

パッシブソーラーシステム試験家屋に設置した クールチューブの冷却性能に関する研究

その2. 建物周囲に埋設した全長45mのクールチューブを利用した場合の室内温度

EXPERIMENTAL STUDY ON COOLING PERFORMANCE OF THE EARTH TUBE CONNECTED TO PASSIVE SOLAR TEST HOUSE

(Part 2. Performance of the tube with the length of 45 meters which was embedded
in the earth around the test house)

長谷川 房雄^{*1} 吉野 博^{*2}
Fusao HASEGAWA Hiroshi YOSHINO
石川 善美^{*3} 曽良敏正^{*4}
Yoshimi ISHIKAWA Toshimasa SORA

Cooling performance of an earth tube connected to a passive solar test house was experimented for two summer seasons. The type of earth tube consists of a tube with the diameter of 20 cm and the length of 45 meters which was embedded in the earth around the test house. The average distance from the ground surface to the bottom of the tube is 1.1 meter. The test house contains two rooms. One test room was cooled by forcibly intaking the outdoor air through the earth tube or by forcibly circulating the room air through the earth tube. The other room was not equipped with the earth tube. The cooling performance was evaluated by comparing the indoor temperatures in the two test rooms.

Key Words : Passive Cooling, Earth Tube, Experimental Study

1. 序

前報¹⁾では、クールチューブの冷却性能に関して、パッシブソーラーシステム試験家屋の床下に埋設した三本のクールチューブ（延長約14m）を用いて各種の条件の下で実験を行ない、室内空気をクールチューブに強制的に循環させることによって、日中の室温を外気温よりも最大7℃低く保つことができたこと、クールチューブを利用しない室と比べると、室温は日平均で約2℃低下したことなどについて報告した。さて、クールチューブの効果は、チューブ長さが長くなるほど向上することが予想され、事実そのような報告もいくつかみられる²⁾。そこで、今回、試験家屋の周囲に全長45mのクールチューブを新たに埋設し、その効果について実験を行なったので報告する。また、前回は試験家屋の床にレンガが敷きつめられていた状態で

クールチューブを利用したので、クールチューブのみの効果を把握することができなかった。そこで、今回は、床を木造とした状態での実験も行なった。

2. 実験概要

実験に用いたパッシブソーラーシステム試験家屋の概要については前報¹⁾を参照されたい。

2.1 クールチューブシステムの概要

図1、図2に示すように試験家屋の周囲、地下1mの位置に総延長45mのクールチューブを設置してB室と接続した。材質は硬質塩化ビニール製で内径は200mmである。床下クールチューブとの接続部分には地上に立ち上げた外気導入のための開口が設けてあり、硬質塩化ビニール製のふたによって閉鎖できるようになっている。試験家屋の南東及び北西には、コンクリート製の枠（内法寸法0.6m×0.6m、深さ1.4m）を設け、予想される結露水をこの枠に導くため、クールチューブには若干の勾配を与えた。

2.2 実験の種類と実験条件

実験の種類と条件を表1に示す。また、各実験時の試験室断面を図3に示す。いずれの実験においても、

原稿受付 平成2年12月5日

*1 東北工業大学工学部(〒982 仙台市太白区八木山香澄町35-1)

*2 会員、東北大学工学部(〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉)

*3 会員、東北工業大学工学部(〒982 仙台市太白区八木山香澄町35-1)

*4 (株)日本設計事務所(〒163 東京都新宿区西新宿2-1-1)

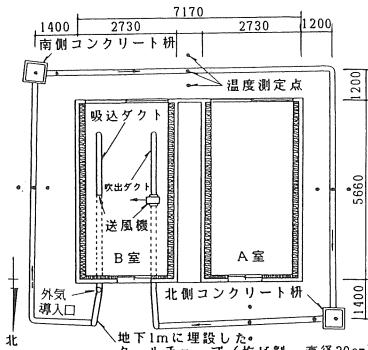


図1 総延長45mのクールチューブと試験家屋の平面図

クールチューブシステムを施したB室とシステムを施していないA室の温度変動を測定し、両者の違いなどからシステムの効果を評価する。

実験は三種類に分けられ、実験1、実験2は、クールチューブを設置したB室の床を木造とした場合、実験3は、床をレンガとした場合である。実験1、実験2は、レンガ床の蓄熱効果とは重ならずにクールチューブの効果のみを調べることを目的とし、実験3は、レンガ床とクールチューブの複合効果を調べることを目的としている。床の構成は前報と同様である。レンガは三段に重ねて床一面に敷き始めた。厚さは30cmである。一方のA室はいずれの実験においても床にレンガを施した状態とした。

