

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

NAGASE, Katsumi / 朴, 賛弼 / 古川, 修文 / 出口, 清孝 / 永瀬, 克己 / 千葉, 義尚 / PARK, Chanpil / FURUKAWA, Nobuhisa / DEGUCHI, Kiyotaka / CHIBA, Yoshinao

(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)

42

(開始ページ / Start Page)

19

(終了ページ / End Page)

25

(発行年 / Year)

2006-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003753>

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 —

朴賛弼・古川修文・出口清孝・永瀬克己・千葉義尚

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

A study on thermal environmental improvement on the RC constructon Okinawa

**Chanpil PARK, Nobuhisa FURUKAWA, Kiyotaka DEGUCHI,
Katsumi NAGASE, Yoshinao CHIBA**

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

A study on thermal environmental improvement on the RC construction Okinawa

朴賛弼¹, 古川修文², 出口清孝³, 永瀬克己⁴, 千葉義尚⁵

ChanpilPARK, NobuhisaFURUKAWA, KiyotakaDEGUCHI, KatsumiNAGASE, YoshinaoCHIBA

The purpose of this study is to find out the effect of thermal environmental improvement by solar insulating on the RC construction Okinawa. And it is cleared how many indoor environments are improved on a solar insulating for the RC roof. In Okinawa, it makes the indoor thermal environment of a reinforced concrete house bad that concrete accumulates a lot of heat. As the solar altitude of summer is high, and the amount of solar radiation is very large. So it thinks that it is important to prevent concrete from accumulating heat to improve it. As the result, it was found that the roof on solar insulating which has an air layer obviously improved the indoor thermal environment of RC building which was applied. And it was found that the systems have an effectuality on heat island phenomenon simultaneously. It could be proposed as a good system which improved the indoor thermal environment oh the existent houses.

Keywords: Okinawa, RC construction, radiation, Solar thermal, Solar insulating roof, thermal environmental improvement
 沖縄, RC造, 放射熱, 日射熱, 日射遮蔽屋根, 温熱環境改善

1. はじめに

沖縄の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。沖縄ではその対策として断熱材を厚く施設しているが、効果は全く期待できない。それより日射を遮蔽し、空気層を置くことによって、コンクリートの蓄熱を防ぎ、天井裏気温の上昇を防ぐことが重要と思われる。本研究は、既存のRC住宅において、遮蔽屋根と断熱材、無施設について比較実験を行い、日射遮蔽の有効性を明らかにすることである。従って、既存のRC造住宅の劣悪な温熱環境を比較的簡単に且つ安価に改善し、沖縄の景観に合うRC造住宅の構法を提案するものである。本

実験において使用した日射遮蔽屋根(写真1)は、RC造屋根スラブに日陰をつくり、コンクリートへの蓄熱を抑え、風を通すことによって放熱を促し、小屋裏気温の上昇を防ぐことを目的として作成した。本実験では、室内気温に関しての実験家屋は図1のように3軒とも実際に生活していることで、内外の開口部が明け放たれているため外気の影響を受けて気温差は小さく、実験結果を比較するには矛盾がある。そして、外気の影響を受けない天井裏気温を対象に分析する。遮蔽屋根の効果を評価する方法としては、外気の影響を受けない天井裏気温を比較するのが最も明確であるので、本論は天井裏気温を対象にして考察してゆく。3軒の家屋の天井裏は換気口などはなく密閉状態である。



写真1. 遮蔽屋根

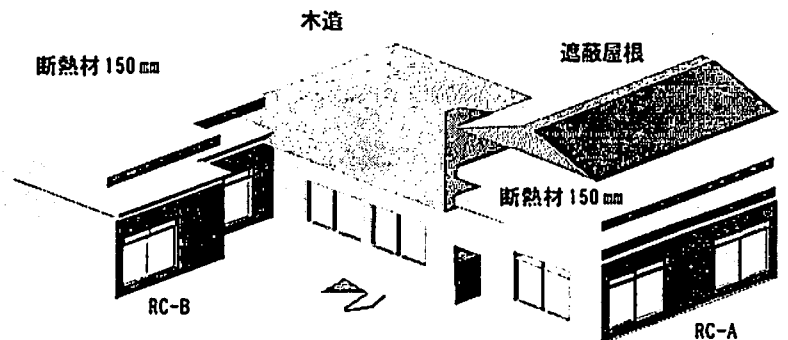


図1. 実験家屋

2. 実験設置概要

2-1 実験項目

沖縄県名護市にあるRC造住宅2戸と木造住宅1戸(図1)を用いて、以下の実験を行った。

(1) 一方のRC造(以下A棟と呼ぶ)に遮蔽屋根(写真1)をかけ、他方のRC造(以下B棟と呼ぶ)は無施設の状態、両者の各部の温度30箇所を1年間測定した。

(2) A棟は遮蔽屋根、B棟は屋根スラブに厚さ150mmの外断熱材(ウレタンボード)を施設し、遮蔽屋根と断熱材の効果を比較した。

(3) A棟は遮蔽屋根の下の屋根スラブに厚さ150mmの外断熱材を施設し、B棟は無施設の状態と同様に比較した。本研究は天井裏気温をどの程度下げることができるかが要点である。

2-2 実験方法

(1) 測定機器及び日射量

測定機器はグローブ温度計、乾球温度計、湿球温度計を用い、実験家屋に合計30箇所の熱電対を設置した。本論文では2000年8月23日から2001年9月22日までのデータを対象とする。日射量に対しては、日射量 $A \leq 5$ (MJ/m²・day): 少ない, $A \leq 10$: 比較的少ない, $A \leq 15$: 比較的多い, $A \leq 20$: 多い, $A \leq 25$: 非常に多いと分割した。

(2) 天井裏気温の固体特性

本実験を行う前に、それぞれの家屋における温熱固体特性を実測し、解析した。実測期間は2000年8月1日からの2日間である。日射量が少ない日の天井裏気温は図2に示すように、日中でもあまり高くならず、室内に放射される熱量は比較的少ない。また、日中は外気温に追従して変化しているが、常に外気温よりも高くなっている。しかし、RC-A、RC-Bの気温差はほとんどない。次に、晴天で比

