

## 5 ミクロモデルを用いた省エネライフスタイルによる省エネルギー効果の検討

吉野 博(東北大学)

### 5.0 はじめに

省エネライフスタイル検討 WG3 では、住宅の基本特性(熱性能・構造等)やライフスタイルの変化を考慮したエネルギー消費量の時間変動を予測するミクロモデル(住宅内エネルギー消費量予測モデル、以下、予測モデル)を構築し、各地の実測で得られたデータと検証した上で、断熱気密化の暖冷房負荷への効果やライフスタイルの違いがエネルギー消費量に与える影響の観点から将来のエネルギー消費量を推定することを目的とする。

本章では、本 WG3 にて構築した予測モデルの概要とその検証結果を示すとともに、予測モデルを用いた省エネライフスタイルの省エネルギー効果に関する数値計算の結果を示す。

### 5.1 住宅内エネルギー消費予測モデルの構築と標準データの作成

本 WG にて構築した住宅内エネルギー消費量の予測モデルについて、予測モデルの概要、計算に使用する標準的な設定値を示すとともに、全国主要都市を対象とした計算値と既往の文献値とを比較することにより、予測モデルの妥当性を示す。

#### 5.1.1 予測モデルの概要

本研究により構築した予測モデルでは、図 1 に示すフローに従い計算を行い、最終的に用途別の年間エネルギー消費量を算出することができる。計算には既存のアプリケーションを使用し、暖冷房負荷は SMASH<sup>注1)</sup>、照明・機器等の消費量は生活スケジュール自動作成プログラム<sup>注2)</sup>(以下、Schedule)を用い、各用途の算出結果を積算することにより住宅内エネルギー消費量とする。本予測モデルでは、照明・機器等の内部発熱量を暖冷房負荷の計算時に反映させており、Schedule にて出力される照明・機器等の発熱スケジュールを SMASH に入力する。また、給湯負荷は、湯の使用量を Schedule により求め、それに給湯温度と別途計算した水道水温度<sup>注3)</sup>との差を乗じて算出する。暖冷房負荷、給湯負荷に対しては、機器効率を考慮してエネルギー消費量として換算する。

#### 5.1.2 居住者の生活パターンと所有機器に関する標準データの作成

住宅内エネルギー消費量を予測する場合、居住者の生活パターンや所有機器に関するデータを予め準備する必要がある。そこで、標準的な各種データを作成し、予測モデルに反映させた。

##### (1)居住者の生活パターン

Schedule では、居住者の生活パターンを NHK による国民生活時間調査(1990 年度版)の結果を利用して、住宅内での各家族要員の生活行動をモデル化している。今回も同種のデータを用いるが、最新のデータとして 2000 年度版の調査結果を入手し、アプリケーション内のデータベースを更新した。なお、この NHK による調査では各都道府県別にデータが集計されているが、生活行動に地域による差異が顕著に見られなかったため、全国平均値を用いている。

図 2 に一日の生活パターンの例として 勤め人(男)と専業主婦のデータを 1990 年度版も併せて示す。両年度の調査結果には、顕著な差は見られないが、勤め人(男)、専業主婦とも在宅時間が 15 分短くなっている。また、2000 年度版では生活行動の項目が増えているため、専業主婦のパターンが分散しているように見える。住宅内でのエネルギー使用は、図中の「在宅」時に生じることになる。この「在宅」時における「食事」「洗顔」等の生活行動に伴って使用する機器を予め定義しておき、各機器の消費エネルギーを通年分積算すれば、年間エネルギー消費量を算出することができる。また、本予測モデルでは、機器からの発熱を内部発熱量として暖冷房負荷の計算に反映させている。本予測モデルで用いる生活パターンには、季節による差を考慮していないが、冷蔵庫や照明等の機器については、季節毎に内部発熱量を変化させている。

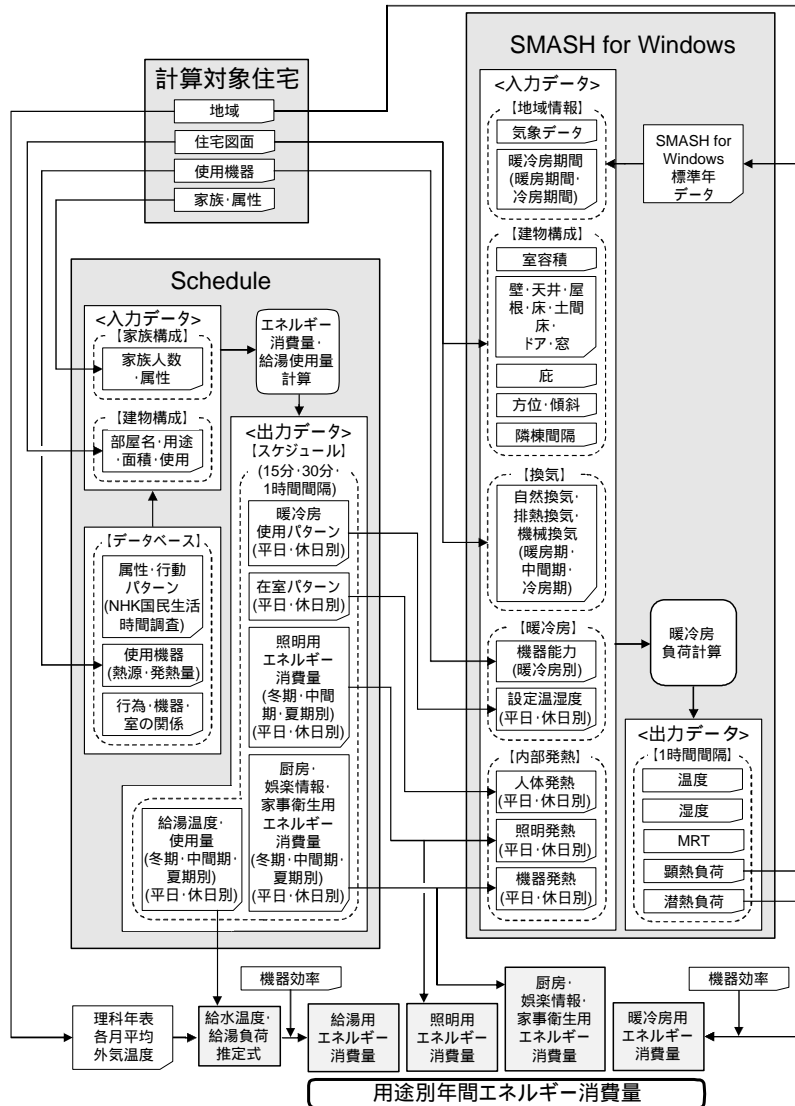


図1 予測モデルの計算フロー

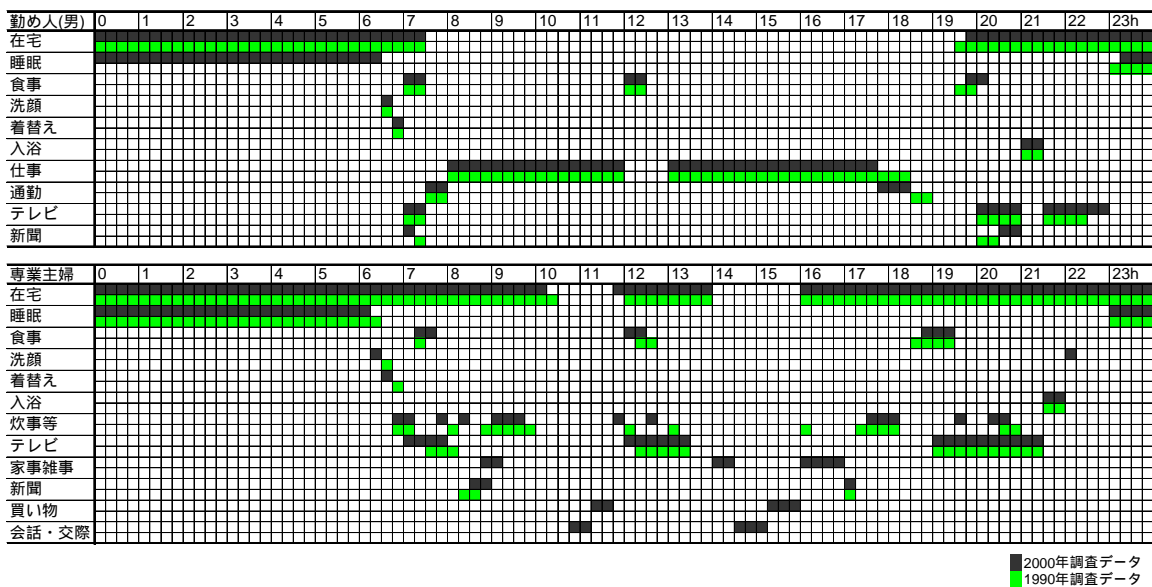


図2 勤め人(男)(上段)と専業主婦(下段)の生活パターン

## (2)所有機器

表1に所有機器の設定条件を示す。本予測モデルの対象とした各機器は、所有率が高く<sup>注4)</sup>、消費量が小さくないと判断されたものとした。各機器の標準的なデータを作成するに当たり、最近5年間に、各メーカーにより発行された機器カタログを引用し、各種機器の性能に関するデータを収集して標準的な値を仮定した上で、それを別途実施している全国的なエネルギー消費量調査の結果<sup>(例えば 3)</sup>と比較検討することにより、平均的な値<sup>注5)</sup>を導いた<sup>5)</sup>。なお、居住者の生活パターンと同様に所有機器についても地域性は反映させていない。

## (3)建物条件の設定

表2に、標準的な住宅を想定した場合の計算条件の概要を示す。

(i)地域 計算対象とする都市は、次世代省エネルギー基準にて定義されている~VI地域内における主要な9都市とする。日照条件として、各地域の南北隣棟間隔と冬至の日照時間の関係<sup>6)</sup>を用いて、4時間日照が確保されるよう隣棟間隔を設定する。

(ii)家族構成 家族類型として「夫婦と子」を対象とし、家族構成が勤め人(男)、専業主婦、高校生、中学生の4人家族とする。

(iii)建物条件 対象建物は木造戸建とRC造集合とする。前者は日本建築学会標準問題<sup>7)</sup>、後者は(財)建築環境・省エネルギー機構による「住宅の熱負荷計算プログラム評定」<sup>8)</sup>にて示されている住宅モデルを用いる<sup>注6)</sup>。断熱性能は旧省エネルギー基準相当とし、断熱材の厚さと開口部熱貫流率、気密性能は換気回数により反映させる。日射遮蔽物として、庇とレースカーテンを想定する。庇は、南面の開口部にオーバーハング型の庇を取り付けるものとし「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<sup>10)</sup>」を0.3とする。

(iv)暖冷房条件 表3に各都市の暖冷房期間、図3(a),(b)に暖冷房運転パターンを示す。これらは、坊垣ら<sup>11)</sup>と井上ら<sup>5)</sup>の調査結果を参考にして作成した。暖冷房運転は在室時(起床時)に行うこととし、暖房設定温度20、冷房設定温度27とする。ただし、札幌は暖房期に全室終日運転<sup>注7)</sup>、那覇については冷房期に就寝時冷房あり<sup>注8)</sup>とする。なお、冷房期のみ、冷房運転時以外には10回/hの排熱換気を行うものとした。

表1 所有機器の設定条件

分類	対象機器	条件設定		定格電力, W	年間消費量, kWh/年
換気機器	台所換気扇	使用タイプ	調理時使用	20	32.1
	空調換気扇	使用タイプ	常時使用	50	438.0
厨房機器	冷蔵庫	機器タイプ	普及型	62/78/86(冬/中間期/夏)	389.6
		設定強度	中		
	電気ポット	使用タイプ	沸騰のみ使用	475	346.8
	炊飯器	使用タイプ	炊飯のみ使用	180	131.4
	食洗器	使用タイプ	1回/日使用	1318	481.1
娯楽情報機器	テレビ	機器タイプ	標準21型	121	330.7
		待機時電力	あり	0.4	
	ビデオ	機器タイプ	普及型	12	44.7
		待機時電力	あり	2	
オーディオ	機器タイプ	普及型	74	19.4	
	待機時電力	あり	0.5		
コンピュータ	機器タイプ	デスクトップ型	86.6	42.9	
	待機時電力	あり	6.2		
家庭衛生機器	温水洗浄便座	強度設定	季節毎設定	40/24/12(冬/中間期/夏)	230.2
	洗濯機	機器タイプ	インバータ式	86	23.5
		機器タイプ	普及型	333	
	掃除機	使用タイプ	床種類毎に強度変更		
	ドライヤー	機器タイプ	普及型	450	205.5
アイロン	機器タイプ	普及型	500	62.5	
照明	室照明	設定方法	床面積当たりの値として定義	10(居間)	1127.6
	スタンド	機器タイプ	普及型	30	87.6

