

E-0803 低炭素社会に向けた住宅・非住宅建築におけるエネルギー削減のシナリオと政策提言
(6) 全国各地の住宅・非住宅建築における室内環境、設備、エネルギー消費量原単位等に関するデータベースの作成

秋田県立大学

長谷川 兼一

平成20～22年度 累計予算額 8,243千円 (うち、平成22年度予算額 2,883千円)

※予算額は、間接経費を含む

[要旨] 本研究は、住宅・非住宅建築のエネルギー消費量を推定し、複数のシナリオ作成に対応可能な関連データを整備し、データベースを構築すること目的とする。データ蓄積には、既往調査から得られている各種データを収集するとともに、現時点で不足するデータを新たに調査した。特に、①モデル検証のためのエネルギー消費原単位に関するデータ、②住宅の省エネルギー手法の効果に関するデータ、③住宅用高効率機器の普及率の予測データ、を整備した。

モデル検証のためのエネルギー消費原単位について、地域別・建物種別に既往文献調査結果を抽出した。住宅関連データについては、調査例が少ない農業地域やその周辺地域における住宅のエネルギー消費量を把握するためにアンケートを行い、住宅の省エネルギー基準にて定義されている地域区分Ⅰ～Ⅵ地域の地域性を示した。Ⅱ～Ⅳ地域において、農業地域のエネルギー消費量は都市的地域よりも大きく、暖房用や給湯用で大きい一方で、Ⅰ地域や、Ⅴ、Ⅵ地域では都市的地域の方がエネルギー消費量は大きいことがわかった。

断熱改修、節約型のライフスタイルへの移行、高効率機器の変更によるエネルギー削減効果について、東北地方の住宅の事例調査ならびに数値計算により定量的に評価した。現状からのエネルギー削減は、生活行動の見直し、高効率機器への変更、断熱改修等が挙げられるが、機器等の使用を節約することにより、現状から5%削減、高効率機器への変更により25%削減、さらに断熱強化により最大35%程度のエネルギー削減が期待できる。

住宅用の高効率機器の2050年までの普及率データを得るために、デルファイ調査を企画し、住宅関連企業に従事する実務者を対象とした調査を実施した。対象とした技術項目は、高効率給湯・暖冷房機器、高性能建材、太陽光発電、照明技術、HEMS(ホームエネルギーマネジメントシステム)等である。それぞれの技術に対して、10年毎の世帯普及率データを整備した。

[キーワード] 民生部門、データベース、エネルギー消費量原単位、省エネルギー対策、ライフスタイル

1. はじめに

エネルギー消費量を推計モデルにより精度よく推定するためには、全国各地の住宅・非住宅建築に関連するデータを整備し、複数の政策シナリオ作成に対応可能なデータベースを構築する必要がある。しかしながら、住宅・非住宅建築を対象とした既往研究や関連するデータは散

見されるものの、エネルギー消費量を推定するために必ずしも統合されている訳ではない。また、エネルギー消費量を推定するために必要なデータ全てを既往調査から得ることはできない。よって、エネルギー消費量を推定するためには、必要な全国各地の住宅・非住宅建築に関連するデータを整備し、複数のシナリオ作成に対応可能なデータベースを構築することが不可欠である。

2. 研究目的

本サブテーマは、サブテーマ2～4にて検討される住宅・非住宅のエネルギー消費予測に必要な関連データを蓄積するとともに、サブテーマ5にて開発されるエネルギー消費量の予測手法の精度向上に資するためのデータベースを構築することを目的とする。必要となるデータを収集し、それらを予測モデルに提供できるようデータベースの枠組みを作成した上で、既往研究などでデータが十分に整備されていない項目に対しては調査を実施し、データの蓄積を行う。

3. 研究方法

(1) モデル検証のためのエネルギー消費原単位に関するデータ整備

予測モデルの精度検証に資する各種データを収集した。主として、各種建物のエネルギー消費原単位データを整備し、既往研究の関連資料や統計資料のレビューならびに、データ取得のための調査を実施した。特に、農業地域における住宅を対象としたエネルギー消費原単位データが不足しているため、全国調査を実施した。

(2) 住宅の省エネルギー手法の効果に関するデータ整備

シナリオ作成に必要な、住宅への高効率機器の導入やライフスタイルの変更等によるエネルギー削減効果を、住宅内エネルギー消費予測モデルを用いて、定量的に推定した。

(3) 住宅用高効率機器の普及率の予測データの整備

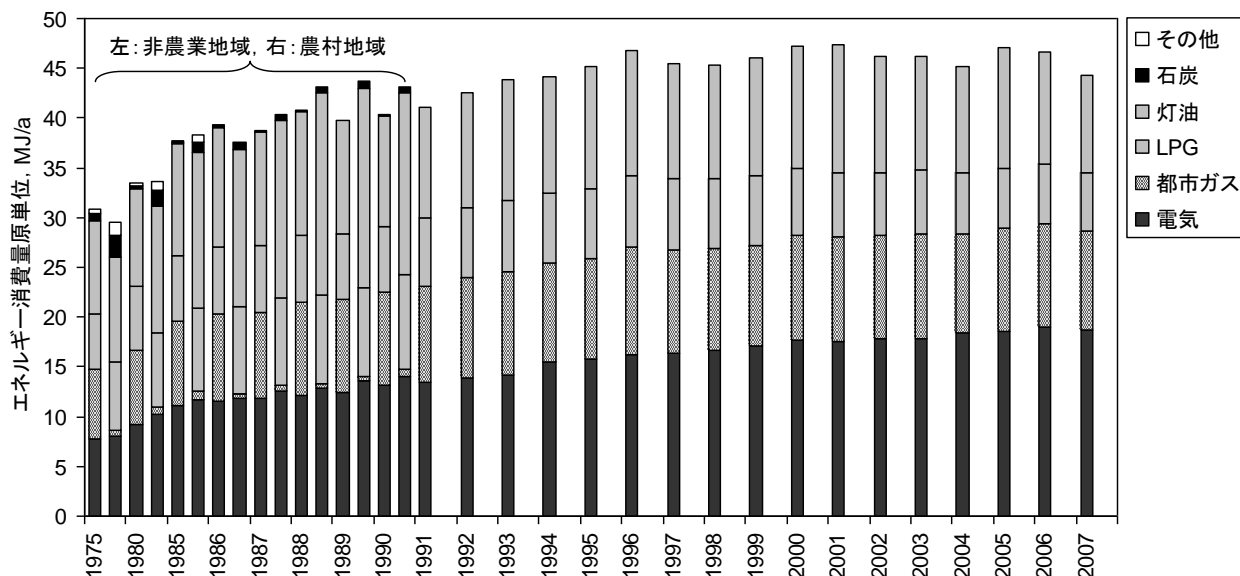
住宅のエネルギー消費量の増減に関連する指標の将来動向として、住宅用高効率設備機器に対する2050年までの10年毎の普及率データを得るために、住宅供給に携わる専門家を対象としてデルファイ調査を実施した。

