

## 研究論文

# 住宅用用途別エネルギー消費日負荷曲線の推定 — 関西文化学術研究都市における計測調査報告（その1） —

Estimation of Residential End-Use Energy Load Curve

— Report of Energy Demand Monitoring Project in Kansai Science, Technology and Cultural City (No. 1) —

佐野 史典\* ・ 鈴木 新\*\* ・ 上野 剛\*  
Fuminori Sano Arata Suzuhigashi Tsuyoshi Ueno  
佐伯 修\*\*\* ・ 辻 毅一郎\*\*\*\*  
Osamu Saeki Kiichiro Tsuji

（原稿受付日2002年10月15日，受理日2003年2月6日）

## Abstract

An extensive monitoring project has been carried out in which end-use electric power, city gas consumption and ambient and room temperature for every 30 minutes are measured for 40 residential houses in a newly developed town in the suburb of Kyoto. The primary purpose of this project is 1) to estimate the end-use energy load curves for planning distributed autonomous urban energy systems, 2) to estimate the potential for energy saving and to find effective ways to achieve energy saving in the residential sector. The monitoring system is completely automatic, and the data for the period from Oct. 1998 to Nov. 1999 has been acquired successfully. The measured data were separated into end-use purposes such as the demand for space cooling and heating, hot water and cooking, and daily load curves for each end-use have been estimated from the measured data. In this paper, the monitoring project and the method of separating the measured data into end-use purposes will be described in detail first. Second the present state of end-use energy demand in the relatively new typical residential houses in Kansai region will be given.

## 1. はじめに

近年，温暖化をはじめとする地球規模での環境問題に対して高い関心が寄せられ，とくに民生部門における省エネルギーの推進が強く望まれている。その方策の1つとして，都市の中心部のような，比較的小さな地域毎に二酸化炭素の排出を最小化する高効率なエネルギー供給システムを計画することが考えられるが<sup>1)</sup>，そのためには，個別需要家における暖房・冷房・給湯等の最終用途別・時刻別エネルギー需要に関するデータ（用途別エネルギー需要日負荷曲線）が欠かせない。一方，需要家自体で省エネを図るためにも，その実態を詳細に把握することが重要である。

エネルギー消費の実態は，計測により明らかにできるが，一般に最終用途別需要の計測は，費用や労力の面から実施が困難である。そのため，世界各国で実施済み，あるいは現在進行中の計測プロジェクトがいくつかある<sup>2-5)</sup>ものの

その数は少なく，我が国においても基礎データの蓄積が十分に行われている状況ではない<sup>6)</sup>。

そこで，著者らはデータの蓄積が進んでいない家庭部門に注目し，1戸建て住宅におけるエネルギー消費の計測調査を実施した<sup>7)</sup>。しかし一般に計測調査では費用の面から用途別エネルギー消費日負荷曲線を直接的に得ることは難しい。そこで，計測結果に基づいて用途別エネルギー日負荷曲線を推定する（以下では用途別分解と呼ぶ）ための手法を確立することが重要な課題となる<sup>8), 9)</sup>。

本論文では，計測調査ならびにその結果の概要を述べるとともに，用途別分解手順の1つを提案し，用途別分解が可能になるための要件を明らかにする。提案手順に沿って得られた計測対象住宅における用途別エネルギー消費の現状についても言及する。

## 2. 計測調査の概要

### 2.1 計測対象世帯

計測調査は京都府南部に位置する関西文化学術研究都市内のニュータウンで行った。調査に先立ち，1998年2月に同地域においてアンケート調査を行い需要家の計測調査への参加協力意向ならびにエネルギー消費の概略等を明らかにした。配布数1,700に対し有効回答は326（19.1%）で，

\*大阪大学大学院工学研究科電気工学専攻博士後期課程

E-mail: fumi-s@polux.pwr.eng.osaka-u.ac.jp

\*\*博士前期課程

（現在大阪ガス株）

\*\*\* 助手

\*\*\*\* 教授

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1

表1 計測対象世帯の概要

世帯属性	軒数	都市ガス 暖房有り	太陽熱 利用有り	床暖房 有り	高断熱 仕様	床面積 120~ 145m <sup>2</sup>
夫婦のみ	3	2	1	0	0	3
夫婦と 子供1人	4	1	1	0	0	1
夫婦と 子供2人	27	12	7	4	9	25
夫婦と 子供3人, その他	6	4	3	3	1	5
合計	40	19	12	7	10	34

