

沖縄におけるRC造屋根の日射遮熱に関する研究：遮蔽材と遮熱塗料の効果について

出口, 清孝 / 伊是名, 久 / PARK, Chanpil / 朴, 賛弼 /
NONAKA, Atsushi / DEGUCHI, Kiyotaka / IZENA, Hisashi / 野
中, 淳史

(出版者 / Publisher)

法政大学理工学部・生命科学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学理工学部・生命科学部・デザイン工学部研究集報 / 法政大学理工学部・
生命科学部・デザイン工学部研究集報

(巻 / Volume)

47

(開始ページ / Start Page)

7

(終了ページ / End Page)

13

(発行年 / Year)

2011-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00007795>

沖縄におけるRC造屋根の日射遮熱に関する研究

- 遮蔽材と遮熱塗料の効果について -

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

On the effect of thermal environment by insulating material and painting .

朴賛弼* 出口清孝* 野中淳史* 伊是名久**

Chanpil PARK*, Kiyotaka DEGUCHI*, Atsushi NONAKA*, Hisashi IZENA**

The purpose of this study is to find out the effect of thermal environmental improvement by solar insulating on the RC construction in Okinawa. Insulating paint becomes the hige insulating material of the temperature. The paint is a wall surface and the roof surface, setting is simple. It could be proposed as a good system which improved the indoor thermal environment on the existent houses. Experiment1 is an insulating material and an effect of the paint. Green Roof planting turned out best at the surface temperature. This is connected with air layer temperature. Experiments2 used paint together. It is apply paint of a carbonic acid calcium and paint to the surface of the insulating material. Experiment used it together to an insulating material having an air layer. This study is clear to become the superior warm temperature environment improvement. It is useful for energy saving and reduction of a carbonic acid calcium in this study. If it is made, We are going to happy.

*Keywords: RC construction, Flat roof, Thermal environmental improvement, Insulating material, Insulating paint
Okinawa water, Reproduction waste, Carbonic acid calcium*

RC造、日射熱、陸屋根、温熱環境改善、遮蔽材、遮熱塗料、沖縄水、廃材再生、炭酸カルシウム

1. はじめに

沖縄は夏季の太陽高度が高く、日射量が極めて大きい地域である。沖縄のRC造建物は、強い日射によって日中はコンクリートに蓄熱し、夜間にその熱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。その対策として建物への日射を遮り、コンクリートの蓄熱を防ぐ事が重要である。前回の研究論文^{註1)}では2009年6月18日から同年9月26日までに、同じ屋根の上に、ソーラーパネル、日射遮蔽ブロック、日射遮蔽ブロック+断熱材、日射遮蔽ブロック+緑化、遮熱塗料の効果について明確にした。前回の実験は真夏の3ヶ月間であったが、今回は前回と同じ実験を引き続き2009年10月1日から2010年5月31日の期間に行った(写真1参照)。秋から春までの期間になるが、これで、前回を含めて1年間の温熱効果がわかることになる。本論では以上、実験1という。

前回の結果から遮蔽材と遮熱塗料の効果が明らかになった。遮蔽ブロックを用いることにより屋根スラブ表面と遮蔽材の間のできる空気層が有効であることを判明した。この実験結果を活かして、より優れた日射遮蔽を改良して遮蔽材を一部変更した。

2010年6月11日から同年9月30日の期間は「遮熱塗料を併用し

た場合による遮蔽効果の実験」を行った。前回の実験との違いはソーラーパネルの下のスラブに遮熱塗料を塗布した。また、遮蔽ブロックの表面に炭酸カルシウムを用いた。さらに、遮蔽ブロックの表面に遮熱塗料を塗布した。遮蔽ブロック+簡易緑化、遮熱塗料、無設置は前回と同じ条件である。以上実験2といい、それぞれの実験項目を「ソーラーパネル」、「ブロック炭酸カルシウム」、「ブロック塗料」、「屋上緑化」、「塗料」、「無設置」と呼ぶ。新素材である炭酸カルシウムは沖縄県の飲料水から出る廃棄物である(写真2参照)。

本研究は今までの研究成果を踏まえて、日射遮蔽によって実験対象の室内温熱環境をどの程度改善できるかを実験によって明らかにすることである。また本研究の結果による室内環境の改善が実証されることにより、冷房機器の使用にかかるエネルギー量の節約や二酸化炭素の削減へとつながる。地球環境の改善が叫ばれ、各国、各地域で省エネ化の動きが進んでいる現代社会において、電力量の省エネ化は環境改善対策の一つのモデルとして広く提案していくことを目的としている。

