

建築物の省エネルギー基準と評価

三浦 尚志

建築研究所では、建築物の省エネルギーに関する研究を実施している。その成果の大部分は、建物のエネルギー消費性能を建設時に評価する方法や基準を定めた省エネルギー基準に反映されている。空調機や換気装置などの多くの建築設備のエネルギー性能は、運転時の出力や外気状況などの運転状況に大きく依存するため、特定の運転状況下で計測された試験値（カタログ値）の代わりに、機器ごとにエネルギー評価モデルを構築して機器を評価している。これらの評価モデル構築のための実験・実測など、建築研究所の取り組みについて紹介する。

キーワード：建築物，省エネルギー，基準，設備，評価

1. はじめに

国立研究開発法人建築研究所では、建築物の省エネルギーに関する研究を実施している。その成果の大部分は、建物のエネルギー消費性能を建設時に評価する方法や基準を定めた省エネルギー基準に反映されている。

最初に、省エネルギー基準の概要と変遷、建築研究所の取り組みと基準との関係を示し、次に、建築研究所が取り組んでいる省エネルギー基準に関連した研究について紹介する。

2. 省エネルギー基準

2.1 基準制定の背景と変遷

省エネルギー基準とは、建築物の運用時のエネルギー消費量を削減することを目的として定められた一連の告示・省令などをいう。2016年4月以前は、エネルギーの使用の合理化に関する法律に基づく告示などを指し、2016年4月以降は、建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律および関連する省令・告示などを指す。2016年4月を境として根拠とする法律が異なるが、建築物の運用時のエネルギー消費量を削減するという目的や、設計段階での評価である点、居住者や建物使用者の使い方を除く建物や設備性能の評価としている点など、共通する部分が多いため、両者をひっくるめて「省エネルギー基準」と呼ぶことが多い。

省エネルギー基準の歴史は古く、1970年代に起きたエネルギーショックに起因して日本のエネルギー安全保障の重要性が高まる中、昭和54(1979)年に「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(以下、「省エネ法」

分類	1970～	1980～	1990～	2000～	2010～
① 省エネ法に基づく規制		1979年～ 省エネ法(努力義務)		2003年～ (輸出業務) [2000m ² 以上の非住宅建築物の建築]	
		1980年～ 省エネ法(努力義務)		2002年～ (省エネ法) [2000m ² 以上の非住宅建築物の建築]	
		1980年～ 省エネ法(努力義務)		2009年～ (住宅) [ワンルーム型住宅の購入] [2000m ² 以上の住宅・建築物の大規模改修等]	
		1980年～ 省エネ法(努力義務)		2009年～ (住宅) [ワンルーム型住宅の購入] [2000m ² 以上の住宅・建築物の大規模改修等]	
② 省エネ性能の表示・情報提供				2000年～ (住宅) [品質情報の提供に関する法律] [省エネ性能表示の制度]	
				2001年～ 建築情報統合性能評価システム(CASBEE)	
				2009年～ <省エネ法>住宅省エネラベル	
				2007年～ フラット35S(住宅ローン優遇)	
③ インセンティブの付与				2006年～ 住宅・建築物CO ₂ 削減事業	
				2004年～ 省エネ改修推進事業	
				2010年～ 住宅エコポイント	
				2012年～ 住宅のゼロ・エネルギー化推進事業	
			2008年～ 省エネリフォーム促進税制		
			2009年～ <高層ビル住宅の省エネ促進に関する法律> [高層ビル住宅省エネ促進等] [省エネ促進等]		
			2012年～ <都市の低炭素化の促進に関する法律> [低炭素都市づくり推進] [省エネ促進等]		

図1 省エネルギー基準の変遷

という)が制定された。同法律では、運輸・家電機器・建築物などの省エネ化を推進することが求められており、その方法は国土交通省(当時、建設省)などの大臣が定めることとされた。これを受けて昭和55(1980)年に制定されたのが、住宅以外の建築物(以下、「非住宅建築物」という)を対象とした「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等及び特定建築物の所有者の判断の基準」や住宅を対象とした「住宅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」などの告示である。ただし、制定当時は「努力義務」と呼ばれ、この基準を満たさないと建てられないなどの「義務」ではなく、あくまで基準に沿った建築物を設計・建設することが推奨されるといった拘束力のないものであり、具体的には金利優遇などのインセンティブの付与を目的とした制度・施策に活用されるものであった。その後、図1に示すように、何度か基準が改正され、求められる水準が厳しくなり、「努力義務」であったものがたとえば2,000m²以上の非住宅建築物に対して評価結果の届出を義務化(届出義務)するなど、徐々に強化されていった。

