エネルギーシミュレーションを活用した住宅類型別・対策別の省エネ効果の定量分析

池田　耕介[1]・柴田　学[2]・山口　容平[3]

[1]非会員　株式会社建設技術研究所　大阪本社　資源循環・エネルギー部
（〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町 1-6-7）
E-mail: ksk-ikeda@ctie.co.jp（Corresponding Author）

[2]正会員　株式会社建設技術研究所　大阪本社　資源循環・エネルギー部
（〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町 1-6-7）
E-mail: m-shibata@ctie.co.jp

[3]非会員　大阪大学准教授　工学研究科　環境エネルギー工学専攻
（〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1）
E-mail: yohei@see.eng.osaka-u.ac.jp

家庭部門における温暖化対策を効率よく推進するためには，住宅の特性に応じて最適な省エネ対策を選択することが重要である．本研究では，筆者らが構築した住宅エネルギーシミュレーションモデルの改良により，省エネ実施に伴うエネルギー削減量や断熱化との相互影響を定量化し，任意の条件下における省エネ対策の有効性の定量分析が可能な枠組みを構築した．また，地域区分や世帯人員等の類型別に省エネ効果を分析することで，寒冷地・準寒冷地の住宅では断熱化及び空調の電化の効果が高く，温暖地の住宅では給湯の高効率化及び照明の LED 化の効果が高いといった対策別の特性を定量的に明らかにした．

Key Words: *energy simulation, energy conservation, residential energy use, insulation*

1. 研究の背景・目的

2050年のカーボンニュートラルに向けて，家庭部門では温室効果ガス排出量の早期大幅削減が期待されている．「地球温暖化対策計画」（令和 3 年 10 月閣議決定）においては，我が国の 2030 年度の温室効果ガス排出量削減目標である 2013 年度比 46%削減を達成するため，家庭部門における温室効果ガス排出量を同期間中に約 66%削減することが目安とされている．

家庭部門のエネルギー消費特性は，世帯の種類・地域等によって異なることが知られている．環境省では，家庭CO_2統計[注1)]と呼ばれる全国大のサンプル調査を毎年実施しており，家庭部門におけるエネルギー消費量については，地域別・住宅類型別の実態データが蓄積されつつある．今後，家庭部門において温暖化対策を効率良く実施していくためには，地域別・住宅類型別に省エネ対策の効果の現れ方が異なることを考慮し，住宅の特性に応じて最適な省エネ対策を選択することが重要である．

家庭部門における省エネ対策の効果については，これまでに数多くの分析が行われている．金森 [1]は，地域別の特性を反映したエネルギー消費のマトリクスを作成し，将来に渡るエネルギーサービス量の変化や機器シェアの変化などを考慮したエネルギー消費量の将来推計を行った．杉山ら [2]は，熱負荷計算に基づく家庭部門のボトムアップシミュレーションモデルを用い，個々の具体的な対策技術の導入や，マクロフレームの変化を積み上げることで，2050年に向けた省エネ対策の効果を定量化し，エネルギー需要の大幅な削減の可能性を検証した．一方，これら先行研究は一定の条件下における対策の有効性を全国規模で評価したものである．各地域の特性に即した省エネ対策の方向性を議論するためには，任意の住宅セグメントにおいて有効な対策及びその組合せを評価可能な知見の蓄積が求められている．

筆者らは，このような課題の解決に向け，既報 [3]にて住宅類型別の熱負荷及びエネルギー消費量を推計可能なエネルギーシミュレーションモデルの基盤を構築するとともに，機器効率化や行動変容等を考慮しない現況ケースのエネルギー消費原単位のデータベース構築を行ってきたところである．本研究では，既報において構築したシミュレーションモデルについて，機器効率化等の省エ

ネ対策のシナリオを反映させるなどの改良を行い，省エネ対策実施が住宅のエネルギー消費に与える影響を種々の住宅類型ごとに定量化可能な枠組みを新たに構築することを目的とする．