4. 結果・考察

(1) モデル検証のためのエネルギー消費原単位に関するデータ整備

1) 既往調査によるエネルギー消費原単位

住宅・非住宅建築におけるエネルギー消費量の原単位に関して、地域別・建物種別にデータを収集・整備するために、過去20年間に発表された既往文献を調査しデータを収集した。文献は日本建築学会、空気・調和衛生工学会、エネルギー・資源学会にて、1988年～2007年までに発表された研究論文の中から、住宅・非住宅建築のエネルギー消費量の原単位に関連するデータが掲載されているものを選んだ。これらの文献を整理するために表形式のリストを作成し、文献名、調査地域、建物分類、エネルギー分類、調査時期、概要(建物・設備・エネルギー消費量原単位等)の項目に分けて整理した。収集された文献は、住宅建築が439件、非住宅建築が339件である。文献は特定の例を対象にエネルギー消費量を調査したものと、特定の地域に建設されている同一用途の建物を対象に調査したものに分けられる。



※1975～1990は農業、非農業地域を区分した調査が行われたが1991年以降は区別がされていない。また、1999年以降、農業地域は非農業地域に含まれるようになった。

図1 家庭用年間エネルギー消費量の原単位の推移⁴⁾ (1975～1990年のデータのみ農業、非農業地域を区分したデータが提供されている)

住宅建築を対象とした全国的な調査として、村上ら¹⁾の全国80戸を対象にした実測調査、井上ら²⁾の全国規模のアンケート調査がある。また、澤地ら³⁾は、全国8地域を対象としたアンケート調査に基づいて用途別エネルギー消費量原単位の推定式を提案している。既往のエネルギー消費量調査では、大都市圏や県庁所在地など主要な地域を対象としたものが多く、人口密度が低い農業地域やその周辺部地域の調査は殆ど行われていないことがわかった。本研究において日本全体の建物のエネルギー消費量を推計マクロモデルにより精度良く推定するためには、既往の調査にて対象とされていない地域のエネルギー消費量の原単位を把握する必要がある。農業地域の住宅のエネルギー消費量原単位は、住環境計画研究所により地域別に推計⁴⁾されている。図1に、住環境計画研究所により推計された過去約30年間のエネルギー源別の原単位の全国平均値の推移⁴⁾を示す。ただし、農業地域のデータは1990年までしか整理されておらず、1991年以降は農業地域とその他の地域の区別がされていない。1990年までの推移を見ると、農業地域のエネルギー消費量の原単位は非農業地域よりも多く、灯油、液化天然ガス(LPG)の使用割合が高くなっている。このように、両地域のエネルギー消費量の特徴には明らかな違いが確認できる。

非住宅を対象とした地方別の調査では、北海道の事務所建築(羽山ら⁵⁾)、東北地方の学校建築(渡辺・三浦ら^{例えば6)})、新潟市内の非住宅建築(赤林ら⁷⁾)の調査が、全国規模では小峰ら⁸⁾の全国の事務所ビルの調査があり、それぞれ、エネルギー消費量の原単位を計算している。また、岡ら⁹⁾は産業関連表を用いて事務所ビルの運用エネルギー消費量を推計している。最近では、全国調査に基づき、村上ら¹⁰⁾が非住宅建築の物理環境関連データベースの構築を開始している。

2) 農業地域の住宅のエネルギー消費原単位に関するデータ整備

エネルギー消費量原単位に関する文献調査を行った結果、農業地域の住宅を対象とした調査

事例が極端に少ないことがわかった。そこで、データ充実を図るためエネルギー消費量原単位に関するアンケート調査を行った。

a. 調査概要

調査は、レベル1とレベル2の2つの調査に分けて実施し、前者はハガキに質問項目を印刷したアンケートであり、住宅の居住地域と使用エネルギー源を尋ねた。後者は、年間エネルギー消費量を含め建物概要、室内環境、設備、住まい方、環境意識に関するアンケートであり、主にエネルギー消費原単位を得ることを意図している。

調査対象地域の市町村の条件として、①住宅の省エネルギー基準にて定義されている地域区分(I～VI地域)のアメダス気象観測地点における暖房デグリーデー(度日、degree-day)の平均値に近い市町村、②農林水産省の定義に従い、農業地域と都市的地域のそれぞれに区分された市町村、とした。これらの条件に見合う市町村の小学校高学年(4～6年生)の児童の自宅を対象とする。

表1にレベル1ならびにレベル2でのアンケート配布数・回収数を示す。レベル1のアンケート回収数は1,828、回収率は13.5%である。レベル2では、アンケート用紙を847部配布し、回収率は64.3%である。

表1 調査対象地域、レベル1ならびにレベル2でのアンケート配布数・回収数

省エネ区分	地域	市町村	レベル1			レベル2		
			配布数	回収数	回収率	配布数	回収数	回収率
I地域	農村地域	当別町, 美唄市, 白老町, 日高町, 広尾町	1,467	220	15.0	117	82	70.1
	都市的地域	滝川市, 帯広市, 旭川市	826	90	10.9	49	38	77.6
II地域	農村地域	美郷町	1,929	335	17.4	153	98	64.1
	都市的地域	むつ市, 奥州市	2,493	300	12.0	137	89	65.0
III地域	農村地域	登米市	205	122	59.5	53	32	60.4
	都市的地域	大崎市	2,238	262	11.7	133	80	60.2
IV地域	農村地域	入善町	822	192	23.4	67	40	59.7
	都市的地域	高岡市, 久喜市	745	72	9.7	21	15	71.4
V地域	農村地域	出水市	442	54	12.2	28	14	50.0
	都市的地域	日南市	649	93	14.3	53	38	71.7
VI地域	農村地域	南城市, 金武町	569	31	5.4	14	9	64.3
	都市的地域	系満市, 那覇市, 石垣市	1,139	57	5.0	22	10	45.5
合計			13,524	1,828	13.5	847	545	64.3

b. レベル1の調査結果

調査結果のうち、主な集計結果を示す。住宅形式(図2)では、農業地域では「戸建住宅」の割合が高い傾向にあるがI地域以外では顕著な差は見られない。暖房熱源(図3)では、寒冷な地域ほど「電気」の割合が低く「灯油」の割合が高い。また、農業地域と都市的地域との差に特徴はあまり見られない。給湯熱源(図4)では、暖房熱源と同様に寒冷な地域ほど「灯油」の割合が高くなる傾向が見られる。VI地域を除いて、農業地域ほど「灯油」の割合が高く、都市的地域では「都市ガス」の割合が高い。「電気」はIII地域以南では30%前後を占めているが、I・II地域では10～20%程度にとどまっている。調理熱源(図5)では、「電気」の割合が全体的に20%程度

であり、各地域とも電化住宅が含まれていることが窺える。「都市ガス」と「LPG」の場合が大半を占めており、農業地域では「LPG」、都市的地域では「都市ガス」の割合が高い傾向が見られる。

