省エネルギー効果検証を目的とした生活模擬手法を含む実験手法の提案

住宅のための省エネルギー手法の実験的研究に関する研究 その1

PROPOSAL OF THE EXPERIMENTAL METHOD WITH LIFESTYLE SIMULATING METHOD
AIMED AT VALIDATING ENERGY PERFORMANCE OF PROMISING MEASURESStudy on the experimental validation of energy conservation measures for
residential buildings Part 1澤地 孝男^{*1}, 堀 祐治^{*2}, 細井昭憲^{*3}, 前 真之^{*4}, 秋元孝之^{*5},
桑沢保夫^{*6}, 三浦尚志^{*7}, 三木保弘^{*8}, 田島昌樹^{*9},
齋藤宏昭^{*10}, 戸倉三和子^{*10}, 西澤繁毅^{*11}, 羽原宏美^{*10},
青木正諭^{*12}, 宇梶正明^{*13}*Takao SAWACHI, Yuji HORI, Akinori HOSOI, Masayuki MAE,
Takashi AKIMOTO, Yasuo KUWASAWA, Naoshi MIURA, Yasuhiro MIKI,
Masaki TAJIMA, Hiroaki SAITO, Miwako TOKURA, Shigeki NISHIZAWA,
Hiromi HABARA, Masatsugu AOKI and Masaaki UKAJI*

For the development of effective policy to promote energy conservation and CO₂ reduction in residential buildings, it is exclusively important to develop the method to identify promising techniques, which are truly effective in reducing energy consumption under practical condition. A method of such kind is proposed and described in detail, in which operation of the equipment and occupants' activity is mechanically simulated in research houses by using the lifestyle simulating method. The energy consumption in houses is influenced by numerous factors related to the building envelope, the equipment, occupants' behavior and climatic conditions, in a complex way. This is the reason, why conventional methods, namely field survey, computer simulation and simple experiment without the lifestyle simulation have not succeeded in identifying promising and non promising techniques.

Keywords: Simulated Occupancy, Lifestyle Simulating Method, Research House, Energy Performance, Building Envelope, Equipment

模擬居住、生活模擬手法、実験住宅、省エネルギー性能、建物外皮、設備機器

1. はじめに

住宅において居住者が消費するエネルギーは、2005 年度においてわが国全体の 13. 6%を占め、1990 年度比で 31. 7%の増加となっており、他の部門と比べても伸びの著しい部門である¹⁾。日本政府は 2002 年 3 月に地球温暖化対策推進大綱を定めて民生部門におけるエネルギー消費起源の二酸化炭素排出量の削減目標をマイナス 2%としたものの、2003 年度の段階で 31. 4%の増加を見たことから²⁾、2005 年 4 月の京都議定書目標達成計画においては³⁾、2010 年頃の削減(抑制)目標を 1990 年度比で、業務部門においてはプラス 15%、家庭部門にお

けるプラス 6%まで後退させざるを得なかった。同計画における家庭部門に関する排出削減手段としては、(1)躯体の省エネルギー基準達成率向上、(2)エアコン、照明器具、テレビ、冷凍冷蔵庫、暖房機器、暖房便座といった機器に関する効率向上、(3)省エネルギー機器に係る情報提供、(4)高効率給湯機の普及支援、(5)待機電力の削減、等の対策が掲げられている。また、同計画では技術的対策に加えて、「国民運動の展開」「国民一人一人によるライフスタイル・ワークスタイルの不断の見直し」といったライフスタイル面での対策についても重視している。

^{*1} 国土交通省国土技術政策総合研究所
建築新技術研究官・工博

^{*2} 富山大学芸術文化学部 准教授・博士(工学)

^{*3} 熊本県立大学環境共生学部 講師・博士(工学)

^{*4} 東京大学大学院 客員准教授・博士(工学)

^{*5} 芝浦工業大学工学部建築工学科 教授・工博

^{*6} 独立行政法人建築研究所環境研究グループ
上席研究員・博士(工学)

^{*7} 独立行政法人建築研究所環境研究グループ
研究員・博士(工学)

^{*8} 国土交通省国土技術政策総合研究所住宅研究部
主任研究官・博士(工学)

^{*9} 国土交通省国土技術政策総合研究所住宅研究部
研究官・博士(工学)

^{*10} 独立行政法人建築研究所環境研究グループ
重点研究支援協力員・博士(工学)

^{*11} 国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部
主任研究官・博士(工学)

^{*12} (財)建築環境・省エネルギー機構 課長

^{*13} (株)アーキテックコンサルティング 代表取締役社長

Research Coordinator for Advanced Building Technology, National Inst. of Land and Infrastructure Management, MLIT, Dr. Eng.

Assoc. Prof., Toyama University, Dr. Eng.

Lecturer, Kumamoto Prefectural University, Ph. D.

Visiting Assoc. Prof., Graduate School, University of Tokyo, Ph. D.

Prof., Dept. of Architecture and Building Engineering, Faculty of Engineering, Shibaura Institute of Technology, Dr. Eng.

Chief Researcher, Dept. of Environmental Eng., Building Research Institute, Ph. D.

Researcher, Dept. of Environmental Eng., Building Research Institute, Ph. D.

Senior Research Officer, Housing Dept., National Inst. of Land and Infrastructure Management, MLIT, Ph. D.

Research Officer, Housing Dept., National Inst. of Land and Infrastructure Management, MLIT, Ph. D.

Dept. of Environmental Eng., Building Research Institute, Dr. Eng.

Senior Research Officer, Building Dept., National Inst. of Land and Infrastructure Management, MLIT, Ph. D.

Director, Institute for Building Environment and Energy Conservation
President, Architec Consulting Inc.

住宅の省エネルギー性能向上の推進のため、我が国においては、省エネルギー基準（2000m²以上の建物については省エネルギー計画書の提出義務がある）、住宅性能表示制度、家電機器等を対象としたトップランナー制度等の施策が行なわれている。しかしながら、推奨される技術や製品の活用による実際の使用条件下での省エネ効果に関しては明らかに情報が不足していると言わざるを得ない。一方、海外においては例えばヨーロッパ連合は、2002年に建築のエネルギー性能に関する指令（Energy Performance Directive in Buildings）を発して、住宅を含む建築物の暖冷房・換気・給湯・照明に係るエネルギー効率を計算又は実績値によって表示することを加盟国に課している⁴⁾⁵⁾。しかしながら、計算が実態をどの程度正確に評価できるか、簡単に入手できる実績値を用いるだけで用途別エネルギー消費の多寡が評価可能であるか、さらには、同じ用途分類に属す建物であっても使われ方が千差万別であり得る状況でエネルギー効率の評価が可能なのか、といった課題は残っている。米国では、法規制を用いた誘導によって最小限の省エネルギー性能の確保を狙う⁶⁾とともに、建築関連取引における購買者等の志向を活用した任意の性能表示制度を活用してより高い省エネルギー性能を有す建物の普及を目指している。後者では環境保護局が主導する Energy Star 制度が代表的なものである⁷⁾。カナダにおいては、国が住宅及び非住宅建築物の躯体及び設備に係わる省エネルギー基準を最低基準として作成（ただし、採否は州や地域の裁量）するとともに、任意の認証制度のための戸建住宅対象の EnerGuide と R-2000、CBIP (Commercial Building Incentive Program: 業務用建築及び共同住宅が主対象) 等の、より高水準の基準を作成して普及に努めている⁸⁾。

