

当社の遮熱塗料と各分野における適用事例

Thermal Insulation Paint and Application in Each Division

一般塗料部門 建築塗料事業部
マーケティンググループ
Architectural Coating Dept.
Marketing Group.



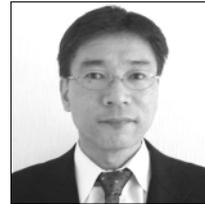
桜田 将至
Masashi SAKURADA

一般塗料部門 金属焼付塗料事業部
マーケティンググループ
Metal Coating Dept.
Marketing Group.



鈴木 晃
Akira SUZUKI

工業塗料部門 自動車塗料事業部
テクニカルサポートグループ
Automotive Coating Dept.
Technical Group.



宮田 航三
Kohzoh MIYATA

技術開発部門 開発部
技術開発グループ
Technology
Development Group.



熊沢 直之
Naoyuki KUMAZAWA

要 旨

近年、地球温暖化は深刻な環境問題となっており、産業界においても環境負荷の低減対策は重要課題のひとつとなっている。その中でヒートアイランド現象の緩和、室内電化製品等の電力負荷低減等による地球温暖化防止策として遮熱塗料が注目されている。この遮熱塗料を様々な分野で適用することによって、環境負荷の低減を行うことができる。尚、遮熱のメカニズム、塗膜性能についてはDNTコーティング技報1号および5号で報告を行っているため、本報では適用結果を中心に報告する。

1. はじめに

塗料の歴史は古く、イタリアの岩窟で1万年以上も前に描かれた壁画が発見されている。塗料を塗装する目的には、大きく分けて美観、保護、機能の付与があり、船底にアスファルトピッチを塗装して、塗料に耐水性という保護機能を求めたのが4000年程前であるとの記述がある。この時代の塗料は、展色剤と顔料を練った単純な塗料が用いられており、美観や保護のみを追求したものであったと考えられる。この後、14、15世紀になると油を主成分とする塗料の基礎ができあがり、産業の発展と共に合成樹脂塗料といった様々な種類の塗料(エポキシ、

アクリル、ウレタン、シリコン、ふっ素等々)が誕生し、光学的機能、電気的機能、化学的機能といった多様な機能が求められるようになった¹⁾。

2. 開発の背景と目的

近年、我々は産業の発展によって地球温暖化や大気汚染といった様々な環境問題を抱えるようになった。そこで塗料には、美観、保護、機能の付与の他に地球環境への負荷の少ない製品の開発と評価が求められるようになった。

環境問題のひとつとして地球温暖化がある。地球温暖化は、都市化に伴った建造物の増加による日射吸収量(蓄熱量)の増大、保水能力の高い緑地面の減少、温室効果ガスの放出や人工排熱量の増大など複合的な要因によって起こるものと考えられており、その緩和、解消のための対策が求められている。

遮熱塗料を塗装することによって、被塗物の日射吸収量を減少させること、内部の温度負荷を下げる事が可能である。また、様々な分野に適用することで、被塗物の温度上昇抑制からヒートアイランド現象の緩和が可能となり、地球への負荷が少ない環境を創り出すことができる。

3. 遮熱・断熱性能を決定する因子について

海面高さにおける太陽光および黒体の分光放射エネルギー分布(プランクの放射則)を図1に示す。この図から、太陽光は0.5 μm 近傍の波長をピークとする放射エネルギー分布をもち、27 前後の黒体は10 μm 近傍の波長をピークとする放射エネルギー分布を持つことが分かる。従って、太陽光の分光放射エネルギーが分布している波長領域では反射率が高く、黒体の分光放射エネルギーが分布している波長領域では放射率が高い塗膜にすることにより、被塗物の温度上昇を抑制でき、内外部環境の負荷を低減することができる²⁾。また、塗膜における遮熱性には、断熱性塗料を塗装する方法がある。熱伝導率の低い材料を厚く塗装することで熱貫流率を下げるのが可能であり、内部環境の負荷を低減させることができる。

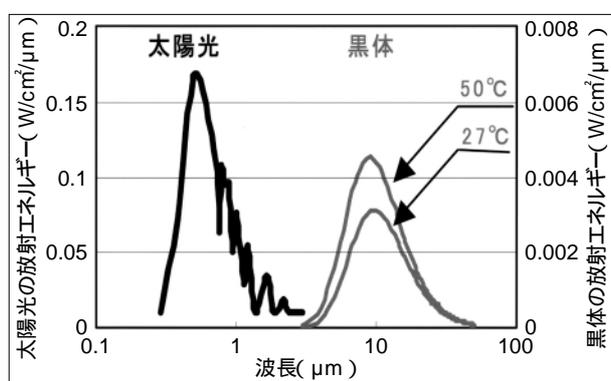


図1 太陽光および黒体の分光放射エネルギー分布

4. 遮熱・断熱性決定因子の評価手法

4.1 反射性

反射性の評価手法としては分光光度計による分光反射率測定があり、塗料の分光反射特性を知るためには有用な手段であると考えられる。しかし、遮熱性能を比較し、把握するためには必ずしも使いやすい指標であるとはいえない。そこで塗料に関しては、分光反射率、日射の分光エネルギー値から求められ、日射に対する反射特性を1つの数値として表すことのできる日射反射率を

