

# 次世代型省エネ住宅における温熱環境とエネルギー消費量

## — その2 夏期実測結果と年間エネルギー消費量 —

中村 聡\* 福田 淳\* 伊沢 輝\*\* 植野 修一\*\*\*

**要約：** サステイナブル住宅への関心が高まる中、生活環境の質を低下させることなく省エネルギー化を図り、快適で環境負荷が小さい住宅への要求性能は、ますます高くなっていくと考えられる。そこで、高気密・高断熱を可能にするRC造外断熱技術と、その熱特性を活かした暖冷房システムを開発し、温暖地に建つ住宅に対して適用した。前報では、建物概要と暖房時の温熱環境、エネルギー消費量について報告した。

本報は4種類の冷房パターンでの各室の室温変動とエネルギー消費量の変化と年間の用途別エネルギー消費量について報告する。その結果、①冷房能力4.5kW、暖房能力5.6kWの小容量空調機1台で175㎡の全館冷暖房が可能である、②冬期の室内温度変動幅は約7℃で、外気温変動幅の約40%、室内湿度は約30~60%の範囲内である、③夏期の室内温度変動幅は約4℃で、外気温変動幅の約20%で、室内湿度は45~80%の範囲内である、④年間の全消費電力量は16,000kWh前後で、暖冷房用電力消費量は約3,400kWh(全消費電力量の約21%)であった。

**キーワード：** 高断熱・高気密、住宅、省エネルギー、空調負荷

- 目次：**
- 1. はじめに
  - 2. 建物および空調設備の概要
  - 3. 実測の概要
  - 4. 実測結果
  - 5. 年間の温湿度変動とエネルギー消費量
  - 6. まとめ

### 1. はじめに

地球環境保全の観点から住宅建設分野ではサステイナブル住宅への関心が高まる中で、建築的、設備的な対応技術を組み込んだ住宅商品が多く見受けられ、今後も生活環境の質を低下させることなく省エネ化を図り、快適で環境負荷が小さい住宅への要求は、ますます高くなっていくと考えられる。この様な背景から、RC造戸建て住宅の高気密・高断熱化を可能にする外断熱の技術、および外断熱の特性を生かした冷暖房方法を開発し、神奈川県川崎市に建設したRC造戸建て住宅に適用した。前報<sup>1)</sup>ではこの住宅の建築、設備の概要、および暖房時の室内温熱環境と暖房用エネルギー消費量に関する実測結果について報告した。本報では、暖房と同様に4種類のパターンで冷房運転した場合の室温変動、冷房用エネルギー消費量、および年間を通じた室内温湿度、用途別エネルギー消費量の実測結果について報告する。

### 2. 建物および空調設備の概要

建物概要を表1に、平面および断面を図1に、空調機器等の仕様を表2に示す。また、空調概念図を図2に示す。空調機は2階納戸に設置し、各居室への給気は2階が床吹き出し、1階および地階が壁上部、または天井吹き出しとして、冷房能力4.5kWのエアコン1台で居住域(175㎡)を空調する計画である。なお、断熱仕様、風量等の詳細については前報<sup>1)</sup>を参照されたい。