クールチューブの利用方法は、ファンによって外気をクールチューブに導き、室内北側の天井に設置されている天窓のガラス板の一方を持ち上げそれを排気口として強制的に換気を行う場合（実験1）と、室内空気をクールチューブに導き強制的に循環させる場合（実験2、実験3）の二通りである。ファンの運転は間欠運転とし、運転時間はいずれも午前8時から午後6時までの10時間とした。各実験におけるファンの吹出風量とファンモーターからの発熱量は表2に示す通りである。ファンの吹出風量は、換気回数にして、実験1では9.4回/h (310m³/h)、実験2、実験3では7.2~7.5回/h (239~248m³/h)とした。但し、実験2では、室内からクールチューブに吸い込まれる空気量が吹出風量より4.8%小さく、この分はクールチューブと接続されるコンクリート枠から流入しているものと推定された。なお、本実験では、南面窓における日射遮蔽の手段として室内取り付け用のベネシャンブラインドを用い、その設置条件を、AB両室ともブラインドを設置した場合（実験1-a, 2-a, 3-a）、B室のみブラインドをはずした場合（実験1-b, 2-b）、両室ともブラインドをはずした場合（実験3-b）の

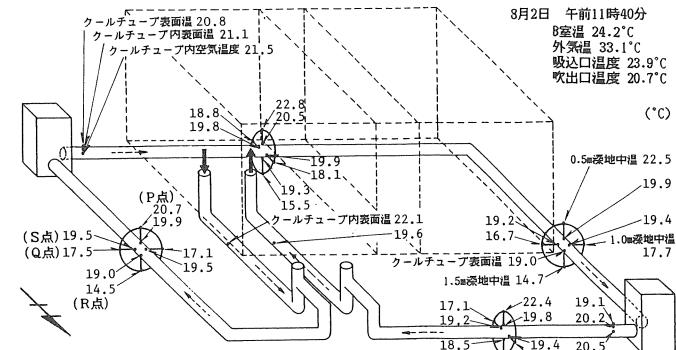


図2 クールチューブの概略と温度分布の測定例

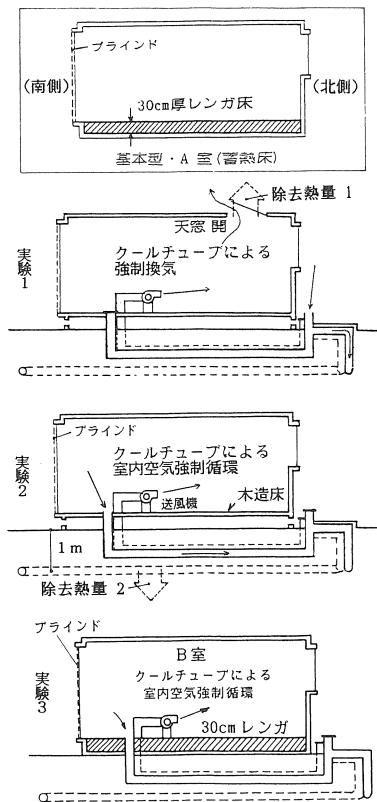


図3 試験室の断面

三通りとした。ブラインドは白色で、いずれもスラットを全閉とし、南面窓の外気側に設置した。

2.3 実験期間

実験期間は表1の右欄に示したように、実験1および実験2が1984年7月~9月、実験3が1985年7月~9月である。

2.4 測定項目、計測器

日射量の測定にはエプリ型日射計を使用した。温度の測定には0.3mm φ銅-コンスタンタン熱電対を用

い、20分間隔の瞬時値をマイクロコンピューターによってデータロガーを介して自動収録した。測定箇所は外気、試験室内の他に、小屋裏、廊下、壁体内部、レンガ床内部、クールチューブ内部、クールチューブ周りの地中及び床下地中など計60点である。クールチューブ周りは、試験家屋周囲の東西南北4箇所に、

それぞれ、チューブ外周と、チューブ中心から50cm離れた同心円上の上下左右に4点づつ、1箇所につき合計8点測定した。図2に、測定箇所と測定値の例を示す。

3. 実験結果

3.1 クールチューブを設置した試験室の床を木造とした場合

(1) 実験期間中の温度の長期変化

図4に、実験1と実験2の期間における外気温および地中温等の日平均値の変化を示す。実験2の期間は外気温が高かったので冷却性能を調べる上では好条件であったが、実験1-aの後半から実験1-bにかけての期間は外気温が低く、天候が不安定な時期であった。

クールチューブ回りの地中温としては、試験家屋東側の深さ0.5m(P点:図2参照)、1m(Q点)、1.5m(R点)およびクールチューブ外周表面(深さ1mのS点)の測定値を示した。地中温は深さが深くなるほど低く、0.5mのP点と1.5mのR点では6~7°Cの差がみられる。また、同じ深さのQ点とS点では、クールチューブからの熱を受けやすいS点の方が1.5~2°C高くなっている。A室の床下0.5m深さ(コンクリート土間より)の地中温も示してあるが、その温度は、深さが最も近いクールチューブ周り(P点)の地中温よりも低い。これは、外気の影響を受けにくいためである。

(2) 外気をクールチューブから強制的に導入した場合の温度変化

a) 両室にブラインドを設置した場合 (実験1-a)

