

# パッシブソーラーハウスの実験的研究 ——熱対流による空気循環を利用した——

Study on Passive Solar House

村上 周三\*・小林 信行\*\*・服部 孝博\*\*\*

Shuzo MURAKAMI, Nobuyuki KOBAYASHI and Takahiro HATTORI

## 1. はじめに

一般に南面する住宅では、冬期日中の太陽熱により南北の居室の温度差が著しく大きくなる。南室の快適さ比べ北室は寒くて使用されにくいのが通例である。ここで研究しているパッシブソーラーハウスでは、住宅の南面で得られる太陽熱を北側居室にいかにも搬送するかを大きな課題としている。この搬送が十分行われるならば、南北居室の温度が平均化され、北側居室では暖房は必要とされないか、あるいはほんの僅かの暖房で必要な温度が確保できる等の効果が期待されるからである。

筆者らは、南側から北側への熱搬送の手段として熱対流を利用した空気循環径路を取り挙げ、この搬送手法の可能性や望ましい径路形態、また、この手法の北室温度への寄与等について、自然の気象条件下で実験的に検討したのでその結果を報告する。

## 2. 実験方法・測定方法

実験住棟として同一規模、同一熱性能を持つ2棟を建て、その1棟には空気循環径路を組み込み（この棟をA棟または空気循環型と呼ぶ）、他の1棟は特別の工夫のない通常の住宅（B棟または在来型）とする。両棟の室温、径路内風速等を同時に連続測定し、これらの比較により空気循環による熱搬送の有効性を検討した。

温度測定にはCu-Co熱電対を用い、住棟各部にA、B両棟合計して100個の測定点を設けた。径路内風速はサーミスター風速計により、北側径路で2点を連続測定した。また、日射量はネオ日射計で水平面全天日射量を連続測定した。ここで報告する内容の測定期間は昭和56年12月～昭和57年2月である。

## 3. 実験棟の概要

写真1に実験棟の外観を示す。また、図1に実験棟の大きさ、断熱状況、循環径路等を示す。

## 4. 空気循環のない場合の両棟の性能比較

A、B両棟は循環径路を除いて、同一の熱的性能を持つ

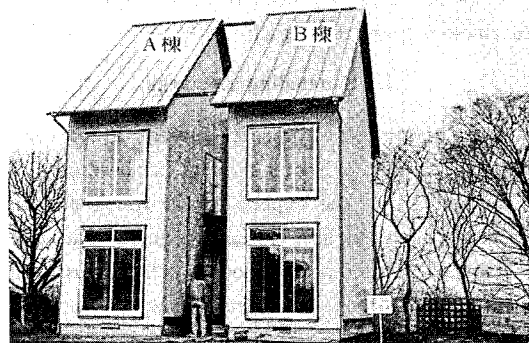
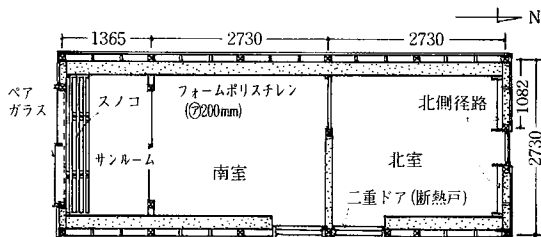


写真1 実験棟の外観



A棟1階平面 (B棟では西面にドアがある。また、北側径路がない。その他は同じ仕様)