これらの各国の省エネルギー関連制度と基準の内容を鑑みると、いずれの制度・基準においても顕在化しつつある共通の課題は、着目する技術の適用によるエネルギー消費低減の実効性をどのように評価するかという点であると言える。ヨーロッパ及び北米においても既存の技術を適用した場合における省エネルギーの実効性を明らかにした上で施策を展開する必要性が増しつつある。

わが国の京都議定書目標達成計画等においても前述のように、排出削減目標値が対策別に部分的に記述されているものの、対策の実効性については検証方法を充実させて、有望な対策の正確な絞り込みや、対策の改善を続けてゆく必要がある。

本論文は、上述のような現状の課題を背景として、住宅居住時におけるエネルギー消費が、①設備機器の選択、②外皮設計、③ライフスタイル、によってどのように影響されるかを定量的に明確にすることを目的として、実験住宅において一定の生活条件を機械的に再現するという新しい実験手法の考え方を提案し、具体的内容を記述するものである。本論文の内容を含めて研究全体としては、住宅エネルギー消費構造を解明し、種々の外皮及び設備機器技術の省エネルギー効果とライフスタイルを変更することによるエネルギー消費への影響を実証的に明らかにすることを目指すものである。

2. 既往の研究手法と本研究手法の位置づけ

本研究手法の位置づけを明確にするため、既往の研究手法であって住宅におけるエネルギー消費構造を把握する目的又は省エネルギー技術適用による効果を評価する目的に関連するものについて分類し、各々の特徴を比較する。

2-1. 計測を伴わないエネルギー消費の実態調査

尾島・増田⁹⁾は、アンケート調査によって月毎のエネルギー消費量を住宅種別毎に明らかにした。また、所有機器及び使用時間を把握し、用途別エネルギー消費量の推定を行った。中上・村越ら¹⁰⁾も、アンケート調査によって所有されている機器及び使用時間を把握して、エネルギー消費構造の推定を行った。澤地ら¹¹⁾は、ライフスタイルに関する項目、すなわち家族構成員の生活時間、エネルギーや水の節約意識、暖冷房設備の使用時間や使用方法等をアンケートで尋ね、月毎のエネルギー消費量データから用途別エネルギー消費量と影響要因を全国8都市域について推定した。石田¹²⁾は、戸建住宅について用途別エネルギー消費の推定と要因分析を行っている。

2-2. 計測を伴う実態調査

田中ら¹³⁾は太陽光発電システム設置住宅を対象として発電量及び電力消費量の計測を行って電池の省エネルギー効果の把握を試みた。また、辻ら¹⁴⁾、田中ら¹⁵⁾、村上ら¹⁶⁾、増田ら¹⁷⁾は計測器を用いて生活用途別・機器別に詳細なエネルギー消費量の測定を行っている。

2-3. シミュレーションによる影響要因分析

一方、シミュレーションによるエネルギー消費構造、なかんずく暖冷房エネルギー消費に関する研究としては、坂本¹⁸⁾、宇田川ら¹⁹⁾をはじめとして多数の研究があるものの、暖冷房及び給湯負荷からエネルギー消費を算出する際に必要とされる機器特性等の情報の充実についてはなお課題が残されていると言えよう。

2-4. 実験住宅における実験研究

2-4-1. 実居住条件下における実験研究

一方、省エネルギー技術の効果を実験的に明らかにしようとした研究としては、カナダ天然資源省の Advanced House Project の一環として行なわれた省エネ住宅10棟を対象にした実測調査²⁰⁾、木村ら²¹⁾による、同一住棟の複数住戸を対象に暖冷房エネルギー消費を計測して断熱性等の躯体性能の効果をみた研究がある。

2-4-2. 実居住によらない実験研究

D. J. Fisk と R. C. Morrison²²⁾は英国建築研究所において、住宅用の省エネルギー技術の効果検証における建物使用条件の関与を明確にする目的を持って、模擬居住を機械的に再現する実験手法を試みている。この実験的研究は最も早く実施された simulated occupancy に着目した実験的研究である。本研究の原形もこの先行研究にあると言えるが、残念ながらその後における実験住宅を用いて省エネルギー手法の仕組みや効果の検証に係わる研究において、類似する実験手法が本格的に適用され、改良されることはほとんど行なわれてこなかったと言える。

2-5. 省エネルギー効果を定量化する研究手法の比較と新たな研究手法の提案

従来において、住宅エネルギー消費構造の解明のための研究手法としては、主に実態調査、シミュレーション及び実験住宅を用いた研究手法が適用されてきた。それらは表1のような特徴を有している。それら研究手法の短所を補う方法として、住宅内部における居住者の生活を機械的に再現する装置を構築し、それを制御運転することによって再現性のある生活条件を得て、異なる設備機器及び外皮条件下におけるエネルギー消費量を計測する方法を提案する。前述の英国建築研究所における実験研究では、窓やカーテンの開閉、照明器具の点滅、空調機の発停等については再現がなされていない

が、本研究はこれらの模擬も加えて、エネルギー消費に係わる居住者行動の模擬と設備機器の挙動を極力網羅的に再現するものである。

表 1 住宅における省エネ手法効果検証に係わる諸研究手法の比較

名称	研究手法の特徴
実態調査	【長所】エネルギー消費が発生する現場でありありのままの情報である。 【短所】1) 居住者により使用されている設備機器の動作特性をすべて把握することが容易ではなく、エネルギー消費量の重要な決定要因について捉えきれない。また、躯体の特性についても設計図書から把握できない側面がある。2) 居住者が居ながら計測を行うので計測機器の持込には限界がある。3) 居住者は千差万別の生活行為を行う可能性があり、調査対象住戸のデータの一般化が困難であると同時に、他の住戸に関するデータとの比較が難しい。
シミュレーション	【長所】1) 繰り返して行うことが比較的容易であること。2) 条件を系統的に変えて十分な数の条件における推計が可能であること。 【短所】1) 住宅構造に関する実現象を十分に詳細正確にモデル化できているかの検証は容易ではない。2) 設備機器の挙動に関するモデル化が困難。
従来の実験住宅実験	【長所】1) 繰り返して行うことが比較的容易であること。2) 使用されている設備機器の動作メカニズム等をすべて把握することが可能。3) 居住者が無いので計測機器の持込には制約が少ない。 【短所】居住者の行動が深く係わる現象（通風、給湯、内部発熱発湿の空調負荷への影響等）に関するデータが得にくい。