2. 分析モデル

(1) シミュレーションモデルの枠組み

本研究で分析に活用するモデルは，（一財）住宅・建築 SDGs 推進センターが開発・提供する住宅のエネルギーシミュレーションツールである BEST-H[注2)]を用いたもので，個別の住宅のエネルギー消費量を推計することができる．既報では，本ツールを活用し，日本全国の住宅ストックを類型化した 285 区分（**表- 1**）の住宅別に，建築仕様，機器仕様や機器使用スケジュールなどを入力条件として与えて熱負荷シミュレーションを行うことで，セグメント毎のエネルギー消費原単位を推計可能なモデルを構築した [3)]．一方，既報のモデルは，現況ケースのエネルギー消費の再現に留まっており，断熱性能別のエネルギー消費原単位の比較しかできないものであった．

本研究では，既報で構築したモデルを活用し，省エネ対策実施前のベースシナリオと，省エネ対策を実施した後の機器仕様や運用条件を再現する対策シナリオのそれぞれについて，シミュレーションモデルの作成及びエネルギー消費量推計を行うことで，省エネ効果の対策別の定量化並びに対策間比較が可能なものに改良した．

表-1 モデルの分析対象とする住宅類型区分

項目	類型区分
地域区分	3 区分 （寒冷地，準寒冷地，温暖地） ※寒冷地の空調は石油ファンヒーターのみ，準寒冷地の戸建住宅は石油ファンヒーターとエアコンの併用，準寒冷地の共同住宅及び温暖地はエアコンのみとした．
住宅類型区分	19 区分 （下記の建て方，世帯類型，間取りの組合せ）
（建て方）	2 区分 （戸建，集合）
（世帯類型）	6 区分 （1 人世帯，2 人世帯，3 人世帯，4 人世帯，5 人世帯，6 人世帯）
（間取り）	戸建 3 区分（中：87㎡，大：120㎡，特大：150㎡） 集合 4 区分（小：28㎡，中：48㎡，大：75㎡，特大：95㎡）
断熱性能区分	5 区分 （S55 以前，S55 基準，H4 基準，H11 基準，ZEH） ※建築物省エネ法の省エネ基準に応じて設定

(2) 省エネ対策シナリオの作成

本研究で作成した省エネ対策シナリオを**表- 2** に示す．これらのうち，外皮の断熱化は既報のモデルを活用したものだが，照明・空調・給湯の高効率化並びに省エネ行動の 4 つの省エネ対策シナリオは本研究において新たに追加したものである．これにより，各シナリオで推計する世帯あたりのエネルギー消費原単位を比較することで，省エネ対策の実施によるエネルギー削減量を**表- 1** の類型別に定量化できるようになっただけでなく，対策間の削減効果の比較や，断熱化との同時実施による削減効果への影響についても定量的な分析が行えるようになった．

表-2 分析対象シナリオ

区分	ベースシナリオ	対策シナリオ
外皮の断熱化	S55 以前，S55 基準，H4 基準，H11 基準，ZEH の 5 区分の外皮性能をモデル化し，基準間の比較により対策効果を定量化．	
照明の高効率化	白熱灯または蛍光灯を採用．	全て LED 照明を採用．
空調の高効率化（電化を含む）	地域区分に応じ，従来型の石油ファンヒーターまたはエアコンを採用．	石油ファンヒーターは全てエアコンに変更．エアコンについては高効率型を採用．
給湯の高効率化（電化）	ストック効率を踏まえた従来型給湯器を採用．	ヒートポンプ（HP）給湯機を採用．
省エネ行動（CB・WB）	地域別の空調設定温度の平均値に基づき暖冷房を実施．	クールビズ（CB）・ウォームビズ（WB）として，暖冷房時の設定温度を 1℃緩和．

3 対策別省エネ効果の定量化

(1) 外皮の断熱化

a) 分析条件

住宅の断熱性能に関する指標である Q 値及び μ 値（ZEH 水準については U_A 値及び η_{AC} 値）の各省エネ基準における基準値を参照し，基準値を満たすように外壁・床・天井・屋根・窓の断熱材の条件を設定することで，S55 以前，S55 基準，H4 基準，H11 基準，ZEH 別のエネルギー消費原単位を推計した．

b) 住宅類型別の省エネ効果

分析結果として，住宅ストックに占める割合が最も大きい S55 基準の住宅[注3)]について，ZEH 水準まで断熱性能を強化した場合の省エネ効果を**表- 3** に示す．