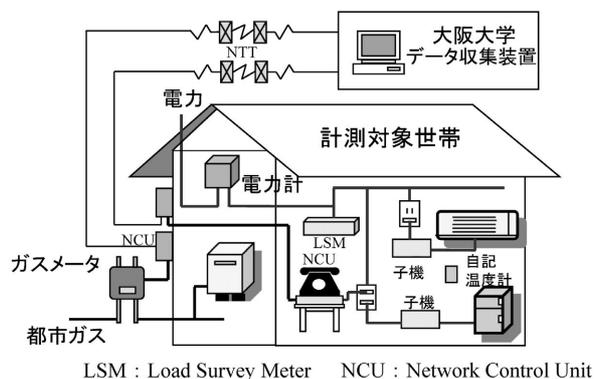


図2 計測システム

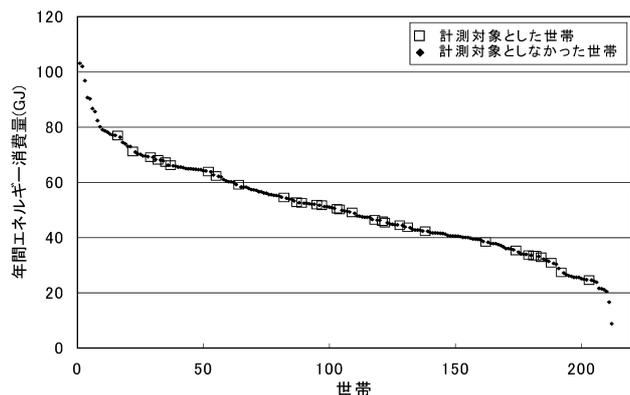


図1 事前アンケート調査による世帯あたり年間エネルギー消費量（2次エネルギー）

本計測調査への協力意思表示は192軒であった。また、212軒について年間を通した月別エネルギー消費量（電力+都市ガス+灯油）が得られた。

本調査では費用面から計測対象世帯数を40とし、協力意思表示のあった世帯から次のことを考慮して選択した。

- 1) 夫婦と子供2人の4人世帯を中心とする。
- 2) 住宅用エネルギーシステムを冷暖房機器の種類で分類し、各グループの数を均等化する。
- 3) 高气密高断熱住宅の世帯、太陽熱給湯利用世帯、床暖房利用世帯をそれぞれある程度含める。
- 4) 年間エネルギー消費量を広く分布させる。

なお、アンケート調査において高气密あるいは高断熱仕様になっているか否かを問い、そうであると回答した住宅を「高气密高断熱住宅」としている。

抽出した計測対象世帯の概要は表1のとおりである。アンケート調査から得られた年間エネルギー消費量は図1に示すとおり約20~100GJまで広く分布し、その単純平均は50.6GJで同年の全国平均<sup>10)</sup>を9%程度上回っていた。また同図に示すとおり計測対象住宅のエネルギー消費量は上記4)に従い広く分布している。計測期間は1998年10月から1999年11月の14ヶ月間とした。

2.2 計測システム

本計測調査で使用した計測システムは図2に示すとおりである。計測対象としたのは、電力、都市ガス、灯油の消

費量、および温湿度である。

まず電力については、住宅全体およびエアコンやテレビといった主要な電気機器の有効電力量について、30分毎の積算値を、住宅全体の消費量についてはLSM (Load Survey Meter) と呼ばれる機器、電気機器の消費量については子機と呼ばれる機器(本システムでは最大8台まで設置可能)を使用して計測した。LSMは電力量計もしくはブレーカボックスの近くに設置し、子機は各電気機器とコンセントの間に挿入する。計測されたデータはパルス値で収集され、あらかじめ定められた重みを乗じることにより電力消費量 [Wh] に換算される。消費電力 [W] に換算する場合は、0.5時間で割った30分間の平均消費電力をそれとする。LSMおよび子機で収集された電力消費量データは、屋内の配電線を通して電話機に接続された電力用発信機(NCU: Network Control Unit) まで伝送され、一旦NCU内のメモリに蓄積される。その後、毎夜ノーリング回線(電話をかけた際、呼び出し音が鳴らない電話回線サービスで、データ収集等に利用できる)を通して大阪大学内に設置されたデータ収集装置に収集される。

都市ガスについては、住宅全体の消費量のみを30分毎の積算値で計測した。データはパルス値で収集され、ガスメータ毎の換算定数を乗ずることにより都市ガス消費量 [m<sup>3</sup>] に換算される。なお、収集されたデータはガスメータに都市ガス用NCUを接続することにより、電力消費量と同様に電話回線を通してデータ収集装置に収集される。

灯油については消費量の実測を行うことは困難であるため、各需要家に購入量の記録を依頼した。

3. 計測結果のデータ処理

3.1 用途別エネルギー消費量の推定

本計測調査の主たる目的は、用途別のエネルギー消費の実態(日負荷曲線を含む)把握を行うことである。用途の定義について厳密なものはないが、コージェネレーションシステム等エネルギーシステム計画の際に通常用いられる主な用途は暖房・冷房・給湯・厨房・電力特定の5つであ

