

総合技術開発プロジェクト
「循環型社会及び安全な環境の形成のための建築・都市基盤整備技術の開発」
—エネルギー自立循環型建築・都市システム技術の開発—

国土技術政策総合研究所
建築研究部 建築新技術研究官
澤地孝男

1. 研究の目的及び背景

統計によれば家庭部門からの二酸化炭素排出量は 1990 年度に比べ 2003 年度で 31.4%の増加となっている。省エネルギー住宅技術の開発は営々と続けられているにもかかわらず、効果がなかなか現れてこないのは何故か？どうすれば、効果を実際に見ることができるようになるのか？そのような問題意識に基づいて、平成 13 年度から 16 年度までの 4 年間、多数の大学、民間企業、政府の関連機関の協力を得て自立循環型住宅技術の開発整備普及のための活動が進められた。

目指すところは、これまでの各方面からの取り組みを振り返り、必要とされているのは当面は《使いやすい技術》であって、複雑で高度な知識を必要とするものではないこと、効果が未知数のものではないこと、《定量的な効果》を立証する必要がある、理想的な条件に限られる机上の最高効率や効果では不十分である、ということであった。

平成 17 年 6 月に出版された『自立循環型住宅への設計ガイドライン』は、極力多数の住宅建設設計実務者に利用していただけるよう、多様な団体や民間企業に講習会の企画が呼びかけられている。二酸化炭素排出量の「31.4%の増加」は、完成しかかった技術の普及よりも、未知の技術を追いかけ過ぎたあまり、実は有望さの点で非常に手堅い、身近で単純な技術を軽視し、それらを普及させる段階での工夫が必ずしも十分ではなかったことが一因である。

2. 研究成果の概要

研究全体は 4 つの課題、すなわち「要素技術の開発」「省エネルギー効果の実証実験」「設計建設支援手法の開発」及び「普及促進のための取り組み」から成る。

要素技術開発については、次のような課題に関する検討を行った。

- 1) 断熱外皮のための新技術開発
- 2) 高効率暖冷房・給湯システムに関する技術開発
- 3) 換気・通風システムに関する技術開発
- 4) 昼光利用・照明システムに関する技術開発
- 5) 開口部日射遮蔽計画に関する技術開発
- 6) 資源循環システムに関する技術開発（主として水及び生ゴミ）

省エネルギー効果の実証のため、独立行政法人建築研究所内に建設された R C 造構造体のうち 2 区画（最上階妻側）を使用した。2 区画（西と東）に 2 通りの住宅・設備システムを設置することができ、春・夏・秋・冬、四季のデータを合成して年間の省エネ効果を推定した。従来は、実際に居住されている世帯の実態調査等を行ってきたものの、生活行動や機器設備の特性などが不明なままでおわることが少なくなく、また世帯によって生活行動がまちまちであるために、エネルギー消費構造と様々な工夫の省エネ上の効果を明確にすることが困難であった。駆動・制御機器等を用いて生活を再現する方法を採用し、2 つの住戸に同一の生活を再現し、その下で省エネ対策の現実的な効果に関する情報を得た。

3. 「自立循環型住宅」の定義と設計ガイドラインの対象

自立循環型住宅とは、気候や敷地特性などの住宅の立地条件および住まい方に応じて極力自然エネルギーを活用した上で、建物と設備機器の設計や選択に注意を払うことによって、居住性や利便性の水準を向上させつつも、居住時のエネルギー消費量(二酸化炭素排出量)を2000年頃の標準的な住宅と比較して50%にまで削減可能な、2010年時点までに十分実用化できる住宅である。

本来、自立循環型住宅の設計に有効な個々の技術(要素技術)の設計・適用方法は、住宅を建設する地域や敷地の条件、住宅の建て方や工法、及び住まい方などの設計の前提となる条件によって変わるものであり一律ではない。将来的に多様な条件を対象とした設計ガイドラインが必要であるが、現段階では次のような条件に絞られている。

- 建設地域：比較的温暖な地域(省エネルギー基準Ⅳ地域：概ね関東以西の地域)
- 住宅の建て方：一戸建ての住宅
- 木造住宅(伝統的構法による住宅も含む)