2. 実験概要

2-1. 温度測定

温度測定は熱電対型デジタル温度記録計(横河電気製DAQ STATION)を使用した。この測定器では同時に30ヶ所の温度を測定

*デザイン工学部建築学科

**株式会社伊是名ブロック工業代表取締役

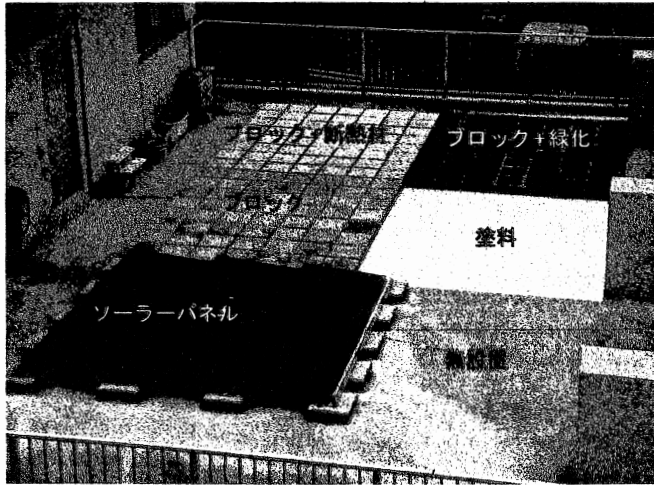


写真1. 実験の様子

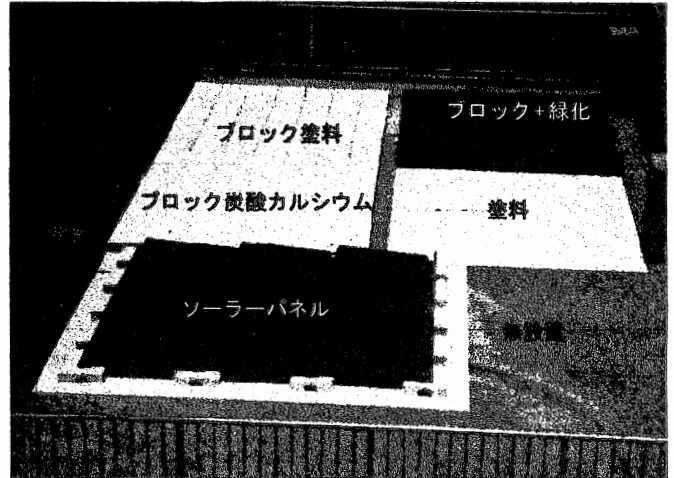


写真2. 実験の様子

することが可能であり、任意に決定した一定時刻ごとの温度測定値を記録することができるものである。実験場所の西側に百葉箱を設置し、外気温とグローブ温度を測定した。

本実験は沖縄県糸満市西崎にあるRC造の陸屋根の2階建物にて行われた（写真4）。実験概要は以下である。各実験体^{注2)}における測定ポイントは①実験体表面温度②実験体裏面温度③実験体空気層温度④屋根表面温度⑤室内天井表面温度である（図1参照）。

第1実験 遮蔽材と遮熱塗料の効果

3. 各試験体における14時の散布図の比較（243日間）

3-1. 表面温度

図2は各試験体の表面温度から外気温の差を表した散布図である。前回の真夏の実験（100日間）では日射量が20~27MJ/m²に固まっているのに対して今回の実験では20MJ/m²以下に固まっている

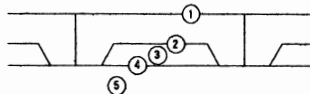


図1. 測定ポイント

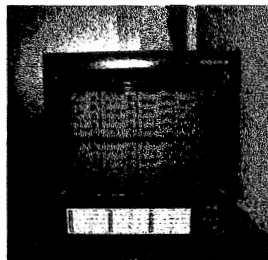


写真3. 熱電対型デジタル温度記録計DAQ STATION



写真4. 実験建物

る。回帰直線の傾きではソーラーパネル、断熱材入り遮蔽ブロック、遮蔽ブロック、無設置、遮熱塗料、屋上緑化という順に小さくなっている。前回では断熱材入り遮蔽ブロックが一番高く、ソーラーパネルになっている。他は同じ順になっている。日射量が多い25MJ/m²の場合は外気温より約3℃~16℃高い。一方、日射量が少ない10MJ/m²の場合は約6~0℃高い。緑化の場合は10MJ/m²以下になると外気温より約1℃低くなっている。以上の結果から真夏はソーラーパネル、断熱材入り遮蔽ブロック、遮蔽ブロック、無設置の順に、外気温より約16~11℃高い。これがヒートアイランド現象を招く原因になると言える。緑化と塗料は日射量が25MJ/m²を超えてもわずか約3~5℃しかないのでヒートアイランド現象を防ぐのに期待できる。

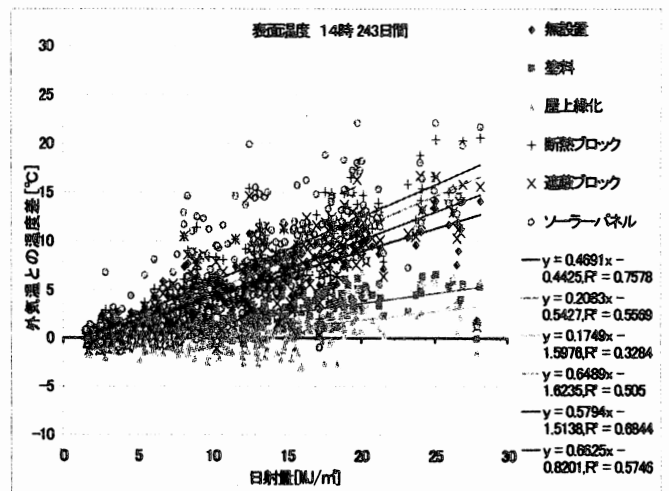


図2. 表面温度の散布図

3-2. 空気層の温度

図3は14時における各試験体の空気層での外気温との温度差の散布図である。日中一番高温である時間帯でも空気層はそれほど温度差がない。14時においても外気温との温度差が最も大きかったのは2.5℃高いソーラーパネルとなった。続いて断熱材入りブロックが1℃、ブロックのみが0℃の順に外気温との温度差は少なくなっていく。しかし、これら3種の遮蔽材は日射量が25MJ/m²以上であっても平均で1℃以上の温度差がつくことなく等しい。唯一、外気温との温度差をマイナスに保っているのが屋上緑化である。回帰

