住宅内エネルギー消費量予測モデルの構築

DEVELOPMENT OF CALCULATION METHODOLOGY FOR HOUSING ENERGY CONSUMPTION

吉野 博 — *1 湯浅和博 — *2
 長谷川兼一 — *3 石田建一 — *4
 室 恵子 — *5 三田村輝章 — *6
 千葉智成 — *7 井上 隆 — *8
 村上周三 — *9

Hiroshi YOSHINO — *1
 Kenichi HASEGAWA — *3
 Keiko MURO — *5
 Tomonari CHIBA — *7
 Suzo MURAKAMI — *9

Kazuhiro YUASA — *2
 Ken-ichi ISHIDA — *4
 Teruaki MITAMURA — *6
 Takashi INOUE — *8

キーワード:

住宅, エネルギー消費量, 予測モデル

Keywords:

Residential house, Energy consumption, Calculation methodology

In order to study the effect of the residential building energy saving by improvement of shelter performance and occupants' low impact life style, the coupling model of the transient simulation program with calculation model for indoor heat generation pattern have been developed. This paper firstly described the outline of the calculation methodology and the standard conditions as input data. Secondly, the validity of this calculation methodology was examined by means of comparison with the calculated annual energy consumption and the reference values.

1. はじめに

住宅分野での省エネルギー手法として, ①建物性能の向上, ②設備機器への配慮, ③省エネルギーを意識した住まい方への移行等が挙げられる。しかし, 建物性能や機器等の性能が向上するに伴い居住者が要求する快適水準も高くなるため, 結果的に省エネルギーには至らないというリバウンド効果も顕在化しつつある。居住者の理解なくしては快適志向を抑制することは困難であるが, 地球温暖化防止に向けた目標を達成するためには, 無理のない範囲で節約志向の住まい方への移行を促す方策が求められる。

これまで, 住宅の省エネルギーに向けた方策を探るために, 断熱性能や暖冷房運転の違いが暖冷房負荷に与える影響について検討した研究^{例えは1)~3)}は見られるが, 家電機器等の使用パターンのような, 居住者の住まい方が住宅用エネルギー消費量に及ぼす影響を定量的に把握した例は少ない。そこで筆者らは, 住まい方の工夫等による省エネルギー効果が検討できるよう, 既存のアプリケーションを組み合わせ住宅内エネルギー消費量の予測モデルを構築した。本報では, ①予測モデルの概要, ②標準的な住宅を想定した場合に必要な設定値, を示すとともに, ③全国主要都市を対象とした計算値と既往の文献値との比較, により, 予測モデルの妥当性を検討したので報告する。

2. 住宅内エネルギー消費量予測モデルの概要

2.1 計算の概要

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

図1 予測モデルの計算フロー

*1 東北大学大学院工学研究科 教授・工博
 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-11-1203)

*2 東京工業大学大学院工学研究科 助教授・工博

*3 秋田県立大学システム科学技術学部 助教授・博士(工学)

*4 積水ハウス㈱ 工博

*5 足利工業大学建築学科 助教授・工博

*6 足利工業大学建築学科 講師・博士(工学)

*7 東北電力㈱ 修士(工学)

*8 東京理科大学理工学部建築学科 教授・工博

*9 慶応義塾大学理工学部 教授・工博

*1 Prof., Graduate School of Engineering, Tohoku Univ., Dr. Eng.

*2 Assoc. Prof., Graduate School of Sci. & Eng., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

*3 Assoc. Prof., Faculty of Systems Science & Tech., Akita Prefectural Univ., Dr. Eng.

*4 Sekisui House Ltd., Dr. Eng.

*5 Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Ashikaga Institute of Technology, Dr. Eng.

*6 Lecturer, Dept. of Architecture, Ashikaga Institute of Technology, Dr. Eng.

*7 Tohoku Electric Power Co., Inc., M. Eng.

*8 Prof., Dept. of Archi., Faculty of Science and Tech., Tokyo Univ. Science, Dr. Eng.

*9 Prof., Faculty of Science and Technology, Keio University, Dr. Eng.

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^{注1}、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^{注2}(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^{注3}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。

3. 居住者の生活パターンと所有機器の標準データの作成

住宅内エネルギー消費量を予測には、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。

3.1 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、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、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。

3.2 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機器は、所有率が高く^{注4}、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

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 設定強度 中	62/78/86(冬/中間期/夏)	389.6
	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
	テレビ	機器タイプ 標準21型 待機時電力 あり	121 0.4	330.7
娯楽情報機器	ビデオ	機器タイプ 普及型 待機時電力 あり	12 2	44.7
	オーディオ	機器タイプ 普及型 待機時電力 あり	74 0.5	19.4
	コンピュータ	機器タイプ デスクトップ型 待機時電力 あり	86.6 6.2	42.9
	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
家庭衛生機器	洗濯機	機器タイプ インバータ式	86	23.5
	掃除機	機器タイプ 普及型 使用タイプ 床種類毎に強度変更	333	60.8
	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

図2 勤め人(男)(上段)と専業主婦(下段)の生活パターン

■ 2000年調査データ
□ 1990年調査データ

性能に関するデータを収集して標準的な値を仮定し、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^{例えは6)}と比較検討することにより、平均的な値^{注5}を導いた⁸⁾。なお、居住者の生活パターンと同様に所有機器にも地域性は反映させていない。

