

「屋根遮熱・断熱塗装システム」 の開発

Development of Heat-shutting, Heat-insulating coating system for Roof



関西ペイント販売㈱
建設塗料本部
建築技術部（大阪）
廣瀬哲也
Tetsuya
Hirose



関西ペイント販売㈱
建設塗料本部
建築技術部（大阪）
長島清二
Seiji
Nagashima

要 旨

「ヒートアイランド現象」に対する取り組みとして、各方面で省エネルギー化検討が行われている。その一環として、屋根表面に塗装することで室内温度の上昇を低減し、省エネルギー化に結びつけることを目的に、外部から屋根材を通過して室内に伝わる熱移動を抑制する塗装システムの検討を行った。

一般的に屋根塗色は、黒および濃彩色が多いのが現状であるが、一般的な黒の着色顔料であるカーボンブラックを使用せず、補色の組み合わせで設計した黒と断熱性に優れた中塗りを組み合わせた塗装システムにより、室内温度上昇の低減に有効な技術を開発した。

1. はじめに

近年、二酸化炭素やメタンなど温室効果ガスの増加による地球温暖化が懸念されているが、とりわけ都市部の気温が周辺部に比べて高くなる「ヒートアイランド現象」が顕著化している。気象庁のデータによれば、東京都の年平均気温は、この100年間で約3℃上昇したと言われている。

「ヒートアイランド現象」の主な原因としては、

- ① アスファルト道路の蓄熱
- ② 緑地面積の縮小
- ③ 人口の集中によりエネルギー消費量の増加
- ④ オゾン層の破壊

などが考えられている。

こうした気温の上昇は、当然のことながら大都市の生活者に様々な影響を及ぼす。例えば、熱帯夜が増えるに従い空調機の稼働率が上昇し、その結果エネルギー消費量が増えて、都市の高温化を一層促進してしまうという悪循環が生じる¹⁾。

大都市自治体が「ヒートアイランド現象」に対する様々な取り組みを行っている現状において、塗料・塗装面からの対応の一つとして、建物で最も日射の影響を受ける屋根に着目し、熱遮断塗装システムの検討を行った。以下、新規に開発した「屋根遮熱・断熱塗装システム」の開発について報告する。

2. 熱遮断・断熱の考え方

2.1 熱輻射と塗色の関係

「屋根遮熱・断熱塗装システム」は、外気温が室温より高くなる条件において、屋根材を通過して室内に伝わる熱移動の抑制を目的とする塗装システムであり、屋根表面に塗装することで室内温度の上昇を低減し、省エネルギー化に結びつけることをねらいとしている。

熱移動には、熱伝導、熱対流、熱輻射という3つの基本的プロセスがあり、それぞれのプロセスを図1に示す。熱輻射は

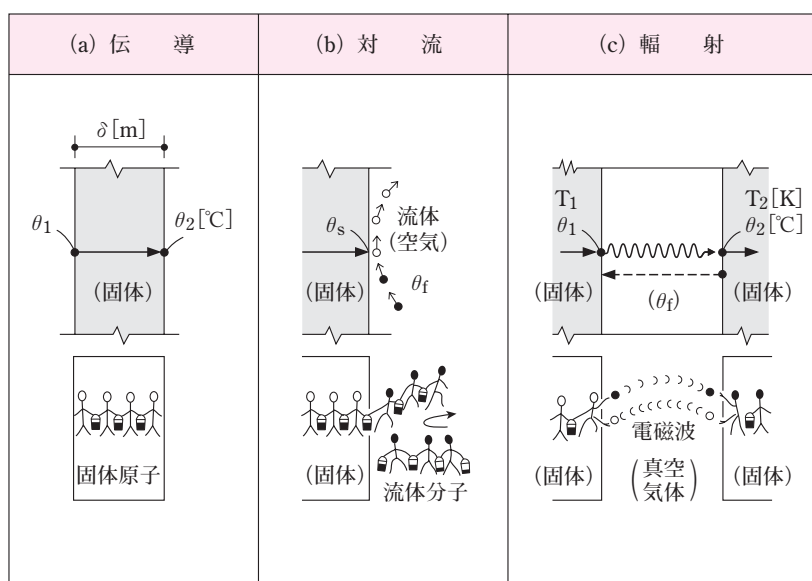


図1 熱移動の基本3プロセス

表1 各種材料の輻射率と日射吸収率 (ASHRAE guide book 1969より)