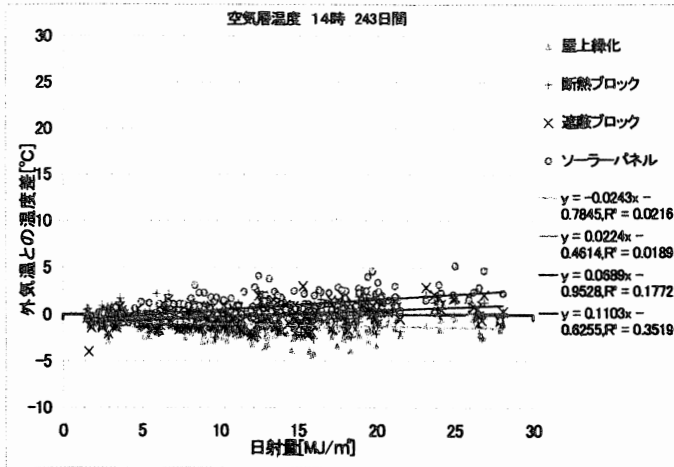


図3. 空気層温度の散布図

直線の傾きがマイナスであり、日射量の大小に関らずマイナスを保ち続けている。日射量が最も多い25MJ/m²には2℃低くなっている。屋上緑化は空気層での遮熱効果が著しく優れている結果となった。以上の結果から空気層を設けることによって各実験体の表面温度が高くても日射量が25MJ/m²以上の場合約10℃以上を下げる事が出来る。日射量が少ない10MJ/m²以下では各試験体の最高低温度差は約2℃でわずかである。

3-3. 屋根スラブ表面温度

図4から日射量が25MJ/m²以上の場合、著しく無設置が11.5℃、塗料が4.5℃高くなっている。当たり前であるが、二つの試験体は遮蔽材がないからである。試験体表面温度ではソーラーパネルが一番悪い結果であったが、屋根スラブ表面温度になると大逆転することになる。

ソーラーパネルが+1.5℃、断熱材入り遮蔽ブロック-1.0℃、遮蔽ブロック-1.5℃、屋上緑化-2.5℃という順に小さくなっている。これは、空気層温度と大きな関係がある。空気層温度ではソーラーパネルが+2.5℃、断熱材入り遮蔽ブロック+1℃、遮蔽ブロック±0℃、屋上緑化-2℃になっている。屋根スラブ温度はこの空気層温度からさらに0.5~2℃低くなっている結果となった。

第2実験 遮熱塗料を併用した場合の効果

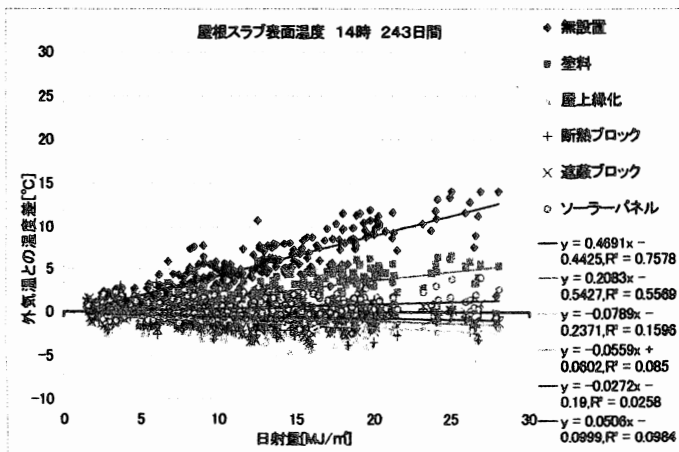


図4. 屋根スラブ温度の散布図

4. 各試験体の表面温度

4-1. 14時の散布図

図5からソーラーパネルと無設置は温度が高くなっている。回歸直線の傾きから各試験体の外気温との差を比較してみると、日射量が多い25MJ/m²の場合、ソーラーパネル15℃、無設置14℃、ブロック炭酸カルシウム5.5℃、ブロック塗料4.8℃、遮熱塗料4.7℃、屋上緑化2.5℃高くなっている。この結果からソーラーパネルを除く、遮蔽材の有無によって約2.5℃~8.5℃まで下げることが出来る。ちなみに、ソーラーパネルと無設置の場合は都市におけるヒートアイランド現象の原因になると言えよう。他の試験体は外気温より約2.5℃~5.5℃しか高くないのでヒートアイランド現象を防ぐのに良いと思われる。

実験1からの結果(図2)と比較すると遮蔽ブロックの場合、表面に塗料の有無によって表面温度の差があることが明らかになった。その数値は、断熱入り遮蔽ブロックが+14.5℃、遮蔽ブロック+13℃になっていることだが、遮蔽ブロックに炭酸カルシウムを接着すると+5.5℃、遮熱塗料を塗ると+4.8℃になる。

その差は約8℃~9℃がある。また、日射量が少ない5~10MJ/m²の場合はブロック炭酸カルシウム、ブロック塗料、屋上緑化は外気温より約2℃まで低くなっている。やはり、都市全体的にヒートアイランドからみた環境のことを考えると遮蔽ブロックだけではなく、遮蔽ブロックの上に塗料を塗ることが有利であることが明らかになった。

4-2. 20時の散布図

図6は20時における各試験体表面温度の比較である。最も外気温との温度差が大きかったのは無設置である。日射量が多い25MJ/m²の場合、無設置+4.2℃、遮熱塗料+1.0℃、屋上緑化+0.5℃外気温より高くなっている。一方、ブロック塗料-1.0℃、ブロック炭酸カルシウム-1.5℃、ソーラーパネル-2.0℃低くなっている。この結果から日没でも無設置と遮蔽材の表面温度は約4℃以上の差が出た。この4℃の高温は熱量が多い無設置のRC造にはタイムラグ(time lag)が長くなり放熱が続き、室内温熱環境を悪化するものになる。一方、他の遮蔽材は外気温とその差が小さく、RC造のタイムラグが短くなる。放熱が少なくなり、室内温熱環境を良くすると思われる。

