

日射遮蔽による既存RC造住宅の環境改善について : 日射遮蔽ブロックの空気層の厚みによる温熱効果について

朴, 賛弼 / 古川, 修文 / 出口, 清孝 / 永瀬, 克己 / PARK, Chanpil / FURUKAWA, Nobuhisa / DEGUCHI, Kiyotaka / NAGASE, Katsumi

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学工学部研究集報 / 法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)

43

(開始ページ / Start Page)

35

(終了ページ / End Page)

40

(発行年 / Year)

2007-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003742>

日射遮蔽による既存RC造住宅の環境改善について

- 日射遮蔽ブロックの空気層の厚みによる温熱効果について -

ABOUT AN THERMAL ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT BY SOLAR INSULATING ON THE RC CONSTRUCTION ROOF

On the effect of thermal environment by the thickness of the air layer in the solar insulating block.

朴賛弼*, 古川修文*, 出口清孝*, 永瀬克己*

ChanpilPARK, NobuhisaFURUKAWA, KiyotakaDEGUCHI, KatsumiNAGASE

The purpose of this study is to find out the effect of thermal environmental improvement by solar insulating on the RC construction. It covers sunlight as the measures. It is important that I prevent a rise of in the ceiling temperature by preventing thermal storage of concrete. This study was based on conventional results of research and changed length of a cover block into 0 steps of 4.0cm, one step 8.5cm, two steps of 13cm, four ways of three steps of 17.5cm. In other words I investigated how indoor warm temperature environment could be improved by changing thickness of an atmospheric layer. As for the result, a warm temperature improvement effect of an insulation block is clear from a foot to foot three steps by becoming a graph of a similar wave pattern. However, the temperature that three steps of feet are less than outside temperature and time are the best. Therefore, I made clear that still indoor warm temperature environment was improved by making an air layer thick. It could be proposed as a good system which improved the indoor thermal environment on the existent houses.

Keywords: RC construction, Solar thermal, Solar insulating roof, thermal environmental improvement, solar insulating block, air layer, thickness of a block

RC造、日射熱、日射遮蔽屋根、温熱環境改善、遮蔽ブロック、空気層、ブロックの足の長さ

1. はじめに

RC造住宅は、強い日射によって日中はコンクリートに蓄熱し、夜間にそれを放射して室内気温、特に天井裏気温の上昇を招き、温熱環境を劣悪なものにしている。その対策として日射を遮蔽し、コンクリートの蓄熱を防ぐことによって天井裏気温の上昇を防ぐことが重要である。前回の研究論文¹⁾では陸屋根における日射遮蔽の効果を明らかにした。今まで沖縄を対象に行った実験結果から、日射遮蔽ブロックと屋根スラブの間の通風が室内温熱環境の改善に大きな関係があることが予想された。本研究はこれまでの研究成果²⁾を踏まえて、遮蔽ブロックの足の長さを、0段4.0cm、1段8.5cm、2段13cm、3段17.5cmの4通りに変えて、すなわち空気層の厚みを変えることによって室内の温熱環境がどの程度改善

できるかを追及したものである。これを検証するために出来るだけ気象条件や建物の条件を同一し、単純化した実験家屋を使用した。実験は東京都小金井市の法政大学工学部構内で行った。実験に使用した家屋は図1に示すもので、間口3,030mm、奥行き2,446mm、高さ2,213mmである。壁はアイボリー色のカラー鋼板仕上げ合板、屋根は鉄骨で支えた厚さ100mmのコンクリートスラブである。断熱材は使用していない。

2軒の実験家屋は図2のように配置し、北側にある家屋を家屋A、南側にある家屋を家屋Bと呼ぶことにした(写真1)。家屋A、家屋Bの屋根スラブには空気層が違う日射遮蔽ブロック(写真2)を置

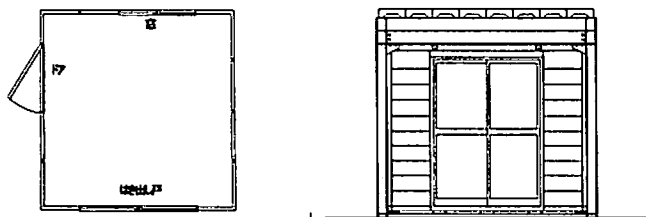


図1. 実験家屋平面図、南立面図

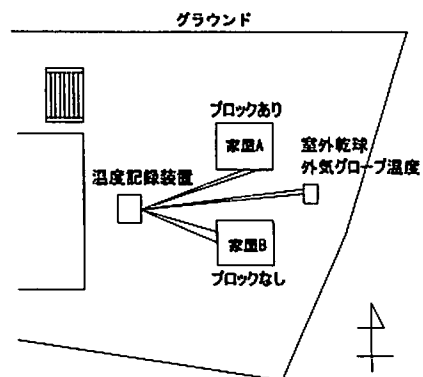


図2. 実験家屋配置図

*工学部建築学科

き、比較によってブロックの効果を検証するものである。

2. 実験概要

2-1 温度測定

デジタル温度記録計(横河電機製DAQ STATION)を使用した(写真3)。センサーは銅-コンスタンタン熱電対である。自動的に30ヶ所の温度を同時測定することができる。気温の測定は、屋外気温では百葉箱を使用し、地上2.0mの位置に熱電対のセンサー部を設置した。各部表面温度の測定は、熱電対のセンサー部をテープで対象物に直接接着した。また、外壁表面及び屋上スラブなどの表面はシリコンボンドで直接接着した。グローブ温度は直径7.5cmのグローブを用い、熱電対のセンサー部がグローブの中心にくるようにしてゴム栓で閉じた。室内においては、天井裏からの放射を計るため、天井より約30cm下の位置を測定点とした。

