

4. 省エネ生活のエネルギー削減効果

吉野 博(東北大学)

4.1 数値計算による効果についての検討

4.1.1 計算プログラムの概要

本WGでは、新たに予測プログラムを作成することは行わず、既存のソフトを組み合わせることにより、住宅内のエネルギー消費量予測モデルを構築することを基本的方針とする。家電機器、調理、照明、給湯用のエネルギー消費量予測モデルとして「SHASE 生活スケジュールモデル」、室内の熱負荷予測モデルとして「SMASH for Windows」ならびに「TRNSYS 15 with IISiBat 3」を採用し、これらを連成されることにより、住宅内のエネルギー消費量を予測する手法を構築した。

(1) SHASE 生活スケジュールモデルの概要⁴¹¹⁾

SHASE 生活スケジュールモデルは、空気調和衛生工学会 住宅の消費エネルギー計算法小委員会（平成5年4月～平成8年3月）の作業の一環として作成された、任意の家族構成、任意の建物における生活行為にともなう室内発熱パターンを作成するプログラムを住宅用エネルギーシミュレーション小委員会（平成9年4月～平成12年3月）において拡張し、給湯パターンの作成の追加及び換気に影響を与える空気汚染物質として、湿気、CO、CO₂の発生を加えた住宅用エネルギー計算プログラムである。

(2) SMASH for Windows Ver.2 の概要⁴¹²⁾

SMASH は熱回路網モデルにより多数室の動的熱負荷計算を行うプログラムであり、計算アルゴリズムは坂本らにより開発された。1999年6月にWindows版が市販されはじめた。暖冷房温湿度、内部発熱、供給熱量等を設定した上で、期間暖冷房負荷、年間の最大暖冷房負荷の計算のほか、毎時の暖冷房負荷、室の自然温度・湿度、室内側表面温度、MRTなどの計算を行うことができる。また、住宅の次世代省エネルギー基準の適合判断に使用できるほか、建物の熱的性能の検討に活用できる。「建物データ」「室データ」「部位データ」「室相互の組み合わせデータ」によって建物の計算モデルの構築を行い、外気の温度、湿度、日射量等の「気象データ」を用いた熱回路網による熱負荷計算を行う。

(3) TRNSYS15 with IISiBat 3 の概要⁴¹³⁾

TRNSYS はアメリカ Wisconsin 大学の太陽エネルギー研究所（1975年3月）で開発された、モジュール方式を持つ構造的なシミュレーションプログラムであり、空調システムの動的挙動を精密に計算、分析する際に用いられ、現在世界中で最も利用されている動的シミュレーションプログラムである。モジュール方式とは、シミュレーション対象システムの各要素機器をモジュール化し、それらを「TYPE」と定義される基本的なモジュールの入出力関係を記述することにより、空調システムのシミュレーションモデルを構築する方法である。

(4) 計算プログラムの連成

住宅におけるエネルギー消費量のうち、暖冷房以外はSHASE 生活スケジュールモデルにて予測可能であるため、暖冷房負荷を熱負荷モデルにて別途算出する必要がある。SHASE 生活スケジュールモデルでは、機器や居住者による内部発熱量の発生スケジュールが出力されるため、熱負荷計算モデルの入力条件として必要な各室の内部発熱スケジュールを決定することができる。従って、SHASE 生活スケジュールモデルと熱負荷計算モデルとの連成は、各室の内部発熱スケジュールを熱負荷計算モデル SMASH または TRNSYS に入力することで可能となる。

4.1.2 実在住宅（A邸）を対象としたプログラムの検証

全電化の高断熱高気密住宅を対象として、エネルギー消費量を機器別に算出し、実測調査結果と比較することで、予測プログラムの精度を検討した。

(1) 計算対象住宅の概要

対象住宅（A邸）は宮城県仙台市に2000年2月に竣工した2階建て木造の全電化戸建住宅である。図4.1.1に平面図を示す。延べ床面積は144.6m²である。断熱材として床にスタイロフォーム50mm、外壁にスタイロエース40mm、天井にロックウール150mmが施されている。また、基礎土間コンクリートの下にはスタイロエース30mmが施されている。窓には複層Low-Eガラスを使用している。設計図書による熱損失係数は1.3W/m²K、実測による相当隙間面積は1.48cm²/m²である。換気設備として熱交換器付き第1種機械換気システムが備えられており、台所、浴室、便所には局所排気ファンが設置されている。暖房設備として深夜電力を利用する蓄熱暖房機が居間に1台、冷房設備としてエアコンが居間及び2階和室、子供室1・2に各1台設置されている。給湯設備としては深夜電力利用の電気温水器が備えられている。居住者は夫婦と子供2人である。

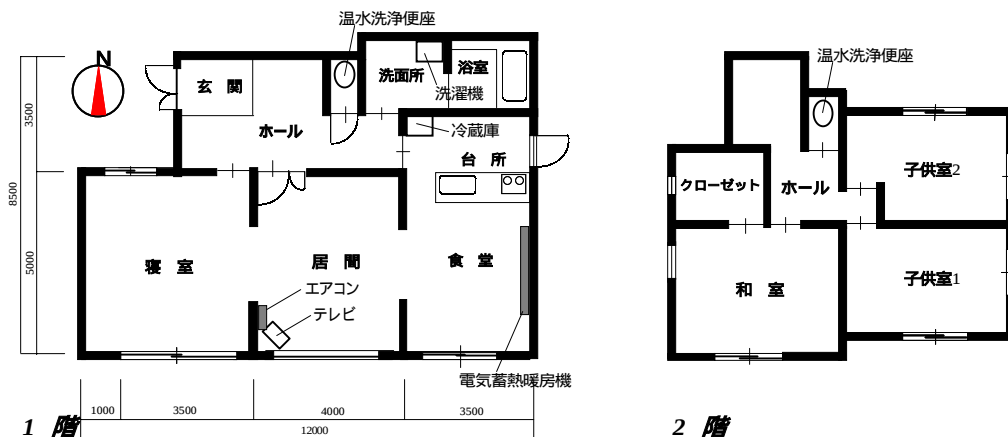


図4.1.1 A邸計算モデルの平面図

(2) 使用プログラム

・各機器の電力消費量

SHASE生活スケジュールモデルを使用する。実測住宅を対象としたライフスタイルアンケート調査及び使用機器性能調査の結果を入力条件とし、各機器の電力消費量を計算する。

・冷蔵庫、温水洗浄便座、蓄熱暖房機の電力消費量

実測調査結果における電力消費量と温熱環境の関係から得られた回帰式^{4.14)}を用い、仙台市の日平均外気温より算出する。

・電気温水器の電力消費量

SHASE生活スケジュールモデルにより、対象住宅における湯温・使用量を計算し、文献4.15)を参考に仙台市の2002年の各月平均外気温から水道水温度を算出して電力消費量を計算する。

・エアコンの電力消費量（冷房負荷）

多数室熱負荷計算プログラム TRNSYS を使用する。建物データ、SHASE 生活スケジュールモデルによる人体・機器からの熱・湿気発生スケジュール計算結果、仙台市気象データを入力し、数値計算を行う。

(3) 計算結果と実測結果の比較

図4.1.2、4.1.3に、テレビ及び電磁調理器の消費電力時刻変動（2月13日～2月19日）の計算結果と実測結果の比較を示す。テレビについて、使用時間帯及び消費電力の計算値は実測値とほとんど一致している。しかし、SHASE生活スケジュールモデルでは入力した定格消費電力の値で一定に算出されるため、実際の消費電力のような細かい変動までは表すことはできない。また、2月13日及び2月17日において、非使用時の待機時消費電力に誤差が出ている。これは、計算ではリモ

コンによるOFFの状態の14Wを非使用時の入力条件として計算しているのに対し、居住者が非使用時に主電源OFFの状態にしていたためと考えられる。調理器については、使用される時間帯はほとんど一致しているが、消費電力の値についてはかなりの誤差が見られる。実際には、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ためである。

図4.1.4、4.1.5はテレビ及び電磁調理器の平日・休日別の日積算電力消費量の計算結果と実測結果（月平均値）の比較を示したものである。テレビ、調理器ともに実測結果と若干の誤差が見られるが、平日に比べて休日の方が日積算電力消費量が大きい傾向をよく捉えられていると言える。

図4.1.6、4.1.7に冷蔵庫及び温水洗浄便座の月積算電力消費量の計算結果と実測結果の比較を示す。季節変化に伴うエネルギー消費量の変動を捉えており、ほとんど一致していると言える。計算によると電力消費量が最も大きい月は冷蔵庫が8月で60kWh、温水洗浄便座が12月、1月で23.7kWhと推定されている。

図4.1.8に年間の月積算電力消費量の計算結果と2002年2～7月までの実測結果との比較を示す。住宅全体の月積算電力消費量について、計算値と実測値はほとんど一致している。5、6月において、蓄熱暖房機の計算値が実測値よりも大きくなっているが、これは実住宅では使用頻度が低くなっていたためと考えられる。また、各月において電気温水器の計算値が実測値よりも小さく算出されている。この原因として、給湯温度が実際よりも低く設定されていること、各行為の使用量の設定が小さいこと等が可能性として挙げられる。計算結果によると、住宅全体の電力消費量が最も大きい月は1月で2274.6kWhであり、もっとも小さい月は7月で643.4kWhである。また、年間合計電力消費量の推定値は15956.9kWh（=57.44GJ）であり、その内、最も大きな割合を占めているのは蓄熱暖房機で40.6%、次いで電気温水器37.4%である。

図4.1.9は対象住宅の年間エネルギー消費量の計算結果を日本全国と東北地方の家庭用エネルギー消費量の平均値（1997年）⁴¹⁶⁾と比較したものである。対象住宅の計算結果は57.44GJであり、東北地方の平均値62.82GJより、5.38GJ少なく推定されている。また、日本全国及び東北地方の給湯の平均値が16.27GJ、16.66GJであるのに対して、対象住宅の給湯の計算値は21.47GJと大きく、一方、照明・動力・他については日本全国及び東北地方と比較して、約4GJ小さく推定されている。暖房については東北地方の平均値に比べて6.36GJ小さい値となっている。

