

生活スタイルの変化による住宅におけるエネルギー削減効果の研究

(第4報) エネルギー消費量削減効果の検証

The Energy Reduction Effect due to Lifestyle Changes

Part 4 Verification of Energy Consumption Reduction Effect

○学生会員 奥 秋 萌々 (芝浦工業大学) 学生会員 橋 本 侑美 (芝浦工業大学)
 正 会 員 千 葉 麻 貴 (当時芝浦工業大学) 技術フェロー 秋 元 孝之 (芝浦工業大学)
 正 会 員 近 藤 武 士 (日建設計総合研究所) 技術フェロー 湯 澤 秀 樹 (日建設計総合研究所)
 正 会 員 久 保 隆 太 郎 (日建設計総合研究所)

Momo OKUAKI*¹ Yumi HASHIMOTO*¹ Asaki CHIBA *¹ Takashi AKIMOTO*¹

Takeshi KONDO*² Hideki YUZAWA*² Ryutaro KUBO*²

*¹ Shibaura Institute of Technology *² Nikken Sekkei Research Institute

Initiatives for energy conservation in houses are important, and improvement of thermal insulation performance of windows, which is considered to have the largest influx of heat in a building, can be expected to have a method effect in reducing energy consumption. In this paper, we will quantitatively grasp the effect of energy consumption reduction by improving the thermal insulation performance of windows by using thermal environment simulation method.

1. はじめに

近年、家庭部門のエネルギー消費量が増加傾向にある中¹⁾で、戸建住宅における省エネルギー策の一つとして太陽光発電等を用いエネルギーの自給自足を行うZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)が注目されている。ZEHの普及は政策目標も設定されており、支援事業も活発に行われている。一方で集合住宅においては、住戸数に対して屋根面積が小さくなるために創エネルギー量が限定されることから、ゼロエネルギー化の実現は困難とされており事例は殆ど存在しない。そのため集合住宅におけるゼロエネルギー化の実現にあたって、エネルギー消費量の削減は重要な課題である。

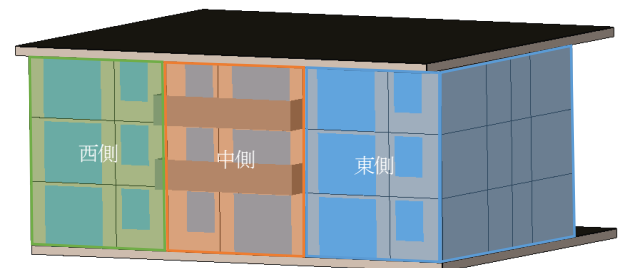
住宅のエネルギー消費量を削減する上で外皮の高断熱化は必要不可欠であるが、特に熱の流出入の最も多いとされる窓の断熱性能向上は大きな効果が期待できる。

本報では集合住宅における住戸位置や断熱基準の違いや窓の断熱性能向上によるエネルギー消費量削減効果を、温熱環境シミュレーションを用いて定量的に把握する。

2. エネルギー消費量シミュレーション概要

2.1 対象建築概要

建物モデル外観及び住戸位置を図1に、対象住戸平面図を図2に示す。対象建築は、東京都に位置する鉄筋コンクリート造の集合住宅を想定した。なお、シミュレーションでは住戸の位置的特性を把握するために各住戸を同じ平面プランとし、妻側と中側の住戸が発生する最小住戸数である3階建て各階3住戸とした計9住戸の建物モデルを作成した。



3 階西側	3 階中側	3 階東側
2 階西側	2 階中側	2 階東側
1 階西側	1 階中側	1 階東側

図1 建物モデル外観と住戸位置

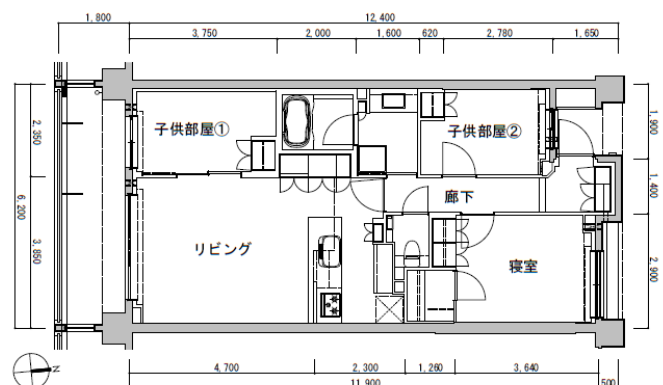


図2 対象住戸平面図

2.2 シミュレーション条件

対象住戸における室内温熱環境及びエネルギー消費量の把握を行うために、温熱環境シミュレーションソフト AE-Sim/Heatを用いてシミュレーションを行う。表1にシミュレーション条件を示す。シミュレーション期間は1年間とし、外気条件であるアメダス気象データ(標準年)を基に、冷房期間及び暖房期間の設定を行った。