図5に測定結果を示す。クールチューブ周りの温度については、上述したP、R、S点を示した(図8まで同様)。8月22日についてみると、クールチューブから供給される冷たい空気により、B室温は、外気温に比べて日中最大で4.8°C低く、日平均値で1.8°C低い。ファン運転中はクールチューブの表面温が上昇し、

表1 実験の種類と実験条件

実験No.	目的	床仕様	ブラインド仕様	実験期間
1	a 45mのクールチューブを通して外気を導入した場合の効果(ファンは間欠運転)	A室: 30cm厚のレンガ床	A B両室ブラインド設置	'84/8/12~8/24
	b		B室のみブラインド無し	'84/8/25~9/03
2	a 45mのクールチューブを用いて室内空気を強制循環させた場合の効果(ファンは間欠運転)	B室(クールチューブ接続): 木造床	A B両室ブラインド設置	'84/7/24~8/03
	b		B室のみブラインド無し	'84/8/04~8/11
3	a 45mのクールチューブを用いて室内空気を強制循環させた場合の効果(ファンは間欠運転)	A B両室: 30cm厚のレンガ床	A B両室ブラインド設置	'85/7/28~8/20
	b		A B両室ブラインド無し	'85/8/21~9/05

表2 各実験におけるファンの風量と発热量

	ファン吹き出し風量 (m³/h)	ファンモーター入力		ファンモーター発热量 (kcal/h)
		電流(A)	電圧(V)	
実験1	310	0.58	42	20.9
実験2	248	0.55	50	23.9
実験3	239	0.50	38	16.3

地中に熱が伝わっていく様子が明らかである。しかし、外気温がクールチューブの表面温近くまで下がる8月24日の日中についてみると、B室温はほとんど外気温と一致している。また、床にレンガを敷いたA室の室温は、晴天日の日中は外気温より低く、夜間や曇天日には外気温より高い。これは、日射を遮蔽していることとレンガの蓄放熱作用のためと思われる。しかし、B室と比べてみると、A室の温度は、クールチューブを設置していないため、常に高くなっている。

b) クールチューブを設置したB室のブラインドをはずした場合(実験1-b)

図6に測定結果を示す。B室温は、日射が侵入するため、日中、外気温と同様の変動を示し、日平均値では外気温に比べて1.2~1.6°C高い。また、A室温に比べると、日平均値では0.6~1.3°C低いが、日中は、ピーク時で2.7°C高い。

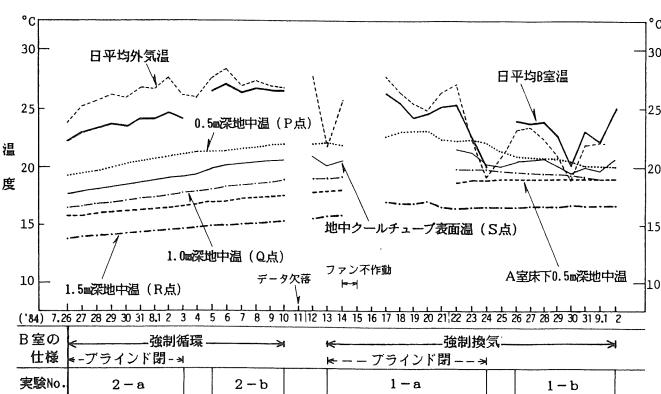


図4 実験1及び実験2の期間中の外気温、地中温等の変化

(3) 室内空気をクールチューブに循環させた場合の温度変化

a) 両室にブラインドを設置した場合（実験2-a）

図7に測定結果を示す。B室温は外気温に比べて、日平均値で2.1~2.3°C、日中、最大で7.8~8.9°C低く、外気をクールチューブに導入する場合よりも、室温は低く維持される。A室温に比べるとB室温は終日低く、その温度差は日平均値で3~3.4°C、ピーク時で4.3~5.3°Cである。8月2日の午前11時20分のクールチューブ内を流れる空気と周囲地中の温度分布は図2に示した通りである。クールチューブに吸い込まれた23.9°Cの室内空気は、約16.5m進んだ南側コンクリート柱の出口で2.4°C低下し、さらに約18m進んだ北側コンクリート柱で1°C低下、最終的に20.7°Cで室内に吹き出している。すなわち、このときの温度低下量は3.2°Cとなるが、その約75%がクールチューブ全長のはじめの40%ほどの長さで達成されていることになる。なお、クールチューブ内の風速は約2.2m/sであり、温度分布の結果から、送風時のクールチューブ内側表面の熱伝達率は、 $28.44 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ^{注1}と推定された。

b) クールチューブを設置したB室のブラインドをはずした場合（実験2-b）

図8に測定結果を示す。ブラインドが無いために、例えば、8月9日では約2900kcal/日の透過日射量があり、その影響で、B室温は実験2-aのときより高くなる。しかし、それでも外気温より高くなることはなく、日中最大で4.2°C、日平均値でも0.5°C低い。また、レンガを床に敷いたA室温と比べて、B室温は、日平均値で1.5~1.7°C、ピーク時で0.5~1.2°C低い。