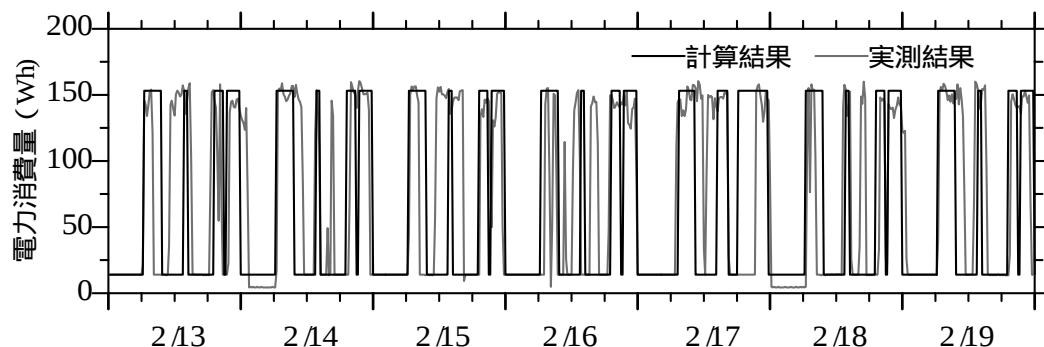


図4.1.2 テレビの電力消費量時刻変動の比較

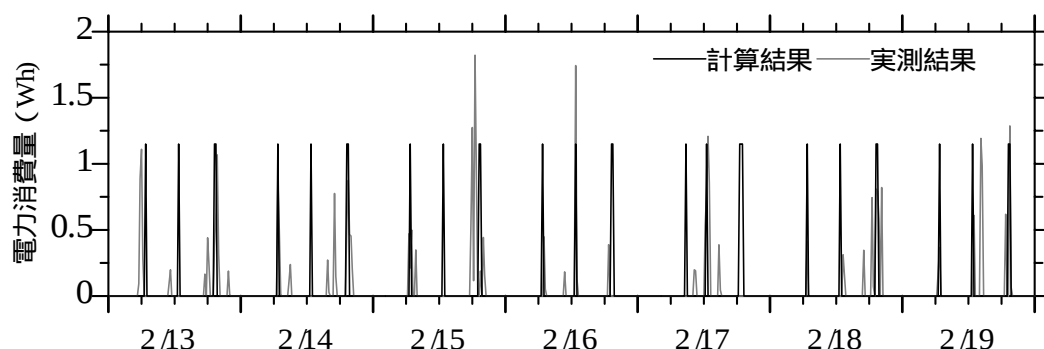


図4.1.3 調理器の電力消費量時刻変動の比較

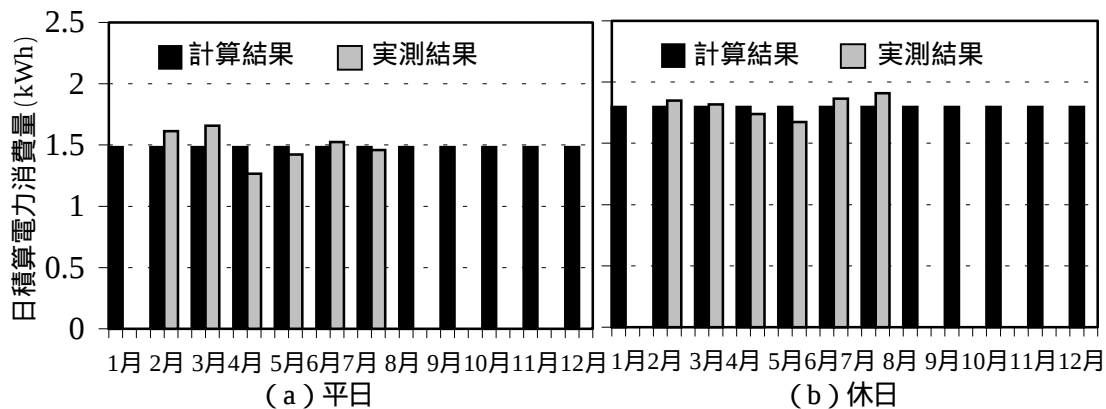


図4.1.4 テレビの日積算電力消費量の比較

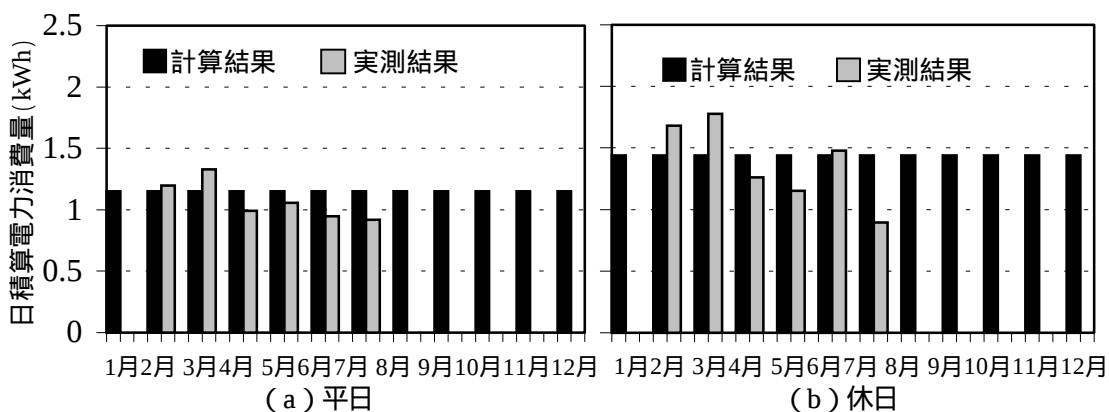


図4.1.5 調理器の日積算電力消費量の比較

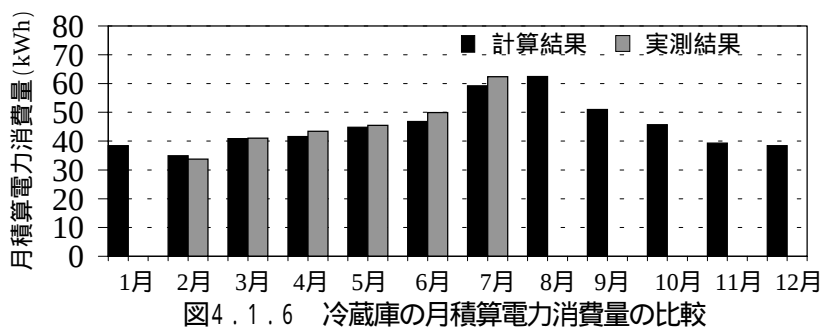


図4.1.6 冷蔵庫の月積算電力消費量の比較

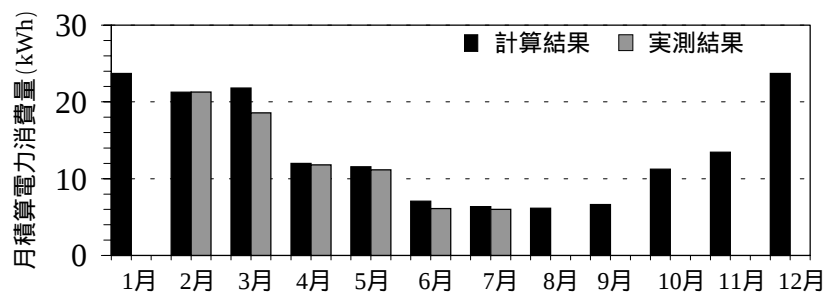


図4.1.7 温水洗浄便座の月積算電力消費量の比較

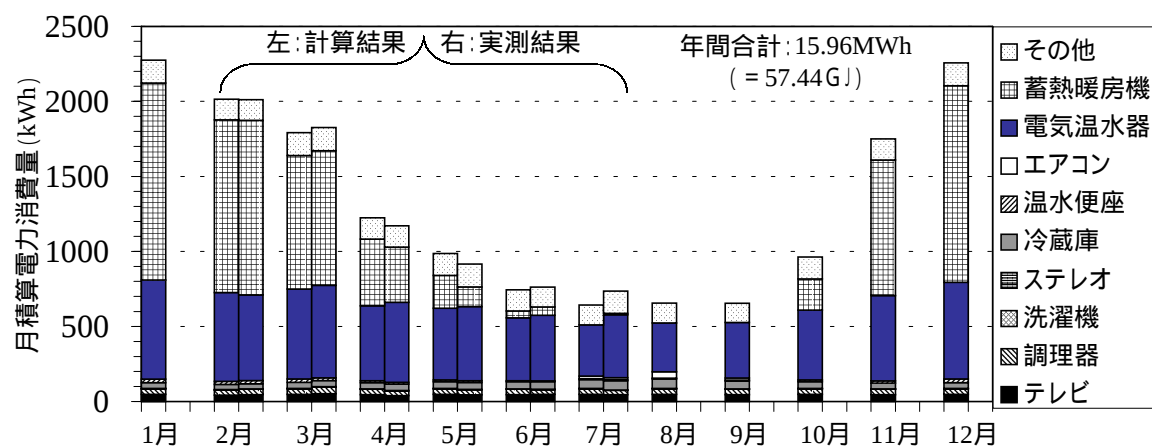


図4.1.8 各機器における月積算電力消費量の比較

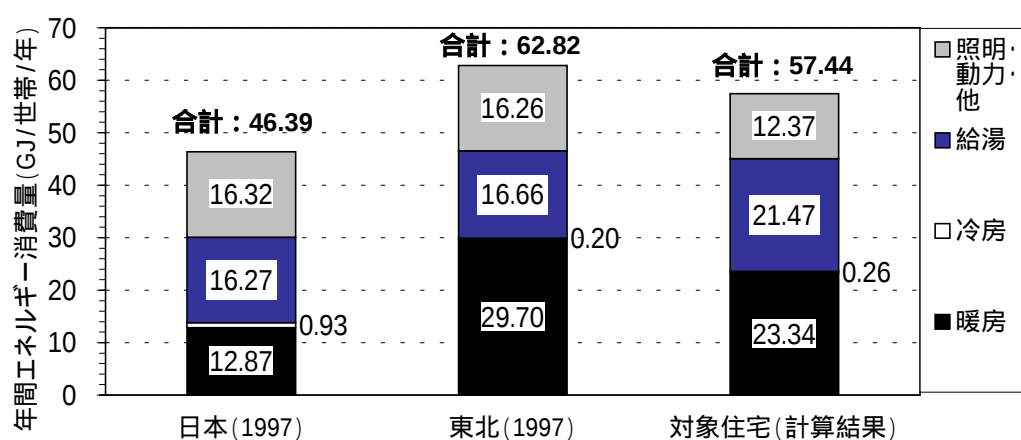


図4.1.9 年間エネルギー消費量の比較

4.1.3 建築学会標準問題（木造戸建住宅）を対象とした計算例

既存の住宅エネルギー消費量予測プログラムを用いて、木造戸建住宅の年間エネルギー消費量を用途別に算出した。

(1) 使用プログラム

- ・機器等の計算はSHASE 生活スケジュールモデル、暖冷房負荷計算はSMASH for Windowsを使用。
- ・暖冷房負荷計算における気象データは拡張アメダスデータを使用。
- ・給湯エネルギーは、SHASE 生活スケジュールモデルにより湯温、使用量を算出し、水道水温度は文献4.1.5)を参考に月毎に求め、熱量換算する。

(2) 基本条件

- ・気象条件は東京、仙台とする。
- ・住宅計算モデルは、図4.1.10に示すとおり建築学会標準問題をもとにモデル化したものを使用。
 - 木造戸建住宅を対象
 - 南面開口部に60cm出の窓底を設ける(「住宅の熱負荷計算プログラム評定」にて設定されている条件を参照)
- ・4人家族(夫婦、高校生、中学生)を想定。
- ・室内機器の使用スケジュールはSHASE 生活スケジュールモデルのデフォルトを使用。
- ・給湯使用条件はSHASE 生活スケジュールモデルに設定されている条件を用いて、冬季、中間期は「湯で洗顔・炊事」、夏季は「水で洗顔・炊事」とする。

- ・暖冷房負荷計算に用いる室内発熱スケジュールは SHASE 生活スケジュールモデルにて得られた「冬季平日」を使用。平日・休日の区別はしない。
- ・暖冷房スケジュールは SHASE 生活スケジュールモデルの「朝晩暖房」「朝晩冷房」とする。暖房設定温度は朝晩在室時 20℃、冷房設定温度は朝晩在室時 26℃ とする。暖冷房期間は、SMASH のデフォルトに従い、1 年を暖房期間と冷房期間に分けた。東京：暖房 11/5～4/18・冷房 4/19～11/4、仙台：暖房 10/15～5/16・冷房 5/17～10/14)
- ・断熱性能は 地域(東京)、 地域(仙台)における旧省エネルギー基準レベル相当とし、断熱材(グラスウール)の厚さにて代表させる。
- ・夏季については通風を考慮し、外気温が 26℃ 以下、室温が 26℃ 以上の場合 10 回/h の換気を行うものとする。