4. 13種類の省エネルギー要素技術

自立循環型住宅のガイドラインでは、実証実験や数値シミュレーションにより効果を裏付けることのできた技術のみを対象としている。それらの一覧を表-1に示す。

表-1 『自立循環型住宅への設計ガイドライン』で取り上げた省エネルギー要素技術

要素技術分類	熱環境分野	空気環境分野	光環境分野	その他
自然エネルギー活用技術	日射熱の利用 太陽熱給湯	自然風の利用	昼光利用 太陽光発電	
建物外皮の熱遮断技術	断熱外皮計画 日射遮蔽手法			
省エネルギー設備技術	暖冷房設備計画 給湯設備計画	換気設備計画	照明設備計画	高効率家電機器の導入 水と生ゴミの処理と効率的利用

これらの要素技術を採用した場合の省エネルギー効果は、東京に建てられた4人家族(世帯主45歳会社員、配偶者42歳専業主婦、17歳高校生女子、15歳中学生男子)の住む戸建住宅(敷地63.5坪、延床面積128.35m²)を与条件として算出している。これらの要素技術を適用する前の状態における基準となるエネルギー消費構成は表-2のようになるものと推定し、この状態に各種の省エネルギー要素技術を適用した場合のエネルギー消費量削減効果を評価している。

表-2 基準となるエネルギー消費構成(省エネルギー要素技術適用前の一次エネルギー消費量)

エネルギー用途	エネルギー消費量基準値 (一次エネルギー換算値)	
	部分間欠暖冷房の場合	全館連続暖冷房の場合
暖房	12.8 ギガジュール (15.4%)	43.2 ギガジュール (37.1%)
冷房	2.4 ギガジュール (2.9%)	5.3 ギガジュール (4.6%)
換気	4.7 ギガジュール (5.6%)	4.7 ギガジュール (4.0%)
給湯	24.5 ギガジュール (29.4%)	24.5 ギガジュール (21.0%)
照明	10.7 ギガジュール (12.9%)	10.7 ギガジュール (9.2%)
家電	23.7 ギガジュール (28.5%)	23.7 ギガジュール (20.3%)
調理	4.4 ギガジュール (5.3%)	4.4 ギガジュール (3.8%)
合計	83.2 ギガジュール (100.0%)	116.5 ギガジュール (100.0%)

「基準」という単語を用いているが、目標とすべき値という意味ではなく、自立循環型住宅技術を適用する前のベースとなる値という意味で用いている。

5. エネルギー用途毎の省エネルギー設計

用途毎に採用する要素技術のレベルに応じてエネルギー消費量を推定することができる。ここでは暖房エネルギーを例にとる。その多寡に関連する要素技術としては、断熱外皮計画、日射熱の利用、暖冷房設備のエネルギー効率の3項目が関係する。表3に暖房エネルギー削減に係る要素技術を適用した場合の効果を示す。レベル1から4は自立循環型住宅技術として推奨される要素技術の適用水準であり、レベル0は自立循環型住宅技術としては不十分な水準を意味している。

表 - 3 暖房エネルギーを削減するための要素技術とそれらの効果(本表は部分間欠暖房が前提条件)

エネルギー用途	エネルギー基準値	要素技術	評価指標・手法	エネルギー消費率(基準値を1.0とした場合)					
				レベル0	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	
暖房	12.8 GJ	断熱外皮計画	省エネルギー基準	1.0	0.8	0.65	0.55	0.45	
			S55 基準	H4 基準	H4 基準・H11 基準 中間	H11 基準	H11 基準超		
		日射熱の利用	手法: 開口部断熱向上、集熱面積増加、蓄熱	1.0	0.95	0.9	0.8	0.6	
			い地域・ろ地域	立地3 0-15°	手法を非採用	/	, + , +	+ +	/
				立地3 15-30°	手法を非採用	/	, + , +	/	/
				立地2 0-30°	手法を非採用	, + , +	/	/	/
			は地域	立地3 0-15°	手法を非採用	/	/	+ , +	+ +
				立地3 15-30°	手法を非採用	/	/	+ , +	/
				立地2 0-15°	手法を非採用	+ , +	+ +	/	/
				立地2 15-30°	手法を非採用	/	+ +	/	/
			に地域・ほ地域	立地3 0-30°	手法を非採用	/	/	+ , +	+ +
				立地2 0-15°	手法を非採用	+	+	+ +	/
				立地2 15-30°	手法を非採用	+	+ +	/	/
			暖冷房設備計画(暖房)	エアコン	COP	1.0	0.8	0.7	0.6
		4.0未満			4.0以上	5.0以上	6.0以上	/	
		温水床暖房+エアコン		手法: 床暖配管断熱措置、エアコンCOP	床暖断熱措置なし	あり	あり	あり	/
				4.0未満	4.0以上	5.0以上	6.0以上	/	