(4) 各システムの性能比較

図9に、A室とB室における室内外温度差の最大値の関係を示す。実験1-bの外気温の低い日を除けば、日中のB室温は常に外気温より低い。最も効果のある実験2-aの場合は、クールチューブによる強制

注1) クールチューブ表面の熱伝達率は次のようにして推定した。いま、クールチューブの吸い込み、吹き出し空気温度をそれぞれ、 θ_{in} 、 θ_{out} とするとき、クールチューブによる除去熱量Qは、

$$Q = c \rho V (\theta_{in} - \theta_{out})$$

となる。ここに、c、 ρ はそれぞれ空気の比熱、密度、Vはクールチューブ内の風量である。また、クールチューブ表面積をA、表面の熱伝達率を α とすれば、Qは次のようにも書ける。

$$Q = A \alpha \cdot MTD$$

ここに、MTDは対数平均温度差で、

$$MTD = \frac{(\theta_{in} - t_{in}) - (\theta_{out} - t_{out})}{\log_e \{(\theta_{in} - t_{in}) / (\theta_{out} - t_{out})\}}$$

と表わされる。但し、 t_{in} 、 t_{out} はそれぞれ吸い込み口、吹き出し口付近のクールチューブ表面温度である。したがって、

$$\alpha = c \rho V (\theta_{in} - \theta_{out}) / (A \cdot MTD)$$

から熱伝達率が推定される。

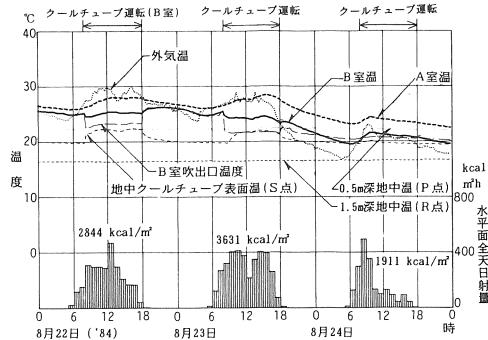


図5 強制換気、AB両室にブラインドを設置した場合（実験1-a）

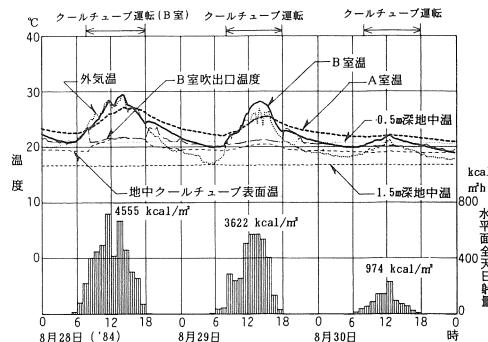


図6 強制換気、B室のみブラインド無しの場合（実験1-b）

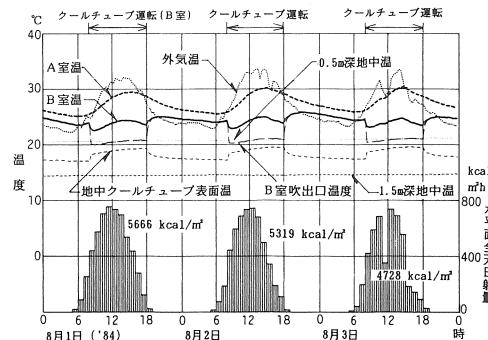


図7 強制循環、AB両室にブラインドを設置した場合（実験2-a）

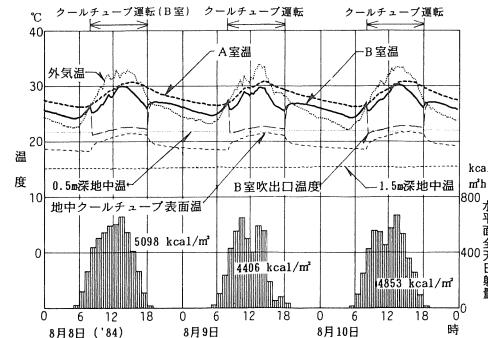


図8 強制循環、B室のみブラインド無しの場合（実験2-b）

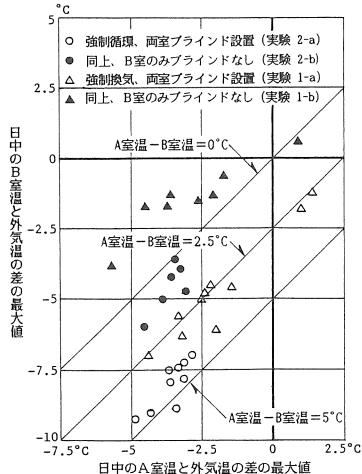


図9 実験1, 実験2における各システムの性能比較

循環とブラインド設置との複合効果により、最大で約9°C、外気温よりも低い。ブラインドを設置した場合のB室温の測定結果から強制循環と強制換気を比較すると、強制循環の方が約2~3°C低く、効果のあることが判る。また、本実験で用いたブラインドによる日射遮蔽の効果は、ブラインド有りの場合と無しの場合の比較から推定されるが、実験1-aと1-b、実験2-aと2-bのそれぞれのB室温の差から、その効果は約3°Cの室温降下に相当することが判った^{注2)}。