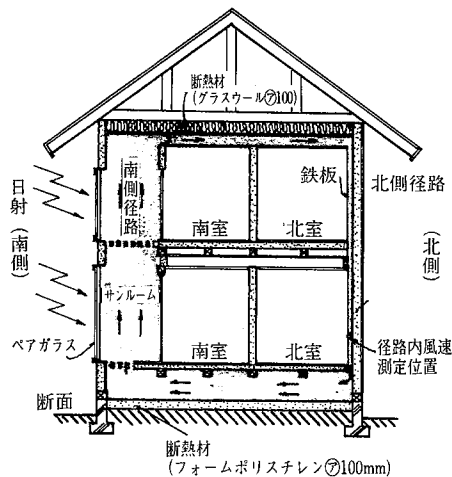


図1 A棟 (空気循環型) の断面図

\* 東京大学生産技術研究所 付属計測技術開発センター, 第5部

\*\* 東京工芸大学工学部

\*\*\* 東芝住宅産業 KK

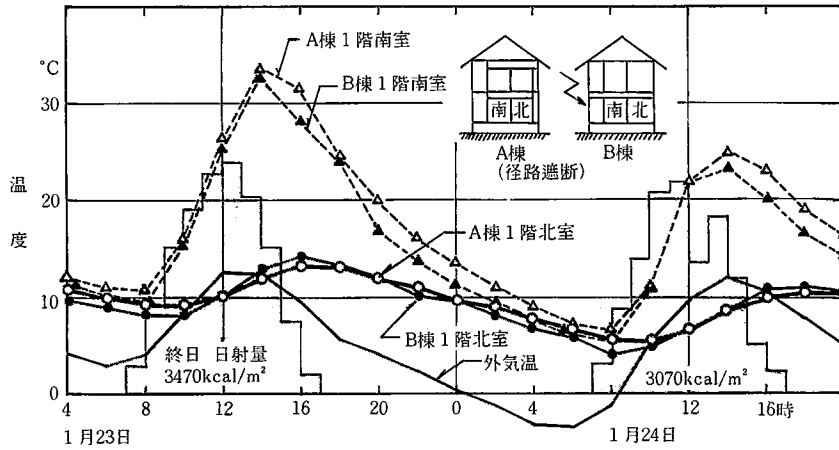


図2 径路を閉鎖した場合のA棟、B棟における室温変化の比較

ように設計されている。これは空気循環による熱搬送の性能を効果的に調べることを目的としているからである。両棟の気密性能およびA棟の循環径路を遮断して、両棟を自然条件下に放置した場合の熱的性能を比較した。

4.1 気密性能

減圧法による気密試験の結果、差圧1mmAqのときの床面積当たりの漏気量はA棟で3.1m³/h・m²、B棟では3.7m³/h・m²であり、ほぼ等しい。また、この値を床面積当たりの実効開口面積に換算して既存の住宅の気密性能と比べると、我国のコンクリート造集合住宅の気密性と同程度の性能となっており、かなり気密性は高い。

4.2 熱的性能

A、B両棟の熱的性能を比較するため、A棟の空気循環径路をすべて遮断し、同一気象条件下に放置して両棟の室温を測定した。A、B両棟の各部の断熱状況は図1に示したように、径路を遮断したために生じた空気層があること以外は全く同じである。

図2に両棟における1階の南室および北室の温度変化の状況を示す。A、B両棟の1階北室温度は時々刻々の値では微小な差が見られるが、一日の平均的な温度としてはほとんど一致している。変化の曲線は周期的に交差しており、A棟1階北室温はB棟北室温に対して2時間程度の時間遅れがある。南室の温度変化の状況もA、B棟においてほぼ等しいが、午後における両棟の差は北室よりも多少大きくなっている。このA、B両棟の差は、B棟にはない空気層(北壁、2階天井上部)がA棟にはあるためと考えられる。いずれにしても、両棟の熱的性能は平均的にみてほとんど差はないと見ることができる。

5. 循環径路厚さによる風速・室温の変化

図3、図4、図5に北側空気循環径路の厚さを10、20、

50mmと変化させた場合の1階の南室および北室の温度変化をB棟のそれと比較して示す。空気循環の目的は北室への熱搬送であるから、興味の対象は1階北室の温度上昇にある。

5.1 1階北室温の温度変化

図3、図4、図5より、1階北室温度はA、B両棟とも同様の時間変化を示しているが、径路厚さによらず常にA棟のほうが高くなっている。径路厚さ10mmでは2.0~3.0deg C、20mm、50mmでは3.0~4.0deg C高い。