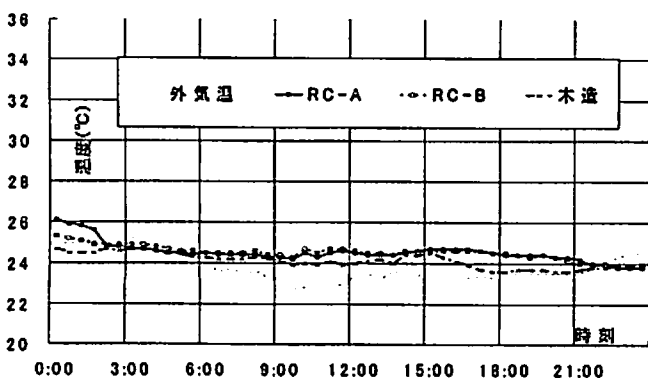


図2 日射量が少ない日の天井裏気温の固体特性 (2000.8.1. 雨、日射量5.37[MJ/m²・day])

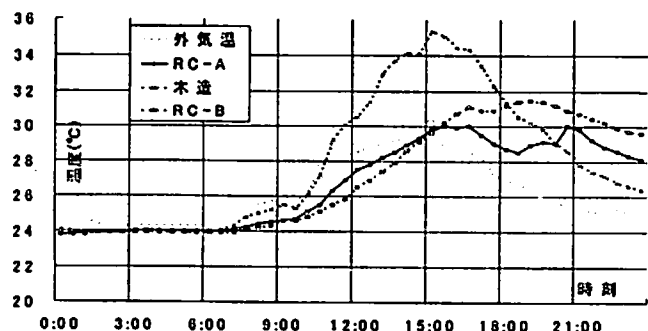


図3 日射量が比較的多い日の天井裏気温の固体特性 (2000.8.2. 曇り 日射量13.29[MJ/m²・day])

較の日射量の多い日の天井裏気温の固体特性については、図3に示すように、夜明けから15時30分まではRC-Aの方がRC-Bより平均0.5度高く、それ以後は逆転してRC-Bの方が高くなる。この原因は、東側に位置するRC-Aが午前中から15時30分ごろまで日射を受けて気温が上昇し、その後は西側に位置するRC-Bが、西日の影響を受け、夕方以降も気温が上昇していくからと思われる。

3. 気温の日変化についての分析と結果

3-1 遮蔽屋根有り (RC-A) と無し (RC-B) の比較

①屋根スラブ表面温度と天井裏気温の比較

●**屋根スラブ表面温度の比較:**日射量の多い日の屋根スラブ表面温度の日変化を図4に示す。図から分かるように、RC-Bの屋根スラブ表面温度は12時から13時の間にピークに達する。夏季における最高気温は実に63.7°Cにも達している。外気温の最高は36°Cにも達していないことを考慮すると、その差は約30度にもなる。この結果は春・秋・冬でも約20度の温度差が見られる。次に、日射遮蔽屋根で覆っているRC-Aの屋根スラブ表面温度をみると、その最高温度はRC-Bと比べて大きく下回っていることが明白である。他の季節を見ても、A棟とB棟の差ははっきりとでている。このことから、日射の強い日ほど、日射を一番受ける屋根表面に日射遮蔽屋根を乗せることは最も効果的であるといえる。

●**天井裏気温の比較:**図4において明白であるが、RC-Bの天井裏気温が一番高くなっている。屋根表面温度の影響を受けることは明らかである。それでも建物の下位の位置では温度の上限は下がってくる。どの季節においてもRC-B天井裏の最高気温は外気温との間にタイムラグがあり、ほぼ18時頃にピークに達し、その後気温はゆっくり下がり始める。一方RC-Aの方も同様に18時頃に最高気温に達するが、RC-Bとの気温差は極めて大きい。RC-Bは夜間もあまり気温が下がらない。これは、昼間にコンクリート屋根スラブに蓄熱され、天井裏に放熱されて熱がこもってしまうからである。真夜中でも頭上に熱の塊を持った状態で、そこから放射される熱によって寝苦しい夜が続くことになる。遮蔽屋根は、まさに天井裏気温を下げるのに最大の効果を持つといえる。

②外気を0としたときの天井裏気温の比較

外気温を基準(0度)とした時のRC-AとRC-Bの天井裏気温を示すと図5になる。1日を通して完全にRC-AがRC-Bより低い気温になっている。その差は最低でも1.5度ほどあり、19時には約11度の差が生じている。1日の差を平均すると、6.0度になる。さらに、

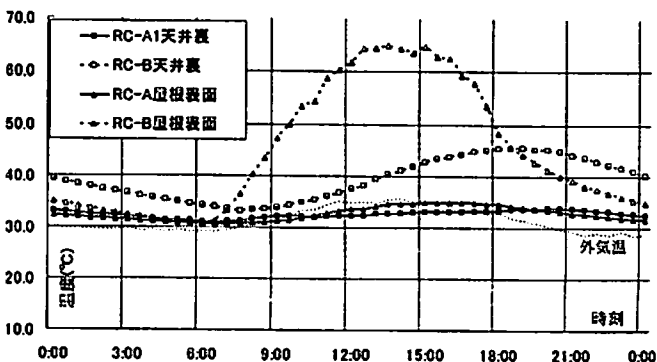


図4 遮蔽屋根と無施設の各部の屋根スラブ表面温度と天井裏気温 (日射量が多い日: 2001.7.1 日射量13.29[MJ/m²・day])

RC-Bは外気温より下がることはほとんどないが、遮蔽屋根をかけているRC-Aでは、7時から17時までの10時間は外気温より低くなっている。RC-Bでは午前10時頃まで下降しているが、その後急上昇して19時には外気温より13度も高くなっていることがRC造の温熱環境を悪くしている原因になっている。19時のピーク以降も熱が放出されず、24時の天井裏気温が外気温よりも10度も高い。これに対してRC-Aは外気温より3度以上高くなることはなく、夜間の天井裏気温も約30℃となっている。また、遮蔽屋根によって日中の天井裏気温を外気温より低くできることは最大の評価と考える。RC-AとRC-Bとで天井裏気温の変化に時間差が生じているのも、遮蔽屋根の大きな特徴の一つである。遮蔽屋根を設置することにより、日中の天井裏気温の上昇を防げるだけでなく、屋根スラブへの蓄熱を防ぐことが温熱環境改善の上できわめて有効である。