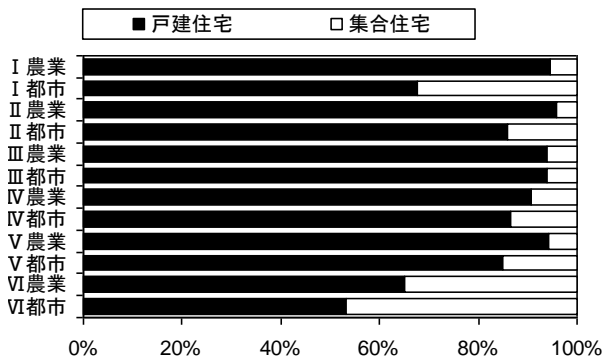


図2 住宅形式に関する集計結果

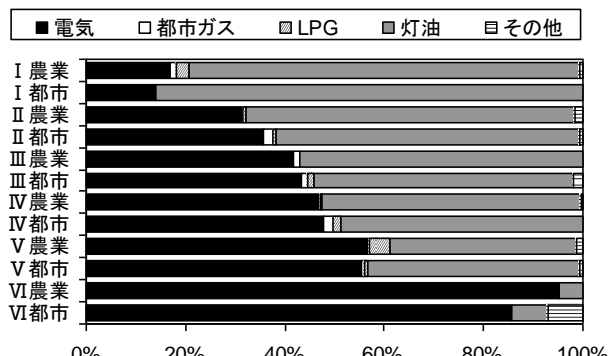


図3 暖房熱源に関する集計結果

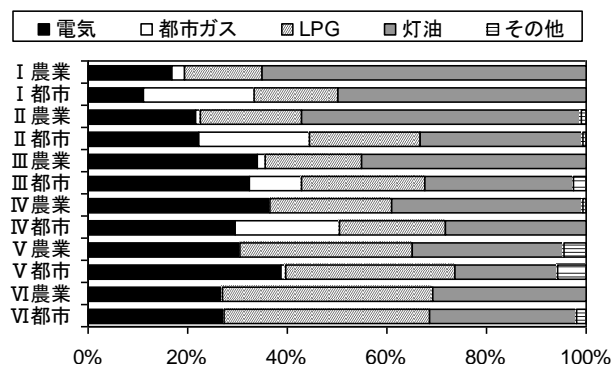


図4 給湯熱源に関する集計結果

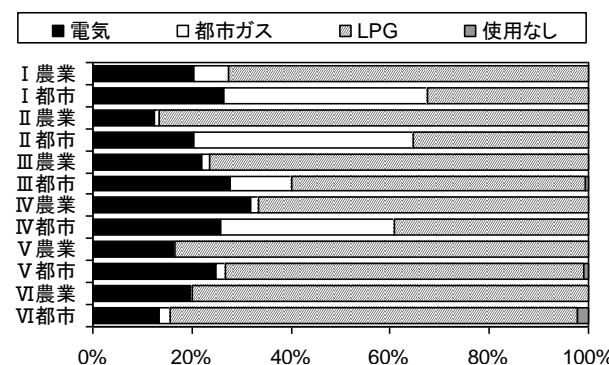


図5 調理熱源に関する集計結果

c. レベル2の調査結果

図6に住宅属性、保有暖冷房設備、暖房の状況、居住者の環境意識に関する主な集計結果を示し、農業地域と都市的地域に分けて集計した。

i) 住宅属性

住宅形式では、全体的に「戸建住宅」の割合が高く、農業地域の方がよりその傾向が強い。都市的地域では「集合住宅」の割合が農業地域よりも高い。築年数は、各年代にばらつきが大きく明確な傾向が掴めるわけではないが、II、III、IV地域の農業地域では、築年数が古い住宅の方が多く傾向が見て取れる。床面積は、農業地域の住宅の方が大きい傾向があり、I、II地域でこの傾向が強い。これは、「戸建住宅」の割合が農業地域の方が高いことが影響していると推察される。窓の構成として窓ガラスの枚数では、寒冷な地域ほど複数のガラスを使用している場合が多くなる。農業地域、都市的地域の差異はあまり顕著ではないが、I、II、III地域では、「1枚ガラス」の割合が農業地域の方が高い。



図6 住宅属性、保有暖冷房設備、暖房の状況、居住者の環境意識に関する主な集計結果

ii) 給湯・冷房・暖房設備

給湯機器として、「ガス瞬間湯沸かし器」「灯油給湯器」が占める割合が全体的に高い。I地域では、「灯油給湯器」の割合が高く、70%以上を占めている。II～VI地域では、農業地域の方が「灯油給湯器」の保有率が高く、都市的地域は「ガス瞬間湯沸かし器」の保有率が高くなっている。

また、今回の調査では、高効率給湯機器の割合が小さい。冷房用エアコンの使用台数では、所有している住宅について示しており、使用割合は寒冷な地域ほど高い傾向がある。「3台以上」使用している割合は、都市的地域で高い。居間の暖房機器は、I地域で「FF式(密閉式・強制給排気形)暖房機」「セントラル式暖房」の割合が、農業地域、都市的地域ともに高い。I、II地域では「FF式暖房機」のような密閉型の割合が高いが、III、IV、V地域では「開放型ストーブ」が多くを占めている。また、V地域では「暖房用エアコン」の所有が、開放型と同程度である。暖房機器については、農業地域と都市的地域の差異はあまり見られない。

iii) 日射遮蔽、暖房の状況

日射遮蔽への意識は南の地域ほど高く、南下するほど窓の外側の日射遮蔽を行う割合が高い。暖房機器の使用は、「居間、LDK」が中心であるが、I地域では、「住戸全体」の割合が高い。また、暖房運転では、I地域で「終日運転」の割合が高く、南下するほど運転時間が短くなる傾向が見られる。暖房設定温度は、II、III、IV地域で20℃前後の割合が高いが、I地域では全体的に設定温度が高い傾向が見られる。

iv) 環境意識

環境問題への関心が「大いにある」や省エネルギー(以下、省エネと略記)に「勤めている」割合は、都市的地域の方が高い。エネルギー消費量が最も多い用途として、I～IV地域では「暖房」が、V、VI地域では「冷房」の割合が高く、次いで「照明・家電」が高い。自宅のエネルギー消費量を「普通」と回答している割合は50%程度である。

v) エネルギー消費原単位

図7に各地域におけるエネルギー消費量原単位を用途別に示す。エネルギー消費量は月別光熱量をもとに熱量換算(電力:3.6MJ/kWh、都市ガス:45.9MJ/Nm³、LPG:100.5MJ/Nm³、灯油:37.3MJ/L)した。なお、農業地域のエネルギー消費量には業務用は含まれていない。

II～IV地域において、農業地域のエネルギー消費量は都市的地域よりも大きくなっており、暖房用や給湯用で大きい。一方で、I地域や、V、VI地域では都市的地域の方がエネルギー消費量は大きい、I地域で顕著である。この理由として、住宅規模や家族人数、建物の断熱気密性能、住まい方など種々の要因が関連していると考えられる。両地域の差を説明するために、農業地域と都市的地域の住宅特性の違いに着目し、関連項目を検討することは、住宅の省エネルギー化に有益な情報となると考えられる。

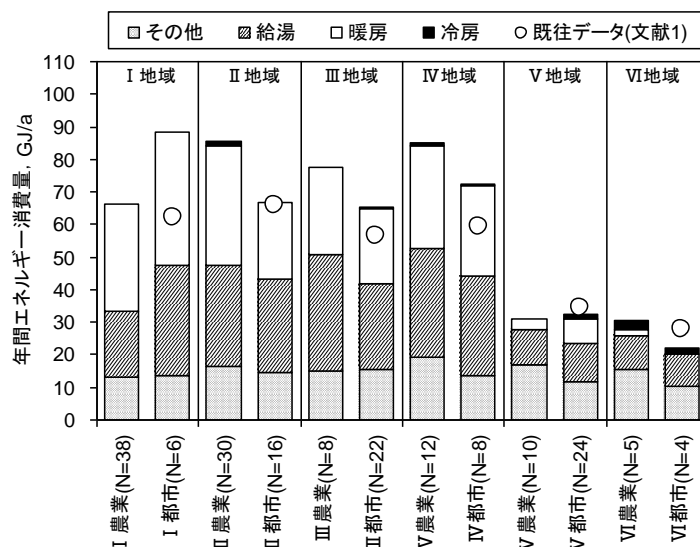


図7 エネルギー消費原単位

d. 農業地域と都市的地域の住宅特性に関する判別分析

農業地域と都市的地域の住宅特性を把握するために、外的基準を両地域とした数量化理論Ⅱ類による判別分析を試みた。分析対象は、VI地域を除いたデータに欠落のない170戸である。