空調分のエネルギー消費量は，戸建住宅で概ね 4～6 割，集合住宅で概ね 2～3 割の削減が見込まれ，戸建住宅において削減効果が現れやすい．寒冷地・準寒冷地の戸建，寒冷地の共同住宅など，暖房負荷の大きい世帯において特に削減量が大きく，住戸全体での削減への寄与が大きい．

表-3　S55 基準から ZEH 水準への断熱化によるエネルギー消費削減率

区分	世帯人数	面積	空調分 寒冷地	空調分 準寒冷地	空調分 温暖地	住戸全体 寒冷地	住戸全体 準寒冷地	住戸全体 温暖地
戸建	1人	87m²	37%	41%	43%	21%	21%	10%
		120m²	39%	48%	42%	24%	24%	10%
	2人	87m²	41%	43%	44%	20%	20%	8%
		120m²	44%	51%	45%	23%	23%	8%
	3人	87m²	43%	46%	45%	21%	21%	8%
		120m²	47%	57%	45%	25%	25%	8%
	4人	87m²	44%	49%	45%	23%	23%	8%
		120m²	47%	55%	45%	26%	26%	8%
	5人	150m²	50%	52%	38%	30%	30%	8%
	6人	150m²	51%	53%	39%	30%	30%	8%
	最大		51%	57%	45%	30%	30%	10%
	最小		37%	41%	38%	20%	20%	8%
共同	1人	28m²	22%	14%	21%	11%	4%	2%
		48m²	25%	15%	32%	14%	5%	5%
		75m²	24%	18%	19%	15%	7%	4%
	2人	48m²	29%	14%	32%	12%	3%	3%
		75m²	29%	18%	19%	14%	5%	2%
	3人	75m²	31%	17%	18%	13%	5%	2%
	4人	75m²	29%	16%	17%	12%	4%	2%
	5人	95m²	32%	20%	21%	15%	6%	3%
	6人	95m²	33%	22%	21%	14%	6%	3%
	最大		33%	22%	32%	15%	7%	5%
	最小		22%	14%	17%	11%	3%	2%

(2)　照明の高効率化

a)　分析条件

蛍光灯（リビング・洋室等）及び白熱灯（トイレ・浴室等）を採用するベースシナリオのモデルに対し，全ての照明を LED タイプに変更した場合の省エネ量を算定する．各部屋の照明容量については，照明の畳数表示基準を基に光束と室の広さの関係を整理し，照明器具メーカーの機器仕様に基づき算出した平均のエネルギー消費効率（lm/W）を用いてモデル化した．

b)　住宅類型別の省エネ効果

S55 基準の住宅について，全ての照明を LED 化した場合の省エネ効果を**表-4** に示す．

表-4　LED 照明によるエネルギー消費削減率（S55 基準）

区分	世帯人数	面積	照明分 寒冷地	照明分 準寒冷地	照明分 温暖地	住戸全体 寒冷地	住戸全体 準寒冷地	住戸全体 温暖地
戸建	1人	87m²	73%	73%	73%	2%	3%	5%
		120m²	69%	69%	69%	2%	3%	5%
	2人	87m²	73%	73%	73%	2%	3%	5%
		120m²	70%	70%	70%	2%	3%	5%
	3人	87m²	73%	73%	73%	2%	3%	6%
		120m²	70%	70%	70%	2%	4%	6%
	4人	87m²	73%	73%	73%	2%	3%	6%
		120m²	70%	70%	70%	2%	4%	6%
	5人	150m²	73%	73%	73%	3%	5%	9%
	6人	150m²	73%	73%	73%	3%	5%	10%
	最大		73%	73%	73%	3%	5%	10%
	最小		69%	69%	69%	2%	3%	5%
共同	1人	28m²	65%	65%	65%	1%	3%	5%
		48m²	64%	64%	64%	1%	3%	5%
		75m²	74%	74%	74%	2%	5%	8%
	2人	48m²	65%	65%	65%	1%	3%	4%
		75m²	74%	74%	74%	2%	4%	6%
	3人	75m²	74%	74%	74%	3%	5%	7%
	4人	75m²	74%	74%	74%	3%	5%	7%
	5人	95m²	76%	76%	76%	4%	8%	10%
	6人	95m²	75%	75%	75%	4%	9%	12%
	最大		76%	76%	76%	4%	9%	12%
	最小		64%	64%	64%	1%	3%	4%