3-2 RC-Bに断熱材の設置と無設置屋根の比較

陸屋根上に断熱材を設置した場合の効果について、天井裏気温の変化を使って考察する。RC-Bに断熱材を設置した実験と無設置の状態での実験を行っているが、その中から各々日射量及び波形が似た日を選出して比較する。外気温を基準(0度)として、断熱材ありと断熱材無しの天井裏気温の日変化を図6に示す。1日を通してみると、7時から8時を除いては断熱材ありの天井裏気温は断熱材無しに比べて大きく低い値であり、断熱材の効果が顕著に現れている。その差は最高で約11度である。1日の平均を見ても、断熱材有りの場合は無しの場合より5.9度低い値になっている。さらに断熱材無しの天井裏気温は、外気温より下がることはないが、断熱材有りの場合は9時から16時までの7時間、天井裏気温は外気温より低い値になっている。また、断熱材を用いた場合で

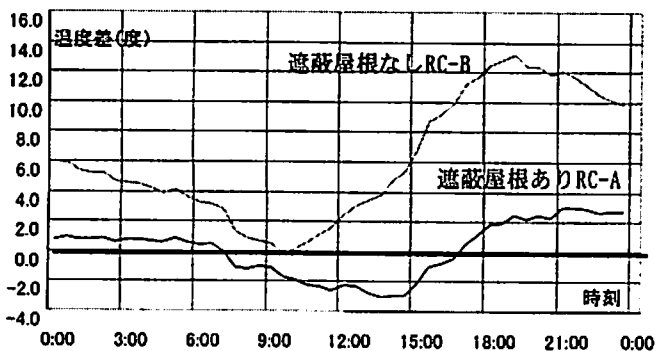


図5 外気温を0としたときのRC-AとRC-Bの天井裏気温の比較 2000.9.3 日射量20.54[MJ/m²·day]

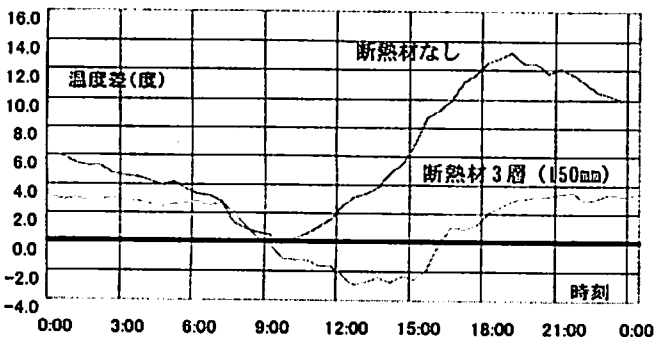


図6 RC-Bにおいて断熱材なし(2000.9.3)と断熱材あり(2001.9.18)の天井裏気温の比較(日射量、2000.9.3: 20.54[MJ/m²·day]、2001.9.18 19.17[MJ/m²·day])

は、1日を通して外気温より4度以上高くなることはなく、夜間の天井裏気温も31℃前後となっている。これは遮蔽屋根とよく似ており、温熱環境改善の効果は遮蔽屋根とほぼ同等と評価できるが、これは断熱材を3層(150mm)用いて初めて得られる結果であって、現実的ではない。一般的に使われている断熱材(35~50mm)を想定して考えると、断熱材の効果は期待できないといえる。

3-3 遮蔽屋根(RC-A)と厚さ150mm断熱材(RC-B)の比較

①屋根スラブ表面温度と天井裏気温の比較

●屋根スラブ表面温度の比較: 図7において、両家屋の最上部即ち日射遮蔽屋根の表面温度と断熱材の表面温度を見ると、まず断熱材が設置されているRC-Bは、断熱材最上層の1-2層目表面温度は47℃、2-3層目表面温度は37℃を越えている。他の断熱材層間温度もかなり高くなっていることが分かる。結局断熱材は蓄熱層になっていることが問題である。次にRC-Aの日射遮蔽屋根スラブ表面温度は最高32.6℃に達している。これは、遮蔽屋根表面の温度が上がってそれが遮蔽屋根小屋裏に伝達しても、屋根の四方に取り付けた換気用隙間から流入する風によって屋根スラブ表面に熱が伝わるのを阻止されるからである。日射遮蔽屋根は沖縄の伝統的赤瓦の景観に合わせて赤色にしているが、白色系にすれば表面温度は多少下がることが予想される。

●天井裏気温の比較: 図7において、日射遮蔽屋根設置のRC-Aをみると、外気温は15時くらいに最高になっているが、天井裏気温は朝7時から徐々に上昇してゆき19時40分ころに最高に達している。しかし、夜半から明け方にかけては気温が低くなっていることが見て取れる。一方、断熱材を設置したRC-Bの天井裏気温を見ると、RC-Aより常に高くなっている。即ち、夜半から明け方にかけては日射遮蔽屋根のRC-Aの方が1~2度近く低くなっている。屋間断熱材に蓄熱したものが夜間屋根スラブを通して天井裏に放出しているためである。そのためRC-Bの天井裏気温は一日中ほぼ同じような温度分布になっている。

②外気を0としたときの天井裏気温の比較

図8に示すように0時から14時まではRC-Aの方がRC-Bより低く、明け方近くでは最大温度差が2.3度ほどになる。14時から22時にかけてRC-Bの方がやや低くなるが、その差は0.6度以内であって必ずしも有意差があるとはいえない。1日の平均で見るとRC-AはRC-Bより0.7度低い結果となっていて、遮蔽屋根と断熱材の効果の差は小さいといえる。しかし、比較の対象としている断熱材は通常の3