表1 建物概要

建設地	神奈川県川崎市宮前区
規模	敷地面積：150.5㎡，延床面積：192.36㎡
構造	RC造 地下1階，地上2階 薄肉壁床構造

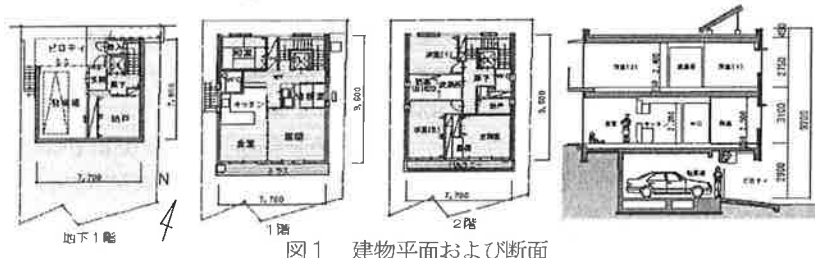


図1 建物平面および断面

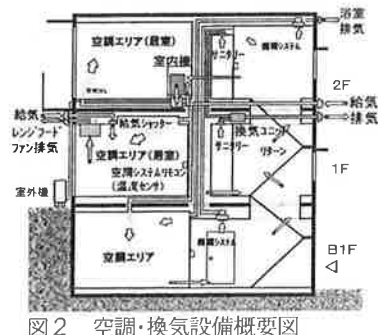


図2 空調・換気設備概要図

表2 空調機および換気ユニットの仕様

空調機	能力	冷房	4.5kW
		暖房	5.6kW
換気ユニット	風量	750m <sup>3</sup> /h	
	方式	セントラル排気方式	
	熱回収方式	冷媒による熱回収	
	排気箇所	トイレ、洗面所	
除湿制御	再熱方式	(再熱は冷凍サイクル)	
	循環ファン	風量	100m <sup>3</sup> /h×2台

3. 実測の概要

夏季の実測は、2002年7月中旬～8月中旬に行った。

実測期間中に行った冷房パターンは表3に示す通りで、1パターンの期間は1週間である。パターンAは終日冷房(設定温度25℃)、パターンBは就寝時の設定室温を27℃に変更した場合、パターンCはBと同様の室温設定で且つ各室毎に風量制御を行った場合、パターンDは躯体の蓄熱効果を期待し、冷房運転を一定時間停止させた。パターンB・Cにおける室温設定の変更およびパターンDにおける就寝時の風量調節は居住者による手動変更としたため、室温変更時刻ならびに各室ダンパー開度は日によって若干異なる。なお、風量制御パターン設定、各室の温度測定、空調機の消費電力量計測は前報<sup>1)</sup>と同様の機器を使用した。

4. 実測結果

図3～5は、各冷房パターンにおける各階の代表的な居室の室温変動(上段)、空調機電力消費量の時間変化(下段)を示したものである。各室の平面位置は図1の通りである。

4.1 各冷房パターンの室温変動

図3はパターンAの代表日における各室温変動状況を示したものである。洋室1(2階北側)および洋室2(2階南側)の平均室温は26.2℃程度で、室温変動幅は0.7～1.0℃(25.8～26.8℃)である。南面は庇により日射遮蔽されているため、洋室1,2の温度変動に大きな差は見られない。居間の平均室温は約25℃でほぼ設定温度に達している。窓面積が大きい居間の室温変動巾は1.0～1.3℃程度で、バルコニーによる日射遮蔽や真空トリプルガラスの高断熱性により非常に小さくなっている。

また、各室間の温度差も1℃程度で小さく住戸内のバリアフリー空調が良好になされている。この結果から、24時間連続冷房運転では、冷房能力4.5kW(暖房能力5.6kW)の小容量空調機で居室面積175m<sup>2</sup>の全館空調(冷房)が十分可能であることがわかる。

パターンBは、就寝時の室温設定を2℃上昇させ27℃にし、よりユーザーの要求に近い状況において冷房運転を行った。図4はパターンBの代表日における各室の室温変動を示したものである。洋室1,2の冷房時の平均室温はパターンAと同程度であるが、就寝時に設定室温を27℃設定

表3 各冷房パターンの設定

冷房パターン	稼働時間	設定室温	各室ダンパー制御
A	0～24時(24h)	25℃	100%開
B	6～23時(17h)	25℃	100%開
	23～6時(7h)	27℃	
C	6～23時(17h)	25℃	風量制御 70or100%開
	23～6時(7h)	27℃	
D	5～11時(6h)	—	(換気のみ)
	11～5時(18h)	25℃	

