

民生部門エネルギー消費量及び 二酸化炭素排出量の削減対策に関する動向

環境研究グループ長

澤地 孝男

民生部門エネルギー消費量及び 二酸化炭素排出量の削減対策に関する動向

環境、防火研究グループ長 澤地 孝男

目次

- I はじめに
- II 我が国の建築物の省エネルギー基準の経緯と構成
- III 我が国における省エネルギー設計のための指針類の整備状況
- IV 国内におけるその他の省エネルギー関連施策
- V 諸外国の最近の動向
- VI 今後の展望と建研の役割
- VII おわりに
- 参考文献

I はじめに

エネルギー消費量及び二酸化炭素排出量統計における「民生部門」は、「家庭部門」と「業務その他部門」から成っており、前者は住宅、後者は主として事務所、店舗、ホテル、学校といった建築物におけるエネルギー消費及びそれに起因する二酸化炭素排出量によって構成されている。周知のように民生部門における二酸化炭素排出量の削減対策が強く求められているのが現状である。1970年代の石油危機に始まった省エネルギー対策の経緯を振り返りつつ、最近の動向と今後の方向性について考察する。

II 我が国の建築物の省エネルギー基準の経緯と構成

1) 1980年～2002年

建築物に関する省エネルギー基準が創設されたのは1980年(昭和55年)である。1973年10月に第四次中東戦争が始まり原油の生産制限や価格の大幅な引き上げが行われた。次いで78年秋、イランに政変が起こり石油需要の逼迫に伴って原油価格は急騰した。この二回の石油危機が当初の基準創設の背景である。その後、湾岸戦争の勃発と地球温暖化の問題の顕在化によって、住宅省エネルギー基準は1992年に、建築省エネルギー基準は

1993年に改正がなされた。住宅については、断熱要件の強化に加えて寒冷地域については気密性に関する基準が導入された(日射遮蔽性能についても若干であるが基準が強化された)。建築(以下、業務用建築又は非住宅建築を意味する言葉として「建築」を用いる)については、空調用のみであった設備基準に、照明用・給湯用・換気用・エレベーター用の設備基準が導入された。

さらに1999年には住宅と建築のいずれにもついて、2度目の省エネルギー基準改正が行われた。住宅については、寒冷地で培われた高断熱技術が防露技術とともに広範な地域に適用され、気密性に関する基準が温暖地でも適用されることになり、それがいわゆる「高断熱高气密住宅」のブームを後押しする形となった。この時点で、温暖地(関東以西)であっても壁体内部を全充填するレベルの断熱が基準化され現在に到っている。一方、建築省エネルギー基準においては、基準値が10%程度強化され、少し遅れたが2002年にはそれまでは5000㎡以上であった対象が、2000㎡以上の建築を対象として新築及び増改築に際して省エネ措置の所管行政庁への届け出が建築主に義務づけられ、著しく不十分な場合における変更の指示、指示に従わない場合の公表等の措置が盛り込まれた。

2) 2006年の改正について

2000 m²以上の共同住宅について、省エネルギー計画書（ただし、指標は建築とは異なる）の届出が義務化された。同時に共同住宅の共用部分の設備（換気、照明、エレベーター）の基準が新たに導入された。また、住宅の断熱基準については、温暖地域での普及を促進するために、従来の技術開発成果を裏付けとして様々な代替仕様が盛り込まれた。

2000 m²以上の建築は、新築及び増改築を対象にした基準であったが、大規模改修及び模様替え（過半）についても省エネルギー計画書が義務付けられ、同時に一度計画書の提出された物件については3年毎の維持保全に関する報告も義務化されることになった。2000 m²以上の共同住宅についても、同様に大規模改修及び模様替え、維持保全に関する報告が義務化された。

3) 2009年の改正について

2009年4月施行の改正では、2000 m²以上の建築又は住宅の届出における省エネルギー措置が著しく不十分な場合であって、所管行政庁の変更指示に従わないものに対し、公表に加えて、命令、命令に違反した場合には罰則を課すことができるようになった。また、省エネ措置の維持保全状況に関する所管行政庁への定期報告に関して、登録建築物調査機関による調査の制度化がなされ、判断基準への適合が認められた特定建築物については、定期報告が免除されることになった¹⁾。

また、住宅に関しては、住宅を建設し販売する事業者（住宅事業建築主）が新築する戸建ての住宅の省エネ性能向上を促す措置が導入された（「住宅事業建築主の判断の基準」「住宅版トップランナー制度」などと呼ばれる）。この「住宅版トップランナー制度」では、評価尺度にエネルギー消費量（対象用途は暖冷房、換気、給湯、照明で、家電及び調理は対象外）が用いられており、**図1**に示すように2009年4月時点において標準的とされるエネルギー消費量に対する10%の削減を5年度（2013年度）に住宅事業建築主が供給した住宅に関して平均的に達成することが目標とされている²⁾。エネルギー消費量を尺度としている点で、後述する米国のEnergySmart Home Scaleなどと共通しているが、**表1**の様な優れた特徴を有していると言える。暖冷房負荷のみを対象とする基準から、設備性能の評価を含む暖冷房エネルギー消費量を対象としたものへ、さらには換気、給湯、照明、太陽光発電、コージェネレーションを含む総合的評価に移行する道筋は、後述するように欧米の動向にも共通しているが、一步先んじた基準となっている。

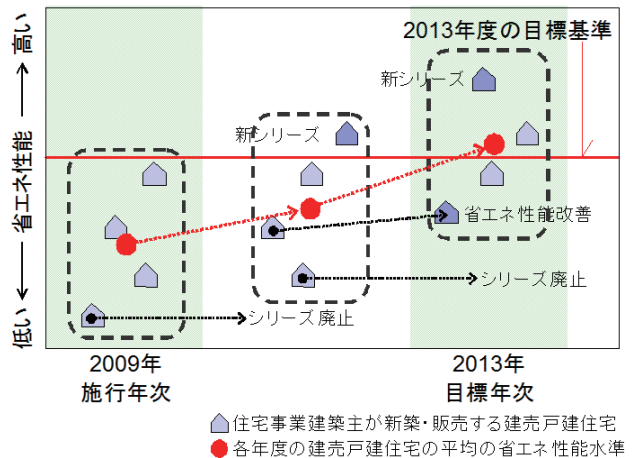


図1 住宅事業建築主の判断の基準（住宅版トップランナー制度）における、目標年次に基準を達成するまでのプロセスのイメージ

表1 住宅版トップランナー制度の特徴

- ① 暖冷房、換気、給湯、照明の各用途のエネルギー消費、あるいはエネルギー消費全体に係わる多種多様な省エネ対策技術（外皮及び設備関連）の効果に関して定量的比較が可能となり、省エネを追求するための選択肢の自由度が増加した。
- ② エネルギー消費量の推定精度を左右する設備の実働効率に関して、実証実験等に基づく従来にない正確な知見が盛り込まれている。
- ③ 制度自体は一定規模以上の事業者が対象で、供給する戸建建売住宅の平均的な省エネルギー性能の向上を目指すものであるが、評価基準については「住宅省エネラベル」(**図2**)や「住宅版エコポイント」等の施策にも適用されている。

