

地盤冷熱と換気の併用による住宅のパッシブクーリング効果に関する実験的研究：その2 透過日射のある試験家屋による比較実験

張, 晴原

九州大学大学院総合理工学研究科熱エネルギーシステム工学専攻

片山, 忠久

九州大学大学院総合理工学研究科熱エネルギーシステム工学専攻

林, 徹夫

九州大学大学院総合理工学研究科熱エネルギーシステム工学専攻

塩月, 義隆

九州大学大学院総合理工学研究科熱エネルギーシステム工学専攻

他

<https://doi.org/10.15017/17734>

出版情報：九州大学大学院総合理工学報告. 10 (3), pp.309-313, 1988-12-31. 九州大学大学院総合理工学研究科

バージョン：

権利関係：

地盤冷熱と換気の併用による住宅の パッシブクーリング効果に関する実験的研究

その2 透過日射のある試験家屋による比較実験

張 晴 原*・片山 忠久**・林 徹夫**
塩 月 義 隆**・堤 純一郎***

(昭和63年8月31日 受理)

A Study on Passive Cooling Effect on Dwellings Combined with Ground Cool Heat Resources and Ventilation

Part II Experimental Results of Test Houses with Transmitted Solar Radiation

Qingyuan ZHANG, Tadahisa KATAYAMA, Tetsuo HAYASHI
Yoshitaka SHIOTSUKI and Jun-ichiro TSUTSUMI

The ground surface temperature in the crawl space of a dwelling house is lower in summer than the outdoor air temperature or the room air temperature because of solar shading and water evaporation. The passive cooling effect of a ventilation system using the ground in the crawl space as a cooling source was clarified in Part I of our study. In this paper, more experiments are carried out and the main results are as follows:

- ① The proposed system can keep the room air temperature in the midday of summer lower than the outdoor air temperature by at maximum 4°C.
- ② In the test house, the SET* under natural ventilation is lower than that of the proposed system.
- ③ Since the cooling capacity of the proposed system is 70W/m² at maximum, strict solar shading is required to obtain sufficient effect of the passive cooling system.

1. はじめに

夏季において、戸建住宅の床下地表面は日射遮蔽や蒸発冷却によって建物の中で最も低温の部位となるため、そこに空気を接触させて冷却したあと、室内に導入すればパッシブクーリング効果が期待できることを筆者等は指摘してきた¹⁾。このパッシブクーリング効果を検証するため、昨年2棟の試験家屋を建設し、実験およびシミュレーションによる解析を行った^{2),3)}が、本年さらに追加実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 試験家屋

試験家屋の概要および温度、湿度の測定位置などは前報³⁾の Fig. 3 を参照されたい。昨年と本年の試験家屋の主な相違点は居室南北面の開口をガラス窓に変更した点である。地盤冷熱利用棟 (B棟) は外気→床下→居室→屋根裏→外気の通気経路を有する。床下には空気を地盤面に充分接触させるためにガイド板を設けている。また、B棟の換気の駆動力として天井換気口に小型換気扇を設置している。その換気量は試験棟にかかる風圧によって多少変化するが、平均して150m³/hである。

2.2 実験条件

上述した地盤冷熱と換気の併用システムを施したB

*熱エネルギーシステム工学専攻博士課程

**熱エネルギーシステム工学専攻

***日本学術振興会特別研究員

棟と、システムを施していないA棟との温度変動の違いにより、パッシブクーリング効果を評価する。一連の実験に先立ち、全ての開口部を密閉して2棟の熱的同一性を予め確認する予備実験を行い (Fig. 1 参照)、各室の空気温度、床下地表面温度は 0.5℃以内の誤差で一致することを確認した。本報で行う一連の実験を Table 1 に示す。実験は大きく分けて3種類あり、その内容を下記に述べる。

①透過日射熱取得のない場合(実験 I-1 と実験 I-2)

2棟とも居室の北側と南側の開口部を木製のパネルで密閉し、透過日射熱取得のない場合の地盤冷熱と換気の併用効果を調べる。B棟は地盤冷熱と換気の併用システムを施している。実験 I-1 ではA棟においてすべての換気口を閉鎖する。実験 I-2 ではA棟の床