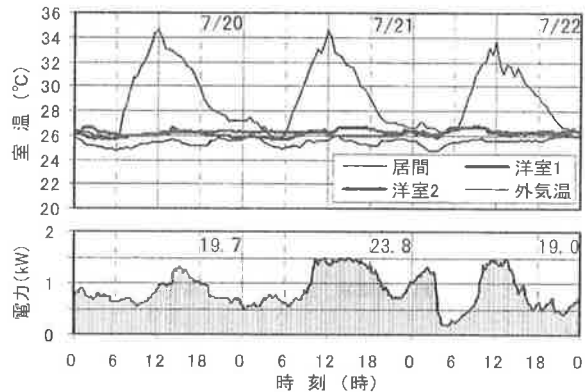


図3 連続冷房時(パターンA)の室温と消費電力量の変化

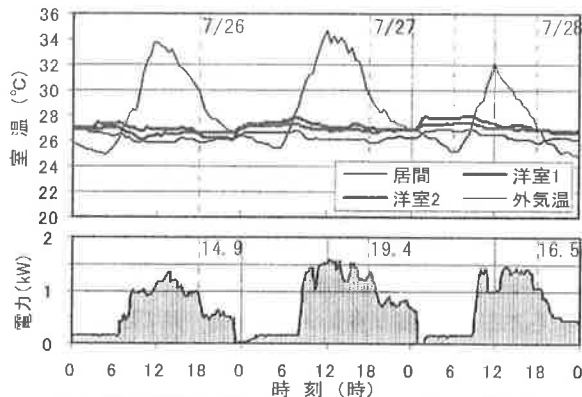


図4 間欠冷房時(パターンB)の室温と消費電力量の変化

にしたことにより空調機のコンプレッサーが停止し送風運転に移行した結果、翌朝(冷房運転開始前)の室温は27～28℃になっている。冷房停止後の室温上昇は1.0～1.5℃と小さく、28℃以下に留まっており蓄熱効果によって室温上昇が抑えられていると考えられる。

1階居間の温度変動も洋室1,2と同様であり、冷房時の平均室温は26℃程度で変動幅は1℃前後である。夜間に送風運転に移行した状況下においても、翌朝の冷房作動時前(6～8時)の室温は、27℃を維持し、温度上昇幅は1.0～1.5℃程度で、高断熱仕様と外断熱による室内側コンクリートの熱容量の効果が表れている。

図5はパターンCの代表日における各室の室温変動を示したものである。パターンCでは各室の風量制御を行った

結果、居間の室温はパターンBとほぼ同程度であるが、洋室1,2の室温が全体的に上昇している。両室とも成人した子供が使用しており、照明器具の種類および電気器具使用量が多かったため、29℃近くになることもあった。これは夜間の就寝時間帯は風量を70%に低下させる設定のため、室温の上昇を助長したと考えられるが、それによる他室への影響はほとんど見られない。

冷房時の風量制御は、外壁および窓の高断熱性と南面の日射遮蔽性能の高さから南側居室と北側居室の負荷に大きな差を生じなかったため、暖房時に見られた南北の室間の室温差を緩和する状況ではなかった。しかし、各室間の温度差は最大でも2℃程度であり、各室の使用状況に応じた個別風量制御による室温調節が可能であると考えられる。

図6はパターンDの代表日における各室の室温変動を示したものである。パターンDでは早朝5時から11時において空調機を停止させている。躯体の蓄熱効果により大きな室温の変動は見られないが、外気温の上昇に伴い室温も上昇し、空調機が作動する11時頃には南側の洋室2において室温が28℃近くまで上昇している。

パターンDでは、空調機の送風ファンも停止しているため、各室の空気循環は別系統の換気装置による排気に伴う給気ダクトからの外気導入のみであるが、停止時間内(6h)においては各室間の大きな室温差は、認められなかった。

但し、本測定期間は他の期間と外気条件が異なり、最高気温は2℃程度低くなっていることから、他パターンと同条件の場合、室温は測定結果よりやや上昇すると推測される。

#### 4.2 冷房用エネルギー消費量の比較

図3～6の下段に空調機の消費電力の経時変化と1日の消費電力量(図中の数字:kWh)を示す。

冷房パターンA(図3)では、夜間の消費電力は0.7kW程度(定格電力1.5kWの約1/2)であるが、正午から午後3時頃にかけてはほぼ定格電力を消費している。3日間の日平均消費電力量は約20.8kWhであった。

冷房パターンB(図4)では就寝時の設定室温を27℃にしたため、就寝時はファンのみの稼働になっており、1日の平均消費電力量は約17kWhであった。これをパターンA(図3)の消費電力量と比較すると約18%の電力消費量削減になる。

個別風量制御を行ったパターンC(図5)の平均消費電力量は約20.0kWhでパターンA(図3)と同程度であった。本システムは風量制御によって各室の室温制御を行うため、個別制御による負荷低減が全体的なエネルギー消費に反映されなかったものと考えられる。しかし、個別の室温制御は快適性向上の観点から、その室の利用者個々の要求に応えるためには必要な性能と考える。