用いて反射性を評価することが一般的とされている。日射反射率を算出する試験方法には、JIS R 3106「板ガラス類の透過率、反射率、放射率、日射反射率の試験方法」やJIS A 5759「建築窓ガラス用フィルム」がある³⁾。

4.2 放射性

放射性の評価手法としては、分光放射率測定があり、この測定により、塗料の分光放射特性を評価することができる。

4.3 断熱性

断熱性の評価手法としては、塗料、素材、断熱材等の建造物を構成する材料全体で熱貫流率を求め、熱損失の関係から断熱性を評価する方法が一般的である。熱貫流率は式1を用いて、各素材の熱伝導率や厚さ等から算出する。

式 1

$$K = \frac{1}{\frac{1}{o} + \sum \frac{t_n}{n} + \frac{1}{i}}$$

K : 熱貫流率(W/m²·K)
 o : 外表面熱伝達率(W/m²·K)
 i : 内表面熱伝達率(W/m²·K)
 t : 各材料の厚み(m)
 n : 各材料の熱伝達率(W/m²·K)

4.4 温度測定

反射性、放射性、断熱性を総合的に評価できる手法として温度測定がある。代表的な温度測定方法とその特長を表1に示す。測定方法 は温度データロガーおよび温度センサー(熱電対)を用いて測定する方法で、連続性や精度が良く、表面温度、雰囲気温度を同時比較できる方法であるが簡便性に欠ける点が挙げられる。測定方法 は赤外線熱画像装置(サーモグラフィ)を用いて測定する方法で、同時比較ができ、連続性、精度、簡便性も比較的良好であるが、測定角度によって受ける放射率が異なり、撮影角度によって温度が異なる点が挙げられる。測定方法 は赤外線温度計を用いて測定する方法で、簡便な測定を行うときに用いる手法である。

表1 温度測定方法一覧

測定方法	連続性	同時比較	精度	簡便性	測定箇所
				×	表面、雰囲気温度
					表面温度
					表面温度

5. 遮熱塗料の適用事例一覧

各分野での遮熱塗料の適用事例を表2に示す。様々な分野で遮熱塗料が応用されている。

表2 各分野での遮熱塗料適用事例

分野	適用事例
建築物	工場屋根・壁面、小学校屋上、体育館屋根等
構造物	備蓄タンク、舗装道路、プールサイド等
金属焼付	カーテンウォール等
重車産機	車輛屋根面
自動車	冷凍車ルーフ等
建材	屋根瓦、外装建材等

6. 各分野における遮熱塗料の適用事例

6.1 建築物における適用事例

6.1.1 実験概要

東京都環境局主導のもと、ヒートアイランド現象緩和材料として遮熱塗料の効果検証を目的とした温度測定実験を実施した。実験方法は、写真1に示す東京都足立区内旧学校施設屋上において塗料E箇所に遮熱塗料「エコクール」の塗装を行い、標準塗料塗装箇所や無塗装箇所との温度測定による比較を行った。

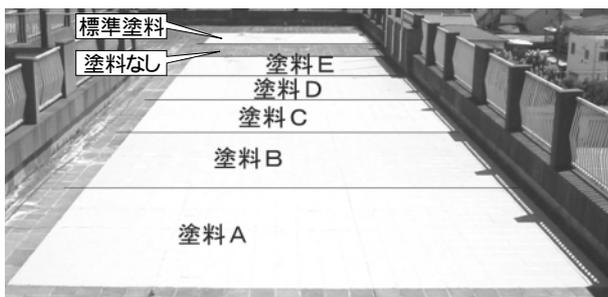


写真1 旧学校施設での実験状況

6.1.2 温度測定結果

2004年8月20日に実施した屋上表面温度の測定結果を図2、天井裏雰囲気温度を図3、室内温度の測定結果を図4に示す。屋上表面については、熱画像撮影による温度測定も行い測定結果を写真2に示す⁴⁾。

屋上表面温度については12時時点で標準塗料、無塗装箇所と比較するとエコクールを塗装した箇所は10程度低かった。天井裏雰囲気温度については17時時点で標準塗料、無塗装箇所と比較するとエコクールを塗装した箇所は2.5程度低かった。室内温度については16時時点で標準塗料塗装箇所と比較するとエコクールを塗装した箇所は2程度低く、無塗装箇所と比較するとエコクールを塗装した箇所は1.2程度低かった。熱画像による屋根表面温度については、無塗装箇所に対してエコクール塗装箇所は15程度低かった。このように、エコクールを塗装した全ての箇所で大幅な温度低減効果が確認された⁵⁾。