例えば、一日のうちで最も室温が低下すると予想される午前6時について、径路厚さ別に1階北室温と外気温等の温度差を示すと表1のようになる。保温が良好でない戸では明け方近くには室温は外気温とほぼ等しくなるという報告があるが、A棟1階北室温度は外気温よりも8.0~10.0°C高い温度に保たれていることがわかる。また、B棟1階北室温よりも2.0~4.0°Cほど高くなっており、これは空気循環による効果と見ることができる。この効果は径路厚さ10mmよりも20mm、50mmの場合のほうが大きい。

表1 午前6時の1階北室温度

北側径路厚 mm	A °C	B °C	C °C	A-B deg C	A-C deg C	D Kcal/m²
10	11.0	8.5	2.2	2.5	8.8	1300
	11.8	9.0	3.0	2.8	8.8	2800
20	6.0	2.2	-2.1	3.8	8.1	1900
	11.0	7.2	1.6	3.8	9.4	3200
50	6.7	3.0	-2.6	3.7	9.3	2400
	4.0	1.0	-7.0	3.0	11.0	3300

A : A棟1階北室温度 C : 外気温  
B : B棟 " D : 前日の水平面全天終日日射量

研究速報

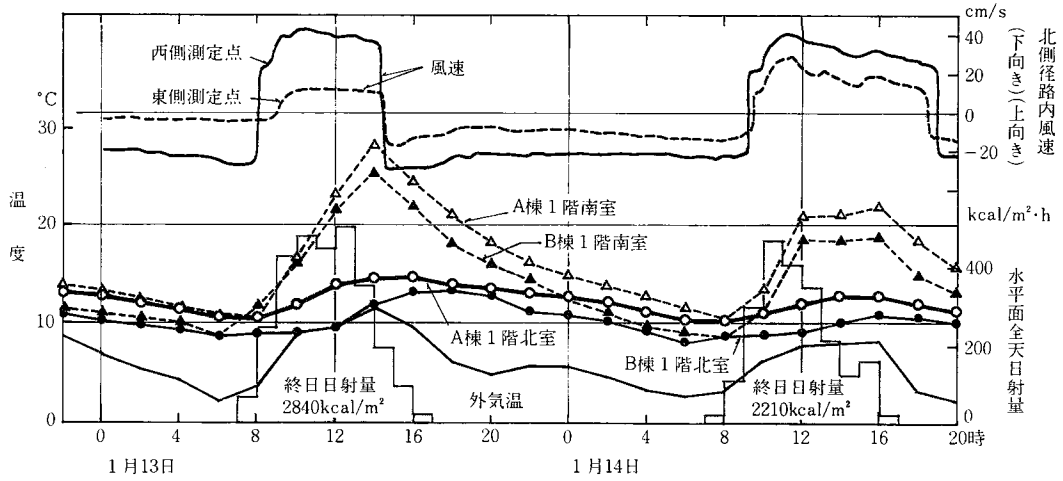


図3 空気循環型(A棟)と在来型(B棟)の室温変化, 北側径路厚さ10mm

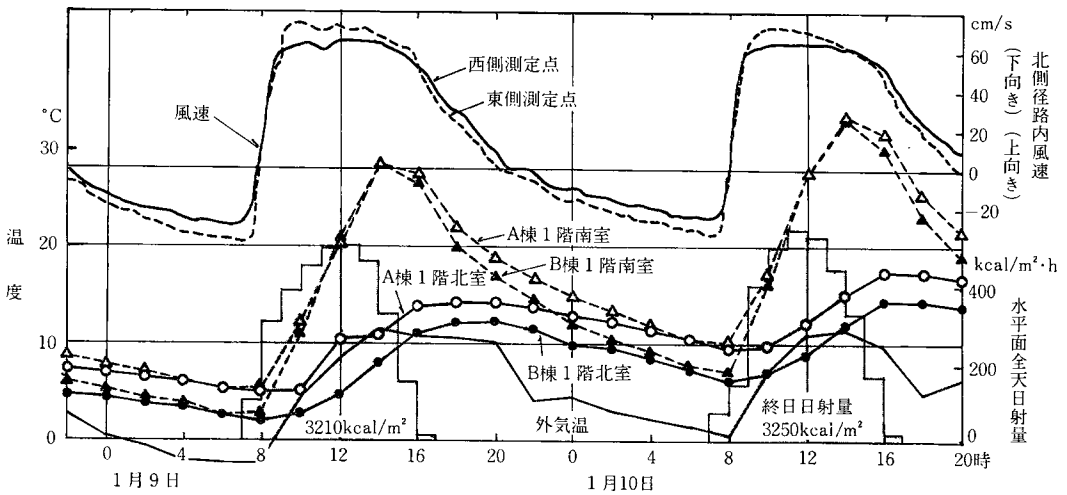


図4 図3に同じ, ただし, 北側径路厚さ20mm

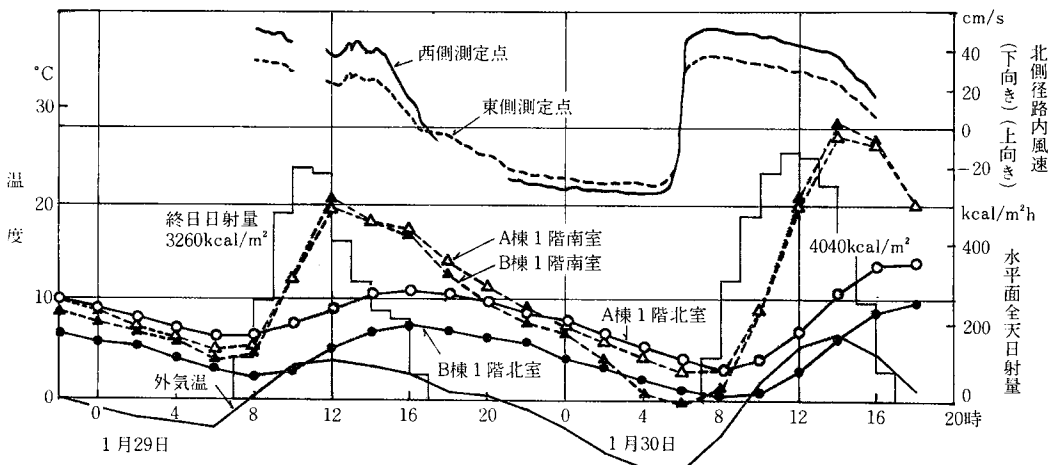


図5 図3に同じ, ただし, 北側径路厚さ50mm

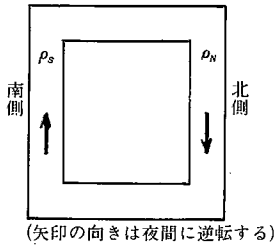


図6 空気流動のモデル

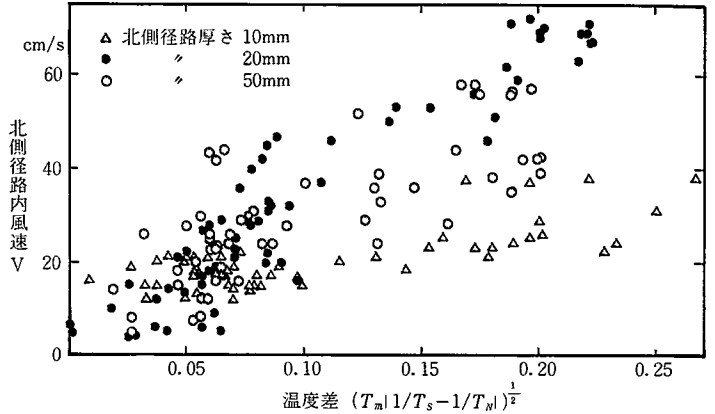


