

# 住宅・建築物における省エネ・省CO<sub>2</sub>に向けた取り組み

## 1. 研究・活動のアウトライン

出来事	課題	研究内容	成果反映
<p>〈国際的な地球温暖化対策の動き〉</p> <p>1997年 京都議定書作成</p> <p>2002年 地球温暖化対策推進大綱</p> <p>2005年 京都議定書発効</p>	<p>■住宅の省エネ基準では、断熱性の指標しかなく、住宅全体の省エネ性の定量的評価ができていない</p> <p>1. 住宅の全設備の気象や使い方に応じた実効率など前提条件や設備性能が不明</p> <p>2. 暑い地域や寒い地域の住宅全体の省エネ性能は、前提条件や設備性能が異なる</p>	<p><b>目標:住宅全体の省エネ性能の定量的評価</b></p> <p>■自立循環型住宅総プロ(2001-2004)</p> <p>1①住宅全体でエネルギーを2000年比で半減する省エネ要素技術の設計・評価技術の開発</p> <p>1②住宅全体の年間一次エネルギー消費量の算定方法を確立</p> <p>■事項立て:住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究(2005-2007)</p> <p>2①太陽光発電など、ゼロエネを可能とする設備等を含む評価</p> <p>2②地域別の住宅仕様を考慮した省エネ性能定量的評価法作成</p>	<p>【技術資料等の整備】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自立循環型住宅への設計ガイドライン(温暖地版)</li> <li>・自立循環型住宅への設計ガイドライン(蒸暑地版)</li> <li>・自立循環型住宅への設計ガイドライン(準寒冷地版)</li> </ul> <p>【法律への反映】</p> <p>★省エネ法(H21)・特定住宅に必要とされる性能の向上に関する住宅事業建築主の判断の基準[告示]</p>
<p>2011年3月 東日本大震災</p>	<p>■業務用建築物(非住宅)の省エネ基準では、各設備等の独立した評価はあるが、建物全体の総合評価法が確立していない。また、省エネ性能の実態データも不足している</p>	<p><b>目標:非住宅全体の省エネ性能の総合評価</b></p> <p>■事項立て:業務用建築の省エネルギー性能に係る総合評価手法及び設計法に関する研究(2008-2010)</p> <p>① 様々な建物用途や使用形態を考慮した総合評価手法のあり方の検討</p> <p>② 中央式空調の実測検証、OA機器等のエネルギー消費調査</p>	<p>【法律への反映】</p> <p>★省エネ法(H25)・エネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準[告示]</p> <p>【技術資料等の整備】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・算定・判断の基準の解説書、Webプログラム(非住宅及び住宅)</li> </ul>
<p>2015年7月 建築物省エネ法公布</p> <p>2015年7月 日本の約束草案</p> <p>2016年.11月 パリ協定発効、日本批准</p> <p>2017年4月 建築物省エネ法適合義務化</p> <p>2018年7月 第5次エネルギー基本計画</p> <p>2020年12月 カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略</p>	<p>■地域の生産技術に応じた躯体設計の工夫の評価で住宅省エネ性能の底上げが必要</p> <p>■規制措置の義務化(適合性判定)や誘導措置のインセンティブ付与で、省エネ・省CO<sub>2</sub>を促進する設計者、審査者向けの体制構築が必要</p> <p>■非住宅の更なる省エネには、外壁・窓・屋根等の外皮設計(ファサード設計)により、設備機器に係る空調負荷等を削減することが必要</p>	<p><b>目標:建築物省エネ法とその実効性向上</b></p> <p>■事項立て:地域の生産技術に対応した省エネルギー技術の評価手法に関する研究(2013-2015)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地域性を考慮した住宅における縁側・床下等の躯体の工夫の省エネ評価</li> </ul> <p>■事項立て:建築設備の自動制御によるエネルギー削減効果の評価法の開発(2016-2018)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空調・照明設備の省エネ性能を担保する自動制御による省エネ効果を適切に評価するための枠組み・手法を開発</li> </ul> <p><b>目標:非住宅の外皮設計の省エネ評価</b></p> <p>■事項立て:建築物のエネルギー消費性能向上を目指したファサード設計法に関する研究(2017-2019)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・非住宅の外皮のうち、特に開口部廻りの工夫で屋外からの負荷を減らして、空調・照明設備を連携させた省エネ性能評価法を構築</li> </ul>	<p>【法律への反映】</p> <p>★建築物省エネ法(建築物のエネルギー消費性能向上に関する法律)(H27)</p> <p>★同法(H28)・建築物エネルギー消費性能基準等に関する省令、告示等</p> <p>【技術資料等の整備】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・法改正に対応した解説書、Webプログラム(非住宅及び住宅)、適合性判定マニュアル、完了検査マニュアル、性能表示制度(BELS)、任意評定ガイドライン等</li> </ul>