2.2 一次エネルギーによる評価

最近では、地球温暖化問題や省資源が社会的に重要

みうら ひさし
国立研究開発法人建築研究所
〒305-0802 茨城県つくば市立原1
miura@kenken.go.jp

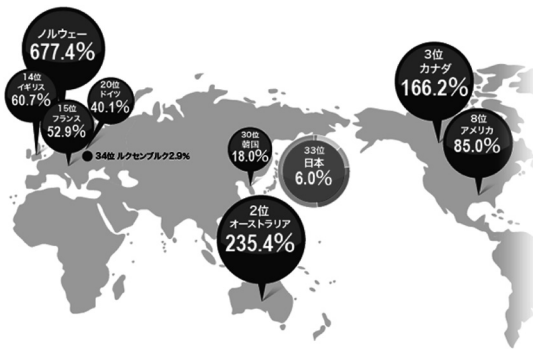


図2 各国の自給率（経産省ホームページ [1] から抜粋）

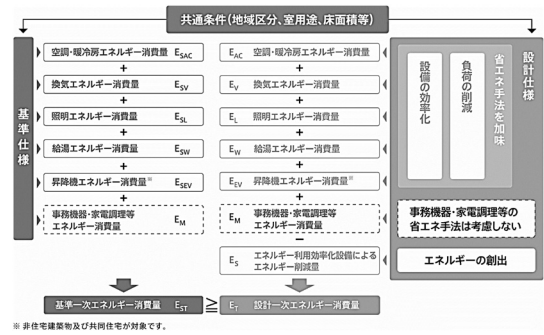


図4 建築物省エネ法の評価の枠組み

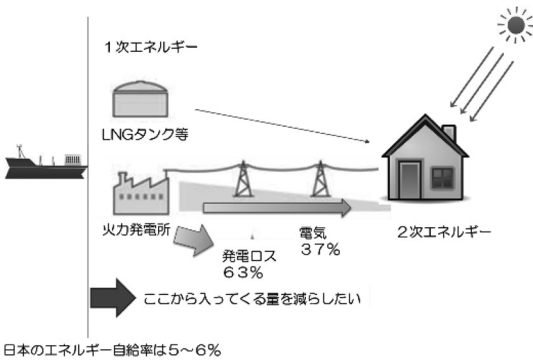


図3 一次エネルギー消費量

となっているが、省エネ法の本来の目的は、先に示したとおり、エネルギー安全保障である。基準が制定されてから30年以上経過したにもかかわらず、依然としてわが国のエネルギー自給率は先進国の中で圧倒的に低い値である（図2）。自給しているエネルギー以外は、天然ガスや石油など、海外からの輸入に頼っており、この海外からのエネルギーを減らすことが省エネ法の目的といえる。

省エネ法において、対象とするエネルギーは、石油や天然ガスなどの化石由来のエネルギーであることが明示されている。つまり、太陽熱や太陽光、バイオマス利用などによるエネルギーの消費は評価にカウントされない。建築物で使用されるエネルギーは2次エネルギーと言われるが、電気を発電する際に大量の発電ロス（熱ロス）が生じるため、電気の評価は、使用量に石油由来のエネルギー消費量に換算する係数(9,760 kJkW⁻¹h⁻¹)を乗じて評価することにしており、その換算された値を一次エネルギーという（図3）。省エネ基準では、ガス・灯油・電気などの消費量を計算し、一次エネルギー消費量に換算して評価している。

従来の省エネルギー基準では、住宅においては暖冷

房や給湯などの設備の性能は全く評価されてこなかった。非住宅建築物においても個々の機器性能（効率）は評価されてはいたものの、建物全体での省エネ性能は評価されてこなかった。しかし、設備の省エネ評価が体系的に整備された結果、2013年から建築物全体の一次エネルギー消費量を指標とする基準に変更された¹。評価方法の概要を図4に示す。当該建築物の空調や給湯、照明などの用途ごとに一次エネルギー消費量を計算し、その合計が、別途計算する基準値を下回っていればよいという枠組みである。合計値での比較であるため、たとえば空調によるエネルギー消費量が基準値を上回っていても、照明や給湯など他の用途で消費を削減すれば、合計値が下回る限り基準をクリアできることが特徴的である。