表2 建物、家族構成の設定条件

条件	入力項目		備考
地域	地域区分	~ 地域(戸建は9都市, 集合は下線の4都市)	札幌, 盛岡, 仙台, 東京, 新潟, 大阪, 福岡, 鹿児島, 那覇
	日照条件	冬至の日照時間 <sup>6)</sup>	隣棟高さ, 隣棟距離にて反映
	住戸位置	- 中間階中住戸	集合住宅のみ
建物条件	建物種別	戸建 集合	
	建物構造	木造 RC造	各地域において住宅規模は異なるが、全て同一住宅にて計算する。集合住宅のモデルは(財)建築環境・省エネルギー機構による。
	床面積	125.9m <sup>2</sup> 81.1m <sup>2</sup>	
	建物モデル	日本建築学会標準問題 <sup>7)</sup> 住宅の熱負荷計算プログラム <sup>8)</sup>	
	断熱性能	旧基準, 新基準, 次基準	断熱材厚, 開口部の熱貫流率にて反映
	気密性能	1.0~0.5回/h	換気回数にて反映
家族構成	日射遮蔽	庇, カーテン	カーテンの断熱効果も含める
	家族人数	4人	生活パターンの地域性は考慮しない。
家族属性	夫婦, 高校生, 中学生		

表3 各都市の暖冷房期間

都市(地域区分)	暖房期間	冷房期間
札幌( )	10月13日~4月26日	7月13日~8月25日
盛岡( )	11月3日~4月2日	7月12日~9月2日
仙台( )	11月3日~4月2日	7月12日~9月2日
新潟( )	11月8日~4月3日	7月13日~9月3日
東京( )	11月18日~3月18日	7月5日~9月7日
大阪( )	11月17日~3月16日	7月4日~9月8日
福岡( )	11月20日~3月15日	6月30日~9月8日
鹿児島( )	11月20日~3月15日	6月30日~9月8日
那覇( )	12月16日~2月28日	6月20日~9月27日

(v)給湯条件 表4に設定条件を示す。洗顔と炊事での湯の使用は暖房期のみとする。また、入浴形態は、浴槽に湯をためて入浴、またはシャワーの区別により条件を設定し、冷房期のみ一日おき交互に入浴とシャワーとする。

(vi)機器効率 暖冷房負荷、給湯負荷に対して機器効率<sup>注9)</sup>を考慮することにより、エネルギー消費量に換算する。給湯機器の効率は0.8、暖房は1.0とする。冷房設備には定格COPが2.67のエアコンを想定し、設定温度と外気温との関係<sup>注10)</sup>より月毎にCOPを算出し、各月のエネルギー消費量を算出する。

(a)暖房運転パターン

地域	各時間における設定温度,																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
札幌	16						20						18						20					
盛岡	20						20						20						20					
仙台	20						20						20						20					
新潟	20						20						20						20					
東京	20						20						20						20					
大阪	20						20						20						20					
福岡	20						20						20						20					
鹿児島	20						20						20						20					
那覇	20						20						20						20					

(b)冷房運転パターン

地域	各時間における設定温度,																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
札幌	27												27											
盛岡	27												27											
仙台	27												27											
新潟	27												27											
東京	27												27											
大阪	27												27											
福岡	27												27											
鹿児島	27												27											
那覇	27												27											

図3 各都市の暖冷房パターン

表4 給湯使用の設定条件

条件	暖房期	中間期	冷房期
給湯温度 (洗顔/入浴/シャワー/ 炊事/湯はり)	38.0/39.0/39.0/ 39.0/44.0	38.3/38.3/38.3/ 39.7/42.5	39.0/37.7/37.7/ 39.7/41.5
洗顔・炊事における湯の使用	湯	水	水
入浴形態	毎日入浴	毎日入浴	一日おきに入浴とシャワー

## 5.2 住宅内エネルギー消費予測モデルの検証

### 5.2.1 標準住宅を用いた検討

図4に、先に示した標準的な住宅を対象とした各都市における計算結果と既往の文献値<sup>5)13)14)</sup>との比較を示す。計算結果には文献値と同様に地域性が見られ、南下するに従いエネルギー消費量が小さくなる傾向を捉えている。戸建住宅の計算結果では、文献値と大きく乖離することなく傾向をよく再現している都市もあれば、新潟や大阪のようにやや計算値の方が大きくなっている都市もあり、特に暖房用エネルギーに差が見られる。この理由の一つとして、今回、暖房機器の効率を1.0と設定しているため、地域による使用機器の差異を考慮していないことが考えられ、今後検討する必要がある。一方、集合住宅についてはどの都市においても文献値より若干大きい値となっているが、この理由として、計算モデルの規模がやや大きいことや、文献値では単独世帯も含めて算出された値であることが考えられる。本研究による計算結果は4人世帯を対象としたものであることを考慮すれば、適当な値と判断できるが、一般的な値よりも若干大きく算出されることは留意する必要がある。

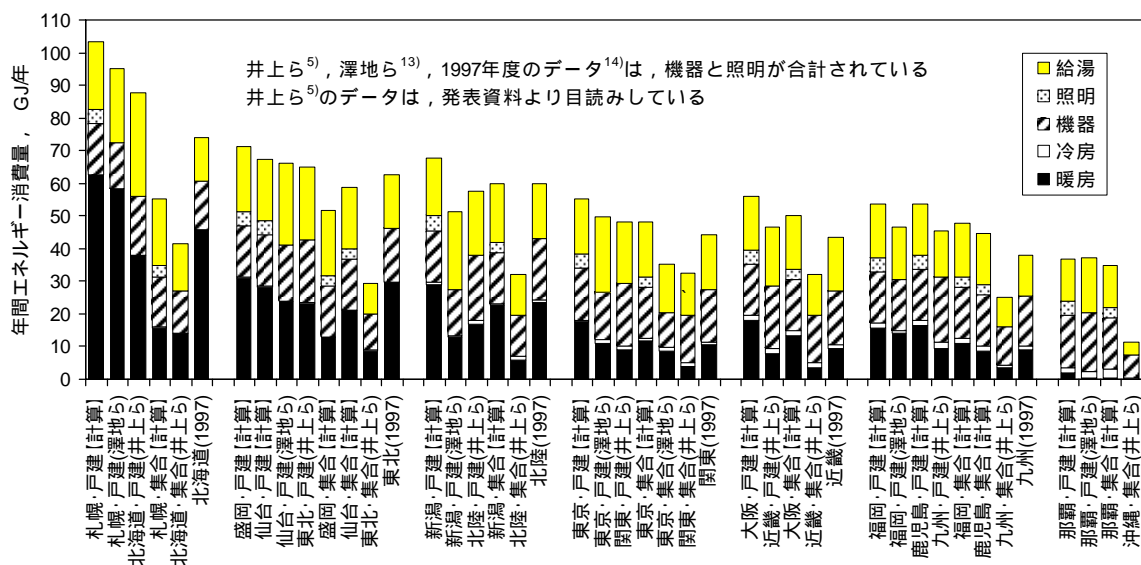


図4 各都市の標準的な住宅における年間用途別エネルギー消費量の計算結果と文献値<sup>5)13)14)</sup>の比較

## 5.2.2 実測住宅を対象とした検討

実測住宅のうち東北戸建 02 と東北集合 01 を対象として住宅モデルを作成し、計算結果と実測結果を比較することにより予測モデルの妥当性を検証する。

### (1) 計算対象住宅

(i) 東北戸建 02<sup>15)</sup> 図 5 に平面図を示す。仙台市に平成 11 年に竣工された木造全電化住宅である。居住者は 4 人、延べ床面積は 153.4m<sup>2</sup>、熱損失係数は 1.79W/m<sup>2</sup>K である。暖房設備として、居間、洋室にそれぞれ容量が 6kW、4kW の電気蓄熱暖房機が設置されており、冷房設備として、居間、洋室にそれぞれ容量 900W、705W のエアコンが設置されている。給湯設備は電気温水器である。また、1 階居間の南面開口部及び 2 階の西面開口部には実住宅に即して庇を設ける。

(ii) 東北集合 01<sup>15)</sup> 図 6 に平面図を示す。福島市に平成 12 年に竣工された SRC 造 15 階建ての 6 階に位置する。居住者は 3 人、延べ床面積は 72.3m<sup>2</sup>、熱損失係数は 2.47W/m<sup>2</sup>K である。暖冷房設備としてエアコンが居間、洋室に各 1 台設置されている。給湯と調理にはガスを使用している。また、居間、和室、洋室の開口部には実住宅に即して庇を設ける。

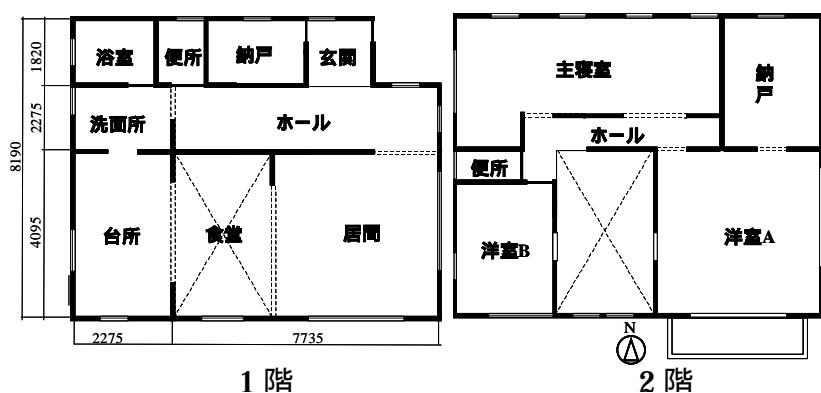


図 5 東北戸建 02 の平面図

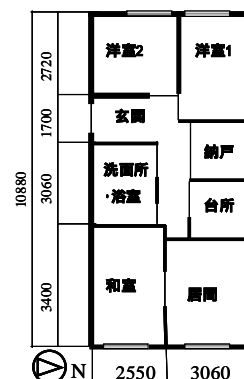


図 6 東北集合 01 の平面図

### (2) 計算結果と実測結果の比較

エネルギー消費量予測モデルの精度について検討を行うため、2002 年 12 月~2003 年 11 月における用途別エネルギー消費量の計算結果と実測結果との比較を行う。なお、用途別エネルギー消費量は空調、給湯、厨房、娯楽情報、家事衛生、照明・その他に分類している。

(i) 時刻変動の比較 図 7 に東北戸建 02 の最寒日の前後 3 日間における変動の比較を示す。グラフの上部は空調、給湯およびその他の 3 分類のエネルギー消費量、下部はその他に含まれる「厨房、娯楽情報、家事衛生、照明他」の消費量を拡大したものである。実測値の空調、給湯は蓄熱暖房機と電気温水器を使用するため、深夜電力が適用される 23:00~7:00 の間でエネルギー消費が大きくなっており、計算値はその傾向をよく捉えているといえる。

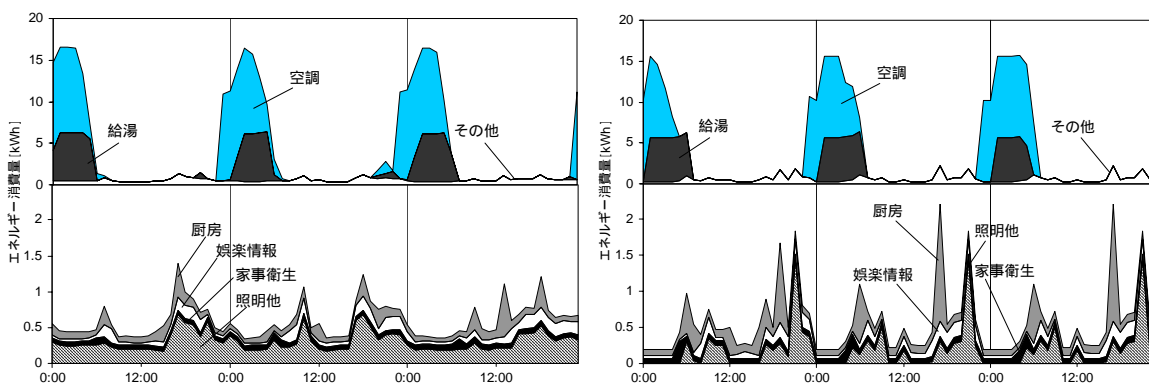


図 7 最寒日の前後 3 日間における実測値と計算値の変動の比較(左:実測値 右:計算値)

