九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

九州北部の住宅エネルギー消費実態に関する詳細調査

井上, 博之
九州大学大学院人間環境学府空間システム専攻修士課程

渡辺, 俊行
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

尾崎, 明仁
北九州市立大学国際環境工学部

赤司, 泰義
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

他

https://doi.org/10.15017/19047

出版情報：都市・建築学研究. 6, pp.145-154, 2004-07-15. Faculty of Human-Environment Studies, Kyushu University
バージョン：
権利関係：

都市・建築学研究　九州大学大学院人間環境学研究院紀要　第6号，2004年7月
J. of Architecture and Urban Design, Kyushu University, No.6, pp. 145～154 , July. 2004

九州北部の住宅エネルギー消費実態に関する詳細調査

Detailed Research for Energy Consumption of Residential Buildings in the North of Kyushu

井上博之*1，渡辺俊行*2，尾崎明仁*3，赤司泰義*2
高口洋人*2，宅間康人*1，于　靚*1
Hiroyuki INOUE, Toshiyuki WATANABE, Akihito OZAKI, Yasunori AKASHI, Hiroto TAKAGUCHI, Yasuto TAKUMA and Liang YU

Energy consumption in residential sector has been increasing year by year since 1965. Reconsideration of a traditional energy supply system is needed to improve this present situation. Individual dispersed power source systems, such as photovoltaic system and housing micro cogeneration system, is considered as one of systems which enable to save energy for housing. In order to utilize the system effectively, understanding energy consumption of residential buildings is required. This paper presents measured results on seasonal energy consumption classified based on uses, seasonal trends of energy consumption in one day, and heating demand of residential buildings located in the north of Kyushu. The results are as follows:

1) Energy consumption for hot water supply is larger than ones for lighting, air-conditioning and cooking in most houses,
2) Energy consumption for each use and the daily pattern are strongly affected by members of family, schedule of living and hot water supply system,
3) Photovoltaic system and hot water supply heat-pump-type system using natural refrigerant CO_2 are quite effective to save energy of residential buildings,
4) Heating demand and electric demand of residential buildings are clarified by detailed measurement for installing individual dispersed power source system.

Keywords: *Kyushu region, Energy consumption, Classification based on application, Life style, Heat demand*
九州地域，エネルギー消費量，用途別分類，住まい方，熱需要

1. はじめに

温暖化現象が地球規模で深刻な問題となっているが，その要因である CO_2 排出の約4割が建築物のライフサイクルによるものといわれている．1997年に京都で第3回気候変動枠組条約締約国会議（COP3）が開催され，その場で京都議定書が締結された．この議定書で日本は，CO_2 排出量を2012年までに1990年比で6%削減することを約束している．

しかし，民生部門のエネルギー消費量は増加の一途をたどっており，2010年では1990年比で48%の増加となることが予想されている[1]．この現状を改善するために住宅部門からのアプローチとして，建物の省エネルギー化（高断熱・高気密化）をはじめ，エネルギー利用の高効率化，新エネルギーの導入など従来のエネルギー供給システムの見直しを早急に行う必要がある．その手法の一つに個別分散型電源システムがある．個別分散型電源システムとは，エネルギー需要地近くに分散して配置される電源システムの総称であり，太陽光発電（以下PVシステムとする）や風力発電といった自然エネルギーを利用したシステム，家庭用マイクロコージェネレーションシステムなど排熱を利用してエネルギー利用効率の改善を図ったシステム等が挙げられる．

これらのシステムを最大限に利用するためには，各家庭に最適な機器容量の選定や運転方法を検討する必要がある．そこで，現在の住宅のエネルギー消費動向を家族構成や住まい方を考慮して詳細に調査を行って把握することが必要不可欠となる．本研究の目的はこれらの背景をふまえ，家族構成や住まい方を考慮した九州北部（福岡県）における住宅のエネルギー消費実態の詳細調査を行い，そのデータベースを作成することである．

本報では，住宅の季節別と年間の用途別エネルギー消費量，季節別の1日におけるエネルギー消費量の動向，そして家庭用コージェネレーションシステム導入を想定した現在の住宅の熱需要について報告する．

2. 実測調査概要

2.1 測定対象住戸選定

九州北部の住宅エネルギー消費量の詳細実測調査にあたって測定対象住戸の選定を行った．**表1**に測定対象住戸の選定条件を示す．これを基に住戸選定を行った結果，戸建住宅6件（全電化：3件，都市ガス併用：2件，灯油併用：1件），集合住宅3件（全電化：1件，都市ガス併用：2件）を測定対象住戸とした．

*1　空間システム専攻修士課程
*2　都市・建築学部門
*3　北九州市立大学国際環境工学部

2.2 測定方法

今回の調査では電力，都市ガス，灯油の測定を行っている．以下に各エネルギー消費量の測定方法を示す．

電力：電力消費量の測定には，**写真 1～3** に示す「使用電力情報収集システム」を用いる．このシステムは個々の家電機器や個別回路の電力消費量を計測する測定器と，それらの使用量データを受信する無線受信器により構成される．測定器には，「コンセント接続用測定器」（**写真 1**）と「分電盤用測定器」（**写真 2**）がある．コンセント用測定器は，家庭用の電源コンセントに設置し，測定器に接続した家電機器の電力消費量を測定する．分電盤用の電力測定器は，分電盤の各回路から電力消費量を測定する．このシステムでは，コンセント用と分電盤用を合わせて最大 30 回路の電力消費量データを受信することができる．

測定項目の選定条件は**表 2** に示す必須測定項目に加え，消費電力が大きな機器，さらには使用頻度の高いものを各家庭で事前に調査して選定した．測定間隔は 1 分で，1 分毎の積算電力値・ピーク電力値を測定する．

都市ガス：測定住戸数は 4 戸で，**写真 4** に示す都市ガス用測定器を用いてメーターを光学的に読み取り，5 分間の積算値を計測する．

灯油：測定住戸数は 1 戸である．**写真 5** に示す流量計とパルスロガーを用いて 5 分間の積算値を測定する．

温湿度：エネルギー消費量は，機器設置状況・外的要因の影響を受けるため，全住戸において**写真 6** に示す測定器を用いて温湿度を測定する．測定項目は，外気温湿度・居間温湿度・キッチン周辺温度・非空調室温度・トイレタンク水温の 5 個所 7 項目である．測定間隔は 15 分である．

2.3 熱量換算

今回の解析にあたって，熱量換算は全て 2 次エネルギー換算を行う．**表 3** に各エネルギー種別の換算値を示す．

2.4 用途別分類方法

本研究では，得られる実測データを用途別に分類して解析を行う．**表 4** に用途別分類の項目と代表される機器例を示す．今回では，冷蔵庫は厨房用と分類し，食器乾燥機，食器洗浄器は家事・衛生用に分類している．また，集合 02 と集合 03（**表 5** 参照）で使用されている循環ホームバスもまた家事・衛生用に分類している．

表 5 に測定対象住戸の概要一覧を示す．測定は 2002 年 11 月から開始しており，2004 年 9 月まで行う予定である．

3. 季節別エネルギー消費量

3.1 冬季の用途別エネルギー消費量

図 1 に冬季（2002 年 12 月～2003 年 2 月）の用途別エネルギー消費量を示す．いずれの住宅も空調用と給湯用のエネルギー消費量が最も多く，両者で住宅全体の 37%～78% を占めている．給湯用エネルギーは使用水量と取水温度が関係するため，冬季の消費量は家族人数の多い住宅の方が