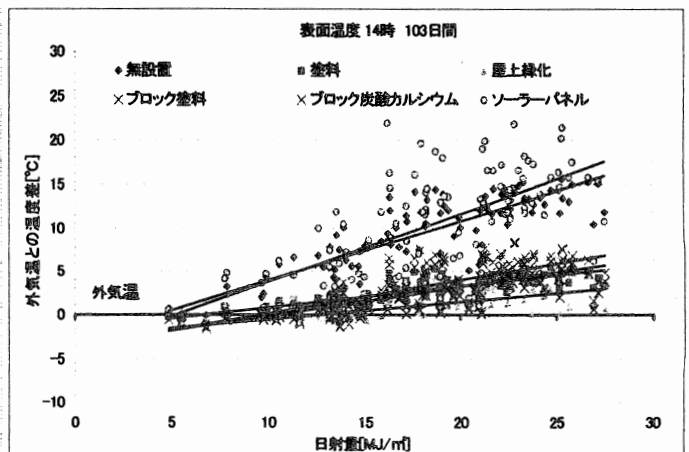


図5. 14時の表面温度の散布図

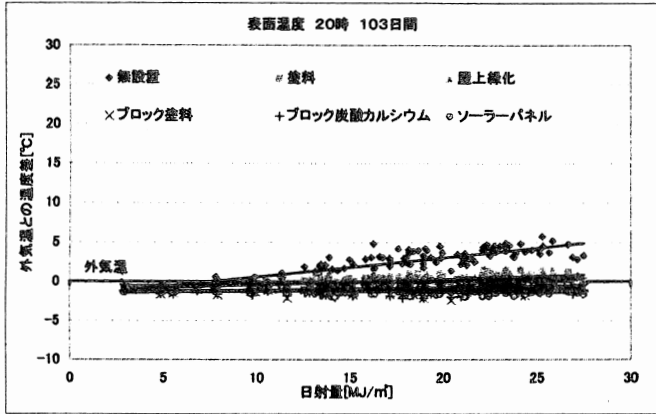


図6. 20時の表面温度の散布図

特にブロック塗料、ブロック炭酸カルシウム、ソーラーパネルは屋上緑化を上回っている。しかし、ソーラーパネルは14時には悪いことからブロック塗料、ブロック炭酸カルシウムが期待できる。

4-3. 日射量が多い日の24時間の各試験体温度変化

図7は実験期間中に日射量が多い日（日射量が25MJ/m²以上）を記録した日の中で各試験体の表面温度と外気温、グローブ温度に対して10日間の時間別平均温度をそれぞれ24時間のグラフにしたものである。

まず、各試験体の中で最も高温だったのがソーラーパネルである。12時に最高温度50.6℃を測定した。その後、温度が低下し始め16時には無設置のほうが高温になった。16時から17時には9.0℃も急激に温度が低下している。外気温との温度差をみると、最大の温度差が12時の17.3℃であった。しかし、19時には外気温より低温となり、夜間は他の試験体より低温であった。次に無設置が高温だった。14時に最高温度47.3℃を測定した。外気温との温度差をみると最大で14時に13.6℃の温度差があった。また無設置は唯一外気温より低温になることがない。

ブロック炭酸カルシウムは最高温度が14時の39.1℃であったが、16時から急激に落ち、18時以降は外気温よりも1.0℃低くなる。遮熱塗料とブロック塗料は11時～16時までの温度変化の波がほぼ同じである。最高温度が14時の37.9℃と同温度であった。しかし温度の下がり方は遮熱塗料に比べブロック塗料のほうが低温になり17時から翌朝まで約1℃～2℃ブロック塗料のほうが低温で

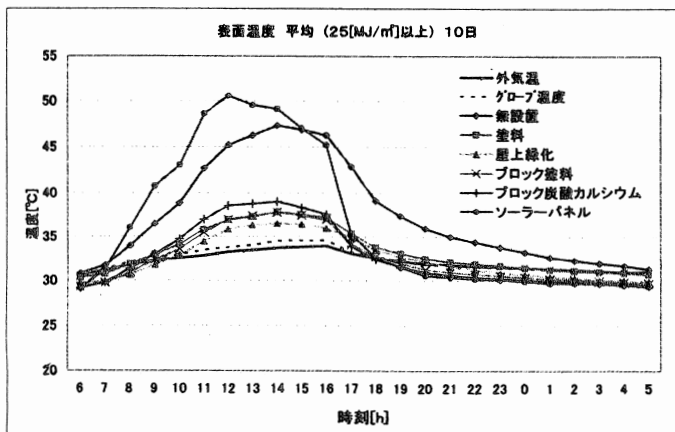


図7. 日中の表面温度の変化

あった。また、ブロック塗料が19時から外気温より低温になるのに対し、遮熱塗料は24時から外気温と平行線になっている。

屋上緑化は日中最も低温な遮蔽材で最高温度が14時の36.6℃であった。10時から21時までは外気温より高くなっている。外気温との最大温度差は2.9℃になる。18時以降はソーラーパネル、ブロック炭酸カルシウム、ブロック塗料のほうが低温であった。

5. 空気層温度の比較

5-1. 14時の散布図

図8からソーラーパネルが高くなっている。回帰直線の傾きから外気温との温度差を比較してみると、日射量が多い25MJ/m²の場合、外気温よりソーラーパネルが2℃高くなっている。また、屋上緑化は2.0℃低くなっていることからソーラーパネルと約4℃の差がある。一方、ブロック塗料とブロック炭酸カルシウムは外気温との差はほとんどない。

実験1からの結果（図3）と比較すると遮蔽ブロックの場合、断熱材を入れると約1℃高く、ブロック、ブロック塗料とブロック炭酸カルシウムはほぼ一緒である。すなわち、空気層ではブロックの上には遮熱塗料は無関係である。空気層の温度は20時の各試験体の表面温度と似ている。また、日射量が少ない5～10MJ/m²の場合にはすべてが外気温より約2℃まで低くなっている。

5-2. 20時の散布図

図9は20時における空気層温度の比較である。回帰直線の傾きがほぼ同じに固まっている。すなわち、空気層の温度では各試験体において差がない。日射量が多い25MJ/m²の場合、20時における外気温との各試験体表面温度差（図6）では一番高温であった屋上緑化とソーラーパネルは約2.5℃の差があったが、空気層ではその差は約1℃未満である。この空気層は温熱環境をよくする大きな要因となり、屋根スラブへの断熱効果を高める。