(ii)月積算エネルギー消費量の比較 図8, 図9に東北戸建02, 東北集合01住宅の用途別エネルギー消費量の比較を示す。月毎の空調, 給湯の消費量が計算値と実測値ほぼ一致している。厨房の計算値と実測値は月ごとにばらついていて、この原因は実際に居住者が使用するコンロの消費電力及び強中弱の選択により、消費電力が大きく変わるのに対して計算値は一定として計算しているためである。照明用エネルギー消費量は両方とも冬季から夏季になるにつれて小さくなっている。計算値も季節変化に伴うエネルギー消費量の変動を捉えており、ほぼ一致している。

(iii)年間積算エネルギー消費量の比較 表5, 表6に東北戸建02, 東北集合01住宅の年間実測値に対する計算値の比率を示す。戸建02, 集合01住宅ともにその比率は0.97である。全体の誤差は小さいが、機器ごとに見ると比率が大きい。特に、洗濯機の比率は戸建02が0.85と計算値が実測値より小さく、集合01では1.50と大きかった。このような誤差の原因は実際の居住者の使用回数が異なるためである。

### 5.3 実住宅における省エネルギー効果の可能性に関する検討

宮城県仙台市内にて実測対象とした住宅2軒(東北戸建02, 東北集合01)に対して、各機器の使用に関わるライフスタイルと断熱性能を変更するよう条件を設定することにより、住宅内エネルギー消費量の削減がどの程度期待できるかを検討した。なお、検討対象住宅はある程度の断熱性能が確保されており、東北戸建02は次世代省エネルギー基準相当、東北集合02は新省エネルギー基準相当の断熱性能となっている。その他の住宅概要は4.2.2を参照されたい。

#### 5.3.1 計算概要

表7に東北戸建02におけるライフスタイル変更の対象機器及びそれらに対する検討条件を示す。用途別大分類について「現状」に対して「節約大」、「浪費大」を想定し、年間エネルギー消費の比較を行う。また、表8のように断熱性能の変更についても検討を行い、ライフスタイル変更による省エネ効果との比較対象とする。表中の網掛け部分が現状から変更した箇所である。

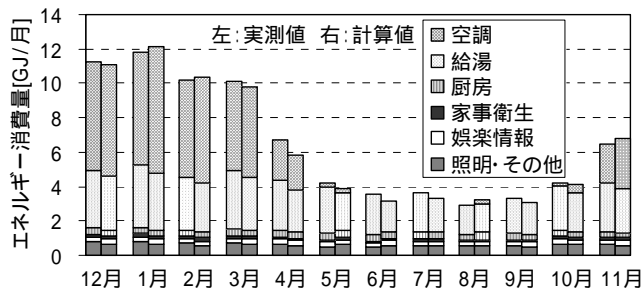


図8 用途別エネルギー消費量の比較(東北戸建02)

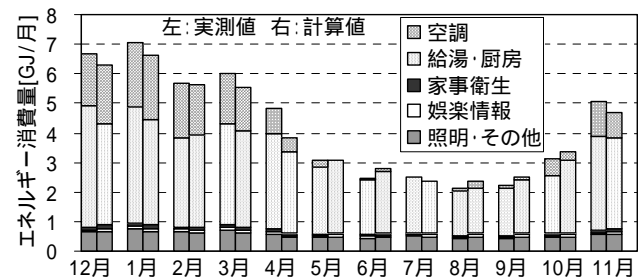


図9 用途別エネルギー消費量の比較(東北集合01)

表5 実測値に対する計算値の比率(東北戸建02)

大分類	機器別	年間積算値[GJ]		比率[倍]
		実測値	計算値	
空調	暖冷房	29.16	31.33	1.07
給湯		33.03	28.96	0.88
厨房	調理器	1.09	1.17	1.07
	冷蔵庫	3.27	3.27	1.00
	電子レンジ, 炊飯器と電気ポット	0.56	1.51	2.68
	食器洗浄機	0.01	0.00	0.00
娯楽情報	テレビ	2.62	2.73	1.04
	ビデオ	0.05	0.06	1.25
	ステレオ	0.38	0.43	1.14
家事衛生	パソコン	0.12	0.11	0.93
	洗濯機	0.17	0.15	0.85
	温水洗浄便座	1.33	1.45	1.09
照明・その他	衣類乾燥機	0.05	0.00	0.00
		7.71	5.81	0.75
合計		79.55	76.96	0.97

\*実測値に対する計算値の比

表6 実測値に対する計算値の比率(東北集合01)

用途別	機器別	年間積算値[GJ]		比率[倍]
		実測値	計算値	
空調	暖冷房	10.48	9.82	0.94
給湯・厨房	給湯・調理器	29.98	29.84	1.00
	冷蔵庫	2.50	2.47	0.99
	食器洗浄機	0.42	0.51	1.20
娯楽情報	テレビ	0.79	0.97	1.22
	ビデオ	0.11	0.14	1.26
家事衛生	洗濯機	0.20	0.30	1.50
	温水洗浄便座	0.61	0.66	1.07
	衣類乾燥機	0.19	0.27	1.40
照明・その他	照明・その他	6.80	5.45	0.80
合計		52.10	50.43	0.97

\*実測値に対する計算値の比

### 5.3.2 大分類用途別エネルギー消費量の計算結果

図 10, 図 11 に東北戸建 02, 東北集合 01 における用途別大分類の「節約大」, 「現状」, 「浪費大」の年間エネルギー消費の計算結果を断熱性能のみを変更させたケースと併せて示す。また, 図中には現状を 1 としたときの比率も示す。東北戸建 02 について, 住宅全体合計のエネルギー消費量を比較すると, 「現状」に対してライフスタイルを「浪費大」とすると 1.19 倍となり, 「断熱 0.5 倍」の 1.15 倍よりも大きな浪費となる。一方, 「節約大」では, 0.62 倍と 38% の省エネルギー効果が得られており, 「断熱 2 倍」の 0.89 倍よりも大きな効果となっている。東北集合 01 についても同様に断熱性能を変更するよりもライフスタイルを変更した方がエネルギー消費に与える影響は大きいことが伺える。ある程度断熱性能が高い住宅の場合には, ライフスタイルの変更はいくつかの行為を組み合わせることで, 断熱性能よりもエネルギー消費量に大きく影響することが明らかとなった。この知見は, 今後, 住宅分野における省エネルギー化を促進させるに当たって, 省エネライフスタイルが有効な手段に成り得ることを裏付けることになる。

表 7 東北戸建 02 におけるライフスタイル変更の対象機器及び計算条件

検討対象項目	計算条件	節約大	現状	浪費大	
空調	暖房	暖房形態	朝晩	終日	
		設定温度	2 下げる	居間 20 , 洋室A 19	2 上げる
	冷房	冷房形態	12時～16時	在室時	終日
		設定温度	1 上げる	居間 27	1 下げる
	通風利用注 4.2.4	利用する	利用する	利用しない	
給湯	入浴形態	1日おきに 入浴, シャワー	毎日入浴	毎日入浴	
	炊事・ 洗顔時	湯の使用 (冬/中/夏)	湯/水/水	湯/湯/湯	湯/湯/湯
		設定温度	1 下げる	現状	1 上げる
		使用量	1ℓ/回減らす	現状	1ℓ/回増やす
	湯はり	350ℓ	400ℓ	450ℓ	
照明	使用時間	朝晩1時間 減らす	現状	朝晩1時間 増やす	
厨房	冷蔵庫	設定強度 (冬/中/夏)	中/中/中	12月～8月 強, 9月～11月 中	強/強/強
		詰め込み 4.2.4)	普通	普通	多い
		壁との間隔 4.2.4)	2cmあける	2cmあける	ほとんど無し
		ドアパッキン 4.2.4)	隙間無し	隙間無し	隙間有り
電気 ジャー ポット	沸騰回数	2回	1回	1回	
	保温	しない	保温98 , 就寝時に プラグを抜く	終日保温98	
娯楽 情報	テレビ	使用時間	1時間減らす	現状	1時間増やす
		非使用時	プラグを抜く	リモコン によるOFF	リモコン によるOFF
	ステレオ	使用時間	1時間減らす	現状	1時間増やす
		非使用時	プラグを抜く	プラグを 挿したまま	プラグを 挿したまま
	パソコン	使用時間	1時間減らす	現状	1時間増やす
ビデオ	非使用時	プラグを抜く	プラグを 挿したまま	プラグを 挿したまま	
家事 衛生	洗濯機	まとめ洗い 4.2.4)	まとめて洗う (2日に1回)	まとめて洗う (2日に1回)	毎日洗う
		風呂の 残り湯の使用 4.2.4)	残り湯を 使用する	使用しない	使用しない
	掃除機	運転モード	強・中・弱を 使い分ける	強	強

表 8 東北戸建 02 における断熱性能の計算条件

計算条件	断熱材の厚さ(熱損失係数[W/(m <sup>2</sup> K)])
断熱2倍	2倍(1.52)
現状	現状(1.79)
断熱0.5倍	0.5倍(2.19)

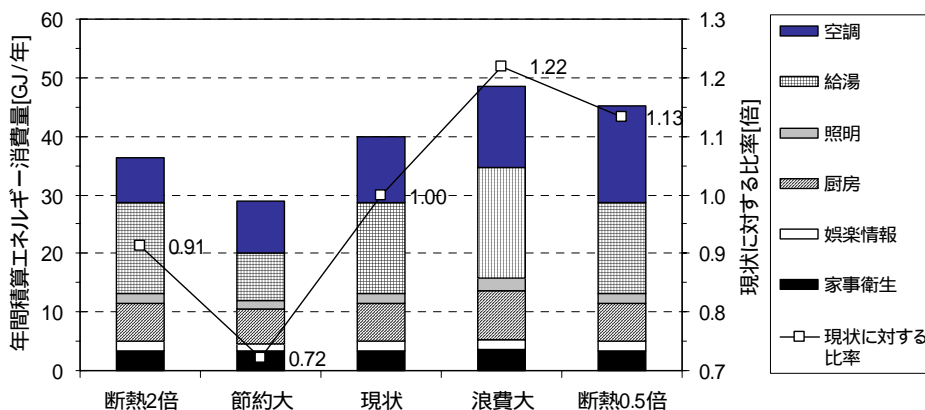


図 10 東北戸建 02 における各ケースの年間エネルギー消費量の比較

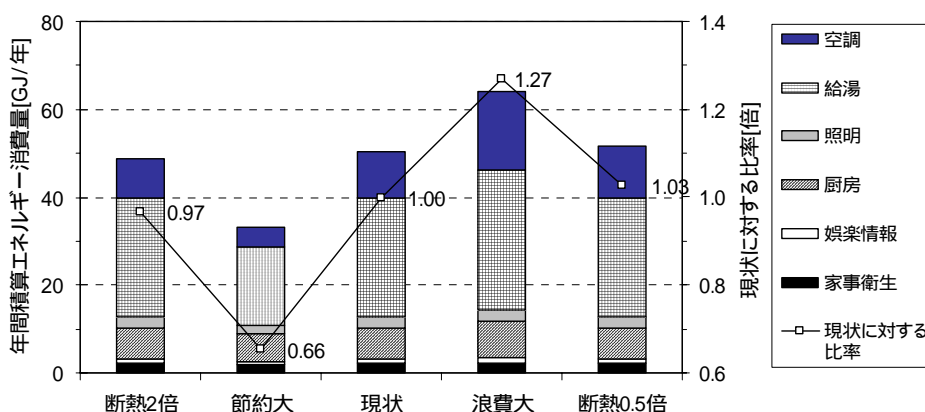


図 11 東北集合 01 における各ケースの年間エネルギー消費量の比較

#### 5.4 省エネライフスタイルの省エネルギー効果の実測調査と数値計算による検討

秋田県における住宅を事例として取り上げ、実行可能な省エネライフスタイルによる省エネルギー効果を明らかにするために、実測調査による検討、住宅用エネルギー消費量予測モデルを用いた検討、を行った。