等級	材 料	常温用	日射吸収率
		輻射率 ε	
0	完全黒体	1.0	1.0
1	大きな空洞にあげられた小孔	0.97~0.99	0.97~0.99
2	黒色非金属面 (アスファルト・スレート・ペイント・紙)	0.90~0.98	0.85~0.98
3	赤れんが・タイル・コンクリート・石・さびた鉄板 ペイント (赤・褐・緑など)	0.85~0.95	0.65~0.80
4	黄および鈍黄色れんが・石・耐火れんが・耐火粘土	0.85~0.95	0.50~0.70
5	白または淡クリームれんが・タイル・ペイント・紙・プラスター	0.85~0.95	0.30~0.50
6	窓ガラス	0.90~0.95	大部分は透過
7	光沢アルミニウムペイント・金色またはブロンズペイント	0.40~0.60	0.30~0.50
8	鈍色黄銅・銅・アルミニウム・トタン板・磨き鉄板	0.20~0.30	0.40~0.65
9	磨き黄銅・銅・モネルメタル	0.02~0.05	0.30~0.50
10	よく磨いたアルミニウム・ブリキ板・ニッケル・クローム	0.02~0.04	0.10~0.40

光と同じく、物体の電子運動から放出される電磁波による熱移動現象であり、シュテファン-ボルツマンの法則から物体の輻射熱量 E は下式で示される。

$$E = \epsilon \sigma T^4 \quad [W/m^2]$$

ε : 物体の輻射率
 σ : シュテファン-ボルツマン定数
 $5.67 \times 10^{-8} \quad [W/m^2 \cdot K^4]$
 T : 物体の温度

各種物体の常温付近での輻射率および日射吸収率の値を表1に示す²⁾。

輻射熱量は輻射率に比例するので、輻射熱量を少なくするには、輻射率も小さいほうが望ましい。塗色は輻射率に影響し、白および淡彩色は黒に比べて値が小さい。

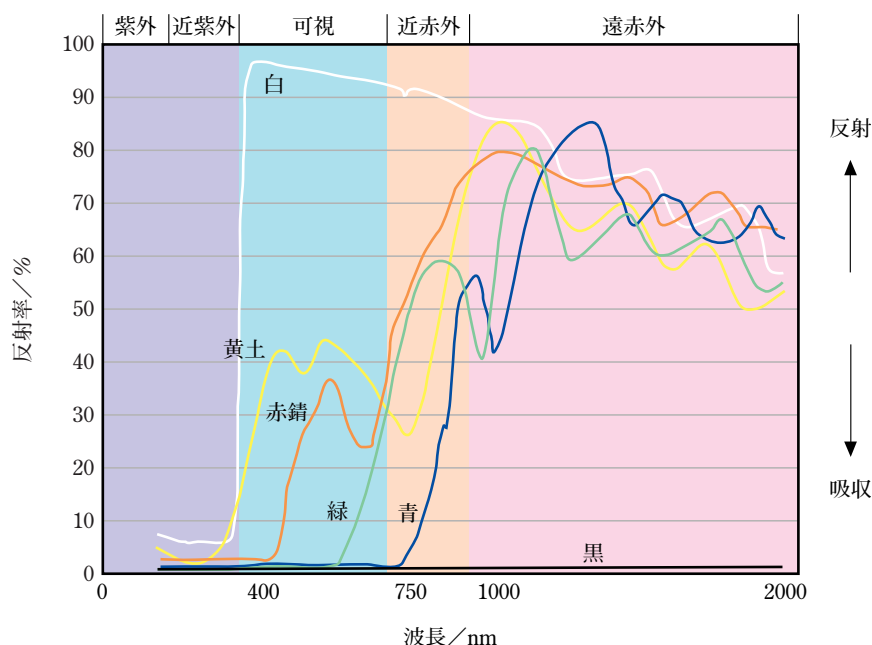


図2 顔料の分光反射率

2.2 濃彩色による熱遮断

上述の通り「屋根遮熱・断熱塗装システム」の設計において、上塗り塗色は淡彩色での設計が有効であるが、屋根塗色は一般に黒をはじめ濃彩色が圧倒的に多いのが現状である。この理由は、淡彩色の屋根では太陽光が反射しやすく、反射光が近隣住民に迷惑をかける場合があることや、建築物のカラーデザイン上、濃彩色の屋根は淡彩色が多い外壁とバランスがとれるからである。そこで、黒および濃彩色でも輻射熱量を少なくする手法について検討した。