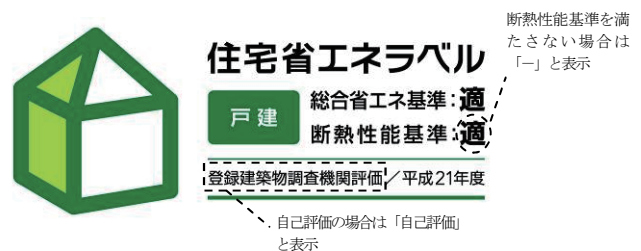


図2 平成21年国土交通省告示第634号に基づく住宅省エネラベル³⁾

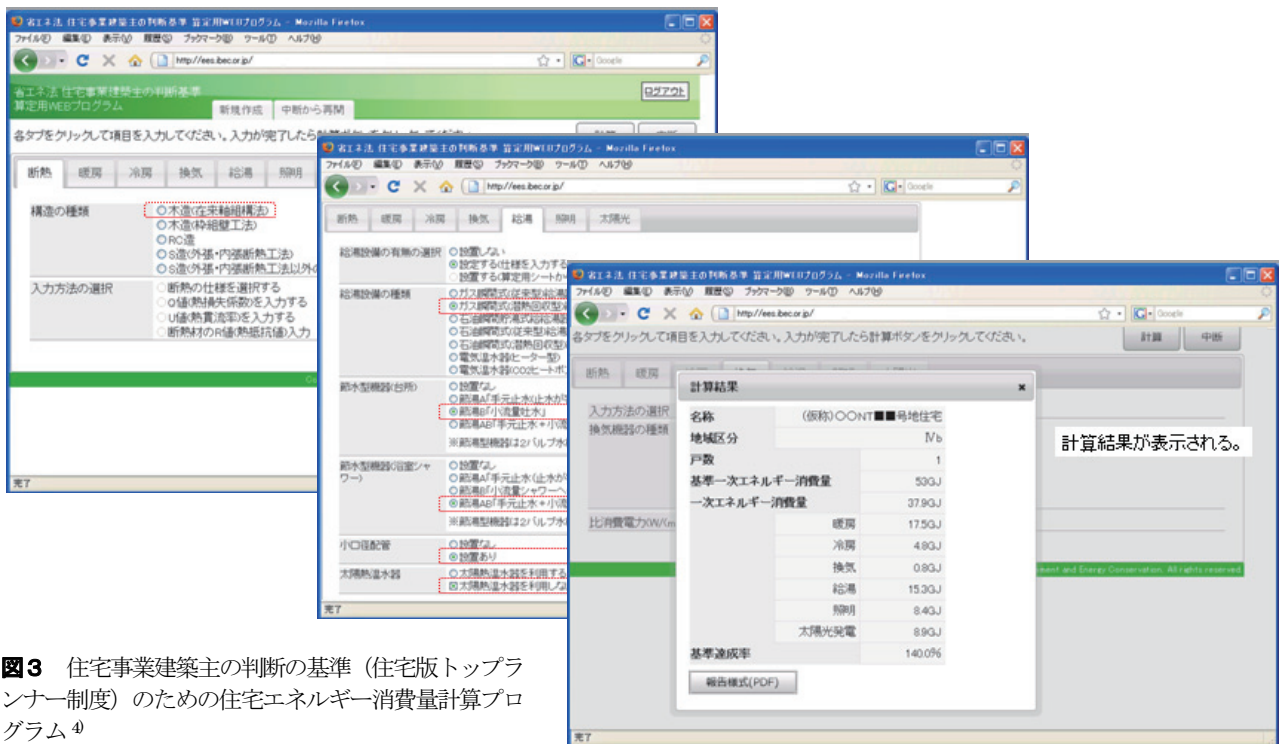


図3 住宅事業建築主の判断の基準（住宅版トップランナー制度）のための住宅エネルギー消費量計算プログラム⁴⁾

なお、従来の住宅省エネルギー基準、即ち「住宅の建築主等の判断の基準」も「住宅事業建築主の判断の基準」と併存している。

2010年4月施行の部分に関する改正内容としては、床面積300㎡以上の建築物について新築及び増改築時における所管行政庁への省エネ措置の届出、省エネ措置の維持保全状況の定期報告（住宅は除外）が義務化されることとなった。対象規模が2000㎡から300㎡に引き下げられることは大きな改正項目であり、省エネ措置届出義務の対象となる建築の比率が従来よりも格段に増加することを意味し、省エネルギー基準による施策の効果を裏打ちするものとなる。

4) 我が国の建築物の省エネルギー基準の構成

- i) 建築物は住宅と建築に区分される
建築物には様々な用途のものが含まれるが、省エネルギー基準は住宅と建築に分けられて整備されてきている。建築には様々な用途のものがあるが、省エネルギー基準における分類は表2のようになっている⁵⁾。
- ii) 評価項目は外皮と設備を対象とするものから構成される
建築物の省エネルギー基準は、主として「外皮」と「設備」という2大構成要素を対象とした基準により構成されている。

2009年4月に前出の「住宅事業建築主の判断の基準」が出る以前は、住宅の省エネルギー基準は、「外皮の断熱」及び「日射遮蔽性能」が中心となったものであり、住戸内の設備に関する基準は存在せず、共有部分の設備（換気、照明、エレベーター）のみについて2006年4月から基準が追加されていた。しかし、「住宅事業建築主の判断の基準」では、暖冷房、換気、給湯、照明設備の他、太陽光発電とコージェネレーション設備も評価の対象となっている。

建築の省エネルギー基準については、「外皮の断熱」及び「日射遮蔽性能」に加えて設備の省エネルギー性能に関する基準が当初から含まれてきた（後出の図5参照）。

iii) 性能規定と仕様規定がある（図4）

住宅省エネルギー基準は各々「住宅建築主等の判断基準」と「設計・施工指針」と略称される2つの告示から成る⁶⁾。前者が性能規定であり、後者が仕様規定である。外皮の断熱と日射遮蔽性能の性能規定はいずれも、2種類の尺度（断熱性能は、年間暖冷房負荷又は熱損失係数、日射遮蔽性能は、夏期日射取得係数又は日射遮蔽係数）があつて選択可能である。設計施工指針には、壁・屋根・窓といった部位毎に求められる熱抵抗又は熱貫流率が規定されている。

表2 建築省エネルギー基準における建物分類

建物用途	室用途	使用時間帯	使用日数	空調時間帯	外気導入量 m ³ /hm ²	照明発熱 W/m ²	人体発熱人 /m ²	機器発熱 W/m ²	給湯量(43℃ 換算リットル)
事務所	事務室	8-21	250	8-18	4	25	0.2	10	-
	会議室	9-12, 15-18	〃	〃	8	25	0.4	5	-
	ホール	8-21	〃	〃	0.6	15	0.03	0	-
店舗	店舗	8-20	312	9-18	10	60	0.375	0	-
	事務室	8-21	〃	〃	4	25	0.2	10	-
	会議室	9-12, 15-18	〃	8-18	8	25	0.4	5	-
ホテル	客室	18-10	365	0-24	3.9	15	0.07	3.95	190-220
	客室ロビー	0-24	365	0-24	2	15	0.07	0	-
	レストラン	7-22	365	7-21	2	30	0.5	0	48L/m ²
病院	店舗	8-20	365	9-18	10	60	0.115	0	-
	ラウンジ	6-23	365	8-22	4	20	0.2	0	32L/m ²
	バー	17-23	365	17-22	6	10	0.3	0	32L/m ²
	事務室	6-22	365	6-21	4	20	0.2	10	-
	結婚式場	8-20	365	8-20	6	20	0.3	3.49	-
	宴会ロビー	7-22	365	7-22	2	34.5	0.1	0	-
	大宴会場	16-21	365	16-21	20	100	1	11.6	-
	小宴会場	9-21	365	9-21	14	50	0.7	0	-
	病室	0-24	365	7-21	4	12	0.1	3	290
	外来診療・ロビー	7-16	250	8-15	6	20	0.3	6	-
学校	中央診療等	7-19	250	8-18	6	25	0.2	6	-
	食堂・売店	6-22	365	7-21	6	12	0.2	3	48L/m ²
	ナースステーション等	0-24	365	0-24	6	20	0.2	8	-
	教室	8-16	250	8-16	10	20	0.67	0	-
	特殊教室等	10-15	〃	10-15	10	20	0.4	20	-
学校	事務室等	8-17	〃	8-17	4	20	0.2	5	-
	食堂	11-14	〃	11-14	10	30	0.5	0	48L/m ²
	講堂	10-15	〃	10-15	14	30	0.7	0	-