る。ここで、電力特定とは、都市ガスや石油で代替できない電力需要を指している。本研究でも、基本的にこれら5つの用途を考えることとした。

電力に関して用途別エネルギー消費量を把握するには、全ての電力消費機器について同時に計測を行えば良い。しかし、子機の数には最大8台であるため、季節毎に子機の接続を変更し、主な機器について網羅的に計測したが、計測期間全域にわたって計測した機器は限られている。したがって計測期間以外の時期についての電力消費を何らかの方法により推定する必要がある。また、都市ガスについては、用途別の消費量は直接計測できないため、住宅全体の需要から何らかの方法により推定しなければならない。これらの推定のためのデータ処理を著者らは単に用途別分解と呼んでおり、以下で詳しく述べる。

3.2 電力消費の用途別分解

電力消費量の用途別分解は、基本的に計測した機器を各用途に振り分けることにより行う。ここでは各電気機器の用途への振り分けを図3に示すとおりとした。年間を通じて、あるいは使用中の全期間について計測した機器は、暖房機器（都市ガス・灯油使用機器も含む）、冷房機器およびガス給湯器である。これら以外の機器については一部の期間についての計測となっており、未計測期間の電力消費量は推定しなければならない。

図4は同一種別の複数台の機器について電力消費量（月

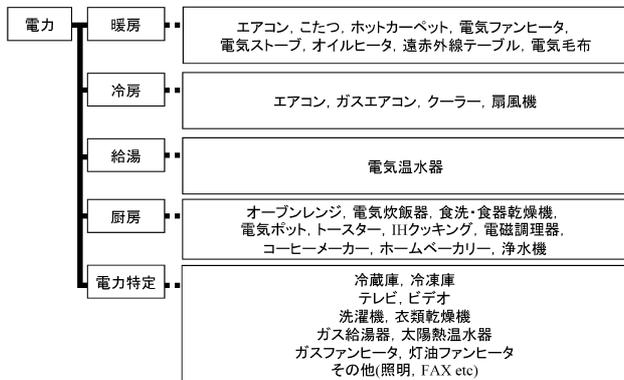


図3 各電気機器の用途分類

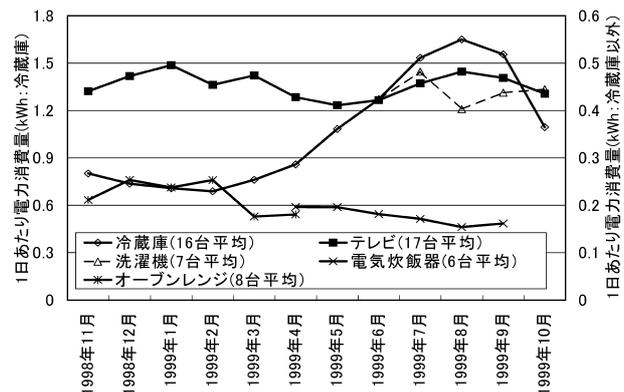


図4 1日あたり電力消費量の推移

平均1日あたり消費量)の月別変動を示したものである。冷蔵庫については変動幅が大きく、気温の影響が明らかであるが、他の機器については変動幅がそれ程大きくなく、またその変動を説明する要因も明確ではない。そこで、冷蔵庫については気温の影響を加味して未計測期間中の消費量を推定し、他の機器については基本的に計測期間中の消費量の平均値を未計測期間中の推定値とした。

図5は冷蔵庫について、月平均外気温と需要比（1日あたり電力消費量を年間電力消費量で正規化したもの）との相関を示したものである。この相関は極めて高く、2次曲線近似の決定係数はおよそ0.99となった。得られた2次式は以下のとおりである。

$$f(t) = t^2 - 5t + 457 \dots\dots\dots(1)$$

この式により、計測期間中の月別1日あたり電力消費量および月平均外気温を用いて、未計測期間の月別1日あたり電力消費量を以下のように推定する。

$$E'_m = \alpha_r f(t_m) \dots\dots\dots(2)$$

ただし、 $\alpha_r$ は $\sum_{m \in S} [E_m - \alpha f(t_m)]^2$ を最小にする $\alpha$ の値、 $E'_m$ ：冷蔵庫の月mにおける平均1日あたり電力消費量推定値、 $E_m$ ：同計測値、 $S$ ：計測した月の集合である。

次に図6は、図4に示した機器・月について、時刻別電力消費量を当該機器の1日あたり電力消費量で正規化した

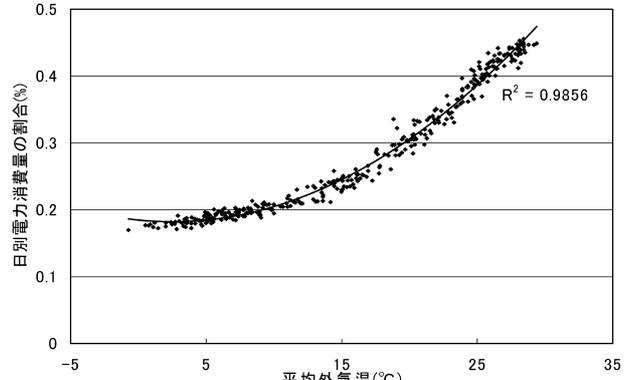


図5 平均外気温と日別電力消費量の割合の相関(冷蔵庫)