2.3 世帯構成と行動スケジュール

世帯構成は夫婦と子供2人からなる4人家族とし、各居住者に平日と休日のスケジュールを与え、それに従い各部屋の在室人数や家電などの稼動状況を設定する。なお居住者の行動や家電等の運転スケジュールは、千葉ら²⁾から引用した。また、冷暖房運転期間には在室者のいる居室(子供部屋1、子供部屋2、リビング、寝室)で冷暖房を稼動させることとする。

2.4 躯体モデル

建物モデルの断熱性能を各省エネルギー基準(昭和55年、平成4年、平成25年基準)に準拠するように作成し、本報における躯体モデルとした。表2に各躯体モデルの主な部位の断熱性能を示す。なお、各躯体モデルの開口部にアルミサッシ+単板ガラス(以下、“アルミ単板”)を設置したものを基準躯体パターンとし、基準躯体パターンにおいて各省エネルギー基準のQ値を満たすようにモデルを作成した。

2.5 窓パターン

上述したアルミ単板に加えて、Low-Eガラスに変更した“アルミLow-E”、サッシを樹脂製に変更した“樹脂Low-E”の3つを窓パターンとし、9住戸全ての窓を変更しシミュレーションを行った。使用する窓の物性値を表3に示す。

2.6 検討ケース

様々な省エネ手法を導入した際のエネルギー消費量削減効果を見るため、3つの検討ケースを設定した。表4に検討ケースの詳細を示す。現行ケースは一般的な家電として省エネ型製品ではないものを選定し、冷暖房機器及び家電を設定した。現行ケースに対して、冷暖房機器及び家電を省エネ型とした高効率設備・家電ケースを設定した。さらに就寝中において冷暖房機器の運転を就寝後1時間及び起床前1時間のみに変更する使用工夫ケースを設定し、シミュレーションを実施した。

表1 シミュレーション解析条件

	設定条件
解析期間	1/1～12/31
冷房期間	6/6～9/19
冷房設定温湿度	26℃、60%
暖房期間	10/31～4/26
暖房設定温湿度	21℃、50%
窓開け条件	室温27℃以上かつ 外気温25℃以下の場合
外気条件	アメダス気象データ 東京(標準年)
世帯構成	夫婦、子2人 (16歳女性、14歳男性)
冷暖房機器	在室者がいる居室は運転
その他機器	冷蔵庫、テレビ等計11種

表3 窓の詳細及び各熱貫流率(単位:W/(m²・K))

窓パターン名称		アルミ 単板	アルミ Low-E	樹脂 Low-E
ガラス種類		単板	Low-E 複層	Low-E 複層
サッシ種類		アルミ	アルミ	樹脂
ガラス部分 熱貫流率		6.00	1.40	1.40
窓全体 熱貫流率	子供部屋 1	6.00	2.75	1.85
	子供部屋 2	6.03	3.14	1.93
	リビング	6.03	2.43	1.67
	寝室	5.99	2.76	1.80
レースカーテン 日射透過率		55%		
レースカーテン 日射反射率		40%		
外皮平均 熱貫流率 (Q 値)	S55	5.19	4.70	4.57
	H4	4.19	3.70	3.59
	H25(U _A 値)	0.87	0.58	0.51

表4 検討ケースの詳細

検討ケース	特徴
現行	2005 年以降に発売されている家電のうち、 省エネ型製品ではないものを選定する
高効率 設備・家電	省エネ型製品である冷暖房機器及び家電を選定 し、浴槽は高断熱浴槽を設置する
使用工夫	就寝中における冷暖房機器の運転時間を、 就寝後 1[h]、起床前 1[h]のみに変更する

表2 各躯体モデルの主な部位の材料及び断熱性能の設定値

部位	材料	S55 モデル		H4 モデル		H25 モデル	
		厚さ[mm]	熱貫流率 [W/m ² ・K]	厚さ[mm]	熱貫流率 [W/m ² ・K]	厚さ[mm]	熱貫流率 [W/m ² ・K]
外壁	タイル	23	2.99	23	1.65	25	0.49
	コンクリート	160		160		160	
	押出法ポリスチレンフォーム 3 種	-		6.4		45	
	空気層	30		30		30	
	せっこうプラスター	12.5		12.5		20	
屋根	コンクリート	250	2.55	250	2.55	250	0.60
	フェノールフォーム保温板 1 種 2 号	-		-		41	
	せっこうプラスター	9.5		9.5		10	