※夏冬及び中間期について各室用途毎に空調設定温湿度が決められている（値は省略）。

	対象	告示名	
建築	建築主及び 特定建築物の所有者	建築物に係るエネルギー使用の合理化に関する 建築主及び特定建築物の所有者 の判断の基準	1980年制定 2009年最新(改正)
住宅	建築主及び 特定建築物の所有者	住宅に係るエネルギー使用の合理化に関する 建築主及び特定建築物の所有者 の判断の基準 (以下、「住宅建築主等の判断の基準」)	1980年制定 2009年最新(改正)
		住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する設計、施工及び維持保全の 指針 (以下、「設計・施工の指針」)	1980年制定 2009年最新(改正)
	住宅事業建築主 (建売事業者)	住宅事業建築主 の新築する特定住宅の外壁、壁等を通しての熱の損失の防止及び住宅に設ける空気調和設備等に係るエネルギーの効率的利用のために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 (以下、「住宅事業建築主の判断の基準」)	2009年制定

図4 建築及び住宅における省エネ法関連告示の一覧

建築省エネルギー基準はひとつの告示から成り、その中に性能規定と仕様規定が含まれる(図5)。性能規定は、外皮については年間暖冷房負荷に相当するPAL値、設備については種類ごとにエネルギー効率に相当するCEC値によってなされている。仕様規定は、「ポイント法」とも呼ばれ、合致する仕様毎に得られるポイントを合計して基準値を越えればよいことになっている⁷⁾。

また、2010年3月末までにBEST(省エネルギー計画作成支援ツール)が一般社団法人日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアムにより提供され、床面積の合計が300㎡以上5000㎡未満の、住宅を除く業務系建築物全般に適用可能となる。同ツールは、建築物・空調設備、照明設備、給湯設備、昇降機設備等を対象とした建築物の総合的なエネルギーシミュレーションツールBESTを基本として開発されたものである⁸⁾。

評価項目	A 性能基準による判断方法	B 仕様基準による判断方法(ポイント法)
外皮の省エネ性能	PAL ≤ 判断基準値	ポイント(外皮) ≥ 100
空調設備の省エネ性能	CEC/AC ≤ 判断基準値	ポイント(空調) ≥ 100 分散型設備のみ適用可
換気設備の省エネ性能	CEC/V ≤ 判断基準値	ポイント(換気) ≥ 100
照明設備の省エネ性能	CEC/L ≤ 判断基準値	ポイント(照明) ≥ 100
給湯設備の省エネ性能	CEC/HW ≤ 判断基準値	ポイント(給湯) ≥ 100
エレベーター設備の省エネ性能	CEC/EV ≤ 判断基準値	ポイント(EV) ≥ 100

図5 建築省エネルギー基準における評価指標の一覧

iv) 基準の運用方法

住宅については、何らの義務があるわけではない。住宅金融機構が行う住宅ローンの証券化業務において、住宅省エネルギー基準に準拠した物件については、金利面で有利な条件を利用できる。それに加えて住宅性能表示制度によって、外皮の断熱性能及び日射遮蔽性能に関する表示がなされる機会があった。2009年4月以降は「住宅事業建築主の判断の基準」が施行されるとともに、同年6月以降は「住宅省エネラベル」が制度化され、戸建住宅に限定されるものの、一次エネルギー消費量(暖冷房、換気、給湯、照明)の低減性能及び外皮性能の表示が制度化され、消費者への情報提供がより簡便に行われるようになった³⁾。

建築については、2000㎡以上の物件(2009年4月以降は300㎡以上の物件)について、省エネ措置の所管行政庁への届出のため、省エネルギー計画書を作成せねばならず、その時点において、建物の省エネルギー性能を確認することによる効果が期待されている。加えて、省エネ措置が著しく不十分な場合に、

所管行政庁からの指示、指示に従わない場合の公表、命令(罰則)が規定されている(2000㎡未満の建築については省エネ措置が著しく不十分な場合に勧告がなされる)。

III 我が国における省エネルギー設計のための指針類の整備状況

前章では我が国における省エネルギー基準の経緯について概観したが、一方で住宅及び建築の省エネルギー性能関係の設計や施工はいかなる指針を参考として行われているのであろうか。基準は種々の評価方法で構成されるので、そうした評価方法によって設計内容をチェックし、評価結果が改善されるように設計内容を修正することによって、評価方法即ち基準自体が設計の指針となることは十分に考えられる。一方、ここで顧みるのは設計に参考になり活用され得る、基準以外の設計指針類に関する状況である。

1) 住宅に関する省エネルギー設計のための指針類

代表的なものとしては、当研究所及び国土交通省国土技術政策総合研究所が実施した研究プロジェクトにおいて開発された設計手法として「自立循環型住宅への設計ガイドライン」(温暖地版2005年、蒸暑地版及び準寒冷地版については出版予定)を挙げることができる(図6)⁹⁾。同ガイドラインは、自然エネルギー活用技術5種類、建物外皮の熱遮断技術2種類、省エネルギー設備技術5種類について、「エネルギー消費率」という指標を用いながら実用性の高い設計方法を中心に詳細な情報がまとめられている。

また、空気調和・衛生工学会においては「住宅の省エネルギー計画・技術指針」(2010年2月)がとりまとめられている¹⁰⁾。

2) 建築に関する省エネルギー設計のための指針類

省エネルギー基準のできて間もなく「詳解ビル・建築設備の省エネルギー」が著わされ、外皮(建物)に関する省エネ手法6種類、設備に関する手法11種類、運転管理に関する手法11種類に関する指針がまとめられている¹¹⁾。

「建築物の省エネルギー(考え方と基準)」(財団法人建築環境・省エネルギー機構、2007年)は、建築省エネルギー基準で評価されている技術に留まらない広範な省エネ技術に関してとりまとめられている¹²⁾。それに先行し、社団法人空気調和衛生工学会では、1994年に最初の「建築・設備の省エネルギー技術指針」をとりまとめ、それを改定して「建築・設備の省エネルギー技術

指針「非住宅編」(社団法人空気調和・衛生工学会、2010年2月)を完成させている¹⁰⁾。

一方、省エネルギー設計に限定されないものの、「建築設備設計基準」(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)は標準的な仕様をとりまとめたものとして、設計実務界に対して大きな影響力を有している¹³⁾。近年では、「官庁施設におけるクールビズ/ウォームビズ空調システム導入ガイドライン」(国土交通省大臣官房官庁営繕部、2009年)が、空調設備に限定されるが、省エネ的な執務スタイルに適合する空調設備の設計指針をとりまとめたものとなっている¹⁴⁾。

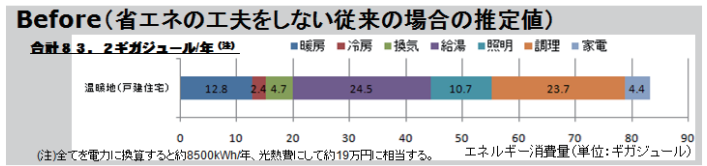
IV 国内におけるその他の省エネルギー関連施策

1) 二酸化炭素排出量の現状

政府は2002年3月に地球温暖化対策推進大綱を閣議決定し、それを2005年4月に改定して京都議定書目標達成計画を閣議決定した(2005年2月16日に京都議定書が発効したため)。前者では、2010年度のエネルギー起源の二酸化炭素排出量を1990年度比で民生部門2%減、産業部門7%減、運輸部門17%増を目標としたが、3年後の後者においては民生部門10.7%増(業務その他部門15%増、家庭部門6%増)、産業部門8.6%減、運輸部門15.1%増と変更されている。すなわち、3部門のうちで民生部門のみが目標を緩和され、他の2部門は目標が強化された。