顔料の分光反射率を図2で示すが、一般的な黒の着色顔料であるカーボンブラックは、他の顔料に比べ赤外領域の光をほとんど吸収することがわかっている。そこで色を構成する4原色(赤・青・黄・緑)の中から光エネルギー方向が人間の目と反対方向になる、青・緑・赤の補色を組み合わせて黒く見える色を作り、カーボンブラックを使用せずに黒および濃彩色が出るような調色設計を行った。なお今回の検討は、アクリルシリコン樹脂エマルジョン塗料である「コスモシリコン」を用いた。

以後、カーボンブラックを使用しない黒および濃彩色塗料を遮熱色上塗りと表現する。

2.3 熱伝導の抑制

熱移動には熱伝導のファクターもあり、熱伝導を抑制するためには、断熱性に優れた塗膜の利用が有効であると考えた。一般外壁用としてすでに上市している「ドリームコート」は、有機系(樹脂系)の中空粒子を配合しているため、一般の塗膜に比べ

て断熱性に優れている。図3に各塗膜の熱伝導率のデータを示す³⁾。

「ドリームコート」を中塗り材とし、表2の複層塗装システムで屋根に塗装することにより、今回のねらいである室内温度上昇の低減効果を室内温度差擬似測定法を用いて評価した。

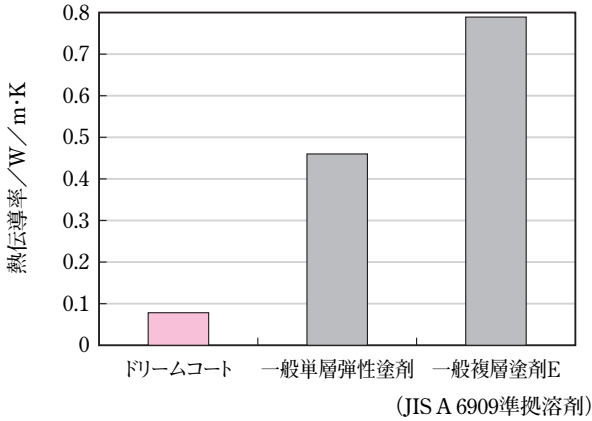


図3 熱伝導率

2.4 温度差測定法の検討

実験室で繰り返し複数の試験体を精度よく測定できるように装置の工夫を行った。装置および測定条件を図4に示す。まず、外部から熱を供給するためにハロゲンランプを用意し、光源と試験体間の距離および照射角度を固定した。この際、夏季の日中を想定し、試験体表面の最高温度が80℃程度になるように条件を設定した。次に試験体の表面から移動した熱の放散を防ぐために、試験体を設置する上面以外の5面をすべて30mm厚の発泡スチロール板で組み立て、試験開始後試験体の表面・裏面と箱内部の温度を経時で測定した。測定には自動計測が可能な温度センサー付き記憶計を用いた。データのばらつきがないよう測定は23℃恒温室で行い、箱内温度は上部と下部の2箇所所で測定し、その平均値を箱内温度とした。

