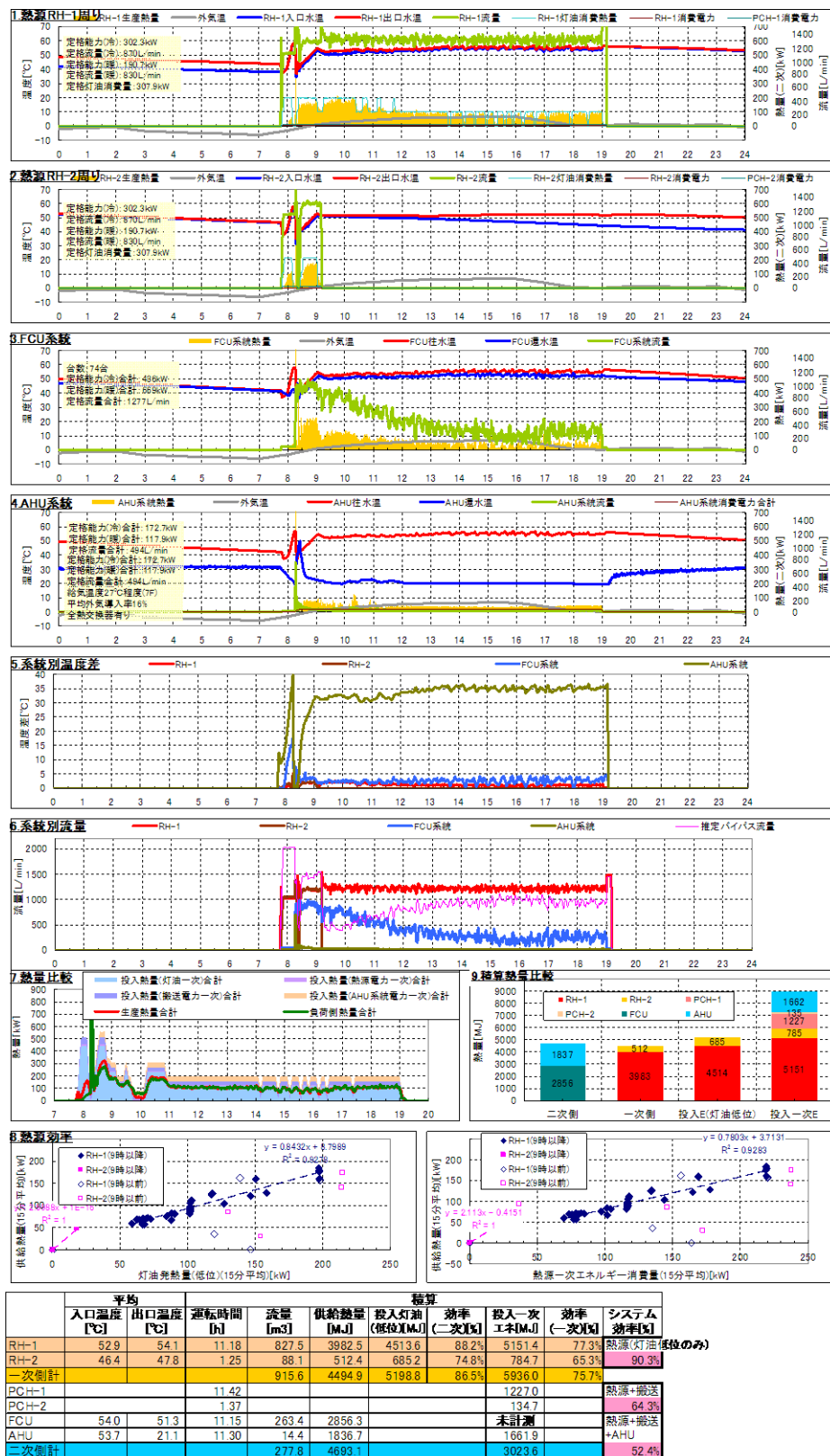
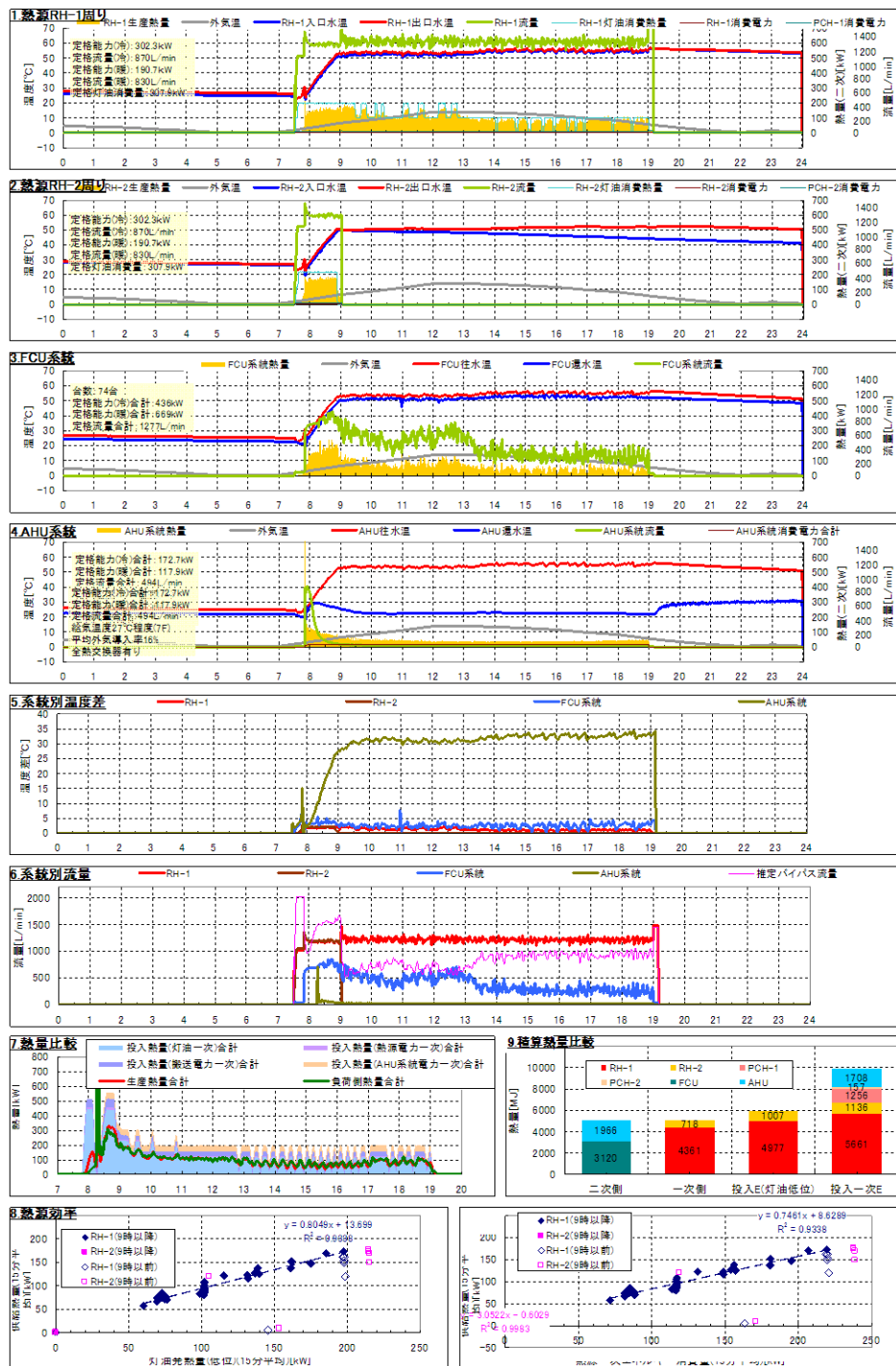


図3.3.8 計測結果(2011年1月14日)



	平均		運転時間 [h]	積算					
	入口温度 [°C]	出口温度 [°C]		流量 [m³]	供給熱量 [MJ]	投入灯油 [kg]	効率 (一次)	投入一次 エネルギー	システム 効率
RH-1	51.4	52.6	11.53	845.9	4361.4	4977.3	87.6%	5660.9	77.0%
RH-2	35.3	37.0	1.45	104.3	717.7	1007.1	71.3%	1135.5	63.2%
二次側計				950.2	5079.1	5984.4	84.9%	6796.4	74.7%
PCH-1			11.65					1256.3	熱源+搬送
PCH-2			1.53					157.0	61.9%
FCU	52.3	49.7	11.63	277.3	3119.6			未計測	熱源+搬送
AHU	52.3	23.0	11.62	29.2	1965.7			1707.7	+AHU
二次側計				306.5	5085.4			3121.0	51.3%

図3.3.9 計測結果(2011年2月7日)

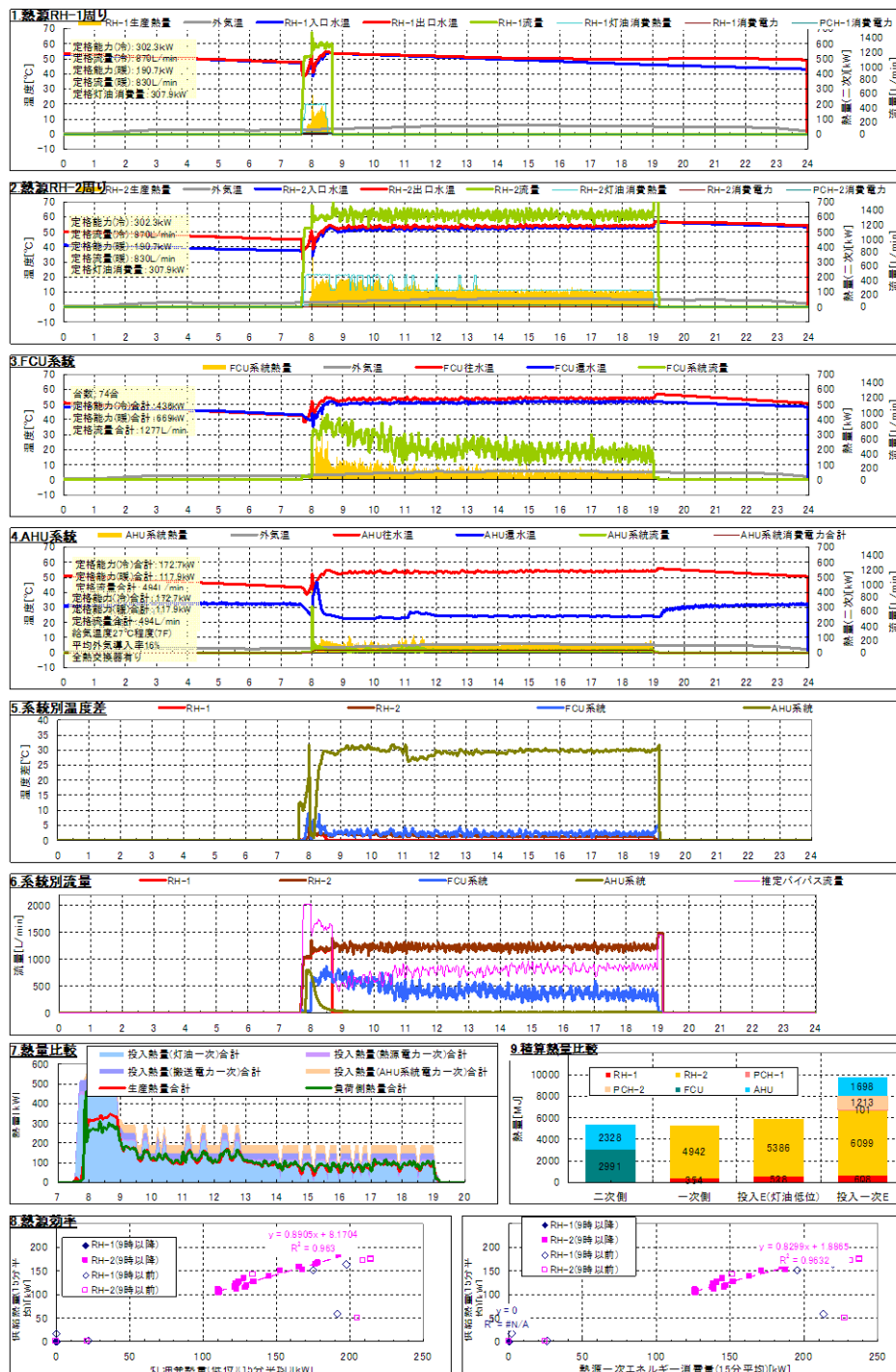


図3.3.10 計測結果 (2011年2月8日)

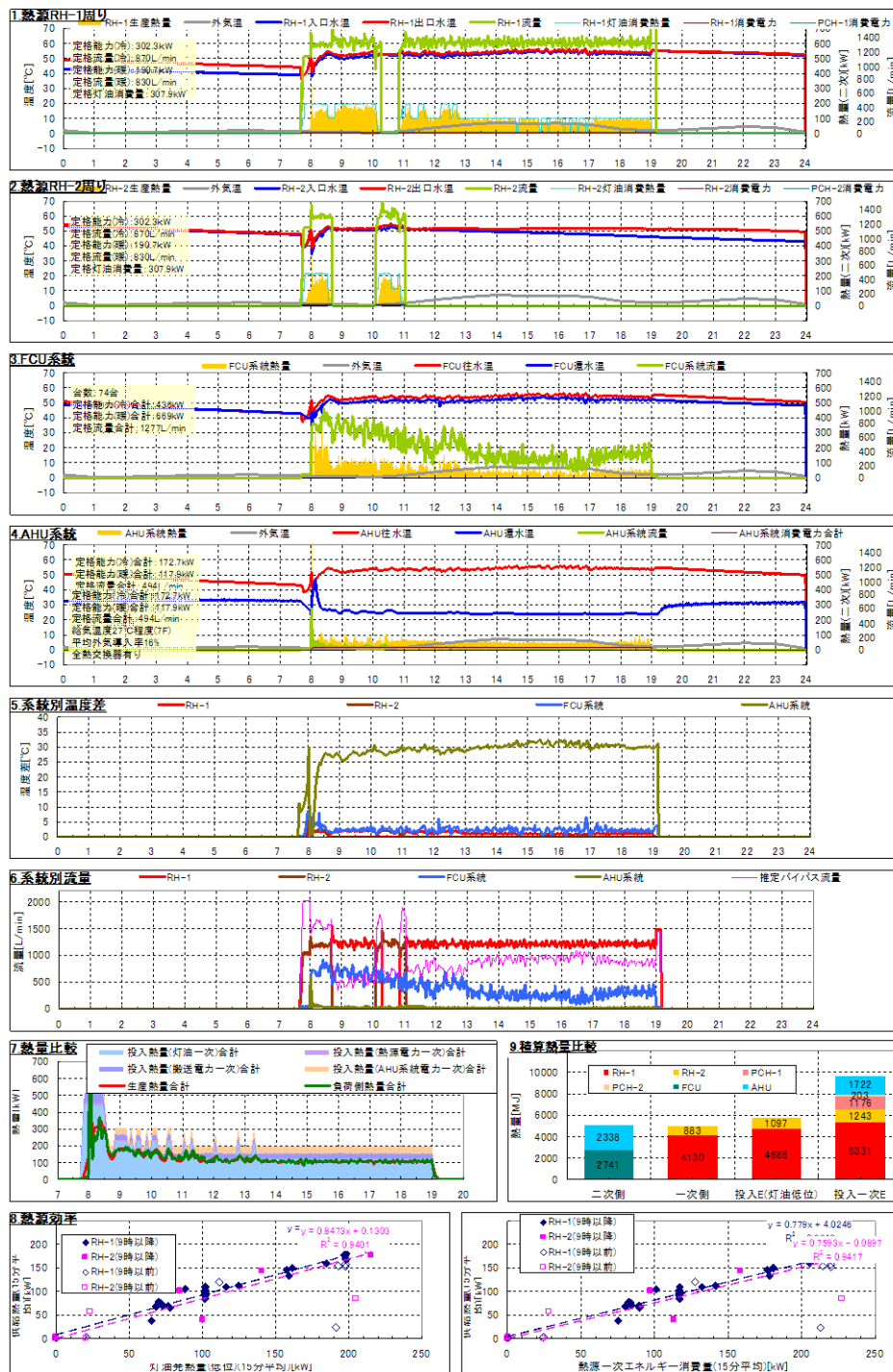


図3.3.11 計測結果(2011年2月9日)

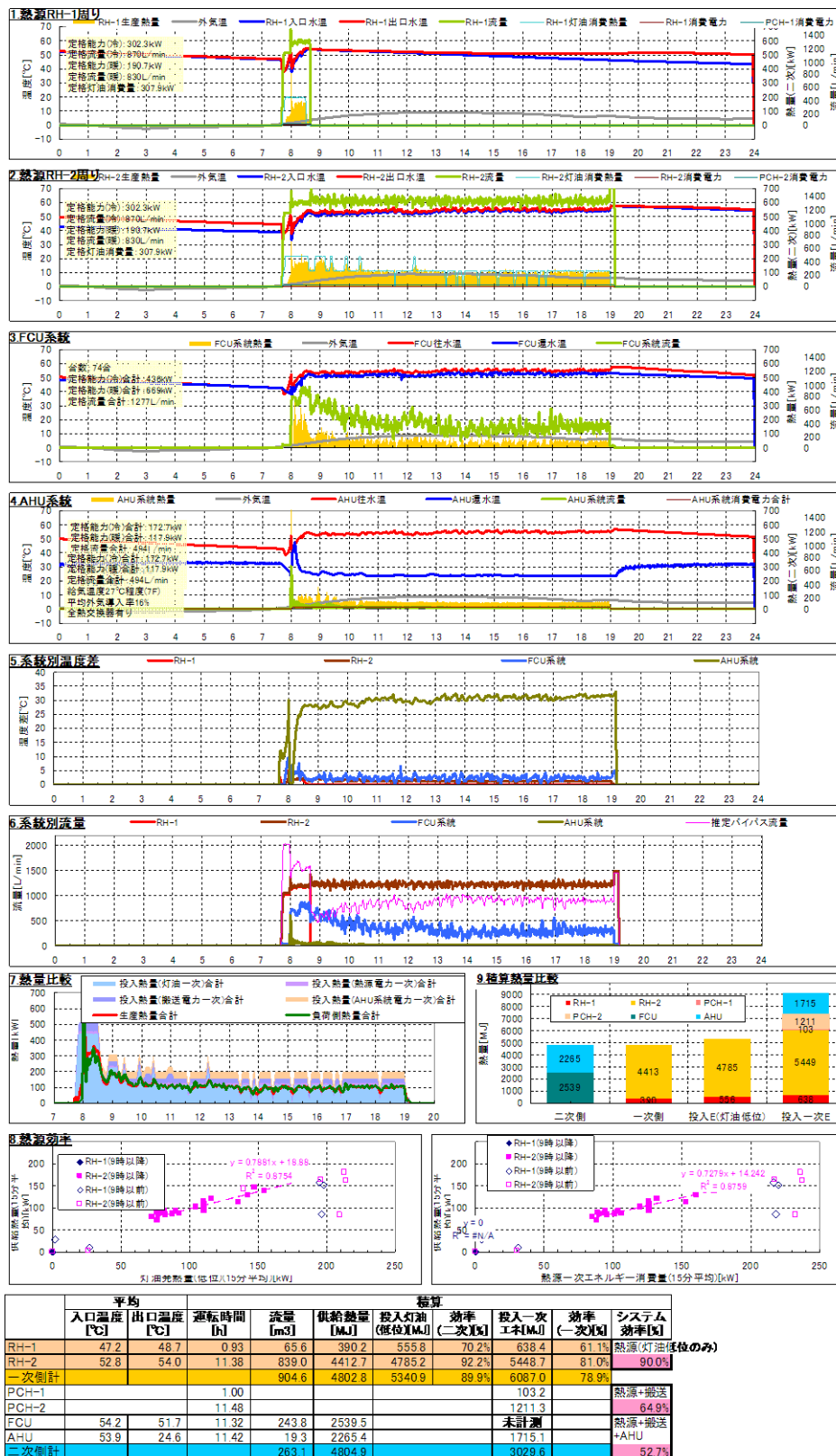


図3.3.12 計測結果(2011年2月10日)

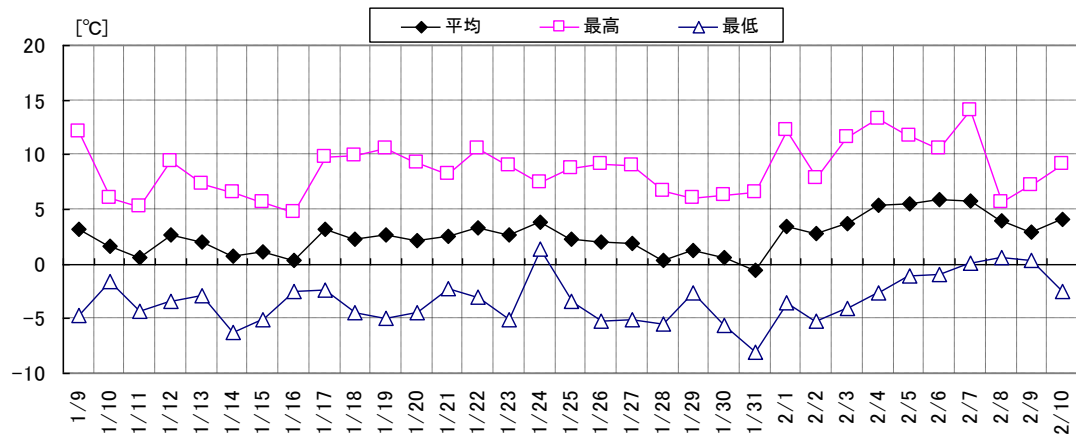


図3.3.13 外気温度の推移(2011年1月～2月, 気象庁データ(つくば))

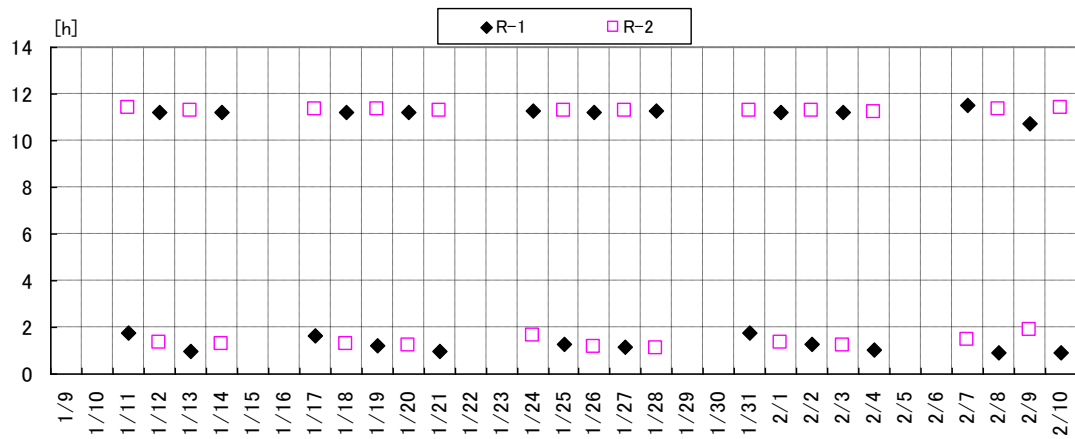


図3.3.14 稼働時間(2011年1月～2月)

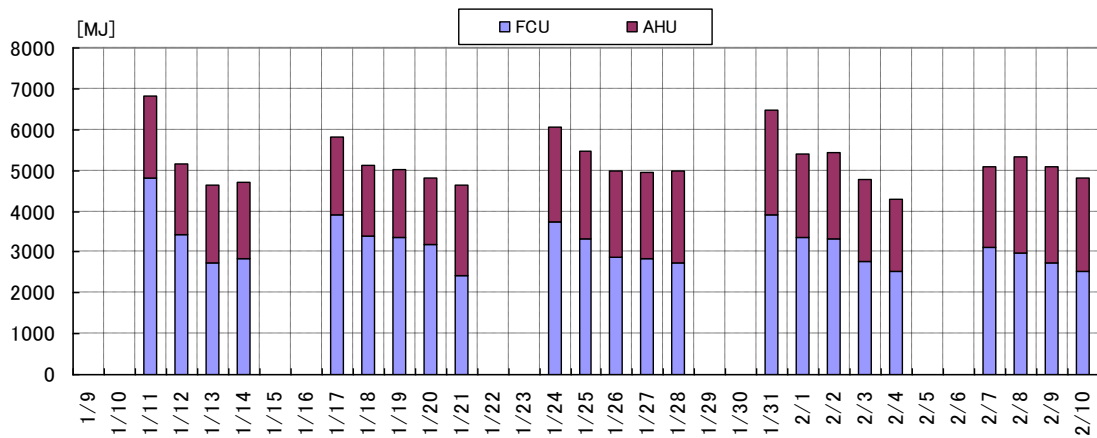


図3.3.15 日積算負荷(2011年1月～2月)

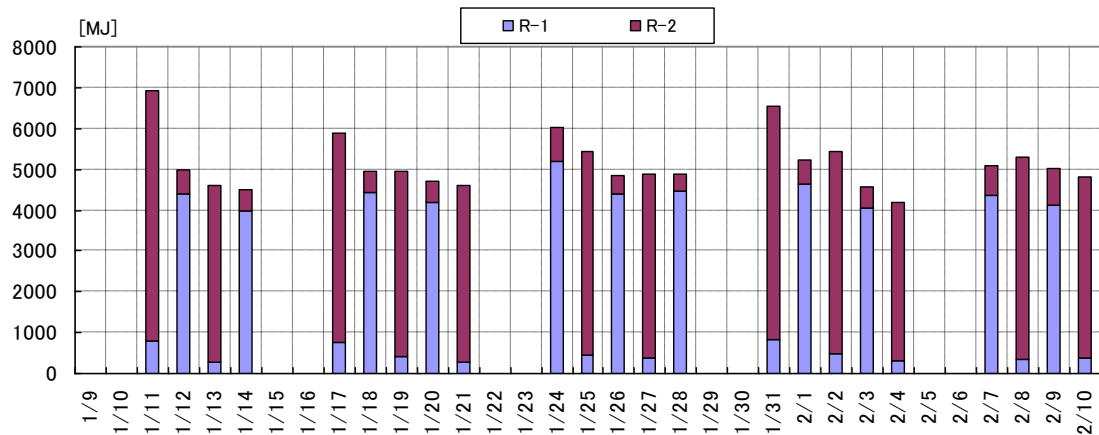


図3.3.16 日積算除去熱量(2011年1月～2月)

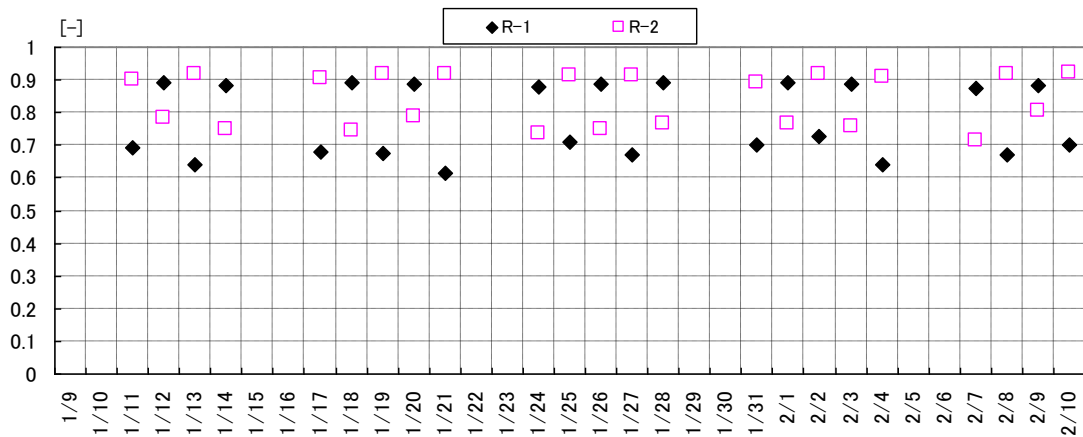


図3.3.17 熱源機効率(2011年1月～2月)

(2) 日積算値による分析

図3.3.18に冷温水機で使用した一次エネルギー消費量と供給熱量の関係、日平均外気温度と冷温水機の一次エネルギー効率の関係を、冷温水機別、運転別(主運転、立ち上がり運転)に示す。R-1で若干低い効率が出ているものの、終日稼働する主運転機となる時には2台とも一次エネルギー効率で0.8程度となっており(灯油低位発熱量を分母とした効率では0.9程度)、外気温の上昇とともに若干低下する傾向が見られる。立ち上がり運転時のみ稼働する立ち上がり運転機は日トータルの熱供給量のうち1割前後しか供給していないため全体に対する影響は小さいものの、効率でみると一次エネルギー効率が0.6程度と安定して運転する主運転機に比べて悪化している。

図3.3.19に、熱源機(2台)、熱源機+冷温水ポンプ、熱源機+冷温水ポンプ+AHU系統(FCU系統の電力消費は未計測)で使用された一次エネルギー消費量と供給熱量の関係、日平均外気温度とそれぞれの一次エネルギー効率の関係を、前日に空調が稼働したかどうかで分けて示した。

熱源機(2台)の効率は0.8弱となっており、空調非稼働日の翌日は消費量が増える傾向にあり、効率は0.02~0.05程度低下している。また、一次搬送系と併せた熱源機+冷温水ポンプや、二次搬送系まで含めた熱源機+冷温水ポンプ+AHU系統では、冷温水ポンプや空調機の稼働時間に大きな違いがなく同程度の消費量が加算される結果となっており、外気温と効率の関係を示した図3.3.19右では、外気温が上がるにつれて、供給熱量と熱源機の電力消費に対する冷温水ポンプや空調機の電力消費分の比率が相対的に高まることから、システムとしての効率は熱源機の場合に比べて顕著に低下する結果となった。

