

住宅を対象としたエネルギー消費量の測定システムの開発研究

DEVELOPMENT OF THE MEASUREMENT SYSTEM FOR ENERGY CONSUMPTION IN RESIDENTIAL BUILDINGS

村上周三 — *1 赤林伸一 — *2
絵内正道 — *3 吉野 博 — *4
飯尾昭彦 — *5 坊垣和明 — *6
銚井修一 — *7 渡辺俊行 — *8
坂口 淳 — *9

Shuzo MURAKAMI — *1 Shin-ichi AKABAYASHI — *2
Masamichi ENAI — *3 Hiroshi YOSHINO — *4
Akihiko IIO — *5 Kazuaki BOGAKI — *6
Shuichi HOKOI — *7 Toshiyuki WATANABE — *8
Jun SAKAGUCHI — *9

キーワード：
エネルギー消費量, 住宅, 温熱環境

Keywords:
Energy consumption, Residential buildings, Thermal environment

The Architectural Institute of Japan (AIJ) investigated the energy consumption in the residence of Japan from 2001 in 2004.

This report is outline of the measurement technique of energy consumption for a residence which was developed in the committee by this subject. By using this measuring technique, it is possible to evaluate the demand of the energy consumption in a residence.

1. はじめに

地球温暖化問題への対策として、年々増加する民生用のエネルギー消費量の抑制が強く求められている。住宅分野においても、エネルギー消費量の抑制の観点から「省エネルギー基準」の改正・強化が図られている。住宅の省エネルギー基準では、建物のシェルター性能（断熱・気密性能、日射調整、換気・冷暖房計画など）を向上させることにより、年間冷暖房負荷の低減を目的としている。しかし、実際の住宅で消費されるエネルギーは、冷房や暖房以外にも、給湯、照明、炊事、情報、通信など多様な用途に使用されており、住宅における省エネルギーを考える場合には、これらの実態を踏まえた総合的な省エネルギー対策が必要であると考えられる。

（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」では、平成13年度から平成16年度にかけて、全国各地域の住宅におけるエネルギー消費の実態を明らかにし、その評価手法の確立と予測モデルの開発を目的とした研究を実施している。本報では、上記委員会において開発した住宅内のエネルギー消費量の測定手法について報告する。

2. エネルギー消費量測定手法の概要

住宅で消費される総エネルギーの実態を詳細に把握するため、電気、ガス、灯油、室内温湿度の実測を行う。測定は建物のシェルター性能、ライフスタイルおよび世帯人数などと暖房、冷房、調理などの用途別エネルギー消費の関係を明らかにするため、表1に示す測定方法により行う。