##### 5.4.1 検討対象住宅の概要

###### (1)対象住宅の概要

表 9 に対象住宅の概要を示す。戸建 04, 05, 集合 03 は秋田県本荘市、戸建 06 は秋田市郊外に建設されている。各住宅とも各住宅とも次世代省エネルギー基準(地域)を十分に満たしている。

戸建 04 は全電化住宅であり、暖冷房設備として 3 台のエアコンが設置されている。給湯設備は深夜電力利用の電気温水器を使用している。家族構成は夫婦、幼児 1 人であり、夫婦は共働きであるため日中に不在が多く、暖冷房は在室時に行っている。戸建 05 は全電化住宅である。暖房設備には深夜電力利用の蓄熱暖房器を使用し、冷房設備にはエアコンを使用している。給湯設備は深夜電力利用の電気温水器である。家族構成は夫婦と小学生 2 人であり、夫婦は共働きのため日中は不在である。戸建 06 は暖房、給湯を灯油を使用する住宅である。暖房設備は温水パネルによる輻射暖房であり、全室終日暖房を行っている。冷房設備として 3 台のエアコンが設置されている。給湯設備には、灯油

表 9 調査対象住宅の概要

住宅名	所在地	建築年	床面積 m <sup>2</sup>	構造・工 法	Q値 W/m <sup>2</sup> K	C値 cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	暖房設備	冷房設備	換気方式	用途別エネルギー源				家族構成
										暖房	冷房	給湯	調理	
戸建04	本荘市	2000年	109.3	木造パネル 工法	1.77	0.87	エアコン	エアコン	第3種	電気	電気	電気**	電気	夫婦、幼児1人
戸建05	本荘市	2000年	141.6	木造パネル 工法	1.79	0.77	蓄熱暖房器	エアコン	第3種	電気**	電気	電気**	電気	夫婦、小学生2人
戸建06	秋田市	1999年	160.6	木造2x4 工法	1.84	2.20	温水パネル、石 油ファンヒータ	エアコン	第1種(熱交 換器なし)	灯油	電気	灯油	ガス	夫婦、祖母、幼児 1人
集合03 A, B*	本荘市	1993年	78.3	RC造	1.68	1.52	エアコン、石油 ファンヒータ	エアコン	自然換気	灯油	電気	ガス	ガス	夫婦、小学生1 人、幼児1人

\*測定期間は、集合03Aが2002年11月～2003年10月、集合03Bが2003年11月～ / \*\*深夜電力利用

焚給湯ボイラーを使用している。家族構成は夫婦、祖母、幼児1人であり、日中は主婦と祖母がいることが多く、主人は単身赴任のため週末に在宅するのみである。集合03はRC造5階建ての中間階に位置する。2003年10月前後で対象住戸を変更し、本報では集合03Bを扱う。暖房設備は2台の石油ファンヒーター、冷房設備には和室にエアコンが設置されている。家族構成は夫婦、小学生1人、幼児1人であり、主婦は日中在宅している場合が多い。

### (2)年間エネルギー消費量の状況

図12に用途別年間エネルギー消費量を示す。住宅毎に用途別の比率は異なっているが、対象住宅は東北地方の一般住宅<sup>14)</sup>と同程度か少ない。現状からエネルギー消費量を削減する方策として、比較的割合が高い空調、給湯用に着目し、高効率機器への変更や使い方の工夫を図ることが考えられる。しかし、実効性のある方策を探る上では、機器などの用途においても効果的な削減の可能性を検討することは意義深い。

### 5.4.2 実行可能な省エネライフスタイルの導入による省エネルギー効果

#### (1)調査概要

表10に調査内容と方法を示す。調査は継続して行っているエネルギー消費量、室内外温湿度の測定とともに、居住者へ省エネライフスタイルに対する実行度の申告を依頼した。エネルギー消費量の測定は表10に示すように、用途別に消費量が把握できるよう配慮している。省エネライフスタイルとして予めメニューを提示し、居住者の判断で実行可能な項目を実施するよう依頼した。メニューは、大分類用途(空調、給湯、厨房、冷蔵庫、娯楽情報、家事衛生、照明)別に、各機器に対して設定した。

各住宅に対して省エネライフスタイルの実行を1週間とし、実行前1週間の状態(平常時)と比較することにより、省エネルギー効果を検討する。調査は、2004年度の夏期と冬期に実施し、夏期調査は戸建04のみで行った。

#### (2)調査結果

(i)省エネライフスタイルの実行度 表12に省エネライフスタイルの実行度アンケート調査結果を示す。夏期調査は戸建06にて実施した。戸建06は、居住者が平常から省エネルギーに努めている様子が窺え、実行度5の項目が多く見られる。特に、空調換気と厨房に関わる実行度が高く、それに対して、給湯の実行度は低くなっている。平常時からの省エネライフスタイルへの移行に関しては、「完全に実行」には至らずとも、冷蔵庫や給湯等に関する実行がなされている。

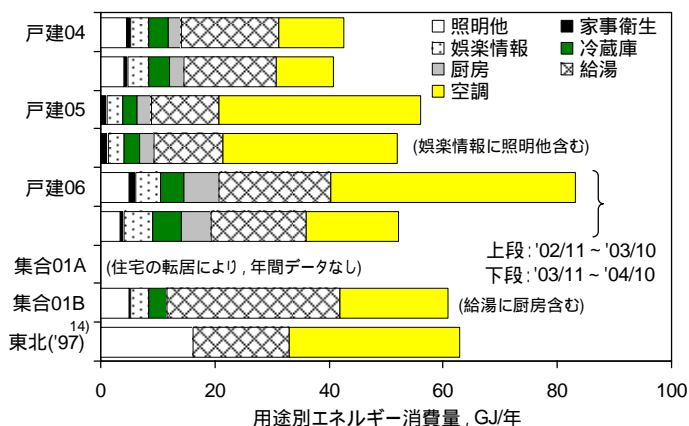


図12 各住宅の年間用途別エネルギー消費量<sup>16)</sup>

表10 調査内容と方法

調査内容	調査方法・項目
実測調査	電力 使用電力情報収集システムによる1分毎の計測
	ガス ワンタッチ型データロガーによる5分毎の計測
	灯油 微量燃料メータ及びパルスロガーによる5分毎の計測
	温湿度 小型データロガーによる15分毎の計測
省エネライフスタイル実行度	アンケート用紙への実行度の記入を居住者へ依頼

表11 各住宅の測定対象機器と用途分類

大分類	小(機器)分類	戸建04	戸建05	戸建06	集合03B
空調換気	エアコン(電気)				
	エアコン(電気)				
	ファンヒーター(灯油)	-	-		
	電気式ヒーター	-	-		
	加湿器				
	蓄熱式暖房機	-	-		
厨房	24時間換気				
	電磁調理器			-	-
	電子レンジ・オープンレンジ				
	炊飯器				
	ポット・トースター		-		
	冷蔵庫				
照明	食器洗い器			-	-
	照明機器				
娯楽情報	テレビ・ビデオ				
	オーディオ				
	ゲーム				
	パソコン・周辺機器			-	
家事衛生	電話・FAX				
	充電器(電話等)				
	洗濯機				
	アイロン				
	掃除機				
	温水洗浄便座				
給湯	ドライヤー				
	電気温水器			-	-
その他	給湯器(ガス・灯油)	-	-		
	水槽	-	-		

○: 測定実施, □: 所有しているが測定していない, -: 所有していない

冬期調査について、戸建 04 は各分類とも平常時での実行度 5 の割合が高い。省エネライフスタイルへの移行では「エアコンのフィルター掃除」や冷蔵庫、給湯(洗面)、温水便座などに対して実行している。逆に、実行が難しい項目は「炊飯器の保温」や給湯(風呂)である。戸建 04 の暖房設定温度は 23 程度であるが、設定温度の変更も難しいようである。戸建 05 も、戸建 04 と同様に平常時での省エネルギー意識が高く、実行度 5 の項目が多い。特に、照明、娯楽情報に関わる実行度が高く、逆に、給湯や厨房での実行度は低くなっている。省エネライフスタイルへの移行では、暖房と厨房に関して実行されているが、その項目は少ない。戸建 06 では、給湯が夏期調査時と比較して、平常時での実行度が高い項目が多くなっている。その他の分類に対しては、夏期調査時と同様か娯楽情報のように実行度が若干低くなっている項目もある。省エネライフスタイルへの移行がなされた項目は少なく、居住者の意識としてこれ以上の配慮は難しいようであり、特に、暖房に関する実行度には顕著な変化は見られない。集合 03B では、平常時の実行度はどの分類においても高いわけではない。省エネライフスタイルへの移行のうち、暖房に対しては難しいようであり、実行度 1 の項目が多い。一方で、冷蔵庫、給湯(風呂)、照明に関する実行度は高くなっている。

(ii)省エネルギー効果 図 13 に、省エネライフスタイルの実行による省エネルギー効果を示す。図では、平常時、実行時の 1 週間を対象として日積算エネルギー消費量の平均値を示し、両者を比較することにより効果を検討する。

夏期調査では、全体で 3%のエネルギー消費量が削減されている。分類別で見ると、冷房、厨房用のエネルギー消費量が全体の削減に寄与している。居住者による省エネライフスタイルの実行度の申告では、給湯に関連する実行度が平常時よりも高くなっていたが、エネルギー消費量にはその効果が現れなかった。実行時の平均外気温が平常時よりも低いことが冷房や給湯用の減少に関連している可能性があるが、厨房用に関しては、省エネライフスタイルの効果と見てとれる。

表 12 省エネライフスタイルのメニューと各住宅の実行度

分類	機器名称	省エネライフスタイルの項目	夏期		冬期		冬期		冬期		冬期	
			戸建06		戸建04		戸建05		戸建06		集合03B	
			平	実	平	実	平	実	平	実	平	実
空調	エアコン	暖(冷)房設定温度を低(高)くする	5	5	3	3						
		使用時間を短くする	5	5	3	3						
		こまめにエアフィルターを掃除する	1	1	4	5						
		カーテンなどで熱の出入りを調節する	5	5	4	5						
		ドア・窓の開閉時間を短くする	1	5	5	5						
	石油ファンヒーター	家族が同じ部屋で囲らんする	5	5	5	5						
		設定温度を低くする							5	5	3	3
		使用時間を短くする							1	1	1	1
		外出・就寝時は早めにオフにする							1	2	1	1
		こまめにエアフィルターを掃除する							1	1	1	1
温水パネルヒーター/蓄熱暖房機	暖房設定温度を低くする					5	5	4	4			
	カーテンなどで熱の出入りを調節する					4	5	1	1			
	ドア・窓の開閉時間を短くする					4	5	4	4			
	家族が同じ部屋で囲らんする					5	5	4	4			
冷蔵庫	調理	季節に合わせて設定温度を調節する	1	1	1	3	5	5	1	4	3	3
		熱い物は常温で冷やしてから入れる	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		開閉回数を少なくする	5	5	4	3	3	3	4	4	4	5
		扉の開閉時間を短くする	5	5	4	4	3	3	4	4	4	5
		物を詰め込み過ぎないようにする	1	4	5	5	3	3	1	2	4	5
	炊飯器	放熱面に物を載せないようにする	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
		下ごしらえは電子レンジを活用する	5	5	5	5	1	2	3	2	1	1
		鍋底の水溜を拭き取ってから火にかける	1	4	5	5	5	1	4	5	5	5
		鍋は底の面積が大きい物を使う	5	5	2	2	5	5	4	4	3	3
		落し蓋を利用する	5	5	2	3	3	3	4	4	4	4
電子レンジ	段取りよく調理する	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	
	保温時間を短くする	1	1	1	1	1	1	5	5	2	2	
	保温しない	5	5	1	1	1	1	5	5	1	1	
	冷凍食品は自然解凍する	1	1	3	4	1	2	1	1	3	2	
	家族が4人以上の場合は湯船で入浴する	1	1	5	5	2	3	5	5	3	4	
給湯	風呂	シャワーの時間を短くする	1	1	2	1	5	5	5	5	3	4
		入浴後はフタを閉める	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		湯はりの位置を低めに設定する	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1
		ガス給湯器は使わない時に種火を消す	1	3					4	4	1	1
		お湯を沸かす時は中火で沸かす	1	3	3	3	1	1	4	4	4	4
	炊事	給湯器のお湯をコンロで沸騰させる	3	3	5	5			4	4	1	1
		食器洗いの際の湯温を低くする	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3
		洗い物はため洗いをする	1	1	5	5	5	5	1	1	4	4
		給湯の使用時間を短くする	1	1	4	5	5	5	4	4	3	3
		給湯の設定温度を低くする	1	3	4	5	1	1	1	1	5	5
洗面所	温水を使わない	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	
	無駄な明かりをつけない	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	
	点灯時間を短くする	1	1	5	5	5	5	1	1	3	4	
	家族が同じ部屋で囲らんする	1	1	5	5	5	5	1	1	4	5	
	非使用時は主電源を切る	5	5	5	5	5	5	2	2	5	5	
情報娯楽	テレビ	使用時間を短くする	1	1	5	5	3	3	1	1	3	4
		画面を明るくしすぎないようにする	5	5	5	5	5	5	4	4	1	1
	ビデオ	音量を上げすぎないように	5	5	5	5	4	3	4	4	3	3
		非使用時は主電源を切る	1	1	5	5	5	5	1	1	1	1
		非使用時は主電源を切る	5	5	5	5	5	5	1	1		
家事衛生	洗濯機	省エネモードにする			5	5	5	5			3	3
		充電しっぱなしにしない	1	1	5	5	4	4	5	5	3	4
	掃除機	風呂の温水を洗濯に利用する	5	5	1	1	1	1	4	4	5	5
		まとめ洗いをする	1	3	5	5	5	5	3	3	5	5
		軽い汚れはスピードコースを利用する	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
先に部屋を片付け、使用時間を短くする		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
吸引力を調節する				3	4	5	5			3	3	
温水洗浄便座	フィルターを掃除する			2	3	2	2			1	1	
	集塵パックを適宜取り替える			4	4	5	5			3	3	
	非使用時はフタを閉める	5	5	5	5	1	1	5	5			
	季節に合わせて設定温度を調節する	1	1	3	4	3	3	1	1			
	外出時には便座保温をオフにする	1	1	1	2	1	1	1	1			
ドライヤー	風量を調節する	1	1	5	5	1	1	1	1	5	5	
	髪をよく拭いてから使用する	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	