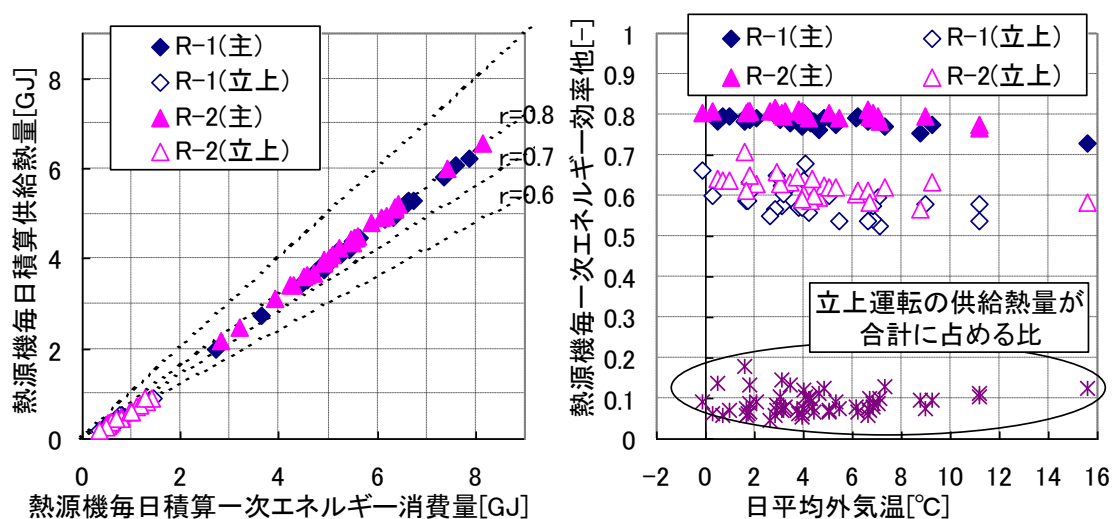


図3.3.18 冷温水機の効率(暖房) (2009年11月~2010年1月)

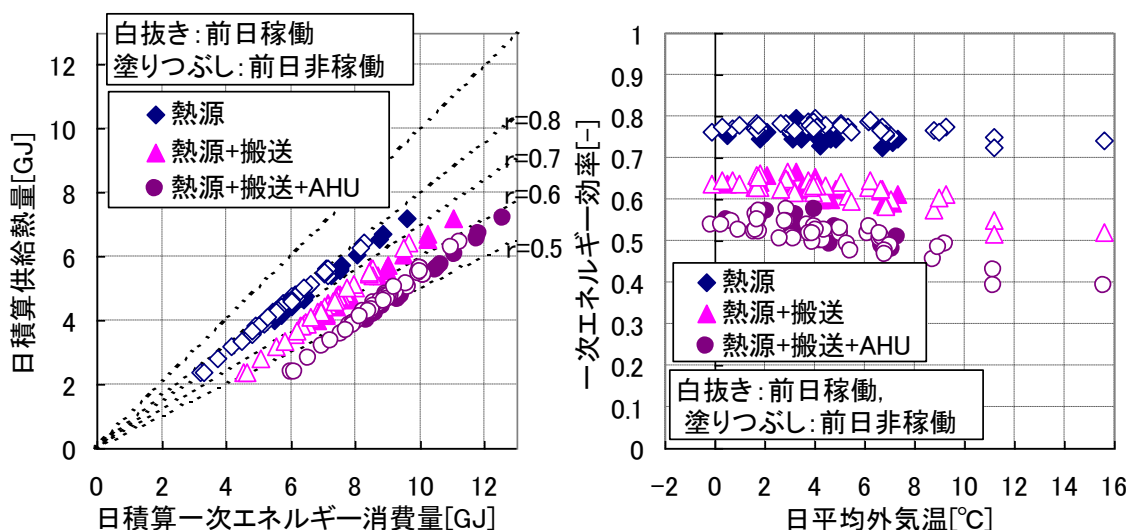


図3.3.19 システム効率(暖房, 前日稼働/非稼働別) (2009年11月~2010年1月)

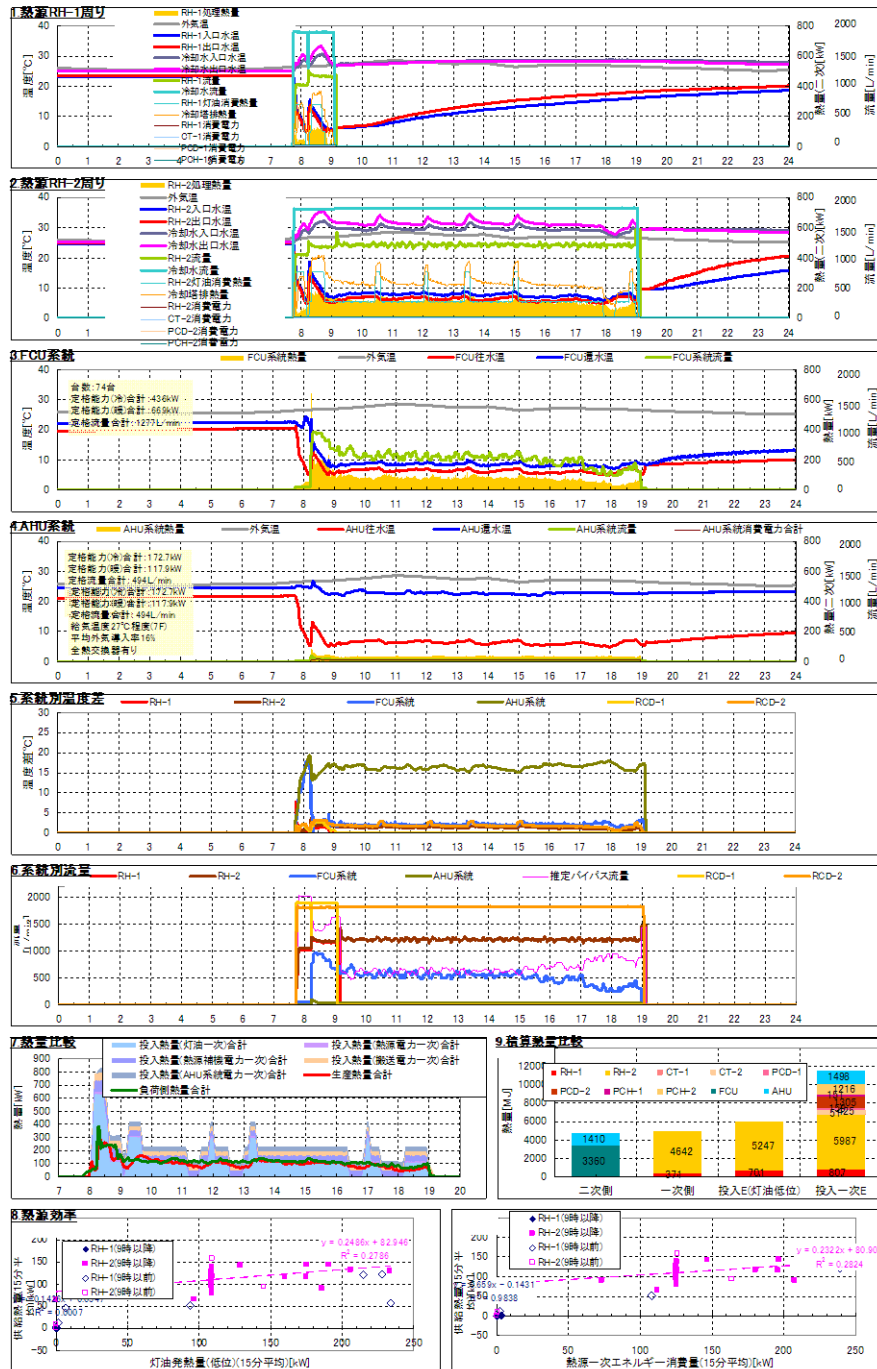
3.3.3 冷房時測定結果の分析

(1) 経時データ

図3.3.20～3.3.29に冷房時の経時データを示す。また、図3.3.30～3.3.35に2010年7月～8月の日平均値・積算値等の推移を示す

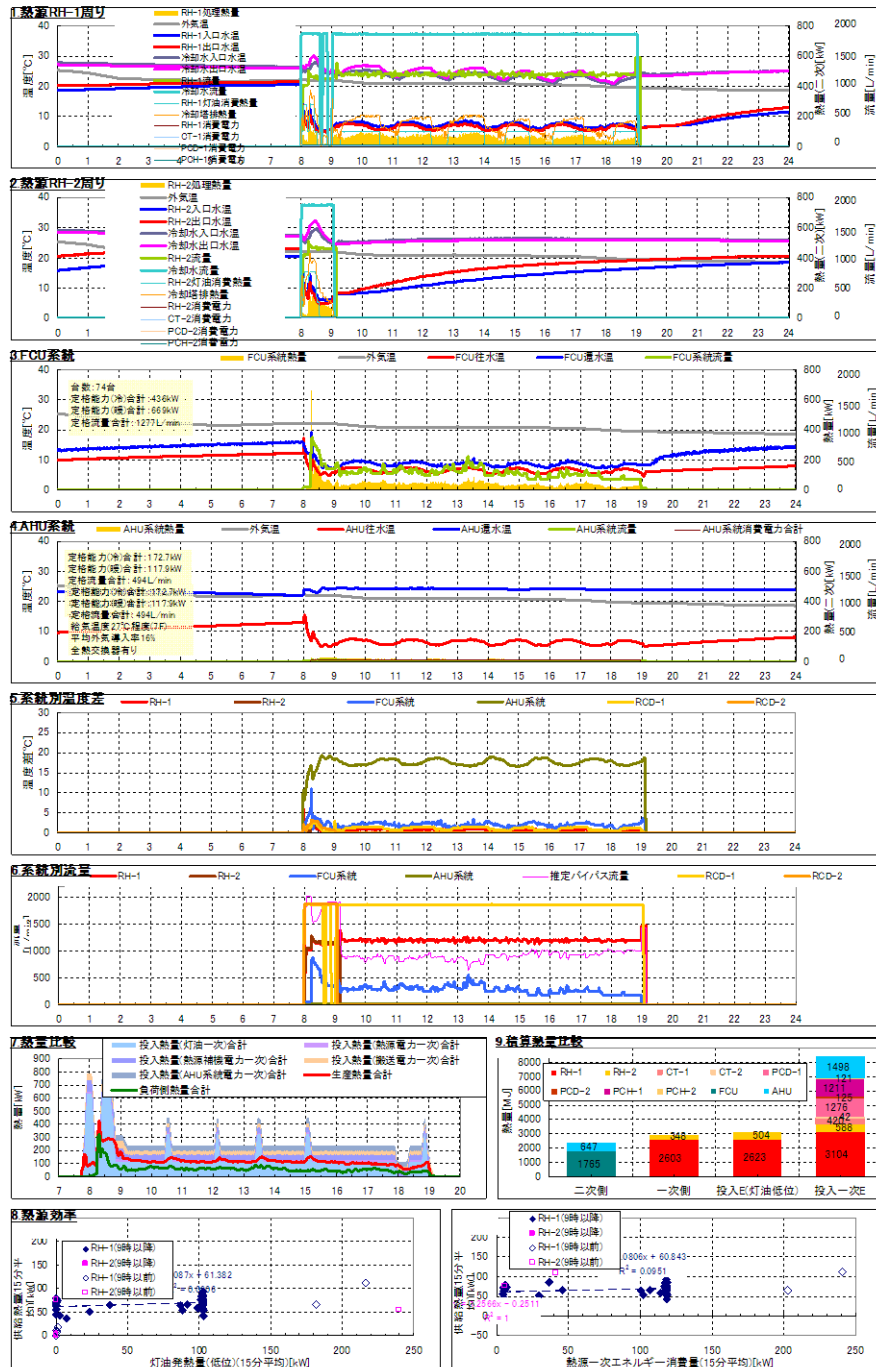
詳細計測では、以下が確認された。

- ・外気温の低い時期には、副運転機は朝の立ち上がり時の2時間弱の運転のみであるが、7月下旬～8月上旬の最暑期には、朝の運転の他に、日中の負荷増大にあわせて運転が行われる。特に7月下旬には副運転機もほぼ1日の運転が見られた(図3.3.31)。
- ・熱源機の効率は日中も長時間運転している場合には90%程度の効率となっており(立ち上がり時の運転のみの場合は60%程度)、仕様上の効率(95%)から大きく劣っているわけではない(図3.3.34)。2台の運転状況を見ると、R-2の方が安定して運転していることがうかがえ、R-1は処理熱量に経時的な変化(On-Offの発生)が大きい。
- ・冷温水ポンプ(PCH-1, 2)による流量が2台とも1,200～1,300L/minと熱源の仕様(冷房時870L/min)の約1.4倍と過大になっている。また、空調時のバイパス流量が過大であり、熱源の冷却による温度低下が2℃程度と、設計温度差(5℃)を大きく下回る状況で運転されている(図3.3.20～3.3.29 1, 2, 6)。
- ・AHUにより処理された負荷がFCUに比べて小さい(図3.3.20～3.3.29 9.)。これは、AHU系統の流量が極めて少ないことによる(結果としてAHU系統の往還温度差が10～15℃と大きくなる(図3.3.20～3.3.29 5.))。



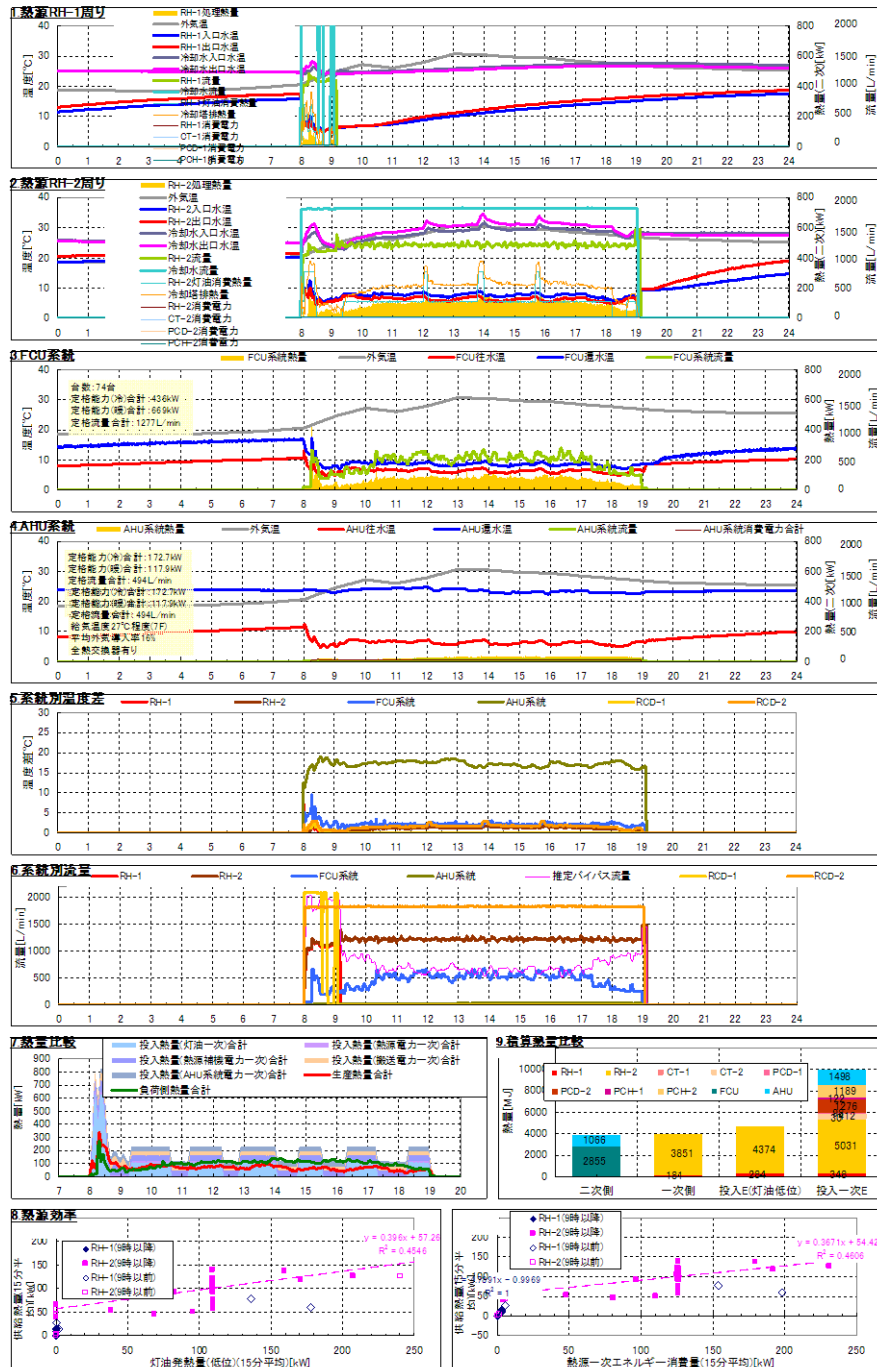
	平均		運転時間 [h]	流量 [m³]	供給熱量 [MJ]	核算			システム 効率[%]	
	入口温度 [℃]	出口温度 [℃]				効率 (低位)[MJ]	効率 (一次)[MJ]	効率 (一次)[MJ]		
RH-1	9.5	8.5	1.28	94.8	371.4	701.0	53.0%	806.9	46.0%	熱源(灯油低位のみ) 80.2%
RH-2	8.0	6.6	11.25	824.9	4641.8	5247.5	88.5%	5986.8	77.5%	
GT-1			1.37					51.3		
GT-2			11.33					424.8		
PCD-1	28.2	29.9	1.37	(152.8)	(1033)			158.6		
PCD-2	29.5	31.4	11.33	(1236.1)	(9615.2)			1305.5		
一次側計				919.7	5013.2	5948.5	84.3%	8733.9	57.4%	
PCH-1			1.45					150.6		
PCH-2			11.40					1215.9		
FCU	6.6	9.2	11.40	343.3	3359.9			未計測		
AHU	6.6	22.8	11.40	20.7	1410.4			1498.3		
二次側計				364.0	4770.3			2864.8		

図3.3.20 計測結果(2010年7月12日)



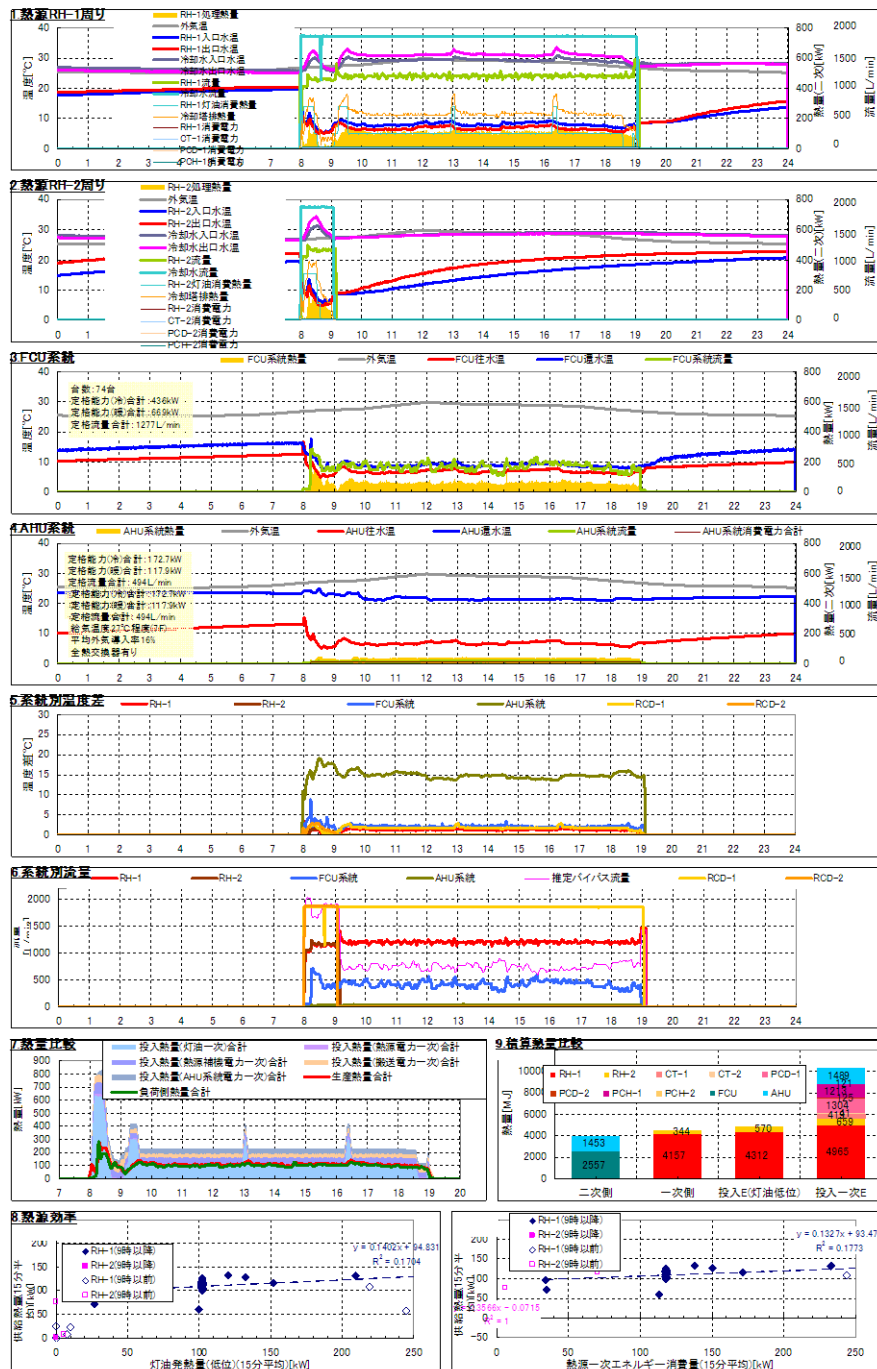
	平均		運転時間 [h]	流量 [m³]	供給熱量 [MJ]	投入灯油 (低位)[MJ]	計算		効 率 (一次)	効 率 (二次)	システム 効 率
	入口温度 [°C]	出口温度 [°C]					投入一次 エネルギー	投入二次 エネルギー			
RH-1	7.3	6.5	10.97	797.2	2603.5	2623.4	99.2%	3104.3	83.9%		熱源(灯油低位のみ) 77.1%
RH-2	8.3	7.1	1.08	78.7	348.3	504.4	69.1%	588.1	59.2%		
CT-1			10.87					419.8			
CT-2			1.10					41.9			
PCD-1	23.4	24.6	10.87	(1208.7)	(5792.7)			1275.9			
PCD-2	26.8	28.4	1.10	(122.2)	(839.6)			124.9			
一次側計				875.8	2951.8	3127.8	94.4%	5554.9	53.1%		熱源+補機 43.4%
PCH-1			11.17					1211.4			熱源+補機+搬送 35.0%
PCH-2			1.18					121.1			
FCU	6.5	8.6	11.12	191.9	1764.5			未計測			熱源+補機+搬送+AHU
AHU	6.5	24.1	11.15	8.8	646.6			1497.8			
二次側計				200.7	2411.1			2830.3			28.8%

図3.3.21 計測結果(2010年7月13日)



	平均		運転時間 [h]	流量 [m³]	供給熱量 [MJ]	投入灯油 (低位)[MJ]	計算		効率 (一次側)	システム 効率[%]
	入口温度 [°C]	出口温度 [°C]					投入一次 エネルギー	効率 (二次側)		
RH-1	7.1	6.4	1.13	75.1	181.1	284.3	63.7%	347.8	52.1%	熱源(灯油低位のみ)
RH-2	7.6	6.4	10.98	806.0	3850.9	4374.3	88.0%	5030.9	76.5%	84.2%
CT-1			0.83				30.1			
CT-2			10.90				411.9			
PCD-1	24.7	25.8	0.90	(103.8)	(515)		98.3			
PCD-2	28.0	29.6	11.07	(1208.3)	(8142.6)		1276.1			熱源+補機
一次側計				881.0	4032.0	4658.5	86.6%	7195.1	56.0%	54.5%
PCH-1			1.20				121.7			熱源+補機+搬送
PCH-2			11.15				1188.9			46.1%
FCU	6.3	8.6	11.15	299.7	2855.1		未計測			熱源+補機+搬送+AHU
AHU	6.3	23.5	11.15	14.8	1066.3		1497.5			
二次側計				314.5	3921.4		2808.1			39.2%

図3.3.22 計測結果(2010年7月14日)



	平均		運転時間 [h]	流量 [m³]	供給熱量 [MJ]	概算		投入一次 エネルギー [MJ]	効率 (一次[%])	システム 効率[%]
	入口温度 [℃]	出口温度 [℃]				投入灯油 (低位)[MJ]	効率 (二次[%])			
RH-1	8.0	6.8	11.02	800.3	4157.2	4312.2	96.4%	4965.0	83.7%	熱源(灯油低位のみ) 82.1%
RH-2	8.6	7.5	1.05	78.7	344.5	569.9	60.4%	659.1	52.3%	
GT-1			11.08					418.9		
GT-2			1.10					41.5		
PCD-1	29.0	30.7	11.08	(1232.4)	(8856.3)			1303.5		
PCD-2	28.8	30.5	1.10	(122.2)	(864.8)			124.6		熱源+補機
一次側計				878.9	4501.7	4882.1	92.2%	7512.6	59.9%	53.4%
PCH-1			11.17					1213.4		熱源+補機+搬送
PCH-2			1.18					121.0		45.3%
FCU	6.8	9.0	11.12	272.8	2557.1			未計測		熱源+補機+搬送+AHU
AHU	6.8	21.7	11.15	23.3	1452.7			1488.6		
二次側計				296.1	4009.9			2823.1		38.8%

図3.23 計測結果(2010年7月15日)

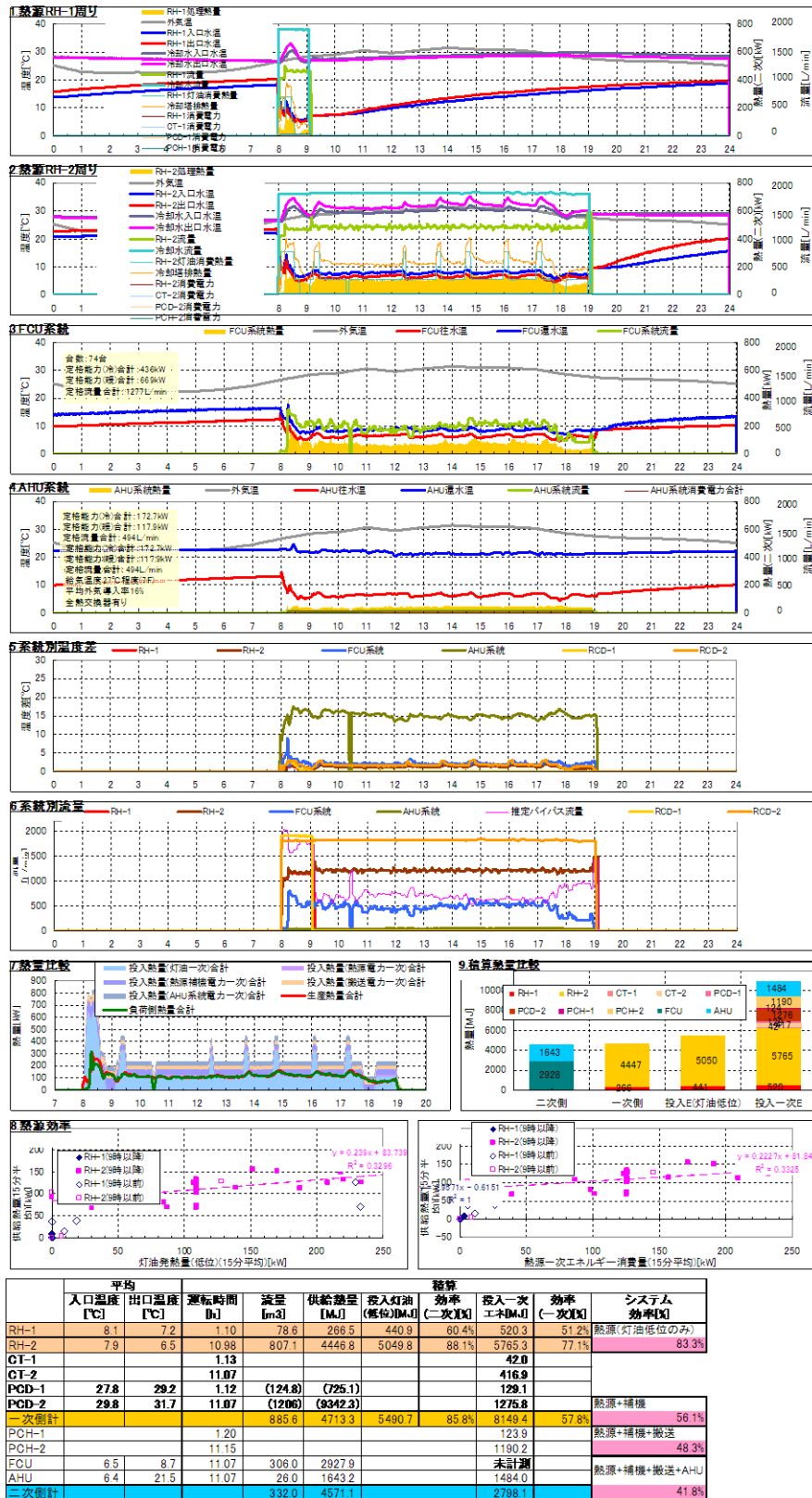


図3.3.24 計測結果(2010年7月16日)

