

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 冬季実測結果 —

中村 聡* 福田 淳* 伊沢 輝** 植野 修一***

要約： 地球環境保全の観点から持続性のある建築への関心の高まりや、住宅の省エネ基準の改定（次世代省エネ基準）を背景として、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、快適で環境負荷の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。そこで、暖冷房エネルギーを極力少なくすることを目的として高気密・高断熱を可能にするRC造外断熱技術を開発し、温暖地に建つ住宅に対して適用した。本報は4種類の暖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について実測した結果について報告する。その結果、①暖房能力5.6kWの小容量空調機1台で175㎡の全館暖房が可能である、②各室の個別風量制御は室間の温度差を小さくするのに有効に機能する、③就寝時、送風モードによる電力消費量の低減は25～30%と推定される、④温風床暖房は快適性の向上に有効に機能することがわかった。

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. 実測概要
 - 4. 暖房パターンによる室温変動とエネルギー消費量
 - 5. 温風床暖房による快適性の向上
 - 6. まとめ

1. はじめに

地球環境保全の観点から建築に対する要求性能として持続性（サステイナブル）への関心が高まっている。また、平成11年には二酸化炭素排出量抑制のため住宅に対する省エネ基準の改定が行われた。住宅建設においては、スクラップ&ビルドからビルド&ストックの方向に転じ、建物の長寿命化とそれに伴う機能の柔軟性向上、さらなる省エネ性能が求められている。このような背景の中で、生活環境の質を低下させることなく省エネ化を図り、快適で環境負荷を小さくする住宅への要求は、ますます高くなっていくと考えられる。

このような要求に応えるため、暖冷房エネルギーを極力小さくすることを目的として、高気密・高断熱を可能にするRC造外断熱技術を開発し、温暖地に建つ住宅に対して適用した。本住宅は2001年9月に竣工し、当初の熱性能を実証するため、各部の温度やエネルギー消費量等を継

続的に測定している。本報は2002年1月～2月に、居住状態で行った暖房パターンによる各室の室温変動とエネルギー消費量の変化について実測した結果を報告する。

2. 建物および空調設備の概要

敷地は北斜面の傾斜地であり、建物概要を表1、平面および断面を図1に示す。1階と2階の外壁のうち南北面を外断熱PCaパネルとし、東西面の耐力壁の外側には発泡ポリスチレン（厚50mm）とGRC版（厚12mm）の一体パネルを採用した。外断熱PCaパネルの断面を図2に示す。外断熱ではバルコニー等外部に突出した部分の断熱層の連続