一定時間空調機を停止させたパターンD(図6)の平均消

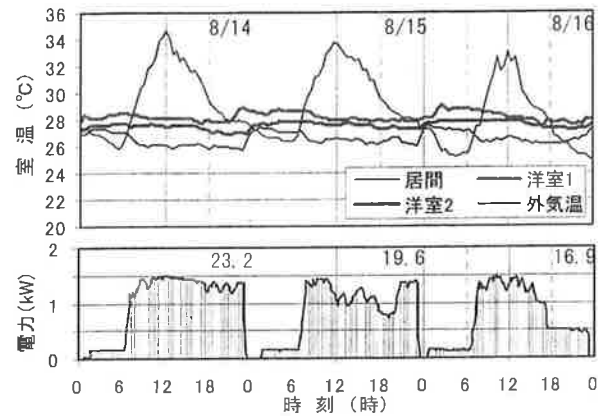


図5 間欠冷房時(パターンC)の室温と消費電力量の変化

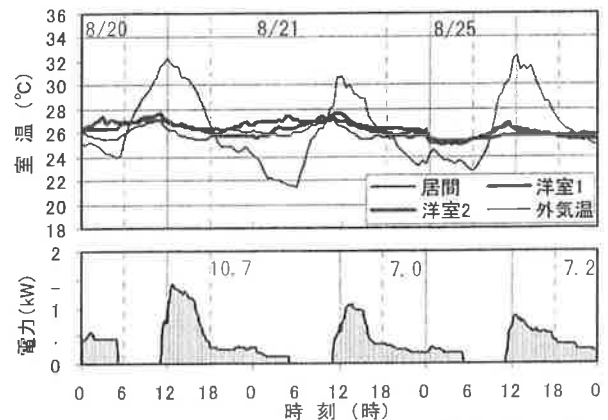


図6 間欠冷房時(パターンD)の室温と消費電力量の変化

費電力量は約8.3kWhと少ないが、測定期間中の最高気温および18時以降の外気温の低下が他のパターンと異なるため直接の比較はできないが、一定時間空調機を停止させても蓄熱効果によりある程度室温維持が可能であることが確認された。また、送風ファンを停止させたことによる消費電力削減量は約1kWhである。

#### 5. 年間の室温変動とエネルギー消費量

年間(2002年)の居室内温湿度の変化や暖冷房を含めた全体的なエネルギー消費量の実測結果を示す。暖冷房運転は表4に示す設定としたが、居住者の判断で変更した場合もあり、設定期間以外では居住者の好みで運転した。

##### 5.1 各季節の室内温湿度変化

図7～9は各季節の代表月における各階の主な居室の外気温湿度に対する室内温湿度の変化を示したものである。冬期(図7)の外気温は-0.6～18.0℃(平均6.9℃)変動幅は18.6℃であるが、各室における暖房運転時の室温変動幅は5.5

表4 暖冷房運転設定

運転モード	期間設定	設定温度
暖房	12～3月	22℃(就寝時23～6時18℃)
冷房(除湿)	6～9月	25℃(就寝時23～6時27℃)

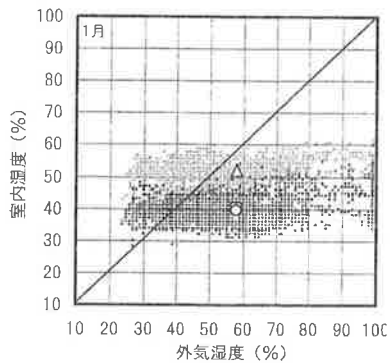
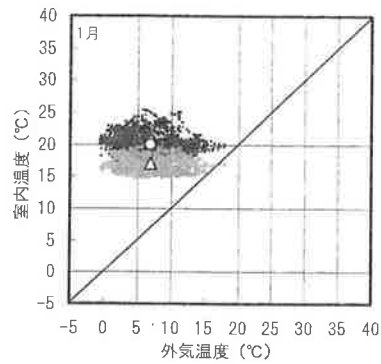