LED 化を実施した場合，照明用途分のエネルギー消費量については，65～75%程度の削減効果が得られる．本モデルでは生活スケジュールの地域差を考慮していないため照明そのものの省エネ効果には地域別の差異は無いが，住戸全体でみた場合は，寒冷地では住宅全体のエネルギー消費量に占める照明分の割合が小さいことと，LED 化に伴う室内の発熱量の減少が影響し，エネルギー消費量の削減率は 1～4%に留まる．

(3)　空調機器の高効率化

a)　分析条件

空調機器の高効率化のシナリオについては，**表-5** に示すとおり地域区分に応じてモデルの条件を設定し，エアコンについては従来型から高効率型への更新を，寒冷地・準寒冷地の石油ファンヒーターについては寒冷地仕様エアコンへの更新をそれぞれ想定した．

表-5　高効率空調の設定条件

地域	需要	ベースシナリオ	対策シナリオ
寒冷地	冷房	寒冷地仕様エアコン	寒冷地仕様エアコン（高効率型）
	暖房	石油ファンヒーター	
準寒冷地	冷房	寒冷地仕様エアコン	寒冷地仕様エアコン（高効率型）
	暖房	【戸建】リビングのみ：寒冷地仕様エアコン，その他居室：石油ファンヒーター 【共同】寒冷地仕様エアコン	寒冷地仕様エアコン（高効率型）
温暖地	冷房	エアコン（従来型）	エアコン（高効率型）
	暖房		

※　従来型は2010年製のエアコン（2010年基準未達成）を想定し，高性能型は2023年製のエアコン（2027年基準達成）を想定

※　寒冷地仕様エアコンについては，ベースシナリオにおいても 2010 年基準達成機を想定

b)　住宅類型別の省エネ効果

S55 基準の住宅について，ZEH 水準まで断熱性能を強化した場合の省エネ効果を**表-6** に示す．

石油ファンヒーターからエアコンへの電化を含む寒冷地の戸建・共同及び準寒冷地の戸建において特に削減効果が大きく，住戸全体に対して 10～25%程度の削減と対策の貢献が大きい．

エアコンについて従来型から高効率型に更新する場合には，大容量の機種の方が容量の小さい機種よりも高効率化が進んでいる状況にあるため，特に温暖地において部屋の規模が小さい世帯においては，削減効果がほとんど現れないケースがある．

表-6　高効率空調によるエネルギー消費削減率（S55 基準）

区分	世帯人数	面積	空調分 寒冷地	空調分 準寒冷地	空調分 温暖地	住戸全体 寒冷地	住戸全体 準寒冷地	住戸全体 温暖地
戸建	1人	87m²	41%	29%	7%	24%	14%	2%
		120m²	38%	29%	6%	23%	14%	1%
	2人	87m²	42%	30%	8%	21%	11%	1%
		120m²	40%	29%	9%	21%	12%	2%
	3人	87m²	43%	37%	7%	22%	15%	1%
		120m²	41%	34%	7%	21%	13%	1%
	4人	87m²	42%	38%	7%	22%	16%	1%
		120m²	41%	35%	7%	23%	16%	1%
	5人	150m²	43%	36%	15%	26%	17%	3%
	6人	150m²	43%	36%	17%	25%	17%	4%
	最大		43%	38%	17%	26%	17%	4%
	最小		38%	29%	6%	21%	11%	1%
共同	1人	28m²	44%	9%	1%	21%	2%	0%
		48m²	46%	8%	3%	25%	2%	0%
		75m²	38%	11%	20%	23%	5%	4%
	2人	48m²	45%	11%	3%	19%	3%	0%
		75m²	38%	16%	22%	18%	5%	3%
	3人	75m²	26%	18%	19%	11%	5%	2%
	4人	75m²	19%	17%	19%	8%	5%	2%
	5人	95m²	45%	9%	16%	21%	3%	2%
	6人	95m²	45%	8%	15%	20%	2%	2%
	最大		46%	18%	22%	25%	5%	4%
	最小		19%	8%	1%	8%	2%	0%