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 薄肉壁構造

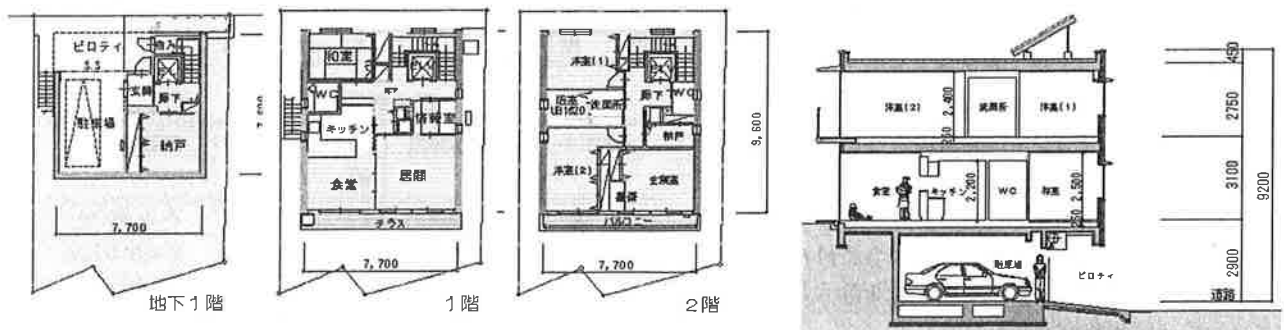


図1 建物平面および断面

*環境技術研究室 **設備部 ***建築エンジニアリング部



図2 PCパネル断面

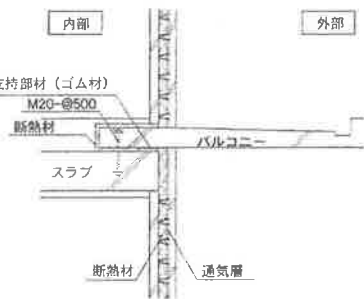


図3 バルコニー部の断熱

性を確保する必要があり、本住宅では図3に示すように断熱層を形成した。また、開口部はPVCサッシと真空層のあるトリプルガラスとした。次世代省エネ基準による熱損失係数は $1.54W/m^2/K$ 、相当隙間面積は $1.2cm^2/m^2$ であり、温暖地に建つ建物の断熱・気密性としてはかなりハイグレードなスペックを実現している。

上述した断熱・気密性能の高さから熱負荷が非常に小さくなったため、暖房能力 $5.6kW$ の小容量空調機1台による全館暖冷房システムを採用した。南北の居室間の温度バランスを制御するため、各室ダクト系統に風量制御用モーターダンパーを設置することで個別風量制御を可能にした（風量設定を H, M, L, OFF の4段階で手動制御）。さらに、上下階の温度差を小さくするため、地下1階と2階にサーモセンサーにより作動する循環ファンを設けるなど、建物各所の温熱・空気環境を均一にするバリアフリー空調を目指したシステム計画を行った。また、換気システムとして冷媒を用いた熱回収型の換気ユニットを採用し省エネ化を図った。

表2に空調機および換気ユニットの仕様を、図4に空調概念図を示す。空調機はフィルター清掃等の保守を容易にするため床置き型とし2階納戸に設置した。各居室への給気は2階が床吹出し、1階および地階が壁上部、または天井吹出しとした。表3に各室の風量（実測値）を示す。空調機風量は定格風量 $750m^3/h$ に対して実測値は $705m^3/h$ 、換気風量は定格風量 $200m^3/h$ に対して実測値は $180m^3/h$ であり必要風量が得られていることを確認した。また、室毎に風量制御した場合の風量変化は、表3に示す風量に対して10~25%であった。

3. 実測概要

冬期実測は、2002年1月下旬~3月上旬に行った。実測期間中は1週間ごとに暖房パターンを変え、表4に示す4つの暖房パターンで室温と空調機の電力消費量を測定した。パターンAは終日暖房、パターンBは就寝時に設定室温の変更($18^{\circ}C$)を行い風量制御をしない暖房(ダンパー:100%開)、パターンCはパターンBと同様の室温設定であるが風量制御を行った場合、パターンDは夜間蓄熱暖房を想定した。

昼夜の設定温度変更は居住者による手動変更とし、

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
	風量		750m ³ /h
換気ユニット	方式	ゼト排気方式	
	熱回収方式	冷媒による熱回収	
	排気箇所	トイレ、洗面所	
	風量	200m ³ /h	
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 ³ /h×2台	

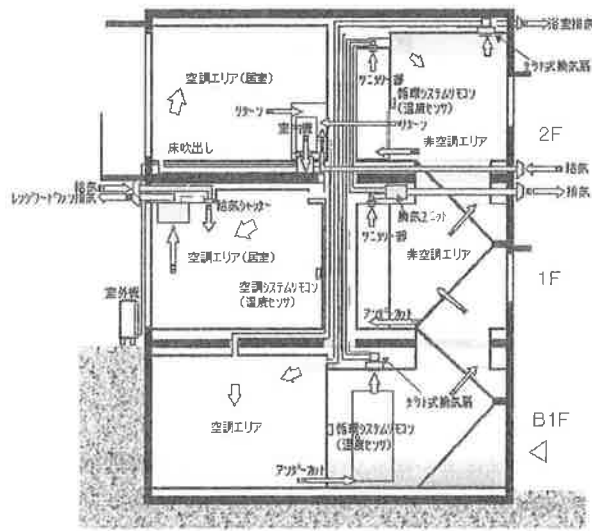


図4 空調・換気設備概念図

表3 各室の風量 (m³/h)