当該建築物の性能を一次エネルギー消費量で評価することは先に示したが、これを設計一次エネルギー消費量という。「設計」と呼ぶのは、省エネルギー基準の評価が建物の建築的工夫や設備性能を対象としており、居住者や店舗オーナーなどの使用者の使い方による省エネの工夫は対象としていないためである。空調運転時間や設定温度などの使い方は与条件として与えられており、車のモード効率のような、一種のベンチマークテストとしての評価となっている。実際のエネルギー消費量とは異なるという意味で「設計」とつけられている。

2.3 義務化

図5は日本の最終エネルギー消費量の推移を示したものである。全体では産業部門が占める割合が多いが、

¹ 当初、省エネ量を表す指標として、断熱や日射遮蔽などに関する指標（住宅は熱損失係数（Q値）、日射遮蔽係数（μ値）、非住宅建築物はPAL値）、熱源機や給湯設備、エレベーターなどの個々の性能を表す指標（CEC値、ただし非住宅建築物のみ）などが開発され、個々に省エネ量を評価していたが、2013年の告示改正で、住宅・非住宅建築物ともに、一次エネルギー消費量を指標とする評価に改められた。

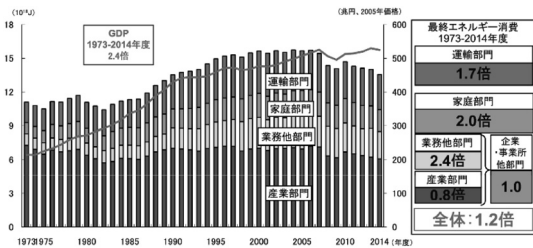


図5 日本の最終エネルギーの推移 (文献 [2] から抜粋)

規模	用途	義務化の程度	
		現行省エネ法	建築物省エネ法
大規模建築物 (2,000㎡以上)	非住宅	第一種特定建築物 届出義務 (著しく不十分な場合、指示・命令等)	適合義務 【建築確認手続きに連動】
	住宅	届出義務 (著しく不十分な場合、指示・命令等)	届出義務 【基準に適合せず、必要と認める場合、指示・命令等】
中規模建築物 (300㎡以上 2,000㎡未満)	非住宅	第二種特定建築物 届出義務 (著しく不十分な場合、勸告)	届出義務 【基準に適合せず、必要と認める場合、指示・命令等】
	住宅	努力義務	努力義務
小規模建築物 (300㎡未満)	住宅専業建築士 (住宅トータルプランナー)	努力義務 (必要と認める場合、勸告・命令等)	努力義務 (必要と認める場合、勸告・命令等)

図6 大規模建築物における義務化

過去 (1973 年) からの増加率に注目すると、業務用の建築物におけるエネルギー消費量が含まれる業務他部門で 2.4 倍、家庭部門で 2.0 倍と増加している。これらを鑑み、建築物のエネルギー消費量の削減を一層推進するために、非住宅建築物で一定規模以上の建築物の省エネ基準の適合義務化を含めた「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」が施行 (平成 27 (2015) 年 7 月公布) された。この法律を受けて、平成 29 (2017) 年 4 月から、図 6 に示すとおり、2,000 m² 以上の非住宅建築物では基準に適合することが義務づけられている。

3. 建築研究所と省エネルギー基準との関係

3.1 建築研究所ホームページにおける計算方法の公表

省エネルギー基準における設計一次エネルギー消費量の計算は非常に複雑である。特に空調設備や給湯設備の効率、設備の運転の ON/OFF などの使い方や気候条件 (外気の温湿度や日射) により大きく影響を受けるため、設備ごとに 1 日単位あるいは 1 時間単位で計算を行っている。また、住宅の給湯設備を例に挙げると、一昔前まではガス給湯機や石油給湯機を設置するぐらいしか選択肢がなかったが、最近ではヒートポンプ給湯機やコージェネレーション、ガスとヒートポンプのハイブリッド給湯機が登場するなど、技術開