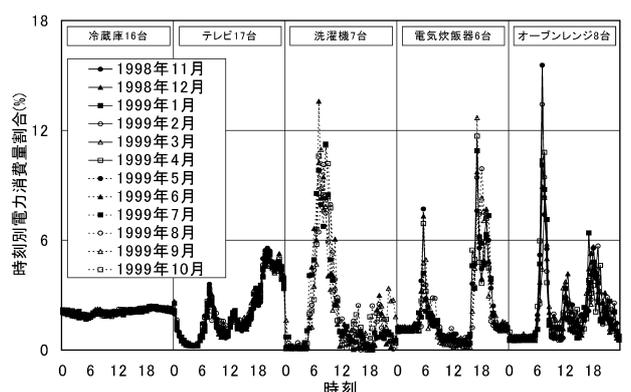


図6 電力消費の時刻別推移パターン(各月平日平均)

結果を描いたものである。図6より、これらの機器の日負荷パターンは月によらずほぼ一定であることがわかる。とくに冷蔵庫およびテレビについてはその傾向が強い。このことから、未計測期間中の日負荷パターンは計測期間中のパターンと同一であると仮定しても大きな差異は生じないと考えられる。

以上のことから、ここではまず月平均1日あたり電力消費量を推定し、その後日負荷曲線へ展開することにより、機器ごとに未計測期間中の電力消費を推定することとした。用途別分解は、この推定の後、機器を各住宅各用途でまとめることにより完了する。なお、図3における電力特定用中の「その他」は、住宅全体の電力消費量から計測した機器の電力消費量の総和を引いた値とする。「その他」には照明機器、ファクシミリ、インターフォンなど計測していない機器の電力消費量が含まれている。主たる消費は照明機器によるものと考えられるが、その分解は使用に関する情報不足のため本研究では行っていない。

3.3 都市ガス消費の用途別分解

住宅における都市ガスの用途は、一般的に厨房、給湯、暖房である。本計測調査では住宅全体の都市ガス消費量のみを計測しているが、併せて都市ガス消費機器の電力消費量も計測し、それらの稼働情報を得ている。

図7は、21時～翌日4時における都市ガス消費量を給湯用であるとみなし、同時刻のガス給湯器の消費電力（ただし、待機時消費電力相当分は差引いた）と都市ガス消費量の相関の例を示したものである。図7a)では相関が高いが、図7b)ではほとんど相関が無い。対象住宅40軒のうち、図7a)のようになるのはわずか3軒であった。このように給湯器の消費電力と都市ガス消費量との相関図がばらつくのは、30分間の積算であることや、風呂の湯張りや追い焚きなど異なる運転モードが存在することに起因する。

一方、厨房用の都市ガス機器は主としてガスコンロであり、使用状況に関する電力消費量からの直接的な情報は無い。しかし、他の都市ガス消費機器が全て稼働していない時刻に都市ガスが消費されていれば、その消費量は厨房用と特定できる。計測データを調べると、夏期・中間期（ここでは5月～9月の5ヶ月間）には該当するデータが数多く存在した。一方、冬期については以下のような理由から厨房用と特定できるデータが少なくなる。

- ・食器の洗浄等のためにガス給湯器を併用することが多い。
- ・ガス給湯器の凍結予防ヒータが頻繁に稼働する。
- ・都市ガス暖房機器を保有する世帯では、給湯および暖房用の消費が共にない時間帯が少ない。

そこで、ここではまず厨房用と特定できるデータの多い

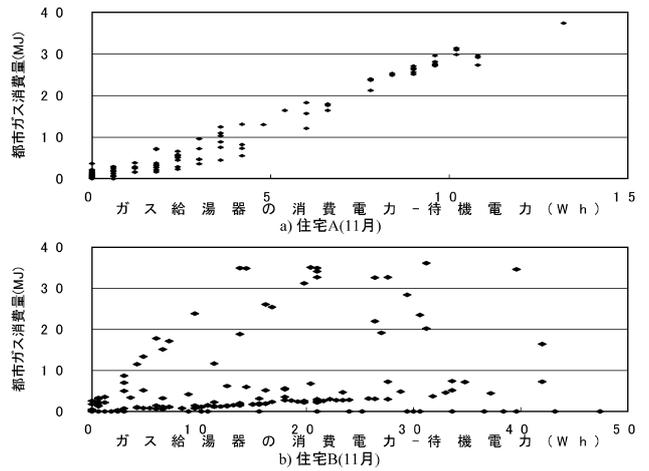


図7 ガス給湯器消費電力と都市ガスの相関関係例

夏期・中間期において用途別分解を行い、その結果を利用して冬期の用途別分解を行うこととした。その手順を以下に述べる。

StepA：ここではまず厨房需要を特定する。すなわち中間期・夏期の日d、時刻h（0～47）における住宅全体の都市ガス消費量 $G_{d,h}$ について、もし同日同時刻においてガス給湯器が使用されていなければこれを厨房用と特定する。この特定ができない場合、すなわち厨房、給湯用が共に含まれる場合は、当該日前後のある期間での同時刻の厨房用と特定可能なデータを用い、式(3)で定義される厨房需要率 $pc_{d,h}$ を算出する。

$$pc_{d,h} = (\sum d' g_{co,d,h} / C_{d,h}) / (\sum d' G_{d,h} / W_{d,h}) \dots\dots\dots (3)$$