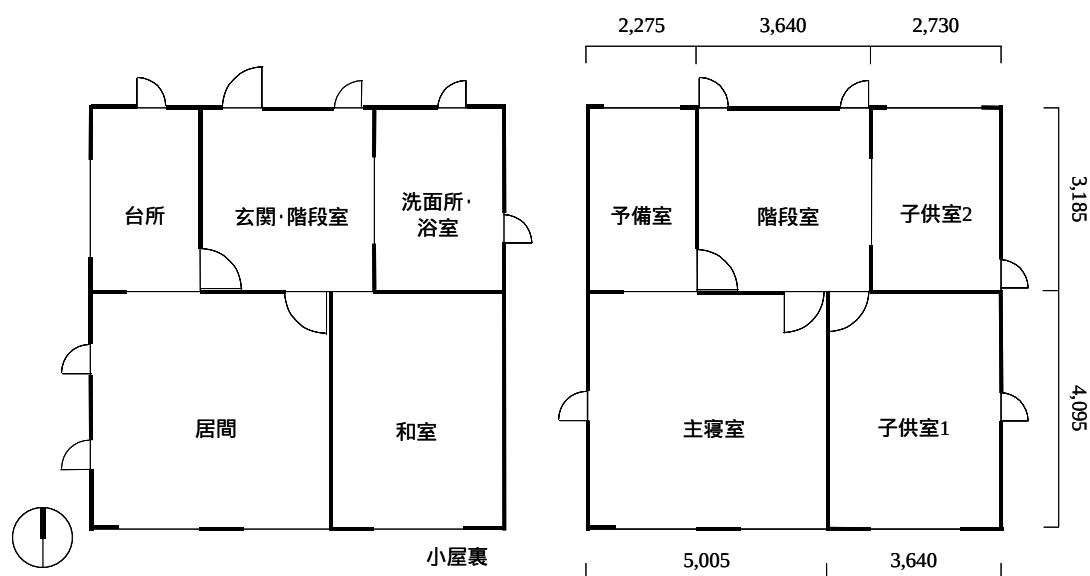


図4.1.10 住宅計算モデルの平面図

表4.1.1 基本条件の断熱性能

	断熱材厚[mm]			換気回数 [回/h]	開口部の 熱貫流率 [W/m ² K]
	天井	壁	床		
旧省エネ基準相当(地域)	65(10K)	45(10K)	40(10K)	1.5	6.5
旧省エネ基準相当(地域)	45(10K)	30(10K)	25(10K)		

(3) 計算結果

表4.1.2、図4.1.11に住宅内のエネルギー消費量の算出結果を示す。なお、熱負荷計算モデルにて算出された冷房負荷に対して COP=2.67 とし、暖房負荷に対しては考慮していない。また、表4.1.3、図4.1.11に示した東北、関東地方における一般住宅の値として文献値⁴¹⁶⁾を参照した。計算に用いた住宅モデルは必ずしも文献値における住宅を反映している訳ではないため、本 WG にて提案した計算手法を検証することは困難であるが、暖冷房用、機器等用に関して両者のエネルギー消費量に大きな差異は見られない。しかし、給湯用に関しては計算結果が大きくなっており、水道水温度の設定に検討の余地があると考えられる。

表4.1.3に機器等のエネルギー消費量の内訳を、図4.1.12に年間エネルギー消費量の内訳を示す。SHASE 生活スケジュールモデルでは、機器別にエネルギー消費量を算出することが可能である。

表4.1.2 年間エネルギー消費量の算出結果

	暖房	冷房	給湯	調理(レンジ)	機器等	合計
仙台	5874	135	7644	1244	3949	19816
東京	3401	591	7039			16649
東北	8227	57	4617	4507		17408
関東	2900	274	4648	4418		12240

単位：kWh/a

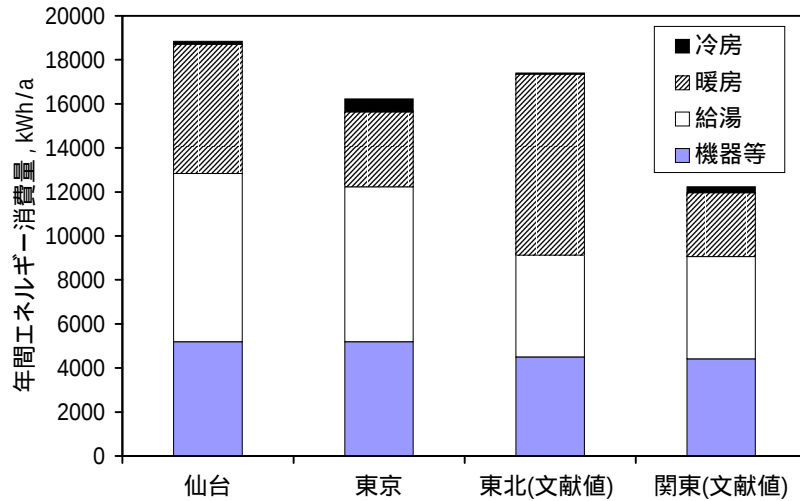


図4.1.11 年間エネルギー消費量の算出結果(基本条件)

表4.1.3 機器等のエネルギー消費量の内訳

照明	スタンド	温水洗浄便座	浴槽	掃除機	アイロン	テレビ	ラジオ	冷蔵庫	電気シャワー	電子レンジ	炊飯器	合計
1526	97	502	104	73	91	351	139	526	385	73	82	3949

単位：kWh/a

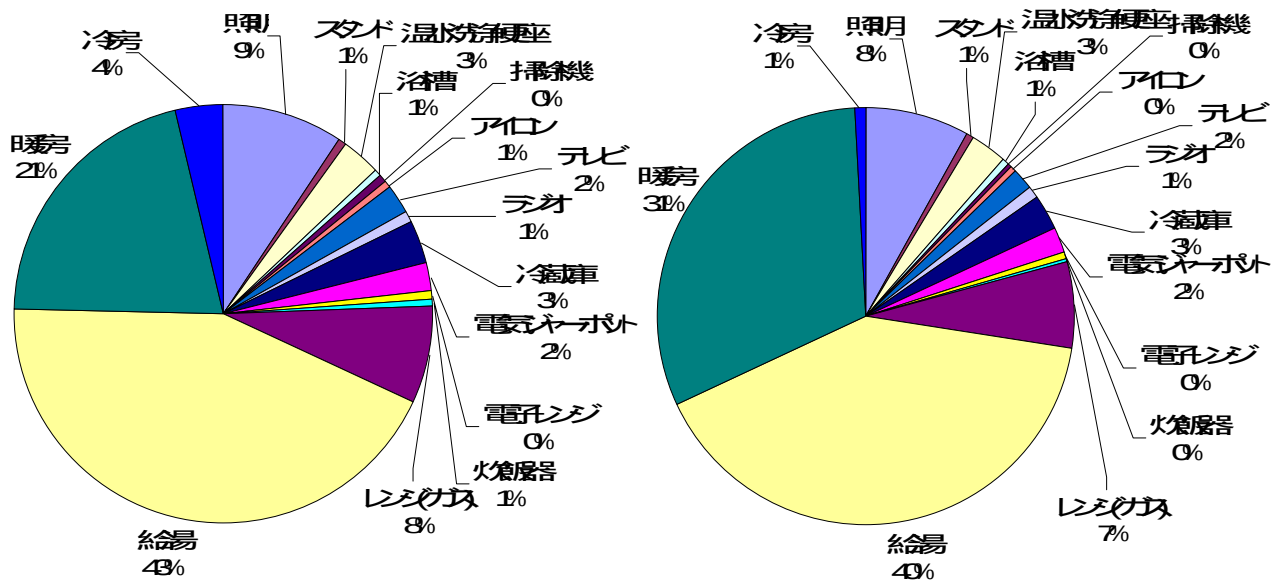


図4.1.12 年間エネルギー消費量の内訳(左：東京，右：仙台)

4.1.4 家庭用電気機器と暖冷房機器の使用パターンが省エネルギー効果に及ぼす影響

(1) 検討項目

ここでは、木造戸建住宅を対象として以下の項目について検討を行う。

(検討1) ライフスタイルの変更による省エネルギー効果

(検討2) 地域と暖冷房の使用パターンが暖冷房負荷に与える影響

計算用住宅モデルとして、検討1では宮城県仙台市に実在する木造戸建住宅(以下A邸)を、検討2では建築学会標準問題を用いる。

a) ライフスタイルの変更による省エネルギー効果

実在の住宅における実測結果とほぼ一致していた条件をCase0(現状)として、Case-1以下に浪費パターン、Case1以上に節約パターンを機器ごとに想定し、省エネルギーに対する意識に基づいたライフスタイル変更による月積算電力消費量及び年間積算電力消費量の増減率を計算し、各機器の省エネルギー効果を検討する。さらに、Case0(現状)を基準型として、ライフスタイルの変更による電力消費量の増加率が最も高かったケースを組み合わせた浪費型パターン、減少率が最も高かったケースを組み合わせた節約型の2パターンを想定して、基準型に対して月積算・年間積算電力消費量の比較を行い、ライフスタイルの変更による省エネルギー効果を算出する。

b) 地域と暖冷房の使用パターンが暖冷房負荷に与える影響

地域、断熱条件、暖冷房使用パターンをパラメータとして年間の暖冷房負荷を算出し、条件間の差異を明らかにする。

(2) 計算用住宅モデルの概要

[A邸]

図4.1.13にA邸をモデル化した住宅計算モデルを示す。

- 木造・外張断熱工法の全電化住宅
- 4人家族(夫婦、小学生2人)

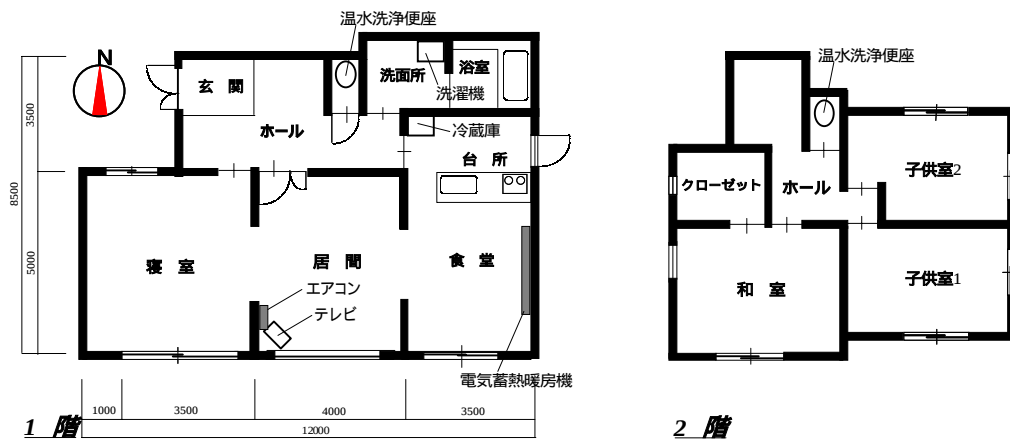


図4.1.13 A邸計算モデルの平面図

[建築学会標準問題]

図4.1.14に建築学会標準問題をもとにモデル化した住宅計算モデルを示す。

- 木造戸建住宅を対象。
- 南面開口部に60cm出の窓底を設ける(「住宅の熱負荷計算プログラム評定」にて設定されている条件を参照)。ガラスにはレースカーテンを想定。
- ・4人家族(夫婦、高校生、中学生)を想定。
- ・計算に用いる室内発熱スケジュールはSHASE生活スケジュールモデルにて得られた「冬季平日」を使用。平日・休日の区別はしない。

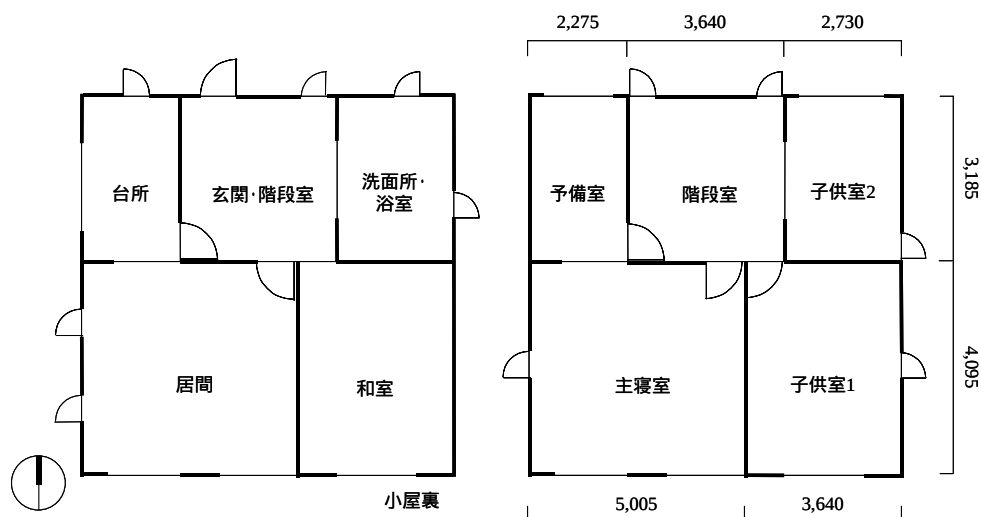


図4.1.14 住宅計算モデルの平面図

(3) 省エネルギー効果の検討

a) ライフスタイルの変更による省エネルギー効果（検討1）

計算対象機器は、テレビ、ステレオ、温水洗浄便座、電気蓄熱暖房機、電気温水器、エアコンの計6機器であり、各機器についてライフスタイルの変更による年間電力消費量の計算を行う。表4.1.4～4.1.9に各機器について検討したケース、図4.1.15～4.1.20に各機器の年間電力消費量とCase0に対する増減率の計算結果を示す。ここで、Case0は実住宅と同じ設定のケースである。