外気温より無設置4.2℃、遮熱塗料1.0℃高くなっている。無設置と遮熱塗料は空気層を持ったないため、屋根スラブ表面温度のままになる。

5-3. 日射量が多い日の平均値における24時間の温度変化

図10は実験期間中に日射量が多い日である日射量が25MJ/m²以上を記録した日の中で10日間の時間別平均を各遮蔽材の空気層温

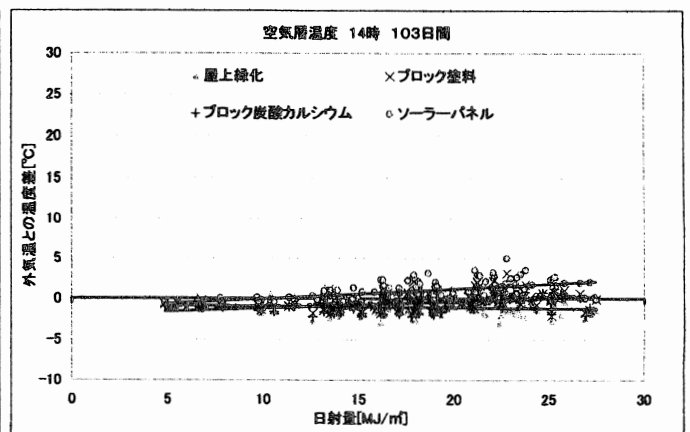


図8. 14時の空気層温度の散布図

度と外気温やグローブ温度のそれぞれ24時間のグラフにしたものである。日中の外気温は31℃~33.5℃、グローブ温度は31℃~34.5℃の範囲で、9時から17時の間はグローブ温度が外気温より高いことが著しい。

まず、各試験体の中で最も高温だったのがソーラーパネルである。13時に最高温度35.6℃である。この時刻に外気温は33.5℃でその差は2.1℃である。ソーラーパネルは9時から17時までは外気温とグローブ温度より高くなっている一方、他の材はグローブ温度より低くなっている。

屋上緑化は最も低温な遮蔽材で最高温度が16時の32.7℃であった。外気温との温度差をみると7時から19時の間は外気温より低温で、9時から16時は2.5℃以上外気温より低温であった。

グラフの波形をみるとソーラーパネルはすぐに上昇し急速に低下することに対して屋上緑化は緩やかに上昇し徐々に低下している。これはソーラーパネルと屋上緑化の土が持つ熱容量の大小である。ブロック塗料とブロック炭酸カルシウムはほぼ同じ波形をしていることは空気層ではおぼ同じ効果である。最高温度が14時~16時の33.5℃であった。外気温との温度差をみると外気温より高温になる時間はなかった。この材の特徴は朝6時から11時までは外気温とグローブ温度より約2℃低くなっている。

6. 屋根スラブ表面温度

6-1. 14時における散布図

図11から日射量が25MJ/m²以上の場合、著しく無設置が14℃、

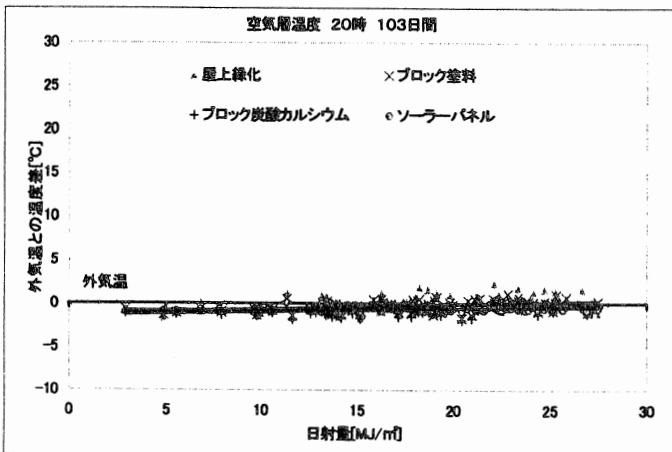


図9. 20時の空気層温度の散布図

遮熱塗料が4.5℃高くなっている。当たり前であるが、二つの試験体は空気層と遮蔽材がないからである。

ソーラーパネル+2℃、ブロック塗料-0.5℃、ブロック炭酸カルシウム-1.2℃、屋上緑化-2.0℃という順に小さくなっている。これは、空気層温度(図9)と大きな関係がある。空気層温度ではソーラーパネルが25MJ/m²以上の場合には外気温より低くなっているが、日中のグラフを見ると9時~17時までは外気温とグローブ温度より高くなり、この時間帯に高温の熱の移動により高くなったと考えられる。以上のような結果から屋根スラブ表面温度が明らかになった。屋根スラブ表面温度はとつても重要で建物の中へ日射量から垂直に熱を受ける面であり、熱を移動する通過点である。各試験体表面温度はソーラーパネルが一番悪い結果であったが、屋根スラブ表面温度になると大逆転することになる。

なお、ブロック炭酸カルシウムは屋上緑化とほぼ同じレベルの効果を得られた。

6-2. 20時における散布図

図12は20時における屋根スラブ表面温度の比較である。最も外気温との温度差が大きかったのは無設置である。日射量が多い25MJ/m²の場合、無設置4.2℃、ソーラーパネルとブロック塗料1.2℃、遮熱塗料1.0℃、ブロック炭酸カルシウムと屋上緑化0.5℃外気温より高くなっている。この結果から遮蔽材がない無設置のRC造には日没でも外気温より約4℃以上高くなっている。これはタイムラグ (time lag) により放熱が続き、室内温熱環境を悪化する