但し、g：用途が特定された都市ガス消費量、c：厨房用と特定されたデータ数、W：厨房用と特定可能なデータを探すために読み出す日数である。添え字のcoは厨房用を表す。 $G_{d,h}$ にこの厨房需要率を乗じたものをその時刻の厨房用消費量とする。給湯用消費量は全体から厨房用を差し引いたものとする。

ここで、厨房用と特定可能なデータの数が少ない場合、厨房需要率の信頼性は低くなる。また、厨房需要は電力消費と同様季節に依存して変化すると考えられ、前後でデータを読み出す日数は適切に設定する必要がある。そこでcの下限值ならびにWの上限値をパラメータとして与え、Wの範囲内でcの下限に達しない場合は別の処理（StepB）に進むこととした。試行錯誤の結果、cの下限値は5、Wの上限値は50日と設定した。これで、基本的に中間期および夏期のデータはStepAで処理され、その用途分解は概ね妥当であると考えられる。なお、休日のデータは生活パターンが変化する可能性が高いと考え、ここでは考慮していない。

StepB：これは、StepAで厨房用を抽出できなかった場合の処理で、先に給湯需要を特定する。すなわち、StepB

ではガス給湯器の電力消費量と都市ガス消費量が比例関係にあると考え、日dにおいてガス給湯器の消費電力が最大となる時刻Tの都市ガス消費量 $G_{d,T}$ を用い、ガス給湯器の消費電力から給湯用消費量を特定する。厨房用は住宅全体の都市ガス消費量から給湯用を引いたものとする。但し給湯用が全体の消費量以上となった場合、給湯用は全体の消費量と等しいとし、厨房用は0とする。

以下では、ある住宅についてのStepAおよびBの詳細なアルゴリズムを示す。添え字は式(3)と同一である。

StepA1: もし、ガス給湯器の消費電力から待機時消費電力を引いた値 $E_{d,h}$ が0なら $g_{co,d,h} = G_{d,h}$ および $g_{hw,d,h} = 0$  (hwは給湯用を示す添え字)とし、次の時刻のデータへ進んでStepA1を繰り返す。 $E_{d,h}$ が0でない場合はStepA2へ。

StepA2: 日dの前後それぞれ $1/2W_{d,h}$ 日分の同時刻hのデータから厨房用と特定可能なデータの数 $c_{d,h}$ を調べる ( $W_{d,h}$ の初期値は30とする)。 $c_{d,h} \geq 5$ ならStepA3へ。 $c_{d,h} < 5$ なら、 $W_{d,h} = W_{d,h} + 2$ としてStepA2へ。もし、 $W_{d,h} \geq 50$ ならStepBへ。

StepA3:  $pc_{d,h}$ に住宅全体の都市ガス消費量 $G_{d,h}$ を乗じたものを厨房用消費量とする。すなわち $g_{co,d,h} = pc_{d,h} \cdot G_{d,h}$ 、給湯用消費量は $g_{hw,d,h} = G_{d,h} - g_{co,d,h}$ とおき次の時刻のデータへ進んでStepA1へ。

StepB1: 式(4)を用いて給湯用消費量 $g_{hw,d,h}$ を推定する。なお、Tはガス給湯器の消費電力が最大となった時刻を示す。

$$g_{hw,d,h} = (G_{d,T} / E_{d,T}) \times E_{d,h} \dots\dots\dots (4)$$

StepB2: もし、 $g_{hw,d,h} < G_{d,h}$ なら、 $g_{co,d,h} = G_{d,h} - g_{hw,d,h}$ とおきStepA1へ。 $g_{hw,d,h} \geq G_{d,h}$ なら、 $g_{hw,d,h} = G_{d,h}$ 、 $g_{co,d,h} = 0$ とおき次の時刻へ進んでStepA1へ。