2-2 実験方法

①測定項目は、ブロック内部空気層の気温、天井裏面温度、天井裏気温、室内気温、外気温など30箇所の計測を行った。測定は30分間隔で自動計測した。測定期間中は、窓、ドアは閉めたままの状態にした。

②実験家屋A、Bの固体特性を2004/7/16～2004/7/21までの6日間計測した。結果、家屋Aの方が家屋Bよりも室内気温、天井裏気温がやや高くなる傾向にあった。それを考慮して、家屋Aの温熱環境改善を対象とした。

③ブロックの足の長さ(空気層の厚さ)による効果を見るために、家屋Aにはブロックの足(空気層)を8.5cmにして載せ、家屋Bはブロックの足0段(空気層4.0cm)のままで載せ、両者を比較した。2004/7/27～8/4の9日間である。

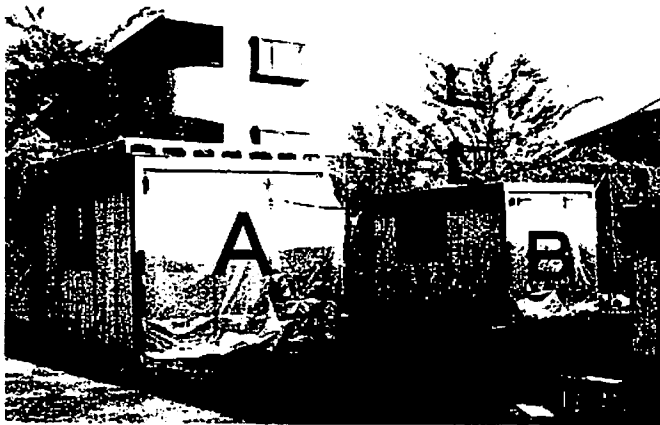


写真1. 実験小屋A、B

④家屋Aのブロックの空気層を13cm(足2段)にし、家屋B(ブロックの空気層4.0cm)と比較した。測定期間は2004/8/5～8/11の7日間である。

⑤家屋Aのブロックの空気層を17.5cm(足3段)にし、家屋B(ブロックの空気層4.0cm)と比較した。測定期間は2004/8/12～2004/8/23までの7日間計測した。本研究は天井裏気温と室内気温をどの程度下げることができるかが要点である。以下に天井裏気温と室内グローブ温度について、外気温を基準にして考察する。

3 外気温を基準とした各部温度の比較

3-1 家屋Aの屋根スラブ表面温度の比較

日射遮蔽をした実験家屋の内部温度は、外気温の上昇に即時対応せず、遅れて上昇してゆく。したがって日中の一定時間は外気温より低い値を保つことになる。これが日射遮蔽の性能を示す指標になる。本論では外気温との差の大小を比較し、更に外気温より低い時間帯の比較によって日射遮蔽効果を判定する。外気温との差は時刻に関係なく一日のうちの最大値を比較することにする。図3は外気温を基準にして、屋根スラブ表面温度と日射量の関係を散布図で示したものである。データ数は少ないが、遮蔽ブロックの足の長さによる有意差が認められる。遮蔽ブロックは日射量が少ないときは室内温熱に影響を及ぼすことなく、有利にも不利にもならない。日射量が大きくなるにしたがって遮蔽ブロックの効果が顕著になるが、特に全天日射量が夏季の晴天時で、一般的に15MJ/m²・day以上になると効果が明確になる。グラフを見ると既存の遮蔽ブロック(空気層4.0cm)の場合、屋根表面温度は日射による温度上昇は抑えられ、外気温よりやや低い値を示しているか、ほぼ外気温と同じといえる。実験家屋の屋根スラブは厚さ10cmのコンクリートであり、このコンクリートは日中は日射受熱によって温度が上昇する。日射受熱が無ければ夜間に低下したコンクリートの温度が長く保持されていて、外気温より高くはならない。空気層4.0cmの場合はブロック下に外気が流れ込んで、コンクリートの表面温度が外気温と同じになるものと理解できる。遮蔽ブロックの足を長くするという事は、ブロック下の換気をよくして外気の停滞を防ぐことになる。したがってコンクリートの表面温度は外気温の上昇に影響されず、夜間からのコンクリートの温度を保持するため、屋根表面温度を低く抑えることになる。すなわちブロック下の換気量に左右されることになる。表面温度が最も低くなっているのは足3段(空気層17.5cm)といえる。しかし足1段(空気層8.5cm)と足2段(空気層13.0cm)は、その差は僅かであり、且つ結果は逆の効果が出ている。これは