平：平常時、実：実行時/ 実行度(5段階) 1：実行なし、2：わずかに実行 3：時々実行、4：かなり実行、5：完全に実行/ 網掛けは実行時に実行度が高い項目

冬期調査において、戸建04、戸建05、集合03Bでは省エネライフスタイルの導入により平常時と比較して、それぞれ1%、14%、7%の省エネルギー効果が見られた。戸建05では、平常時からの実行度が高い項目である空調(暖房)と給湯で消費量の削減が大きい。これら以外の用途に関連する項目では、実行度が平常時と同様と申告されているため、エネルギー消費量の削減はほとんど確認できない。集合03Bでは、空調(暖房)用のエネルギー消費量の削減が顕著である。その他、冷蔵庫、娯楽情報、照明用に消費量の削減が見られ、省エネライフスタイルの実行との関連が見られる。戸建06では、実行時にエネルギー消費量が増加しているものの、空調用以外の用途では逆に減少している。空調用が増大した理由として、実行時の週末に単身赴任である主人が在宅し、その期間の外気温が平常時よりも低下したことが考えられる。各項目の実行度は平常時とあまり変化はないが、給湯、厨房、照明で顕著な削減効果が見られた。

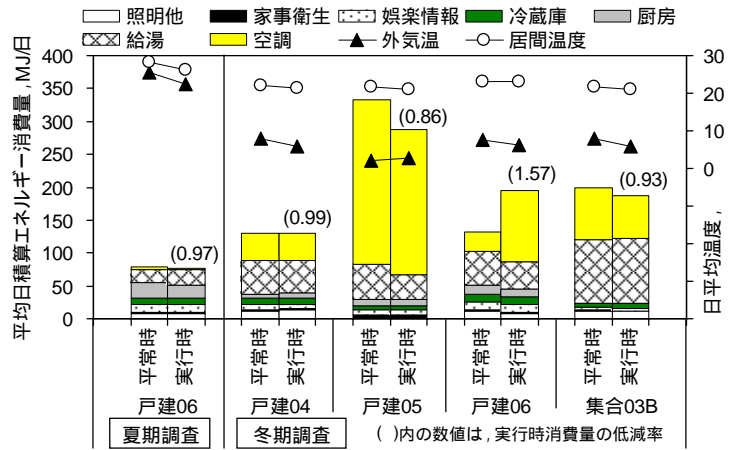


図13 省エネライフスタイルの実行による省エネルギー効果

各住宅においてメニューの実行度の高さが消費削減に結びつくものもあれば、必ずしも効果が見られない項目もある。「冷蔵庫の扉の開閉」「入浴後の湯の保温」「テレビの非使用時の主電源」「照明の消灯」などへの配慮は、比較的実行されている項目であった。しかし、本調査は各季節のある1週間を対象としたものであるため、年間のエネルギー消費量に対する削減効果を確認するには至らない。よって次に、省エネライフスタイルの省エネルギー効果を定量的に把握するために数値計算を試みた。

### 5.4.3 省エネライフスタイルの変更による省エネルギー効果の数値計算

#### (1) 計算モデル概要

実測調査を実施している戸建住宅を対象として、それぞれの住宅のエネルギー消費量予測モデルを作成し、省エネライフスタイルの変更による省エネルギー効果を検討する。予測モデルは先に示したモデルであり、一世帯当たりの用途別エネルギー消費量を算出する。今回、暖冷房負荷の算出に用いる気象データには実測値を用いた。

表13 省エネライフスタイルのメニューに対する計算条件

検討対象項目	計算条件	戸建04		戸建05		戸建06		
		現状	節約	現状	節約	現状	節約	
空調	暖房	暖房形態						
		在室時		在室時		終日	終日(暖房面積変更)	
	設定温度(居間/寝室)		23/21	23/20	23/21	22/20	23	
	冷房	冷房形態						
在室時		在室時		在室時				
設定温度(居間/寝室)		26/26	27/27	27/27	28/28	27/27	26/26	
通風利用		利用する						
給湯	入浴形態		毎日入浴	1日おきに入浴, シャワー	毎日入浴	1日おきに入浴, シャワー	毎日入浴	1日おきに入浴, シャワー
	炊事・洗顔時	湯の使用(冬/中/夏)	湯/湯/湯	湯/水/水	湯/湯/湯	湯/水/水	湯/水/水	
		設定温度	現状	1 下げる	現状		現状	1 下げる
	使用量	現状	1L/回減らす	現状	1L/回減らす	現状	1L/回減らす	
	湯はり	250L		250L	200L	250L	200L	
照明	使用時間	現状	朝晩1時間減らす	現状	朝晩1時間減らす	現状	朝晩1時間減らす	
厨房	冷蔵庫	設定強度(冬/中/夏)						
		中/中/中	中/中/弱	中/中/中	弱/中/中	中/中/中	弱/中/中	
娯楽情報	テレビ	詰め込み						
		普通		普通				
	使用時間	現状	1時間減らす	現状	1時間減らす	現状	1時間減らす	
	非使用時	リモコンによるOFF	プラグを抜く	リモコンによるOFF	プラグを抜く	リモコンによるOFF	主電源OFF	
パソコン	使用時間	現状	1時間減らす	現状	1時間減らす			
	非使用時	プラグを挿したまま	プラグを抜く	プラグを挿したまま	プラグを抜く	プラグを挿したまま	プラグを抜く	
家事衛生	洗濯機	まとめ洗い						
		まとも洗い(2日に1回)		まとも洗い(2日に1回)				
風呂の残り湯使用		使用しない	使用する	使用しない	使用する	使用しない	使用する	

(2)省エネライフスタイルへの変更による省エネルギー効果の検討

表 13 に各住宅における計算条件を示す。各住宅に対して「現状」と「節約」の2水準設け、「現状」では実測調査やアンケート調査などに基づき、平均的なライフスタイルを想定している。また「節約」は、先の調査により得られた結果を参考に、居住者が無理なく取り組める範囲で省エネライフスタイルを設定した。なお、ここでは示していないが「現状」を想定したエネルギー消費量の計算結果は実測値をよく再現しており注 11)、本検討を行うためには妥当なモデルであることを確認している。

表 14 と図 14 に年間エネルギー消費量の計算結果を示す。各住宅とも「現状」に対して省エネライフスタイルへの移行により、15%前後のエネルギー消費量の削減が見られる。削減割合の構成は表 14 に示す通り、暖房や給湯で削減率が大きく 10%前後を占めているが、その他の用途において 2%程度の削減がなされることがわかった。

表 14 と図 14 に年間エネルギー消費量の計算結果を示す。各住宅とも「現状」に対して省エネライフスタイルへの移行により、15%前後のエネルギー消費量の削減が見られる。削減割合の構成は表 14 に示す通り、暖房や給湯で削減率が大きく 10%前後を占めているが、その他の用途において 2%程度の削減がなされることがわかった。

5.5 標準住宅を対象とした検討

住宅内エネルギー消費予測モデルを用いて、標準住宅を想定した場合に、シェルター性能の向上、ならびに省エネルギーを意識した住まい方(省エネライフスタイル)がエネルギー消費量の削減にどの程度寄与するかを検討する。前者は、我が国の省エネルギー基準を参照し断熱水準の違いがエネルギー消費量に及ぼす効果を把握することとし、後者では主に、暖冷房運転、設定温度やテレビ、温水便座等の機器と照明の使い方、給湯使用方法等の変更が検討対象となる。しかし、このような計算を行うには検討すべき因子とその水準が多くなり、計算回数が増大になると予想されるため、先ず、各因子の影響度を把握するためのパラメトリックスタディーを行い次に、実験計画法 17) を適用した分析を試行し各因子の省エネルギー効果を明らかにする。

5.5.1 計算対象住宅モデルの概要

計算対象モデルは、4.1 にて示した標準住宅を想定した住宅モデルである。

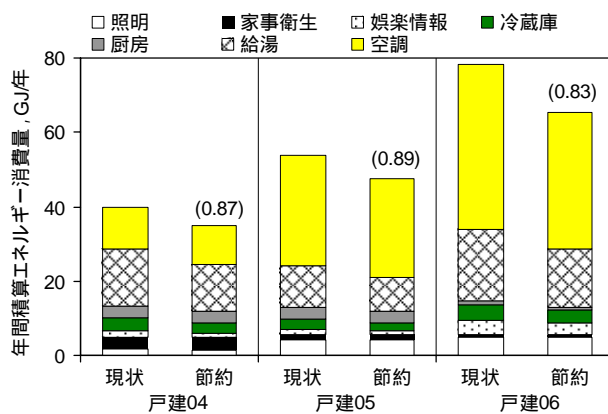
(1)計算因子と水準の設定条件

表 15 に本研究にて扱う計算因子と水準を示す。本研究にて抽出した因子は、住宅用エネルギー消

表 14 各住宅における計算結果

用途	戸建04			戸建05			戸建06		
	年間消費量		削減率	年間消費量		削減率	年間消費量		削減率
	現状	節約		現状	節約		現状	節約	
暖房	11.0	10.4	0.02	29.4	26.5	0.05	44.2	36.4	0.10
冷房	0.1	0.0	0.00	0.1	0.1	0.00	0.3	0.3	0.00
給湯	15.7	12.6	0.08	11.5	9.3	0.04	19.2	15.6	0.05
照明	1.6	1.4	0.00	4.3	4.3	0.00	4.9	4.9	0.00
厨房	3.1	3.1	0.00	3.1	3.1	0.00	1.0	1.0	0.00
冷蔵庫	3.5	2.8	0.02	2.7	2.1	0.01	4.3	3.4	0.01
娯楽情報	1.6	1.2	0.01	1.3	1.1	0.00	3.7	3.0	0.01
家庭衛生	3.4	3.3	0.00	1.4	1.2	0.00	0.9	0.9	0.00
合計	39.9	34.9	0.13	53.8	47.7	0.11	78.5	65.4	0.17