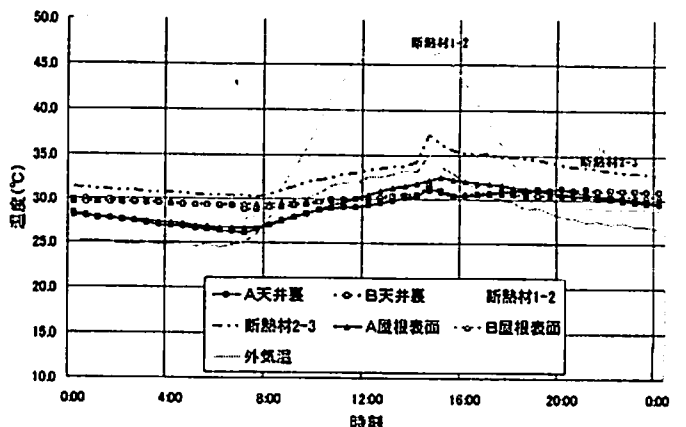


図7 遮蔽屋根と断熱材の比較、各部の垂直温度(日射量が多い日: 2001.9.17)

倍も厚いものであり、これから評価すると、断熱材よりも日射遮蔽屋根の方が温熱環境改善に有効であるといえる。また、最も重要な夜間の蓄熱現象についても、22時から明け方にかけてのグラフからも判断できるように、遮蔽屋根の方が温度低下の速度が速く優位な結果を残している。遮蔽屋根のあるRC-Aは天井裏や屋根スラブにたまった熱を十分に通気された小屋裏へ放熱できるのに対し、RC-Bは断熱材が屋根スラブ面からの放熱を妨げているからである。

3-4 遮蔽屋根と厚さ150mm断熱材を併用した屋根 (RC-A) と無施設 (RC-B) の比較

①屋根表面温度と天井裏気温の比較

●**屋根スラブ表面温度の比較**:図9に示すように、RC-Bの屋根スラブ表面の方が遮蔽屋根表面より温度が最大5度高い。日中蓄熱したコンクリートが夜間でも放熱しきれないほどの熱容量を持っているからである。熱容量の小さい遮蔽屋根の方が放熱しやすく温度が下がり周囲のコンクリートから熱を奪う作用をする。

RC-Aの屋根スラブ表面温度を図9の方で見ると、一日を通して1度しか温度変化をしていない。日中夜間をとおして外気温との差が2度くらいになっている。遮蔽屋根のみでは屋根スラブ表面温度は4度くらいの幅ではあるが外気温に追従して変化している。日中、夜間をとおして外気温との差は最大3度くらいになっている。RC-Aの屋根スラブ表面温度は断熱材をとおして遮蔽屋根からの放射熱の影響を受けている。

●**天井裏気温の比較**:RC-Bは日中は、屋根スラブ裏面温度のほうが、天井裏気温より高く、夜間は逆になる傾向があるのに対して、RC-Aは建物の垂直方向の温度分布を見ても日中は屋根スラブ裏面温度が一番低くなっている。つまり、屋根スラブ裏面温度は遮蔽屋根

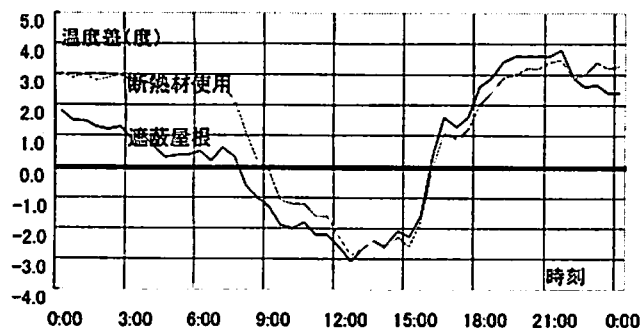


図8 外気温を0としたときのRC-AとRC-Bの天井裏気温の比較 (2001.9.18 日射量19.17[MJ/m²・day])

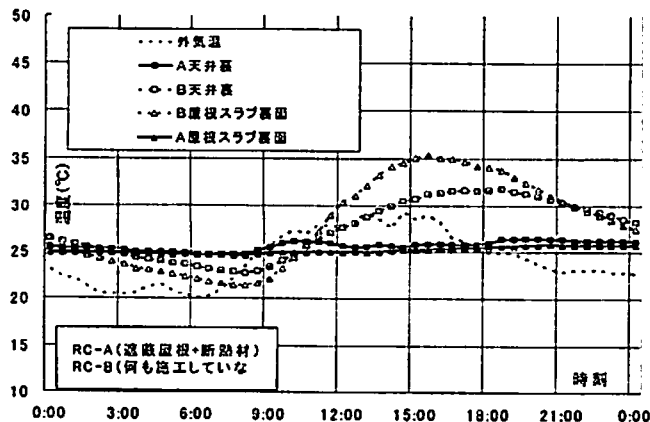


図9 遮蔽屋根と断熱材を併用したRC-Aと無施設のRC-Bの比較 (2001.10.19日射量15.43[MJ/m²・day])

や遮蔽屋根+断熱材があることによって、外気温や日射の影響を一番受けにくく、また、夜間も放熱ができないため、温度があまり下がらない傾向にある。また、RC-Bは天井裏気温と屋根スラブ裏面温度がともに同じような曲線を描いているのに対して、RC-A(遮蔽屋根+断熱材)では天井裏気温が屋根スラブ裏面温度より若干高いもののほぼ一致している。一日の温度変化を見ると(遮蔽屋根+断熱材)は天井裏気温と屋根スラブ裏面温度が両方ともほとんど変化していないのに対し、図4に示すように、RC-Bと比較して相対的に見ると遮蔽屋根のみのほうが遮蔽屋根+断熱材より最大3度天井裏気温を下げていることがわかる。断熱材により屋根スラブにたまった熱が上に放熱されないために屋根スラブ裏面温度、天井裏気温が高くなってしまふものと思われる。