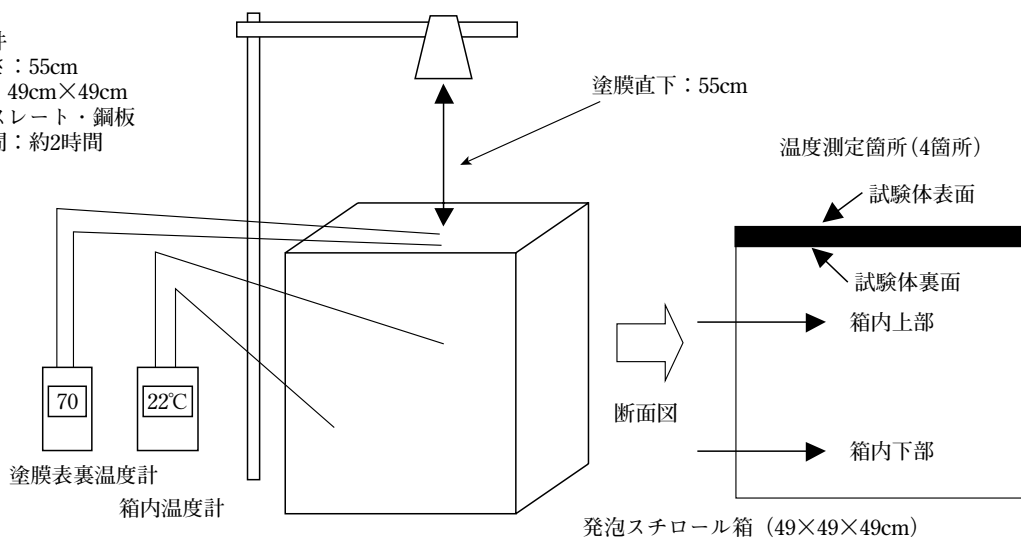
3. 温度差測定結果

遮熱色上塗りおよび「ドリームコート」の塗装が、室内温度上昇の低減に効果があることを検証する目的で、表3に示す4通りの塗装仕様で実験を行った。上塗りは、屋根色として人気のある濃彩ブラウン色を用いた。

表2 使用塗料の概要

	製品名	系統	樹脂系	色	特徴
下塗り	エポMシーラー	弱溶剤	1液反応硬化型エポキシ	透明	浸透性、表面強化性に優れる
中塗り	ドリームコート	水性	水性反応硬化型アクリル	白	中空樹脂の配合により断熱性に優れ、軽量化を実現
上塗り	コスモシリコン	水性	水性反応硬化型アクリルシリコン	白、各色	耐候性に優れたアクリルシリコンエマルションを使用

試験条件
光源高さ：55cm
測定面：49cm×49cm
下地：スレート・銅板
測定時間：約2時間



光源：ハロゲンランプ (100V、300W)
温度センサー：記憶計SK-I200T (佐藤計量器製作所)
室温：23℃恒温室

図4 測定条件

表3 塗装仕様

工程	塗料名	塗付量 (kg/m ²)	塗り回数	仕様-1	仕様-2	仕様-3	仕様-4
下塗	エポMシーラー	0.15	1	○	○	○	○
中塗	ドリームコート	1.30	2	—	○	—	○
上塗	コスモシリコン	0.13	2	一般色	一般色	遮熱色	遮熱色