室名	H:風量 (100%)		M:風量 (70%)		L:風量 (60%)		OFF
	測定値	計画値	測定値	測定値	測定値	測定値	測定値
納戸	80	95	60	45	45		45
居間	85	275	60	50	15		15
食堂	150		105	75	75		75
和室	110	95	75	55	15		15
主寝室	100	95	80	55	15		15
洋室1	85	95	60	42	15		15
洋室2	95	95	70	50	15		15
合計	705	750	510	372	195		195
換気循環	180	200	注) 納戸と食堂の風量は OFF 設定なし				
	70	100					

表4 暖房パターン

暖房パターン	設定室温	各室ダンパー制御	稼働時間
A	22°C	100%開	0~24時(24h)
B	22°C	100%開	6~23時(17h)
	18°C	100%開	23~6時(7h)
C	22°C	風量制御	6~23時(17h)
	18°C	風量制御	23~6時(7h)
D	22°C	100%開	23~7時(8h)

ON・OFF は基本的にはタイマー制御とした。各室の室温測定には小型温度記録計(RS10、ハイスペック社製)を高さ 1.5mの壁際の位置に設置し、30 分間隔で測定した。また、空調機の消費電力量はデータロガー-CR-700(ティアンドディ社製)により、10 分間の平均電流値を記録し算出した。

4. 暖房パターンによる室温変動とエネルギー消費量

図5～8は、暖房パターンA,B,C,Dの各階代表的な居室の室温と外気温変動(上段、中段)、空調機電力消費量の時間変化(下段)を示したものである。

4.1 室温変動

図5にパターンAの各室温変動状況を示す。北側洋室1の室温変動幅は約3℃(21.7～24.6℃)で、平均室温は23℃である。南側の居間、洋室2の室温変動幅は約4℃(23～27℃)で、平均室温は日中の日射取得も加わって26～27℃に達しており、北側居室に比べ3～4℃高くなっている。

図6にパターンBの各室の室温変動を示す。就寝時の室温設定を18℃にしたため23時から翌朝暖房開始時まで送風モードでファンのみの運転になり、夜間の暖房を停止した間欠暖房に近い運転状況である。暖房運転時間帯での北側洋室1の室温は、約22℃で、南側の居間、洋室2の室温は、24～25℃で安定している。23時から翌日の暖房開始までの室温低下幅は北側洋室1で2.5℃程度、南側の居間、洋室2で4～5℃である。最低気温が0℃に近い外気条件でも暖房開始時(6時)の室温は20℃程度を維持しており、高断熱・高气密性能と室内側コンクリートの蓄熱効果による蓄熱効果が表れている。また、暖房立ち上がり時間は1時間半程度である。

図7にパターンCでの各室の室温変動を示す。パターンCでは各室の風量制御を行った結果、パターンBに比べて南面居室の暖房時の室温は下がり、北側洋室1の室温は上がっている。北側と南側居室での温度差は、暖房パターンA、Bでは3℃程度であったが、パターンCでは1℃程度になっている(北側洋室1の平均室温は約21℃、南面居室の室温は約22℃)。個別風量制御によって負荷に応じた暖房が可能になり、室間の温度差を小さくするバリアフリー空調が実現されることを確認した。なお、循環ファンによる上下温度差の緩和は約1℃であった。

図8はエネルギーコストの低減を目的に夜間蓄熱暖房(8時間暖房)を試みた結果である。暖房停止後室温は低下するが、晴天日では日射の影響で日中の室温は上昇し、暖房開始時(23時)は17～19℃で、曇天日では16～18℃であった。日中