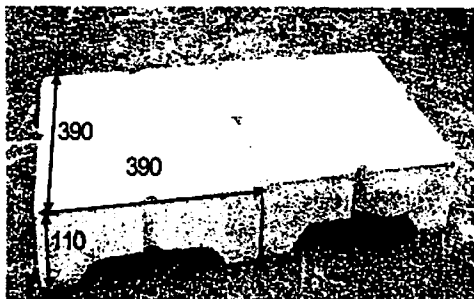


写真3. 遮蔽ブロックの規格

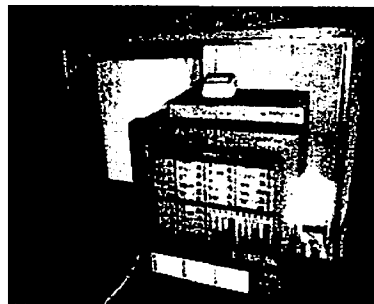


写真2. デジタル温度記録計

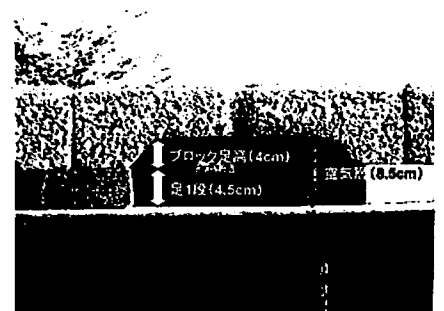


写真4. 遮蔽ブロックの空気層

足2段の実験日の日射量がやや小さいことに原因すると考えられる。長期実験の結果を精査すれば、足2段の方が勝る傾向にある。以上の結果から、ブロックの足を長くすることは大きな効果があるが、足1段～足2段の差は僅かである。その中で足3段の効果が最も大きいといえる。

3-2 家屋Aの屋根スラブとブロック間の気温の比較

図4は屋根スラブ表面温度の結果を再検証する意味で、遮蔽ブロック下の換気と気温の関係を確認したものである。屋根スラブ表面温度との相関が明確に表れている。ブロック下の空気層の厚みによる換気量の違いは、屋根スラブ表面温度に大きく影響し、ブロック下の換気の重要性を示している。詳細に見るとブロック足0段は外気温よりも高くなり、熱がこもる現象を示して結果が悪い。これに対してブロックの足を伸ばしたものは外気温以下になることが多い。それが日射量の増加にしたがって顕著になっている。なかでも足3段は平均的に良い結果を示している。空気層の厚さが17cmくらい必要であることを示している。

3-3 家屋Aの天井裏気温と外気温の比較

天井裏気温は屋根スラブから直接、熱が伝えてくる重要な空間である。図5からは実験期間中に天候に恵まれた足1段が良い結果を示している。しかし、前述したように足1段の場合は、平均日射量が20 (MJ/m²・day) の時は外気温より平均約2.5℃低く、足3段の場合、平均日射量が17 (MJ/m²・day) の時は外気温より平均約2.3℃低く、その差ほとんどない。

3-4 家屋Aの天井裏気温が外気温より低い時間の比較

日射遮蔽ブロックの目的は、天井裏気温を長時間に亘って外気温より低く保つことにある。図6は天井裏気温が外気温より低くなっている時間と日射量の関係を示している。足0段は、平均日射量が21 (MJ/m²・day) の時は外気温より低くなっている時間が4時間である。足1段の場合は平均日射量が20 (MJ/m²・day) の時は9時間であり、足2段は、平均日射量が18 (MJ/m²・day) の時は6時間である。また、足3段は、平均日射量が15 (MJ/m²・day) の時は7時間である。ブロックの足0段の時は日射量が大きくなって外気温を下回る時間は一日のなかで4時間ほどなのに対し、足を伸ばしたときは6から12時間になる。日射量の増加に対応して、時間も延びる傾向にあるのは有利な現象である。このことからブロックの足を伸ばすことは、天井裏気温を外気温よりも大きく低下させ、且つ、下回る時間を増加させることが明確である。図7は外気温差の最大値と外気温を下回る時間(時)を示したものである。外気温差×時間が遮蔽ブロックの効果を示す指標となる。

3-5 家屋Aの室内グローブ温度と外気温との差

実際の生活空間である室内のグローブ温度と外気温との差を検証することは重要である。日射の影響を直接受け、且つ、密閉されている天井裏は、遮蔽ブロックの効果が直接現れるところである。しかし、実際の生活空間に対する効果を検証しなければ充分とはいえない。実験家屋は開口部は閉じ、東南西の壁面は日射を受けないように合板で遮蔽しているが、家屋の壁、床は断熱しておらず、外