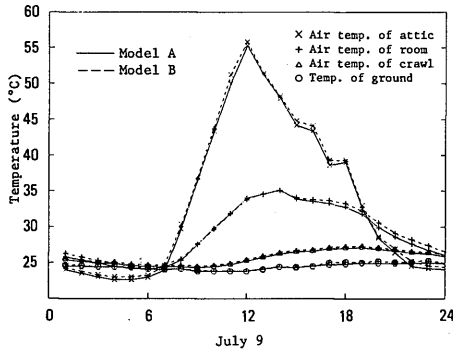


Fig. 1 Identity in thermal performance of two test houses, Model A and Model B.

Table 1 Contents of experiments to evaluate the passive cooling effect.

| No. | Conditions of Model A and Model B | Ventilation of Model A | Ventilation of Model B | Date (1988) |
|-------|---|--|---|-------------|
| I-1 | No transmitted solar radiation through windows (wooden plates instead of windows) | No ventilation | Air flow route of outdoors~crawl space~room~attic~outdoors | July 6 |
| I-2 | | Natural ventilation through the openings and windows | | July 7 |
| II-1 | Transmitted solar radiation through windows | No ventilation | Forced ventilation by the fan installed at the opening of ceiling | Aug. 9 |
| III-1 | Transmitted solar radiation through windows | No ventilation | | Aug. 4 |
| III-2 | Eaves over the southern window | Natural ventilation through openings and windows | | Aug. 8 |

下換気口、窓、屋根裏換気口を開放して自然換気を行う。

②透過日射熱取得のある場合 (実験 II-1)

2棟の試験家屋の南側と北側の開口 60×60cm, 3mm 普通ガラスのサッシ窓を取り付ける。A棟の換気口を閉鎖して、B棟では実験 I と同様に地盤冷熱と換気併用システムを施す。

③庇による日射遮蔽がある場合(実験 III-1 と III-2)

A, B両棟ともに南側のサッシ窓の上方 10cm の中央部分に幅 90cm, 出 40cm の庇を設置し、A棟を実験 III-1 では換気口を全て閉鎖し、実験 III-2 では床下換気口、窓および屋根裏換気口を開放して自然換気を行う。

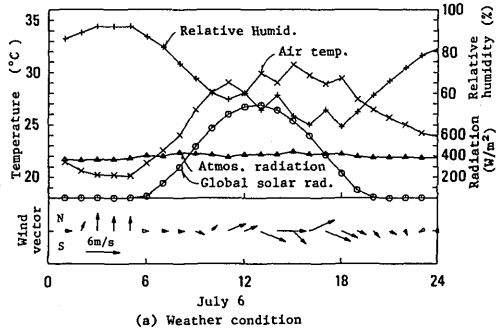
3. 実験結果

3.1 透過日射熱取得のない場合の床下冷気導入によるパッシブクーリング効果

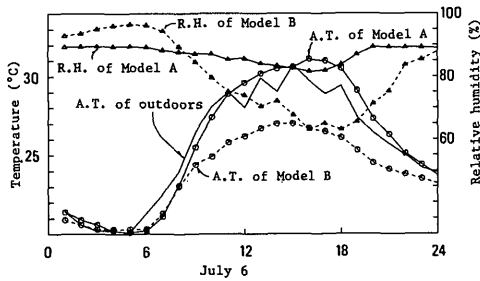
(実験 I-1 と実験 I-2)

(1) 実験 I-1

Fig. 2 (a) に実験 I-1 時の気象条件を、(b) に換気口を閉鎖するA棟と床下冷気導入システムを有するB棟の室内空気温度および相対湿度の比較を示す。A棟では、居室中央部の空気温度は外気温度より 0.5℃~2.0℃高い。一方、B棟の居室温度は外気より最大 3.5℃、A棟の居室温度より最大 4.5℃低下している。外気温度が 30℃前後であるのに対して、B棟の居室温度は 27℃に留まっている。湿度に関しては、閉鎖