表-8　高効率給湯によるエネルギー消費削減率

区分	世帯人数	面積	給湯分 寒冷地	給湯分 準寒冷地	給湯分 温暖地	住戸全体 寒冷地	住戸全体 準寒冷地	住戸全体 温暖地
戸建	1人	87m²	15%	22%	43%	2%	4%	13%
		120m²	15%	22%	43%	2%	4%	11%
	2人	87m²	56%	61%	73%	12%	18%	31%
		120m²	56%	61%	73%	10%	16%	27%
	3人	87m²	56%	61%	73%	11%	16%	31%
		120m²	56%	61%	73%	11%	16%	28%
	4人	87m²	53%	58%	69%	10%	15%	29%
		120m²	53%	58%	63%	10%	14%	25%
	5人	150m²	53%	59%	69%	7%	11%	23%
	6人	150m²	52%	58%	69%	7%	11%	21%
	最大		56%	61%	73%	12%	18%	31%
	最小		15%	22%	43%	2%	4%	11%
共同	1人	28m²	6%	15%	39%	1%	6%	17%
		48m²	6%	15%	39%	1%	5%	15%
		75m²	6%	15%	39%	1%	4%	14%
	2人	48m²	53%	56%	71%	14%	22%	34%
		75m²	53%	59%	73%	14%	22%	33%
	3人	75m²	56%	61%	73%	18%	25%	35%
	4人	75m²	53%	58%	69%	17%	24%	35%
	5人	95m²	53%	59%	70%	15%	23%	32%
	6人	95m²	54%	59%	70%	16%	23%	32%
	最大		56%	61%	73%	18%	25%	35%
	最小		6%	15%	39%	1%	4%	14%

(4)　給湯機器の高効率化

a)　分析条件

従来型給湯器（電気温水器を含むストック分布を考慮し，熱効率は 0.90 を設定）から HP 給湯機への更新を想定する．年間給湯保温効率（APF）については，1 人世帯向けの小型機器で最も低く，2～3 人世帯向けで最も高いという省エネ性能カタログ[注 4)]における現状の機器ラインナップの傾向を踏まえ，世帯人数別・地域別に異なる APF を設定した（**表-7**）．

表-7　HP 給湯機の効率の設定条件

世帯人数	寒冷地・準寒冷地	温暖地
1 人世帯	APF＝2.5	APF＝3.1
2～3 人世帯	APF＝3.6	APF＝4.2
4～6 人世帯	APF＝3.4	APF＝4.0

b)　住宅類型別の省エネ効果

従来型給湯器から HP 給湯機に更新した場合の省エネ効果を**表-8** に示す．

地域によらず一定の削減効果があるが，温暖地ほど削減効果は大きく，住戸全体に対する貢献も大きくなる．1 人世帯とその他の世帯で削減率に大きな差がみられた．

(5)　省エネ行動（CB・WB）

a)　分析条件

地域別・住宅の建て方別の平均的な設定温度に対し，冷房時の設定温度を 1℃高く設定するクールビズ（CB），暖房時の設定温度を 1℃低く設定するウォームビズ（WB）の両方を実施した場合の省エネ効果を推計する．平均の設定温度は，「家庭 CO_2 統計」の分析結果に基づき設定し，年間を通じて設定温度は同じとした．

b)　住宅類型別の省エネ効果

S55 基準の住宅について，ZEH 水準まで断熱性能を強化した場合の省エネ効果を**表-9** に示す．寒冷地より温暖地の方が空調分の削減率は大きく，石油ファンヒーターよりもエアコンにおける削減効果が高いことが伺える．住戸全体で見た場合は，S55 基準では，省エネ効果は全ての類型について，5%未満に留まる．