3. 研究の枠組み

本研究の特色でもある実験手法に係る基本的な考え方、実験データの解析手法に係る基本的な考え方、及び検証評価の対象とする省エネルギー手法等に関して以下に述べる。

- ① 同一敷地に立つ複数の住戸（又は住宅）を用い、基準となる住戸（基準住戸）に対して、それと比較する住戸（比較対象住戸）のエネルギー消費量や室内環境の比較をする。通常は、比較対象住戸に省エネルギー効果が期待される技術を適用して基準住戸との比較によって効果に関するデータを得る。ただし、同時計測される一对の住戸を用いずとも、単独の住戸において複数の条件を再現し、交互に計測を行って、期間中の環境条件で結果を調整することによって、それら複数条件間のエネルギー消費量や室内環境の比較を行うことも可能である。
- ② エネルギー消費の要因の評価は、原則的には評価対象要因の性能に影響を有する要因については住戸間で同一条件を保ちつつ、評価対象要因に関する条件を変えてエネルギー消費への影響に関するデータを得る。ただし、実験実施上の制約によって、評価対象要因の性能に影響を有する要因について異なる条件となっている二つの住戸において、評価対象要因の条件を変えてその要因のエネルギー消費量への影響に関するデータを取得せざるを得ない場合も起こり得る。そうした場合には実験結果の解析とシミュレーションを併用して、その他の条件を同一にした場合の、評価対象要因のエネルギー消費量への影響を評価する。
- ③ 基準住戸と比較対象住戸の間で変更する要因、エネルギー消費への影響を着目する要因としては、主として設備機器、外皮、ライフスタイルの3要因とする。一覧を表2に示す。設備機器として着目するものは、暖冷房設備、給湯設備、コージェネレーション設備、換気設備、照明設備、家電製品等の住宅設備である。外皮の特徴としては、断熱性能、日射遮蔽性能、通風性能、昼光利用性能の各性能である。なお、現時点では集合住宅

形態の実験住宅に本手法を適用しているため、隣接住戸の温度条件にも配慮する。ライフスタイルとしては、設備機器の使用条件（使用方法、使用時間、温度設定、照度設定等）、住戸の可動部分（窓、カーテン等）の操作、家族の生活時間（在室時間、起床就寝時間）、生活に伴う発熱発湿状況等について考慮する。

- ④ 省エネルギー手法の効果の定量化のためには、基本的には基準住戸と比較対象住戸を同時に移動させ、同一気象条件下での異なる設備機器の動作特性の比較を行なう。在室者の様々な機器の使用法の違いによる住戸内の温湿度等環境条件及びエネルギー消費量への影響の評価のためには、主として実験期間を変えて同一住戸について異なる制御方法を適用し、外界気象条件等の条件に関する補正を行なって、異なる期間の結果の比較を行うこととする。

表 2 省エネルギー効果及び室内環境への影響に係わる評価項目

大分類	中分類	評価検証対象として計画する要素技術及びライフスタイル関連要因
設備機器	暖冷房設備	・エアコンの効率表示と実働効率の比較 ・床暖房等の温水暖房のシステム効率の検証 ・暖冷房設備の能力選定方法の検証 ・開放型暖房機器使用時における空気・湿気環境
	給湯設備	・潜熱回収型給湯機及びヒートポンプ式電気給湯機の省エネルギー効果 ・各種の太陽熱給湯システムの省エネルギー効果 ・コージェネレーション設備の省エネルギー効果 ・配管等の保温等仕様による省エネルギー効果
	換気設備	・高効率送風機の省エネルギー効果 ・熱交換換気の諸効果 ・部材目詰まり等に伴う換気量及び電力消費量の経時変化 ・全般及び局所換気による湿度調整性能の検証
	照明設備	・高効率照明器具及び照明計画手法（多灯分散型方式）の省エネルギー効果と光環境の質的側面の検証
	家電機器	・高効率家電の省エネルギー効果の検証 ・新機能家電のエネルギー消費量の評価
	断熱	・熱環境質向上効果の検証（空調時分布、非空調時及び非空調空間の温熱環境） ・結露防止効果の検証
外皮設計	日射遮蔽	・日射遮蔽による冷房エネルギー削減効果の評価
	通風	・通風による冷房エネルギー削減効果の評価
	昼光利用	・昼光利用による照明エネルギー削減効果の評価
	暖冷房運転条件	・空調開始及び設定条件、空調範囲及び時間の影響
ライフスタイル	通風利用条件	・窓開閉行為の生起条件
	湯量・湯温条件	・湯用途、必要湯温、湯使用時間帯の影響
	照明質・量的水準	・必要照度の影響
	家族構成・生活時間	・人数、生活行為・機器使用行為、在宅時間の影響
	生活行為の多様性	・多様な趣味、仕事等に関連する機器保有・使用の影響

4. 実験手法

4-1. 住宅の躯体に関する条件

鉄筋コンクリート造集合住宅を模した3階建て研究専用建物（図1）の3階及び1階部分の妻側の4区画（いずれも延べ床面積73m²）を用いる。断熱仕様等を表3に示す。妻側壁には開口部を設けず、予め東西両住戸の自然室温がほぼ一致することを確認した。ただし、1階住戸の使用に際しては、日照条件や伝熱性状が異なるため、3階住戸における実験結果との単純な比較はできない。

4-2. 生活模擬手法における生活条件

家族の人数、ライフステージ及び経済力（収入）がエネルギー消費量に明らかに影響を及ぼすことは従来の実態調査でも明らかにさ

図1 実験建物3階部分平面図(両側の2区画を実験住戸とした。1階2階部分もほぼ同様の平面である)

表3 実験住宅の躯体に関する諸元

立地	茨城県つくば市(省エネ基準地域区分「Ⅳ」パッシブ地域区分「に」)
床面積	延床 72.8 ² (LDK 24.8 ² 和室 11.9 ² 洋室 1 12.6 ² 洋室 2 9.0 ² 廊下 6.5 ² 浴室洗面 6.7 ² トイレ 1.3 ² 、バルコニー 10.9 ² 【注】柱芯による
階高等	階高 2,900mm、居室天井高 2,500mm
躯体厚	スラブ厚 250mm 壁厚(妻壁、戸境壁) 225mm (ベランダ、廊下側) 180mm
断熱仕様等	屋根: 押出発泡ポリスチレン保温板 3 種 70mm (R=2.5m ² K/W) 最下階床下: 同 2 種 30mm (R=0.9 m ² K/W) 壁: (基準住戸) 現場フロン発泡ポリウレタン 35mm (R=1.3m ² K/W) (比較対象住戸) 現場水発泡ポリウレタン 65mm (R=2.0m ² K/W) 断熱補強: 屋根・外壁及び外壁・床の接合部付近には平成 11 年省エネルギー基準に準拠した断熱補強を適用 窓: 普通アルミサッシ 複層ガラス 各住戸内間仕切り壁の施工: 室間に予期されない通気が生じることを避けるため、気密施工を施した