テレビ

非使用時にリモコンによるOFFの状態であるCase0（現状、557.7kWh）に対し、主電源をOFFにしたCase2では9.5%、非使用時にプラグを抜くCase4では14.1%の省エネルギー効果が表れており、使用時間を1時間節約したCase5よりも効果が大きいことが分かる。使用時間を1時間節約し、非使用時にプラグを抜くCase6では年間で24.2%と現状に対して約1/4の削減効果が得られており、省エネルギー意識の向上によるライフスタイル変更の効果が表れている。また、トップランナー対象機器を導入したCase7では年間32.6%もの削減効果が得られ、機器の性能向上による省エネルギー効果は非常に大きい。

電気温水器

Case0（現状、5978.6kWh）に対し、各行為の湯の使用量を1減らすCase1では年間で2.9%、設定温度を1℃下げるCase2では年間で4%の削減効果が見られる。中間期、夏期の洗顔・炊事において水を使用するとしたCase6では10.8%と大きな削減効果が得られ、さらに各行為の湯の使用量を1減らし、設定温度を1℃下げたCase7では16.3%の省エネルギー効果が表れている。

温水洗浄便座

冬期Mode 1、中間期Mode 2、夏期Mode 3であるCase0（現状、164.9kWh）に対し、季節別に条件をMode3に調節し、通年でMode 3とするCase5では41.4%もの削減効果が得られている。一方、季節別にMode1に近づけていく浪費パターンについては、通年でMode 1に設定するCase-4において38.8%増加している。

ステレオ

非使用時にプラグを挿したままであるCase0（現状、14.3kWh）に対して、Case1では18.8%、Case2では、71.9%の削減効果が得られ、プラグを抜くことで年間の電力消費量のほとんどを削減できている。これは、対象住宅ではステレオを使用する時間が短く、消費電力のほとんどが待機時消費電力であるためである。

蓄熱暖房機

節約パターンとして居間設定温度をCase0（現状、6483.5kWh）の20℃設定から1℃ずつ下げることにより、Case0に対して、Case1は10.8%、Case2は21.3%、Case3では31.3%の削減効果

が得られており、設定温度を1 下げるだけでかなりの省エネルギー効果がある。一方、浪費パターンとして設定温度を1 ずつ上げることにより、23 設定のCase-3では37.4%増加しており、17 設定とするCase3の約2倍の値となっている。

エアコン

27 設定としたCase0（現状，73.1kWh）に対し、28 設定としたCase1では年間64.7kWhと11.5%の削減効果が得られる。24 設定としたCase-3では年間で48.3%増加しているが、設定温度が同様に24 であるCase3では、トップランナー対象機器を導入しているため、電力消費量はCase0（現状）と同様な値となっている。

浪費型・基準型・節約型の比較

ライフスタイルの変更による増加率が最も大きいケースを浪費型、減少率が最も大きいケースを節約型、実住宅と同じ設定の計算結果を基準型とする。図4.1.21に省エネルギー効果を検討した各機器による、全体の合計電力消費量と基準型に対する増減率を示す。基準型の16MWhに対し、浪費型は19.3%増加しており、節約型は20.1%削減されている。

表4.1.4 テレビの計算ケース

条件	使用時間		テレビ非使用時における設定	定格電力 (W)	待機電力 (W)	備考
	平日	休日				
Case-1	9.5	11.5	リモコンによるOFF	153	14	浪費型
Case0	8.5	10.5	リモコンによるOFF	153	14	基準型(現状)
Case1	8.5	10.5	リモコンによるOFF, 就寝時主電源OFF	153	14, 4.6	
Case2	8.5	10.5	主電源OFF	153	4.6	
Case3	8.5	10.5	主電源OFF, 就寝時プラグを抜く	153	4.6, 0	
Case4	8.5	10.5	プラグを抜く	153	0	
Case5	7.5	9.5	リモコンによるOFF	153	14	
Case6	7.5	9.5	プラグを抜く	153	0	節約型
Case7	8.5	10.5	主電源OFF	120	0.1	トップランナー対象機器
Case8	8.5	10.5	プラグを抜く	120	0	

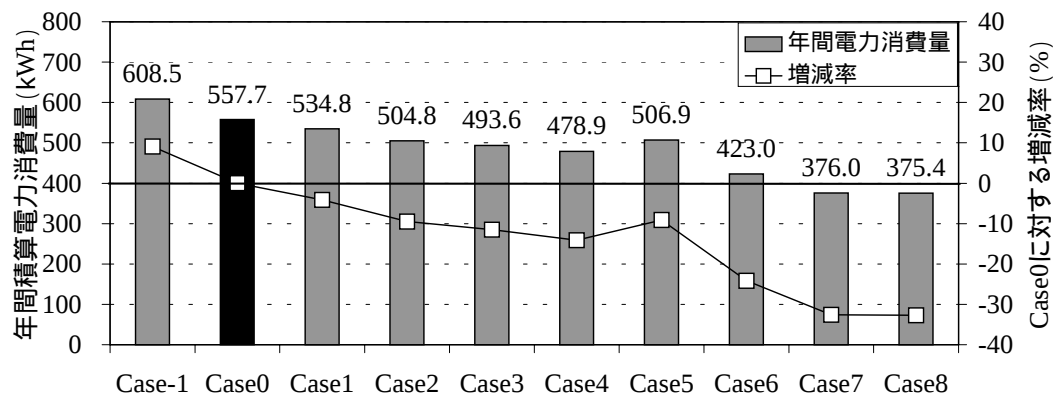


図4.1.15 テレビの各ケースにおける年間電力消費量と増減率

表4.1.5 電気温水器の計算ケース

条件	冬期	中間期	夏期	設定温度	使用量	備考
Case-3	湯で洗顔・炊事	湯で洗顔・炊事	湯で洗顔・炊事	1 上げる	各行為1/増やす	浪費型
Case-2				現状	現状	
Case-1					各行為1/増やす	
Case0					現状	基準型(現状)
Case1				1 下げる	各行為1/減らす	
Case2						
Case3						
Case4				現状	現状	
Case5						
Case6						
Case7		水で洗顔・炊事	水で洗顔・炊事	1 下げる	各行為1/減らす	節約型

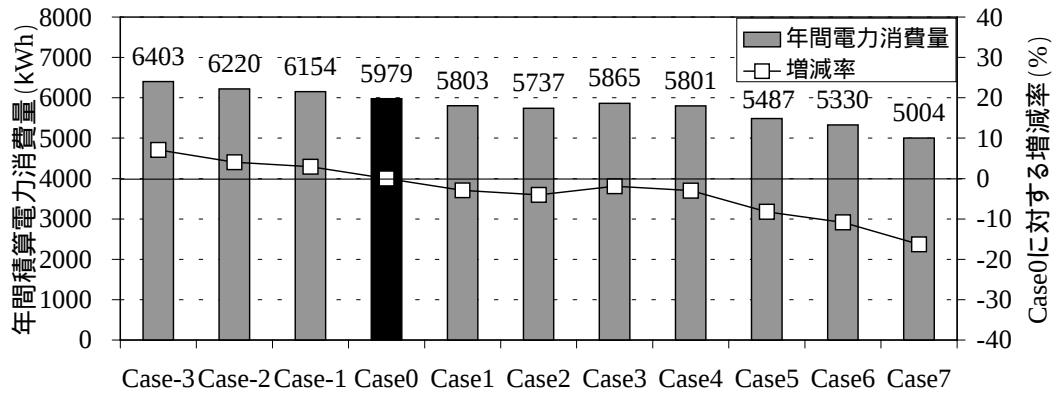


図4.1.16 電気温水器の各ケースにおける年間電力消費量と増減率

表4.1.6 温水洗浄便座の計算ケース

条件	冬期	中間期	夏期	備考
Case-4	Mode1	Mode1	Mode1	浪費型
Case-3			Mode2	
Case-2			Mode3	
Case-1		Mode2	Mode2	基準型(現状)
Case0			Mode3	
Case1	Mode2	Mode3	Mode3	
Case2		Mode2	Mode2	
Case3		Mode2	Mode3	
Case4		Mode3	Mode3	
Case5		Mode3	Mode3	節約型

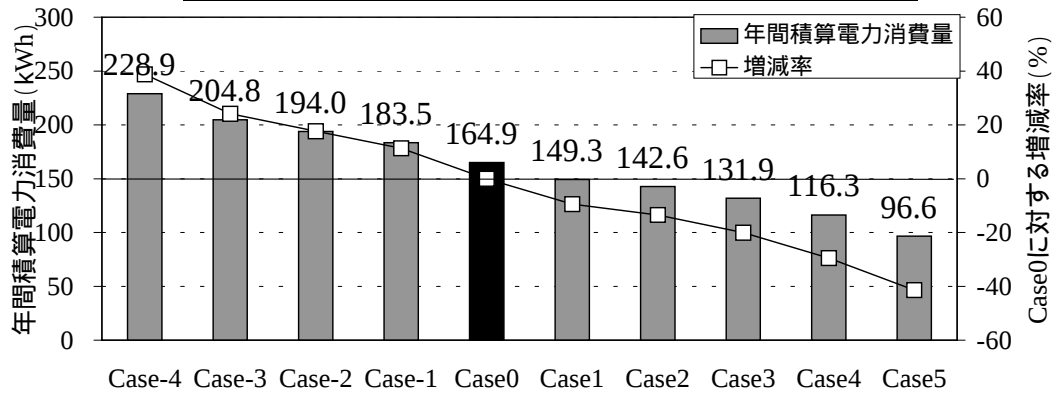


図4.1.17 温水洗浄便座の各ケースにおける年間電力消費量と増減率

表4.1.7 ステレオの計算ケース

条件	使用時間	非使用時における設定	定格電力 (W)	待機電力 (W)	備考
Case-1	2時間	プラグを挿したまま	22	1.2	浪費型
Case0	1時間	プラグを挿したまま	22	1.2	基準型(現状)
Case1	1時間	就寝時はプラグを抜く	22	1.2, 0	
Case2	1時間	プラグを抜く	22	0	節約型

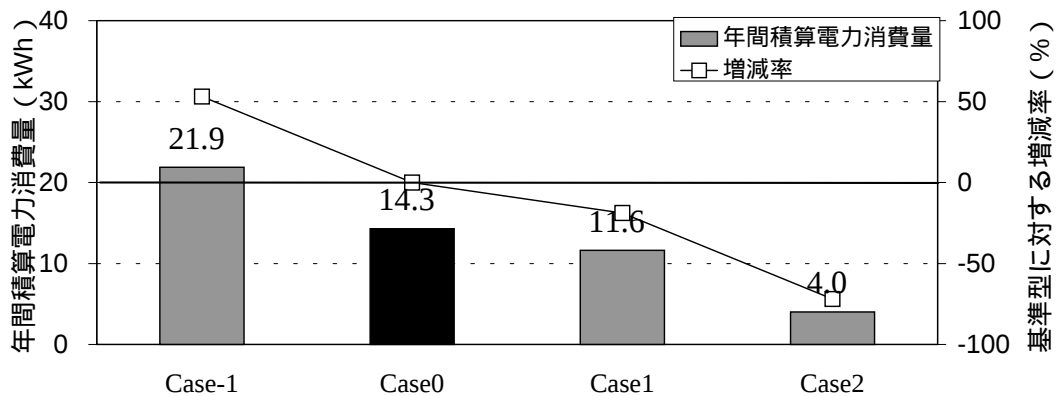


図4.1.18 ステレオの各ケースにおける年間電力消費量と増減率

表4.1.8 蓄熱暖房機の計算ケース

条件	居間設定温度	備考
Case-3	23	浪費型
Case-2	22	
Case-1	21	
Case0	20	基準型(現状)
Case1	19	
Case2	18	
Case3	17	節約型