図7 冬期の室内温湿度変動

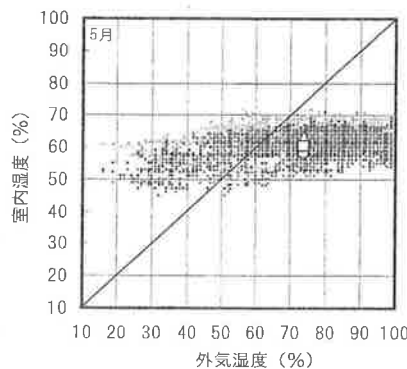
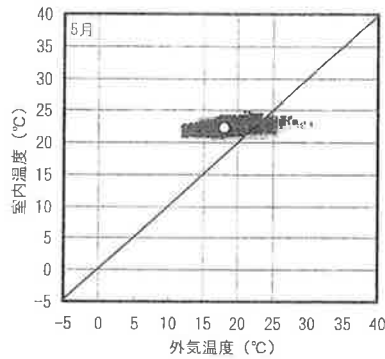


図8 中間期の室内温湿度変動

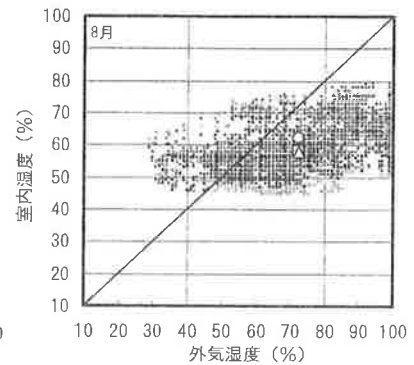
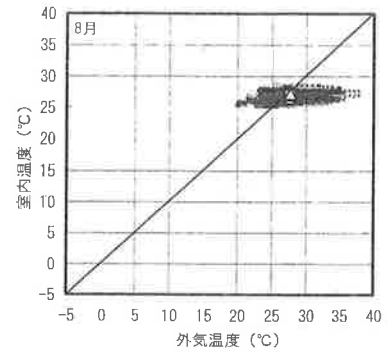


図9 夏期の室内温湿度変動

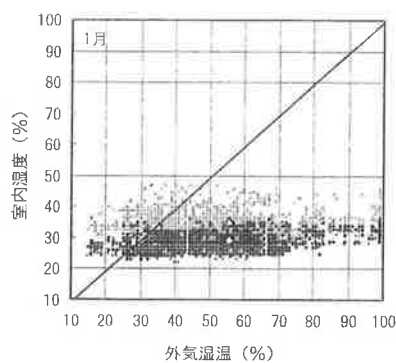
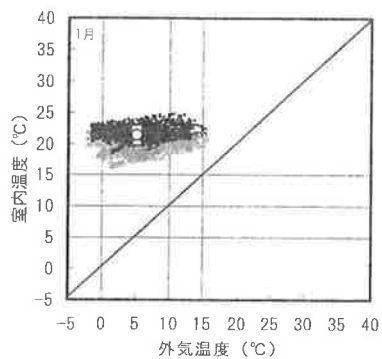


図10 2003年冬期(1月)の室内温湿度変動

●	1F居間	○	平均値
●	2F洋室1	△	平均値
●	2F洋室2	□	平均値

～9.0°Cである。南側居室(2階洋室2)の室温は16.0～25.4°C、同じく居間(1階)の室温は17.2～24.4°C、北側居室(2階洋室1)は15.7～20.1°Cの間で室温が変動しており、外気温変動の約40%の変動幅になっている。湿度は外気温が24～99% (平均57.9%) まで変動するのに対して、28～62%の間で変動している。ヒートポンプエアコンにおける温風暖房に係わらず室内平均湿度が43.9%と高く保たれている要因としては、躯体からの水分の蒸散が考えられ、1年経過後の同月(図10参照)においては外気平均湿度55.7%に対し、室内平均湿度は31.1%と10%以上低下していることが確認された。

夏期(図9)の外気温は19.9～37.8°C(平均27.6°C)、変動幅

17.9°Cであるが、各居室の室温変動幅は4°C以下(平均室温26.9°C)であり、外気温変動幅の20%である。夏期は外気温と室温の温度差が冬期に比べて小さいため、夏期の室温変動幅は冬期の約1/2(20%)であった。

湿度は外気温が29～99%(平均72.4%)まで変動するのに対し、45～79%(平均59.5%)の間で変動しておりやや高めであるが、これは測定期間において浴房運転に固定し、除湿運転を行わなかったためである。