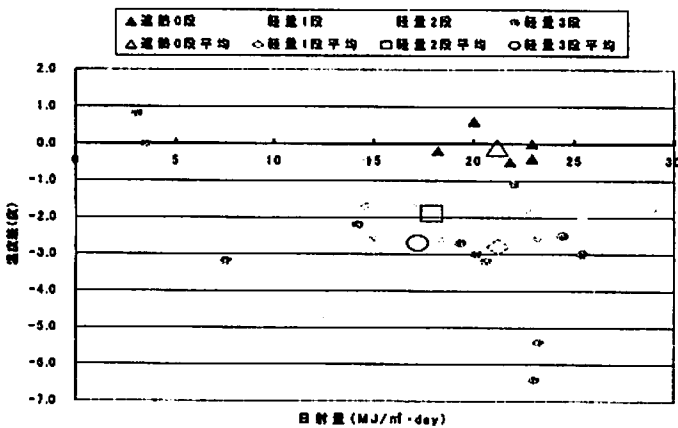


図3. 家屋A屋根表面温度と外気温との差

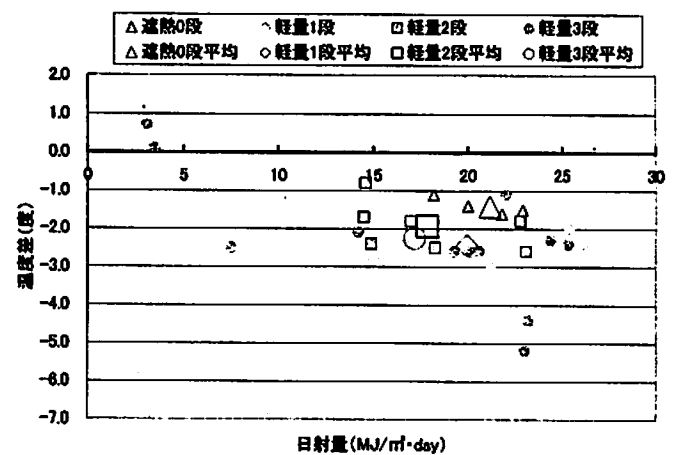


図5. 家屋Aの天井裏気温と外気温差の比較

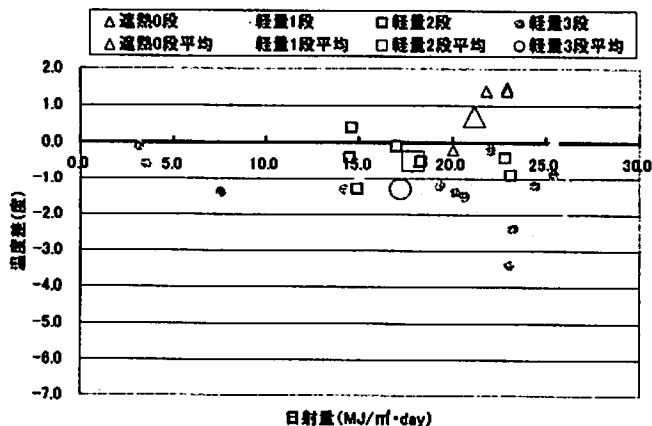


図4. 家屋Aのスラブとブロック間の気温と外気温との差

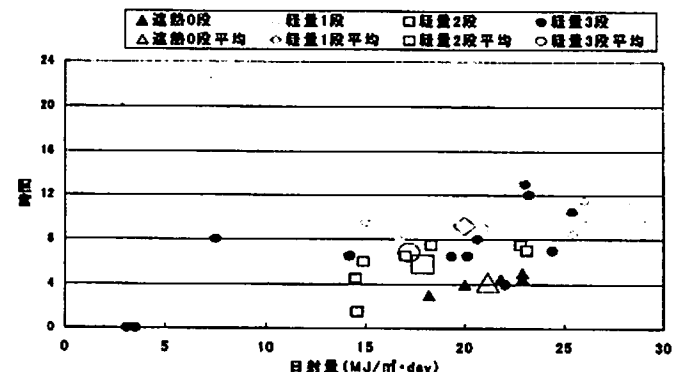


図6. 家屋Aの天井裏気温が外気温よりも低くなっている時間と日射量の関係

部との熱的遮蔽はない。したがって天井裏ほど明確に遮蔽ブロックの効果が現れないのは事実である。しかし、ブロックの足の長さによる効果は他の部位の温熱状況と相似であり、室内の温熱改善に有効であることを示している。

図8において、遮蔽ブロック足0段の外気温差は0度から-1度の範囲であり、効果は小さいが、足3段は日射量が大きくなれば外気温差は-1度から-2.5度の範囲内になり、効果が大きくなる。このグラフでは実験データが少なく、足1段、足2段の効果が明確でないが、データを多くすれば効果が現れるものと思われる。足3段の場合もデータは充分ではないが、日射量の多い状態での効果が見られる。少なくとも足3段は優位であるといえる。

3-6家屋Aの室内グローブ温度が外気温より低い時間の比較

図9は、家屋Aの室内グローブ温度が外気温を下回っている時間と日射量との関係を示したものである。日射量の増加に対応して外気温を下回る時間が増している。遮蔽ブロック足の長さで見ると、足0段は外気温を下回るのはわずか2時間ほどであるが、足1段は日射量の増加に対し時間も増加する。足3段になるとその傾向はさらに大きくなり、日射量が大きい日では外気温を下回る時間は10時間にも達する。この効果は大きいといえる。

日射遮蔽ブロックの効果は家屋の上部に行くほど大きく表れる。日射量が最も多くなる時間帯に部位の温度上昇を抑さえ、その結果、蓄熱が最高に達する20時頃の温度上昇を抑えることになる。この効果は日射量の大きさに対応して大きくなる。また、一日を通