○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
平成29年 国土交通省告示第206十五号

イ 既設設備の設計一次エネルギー消費量は、次の(イ)から(ト)までに定める方法により算出するものとする。

(イ) 既設設備の設計一次エネルギー消費量は、単位戸又は単位戸内の各室の単位時間当たりの既設設備の設計一次エネルギー消費量の総和 (1 年間のうち日平均外気温が 15 度以下となる全ての期間をいう。以下同じ。) における合計とし、次の式により算出するものとする。

$$E_H = \sum_{i=1}^m E_{H,i} + \sum_{j=1}^n Q_{OT,MLP,j} \times \alpha_{OT,MLP}$$

この式において、 E_H 、 $E_{H,i}$ 、 m 、 n 、 $Q_{OT,MLP,j}$ 、 R 及び $\alpha_{OT,MLP}$ は、それぞれ次の数値を表すものとする。

- E_H : 既設設備の設計一次エネルギー消費量 (単位 1 年につき MJ/ジュール)
- $E_{H,i}$: 時刻における 1 時間当たりの既設設備の設計一次エネルギー消費量 (単位 1 時間につき MJ/ジュール)
- m : 単位戸内における既設設備の数
- n : 1 年間に既着する時間 (単位 時間)
- $Q_{OT,MLP,j}$: 窓の時刻における 1 時間当たりの既設設備により処理されない既設負荷 (単位 1 時間につき MJ/ジュール)
- R : 窓の数
- $\alpha_{OT,MLP}$: 窓における既設設備により処理されない既設負荷を一次エネルギー消費量に換算する係数である地域区分及び既着方式ごとに別表第 9 に掲げる係数

(ロ) $E_{H,i}$ は、既設設備の種類及び仕様、単位戸内の床面積、外気の温湿度、既設設備により処理される既設負荷並びに太陽熱利用設備又は排熱利用設備により供給される熱を勘案し、... (以下、略)

- 省令、告示等で定められていることは、エネルギー消費性能の評価の基本的な枠組み、勘案すべき要素など
- 具体的な計算方法 (数式・数表) は定めていない。

図7 省エネルギー基準の告示のイメージ

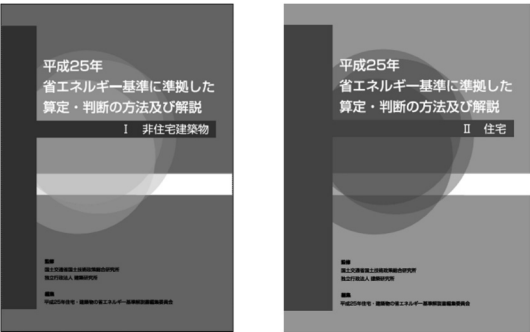


図8 省エネ基準の評価に関する解説書 [3]

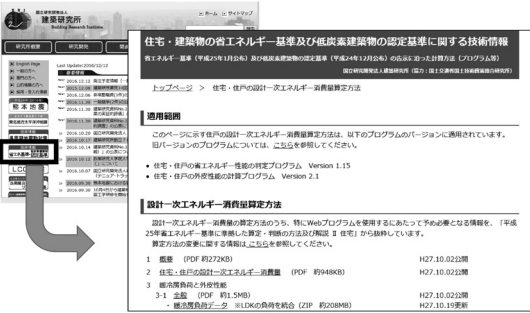


図9 建築研究所内における省エネ基準のページ [4]

発のスピードが非常に速くなっている。こういった事情に柔軟に対応するため、省エネルギー基準の告示では、エネルギー消費性能の評価の基本的な枠組みや勘案すべきことなど大枠を定めており (図 7)、個々の機器の具体的な計算方法は、国土省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所 (当時) 監修のもと解説書としてまとめられている (図 8)。加えて、省エネ関連の設備の技術開発のスピードは目覚ましく、それらに柔軟に対応するべく、最新の評価方法が建築研究所内の省エネ基準に関するホームページ上で公開され、随時アップデートされている (図 9)。