中間期(図8)においては、手動により送風運転に切り替えており、温湿度制御は行っていない。外気温は12.0～30.7°C(平均18.1°C)、変動幅18.7°Cであるが、各居室の室温変動幅は4°C(平均室温22.2°C)であり、外気温変動幅の20%

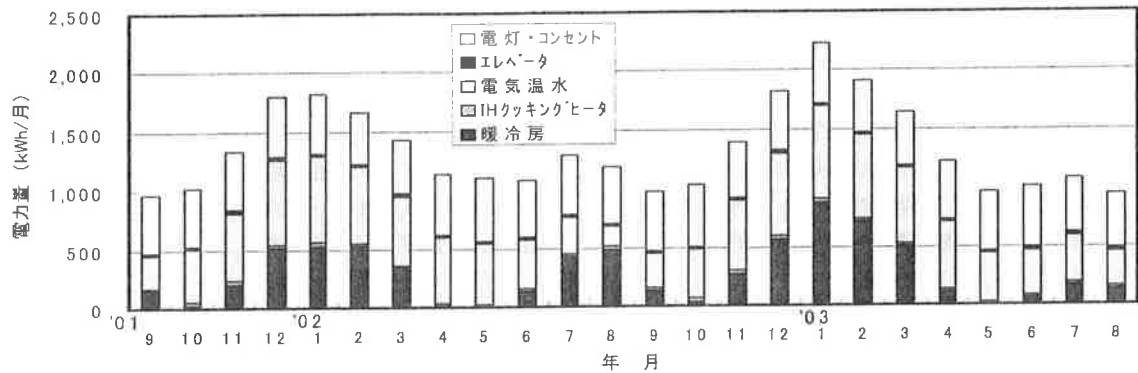


図11 各月の用途別電力消費量の変化

である。24 時間連続の送風運転と換気により、各室内はほぼ一定の温度に保たれている。

湿度は外気湿度が16.0～99%(平均73.9%)までの変動に対し、45～72%(平均60.6%)の間で変動しており、高湿側への変動が若干大きいのが概ね快適な湿度範囲である。

### 5.2 年間エネルギー消費量と年間エネルギーコスト

本住宅はオール電化住宅であるためエネルギー消費量はすべて電力量で表される。図11は2001年9月～2003年8月までの各月の用途別電力量を示したものである。中間期(4月、5月、9月、10月)は暖冷房用電力消費量がほとんどなく、月当たりの全電力消費量は1,000kWh前後である。冬期と夏期は冷暖房用電力消費が多くなるため全電力消費量が多くなり、冬期と夏期を比べると夏期の消費量は電気温水器(湯沸し器)の消費量が減るため、冬期より少なくなっている。全体の電力消費量に対する暖冷房用の電力消費量は、冬期は約30%、夏期は電気温水器の消費量が減るため比率としては35～40%を占めた。また、消費量としては500kWh/月程度である。

2003年1月の暖房用電力消費量が前年度合計消費量1,878.4kWhに対し15.7%増の2,228.9kWhに増加している。この要因としては、就寝時の暖房設定温度変更等の操作を居住者に依頼しなかったことに加え、図10に示すように、前年(図7)に比べ外気温度低かったことが影響していると考えられる。

また、2003年7、8月の冷房用電力消費量が少ないのは冷夏による影響と思われる。

図12は2001年9月～2002年8月(1年目)と2002年9月～2003年8月(2年目)の年間合計の各用途別電力消費量を比較したものである。各用途の全消費電力量に対する割合は、1年目と2年目で大きな違いはなく、暖冷房用が21.5%(3,400～3,500kWh)、電気温水器が38.0%(6,000～6,200kWh)、調理用(IHクッキングヒーター)が2.0%(300kWh)、エレベーターが2.0%(300kWh)、その他電灯コンセントが36.5%(5,900kWh)であり、年間の消費電力量は16,000kWh前後である。電灯・コンセントの消費量の比率が多いのは、床面積