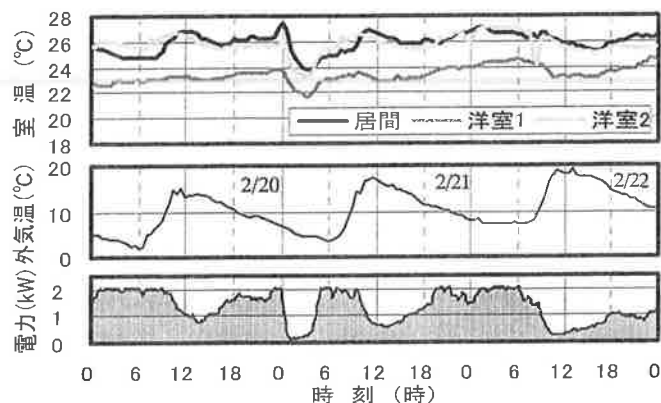


図5 パターンAの室温と電力消費量の変化

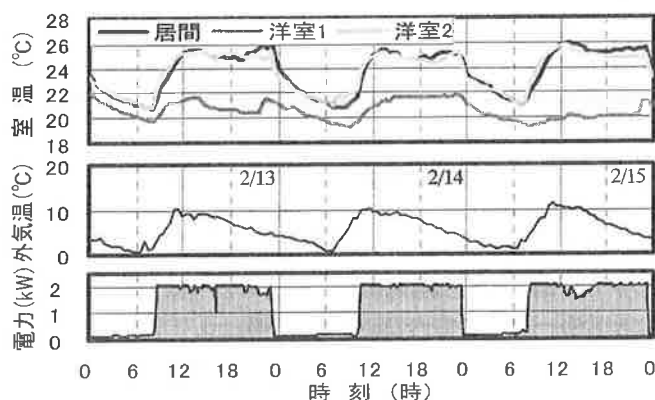


図6 パターンBの室温と電力消費量の変化

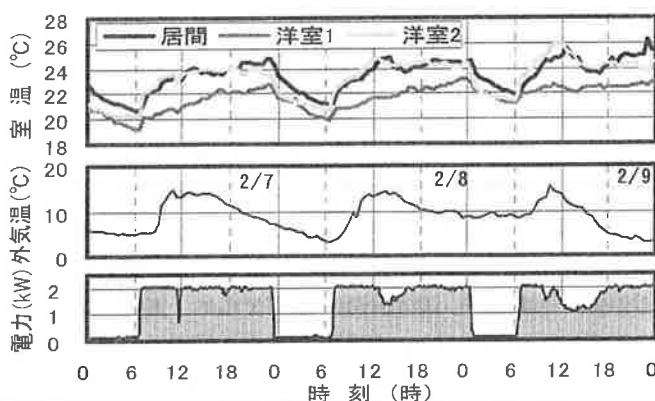


図7 パターンCの室温と電力消費量の変化

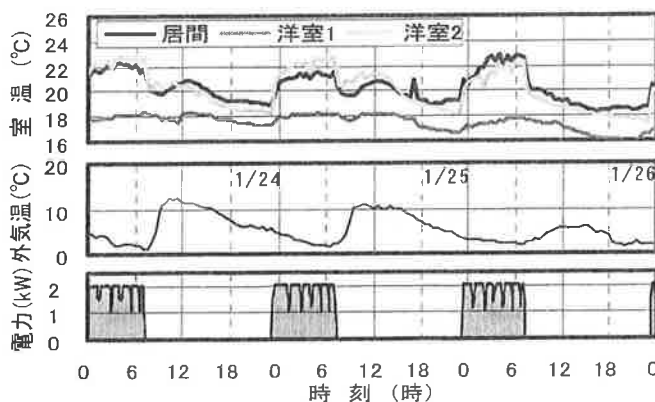


図8 パターンDの室温と電力消費量の変化

の室温としては若干低めであることや、就寝時の室温設定値に問題はあるものの夜間蓄熱暖房によるコスト削減の可能性が考えられる。

4.2 エネルギー消費量

パターンAでは、日中の日射熱取得や外気温上昇の影響で消費電力が少なくなる場合が見られ、電力消費量は 26.5~40kWh で変動した。最高外気温が 10℃程度の外気条件での 22℃設定 24 時間暖房運転時の電力消費量は、2月20日の測定値、および図6、7の電力消費量と、定格消費電力が約 2kW であることから、40kWh~45kWh 程度と推定される。