図7 北側径路厚さ別の風速と温度差の関係

5.2 北側空気循環径路内の風速

北側循環径路内の流れの方向は、いずれの径路厚さにおいても、日中は下向きである。日射がなくなる頃から徐々に風速が弱くなり、夜間は上向きに変わり、翌朝の日射を受けると上向きの流れはただちに下向きに逆転することがペンレコーダの記録および可視化による観察で確認された。風速の値は日射のある日中で、径路厚さ 10 mm のとき 20 cm/s、20 mm で 50~65 cm/s、50 mm では 40 cm/s 程度である。夜間は径路厚さによらずほぼ 20 cm/s であった。日中、夜間での循環方向の逆転は、夜間でも南面窓ガラスを雨戸で覆うことなしに放置しているので、ここからの熱損失が北側壁面からの損失よりも多くなるためと考えられる。

循環風量は 3 種の厚さの中では 50 mm の場合が最も大きく、10 mm の場合が最も小さいことがわかる。

6. 径路内風速と温度差

空気循環を単純な形でモデル化し、径路内風速と温度差の関係を調べる。図6に示すように断面積の一定な閉鎖径路を想定する。空気流動の駆動力は南北径路の密度差に起因するから、径路高さを  $h$ 、南側空気の平均密度を  $\rho_s$ 、北側のそれを  $\rho_N$  とすれば

$$\text{駆動力} \propto gh(\rho_s - \rho_N) \tag{1}$$

定常状態ではこの駆動力は空気が径路を流れるときの抵抗とつりあう。抵抗は一般に風速の 2 乗に比例するから、これを抵抗係数  $c$  を用いて表せば、 $c\rho_m V^2/2$  となる。したがって

$$gh(\rho_s - \rho_N) \propto c\rho_m V^2 \tag{2}$$

$$V^2 \propto (\rho_s - \rho_N) / \rho_m \tag{3}$$