表 1　測定対象住宅の選定条件

1. 必須測定住戸選定
   戸建住宅において、
   ①　全電化住宅
   ②　それ以外の住宅［都市ガス併用、灯油併用など］
   を各 2 戸ずつ選定する。さらに、詳細な条件として
   ①　在来木造で、その地域の新省エネルギー基準を満たす 100～150m^2 程度の住宅
   ②　家族構成は両親+子供
   とする
2. その他の住戸選定
   九州地域の特性にあったシェアの高いものを
   戸建：集合＝2：1 の割合で選定

表 2　必須測定項目

●エアコン	●電気温水器	●電気蓄熱床暖房
●冷蔵庫	●電気調理器	●24時間換気

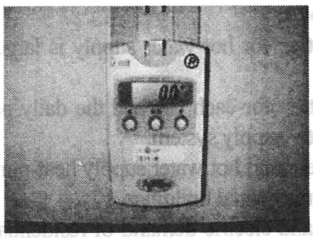


写真 1　コンセント接続用測定器

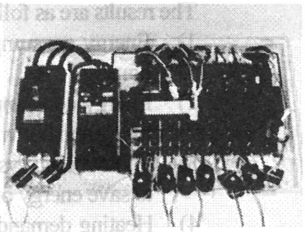


写真 2　分電盤用測定器

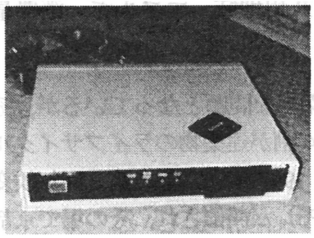


写真 3　無線受信器

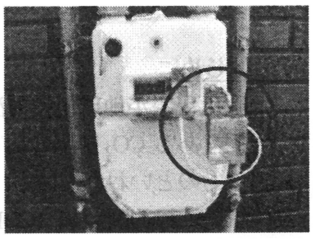


写真 4　都市ガス測定器

写真 5　灯油測定風景

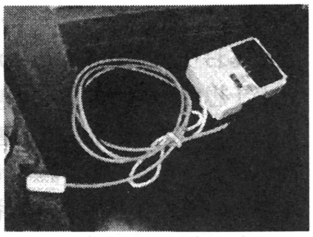


写真 6　温湿度測定器

表 3　2 次エネルギー換算値

電力	3.6MJ/kWh
都市ガス（13A）	45.9MJ/Nm^3
灯油	36.7MJ/L

より増加する傾向がある（戸建02は5人）．戸建01の給湯用エネルギーの増加は，外気温度の低下により自然冷媒CO_2ヒートポンプ式給湯器の機器効率（COP）が低下したことも原因と考えられる．ただし，自然冷媒CO_2ヒートポンプ式給湯器の稼働時間当たりのエネルギー消費量は一般の電気温水器の約3分の1である．なお，暖房用エネルギー消費量は，1月は住宅全体の9%～62%である．

照明用エネルギー消費量の割合は，1月は住宅全体の7%～23%である．照明用エネルギーは使用時間に応じて冬季に増加することは明らかで，その消費量はほとんどの家庭で給湯用・暖房用に次いで多い．なお，照明用エネルギーは分電盤測定値（各室の総エネルギー消費量）と個別機器測定値（照明を除く各室の機器別エネルギー消費量の合計）の差として求めている．

厨房用，娯楽・情報用，家事・衛生用のエネルギー消費量の合計は，住宅全体の11%～25%でその内訳は居住者の住まい方と関係している．ただし，いずれの住宅も厨房用は冷蔵庫，娯楽・情報用はテレビの消費量が多い．

戸建02，05，06は他の住宅と比較してエネルギー消費量が著しく多く，住宅全体の月積算エネルギー消費量は1月には6GJ以上になる．これらの住宅は空調用あるいは給湯用のエネルギー消費量が多く，その合計は住宅全体の60%以上になる．しかし，各住宅の空調用と給湯用の割合を比較すると，戸建02, 05, 06の順に空調用は9%, 32%, 54%, 給湯用は51%，31%，14%となりその内訳は全く異なる．戸建02と戸建06はいずれも電気温水器を使用していること，各住宅は空調（暖房）機器が異なることから，これらの差異は住まい方および暖房方法の違いに原因があると考えられる．このことは，住まい方および暖房方法の改善により省エネルギーが可能なことを示唆している．例えば，戸建06は複数台のエアコンを所有しているにも拘らず，現状は電気ヒーターを長時間にわたり使用している．これをエアコンに変更する（機器効率を上げる）ことでいくらかの省エネルギー化が望める．戸建05はPVシステムを使用するなど省エネルギーを指向した住宅ではあるが，それでもエネルギー消費量は戸建02，06に次いで大きい．前述したように，このことは住宅の性能や使用機器のみならず，居住者の意識および住まい方の改善が省エネルギーには重要であることを意味している．

3.2 中間季（春季）の用途別エネルギー消費量

図2に春季（2003年3月～6月）の用途別エネルギー消費量を示す．給湯用エネルギー消費量の割合は全体の30～60%である．中間季では冬季よりも使用する給湯機器による差が大きくなっており，自然冷媒CO_2ヒートポンプ式給湯器のエネルギー消費量は電気温水器の4分の1から2分の1となっている．次に消費量が多いのは照明用エネルギ

表4　用途別分類とその機器例

用途名		測定機器(例)
給湯用エネルギー消費量		電気温水器
		自然冷媒CO_2ヒートポンプ式給湯器
		ガス給湯器
		灯油給湯器
空調用エネルギー消費量	暖房用エネルギー消費量	エアコン
		電気カーペット
		こたつ
		電気式床暖房
		電気ヒーター
		オイルヒーター
	冷房用エネルギー消費量	エアコン
		扇風機
厨房用エネルギー消費量		IHクッキングヒーター
		冷蔵庫
		炊飯器
		電子レンジ
娯楽・情報用エネルギー消費量		テレビ
		ビデオ
		パソコン
家事・衛生用エネルギー消費量		ウォシュレット
		食器乾燥機
		食器洗浄器
		循環ホームバス
		洗濯機
照明用エネルギー消費量		

表5　測定対象住戸概要一覧

	所在地	建築年(年)	床面積(m^2)	構造・工法(RC・S・木造等)	測定数				断熱仕様		用途別エネルギー源				家族人数(人)
					分電盤	コンセント	都市ガス	灯油	熱損失係数($W/m^2 \cdot K$)	隙間相当面積(cm^2/m^2)	暖房	冷房	給湯	調理	
戸建01邸	福岡県福岡市	2002年	134.7	S造	15	10	0	0	1.7	3.9	電気	電気	電気	電気	2
戸建02邸	福岡県前原市	2001年	156.2	S造	16	10	0	0	2.4	4.5	電気	電気	電気	電気	5
戸建03邸	福岡県北九州市	1998年	132.7	在来木造	12	10	1	0	3.7	4.5	電気	電気	都市ガス	都市ガス	4
戸建04邸	福岡県福岡市	2001年	158.9	在来木造	13	10	1	0	2.3	4.0	電気	電気	都市ガス	都市ガス	2
戸建05邸	福岡県太宰府市	2000年	157.3	在来木造	16	10	0	1	2.0	4.5	電気	電気	灯油	電気	5
戸建06邸	福岡県前原市	2001年	145.7	在来木造	14	10	0	0	2.5	3.0	電気	電気	電気	電気	4
集合01邸	福岡県福岡市	2001年	82.4	RC造	13	10	0	0	1.9	1.2	電気	電気	電気	電気	4
集合02邸	福岡県福岡市	1996年	72.6	RC造	13	10	1	0	3.5	2.4	電気	電気	都市ガス	電気	6
集合03邸	福岡県福岡市	1996年	72.6	RC造	13	10	1	0	2.5	2.2	電気	電気	都市ガス	電気	4