世界的な地球温暖化対策の動きの中、1997年の京都議定書で国内温室効果ガス排出量の削減目標が示されたが、住宅・建築（民生部門）のエネルギー消費に起因するCO<sub>2</sub>排出量は増加した。現在も住宅・建築の排出量は相対的に大きく、パリ協定等で省エネ対策の一層の強化が必要となっている。住宅・建築全体における実効的な省エネ対策を規制・誘導を通じて推進するため、省エネ性能の定量的な総合評価法の開発や、評価を容易にする計算プログラム実装など、建築物省エネ法策定に繋げ、かつ実効性を高めた研究を以下のように実施してきた。

#### ◆住宅全体の省エネ性能の定量的評価に関する研究（2001年～2007年）

〈背景・課題〉 気候変動枠組条約の京都議定書を背景に、省エネ法（当時）の省エネ基準を強化する流れが生じた。住宅は、強化された平成11年（1999年）基準でも壁や窓の断熱性しか指標がなくエネルギー消費量が評価できないため、省エネ性能評価には、まず住宅から取り組む必要があった。

〈研究概要・成果実装〉 住宅の外皮と設備（家電含む）で、住宅全体で居住者の住まい方に応じたエネルギー消費量の定量的な評価を目的に、2000年比で50%削減する省エネ要素技術の設計・評価技術を開発し、一次エネルギー消費量（J/年）算定方法を確立、発電も含む設備の効率化でゼロエネルギー住宅を可能とした。また地域別の評価法を構築、設計ガイドラインの作成と講習で全国に普及させた。これらの技術資料は平成21年（2009年）に省エネ法の「特定住宅に必要とされる性能の向上に関する住宅事業建築主の判断の基準」に反映された。

#### ◆非住宅全体の省エネ性能の総合評価に関する研究（2008年～2013年）

〈背景・課題〉 非住宅（業務用建築）の省エネ基準は、外皮の熱性能はPAL(Perimeter Annual Load)、設備の省エネ性能は、設備毎に異なるCEC(Coefficient of Energy Consumption)という指標が既にあった。しかし設備性能の実態とは乖離し、建物用途・室用途も多いため根拠が足りず、省エネ性能の総合評価が困難であった。

〈研究概要・成果実装〉 既存の様々な建物用途の省エネ性能の全国的な実態データの調査から、総合評価法のあり方を検討し、最も数が多い事務所について、空調方式とOA機器の省エネの実態を実測した。また様々な建物用途・室用途で各設備の実態を把握する調査も補完的に行った。これらの成果は平成25年（2013年）に省エネ法の「エネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」に反映され、技術資料等として、算定・判断の解説書及び設計者が使用し易いWebプログラムの形で整備した。

#### ◆建築物省エネ法に向けた幅広い評価と実効性向上に関する研究（2013年～2018年）

〈背景・課題〉 パリ協定を通じた更なる省エネ対策の動きとして、建築物省エネ法による規制措置の段階的義務化や誘導措置のインセンティブ付与等に向け、幅広いレベルに対応し妥当性の高い評価法が必要になった。

〈研究概要・成果実装〉 住宅では、省エネの底上げのため、地域の気候を生かした躯体の工夫で設備をあまり使わない省エネ性能評価法を開発した。非住宅では、先端的な建物で使用が進む自動制御の評価法を確立した。これらの成果は、平成27年（2015年）の建築物省エネ法（建築物のエネルギー消費性能向上に関する法律）及び平成28年（2016年）の関連省令・告示に反映され、Webプログラムを含む技術資料等を、適合性判定の届け出や審査、任意評定等に耐える枠組み（モデル建物法、適合性判定マニュアル、完了検査マニュアル、性能表示（BELS）に向けた任意評定ガイドライン等）として整備した。