StepAおよびBのフロー図を図8に示す。以上で中間期および夏期のデータ処理が完了する。以上の処理から明らかのようにこれらの期間については、毎日毎時刻について

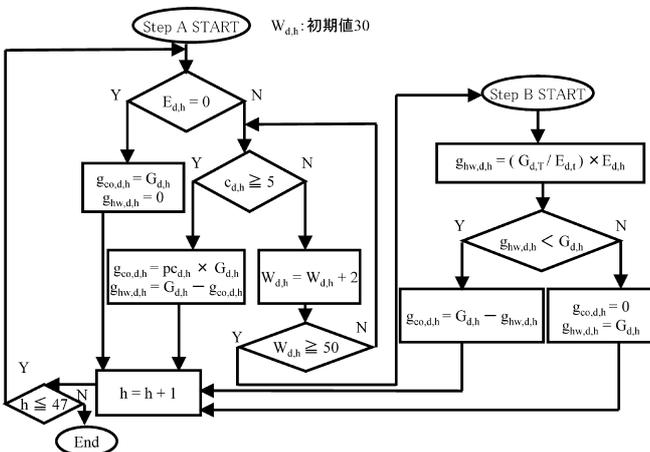


図8 StepAおよびBのフロー図

厨房、給湯への分解が行われる。

次にStepCは、以上で求めた中間期および夏期における用途別分解結果を基に冬期における用途別分解を行うための処理である。その考え方は以下の通りである。

まず、都市ガスの用途が厨房および給湯需要のみの住宅については、StepAおよびBを冬期の用途別分解に適用することが原理的に可能である。これらの住宅についてStepAおよびBを適用した結果、StepAでの処理がほとんどを占め、用途別分解が妥当であろうという結果となった住宅(妥当性については後で再度述べる)が8軒得られた。

8軒の厨房および給湯用各月平均1日あたりの消費量の推移を見ると、大きさは異なるものの、変化のパターンは各用途においてはほぼ同様であった。そこで、この変化パターンを中間期および夏期のデータに最小二乗法を用いて当てはめ、まず冬期の各月1日あたり厨房・給湯用消費量を推定する。次に、これらの日負荷曲線は、各住宅における中間期および夏期の平均的な厨房・給湯用日負荷パターンを上記の冬期各月1日あたり消費量に乗じることによって推定される。暖房は住宅全体から厨房・給湯分を差引いた残りとする。なお、太陽熱温水器の有無により、給湯用消費量の季節推移は異なる。これについては、給湯用消費量の正規化を行う際に、太陽熱温水器の有無によって住宅を2つに分類して区別する。アルゴリズムの詳細についてはスペースの関係で割愛する。参考文献<sup>7)</sup>を参照されたい。以上の処理方法からわかるように、都市ガス暖房住宅は冬期については毎日毎時刻の用途別分解はできず、各住宅について冬期各月の平均的な日負荷曲線についての用途別分解となる。

最後に灯油に関しては実測を行わず各住宅に購入量の記録を依頼した。対象住宅の灯油の使用用途は暖房のみであり、用途別分解の必要はない。30分毎の消費量は、年間の灯油消費量が灯油消費機器消費電力(但し待機時消費電力は差引いた値)に比例すると仮定し、各時刻の灯油消費機器の消費電力から推定した。

#### 4. 都市ガス消費用途別分解の妥当性に関する考察

節3では、都市ガス消費の用途別分解について詳述した。本節では、提案した手法によるデータの処理状況に基づき、推定結果の妥当性について述べる。

図9は、都市ガス消費が発生しているデータに対する各Stepでの処理の割合を示したものである。なお、図9において示しているのは、都市ガスで暖房を行っていない住宅16軒の5月～9月の5ヶ月間における結果である。同図より、StepAで処理されるデータが多いことが明らかである。16軒平均では、厨房用と特定されたデータの割合が最も高く59.8%で、次いでStepAの厨房需要率を用いて推定

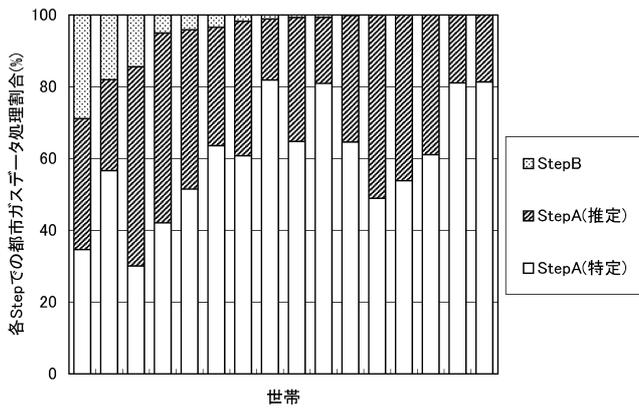


図9 5月～9月のデータ処理状況

されたデータが35.3%， StepBで処理されたデータが4.9%であった。

StepAによって処理される場合には、同一住宅・同時刻の厨房用都市ガス消費量からの推定となるため、推定結果の妥当性は高いと考えられる。また、StepBの処理が必要となる場合、その前後の時間帯の消費状況から風呂の湯張りや追い焚きなどの運転モードが特定可能な場合が多いため、その時間帯で比例関係を想定した処理を行ったことは、図7 b) から受けるイメージほど不自然ではない。しかし、StepBで処理されたデータについては、明らかな誤りの有無について逐一検討しておく必要がある。図9に示した16軒については、異なる運転モードが存在すること、厨房の都市ガス消費量に上限値を設定できることなどを考慮し検討した結果、2、3の時点のデータを除いて分解結果に明らかな誤りは見出されていない。