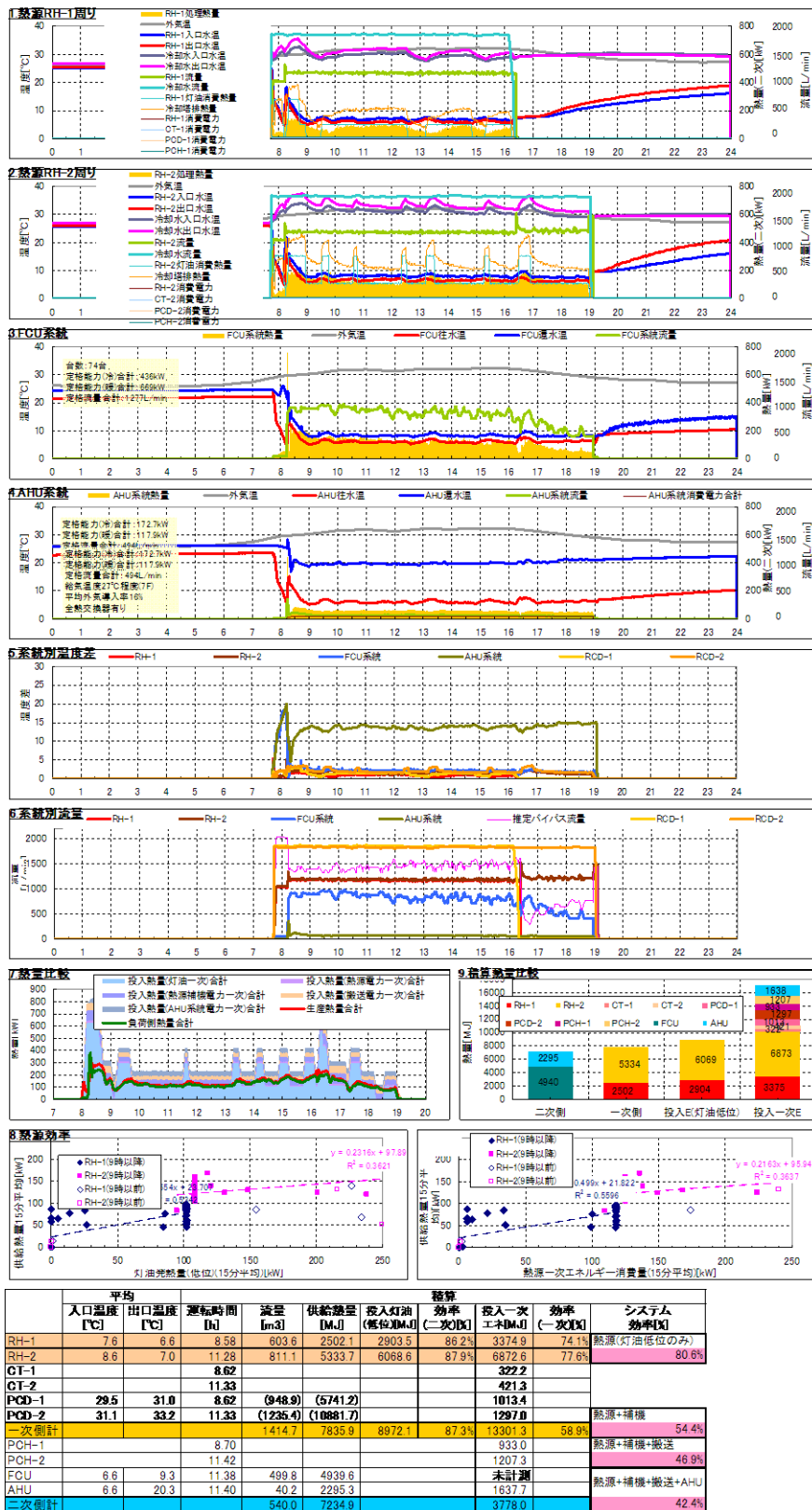


図3.3.25 計測結果(2010年8月2日)

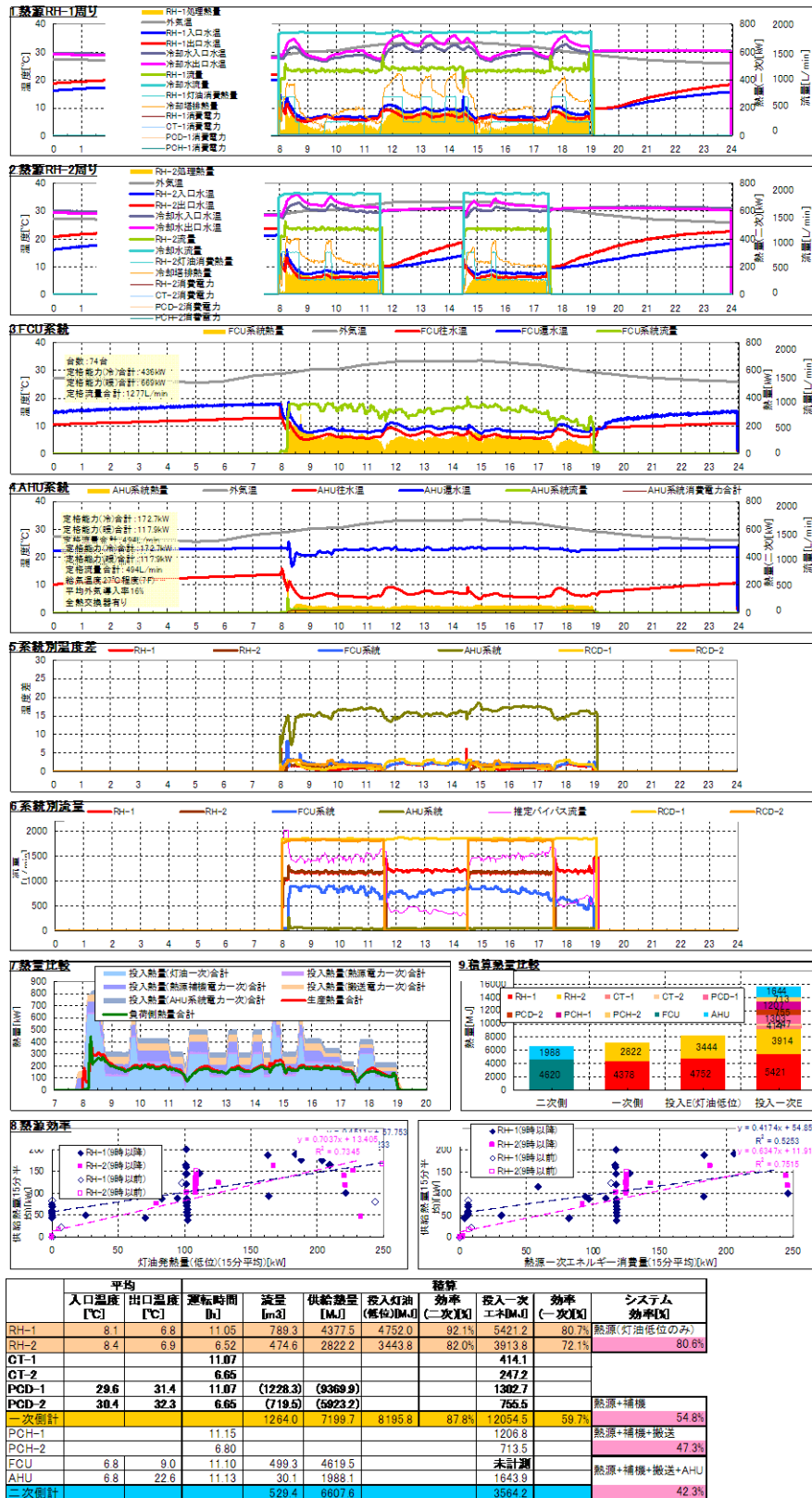


図3.3.26 計測結果(2010年8月3日)

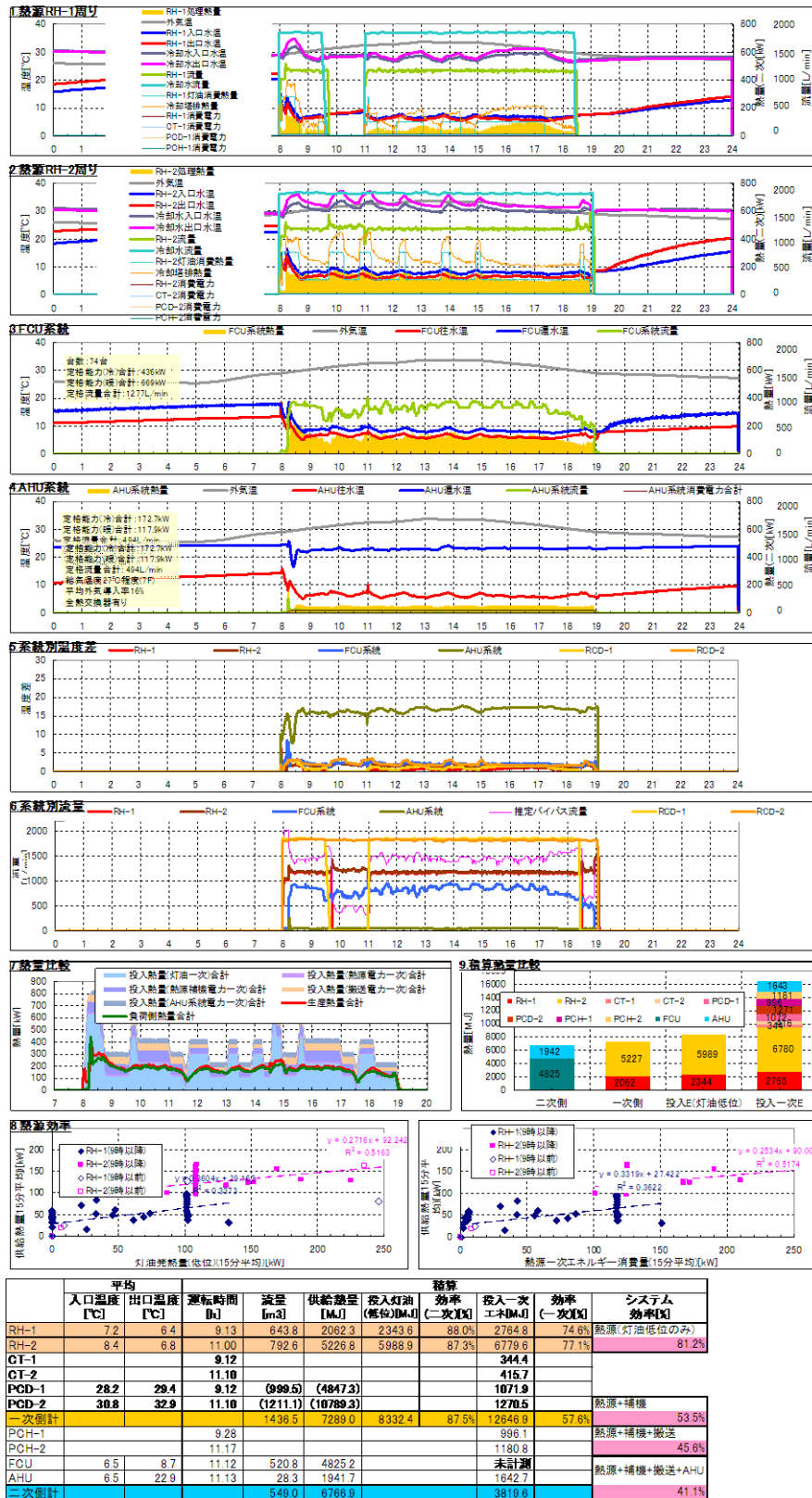


図3.3.27 計測結果(2010年8月4日)

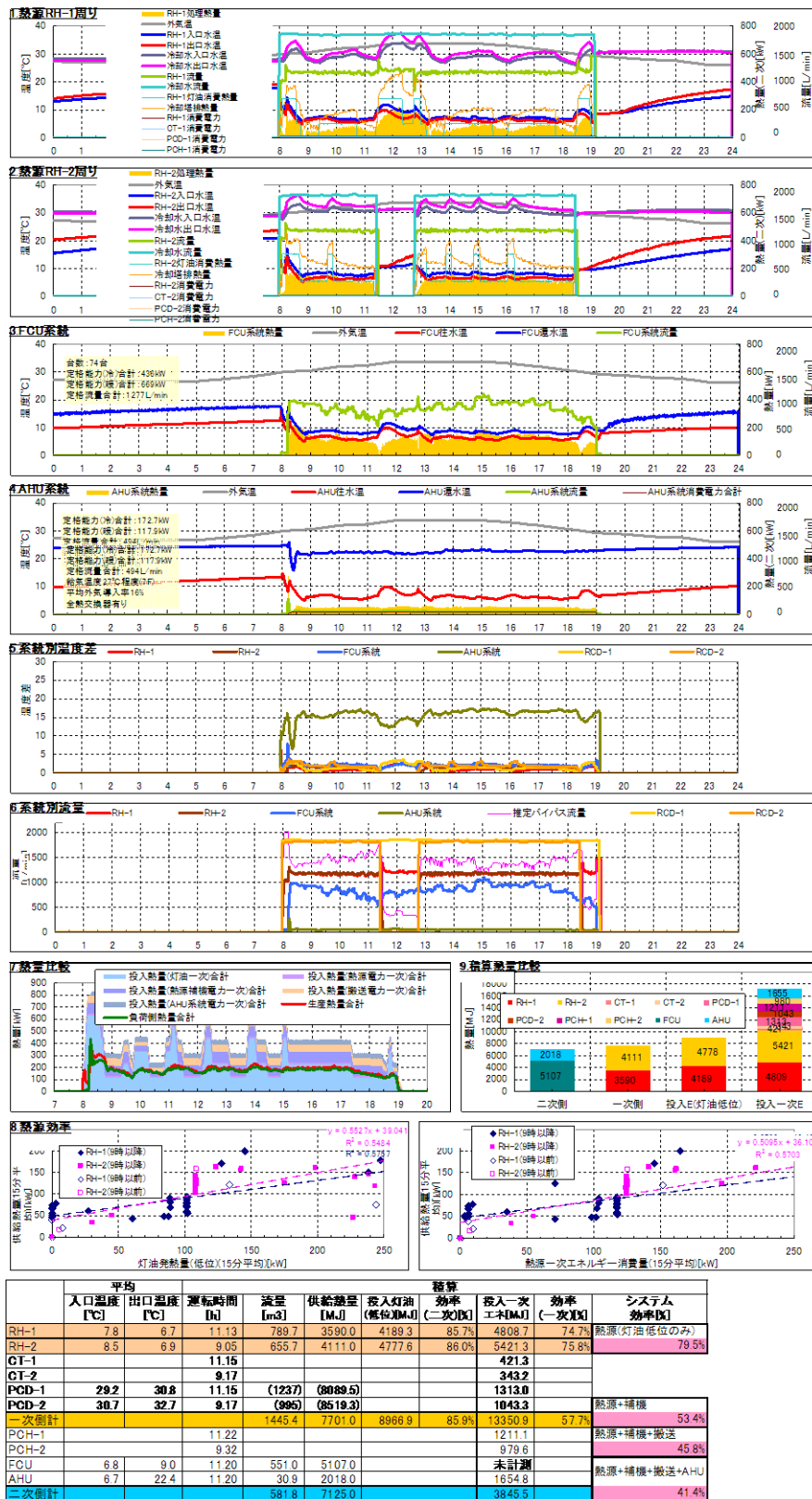


図3.3.28 計測結果(2010年8月5日)

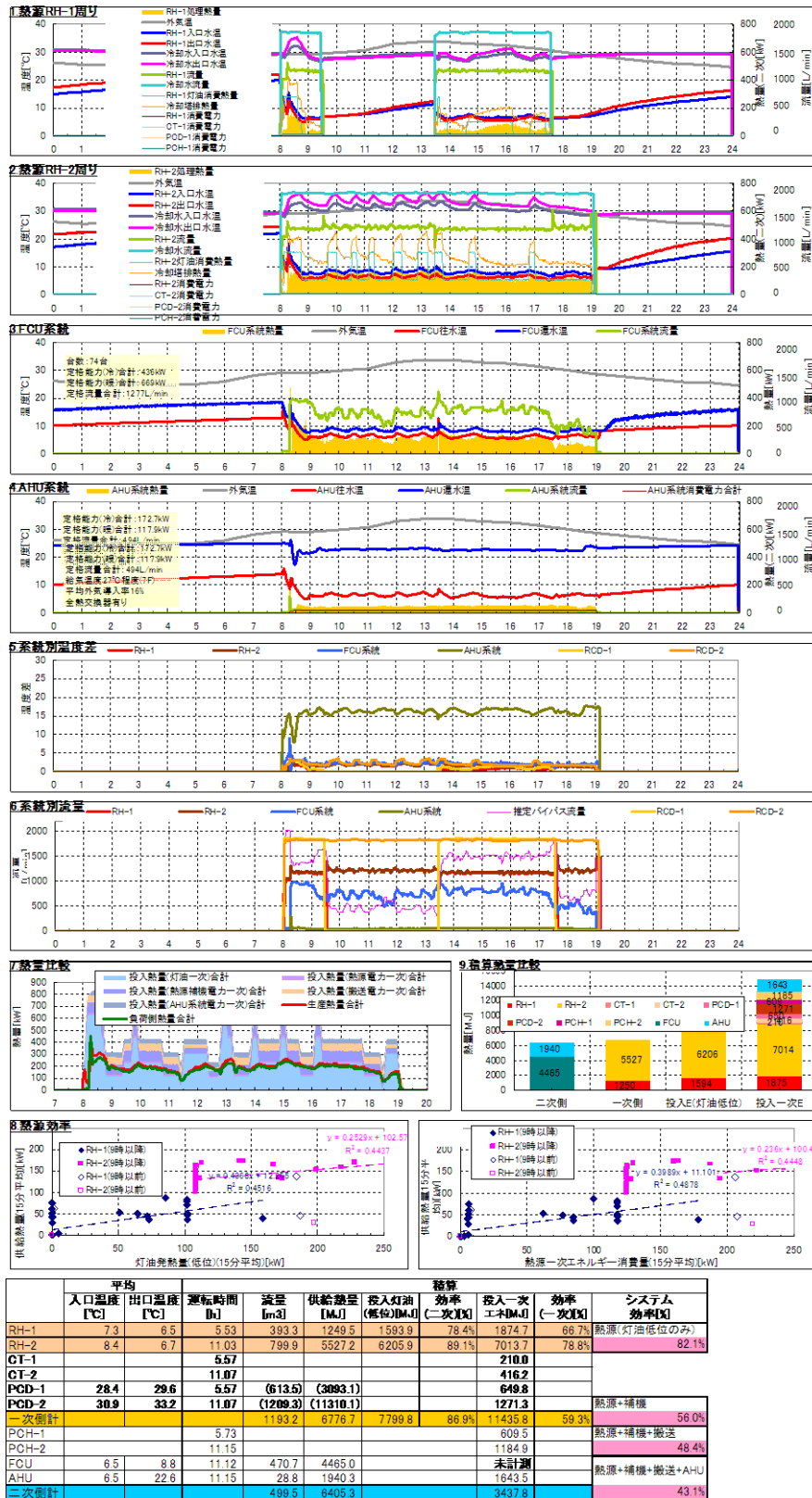


図3.3.29 計測結果(2010年8月6日)

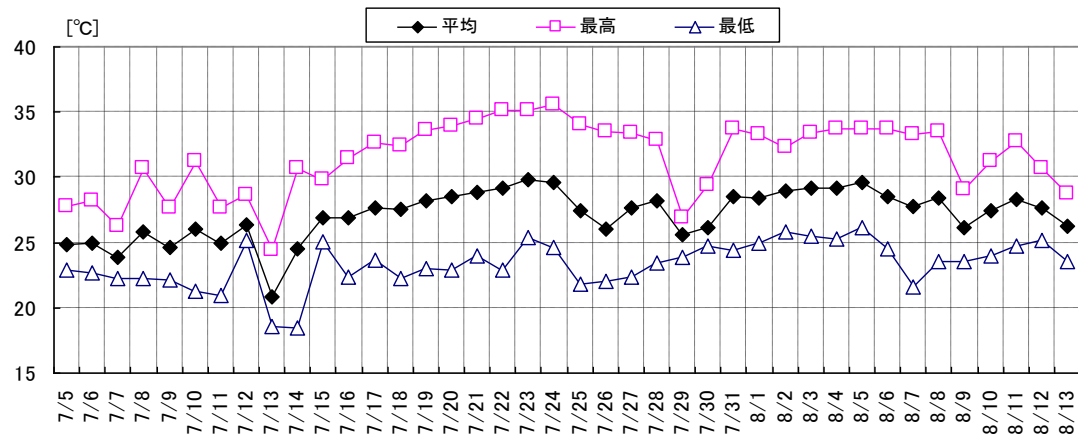


図3.3.30 外気温度の推移(2010年7月～8月, 気象庁データ(つくば))

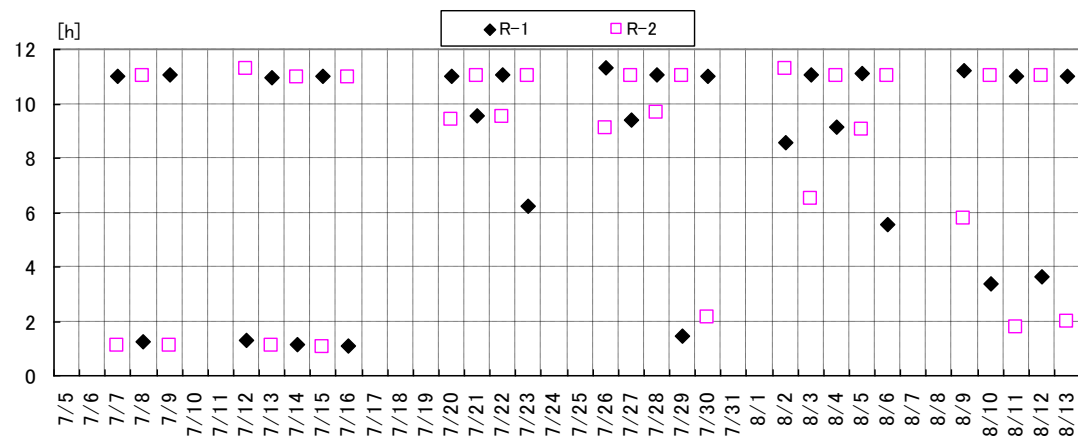


図3.3.31 稼働時間(2010年7月～8月)

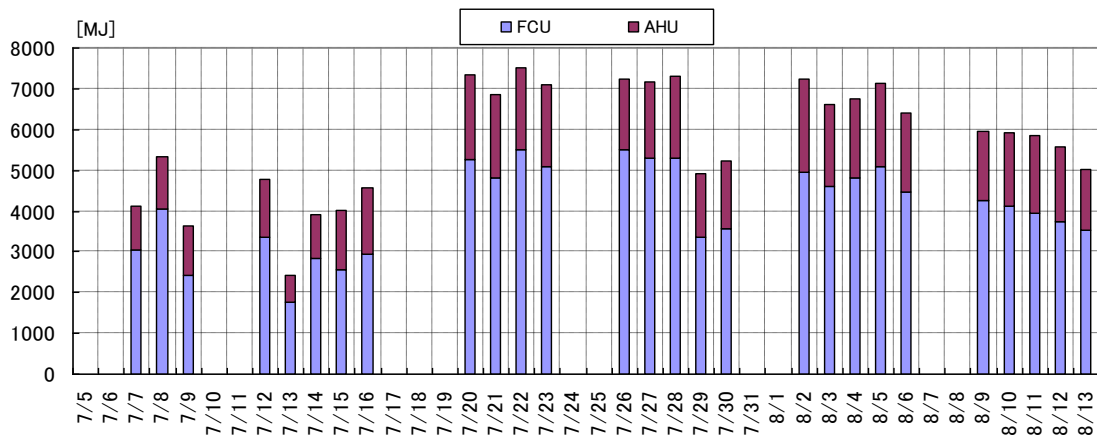


図3.3.32 日積算負荷(2010年7月～8月)

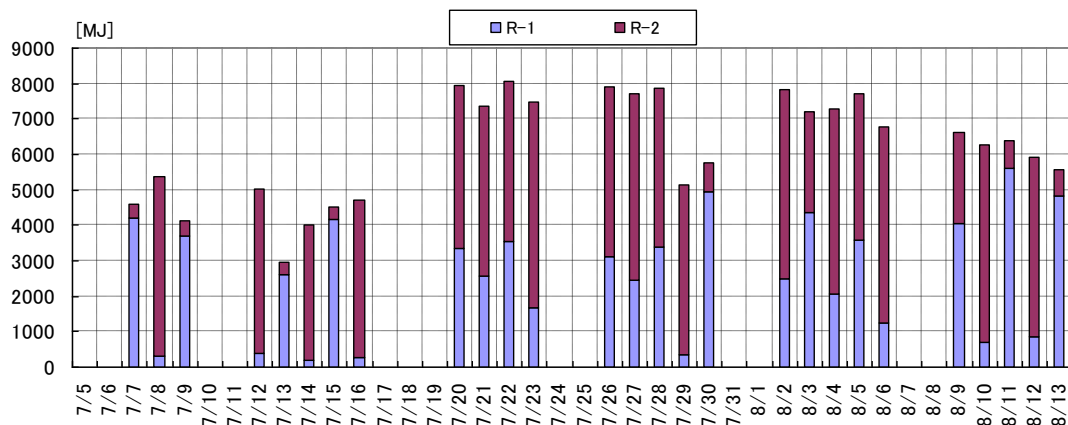


図3.3.33 日積算除去熱量(2010年7月～8月)

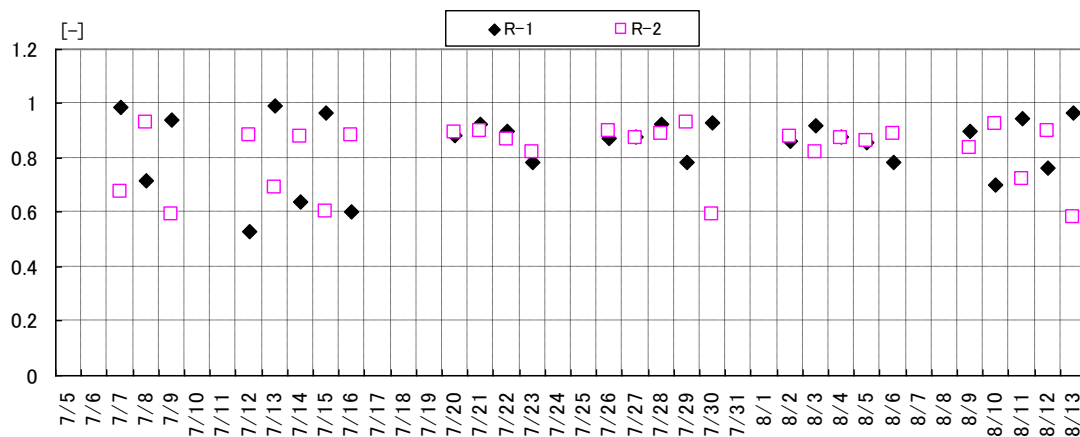


図3.3.34 熱源機効率(2010年7月～8月)

(2) 日積算値による分析

図3.3.35に外気温と処理熱量の関係を示す。二次側で処理された熱量は外気温に依存し、外気温が上昇するにつれ増大する傾向を示すが、前日の空調の稼働状況の影響ははっきりと現れてはいない。

図3.3.36に冷温水機で使用した一次エネルギー消費量と供給熱量の関係、日平均外気温と冷温水機の一次エネルギー効率の関係を、冷温水機別、運転別(主運転、従運転)に示す。R-1の効率が若干ばらつきが大きくなっているが、主運転時には2台とも一次エネルギー効率で0.8程度となっており、外気温の上昇とともに低下する傾向が見られる。立ち上がりを中心として稼働する従運転機は0.5～0.6程度の一次エネルギー効率となっているが、外気温が高い日を中心に、立ち上がり後の日中も運転している際には、0.7を超える効率を示すときもある。

図3.3.37に、熱源機(2台)、熱源機+補機(冷却水ポンプ+冷却塔)、熱源機+補機+冷温水ポンプ、熱源機+補機+冷温水ポンプ+AHU系統(FCU系統の電力消費は未計測)で使用された一次

エネルギー消費量と供給熱量の関係、日平均外気温とそれぞれの一次エネルギー効率の関係を、前日に空調が稼働したかどうかで分けて示した。

熱源機(2台)の効率は0.7程度となっており、前日の空調の稼働状況の影響は顕著には現れていない。また、冷却水ポンプと冷却塔を併せた熱源機+補機や、一次搬送系と併せた熱源機+補機+冷温水ポンプや、二次搬送系まで含めた熱源機+補機+冷温水ポンプ+AHU系統では、稼働時間に応じて、補機、ポンプ等の電力消費量が加算されることから、外気温が下がると、それらの電力消費量が相対的に高まることから、システムとしての効率が低下する結果となった。

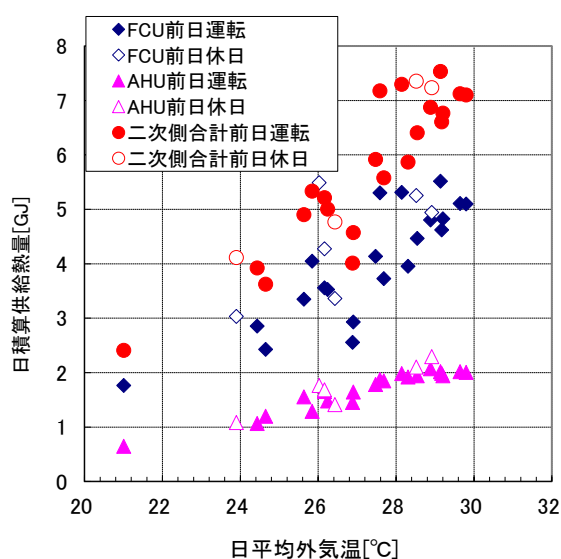


図3.3.35 日平均外気温と日積算処理熱量の関係(2010年7月～8月)

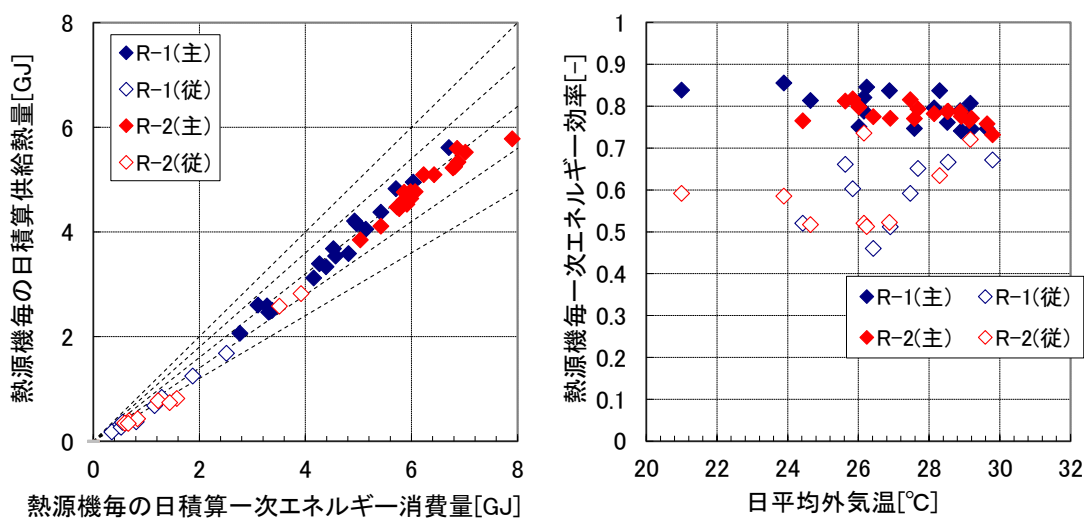


図3.3.36 冷温水機の効率(冷房) (2010年7月～8月)