しての効果の時間も長くなることは明確である。図10は外気温差の最大値と外気温を下回る時間(時)を示したものである。外気温差×時間が遮蔽ブロックの効果を示す指標となる。

4. 空気層の厚みによる温熱効果

本実験は既存の遮蔽ブロックの足を長くし、ブロック下の空気層の厚さを変えた場合、ブロックの性能がどの程度向上するかを追究したものであるが、実験は長期に亘って順に行っており、天候は同一条件ではない。したがって相互の比較に当たっては、各測定期間の中で日射量の最も多い日で、かつ天候の似た日を選定し、外気温を基準にしてそれより低くなる時間を以って比較することにした。日射量の少ない日は遮蔽ブロックの効果がなく、ブロックの足

表1. 日射量が多い日の気象概況

空気層の厚さ	ブロック足0段 空気層4.0cm	ブロック足1段 空気層8.5cm	ブロック足2段 空気層13.0cm	ブロック足3段 空気層17.5cm
月日	7月23日	8月2日	8月9日	8月19日
日射量 (MJ/m ²)	22.9	26.1	23.1	25.4
天気概況	晴	晴	晴	晴
平均気温 (°C)	28.8	28.2	28.7	30.9
最高気温 (°C)	34	32	33	34.9
最低気温 (°C)	25.2	25.6	25.8	28.8
日照時間 (h)	9.6	12	11.1	11.3