#### ◆非住宅の外皮（特に開口部廻り）の設計による省エネ評価に関する研究（2017年～2019年）

〈背景・課題〉 非住宅の更なる省エネ化には、設備機器に係る負荷そのものを削減する必要があり、屋外からの影響が大きい建築外皮の開口部廻りを中心とした設計の工夫に対する空調・照明の省エネ評価が求められた。

〈研究概要・成果実装〉 非住宅の開口部廻りの工夫で、屋外からの負荷を減らして温熱・光環境を確保し、空調・照明設備を連携して省エネ性能を向上させる設計法と評価法を構築した。この成果は、今後の調査検討を加えて、省エネ基準に反映される予定である。

## 2. 主な研究成果

### ◆住宅全体の省エネ性能の定量的評価に関する研究成果—外皮・設備の統合と実証実験

- ・オイルショックを契機とした、昭和 55 年（1980 年）に制定された旧省エネ法の省エネ基準以降、住宅では外皮の断熱基準しかなく、エネルギーを消費する設備と統合した省エネ評価を確立する必要があった。
- ・そこで、総合技術開発プロジェクト「エネルギー自立循環型建築・都市システム技術の開発（略称：自立循環総プロ）」（2001 年～2004 年）において、まず最も住戸数の多い温暖地を対象に、2000 年比で 10 年後に新築住宅全体のエネルギー消費を 50%削減できる省エネ要素技術の設計・評価技術の開発を行った。個々の省エネ要素技術の検討に基づき、実大の実験住宅（集合住宅型）の 2 室の一方を「従来型（比較基準）住戸」、一方を「省エネ型住戸」として、共通の気象条件や設備機器の使い方 で住宅内の生活行動を機械的に再現し、年間でエネルギー消費量等を比較する実証実験を行った。その結果、省エネ要素技術の積み上げで、従来型住戸に対し省エネ型住戸では、一次エネルギー消費量が 50%削減可能であることが実証された。これらの成果を基に、簡易に住宅全体の定量的な一次エネルギー消費量及び CO<sub>2</sub> 排出量を算出する手法を確立し、実務者向け設計ガイドラインを公開、講習で普及を図った。
- ・その後、事項立て研究「住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究」（2005 年～2007 年）において、断熱などの外皮や設備機器等の省エネ要素技術の高度化や、性能が向上し普及レベルに至った太陽光発電の検討を行い、温暖地の住宅で、一次エネルギー消費量の削減率 100%、すなわちゼロエネルギーが可能となった。さらに、暑い地域や寒い地域の住宅全体の省エネ性能は、前提条件や設備性能が異なることから、蒸暑・準寒冷地域の研究も実施した。これらの成果で全国的な省エネ評価が可能になり、平成 21 年（2009 年）に、省エネ法の「特定住宅に必要とされる性能の向上に関する住宅事業建築主の判断の基準」の策定に繋がった。