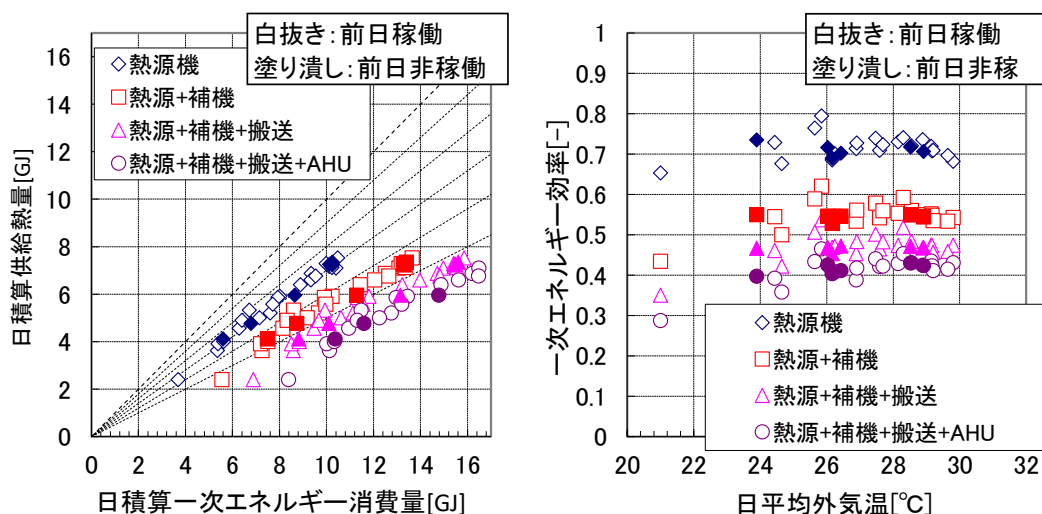


図3.3.37 システム効率(冷房, 前日稼働/非稼働別) (2010年7月～8月)

3.3.4 中央監視室で記録されたデータの検証

3.2 で検討した中央監視室で記録している監視用データは、運用に必要な最小限のセンサーで計測監視しているだけであり、エネルギー効率の観点から運転状況が分析されることは、これまで無かった。しかし、こうした建物は、建築ストックの大部分を占める中小規模建物においてはごく一般的と考えられる。

ここでは監視用データを用いたエネルギー効率の評価がどこまで可能かについて、本節で検討した詳細計測データを用い比較検証した。

(1) 監視用データから検討可能な指標の範囲

監視用データは、1時間ないし2時間毎に取得されることから、分単位の挙動については不明となる。また、監視データとしては、熱源機、ポンプ、空調機等の電力消費量を計測していないため(3.2における電力消費量は、別に計測器を設置している)、システムとしての効率も不明なのが本来であった。監視データ単体として確認できるのは、1～2時間の計測間隔より長い時間における熱源機効率となるが、灯油消費量と供給熱量は2台の熱源機の合計となっているため、図3.3.18、図3.3.36のような機体単位での効率については検討できないことになる。

また、詳細計測データの分析から判明した「冷温水ポンプの流量が過大」「バイパス流量が過大」「AHU系統の流量が過小で往還温度差が極端に大きくなる」といった状況は、流量や温度が系統毎に測定されていない監視用データからは直接的に把握できないことに留意が必要である。

(2) 供給熱量の比較

3.2.2 (2)では、監視用データのうち、「冷温水積算熱量」の計測値が不適当であることを確

認し、3.2では、往還温度差と流量から求めた熱量(供給熱量①、②)を算定して検討を進めることとしていた。冷温水積算熱量および供給熱量①、②の推移を詳細計測で求めた供給熱量と比較すると「積算熱量」は明らかに大きな値を示し、供給熱量①、②は詳細計測のデータ(を時間平均した値)と同程度の推移を示していた(図3.3.38)。

図3.3.39、3.3.40に監視用データと詳細計測データにおける供給熱量の関係を示す。供給熱量①、②は、冬期の計測においては、詳細計測データより1～2割程度大きい傾向を示し、夏期の計測においては、1～2割程度小さくなる傾向となっていた。一方、「積算熱量」は、詳細計測データと比べて極端に大きくなっており、監視用計測に大きな不備があることが分かる。2009年度冬の計測の時点では、供給熱量①、②より詳細計測データとの対応自体は良く、経時的に詳細計測データのほぼ3.6倍の値を示していたことから(図3.3.39)、Mcalの値で記録しているとされていた「積算熱量」を、誤ってkcal/sの単位で記録されているものと推察していたが、2010年度夏、冬の結果からは、その推察とは異なる結果となった。

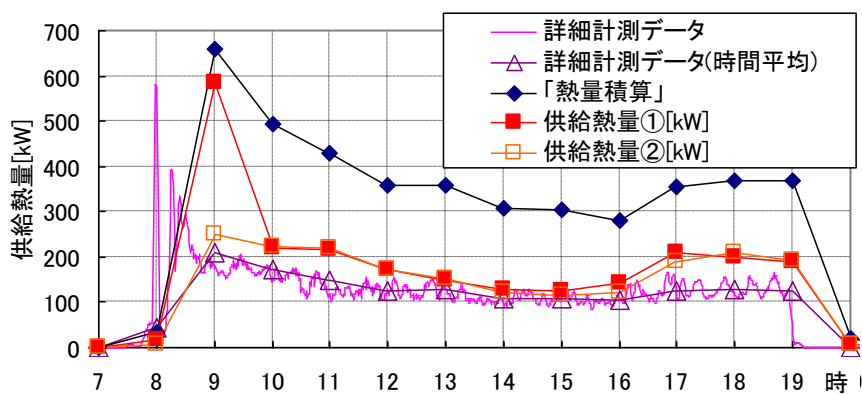


図3.3.38 供給熱量の詳細計測データとの比較(2010/1/14)

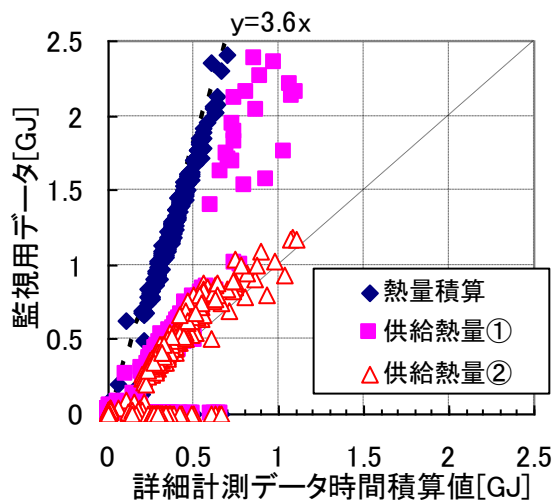


図3.3.39 供給熱量の詳細計測データとの比較(時間積算値, 2009年度冬)

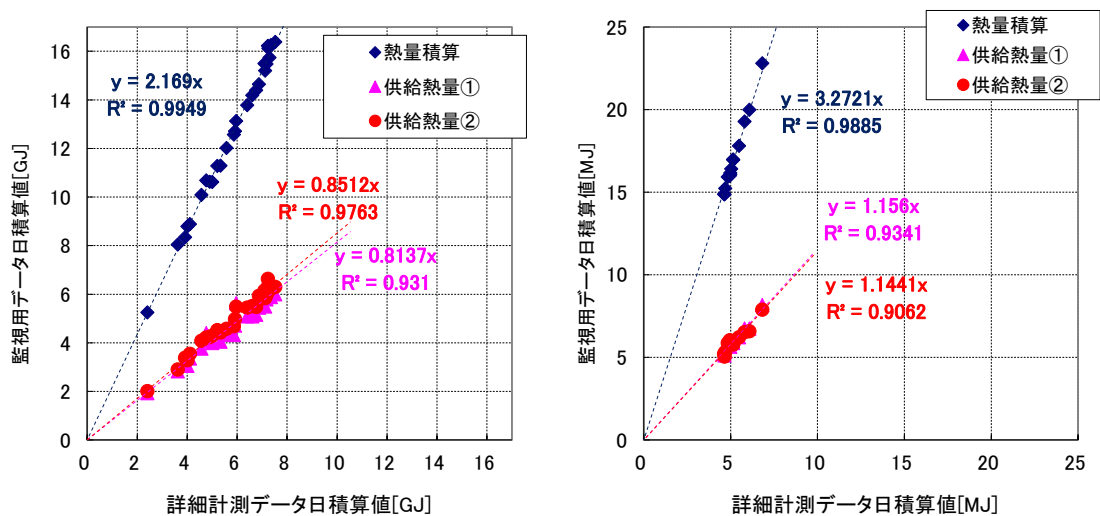


図3.3.40 供給熱量の詳細計測データとの比較
(日積算値, 左: 2010年度夏、右: 2010年度冬)

(3) 効率の比較

図3.3.41に監視用データと詳細計測データから求めた熱源機2台の日積算灯油発熱量と日積算供給熱量の関係を示す。監視用データにおける供給熱量①、②が詳細計測データと1～2割程度異なる(図3.3.39、3.3.40)ことから、監視用データから求めた熱源機2台の効率は、詳細計測で求めた効率より、冷房で0.1強小さく、暖房で0.1程度大きくなる結果となった。

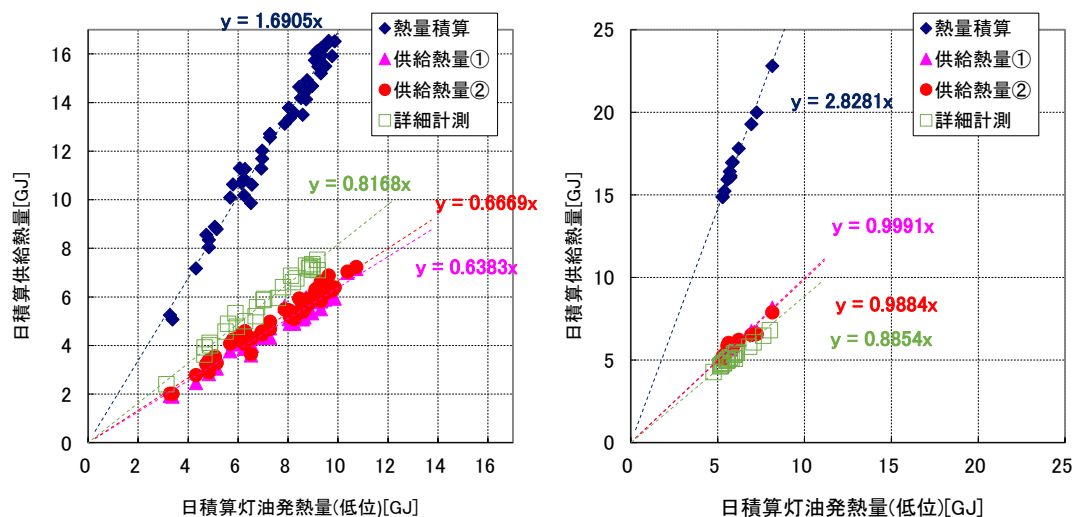


図3.3.41 監視用と詳細計測の効率の比較(左: 2010年度夏、右: 2010年度冬)

以上の検討からは、監視用データのみを使用した空調用熱源性能ならびに空調負荷の評価では、計測項目および時間間隔の面で十分とはいえない場合があること、監視用計測システムの整合性の確認が滞っている場合や、計測器の校正が十分でない場合があり、精度が不

明瞭な場合があることが示唆される。

3.3.5 まとめ

本節では、建物Tの空調熱源まわりを中心に計測システムを追加して測定を実施した。測定データを分析したところ、監視用データの分析からは十分に把握できないこととして、

- ・ 冷温水ポンプの流量が定格より過大となっている。
- ・ AHU系統の流量が極端に小さく極端に大きな往還温度差が出現している。
- ・ 熱源機の効率は、定常的に稼働する主運転機については、定格値に近い効率が実現できている。
- ・ 立ち上がりを中心に運転する場合は効率が低下する。
- ・ 処理熱量が小さくなるにつれ、補機類の電力消費量が相対的に大きくなり、システム効率が低下する。

等が確認された。

また、監視用データと詳細計測データを比較し、供給熱量、熱源機効率の確認を行うことで、監視用データのみを使用した空調用熱源性能ならびに空調負荷の評価では、計測項目および時間間隔の面で十分とはいえない場合があること、監視用計測システムの整合性の確認が滞っている場合や、計測器の校正が十分でない場合があり、精度が不明瞭な場合があることといった示唆が得られた。

第4章 建築内部使用機器の消費電力計測

業務用建築物の室内では、様々な業務用機器が使用されており、業務の高度化、複雑化が進むにつれ、情報機器をはじめ電力を消費する機器がより多く導入されるようになっていく。業務用機器を使用することは、電力消費量の増大を招くだけでなく、機器からの発熱が空調負荷にも影響を及ぼすことから、業務用機器の電力消費特性の把握は、省エネ対策、二酸化炭素排出量抑制対策にとって重要である。しかし、業務用機器の使用実態に即した電力消費特性の評価は十分になされているとはいえない。

本章では、事務所等で使用されるOA機器から、コンピュータ、コピー機／プリンタ、小売店舗の食品保存設備の消費電力の計測結果を示し、実使用状況に応じた電力消費量の特徴・予測モデルについて検討を行った結果についてとりまとめている。

4.1 コンピュータのエネルギー消費特性の計測

本節では、コンピュータの電力使用状況の計測結果をもとに、コンピュータのエネルギー消費特性の検討を行う。

4.1.1 測定対象機器

測定対象としたコンピュータは表4.1.1に示した5機種である。事務所で使用されることが多いと思われる、省スペース型デスクトップPC(+液晶モニター)を中心に選定した。

PC1～PC4は省スペース型デスクトップPCであり、PC5はノートPCである。5機種とも、一般的な事務作業を主に行う、8時30分～9時始業で、17時15分～45分終業の者が使用しており、コンピュータで行う作業の内容に大きな差異はないと考えられる。

表4.1.1 測定を行ったコンピュータの概要

呼称		PC1	PC2	PC3
タイプ		省スペース型デスクトップ	省スペース型デスクトップ	省スペース型デスクトップ
型番	本体	NEC PC-MY30YGZEG	Dell Dimension 4600C	IBM 8086-2LJ
	ディスプレイ	NEC LCD72VM-R	Dell E151FPb	IO Data LCD-AD194CB
消費電力	本体	215W(MAX)	定格1.5A	5A
	ディスプレイ	34W	定格1A	58W

呼称		PC4	PC5
タイプ		省スペース型デスクトップ	ノート
型番	本体	NEC VC1200J/8FE	NEC PCLR900ED
	ディスプレイ	NEC F15H51	
消費電力	本体	74W(Max:131W)	25W(Max:75W)
	ディスプレイ	41W	

4.1.2 測定概要

各コンピュータの測定は、日置電機製クランプ型電力計3168もしくは3169を使用して行った。3168は単相100Vを1チャンネルのみ測定する電力計のため、待機時等測定レンジを下回る状況においては測定レンジを対応させて計測している。また、単相100Vを4チャンネルまで測定可能な電力計3169を使用した際には、待機時等の測定レンジを下回る消費量を2チャンネルのレンジを変えて同時に測定することで対応した。測定間隔1分で有効電力[W]の平均値の計測を行った。

測定期間を表4.1.2に示す。電力計の台数に限りがある中での計測であったため、測定期間の長さ、時期には表の通り違いがある。

表4.1.2 測定期間

コンピュータ	測定期間
PC1	2009年2月17日～3月12日
PC2	2009年3月16日～3月25日
PC3	2009年2月24日～3月19日
PC4	2009年3月11日～3月19日
PC5	2009年3月13日～3月24日

4.1.3 測定結果の分析

本項では、各コンピュータの消費電力の推移を時系列で示す。

(1) PC1の時系列変化

PC1の測定結果を図4.1.1に示す。

稼働中のPC1本体は、90W弱の電力消費をベースとして、140W程度まで消費電力が増える状況が確認される。90W弱がPC1のアイドリング時の消費電力で、負荷の状況によって140W程度まで消費電力が増大することを示している。しかしながらPC1本体に記載された最大215Wの電力消費の状況は確認されなかった。

2/24(火)のみ、起動後、終日140W近くで推移しているが、通常の事務処理で最大と思われる電力消費が終日継続するとは考えられないため、何らかのエラーにより内部的に継続した計算処理があり、アイドリングの状態に戻れなかったものと推測される。

PC1で使用している液晶モニタは常時30W弱程度の電力を消費しており、短時間での変動は確認されなかった。液晶モニタに記載された定格値34Wは下回っていた。

PC1本体、液晶モニタともに0W近くまで電力消費が小さくなる時間がある。これはスリープモードに移行した時間であると推測されるが、モニタのみ移行する場合(2/24(火)13時頃他)、PC1本体とモニタが同時に移行する場合(2/25(水)他)、PC1本体とモニタが時間をずらして移行する場合(3/10(火)11時頃)が確認されており、スリープモードに移行する経緯は判然としない。いずれにしても、コンピュータを使用しない状況が継続する昼食時にはスリ

ープモードへの移行がよく見られた。その他の時間帯でスリープモードに移行する状況は、コンピュータを使用した事務作業がなかったものと推測される。

停止時には、PC1本体が1.3W程度、モニタが0.6W程度の電力を消費している状況が確認された。

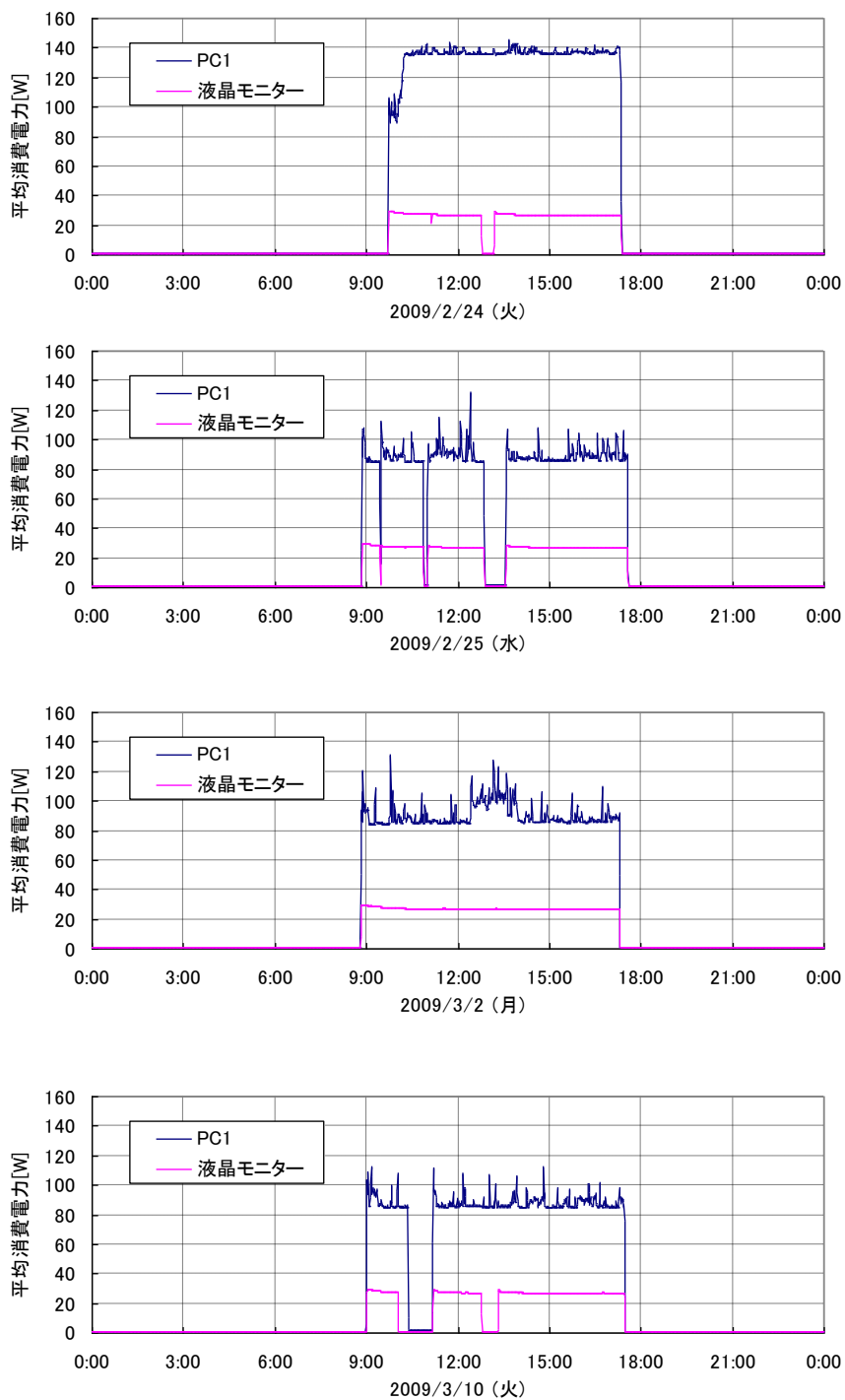


図4.1.1 PC1の消費電力の推移

(2) PC2の時系列変化

PC2の測定結果を図4.1.2に示す。

PC2本体は、稼働時に45W程度をベースとして消費し、負荷に応じて90W程度まで記録している。コンピュータ本体に消費電力の記載が無く不明な点もあるが、実際の使用状況ではPC1より消費電力が小さいと言える。

PC2で使用している液晶モニタは、稼働時はほぼ18Wで一定の電力を消費しており、急激な変化は確認されていない。

スリープモードの移行に関しては、液晶モニタについてはスリープモードに移行する様子が昼食時を中心に確認されたが、PC2本体にスリープモードに入る状況は確認されなかった。逆にPC2本体には昼休み中に消費電力が大きくなる状況が確認されており、アイドリング中のウィルスチェックと推測される。

停止時には、PC2本体が1.4W程度、モニタが0.6W程度の電力を消費している状況が確認された。

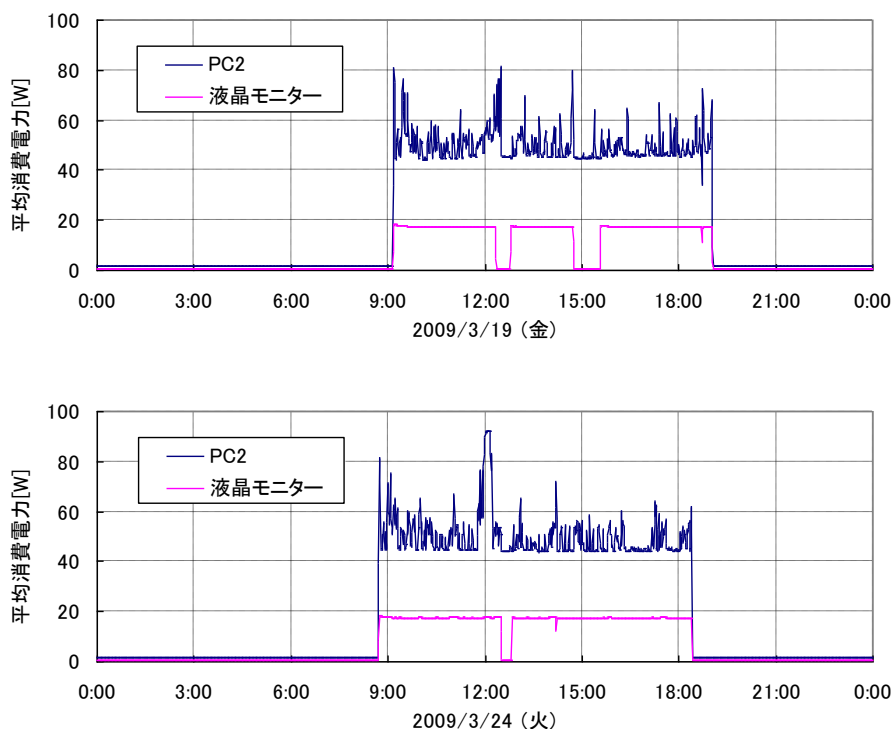


図4.1.2 PC2の消費電力の推移

(3) PC3の時系列変化

PC3の測定結果を図4.1.3に示す。

PC3本体は、稼働時に80W程度をベースとして消費し、状況に応じて120～130W程度まで

上昇している。実使用状況ではPC1より消費電力がやや小さく、PC2よりは大きいといえる。

PC3で使用している液晶モニターは、35W程度でほぼ一定の電力を消費しているといえるが、起動後は若干多くの電力を消費する傾向が確認される。

スリープモードの移行に関しては、PC3では確認されなかった。

停止時には、PC3本体が1.0W程度、モニターが0.9W程度の電力を消費している状況が確認された。

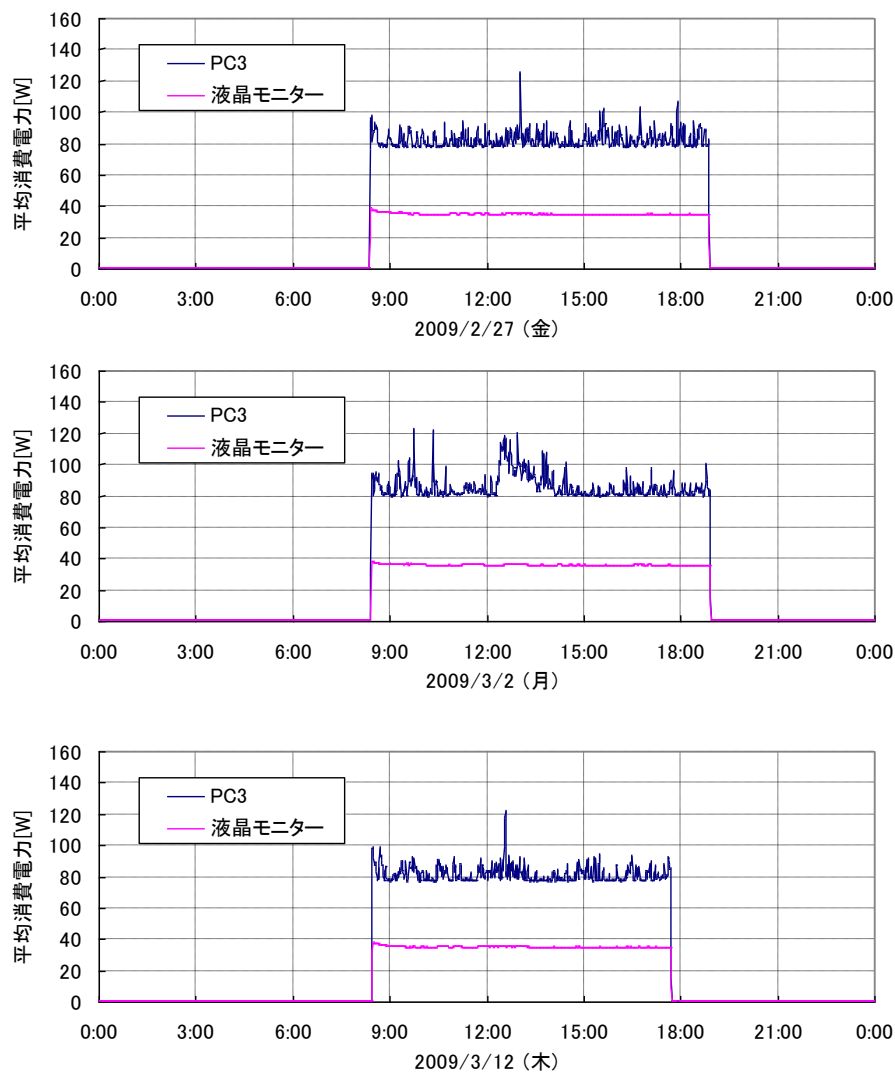


図4.1.3 PC3の消費電力の推移

(4) PC4の時系列変化

PC4の測定結果を図4.1.4に示す。PC4は液晶モニターへの電力供給がAC100Vからではなく、PC4本体から直接供給されている (DC供給) ため、本体と液晶モニターを含んだ電力消費となる。

PC4は、稼働時にはほぼ70W程度の電力を消費している。PC1～PC3と異なる特徴として、

70W程度以上の消費電力の増分とその出現頻度の傾向が異なることがあげられ、PC4では最大でも80W程度となっている。この特徴がPC4での作業量の少なさによるものか、PC4自体の特性によるものかは判然としないが、定格74W、最大131Wという本体への記載からすると、計算負荷が少なかったものと推測される。

スリープモードの移行に関しては、3/17(火)13時過ぎ(他計測期間中に1回)に、30W程度に消費電力が落ち込む状況が確認されており、PC4本体もしくはモニタがスリープモードに移行していると推測される。

停止時には、2.5W程度の電力を消費している状況が確認された。

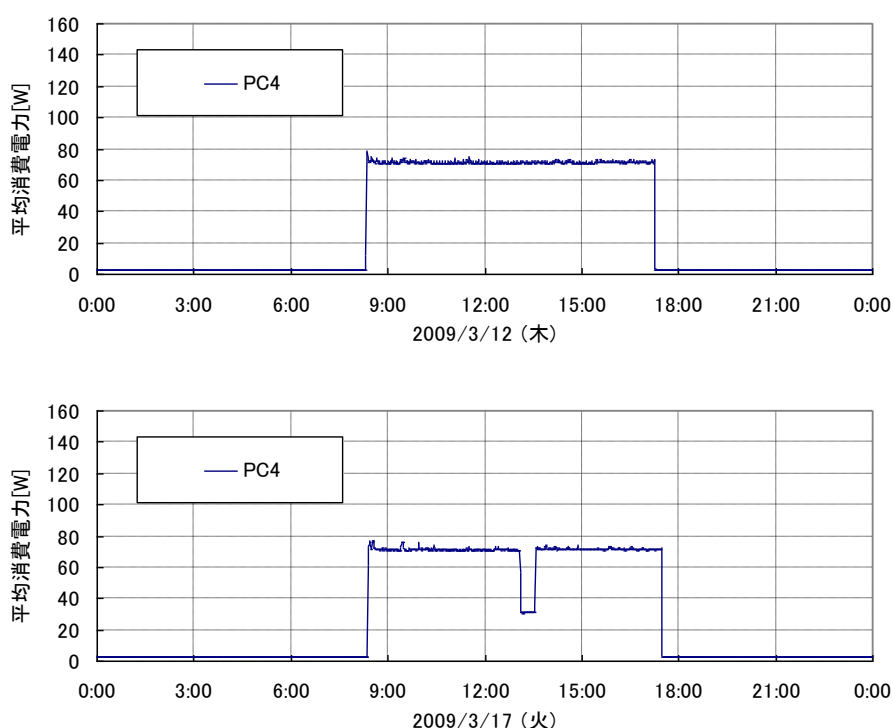


図4.1.4 PC4の消費電力の推移

(5) PC5の時系列変化

PC5の測定結果を図4.1.5に示す。PC5はノートPCのため液晶モニタも含めた消費電力となる。

PC5は、稼働時にほぼ20W程度の電力を消費している。起動時には30~40W程度の消費電力を記録するが、その後はほぼ横ばいとなっている。PC5本体に記載された消費電力は、ノートPCであるため他のデスクトップPCより小さく、定格消費電力25W、最大75Wとなっているが、この期間の使用状況では、ほぼ定格値を下回る状態で使用されていることとなる。