(5) 実験1, 実験2におけるB室の熱量収支

図10に、外気温との差で表わしたB室温の日平均値と、1日当りの除去熱量及び取得熱量との関係を示す。取得熱量はファンモーターからの発熱量のほかに、実験1-b、実験2-bの場合は透過日射量が加わる。壁体を通じての貫流熱^{注3)}は、室温が外気温よりも低いときは取得熱量、その逆のときは除去熱量となる。また、除去熱量1、除去熱量2とは、図3にも示したように、それぞれ、実験1のときの換気による除去熱量、実験2のときのクールチューブによる地中への除去熱量を表わすもので、いずれも、クールチューブからの吹き出し空気温度と室温との差に吹き出し空気の熱容量を乗じて求めたものである。これらの除去熱量は透過日射量の有無に大きく影響を受けており、ブラインド設置の実験1-a、実験2-aの場合、晴天時の除去熱量は約2000kcal/日であるのに対しても、ブラインドが無く日射が侵入する実験1-b、実験2-bの場合は、透過日射量の分だけ除去熱量が増加し、約4000kcal/日となる。1日の熱量収支は、全体的に除去熱量の方が取得熱量より大きく見積られ

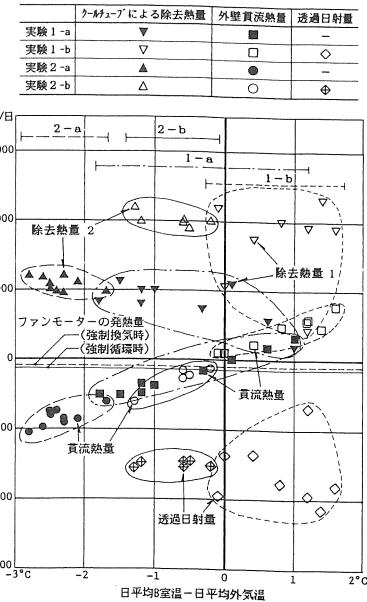


図10 実験1, 実験2におけるB室の熱量収支

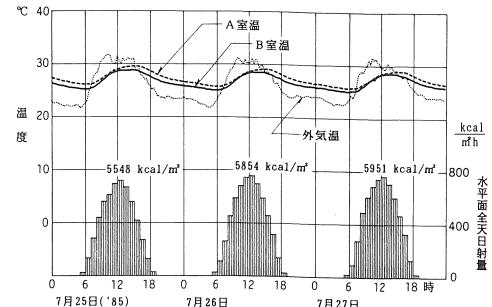


図11 クールチューブを運転していない時のAB両室の比較

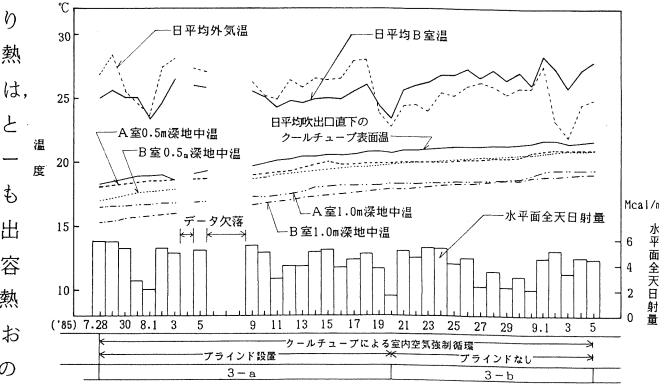


図12 実験3の期間中の外気温、地中温等の変化

注2) この時期の室温ピーク時における室内への透過日射量は、水平面全天日射量の観測値に基づいて推定すると、実験1で、400~650kcal/h、実験2で、340~430kcal/hである。
注3) 外周壁からの貫流熱は、室温および各壁面の外気側温度の観測値と、設計図書より求めた熱貫流率の値を用いて算出した。

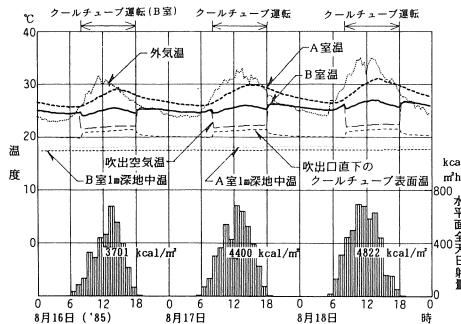


図13 強制循環, AB両室にブラインドを設置した場合(実験3-a)

る傾向にあり、平均すると、実験1-bのとき19%，実験2-aのとき12%，実験2-bのとき6%，それぞれ除去熱量の方が取得熱量より大きく計算された。実験1-aの場合にはこの違いが大きく、除去熱量は取得熱量に比べて平均で2倍以上となった。ブラインドを通しての透過日射は無視しているが、その熱量の割合が実験2-aに比べて相対的に大きかったことによるものと推察される。