れているが、いわゆるライフスタイルの如何なる側面がエネルギー消費と深く係わるのかに関する定量的解明と理解は道半ばにあると言える。本実験手法は将来的には多様な家族構成やライフスタイルを再現する予定であるが、まず手始めとしては比較的一般的と思われる家族構成とライフスタイルを取り上げることとした。すなわち、世帯の構成人員に関する統計を参考に、人口及び世帯数構成の点から最も比率の高い 4 人家族を想定した。また、世帯主の年齢、夫婦間の年齢差、初子及び第二子出産年齢統計を基に、家族構成は表 4 のように想定した。生活スケジュールは、NHK 生活時間調査の結果を参考に、平日用と休日用を作成し、休日については外出時間の長いスケジュールを加えて 3 条件を用意した(図 2 に平日用のスケジュールを示す)。

また、生活時間によって反映される以外の生活行為としては、在室(居住者からの発熱・発湿)、窓及びカーテンの開閉、暖冷房設備の発停及び温度等設定、調理による発熱・発湿、入浴・シャワー・洗面・食器洗浄時の湯使用、浴槽ふたの開閉、照明器具の発停、

時刻	世帯主 (男性46歳、会社員)	配偶者 (女性44歳、専業主)	第一子 (女性16歳、高校生)	第二子 (男性14歳、中学生)
0:00	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
0:15	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
0:30	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
0:45	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
1:00	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
1:15	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
1:30	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
1:45	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
2:00	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
2:15	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
2:30	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
2:45	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
3:00	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
3:15	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
3:30	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
3:45	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
4:00	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
4:15	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
4:30	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
4:45	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
5:00	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
5:15	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
5:30	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
5:45	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
6:00	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
6:15	起床	起床	起床	起床
6:30	起床	起床	起床	起床
6:45	起床	起床	起床	起床
7:00	起床	起床	起床	起床
7:15	起床	起床	起床	起床
7:30	起床	起床	起床	起床
7:45	起床	起床	起床	起床
8:00	起床	起床	起床	起床
8:15	起床	起床	起床	起床
8:30	起床	起床	起床	起床
8:45	起床	起床	起床	起床
9:00	起床	起床	起床	起床
9:15	起床	起床	起床	起床
9:30	起床	起床	起床	起床
9:45	起床	起床	起床	起床
10:00	起床	起床	起床	起床
10:15	起床	起床	起床	起床
10:30	起床	起床	起床	起床
10:45	起床	起床	起床	起床
11:00	起床	起床	起床	起床
11:15	起床	起床	起床	起床
11:30	起床	起床	起床	起床
11:45	起床	起床	起床	起床
12:00	起床	起床	起床	起床
12:15	起床	起床	起床	起床
12:30	起床	起床	起床	起床
12:45	起床	起床	起床	起床
13:00	起床	起床	起床	起床
13:15	起床	起床	起床	起床
13:30	起床	起床	起床	起床
13:45	起床	起床	起床	起床
14:00	起床	起床	起床	起床
14:15	起床	起床	起床	起床
14:30	起床	起床	起床	起床
14:45	起床	起床	起床	起床
15:00	起床	起床	起床	起床
15:15	起床	起床	起床	起床
15:30	起床	起床	起床	起床
15:45	起床	起床	起床	起床
16:00	起床	起床	起床	起床
16:15	起床	起床	起床	起床
16:30	起床	起床	起床	起床
16:45	起床	起床	起床	起床
17:00	起床	起床	起床	起床
17:15	起床	起床	起床	起床
17:30	起床	起床	起床	起床
17:45	起床	起床	起床	起床
18:00	起床	起床	起床	起床
18:15	起床	起床	起床	起床
18:30	起床	起床	起床	起床
18:45	起床	起床	起床	起床
19:00	起床	起床	起床	起床
19:15	起床	起床	起床	起床
19:30	起床	起床	起床	起床
19:45	起床	起床	起床	起床
20:00	起床	起床	起床	起床
20:15	起床	起床	起床	起床
20:30	起床	起床	起床	起床
20:45	起床	起床	起床	起床
21:00	起床	起床	起床	起床
21:15	起床	起床	起床	起床
21:30	起床	起床	起床	起床
21:45	起床	起床	起床	起床
22:00	起床	起床	起床	起床
22:15	起床	起床	起床	起床
22:30	起床	起床	起床	起床
22:45	起床	起床	起床	起床
23:00	起床	起床	起床	起床
23:15	起床	起床	起床	起床
23:30	起床	起床	起床	起床
23:45	起床	起床	起床	起床

図2 4人家族(二世帯)の生活時間設定(平日用)

換気設備の発停、便器便座の使用、冷凍冷蔵庫の使用(内容物の入れ替えを庫内外の水の自動入れ替えて模擬する)、テレビ・洗濯機等の家電機器の使用、を実験条件に反映させた。設備機器の使用、窓

表4 本報における実験条件としての家族構成

4人家族(夫婦及び子供2人):
世帯主(男性46歳、会社員)、配偶者(女性44歳、専業主婦)
第一子(女性16歳、高校生)、第二子(男性14歳、中学生)

表5 湯使用条件の設定

	台所	浴室(湯はり)	浴室(シャワー)	洗面	合計
平日(大)	120 L/日	150 L/日	140 L/日	60 L/日	470 L/日
平日(小)	100 L/日	150 L/日	80 L/日	50 L/日	380 L/日
休日(大)	160 L/日	150 L/日	140 L/日	100 L/日	650 L/日
休日(小)	200 L/日	150 L/日	200 L/日	100 L/日	550 L/日
休日外出時間長(大)	10L/日	150 L/日	200 L/日	20 L/日	380 L/日
休日外出時間長(小)	10L/日	0 L/日	200 L/日	30 L/日	240 L/日