スリープモードへの移行にかんしては、PC5については記録されなかった。

また、停止時には、PC5では、1.5W程度の電力消費が確認された。

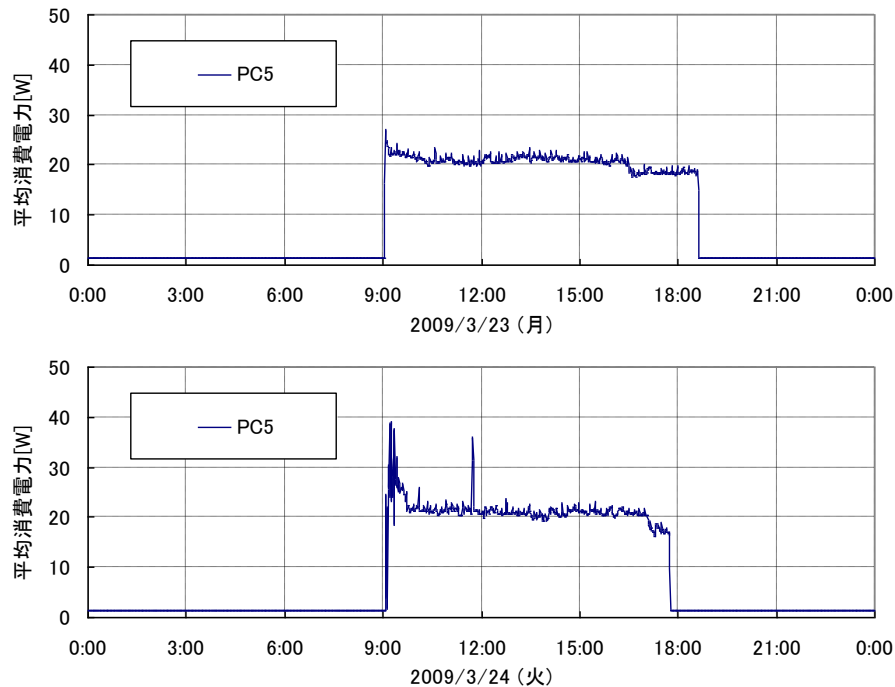


図4.1.5 PC5の消費電力の推移

(6) 日積算電力消費量の推移

PC1の消費電力の推移を日別に図4.1.6に示す。

PC1については、1kWh程度の電力量を1日で消費し、そのうちの97%程度が1日のうちの8、9時間程度を占める稼働時に消費されている。稼働時の平均消費電力は2/24除いて120W程度で安定しており、停止時は2W弱であるため、停止している時間は長いものの電力消費量に占める割合は極めて小さくなっている。

PC2以下も、日による変化は小さくなく、日積算電力消費量は、PC2が650Wh程度、PC3が1.1～1.3kWh、PC4が650～700Wh、PC5が220Whとなっており、ノート型のPC5の電力消費量が小さい結果となった。また、稼働時間はいずれのPCも9時間前後であり、稼働時の電力消費量は、デスクトップ型で95%程度がそれ以上、ノート型のPC5で90%程度となった。

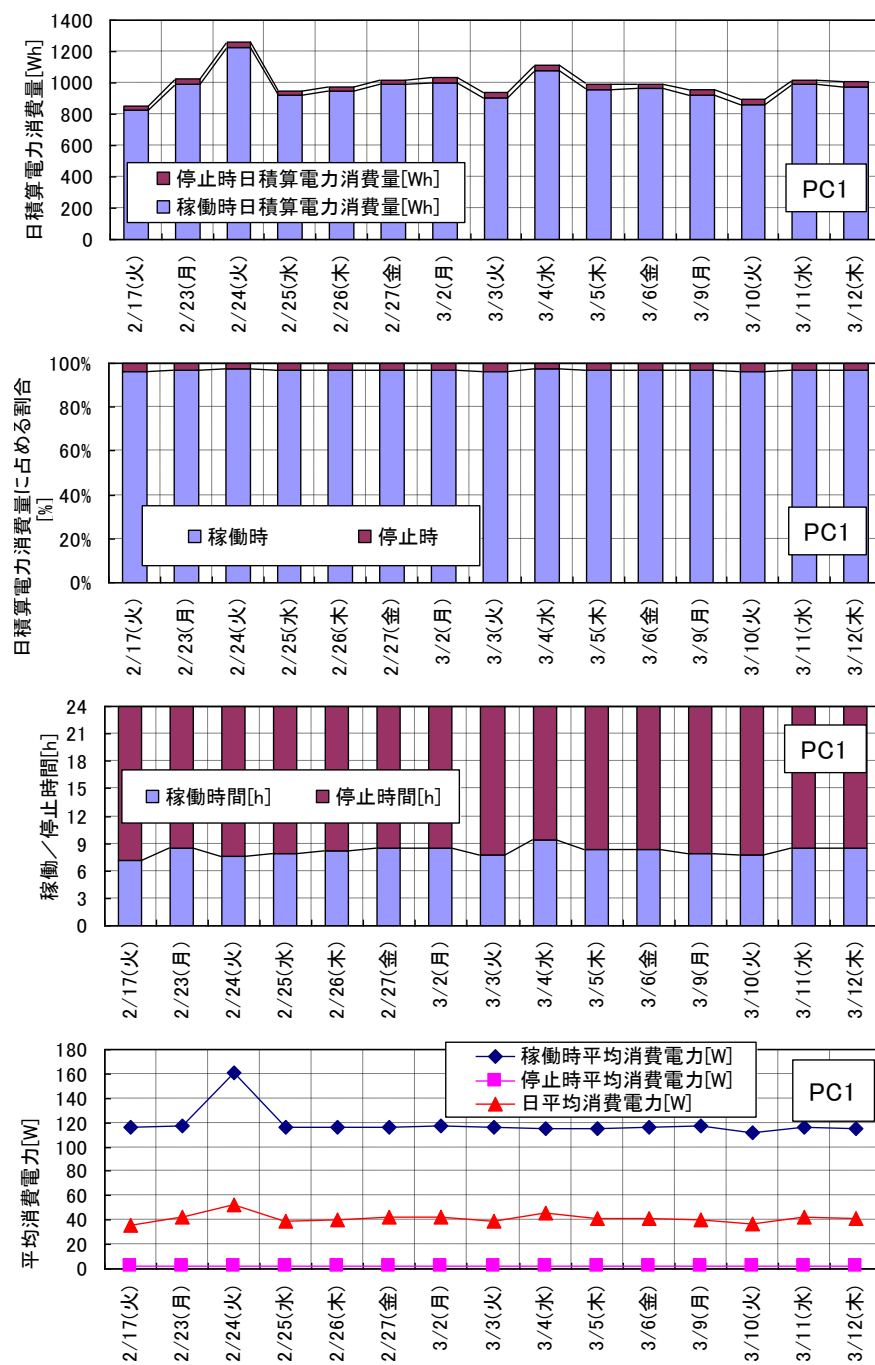


図4.1.6 PC1の特性(電力消費量、時間、平均消費電力)

4.1.4 コンピュータの電力消費量予測モデル作成のための分析

図4.1.7～4.1.11に1日における平均消費電力の累積出現時間を示す。機種や日毎にばらつきがあり、PC1の2/24等例外はあるものの、5機種とも類似の線形になることが見て取れる。

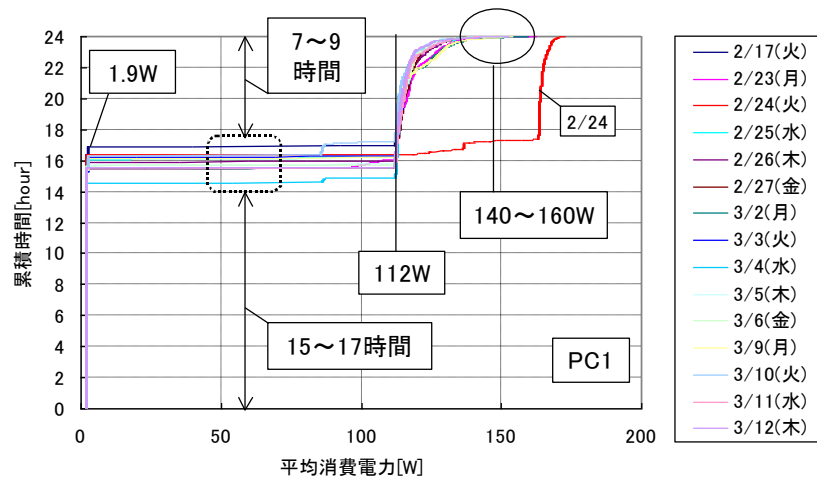


図4.1.7 PC1の消費電力の累積出現時間

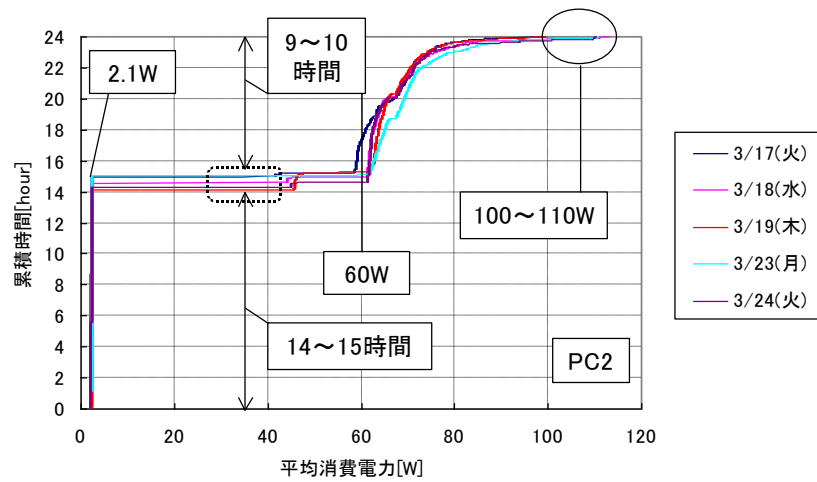


図4.1.8 PC2の消費電力の累積出現時間

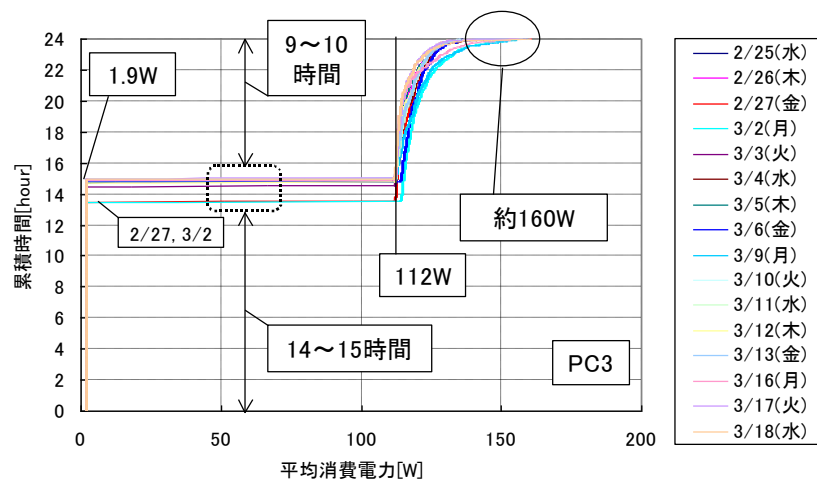


図4.1.9 PC3の消費電力の累積出現時間

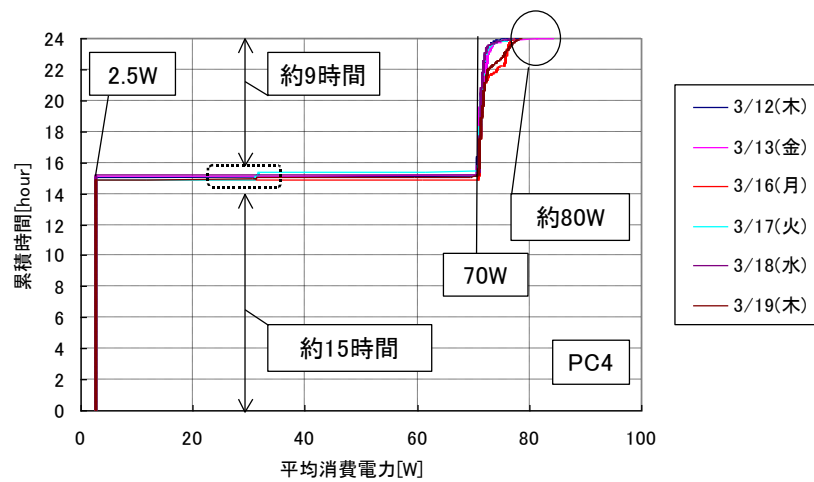


図4.1.10 PC4の消費電力の累積出現時間

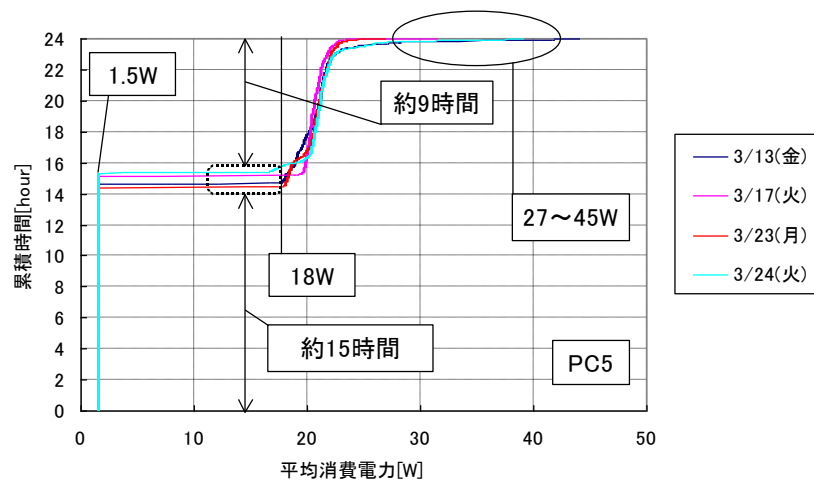


図4.1.11 PC5の消費電力の累積出現時間

予測モデルは、以下のパラメータにより構築できると考えられる。想定されるパラメータとパラメータ設定に関わる検討項目として想定される事項を下記にまとめる。

- ・稼働時間(PC1で7～9時間程度)と停止時間(PC1で15～17時間程度)

特殊の作業を伴わない、24時間常時稼働を行わない、事務作業を行うコンピュータについては、(省エネ対策をとっていない限り(昼食時の電源オフの徹底等))始業から終業まで稼働する設定でよいと思われる。また、スリープへの移行は、作業の状況と設定により変わるため設定は難しく、スリープの占める時間は1時間程度であり、機種によっては出現しないことから、簡略的にスリープへの移行を考慮しない設定でも構わないと思われる。

- ・停止時消費電力(PC1では1.9W)

停止時の消費電力は機種により若干の差異があるが、不明な場合は2W程度の設定で良い

と思われる。

- ・アイドリング時消費電力(PC1では112W)

稼働時に消費する電力の最低ラインとしてアイドリング時の消費電力の設定が必要と思われる。機種毎にばらつきがあり(PC1 : 112W、PC2 : 60W、PC3 : 112W、PC4 : 70W)、ノートPCでは格段に小さい状況も出現するが(PC5 : 18W)、不明な場合はデスクトップ型で100W程度の設定が考えられる。

- ・稼働時の消費電力の頻度分布ならびに最大消費電力

アイドリング時と最大消費電力の間で、消費電力が出現する頻度分布をモデル化することで、詳細な電力消費の状況を再現することができると考えられる。

- ・稼働時の平均消費電力

電力消費量の予測を1時間といった長いスパンで行う場合、または複数台のPCをあわせて予測する場合は、上記2つを平均消費電力で代用することが考えられる。今回の測定により、稼働時は比較的安定した消費電力の状況が確認されていることから、簡単に平均消費電力で稼働時の電力消費状況を再現しても良いと思われる。

4.1.5 まとめ

本節では、コンピュータの電力使用量の計測結果を分析した。また、電力消費量を予測するモデルを作成する際に必要となるパラメータの検討を行った。

4.2 コピー機／プリンタのエネルギー消費特性の計測

本節では、OA機器としてコピーもしくはプリントアウトに使用されるコピー機、プリンタの電力使用状況の計測結果をもとに、コピー機、プリンタのエネルギー消費特性の検討を行う。

4.2.1 測定対象機器

コピー機、プリンタとして消費電力の測定を行ったのは表4.2.1に示した5機種である。

P1は据置型のカラー複合機であるが、コピー機能のみ利用している。

P2は据置型のモノクロコピー機であり、P3はP2と同シリーズであるが、プリンタ、FAX等のオプションが附属している機種である。ただし、利用状況としてはコピー機能のみ利用されていた。

P4は据置型のカラープリンタであり、LAN接続により共用されている。P5はA3まで印刷可能な据置型のカラープリンタであり個人が利用しているものである。

カタログ記載の消費電力は最大では1～1.5kW程度であり、機種によってはスリープモード時、待機時等の消費電力の記載があるものもある。

表4.2.1 測定を行ったコピー機、プリンタの概要

呼称	P1	P2	P3
タイプ	据置型カラー複合機	据置型モノクロコピー機	据置型モノクロ複合機
型番	FUJI XEROX DocuCentre-II C3300	FUJI XEROX DC719	FUJI XEROX DC719CP
消費電力	1.3kW以下 スリープモード時:10W 低電力モード時:90W 待機時:230W	最大:1,440W	最大:1,450W
発売時期	2008年11月販売終了	2008年3月販売終了	2008年3月販売終了
使用用途	コピー機能のみ利用	コピー機能利用	コピー機能のみ利用

呼称	P4	P5
タイプ	据置型カラーA3プリンタ	デスクトップ型ページプリンタ
型番	RICOH IPSiO SP C811	EPSON LP-S5500
消費電力	最大:1440W 省エネモード時:19.3W	最大:1141W以下 待機時:126W以下(平均114W) 印刷時:カラー409W以下 (平均約372W) モノクロ758W以下 (平均約689W) スリープモード(節電)時:9W以下
発売時期	2006年11月20日発売開始 2009年3月現在購入可能	2005年6月下旬発売開始
使用用途	LAN接続による共用プリンタ	USB接続による個人使用プリンタ

4.2.2 測定概要

各コピー機、プリンタの消費電力の測定は、日置電機製クランプ型電力計3168もしくは3169を使用して行った。3168は単相100Vを1チャンネルのみ測定する電力計のため、待機時等測定レンジを下回る状況の計測は、別途レンジを対応させて計測している。また、単相100Vを4チャンネルまで測定可能な電力計3169を使用した際には、待機時等の測定レンジを下回る消費量を2チャンネルのレンジを変えて同時に測定することで対応した。測定間隔1分で有効電力[W]の平均値の計測を行った。

測定期間を表4.2.2に示す。電力計の台数に限りがある中での計測であったため、測定期間の長さ、時期には表の通り違いがある。

表4.2.2 測定期間

コピー機 ／プリンタ	測定期間
P1	2009年2月2日～10日
P2	2009年1月31日～2月12日
P3	2009年3月18日～3月24日
P4	2009年2月10日～2月25日
P5	2009年2月25日～3月5日

4.2.3 測定結果の分析

本項では、各コピー機、プリンタの消費電力の推移を時系列で示す。以下、P1のカタログでの区分をもとに、最も消費電力が小さく完全に待機状態に入っている状態を「スリープモード」、印刷可能な待機状態を「待機モード」として記す。

(1) P1の時系列変化

P1の測定結果を図4.2.1、4.2.2に示す。P1にはコピー枚数のカウント機能があるため、計測にあわせて適宜枚数を確認した。図中消費電力の経時変化の上に、カウンターを確認した間隔をバーで、その時間にコピーした枚数を数値で表示した。

コピー時のピークでは400～1,000W程度の電力を使用し、その後「待機モード」に移り150～190W程度使用し続け、1時間程度未使用の場合に「スリープモード」に移行している(2/2(月)6時頃、19時頃、2/3(火)20時以降、2/8(日)等)。ただし「スリープモード」への移行に1時間以上かかっている場合も見られる。これは、「待機モード」中にカウンター確認のためコピーを行わず操作のみ行っている状況(例えば2/3(火)12時過ぎ、2/5(木)16時過ぎ等)がある場合に「スリープモード」への移行を遅らせているものと推定される。

「スリープモード」における消費電力は、測定時のレンジを下回って「0W」として計測されているが、測定に使用した電力計3168では、測定レンジ(計測最小時10Aで2kW)の0.4%となる8W以下を計測範囲外として0Wとしているため、8W以下で「スリープモード」電力

を消費していると予想される。

今回の計測では、カタログに記載されている「低電力モード時」の消費電力90W(表4.2.1)に相当する使用状況は確認できなかった。

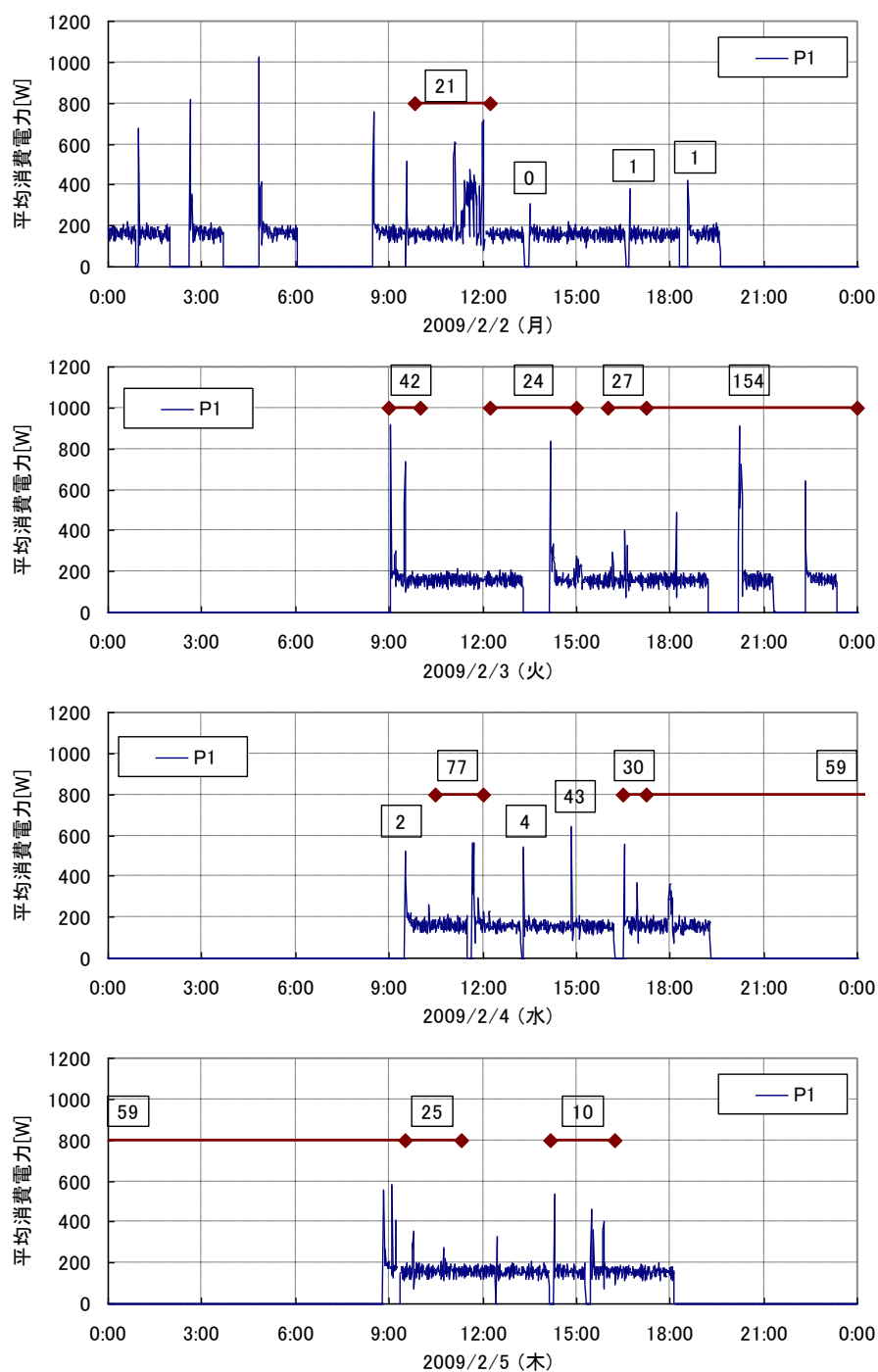


図4.2.1 P1の消費電力

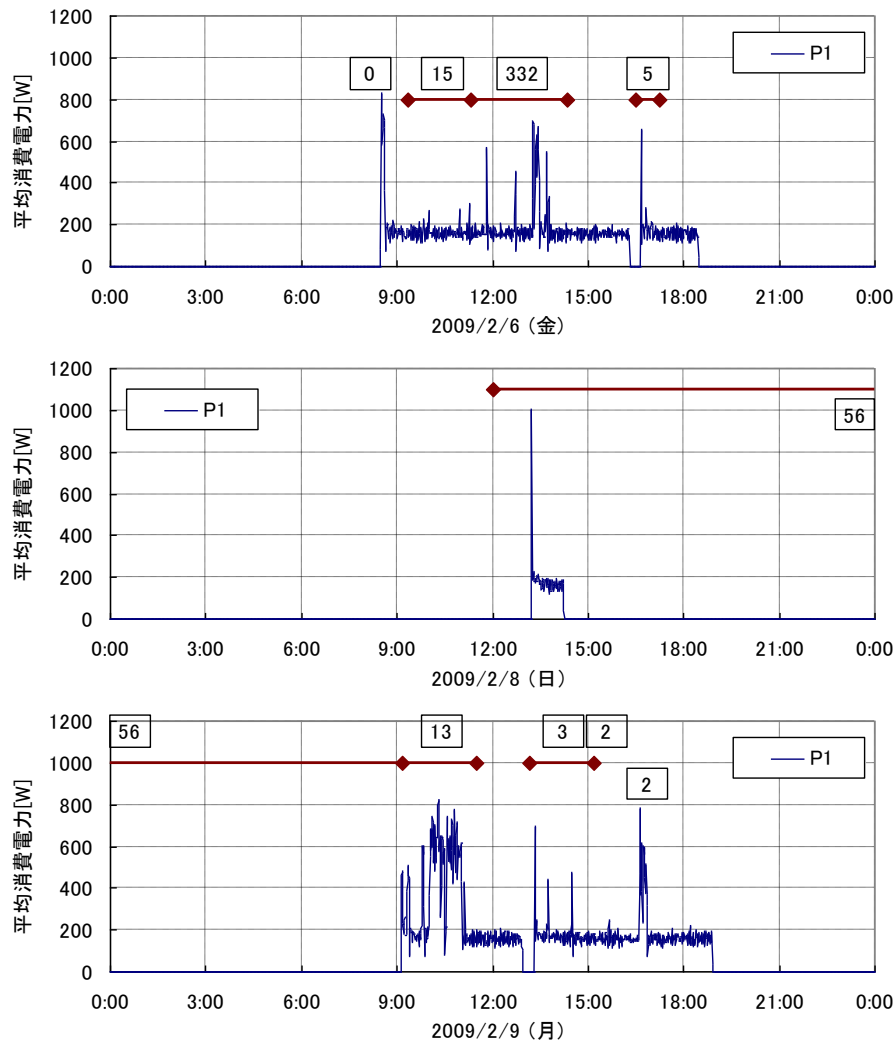


図4.2.2 P1の消費電力

(2) P2の時系列変化

P2の測定結果を図4.2.3に示す。P2でもカウント機能を利用して枚数を確認しており、P1同様図中に確認間隔とコピー枚数を表示している。

コピー時のピークでは400～1,200W程度の電力を使用し、その後「待機モード」に移り200W程度使用し続ける。P2は「待機モード」でほぼ200W程度使用するが、未使用が長時間続いた後の使用直後には250～280W程度と200Wより大きな電力を消費する状況が確認される。これは、カラム等内部が安定して暖まっていないことから多めの電力消費で加熱を行うように制御されているものと考えられる。

P2は「待機モード」で2時間程度未使用の場合に「スリープモード」に移行している(1/31(土)、2/1(日)、2/2(月)21時前、2/3(火)21時過ぎ等)。「スリープモード」では1.5Wを平均的に消費している状況が計測されている。