ー消費量であるが，冬季に比べてその絶対量は減少している．これは，日照時間の増加に伴い照明機器の使用時間が減少していることが考えられる．厨房用エネルギー消費量は冬季に比べやや増加の傾向が伺える．これは室温の上昇に伴い冷蔵庫のエネルギー消費量が増加したためである．集合 02 と集合 03 ではこの時期においても循環ホームバスを使用しているために，家事・衛生用エネルギー消費量は他の住戸に比べて大きく全体の 20%前後を占めている．また，集合 01 は食器洗浄器や食器乾燥機を使用しているために家事・衛生用エネルギー消費量はやや多い．娯楽・情報用エネルギー消費量は冬季とほぼ同じ程度の消費量を示していることから，季節よりも居住者の住まい方がエネルギー消費量を左右する要因として考えられる．

3.3 梅雨季・夏季の用途別エネルギー消費量

図 3 に梅雨季・夏季（2003 年 6 月～9 月）の各住戸の用途別エネルギー消費量の月積算値とその割合を示す．

いずれの住宅も給湯用エネルギー消費量が最も多く，住宅全体の 14%～58%になる．給湯用エネルギーは使用湯量および取水温度との関係が強く，家族人数が多い住戸ほど大きい傾向がある．ただし，循環ホームバスを採用した集合 02 と集合 03 は使用湯量（お湯張り回数）が少ないため，家族人数が同等の他の住戸に比べてエネルギー消費量は抑えられている．なお，最も多い戸建 02 でも給湯用エネルギー消費量は 1.5GJ/月程度で，冬季の約 2 分の 1 に低減されている．この理由として使用湯量の減少と水温の上昇が挙げられる．なお，自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器を使用した戸建 01 の 7 月の給湯用エネルギーは 0.34GJ/月で冬季の約 3 分の 1 である．戸建 01 のエネルギー消費量が低減した要因として外気温度の上昇により給湯器の COP が高くなったことも考えられる．

冷房用（空調用）エネルギーは，8 月は住宅全体の 8%～34%である．冷房用エネルギー消費量は空調機の使用頻度，設定温度などの住まい方が大きく影響するため，住宅により大きな差がある．照明用エネルギー消費量は，住宅全体の 10%～30%を示している．厨房用エネルギー消費量は全住戸において冬季より夏季に増大する傾向がある．この原因として冷蔵庫のエネルギー消費量が夏季に増加することが考えられる．また，娯楽・情報用，家事・衛生用のエネルギー消費量の合計は，住宅全体の 6%～18%である．

戸建 02 は他の住宅と比較してエネルギー消費量が著しく多く，8 月と 9 月はともに 4GJ/月以上になる．空調用，給湯用，そして厨房用のエネルギー消費量が大きいことが原因である．空調用のエネルギー消費量は居住者の意識次第で削減が可能であるため，住まい方を改善することで省エネルギー化を図れると思われる．また，住宅全体のエネルギー消費量は，全住戸において冬季の約 44%～87%に減少している．これは給湯用のエネルギー消費量が減少したこと，冷房用エネルギー消費量が暖房用に比べ少ないことによる．

3.4 冷房用エネルギー消費量

図 4 に各住戸の 2003 年 7 月～9 月の冷房用エネルギー消費量の積算値を示す．集合 02 と 03 は同じ建物内にあるが，冷房用のエネルギー消費量を比較すると，集合 02 は 2237MJ/3 ヶ月，集合 03 は 969MJ/3 ヶ月であり大きく異なる．冷房用エネルギー消費量の差は空調機の使用時間，設定温度，機器性能や建物性能，空調時の過ごし方などの違いが影響している．**表 6** に集合 02 と 03 の熱損失係数，および 7 月～9 月の冷房使用状況を示す．なお，両住戸の設置機器とその性能（容量）はほぼ同一である．熱損失係数は住戸の位置の違い（集合 02 は最上階端部，集合 03 は中間階中央部）により異なる．集合 02 と 03 の各空調機の使用状況を比較すると洋室エアコンの使用時間に大差があり，エネルギー消費量に約 800MJ/3 ヶ月もの違いが生じている．この差は，両住戸の冷房用エネルギーの総消費量にも大きな差として現れている．なお，居間エアコンの使用時間はほぼ同じであるにも関わらず，エネルギー消費量には約 250MJ/3 ヶ月の差が生じている．**図 5** に集合 02 と 03 における冷房時の外気温度，空調室（居間）温度，非空調室の空気温度の月平均と居間エアコンのエネルギー消費量を示す．両住戸の非空調室の温度には 2～3K の差がある．これは，住戸位置の違いによる日射熱取得の違いに起因すると思われ，熱損失係数の違いとともに建物プランが空調用エネルギー消費量に大きく影響することがわかる．

4. 年間エネルギー消費量

図 6 に，戸建 02，戸建 05，集合 01，集合 02，集合 03 の 2003 年 1 月～12 月の用途別エネルギー消費量の割合を示す．各住宅の年積算エネルギー消費量は順に 52.9，43.4，38.3，35.7，37.8［GJ/年］である．いずれの住宅も給湯用エネルギー消費が最も多く，住宅全体の 28～49%にもなる．次いで，照明用，厨房用，空調用が多い．各住戸について比較すると，照明用の割合は順に 11%，20%，14%，13%，14%である．住宅の規模により照明機器の個数や使用時間は異なるが比較的大きい割合となっている．厨房用は 16%，11%，19%，22%，9%であり，住戸によりばらつきがあるのは，厨房機器の使用頻度や冷蔵庫の容量や能力による影響が大きい．空調用（括弧内は冷房用）は 7%（4%），18%（2%），12%（4%），10%（7%），14%（4%）となる．2003 年は冷夏であったため冷房用は例年より少ないと考えられる．エネルギー消費量は各家庭のライフスタイルに負うところが多く，中でも空調用エネルギー消費は住宅によりバラツキ