表2 数量化理論Ⅱ類による計算結果

因子	カテゴリー	反応数	スコア	レンジ	偏相関係数							
住宅形式	戸建住宅	159	-0.013	0.203	0.044							
	集合住宅	11	0.190									
築年数	1979年以前	34	0.215	0.732	0.232							
	1980~1991年	32	0.069									
	1992~1998年	44	-0.418									
	1999~2002年	26	-0.069									
	2003年以降	34	0.313									
ガラス枚数	1枚	59	-0.121	0.352	0.079	暖房設定温度	18℃以下	40	-0.072	0.715	0.116	
	2枚	71	0.076				18~20℃以下	56	0.079			
	2枚(サッシ2枚)	37	0.069				20~22℃以下	30	0.069			
	3枚	3	-0.276				23℃以上	40	-0.147			
							不明	4	0.568			
暖房室数	1室	30	0.602	1.157	0.328	室内での服装	厚着	16	0.353	1.091	0.208	
	2室	46	-0.222				普通	139	0.039			
	3室	41	0.306				薄着	15	-0.737			
	4室以上	19	-0.082				室内での過ごし方	集まって過ごす	149			-0.032
	全体	34	-0.555					個別に過ごす	21			0.230
暖房機器	FF式暖房機	48	-0.318	1.386	0.274	暖房環境への満足度	かなり満足	31	0.004	0.675	0.097	
	開放型ストーブ	61	-0.029				満足	85	-0.047			
	電気ヒータ	8	1.068				どちらともいえない	29	-0.070			
	蓄熱暖房機	7	0.286				やや不満	22	0.184			
	セントラル式暖房	23	-0.176				かなり不満	3	0.605			
	エアコン	14	0.655				地球環境への関心	大に関心がある	40			0.221
その他	9	0.148	ある程度関心がある	124	-0.048							
暖房期間	2ヶ月未満	6	-0.448	1.307	0.253	節約への取り組み意識	あまり関心がない	6	-0.490	0.212	0.075	
	2~3ヶ月	16	0.774				努めている	34	-0.152			
	3~4ヶ月	27	0.152				やや努めている	112	0.061			
	4~5ヶ月	50	-0.058				あまり努めていない	24	-0.068			
	5~6ヶ月	44	-0.0372				暖房消費量への意識	多い	53			0.067
	6~7ヶ月	17	-0.532					普通	70			0.040
7ヶ月以上	10	-0.022	少ない	47	-0.135							
暖房時間タイプ	終日	39	-0.298	1.073	0.339	年収	250万円未満	20	-0.177	1.768	0.404	
	起床~就寝	45	-0.316				250~500万円未満	54	-0.523			
	朝、昼、夜	19	-0.397				500~750万円未満	55	0.346			
	朝、夜	50	0.514				750~1,000万円未満	16	1.031			
	夜	5	-0.095				1,000万円以上	13	0.392			
	その他	12	0.676				不明	12	-0.737			

分析に用いた因子は暖房用エネルギー消費量の差異に関連すると考えられる15因子とし、因子間に多重共線性が生じないように配慮した。表2に計算結果を示す。相関比は0.69である。偏相関係数が大きい因子が農業地域と都市的地域の住宅の判別に影響している可能性が高い。

「暖房室数」では、室数が少ないほど都市的地域と判別され、「暖房時間タイプ」は、暖房時間が短いほど程農業地域と判別される傾向にある。また、「地球環境への関心」では、関心が低いほど、また、「暖房消費量の認識」は、他の住宅よりも少ないと考えていることが農業地域の住宅と判別されている。今回はサンプル数を十分に確保できなかったため、I～V地域の住宅を全て分析対象とした。暖房環境は地域性が強いため、地域毎に分析する必要もあると考えられるが、これについては今後課題を残した。

(2) 住宅の省エネルギー手法の効果に関するデータ整備

1) 断熱改修事例によるエネルギー削減効果

断熱改修を行なった木造住宅を対象として事例調査を行った。調査対象事例は、主に壁の断熱強化のみを行なった秋田県内の事例(K邸)、居住しながら躯体の断熱強化を行なった事例(O邸)である。改修の仕方はそれぞれ異なるものの、改修後の効果は概ね共通しており、①断熱気密性能が向上し、各室間の温度差や上下温度差が低減する等、室内温熱環境が向上する。②断熱性能の向上により、空間的な暖房効率が向上する。③断熱改修そのものによるエネルギー消費量削減効果だけでなく付随する効果として、居住者に省エネ意識の向上が期待できることがわかった。

2) 4人家族世帯を対象とした省エネ行動によるエネルギー削減効果の推定

a. 計算概要

住宅内エネルギー消費量は、暖冷房、給湯、機器、照明の各用途別に算出できる予測モデル¹¹⁾を用いた。予測モデルでは機器、照明のエネルギー消費量を生活スケジュール自動作成プログラム、暖冷房負荷は住宅用熱負荷計算プログラムSMASH for Windowsにより算出する。

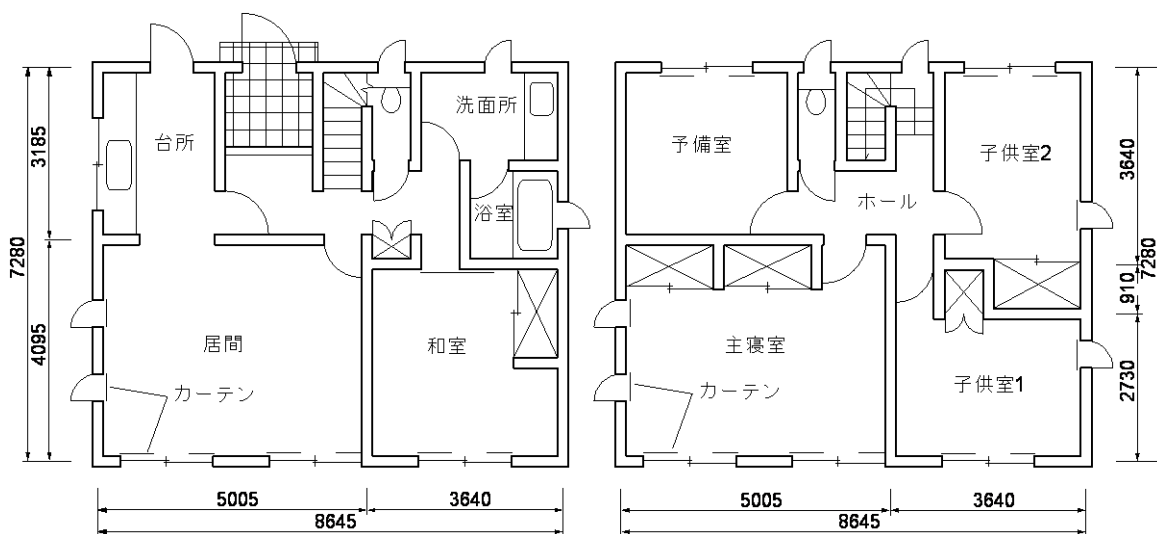


図8 戸建住宅モデルの平面図

暖冷房負荷の計算には、機器、照明の内部発熱量を反映させている。給湯負荷は、生活スケジュール自動作成プログラムより求めた湯の使用量と水道水温度を用いて計算する。暖冷房負荷、給湯負荷には機器効率を考慮してエネルギー消費量に換算している。