年間消費量の単位：GJ/年



( )内の数値は、現状に対する低減率

図 14 各住宅における計算結果

表 15 計算因子と水準

因子		水準1	水準2 <sup>1)</sup>	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	次基準	
C	庇 <sup>2)</sup>	なし(0)	あり(0.3)	あり(0.5)	
D	暖冷房温度(暖房/冷房)	22/26	20/27	18/28	
E	暖冷房運転 <sup>3)</sup>	在室時	朝晩	終日全室	
-	こたつの使用 <sup>4)</sup>	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	浪費型	標準型	節約型	
H	娯楽情報機器	浪費型	標準型	節約型	
I	家庭衛生機器	浪費型	標準型	節約型	
J	照明機器	浪費型	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	水/湯	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 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  
 3 地域性を考慮しており、札幌では「終日全室暖房」を標準とする  
 4 パラメトリックスタディーのみにて設定

表 16 各機器の標準型と節約型、浪費型の設定条件

分類	対象機器		浪費型		標準型		節約型	
			条件設定	年間消費量, kWh/年	条件設定	年間消費量, kWh/年	条件設定	年間消費量, kWh/年
厨房機器	冷蔵庫	設定強度	強	601.9	中	389.6	弱	172.0
		詰め込み	多い		ふつう		ふつう	
		壁との間隔	ほとんどなし		2cmあける		2cmあける	
		ドアバッキン	隙間あり		隙間なし		隙間なし	
	機器タイプ	普及型	普及型	トップランナー型				
電気ポット	使用タイプ	沸騰と保温	682.6	沸騰のみ	346.8	使用なし	0.0	
炊飯器	使用タイプ	炊飯と保温	205.9	炊飯のみ	131.4	炊飯のみ	87.6	
食洗器	使用タイプ	2回/日	1072.4	1回/日	481.1	使用なし	0.0	
娯楽情報機器	テレビ	機器タイプ	プラズマ42型		標準2型	標準21型		
		待機時電力	あり		あり	なし		
	ビデオ	待機時電力	あり		あり	なし		
	オーディオ	主電源	オン		オフ	オフ	0	
	待機時電力	あり		あり	なし			
	コンピュータ	機器タイプ	デスクトップ型		デスクトップ型	ノート型		
		待機時電力	あり(24h)		あり(5h)	なし		
家庭衛生機器	温水洗浄便座	強度設定	通年最大	350.4	季節毎設定	230.2	通年最小	93.6
		ふたの開閉	なし		なし	あり		
	洗濯機	機器タイプ	インバータなし	37.5	インバータあり	23.5	インバータあり	15.5
		まどめ洗い	なし		なし	あり		
		風呂残り湯利用	なし		なし	あり		
	掃除機	機器タイプ	普及型	91.3	床種類毎に使い分け	60.8	排気循環型	45.6
		運転モード	常に強			常に強運転		
照明	照明時間	各室1時間長い				各室1時間短い		

費量に影響を与えると判断される 14 因子である。各因子とも、基本的に水準 2 を標準型として考え、水準 1 を浪費型、水準 3 を節約型の設定を与え、水準 2 からの差異により省エネルギー効果を評価する。因子には、因子 A の建設条件、因子 B や因子 C の建物駆体に関わる条件以外は全て、居住者の生活行動が住宅用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、所有率が高く<sup>注4)</sup>、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、浪費型、節約型の使用状態を仮定した。各機器を独立した因子とするには、全体に占める割合が小さく、各水準の差異が明確にならない懸念がある。そこで本研究では、機器を厨房、娯楽情報、家庭衛生、照明に分類した上で、それらの分類の合計を検討すべき因子とした。なお、表 15 に示す「こたつの使用」は、パラメトリックスタディーのみにて扱い、実験計画法による検討には含めない。

## (2)機器の保有と使用条件の設定

表 16 に、各機器における標準型、浪費型、節約型の設定条件ならびに、それぞれの設定での年間エネルギー消費量を示す。本研究では、浪費型や節約型に代表されるような居住者の生活行動の違いが、エネルギー消費量の増減にどの程度寄与するかを把握するとともに、省エネライフスタイルの実行が省エネルギーに対してどの程度の効果を期待し得るのかを判断できる材料を提供することを意図している。従って、これらの設定では、現実的な条件となるよう配慮した。各機器の使用状態における消費エネルギーを算定するに当たっては、想定した機器と同等の性能を有する機器のカタログ値を参照したり、各種機器に対する使用状態とエネルギー消費量の増減の割合に関する情報を収集し反映させた。なお、標準型での各機器の設定は、別途実施している実測調査<sup>注4)</sup>より得られた結果と照合させ、妥当性を確認している。

### 5.5.2 パラメトリックスタディーの計算結果

表 17 に戸建と集合住宅の各都市における年間エネルギー消費量のパラメトリックスタディー計算結果を示す。

年間エネルギー消費量の増減が大きい因子として「シェルター性能」「暖冷房温度」「暖冷房運転」が挙げられる。特に、戸建住宅にて増減が大きい因子は「暖冷房運転」である。一方、集合住宅では「シェルター性能」が与える影響が最も顕著であり、建物種別により傾向が異なっている。ここには示していないが、戸建と集合の用途別割合の特徴として、前者は暖冷房用、後者は機器・照明用、給湯用が占める割合が高い。それにより、例えば、戸建住宅では「暖冷房運転」に次いで「シェルター性能」の影響が大きいものに対して、集合住宅では「シェルター性能」に次いで「厨房機器」の使用による影響が大きいことが指摘できる。

各因子について見ると「日照条件」「庇」は、戸建、集合住宅ともに全地域を通して年間合計に与え

表17 パラメトリックスタディーの計算結果

地域		札幌	盛岡	仙台	新潟	東京	大阪	福岡	鹿児島	那覇	札幌	仙台	東京	鹿児島	
計算No.	因子	年間エネルギー消費量, GJ/年(戸建)										年間エネルギー消費量, GJ/年(集合)			
1	標準型	86.9	62.8	59.0	59.7	49.7	50.8	48.8	46.9	36.2	50.3	45.8	40.2	38.9	
標準型に対する割合, %															
2	日照条件	悪い	100.4	100.5	100.6	100.2	100.5	100.4	100.4	100.6	100.0	100.1	100.1	100.1	100.1
3		良い	99.7	99.7	99.6	99.8	99.5	99.7	99.7	99.4	100.0	99.9	99.9	99.9	99.9
4	シェルター性能	旧基準	118.8	113.3	114.3	113.7	110.9	110.4	110.0	114.7	101.7	109.8	128.1	119.7	114.7
5		次基準	81.9	90.3	91.8	92.3	91.8	91.8	92.6	90.9	97.3	94.1	94.7	96.1	96.0
6		R2000基準	77.3	84.6	81.4	82.4	84.1	84.0	85.6	84.2	97.0	91.1	87.0	91.9	93.4
7	庇	なし	99.7	99.9	99.9	100.0	100.0	99.8	100.0	100.0	100.0	99.7	99.8	100.0	100.0
8		あり	101.0	100.7	100.9	100.5	100.6	100.3	100.6	100.8	100.1	101.0	101.1	100.7	100.8
9	暖冷房温度	18 / 28	91.3	94.1	93.6	93.3	93.7	93.5	94.0	93.8	95.9	96.1	94.8	95.5	95.9
10		22 / 26	109.2	106.0	106.8	106.9	106.6	106.4	106.3	106.7	104.6	105.0	105.8	105.3	105.0
11	暖冷房運転	朝晩	73.0	91.6	91.7	92.8	95.9	95.4	96.0	96.1	98.4	97.4	97.5	98.8	98.8
12		全室終日	79.5	129.7	130.2	122.8	118.2	121.5	126.0	128.9	119.4	99.3	102.3	101.7	101.9
13	こたつ使用	あり	69.4	89.8	92.6	89.8	92.4	92.1	91.0	90.9	98.2	99.9	97.4	96.6	97.5
14		なし	94.4	96.1	95.9	97.4	97.2	97.2	97.6	97.4	99.7	95.1	95.6	97.5	97.9
15	カーテン	日中：なし， 夜間：厚手	92.5	95.1	94.7	96.2	96.2	96.3	96.6	96.5	99.4	93.9	94.3	96.6	97.2
16		厨房機器	浪費型	102.9	105.5	106.0	105.9	107.7	107.3	108.0	108.5	112.3	106.4	108.0	110.6
17	娯楽情報機器	節約型	96.7	94.4	93.9	94.0	92.5	92.5	92.3	91.9	88.9	93.4	92.1	90.3	89.4
18		浪費型	102.1	103.8	104.3	104.0	105.5	105.2	105.7	106.2	109.4	104.0	105.4	107.1	107.9
19	家庭衛生機器	節約型	99.7	99.5	99.5	99.5	99.3	99.1	99.3	99.2	98.8	99.5	99.3	99.1	99.0
20		浪費型	101.1	101.5	101.6	101.6	102.0	101.8	102.0	102.1	102.8	101.1	101.2	101.5	101.6
21	照明機器	節約型	99.8	98.7	98.6	98.6	98.2	98.0	98.1	98.0	97.2	99.7	99.5	99.2	99.0
22		浪費型	101.0	102.6	102.8	102.8	103.6	103.3	103.7	104.0	105.7	101.1	101.5	102.0	102.2
23	給湯温度	節約型	99.6	98.9	98.8	98.8	98.6	98.3	98.4	98.3	97.4	99.4	99.1	98.7	98.5
24		浪費型	100.8	101.1	101.2	101.2	101.5	101.4	101.5	101.5	102.0	101.4	101.6	101.8	101.9
25	洗顔・炊事の湯の使用	節約型	99.2	98.9	98.8	98.8	98.5	98.6	98.5	98.5	98.0	98.6	98.4	98.2	98.1
26		浪費型	103.2	104.3	104.3	104.0	104.5	104.3	103.8	104.4	105.0	105.6	105.6	105.6	105.3
27	入浴形態	節約型	97.3	96.4	96.4	96.6	96.2	96.3	96.2	96.2	96.2	95.3	95.4	95.3	95.4
28		浪費型	101.5	102.0	102.0	101.8	102.1	101.9	102.1	102.0	102.5	102.6	102.6	102.6	102.5
29	節約型	95.1	93.5	93.5	93.7	93.0	93.3	93.0	93.1	92.6	91.6	91.6	91.4	91.7	

ここでは、シェルター性能に「R2000基準」を水準に加えている

る影響度は1%にも満たないが、この結果は、今回の計算では日中の冷房運転が少ないことが反映されているものと考えられる。計算No.9以降の省エネライフスタイルに関わる因子では、「暖冷房温度」や「暖冷房運転」の効果が大きいものの、「こたつの使用」や「カーテン」「厨房機器」「洗顔・炊事の湯の使用」「入浴形態」による効果も大きい。「こたつの使用」では、年間合計で約10%程度、「カーテン」では4%程度の省エネルギー効果が見られる。計算No.16~23における「機器・照明」の使用に関しては、特に「厨房機器」を節約型とすることにより7%前後の削減効果が示されており、その他の機器では1%~5%に留まっている。計算No.24~29の給湯に関わる因子では、特に「入浴形態」を節約型にすることで7%程度の削減効果が示されている。また、「カーテン」及び「機器・照明」の使用においては若干の地域性が見られ、「カーテン」は南下するほど影響度が小さくなっており、逆に「機器・照明」は影響度が大きくなっている。これはカーテンの使用によって影響が大きい暖房用エネルギー消費量が南下するほど小さくなるためであり、同時に機器・照明用が合計に占める割合が高くなるためである。

以上、地球温暖化防止の観点からCO<sub>2</sub>排出量を数%削減することが求められている現在、ここで取り上げたような省エネライフスタイルへの移行により、概ね2%程度の節約が可能であることの意義は大きい。

列番	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
因子	B	D	B	B	E	B	B	D	K	L	D	M	e	A	B	B	C	B	B	F	B	B	G	B	B	H	B	B	I	B	B	J	B	B	e	e	e	e	e	e		
No.																																										
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
79	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	1	3	2	3	2	1	2	1	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	2	1	3	1	3	2	3	2	3	2	1
80	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	2	1	3	1	3	2	1	3	2	3	2	1	3	2	1	2	1	3	3	2	1	2	1	3	1	3	1	3	2
81	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	3	1	3	2	1	3	2	2	1	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2

A 日照条件 B シェルター性能 C 庇 D 暖冷房温度 E 暖冷房運転 F カーテン G 厨房機器  
H 娯楽情報機器 I 家庭衛生機器 J 照明機器 K 湯の温度 L 湯の使用 M 入浴形態 e 誤差因子