都市ガス暖房を行っている住宅についても、夏期・中間期の処理結果は図9と同様となっており、夏期・中間期においては精度良く用途別分解ができたと推測される。これらの処理は、ガス給湯器の電力消費量を常時計測することによって可能となる。

次に、冬期におけるデータ処理について述べる。節3でも述べたように、都市ガス暖房の住宅では、冬期においてStepAおよびBを適用することが不可能であるため、都市ガス暖房でない住宅の変化パターンを用いる必要がある。都市ガス暖房でない住宅16軒の冬期についてStepAおよびBを適用した結果、図9と比べるとStepBによって処理されるデータの割合が全ての住宅において増加するものの、夏期・中間期においてStepAによる処理が多い住宅は冬期においてもその処理が多かった。StepAによる処理が多い程、用途別分解の精度が高いと考え、夏期・中間期で精度の高い住宅は、年間通して比較的精度良く推定可能であると言える。以上の考察より、複数の住宅の計測調査を行って用途別分解を行う上での要件として以下のことを挙げる事ができる。

- 1) 給湯器の稼働情報（本研究では給湯器の電力消費量を計測）を得ること。
- 2) 年間を通して計測する。
- 3) 計測対象に都市ガス暖房でない住宅を含める。
- 4) 同一地域で計測を行う。

### 5. 関西文化学術研究都市内住宅における用途別エネルギー消費の現状

本節では節3で述べた用途別分解を行った結果に基づき、計測対象住宅における用途別エネルギー消費の現状を述べる。なお、エネルギー消費量の単位については、電力1Wh=3.6kJ，都市ガス1m<sup>3</sup>=46.046MJ，灯油1リットル=37.2554MJとした。

図10は、用途別分解した結果得られた月別用途別電力日負荷曲線および都市ガス・灯油日負荷曲線を代表月として冬期は2月，中間期は5月，夏期は8月について示したものである。なお、一部の住宅については様々な事情により分解が行えておらず、妥当と考えられる30軒の平均について示している。電力，都市ガス・灯油共に朝食時のピークがあり、昼食時の小さなピークを経て夜のピークを迎えるというパターンであり、住宅に特徴的な時間変化であると言える。また、2月については朝・夜の暖房と、夜のピー

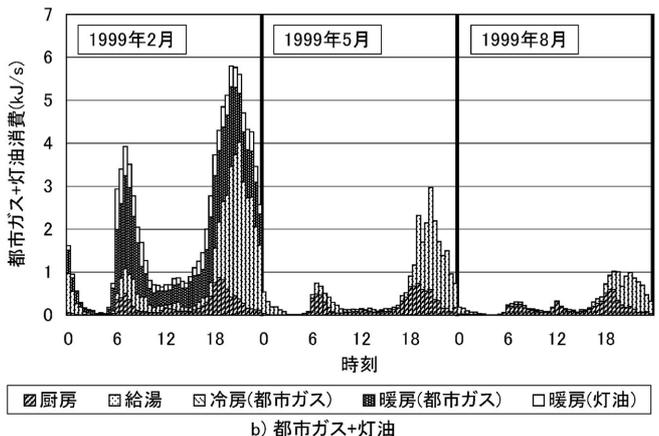
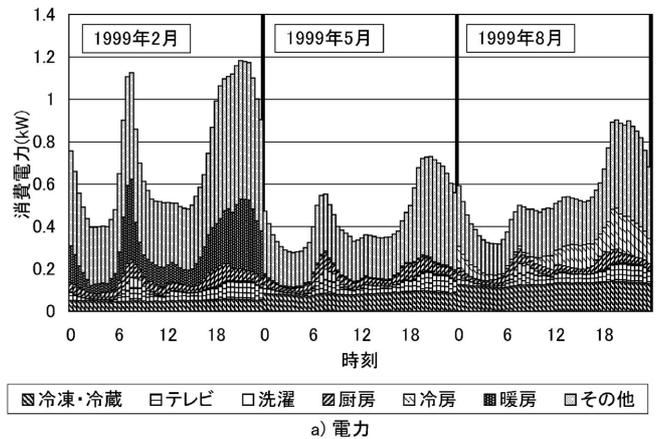


図10 用途別エネルギー日負荷曲線

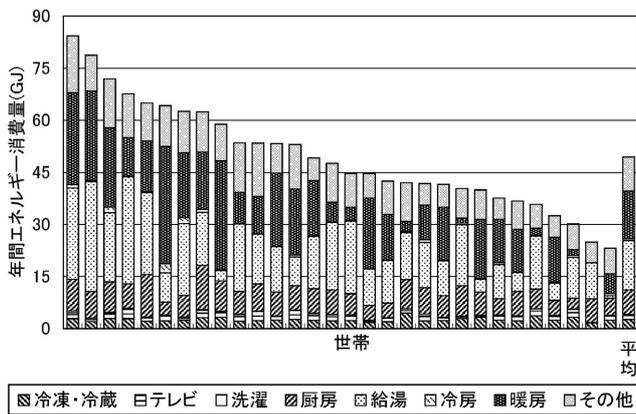


図11 年間用途別エネルギー消費量  
(2次エネルギー：30軒，用途別分解結果)