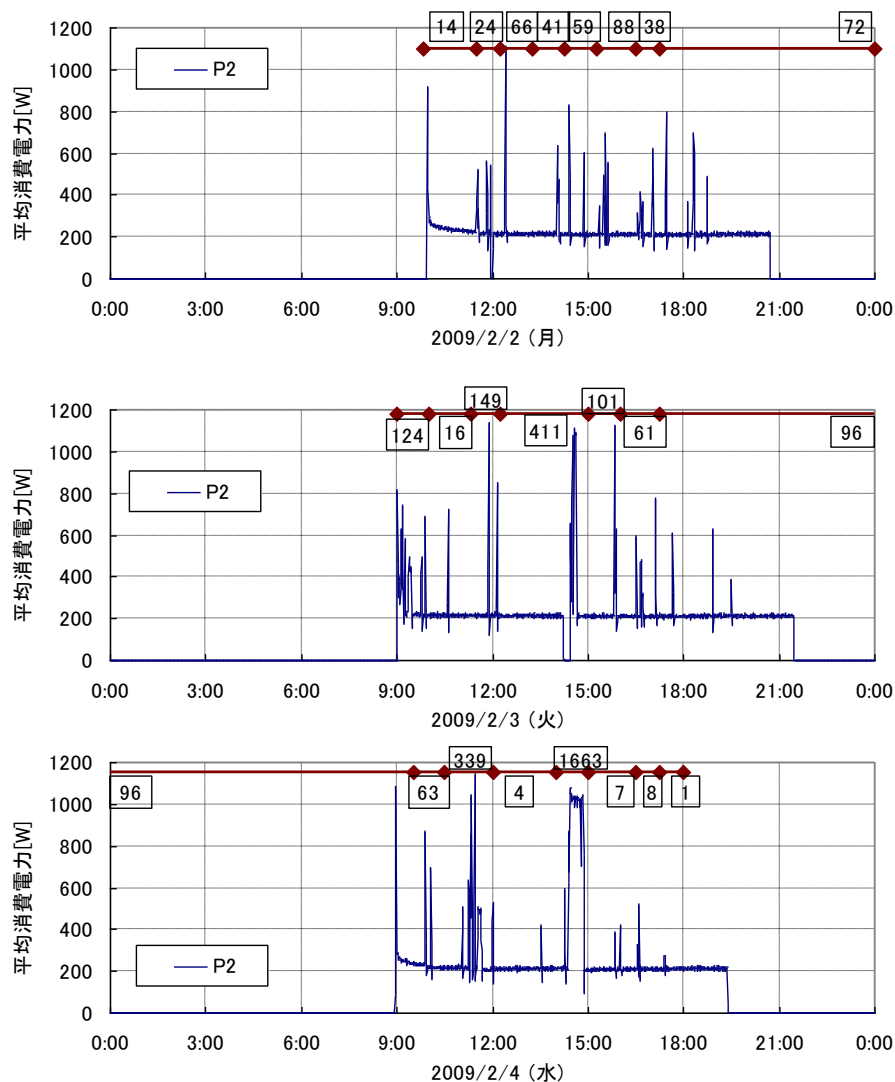


図4.2.3 P2の消費電力

(3) P3の時系列変化

P3の測定結果を図4.2.4に示す。P3も同様に図中に確認間隔とコピー枚数を表示している。

P3はP2と同シリーズ機でありながら、電力消費状況が大きく異なっている。コピー時のピークや、「待機モード」時に200W程度消費する点(P3はP2より若干消費電力が大きく220W程度であるが)、「待機モード」が2時間程度連続する点は、P2と共通であるが、P2の「スリープモード(消費電力1.5W程度)」に相当する状況が出現していない。「待機モード」終了後、220Wより落ちるものの、170～180W程度で推移し続けている。これは省エネモードの変更を行い、カラムの保温を常時行う設定となっているものと思われる。

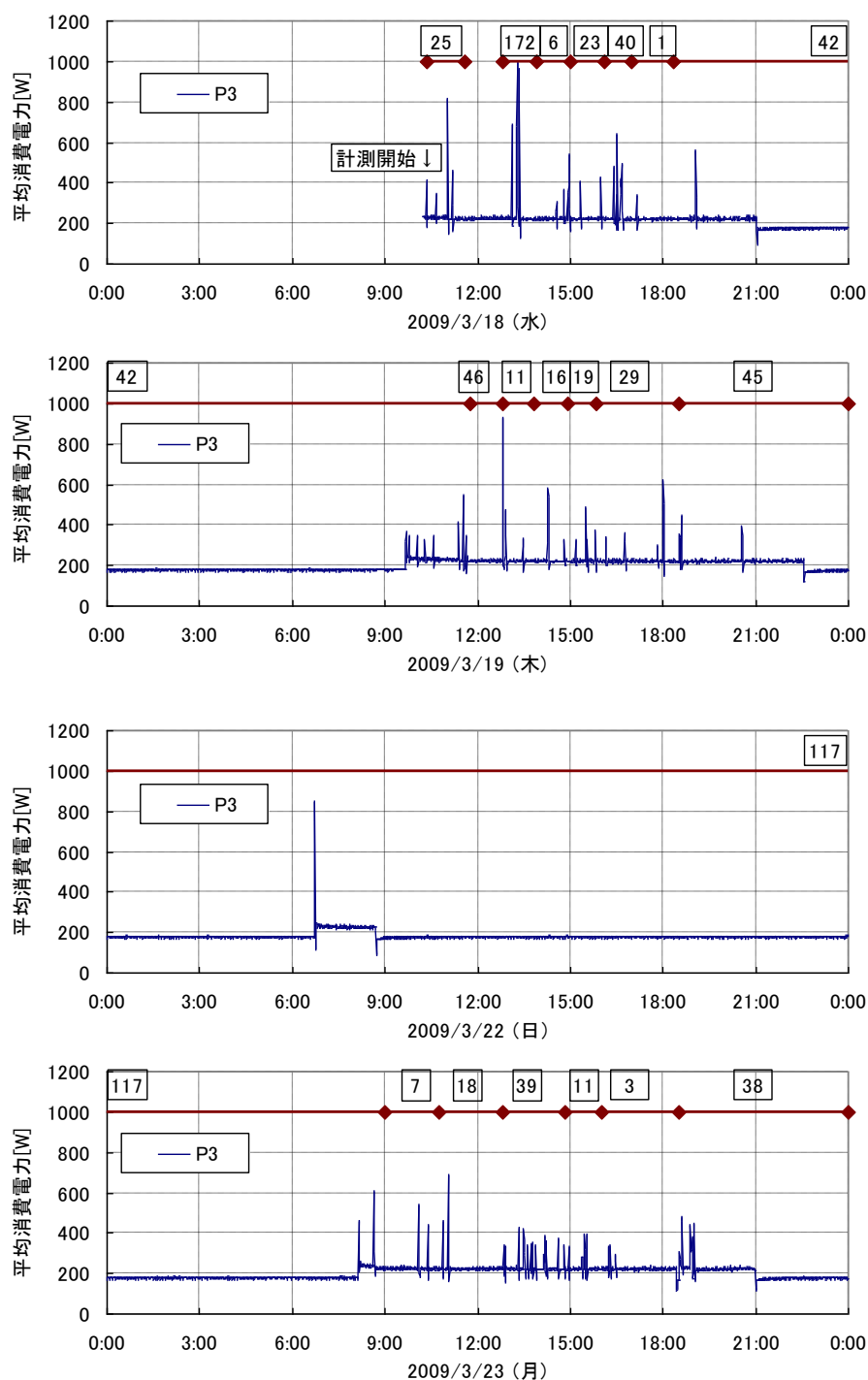


図4.2.4 P3の消費電力

(4) P4の時系列変化

P4の測定結果を図4.2.5に示す。据置型の共用プリンタであるP4には印刷枚数を確認する機構がついていないため消費電力のみの表示となる。

プリントアウトの時期と枚数が不明なため詳細は分からないもの、共用プリンタとしての

利用は多く、プリントアウトに対応するピークが多数出現していることが見て取れる。P4では、消費電力の経時変化からはP1～P3のような「待機モード」の出現は確認されない。プリントアウト時のみ500～1200W程度を使用し、プリントアウト後、早急に「スリープモード」に移行するものと考えられる。これはP4がカラム等内部の温度制御にエネルギーをそれほど必要としない機構になっているものと考えられる。しかし、「スリープモード」時は常時23.4Wを消費していることから、小消費電力で内部を十分に保温できる機構となっている可能性も考えられるが定かではない。ちなみに、ここまでP1のカタログに準じて記載してきた「スリープモード」での消費電力23.4Wは、カタログ記載の「省エネモード時」の消費電力19.3Wを超過しているが、カタログ上の「省エネモード」が該当するものと思われる。

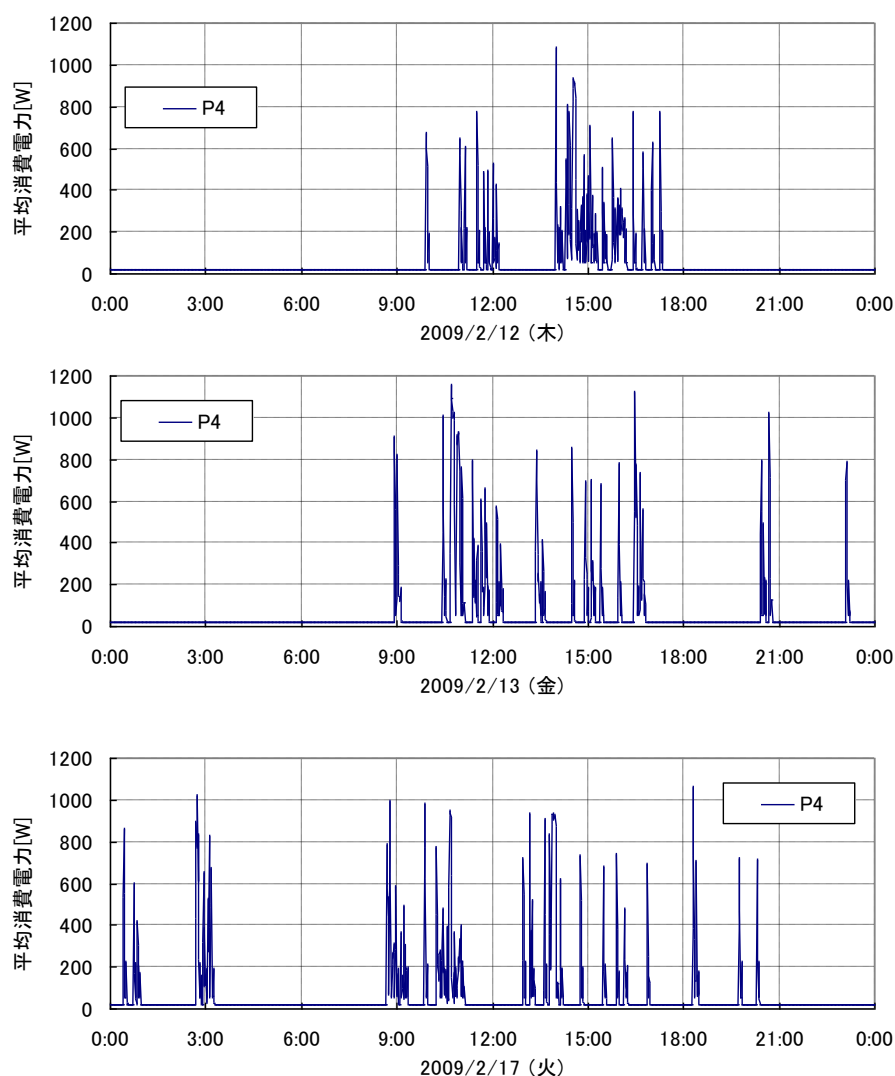


図4.2.5 P4の消費電力

(5) P5の時系列変化

P5の測定結果を図4.2.6に示す。個人使用のプリンタであるP5の使用頻度はそれほど多くはない。2/25、2/26については、使用時に適宜カウントした印刷枚数を図中に表示している。プリントアウト時には600～1000W程度の電力を消費し、その後、100W程度の「待機モード」を30分程度経て、「スリープモード」に移行している様子が見てとれる。スリープモードでは8.4Wを平均的に消費している状況であった。

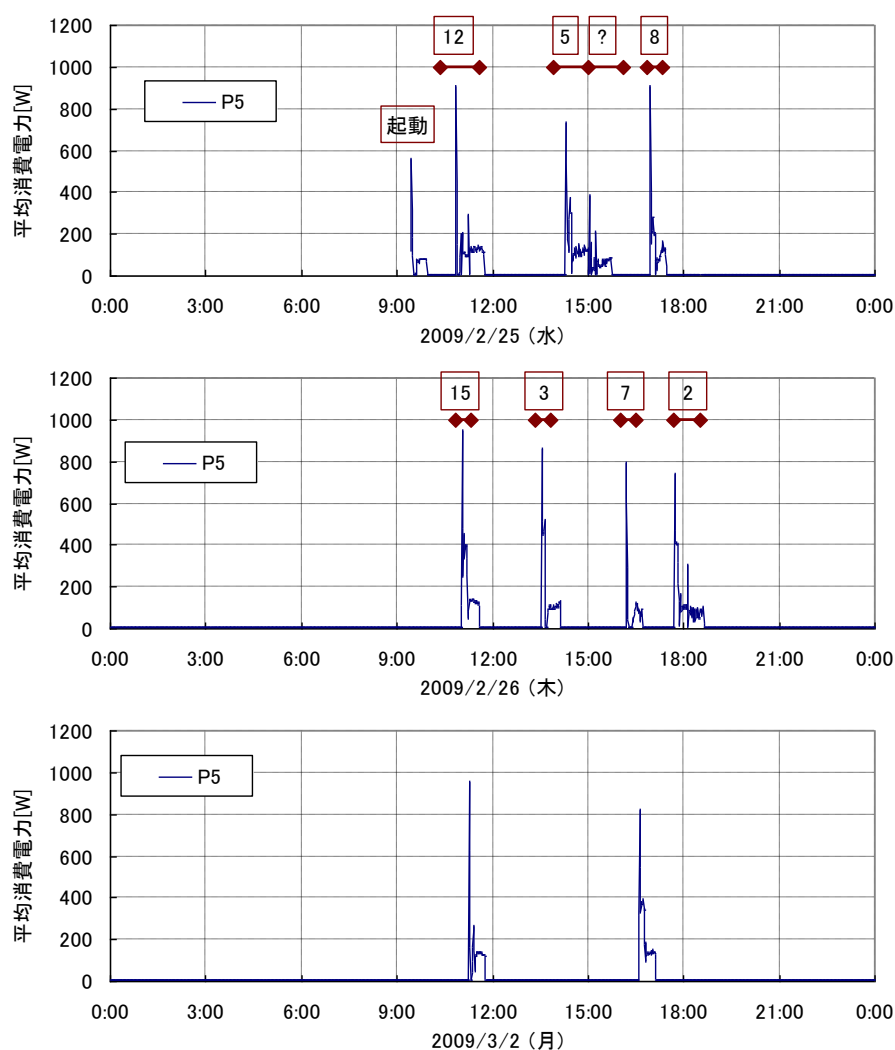


図4.2.6 P5の消費電力

(6) 日積算電力消費量の推移

ここまでに示した各コピー機、プリンタの消費電力の推移を日別に「スリープモード」、「待機モード」、印刷時に区分し、図4.2.7～図4.2.11にまとめた(上から日積算電力消費量、各モードが電力消費量に占める割合、各モードの占める時間、各モードの平均消費電力)。

P1については、「スリープモード」における消費電力が計測レンジ以下(8W以下)で不明だ

ったため、ここでは、仮に「5W」として分析を進めた。P1は1.5～2.5kWh程度を1日で消費し、その電力消費量の8割以上が1日のうちの9～15時間を占める「待機モード」で消費されている(休日(2/8)を除く。以下同じ)。印刷時は消費電力が400W程度と高いものの、印刷時が1日に占める時間は1時間程度であり、印刷が多く1.5時間程度を占める2/9(月)を除けば、電力消費量に占める割合は10%前後となっている。消費電力を5Wに仮定した「スリープモード」については、1日に占める時間は9～15時間と長いものの、電力消費量に占める割合は小さい(消費電力をたとえ測定レンジ下端の8Wとしても電力消費量に占める割合に大きな差異はない)

P2は、休日(1/31、2/1)を除く(以下同じ)と、P1より多い1日あたり2～3kWh程度の電力量を消費している。これは、「待機モード」の消費電力が約230WとP1の160Wより高いこと、「待機モード」が占める時間がP1より平均的に多いことによる。また、印刷時の平均消費電力が600W程度と高いことも消費電力を増大させる要因になっていると考えられる。

P3は、図4.2.9で確認されるように、「待機モード」終了後も170～180W程度電力を消費し続けている。ここでは便宜上この状態を「スリープモード」として整理している。P3はこの「スリープモード」の消費電力が極めて大きいことから、日積算電力消費量に占める「スリープモード」の影響が極めて大きい結果となっている。その結果、終日測定を行った平日の3/19(木)、3/23(月)の電力消費量は1日あたり5kWhにおよび、また「スリープモード」の占める時間が多い休日(3/20(祝)、21(土)、22(日))においても4.5kWhと平日とそれほど変わらない電力消費量となっている。

据置型の共用プリンタであるP4は、消費電力の経時変化からは他の4機種より多くの枚数を印刷していると思われるが、「待機モード」の出現しない(経時変化から確認されない)特徴から、消費電力量は1日あたり1.2～1.8kWhにとどまっている(休日除く)。「待機モード」がないことから、電力消費量に印刷時が占める割合が平日で60%を超え、他機種で「待機」にほとんどの電力を費やしている状況とは異なっていることが分かる。

個人利用のデスクトップ型プリンタであるP5は、利用が限られることから1日のほとんどの時間(約21～23時間)を「スリープモード」が占め、その時間の長さにより、電力消費量についても1日あたりの400～600Whの1/3を占めるに至っている。

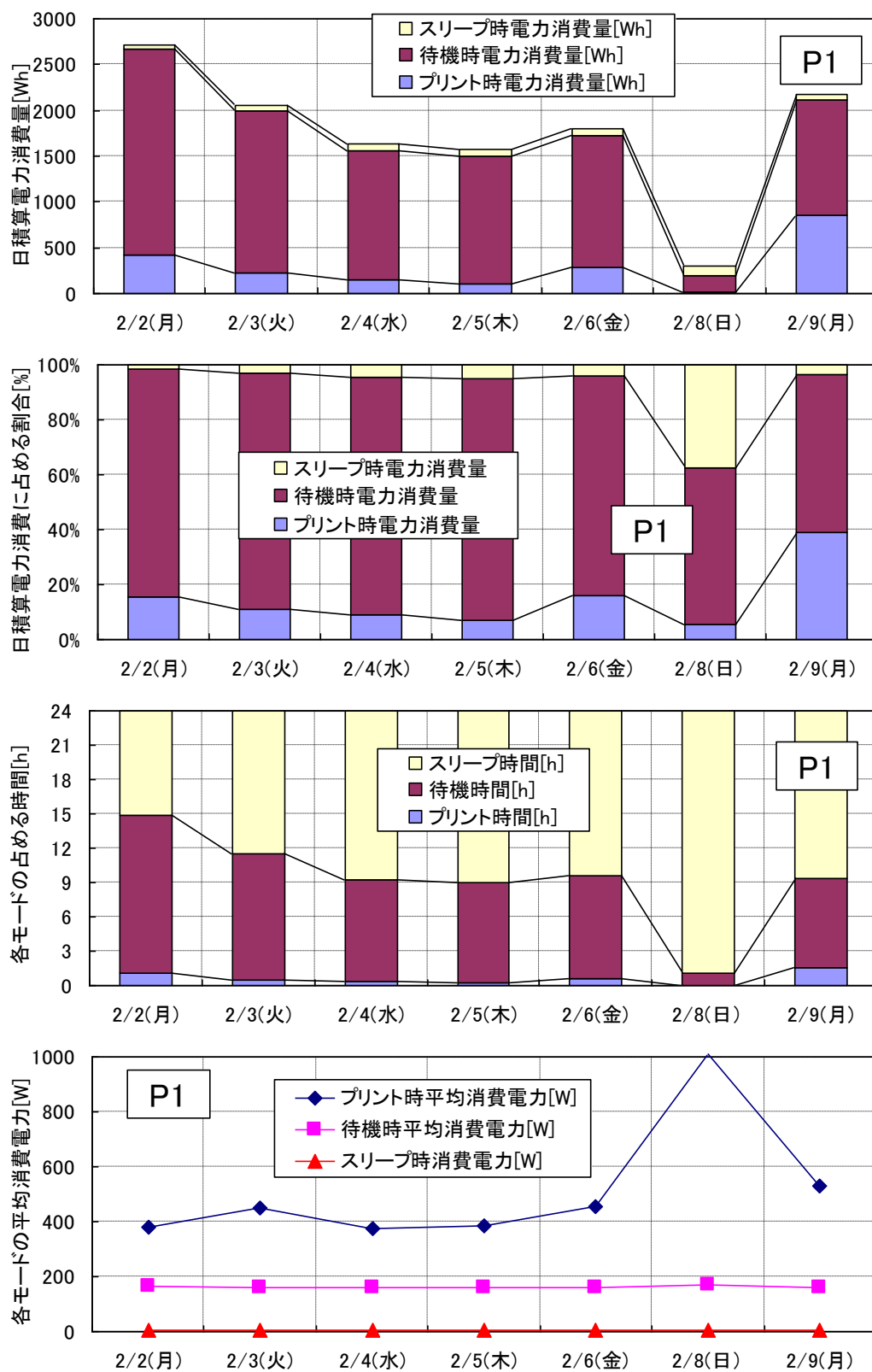


図4.2.7 P1のモード毎の特性(電力消費量、時間、平均消費電力)

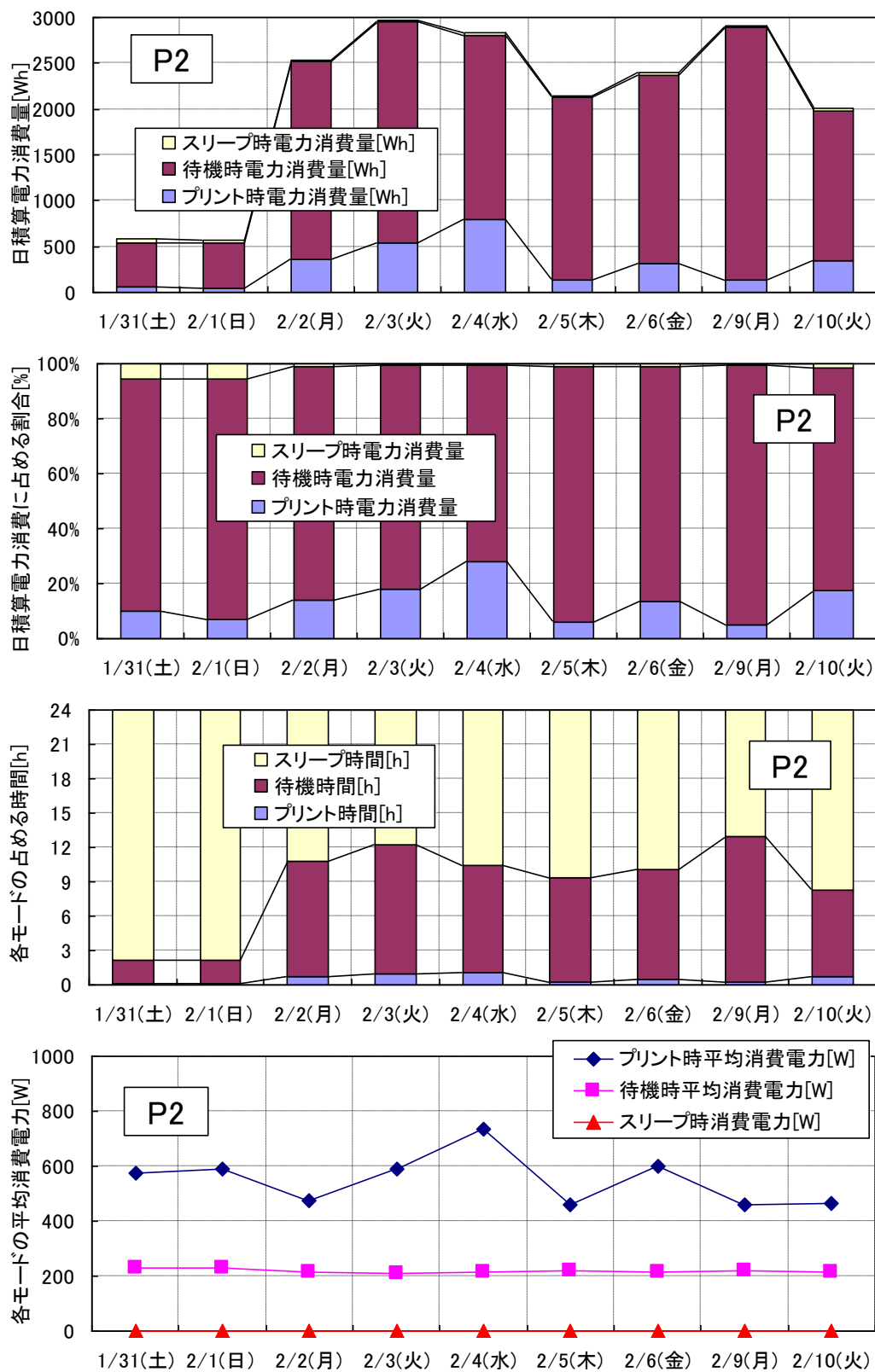


図4.2.8 P2のモード毎の特性(電力消費量、時間、平均消費電力)

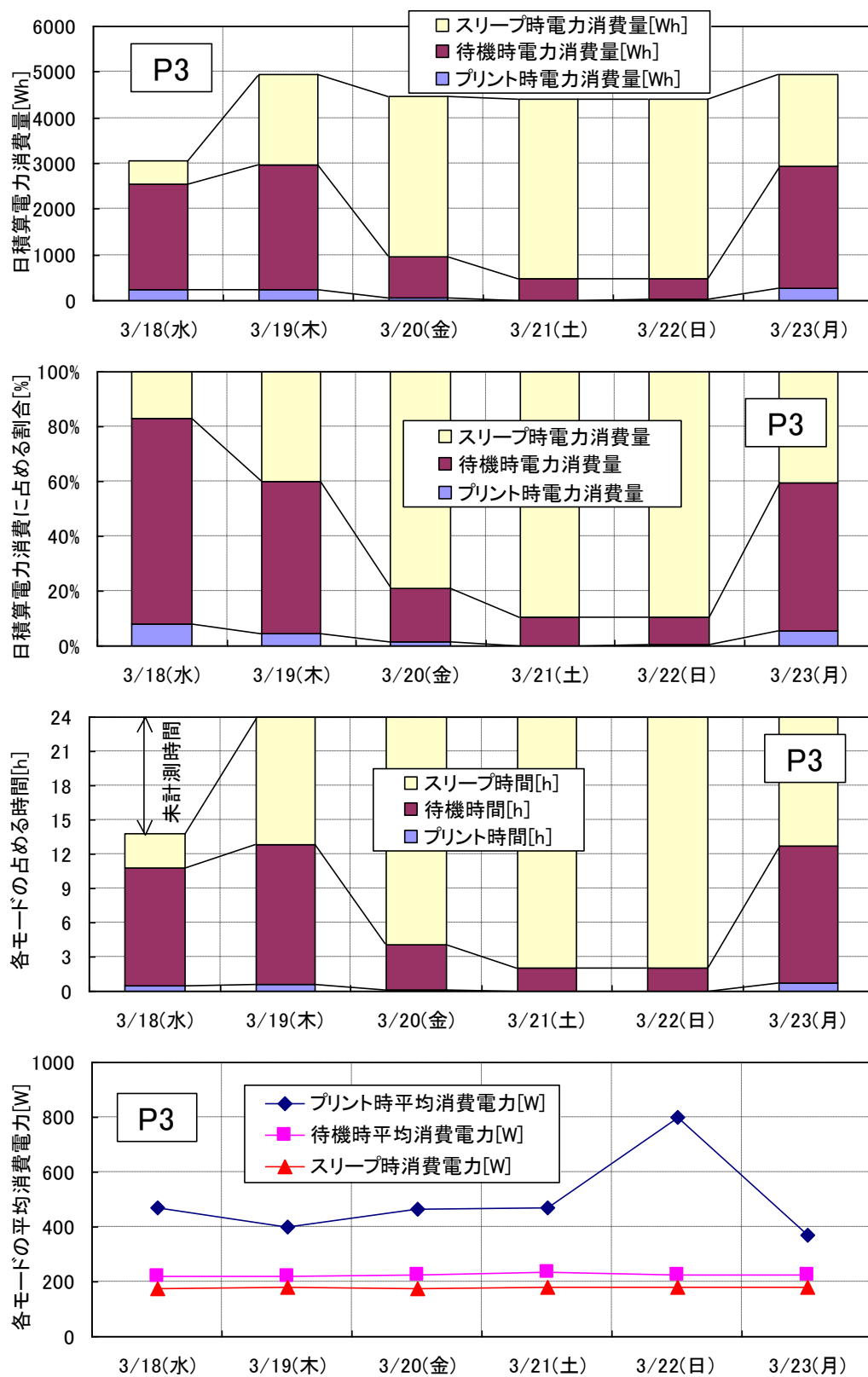


図4.2.9 P3のモード毎の特性(電力消費量、時間、平均消費電力)

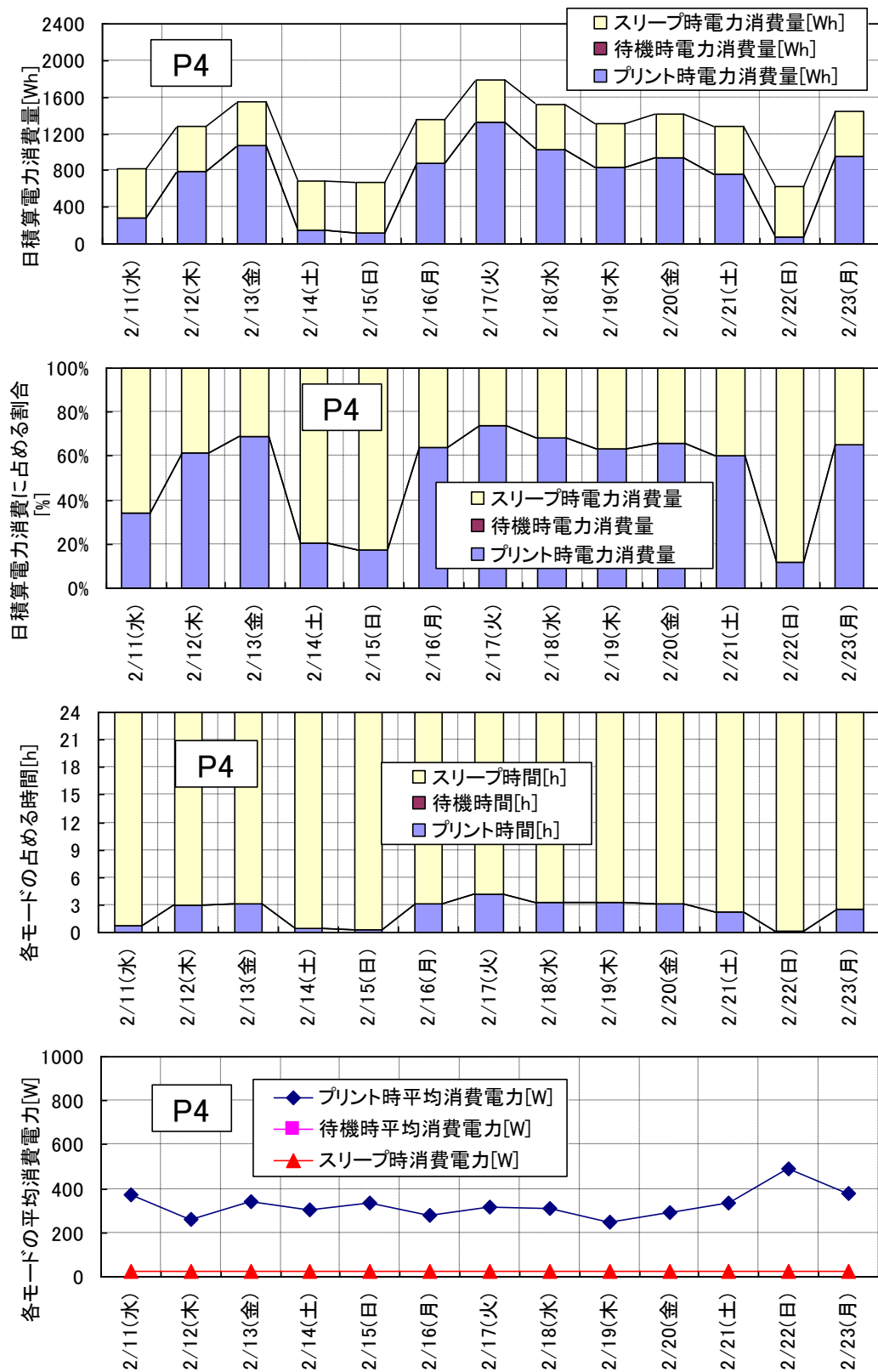


図4.2.10 P4のモード毎の特性(電力消費量、時間、平均消費電力)