計算対象の戸建住宅モデルは図8に示す通り日本建築学会の標準モデルであり、床面積が126m²の総二階建ての住宅である。この住宅モデルにて、家族4人(夫婦、子供2人)が生活することにより消費されるエネルギーを算出した。表3に計算因子と水準を示す。

各因子とも、水準2を標準的な水準(標準型)と考え、水準1にエネルギーを多く消費する設定(多消費型)、水準3にエネルギーを節約する設定(節約型)を与えたが、本研究では水準2と水準3の差に着目する。因子には、因子Aの「日照条件」、因子Bや因子Cの建物のシェルター性能に関わる条件以外は全て、居住者の生活行動が住宅内エネルギー消費量に影響を与えると考えられる因子である。因子G～Mに示す機器の条件設定では、所有率が比較的高く、消費量が小さくないと判断された機器を対象とし、それぞれに対して、多消費型、節約型の使用状態を設定した。しかし、各機器を独立した因子と扱った場合、そのエネルギー消費量が全体に占める割合は小さく、各水準の差異が明確にならない可能性がある。そこで、機器を厨房、娯楽・情報、家庭衛生、照明に用途分類し、それらの分類に該当する機器のエネルギー消費量を合計した上で、各分類を独立した因子として扱った。なお、因子A～M単独のエネルギー削減については、実験計画法による分析により既に研究成果¹²⁾が得られており、本研究ではこれらの成果を踏まえて、新たに複数の因子の組み合わせによる効果について計算を追加し、機器の使い方、高効率機器の買い換え、断熱改修の実施によるエネルギー削減効果を定量的に評価した。

表3 計算因子と水準

因子		水準1	水準2 ^{※1}	水準3	
A	日照条件 (冬至の日照時間)	悪い (2h以下)	普通 (4h)	良い (6h以上)	
B	シェルター性能	旧基準	新基準	次世代基準	
C	庇 ^{※2}	なし(0)	あり(0.3)	あり(0.5)	
D	暖冷房温度(暖房/冷房)	18/28℃	20/27℃	22/26℃	
E	暖冷房運転 ^{※3}	終日全室	在室時	朝晩	
-	こたつの使用 ^{※4}	あり	なし	-	
F	カーテン(暖房期/中間期, 夏期)	なし/なし	レース/レース	日中:なし, 夜間:厚手/レース	
G	厨房機器	多消費型	標準型	節約型	
H	娯楽・情報機器	多消費型	標準型	節約型	
I	家庭衛生機器	多消費型	標準型	節約型	
J	照明機器	多消費型	標準型	節約型	
K	給湯温度(洗顔/入浴/シャワー/炊事/湯はり)	冷房期	40.0/38.7/38.7/ 40.7/42.5℃	39.0/37.7/37.7/ 39.7/41.5℃	38.0/36.7/36.7/ 38.7/40.5℃
		中間期	39.3/39.3/39.3/ 40.7/43.5℃	38.3/38.3/38.3/ 39.7/42.5℃	37.3/37.3/37.3/ 38.7/41.5℃
		暖房期	39.0/40.0/40.0/ 40.0/45.0℃	38.0/39.0/39.0/ 39.0/44.0℃	37.0/38.0/38.0/ 38.0/43.0℃
L	洗顔・炊事での湯の使用(冷房, 中間/暖房期)	湯, 湯/湯	水, 水/湯	水, 水/水	
M	入浴形態	冷房期	毎日入浴	一日おきに入浴とシャワー	一日おきに入浴とシャワー
		中間期	毎日入浴	毎日入浴	一日おきに入浴とシャワー
		暖房期	毎日入浴	毎日入浴	毎日入浴

※1 水準2は標準条件。

※2 ()内の数値は、軒下から窓下端までの高さ寸法に対する外壁からの庇の出寸法の割合。

b. 計算結果

図9に計算結果を示す。計算では、札幌、盛岡、仙台、東京、鹿児島、那覇を対象とし、a：家電機器に対する節約、b：a+暖冷房温度への配慮、c：b+給湯温度への配慮、d：c+厨房機器に対する節約、機器買換え、e：d+改修による断熱性能向上、の5条件を設定した。図を見ると、機器等の使用を節約することにより、現状から5%削減、高効率機器への変更により25%削減、さらに断熱強化により最大35%程度のエネルギー削減が期待できる。

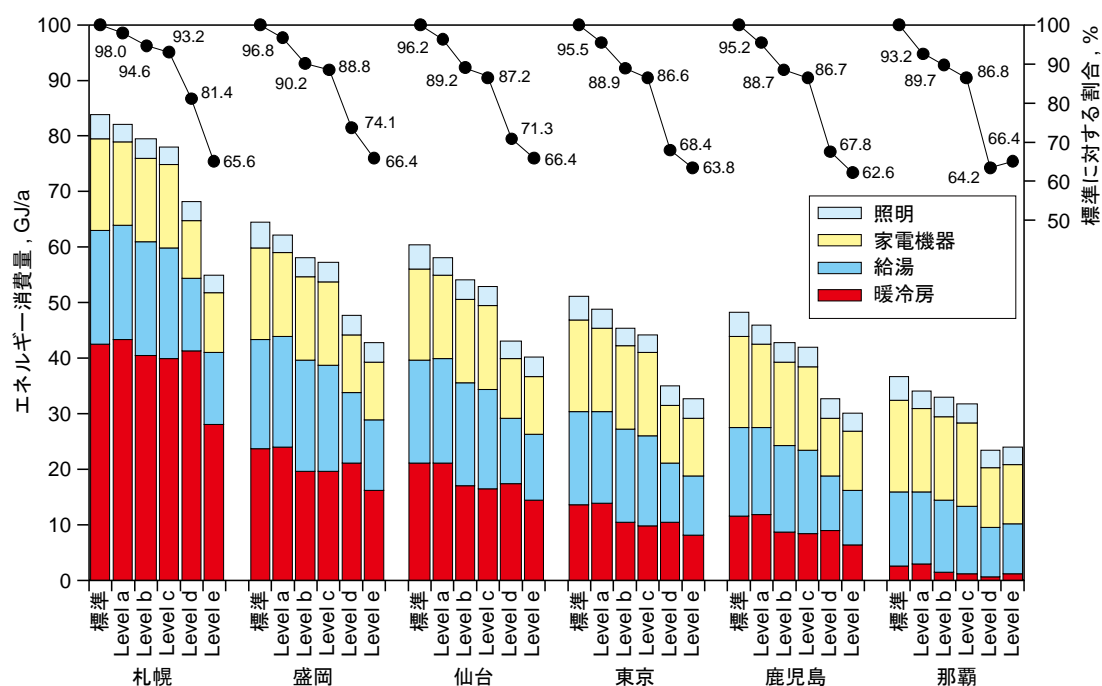


図9 戸建住宅モデルを対象としたエネルギー削減効果に関する計算結果

3) 高齢夫婦世帯を対象とした生活行動によるエネルギー削減の推定

a. 計算の概要

計算対象住宅は高齢夫婦世帯の住宅モデルであり、秋田県内に実在する戸建住宅2軒である。それぞれ、木造在来工法の住宅、築年数は40年前後、床面積は150m²(N邸)、177m²(S邸)である。いずれの住宅も特に断熱施工はされておらず、開口部はシングルガラス、冬季は居間を中心に在室時のみ暖房機(灯油FF式ヒーター、灯油ファンヒーター)を使用している。これらの住宅に対し計算モデルを作成し、①ライフスタイルの変更、②高効率機器導入による年間エネルギー消費量の削減効果を把握した。計算では、機器、照明、給湯、暖房の用途別に消費量を算出し、所有する家電機器等の使用実態を反映させている。