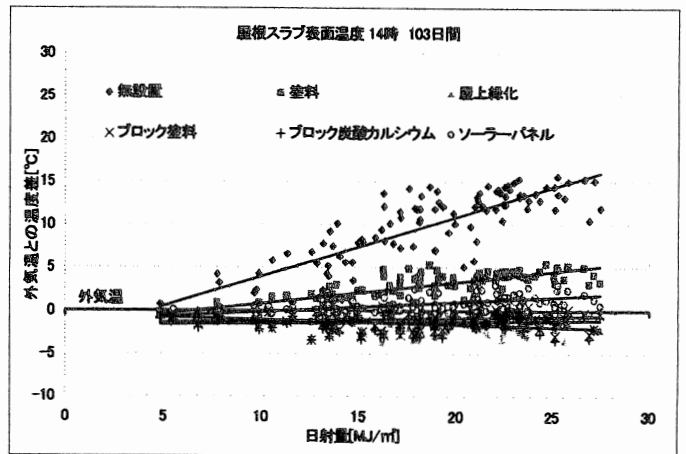


図11. 14時の屋根スラブ表面温度の散布図

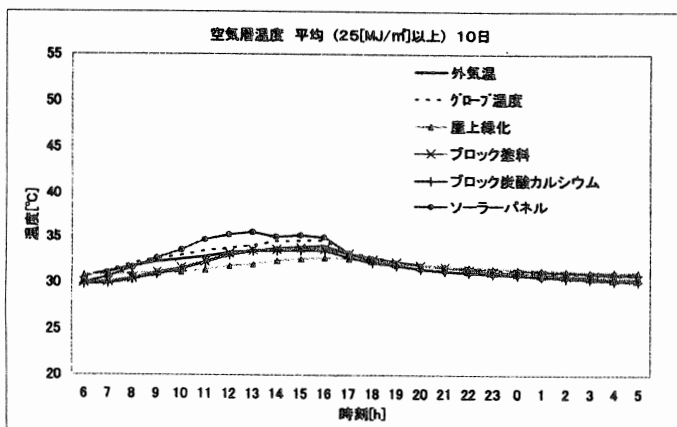


図10. 日中の空気層温度の変化

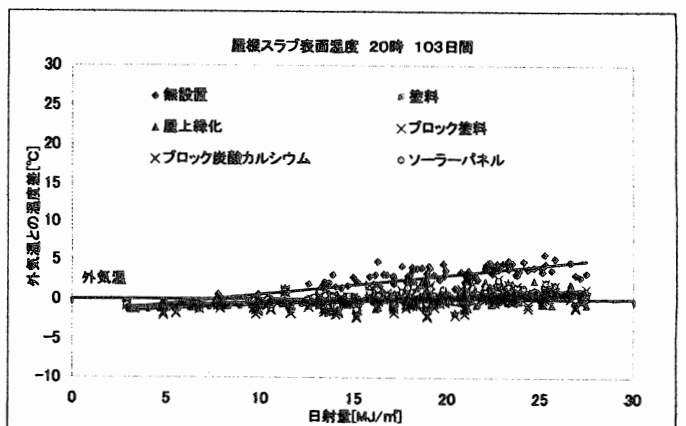


図12. 20時の屋根スラブ表面温度の散布図

要因になる。一方、他の試験体は外気温とその差が小さく、タイムラグを短くし放熱が少なく、室内温熱環境を良くすると思われる。すなわち、遮蔽材をかけると無設置より屋根からの熱貫流率は低くなり、夜にかけて涼しい室内環境になる。今までの実験では屋上緑化が一番良い結果になっているが、ブロック炭酸カルシウムもほぼ同じ結果から新材料として期待できる。

6-3. 日射量が多い日の平均値における24時間の温度変化

図13は実験期間中に日射量が多い日である日射量が25MJ/m²以上を記録した日の中で10日間の時間別平均を各試験体の空気層温度と外気温やグローブ温度のそれぞれ24時間のグラフにしたものである。まず、最も高温だったのが無設置である。14時に最高温度が47.3℃である。この時刻に外気温は33.7℃でその差は13.6℃であった。また無設置は一日中、外気温より高温になっているのが明らかである。次に遮熱塗料が高温だった。

14時に最高温度37.9℃を測定した。外気温との温度差をみると最大で14時に4.2℃の温度差があった。ソーラーパネルは最高温度が15時、16時の35.3℃であった。外気温との温度差をみると最大で15時に1.5℃の温度差があった。ブロック塗料の最高温度は16時、17時には33.2℃であった。外気温との温度差をみると最大で20時に0.7℃外気温より高温であった。ブロック炭酸カルシウムは16時に最高温度32.7℃を測定した。外気温との温度差をみると6時から18時の間と0時から5時の間は外気温より低温で、9時、10時は2.0℃外気温より低温であった。屋上緑化は最高温度が22時、23時、0時の32.2℃であった。外気温との温度差をみると、8時から19時の間は外気温より低温で13時、14時、15時、16時は外気温より2.0℃低くなった。

グラフの波形をみると無設置と塗料はすぐに上昇し急速に低下することに対して遮熱塗料ブロック、炭酸カルシウムブロックは緩やかに上昇し徐々に低下している。やや炭酸カルシウムブロックの方が良い結果になっている。両試験体は外気温との温度差をみると外気温より高温になる時間はなかった。この材の特徴は朝6時から17時まで約11時間は外気温とグローブ温度より約2℃低くなっているのが注目される。屋上緑化はほぼ一直線で安定した温熱環境を表している。昼は低温になっているが19時から翌朝の7時まで約12時間、外気温より高くなっている。なお、ブロック塗料、ブロック炭酸カルシウムより約2℃高くなっている。つまり、日没から朝ま