さらに、2008年4月に改定された京都議定書目標達成計画においては、2010年度の各部門のエネルギー起源の二酸化炭素排出量を1990年度比で民生部門19%~21%増(業務その他部門26.5%~27.9%増、家庭部門8.5%~10.9%増)、産業部門11.3%~12.1%減、運輸部門10.3%~11.9%増、に目標が変更された。すなわち、産業及び運輸部門についてはさらに目標が強化され、民生部門についてはさらに目標を緩和せざるを得なかった。

この理由は年度毎に発表される二酸化炭素排出量を見れば明らかであって、図7に示すように産業及び運輸部門が平準化又はやや減少の傾向が見え始めているのに対して民生部門は一貫して増加傾向にあるからであろう。このことは、世帯人数の減少と世帯数の増加や、建築床面積の増加など、民生部門における省エネルギーにとって逆風が吹いているという



After (設計法を採用した場合の推定値)

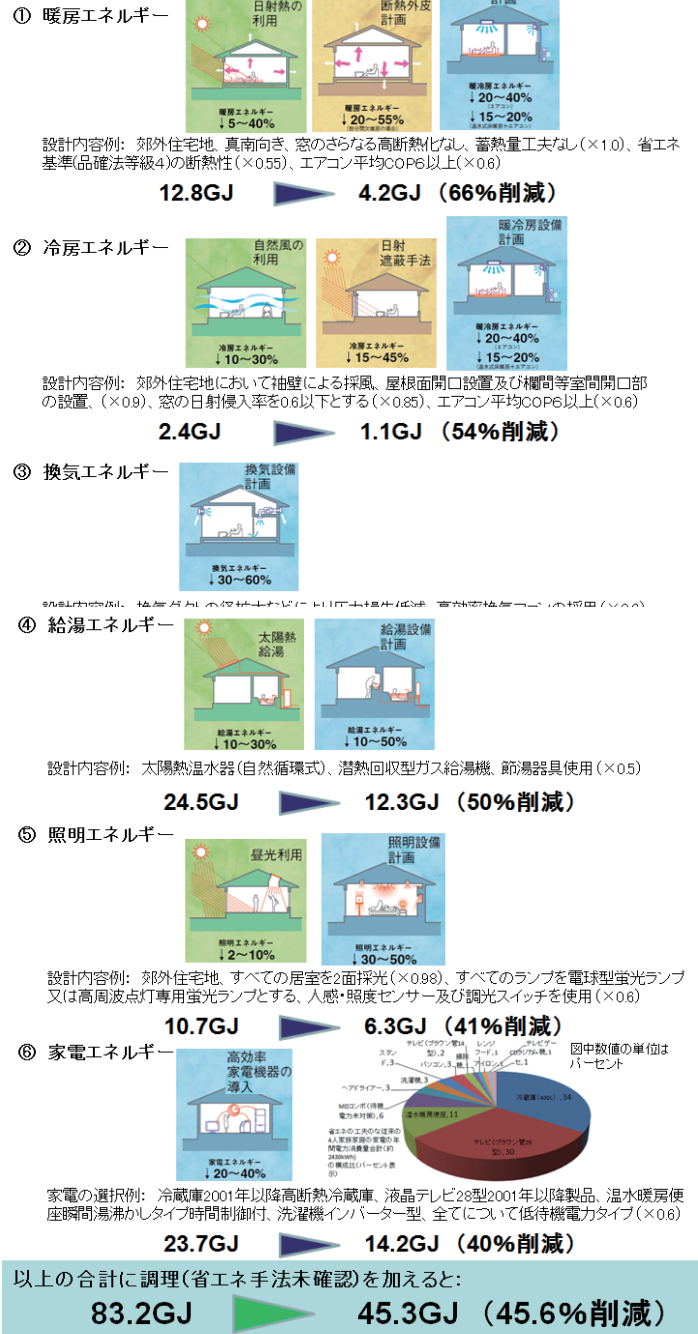


図6 自立循環型住宅への設計ガイドラインの骨子(温暖地・戸建住宅版2005年)

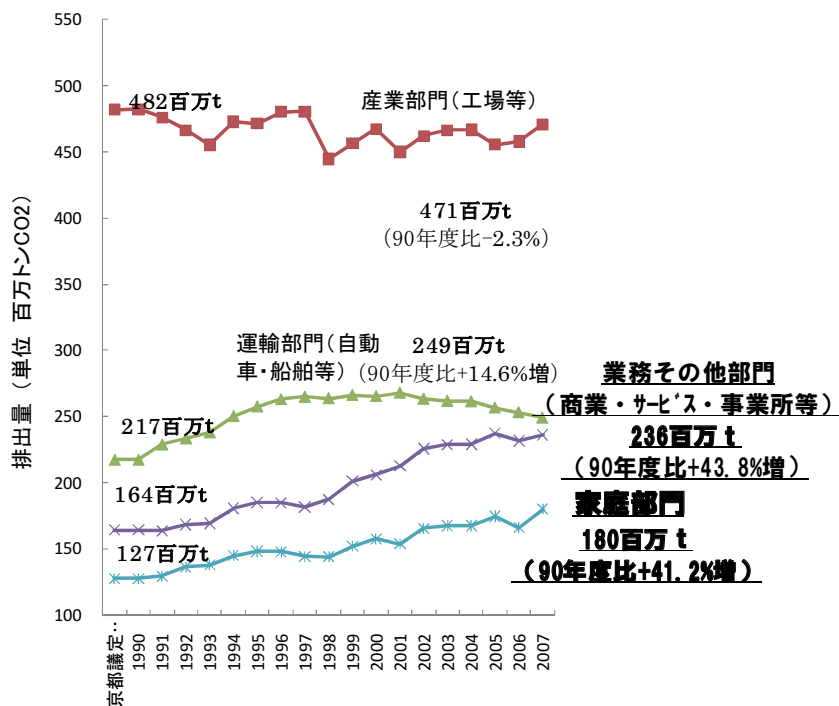


図7 1990年から2007年度までの各部門のCO₂排出量の変化

表3 民生部門が他部門(産業部門や運輸部門)と比べエネルギー消費削減が困難である主な要因

工場の生産設備や自動車の機能に比べ、住宅や建築が果たしている機能は、

- ① 多様であり、
 - ② 把握、定量化しにくい、
- とともに、エネルギーの計量は、
- ③ 機能毎又は設備機器毎に分割されて為されていない。

そのため、住宅や建築の全体又は各部位のエネルギー効率の善し悪しに関する情報は、

- ④ 入手しがたく、
- ⑤ 省エネルギー対策のコスト妥当性が判断しにくい。

側面も関係してはいる。民生部門が他の部門と比較してエネルギー消費量の削減の難度が高い理由としては表3の様な原因が考えられ、逆にこれらの原因の影響を弱めることが対策に結びつくものと考えられる。

このように今後の対策が功を奏するかどうか楽観を許さない状況にあるものの、我が国政府は、2008年7月閣議決定(福田内閣)の「低炭素社会づくり行動計画」では2050年までの長期目標として現状(同年当時)から60-80%の温室効果ガス排出量の削減を掲げ、2009年11月には鳩山首相が2050年までに現状から80%の削減をオバマ大統領との共同記者会見で発表するとともに、2009年12月閣議決定の「新成長戦略(基本方針)」では2020年に温室効果ガスの1990年比25%削減の目標を掲げている

15)16)。

2) 住宅版エコポイント制度

グリーン家電普及促進事業として2009年度から開始されてきた「エコポイント」の住宅版が2009年度の第二次補正予算に含まれており、戸建及び共同住宅の新築及び改修を対象として予算が計上されている(図8)¹⁷⁾。予算規模も大きく、実現すれば、単純に計算して33万戸分(全て新築に用いられると仮定した場合。実際には断熱改修と分け合うことになるが、断熱改修の効果としては暖房エネルギーの5割以上が削減されるものと期待される。)のエネルギー消費の約1割が削減されることが期待できる。