表-9　CB・WB によるエネルギー消費削減率（S55 基準）

区分	世帯人数	面積	空調分 寒冷地	空調分 準寒冷地	空調分 温暖地	住戸全体 寒冷地	住戸全体 準寒冷地	住戸全体 温暖地
戸建	1人	87m²	6%	8%	13%	4%	4%	3%
		120m²	6%	8%	14%	4%	4%	3%
	2人	87m²	6%	8%	13%	3%	3%	2%
		120m²	6%	8%	14%	3%	3%	3%
	3人	87m²	6%	7%	12%	3%	3%	2%
		120m²	6%	9%	13%	3%	4%	2%
	4人	87m²	6%	7%	12%	3%	3%	2%
		120m²	6%	8%	13%	3%	4%	2%
	5人	150m²	6%	9%	13%	4%	4%	3%
	6人	150m²	6%	9%	15%	4%	4%	3%
	最大		6%	9%	15%	4%	4%	3%
	最小		6%	7%	12%	3%	3%	2%
共同	1人	28m²	7%	8%	13%	3%	2%	1%
		48m²	7%	9%	13%	4%	3%	2%
		75m²	6%	9%	13%	4%	3%	3%
	2人	48m²	7%	9%	14%	3%	2%	1%
		75m²	6%	8%	14%	3%	2%	2%
	3人	75m²	7%	8%	13%	3%	2%	2%
	4人	75m²	7%	7%	13%	3%	2%	2%
	5人	95m²	6%	8%	13%	3%	2%	2%
	6人	95m²	7%	9%	14%	3%	2%	2%
	最大		7%	9%	14%	4%	3%	3%
	最小		6%	7%	13%	3%	2%	1%

4　断熱化との複合影響の分析

上記に示した省エネ対策のうち，照明の高効率化，空調の高効率化，省エネ行動（CB・WB）については，室

内の熱負荷に関連する対策であることから，断熱化によって熱負荷が変動することで，省エネ量に影響が生じる．

寒冷地の戸建住宅を例に，S55 以前，S55 基準，H4 基準，H11 基準の 5 つの断熱性能区分別に上記 3 つの省エネ対策を実施した場合のエネルギー消費量の増減量を用途別に推計した結果を**図-1** に示す．

(1) 照明の高効率化

LED 化の実施による暖房負荷の変化は，断熱水準によって大きな差があるものではなく，ZEH 水準の住宅では，S55 以前の住宅における削減量の 10%程度が断熱化との複合影響分として控除されるに留まる．

(2) 空調の高効率化

断熱化に伴い室内熱負荷そのものが小さくなるため，空調の高効率化に伴う削減量自体が小さくなる．さらに，断熱化に伴い室内の熱負荷と比較してエアコンの容量が過大となり，エネルギー消費の削減効果が小さくなることが反映される．ZEH 水準の住宅では，S55 以前の住宅における削減量の 40～60%分に相当する重複計上が回避された．これは，ZEH への断熱化による熱負荷の削減率よりも大きく，室内熱負荷の変化による空調機器への複合影響が強く現れていることを示す．

(3) 省エネ行動（CB・WB）

断熱化に伴う室内熱負荷の減少が反映され，ZEH 水準の住宅では S55 以前の住宅における削減量の 30～40%分に相当する重複計上が回避された．空調の高効率化と異なり，重複分として控除される量は，断熱化による室内熱負荷の減少傾向と概ね同様の傾向を示した．

5 対策間の比較に基づく考察

各省エネ対策シナリオの分析結果の比較により得られた知見を**表-10** に示す．寒冷地・準寒冷地では断熱化及び空調の電化が主要な省エネ対策となり，温暖地では給湯の高効率化及び LED 化が主要な省エネ対策となり得ると考えられる．ただし，既築の少人数の集合住宅世帯においては，経済性や物理的な制約を踏まえると，現実