土塗り壁とする等)、を組み合わせることさらに 0.6(40%削減)までの効果が出る。例えば、パッシブ地域区分の「は地域」で立地3(冬至に終日日照)であれば、断熱外皮計画でレベル3かつ日射熱の利用でレベル4を適用することで、暖房エネルギーは $7.04 \times 0.6 = 4.22 \text{GJ}$ で済むものと推定される。

さらに、暖房エネルギーは暖房設備のエネルギー効率に関係し、COPが6以上のエアコンを使用することにより暖房エネルギーは0.6倍となる。したがって、上記の例において通常のエアコンの代わりに高効率のエアコンを使用することで、暖房エネルギーは $4.22 \times 0.6 = 2.53 \text{GJ}$ となる。ただし、エアコンのCOPは暖房負荷に比べて過大な能力のものを用了場合には、表示されたエネルギー効率が発揮されないので注意が必要である。

6. エネルギー消費量の推定確認方法

表-4にエネルギー消費全体に亘る効果算定例を示すが、この例によれば太陽電池を採用しない条件でも47%の一次エネルギー消費量の削減が期待できる。

表-4 エネルギー消費量の算定例

下記の省エネルギー要素技術を適用した場合、47%の削減率となる。

平成11年省エネルギー基準に準じた断熱性/東京冬至5時間日照条件南面条件で日射熱利用手法を適用/エアコンCOP6以上(暖冷房とも)/自然風利用条件立地2で手法を適用/開口部日射侵入率0.3以下(真北のみ0.55以下)/熱交換無し第1種換気でダクト径75mmとし給気口位置工夫/太陽熱給湯システム(真空管貯湯式)・節湯器具・浴槽断熱/採光条件立地2で全居室2面採光及び廊下非居室1面採光/高効率照明器具及び人感センサー照度センサー適用/省エネ型冷蔵庫・液晶テレビ・省エネ型暖房便座・省エネ型電気ポット・AV機器低待機電力型使用

エネルギー消費量の算定表(斜体文字部分が表3~8より求まる各要素技術適用時のエネルギー消費率)

用途	算定式	設計値	基準値	削減率
暖房	$12.8 \times (0.55 \times 0.9 \times 0.6)$	3.8GJ	12.8GJ	70%
冷房	$2.4 \times (0.8 \times 0.55 \times 0.6)$	0.6GJ	2.4GJ	75%
換気	4.7×0.6	2.8GJ	4.7GJ	40%
給湯	24.5×0.5	12.3GJ	24.5GJ	50%
照明	$10.7 \times (0.95 \times 0.6)$	6.1GJ	10.7GJ	43%
家電	23.7×0.6	14.2GJ	23.7GJ	40%
その他(調理)		4.4GJ	4.4GJ	0%
合計		44.2GJ	83.2GJ	47%
電力	太陽電池による発電量 (-29.3GJ -39.1GJ)	-0GJ		
	総計	44.2GJ	83.2GJ	47%

7. おわりに

各省エネルギー技術の効果の評価に係る研究成果については、公的基準等の立案に活用されることが期待できる。また、設計ガイドラインについては、技術の普及を役割とする外部機関に委託して住宅建設実務者の教育に活用されるべきであり、そうなるような働きかけが必要とされている。

参考資料: 国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修「自立循環型住宅への設計ガイドライン」(自立循環型住宅設計講習会テキスト)、財団法人建築環境・省エネルギー機構刊、2005年6月
<http://www.ibec.or.jp/>