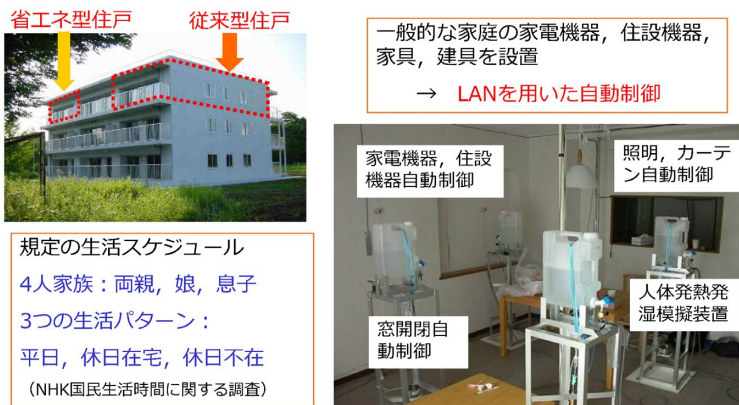


図-1 住まい方を再現した省エネ効果の実証

表-1 エネルギー消費量削減効果の算定表

用途	エネルギー基準値	要素技術	エネルギー消費率 (基準値を1.0とした場合)			
			レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
暖房	12.8GJ (43.2GJ)	断熱外皮計画	0.8	0.65	0.55	0.45
		部分暖房計画	0.6	0.5	0.4	0.3
		全館連続暖房	0.95	0.9	0.8	0.6
		日射熱の利用 (断熱外皮計画のレベル3以上を前提)	0.8	0.7	0.6	0.5
冷房	2.4GJ (5.3GJ)	エアコン (個別)	0.85	0.8	0.75	0.6
		エアコン (セントラル)	0.85	0.8	0.75	0.6
		自然風の利用	0.9	0.8	0.7	0.6
		日射遮蔽手法	0.85	0.7	0.55	0.45
換気	4.7GJ	南向き	0.8	0.75	0.65	0.55
		南東・南西向き	0.8	0.75	0.65	0.55
		東・西向き	0.8	0.75	0.65	0.55
		北東・北西向き	0.8	0.7	0.6	0.5
給湯	24.5GJ	太陽熱給湯・給湯設備計画	0.9	0.8	0.7	0.5
		照明	10.7GJ	0.97~0.98	0.95	0.9
家電	23.7GJ	照明設備計画	0.7	0.6	0.5	0.4
		高効率家電機器の導入	0.8	0.6	0.5	0.4
その他 (調理)	4.4GJ	—	—	—	—	
合計	83.2GJ (118.5GJ)	—	—	—	—	
電力	—	太陽光発電	29.3GJ削減	39.1GJ削減	—	—

### ◆非住宅全体の省エネ性能の総合評価に関する研究成果—建物用途・室用途ごとの実態の反映

- ・非住宅（業務用建築）の省エネ基準では、各設備で独立した省エネ性能評価法はあったが、省エネ性能や使用実態の根拠が少なく、実際に建物で消費されるエネルギーと乖離があった。住宅で先行し実現した一次エネルギー消費量による建物全体の総合評価を、用途が多い非住宅でも確立することが求められた。
- ・そこで、事項立て研究「業務用建築の省エネルギー性能に係る総合評価手法及び設計法に関する研究」（2008 年～2010 年）を実施した。まず、既存の様々な建物用途の省エネ性能の全国的な実態データの調査から、建物用途別における空調・照明・給湯・昇降機等のエネルギー消費割合等を分析し、非住宅全体の総合評価法のあり方を検討した。次いで、業務用建築で最も数が多い事務所ビルにおける空調方式のエネルギー消費の実態、執務環境の情報化で増加した OA 機器の使い方とエネルギー消費の実態について、中央式空調の複数建物の実測検証や、PC・複合プリンタの使用実態の調査で把握し、非住宅全体の一次エネルギー



消費量の総合評価の枠組みと、最も主要な事務所ビルの次エネルギー消費量算定の根拠が得られた。

・上記の事項立て研究の成果をベースとし、事務所以外の病院、学校、物販店舗、集会所等を含む様々な建物用途・室用途ごとの空調方式・照明制御・給湯・内部発熱等についての建築基準整備促進事業による補完的な結果を加え、最終的に、時間帯別の使用時間や使用条件に基づき、基準設定と、様々な省エネ技術を導入した設計に対して年間一次エネルギー消費量を総合評価できる方法を構築した。ある設備のエネルギー消費が多くても他の設備との合計で削減することができれば良く、省エネの実態に沿う評価を可能にするエポックとなった。これらの成果は、平成 25 年（2013 年）に、省エネ法の「エネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」の解説書作成及び Web プログラム開発支援に繋がった。