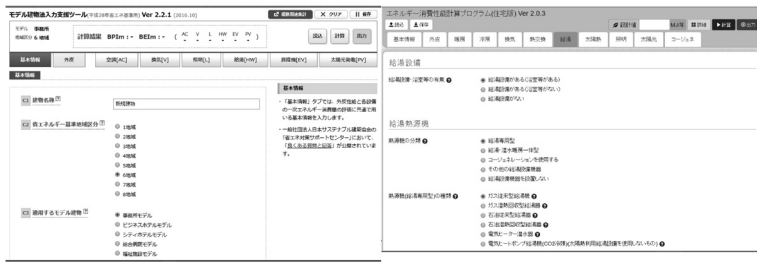


図 10 エネルギー消費性能計算プログラム（左：非住宅建築物用（モデル建物法），右：住宅用）

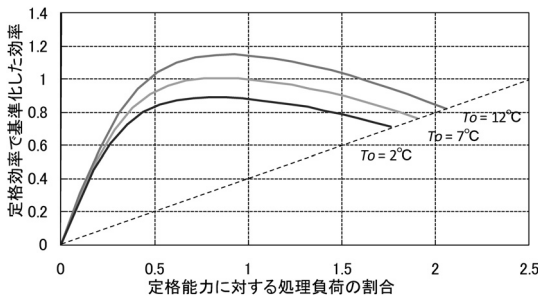


図 11 エアコンの効率曲線の例

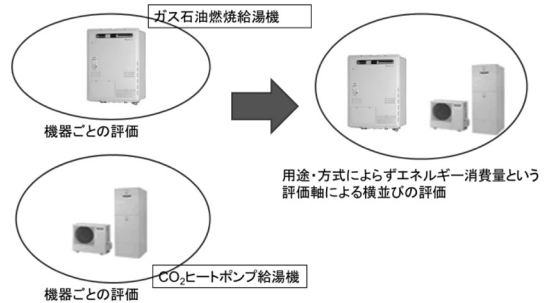


図 12 異なる用途・方式の住宅設備性能の比較

3.2 計算プログラム

公開されている計算方法に則って、独自に基準一次エネルギー消費量と設計一次エネルギー消費量を計算することは不可能ではないが、先に示したとおり、日単位・時間単位、あるいは室用途ごとに計算しなければならず、計算量は非常に膨大である。したがって、ミスなく計算を行うことは実質的には非常に難しい。そこで、建築研究所内の同ホームページ内では、別途、計算プログラムを公開している（図 10）。計算プログラムはメンテナンスやアップデートのしやすさを勘案して、WEB 上で動くプログラムとなっている。この計算プログラムを用いれば、計算方法の詳細な中身を知ることなく計算・評価ができ、届け出に必要な計算結果を表す書類も印刷することができる。

4. 省エネ基準に関連した評価技術開発の例

建築研究所では、省エネルギー基準に関連したさまざまな評価技術の開発を行っている。本稿では過去・現在に実施しているさまざまな評価技術開発について、「設備の実働性能の評価に関する研究」「室内環境の向上等に係る建築的工夫の評価に関する研究」の二つに大別して示す。

4.1 設備の実働性能の評価に関する研究

4.1.1 実働性能による異なる方式の省エネ性能比較
建築物の多くの設備、特に空調や給湯の熱源機の効率は、稼働させる出力（負荷率）、外気温湿度、吹き出

し風量や設定温度などの運転条件によって大きく変動する。図 11 は、エアコン（ルームエアコンディショナ）の暖房時の効率を表しており、外気温度や負荷率などによって大きく効率変動することがわかる。しかし、これだとの設備が優れているかを判断するためには、負荷率に応じた効率曲線を見比べなければならない。そこで、従来では、ある一点の効率、あるいはある条件で運転させたときの効率のみをカタログなどにわかりやすく表示させることが行われてきた。この値を定格効率と呼ぶ。エアコンなどのカタログに表示されている効率も、おおむね東京のような温暖な気候の外気温度で、ある住宅で運転したときの場合の効率で表示されている²。

この方法は非常に簡潔でわかりやすく、エアコン同士の効率の良し悪しを比較する分には非常に優れているといえる。このようにして、これまで、たとえば図 12 に示すように、ガス石油燃焼給湯機の効率、CO₂ヒートポンプ給湯機の効率というように、業界独自に効率を定義してきた。しかし、効率の定義がそれぞれ決められていると、異なる種類の熱源機間で省エネ性能を比較することはできない。そこで、共通の適切な与条件を決めて比較することが重要となる。さらに、日本は北海道から沖縄まで寒暖差が激しく、運転条件も頻繁

² 正確には、外気温度および負荷率ごとの出現頻度（運転時間）で定義されている。これらの計算方法は JIS C9612「ルームエアコンディショナ」に定められている。