2.1 電力消費量の測定

電力消費量測定は本委員会、東京電力㈱、日本ベンディング㈱¹⁾が開発し

た「使用電力情報収集システム」により行う。使用電力情報収集システムの概要を表2、計測システムの設置状況の例を写真1に示す。測定端末にはコンセ

表1 測定方法の概要

エネルギー源	測定方法
電気	測定箇所:分電盤 測定機器:分電盤用電力測定センサー(日本ベンディング製・1・MDT-T1型) 測定方法:測定機器を分電盤に設置し、1分毎の使用電力量[Wh]と電力ピーク値の測定を行い、無線により端末にデータを蓄積
	測定箇所:コンセント 測定機器:コンセント型電力測定センサー(日本ベンディング製・EPW3AR-T1型) 測定方法:測定機器をコンセントに設置し、1分毎の使用電力量[Wh]と電力ピーク値の測定を行い、無線により端末にデータを蓄積
	測定箇所:その他(屋外分電盤) 測定機器:クランプロガー(HIOKI製・3636) 測定方法:上記の無線によるデータ収集が不可能な場合、クランプロガーにより5分毎の負荷電流を測定
ガス	測定箇所:ガスメーター 測定機器:ガスメータ(金門製作所製・TSLOG-NS-L) 測定方法:測定機器を屋外ガスメータに設置し、5分毎のガス消費流量[m ³]の測定
	測定箇所:灯油タンク 測定機器:流量計(オーバル製・LSN39P8-T3)、パルスロガー(HIOKI製・3639) 測定方法:灯油タンクに流量計とパルスロガーを設置し、5分毎の灯油消費量[ℓ]の測定を行う
灯油	測定箇所:開放型石油ストーブ 測定機器:パルスロガー(HIOKI製・3639) 測定方法:開放型石油ストーブの電磁ポンプにパルスロガーを設置し、5分毎の灯油消費量の測定を行う
	測定箇所:空調室(居間) 測定機器:温湿度ロガー(HIOKI製・3641) 測定方法:日射・空調機などの影響のない床上1.1m付近に設置し、15分毎の温湿度[℃、%]の測定を行う
温湿度	測定箇所:非空調室 測定機器:温度ロガー(HIOKI製・3632) 測定方法:日射・空調機などの影響のない床上1.1m付近に設置し、15分毎の温度[℃]の測定を行う
	測定箇所:水道水(トイレ水タンク) 測定機器:温度ロガー(HIOKI製・3633) 測定方法:トイレ水タンク内に付属の温度センサー(防水使用)を設置し、15分毎の温度[℃]の測定を行う
	測定箇所:レンジフード 測定機器:温度ロガー(HIOKI製・3632) 測定方法:ガス使用住宅など調理用エネルギー使用量が給湯用エネルギー使用量などと分離できない場合、レンジフードの側面もしくは内面に設置し、15分毎の温度[℃]の測定を行う

*1 慶應義塾大学理工学部 教授・工博

*2 新潟大学大学院自然科学研究科 教授・工博

*3 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博

*4 東北大学大学院工学研究科 教授・工博

*5 日本女子大学家政学部 教授・工博

*6 独立行政法人建築研究所 研究総括監・博士(工学)

*7 京都大学大学院工学研究科 教授・工博

*8 九州大学大学院人間環境学研究院 教授・工博

*9 県立新潟女子短期大学 助教授・博士(工学)

(〒950-8680 新潟市海老ヶ瀬471)

*1 Prof., Faculty of Science and Technology, Keio Univ., Dr. Eng.

*2 Prof., Division of Science and Technology, Graduate of Niigata Univ., Dr. Eng.

*3 Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.

*4 Prof., Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.

*5 Prof., Dept. of Housing of Arch., Japan Women's Univ., Dr. Eng.

*6 Executive Director for Building Research, Building Research Institute, Dr. Eng.

*7 Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto Univ., Dr. Eng.

*8 Prof., Faculty of Human-Environment Studies, Kyushu Univ., Dr. Eng.

*9 Assoc., Prof., Niigata Woman's College, Dr. Eng.

ント接続型測定器（写真1(1)）と分電盤用測定器の2種類がある。分電盤型は分電盤で分岐された電力配線ごとにクランプを使用し測定する。コンセント接続型は家庭用電源コンセントに測定器を設置し、コンセント型測定器に接続された家電機器の電力消費量を測定する。コンセント型では分電盤型では分離できない個別の家電機器の電力消費量を測定する。分電盤型とコンセント型のそれぞれで測定する電力消費量は、1分毎に積算電力量 (Wh) とピーク電力 (W) を記録する。電力測定システムは、分電盤型とコンセント型で測定したデータを、無線により住宅内に別途設置した通信端末器に送信し、測定データをコンパクトフラッシュカードまたは通信端末機に接続されたコンピュータ内のディスクに記録する。また、深夜電力など屋外に住宅内とは別の分電盤が設置され、無線によるデータ収集が困難な場合には、クランプ型のメモリ付電流測定器により5分毎の電力消費量を測定する。

2.2 ガス消費量の測定

写真1(4)にガス消費量測定器を示す。ガス消費量の測定は、ガスメータのメータ表示部においてメータ表示値を光学的に読み取る測定器を取り付け、5分間毎の消費量 (m³) を測定する。

2.3 灯油消費量の測定

灯油は、屋外の灯油タンクから暖房や給湯に灯油が供給されている住宅では、配管部に流量計を設置しパルスロガーにより5分毎の消費量 (ℓ) を測定する。写真1(5)にロガーの設置状況を、写真1(6)に灯油タンク下部配管に設置した灯油消費量測定ロガーを示す。