表6 基準住戸及び比較対象住戸に設置した基本的な設備機器仕様（製造者提供等情報）

	基準住戸	比較対象住戸
暖冷房設備	ルームエアコン 居間・食事室・台所 CS-SG32Y2 定格出力/COP 4.8kW/3.16(暖) 3.2kW/2.67(冷) 最大出力/COP 6.1kW/3.10(暖) 3.7kW/2.47(冷) 最小出力/COP 0.9kW/4.74(暖) 0.9kW/4.74(冷) 主寝室、洋室1、洋室2 CS-Y221A 定格出力/COP 3.2kW/3.02(暖) 2.2kW/2.47(冷) 最大出力/COP 3.6kW/2.95(暖) 2.6kW/2.45(冷) 最小出力/COP 1.1kW/3.06(暖) 1.2kW/2.79(冷)	ルームエアコン 居間・食事室・台所 P社 CS-E282A2 定格出力/COP 4.0kW/5.84(暖) 2.8kW/5.77(冷) 最大出力/COP 7.5kW/3.79(暖) 3.7kW/4.11(冷) 最小出力/COP 0.6kW/8.00(暖) 0.6kW/8.00(冷) 主寝室、洋室1、洋室2 P社 CS-E222A 定格出力/COP 3.2kW/6.04(暖) 2.2kW/5.95(冷) 最大出力/COP 5.8kW/4.46(暖) 3.3kW/4.78(冷) 最小出力/COP 0.6kW/8.00(暖) 0.6kW/8.00(冷)
給湯設備 (熱効率率はJIS S 2109による値)	ガス瞬間式給湯熱源機 T社 GH-2422WH 最大給湯出力/効率 41.9kW/0.80 最大暖房出力/効率 14.0kW/0.81 電力消費 同時使用時 300W 凍結防止時最大 350W	潜熱回収型ガス瞬間式給湯熱源機 T社 GH-2412W 最大給湯出力/効率 47.1kW/0.90 最大暖房出力/効率 14.0kW/0.85 電力消費 同時使用時 285W 凍結防止時最大 350W
照明設備	上段:照明器具()内は消費電力(カタログ値) 下段:ランプ()内は定格ランプ電力(電球形蛍光ランプは2002年時での定格電力)	
居間 天井灯	P社 HA7559EP(70W)/環形蛍光ランプ(38W+30W)	P社 HFA6000Z(64W リモコン OFF 時 1.5W 以下)/二重環形蛍光ランプ(68W)
食事	P社 LB13038(90W)/白熱ランプ(90W)	P社 LB13038(22W)/電球形蛍光ランプ(22W)
台所 天井灯	P社 HA4091E(49W)/直管蛍光ランプ(37W)	同左
台所 流し元(照明)	P社 HW2819EP(19W)/直管蛍光ランプ(18W)	同左
和室(主寝室)	P社 HA-7559EP(70W)/環形蛍光ランプ(38W+30W)	P社 HFA6000Z(64W リモコン OFF 時 1.5W 以下)二重環形蛍光ランプ(70W)
洋室1(子供室)	P社 HA-7559EP(70W)/環形蛍光ランプ(38W+30W)	P社 HFA6000Z(64W リモコン OFF 時 1.5W 以下)二重環形蛍光ランプ(70W)
洋室2(子供室)	P社 HA-7559EP(70W)/環形蛍光ランプ(38W+30W) 卓上スタンド K社 BT-558(60W)/白熱ランプ(60W)	P社 HFA6000Z(64W リモコン OFF 時 1.5W 以下)二重環形ランプ(70W) 卓上スタンド S社 インバーター式 KS-E2732(23W)コンパクト形蛍光ランプ(27W)
廊下	P社 LB72630K(54W)×3台/白熱ランプ(54W)×3個	P社 LB72630K(13W)×3台/電球形蛍光ランプ(13W)×3個
浴室	ユニットバス付属照明 EL900D1(54W)/白熱ランプ(54W)	ユニットバス付属照明 EL900D1(54W)/白熱ランプ(54W)
洗面所 ダウンライト	P社 LB72630K(54W)×2台/白熱ランプ(54W)×2個	P社 LB72630K(13W)×2台/電球形蛍光ランプ(13W)×2個
洗面所 流し元(照明)	P社 HW2819EP(19W)/直管蛍光ランプ(18W)	同左
トイレ ダウンライト	P社 LB72630K(54W)/白熱ランプ(54W)	P社 LB72630K(13W)/電球形蛍光ランプ(13W)
換気設備		
全換気設備	第1種熱交換型 M社 VL-2002M(強 71W 弱 46W)	同左
レンジフード	M社 V-604K(445m³/h 50W)	M社 V-604KX(定風量型(460m³/h 25W))
トイレ	P社 FY-17C1BL(85m³/h 13W)	M社 VD-10ZCC-C(85m³/h 8.4W)
浴室	M社 V-132BF4-T(換気 162m³/h 29.5W)	H社 FD2809F2(換気 180m³/h 35W)
家電機器		
冷凍冷蔵庫	H社 R-38MVP2(380L 電動機 87W 電熱装置 150W JIS 年間電力消費量 384kWh)	P社 NR-E401U-G(404L 電動機 105W 電熱装置 133W JIS 年間電力消費量 200kWh)
全自動洗濯機	H社 NW-7BY(洗濯脱水容量 7.0kg 450W 43.8kWh/年)	H社 NW-7BX(洗濯脱水容量 7.0kg 300W 18.6kWh/年)
電気掃除機	H社 CV-WR15(1000~約300W) 被験者実験結果 97Wh/部屋	T社 VC-P81R(550~約150W) 被験者実験結果 21.5Wh/部屋
アイロン	P社 NZ-R41(1000W)	同左
ヘアドライヤー	P社 EH5402(1200W)	同左
便器	T社 CS680BP	I社 GBC-110PT(大 8L 小 6L)
温水洗浄便座	T社 TCF671R(温水タンク容量 1.0L 温水ヒーター容量 500W 温風ヒーター容量 350W 便座ヒーター容量 50W 節電機能付)	I社 CW-E37(温水ヒーター容量 1090W 温風ヒーター容量 250W 便座ヒーター容量 45W 節電機能付)
テレビ	28インチプラズマ管テレビ(動作時 209W 待機時 7W)	模擬発熱(動作時 120W 待機時 1.3W)
ビデオデッキ	模擬発熱(動作時 18W 待機時 2W)	模擬発熱(動作時 12W 待機時 0.5W)
オーディオ(洋室2)	D社 D-XW33(ON 時 20W OFF 時 15W)	S社 CMT-M700DVB(ON 時 21W OFF 時 0.3W):洋室
テレビゲーム(洋室1)	S社 使用時 50W(14型テレビ込み) 待機時 3W	N社 使用時 30W(14型テレビ込み) 待機時 0W
パーソナルコンピューター	模擬発熱(動作時 144W)	模擬発熱(動作時 91W)
FAX 付電話及びインターホン	模擬発熱(待機時 14W)	模擬発熱(待機時 3W)

等の開閉、発熱発湿の模擬は、図2等の生活時間条件と連動させる。

居住者の代謝量は1.1Metと想定し、既存文献²³⁾を参考にして全放熱量を125W、水分蒸発による放熱量を冬期及び中間期に38W(60g/h)、夏期に44W(70g/h)として器具を製作して対応した。調理の発熱及び発湿は、朝食及び夕食のメニューを既存調査資料に基づいて、各々2ボタン及び3ボタンを設定し、被験者を用いた調理実験によって食材の重量、使用した水及び調理用ガス消費量を計測し、レンジフードに捕集されて屋外に排出される分(90.2%)を除いて求めた。その結果、朝食と夕食を合計して1日当たり約74gの水蒸気と約377kJの熱が室内に放出されるとの推計を得たことから、朝食と夕食の準備時間を各々15分と30分と仮定して全放熱量140W、水分蒸発量100g/hの、居住者の代謝分と同様の器具を製作して対応した。