図 13 ヒートポンプ機器の計測（建築研究所）
（左：実験室実験，右：実験住戸における実測）

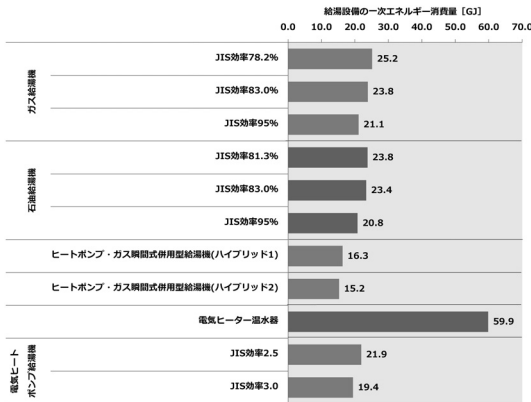


図 14 住宅における給湯の年間エネルギー消費量試算結果³

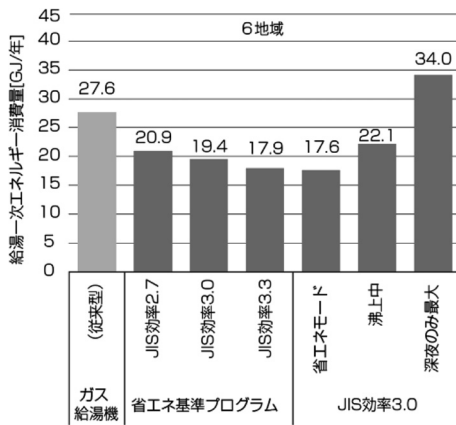


図 15 運転モードによる住宅用 CO₂ ヒートポンプ給湯機の消費量 [5]

に ON/OFF するような方法から、連続的に運転する方法までさまざまであるため、幅広く実働効率がどう変化するのか押さえておかねばならない。

建築研究所では、細かいところまで計測できる実験室での計測や、実際の運転状況を再現した模擬住宅などでの実測を通じて、計算・評価モデルの構築を行ってきた（図 13）。その結果、今では地域や運転条件に

³ 地域区分 6 地域，床面積 120.08 m²，節湯器具などは標準的な条件で試算した。



図 16 ビル用マルチエアコン

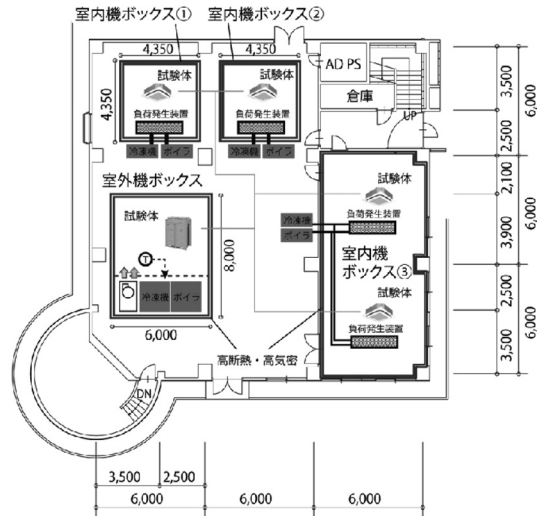


図 17 ビルマルなどを対象とした人工気候室（建築研究所）

応じて年間のエネルギー消費量を推定することができるようになっている（図 14）。

4.1.2 運転方法の違いが省エネ性能に与える影響

このようにして、ある程度のシェアを占める建築物の設備については、省エネ性能の評価方法を構築してきた。一方で、使い方の違いが省エネ性能に与える影響については、まだ解決していないことも多い。たとえば、図 15 は住宅用ヒートポンプ給湯機の省エネ性能を表しているが、運転モードによって省エネ性能が大きく異なっていることがわかる。

図 16 は、非住宅建築物に設置されるパッケージエアコンの一種で、一つのシステムで複数の室内機をもつことから、ビル用マルチエアコン（通称「ビルマル」）と言われる。家庭用エアコンでさえ、運転方法によって省エネ性能が大きく変動するのに、ビルマルの場合は複数の室内機（制御系統）をもつため、運転方法が組み合わせて選択できるためにさらに複雑である。建築研究所では、温湿度を別々に制御可能な三つの異なる室内ボックスと一つの室外ボックスからなる人工気候室（図 17）を建設し、さまざまな設定で運転した場合のエネルギー消費量を計測している。一つの実験結