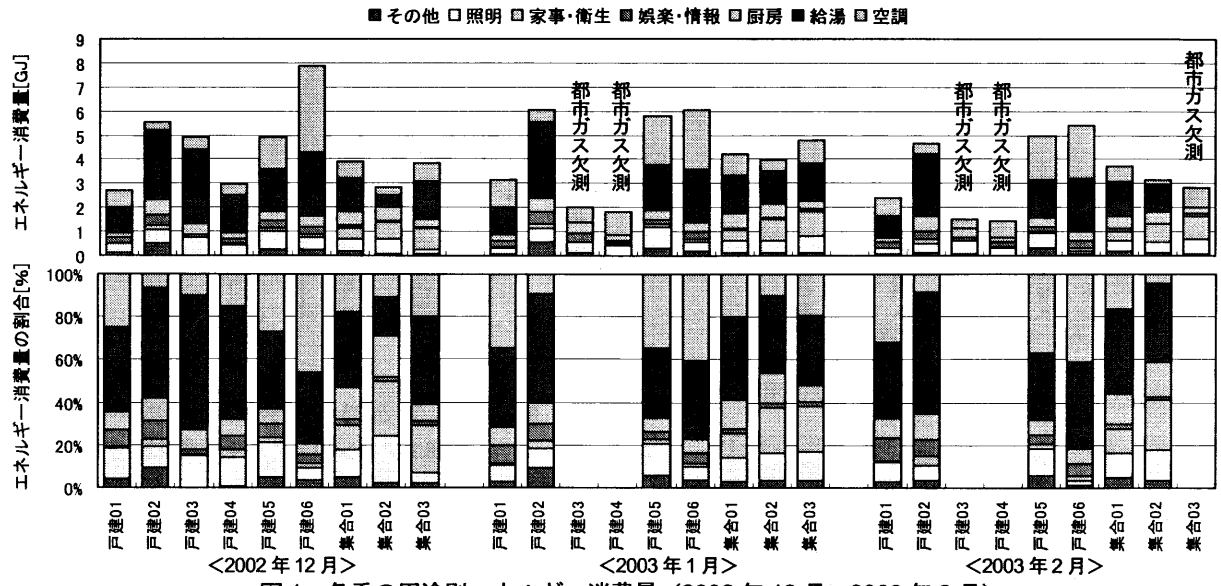


図1　冬季の用途別エネルギー消費量（2002年12月～2003年2月）

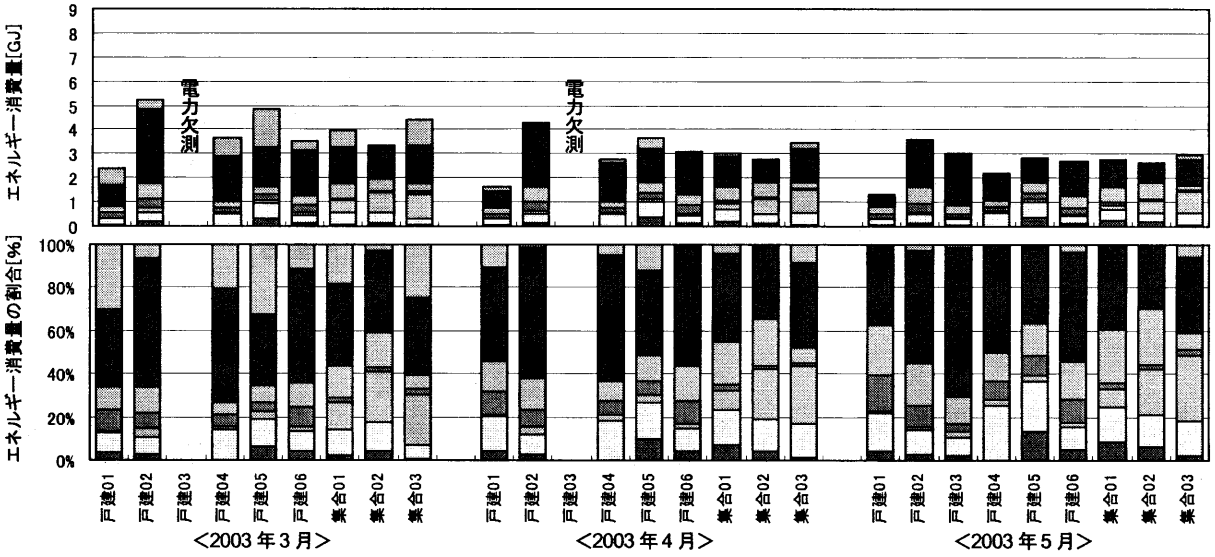


図2　中間季（春季）の用途別エネルギー消費量（2003年3月～2003年5月）

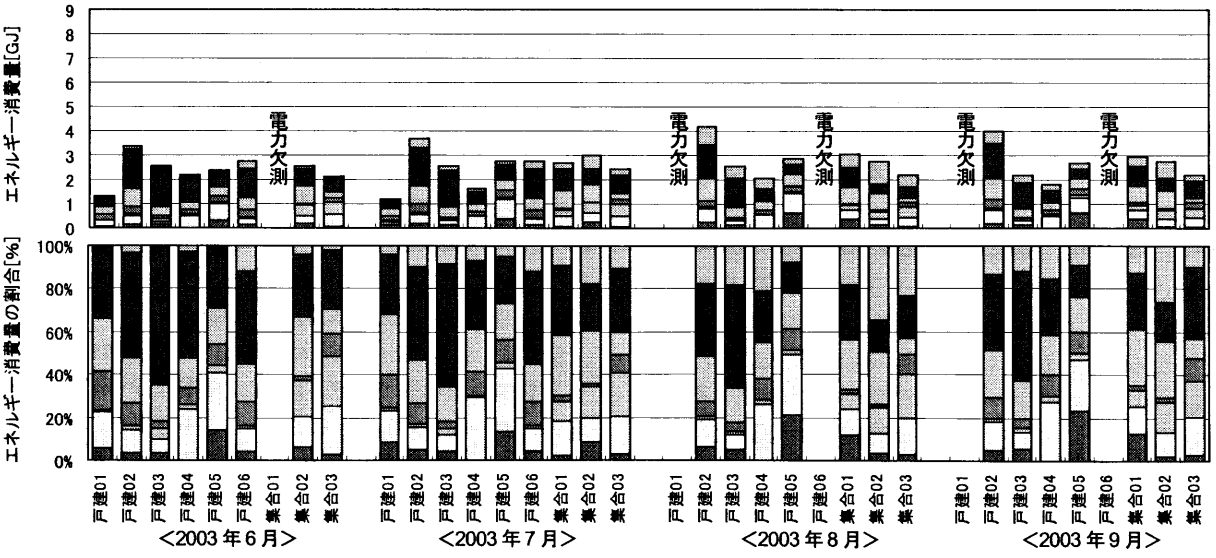


図3　梅雨季・夏季の用途別エネルギー消費量（2003年6月～2003年9月）

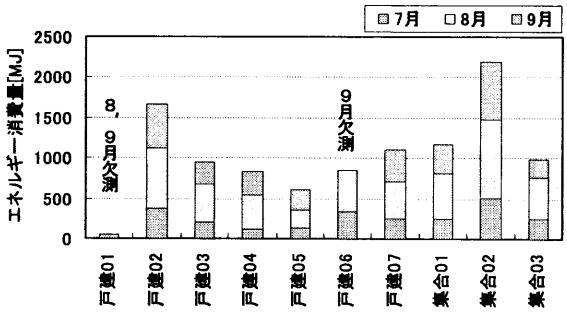


図4　冷房用エネルギー消費量

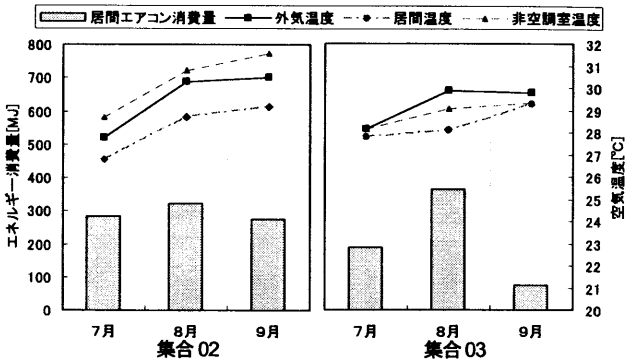


図5　集合02と03の冷房時の月平均空気温度と居間エアコンのエネルギー消費量

表6　集合02と03の熱損失係数と冷房使用状況（2003年7月～9月）

	熱損失係数 (W/m²·K)	機器名	機器性能容量[W]	使用時間[h]	エネルギー消費量[MJ]
集合02	3.5 最上階 端部	居間エアコン	1430	382	879
		和室エアコン	960	299	334
		洋室エアコン	1060	398	922
		扇風機	41	462	102
集合03	2.5 中間階 中央部	居間エアコン	1430	382	627
		和室エアコン	960	328	182
		洋室エアコン	1060	138	127
		扇風機	47	360	33