b. 計算結果

図10に計算結果を示す。現状で節約意識が高いためエネルギー削減のためのライフスタイルへの変更は難しいが、N邸で居間暖房温度を22℃から20℃に下げた場合に5%削減された。また、夏期にシャワー日と入浴日を1日おきに実行した場合はN邸で1%削減された。湯はり量の変更では、N邸6%、S邸3%削減された。

高効率機器導入として、機器1では、N邸3%、S邸1%削減された。機器2ではN邸9%、S邸3%削減された。N邸はもともと冷蔵庫の消費量が多いため、減少割合が高い。照明機器を高効率にした場合は、N邸では削減されず、S邸では3%削減された。これは、N邸ではもともと照明の消費量が少ないことや、照明の消費量が減ると、機器発熱量が減るため、その分暖房負荷が増加したためと考える。

給湯機器、暖房機器の変更の場合は、両邸とも減少割合が高く、20%以上の効果が期待できる。高効率機器の変更の場合、給湯・暖房機器の変更が削減効果は高いが、ライフスタイル変更でも削減効果があり、両者の組み合わせにより更なる削減が期待できる。

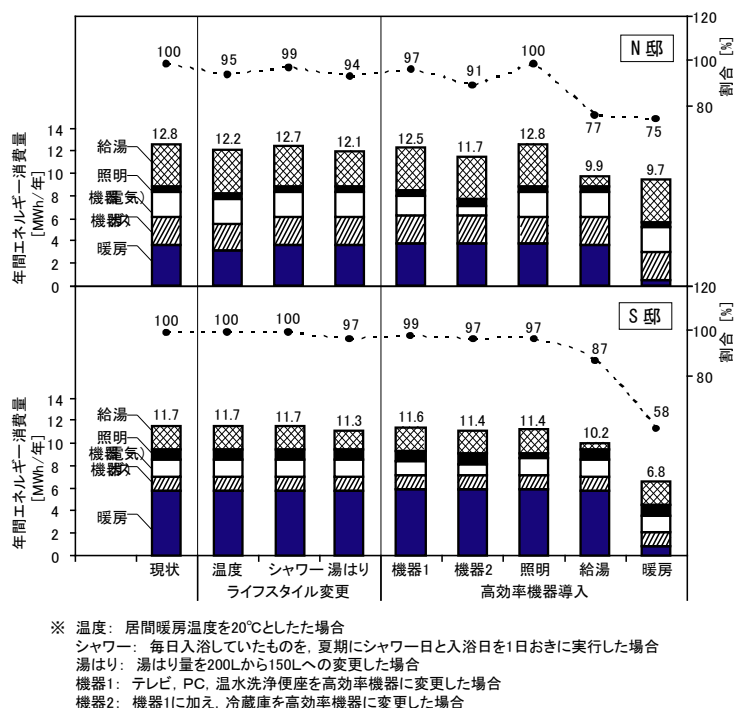


図10 ライフスタイルの変更・高効率機器の導入による効果の数値計算結果

(3) 住宅用高効率機器の普及率の予測データの整備

1) デルファイ調査の概要

住宅分野のエネルギー削減シナリオを立案するための基礎資料を整備することを目的とし、住宅用高効率機器の普及予測を行った。このような将来的対策の検討にはデルファイ調査が有効と考えられ、本研究では、その調査を行う。調査では、まず選定した専門家に対してアンケート調査を行う。その回答を集計し、2回目のアンケート(第1回アンケートと同内容)の際に、集計された結果・意見を回答者にフィードバックした上で再回答を求める。得られた回答意見が、収束・発散するか否かで当該課題に対する有効意見を判断する。

2) 調査概要

調査項目は、①給湯技術、②住宅用高性能建材、③高効率暖冷房システム、④太陽光発電、⑤照明技術、⑥家庭用コジェネレーション技術、⑦HEMS(ホームエネルギーマネジメントシス

テム)、⑧木質バイオマス利用、⑨環境負荷の少ない建材の利用、⑩既存住宅の省エネ化の10の技術項目に対して、2050年までの普及率等の予測について、記述による回答を求めた。

3) 調査の結果

調査結果のうち、給湯技術、断熱技術、暖冷房システム、太陽光発電、コジェネレーション技術、照明技術、HEMS、断熱改修技術に関する普及率の予測結果を図11～20に示す。ここでは、既存住宅に対する回答を、その時点での各技術の普及率と見なし、既存住宅の結果を世帯普及率として示す。各図では、図の横軸に年代、縦軸に普及率を示し、太線は中央値、その上下の細線は第1、第3四分位数を示す。また、予測データには、回答者の専門度が「なし」の回答者の予測値は含めていない。

図11～13に各給湯技術の予測結果を示す。2050年頃までの普及率は、潜熱回収型給湯技術が約50%、高効率ヒートポンプ技術が約40%、太陽熱利用技術は約20%程度と予測されている。なお、潜熱回収型給湯技術で第1、第3四分位数の範囲が大きいのが、これは、世帯普及率ではなくガス給湯器に対する普及割合とした回答が含まれていると考えられる。図14に低伝導性断熱技術の予測結果を示す。本技術は断熱性能が非常に優れているが、現段階でのコスト面や維持・施工面に課題があると考えられていると推察され、2050年の時点でも10%程度の普及率に留まっている。

図15に高効率ヒートポンプ空調技術の結果を示す。普及率は増加傾向にあり、2040年度頃には60%程度に達している。図16に太陽光発電技術の予測結果を示す。普及率は2020年頃に20%程度、2050年頃に40%程度と予測されているが、その後も増加傾向にあるように窺える。図17に高効率LED照明技術の予測結果を示す。普及率は2020年頃に20%程度、2050年頃には30%程度になっているが、その後の上昇は緩やかに見える。図18にガスエンジン式コジェネ技術の予測結果を示す。普及率は5%程度で留まるような傾向が見て取れる。図19にHEMS技術の予測結果を示す。普及率は増加傾向にあるが、2050年の時点で10%程度と予測されている。図20に断熱改修技術の予測結果を示す。既存住宅の断熱化は増加傾向にあるが、2020年頃の時点で20%程度、2050年頃には30%程度の住宅に技術が適用されると予測されている。