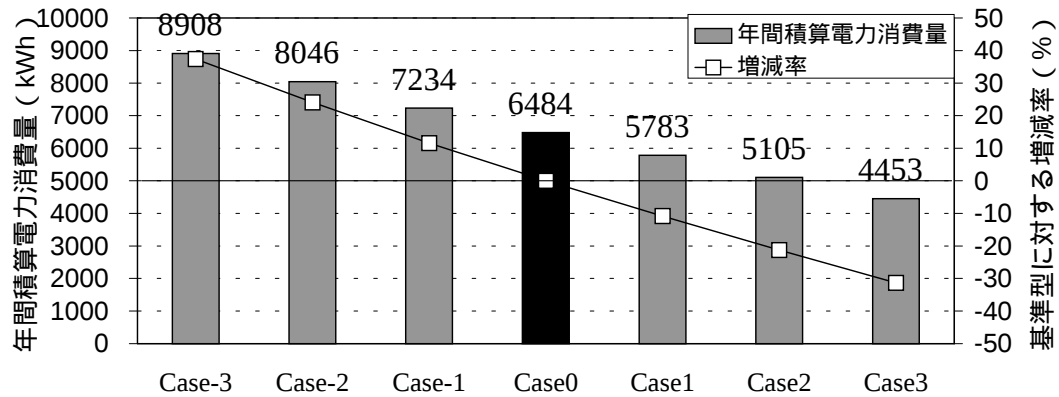


図4.1.19 蓄熱暖房機の各ケースにおける年間電力消費量と増減率

表4.1.9 エアコンの計算ケース

条件	冷房能力	成績係数	設定温度	運転時間	窓開け換気時間	備考
Case-3	4.0kW	2.5	24	12時～17時	6時～12時	浪費型
Case-2			25			
Case-1			26			
Case0			27			基準型(現状)
Case1		4.4	28			節約型
Case2			27			トップランナー
Case3			24			対象機器

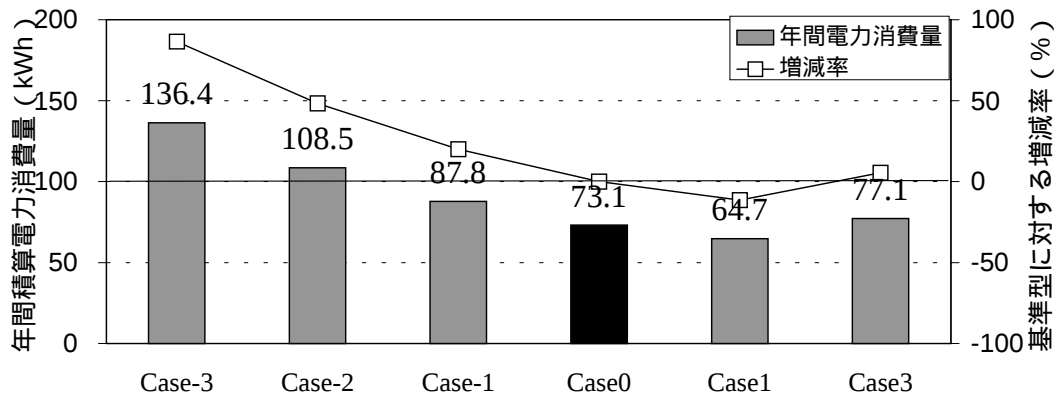


図4.1.20 エアコンの各ケースにおける年間電力消費量と増減率

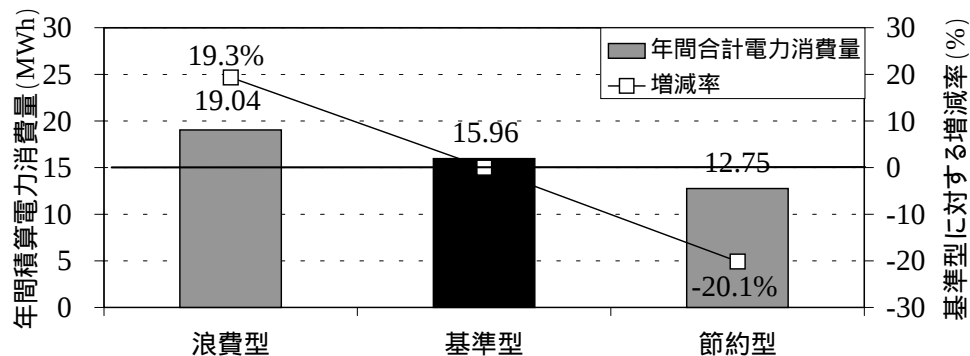


図4.1.21 浪費型・基準型・節約型の年間電力消費量と増減率

b) 地域と暖冷房の使用パターンが暖冷房負荷に与える影響（検討2）

暖冷房の際の設定温度により、どの程度暖冷房エネルギー消費量が変化するか検討するために、SMASH を用いて熱負荷計算を行った。計算用住宅モデルには日本建築学会標準問題を参考に図4.1.22の住宅モデルを用い、計算パラメータは以下とした。

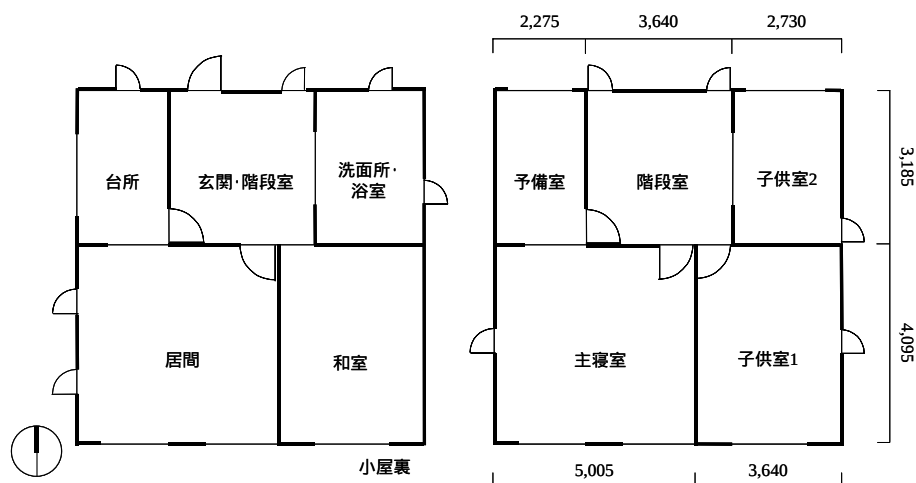


図4.1.22 住宅計算モデルの平面図

- 地域(4条件): 札幌(地域), 仙台(地域), 東京(地域), 鹿児島(地域)
- 断熱性能(3条件): 旧省エネ基準, 新省エネ基準, 次世代基準
- 暖冷房温度(3条件): 浪費型(暖房 22 , 冷房 26), 省エネ型(暖房 18 , 冷房 28), 標準型(暖房 20 , 冷房 27)。ただし, 夏季については外気温が 26 以下, 室温が 26 以上の場合 10 回/h の換気を行うものとする。
- 暖冷房パターンは在室時のみ暖冷房¹。
- 内部発熱は, SHASE モデルにより家族人数 4 人とし, デフォルト設定により計算した結果を使用。

断熱条件を表4.1.10に示す。各地域に 3 通りの断熱グレードを設け、断熱性能は、断熱材(グラスウール)の密度、厚さにて計算に反映させ、換気回数は一律 0.5 回/h とした。計算に当たっては熱橋を考慮した壁体構成とし²、開口部はガラス部分とサッシ部分を分離³し、サッシ部分を壁面積に加算した。南面開口部には 60cm 出の窓庇を設けている。

図4.1.23, 4.1.24に冬期, 夏期における 3 日間の居間温度変動の一例を示す。冬期は暖房停止時に降の温度降下や日射による温度上昇に断熱性能による差異が見られる。夏期は条件間の差は顕著には見られない。

図4.1.25に暖房負荷の計算結果を、図4.1.26に各地域における標準型に対する暖房負荷の割合を示す。暖房設定温度を標準型から省エネ型に変更することにより、大凡 20%程度の負荷削減が期待できる。同じ暖房設定温度であれば、断熱性能を高めることにより暖房負荷の低減が可能となる。各地域により低減の割合は異なるが、仙台では次世代基準相当の断熱性能の暖房負荷は旧省エネ基準相当の半分であり、この低減の割合は南下するに従い大きくなる。また、旧省エネ基準相当の断熱性能で省エネ型の暖房設定温度としても、断熱性能を高めた場合の結果を下回ることとはなく、断熱性能を高めることの効果は大きいといえる。

¹ 暖冷房時間が熱負荷に及ぼす影響は小さくないが、ここでは間欠運転のみを条件として与えた。

² 壁断熱部: 0.83, 壁非断熱部: 0.17, 床断熱部: 0.8, 床非断熱部: 0.2

³ ガラス部分は開口部面積の 0.8 倍と仮定。

図4.1.27に冷房負荷の計算結果を、図4.1.28に各地域における標準型に対する冷房負荷の割合を示す。冷房設定温度を標準型から省エネ型に変更することにより、大凡 15%程度の負荷削減が期待できる。冷房負荷の場合、断熱性能の向上により負荷削減の割合は暖房負荷ほど顕著ではなく、東京や鹿児島のように逆に負荷が増える場合も見られる。

表4.1.10 断熱性能の設定条件(地域～ 地域)

地域	断熱材厚[mm]			換気回数 [回/h]	開口部の熱貫 流率[W/m ² K]
	天井	壁	床		
旧省エネ基準相当	150(10K)	100(16K)	100(16K)	0.5	3.5
新省エネ基準相当	230(10K)	100(24K)	135(16K)	0.5	3.0
次世代基準相当	300(10K)	150(16K)	150(16K)	0.5	2.3
地域	断熱材厚[mm]			換気回数 [回/h]	開口部の熱貫 流率[W/m ² K]
	天井	壁	床		
旧省エネ基準相当	65(10K)	45(10K)	40(10K)	0.5	4.1
新省エネ基準相当	150(10K)	100(10K)	100(10K)	0.5	3.5
次世代基準相当	200(10K)	100(16K)	150(16K)	0.5	2.3
地域	断熱材厚[mm]			換気回数 [回/h]	開口部の熱貫 流率[W/m ² K]
	天井	壁	床		
旧省エネ基準相当	65(10K)	45(10K)	40(10K)	0.5	6.5
新省エネ基準相当	100(10K)	100(10K)	100(10K)	0.5	4.6
次世代基準相当	200(10K)	100(16K)	100(16K)	0.5	3.5
地域	断熱材厚[mm]			換気回数 [回/h]	開口部の熱貫 流率[W/m ² K]
	天井	壁	床		
旧省エネ基準相当	45(10K)	30(10K)	25(10K)	0.5	6.5
新省エネ基準相当	100(10K)	70(10K)	50(10K)	0.5	4.6
次世代基準相当	200(10K)	100(16K)	100(16K)	0.5	3.5
地域	断熱材厚[mm]			換気回数 [回/h]	開口部の熱貫 流率[W/m ² K]
	天井	壁	床		
旧省エネ基準相当	25(10K)			0.5	6.5
新省エネ基準相当	100(10K)	45(10K)	30(10K)	0.5	4.6
次世代基準相当	200(10K)	100(16K)	100(16K)	0.5	3.5