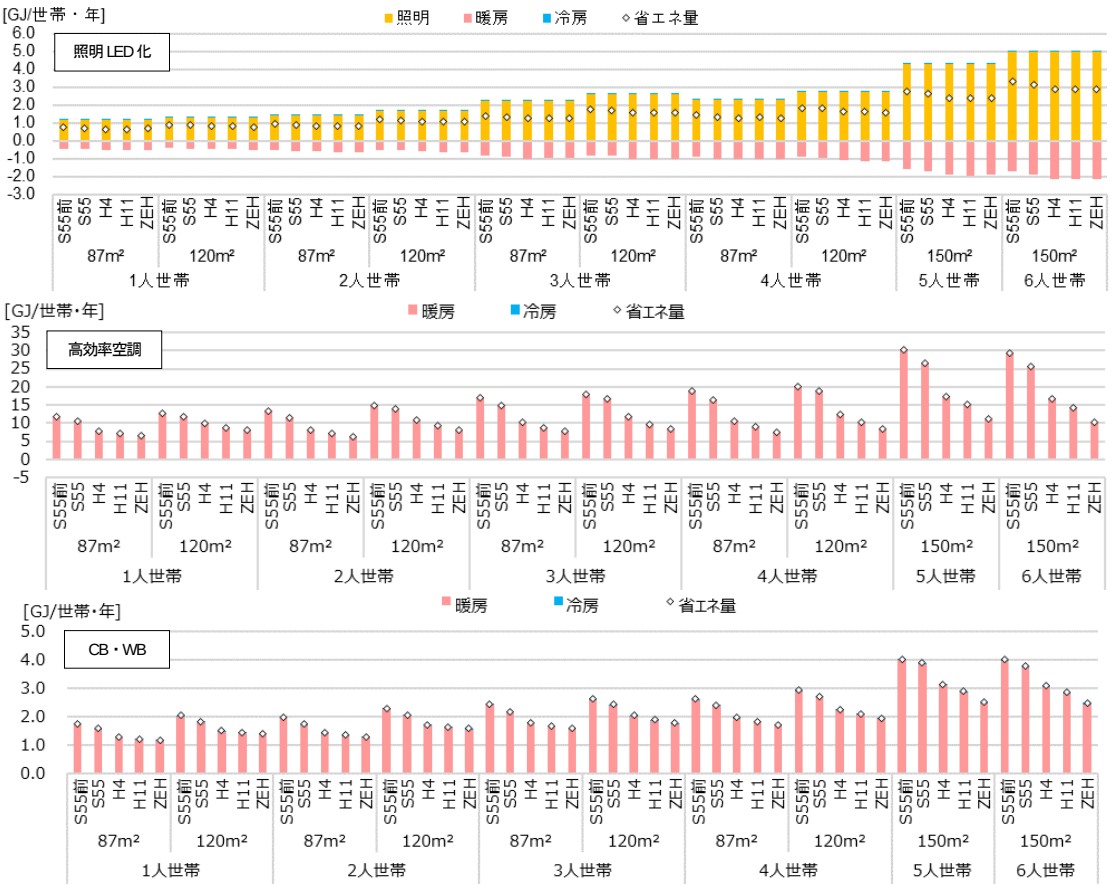


図-1 寒冷地・戸建住宅における省エネ対策実施による断熱性能別エネルギー消費の増減量

的に導入可能かつ効果の高い省エネ対策メニューが少ないことが示唆された.

表-10　省エネ対策別の分析結果の比較

シナリオ	類型別の省エネ効果の差異	断熱化との複合影響
外皮の断熱化	・暖房熱負荷の大きい世帯（寒冷地及び準寒冷地）における削減効果が大きい. ・世帯人数による差異は小さい.	―
照明の高効率化	・寒冷地ではLED化に伴う暖房負荷の増加の影響を受けるため，寒冷地よりも温暖地の省エネ効果が大きい. ・住戸規模の大きい世帯ほど効果が大きい傾向を示す.	ほとんど影響なし
空調の高効率化	・寒冷地・準寒冷地における空調の電化による削減効果が大きい．特に断熱水準の低い世帯において，住戸全体のエネルギー消費量削減に大きく貢献する. ・住戸規模の小さい世帯では効果が現れにくい場合がある.	影響あり（重複分の考慮が必要）
給湯の高効率化	・温暖地における削減効果が最も大きい. ・1人世帯ではHP給湯機の効率が低く使用湯量も少ないため，削減効果が小さい.	影響なし
省エネ行動 (CB・WB)	・住戸全体における省エネ効果は数%に留まり，世帯人数による省エネ効果の差はほとんどない.	影響あり（重複分の考慮が必要）