3. シミュレーション結果

3.1 年間一次エネルギー消費量

図3にS55モデル、H4モデル、H25モデルにおける現行ケースの年間一次エネルギー消費量を示す。なお、3.2にて後述する代表住戸(西側3階及び中側2階)の年間一次エネルギー消費量を示した。

各躯体モデル・窓パターンにおいて、給湯エネルギー消費量の割合が最も大きく、全体の約3〜4割を占めている。次いで多いのは、暖房エネルギー消費量であり、躯体モデルの断熱性能が上がるほど減少することや、窓の断熱性能が上がるほど減少することを確認した。各躯体モデルで比較すると、S55モデルに対しH4モデルは約33%、H25モデルでは約50%の暖房エネルギー消費量が減少した。一方、冷房用エネルギー消費量は躯体モデルや窓の断熱性能が上がるにつれ、増加する傾向が見られた。これは、住戸の断熱性能が上がると、住戸内部の熱が外に逃げにくくなる為であると考えられる。

S55モデルにおいて、暖房エネルギー消費量及び年間一次エネルギー消費量が最も少ないのは中側2階住戸であり、西側3階住戸が最も多かった。西側3階住戸は、外壁側(西側)に他居室よりエネルギー消費量の多いリビングがある間取りである。それが起因し、冬期の暖房負荷が他の住戸よりも増加したと推測できる。また、階に着目すると2階、1階、3階の順にエネルギー消費量が多くなる傾向が見られた。2階は上下に住戸があるためエネルギー消費量が少なく、3階は外気に面する外皮が1階及び2階よりも大きいためエネルギー消費量も多くなる。なお、これらの傾向はいずれの躯体モデル及び窓パターンにおいて見られるものであった。

3.2 住戸位置及び窓パターンによる比較

住戸位置や窓の断熱性能向上によって、年間一次エネルギー消費量にどのような影響があるかを検証する。なお、全9住戸のうちエネルギー消費量が最多である西側3階及びエネルギー消費量が最少である中側2階を代表住戸として扱う。

3.2.1 年間一次エネルギー消費量と U_A 値

図4〜図5に各代表住戸の年間一次エネルギー消費量と U_A 値の散布図を検討パターン及び窓パターン別に示す。

両代表住戸より、躯体モデルの U_A 値が小さいほど年間一次エネルギー消費量が抑えられることや、窓パターンの変更に伴う年間一次エネルギー消費量削減効果を確認することが出来た。

S55モデルにおける西側3階住戸と中側2階住戸の一次エネルギー消費量の差は約14.4[GJ/(年・戸)]であり、住戸位置による一次エネルギー消費量の差が大きい。一方でH25モデルでは一次エネルギー消費量の差は約2.5[GJ/(年・戸)]であり、S55モデルと比して住戸位置による影響は小さい。よって、住戸位置による影響の大小は躯体

モデルの断熱性能に左右され、断熱性能が低い住宅である程、住戸位置によるエネルギー消費量の差異が大きいと言える。

3.2.2 年間一次エネルギー削減率と U_A 値

図6〜図7に年間一次エネルギー削減率と躯体モデルの U_A 値との関係性を代表住戸毎に示す。なお、ここで示す一次エネルギー削減率とは、同躯体モデル・同検討パターンにおいてアルミ単板を基準とし、アルミLow-E及び樹脂Low-Eと比較した際のエネルギー削減率を意味する。

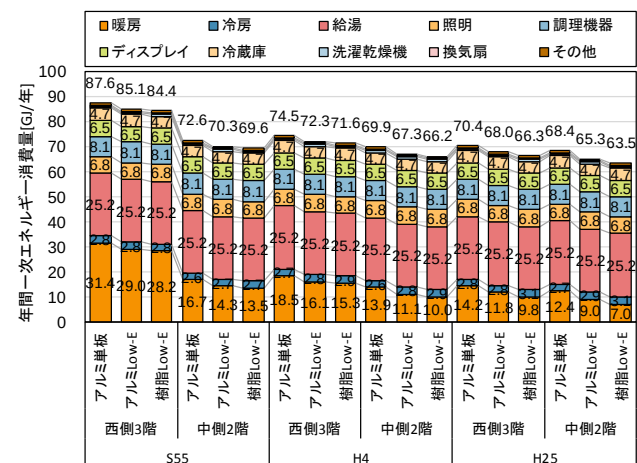


図3 年間一次エネルギー消費量(現行ケース)