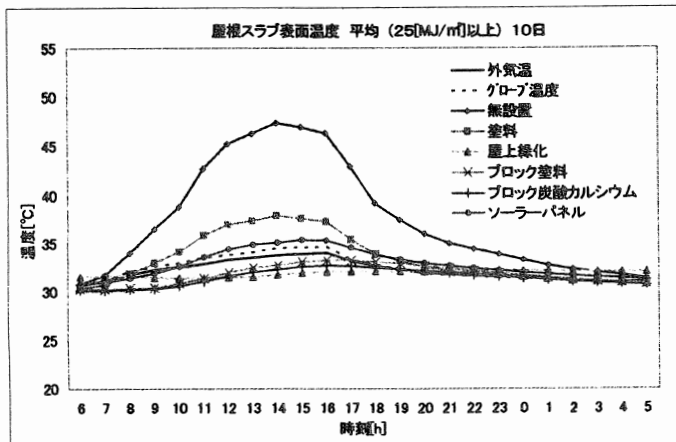


図13. 日中の屋根スラブ表面温度の変化

では家族の生活の時間帯であり、ブロック塗料、ブロック炭酸カルシウムより不利な温熱環境であろう。

7. 室内天井表面温度

7-1. 14時の散布図

以上の結果で室外から室内への温熱環境をどのように影響を与えるかを明らかにする。実験建物の室内は、平日にはエアコンを使っているため日曜日だけのデータを利用した。図14は14時における各試験体の室内天井表面温度と室内温度差を比較したグラフである。最も室内温度より高温であったのは無設置であった。

日射量が約12MJ/m²以上の時は室内温度より高温になり、回帰直線の傾きが大きくなっている。遮熱塗料は回帰直線の傾きがわずかにプラスであり、日射量に関らず室内温度より約2.3℃低温である。屋上緑化、ソーラーパネルは非常に似た回帰直線で、室内温度より約2℃から3.5℃低温である。ブロック塗料は回帰直線の傾

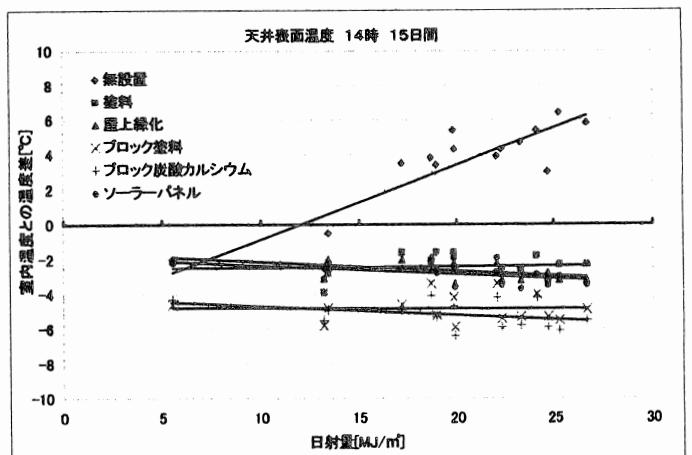


図14. 14時の天井表面温度の散布図

きがほぼ一直線で、日射量に関らず室内温度より約5℃程低温であった。ブロック炭酸カルシウムはマイナス回帰直線であり、約4℃から6℃低温である。

7-2. 20時の散布図

図15から最も室内温度より高温であったのは無設置であった。日射量が約13MJ/m²以上の時は室内温度より高温であった。14時と同じような回帰直線の傾で、唯一室内温度より高温である。

屋上緑化、ソーラーパネル、遮熱塗料はとも近い値をとり密集している。これらは日射量に関らず室内温度より約2℃低温である。ブロック塗料は回帰直線の傾きは14時と似ていて、約5℃低温である。ブロック炭酸カルシウムは回帰直線から室内温度より約4℃から5.5℃低温である。

7-3. 平均値の24時間の温度変化

図16から無設置が最も高温で17時には最高温度40.6℃を測定した。11時に室内温度より高温になり、23時に室内温度より低温になった。次に遮熱塗料が18時に最高温度38.6℃、ソーラーパネルが18時、19時、20時に最高温度33.1℃を測定した。11時から20時は遮熱塗料のほうが高温であるが、6時から11時と22時から5時はソーラーパネルのほうが高温であった。次に屋上緑化が20時、21時、22時、23時、0時に最高温度32.9℃を測定した。日中より

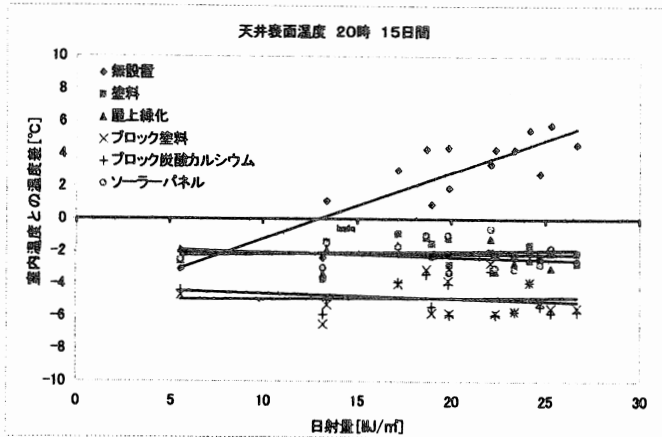


図15. 20時の天井表面温度の散布図

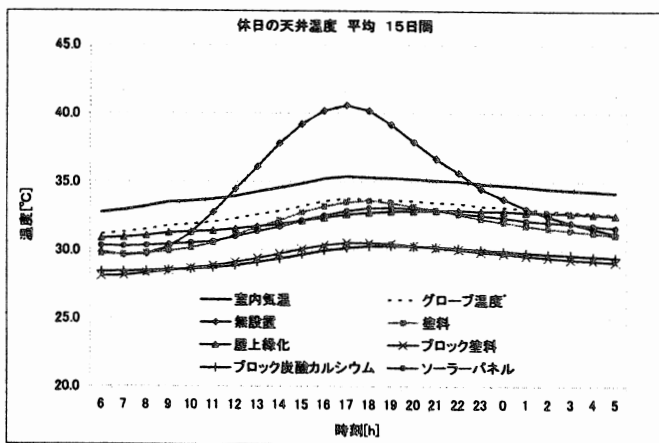


図16. 日中の天井表面温度の変化

も夜間のほうが高温で、23時以降は無設置の次に高温で、2時以降は最も高温な遮蔽材であった。ブロック塗料は17、時、18時、19時に最高温度30.5℃を測定した。

6時から8時と23時から5時までは最も低温な遮蔽材であった。ブロック炭酸カルシウムは18時、19時、20時に最高温度30.3℃を測定した。日中10時から19時までは最も低温な遮蔽材であった。24時間を通じて室内温度より約5℃程低温であった。