図15 直交表への割り付け結果の一部

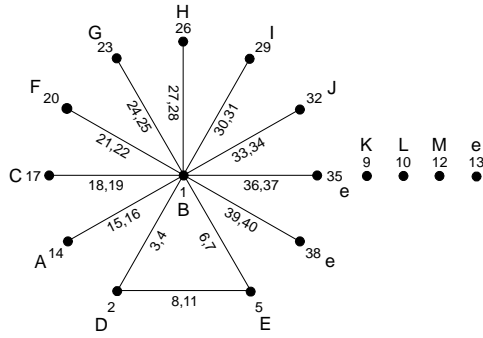


図 14 線点図

### 5.5.3 実験計画法による分析結果

#### (1) 実験計画

パラメトリックスタディーでは、水準の変化による影響を把握できるが、他因子の水準が任意に変化した場合にその結果が成立するか否かは保証されない。より厳密な意味での因子単独の水準効果(主効果)及び各因子の組み合わせ効果(交互作用)は不明である。そこで、実験計画法を適用し、複雑な事象を効率よく実験し、客観性のある結論を導くこと試みる。

因子の設定は、表 15 に示す因子 A~因子 M の 13 種類とする。これらの因子及び水準に対して、図 15 の線点図<sup>17)</sup>を利用して  $L_{81}(3^{40})$  の直交表<sup>17)</sup>への割り付けを行い、総計 81 通りの計算を行う。単純に全ての計算を行えば  $3^{13}(=1,594,323)$  通りの計算量となるが、81 通りのみで全ての計算を行った場合と等しい結果を抽出できる。図 16 に割り付け結果の一部を示す。

#### (2) 実験結果

図 16 にて割り付けられた条件に従い 81 通りの計算を行い、得られた結果に対して分散分析による要因分析を行った。分析では、まず、因子 A~M に対して有意水準 20%にて検定を行い、有意でない因子は誤差 e に含め(プーリング)再度、分散分析を行った。

(i) 主効果 図 16 と図 17 に戸建と集合住宅における各都市の要因効果推定結果(主効果)として年間エネルギー消費量の総平均に対する割合を示す。

戸建 集合住宅ともに南下するほど「機器」類(厨房、娯楽情報、家事衛生、照明機器)の変動幅が大きくなる傾向が見られる。これは南の地域ほど総エネルギー消費量に対する空調用の割合が低くなり、「機器」類が占める割合が高くなるためと考えられる。戸建住宅では札幌から鹿児島までは「暖冷房運転」「シェルター性能」の変動幅が約

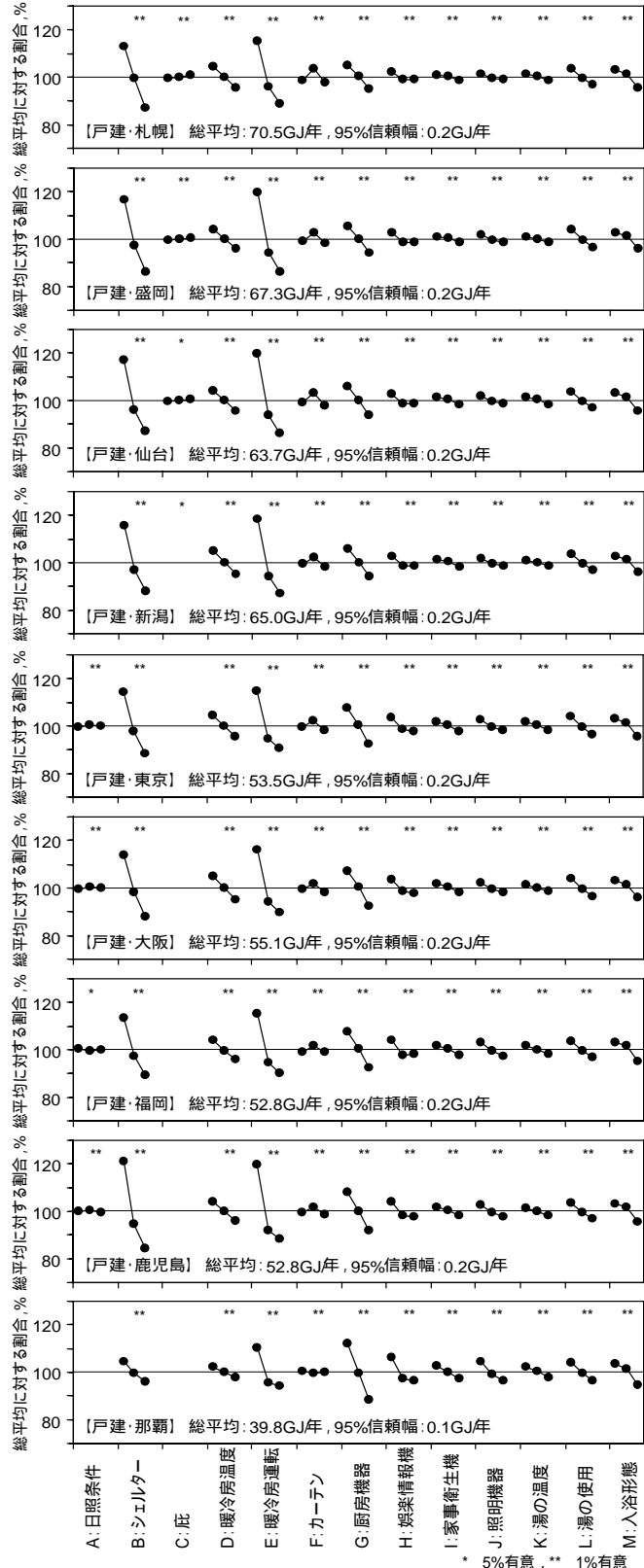


図 16 各都市における戸建住宅の要因効果推定結果(主効果)

30%と大きく、これらの因子が最も大きな影響度を持っていることが窺える。次いで、「厨房機器」「暖冷房温度」「入浴形態」「湯の使用」「娯楽情報機器」と続き、「暖冷房温度」よりも「厨房機器」の方の影響度が大きいことが分かる。一方、那覇については、前述した傾向により、「厨房機器」の変動幅が約24%と最も大きく、次いで「暖冷房運転」「シェルター性能」「娯楽情報機器」となる。また、集合住宅では「機器」類が総エネルギー消費量に占める割合が高いため、前述の傾向と相まって、仙台、東京で「シェルター性能」の因子が最も大きな影響度を持っているのに対して、南に位置する鹿児島は「厨房機器」の影響度が最も大きい。さらに、その他の「機器」類についても、戸建住宅で最も大きな影響を示した「暖冷房運転」の影響度と同程度もしくはそれ以上となっている。

(ii)交互作用 交互作用では「シェルター性能」と「暖冷房運転」「暖冷房温度」「カーテン」等の因子に有意な差が見られた。例えば、図18に示す仙台と東京における戸建住宅の「シェルター性能×暖冷房運転」の交互作用では、シェルター性能が良くなるほど、「暖冷房運転」での水準毎の変動幅が小さくなる。朝晩暖冷房の変動幅は約50%であるのに対し、全室終日暖冷房では20%程度に収まっており、この傾向はその他の都市でも同様である。

(3)各因子の水準の組み合わせによる年間エネルギー消費量の推定

要因効果の分析結果を用いれば、統計的に有意な因子により年間エネルギー消費量の母平均推定するモデル式注6(構造模型)が作成でき、各

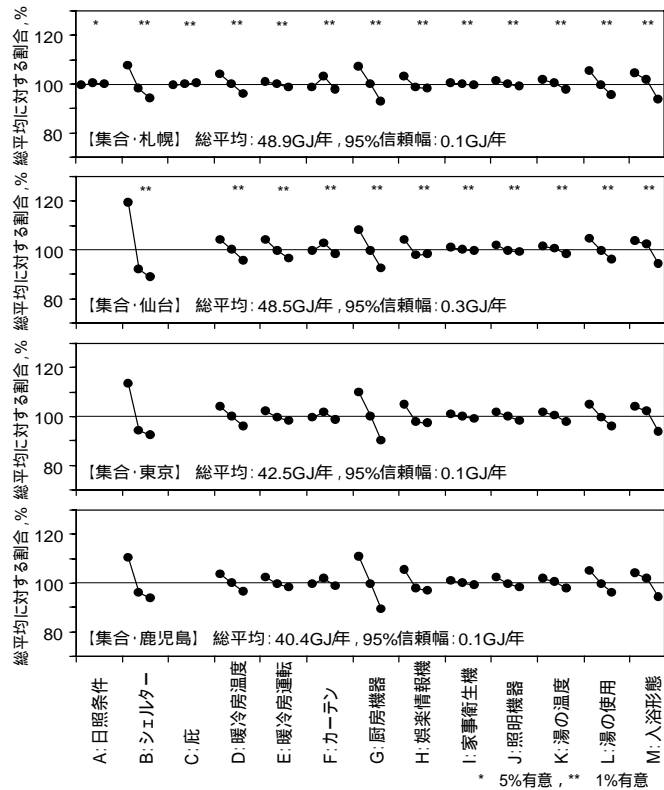


図17 各都市における集合住宅の要因効果推定結果(主効果)

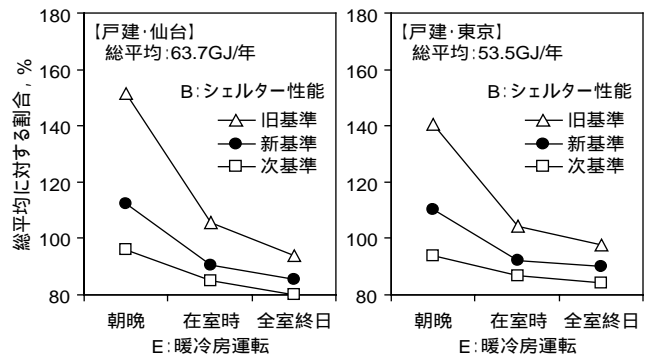


図18 仙台と東京における戸建住宅の要因効果推定結果(交互作用, シェルター性能×暖冷房運転)

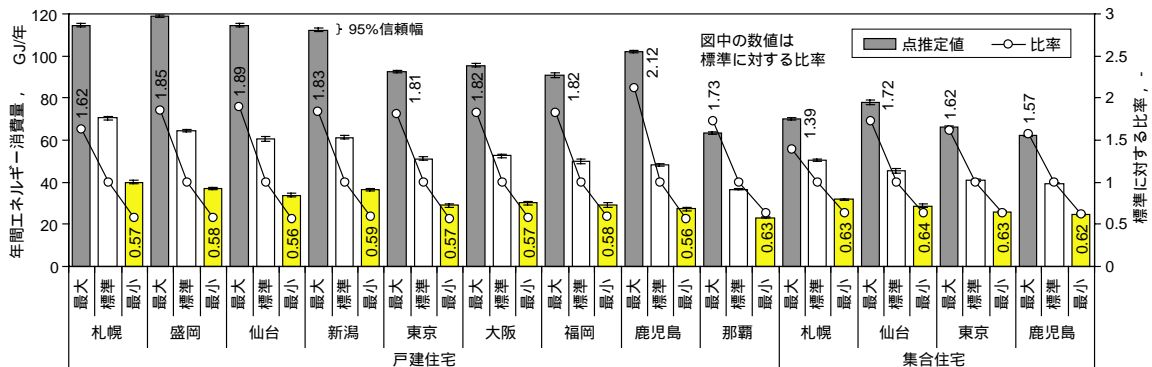


図19 各都市における年間エネルギー消費量の母平均推定結果(全因子の水準変更による最大・最小値)

因子の任意の水準組合せ、最適条件や最適組合せの年間エネルギー消費量の推定が可能となる。

図 19 に各都市の戸建と集合住宅にて、全ての因子を水準 2 とした標準と母平均推定結果の最大値と最小値を示す。戸建住宅では標準に対して 62~112%の増大, 37~44%の削減の可能性があり, 最大値は盛岡の 118.9GJ/年である。集合住宅は 4 都市の計算であるが, 標準に対して 39~72%の増大, 36~38%の削減の可能性がある。

図 20 に仙台と東京の戸建, 集合住宅を対象に, 標準, 機器使用に関わる因子の水準変更による最大(浪費型)と最小(節約型), シェルター性能に関わる因子の水準変更による最大(シェルター悪)と最小(シェルター良), 全ての因子の水準変更による最大値と最小値の比較を示す。両都市の年間エネルギー消費量は, 戸建, 集合住宅とも最大で標準の 2 倍程度の増加, 最小で半分近くの削減の可能性が見取れる。また, 戸建, 集合住宅ともにシェルター性能の変更よりも機器使用に関わるライフスタイルを変更した方がエネルギー消費量の削減に寄与する割合が高い。さらに, 暖冷房や給湯の使用に関わる因子を考慮すれば, 削減の割合が高くなることは容易に予想され, 省エネライフスタイルへの移行による省エネルギーの可能性が非常に大きいことが示唆される。