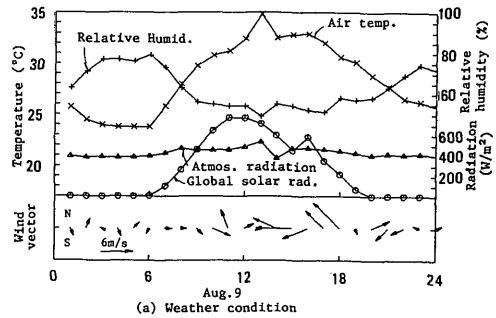


(a) Weather condition

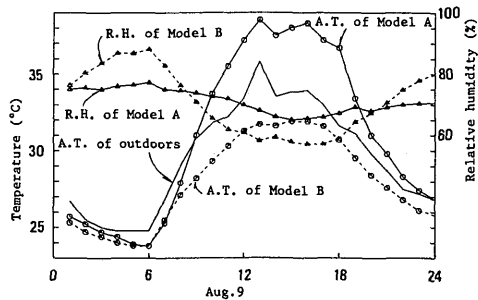


(b) Room air temperature(A.T.) and relative humidity(R.H.) of Model A and Model B

Fig. 2 Results of experiment I - 1

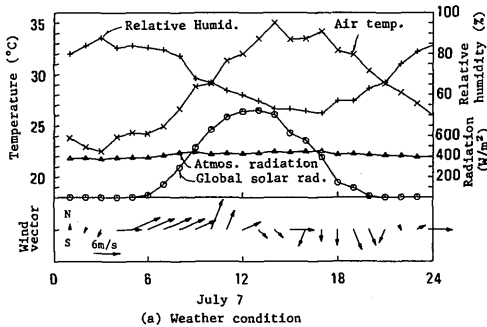


(a) Weather condition

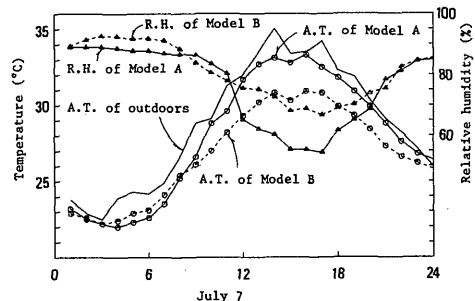


(b) Room air temperature(A.T.) and relative humidity(R.H.) of Model A and Model B

Fig. 4 Results of experiment II - 1



(a) Weather condition



(b) Room air temperature(A.T.) and relative humidity(R.H.) of Model A and Model B

Fig. 3 Results of experiment I - 2

されているA棟は80%~90%の間で安定している。一方、B棟では日中に低く、夜間に高い傾向を示しており、その振幅は外気のそれより小さい。

(2) 実験 I - 2

B棟の条件は実験 I - 1 と同じにして、A棟の天井裏換気口、窓および床下換気口を開放する。実験結果を Fig. 3 に示す。A棟の開放時間帯は10時~19時である。床下冷気を利用して居るB棟はピーク時の居室温度が外気より4℃以上低下しているが、開放しているA棟の居室空気温度も外気より0.5℃~1.0℃低い。A棟の居室空気温度が外気より低下した理由は屋根裏の熱気が自然換気によって排出されたこと、床下における自然換気が地盤面との熱交換を促進し床面を冷却したためと推測される。

3.2 透過日射熱取得のある場合の床下冷気導入のパッシブクーリング効果 (実験II-1)

Fig. 4 に実験結果を示す。床下冷気を導入するシステムを施しているB棟の室内空気温度は外気より最大4℃低下しているのに対して、A棟の居室空気温度は外気より最大3℃以上高くなっており、日射の窓の透過による室温の上昇が顕著に現れている。A、B棟

の室内空気温度差は6℃以上もあり、B棟において室外へ排出する熱量が大きいことを示している。

3.3 庇による日射遮蔽のある場合 (実験Ⅲ-1とⅢ-2)

(1) 実験Ⅲ-1

Fig. 5 にその実験結果を示す。A, B棟の南側の窓の上方に庇がつけてあるため、朝夕を除いて直達日射が居室に入らない。しかし、拡散日射はガラスを通して居室に進入するため、日中のA棟室内空気温度は外気温度より最大3℃も上昇している。一方、B棟では床下冷気の導入によって居室温度が外気温度より常時低くなっている。