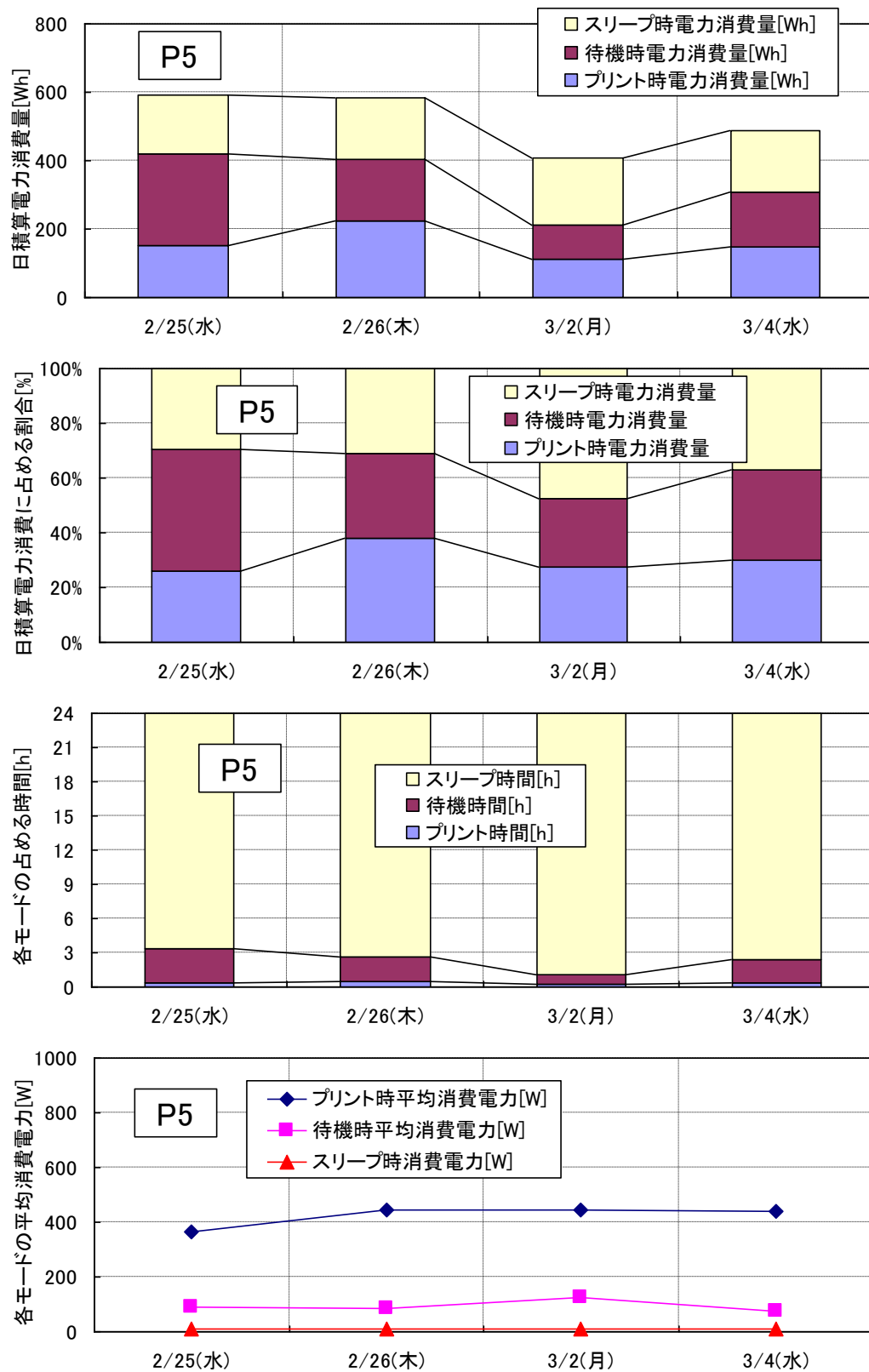


図4.2.11 P5のモード毎の特性(電力消費量、時間、平均消費電力)

4.2.4 コピー機／プリンタの電力消費量予測モデル作成のための分析

(1) 電力消費量予測モデル

前項で行った測定結果の分析から、コピー機／プリンタの電力消費量を予測するモデルとして、図4.2.12のモデルを考える。

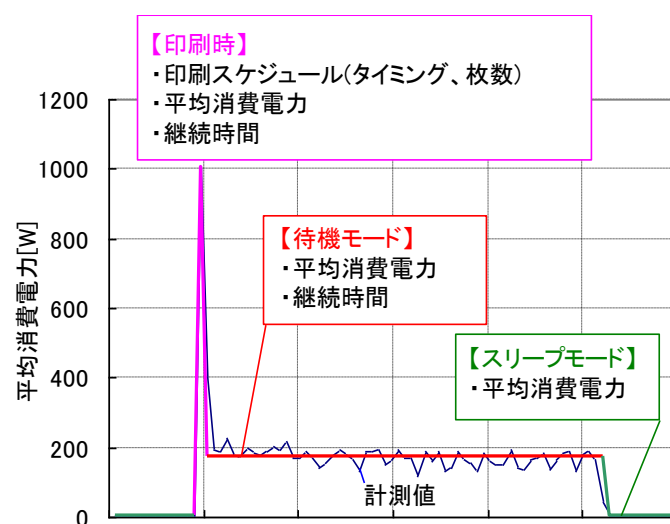


図4.2.12 想定した電力消費量予測モデルと必要となるパラメータ

印刷のスケジュールについては、今回の計測結果のみでは決定できないが、印刷のタイミング、枚数を設定できれば、印刷時の平均消費電力ならびに印刷に要する時間から電力消費量を予測できると考える。印刷に要する時間は、コピー時に自動紙送り機能を使うか、1ページずつスキャンするかによって変わると考えられるが、簡易には枚数によって予測可能だと思われる。

また、「待機モード」の継続時間に関しては、前項の分析からもP1が1時間、P2、P3が2時間、P5が30分程度であることが示唆されており、機種毎に適切な時間を設定することが可能と思われる。

本項では、以上の予測モデル構築にあたり必要となるパラメータのうち、「待機モード」の継続時間の検討と、印刷に要する時間の予測について検討を行う。

(2) 待機モード出現状況の確認

「待機モード」の出現しないP4を除いた4機種について、「待機モード」の推移を検討した。

1) P1

表4.2.4にP1の「待機モード」一覧を示す。「待機モード」の開始・終了時刻と継続時間、前後のモード、継続中にカウンターを確認した時刻と「待機モード」の評価を記載している。

カウンターを確認した時刻については、確認者の記録した時刻であるため、厳密な時刻ではない点に注意されたい。また、「待機モード」の評価は、P1の「待機モード」継続時間が1時間であるとの想定のもと、下記のように判断している。

表4.2.3 P1の「待機モード」評価分類

評価分類	前モード	「待機モード」継続時間		後モード	出現数
A	印刷	印刷後	約1時間	スリープ	10
B		カウンター確認操作後			6
C		印刷後	1時間以上		2
D		カウンター確認操作後			5
E		印刷後	1時間未満		0
F		カウンター確認操作後			3
G		印刷後	1時間以下	印刷	33
H		カウンター確認操作後			9
I		印刷後	1時間以上		1
J		カウンター確認操作後			0

「待機モード」が1時間続くと「スリープモード」に移行すること、カウンターチェック等印刷を伴わない操作を行っても「待機モード」継続時間がリセットされること、の二点をP1の「待機モード」継続の原則と想定すると、評価分類A、Bは原則がそのままあてはまり、「待機モード」が印刷で中断されるG、Hは通常の挙動となる。原則に即したA、B、G、Hで全出現数の84%を占める。

評価分類C、D、I、Jは1時間以上「待機モード」が継続していることになり原則に反するが、時刻を記録しているカウンターチェックの操作以外に、印刷を伴わない操作を行われている（「待機モード」終了時の1時間前等に）可能性は否定できず、その場合はあり得るケースとなる。

一方、E、Fについては、上記2点の原則に合致せずイレギュラーな挙動となり、P1では評価分類Fが3回出現している。カウンター確認操作後1時間を経ずにスリープモードに移行した経緯は不明である。

表4.2.4 P1の「待機モード」一覧

日付	開始時刻	終了時刻	継続時間	前モード	後モード	カウンター確認時刻	評価分類
2/1(日)	23:51	0:51	1:00	印刷	スリープ		A
	0:58	1:58	1:00	印刷	スリープ		A
	2:41	3:41	1:00	印刷	スリープ		A
	4:54	6:03	1:09	印刷	スリープ		C(66min)
	8:30	9:31	1:01	印刷	スリープ		A
	9:34	11:02	1:28	印刷	印刷	9:50頃	I(9:50→11:02:72min)
	11:06	11:17	0:11	印刷	印刷		G
	11:48	11:52	0:04	印刷	印刷		G
	11:54	11:56	0:02	印刷	印刷		G
	12:01	13:18	1:17	印刷	スリープ	12:15頃、13:15頃	F(13:18-13:28スリープモード)
2/2(月)	13:30	16:34	3:04	印刷	スリープ	14:15頃、15:15頃、 16:30頃	F(16:34-16:40スリープモード)
	16:41	18:17	1:36	印刷	スリープ	17:15頃	B(17:15→18:17:約1時間)
	18:35	19:35	1:00	印刷	スリープ		A
	9:02	9:09	0:07	印刷	印刷		G
	9:11	9:28	0:17	印刷	印刷		G
	9:30	13:16	3:46	印刷	スリープ	10:00頃、11:20頃、 12:15頃	B(12:15→13:16:約1時間)
	14:16	14:58	0:42	印刷	印刷		G
	14:59	15:02	0:03	印刷	印刷	15:00頃	G
	15:03	15:07	0:04	印刷	印刷		G
	15:08	16:08	1:00	印刷	印刷	16:00頃	H(16:00→16:08:8min)
2/3(火)	16:09	16:31	0:22	印刷	印刷		G
	16:33	16:36	0:03	印刷	印刷		G
	16:37	18:10	1:33	印刷	印刷	17:15頃	H(17:15→18:10:55min)
	18:11	19:11	1:00	印刷	スリープ		A
	20:17	21:18	1:01	印刷	スリープ		A
	22:20	23:20	1:00	印刷	スリープ		A
	9:31	10:15	0:44	印刷	印刷		G
	10:16	11:29	1:13	印刷	スリープ	10:30頃	B(10:30→11:29:約1時間)
	11:43	11:50	0:07	印刷	印刷		G
	11:51	13:12	1:21	印刷	スリープ	12:00頃	D(12:00→13:12:約72分)
2/4(水)	13:18	14:48	1:30	印刷	印刷	14:00頃	H(14:00→14:48:48min)
	14:50	16:11	1:21	印刷	スリープ	15:00頃	D(15:00→16:11:71min)
	16:31	16:54	0:23	印刷	印刷		G
	16:56	17:55	0:59	印刷	印刷	17:15頃	H(17:15→17:55:40min)
	18:04	19:16	1:12	印刷	スリープ		C(72min)
	8:49	8:51	0:02	印刷	印刷		G
	8:52	9:04	0:12	印刷	印刷		G
	9:05	9:11	0:06	印刷	印刷		G
	9:12	9:43	0:31	印刷	印刷	9:30頃	H(9:30→9:43:13min)
	9:47	10:43	0:56	印刷	印刷		G
2/5(木)	10:44	12:24	1:40	印刷	スリープ	11:20頃、12:15頃	F(12:15→12:24:9min)
	12:27	14:07	1:40	印刷	スリープ	13:10頃、14:10頃	B(13:10→14:07:約1時間) (14:07-14:16:スリープモード)
	14:17	15:17	1:00	印刷	スリープ		A
	15:28	15:32	0:04	印刷	印刷		G
	15:33	15:50	0:17	印刷	印刷		G
	15:52	18:07	2:15	印刷	スリープ	16:16頃、17:05頃	B(17:05→18:07:約1時間)
	8:37	9:58	1:21	印刷	印刷	9:20頃	H(9:20→9:58:38min)
	9:59	10:56	0:57	印刷	印刷		G
	10:57	11:15	0:18	印刷	印刷		G
	11:16	11:48	0:32	印刷	印刷	11:20頃	H(11:20→11:48:28min)
2/6(金)	11:49	12:40	0:51	印刷	印刷		G
	12:43	13:14	0:31	印刷	印刷		G
	13:28	13:37	0:09	印刷	印刷		G
	13:42	13:44	0:02	印刷	印刷		G
	13:46	16:17	2:31	印刷	スリープ	14:20頃、15:15頃	B(15:15→16:17:約1時間)
	16:39	18:27	1:48	印刷	スリープ	17:15頃	D(17:15→18:27:約72分)
	13:13	14:14	1:01	印刷	スリープ		A
	9:09	9:12	0:03	印刷	印刷	9:10頃	G
	9:14	9:17	0:03	印刷	印刷		G
	9:22	9:46	0:24	印刷	印刷		G
2/9(月)	9:50	9:58	0:08	印刷	印刷		G
	10:28	10:32	0:04	印刷	印刷		G
	11:01	11:05	0:04	印刷	印刷		G
	11:06	12:55	1:49	印刷	スリープ	11:30頃	D(11:30→12:55:約85分)
	13:21	13:43	0:22	印刷	印刷		G
	13:44	14:26	0:42	印刷	印刷		G
	14:29	15:37	1:08	印刷	印刷	15:10頃	H(15:10→15:37:27min)
	15:38	16:35	0:57	印刷	印刷	16:15頃	H(16:15→16:35:20min)
	16:50	18:53	2:03	印刷	スリープ	17:15頃	D(17:15→18:53:約98分)

2) P2

表4.2.6にP2の「待機モード」一覧を示す。「待機モード」の評価は、P2の「待機モード」継続時間が2時間であるとの想定のもと、下記のように判断している。

表4.2.5 P2の「待機モード」評価分類

評価分類	前モード	「待機モード」継続時間		後モード	出現数
A	印刷	印刷後	約2時間	スリープ	6
B		カウンター確認操作後			2
C		印刷後	2時間以上		0
D		カウンター確認操作後			2
E		印刷後	2時間未満	印刷	2
F		カウンター確認操作後			0
G		印刷後	2時間以下		76
H		カウンター確認操作後			28
I		印刷後	2時間以上		0
J		カウンター確認操作後			0

「待機モード」が2時間続くと「スリープモード」に移行すること、カウンターチェック等印刷を伴わない操作を行っても「待機モード」継続時間がリセットされること、の二点をP2の「待機モード」継続の原則と想定すると、継続時間がP1より長いため、「スリープモード」に移行するA、Bが少なく、印刷に移行するG、Hが多くなっている。P2では原則に即したA、B、G、Hで全出現数の97%を占める結果となった。

評価分類C、D、I、Jは1時間以上「待機モード」が継続していることになり原則に反するが、時刻を記録しているカウンターチェックの操作以外に、印刷を伴わない操作が行われている（「待機モード」終了時の1時間前等に）可能性は否定できず、その場合はあり得るケースとなる。P2では、Dの2件のみ記録された。

評価分類E、Fについては、Eで継続時間1分だけのケースが2件出現しているが、これは測定間隔が1分のため、分類上「待機モード」にカウントされているが、実際には印刷後即座にスリープモードに移行したと考えられ、紙詰まり等何らかのイレギュラーな事態が発生したものと思われる。

表4.2.6 P2の「待機モード」一覧(2/5まで)

日付	開始時刻	終了時刻	継続時間	前モード	後モード	カウンター確認時刻	評価分類
1/31(土)	14:10	14:11	0:01	印刷	スリープ		E
	15:51	17:37	1:46	印刷	印刷		G
	17:39	17:59	0:20	印刷	印刷		G
2/1(日)	15:14	15:24	0:10	印刷	印刷		G
	15:25	17:23	1:58	印刷	スリープ		A
	9:58	11:28	1:30	印刷	印刷	11:30頃	G
2/2(月)	11:33	11:47	0:14	印刷	印刷		G
	11:50	11:56	0:06	印刷	印刷		G
	11:57	12:22	0:25	印刷	印刷	12:15頃	H(12:15→12:22:7min)
	12:24	14:00	1:36	印刷	印刷	13:15頃	H(13:15→14:00:45min)
	14:04	14:22	0:18	印刷	印刷	14:15頃	H(14:15→14:22:7min)
	14:26	14:50	0:24	印刷	印刷		G
	14:51	15:19	0:28	印刷	印刷	15:15頃	H(15:15→15:19:4min)
	15:20	15:27	0:07	印刷	印刷		G
	15:30	15:31	0:01	印刷	印刷		G
	15:32	15:36	0:04	印刷	印刷		G
	15:37	16:32	0:55	印刷	印刷	16:30頃	H(16:30→16:32:2min)
	16:33	16:37	0:04	印刷	印刷		G
	16:39	16:41	0:02	印刷	印刷		G
	16:42	16:59	0:17	印刷	印刷		G
	17:02	17:25	0:23	印刷	印刷	17:15頃	H(17:15→17:25:10min)
	17:27	18:06	0:39	印刷	印刷		G
	18:07	18:16	0:09	印刷	印刷		G
	18:19	18:43	0:24	印刷	印刷		G
	18:44	20:42	1:58	印刷	スリープ		A
2/3(火)	9:11	9:13	0:02	印刷	印刷		G
	9:14	9:20	0:06	印刷	印刷		G
	9:26	9:43	0:17	印刷	印刷		G
	9:46	9:52	0:06	印刷	印刷		G
	9:53	10:35	0:42	印刷	印刷	10:00頃	H(10:00→10:35:35min)
	10:36	11:50	1:14	印刷	印刷	11:20頃	H(11:20→11:50:30min)
	11:53	12:07	0:14	印刷	印刷		G
	12:08	14:13	2:05	印刷	スリープ	12:15頃	B(12:15→14:13:118min)
	14:37	15:48	1:11	印刷	印刷	15:00頃	H(15:00→15:48:48min)
	15:52	16:29	0:37	印刷	印刷	16:00頃	H(16:00→16:29:29min)
	16:30	16:37	0:07	印刷	印刷		G
	16:39	16:40	0:01	印刷	印刷		G
	16:42	17:05	0:23	印刷	印刷		G
	17:07	17:38	0:31	印刷	印刷	17:15頃	H(17:15→17:38:23min)
	17:40	18:53	1:13	印刷	印刷		G
	18:54	19:28	0:34	印刷	印刷		G
	19:29	21:27	1:58	印刷	スリープ		A
2/4(水)	8:57	9:51	0:54	印刷	印刷	9:30頃	H
	9:54	10:02	0:08	印刷	印刷		G
	10:04	11:01	0:57	印刷	印刷	10:30頃	H
	11:03	11:13	0:10	印刷	印刷		G
	11:21	11:24	0:03	印刷	印刷		G
	11:26	11:30	0:04	印刷	印刷		G
	11:38	11:58	0:20	印刷	印刷	12:00頃	G
	12:00	13:30	1:30	印刷	印刷	12:00頃	H
	13:31	14:14	0:43	印刷	印刷	14:00頃	G
	14:15	14:21	0:06	印刷	印刷		G
	14:51	15:49	0:58	印刷	印刷	15:00頃	H
	15:50	15:59	0:09	印刷	印刷		G
	16:00	16:32	0:32	印刷	印刷	16:30頃	H
	16:33	16:35	0:02	印刷	印刷		G
	16:36	19:22	2:46	印刷	スリープ	17:15頃	D(17:15→19:22:127min)
	9:40	10:50	1:10	印刷	印刷		G
2/5(木)	10:51	11:00	0:09	印刷	印刷		G
	11:01	15:10	4:09	印刷	印刷	11:20頃、12:15頃、 13:10頃、14:10頃	H(14:10→15:10:60min)
	15:11	15:12	0:01	印刷	印刷		G
	15:13	15:15	0:02	印刷	印刷		G
	15:16	15:17	0:01	印刷	印刷		G
	15:18	15:19	0:01	印刷	印刷		G
	15:21	15:25	0:04	印刷	印刷		G
	15:26	15:29	0:03	印刷	印刷	15:30頃	G
	15:30	16:10	0:40	印刷	印刷	15:30頃	H
	16:11	16:27	0:16	印刷	印刷	16:15頃	H
	16:28	16:54	0:26	印刷	印刷		G
	16:58	19:03	2:05	印刷	スリープ	17:05頃	B(17:05→19:03:118min)

3) P3

表4.2.8にP3の「待機モード」一覧を示す。「待機モード」の評価は、P3の「待機モード」継続時間が約2時間であるとの想定のもと、P2と同様に下記のように判断している。

表4.2.7 P3の「待機モード」評価分類

評価分類	前モード	「待機モード」継続時間	後モード	出現数
A	印刷	印刷後	スリープ	7
B		カウンター確認操作後		1
C		印刷後		0
D		カウンター確認操作後		0
E		印刷後	印刷	0
F		カウンター確認操作後		0
G		印刷後		52
H		カウンター確認操作後		18
I		印刷後		0
J		カウンター確認操作後		0

表4.2.8 P3の「待機モード」一覧(3/19以降)

日付	開始時刻	終了時刻	継続時間	前モード	後モード	カウンター確認時刻	評価分類
3/19(木)	9:41	9:45	0:04	印刷	印刷		G
	9:46	10:01	0:15	印刷	印刷		G
	10:03	10:16	0:13	印刷	印刷		G
	10:17	10:33	0:16	印刷	印刷		G
	10:34	11:22	0:48	印刷	印刷		G
	11:23	11:31	0:08	印刷	印刷		G
	11:32	11:36	0:04	印刷	印刷		G
	11:37	12:48	1:11	印刷	印刷	11:45頃	H
	12:49	12:52	0:03	印刷	印刷	12:50頃	H
	12:55	13:26	0:31	印刷	印刷		G
	13:28	14:14	0:46	印刷	印刷	13:50頃	H
	14:17	14:47	0:30	印刷	印刷		G
	14:48	15:09	0:21	印刷	印刷	14:55頃	H
	15:10	15:29	0:19	印刷	印刷		G
	15:30	15:32	0:02	印刷	印刷		G
	15:33	15:48	0:15	印刷	印刷		G
	15:49	16:08	0:19	印刷	印刷	15:50頃	H
	16:09	16:44	0:35	印刷	印刷		G
	16:46	17:48	1:02	印刷	印刷		G
	17:49	17:59	0:10	印刷	印刷		G
	18:01	18:31	0:30	印刷	印刷	18:30頃	H
	18:33	18:34	0:01	印刷	印刷		G
	18:35	20:32	1:57	印刷	印刷		G
	20:34	22:32	1:58	印刷	スリープ		A
3/20(金)	14:03	16:01	1:58	印刷	スリープ	15:00頃	B
	17:07	19:04	1:57	印刷	スリープ		A
3/21(土)	15:38	17:36	1:58	印刷	スリープ		A
3/22(日)	6:44	8:42	1:58	印刷	スリープ		A
3/23(月)	8:09	8:10	0:01	印刷	印刷		G
	8:11	8:37	0:26	印刷	印刷		G
	8:39	10:04	1:25	印刷	印刷	9:00頃	H
	10:05	10:22	0:17	印刷	印刷		G
	10:23	10:51	0:28	印刷	印刷	10:45頃	H
	10:52	11:02	0:10	印刷	印刷		G
	11:03	12:50	1:47	印刷	印刷	12:50頃	H
	12:51	12:52	0:01	印刷	印刷		G
	12:53	13:18	0:25	印刷	印刷		G
	13:19	13:28	0:09	印刷	印刷		G
	13:32	13:36	0:04	印刷	印刷		G
	13:37	13:42	0:05	印刷	印刷		G
	13:43	13:45	0:02	印刷	印刷		G
	13:46	13:52	0:06	印刷	印刷		G
	13:53	14:07	0:14	印刷	印刷		G
	14:10	14:12	0:02	印刷	印刷		G
	14:14	14:35	0:21	印刷	印刷		G
	14:36	14:47	0:11	印刷	印刷		G
	14:48	14:56	0:08	印刷	印刷	14:50頃	H
	14:57	15:21	0:24	印刷	印刷		G
	15:23	15:26	0:03	印刷	印刷		G
	15:28	15:31	0:03	印刷	印刷		G
	15:32	16:13	0:41	印刷	印刷	16:00頃	H
	16:14	16:16	0:02	印刷	印刷		G
	16:17	16:26	0:09	印刷	印刷		G
	16:28	18:25	1:57	印刷	スリープ		A
	18:33	18:35	0:02	印刷	印刷		G
	18:37	18:52	0:15	印刷	印刷		G
	18:56	18:59	0:03	印刷	印刷		G
	19:01	20:59	1:58	印刷	スリープ		A

P3の「待機モード」の原則を、P2と同様に「待機モード」が2時間続くと「スリープモード」に移行すること、カウンターチェック等印刷を伴わない操作を行っても「待機モード」継続時間がリセットされること、の二点と想定すると、P3については出現した「待機モード」がすべて原則に則した評価分類A、B、G、Hとなった。

4) P5

表4.2.10にP5の「待機モード」一覧を示す。「待機モード」の評価は、P5の「待機モード」継続時間が20～30分程度であるとの想定のもと、下記のように判断している。

表4.2.9 P5の「待機モード」評価分類

評価分類	前モード	「待機モード」継続時間	後モード	出現数
A	印刷	20～30分	スリープ	11
C		30分超		0
E		20分未満		0
G		20分未満	印刷	17
G'		20～30分		0
I		30分超		2

表4.2.10 P5の「待機モード」一覧

日付	開始時刻	終了時刻	継続時間	前モード	後モード	評価分類
2/25(水)	9:25	9:26	0:01	印刷	印刷	G
	9:28	9:56	0:28	印刷	スリープ	A
	10:52	10:59	0:07	印刷	印刷	G
	11:00	11:02	0:02	印刷	印刷	G
	11:03	11:14	0:11	印刷	印刷	G
	11:15	11:44	0:29	印刷	スリープ	A
	14:21	14:24	0:03	印刷	印刷	G
	14:28	15:02	0:34	印刷	印刷	I
	15:03	15:14	0:11	印刷	印刷	G
	15:15	15:44	0:29	印刷	スリープ	A
	16:58	16:59	0:01	印刷	印刷	G
	17:03	17:04	0:01	印刷	印刷	G
2/26(木)	17:06	17:27	0:21	印刷	スリープ	A
	11:13	11:35	0:22	印刷	スリープ	A
	13:38	14:07	0:29	印刷	スリープ	A
	16:14	16:42	0:28	印刷	スリープ	A
	17:50	18:07	0:17	印刷	印刷	G
	18:08	18:38	0:30	印刷	スリープ	A
3/2(月)	11:16	11:22	0:06	印刷	印刷	G
	11:24	11:45	0:21	印刷	スリープ	A
	16:45	17:06	0:21	印刷	スリープ	A
3/4(水)	14:25	14:33	0:08	印刷	印刷	G
	14:34	14:36	0:02	印刷	印刷	G
	14:38	15:10	0:32	印刷	印刷	I
	15:11	15:26	0:15	印刷	印刷	G
	15:27	15:33	0:06	印刷	印刷	G
	15:34	15:53	0:19	印刷	印刷	G
	15:54	15:55	0:01	印刷	印刷	G
	15:56	16:10	0:14	印刷	印刷	G
	16:11	16:41	0:30	印刷	スリープ	A

P5の「待機モード」継続時間を20分から30分と幅を持たせて考えると、出現した「待機モード」の93%が分類A、Gに属することになることから、妥当な移行時間であると考えられ

るが、表4.2.10の継続時間に見られるように、早い場合は「スリープモード」に20分程度で移行しており、P1～P3のような明確な移行時間の設定はされていない可能性がある。もしくは別のより複雑なロジックで移行していることも考えられる。これは、印刷から次の印刷まで30分以上「待機モード」が継続したケース(評価分類I)も2例あることから言えることである。

ただ、前項で示した時系列データからも分かるように、適当な「待機モード」の継続時間を設定すれば電力消費量を予測する上では十分と考えられ、25分一律といった設定でも問題は少ないと思われる。

(3) 印刷時の電力消費量予測手法の検討

1) モデルの検討

印刷時に消費する電力量は、機種によってはそれほど大きな割合を占めないことが前項の検討から分かるが、印刷の状況によっては無視し得ない消費量になる可能性がある。

本項では、印刷時の電力消費量の状況をモデル化し、印刷時の平均消費電力(P_1)と「待機モード」の平均消費電力(P_2)、印刷の継続時間(Δt_1)から印刷時の電力消費量($P_1 \Delta t_1$)を予測する手法の検討を行う(図4.2.13)。

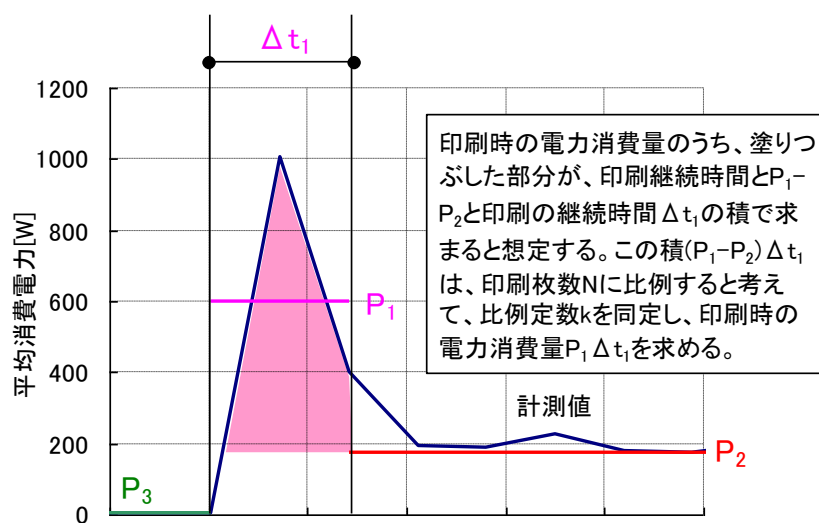


図4.2.13 印刷時の電力消費量予測モデル(イメージ)