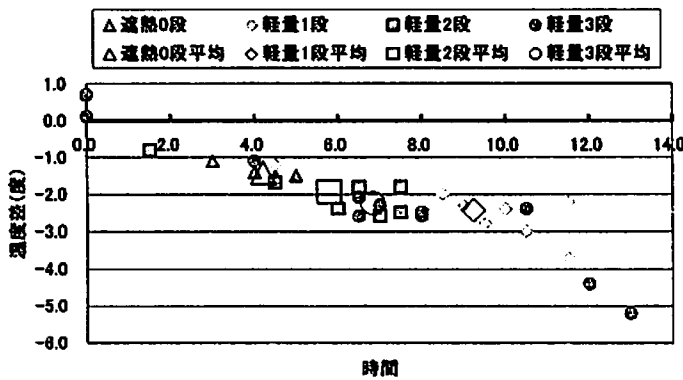


図7. 天井裏気温の回気温差と外気温を下回る時間(時)と温度差の関係

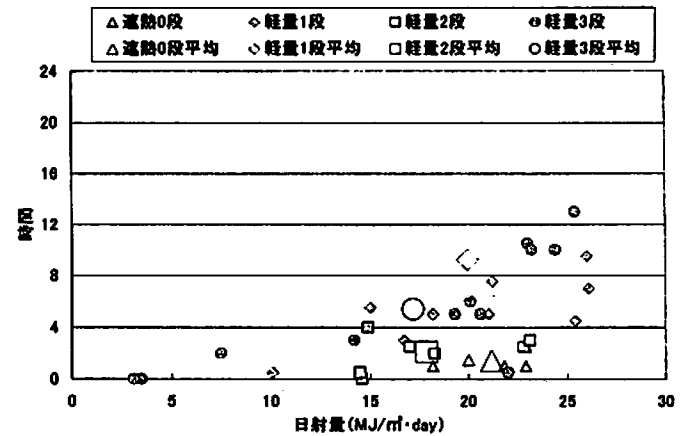


図9. 家屋Aの室内グローブ温度が外気温よりも低くなっている時間と日射量の関係

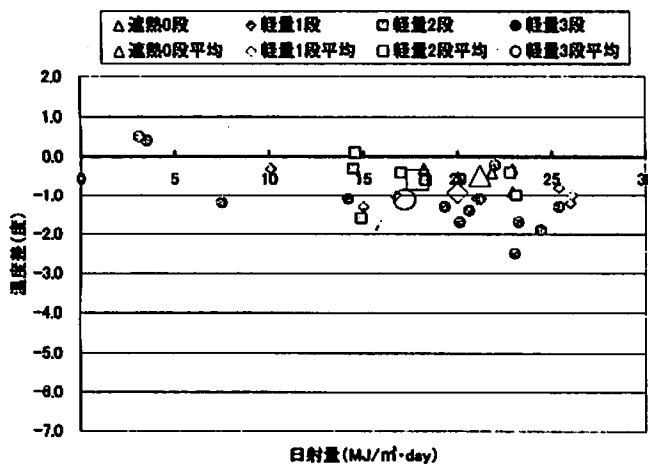


図8. 家屋Aの室内グローブ温度と外気温との差

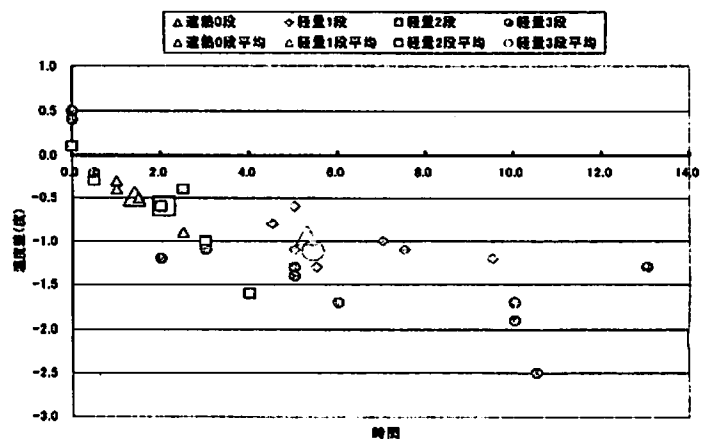


図10. 家屋Aの室内グローブ温度が外気温よりも低くなっている時間と温度差の関係

の長さも関係ないことは従来の実験を見ても明白である。比較対象とした4日間の気象概況は表1に示すとおりである。日射量、平均気温、最高気温などを見て、最も厳しい気象を示したのは8月19日であり、他の日(7月23日、8月2日、8月9日)は大体似た条件下であるといえる。北緯35度の東京としては真夏の快晴の日射量であり、気温である。

4-1 ブロック表面温度と天井裏気温の比較

日射量の多い例として足0段(空気層4.0cm)、足1段(空気層8.5cm)、足2段(空気層13.0cm)、足3段(空気層17.5cm)のブロック表面温度と天井裏気温を示す(図11、図12、図13、図14)。これらのグラフからは同じ波形をしているのが共通点である。すなわち、14時の場合はブロック表面温度は約50度前後で、天井裏表面温度は約35度前後である。その差は約15度で遮蔽ブロックだけでは約15度位表面温度が、低くなっていることが明らかである。

4-2 ブロック内部空気層気温の比較

図15は日射量の多い日の、家屋Aのブロックと屋根の間の空気層をそれぞれ足0段4cm、足1段8.5cm、足2段13cm、足3段17.5cmにした時の、ブロック内部空気層の気温を外気温との差で比較したグラフである。日射量が一番多い14時は足0段が2.8度、足1段0.2度、足2段0.5度外気温より上回っている。しかし、足3段は0.5度下回っている。また、20時の場合、足0段が3.2度、足1段0.8度、足2段1.3度、足3段は0.2度、外気温より上回っている。すなわち、足3段は外気温とほぼ同じである。外気温より高い時間帯である18時でもわずかに0.5度高いくらいである。ブロック内部気温が外気温を下回る時間は、足を伸ばし空気層を厚くすることによって、大幅に伸ばすことができる。特に、足3段は17時間以上、外気温より下回っている。

4-3 ブロック表面温度の比較

図16は日射量の多い日の、屋根表面温度を外気温との差で比較したグラフである。日射量が一番多い14時は足0段が1.0度外気温より上回っている。しかし、足1段2.2度、足2段1.2度、足3段は2.1度外気温より下回っている。また、外気温を下回る時間は足0段は一日中で、足1段は9時間、足2段は4時間、足3段は11時間になっている。すなわち、足を伸ばし空気層を厚くすることによって、外気温を下回る時間を大幅に伸ばすことができる。

4-3 空気層の厚みによる室内グローブ温度の比較

図17は日射量の多い日の室内グローブ温度を外気温との差で比較したグラフである。室内グローブ温度と外気温との関係を見ると、外気温より下回っている最大の温度差は足0段が0.8度、足1段、2段1度、3段1.5度である。若干の温度差である。しかし、外気温より下回っている時間を比較すると次のように差が出てくる。足0段は約2時間、足1、2段は6時間、足3段は約11時間である。

4-5 天井裏気温の比較

図18は日射量の多い日の天井裏気温を外気温との差で比較したグラフである。遮蔽ブロック(足0段、空気層4.0cm)の場合は、天井裏気温が外気温より低い時間帯は9時過ぎから14時過ぎまで約4時間30分くらいである。遮蔽ブロック+足1段(空気層8.5cm)の場合は、6時30分から16時までの約9時間30分である。遮蔽ブロック+足2段(空気層13.0cm)の場合は、7時30分から15時までの約7時間30分である。遮蔽ブロック+足3段(空気層17.5cm)の場合は、6時から17時までの約11時間である。空気層の厚さだけに着目すれば、空気層8.5cmと空気層13.0cmの結果は予想に反して逆の結果を示しているが、これは足2段の実験日の日射量がやや小さいことに原因すると考えられる。長期実験の結果を精査すれ

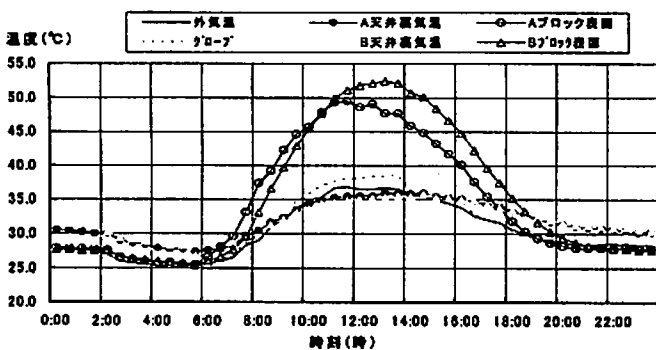


図11. 空気層4.0cmブロック表面温度と天井裏気温(7月23日)