②外気を0としたときの天井裏気温の比較

図10において、RC-Bは日中は、屋根スラブ裏面温度のほうが、天井裏気温より高く、夜間は逆になる傾向があるのに対して、RC-Aは建物の垂直方向の温度分布を見ても日中は屋根スラブ裏面温度が一番低くなっている。つまり、屋根スラブ裏面温度は遮蔽屋根や遮蔽屋根+断熱材があることによって、外気温や日射の影響を一番受けにくく、また、夜間も放熱ができないため、温度があまり下がらない傾向にある。また、RC-Bは天井裏気温と屋根スラブ裏面温度がともに同じような曲線を描いているのに対して、RC-Aの天井裏気温と屋根スラブ裏面温度との変化の差の大きいことがわかる。遮蔽屋根+断熱材では天井裏気温が屋根スラブ裏面温度より若干高いもののほぼ一致しているのに対し、遮蔽屋根のみでは天井裏気温のほうが屋根スラブ裏面温度より日中夜間を通して1~2度高い。このことは天井裏気温は屋根スラブ裏面温度よりも室内気温、天井表面温度、壁からの熱を受けて、熱は天井裏から屋根スラブに向かって移動していく図式を示している。一日の温度変化を見ると遮蔽屋根+断熱材は天井裏気温と屋根スラブ裏面温度が両方ともほとんど変化していないのに対し、遮蔽屋根のみは両方とも4度くらいの幅で変化している。これは屋根における温度比較でも述べたとおり、断熱材の影響である。しかし下図10に示すように、RC-Bと比較して相対的に見ると遮蔽屋根のみのほうが遮蔽屋根+断熱材より最大3度天井裏気温を下げていることがわかる。断熱材により屋根スラブにたまった熱が上に放熱されないために屋根スラブ裏面温度、天井裏気温が高くなってしまふものと思われる。RC-Aに遮蔽屋根をかけた場合と、遮蔽屋根+断熱材を設置した場合との比較を行う。日射量及び波形が似た日を選出し、外気温を基準として天井裏気温を示

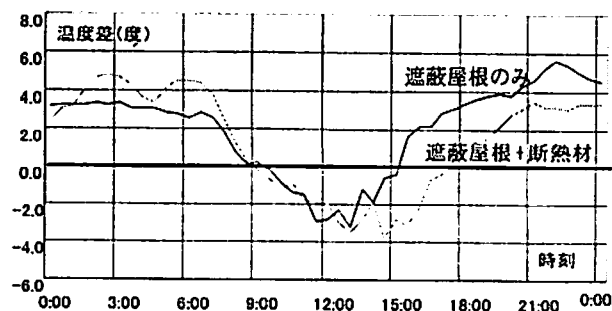


図10 遮蔽屋根+断熱材(2001.10.19)と遮蔽屋根のみ(2000.10.29)の天井裏気温の比較(外気温を基準とする) 日射量 2000.10.29 15.43[MJ/m²・day] 2001.10.19 15.61[MJ/m²・day]

したのが図10である。夜間から朝にかけて遮蔽屋根+断熱材のほうが遮蔽屋根のみの天井裏気温より最大で2度高く、朝から正午付近まではほぼ同じ値を示している。さらにそこから夜間にかけては遮蔽屋根のみのほうが常に天井裏気温が高く、その差は最大で4度となっている。また遮蔽屋根のみの天井裏気温は9時~15時の間外気温より低くなっているのに対し、遮蔽屋根+断熱材のほうは9時~17時まで外気温を下回っている。このように図10を見ると遮蔽屋根と断熱材を併用することが遮蔽屋根だけを施工するより温熱環境改善にとって良いように感じる。しかし、10月19日と10月29日は日射量はほぼ同じ値であるが日射の波形に大きな違いがある。特に前日の天候は天井裏気温に影響を及ぼす。

一般に遮蔽屋根のみの場合、RC-Aの天井裏気温は無設置のRC-Bの天井裏気温より常に低くなっている。しかし遮蔽屋根と断熱材を併用した場合は、夜半から11時頃までRC-Aの天井裏気温がRC-Bの天井裏気温より高くなる傾向にある。これは夜間天井裏から熱が小屋裏に放熱されるのを断熱材によって妨げられたためと思われる。すなわち遮蔽屋根と断熱材を併用した場合よりも遮蔽屋根のみのほうが天井裏の熱を放熱することができるといえる。

4. 日射量から見た天井裏気温の遮蔽屋根と無施設の比較

2000年8月23日から2001年8月22日までの1年間について、全日全日射量とRC-A(遮蔽屋根)、RC-B(無設置)の14時、20時の天井裏気温の関係を分析する。

4-1 日射量と14時の天井裏気温の関係

14時は外気温が1日中、最大になる時刻である。そのときの天井

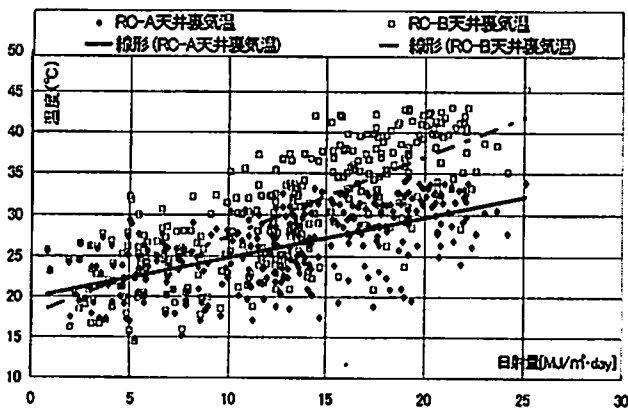


図11 14時の天井裏気温と日射量の関係 (2000.8.23~2001.8.22)

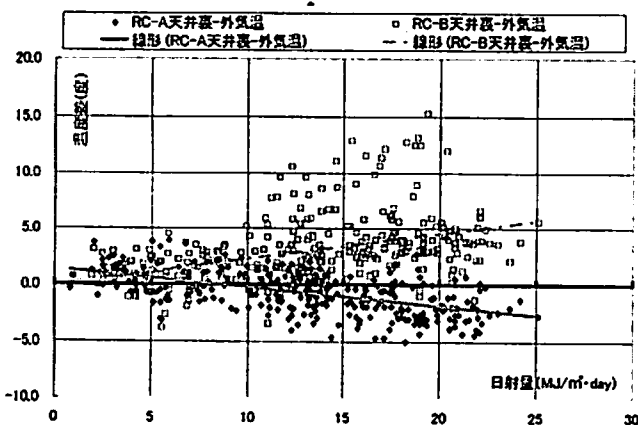


図12 14時の天井裏気温と外気温との差と日射量の関係

裏気温と日射量の関係を散布図と回帰直線で図11に示した。

RC-AとRC-Bの回帰直線式は以下のとおりである。

RC-A(遮蔽屋根): $y = 0.418x + 20.615$...①

RC-B(遮蔽なし): $y = 0.805x + 19.257$...②

また、これらの式の相関係数 r は

RC-A: $r = 0.561$ (比較的強い相関あり)