図4.2.13のモデルでは、印刷枚数 N と $(P_1 - P_2) \times \Delta t_1$ の関係から比例定数 k を求めることで、印刷時の継続時間 $\Delta t_1'$ ならびに電力消費量 $P_1' \Delta t_1'$ を印刷枚数 N から予測することを想定する(ダッシュ付は予測値を示す)。

$$\Delta t_1' = kN / (P_1 - P_2)$$

$$P_1' \Delta t_1' = P_1 \cdot kN / (P_1 - P_2)$$

以下、印刷枚数をカウントしているP1、P2、P3について、枚数をカウントした期間毎にデ

ータを整理し比例定数 k の検討を行った。

2) P1

P1について、印刷枚数 N と $(P_1-P_2)\Delta t_1$ の関係を図4.2.14に、印刷継続時間の実測値 Δt_1 と予測値 $\Delta t_1'$ の関係を図4.2.15に、印刷時の電力消費量の実測値 $P_1\Delta t_1$ と予測値 $P_1'\Delta t_1'$ の関係を図4.2.16に示す。図4.2.14では、①2/2(月)9:50-12:50、②2/6(金)11:20-14:20、③2/9(月)9:10-11:30のデータを除けば、印刷枚数 N と $(P_1-P_2)\Delta t_1$ がほぼ比例する関係にあることが分かる。除外したデータを時系列データ(図4.2.1、図4.2.2)で確認すると、①③がカウントされた印刷枚数に対して大きな電力消費量を記録した期間、②が逆に印刷枚数に対して小さかった期間となり、通常とは異なる状況であったと判断した。比例定数 k の同定にあたっては、電力消費量の実測値 $P_1\Delta t_1$ と予測値 $P_1'\Delta t_1'$ の回帰式の傾きが1になるように調整したところ、P1においては $k=0.65$ の値を得た。この比例定数を使用して印刷継続時間と電力消費量を予測したところ、除外した3データを除けば、妥当な値を予測できていると言える(図4.2.15、図4.2.16)。

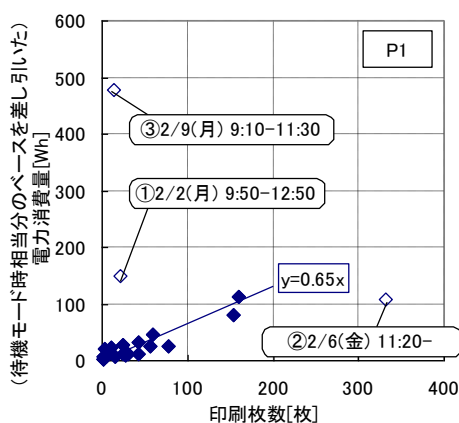


図4.2.14 P1における印刷枚数 N と $(P_1-P_2)\Delta t_1$ の関係

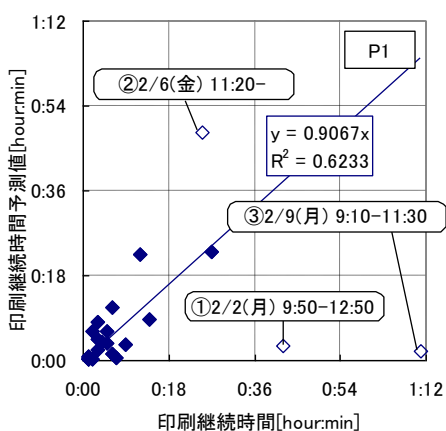


図4.2.15 印刷継続時間

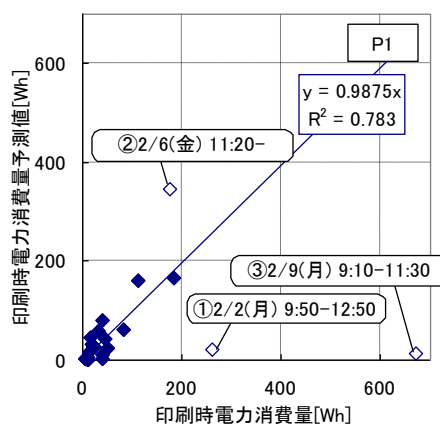


図4.2.16 電力消費量

3) P2

P2について、印刷枚数 N と $(P_1 - P_2)\Delta t_1$ の関係を図4.2.17に、印刷継続時間の実測値 Δt_1 と予測値 $\Delta t_1'$ の関係を図4.2.18に、印刷時の電力消費量の実測値 $P_1\Delta t_1$ と予測値 $P_1'\Delta t_1'$ の関係を図4.2.19に示す。図4.2.17は、④2/4(水) 14:00-15:00のデータを除けば、印刷枚数 N と $(P_1 - P_2)\Delta t_1$ がほぼ比例する関係にあることが確認される。除外した期間④は、一度に多くの枚数を印刷し、時間中常時1kWの消費電力を記録していることから、自動紙送り機能で連続的に大量の印刷を行っている想定され、枚数がそれほど多くない他データとかけ離れた結果になっていると予想される。比例定数 k の同定にあたっては、電力消費量の実測値 $P_1\Delta t_1$ と予測値 $P_1'\Delta t_1'$ の回帰式の傾きが1になるように調整したところ、P2においては $k=0.45$ の値を得た。この比例定数を使用して印刷継続時間と電力消費量を予測したところ、除外したデータを除けば妥当な値を予測できていると言える(図4.2.18、図4.2.19)。

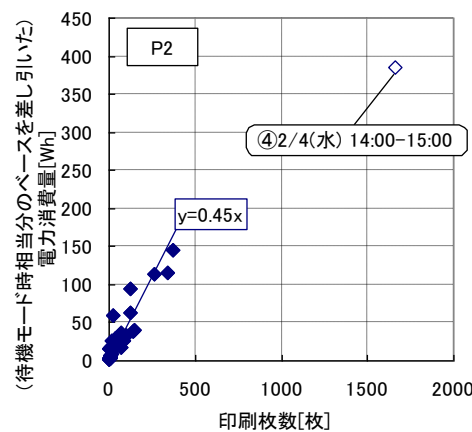


図4.2.17 P2における印刷枚数 N と $(P_1 - P_2)\Delta t_1$ の関係

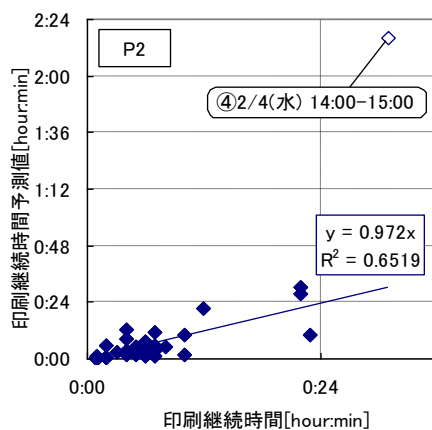


図4.2.18 印刷継続時間

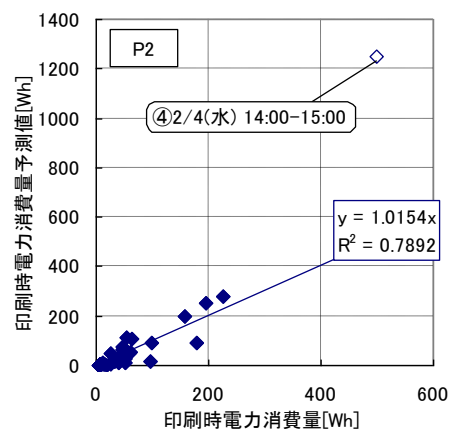


図4.2.19 電力消費量

4) P3

P3について、印刷枚数 N と $(P_1-P_2)\Delta t_1$ の関係を図4.2.20に、印刷継続時間の実測値 Δt_1 と予測値 $\Delta t_1'$ の関係を図4.2.21に、印刷時の電力消費量の実測値 $P_1\Delta t_1$ と予測値 $P_1'\Delta t_1'$ の関係を図4.2.22に示す。図4.2.20からは、⑤3/18(水) 12:50-13:55のデータを除けば、印刷枚数 N と $(P_1-P_2)\Delta t_1$ がほぼ比例する関係にあることが確認される。除外した期間⑤は、カウントされた印刷枚数に対して大きな電力消費量を記録した期間であった。比例定数 k の同定にあたっては、電力消費量の実測値 $P_1\Delta t_1$ と予測値 $P_1'\Delta t_1'$ の回帰式の傾きが1になるように調整したところ、P3においては $k=0.73$ の値を得た。この比例定数を使用して印刷継続時間と電力消費量を予測したところ、P1、P2と比べて対応が良くないものの、一定の予測は可能であると言える(図4.2.21、図4.2.22)。

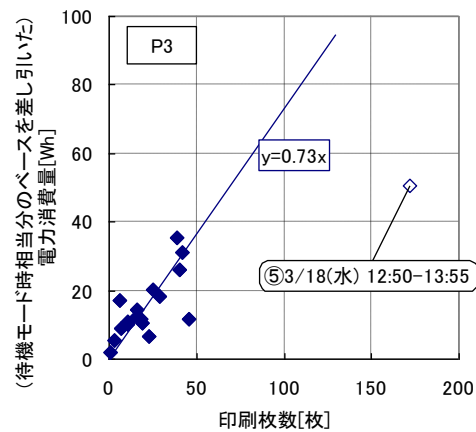


図4.2.20 P3における印刷枚数 N と $(P_1-P_2)\Delta t_1$ の関係

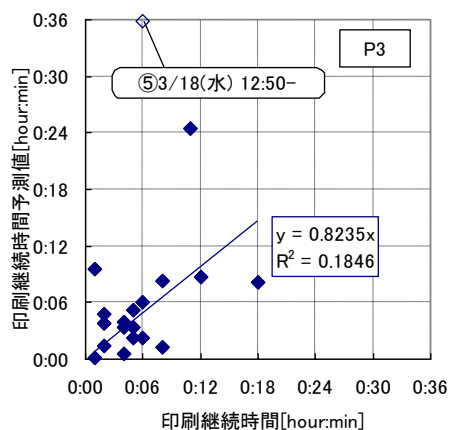


図4.2.21 印刷継続時間

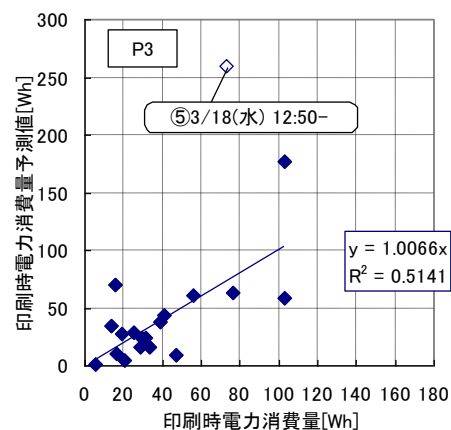


図4.2.22 電力消費量

5) P4、P5の印刷継続時間と電力消費量の関係

印刷枚数の記録がない(または十分ではない)P4とP5については、P1～P3と同等の分析は行えないため、参考に、印刷継続時間とその時間内に使用された電力消費量の関係を図4.2.23に示す。P4、P5では、印刷時の電力消費量は継続時間に比例する関係があることが分かり、印刷枚数が不明であっても、継続時間を使用することで電力消費量の予測が可能であることを示唆している。

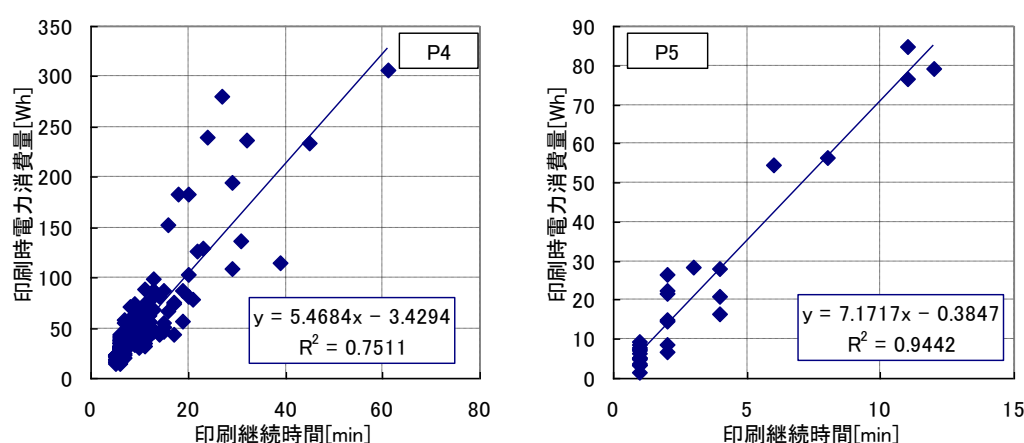


図4.2.23 印刷継続時間と電力消費量の関係(左：P4、右：P5)

(4) 電力消費量予測モデルのパラメータ

ここまでで同定された電力消費量予測モデルに関するパラメータを整理すると表4.2.11となる。

表4.2.11 電力消費量予測モデルパラメータ一覧

コピー機／プリンタ		P1	P2	P3	P4	P5
平均消費電力[W]	印刷時	455	570	420	310	420
	待機モード	160	220	220	—	90
	スリープモード	5(想定値)	1.6	180	23.4	8.5
待機モード継続時間		1時間	2時間	2時間	0分	25分
印刷枚数から印刷時の電力消費量を予測する際の比例定数k[Wh/枚]		0.65	0.45	0.73	—	—
印刷継続時間から印刷時の電力消費量を予測する際の比例定数[Wh/min]		—	—	—	5.3	7.1

4.2.5 まとめ

本節では、コピーもしくはプリントアウトに使用されるコピー機、プリンタの電力使用量の計測結果を分析した。また、電力消費量を予測するモデルの検討を行い、モデルに必要なとなるパラメータを測定結果を分析して抽出した。

4.3 冷凍冷蔵設備のエネルギー消費特性の計測

本節では、冷凍冷蔵設備の電力使用状況の計測結果をもとに、冷凍冷蔵設備のエネルギー消費特性の検討を行う。

4.3.1 測定対象機器

測定を行った小規模小売店舗の概要を以下に示す。

- ・埼玉県内の平屋独立型店舗、床面積は210m²、24時間営業、開口面の方位は北西
- ・空調設備：空気系(室外機2台＋室内機1台)、冷房能力25.0kW
- ・照明設備：入口側、奥側の2系統
- ・チルドケース類：冷凍機系統＋独立ケース

測定対象とした冷凍冷蔵設備は、屋外に設置した冷凍機1台に接続されたオープンケース(弁当、総菜、麺類等を陳列)6台＋ウォークイン(飲料棚とバックヤード)のシステム一式と、独立型ケース4台である。

仕様および計測対象とした電源系統を以下に示す。冷凍冷蔵設備を構成する機構毎(温蔵、冷凍冷蔵、除霜用ヒーター、ファン、照明)に電源系統が分かれている機器(オープンケース＋ウォークインのシステム、冷凍リーチイン)と、一系統で全機構に電力供給している独立型の機器に分かれる。

表4.3.1 冷凍冷蔵設備の電力系統

	温蔵	冷蔵		ファン	照明
	ヒーター	冷却	ヒーター (除霜)		
H&Cケース	3φ 3W200V 6.マルチケース(ヒーター)	3φ 3W200V 1.チルドウォークイン冷凍機	1φ 2W100V 8.オープンケース(ファン・ヒーター)		1φ 2W100V 10.冷凍冷蔵設備(照明)
弁当ケース	—				
弁当 & チルド	—				
チルドケース左	—				
チルドケース中央	—				
チルドケース右	—				
ウォークイン	—				
低温リーチイン	—	3φ 3W200V 2.冷凍リーチイン	1φ 2W100V 10.低温リーチイン(ファン・ヒーター)		
アイスクリームケース(大)	—	3φ 3W200V 7.アイスクリームケース(大)			
アイスクリームケース(小)	—	3φ 3W200V 8.アイスクリームケース(小)			
栄養ドリンクケース	—	3φ 3W200V 5.栄養ドリンクケース			

4.3.2 測定概要

2009年10月13日に、短期計測を行い計測する系統の絞り込みを行い、2009年10月14日～12月1日に長期計測を実施した。測定には、日置電気製データロガー2300シリーズを使用した。多回路電力モジュール(日置電気2332)に接続したクランプ(9695-02)を配電盤の各系統に設置し、測定間隔1分で有効電力[W]の平均値の計測を行っている。

4.3.3 測定結果の分析

1) 1時間平均値の推移

長期計測を行っている系統の1時間平均値の推移を、図4.3.1に抜粋して示す。短期計測のみ行った系統については、短期計測中の平均値をもとに推計した値で示している。

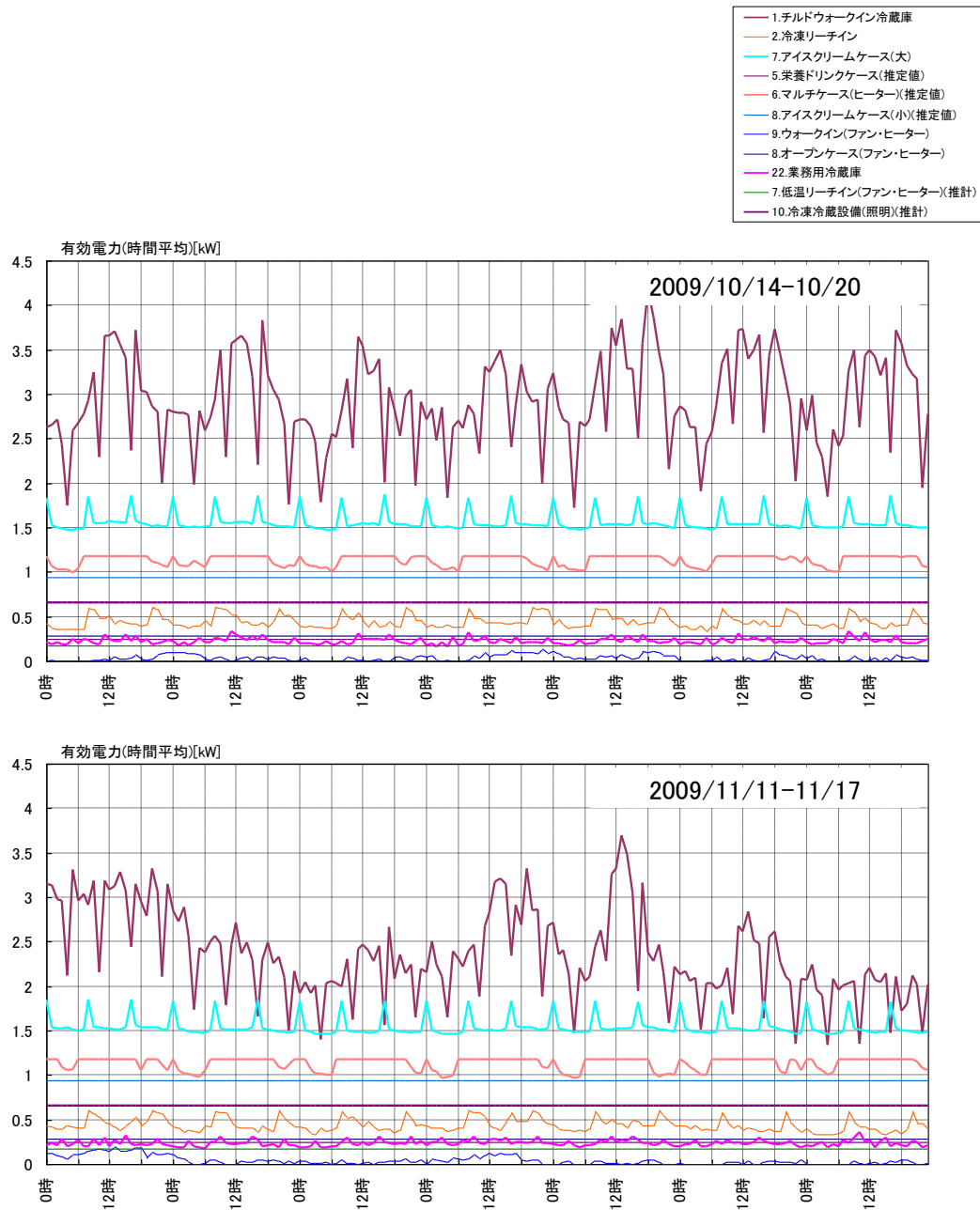


図4.3.1 1時間平均値の推移

2) 日平均値の推移

日平均値の推移を図4.3.2に示す。オープンケースとウォークインを冷却する「チルドウォークイン冷蔵庫(単相200V系統1)」が、外気温の低下とともに電力消費が3kWから1.5kW程度まで減少している状況が確認できる。その他の系統は、ほぼ横這いの状況を示す。

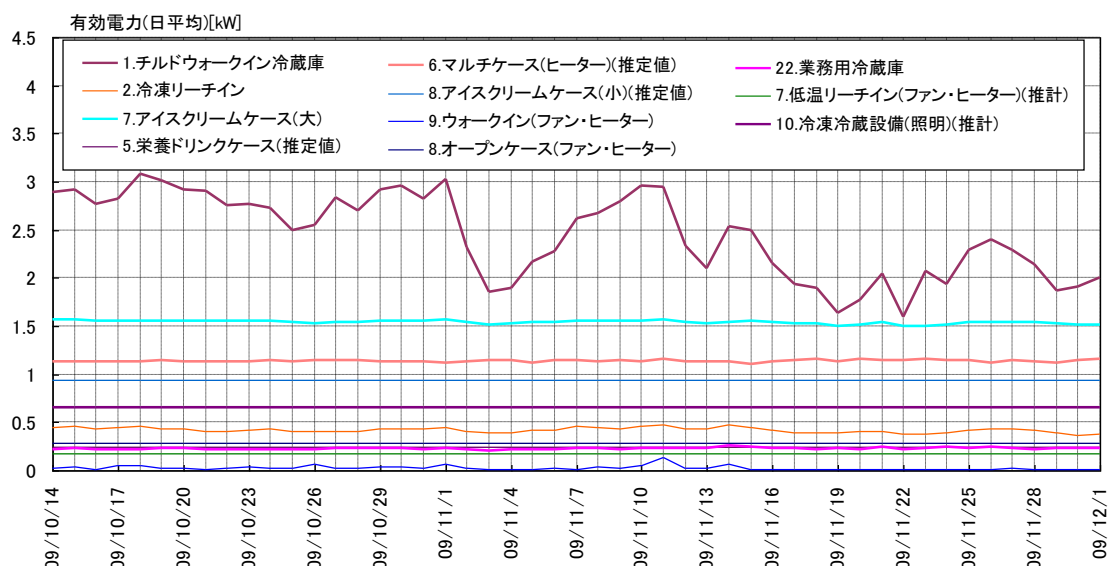


図4.3.2 日平均値の推移

3) 気温との関係

電力消費量と気温の関係について分析を行った。分析には、近隣のアメダス測定ポイントである久喜のデータを使用している。

図4.3.3に冷凍冷蔵設備の電力消費量と外気温、室温との関係を示す。室外機から外気に排熱しているチルドウォークイン冷蔵庫は、外気温と直線的な関係を示しており、外気温の低下とともに電力消費量が大きく減ることが分かる。室内に排熱する機器(冷凍リーチン、アイスクリューケース(大)、業務用冷蔵庫)は室温が低下するにつれ、電力消費量が若干減少する傾向にあるが、顕著ではない。

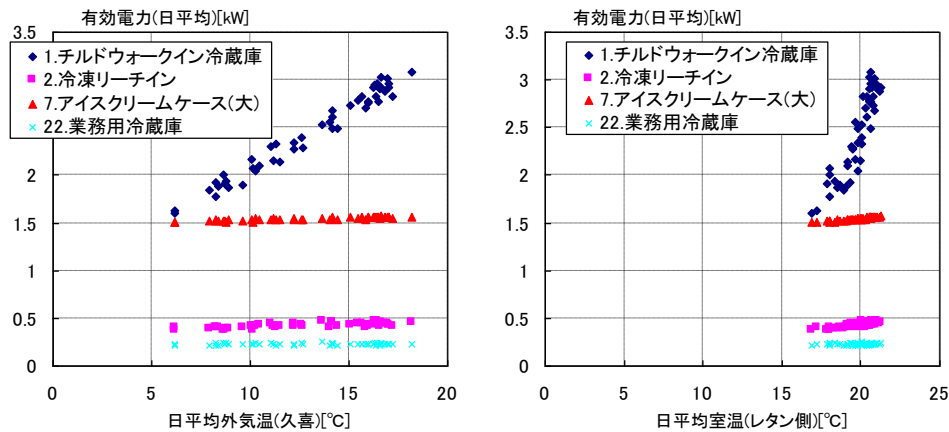


図4.3.3 外気温、室温と冷凍冷蔵設備の電力消費量の関係

図4.3.4に補機類の電力消費量と外気温の関係を示す。オープンケース(ファン・ヒーター)は、温度によらずほぼ一定の結果となった。ウォークイン(ファン・ヒーター)は、外気温が下がるにつれ、減少する傾向にある。これは、外気温が高い計測期間前半の運転が終日オンオフ運転を行っており、日中に0.5～0.7kW程度の電力消費を記録することがあったのに対し、対気温が低下する計測期間後半には、50W程度の運転をある時間継続してオフになる運転となっていた結果が反映されたものである。

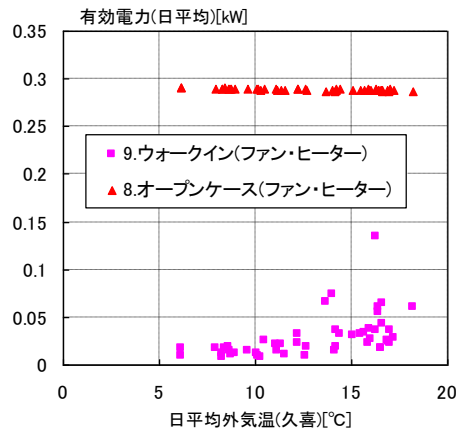


図4.3.4 外気温、室温と補機類の電力消費量の関係

4.3.4 まとめ

冷凍冷蔵設備の電力使用状況の計測結果をもとに、冷凍冷蔵設備のエネルギー消費特性の検討を行い、気温との関係を中心に分析した。

第5章 総括

本研究課題「業務用建築の省エネルギー性能に係る総合的評価手法及び設計法に関する研究」では、平成20年度から22年度にかけて、業務用建築の省エネ措置とエネルギー消費削減量の関係を明確にする技術的基盤の整備を目指して検討を行ってきた。

本報告書では、以下の3点についてとりまとめている。

① 設備の実使用条件下動作性状に関する既存データの収集調査

業務用建築設備の実使用条件下における動作性状の既往データについて聞き取り調査を行い、既存のデータ及びデータベース規模・項目・対象範囲・信頼性・詳細さ等を確認整理した。また、建築・設備システムとしての性能評価における既存データ収集について情報保護、調査手法等の限界・課題とデータ活用における留意点を示した。

② 中央式空調システムの実使用条件下における特性計測

業務用建築の設備のうち構成機器が多岐に渡りシステム挙動とエネルギー消費特性の関係の把握が容易ではない空調設備（中央式）を対象に、中規模建物2棟において、実使用条件下における熱源等のエネルギー消費量と供給熱量データから、熱源機等の運転状況に対応した特性と空調システムの効率を示した。

③ 建築内部使用機器の消費電力計測

業務用建築物に電力を消費する機器が多く導入されるようになったことを踏まえ、事務所等で使用されるOA機器類、小売店舗の食品保存設備等を対象に消費電力の計測を実施し、電力負荷ならびに空調負荷を発生する機器類について実使用状況に応じた電力消費量の特性・予測モデルを示した。

これらの知見は、建築物の省エネルギー基準改定に向けた技術資料として活用される。

参考文献

- 1) A & S データⅡ期(1993～1999 年版),山内設計室
- 2) A & S データⅢ期(2000 年版～),山内設計室
- 3) 平成 19 年度保全実態調査報告書,国土交通省大臣官房官庁営繕部
- 4) 民生部門エネルギー消費実態調査：平成 16 年度エネルギー環境総合戦略調査(我が国の長期エネルギー需給見通しに係る基礎的調査),日本エネルギー経済研究所,2005
- 5) 平成 17 年度版建築物エネルギー消費量調査報告書,日本ビルエネルギー総合管理技術協会,2006
- 6) 平成 14 年度ビルエネルギー対策検討委員会報告書,省エネルギーセンター,平成 15 年 3 月
- 7) 運用管理システムの適正化等による効果分析調査報告書,建築環境・省エネルギー機構,平成 9 年 3 月
- 8) ビル省エネルギー診断検討委員会報告書,省エネルギーセンター,平成 13 年 3 月
- 9) ビル管理システム委員会/エネルギー管理・故障診断小委員会報告書,空気調和・衛生工学会,平成 12 年 3 月
- 10) グリーンビルのモニタリングに関する検討業務最終報告書,公共建築協会,平成 15 年 2 月
- 11) 建築物エネルギー調査報告書,日本ビルエネルギー総合管理技術協会,平成 15 年 3 月
- 12) ビル省エネルギー格付けシステム普及事業報告書,日本ビルエネルギー総合管理技術協会,平成 15 年 3 月
- 13) 業務用ビルの省エネルギー基準値と空調需要の実態調査報告書,日本ビルエネルギー総合管理技術協会,平成 13 年 3 月
- 14) 平成 13 年度ビルエネルギー対策検討委員会報告書,省エネルギーセンター,平成 14 年度 3 月
- 15) 平成 15 年度ビルエネルギー対策検討委員会報告書,省エネルギーセンター,平成 16 年度 3 月
- 16) ビルの省エネルギー診断及び広報事業報告書,日本ビルエネルギー総合管理技術協会,平成 13 年 3 月
- 17) 関西地区建物エネルギー消費実態報告書,空気調和・衛生工学会近畿支部,平成 10 年 3 月
- 18) 都内大規模事業所のエネルギー使用に関わる実態調査,東京都環境局,平成 15 年 9 月

関連発表論文

- 1) 西澤繁毅,住吉大輔,宮田征門,澤地孝男：中規模建物の中央式空調システムにおけるシステム実働特性の分析と監視用データの検証,空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集,pp.1311-1314,2010

.....

国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告

PROJECT RESEARCH REPORT of N I L I M

N o . 58

October 2017

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

.....

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675