開放型の灯油ファンヒータを使用している住宅では、市販のファンヒータを電磁ポンプの信号が出力できるように改造し、電磁ポンプ出力信号をパルスロガーにより5分間隔で計測し、消費流量に換算する。写真1(7)にファンヒータに接続したパルスロガーを示す。電磁ポンプのパルスと灯油消費量の関係については、事前に実験を行い、ファンヒータ毎に出力信号1パルスの灯油消費量を求める。

2.4 温湿度の測定

住宅の温湿度の状況は冷暖房などのエネルギー消費量に大きく影響するため、空調室(居間)の温湿度と非空調室の温度を床上1.1m付近で15分毎に計測する。水道水の温度は給湯用エネルギー消費に影響するため、トイレの水洗タンク内の水温を15分毎に計測する。レンジフード部の温度は、調理と給湯にガスを使用している住宅の場合、住宅全体のガスの消費量を各用途に分類するために、レンジフード内で15分毎に計測する。写真1(8)に温湿度測定ロガーの外観を示す。

3. エネルギー消費量測定結果

本システムで測定した住宅内のエネルギー消費量の測定結果の一例を示す。

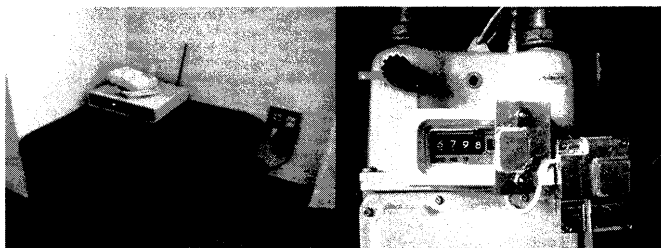
3.1 用途別エネルギー消費量の年・月積算値

用途別エネルギー消費量の測定結果の例として、図1、2に新潟県の戸建住宅(北陸戸建05)と集合住宅(北陸集合04)の月積算値を示す。月積算値が最大となるのは、北陸戸建05住宅では2004年1月の約12.5GJ、北陸集合04住宅では2003年1月の約6.5GJ、最小となるのは北陸戸建05が9月の約3.0GJ、北陸集合04住宅が7月の約1.5GJである。両住宅とも最も消費量の多い用途は、12月～3月では暖冷房・換気、他の月では給湯である。暖冷房・換気、給湯用エネルギー消費量は他の用途に比べ季節による変化が顕著である。



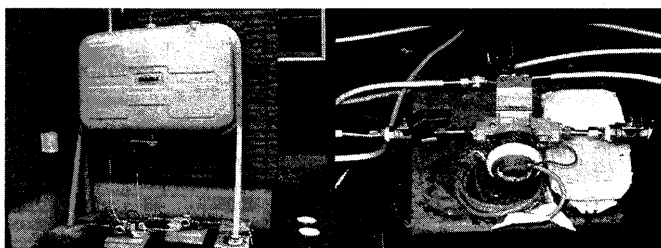
(1) コンセント型測定器

(2) 分電盤型測定器



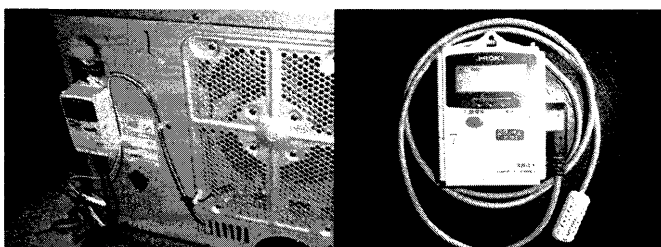
(3) 通信端末機

(4) ガス消費量測定器



(5) 灯油タンク

(6) 灯油消費量測定ロガー



(7) ファンヒータ用ロガー

(8) 温湿度測定ロガー

写真1 測定機器の外観

表2 使用電力情報収集システムの仕様

分電盤電力量測定センサ

- (1) 測定対象
単相2線式(分電盤内部)・単相3線式(分電盤内部)
- (2) 測定範囲(1回路当たり)
電力 単相2線式 13.3W~10kW・単相3線式 13.3W~20kW
電力量 単相2線式 0W~166.7kW・単相3線式 0W~166.7kW
- (3) 測定精度: JIS 2.5級相当
±2.0[%]以内(力率1,電圧100[V],周波数50/60[Hz],CT毎の負荷電流3.3~100[A])
±2.5[%]以内(力率0.5,電圧100[V],周波数50/60[Hz],CT毎の負荷電流6.7~100[A])
- (4) 測定周期: 1分毎積算電力量および1分毎ピーク電力値
- (5) 測定回路数
一つの装置で最大14回路のデータを処理することが可能