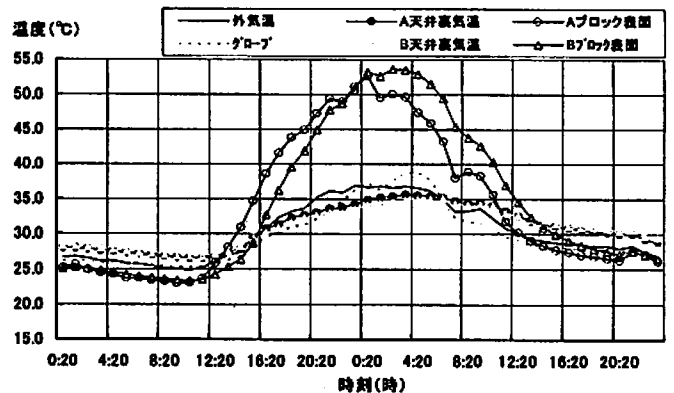


図13. 空気層13.0cmブロック表面温度と天井裏気温(8月9日)

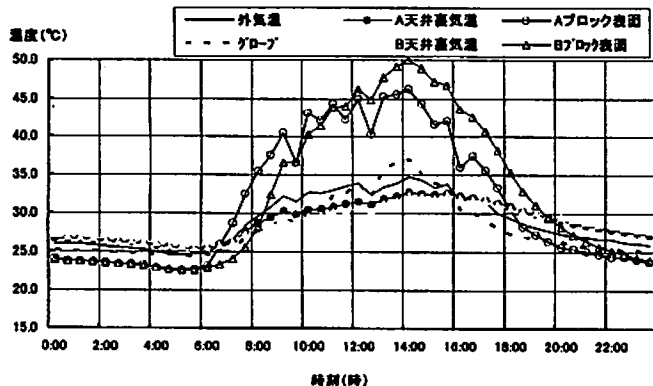


図12. 空気層8.5cmブロック表面温度と天井裏気温(8月2日)

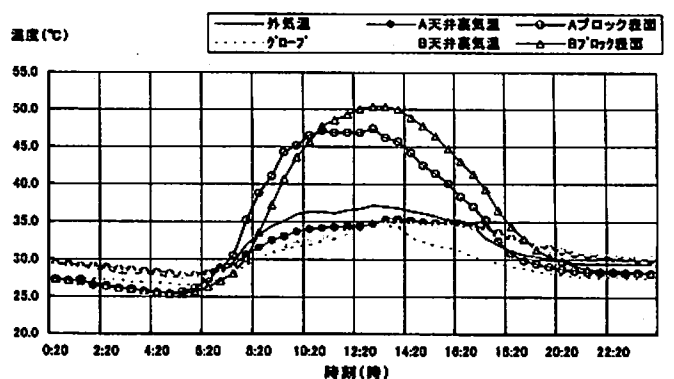


図14. 空気層17.5cmブロック表面温度と天井裏気温(8月19日)

ば、足2段の方が勝る傾向にある。図18を見ても10時30分～12時10分の間は足2段が一番低い状態を示している。また、日較差も大きい。本実験のように日射量を対象とした実験では日射量に対する反応を第一に確認したいのであるが、外気温を基準にして比較すると気温の変動やその他の要素が大きく影響してくる。したがって長期にわたる実験結果の統計的検証が必要である。

5. 結論

全実験における共通な概況は、各部の温度や気温は夜間はほとんど差がなくなる。特に明け方は外気温が一番低くなるが、他の温度や気温は外気温より高くほぼ同じ値に近づく。日の出と共に外気温

が上昇してゆき、家屋内部の気温を超えて行くが、家屋内部では時間的にずれてゆっくり上昇する。特に天井裏気温は屋根からの日射に直接影響を受け、遮蔽ブロックの効果が顕著に現れる。したがって本実験の比較では、天井裏気温を検証することが最もよいといえる。天井裏気温は夜間は外気温より上がるが、日中は外気温を下回る。外気温より低い時間の長短は遮蔽ブロックの性能を示す指標となる。以上の結果から足0段から足3段までは似た波形のグラフになっていることから断熱ブロックの温熱改善効果は明らかであるが、しかし、足3段(空気層17.5cm)が外気温より下回る温度及び時間が一番良い結果から、空気層を厚くすることによって一層室内温熱環境が改善されることを明らかにした。

遮蔽ブロック下の換気量は大切であり、空気層を厚くすることは効果がある。しかし、空気層の厚さは過去に行った一連の基礎的実験により20cm以上は効果は同じになるという結論を得ている。したがって本研究の遮蔽ブロックの場合も空気層は17cmくらいで効果は最大になると思われる。また施工の面から見てもブロックの脚の長さは17cmくらいが限界である。施工法はいろいろ考えられるが、陸屋根に5×5×13cmのコンクリートブロックを固定させ、その上に遮蔽ブロックを設置する方法が有効である。以上の結果、足0段から足3段までは似た波形のグラフになっていることから断熱ブロックの温熱改善効果は明らかであるが、しかし、足3段(空気層17.5cm)が外気温より下回る温度及び時間が一番良い結果から、空気層を厚くすることによって一層室内温熱環境が改善されることを明らかにした。