RC-B: $r = 0.735$ (強い相関あり)

回帰直線を見ると、RC-BとRC-Aの天井裏気温は日射量が多いほど両者の気温差も大きくなる。例えば真夏の日射量が20[MJ/m²·day]の場合には、気温差が7度近くにもなる。日射量が多いほど遮蔽屋根の効果が上がることを示している。RC-A、RC-Bの散布図や回帰直線から見ても日射量と天井裏気温の相関は強いと見てよい。図11で、日射量が約3.5[MJ/m²·day]以下になると、RC-Aの方が天井裏気温が高いことを示している。遮蔽屋根を取り付けることによって、日射を遮蔽するという効果ばかりでなく、日射量の少ない気温の低い日には天井裏気温を保つ効果がある。また冬は、太陽高度が低くなると壁から日射を受け入れることも原因といえる。つまり遮蔽屋根によって冬季間も不利が生じることはないと言える。外気温を基準(0度)とした時の日射量と14時の天井裏気温の関係を示したのが図12である。RC-Bの天井裏気温は日射量が大きくなればなるほど外気温より高くなるが、逆にRC-Aは日射量が高くなればなるほど、外気温より低くなる。回帰直線式及び相関係数は以下のとおりである。

RC-A(遮蔽屋根): $y = -0.161x + 1.373$ ($r = 0.551$)

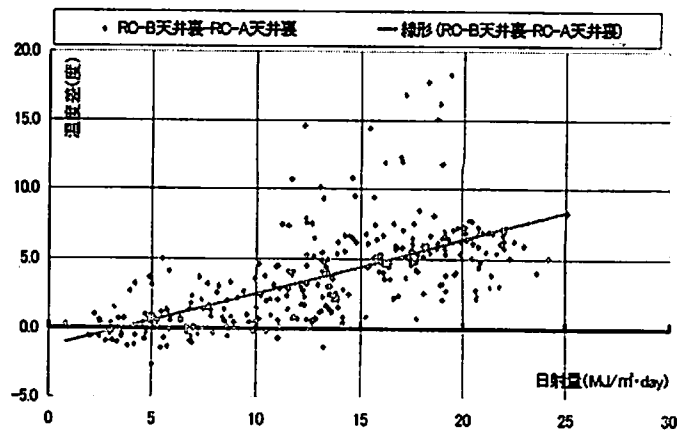


図13 14時のRC-AとRC-Bの天井裏気温差と日射量の関係

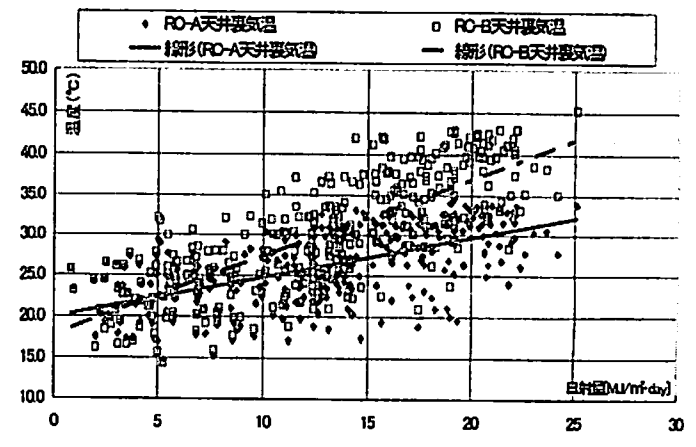


図14 20時の天井裏気温と日射量の関係 (2000.8.23~2001.8.22)

RC-B (遮蔽なし) : $y=0.225x+0.014$ ($r=0.427$)

図13は RC-AとRC-Bの気温差である。

4-2 日射量と20時の天井裏気温の関係

日射量が多い日に天井裏気温が最高に達する時刻は20時付近である。この時点での天井裏気温を如何に下げることが環境改善のキーポイントとなる。図14、図15は日射量が大きくなればなるほど遮蔽屋根の効果が出ることを示している。また、図12と図15を比較すると、14時のRC-Aの天井裏気温は外気温より低いが、20時では外気温より高くなる。コンクリートからの放熱と生活熱の蓄積のためであり、これに対処するためには遮蔽屋根と共に、天井裏の換気が有効である。

5. 日射遮蔽と断熱材の併用の効果について

5-1 日射量と14時の天井裏気温の関係

図16は基本的には図11に示す日射遮蔽のみの場合と同じであるが、日射遮蔽と断熱材を併用したときのほうが日射遮蔽のみの場合より散布度が小さくなる傾向にある。しかし、RC-Bの天井裏気温との差は断熱材の有無によって変わることはない。図16の回帰直線式は以下のとおりである。

RC-B: $Y=1.026X+16.32$

RC-A: $Y=0.362X+19.91$

図17において日射量が10 (MJ/m²・day)以上になると天井裏気温が外気温より低くなるのも図12と同じである。外気温を基準(0

度)とした時の日射量と14時の天井裏気温の関係を示したのが図17であり、回帰直線式は以下のとおりである。

RC-B: $Y=0.538X-1.882$

RC-A: $Y=-0.125X+1.656$

また、RC-AとRC-Bの気温差は図18であり、回帰直線式は

$Y=0.664X-3.538$

RC-B: $Y=0.720X+16.923$

RC-A: $Y=0.369X+18.953$

図18は14時の時点であるが、RC-BとRC-Aの天井裏気温差は大きい。遮蔽屋根の効果が出るためである。それに対して20時の天井裏気温差は14時の半分強である。遮蔽屋根のみに比べてやや効果が下がると思われる。