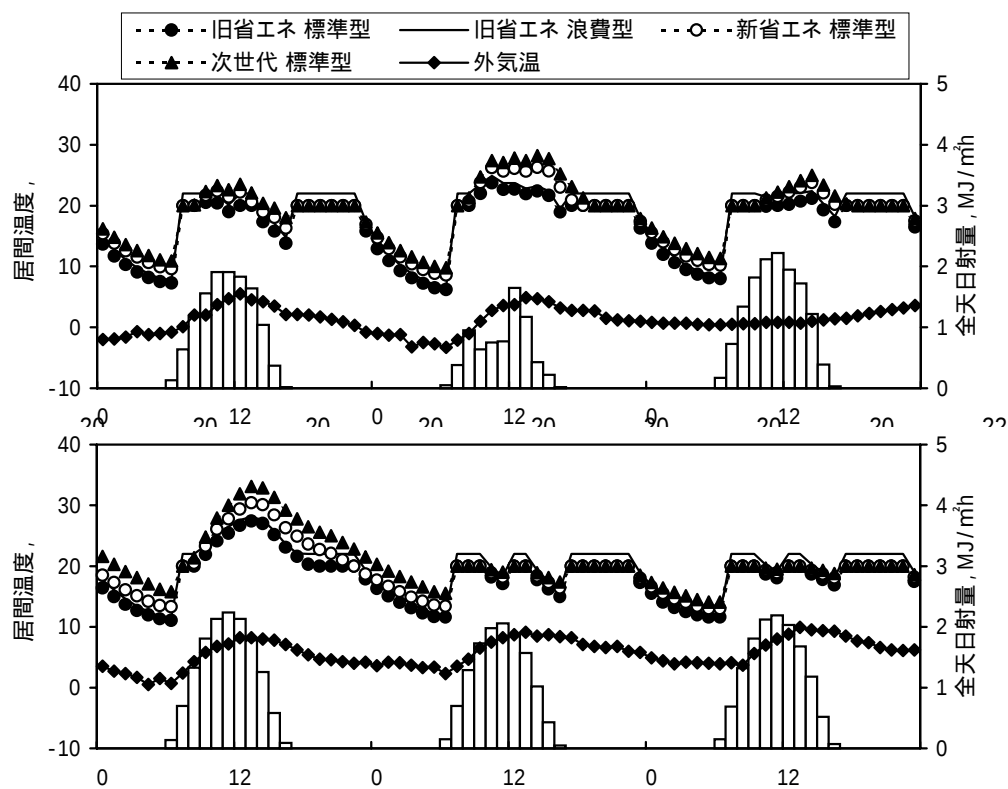


図4.1.2.3 冬期(1月20日～22日)における居間温度(上段：仙台，下段：東京)

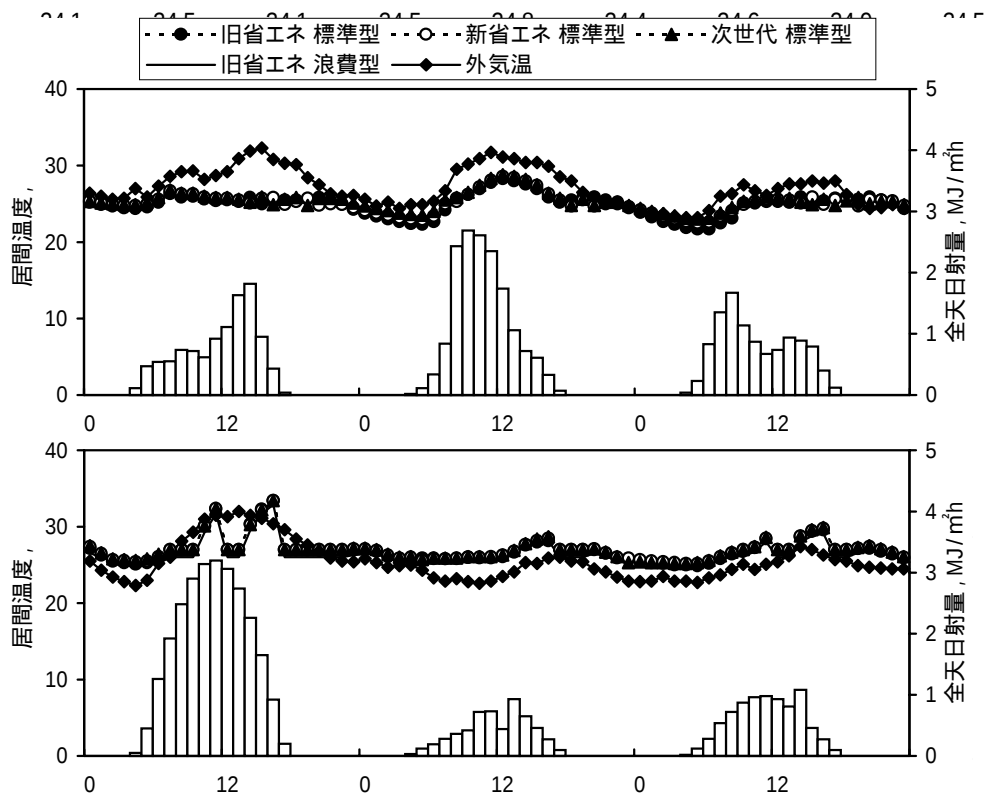


図4.1.2.4 夏期(8月1日～3日)における居間温度(上段：仙台，下段：東京)

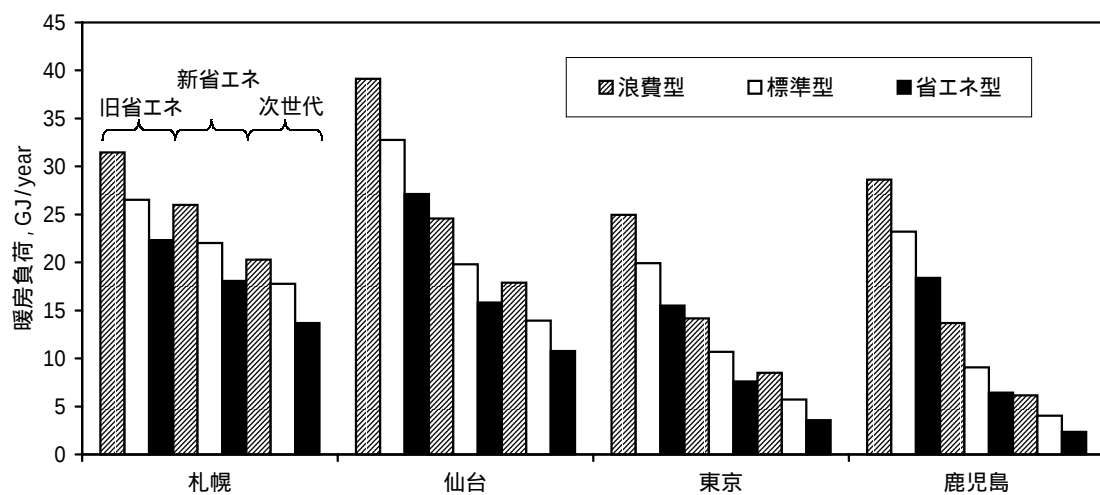


図4.1.25 暖房負荷の計算結果

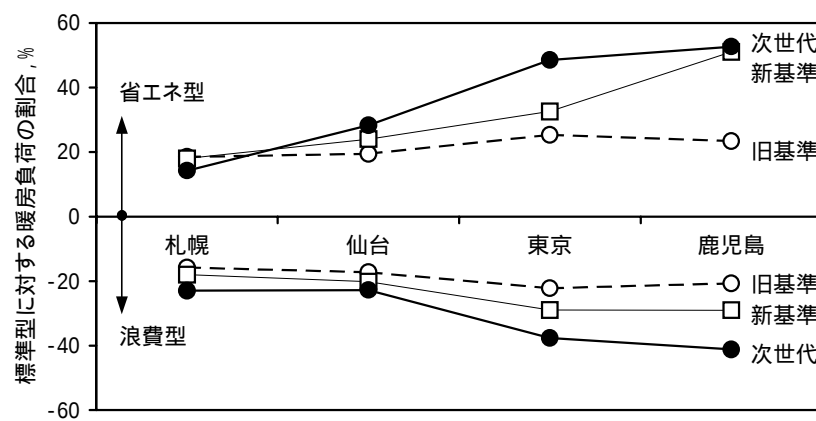


図4.1.26 各地域における標準型に対する暖房負荷の割合

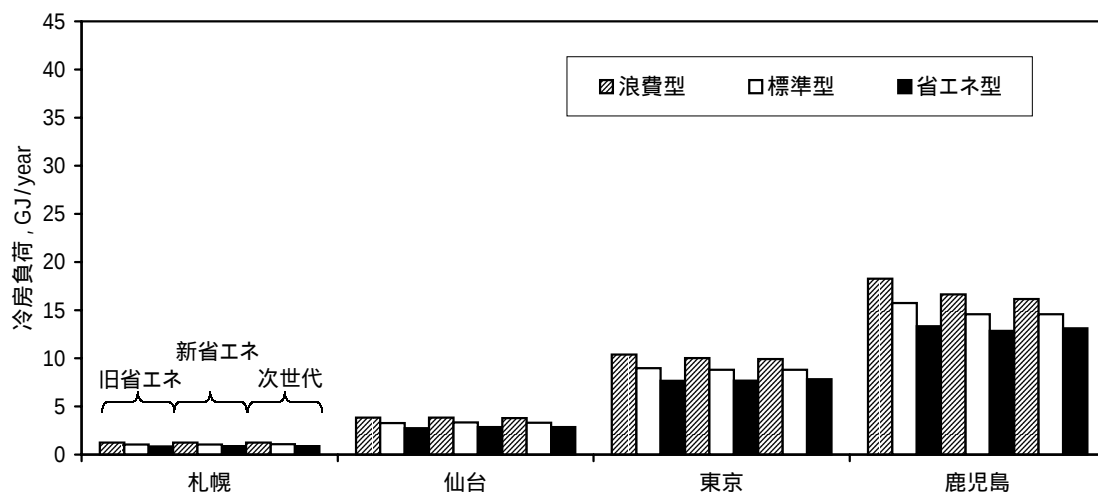


図4.1.27 冷房負荷の計算結果

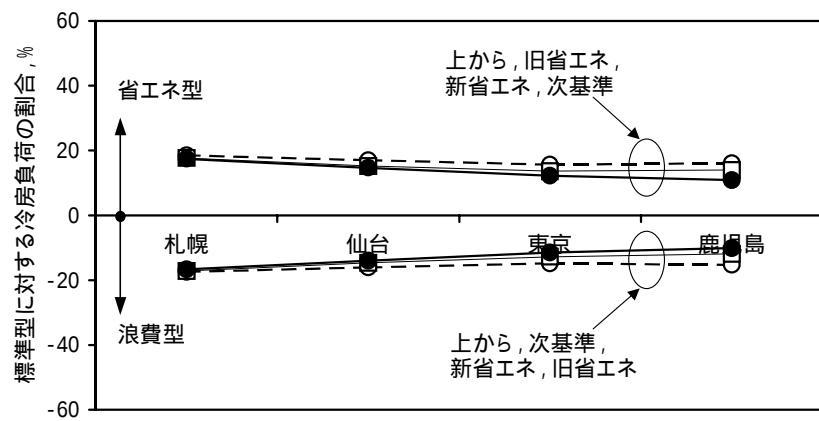


図4.1.28 各地域における標準型に対する冷房負荷の割合

4.2 実在住宅における省エネ生活の効果

4.2.1 実測概要

ライフスタイルが住宅のエネルギー消費量に及ぼす影響として、平常の生活行為において必要最低限のエネルギーのみを使用した場合のエネルギー消費量を実測し、個人の実行可能な省エネルギー量を明らかにすることを目的とした。表4.2.1にエネルギー消費量の実測概要を示す。実測世帯は若年単身世帯5件と4人世帯1件である。エネルギー消費量の実測は、電力・ガスについて行い、電力については表4.2.2に示すように一世帯につき8~10点の家電機器、および総消費量として分電盤に対して、測定器を取り付けることによって行った。ただし、照明の電力消費量については、直接に測定することが困難であったため、照明器具の近傍に温度ロガーを取り付け、温度上昇から使用時間を求めることで消費量を推定した。なお、測定器数の関係上、場合によっては複数の家電機器をまとめて測定することにより、多くの家電機器の電力消費量を把握することとした。ガスについては、照明と同様に、ガス使用場所およびその近傍の温度変化から推定した使用時間と、被験者自身によるガスメーターの読み取り値に基づき消費量を推定した。電力・ガスともに実測期間は2週間とし、1週目は省エネルギー生活として、個人で実行可能な省エネルギー行動をすべて行った場合の、2週目は通常の生活を行った場合のエネルギー消費量を測定した。省エネルギー生活を行う際には、被験者に表4.2.3と表4.2.4の省エネルギー手法の中から個人の可能な手法をできるだけ実行してもらうこととした。