湯使用のボタンに関しては、前らの実態調査結果²⁴⁾に基づいて、3人又は4人家族の平均湯使用量及び標準偏差を求め、中程度の平均湯使用量で標準偏差が比較的に小さいボタンを作成した(40℃の湯換算で、平均消費量450L/日、標準偏差100L/日)。具体的には、平

日、休日、休日(外出時間の長い条件)の各々について大小2種類の湯使用条件を作成し、合計6種類を設定した²⁴⁾。その際に、1ヶ月間に展開した際に、平均消費量及び標準偏差がほぼ目標値となるように調整をした。表5に各条件の用途別湯使用量を示す。季節による湯使用量の差異は、前述の実態調査結果²⁴⁾を参考として無いものとみなした。ただし、供給水温に起因して給湯負荷は季節間で変化する。

上記の生活条件は、本実験手法の最初の適用に際して、最も構成比率が高い条件として選んだものであり、家族人数の少ない場合、高齢者を含む場合、勤労者のみから成る場合など、他の世帯構成等の生活条件についても適用して知見を得てゆく計画である。湯使用の時間帯や日変動は、特に深夜電力利用の貯湯型給湯設備やコージェネレーション設備の評価において重要な影響要因となることが想定される。

4-3. 生活模擬手法における設備機器条件

実験建物3階の2区画の各々を2000年頃のおおよそ平均的なエネ

ルギー効率に極力近い設備機器を設置した「基準住戸」と、本研究着手時(2002年頃)において市場で購入できる最も効率の優れた設備機器を設置した「比較対象住戸」とした。京都議定書との関連においては1990年頃を基準とすることが望ましかったが、実験に用いる設備機器の選定や入手可能性を考慮して2000年頃とした。1階の2区画については主として比較対象住宅として使用することとするが、3階の基準住戸との比較は慎重に行なうこととして、通常は1階の両区画間でエネルギー消費等の比較を行なうこととした。基準住戸の設備機器、及び比較対象住戸に設置して実験対象とした設備機器のうちの最も基本的なものの組み合わせを表6に示す。機器の動作特性については予め測定を行って、動作性状に変化が見られない比較的単純な機器については模擬負荷(電気抵抗体等)によって代替した。表中には各設備機器に関するメーカー提供情報を併記した。以下では、設備機器毎に条件設定の根拠と特徴を記す。

① 暖冷房設備

暖房設備については、研究の初期段階としては、その効率向上が省エネルギー対策の中心のひとつとなっているルームエアコンディショナー(以下「エアコン」と温水式床暖房を取り上げる。

エアコンの2000年時点でのストックのエネルギー効率は既存資料²⁵⁾によると、暖房定格COPが3.2、冷房定格COPが2.6程度と推定されている。一方、可能な限り遡って入手可能であった1997年カタログ²⁶⁾について調べた結果、冷房能力2.2kWタイプ(個室用として一般的な選定方法で想定されるタイプ)について、冷房定格COPで2.9が中央値(最大3.4、最小2.1)、暖房定格COPで3.1が中央値(最大3.7、最小2.8)であった。また、冷房能力3.2kWタイプ(LDK用として想定されるタイプ)について、冷房定格COPで2.8が中央値(最大4.3、最小2.1)、暖房定格COPで3.2が中央値(最大4.3、最小2.6)であった。2002年時点の入手可能性を確認して、基準住戸のためのエアコンとして、最終的に冷房能力2.2kWタイプについては、冷房定格COP2.47、暖房定格COP3.02の機種を、冷房能力3.2kWタイプについては、冷房定格COP2.67、暖房定格COP3.16の機種を選定した。一方、比較対象住戸のエアコンには、2002年カタログにおいて最高効率の機種を表6に示すように選定した。成績係数は、基準住戸については暖冷房を平均して、2.9(居間等)及び2.7(私室)程度であるのに対して、比較対象住戸については5.8(居間等)及び6.0(私室)程度と、ほぼ2倍となっている。また、エアコンの成績係数は外気温及び負荷率によって変化するため、表6には定格、最大、最小出力時における諸元(製造者側による)を転載してある。これらのエアコンの実働効率と、気象、内部発熱、通風の有無といった実験条件との関連性についての情報が必要とされている。

温水式床暖房(居間食事室)の熱源については、基準住戸については従来型のガス瞬間式給湯熱源機を、比較対象住戸については潜熱回収型ガス瞬間式給湯熱源機を使用し、いずれも給湯用と兼用とした。なお、比較対象住戸の床暖房パネル下部には、下方への放熱を抑制するため、全面に32Kグラスウール42mmを敷いた。

② 給湯機(表6参照)及び配管系統等

給湯システムとしては住戸セントラル方式を採用した。廊下側に給湯機を設置することとし、基準住戸には最も普及している従来型ガス瞬間式給湯熱源機を、比較対象住戸には潜熱回収型ガス瞬間式給湯熱源機を基本条件とした。給湯箇所は、浴槽・浴室洗い場・台

所・洗面・洗濯とし、各湯水栓は電磁弁により遠隔操作で開閉する。給湯配管については、両住戸ともにヘッダー方式としたが、基準住戸はサヤ管無しで架橋ポリエチレン管(13mm径)を用い、比較対象住戸についてはサヤ管付とした上で、洗面所及び台所への給湯配管は管径を10mmとした。また、浴槽については、基準住戸のものは無断熱とし、比較対象住戸のものは既存の断熱基準案²⁷⁾を参考にウレタン30mmの断熱を施した。熱源の種類や断熱仕様によるエネルギー消費量の差違や湯使用に伴う発湿の戸内環境への影響について検討を行なう。

③ 照明設備

既存の基準²⁸⁾に基づいて定めた各室における目標照度(昼光を除く)を達成するように両住戸の照明設備を選択した。各室における照度測定結果を表7に示す。また、その他の照明器具について消費電力測定値を表8に示す。居室の照明設備は、室内の照度に応じて点灯制御することを可能とし、所要照度レベルや昼光利用手法の適用の有無による照明用電力消費量への影響を検討する。

④ 換気設備

全般換気設備としては、両住戸とも第1種熱交換型換気設備の同一機種を設けた。浴室は、電気式及び温水式の浴室暖房乾燥機を設置して、その換気機能を使用した。結果的に両住戸間でその分の

表7 各部屋の照度測定結果(0.5m間隔計測の床面照度に基づく)

	消費電力(W)		室内平均(Lx)		最大(Lx)		最小(Lx)	
	基準住戸	比較対象住戸	基準住戸	比較対象住戸	基準住戸	比較対象住戸	基準住戸	比較対象住戸
居間	84.1	79.1	176	175	311	308	56	55
和室	84.1	79.1	291	265	390	358	215	194
洋室1	84.1	79.1	284	301	435	452	94	188
洋室2	84.1	79.1	149	196	215	270	61	126
廊下	172.8	36.9	37	39	44	43	29	30
玄関			44	36	50	41	37	30