4. 計算のための入力データの設定

4.1 計算条件の設定

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。
(1)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I～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⁹⁾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。

(2)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。

(3)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¹⁰⁾、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」¹¹⁾にて示されている住宅モデルを用いる^{注6}。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¹³⁾」を0.3とする。

(4)暖冷房条件 表3に各都市の暖冷房期間、図2(a),(b)に暖冷房運転パターンを示す。これらは、坊垣ら¹⁴⁾と井上ら⁸⁾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^{注7}、那覇については冷房期に就寝時冷房あり^{注8}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。

(5)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。

(6)機器効率 暖冷房負荷、給湯負荷に対して機器効率^{注9}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、設定温度と外気温度との関係^{注10}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。

4.2 計算結果

図3に各都市における計算結果と既往の文献値⁸⁾¹⁶⁾¹⁷⁾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

表2 地域、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	I～VI地域(戸建は9都市、集合は下線の4都市)
	日照条件	冬至の日照時間 ⁹⁾
	住戸位置	中間階中住戸
	建物種別	戸建 集合
建物条件	建物構造	木造 RC造
	床面積	125.9㎡ 81.1㎡
	建物モデル	日本建築学会標準問題 ¹⁰⁾ 住宅の熱負荷計算プログラム評定モデル ¹¹⁾
	断熱性能	旧基準、新基準、次基準
	気密性能	1.0～0.5回/h
	日射遮蔽	庇、カーテン
家族構成	家族人数	4人
	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(I)	10月13日～4月26日	7月13日～8月25日
盛岡(II)	11月3日～4月2日	7月12日～9月2日
仙台(III)	11月3日～4月2日	7月12日～9月2日
新潟(III)	11月8日～4月3日	7月13日～9月3日
東京(IV)	11月18日～3月18日	7月5日～9月7日
大阪(IV)	11月17日～3月16日	7月4日～9月8日
福岡(IV)	11月20日～3月15日	6月30日～9月8日
鹿児島(V)	11月20日～3月15日	6月30日～9月8日
那覇(VI)	12月16日～2月28日	6月20日～9月27日

(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																								
盛岡																								
仙台																								
新潟																								
東京																								
大阪																								
福岡																								
鹿児島																								
那覇																								

(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																								
盛岡																								
仙台																								
新潟																								
東京																								
大阪																								
福岡																								
鹿児島																								
那覇																								

図2 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

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3 各都市の標準型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⁹⁾¹⁰⁾の比較

5. まとめ

本報では, 住宅内エネルギー消費量予測モデル, ならびに標準的な住宅を想定した場合の計算条件の概要を示した。さらに, 全国各主要都市を対象とした年間エネルギー消費量の計算結果を既往の文献値と比較した結果, 計算値は一般的な値から大きく乖離することなく, 各地域の傾向を再現でき, 本予測モデルの妥当性が示された。今後は, 本予測モデルを用いて, 節約志向の住まい方による省エネルギー効果を定量的に把握していく予定である。

謝辞

本研究は国土交通省, 東京電力, 関西電力, 中部電力, 九州電力からの補助により設置された(社)日本建築学会「住宅内のエネルギー消費に関する調査研究委員会」(委員長: 村上周三慶應義塾大学理工学部教授)内に設置されたマイクロモデル作成WGでの活動の一環として実施したものである。

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4)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⁵⁾する。
- 4) 本調査委員会内に設置されたWG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7)を参照されたい。
- 6) 2000年度国勢調査の結果¹²⁾では, 夫婦と子の世帯における住宅の床面積は60~69m²と120~149m²にピークを持つ。集合住宅モデルの規模はやや大きい, 戸建住宅モデルはピークに含まれている。
- 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2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15)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⁷⁾(付図)を用いる。

参考文献

- 1) 豊原範之, 長谷川房雄, 長友宗重, 吉野 博, 石川善美: 住宅における断熱・気密性能の向上が室内熱環境と暖房負荷に及ぼす影響—空間相互換気を考慮した多数室伝熱計算—, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第62号, pp.159~164, 1991年6月。

付図 外気温度, 設定温度に対するCOP/定格COPの関係⁷⁾

- 2) 赤林伸一, 水谷国男, 高倉秀一, 須山喜美, 桑原亮一: 気候特性に対応した住宅の断熱・気密性能に関する検討—住宅の換気・通風に関する実験的検討—その2—, 日本建築学会計画系論文集, 第464号, pp.47~56, 1994年10月。
- 3) 小峯裕巳, 宮本和弘, 鈴木 智, 西郷徹也: 温暖地における高断熱・高気密住宅の熱負荷に関する研究—その1—夏期連続運転時の冷房負荷・エアコン消費電力量とシェクター性能の関連, 日本建築学会計画系論文集, 第513号, pp.15~22, 1998年11月。
- 4) 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。
- 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, pp.29~36, 1997年11月。
- 6) 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。
- 7) (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。
- 8) (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。
- 9) 渡辺 要: 建築計画原論I, 九善, 1962年。
- 10) 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。
- 11) (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。
- 12) 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。
- 13) (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。
- 14) 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。
- 15) 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。
- 16) 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。
- 17) 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。

[2005年4月20日原稿受理 2005年7月22日採用決定]