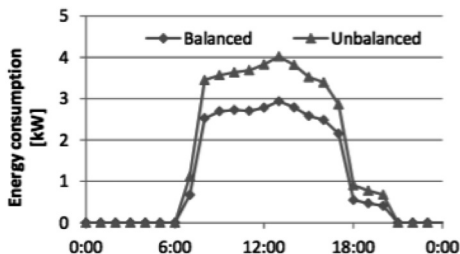


図 18 ビルマルなどの試験結果の例

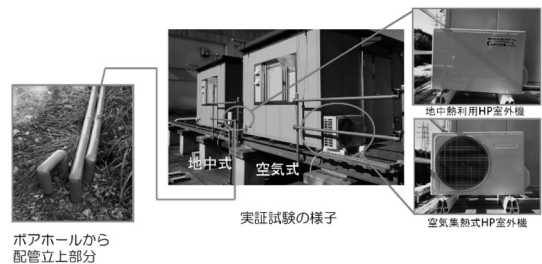


図 20 地中熱ヒートポンプの実験



図 19 実測対象のコージェネレーションと電力測定状況

果として、室内機で偏った運転をした場合と均等に運転した場合とでは、大きく省エネ性能が異なることがわかっている(図 18)。先に示したとおり、省エネ基準は使用者の使い方などの運転に関する条件があらかじめ決められた一種のベンチマークテストであるため、こういった実験と並行して別途、適切な使用条件に関する調査なども実施している。

4.1.3 複雑なシステムの評価

平成 25 (2013) 年に一次エネルギー消費量による評価となった際に、おおむね世の中で一定のシェアがある設備については評価方法を構築したと書いたが、設備システムが複雑なものについては、未だ評価・検討が不十分である。その設備の代表的なものがコージェネレーション設備である。コージェネレーションシステムは、その名のとおりのシステムで電力や熱(蒸気・温水)を発生するものであり、発電部分や排熱回収装置など多くの装置から構成される非常に複雑なシステムである。さらに電力負荷や熱負荷の程度によって大きく省エネ性能が左右されることや、先に示したビルマルの計測と異なり、簡単に実験室実験を実施することはできず、実物件に予め設置された機器を対象とした実測を中心とした検討(図 19)にならざるを得ず、まだ多くの検討を必要としている⁴。

⁴ 国交省の基準整備促進補助事業における研究課題「業務用コージェネレーション設備の性能評価手法の高度化に関する検討」(2016~2017 年度)において、採択事業者と建築研究所の共同研究として継続的に検討が行われている。

4.1.4 その他の設備の評価

建築物で多く使われている設備についてはおおむね、既往の知見や新たな実験を蓄積することで評価方法を開発してきたことは先に記したが、それ以外の設備についても評価方法構築の検討を続けている。一例として、図 20 に地中熱ヒートポンプの実験を挙げる。地中熱ヒートポンプは地中に埋設された配管内で熱交換して得られた熱を利用して暖房するシステムである。一般的に外気温度よりも地中の温度のほうが冬暖かく、夏冷たいため、エネルギー効率的には有利であると言われるが、インシヤルコストが高いことや、地中からの程度採熱できるかの予測が非常に難しいことなどから導入があまり進んでこなかった。設置する地域や地盤状況によって評価モデルが変わるため、実施した実験に加え、既往の知見、シミュレーションを活用しながら評価方法を作成している。

4.2 室内環境の向上等に係る建築的工夫の評価に関する研究

省エネルギーとは、室内の温度や明るさ、湯消費量や二酸化炭素濃度などの空気の状態のきれいさなど、室内環境の質を担保したうえでエネルギー消費量を削減することをいう。したがって、省エネの評価を行うには、室内の質の定義づけが極めて重要である。

室内の質の評価は建築の研究者が長年取り組んできた極めて複雑な研究課題であり、居住者や建物使用者の主観に大きく依存するため、評価法、たとえば、ここまでやればよいといった閾値を決めるのは難しい。特に室内環境の質に空間分布があるという点で、室内温熱環境や照明環境の評価は極めて複雑である。現在の基準においては、室内の温度分布はなく均一であるという極めて簡潔な評価となっている⁵。一方で、オフィスビルなどでは冬場であっても内部発熱が大きいため、