表8 その他の照明器具の消費電力(W)

	基準住戸	比較対象住戸
食事室ペンダント	102	21
台所シーリング	52	52
台所ブラケット	22	22
洋室2スタンド	60	23
浴室ブラケット	62	62
洗面所ダウンライト	115	25
洗面所ブラケット	22	22

エネルギー消費の差は小さかった。台所のレンジフード及びトイレの換気設備については、比較対象住戸に高効率ファンを採用した機種を導入した。表9に竣工調整後における各換気設備の換気量測定結果を示す。

⑤ 家電機器

基準住戸に設置する家電機器は、2000年当時に使用されていた平均的なものとして、1997年に販売されていた機種のパフォーマンスに基づいて、それらのうちの平均的な機種を極力使用した。一方、比較対象住戸に設置する家電機器は、実験準備を開始した2002年当時において最もエネルギー効率の高い機種を選定した。生活模擬手法を使用した実験に先立って、設備機器の動作特性に関する実験を実施し、使用時に一定の消費電力となる設備機器については、確認した上で模擬負荷(発熱体)によって代替した。以下、各家電機器に関する選定した機種の特徴を記す。

表9 換気設備の風量及び消費電力測定結果

機能・場所	運転モード	基準住戸		比較対象住戸	
		風量(m³/h)	消費電力(W)	風量(m³/h)	消費電力(W)
全般換気	強	103	73.2	109	70.8
レンジフード	強	362	66.6	388	58.8
トイレ	—	30	14.0	50	8.4
浴室	強	105	30.6	142	26.8

i. 冷凍冷蔵庫

メーカー等による既存の資料によれば、家族1人当たり80から100Lの容量が目安とされているため、400Lを目安として機種選定を行なった。比較対象住戸については、2002年12月時点のカタログを参考に最も省エネ性能が高いと評価されている機種（容量404L、旧JIS C9801-1999による年間消費電力量200kWh）を選定した。基準住戸については、1998年6月時点のカタログにおいて省エネ性能の高い順に第一四分位にあたる機種（容量380L、旧JIS C9801-1999による年間消費電力量384kWh）を選定した。

ii. 温水洗浄便座

温水洗浄便座のエネルギー消費量を左右する主要因として、貯湯式と瞬間式の区別があるため、基準住戸については主要メーカーの1997年度における中心機種（貯湯式）を設置し、比較対象住戸については2002年時点で最も省エネ性能の高いとされた機種（瞬間式）を設置した。2006年時点での温水洗浄便座に関するトップランナー基準（年間消費電力）によれば、貯湯式は276kWhであるのに対し、瞬間式は188kWhと約3分の2となっており、省エネ上の瞬間式の優位性が明確である。

iii. テレビ及びビデオデッキ

2002年時点においてはブラウン管テレビの普及率が液晶及びプラズマテレビを大きく上回っていたことからいずれの住戸ともにブラウン管方式とした。また、画面サイズについては、国内出荷統計を参考としつつ、居間での使用を考慮して両住戸ともに28インチワイドと想定した。基準住戸の居間に設置するため1998年製の機種を入手したが、動作時消費電力209W、待機電力7Wというその特性は、1997年のカタログデータと比較すると最も消費電力の大きな部類に属するものであった。一方、比較対象住戸については、2002年12月時点のカタログを参考にして、最も省エネ性能が高いとされる機種の特性（動作時120W、待機電力0.1W）を参考として、模擬発熱体を作成して電力消費を再現することとした。ビデオデッキについては、基準住戸は1997年のカタログから選んだ最も平均的な機種（使用時22W、待機電力4.3W）を参考として、比較対象住戸は2002年12月時点のカタログから選んだ最も省エネ性能が高いとされる機種の特性（使用時12W、待機電力0.5W）を参考として模擬発熱体を作成して再現することとした。

iv. 全自動洗濯機

メーカー等による既存の資料によれば、家族1人当たり洗濯機容量1.5kgが目安とされ、子供のいる家庭ではやや大型を使用することが推奨されていることから、洗濯脱水容量7kgの機種を使用することとした。2002年12月時点のカタログを参考に最も省エネのとされた機種（洗濯1回当たりの消費電力量51Wh）を比較対象住戸用として購入設置し、入手可能なカタログで最も古かった1999年6月時点のカタログに掲載されている機種と比較するとほぼ中位となる消費電力量（洗濯1回当たり120Wh）の機種を基準住戸用として購入し

図3 平日条件における家電（暖冷房を除く）及び照明用消費電力の時刻変化（上段：基準住戸、下段：比較対象住戸）

て設置した。洗濯槽には約4kgの布を入れて置き、最も標準的とされている洗濯モードで決められた時刻に動作させた。

v. パソコン及びプリンター

基準住戸についてはデスクトップ型の本体とブラウン管（17インチCRT）ディスプレイを想定し、比較対象住戸はタワー型の本体と液晶ディスプレイ（15インチLCD）を想定した。既存資料を参考に、家庭での動作状態と待機状態の時間比率を2:1と想定し、前者は1998年のカタログを参照して144W、後者は2002年のカタログを参照して92Wと見なした。プリンターについては2002年時点で収集したカタログ（インクジェットプリンター）によれば、消費電力の面で中位であった機種の動作時及び待機時の消費電力は各々19Wと5W程度であるが、印刷のためにプリンターを使用する時間は限定されていると考え、考慮しないこととした。なお、パソコンの消費電力は、模擬発熱体で再現した。

vi. その他の家電製品

以上の他に、MDコンボ（第一子が洋室2で使用することを想定）、テレビゲーム及び14型テレビ（第二子が洋室1で使用することを想定）、ファクス付き電話及びインターホン（待機電力のみを模擬発熱体で再現）については、カタログデータを参考にして基準住戸については待機電力削減のなされていない製品を、比較対象住戸については削減対策の施された製品を想定して、表6に示す消費電力を与えた。電気掃除機については、基準住戸については出力一定の通常型の機種を、比較対象住戸については負荷に応じて出力の変化する機種を想定して、各々被験者を用いた簡単な実験を行なって、前者については動作時消費電力580Wを10分間（2室分の掃除）、後者については約43Wh（同じく2室分の掃除に当たる）を模擬発熱体で再現した。

図3には、表4の家族構成、図2の生活時間条件、表6に示す設

備機器仕様の条件下において冬期に運転制御した場合の、家電（暖冷房用と照明用を除く）及び照明用消費電力の時刻変動と日積算電力消費量を示す。2000 年頃の平均的エネルギー効率の家電機器（図 3 上段）と比較して、2002 年頃の高効率家電機器（同下段）の採用によって 29.8%の節電となっており、照明に関してもすべてを蛍光灯に交換することによって 40.5%の節電となっている。