(2) 実験Ⅲ-2

Fig. 6 に実験結果を示す。A棟の換気口を8時から23時にかけて開放する。B棟の居室空気温度は外気より常時低くなっている。A棟およびB棟の居室での体感を調べるため新標準有効温度⁹⁾(SET*)を求めてみた。Fig. 6 (c) および (d) に示す SET* を計算する時には0.3cloの着衣水準と1.1Metの代謝量を仮定した。A棟では12時から17時にかけて室内空気温度およびグローブ温度がそれぞれ32℃および33℃以上になるのに対して、SET* は31℃以下に留まり、気流速度が

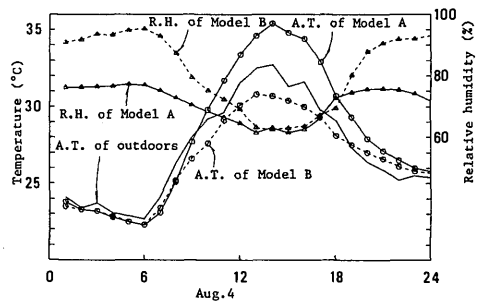
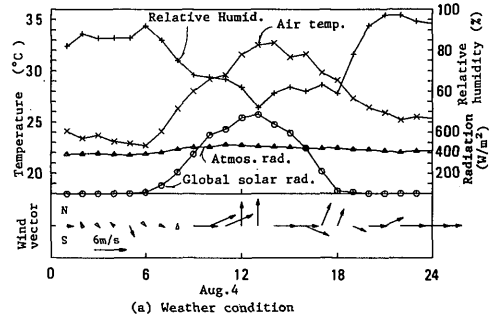


Fig. 5 Results of experiment Ⅲ-1

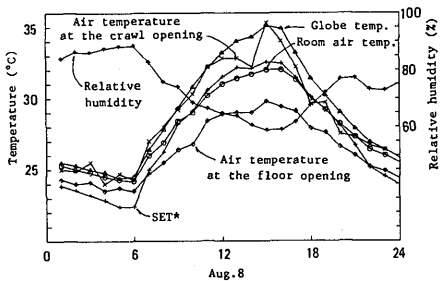
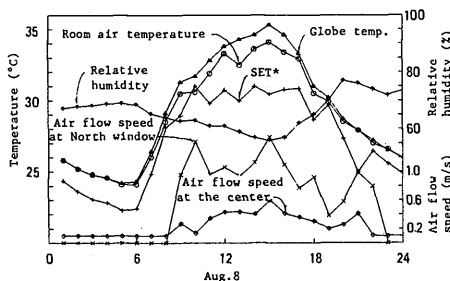
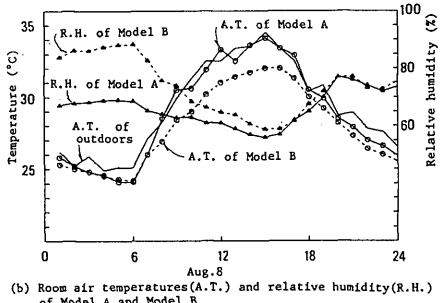
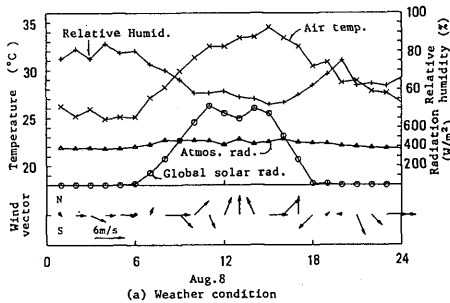


Fig. 6 Results of experiment Ⅲ-2

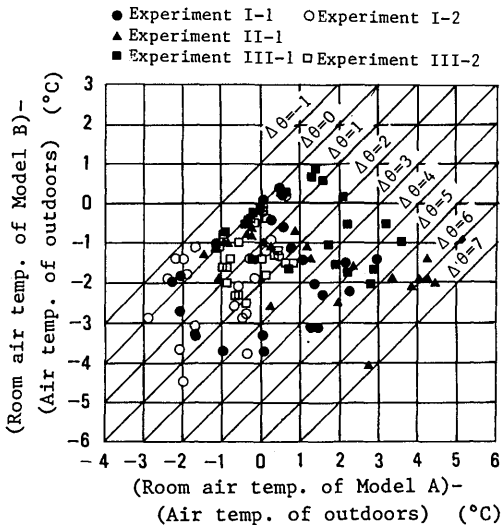


Fig. 7 Deviation between room air temperature and outdoor air temperature through experiment I-III