本調査によって得られた高効率機器の普及率の予測結果と、経済産業省や環境省によって将来予測の検討のために提示されている予測値^{12)～14)}とを比較した。値が得られた技術は、高効率ヒートポンプ給湯技術、太陽光発電技術、高効率LED照明技術、HEMS技術である。各予測値を調査結果と併せて図12、16、17、19に示す。経済産業省によると高効率ヒートポンプ給湯器が2030年度時点で20～40%程度普及するとしている¹²⁾。図12に示す通り、本調査による予測結果はこの範囲の下限に近く、現行の省エネ対策が継続された場合の予測値と同等である。環境省による再生可能エネルギー普及方策の提言では、太陽光発電の普及率を2020～2030年までに30%程度と見込んでいる¹³⁾。図16に示す通り、本調査の予測では、2030年時点の予測値が環境省の結果を下回っている。図17に高効率LED照明技術に対する経済産業省の予測値¹²⁾を示すが、本調査の予測値よりも下回っており、第3四分位数に近い結果となった。図19に示す通り、経済産業省や環境省で提示されているHEMS技術の普及の予測値¹⁴⁾は、本調査による予測値を大きく上回る結果となり、行政側と実務者側とで大きな意識の差があることが推察される。

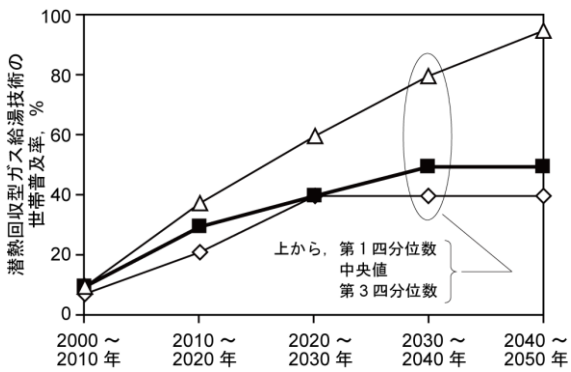


図11 潜熱回収型ガス給湯技術の普及率

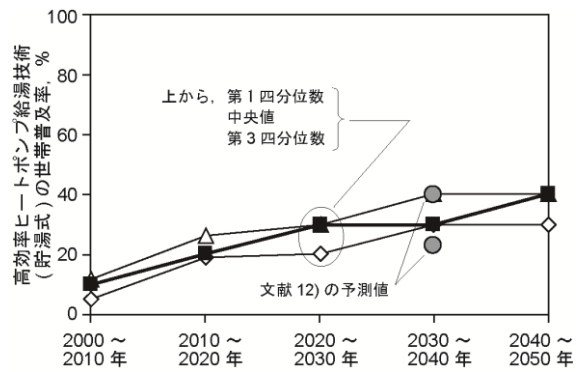


図12 高効率ヒートポンプ給湯技術の普及率

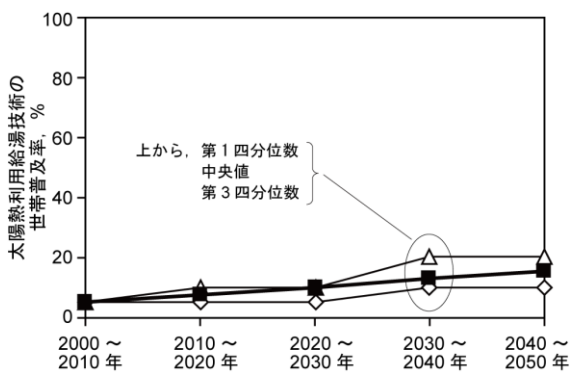


図13 太陽熱利用給湯技術の普及率

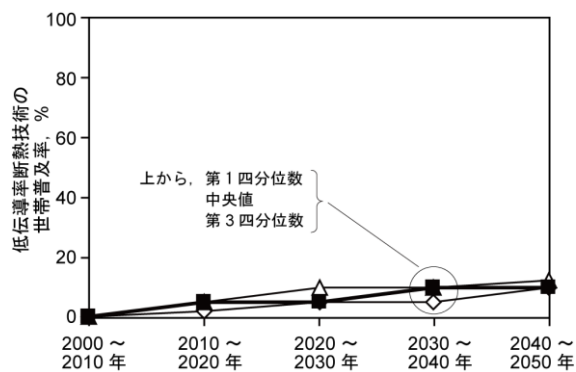


図14 低伝導性断熱技術の普及率

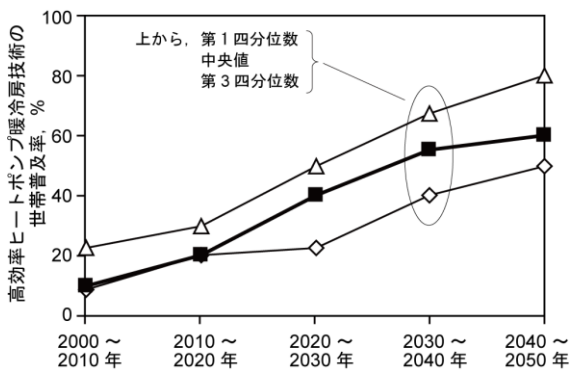


図15 高効率ヒートポンプ空調技術の普及率

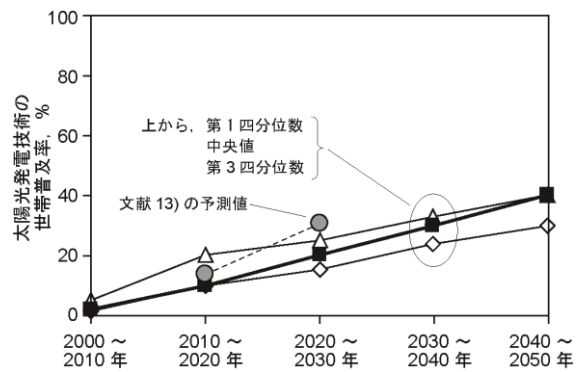


図16 太陽光発電技術の普及率

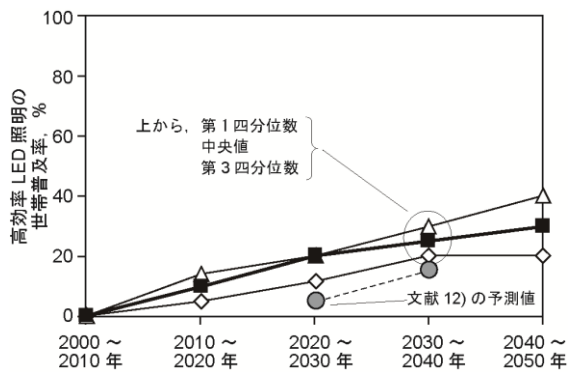


図17 高効率LED照明技術の普及率

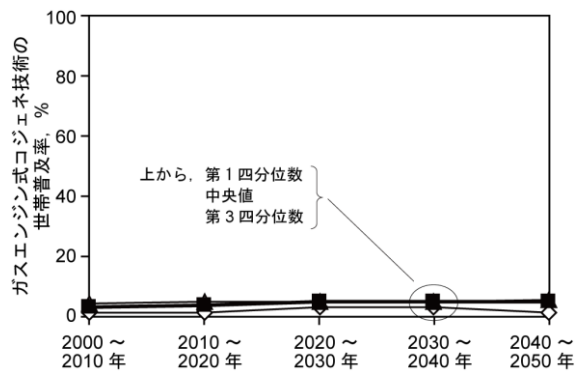


図18 ガスエンジン式コジェネ技術の普及率

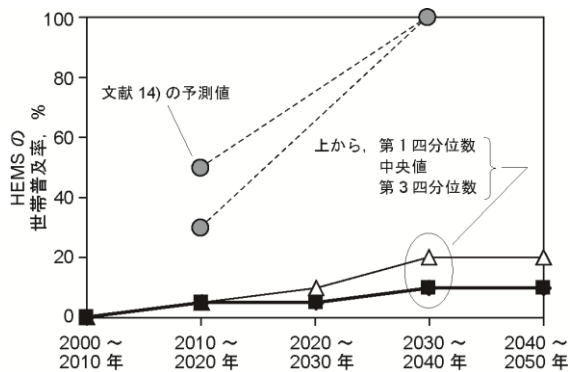


図19 HEMS技術の普及率

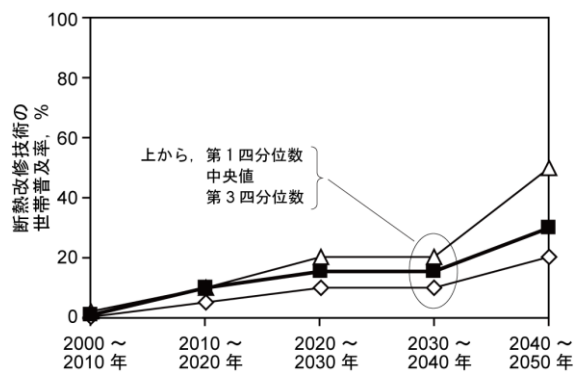


図20 断熱改修技術の普及率

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本サブテーマでは、住宅・非住宅建築のエネルギー消費量を推定するために必要なデータを整備し、データベースを構築した。必要なデータの全てが既往調査等から得られる訳ではないため、不足するデータを補うために調査、推定を行った。まず、住宅のエネルギー消費原単位データを整備するため、これまで調査が行われていない農業地域の住宅の用途別のエネルギー消費原単位データを整備した。また、シナリオ作成に必要となる省エネ行動による住宅建築へのエネルギー削減効果を数値モデルにより推定し、特に高齢夫婦世帯に着目した評価を行った。高齢夫婦世帯では現状で節約意識が高く、ライフスタイルによるエネルギー削減は困難であり、暖房や給湯設備など消費割合の高い用途の機器効率を向上させることが効果的であることを示した。さらに、住宅用の高効率機器の2050年までの普及率データを得るためにデルファイ調査を実施した。各種省エネ技術の普及率データを取得し、エネルギー消費量推計に資する基礎的データを整備した。

(2) 地球環境政策への貢献

本サブテーマは、各サブテーマと関連が強いため、最終的な目的である政策シナリオの作成に資するデータを提供することができた。

6. 引用文献

- 1) 村上周三、坊垣和明、田中俊彦、羽山広文、吉野 博、赤林伸一、井上 隆、飯尾昭彦、鉾井修一、尾崎明仁、石山洋平：全国の住宅80戸を対象としたエネルギー消費量の長期詳細調査 -対象住宅の属性と用途別エネルギー消費量、日本建築学会環境系論文集、第603号、pp. 93-100、2006
- 2) 長谷川善明、井上 隆：全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態に関する研究世帯特性の影響と世帯間のばらつきに関する考察 その1、日本建築学会環境系論文集、第583号、pp. 23-28、2006
- 3) 澤地孝男、坊垣和明、吉野 博、鈴木憲三、赤林伸一、井上 隆、大野秀夫：用途別エネルギー消費量原単位の算出と推定式の作成 (第1報) 全国的調査に基づく住宅のエネルギー消費とライフスタイルに関する研究、日本建築学会計画系論文集、第462号、pp. 41-48、1994