3) 住宅・建築物省CO₂推進モデル事業

家庭部門及び業務部門のCO₂排出量の増加傾向への対策の一

(1) エコリフォーム 窓の条件とポイント

大きさの区分	1 箇所あたりのポイント数			
	内窓設置 ^{*1} 外窓交換 ^{*2}		ガラス交換 ^{*3}	
	面積 ^{*4}	ポイント数	面積 ^{*5}	ポイント数
大	2.8 m ² 以上	18,000 ポイント	1.4 m ² 以上	7,000 ポイント
中	1.6 m ² 以上 2.8 m ² 未満	12,000 ポイント	0.8 m ² 以上 1.4 m ² 未満	4,000 ポイント
小	0.2 m ² 以上 1.6 m ² 未満	7,000 ポイント	0.1 m ² 以上 0.8 m ² 未満	2,000 ポイント

同上 躯体部位とポイント数

施工部位別ポイント数		
外壁	屋根・天井	床
100,000 ポイント	30,000 ポイント	50,000 ポイント

(2) エコ住宅の新築

一戸建の住宅

- ① 省エネ法に基づく住宅事業
建築主の判断の基準(トップ
ランナー基準)相当の住宅
- ② 木造住宅であって省エネ基
準(外皮の断熱性及び日射遮
蔽性能)を満たす住宅

1戸当たり
300,000
ポイント

共同住宅

エコポイント対象住宅基準(共同
住宅等)を満たす住宅
外皮の断熱性等と給湯設備等の
仕様が掲げられている。

図8 住宅版エコポイントの概要(2009年度第二次補正予算)¹⁷⁾

として2008年度から開始された事業であり、省CO₂対策の推進による住宅・建築物の市場価値の向上、居住及び生産環境の向上を目的として、省CO₂の実現性に優れたリーディングプロジェクトとなる住宅・建築プロジェクトを公募し、整備費等の一部を補助支援するものである¹⁸⁾。国土交通省が公募を実施し、建築研究所に設置されている住宅・建築物省CO₂推進モデル事業評価委員会において提案の評価が行われ、採択プロジェクトが決定されている。2009年度までの2年間に56件が採択され、うち26件が建築(新築)、17件が住宅(新築)、13件がその他となっている。

2010年度以降は、中小規模の事業であっても波及効果が高いものや、大都市以外の地方プロジェクトで地域特性に応じた取り組みを行うものなど、規模や地域の多様性に配慮した評価を行う方針が打ち出されている。また、単体の住宅・建築だけではなく、街区・まちづくりなど、より広い範囲を視野に入れた提案を重視する方針も同様である¹⁹⁾。

4) 地球温暖化対策推進法に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度

2006年4月より、温室効果ガスを多量に排出する事業者(年度実績のエネルギー使用量が原油換算で3000リットル以上が第一種エネルギー管理指定工場、1500リットル以上3000リットル未満が第二種エネルギー管理指定工場とされる)を対象として、温室効果ガスの排出量を算定し国に報告することが義務づけられている。一次エネルギー消費量が2000MJ/m²年の事務所ビルとすれば、約29000m²で第二種エネルギー管理指定工場、約58000m²で第一種エネルギー管理指定工場となる。いずれも対象とな

る建築は大規模なものである²⁰⁾。

5) 自治体による規制

東京都では、2010年4月より約1300の大規模事業所(地球温暖化対策推進法に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度の対象と同じ。東京都におけるCO₂排出量の合計は、都内業務・産業部門の約4割を占めているとされている)を対象として、温室効果ガス排出量の「総量削減義務と排出量取引制度」を導入することとしている²¹⁾。オフィスビル、官公庁庁舎、商業施設、宿泊施設、教育施設、医療施設等については、従前の当該事業所の平均的な温室効果ガス排出量に対して6%ないし8%の削減を義務化、工場等については6%の削減を義務化している。削減には、当該事業所内での削減とともに、排出量取引による「削減量」の取得も認められている。また、東京都では中小規模の事業所に対しては、省エネルギー技術情報をわかりやすい形式で提供するなどの普及活動を意欲的に推進しつつある。

V 諸外国の最近の動向

1) 北米の動向

米国の住宅及び建築の省エネルギー規制は、主としてASHRAE(米国暖房冷凍空調学会)の規格(90.1)²²⁾又はIECC(International Energy Conservation Code)と呼ばれるモデルとなる基準を活用して州等の自治体が定めた基準によって行われている²³⁾。それらはほぼ3年ごとに改定されるが、自治体によってどの年の版を適用するかはまちま

ちである。概して中央に位置する州では古い規格等を用いており、東部又は西部の州では新しく比較的厳しい基準を採用している。

住宅に関して、カルフォルニア、オレゴン、フロリダ、ジョージア、バージニア、ワシントン DC など 24 州の基準が準じている IECC 2006 の概要は表 4 のようになっている。

表 4 IECC 2006 の住宅の省エネ性能要件²⁴⁾

- 1) 外皮に関する断熱性、日射遮蔽性能
断熱性の U 値によるチェックは REScheck というプログラムで可能であり、部位間のトレードオフも許容されている。
防湿層は寒冷地中心で義務化されている。漏気制御については隙間の生じやすい部位におけるコーキング、ガスケット等の使用が義務化（仕様規定）されている。
- 2) 空調用ダクトの気密性、断熱性
- 3) 暖冷房設備及び給湯設備に関する要件も含まれるが限定的である
暖冷房及び給湯用の熱源の定格効率 (AFUE、SEER、HSPF といった指標) については機器に関する最低基準が適用されているのみ。機器容量については計算 (ACCA Manual J 等の手法による) が推奨されている。
- 4) 照明及びその他の機器に関する要件はない

一方、建築に関しては、カルフォルニア、オレゴン、フロリダ、ジョージア、バージニア、ワシントン DC など 23 州の基準が準じている IECC 2006 の概要は表 5 のようになっている。

上記のような省エネルギー関係基準に関する施策は、エネルギー省 (Department of Energy) の建築技術プログラム (Building Technologies Program) が中心になって進められている。同プログラムの 2010 年度の予算は約 220 億円で、2009 年度に比して 70% 増となっており、オバマ政権への変化が明確に現れている²⁵⁾。

また、同プログラムでは①R&D (ゼロエネルギー建築等の研究開発)、②機器規格及び分析、③技術の検証及び市場への導入 (Energy Star 制度や省エネルギー基準)、が 3 本柱として掲げられている。

「R&D」としては、LED 照明や高断熱窓、次世代屋根システムの開発や分析及び設計ツールの開発 (EnergyPlus 等) など、ゼロエネルギー建築 (2025 年に市場化可能なゼロエ

表 5 IECC 2006 の建築の省エネ性能要件²⁵⁾

- 1) 外皮部位毎に U 値、R 値に関する要件、窓・天窓面積比率の上限が規定されている
部位毎の U 値、R 値の要件によらない場合は、空調及び照明エネルギー消費量の多寡の指標として定義された Envelope Performance Factor による計算法を用いて部位間のトレードオフを行うことが許されている。
- 2) 負荷計算・機器容量設計、機器効率、制御、熱回収、ダクト等の要件で構成される
機器容量設計のための負荷計算が必須とされ、ASHRAE ハンドブック記載の方法等に従うことが求められている (台数制御等の制御がある場合は除外)。機器効率は COP 等の指標による。8100m³/h 以上の換気設備には効率 50% 以上の熱回収装置が必須。
- 3) ユニタリー空調システムに関する外気冷房機能 (air side economizer) の規定
- 4) 中央式空調システムに関する規定
外気冷房及び冷却塔水の 2 次側冷水循環 (water side economizer) に関する要件の規定、送風機効率 (吹き出し空気温度、フィルターや熱回収装置による圧損を考慮して決められる単位風量当たりの消費電力) の規定、冷温水熱源、ポンプ出力、ファン出力、複数ゾーンの VAV 方式の制御に関する要件
- 5) 給湯システムに関する規定
熱回収による加熱方式、熱源効率の最低条件、配管保温、温水循環ポンプの制御に関する要件、プールヒーターの操作性・口火・カバーの断熱性に関する要件
- 6) 照明に関する規定
床から天井までの間仕切り壁で囲まれた空間の照明は独立したスイッチを持たねばならない (安全や警備上に常時点灯が必要な空間は除外)。各室の照明は 50% 以下で均等に照明できる点灯パターンに制御可能なこと (器具交互点灯、ランプ交互点灯、減光等。単一の照明器具のみの場所、在室センサー制御の場所、廊下等は除外)。450m² 以上の建物での一斉消灯スイッチの設置、安定器へのランプ交互結線、出口灯消費電力の制限、照明消費電力の制限、屋外照明の制御・効率及び消費電力の要件