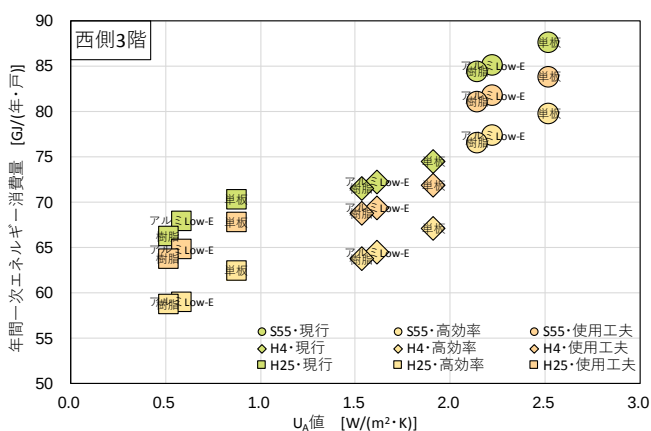


図4 年間一次エネルギー消費量と U_A 値(西側3階)

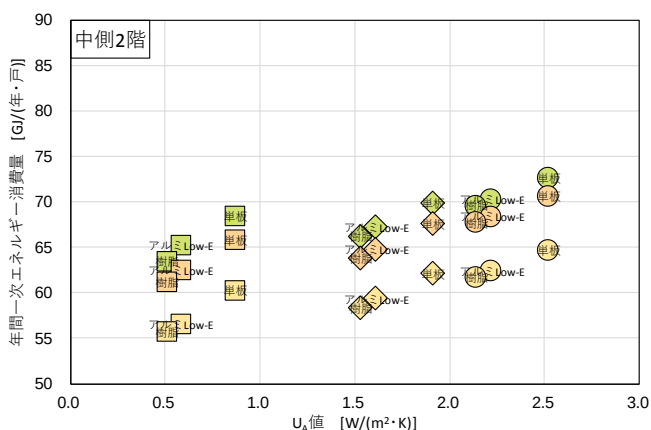


図5 年間一次エネルギー消費量と U_A 値(中側2階)

西側 3 階住戸及び中側 2 階住戸より、躯体モデルの断熱性能が上がるにつれて、一次エネルギー削減率も大きくなることが分かった。

また、いずれの躯体モデルにおいても、西側 3 階住戸と比べて中側 2 階住戸の一次エネルギー削減率が大きくなる傾向が見られた。中側 2 階住戸は、上下左右を他住戸で囲まれており、外気に面する壁面積が最も小さい住戸である。このため、窓パターンの変更の影響を大きく受けるからであると推測できる。

アルミ Low-E 及び樹脂 Low-E の削減率の差が住戸位置によって異なっていることが分かった。S55 モデルにおいては西側 3 階住戸の削減率の差が約 0.8[%]、中側 2 階住戸では約 1.0[%]なのに対して、H25 モデルにおいては西側 3 階住戸の削減量の差が約 1.4[%]、中側 2 階住戸では約 2.0[%]となった。このことから、躯体モデルの断熱性能が上がるほど住戸位置による窓パターン変更の効果が大きいことが示唆された。

3.2.3 窓面積割合と一次エネルギー削減率

図 10 に S55 モデル及び H25 モデルの各住戸位置における、窓面積の合計をその住戸の外皮面積で除した数値(以下、窓面積割合)と現行ケースにおける窓パターンを変更した際の一次エネルギー削減率の関係性を示す。なお、図中の数字は階数を表している。

図より窓面積割合が大きい住戸である程、一次エネルギー削減率が大きくなる。窓の断熱性能向上の効果は中間階中側住戸が最大となることを確認した。また、S55 モデルにおける樹脂 Low-E への変更によるエネルギー削減率は約 3.8[%]なのに対し、H25 モデルでのアルミ Low-E への変更による削減率は約 3.9[%]となっており、概ね同程度であることが分かった。これより、断熱性能の低い住宅でも、樹脂 Low-E への変更により高い省エネ効果が得られることが分かった。