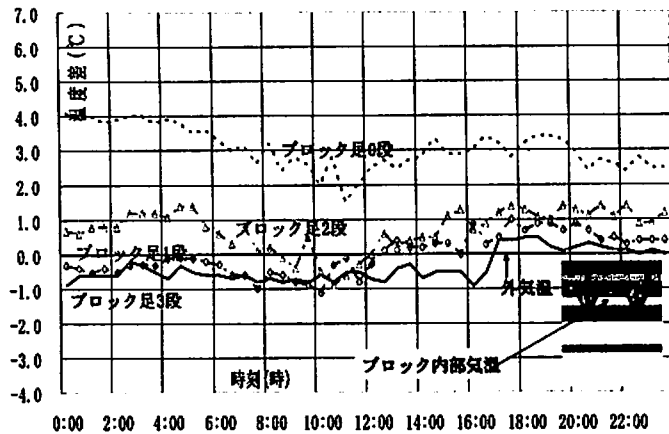


図15. 空気層の厚みによるブロック内部気温の比較

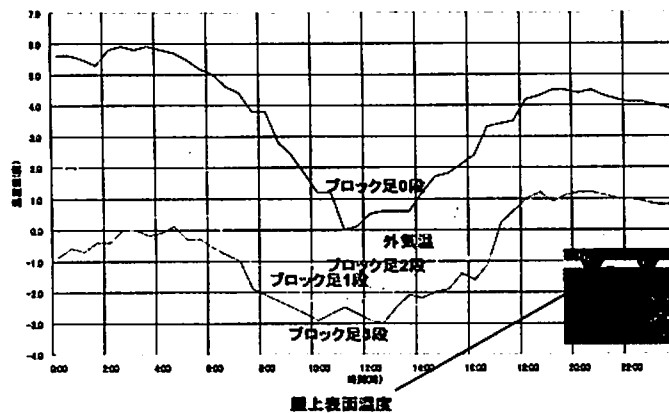


図16. 空気層の厚みによる屋根表面温度の比較

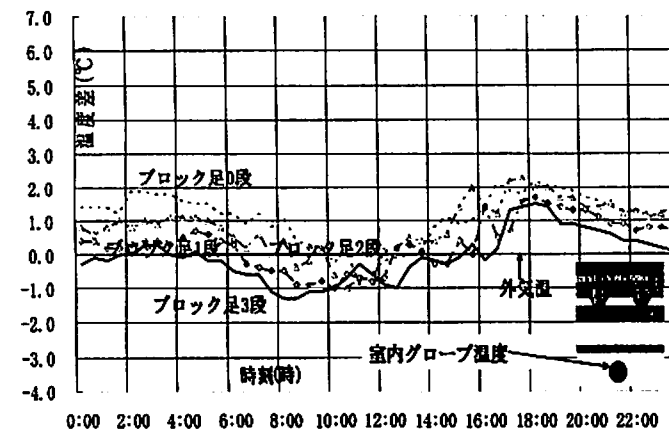


図17. 空気層の厚みによる室内グローブ温度の比較

【注】

- 1) 朴賛弼・古川修文・出口清孝・永瀬克己・千葉義尚「日射遮蔽による既存RC造住宅の環境改善について-沖縄におけるRC建築物の温熱環境改善に関する研究-」、法政大学工学部研究集報第42号、2006年3月、p19-p25
- 2) 日本建築学会大会『学術講演梗概集E-2建築計画』2001年～2004年
 - その1 遮蔽屋根と断熱ブロックの効果の比較
 - その2 遮蔽屋根と断熱材の効果の比較
 - その3 学校建築(新城小学校)における日射遮蔽の実験
 - その4 ブロックと芝生を併用した日射遮蔽の実験
 - その5 遮蔽ブロックと芝生を植えたブロックの温熱改善効果について
 - その6 日射遮蔽ブロックの足の長さによる温熱効果の影響について

【参考文献】

- 1) 古川修文(代表)、出口清孝・永瀬克己・朴賛弼「沖縄におけるRC造住宅の温熱環境改善に関する構法的研究」(課題番号11650639)、平成14年度～16年度科学研究費補助金、基盤研究(C)(2)、研究成果報告書平成17年4月

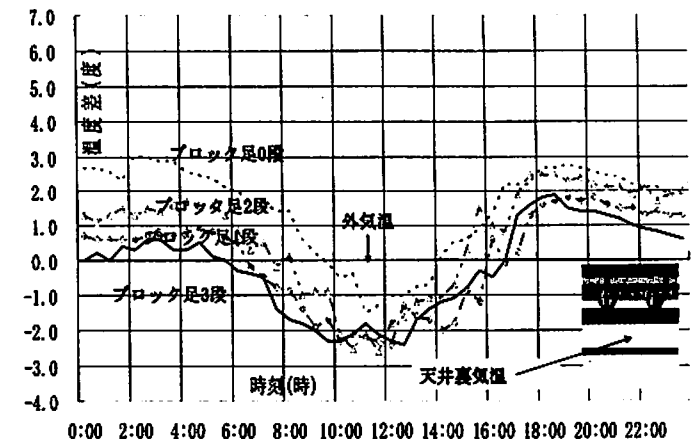


図18. 空気層の厚みによる天井裏気温の比較