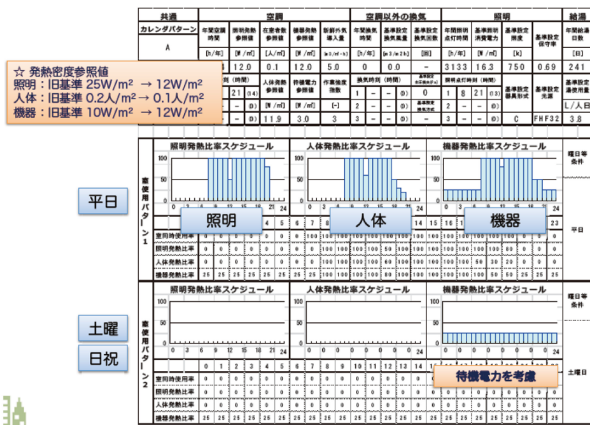


図-2 事務室の各設備使用条件の例

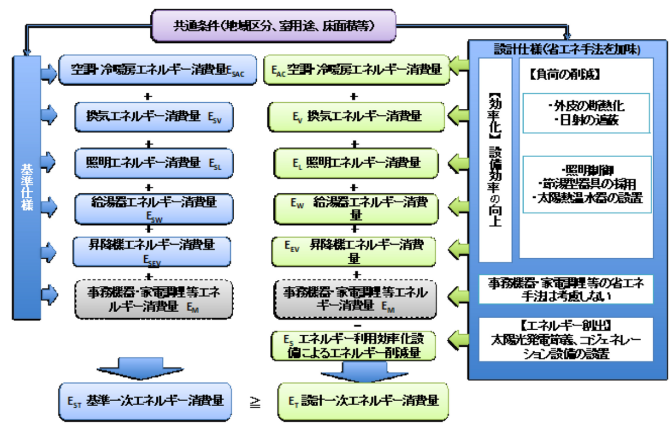


図-3 非住宅における省エネ性能の総合評価の考え方

◆建築物省エネ法に向けた幅広い評価法と実効性向上に関する研究成果—規制と誘導に対応

・2020年を目途に、建築物省エネ法で非住宅の基準適合性判定の段階的義務化（大規模建築物から）等の規制措置や性能表示による格付けが可能なインセンティブ付与等の誘導措置がなされることとなり、住宅・非住宅の適合率向上や、省エネ・省CO<sub>2</sub>を促進する設計者、審査者向けの体制構築が必要になった。

・そこで、事項立て研究「地域の生産技術に対応した省エネルギー技術の評価手法に関する研究」（2013年～2015年）において、戸建て在来木造の新築着工数の約6割を占める、地方の中小の大工・工務店（地域の住宅生産技術に対応した躯体の工夫による省エネ技術が得意）に向け、縁側の熱的な緩衝空間、日除けによる日射遮蔽、床下地熱利用など、これまでの省エネ基準で不十分であった省エネ性能評価法を検討し、省エネの底上げを図る研究を行った。また、事項立て研究「建築設

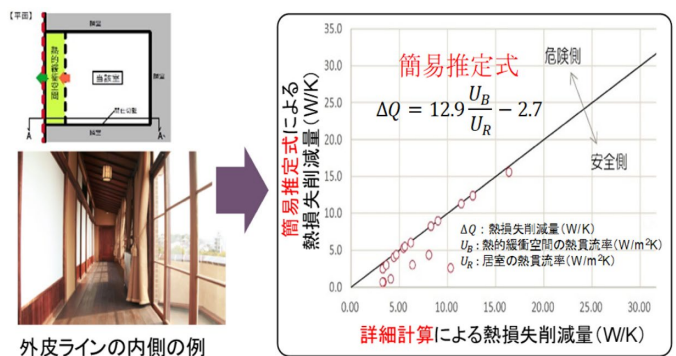
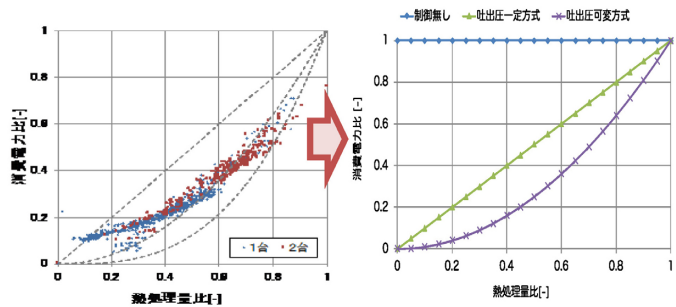


図-4 住宅緩衝空間の熱性能の評価式



ポンプ変風量制御の実測結果

構築した評価法

図-5 建築物の空調自動制御の省エネ性能評価

備の自動制御によるエネルギー削減効果の評価法の開発」(2016年～2018年)において、非住宅の先進的な建物で使用され始めた空調・照明設備の自動制御について、標準的な制御、高度な制御として種類や仕様を分類し、対応する省エネ効果を調査や実験・シミュレーションで検討して、適切に評価するための枠組み・手法を開発した。