コンセント電力量測定センサ

- (1) 測定対象
単相2線式(コンセント)
- (2) 測定範囲
電力 0.3W~1650W
電力量 0W~166.7kW
- (3) 測定精度: JIS 2.5級相当
±2.0[%]以内(力率1,電圧100[V],周波数50/60[Hz],負荷電流0.5~15[A])
±2.5[%]以内(力率0.5,電圧100[V],周波数50/60[Hz],負荷電流1~15[A])
- (4) 測定周期: 1分毎積算電力量および1分毎ピーク電力値

3.2 夏季・冬季の用途別エネルギー消費量の日変化

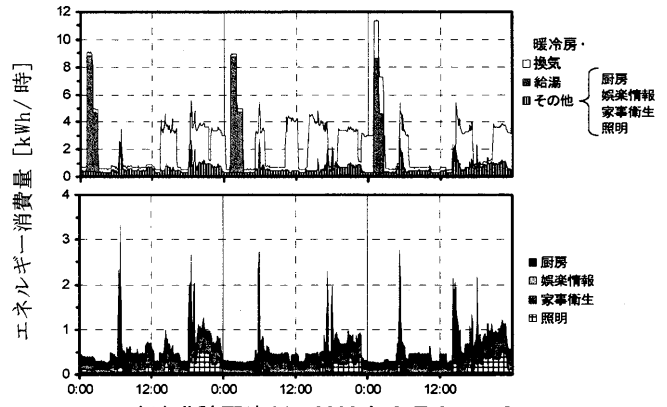
図3に最暑日の用途別エネルギー消費量の日変化を示す。ここで示すエネルギー消費量は機器の運転状況を見やすくするため、5分毎に出力した5分間の積算エネルギー消費量を12倍し、[kWh/時]の単位で示す。北陸戸建01は全電化戸建住宅であり給湯に深夜電力を利用していることから、深夜に4.2~8.4kWh/時の電力消費量がある。北陸戸建05は給湯に灯油ボイラーを利用しており、使用時に最大約30kWh/時のピークを示す。空調(冷房・換気)は北陸戸建01で断続的に4kWh/時前後の電力消費量がある。他の用途のエネルギー消費は、両住宅とも朝と夜に照明用電力が発生し、日中のエネルギー消費量と比較して朝晩に厨房、家事衛生用電力が増加している。

図4に北陸戸建01と北陸戸建05における最寒日の用途別エネルギー消費量の日変化を示す。給湯のエネルギー消費パターンは夏季と同様であるが、消費量は冬季の方が多い。北陸戸建01では深夜蓄熱式暖房機を利用していることから、深夜に最大17kWh/時の電力消費がある。北陸戸建05では灯油FF式ファンヒーターと開放型灯油ファンヒーターで必要時に個別の暖房をしており、深夜を除く時間帯に8kWh/時前後の断続的な灯油消費量がある。他の用途のエネルギー消費量は、夏季と同様の生活時間帯に消費量が発生し、厨房用電力消費によりピークが形成されている。