8. まとめ

第1実験の遮蔽材と遮熱塗料の効果については各試験体における14時の散布図で比較検討した。その結果、表面温度は20MJ/m²以下に固まっている。回帰直線の傾きではソーラーパネル、断熱材入り遮蔽ブロック、遮蔽ブロック、無設置、遮熱塗料、屋上緑化という順に小さくなっている。緑化と塗料は日射量が25MJ/m²を超えてもわずか約3~5℃しかないのでヒートアイランド現象を防ぐのに期待できる。空気層の温度では日中一番高温である時間帯でも空気層はそれほど温度差はない。空気層を設けることによって各実験体の表面温度が高くても日射量が25MJ/m²以上の場合約10℃以上を下げる事が出来る。

日射量が少ない10MJ/m²以下では各試験体の最高低温度差は約2℃でわずかである。屋根スラブ表面温度では著しく無設置が11.5℃、塗料が4.5℃高くなっている。試験体表面温度ではソーラーパネルが一番悪い結果であったが、屋根スラブ表面温度になると大逆転することになる。これは空気層温度と大きな関係がある。

表1. 各試験体の評価温度(単位:°C)

	試験体表面温度		屋根表面温度		天井表面温度		総合温度
	14時	20時	14時	20時	14時	20時	
無設置	14	4.2	14	4.2	5.6	5	47
ソーラー	15	-2	2	1.2	-3.1	-2.1	11
塗料	4.7	1	4.7	1	-2.3	-1.9	7.2
緑化	2.5	0.5	-2	0.5	-3	-2.4	-3.9
ブ+塗料	4.8	-1	-0.5	0.5	-4.9	-4.9	-6
ブ+炭酸	5.5	-1.5	-1.2	0.5	-5.5	-5.1	-7.3

第2実験の遮熱塗料を併用した場合の効果は表1に示す。本論では14時、20時における各試験体表面温度、屋根表面温度、天井表面温度の垂直関係の温度を評価した。表1の数値は試験体表面温度、屋根表面温度の場合、外気温との温度差である。一方、天井表面温度は室内温度との差である。総合温度はこれらを合算した数値で、この数値が低くなればなるほど温熱環境が良いと評価できる。この結果から無設置が47℃で、一番悪い。また、各試験体の中ではソーラーパネルが11℃、次は遮熱塗料で7.2℃である。

第1実験では屋上緑化(-3.9℃)が一番良い結果であったが、第2実験ではブロック塗料(-6℃)とブロック炭酸カルシウム(-7.3℃)が上回っている。この三つの試験体は総合温度がマイナスになっていることから温熱環境改善には良い結果となった。

以上の結果から新材料として炭酸カルシウムが一番良い結果となったが、遮蔽材の表面に炭酸カルシウム素材や遮熱塗料を塗布し、空気層を持つ遮蔽材に併用することで優れた温熱環境改善に期待できる。本研究で省エネルギーと二酸化炭素の削減へ役に立つことが出来れば幸いである。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご理解をいただき、協力して下さいました法政大学建築学科宮本博平さん、株式会社伊是名ブロック工業の大城吉隆さん、屋富祖信尊さん、相互電気の中村弘正さん、長嶺塗料店の長嶺紀宏さん、恒和化学工業の皆様、実験場を提供して下さいました沖縄生コンクリートの福永正社長には御協力頂きましたことを末尾ながら記して謝意を申し上げます。

【注1】

・法政大学工学部研究集報第45号「沖縄におけるRC造屋根の日射遮熱に関する研究 -屋上緑化、遮蔽ブロック、ソーラーパネル、遮熱塗料の効果について-」

【注2】

第1実験

1. 無設置:厚さ150mmのコンクリートスラブ。沖縄ではほとんどの陸屋根。
2. 遮熱塗料:下塗り時所要量0.2kg/m²、仕上げ時所要量0.4kg/m²、熱伝導率0.40W/m・k、0.15mmの厚さで塗る。
3. 遮蔽ブロック+緑化:390mm×390mm×125mm、重量は9kg±1kg。軽量土に芝で緑化、空気層は25mm。
4. 遮蔽ブロック+断熱材:390mm×390mm×105mm、重量は16.5kg±1kg。ブロックの裏側に厚さ35mm押出法ポリスチレンフォームを付着。空気層は35mm。
5. 遮蔽ブロック:390mm×390mm×100mm、重量は9kg±1kg。空気層は65mm。
6. ソーラーパネル:最大電力60W、開放電圧91.8V、短絡電流1.19A、外形寸法990mm×990mm×40mm、重量は13.5kg。太陽電池が影の影響による発電能力低下が生じにくいように、角度は5度に設置することによって空気層は最大200mm。

第2実験

1. 無設置、2. 遮熱塗料、3. 遮蔽ブロック+緑化は第1実験と同じ。
4. 遮蔽ブロック+塗料:390mm×390mm×100mm、0.15mmの厚さで塗る。重量は15kg±1kg。空気層は65mm。
5. 遮蔽ブロック+炭酸カルシウム:390mm×390mm×100mm、7mmの厚さで圧着させる。重量は15kg±1kg。空気層は65mm。
6. 塗料+ソーラーパネル:下塗り時所要量0.2kg/m²、仕上げ時所要量0.4kg/m²、熱伝導率0.40W/m・k、0.15mmの厚さで塗る。その上に角度5度に設置することによって空気層は最大200mm。