$\rho_m$ : 径路全体の平均空気密度

$p/\rho = RT$  の関係を用い、圧力変化による密度の変化を無視すれば、

$$V \propto \left\{ T_m \left( \frac{1}{T_s} - \frac{1}{T_N} \right) \right\}^{1/2} \tag{4}$$

となることが予想される。

図7に実験結果を径路厚さ別にプロットしたものを示す。温度差を生じる原因である日射量、外気温は変動しているので定常状態とは言いがたい、このためプロットはばらついているが、各厚さとも両者は比例的傾向にある。また、流れに寄与する温度差が同一でも、径路厚さによって抵抗係数が異なるため、径路厚さ 10 mm の場合は他の厚さに比べて明らかに風速が小さいことがわかる。

7. まとめ

熱対流を利用する空気循環の可能性とその熱搬送の効果について検討した。この循環径路では空気はかなりの速度(厚さ 50 mm で 40 cm/s 程度)で流れていることが確認された。この手法の採用により、

- (1) 日中の南室の熱を北室に搬送し、北室温を 3°C ほど上昇させることが可能なこと。
- (2) 明け方の北室温を外気温よりもかなり高く(8°C ほど)保つことができること

がわかった。また、北側循環径路の厚さは少なくとも 20 mm 以上の方が風量が大きくなることがわかった。

あとがき

本研究は通産省新住宅プロジェクト(自然エネルギー利用)に関連して設けられた空気循環式ソーラーハウス研究委員会(委員長内田祥哉東大教授、幹事松尾陽東大助教授、阿部信夫東芝住宅産業(株)取締役)の活動の一環として行われたものである。関係各位に感謝します。

(1982年3月27日受理)

参考文献

- 1) 吉野, 長谷川, 木村ほか: 試験家屋を用いたパッシブソーラーハウスの性能評価に関する実験的研究, 日本太陽エネルギー学会, 第7回講演論文集, 1981年12月