- 4) 住環境計画研究所：家庭用エネルギー統計年報 2007年版、2008
- 5) 田甫 英之、羽山 広文、森 太郎、繪内正道：北海道における事務所用建物のエネルギー消費実態調査、日本建築学会大会学術講演会梗概集D-I、pp. 687-688、2000
- 6) 渡辺浩文、三浦秀一、須藤 諭：東北地方における学校建築のエネルギー消費に関する実態調査研究、日本建築学会計画系論文集、第597号、pp. 57-63、2005
- 7) 真保聡裕、赤林伸一、足立直之、坂口 淳、近藤 正：新潟市におけるエネルギー需要構造に関する調査研究（その2）建物用途別エネルギー消費量に関する研究、日本建築学会大会学術講演会梗概集、D-I、pp. 1503-1504、1994
- 8) 早川 智、小峯裕己：事務所ビルに関する解析結果 -業務用建築物におけるエネルギー消費原単位に関する研究（その1）、日本建築学会環境系論文集、第578号、pp. 85-90、2004
- 9) 鈴木道哉、岡 建雄、岡田圭史、矢野謙禎：産業連関表による建築物の評価（その4）事務所ビルの建設・運用に関わるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量、日本建築学会環境系論文集、476号、pp. 37-43、1994
- 10) 建築環境・省エネルギー機構：非住宅建築物環境関連データベース、IBEC、No. 168、pp. 2-55、2008
- 11) 長谷川兼一、吉野 博、湯浅和博、千葉智成、石田建一、室 恵子、三田村輝章、村上周三：低負荷型ライフスタイルの省エネルギー効果—標準型住宅モデルを用いた数値計算による検討—、日本建築学会計画系論文報告集、第608号、97-104、2006
- 12) 経済産業省・総合資源エネルギー調査会需要部会：2030年のエネルギー需給展望、2005.3
- 13) 環境省・低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策検討会：低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策について(提言)、2009.2
- 14) エネルギー総合工学研究所：超長期エネルギーロードマップ報告書(超長期エネルギービジョン2100)、経済産業省資源エネルギー庁委託調査、2006.5

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

〈論文（査読あり）〉

なし

〈査読付論文に準ずる成果発表〉（社会科学系の課題のみ記載可）

なし

〈その他誌上発表（査読なし）〉

なし

(2) 口頭発表（学会）

- 1) 長谷川兼一、吉野博、松本真一、村上周三：農業地域と都市的地域の住宅を対象としたエネルギー消費量に関するアンケート調査、エネルギー資源・学会、第26回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2009
- 2) 齋藤綾加、長谷川兼一、松本真一、村上周三：低炭素社会に向けた住宅・非住宅建築におけ

るエネルギー削減のシナリオと政策提言 第8報 高齢少人数世帯のライフスタイル変更と高効率機器利用等によるエネルギー削減効果の数値計算、日本建築学会大会学術講演会梗概集、D-I、pp.995-996、2010

- 3) 長谷川兼一、松本真一、村上周三：住宅分野のエネルギー削減シナリオ策定のための高効率機器等の普及予測に関するデルファイ調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集I-C、pp.173-176、2010
- 4) Kenichi Hasegawa、 Hiroshi Yoshino、 Shin-ichi Matsumoto and Shuzo Murakami： Energy Conservation Effect of Occupants' Behavior in Residential Buildings 、 8th International Conference on System Simulation in Buildings 2010、 pp.1-14、 2010
- 5) 長谷川兼一、齋藤綾加、吉野博、松本真一、村上周三：農業地域と都市的地域における住宅のエネルギー消費特性に関する分析、エネルギー資源・学会、第27回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2011

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

なし