5-2 日射量と20時の天井裏気温の関係

図19、20は日射量と20時の天井裏気温の関係グラフである。図20は外気温との差であるが、遮蔽屋根のみの図15と比較すると、遮蔽屋根+断熱材の天井裏気温は、回帰直線で見ると、日射量に関係なく常に外気温より2度高くなる傾向を示している。これは今までにも述べてきたように、日射量の大きい夏季は不利であるが、日射量の少ない冬季は有利であることを示している。しかし、遮蔽屋根のみの図15でも、RC-Aの天井裏気温は、日射量が大きくなるにつれて、外気温より2度以上も高くなる傾向にあるから、両者には大きな差はない。図20の回帰直線式は以下のとおりである。

RC-B: $Y=0.359X+0.039$

RC-A: $Y=0.008X+2.069$

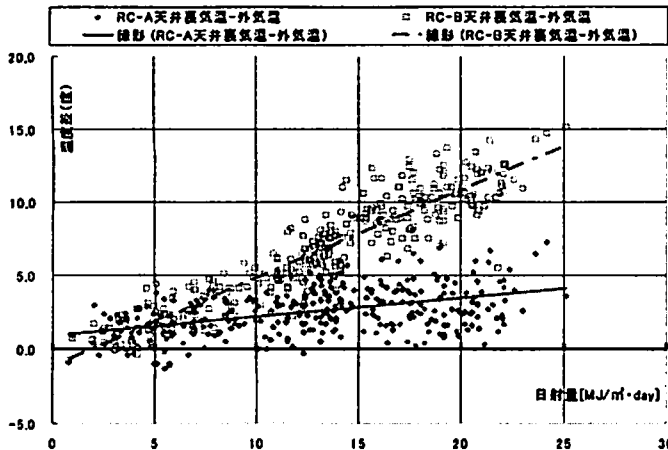


図15 20時の天井裏気温と外気温の差と日射量の関係

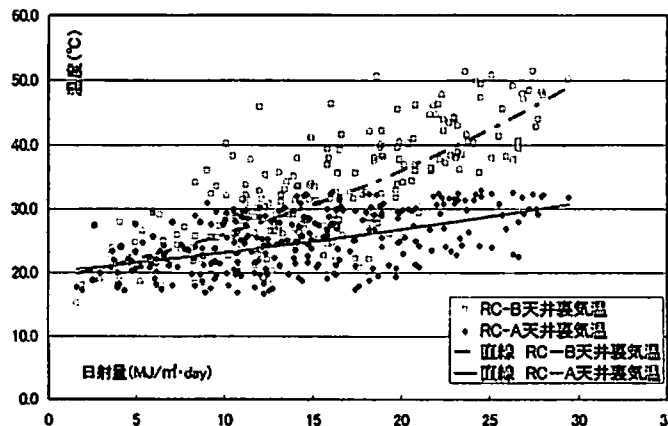


図16 14時の天井裏気温と日射量の関係
(2001.10.15 ~ 2002.7.30)

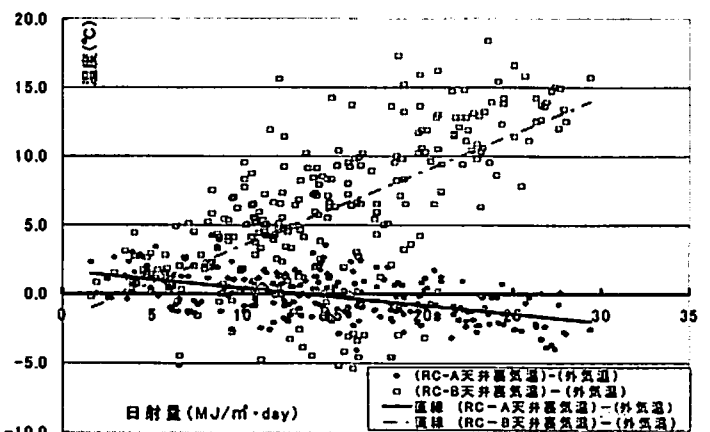


図17 14時の天井裏気温と外気温との差と日射量の関係

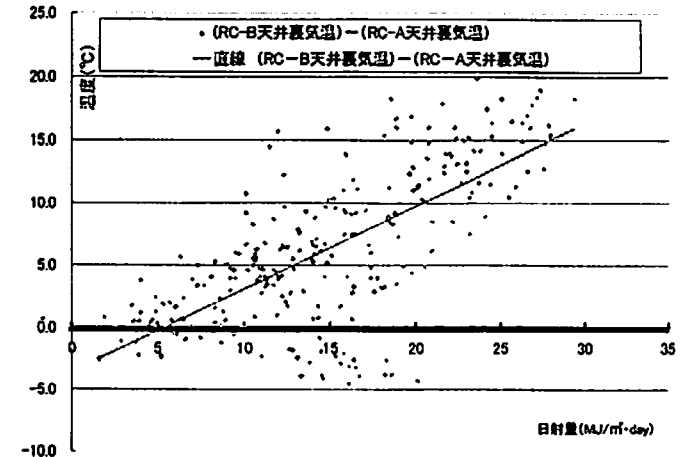


図18 14時のRC-BとRC-Aの天井裏気温差と日射量の関係

6. 結論

沖縄をはじめ南方の気候は、夏季の気温が高いように感じられるが、実際には東京とほとんど変わり無く、むしろコンクリートに囲まれた大都会の都市部の方が沖縄よりも気温が高くなっているのが事実である。沖縄のRC造住宅の温熱環境を悪くしている元凶は日射である。本研究は日射量の多い地域では、断熱材の無効性と日射遮蔽の有効性を実証した。日射量が大きくなるほど日射遮蔽効果も大きくなり、真夏の暑い日には大きな効果を発揮する。沖縄で最も太陽高度が高くなる6月の正午の太陽高度は86.85度であるが、太陽高度が最も低くなる12月の正午は39.96度になる。したがって冬季は壁で日射を受けるため遮蔽屋根によって寒くなるということはない。むしろ雨の日のように日射が少なく比較的外気温の低い日には、遮蔽屋根は屋根スラブからの熱の放射を防ぐという保温効果もみられる。厚さ150mmという極端な断熱材が、遮蔽屋根とほぼ同程度の効果が得られることを示し、遮蔽屋根が温熱環境を改善するのに有効であることを実証した。遮蔽屋根と断熱材を併用した場合は、日射量が多い真夏では天井裏や屋根スラブからの熱放射を断熱材が遮ってしまうため、遮蔽屋根のみの場合と比較して屋根スラブの温度と天井裏気温が高くなってしまふことが判明した。総合的に見て日射遮蔽屋根の下に断熱材を設置するメリットは小さく、遮蔽屋根の設置だけで充分温熱環境は改善されるといえる。本研究から得た結論として、改善する方法は以下のとおりである。