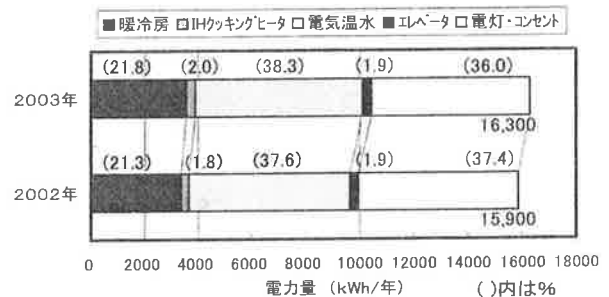


図12 年間の用途別電力消費量

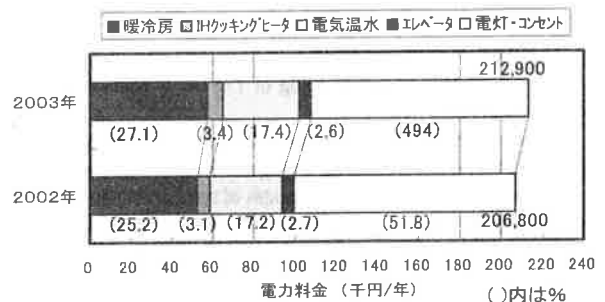


図13 年間の用途別電力料金

が大きいため照明器具が多くなったことや、電気製品の製造年等による影響と思われる。

図13は年間の電力従量料金を用途別に示したものである。電力消費量の多い電気温水器は深夜電力を利用しているため全体に占める割合は小さくなっている。用途別の年間従量料金は暖冷房が55,000円、IHクッキングヒーターが7,300円、電気温水器が37,000円、エレベーターが5,500円、電灯・コンセントが110,000円で年間の電力料金は約210,000円である(東京電力「電化上手」の電力単価による)。

### 6. まとめ

年間の室内温湿度および電力消費量の実測から実証された事項をまとめる。

- |   |  |
|---|--|
| <p>1) 小能力空調機の1台(暖房能力5.6kW,冷房能力4.5kW, COP 約3.0)で175 m<sup>2</sup>の居室全室を暖冷房することが可能である。</p> <p>2) 冬期の室内温度の変動幅は約7℃で、外気温変動幅の約40%、室内湿度は約30～60%の範囲内である。</p> <p>3) 夏期の室内温度変動幅は約4℃で、外気温変動幅の約20%で、室内湿度は45～80%の範囲内である。</p> | <p>4) 年間の全消費電力量は約16,000kWhであり、暖冷房用電力消費量の占める割合は約21%であった。</p> <p>5) 年間の全電力従量料金は約210,000円で、冷暖房用電力料金は全体の25%前後であった。</p> <p>今後は、これらの結果を踏まえ、外断熱工法およびその熱特性を活かしたセントラル空調システムの集合住宅への適用を検討していく予定である。</p> |
|---|--|

#### 謝 辞

今回の測定に際し、多大なご協力を頂きました居住者の皆さまに感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 中村 聡, 福田 淳, 伊沢 輝, 植野修一: 次世代型省エネ住宅における温熱環境とエネルギー消費量(その1), 東急建設株式会社技術研究所報, 2002. 12

## A THERMAL ENVIRONMENT AT THE FUTURE ENERGY SAVING RESIDENCE AND THE AMOUNT OF ENERGY CONSUMPTION

S.Nakamura, A.Fukuda, A.Izawa, S.Ueno

Outside insulation technology toward the building of reinforced concrete, which makes high air tightness and high heat insulation possible and the air-conditioning system, which made use of concrete heat characteristics, were developed, and they were applied toward the residence built in the warm ground. It was reported about the outline of the residence, the thermal environment in heating and the amount of energy consumption by the former report. This report reports it about a change in a room temperature of each room of four kinds of air-conditioning patterns and a change in the amount of energy consumption and the amount of energy consumption by the use of the year.

That result is as the following.

The whole area air-conditioning of 175 m<sup>2</sup> is possible with 1 small capacity air conditioner opportunity of the air-conditioning ability 4.5kW.

The room temperature change width of winter is about 7℃, and the room temperature change width of winter is about 40% of the outside air temperature change width, and indoor humidity is within about 30-60% of the ranges.

The room temperature change width of summer is about 4℃, and the room temperature change width of summer is about 20% of the outside air temperature change width, and indoor humidity is within about 45-80% of the ranges.

The amount of all the consumption electric power of the year is about 16,000 kWh.

The amount of electric power consumption for the air-conditioning was about 3,400 kWh, and they were 21% of the amounts of all the consumption electric power.