3.2 両室の床にレンガを設置し室内空気をクールチューブに循環させた場合

(1) 両室の性能比較

実験3-aに先立ち、AB両室の熱的性能が同一であるか否かを確かめるために南面窓にブラインドを設置して、クールチューブを運転しない場合における両室温の比較を行なった。結果を図11に示す。両室温とも同様の変動を示しているが、B室温の方が常にA室温より僅かに低く、その差は平均で0.7°Cであった。これは、B室内空気とクールチューブ内空気が自然対流によって入れ替わることによるものと推察される。なお、ブラインドを設置しない場合においても同様に両室温の差が平均で0.7°C以下になることを別途確認した。

(2) 実験期間中の温度と日射量の長期変化

図12に、実験3の期間中における外気温、地中温等の日平均値と水平面全天日射量の日積算値の変化を示す。ここで地中温は、両室とも床下の地中温度であり、クールチューブの表面温とは室内吹き出し口直下のクールチューブ内表面温度を示している。本実験の期間中は天候が良好で外気温が高い日が多く、クールチューブの性能を調べるために好条件であった。地中温はいずれも年周期の影響で期間中上昇し続けるが、B室の方がA室より上昇の程度が約1.2°C大きい。これはクールチューブの運転の影響と推察される。

(3) 両室にブラインドを設置した場合の温度変化(実験3-a)

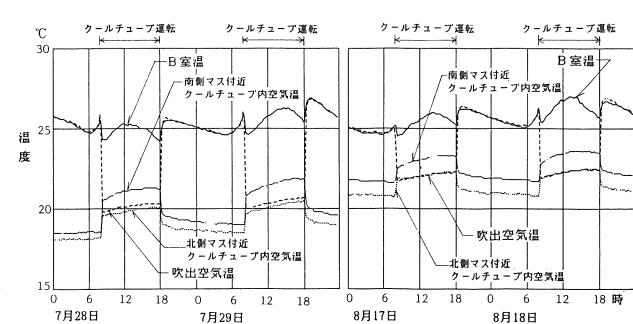


図14 実験3-aにおけるクールチューブ内空気の温度変動

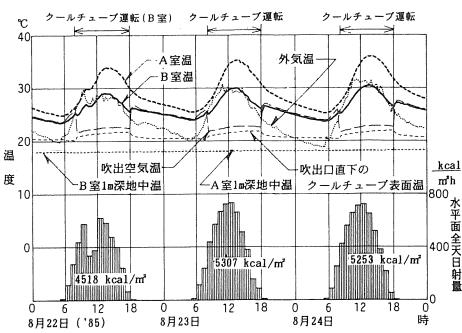


図15 強制循環, AB両室ともブラインド無しの場合(実験3-b)

験3-a)

図13に、8月16日～19日の測定結果を示す。B室温は、外気温に比べて、クールチューブ運転中の平均で1.7～6.2°C、日最大で4.3～8.6°C低くなっているが、木造床である実験2-aの結果(図7)に比較して、ファン発停時の室温変化が小さく、日中のA室温との差も小さくなっていることが判る。これはレンガの蓄熱の影響と思われる。ファンの運転中、クールチューブの表面温は上昇して地中に熱が奪われ、その結果、室温に比べて日最大で3.5～4.5°C低い温度の空気が室内に吹き出されている。この冷却効果を実験開始時と比べてみると図14の通りである。例えば、7月29日午後2時40分についてみると、26.4°Cの室内空気は、クールチューブを通過して南側コンクリート枠で21.8°C、北側枠で20.3°C、吹き出し口では20.5°Cと冷却され、全体としての温度低下は5.9°Cとなる。これに対して、20日後の8月18日の冷却性能は地中温度の上昇により低下しており、このとき、室温と吹き出し空気温度の差は最大で4.4°Cである。但し、全体の温度低下に対する南側枠部までの温度低下の割合は、いずれも、ほぼ77%とそれほど変わらなかった。

(4) 両室にブラインドが無い場合の温度変化(実験3-b)

図15に、8月22日～24日の測定結果を示す。ブラインドが無いため、この時期は3700～4500kcal/日の透過日射量があり、そのため両室温とも実験3-aに比べて高い。しかし、B室温はクールチューブの効果により、ファン運転中は、外気温より平均0.1～0.9°C、日最大で2.1～3.1°C低くなっている。また、A室温と比べると、B室温は4～4.9°C低い。