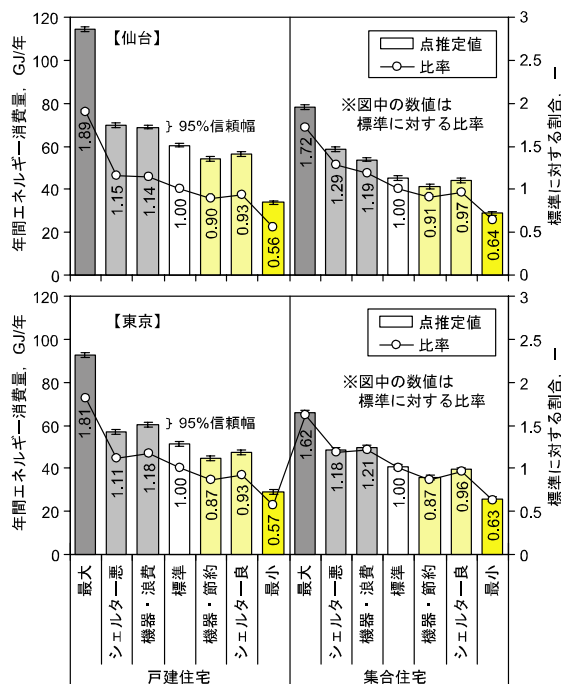


図 20 仙台と東京における年間エネルギー消費量の母平均推定結果(各因子の水準変更による最大・最小値)

## 5.6 まとめ

住宅内エネルギー消費量予測モデルを構築し, その概要や予測モデル検証結果を示すとともに, 標準的な住宅を想定した場合の省エネライフスタイル等による省エネルギー効果を検討した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 本 WG にて構築した住宅内エネルギー消費量予測モデルを用いて, 標準的な住宅を想定した場合の計算を, 全国各主要都市を対象として行った。その結果, 年間エネルギー消費量は既往の文献値と大きく乖離することなく, 各地域の傾向をよく再現しており, 本予測モデルの妥当性が示された。
- (2) 予測モデルを用いて東北地方の実測住宅を対象とした数値計算を行い, 計算結果と実測結果と比較することで予測モデルの精度検証を行った。その結果, 月積算エネルギー消費量は, 全体の変動の傾向をよく捉えており, 年間積算エネルギー消費量の実測値に対する計算値の比率は 1.0 に近い。本予測モデルを用いれば実測結果を高い精度で再現できることがわかった。
- (3) 実住宅を対象として, 省エネライフスタイルへの移行が省エネルギーにどの程度寄与するか検討した。仙台市内の住宅を対象として計算では, いくつかの行為を組み合わせることで, 断熱性能よりもエネルギー消費量が削減できる可能性が示された。また, 秋田県内の住宅を対象とした検討では, 無理のない範囲で現状より 10%程度の削減が可能であることが示され, 用途別の削減率では, 暖房や給湯用の割合が高いが, 機器等に対しても, ライフスタイルの変更により 2%程度の削減が見込めることが示された。
- (4) 標準型住宅モデルを対象として, 建物のシェルター性能ならびにライフスタイルに関する因子が住宅のエネルギー消費量に及ぼす影響度を検討するために, パラメトリックスタディー及び実験計画法による分析を行った。その結果, 以下のことがわかった。

機器使用の頻度が高くなれば内部発熱量が増加するため, 暖房消費量は減少, 冷房用は増加し, 逆に頻度が低くなれば暖房用は増加, 冷房用は減少することが示された。よって, 予測

モデルのように、機器使用に伴う内部発熱量を暖冷房負荷計算に反映させる計算手法は有効である。

戸建住宅と集合住宅の用途別割合の特徴として、戸建住宅では暖冷房用、集合住宅では機器・照明用、給湯用が占める割合が大きいことが挙げられる。それにより、暖冷房用への影響度が大きい因子については戸建住宅の方が、給湯用、機器・照明用への影響度が大きい因子については集合住宅の方が年間合計への影響度が大きい傾向が見られた。

実験計画法による要因効果推定結果(主効果)より、「暖冷房運転」や「厨房機器」の因子をはじめとして省エネライフスタイルへの移行による省エネルギー効果が大きい。また、各因子について建物種別による違い、地域による違いが認められた。

戸建住宅では「暖冷房運転」、「シェルター性能」の因子が最も大きな影響度を持っていることが示唆され、次いで、「厨房機器」、「暖冷房温度」、「入浴形態」、「湯の使用」、「娯楽情報機器」と続き、「暖冷房温度」よりも「厨房機器」の方の影響が大きい。集合住宅では地域性の特徴が表れ、北方の地域は「シェルター性能」、南方の地域は「厨房機器」の因子が最も大きな影響度を持っている。また、戸建住宅、集合住宅ともに南下するほど「機器」類の効果が大きくなる傾向が見られ、特に集合住宅における南方の地域のその効果は「シェルター性能」や「暖冷房温度」、「暖冷房運転」と同程度もしくはそれ以上になる。

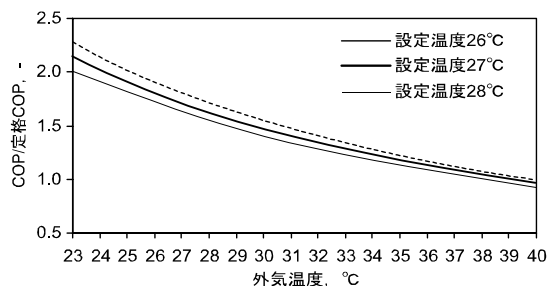
実験計画法による要因効果の分析結果から、統計的に有意な各因子の任意の組合せによる年間エネルギー消費量の母平均推定を行うことができるモデル式(構造模型)を作成し、全因子の水準変更による最大値・最小値について母平均推定を行い、4人世帯の戸建住宅及び集合住宅における各都市の年間エネルギー消費量の最大値・最小値を示した。

年間エネルギー消費量は、戸建、集合住宅とも最大で標準の2倍程度の増加、最小で半分近くの削減の可能性が見て取れる。また、シェルター性能の変更よりも機器使用に関わるライフスタイルを変更した方がエネルギー消費量の削減に寄与する割合が高く、省エネライフスタイルへの移行による省エネルギーの可能性が大きい。

新省エネルギー基準(在室時暖冷房)と次世代省エネルギー基準(全室終日暖冷房)の母平均推定結果の比較を行った結果、戸建住宅において札幌、鹿児島を除いて1~7%程度増大しており、このような住宅が増加することは住宅分野におけるエネルギー消費量の増大に大きな影響を与えることが示唆された。

## 注

- 1) 熱回路網モデルを用いて多数室の熱負荷計算を行う市販のアプリケーション。
- 2) 空気調和衛生工学会・住宅用エネルギーシミュレーション小委員会により開発されたアプリケーション。‘勤め人(男)’‘専業主婦’など各家族要員に対して、一日の生活パターン(平日・休日別)を予め準備し、かつ住宅内での行動と関連する機器使用の状況を別途定義することにより、各種機器の使用パターンとエネルギー消費量を部屋別、時間別に算出することができる。一日の生活パターンは、NHKによる「国民生活時間調査」を基に作成している。詳細は文献1)を参照されたい。
- 3) 該当都市の月平均気温を用いて水道水温度を予測<sup>2)</sup>する。
- 4) 本調査委員会内に設置されたWG1にて実施されている、全国的なエネルギー消費量の実測調査結果を参考に設定した。
- 5) 冷蔵庫については、本調査委員会内に設置された機器効率に関するWGにて得られた成果を引用しており、周囲温度25の時の消費電力量を基準として、任意の周囲温度における消費量を設定した。詳細は文献4)を参照されたい。
- 6) 6)2000年度国勢調査の結果<sup>9)</sup>では、夫婦と子の世帯における住宅の床面積は60~69m<sup>2</sup>と120~149m<sup>2</sup>にピークを持つ。集合住宅モデルの規模はやや大きいですが、戸建住宅モデルはピークに含まれている。



付図 外気温度、設定温度に対する COP / 定格 COP の関係<sup>4)</sup>

- 7) 在室時 20 , 非在室時 18 , 就寝時は 16 で暖房運転を行う。
- 8) 図 3 では、那覇のみ主寝室の冷房パターンを示し、就寝時に 27 設定で冷房運転を行う。
- 9) 標準的な機器を一意に設定することは困難であるため、今回は文献<sup>12)</sup>にて示されている従来機器の性能を参考に設定した。
- 10) 本調査委員会内に設置された機器効率に関する WG にて提案されている COP 推定モデル<sup>4)</sup>(付図)を用いる。
- 11) 実測値に対する計算値の比率は、戸建 04 が 0.99 , 戸建 05 が 0.96 , 戸建 06 が 1.14 である。戸建 06 では、年間で居住者の省エネルギー意識が高まり、特に暖房用消費量にその影響が現れたため、予測値が実測値よりも上回る結果となった。
- 12) 要因効果の検定の結果、特性値(年間エネルギー消費量)に影響を及ぼすと判断された因子により推定式を作成する推定式は線形モデルであり、水準の平均値と総平均値により構成される。

#### 参考文献

- 1) 空気調和衛生工学会・住宅用エネルギーシミュレーション小委員会：生活スケジュール自動生成プログラム SCHEDULE Ver.2.0 マニュアル，2000 年 3 月。
- 2) 石田建一：戸建住宅のエネルギー消費量，日本建築学会計画系論文集，第 501 号，pp.29~36，1997 年 11 月。
- 3) 吉野 博，ほか 9 名：東北地方における住宅 13 戸を対象としたエネルギー消費量の詳細実測調査，日本建築学会技術報告集，第 20 号，pp.147~150，2004 年 12 月。
- 4) (社)日本建築学会：第 3 回住宅エネルギーシンポジウム「エネルギー消費実態と実効性ある削減対策」資料，pp.41~50，2004 年 5 月。
- 5) (社)日本建築学会：平成 15 年度「住宅内のエネルギー消費に関する全国的調査研究」報告書 pp.636~694，pp.799~843，2004 年 3 月。
- 6) 渡辺 要：建築計画原論，丸善，1962 年。
- 7) 宇田川光弘：標準問題の提案 住宅用標準問題，熱分科会第 15 回熱シンポジウム「伝熱解析の現状と課題」，pp.23~33，1985 年 9 月。
- 8) (財)建築環境・省エネルギー機構：住宅の熱負荷計算プログラム評定。
- 9) 総務省統計局：国勢調査「延べ床面積別住宅に住む主世帯数」，2000 年。
- 10) (財)建築環境・省エネルギー機構：住宅の省エネルギー基準と指針，pp.95，1999 年 11 月。
- 11) 坊垣和明，ほか 9 名：全国的調査に基づく住宅の暖冷房時間および暖冷房期間に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第 509 号，pp.41~47，1998 年 7 月。
- 12) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：平成 17 年度住宅・建築物高効率エネルギーシステム導入促進事業 - 住宅に係るもの - 公募要領，pp.18，2005 年 3 月。
- 13) 澤地孝男，ほか 9 名：用途別エネルギー消費量原単位の算出と推定式の作成 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(第 1 報)，日本建築学会計画系論文集，第 462 号，pp.41~48，1994 年 8 月。
- 14) 住環境計画研究所：家庭用エネルギーハンドブック，1999 年 3 月。
- 15) 尾島，吉野 博：東北地方における住宅内エネルギー消費量に関する調査研究(その 1，その 2)，日本建築学会大会学術講演梗概集，2004 年 8 月，投稿中
- 16) 源城かほり，松本真一，長谷川兼一，吉野 博：東北地方における住宅内エネルギー消費量に関する調査研究 その 5 秋田地域の調査結果，日本建築学会東北支部研究報告集計画系，第 68 号，2005 年 6 月。
- 17) 田口玄一：実験計画法 上，下，(1988)，丸善。
- 18) 横山浩一，牧 英二，石野久弥：省エネルギーの為に熱負荷簡易計算法，日本建築学会論文報告集 第 278 号，1979 年 4 月。