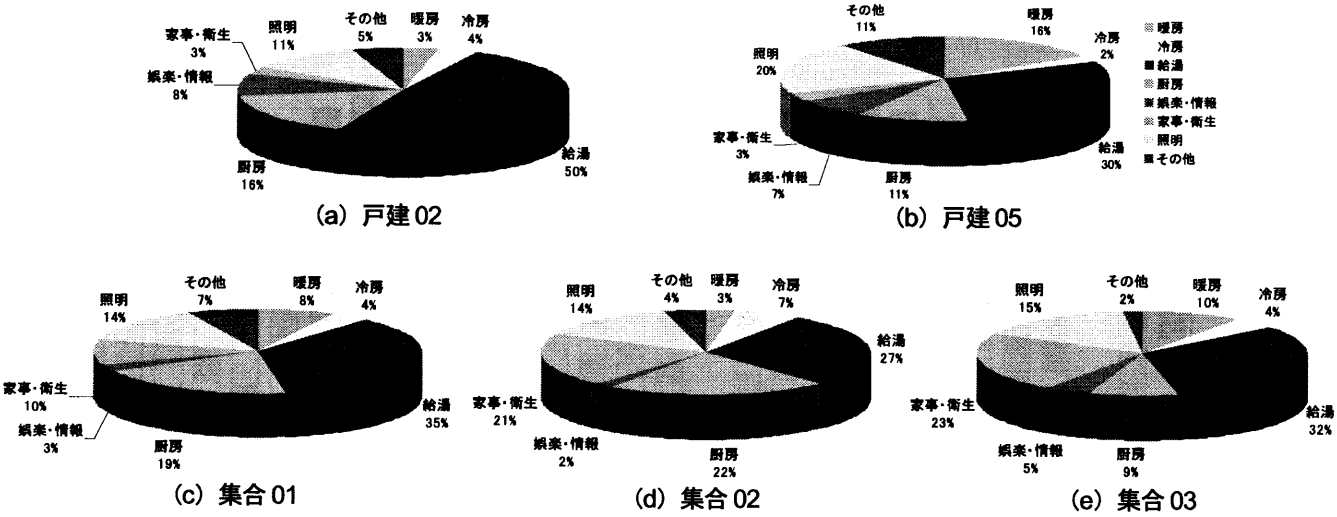


図6　年間エネルギー消費量の用途別割合

が大きい．例えば，戸建05は暖房用が17%と他の住宅よりも多い．理由として，この住宅の主な暖房方法は電気式床暖房である（使用時間が長い）ことが考えられる．一方，夏季は空調機器の使用を控えて通風を利用しているため，冷房用の割合は僅かに2%である．

集合01，集合02，集合03の家事・衛生用エネルギー消費量は，戸建02，戸建05より多い．戸建の家事・衛生用の割合は3%，1%であるのに対して，集合3件は10%，21%，23%にもなる．集合01には食器洗浄器と食器乾燥機，集合02と集合03には循環ホームバスが備えられており，それらが家事・衛生用エネルギー消費を増加させた原因と考えられる．また集合02と集合03では，循環ホームバスの使用状況の差（保温の設定温度や湯の洗浄回数）により給湯用エネルギーにも影響が出ている（シャワーの使用回数の差や湯はりの回数）．

5. 住宅の1日のエネルギー需要

給湯方式の違いによる住宅の日最大消費電力の年変動と，冬季，夏季におけるその発生状況と要因について検討する．ここでは，給湯に自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器，電気温水器，灯油ボイラーを使用した戸建01，戸建02，戸建05を例に考察する．

5.1 冬季（2002年12月～2003年2月）

(a) 戸建02［電気温水器採用住宅］

図7に，戸建02の日最大消費電力の年変動を示す．日最大消費電力は冬季では7～11kW，夏季は6～8kWであり，冬季は夏季に比べ変動が大きい．冬季と夏季の違いは，電気温水器による影響が大きく，給湯量や水温の差に起因すると思われる．

図8に冬季の日最大消費電力の発生時刻別分布を示す．日最大消費電力は深夜23時から早朝5時にかけて発生して

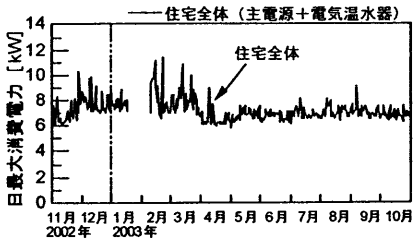


図7　戸建02の日最大消費電力（通年）
[2003年1月15日～2月6日は欠測]

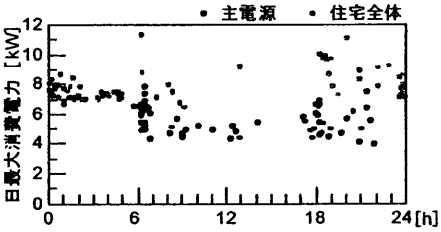
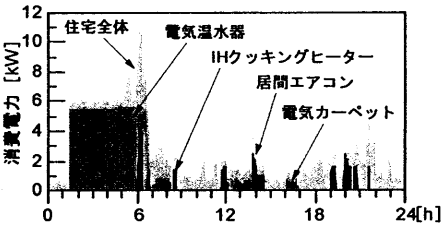
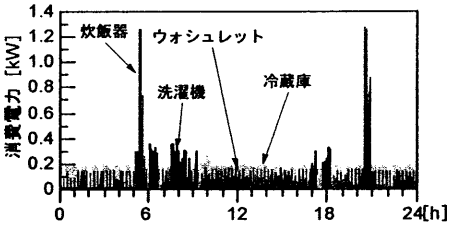


図8　戸建02における日最大消費電力の発生分布（冬季）



<2003年2月19日>
図9　戸建02の冬季消費電力
（住宅全体，空調用，厨房用）



<2003年2月19日>
図10　戸建02の冬季消費電力
（家事・衛生用，厨房用）

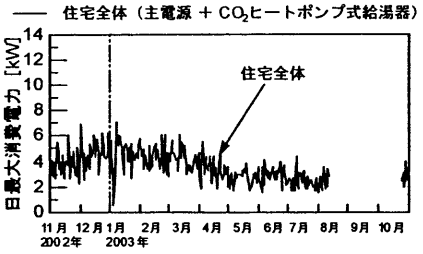


図11　戸建01の日最大消費電力（通年）
[2003年8月9日～10月19日は欠測]

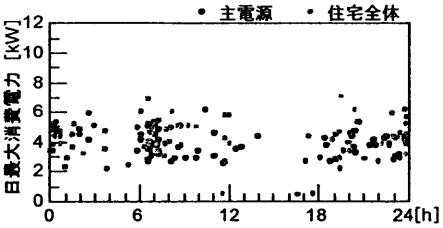
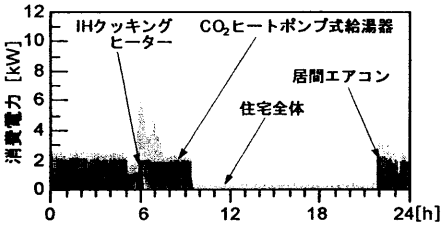
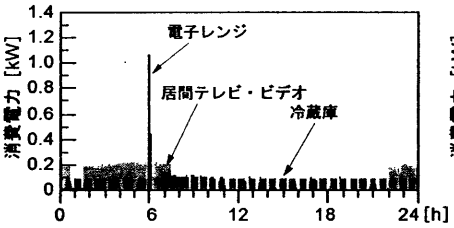