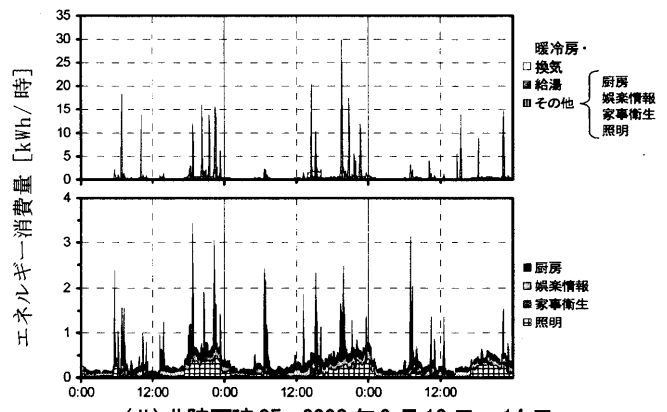
3.3 空調用エネルギー消費量

(1) 夏季測定結果の例

図5に、全電化戸建住宅(北陸戸建08)における最暑日の温湿度と冷房機器の消費電力を示す。この住宅ではヒートポンプ式エアコンが、DK、リビング、寝室、洗面所の各室に設置されている。外気相対湿度は、40%~90%の範囲に入り、冷房されていない時間帯の居間の相対湿度は外気に近い状態を示す。冷房されている時間帯では、外気との差が大きくなり、居間の相対湿度は60%前後の値となる。外気温は20℃~35℃の範囲に入り、居間及び非空調室の温度も外気温とほぼ同様である。夜間の居間及び非空調室の温度は、外気温に比べ高い値となる。非空調室の温度は、冷房運転時には居間に比べやや高い。冷房運

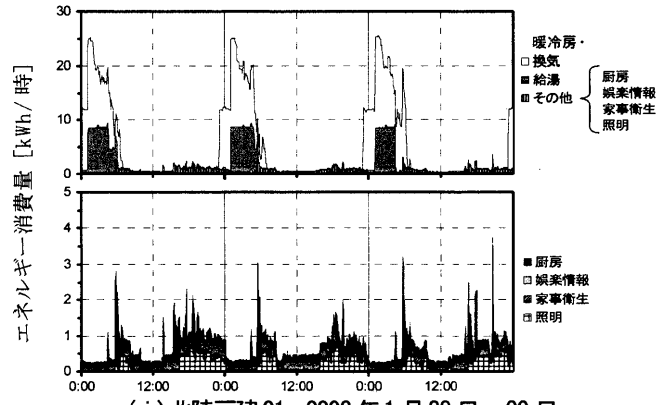


(i) 北陸戸建01 : 2003年8月6日~8日

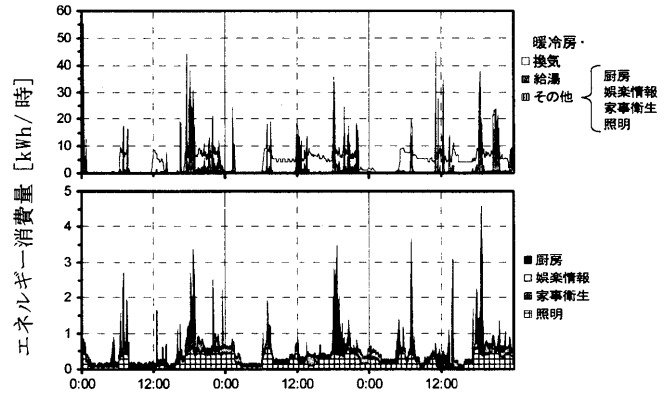


(ii) 北陸戸建05 : 2003年9月12日~14日

図3 最暑日における用途別エネルギー消費量の日変化



(i) 北陸戸建01 : 2003年1月28日~30日



(ii) 北陸戸建05 : 2003年1月28日~30日

図4 最寒日における用途別エネルギー消費量の日変化

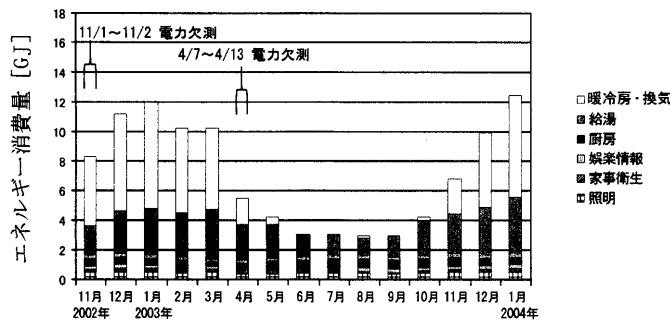


図1 戸建住宅における用途別エネルギー消費量月積算値 (北陸戸建05)