4.2.2 若年単身世帯の実測結果

図4.2.1に若年単身世帯の電力消費量の時間変動例を示す。電力のピークが21~24時と11~12時の2箇所で見られている。昼のピークでは暖房器具による電力消費量が最も多く、夜のピークでは照明と暖房器具による消費量が多い。ピーク以外の時刻では、冷蔵庫と電気ポットによる電力消費量が多くを占めており、その他の家電機器による電力消費量は小さい。日中を通して電力消費が認められるのは冷蔵庫と電気ポットであるが、ラジカセ、ビデオ、テレビ等の待機電力もわずかではあるが、全体の消費量に含まれている。全体としては、省エネルギー生活を行った場合が通常生活を行った場合の電力消費量を上回っている箇所も見られるものの、ほとんどの時間帯で通常生活に比べ、省エネルギー生活の電力消費量が下回っている。

表4.2.3に単身世帯の実測結果を示す。平常時の電力消費量は20.6~47.2 MJ/日、ガスは10.3~23.5 MJ/日で、電力の平均は38.4 MJ/日、ガスの平均は14.9 MJ/日であった。ただし、被験者4はガスを利用していないため電力のみの実測結果となっている。一方、省エネルギー生活時の電力消費量は16.8~43.9 MJ/日、ガスは4.8~17.6 MJ/日で、平均はそれぞれ28.4 MJ/日、13.1 MJ/日であった。総エネルギー消費量も、個人差はあるものの、平常時では40.4~58.5 MJ/日で、平均は50.4 MJ/日、省エネルギー生活時には31.2~48.7 MJ/日で、平均は38.9 MJ/日であった。全体の省エネルギー率は14.6~27.4%で、平均は22.8%という結果となった。

図4.2.2は電力消費量の詳細を示したものである。被験者1ではテレビ・ラジカセ・ドライヤー・照明で省エネルギーが達成されている。被験者2では、平常時に比べ省エネルギー生活時にはエアコンの電力消費量が少なくなっており、電子レンジでも省エネルギーが達成されている。被験者3の場合は、テレビ・ビデオ・暖房機器・ポット等ほとんどの家電機器において省エネルギーが達成されている。被験者4でも同様にほとんどの家電機器で省エネルギーが達成されているが、特にエアコンによる省エネルギー効果が大きい。被験者5では、エアコンに加えてパソコンによる省エネルギー効果も大きな結果となった。被験者全体としてみると、全電力に占める割合が大きい冷蔵庫・照明においては大きな省エネルギー効果は認められないが、その他の家電機器においては省エネルギーが達成されていることがわかる。

本実測では、省エネルギー生活を実行した後にアンケート調査を行うことにより、各省エネルギー行動の実行度を0~4の5段階で評価した。図4.2.3に全被験者に共通するアンケート項目の調査結果を示す。冷蔵庫と照明の実行度は2.0・1.1点と低く、省エネルギー率もそれぞれ-3.2・-4.7%で、省エネルギー効果が得られないことと対応している。例えば、冷蔵庫の「開閉時間、回数を減らす」、

等の実行度が低い結果となっている。ＡＶ機器・電子レンジ・テレビ等では、「コンセントを抜く」といった待機電力の削減に関する項目を中心として、ＡＶ機器の「主電源を切る」、テレビの「見ないときは消す」、「音量を不必要に大きくしない」、ガスの「一つのコンロを続けて使う」こと等で実行度が高い結果となった。

4.2.3 一般世帯の実測結果

一般世帯の実測は１件のみであり、ここでは空気調和・衛生工学会のシミュレーションプログラムを利用することによりエネルギー消費量を算出した結果と比較することとした。その際、シミュレーションにおける生活行為および保有家電機器については、一般世帯の実測に基づいたものとし、表4.2.6のように設定した。家族４人に共通する生活行為として睡眠・食事・入浴・洗顔・照明を、その他の行為は個人で行うものとしている。シミュレーションにおいては、実測の省エネルギー生活に対応するケースをミニмум１と定義している。また、参考のために、非常時・緊急時等を対象に生活行為自体を制約するケースをミニмум２と定義した。表中の下線部以外の生活行為についてはミニмум２では行わない。ただし下線部の生活行為でも、ミニмум２の場合では、例えばテレビが１日２時間、掃除・洗濯は休日のみ行う、ポットは日中コンセントを抜いておく等、エネルギー消費に関して生活に制限を設けている。さらに、既存の家電機器を最新のものに買換えたと仮定した場合の算定も合わせて行った。最新家電機器の消費電力は各家電機器メーカーの最新カタログを参考とし、照明を除くすべての家電機器の買い替えを仮定した。

図4.2.4にエネルギー消費量の実測および推定結果を示す。ガスの実測に不備があったため、ここでは電力の消費量について示している。シミュレーションでは、最新の家電機器に買換えた場合で標準に比べ 22.1%、ミニмум１では 29.2%の省エネルギーが達成される結果となった。実測結果では 24.8%の省エネルギー率が得られており、ミニмум１におけるシミュレーション上の約 8 割が達成されていると考えられる。なお、ミニмум２におけるシミュレーションの設定では、平常時での生活水準を前提条件としている最新家電機器を買い換えた場合や、ミニмум１の場合の設定とは異なり、非常時・緊急時の生活水準を想定しているため、省エネルギーという概念からは外れたものではあるが、最低限必要なエネルギー量として算出している。

本実測に関しては、今後、さらなるモニターを募集し、夏期・冬期を含めた実測を行い、データを蓄積する予定である。

表4.2.1 実測調査の概要

対象	大学生、大学院生(6人)		
実測期間	10月中旬～11月下旬の2週間（省エネ週間、通常週間）		
実測内容	電力	総消費量	ワットアワーメーターによる15分ごとの自動計測（分電盤1点）
		各家電機器	ワットアワーメーターによる15分ごとの自動計測（各家電機器8～10点）
		照明	ボタン型温度ロガー（10分ごとの計測）の温度変化による推定
	ガス	総消費量	被験者によるメーターの読み取り
			ボタン型温度ロガー（10分ごとの計測）の温度変化による推定
	環境	温湿度（室内外）	おんどとりによる10分ごとの測定

表4.2.2 実測家電機器一覧

	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	被験者6
N0.1	テレビ	テレビ	テレビ	テレビ	テレビ	テレビ
N0.2	冷蔵庫	冷蔵庫	冷蔵庫	冷蔵庫	冷蔵庫	冷蔵庫
N0.3	電子レンジ	電子レンジ 炊飯器 ポット トースター	電子レンジ	電子レンジ	電子レンジ	電子レンジ
N0.4	ビデオ	DVD	ビデオ	DVD	ビデオ	ビデオ
N0.5	ラジカセ	エアコン	コタツ	エアコン	エアコン	ガスストーブ
N0.6	炊飯器	パソコン モニター	ラジカセ	ラジカセ	パソコン モニター	カーペット
N0.7	携帯充電器	プリンタ モデム ウーハー	パソコン プリンタ	ドライヤー ポット 携帯充電器	プリンタ モデム CD-RW スピーカー	炊飯器 ポット
N0.8	ドライヤー	アンプ	炊飯器	電話器	炊飯器	洗濯機
N0.9	-	携帯充電器	ポット 携帯充電器	スタンド	電話器 携帯充電器	温水便座
N0.10	-	ゲーム機	ゲーム機	楽器	ドライヤー	除湿機
N0.11	全体	全体	全体	全体	全体	全体

表4.2.3 家電機器の省エネルギー手法

家電機器	省エネルギー法	家電機器	省エネルギー法
ビデオ・DVD	主電源を切る	こたつ	掛け布団だけでなく敷布団上掛けも使用する
	コンセントを抜く		温度の調節をこまめにする
CDラジカセ	音量を不必要に大きくしない	電気カーペット	コンセントを抜く
	コンセントを抜く		マットや布をカーペットの下に敷く
ゲーム機	コンセントを抜く	冷蔵庫	片面のみ通電して使用する
携帯用充電器	充電したまま放置しない		設定温度を調節する
パソコン	省エネモードを使う	冷蔵庫	ものを詰め込みすぎない
	コンセントを抜く		開閉時間・回数を減らす
プリンタ	電源の消し忘れに注意する		上にものを乗せない
	コンセントを抜く		周囲と適当な間隔をあける
スピーカー	音量を不必要に大きくしない		コンロの近くの場所や直射日光を避ける
	コンセントを抜く		熱いものは冷ましてから入れる
電子レンジ	長くあたためすぎない	電気ポット	低温保温する
	解凍には自然解凍も利用する		コンセントを抜く
	コンセントを抜く	洗濯機	まとめて洗う(容量の80%程度)
炊飯器	長時間保温しない		軽い汚れはスピードコースを使う
	一括炊飯する		コンセントを抜く
	コンセントを抜く	温水便座	こまめに温度調節を行う
トースター	長くあたためすぎない		蓋を閉める
	コンセントを抜く	除湿機	消し忘れに注意する
ドライヤー	風量を調節する		コンセントを抜く
	髪を良く拭いてから使用する	照明	無駄な明かりをつけない
	コンセントを抜く		省エネタイプの電灯を使う
エアコン	冷房は設定温度を下げすぎない		蛍光灯を使用する
	暖房は設定温度を上げすぎない	テレビ	明るさを調節する
	フィルタをこまめに掃除する		見ないときは消す
	カーテンを活用する		音量を不必要に大きくしない
	扇風機を利用する		主電源を切る
	コンセントを抜く		コンセントを抜く

表4.2.4 ガスの省エネルギー手法

場所	省エネ手法
台所	食器はぬるめのお湯で洗う
	熱い鍋を続けて使う
	水ではなくお湯から沸かす
	一つのコンロを続けて使う
	鍋には蓋をする
	沸騰させ続けない
	鍋やフライパンの底の水滴は拭いておく
	鍋から炎がはみ出さないようにする
	バーナーの目詰まりをこまめに清掃する
風呂	追い炊きするより蛇口からお湯を出して沸かす
	シャワーは抑えめにする