図12　戸建01における日最大消費電力の発生分布（冬季）



<2003年2月21日>
図13　戸建01の冬季消費電力
（住宅全体，空調用，厨房用）



<2003年2月21日>
図14　戸建01の冬季消費電力
（娯楽・情報用，厨房用）

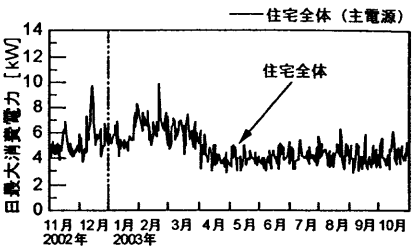


図15　戸建05の日最大消費電力（通年）

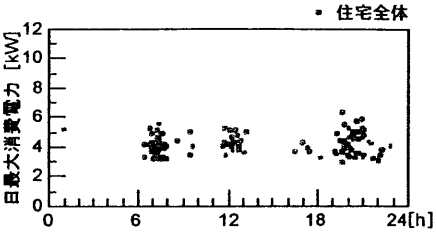
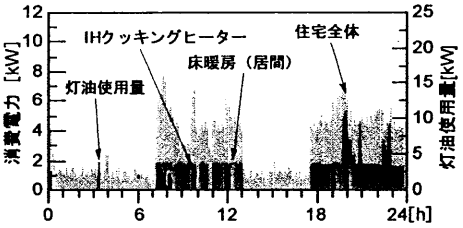
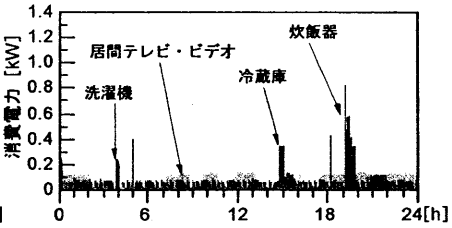


図16　戸建05における日最大消費電力の発生分布（冬季）



<2003年1月29日>
図17　戸建05の冬季消費電力
（住宅全体，空調用，厨房用）



<2003年1月29日>
図18　戸建05の冬季消費電力
（娯楽・情報用，家事・衛生用，厨房用）

いる．これは，深夜電力時間帯に電気温水器を使用して貯湯を行うためである．

図9，図10に戸建02の冬季における期間日最大消費電力が発生した日（2003年2月19日）の機器別消費電力を示す．電気温水器は深夜電力を使用して貯湯しており，その電力消費はほぼ一定の5.5kWである．暖房機器は電気カーペット(居間)とエアコンを使用しており，消費電力は0.8kW，1.2kW（立ち上がり時は2.8kW）である．IHクッキングヒーターは，使用時間は短いが調理時には2～4kWを消費している．0時から6時および18時から24時の日最大電力消費は，暖房機器と電気温水器が同時に使用された場合，および暖房機器とIHクッキングヒーターが同時に使用された場合にそれぞれ発生している．

(b) 戸建01 [CO_2ヒートポンプ式給湯器採用住宅]

図11に，戸建01の日最大消費電力の年変動を示す．戸建01の日最大消費電力は戸建02より小さく，冬季は3～7kW，夏季は2～3.5kWを示している．

図12に戸建01の冬季における日最大消費電力の発生時刻別分布を示す．戸建02と比較するとピーク時刻は分散しているが，6時から9時と19時から21時に発生することが多い．なお，最高は約7.0kW（20時頃）で，戸建02より約4.5kWも少ない．

図13，図14に戸建01の冬季における期間日最大消費電力が発生した日（2003年2月21日）の機器別消費電力を示

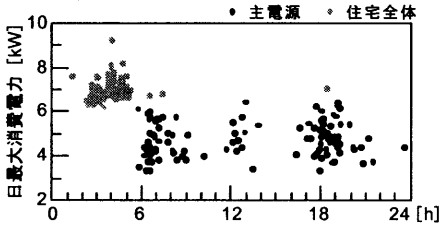


図19　戸建02における日最大消費電力の発生分布（夏季）

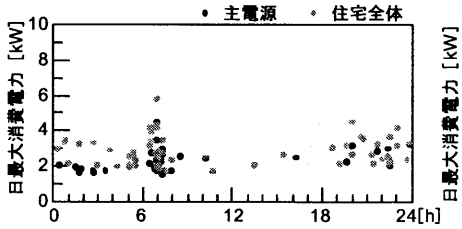


図22　戸建01における日最大消費電力の発生分布（夏季）

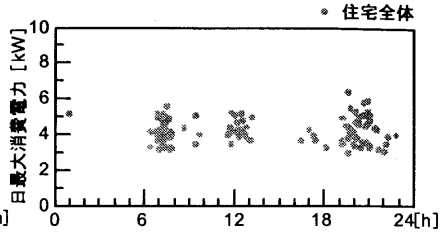


図25　戸建05における日最大消費電力の発生分布（夏季）

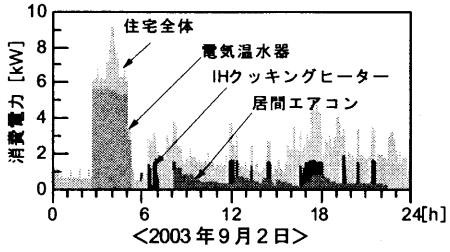


図20　戸建02の夏季消費電力（住宅全体，空調用，厨房用）

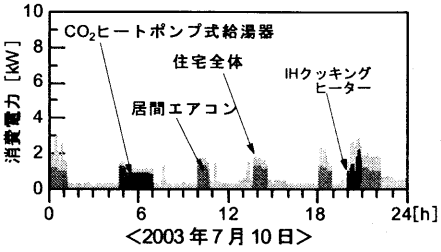


図23　戸建01の夏季消費電力（住宅全体，空調用，厨房用）

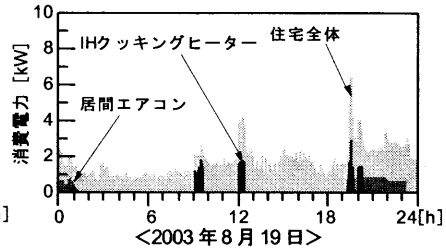


図26　戸建05の夏季消費電力（住宅全体，空調用，厨房用）

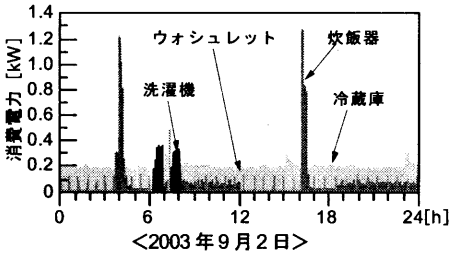


図21　戸建02の夏季消費電力（厨房用，家事・衛生用）

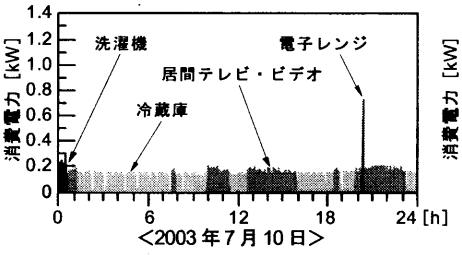


図24　戸建01の夏季消費電力（娯楽・情報用，厨房用，家事・衛生用）

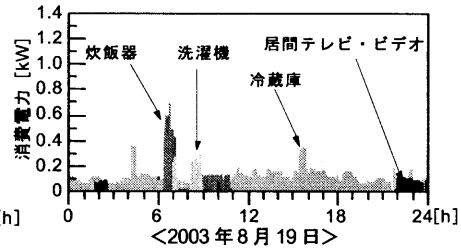


図27　戸建05の夏季消費電力（娯楽・情報用，厨房用，家事・衛生用）

す．CO_2 ヒートポンプ式給湯器の貯湯時の電力消費は約1.8kW で（深夜電力を使用），電気温水器（戸建 02）の約1/3 である．暖房はエアコンを使用しており，電力消費量は0.7～2.3kW である．電力消費の最も大きい機器は IH クッキングヒーターで，短時間ではあるが最高 3.1 kW にもなる．日最大消費電力は暖房機器と厨房機器が同時に使用されている時に発生している．