ネルギー業務建築の実現が目標) に向けた経済妥当性の高い新技術の開発が取組まれている。関連資料には、Whole-Building Design Process、Whole-Building Integration といった言葉が散見されるが、その主旨とし

ては「建築家、照明・電気・機械のエンジニア、エネルギーコンサルタント、建物所有者、居住者といった立場の異なる者が協調して省エネルギーの目標実現のために働くこと」「建築を構成する技術は相互に依存関係にあることを理解すること」であると述べられている²⁷⁾。

「機器規格及び分析」としては、エアコン等の種々の家電製品や照明器具に関する省エネ基準の整備、IECC2009の開発などが行われている。

「技術の検証及び市場への導入」としては、LED、既存住宅、サッシ等の開口部部品に係わる Energy Star 制度の整備、Solar Decathlon コンテストの開催、などが行われている。また、かなり以前に開発されていた住宅エネルギー消費量の予測手法 (HERS) に基づく EnergySmart Home Scale (E-Scale) を尺度として(図9)、ビルダーを募って、省エネルギー住宅の建設事例を蓄積、情報公開してゆく取り組みが行われている²⁸⁾。

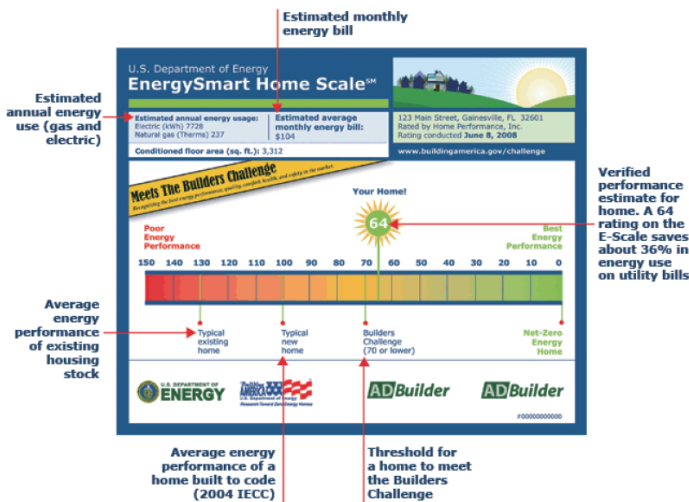


図9 米国DOEが推進している EnergySmart Home Scale (E-Scale)の表示。かなり以前に開発された Home Energy Rating System (HERS)に基づいてエネルギー消費量の予測を行っている。

2) ヨーロッパの動向

ヨーロッパ連合は、2002年に建築のエネルギー性能に関する指令 EPBD(Energy Performance Directive in Buildings)を発して(表6)、住宅を含む建築物の暖冷房・換気・給湯・照明に係るエネルギー効率を計算又は実績値によって表示する方向性を各国に示している。さらに、EPBDは2009年11月に表7にまとめるような改定案が欧州

議会等により決定されている。

表6 2003年4月に発効している EPBD の概要 (現状)

- 1) EU加盟各国に、建物の省エネルギー性能向上のため、総合的なエネルギー省エネルギー性能の計算方法、新築建物に関する省エネ基準、大規模な既存建物に関する省エネ基準、省エネルギー性能証明書制度、ボイラー及び空調設備システムの定期的点検制度、の整備を求める。
- 2) 省エネルギー性能の計算方法に関する要件
 - ・外皮及び内壁の熱性能を考慮すること、パッシブソーラーシステム及び日射遮蔽性能を考慮すること、又気密性能は考慮してもよい。
 - ・配管等の断熱を含めた暖房給湯設備の考慮をすること
 - ・空調、換気、備え付けの照明設備、自然換気を考慮すること
 - ・室内気候条件を考慮すること
 - ・太陽熱給湯、太陽電池、等の再生可能エネルギーを考慮すること、コージェネレーションの発電分を考慮すること、地域暖冷房を考慮すること、昼光利用を考慮すること
- 3) 省エネ基準について
 - ・省エネルギー性能の計算法に基づくこと
 - ・長くても5年ごとに見直すこと
 - ・新築についてはすべての建物に基準は適用することとし、1000㎡以上の新築については建設前にコージェネレーション、地域暖冷房、ヒートポンプ、再生可能エネルギー設備の活用が検討されたことを政府が確認すること
 - ・大規模改修については、経済妥当性を踏まえつつ1000㎡以上の建物について、省エネ基準を満たすことを確認すること
- 4) 省エネルギー性能証明書制度について
 - ・建物の建設、売買、賃借に際しては発行後10年未満の省エネルギー性能証明書を必要とする
 - ・証明書にはその建物の評価値とともに、省エネ基準値などの比較対象となる参照値を記入するとともに、その建物に関してコスト妥当性のある省エネ対策を記すこととする
 - ・証明書の目的は基本的に情報提供であるが、その他の活用方法は国に任される
 - ・1000㎡以上の公的な建物等では証明書を見やすいところに掲示する
- 5) ボイラー等の点検
 - ・出力100kW超のボイラーは2年毎に点検が必要となる(ガスボイラーは4年毎)
 - ・出力20kW超で15年超使用のボイラー、及び出力12kW超の空調設備については、効率の評価及び容量と負荷の適合状況の確認、更新時のためのアドバイス作成が求められる
- 6) 各国は、EPBDのための法規を2006年1月4日までに発効させる。ただし、エネルギー証明書の発行や設備の点検のための専門家が十分でない場合は3年までの延期を許容する

表7 2009年11月に決定されたEPBDの改訂概要

- 1) 従来、既存建物の大規模改修に係わる対象が1000㎡以上に制限されていたが、それが撤廃されすべての新築及び既築の大規模改修が対象となった。
- 2) 建築設備に関して新築時及び更新時における要求が加わった（大型換気設備、空調、暖冷房、照明、給湯の各設備）。
- 3) 技術的、機能的、経済的に実現可能な場合における外皮の各部位の性能要求が加わった。
- 4) 性能要求のコスト最適水準(cost-optimum level：ライフサイクルコストが最小になる条件)を計算するための手法(benchmarking methodology)を2011年6月30日までに整備する。コスト最適水準と規制の要求水準との間に15%以上の乖離がある場合には、加盟各国が対策を行う。
- 5) 地域冷暖房、CHP等の選択肢も視野に入れた対策
- 6) 2020年12月以降のすべての新築建物をほぼゼロエネルギービルとすること（公共建物については2018年以降）。再生可能エネルギーをかなり活用してそれを実現すること。
- 7) 500㎡以上の事務所空間を使用する公的機関は、エネルギー証明書を掲示すること。
- 8) 2011年までに、自発的なEU共通のエネルギー証明スキームを開発すること。
- 9) エネルギー証明書に関するランダムな検証のための独立した規制システムを各国が設立する。
- 10) 従わない場合の罰則。
- 11) 各国が資金の供給の重要性を再確認するとともに、2011年6月30日までに利用可能な資金供給制度のリストを作成する。欧州委員会は2011年までに有効性妥当性の分析を行う。
- 12) 各国は資金供給を決定する際にはエネルギー性能のコスト最適水準を考慮すること。
- 13) 改訂したEPBDによる効果としては、2020年までにエネルギー消費量の5～6%の削減、5%のCO₂排出量の削減、28～45万人の雇用の創出が予想される。