素材はスレート板を使用

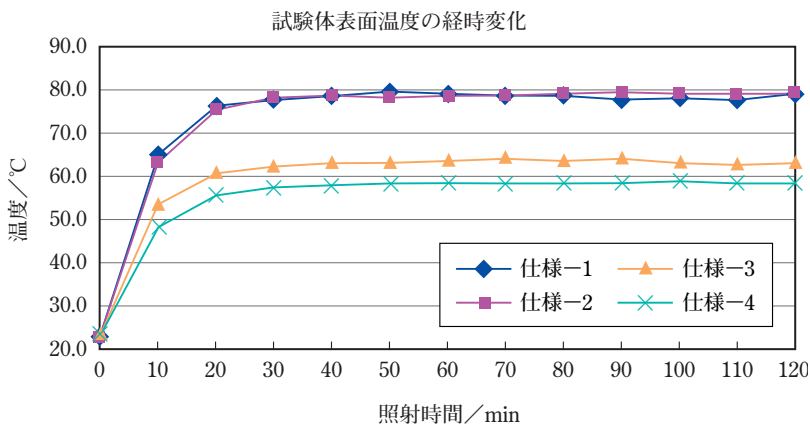


図5 測定結果

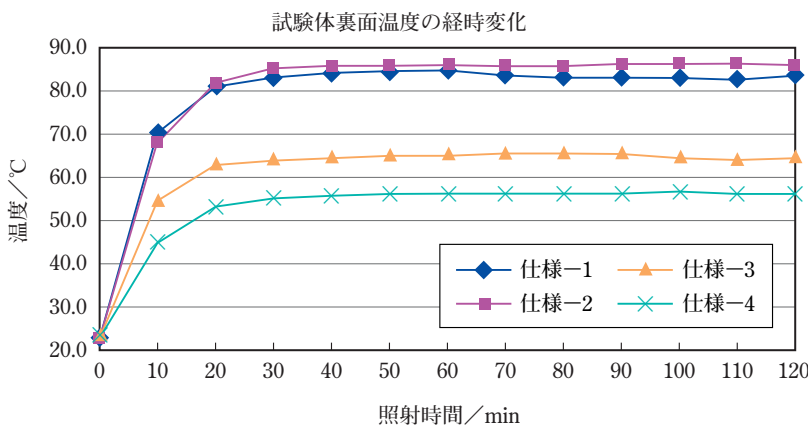


図6 測定結果

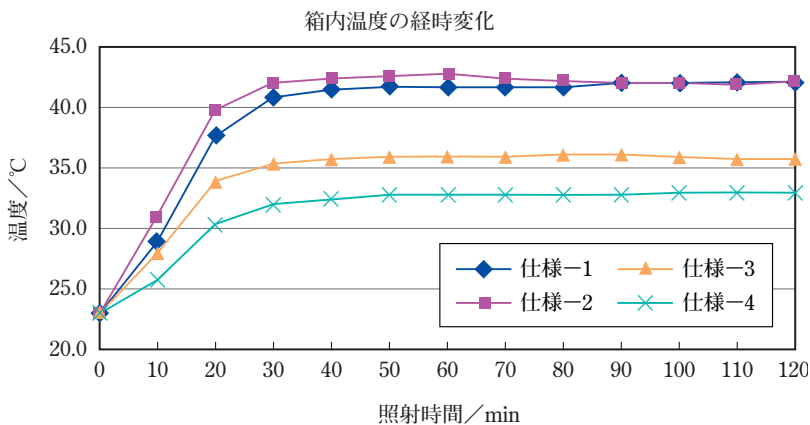


図7 測定結果

測定結果を図5～7に示す。試験体表面・裏面温度は、試験開始直後から10分間、箱内温度は20分間で急激に上昇している。それぞれ40分経過後はほぼ一定温度になることがわかった。

一般ブラウン色と遮熱色を比較した場合、試験体表面・裏面は約20℃、箱内温度は約8℃の温度差があり、遮熱色を用いることで室内温度上昇の低減効果が認められた。また、遮熱色上塗りの塗装仕様において「ドリームコート」中塗りの有無を比較すると、箱内温度で約3℃の温度差があり、中塗りとして「ドリームコート」を塗装することで更に温度上昇が低減された。

ラボ実験の結果から、遮熱色上塗りや「ドリームコート」の塗装は室内温度上昇の低減に効果があることを示すデータが得られたので、次に塗装した建物では、どの程度効果があるかについて確認を行った。建物を写真1、2に、それぞれの塗装仕様を表4に記載した。



写真1 建物全体 (カンペ富山東カラーセンター)



写真2 屋根表面 (素材：金属折半)

図8、9の測定結果から、日中の屋根表面・裏面温度を「屋根遮熱・断熱塗装システム」は一般塗装仕様と比較して、表面温度で最大8℃、裏面温度で最大18℃の差が認められた。さらに、表面と裏面の温度差に着目すると、「屋根遮熱・断熱塗装システム」は、表面が常時高温であるのに対し、一般塗装仕様は、逆に裏面が常時高温になっていた。この傾向はラボ実験でも再現しており、本「ドリームコート」は熱伝導を抑制することが確認できた。

4. おわりに

地球温暖化現象はグローバル化した問題であり、早期にこの現象の歯止めが必要であり、やがて自然や生態系および人間の生活にも大きな変化をもたらすと考えられている。政府は、地球環境保全を図るため、循環型社会形成推進基本法など最近

様々な法律を制定している。また ISO 14001 を取得し環境マネジメントに力を入れる企業が増えてきている。弊社においてもレスポンス・ケア活動を推進し、多方面から環境保全活動に取り組んでいる。今回紹介した「屋根遮熱・断熱塗装システム」のように塗装が環境改善に役立てるような製品やシステムの開発に今後も注力していきたい。