3-3. 計測・制御項目及び手法

計測は、戸内及び屋外の諸環境要素、湯水流量及び温度、電力消費量及びガス消費量について行った。詳しくは、室内環境要素（空気温度、グローブ温度、湿度、気流速、表面温度、照度）、屋外環境要素（外気温、湿度、全天日射量、風向風速、風圧、雨量）、戸内への供給温水流量及び行き還り温度（給湯と暖房用）、エアコンの出力（風量及び吹き出し吸い込み間のエンタルピー差）、機器毎の電力消費量、ガス消費量について計測を行った。一方、制御については、実機（家電機器や照明設備）の発停、模擬負荷（熱及び水蒸気）の発停、エアコンの発停及び温度設定、出湯・出水及び停止、浴槽への注水及び排水、浴槽蓋の開閉、窓及びカーテンの開閉、冷蔵庫内内容物（水）の交換、について行った。制御は、制御対象の設備機器、駆動装置及び弁等に対して信号を送るとともに制御に関係するセンサーからの信号を受信するシーケンサーと、シーケンサーに対して生活スケジュール等に則った命令の発行と命令発行の判断に用いるセンサーデータを受け取りにゆく制御用コンピューターを用いて行なった。

5. まとめ

住宅におけるエネルギー消費削減の実現に向けては、有望な技術とそうでない技術との見極めを可能とする実効性の評価手法が求められている。このため本論文では、住宅居住時におけるエネルギー消費が、①設備機器の選択、②外皮設計、③ライフスタイル、によってどのように影響されるかを定量的に明確にすることを目的として、実験住宅において一定の生活条件を機械的に再現するという新しい実験手法の考え方を提案した。

また、実験手法の特徴を明らかにするために、実験住宅躯体、模擬対象とする生活条件、設備機器条件の各々について考慮すべき要因と、各要因に関する条件設定について示した。また、計測制御内容及び実験計画の骨子に関して示した。

住宅のエネルギー消費を構成する、暖房、冷房、換気、給湯、照明、家電製品の使用の各用途を対象として、どのような設備機器の選択又は設計によりどの程度の省エネルギーが見込めるのか、居住者の設備機器の使用方法及び環境調整行動がそれにどのように関わっているのか、設備機器の使用及び居住者の行動によりどのような室内環境が形成されることになるのか、順次実験結果について報告する計画である。

謝辞

本研究は、主として国土交通省総合技術開発プロジェクト「エネルギー自立循環型建築・都市システム技術の開発」、独立行政法人運営費交付金課題「エネルギーと資源の自立循環型住宅に係わる普及支援システムの開発」及び環境省地球環境研究総合推進費「家庭用エネルギー消費削減技術の開発及び普及促進に関する研究」を用い

て行なわれたものである。記して各研究の推進にご協力を賜った関係者各位に深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁総合政策課：2005 年度エネルギー需給実績（速報）、2006.10
- 2) 環境省：2003 年度の温室効果ガス排出量について、2005.5
- 3) 地球温暖化対策推進本部：京都議定書目標達成計画、2005.4
- 4) DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Communities, pp65-71, 2003.4.1
- 5) EPBD Buildings Platform, 2006.12
- 6) U.S. Department of Energy: Residential Requirement of the 2006 International Energy Conservation Code, 2006
- 7) <http://www.energystar.gov/>
- 8) <http://oee.nrcan.gc.ca/publications/residential/>
- 9) 尾島俊雄、増田康広：住宅におけるエネルギー消費実態調査 第 4 報、一冷暖房・給湯設備の実態とエネルギー消費量、空気調和・衛生工学会論文、No. 12、1980.2
- 10) (財)建築環境・省エネルギー機構：住宅のエネルギー消費評価システム開発研究（第一編）表示システムの開発、建設省委託業務報告書、1988.3
- 11) 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、松原斎樹、林 徹夫、森田 大：用途別エネルギー消費量原単位の算出と推定式の作成、日本建築学会計画系論文集、第 462 号、pp. 41-48、1994.11
- 12) 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、pp29-36、1997.11
- 13) 田中昭雄、酒井孝司、中上英俊、石原 修：九州地域に設置された住宅用太陽光発電システムの計測・解析結果、日本建築学会計画系論文集、第 551 号、pp61-68、2002.1
- 14) K. Tsuji, O. Saeki, A. Suzuhigashi, F. Sano and T. Ueno: An End-Use Energy Demand Monitoring Project for Estimating the Potential of Energy Saving in the Residential Sector, 2000 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, pp2.311-2.322, ACEEE, 2000
- 15) 田中昭雄、酒井孝司、中上英俊、村越千春、石原 修：住宅種別用途別エネルギー消費量推定に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第 539 号、pp67-74、2001.1
- 16) 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 戸を対象にしたエネルギー消費量の長期詳細調査、日本建築学会環境系論文集、第 603 号、pp. 93-100、2006.5
- 17) 増田貴司、田中昭雄、村越千春、堀祐治、澤地孝男：戸建住宅におけるエネルギー消費に関する詳細実測調査第 1 報 実測調査の概要、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、pp1287-1288、2003 年
- 18) (財)建築環境・省エネルギー機構（元（財）住宅・建築省エネルギー機構）：住宅の次世代省エネルギー技術基準の策定検討調査報告書、1996
- 19) M. Udagawa and M. Sato: Energy Simulation of Residential Houses Using EESLISM, IBPSA Conference Proceedings, Kyoto, 1999.9
- 20) Tim Mayo: The Most Promising Technologies in Advanced Houses, Proceedings of 3rd Japan-Canada Housing R&D Workshop in Ottawa, pp4.1.1-4.1.6, 1996
- 21) 木村 洋、秋津泰孝：高断熱仕様集合住宅の温熱環境と省エネルギー効果、その 1) 冬期断熱性能の実証実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 183-184、1996.9
- 22) D. J. Fisk and R. C. Morrison: Energy Conservation tests with simulated occupancy, Building Research and Practice, May/June 1979
- 23) 日本建築学会編：建築設計資料集成 1 環境、p106、丸善、1988
- 24) 宇梶正明、澤地孝男、秋元孝之、桑沢保夫、堀祐治、前真之、細井昭憲：自立循環型住宅の開発に伴う実証実験に関する研究（第 6 報）生活行動に伴うエネルギー消費検証用基本スケジュール、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp209-212、2004.8
- 25) 住環境計画研究所編：1999 年版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、1999
- 26) (財)省エネルギーセンター：省エネルギーカタログ家庭用 1997 年、<http://www.eccj.or.jp/catalog/1997-h/>
- 27) (財)建築環境・省エネルギー機構：住宅の配管等の断熱基準策定調査検討委員会報告書、2003.3
- 28) JIS Z9110-1979 「照度基準」

(2007 年 2 月 9 日原稿受理、2007 年 7 月 31 日採用決定)