暖房パターンBでは就寝時の設定室温を 18℃にしたため、就寝時はファンのみの稼動になっており、1日の電力消費量は約 30kWh である。これを同程度の外気条件でのパターンAの電力消費量(推定値)と比較すると 25~30%低減すると推定される。

パターンCの電力消費量は、ダンパー開度調整による個別風量制御によって、各室の室温制御を可能にするシステムであるため、パターンBと同程度であった。しかし、前述した室温制御の状況を考えれば、同等のエネルギー量で住宅内の温熱環境が向上しており、パターンBに比べてより適正な運転がなされていると考えられる。

5. 温風床暖房による快適性の向上

快適性向上のため空調機からの温風を床下に通し、末端で室内に吹出す温風床暖房を北側洋室1で試みた。図9は床暖房の場合と、直接温風暖房した場合の垂直室温分布を、図10は床表面温と室温の関係を示したものである。断熱・気密性が高いため、温風暖房でも上下温度差は 1.5℃程度でさほど大きくないが、床暖房時の上下温度分布はほぼ均一である。また、温風暖房では室温の上昇に伴い床表面温が上昇するが、床暖房では室温の変化は小さい。床暖房用熱源を別途用いなくても、快適性を向上させることが可能と考えられる。

謝辞

実測に当たり多大な協力を頂きました居住者の皆様に深く感謝の意を表します。

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

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

Outside heat insulation technology was developed for the purpose of reducing air conditioner energy, and it was applied toward the residence built in the warm district. This paper reports it about the result that it was measured about the change in a room temperature of each room by four kinds of heating patterns and the change in the amount of energy consumption in winter. That result is shown in the following.

The whole palace heating of 175 m² is possible with 1 small capacity air conditioner opportunity of the heating ability 5.6kW. The independent wind quantity control of each room functions effectively in making a difference in temperature between the room small. Operation to make the ventilation mode at the time of going to bed reduces the amount of electric power consumption in 25-30% in the final day air conditioner operation.

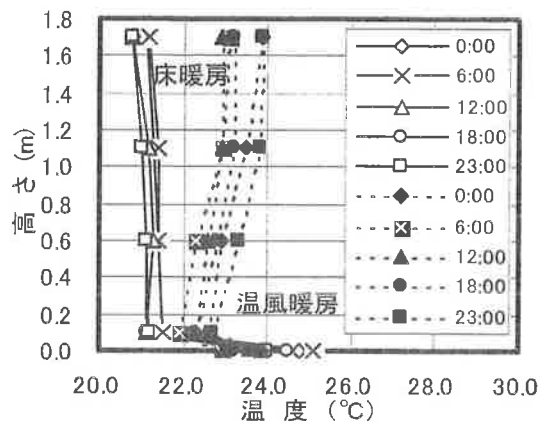


図9 垂直温度分布

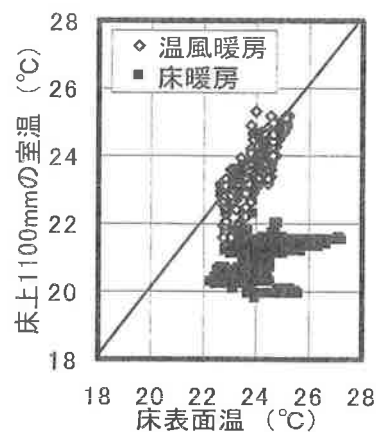


図10 床表面温と室温の関係

6. まとめ

冬期実測の結果を以下にまとめる。

- 1) 暖房能力 5.6kW の小容量空調機1台で 175 m²の全館暖房が可能である。
- 2) 個別風量制御は室間の温度差を小さくし、バリアフリー空調が可能になる。
- 3) 就寝時、送風モードによる電力消費量の低減は 25~30%と推定される。
- 4) 夜間蓄熱暖房によるコスト削減が可能であると考えられる。
- 5) 空調空気を用いた温風床暖房は快適性の向上に有効に機能すると考えられる。