人体の温熱感覚に及ぼす影響が大きいことを示唆している。一方、B棟では12時～17時におけるグローブ温度は室内空気温度より2℃以上高くなっており、拡散日射によるガラス面温度の上昇や外壁の内表面温度の上昇を示している。上述した時間帯におけるB棟のSET*はグローブ温度の影響を受け、居室空気温度より0.5℃～1.0℃高くなっている。両棟のSET*を比較すれば、A棟の12時～17時のSET*はB棟のSET*より低くなっている。床下地盤の冷却力のみによりパッシブクーリングを実現するには本試験家屋の場合、より一層の日射遮蔽が必要と思われる。

床下換気口の空気温度と床面開口部の空気温度および換気量から地盤面の冷却力を求めることができる³⁾。実験Ⅲ-2の結果によれば、13時～17時における地盤の冷却力は70W/m²であった。

3.4 各実験結果の評価

Fig. 7は各実験における居室空気温度と外気温度の差をA、B両棟の関係で示したものである。直達日射の透過熱取得のある場合、床下冷気導入が居室空気温度の低下に及ぼす効果は著しく、両棟の居室空気温度の差が実験Ⅱ-1では5℃～7℃になっている。一般に、A棟では換気口が閉鎖されればその居室温度は外気温度より上昇するが、B棟は床下冷気を利用しているため、居室空気温度は外気温度以下に留まる。一方、A棟が開放される場合には、自然通風によって排熱で

きるため、その居室空気温度は外気温度に近くなり、両棟の居室空気温度の差は小さくなる。

今後、床下冷気導入システムのパッシブクーリング効果をより高めるため日射遮蔽の強化と換気量、床下地表面の面積、室容積の組み合わせの最適化を図る必要がある。

4. ま と め

本報では、試験家屋による熱的性能比較実験を行い、地盤冷熱と換気によるパッシブクーリング効果を明らかにした。得られた結果をまとめると、以下に示す通りである。

①床下冷気導入システムにより、窓を通して透過日射熱取得がある場合でも、夏季昼間の居室空気温度を外気温度より最大4℃低下することができる。

②本試験家屋では夏季昼間に自然通風時のSET*のほうが床下冷気導入システムによるSET*より低くなっている。

③床下冷気導入システムの冷却力は最大70W/m²であるため、夏季昼間に十分なパッシブクーリング効果を得るためには、より一層の日射遮蔽が必要である。

日射遮蔽の方法(庇の最適化)や換気量、床下地表面の面積、室容積などのパラメータを総合的に考慮し、最適化することが今後の課題である。

謝 辞

本研究に際しては九州大学大学院生津々見伸広君のお世話になった。記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 林徹夫, 片山忠久, 塩月義隆, 張晴原: 地盤冷熱と自然換気を利用した住宅のパッシブクーリング手法の検討, 九州大学大学院総合理工学研究科報告, 第9巻, 第1号, pp. 73-78 (1987).
- 2) 張晴原, 片山忠久, 林徹夫, 塩月義隆, 堤純一郎, 吉水久雅, 薛虹: 地盤冷熱利用による住宅のパッシブクーリングに関する研究, 日本建築学会九州支部研究報告, 第30号, pp. 173-176 (1988).
- 3) 張晴原, 片山忠久, 林徹夫, 塩月義隆, 堤純一郎: 地盤冷熱と換気の併用によるパッシブクーリング効果に関する研究, 九州大学大学院総合理工学研究科報告, 第9巻, 第1号, pp. 73-78 (1987).
- 4) A. P. Gagge, J. A. J. Stolwijk and Y. Nishi: An Effective Temperature Scale Based on a Simple Model of Human Physiological Regulatory Responses. ASHRAE Trans., Vol. 77, pp.247-262.