ク時の給湯でのエネルギー消費が多いのが目立つ。また、電力特定分中の「その他」の消費量も増加している。電力と都市ガス・灯油の日負荷曲線を比較すると、1) 都市ガス・灯油の時間変化が急峻である、2) 通常電力消費が少ないと考えられる深夜から早朝にかけてもピーク時の1/3程度の消費電力があり、ベース負荷相当分が存在している、といった特徴が挙げられる。なお、図10では平均値について示したが、変化のパターンはライフスタイルや使用機器によって各住宅ごとに大幅に異なっている。これらのデータは、エネルギーシステム計画に必要な基礎データとして様々な形で利用できる<sup>11)</sup>。

図11は各住宅について用途別年間エネルギー消費量を示したものである。なお、図11では各月平均1日あたりの月別消費量から年間消費量を推定している。図11において、30軒平均の住宅全体年間エネルギー消費量は49.5GJで、給湯・暖房・電力特定その他の3用途が占める割合が大きく、構成比はそれぞれ29.2、27.8、18.0%（1次エネルギー換算：18.8、20.3、30.4%）であり、3用途合計では75.1%（1次エネルギー換算：69.4%）を占めていた。また、各用途の分散に着目すると、大きい順に暖房・給湯・電力特定その他（標準偏差：8.9、7.7、3.0GJ）であり、これらの用途については住宅によるばらつきが大きい。すなわち、給湯・暖房といった熱エネルギーと、照明を主とする電力特定分中の「その他」は、住宅におけるエネルギー消費の多寡の大きな要因となり得ることを示している。

## 6. おわりに

主な結論は以下のとおりである。

- 1) 計測調査結果に基づき、用途別エネルギー消費日負荷曲線を推定する手順を確立した。手順に従い都市エネルギーシステム計画の基礎データとして有効な住宅の用途別エネルギー消費日負荷曲線が推定できた。
- 2) 都市ガスの用途分解の要件を示した。

- 3) 推定結果に基づき計測対象住宅における用途別エネルギー消費の現状を概観した。家族構成が同じような住宅でもエネルギー消費に大きな差があり、その主な要因は給湯・暖房といった熱エネルギーと、主たる用途は照明である電力特定分中の「その他」であると言える。

今後の課題として、更なるデータの蓄積、用途別分解手法の精度向上は勿論のこと、得られたデータを利用して、住宅における省エネルギー可能性に関する分析を経済性・環境性も考慮に入れ定量的に行うことが挙げられる。

なお、本研究は日本学術振興会未来開拓学術研究プロジェクト「環境負荷低減を目的とした新しい自律分散型都市エネルギーシステム」(JSPS-RFTF97P01002)の一環として行ったものであることを付記し、関係各位に謝意を表す。また計測調査には(財)大阪科学技術センター、(財)関西化学術研究都市推進機構、京都府精華町および木津町および大阪ガス(株)の協力を得た。ここに謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 辻 毅一郎；地域特定型総合エネルギーサービスシステムの提案，第16回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス論文集，(2000)，181-186。
- 2) F. J. Peterson et al. ; End-Use Load and Consumer Assessment Program : motivation and overview, Energy and Buildings, 19 (1993), 159-166.
- 3) A. Stoecklein et al. ; Understanding Energy End-Use in New Zealand, Proceedings of ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 1 (2000), 331-342.
- 4) O. Sidler et al. ; An Experimental Investigation of Cooking, Refrigeration and Drying End-uses in 100 Households, Proceedings of ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 1 (2000), 285-294.
- 5) Matthew P. Boucek et al. ; Factors Influencing Space Heat and Heat Pump Efficiency from a Large-Scale Residential Monitoring Study, Proceedings of ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 1 (2000), 39-51.
- 6) (財)省エネルギーセンター；家庭におけるライフスタイルの変化とエネルギー消費に関する実態調査研究報告書，(1997)。
- 7) 日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業 (JSPS-RFTF97P01002)；関西化学術研究都市における住宅用エネルギー消費の計測調査報告書 (第I, II部)，(2001, 2002)。
- 8) 天野他；非侵入型モニタリングシステムの開発 (3) -実家庭を想定した動作確認試験-，第18回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス論文集，(2002)，163-166。
- 9) S. Yamagami et al. ; Non-Intrusive Submetering of Residential Gas Appliances, Proc. of ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 1 (1996), 1265-1272.
- 10) (株)住環境計画研究所；家庭用エネルギーハンドブック，(1999)，(財)省エネルギーセンター。
- 11) 河本，杉原，辻；都市エネルギーシステムの多目的最適化に関する研究 - 対象都市間における導入効果の比較 -，第18回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス論文集，(2002)，361-366。