EPBDに呼応して各国は省エネルギー基準を整備することとなっているが、文献によって現況を見れば、次の様な点が指摘されている²⁹⁾：

- ・国によって省エネルギー基準における評価対象が異なる。即ち、フランスやチェコは昼光利用まで考慮しているが、フィンランドやスペインでは給湯と換気のエネルギー消費は対象外、冷房についてもすべての国が対象にしているわけではない。
- ・国によっては暖冷房負荷のみを評価対象とし、設備は評価しないか、又は設備効率については既定値としている。

設備効率を評価する国が複数あるとしても、それらの国毎の設備効率の評価方法間の整合は不十分であり比較が困難である。

元々文化や言語が異なり、気象条件が異なり、建築や設備の内容や評価方法が異なる国同士が、EPBDという共通の傘の下に、建築物の省エネルギー化に関する統一行動をとろうとしているのであり、壮大な試みであると言える。具体的には、**表8**に挙げるような欧州規格の整備を通じて、共通な評価技術の整備と普及を模索している³⁰⁾。

表8 EPBDの普及のための主な欧州規格の一覧

規格番号	内容
EN15217	エネルギー性能の表示方法及び証明書に関する手法
EN15603	総合的なエネルギー消費量及びエネルギー評価の定義
EN15316	暖房設備、給湯設備のエネルギー消費量及びシステム効率の計算法
EN15241	業務用建築における換気漏気によるエネルギー損失の計算法
EN15243	空調システムを有する建物の室温、負荷及びエネルギー消費の計算方法
EN15193	照明エネルギー消費量の評価方法
EN-ISO13790	暖冷房エネルギー消費の計算方法
EN15232	ビルディングオートメーション、制御及び管理による影響

表8に挙げた規格のうちEN15603は2008年に出来上がった最も新しい規格のひとつであり、エネルギー消費量計算に係わる多数の下位規格をとりまとめて、EPBDが求めている建築物における総合的なエネルギー消費量（一次及びCO₂排出量）を評価するための総合的な枠組みを与える規格になっている。同規格も国際規格として各国間で共通の部分を規定しており、具体性に欠けるところがあるため、同規格に強く影響を及ぼしたと考えられるドイツの関係規格基準について紹介する。

ドイツでは、DIN V 18599「建築物のエネルギー消費」という規格が2005年に作成されている。新築既築を含め、すべての用途の建物を対象として、それらの暖房、給湯、照明、換気空調の各用途のエネルギー消費量を評価するものである。建築物の使用法に関しては34種類の条件が決められている(**表9**)³⁰⁾。

表9 DIN18599 における 34 種類の建物使用条件 (抜粋)

建物用途	使用時間帯	使用日数	冷房時間帯	暖房時間帯	給気湿度範囲 (g/kg)	最小外気導入量 (m ³ /hm ²)	最低照度	在室密度 (W/m ²)	OA 等消費電力 (W/m ²)	給湯量 (60 °C 換算)
個室型事務所	7-18	250	5-19	5-19	6-11	4	500	5	7	250kWh/ 人年
オープンタイプ事務所	〃	〃	〃	〃	〃	6	750	7	10	〃
会議講義室	〃	〃	〃	〃	〃	10-20	300	24	2	〃
冷凍庫付小売店舗	8-20	300	6-21	7-21	〃	20m ³ /h 人	300	14	2	1500-2000 kWh/人年
冷凍庫無し小売店舗	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	-10	0
教室	8-15	200	6-16	6-16	〃	30m ³ /h 人	300	20	4	100kWh/ 人年
寝室	0-24	365	0-24	0-24	〃	10	200	4.5	4	3000 kWh/人年
ホテル客室	21-8	365	0-24	0-24	〃	30m ³ /h 人	200	7	4	400-1800kWh/人年
食堂	10-0	300	8-1	8-1	〃	18	200	59	2	0.8kWh/食
トイレ	7-18	250	5-19	5-19	-	15	100	0	0	0
駐車場(非公共)	7-18	250	5-19	-	-	8	100	0	0	0
計算機室	0-24	365	0-24	0-24	-	-	500	2.5	150	0
室内プール	7-22	365	5-23	5-23	-	30-60	300	-	-	0

DIN V 18599 は表10 の様な構成となっており、建築設備のエネルギー消費量計算においては、部分負荷効率を考慮した上で、月単位で計算を行うこととなっている³⁰⁾。

VI 今後の展望と建研の役割

1) 省エネルギー性能の評価：名目的評価から実質的评价へ

II 章及び V 章で整理したように、我が国、欧米のいずれにおいても住宅・建築の省エネルギー化を促進するための基準類の整備が進んでいる。評価尺度に関しては、課題は多々残されているものの、OA 機器や家電を除く用途のエネルギー消費量をより直接的に評価する方向に向かっている。住宅における取り組みが先行し、建築におけるものが後追いする形となっているが、その理由としては建物機能の複雑性・多様性、設備システム類の多様性にあるものと考えられる。

しかしながら、ある前提条件下での効果についての評価であって、建物の使用条件下で実際に発揮される効果の評価とは必ずしも一致しない評価（以降で、「名目的評価」と呼ぶ）から脱却するまでには尚、きめの細かい知見の蓄積が不足している。一方で、エネルギー消費量の計量情報に基づく建物の省エネル

表10 DIN V 18599 の構成

第1部	全般（定義、熱収支の枠組み、ゾーニング、一次エネルギー係数）
第2部	暖冷房負荷
第3部	空調負荷
第4部	照明エネルギー消費
第5部	暖房エネルギー消費
第6部	住宅換気システムエネルギー消費
第7部	空調及び冷房エネルギー消費
第8部	給湯エネルギー消費
第9部	複数エネルギー発生設備
付録1	事例、指針：エネルギー性能証明書の作成手順

ギー性能の評価は、我が国の温暖化効果ガス排出量算定等制度や自治体における規制制度、また欧米ではEPBDにおいて位置づけられているが、今後は単なる計量情報ではなく評価のために意味のある情報を有すデータの入手可否がポイントとなる。その点に関しては、国際エネルギー機関 IEA の ECBCS プログラムにおける研究活動 (Annex53 Total Energy Use in Buildings - Analysis and evaluation methods) や ISO/TC163 における規格提案 Presentation of real energy use of buildings 等において取り組みが始められている。

また、現状では、省エネルギー性能の評価手法と省エネルギー設計法との区別が判然としないまま、前者の整備が先行する形で取り組みがなされることが多いが、前者を名目的評価から実際に建物が使用された状況下におけるエネルギー消費の多寡の評価に使用できるもの（そうした評価を「実質的评价」と呼ぶこととする）に改良してゆくためにも、よりきめの細かい知見を必要とする省エネルギー設計法の開発整備が重要となっている。名目的評価であっても、それを尺度として新築や改修が行われることで、平均的な建物のエネルギー性能が向上し、結果的に社会全体で省エネルギー化又は低炭素化が実現する希望はあることはあるが、名目的評価に留まっていたら効果が現れるのに時間がかかるとともに、特定の建物における効果の予測とそれに基づく種々の計画や検討に活用し難いという問題が残される。