・これらの成果は、平成27年(2015年)の建築物省エネ法(建築物のエネルギー消費性能向上に関する法律)及び平成28年(2016年)の省令「建築物エネルギー消費性能基準等を定める省令」・告示「建築物エネルギー消費性能基準等を定める省令における算出方法等に係る事項等」「住宅部分の外壁、窓等を通しての熱の損失の防止に関する基準及び一次エネルギー消費量に関する基準」等に反映され、法改正に対応したWebプログラム及び解説書等(適合性判定に向け簡易に評価できるモデル建物法の整備やマニュアル、完了検査マニュアル、性能表示制度(BELS)対応の任意評定ガイドラインなど)の作成に繋がった。

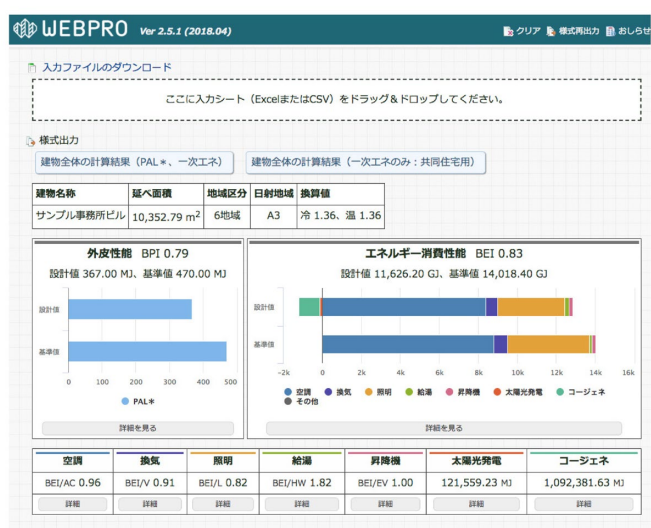


図-6 基準適合性判定に用いられる Web プログラム

◆非住宅の外皮の設計による省エネ評価に関する研究成果—設備への負荷削減と空調・照明の連携

・非住宅の更なる省エネに向けて、外壁・窓・屋根等の外皮設計(ファサード設計)により、設備への負荷を減らし、室内環境を損なわずに省エネ性能を向上させる設計法・評価法が求められるようになった。

・そこで、事項立て研究「建築物のエネルギー消費性能向上を目指したファサード設計法に関する研究」(2017年～2019年)において、建物外皮の開開口部廻りを中心とした設計の工夫を対象として、時々刻々の光・熱の年間シミュレーション等により、空調・照明設備への複合的影響を考慮したエネルギー消費性能評価法を構築した。更に、設計上の配慮事項を含めた、省エネファサード設計のための技術資料を整備した。

・今後、実務者向けの省エネファサード設計ガイドラインとしてとりまとめ、普及を図るとともに、建築基準整備促進事業による検討を通じた省エネ基準への反映が予定されている。