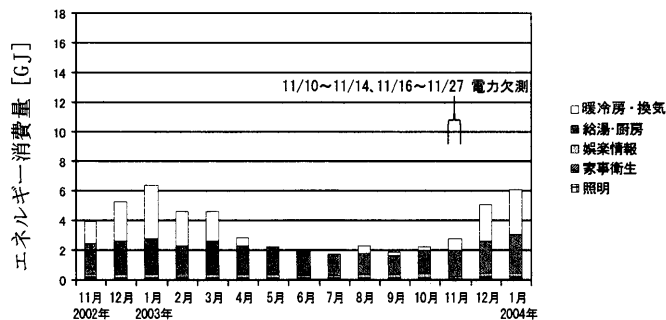


図2 集合住宅における用途別エネルギー消費量月積算値 (北陸集合04)

転時の電力消費量の最大値ほどのエアコンも1kWh以下である。最暑日には冷房が24時間運転されているが、外気温が上昇する12時頃のDKの冷房用電力消費が増加している。

(2) 冬季測定結果の例

図6に、全電化戸建住宅(北陸戸建01)の最寒日における温湿度と暖房機器の消費電力を示す。この住宅の暖房機器は、深夜電力を利用した蓄熱式暖房機(潜熱蓄熱式床暖房と顕熱蓄熱式暖房機)が設置されている。外気相対湿度は、50%~90%の範囲に入り、居間相対湿度は40%前後で安定した値を示している。外気温は、-5℃~10℃の範囲に入り、居間の温度は20℃~25℃の範囲で安定している。冬季の非空調室では、居間で5℃~10℃程度の温度差が生じている。しかし、非空調室の温度は、一日を通じてほぼ15℃以上の値を示している。

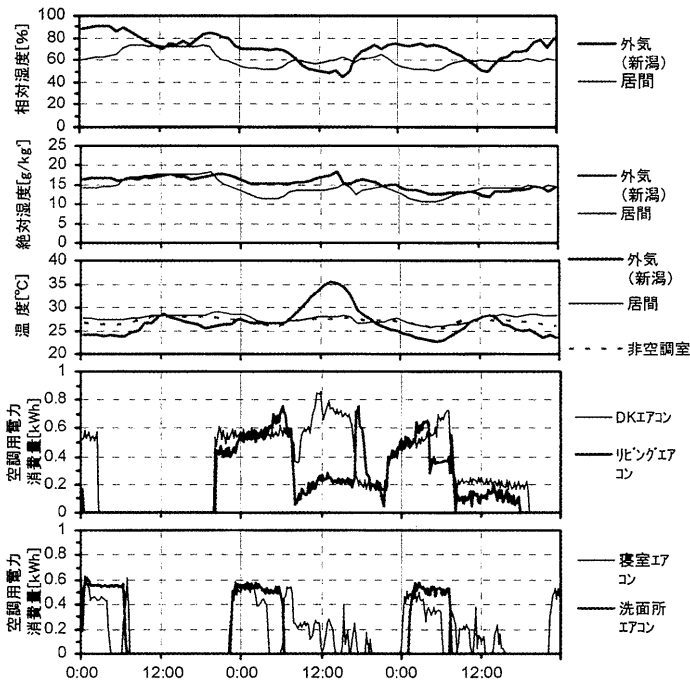


図5 最暑日における温湿度と冷房機器の消費電力量 (2003年9月12日~14日) (北陸戸建08)

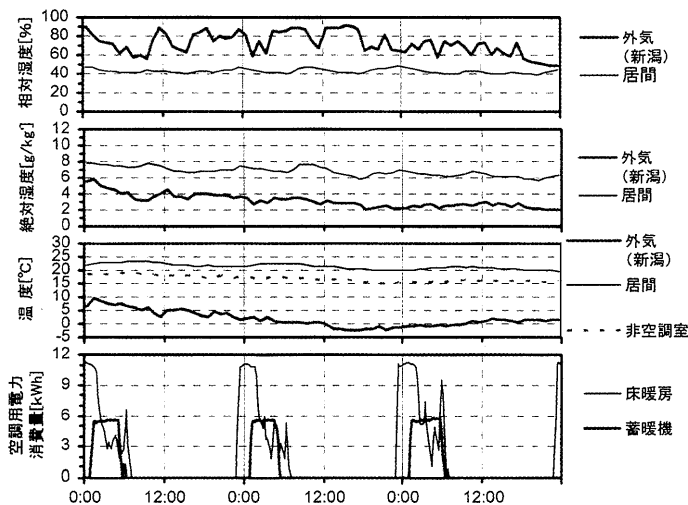


図6 最寒日における温湿度と暖房機器の消費電力量 (2003年1月28日~30日) (北陸戸建01)