(5) 二つのシステムの性能比較

A室とB室におけるクールチューブ運転中の平均室内外温度差の関係をみると、図16のようになる。B室温はA室温より常に低く、ブラインドを設置した場合と設置しない場合の両室の温度差は、それぞれ、2～4°C、3.5～5.6°Cである。この値がクールチューブによる室温の冷却効果と考えられ、同じ条件による前回の14mの長さのクールチューブの場合¹⁾と比べると、およそ2～3倍である。次に、A室、B室の内外温度差を見ると、ブラインドを設置した実験3-aの方がブラインドの無い実験3-bより、A室では4.8°C、B室では4.1°C低く、ブラインドによる日射遮蔽の効果があらわれている。図17は、クールチューブ運転中の室内外温度差の日最大値を用いてA室とB室の関係を示したものである。実験3-aではB室温は外気温よりも2.5～10°C低く、また、A室温とB室温の差は平均値の場合とほぼ同様、約2.5°Cである。一方、日射を取り入れた実験3-bにおいては、B室の室内外温度差は約2.5°Cになっているのに対して、A室温と外気温との差は3.5～8.5°Cと大きくばらついている。すなわち、B室では透過日射があるにもかかわらず、クールチューブの効果で、室温が外気温よりも一定の値だけ低く抑えられている。なお、実験3-aの結果は、ブラインドの条件が同じである実験2-aの結果（図9）と比較すると、両室温の差が約70%と小さくなっている。これはレンガの蓄熱の影響と推察される。

(6) クールチューブによる除去熱量と室温降下の関係

B室のクールチューブによる除去熱量について、その日積算量とクールチューブ運転中における室内外温度差の平均値の関係を示すと図18のようになる。除去熱量は、平均的にみれば、実験3-aでは2440kcal/日であるが、実験3-bでは透過日射の影響で室温が高くなるのでその分だけ除去熱量は増大し、3680kcal/日となり、実験3-aより約1.5倍ほど大きい。個々の値は、外気の気象条件によって大きくばらついており、実験を継続的に行うことによるクールチューブの能力低下の影響はみられない。クールチューブ運転中の室内外温度差はブラインドが無いと0～2.5°Cであるが、ブラインドが設置されると1～8°Cに分布す

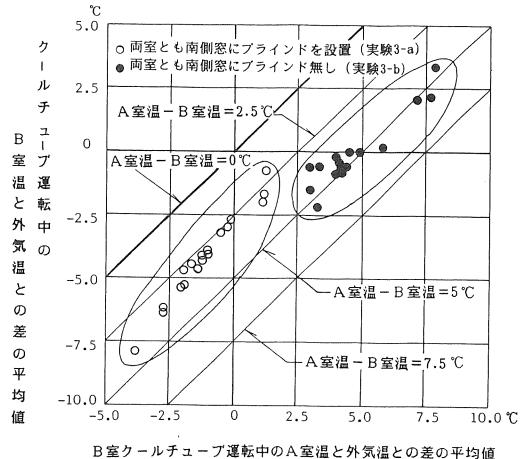


図16 実験3における2つのシステムの性能比較(1)

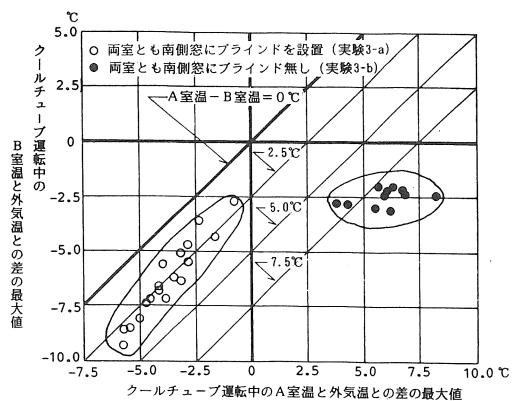


図17 実験3における2つのシステムの性能比較(2)

る。除去熱量と室内外温度差の関係をみると、実験3-bの場合にはばらつきが大きいが、実験3-aの場合は相関係数が-0.86と強い負の相関が得られた。回帰直線によれば、ブラインド等で日射を遮蔽している場合、日中の室温が外気温より10°C低いと、クールチューブの除去熱量は約4500kcal/日となることが推定される。

(7) 実験3におけるB室の熱量収支

図19に、実験1および実験2の場合と同様に、外気温との差で表わしたB室温の日平均値と、一日当りの除去熱量及び取得熱量との関係を示す。ここでは、除去熱量にはクールチューブによる除去熱量とレンガの蓄熱による除去熱量が含まれるものとした。取得熱量はレンガの放熱量とファンモーターからの発熱量のほかに、実験3-bの場合は南側窓からの透過日射量が加わる。一日の熱量収支は、実験1および実験2のときと同様、全体的に除去熱量の方が取得熱量より大きく見積られる傾向にあり、とくに実験3-aの場合、