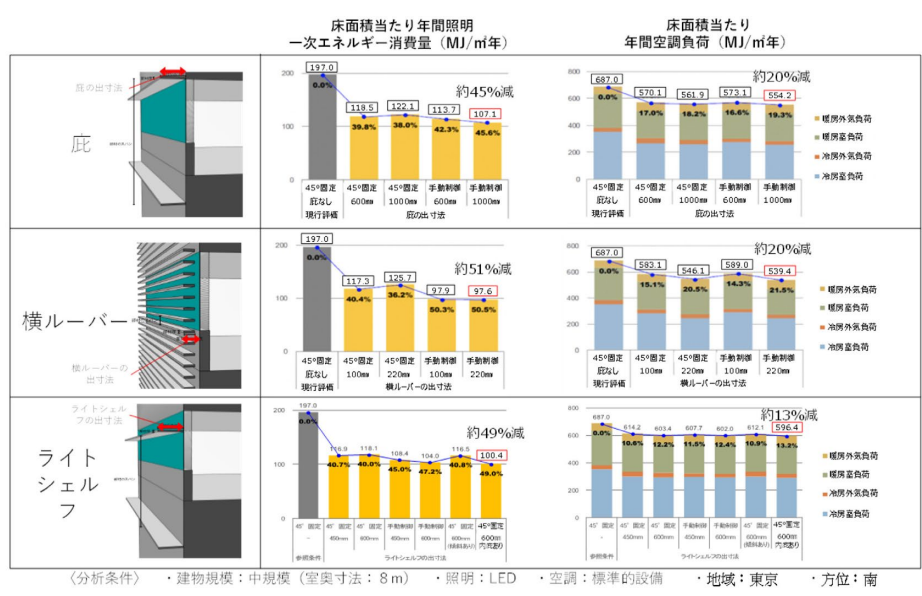


図-7 ファサードの違いによる照明エネルギー・空調負荷の削減効果

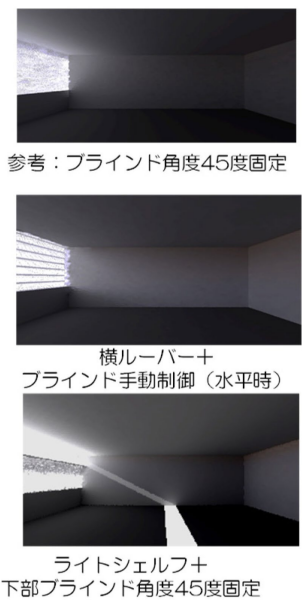


図-8 室内光環境への影響

### 3. 関係する報告書・技術資料一覧

- 1) 「住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究」、国総研研究報告 22 号 2008.2
- 2) 「低炭素建築物認定基準（平成 24 年 12 月公布）等関係技術資料－一次エネルギー消費量算定プログラム解説（住宅編）－」、国総研資料 701 号 2012.12
- 3) 「低炭素建築物認定基準（平成 24 年 12 月公布）等関係技術資料－一次エネルギー消費量算定プログラム解説（建築物編）－」、国総研資料第 702 号 2012.12
- 4) 「平成 25 年省エネルギー基準（平成 25 年 1 月公布）等関係技術資料－一次エネルギー消費量算定プログラム解説（住宅編）」、国総研資料 761 号、2013.11
- 5) 「平成 25 年省エネルギー基準（平成 25 年 1 月公布）等関係技術資料－一次エネルギー消費量算定プログラム解説（非住宅編）」、国総研資料 762 号、2013.11
- 6) 「平成 25 年省エネルギー基準（平成 25 年 9 月公布）等関係技術資料－非住宅建築物の外皮性能評価プログラム解説」国総研資料 763 号、2013.11
- 7) 「平成 25 年省エネルギー基準（平成 25 年 9 月公布）等関係技術資料－主要室入力法による非住宅建築物の一次エネルギー消費量算定プログラム解説－」国総研資料 764 号、2013.11
- 8) 「平成 25 年省エネルギー基準（平成 25 年 9 月公布）等関係技術資料－モデル建物法による非住宅建築物の外皮性能及び一次エネルギー消費量評価プログラム解説－」国総研資料 765 号、2013.11
- 9) 平成 28 年省エネルギー基準（平成 28 年 1 月公布）関係技術資料 エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）解説」国総研資料 973 号、2017.6
- 10) 「平成 28 年省エネルギー基準（平成 28 年 1 月公布）関係技術資料 モデル建物法入力支援ツール解説」国総研資料 974 号、2017.6
- 11) 「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」、国総研プロジェクト研究報告 58 号、2017.9
- 12) 「空調・換気設備の自動制御システムを対象としたエネルギー消費性能試験法に関する研究」国総研資料 1081 号、2019.9

### 4. 今後の展望

本テーマは、地球温暖化という喫緊の社会的課題に対し、実際に住宅・建築を建てようとする多くの実務者が広く使用でき、妥当かつ公平な省エネ・省 CO<sub>2</sub> 評価が可能になるよう、実証的な研究を積み重ね、実効性の高い成果として社会実装してきた過程といえる。ただし、殆どの研究は新築が主体であった。2050 年のカーボンニュートラルという目標に向け、膨大な既存住宅・建築物のストックに対し、ライフサイクルや室内環境による健康性・快適性の視点も含めた改修で、体系として検討してきた省エネ技術を如何に適用していくかが今後の残された大きな課題である。