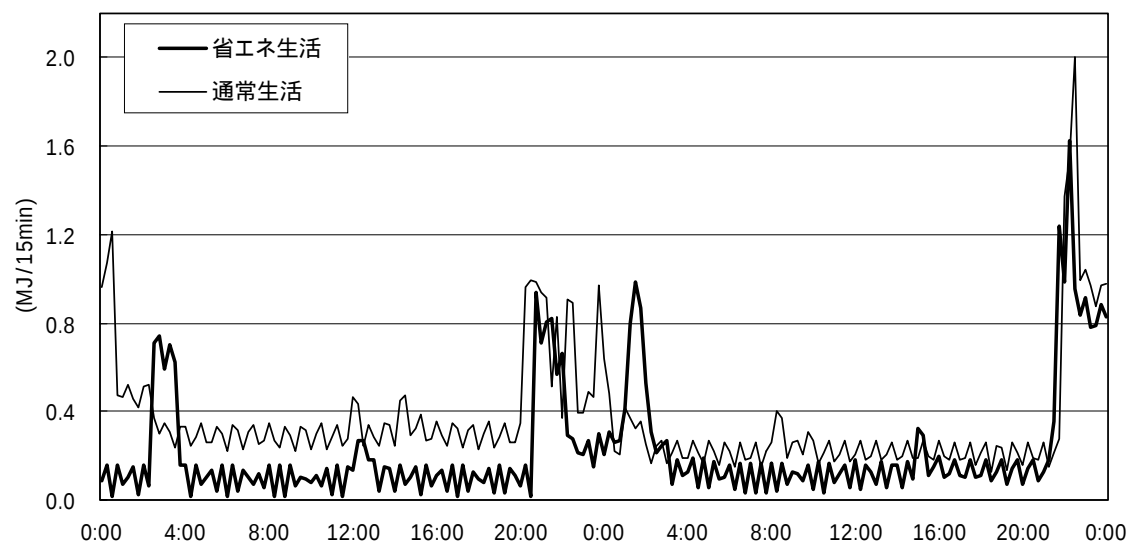


図4.2.1 単身世帯の電力消費量の時間変動例

表4.2.5 単身世帯のエネルギー消費量の実測結果

		被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	平均
平常時	電力	20.6	45.4	38.5	40.4	47.2	38.4
	ガス	23.5	10.3	14.7	-	11.3	14.9
	総計	44.1	55.7	53.2	40.4	58.5	50.4
省エネ	電力	16.8	43.9	20.9	31.2	29.3	28.4
	ガス	17.6	4.8	17.3	-	12.8	13.1
	総計	34.4	48.7	38.2	31.2	42.1	38.9
省エネ率(%)		16.8	14.6	27.2	22.8	27.4	22.8
電力アンケート		3.0	2.0	2.7	2.4	3.2	2.7
ガスアンケート		2.4	1.6	1.0	-	2.3	1.8

*エネルギーの単位: MJ/日

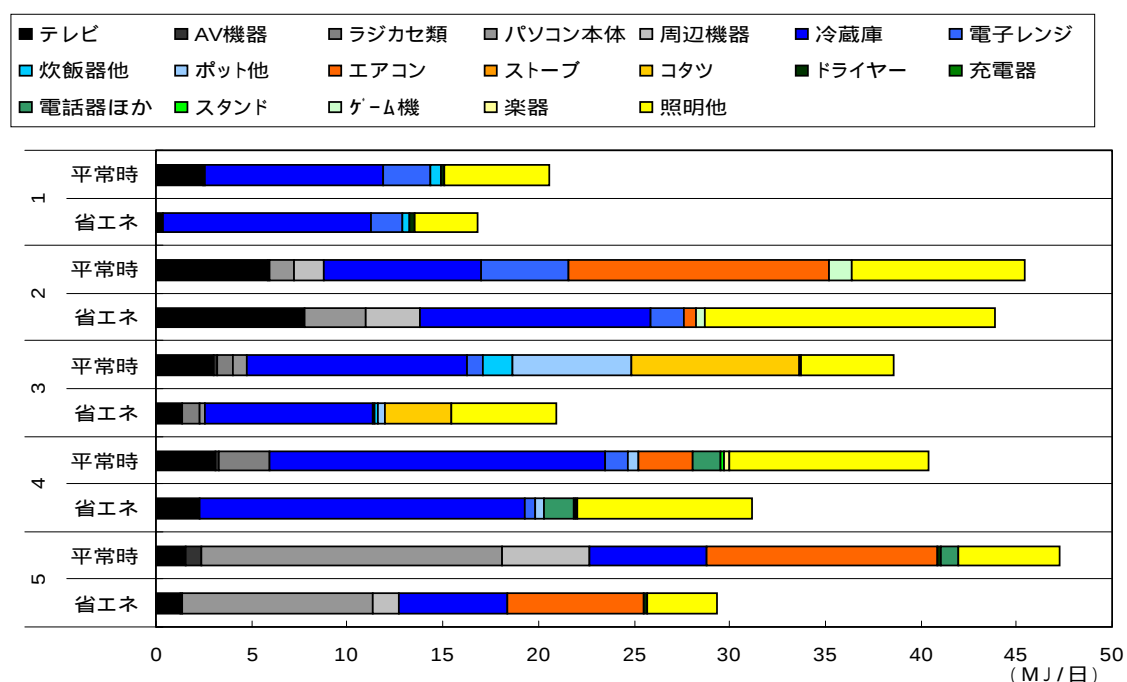


図4.2.2 単身世帯の電力消費量の詳細

省エネ率 (%)	項目	0	1	2	3	4
94.5	主電源を切る					
54.4	コンセントを抜く					
18.5	見ないときは消す					
12.2	一つのコンロを続けて使う					
-3.2	沸騰させ続けない					
-4.7	鍋には蓋をする					
-3.2	鍋やフライパンの底の水滴を拭く					
-4.7	熱い鍋を続けて使う					
-4.7	シャワーは抑えめにする					
-3.2	ものを詰め込みすぎない					
-4.7	上にものを乗せない					
-4.7	周囲と適当な間隔をあける					
-4.7	熱いものは冷ましてから入れる					
-4.7	設定温度を調節する					
-4.7	開閉時間・回数を減らす					
-4.7	無駄な明かりをつけない					
-4.7	蛍光灯を使用する					

図4.2.3 省エネルギー実行度に関するアンケートの調査

表4.2.6 生活行為の設定

共通行為	睡眠、食事、入浴・洗顔、照明、冷暖房
勤め人・男	仕事、テレビ、ボット、電子レンジ、本、
家庭婦人	仕事、テレビ、ボット、炊飯器、コンロ、炊事、掃除、洗濯、本、除湿機
子供1	学校、テレビ、
子供2	学校、ボット、電子レンジ、本、

注：下線部以外のものはミニマム2では行わない。テレビの時間は1日2時間、掃除・洗濯は休日に行う、ボットは日中はコンセントを抜いておく、照明は、居間・厨房・食堂は通常時の半分の時間で、それ以外の照明は使用しない。

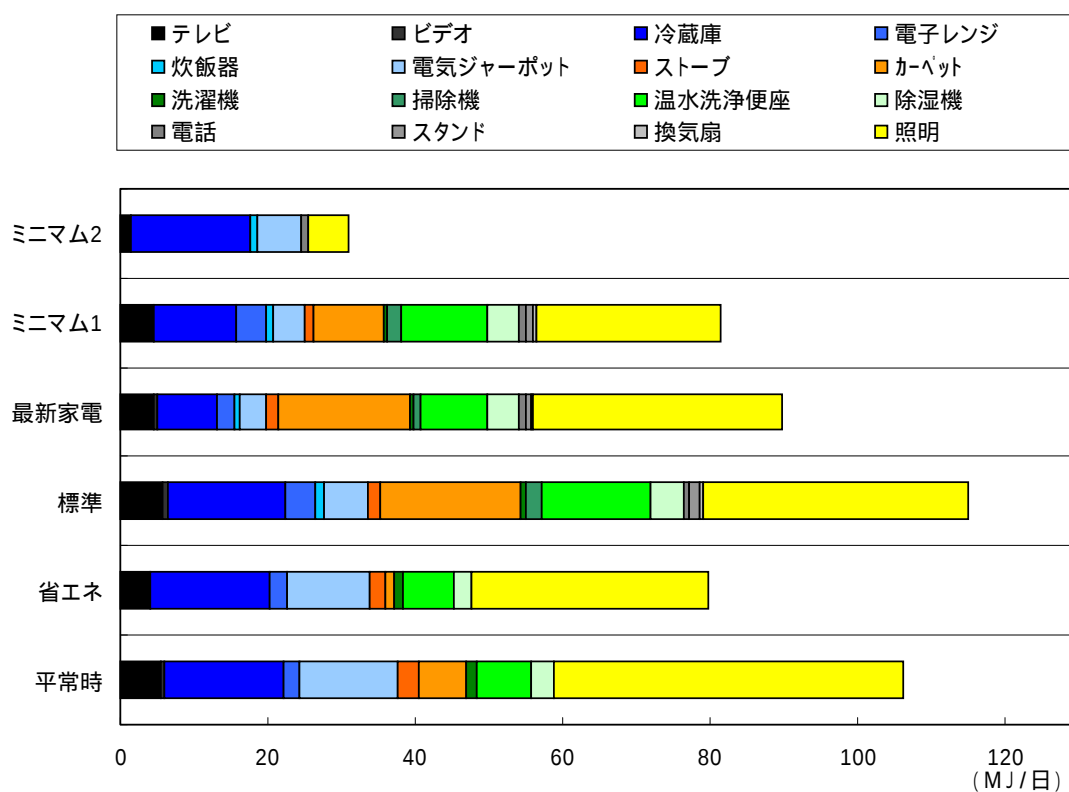


図4.2.4 一般世帯のミニマムエネルギー（電力）の推定結果

4.3 まとめ

平成 14 年度は住宅における生活行為と熱負荷に関する既往のモデルを組み合わせ、エネルギー消費量を算出し、実測データとの検証、ライフスタイルが与える影響等について把握することを目的とし、以下の成果を得た。

マイクロモデルの基礎として、生活行為モデル(空気・調和衛生工学会)と熱負荷モデル(SMASH, TRNSYS)を連成し、住宅内のエネルギー消費量を予測する手法を整備した。

エネルギー消費量の実測住宅においてライフスタイルと使用機器性能調査を行い、この手法による予測値を実測データと検証した。

ライフスタイルの変化がエネルギー消費量に与える影響に関するシミュレーションを行った。

若年単身世帯 5 件と一般世帯 1 件を対象に、省エネルギー行動の実践によるエネルギー消費量の削減可能性に関する実測を行った。

平成 15 年度は、マイクロモデルの検証を進めるとともに、ライフスタイルの変化等を考慮した住宅の将来のエネルギー消費量の推定に関して以下の項目を行う予定である。

各都市別のマイクロモデルの検証

エネルギー消費ライフスタイルの設定

暖冷房エネルギー消費量に関する条件の設定

自然エネルギー利用等の省エネルギー技術の導入効果に関する検討

省エネルギー的ライフスタイルのエネルギー消費に及ぼす影響に関する実測

省エネルギーを推進するためのライフスタイルの提言

参考文献

【4.1 数値計算による効果についての検討】

- 4.1.1) 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
- 4.1.2) 財団法人 建築環境・省エネルギー機構：SMASH for Windows Ver.2 ユーザーズマニュアル，2000 年 9 月
- 4.1.3) TRNSYS User's Manual
- 4.1.4) 千葉智成，吉野博他：全電化住宅におけるライフスタイルの変更による省エネルギー効果，日本建築学会東北支部研究報告集，計画系第 66 号，2003 年 6 月
- 4.1.5) 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，1997 年 11 月
- 4.1.6) 住環境計画研究所：家庭用エネルギーハンドブック，(財)省エネルギーセンター，1997 年

【4.2 実在住宅における省エネ生活の効果】

- 4.2.1) 家電製品協会：家電産業ハンドブック，2002 年
- 4.2.2) 省エネルギーセンター：エネルギー・経済統計要覧
- 4.2.3) 堀：東京近郊における住宅のエネルギー消費に関する調査研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，2002 年
- 4.2.4) 河波：省エネルギーの情報が家庭用電力消費に及ぼす影響，エネルギー資源学会，2002 年
- 4.2.5) 室田，湯淺：若年単身世帯のライフスタイルと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梗概集，2001 年
- 4.2.6) 家庭電器文化会：省エネルギーのための家庭電気機器，1998 年
- 4.2.7) 東京電力：でんこちゃんのなるほど省エネ！なっとくBOOK
- 4.2.8) 東京ガス：ウルトラ省エネ読本
- 4.2.9) 空気調和・衛生工学会：住宅における生活スケジュールとエネルギー消費，2000 年
- 4.2.10) 紀谷：ミニマム水量に関する検討と提案，空気調和・衛生工学会論文集 No.42，1990 年