6. まとめ

本研究の成果として，住宅のシミュレーションモデルを活用し，省エネ対策実施がエネルギー消費に与える影響を，対策に伴う複合影響を含めて定量的に分析可能な枠組みを構築した．また，省エネ対策の実施に伴うエネルギー消費量の変化を分析し，有効性の高い省エネ対策や，対策を組み合わせる場合の留意事項等をセグメント別に明らかにした.

なお，本モデルの分析能力は，省エネ対策実施によるエネルギー消費量の増減に留まり，対策の経済性や，機器導入スペース等の物理的制約，在室者の行動変容等を反映した定量化はできていない．今後，これらの視点を取り入れつつ，各種省エネ対策のシナリオ拡充や総合的な比較・分析へとつなげていきたい.

謝辞：本研究は，環境省「令和4年度民生部門における脱炭素化対策・施策検討委託業務」の一環として行われたものです.

NOTES

注1) 環境省：家庭部門の CO_2 排出実態統計調査（家庭 CO_2 統計）

注2) （一財）住宅・建築 SDGs 推進センター：The BEST Program（BEST：Building Energy Simulation Tool）

注3) 国土交通省第 45 回建築分科会：今後の住宅・建築物における省エネ対策のあり方（第三次答申），建築基準制度のあり方（第四次答申）に向けた主な審議事項と議論の方向性，p.33，2021

注4) 資源エネルギー庁：省エネ型製品情報サイト，https://seihinjyoho.go.jp/，閲覧日：2023 年 2 月 17 日

REFERENCES

1) 金森有子：家庭部門における地域別エネルギー消費特性を考慮した二酸化炭素排出削減目標の達成可能性，土木学会論文集 G（環境），73 巻 5 号，pp.I_121-130，2017．[Kanamori, Y.: Possibility of achieving CO_2 emission reduction target considering regional energy consumption characteristics in household sector, *Japanese Journal of JSCE, Ser. G (Environmental Research)*, Vol. 73, No. 5, pp.I_121-130, 2017.]

2) 杉山みなみ，下田吉之，山口容平：家庭部門エネルギー需要シミュレーションによる2050年ゼロエミッション実現可能性の検討，日本建築学会環境系論文集，第85巻 第770号，pp.289-298，2020. [Sugiyama, M., Shimoda, Y. and Yamaguchi, Y.: Study of the possibility of zero-emission by simulation of the residential energy demand in 2050, *J. Environ. Eng., AIJ*, Vol. 85 No. 770, pp.289-298, 2020.]

3) 池田耕介，柴田学，山口容平：住宅類型に応じたエネルギーシミュレーションに基づく原単位データベースの作成，土木学会第50回環境システム研究論文発表会講演集，pp.37-42，2022．[Ikeda, K., Shibata. M., Yamaguchi, Y.: Creation of energy intensity database based on energy simulation considering household categories, *Proceedings of 50th Annual Meeting of Environmental Systems Research*, pp.37-42, 2022.]

(Received June 19, 2023)
(Accepted August 21, 2023)

QUANTITATIVE ANALYSIS OF ENERGY CONSERVATION BY HOUSEHOLD CATEGORIES AND MEASURES USING ENERGY SIMULATION

Kosuke IKEDA, Manabu SHIBATA and Yohei YAMAGUCHI

To efficiently promote global warming countermeasures in the residential sector, it is important to select the most suitable energy-saving measures. In this study, the authors improved the model created in the previous study to quantitatively analyze the amount of energy reduction associated with energy conservation and the interaction with heat insulation. Energy simulation by residential segments revealed that houses in cold regions are more effective in terms of insulation and electrification of air conditioning systems, while houses in warm regions are more effective in terms of high efficiency water heating and LED lighting.