⁵ 住宅の室内暖房環境においては、上下温度分布がつくことによる負荷の増大、室内表面温度や床暖房使用時の床表面温度が上昇することによる負荷の減少などの影響が考慮されている。



図 21 オフィスビルの模擬実験

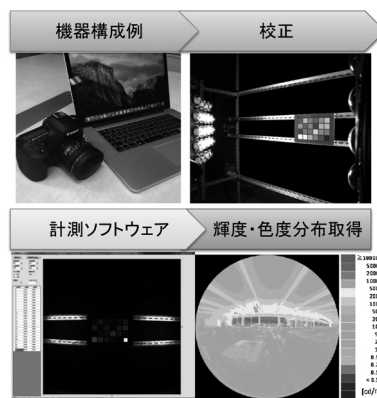


図 23 提案した輝度分布計測システム



図 22 内窓設置による室内環境の改善効果の検証

オフィスの一部分は冷房し、一部分は暖房するなど、暖房負荷と冷房負荷が同時に発生することなどが現実的には起こる。照明についても数ある指標のうち水平面照度などから逆算して必要な光束（光の負荷）を定めているに過ぎない。

これらの室内環境に求められる性能をきちんと定義し、躯体を断熱する意味、窓から昼光を取り入れる意味などを適切に意味づけし、断熱や日射遮蔽、光を取り入れる窓の配置など、設計者が行う建築的な工夫を適切に評価するために、建築研究所内に模擬的なオフィスを構築し、主に空調や照明を中心とした実験を行っている（図 21）。

図 22 はオフィスビルの断熱を強化した場合の室内温度分布の計測結果である。躯体性能を強化してもなお、表面の温度に大きく分布が見られ、水平方向においても建物の窓際であるペリメーター部分と中央部分で温度分布が見られる。今後、実験した結果を詳細に解析し、室内の温熱環境を担保するのに必要な躯体に求められる性能、あるいは躯体性能が悪い場合にエネルギー消費量が増大するメカニズムの解明を行っている。現在の簡略化された評価方法をより実態に近いものにしていく。

図 23 は、光環境の一つの指標である輝度分布の計測

に関する検討例である。現在の基準では、照度に基づく光束量を定めているが、実際の室の明るさ感は、照度のみではなく輝度分布が大きく関わることが知られている。特に輝度分布が大きいと、いくら照度を確保しても、人間の目がカメラの絞りと同じ構造をもっているため、暗く感じる。現時点での評価は水平面照度を中心とした評価により省エネ性能を評価しているが、今後検討を進めていき、より実態に即した、たとえば輝度分布がつかないように開口部を工夫するなどの設計者の建築的工夫に適切なインセンティブが与えられるような評価方法にすべく、検討を続けている。

5. おわりに

建築研究所で実施している省エネ基準に関連した研究の主なものについて紹介した。これまで見てきたとおり、多くの設備機器では、エネルギー効率は外気温度や機器にかかる負荷などの運転条件に大きく依存するため、試験室での計測値だけではなく、運転条件を想定したエネルギー効率の予測モデルを構築し評価することが極めて重要である。加えて近年では、蓄熱・蓄電技術、太陽光発電やコージェネレーションなどのオンサイト発電技術の発達により、エネルギーをいほどの程度作り、どう使うかなど、制御技術の良し悪しが住宅全体の省エネ性能に与える影響が大きくなっている。こういったソフトウェアの評価を行うためにも、実働効率などのハードウェアの評価モデル構築の重要性が増している。

参考文献

- [1] 経済産業省ホームページ、「日本のエネルギーのいま：抱える課題」、http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/energy-policy/energy2014/kadai/（2018年7月1日閲覧）

- [2] 資源エネルギー庁, 「エネルギー白書 2016」, <http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2016pdf/> (2018年7月1日閲覧)
- [3] 国土交通省国土技術政策総合研究所, 独立行政法人建築研究所 (監修), 平成25年住宅・建築物の省エネルギー基準解説書編集委員会 (編), 『平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説』, 連合印刷センター, 2012.
- [4] 国立研究開発法人建築研究所, 「建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報」, <http://www.kenken.go.jp/becc/index.html> (2018年7月1日閲覧)
- [5] 国土交通省国土技術政策総合研究所, 国立研究開発法人建築研究所 (監修), 一般財団法人建築環境・省エネルギー機構, 『温暖地版 自立循環型住宅への設計ガイドライン』, 2015.