(c) 戸建 05［貯湯式温水器非採用住宅（灯油ボイラー）］

図 15 に，戸建 05 の日最大消費電力の年変動を示す．戸建 05 は灯油ボイラーを使用して給湯するため，住宅の日最大消費電力に給湯は関係しない．日最大消費電力は，冬季と春季は約 4～10kW，夏季と秋季は約 4～6kW である．

図 16 に戸建 05 の夏季における日最大消費電力の発生時刻分布，**図 17**，**図 18** に戸建 05 の冬季における期間日最大消費電力が発生した日（2003 年 1 月 29 日）の機器別消費電力を示す．電力消費量が最大となる時間帯はエアコンと床暖房が同時に使用されている．エアコンと床暖房の電力消費量はそれぞれ 1.2～1.8kW，0.8～1.8 kW である．クッキングヒーターは調理時は 0.7～3.0kW を消費している．戸建 01 と同じように電力消費のピークはこれらの機器の同時使用に起因している．住宅全体の電力消費量の多い時間は最大消費電力の発生時間と一致しており，2.5～6.5kW 程度である．

5.2 夏季（2003 年 6 月～9 月）

(a) 戸建 02

図 19 に戸建 02 の夏季における日最大消費電力の発生時刻分布，**図 20**，**図 21** に，消費電力が夏季最大となった日（2003 年 9 月 2 日）の機器別の消費電力を示す．戸建 02 は電気温水器を使用して貯湯するため，住宅の日最大消費電力は 3～5 時に集中している．その値は約 6～8kW であるが，2003 年 9 月 2 日には午前 4 時に 9.2kW を示している．戸建 02 の日最大消費電力は，電気温水器とその他の機器（9 月 2 日は炊飯器，冷蔵庫など）の併用により発生する．

(b) 戸建 01

図 22 に戸建 01 の夏季における日最大消費電力の発生時刻分布，**図 23**，**図 24** に消費電力が夏季最大となった日（2003 年 7 月 10 日）の機器別の消費電力を示す．戸建 01 の日最大消費電力は約 1.6～6kW で，6～8 時に発生することが多い．ただし，その分布は戸建 02 邸と比較すると分散している．電気温水器を使用した戸建 02 は給湯器の駆動時間に日最大消費電力となるが（電気温水器の消費電力が大きいため），ヒートポンプ式給湯器（**表 1** 参照）を使用した戸建 01 は，給湯器の消費電力が日最大消費電力に影響することは

少ない．戸建 01 の日最大消費電力は戸建 02 より遥かに小さく，その発生要因は IH クッキングヒーター，炊飯器などの調理機器，テレビやビデオなどの娯楽機器，および冷房機器の使用時間の集中による．

(c) 戸建 05

図 25 に戸建 05 の夏季における日最大消費電力の発生時刻分布，図 26，27 に消費電力が夏季最大となった日（2003 年 8 月 19 日）の機器別の消費電力を示す．戸建 05 の日最大消費電力は約 1.5～6kW で，朝・昼・夜のそれぞれ 6～8 時，11 時半～13 時半，19～23 時に集中的に発生している．戸建 05 の日最大消費電力は戸建 01 とほぼ同じで，その発生原因も IH クッキングヒーター，炊飯器などの調理機器，テレビやビデオなどの娯楽機器，および冷房機器の使用時間の集中による．

6.省エネルギー機器の効果

現在，住宅へ普及しつつある PV システムと自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器の省エネルギー効果について解析を行う．解析対象住戸は前者が戸建 05，後者は戸建 01，戸建 02，戸建 06，集合 01 とする．

6.1 PV システム

表 7 に PV システムの機器仕様，図 28 に 2003 年 8 月 19 日の PV システム発電量，および逆潮流分，図 29 に系統電力と PV システムからの電力供給量，図 30 に 2002 年 11 月～2004 年 1 月の戸建 05 における PV システムの月積算発電量（および逆潮流量）を示す．この日の最大発電量は 11 時 51 分で 3.2kW である．PV システムは朝 7 時頃から電力供給を行い，昼間は系統から買電しない時間帯も存在する．

また，PV システムの月積算発電量は 2003 年 5 月に最大 423MJ/月，2002 年 12 月に最小 160MJ/月を示す．PV システムによるエネルギー自給率（=PV システム発電量／住宅全体の消費電力量）は 2003 年 10 月に最大 56.4%，2002 年 12 月に最小 11.8%となり，年平均では 32.4%となる．

一方，住宅への電力供給量（=発電量－逆潮流量）は 3 月，8 月の 213MJ/月が最大である．この住宅の PV システムへの依存率（=PV システムの住宅への電力供給量／住宅全体の消費電力量）は，2003 年 9 月に最高 26.5%，2002 年 12 月に最低 8.2%となり，年平均は 17.5%を示した．

6.2 自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器

図 31 に戸建 01（自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器採用住宅）と戸建 02，戸建 06，集合 01（いずれも電気温水器採用住宅）の単位湯量当たりの給湯用エネルギー消費量を示す．なお，各住戸における給湯器能力は表 8 に示す．夏季においては，自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器は電気温水器に比べて 3 分の 1 から 2 分の 1 の電力消費量である．また，外気温度の低下に伴い COP が下がる冬季においても電気温水器に比べ電力消費量は小さい．使用する貯湯層の容量や湯の設定温度，使用する家族人数や住まい方などにより左右されるが，自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器の省エネルギー性が高いことが分かる．

7. 住宅の熱需要

ガスエンジンあるいは燃料電池による家庭用マイクロコージェネレーションシステムの開発が進んでいるが，それらを効率よく使用するには熱需要と電力需要を把握し最適な運転方法を検討する必要がある．そこで，以下では特徴的な住宅の熱電比について考察する．図 32 にエネルギー消