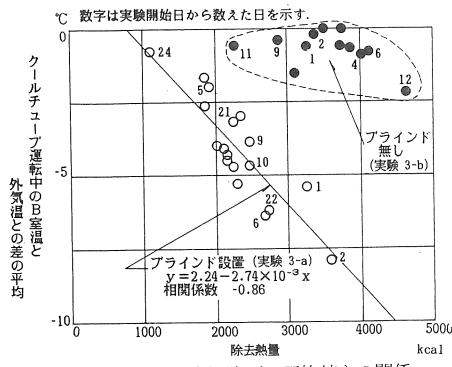


図18 除去熱量と室温降低の平均値との関係

その違いは20%～50%と実験3-bの場合より大きかった。これは、実験3-aにおける種々の熱移動量の累積誤差の割合が、実験3-bより相対的に大きいためと推察される。また、レンガの蓄熱による除去熱量は、クールチューブによる除去熱量の約40%以下であった。なお、前報¹⁾と同様に、クールチューブ周囲50cmに限定し、土壤の温度が一様に変化すると仮定してクールチューブによる約1ヶ月間の除去熱量の合計から地中温度の上昇の程度を概略推定すると、約1.4°Cとなり、これは図12でみたクールチューブによる地中温度の上昇の程度と良い対応を示した。

4. まとめ

(1) 試験室の床を木造床とした場合

- ①南面窓に白色ブラインドを設置し、クールチューブに室内空気を強制的に循環させると、室温は外気温に比べて顕著に低くなり、その温度差は最大で9.2°Cであった。
- ②クールチューブによる温度低下の約75%は、はじめの半分弱ほどの長さで達成されていた。
- ③ブラインドを設置した場合、強制循環時における地中クールチューブの除去熱量は、一日当たり平均で約2000kcal/日であった。
- ④ブラインドを設置した場合、強制換気時における室内からの換気による除去熱量は500kcal/日～2000kcal/日であった。

(2) 試験室の床をレンガ床とした場合

- ①南面窓に白色ブラインドを設置してクールチューブに室内空気を強制的に循環させると、ファン運転中の平均で室温は外気温に比べて最大8°C低くなつた。しかし、レンガの蓄熱の影響のため、木造床の場合に比べてクールチューブを設置していない室との室温の差は、ピーク時でその約70%となった。
- ②クールチューブによる室温の冷却効果の程度は、ブ

	クールチューブによる 除去熱量	レンガの 蓄熱量	レンガの 放熱量	直流熱量	透過日射量
実験3-a	△	□	○	□	-
実験3-b	▲	■	●	■	◆

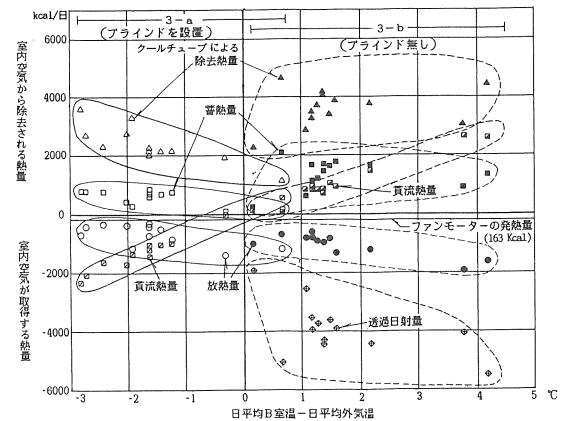


図19 実験3におけるB室の熱量収支

ラインドがある場合と無い場合で、それぞれ、平均3°C、5°Cと見積もられた。これは、前回の床下に設置した長さ14mのクールチューブの場合のおよそ2～3倍である。

- ③クールチューブによる除去熱量は、ブラインドが設置されている場合、平均2400kcal/日と推定され、この熱量は、クールチューブ運転中における内外温度差と高い相関があった。ブラインドが無い場合の除去熱量は、ブラインドを設置した場合の約1.5倍となった。

あとがき

本実験を行なうにあたっては、早稲田大学、木村建一教授より、多くの御指導を賜った。ここに深甚なる謝意を表する次第である。なお、本研究の一部は、昭和58年度文部省科学研究費補助金・エネルギー特別研究・自然エネルギーの研究・太陽エネルギーの研究（研究代表者：国友 孟、研究分担者：長谷川房雄、研究分担課題「パッシブソーラーシステムのエネルギー評価と最適システムに関する研究」）によるものである。

参考文献

- 1) 長谷川房雄・木村建一・吉野 博・石川善美、パッシブソーラーシステム試験家屋に設置したクールチューブの冷却性能に関する研究（その1. 床下に設置した3本のクールチューブの場合）、太陽エネルギー、14-4 (1988), 23-30.
- 2) 吉野 博・石川善美、クールチューブ－パッシブブリーリングとしての地中熱利用－、太陽エネルギー、15-4 (1989), 28-35.
- 3) 長谷川房雄・吉野 博・鈴木良一、試験家屋を用いたパッシブソーラーシステムの性能評価に関する研究、その13、総延長45mの新設したクールチューブの冷却性能に関する実験、日本建築学会東北支部研究報告集、第44号 (1984-10), 261-264、八戸。
- 4) 石川善美・長谷川房雄・吉野 博、試験家屋を用いたパッシブソーラーシステムの性能評価に関する研究、その15、クールチューブの冷却性能に関する実験（続）、日本建築学会東北支部研究報告集、第46号 (1985-11), 97-100、郡山。