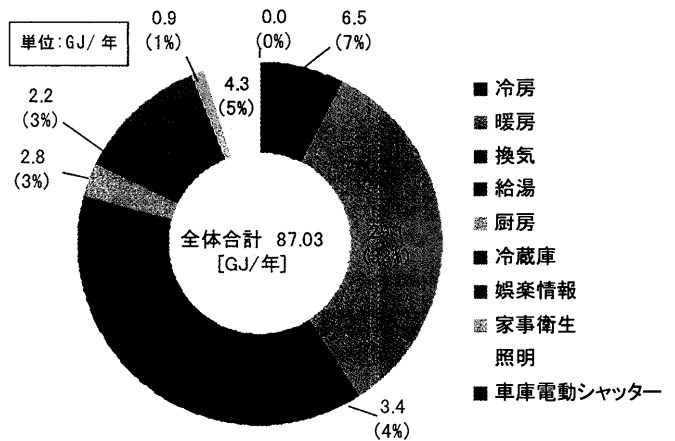


図7 年間積算エネルギー消費量 (北陸戸建01) (2004年1月~2004年12月)

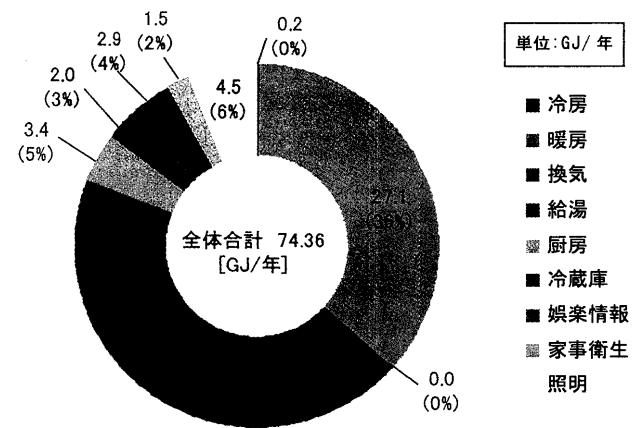


図8 年間積算エネルギー消費量 (北陸戸建05) (2004年1月~2004年12月)

3.4 年間積算エネルギー消費量

年間積算エネルギー消費量の測定結果の一例として、図7に北陸戸建01、図8に北陸戸建05の結果を示す。年間積算エネルギー消費量は北陸戸建01で87.03GJ/年、北陸戸建05で74.36GJ/年であり、給湯と暖房のエネルギー消費量がそれぞれ全体の約3割をしめている。

4. まとめ

本報では、住宅内のエネルギー消費量の測定手法について報告し、測定結果の一例を示した。

謝辞

本研究は国土交通省、東京電力、中部電力、関西電力、九州電力から委託を受け、(社)日本建築学会学術委員会「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:村上周三慶應義塾大学教授)」の活動の一環として実施したものである。また、本研究を行うに当たり居住者の方々や工務店の各位の協力を得た。調査やデータ集計では、前真之 独立行政法人建築研究所、羽山広文 北海道大学助教授、三田村輝章 足利工業大学講師、長谷川兼一 秋田県立大学助教授、室恵子 足利工業大学助教授、井上隆 東京理科大学教授、山岸明浩 信州大学助教授、尾崎明仁 北九州市立大学助教授、堤純一郎 琉球大学教授他多数の皆様にご多大なる協力を得た。関係各位に深く感謝の意を表します。

注

1) 日本ペンディング社は廃業しており、(株)システムアートウェアが現在製造、メンテナンスを引き継いでいる。

[2005年4月20日原稿受理 2005年7月22日採用決定]