- (1) 夏季の太陽高度が高い沖縄では樹木による建物への日射遮蔽は困難である。建物と一体化した日射遮蔽の工夫が必要である。
- (2) 一般にRC造陸屋根家屋が木造家屋に比べて夏季の温熱環境が劣

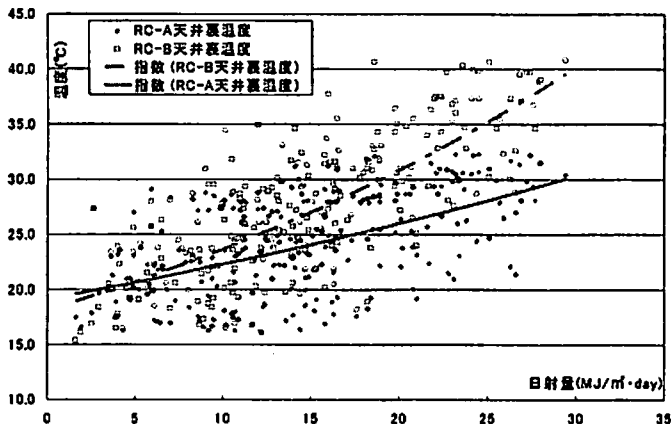


図19 20時の天井裏温度と日射量の関係

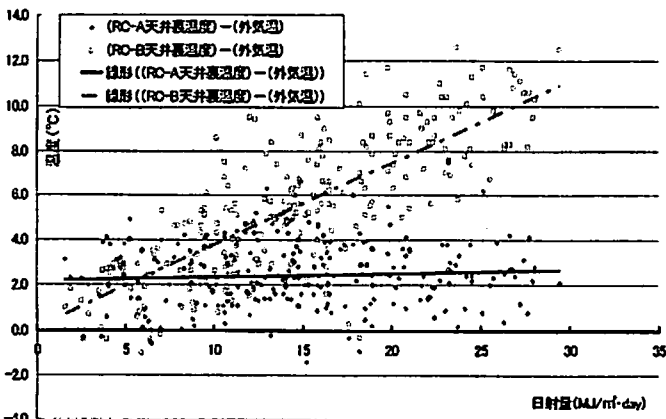


図20 20時の天井裏温度と外気温との差と日射量の関係

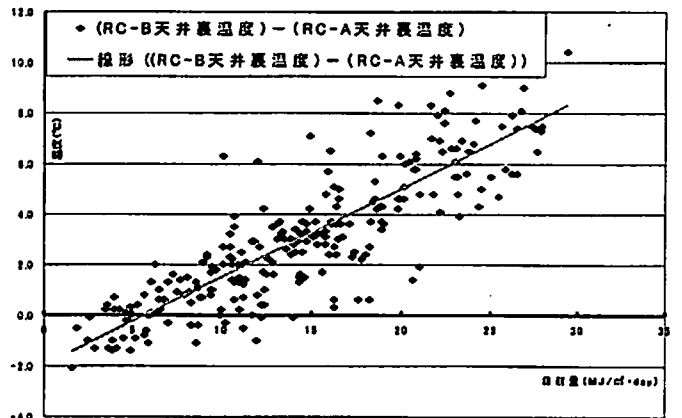


図21 20時のRC-AとRC-Bの天井裏温度差と日射量の関係

るのは、屋根、壁の構成材料の蓄熱量が大きいからである。屋根-天井間の断熱は大切であるが、一旦、コンクリートに蓄熱されてしまうと、夜間を通して室内に放熱されることになる。夏季の強い日射から屋根面を遮蔽する工夫が必要である。

(3) 小屋裏(屋根裏)の換気は重要である。RC造陸屋根家屋の小屋裏気温は夕方40℃ほどにもなるが、それが真夜中まで下がらないことが、室内気温を高める原因になっている。小屋裏の気積を大きくし、且つ、小屋裏の強制換気が必要である。

現在沖縄でしばしば見られる形態のRC造住宅は2階の一部をピロティー風に空間を作ったもので、これによって真下の1階の部屋は日傘を受けた形になり、他の部屋に比べて温熱居住環境が極端に改善されている。台湾ではビルの屋上にバラックの小屋をのせ、人々はここを洗濯物干し場に使っている。これはまさに日傘であり、最上階の部屋の温熱居住環境は改善されている。このように日差しの強い南国では、人々は日傘効果の優れていることを経験的に知っており、いろいろな形で工夫している。これを建築的に実現するのがわれわれの課題である。

以上、本研究では日射遮蔽による既存RC造住宅の温熱環境改善について明らかにした。次回の研究では、改良した日射遮蔽ブロックによる温熱環境改善を進展させる予定である。

【謝辞】

本研究は文部科学省の科学研究費によって行われたものである。実験家屋の又吉家、沖縄県建築士会北部支部、因吉設計、伊是名ブロック(株)、並びに関係各位には大変お世話になりました。ここに記し謝意を表します。

【参考文献】

1. 朴賛弼・古川修文・出口清孝・永瀬克己・山田水城、沖縄におけるRC造住宅の温熱環境改善に関する研究
- その2 遮蔽屋根と断熱材の効果の比較、日本建築学会2002年度大会(北陸)学術講演梗概集 p 153- p 154
2. 古川修文、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 I1650639)、平成11年度～13年度科学研究費補助金、基礎研究(C)(2)、研究成果報告書平成14年4月
3. PARK Chanpil, FURUKAWA Nobuhisa "Studies on improvement of thermal environment by green roof systems on RC building -Utilization of solar insulating block and the grass-", Journal of the Korea Society for Environmental Restoration and Revegetation Technology Vol.7 No.1, 26February, 2004, ppl ~ pp9, The Korea Society for Environment Restoration and Revegetation Technology, 2004年2月