5. 参考文献

- 1) 東京都環境科学研究所ホームページ
ヒートアイランド対策
<http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/kankyoken/index.htm>
- 2) 田中俊六、武田仁、足立哲夫、土屋喬雄：最新建築環境工学、p.31, 34、181-182、井上書院 (2002)
- 3) 村木克彦、石原有七：塗料の研究、No.138、p.66-70 (2002)

表4 塗装仕様

工程	塗料名	塗付量 (kg/m ²)	塗り回数	遮熱・断熱仕様	一般仕様
下塗	アレスイーグル	0.15	1	○	○
中塗	ドリームコート	1.30	2	○	—
上塗	アクアシリコンACⅡ	0.13	2	遮熱色	—
	スーパーシリコンルーフ	0.13	2	—	一般色

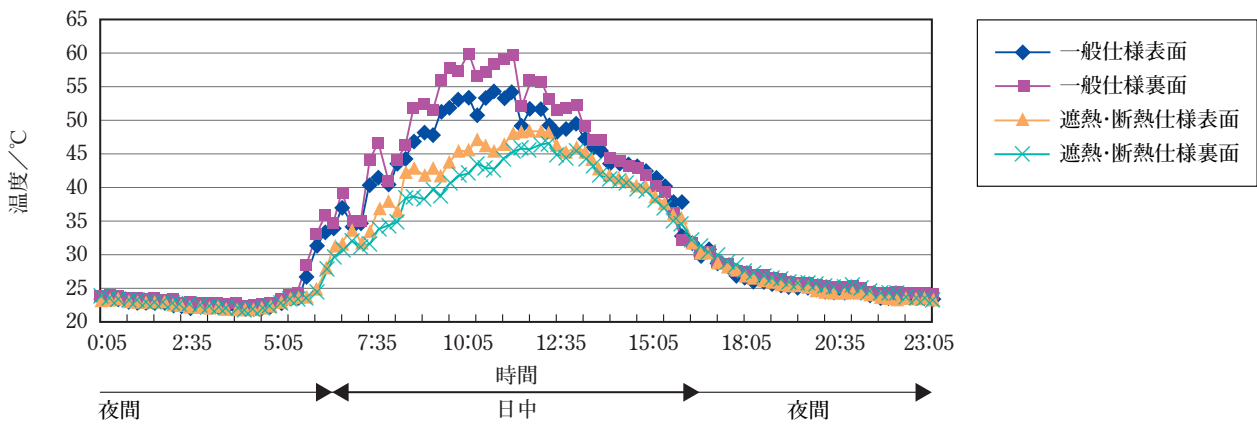


図8 測定結果 (測定日：平成15年8月23日)

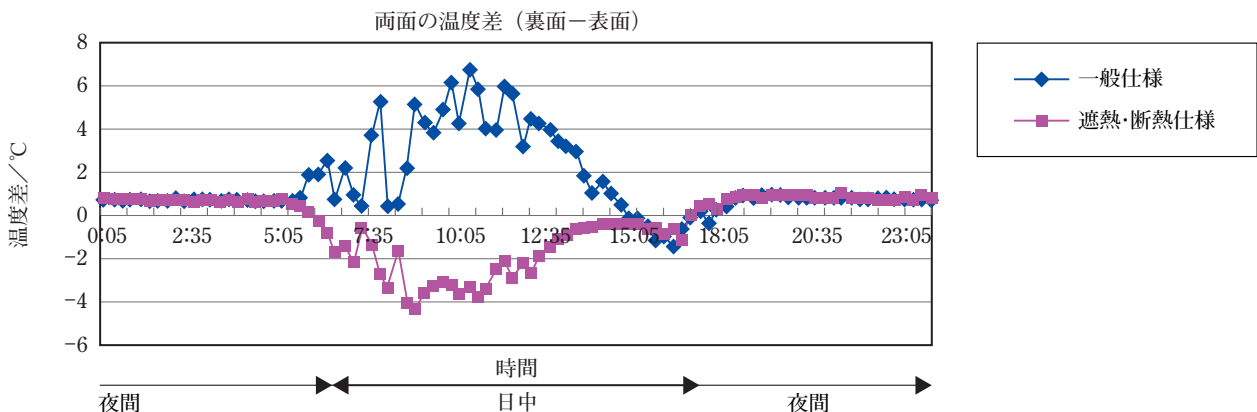


図9 測定結果