表 7　PV システム仕様

設置面積	30.8m^2
全出力	4.35kW
設置方位	南面，及び西面

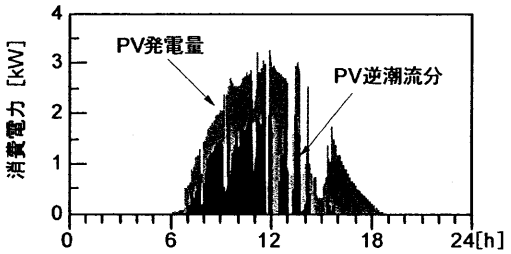


図 28　PV システム発電量

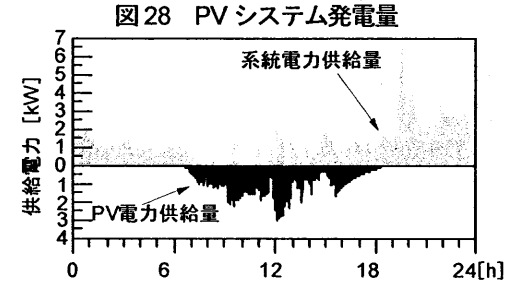


図 29　系統電力と PV システムの電力供給量

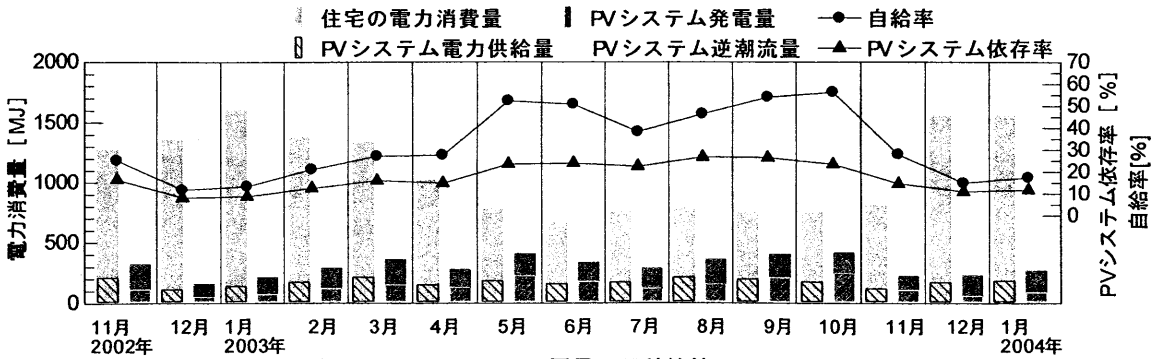


図 30　戸建 05 における PV システム発電量の月積算値（2002 年 11 月～2004 年 1 月）

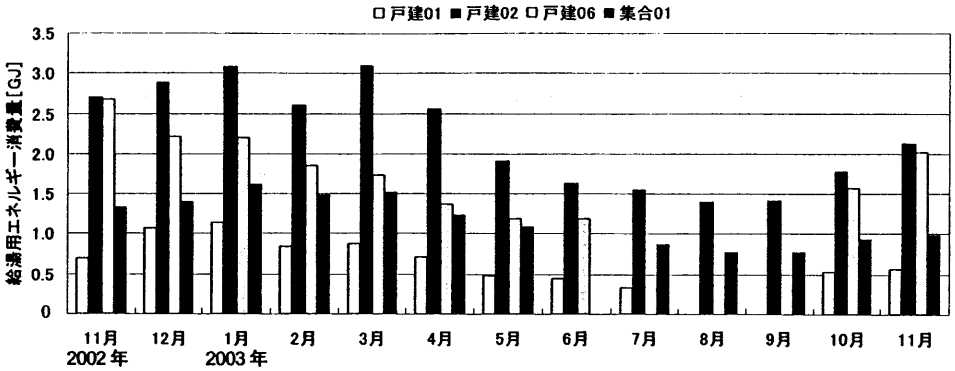


図31　自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器と電気温水器による エネルギー消費量の違い

表8　各住戸の給湯機器能力

	給湯器	容量	定格消費電力
戸建01	自然冷媒CO_2ヒートポンプ式給湯器	300L	1.3kW
戸建02	電気温水器	460L	5.4kW
戸建06	電気温水器	400L	5.0kW
集合01	電気温水器	370L	5.0kW

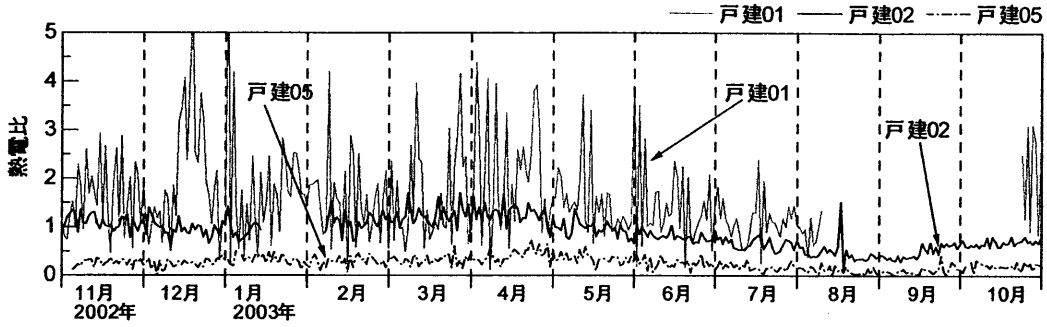


図32　戸建01，02，05の熱電比（2002年11月～2003年10月）

費量の日積算値から算出した戸建01，02，05の熱電比（＝熱需要／電力需要）の変動（2002年11月～2003年10月）を示す．熱電比はいずれの住宅も夏季に低い値を示しており，年平均で戸建01は1.89，戸建02は0.88，戸建05は0.25となる．戸建01は家族人数が2人で電力需要が少ないため，結果的に熱電比が高くなっている．一方，戸建02と05はいずれも家族人数は5人であるが熱電比は大きく異なる．戸建02と05はそれぞれ電気式給湯器，灯油ボイラーを使用しており，給湯方式の違いが熱需要に差を生じている．ここでは熱需要は給湯用エネルギー消費のみとしたが，温水式床暖房やデシカント空調などの給湯以外の熱利用を期待すると熱需要は多くなる．

8. むすび

九州北部において，家族構成や住まい方を考慮して住宅のエネルギー消費量の実測調査，および解析を行った．以下に得られた知見を示す．

1. 住宅のエネルギー消費量を用途別に分類すると，給湯用エネルギー消費量が全体の30～50%を占める．次に照明用，空調用，厨房用のエネルギー消費量が大きい．全用途において家族構成や住まい方によってエネルギー消費量が左右される部分が大きく，居住者の意識の持ち方によって省エネルギー化が図れる要素も多く存在している．
2. 給湯方式により，住宅のエネルギー消費の形態も全く異なる．電気温水器採用住宅は深夜時間帯に日最大消費電力が集中する傾向が強いが，自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器採用住宅では分散傾向にある．貯湯式温水器非採用住宅では，8時前後，12時前後，20時前後といった食事のだんらん時に集中する．しかしその発生要因は，空調機器や厨房機器の同時使用による影響が大きい．
3. 今後，住宅の省エネルギー化を図る上でPVシステムや自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器の役割は大きい．PVシステムを採用した住戸では，年間を通じて住宅全体の約17.5%のエネルギーをPVシステムで賄っていた．また，自然冷媒 CO_2 ヒートポンプ式給湯器は冬季にややCOPが低下するものの，年間を通じて電気温水器に比べ省エネルギーである．
4. 数年後に普及が見込まれる家庭用マイクロコージェネレーションシステムについて，それらを効率よく使用するために住宅の熱需要と電力需要の現状を確認した．給湯方式により格差はあるものの，現段階で十分な効果が期待できる住戸も存在した．しかし，排熱を給湯のみならず暖冷房用（温水式床暖房・デシカント空調）に用いることが出来るならば更なる熱需要が望め，コージェネレーションシステムの省エネルギーへの役割も大きくなると推測される．

[参考論文]

1) 資源エネルギー庁：施策情報，今後のエネルギー政策について
http://www.enecho.meti.go.jp/policy/energy/ene02a.htm

[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（社）日本建築学会に設置された「住宅内のエネルギー消費に関する全国的調査研究委員会」（委員長：村上周三 慶応義塾大学理工学部教授）の活動の一環として実施したものである。長期実測にご協力いただいた対象住戸の居住者の方々に深く感謝いたします。

（受理：平成16年6月17日）