2) 省エネルギー基準と省エネルギー設計法の区別と役割分担

基準等の省エネルギー性能評価では、書き込むことの困難な詳細な知見も多々あることから、基準等評価手法や制度と省エネ設計法には相補的な役割を持たせるべきではないかと考えられる。別の見方をすれば、そもそも省エネ設計法が存在しない要素技術に関して、いきなり性能評価方法を基準化することは、評価法自体の精度を不安定なものとするところから、個々の要素技術に関する省エネ設計法の明確化は欠かせないステップではないかと言える。例えば、空調設備の省エネ効果を評価する際には、機器効率情報だけで判断できるものではなく、機器容量をどのように決めるかという設計法を前提として実質的な省エネルギー性能評価が行い得る。後者を仮定した上での評価は名目的評価の域を出ていない。

省エネ手法の効果の大小は、建物の設計と条件によって左右される。例えば、あるレベルの断熱性向上によるエネルギー消費の削減量は寒冷な地域ほど、暖房を広範囲長時間行う建物ほど

ど大きくなる。省エネ設計法では、設計と条件をより詳細に規定して、省エネ効果を定量化することで、より正確な情報を実務者に伝えることが可能である。また、省エネ設計法は、省エネルギー基準のように必ずしも設計と条件を網羅して評価可能である必要はなく、利用者である実務者を限定して、限られた設計と条件についてのみ、設計内容（採用する手法と仕様）と省エネ効果の関係を記述することでもよい。一方、II章やV章で紹介したような公的な省エネルギー基準の類では、評価法が適用できない設計条件があってはならず、普遍的な評価方法となっていることが求められる。普遍的とするために、設計と条件の規定方法が粗くなり、評価方法が単純化されることによって、名目的評価に近いものになってしまう（図10）。

建物の省エネルギー設計法の整備のための課題と相互の関係を整理すると、図11のようになるものと考えられ、そこには「I. 省エネ設計法の枠組み構築」、「II. 使用条件」、「III. 外皮」、「IV. 設備機器」に関する課題が存在するのではないかと考えられる。

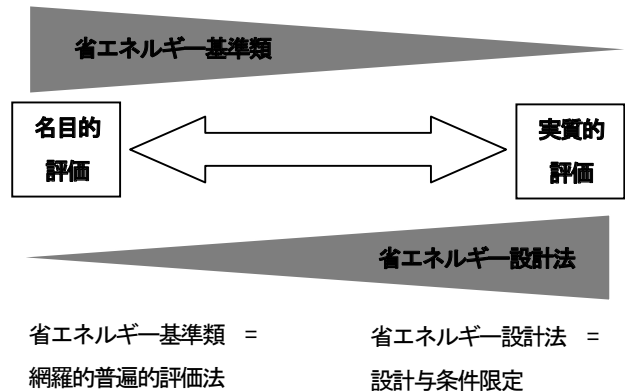


図10 「省エネルギー基準類」と「省エネルギー設計法」の比較

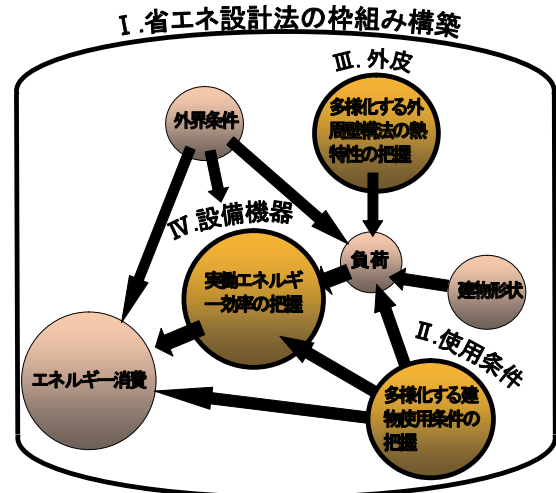


図11 省エネ設計法整備に向けた4つの課題（I～IV）

3) 省エネルギー設計法の枠組み構築

省エネルギー設計法の枠組みに関する議論としては、IEAのSHCプログラムのTask23におけるIntegrated Design Process, A Guideline for Sustainable and Solar-optimized Building Design³³⁾、ECBCSプログラムのAnnex44におけるResponsive Building Concepts, Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings³⁴⁾、ISO/TC205によって作成された規格ISO 16813 “Building environment design – Indoor environment – General principles”などを挙げるができる。同規格は日本のTC205国内委員会が中心となり作成されたものであるが、同規格に関連して、新規規格提案ISO/WD13153 “Framework of the design process for energy-saving single-family residential and small commercial buildings with the energy consumption ratio as a criterion”もまた日本のTC205国内委員会からなされている³⁵⁾。同提案はエネルギー消費率energy consumption ratioを評価規準として用いた、住宅又は小規模業務用ビルの省エネルギー設計法の枠組みに関する規格提案となっている。

4) 建物使用条件に関する理解の必要性

ISO/WD13153 及びⅢ章1) で言及した「自立循環型住宅への設計ガイドライン」(2005年)では、気象条件、建物形態、使用方法といった設計と条件を限定した上で、如何なる技術及び仕様を適用することが、如何なる省エネルギー効果を生むかを記述することが設計法の枠組みとなっている。そのような設計法の整備に当たっては、設計と条件として規定すべき条件とは、如何なる条件であるのか、条件を記述するためには如何なる方法が適当であるのか、予め明らかにしておく必要がある。気候区分を作成するのもそのひとつであるが、表2や表9に掲げられたような多種類の室や使用方法の存在する建築では、住宅に増して設計と条件の規定方法のみについても、検討の余地はありそうである。

5) 外皮による負荷及び設備機器によるエネルギー消費の予測法拡充の必要性

エネルギー消費量が発生する段階として、まず負荷(暖冷房負荷、給湯負荷、必要換気量、所要照度等)が介在し、次にそれら負荷を処理するための設備機器の効率の良否が関係する。このうち、特に設備機器のエネルギー効率の評価が我が国においても欧米においても省エネルギー性能の実質的評価を実現す

るための最大の課題のひとつとなっていると考えられる。その課題は、前述した Whole-Building Design Process 又は Whole-Building Integration という普遍性の高い目標の実現における、建築設計者と機械等のエンジニア間の正確な情報のやりとり、と換言することができよう。

6) 建研の役割

民生部門の省エネルギー化及び低炭素化の社会的要請に関して、公的な基準の整備とそれを基軸とした施策は大きな効力が期待されている。欧米においても、我が国においても極めて社会の関心は高いと言える。関連分野における建研の役割は、そうした公的基準の整備と施策のための技術的裏付けの構築のために貢献してゆくことにあるのではないかと考える。さらに言えば、Ⅱ章からⅤ章に紹介した国内外における民生部門の諸対策の動向から判断して、本章で挙げた1) から5) の課題について、特に建研が寄与すべきではないかと考えられる。

なお、本稿では言及し得なかった課題も存在し、例えば建物単体ではない街区や都市スケールでの対策技術や、建築空間の健康性、快適性、利便性に関する評価及び設計技術など、建研として同時に取り組む必要のある課題もある。本稿では、それらの他の課題とも関連し、かつその解決が他の重要課題の解決においても不可欠であるところの建物単体の省エネルギー化及び低炭素化の技術開発分野に焦点を当てたものをご理解いただきたい。

Ⅶ おわりに

本稿では、民生部門のエネルギー消費量及二酸化炭素排出量の削減対策に関連する分野の動向と今後における技術的課題について整理を行った。動向を整理するにあたり、国内における基準整備、国際規格の策定、欧米等との国際共同研究等への参加を通じて得られた情報を活用させていただいた。それらの機会を与えていただいた関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_tk4_000005.html
- 2) <http://ees.ibec.or.jp/outline/p03.php>
- 3) <http://www.ibec.or.jp/label/index.html>
- 4) <http://ees.ibec.or.jp/>
- 5) (財)建築環境・省エネルギー機構：建築物の省エネルギー基準と計算の手引—新築・増改築の性能基準 (PAL/CEC) —平成21年省エネ基準対応—