4. まとめ

集合住宅をモデルとしてエネルギー消費量シミュレーションを行った結果、以下の知見を得た。

- ① 一次エネルギー消費量は外気に接する面積が小さい 2 階中側住戸が最も少なく、2 階、1 階、3 階の順にエネルギー消費量が多くなる傾向が見られた。また、各階においては、リビングが外壁側に位置する西側住戸の一次エネルギー消費量が最も多くなった。
- ② 住戸位置によるエネルギー消費量への影響の大小は、建物の断熱性能に左右され、建物の断熱性能が低い住宅である程、住戸位置による一次エネルギー消費量の差が大きい。
- ③ 窓改修による一次エネルギー消費量削減効果は、建物の断熱性能が高いほど大きく、窓面積割合が高いほど大きい。また断熱性能の低い住宅でも、窓を樹脂 Low-E へ変更することによって高い省エネ効果があることを確認した。

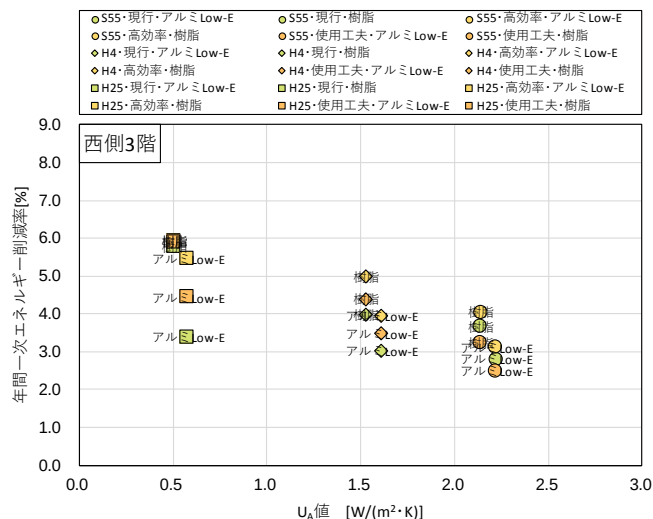


図 6 年間一次エネルギー削減率と U_A 値(西側 3 階)

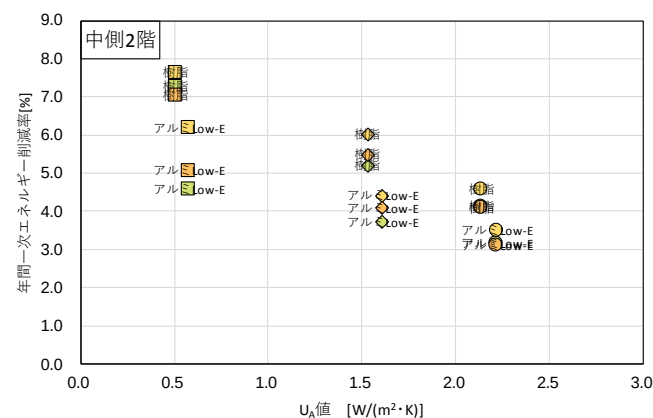


図 7 年間一次エネルギー削減率と U_A 値(中側 2 階)

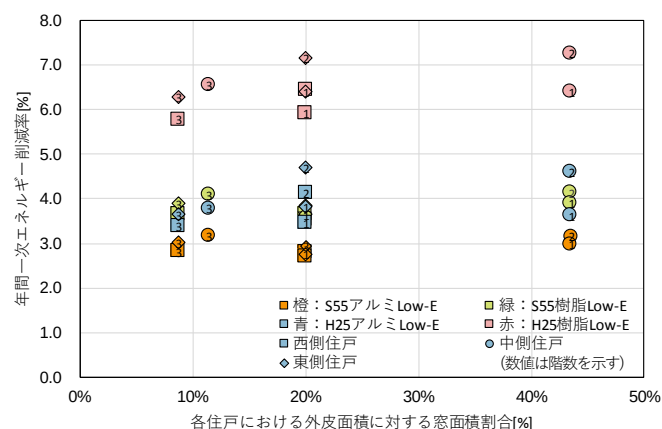


図 8 窓面積割合とエネルギー削減率

【謝 辞】

本研究の一部は、塩ビ工業・環境協会に設置された「ZEB・ZEHの実現を考える会」(委員長：芝浦工業大学 秋元孝之)の活動の一環として実施されたものである。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 資源エネルギー庁,「平成 27 年度エネルギーに関する年次報告」
- 2) 千葉ほか,「生活スタイルの変化による住宅におけるエネルギー削減効果の研究」 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2015(大阪), pp33~36
- 3) 内閣府消費動向調査,「平成 26 年度主要耐久消費財の買替え状況」