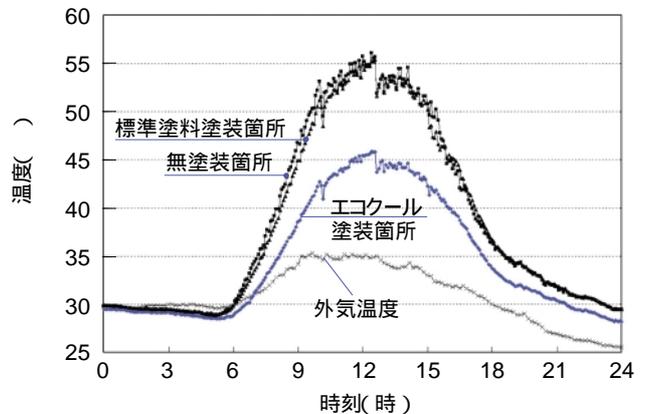


図2 屋上表面温度測定結果

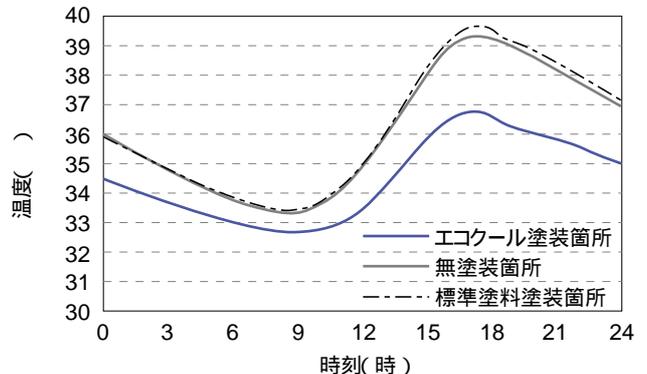


図3 天井裏雰囲気温度測定結果

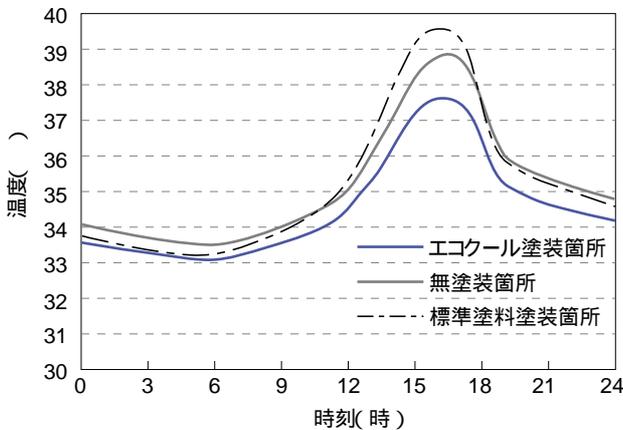


図4 室内温度測定結果

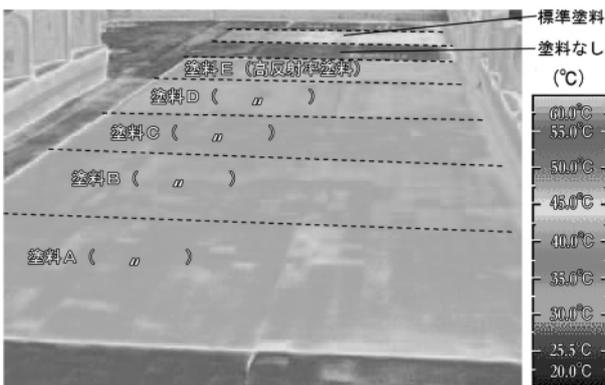


写真2 赤外線熱画像装置による屋上表面温度測定結果

6.2 外装用アルミパネルにおける適用事例

6.2.1 実験概要

高層ビルの外壁などに使用されるアルミパネルの遮熱効果を検証するため、ふっ素樹脂塗料をベースに遮熱機能の評価を行った。評価方法は、アルミパネルに焼付形遮熱塗料「Vフロン#2000クール」と標準塗料を塗装して分光反射率測定と赤外線熱画像装置による表面温度測定にて比較を行った。

6.2.2 分光反射率測定結果

分光光度計を用いて実施した遮熱塗料と標準塗料の分光反射率の測定結果を図5に示す。その結果、遮熱塗料は標準塗料に比べ800～2200nmの近赤外赤外領域において高い反射率を示すことが確認された。

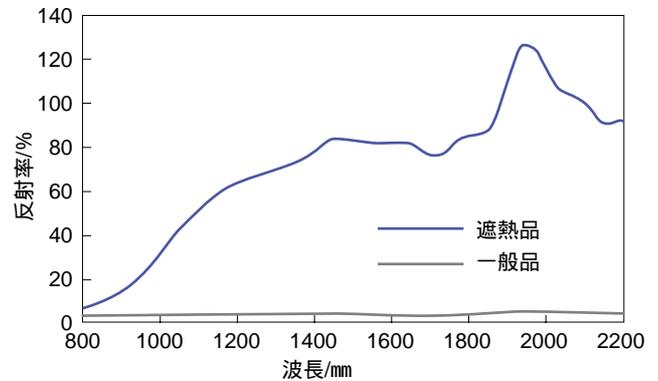


図5 近赤外 - 赤外領域での分光反射率測定結果

6.2.3 表面温度測定結果

上記塗料を縦1500mm、横800mmのアルミパネルに塗装し、南西面に位置する外壁に対して地上2mの場所に固定した。測定は、赤外線熱画像装置を使用し13時から15時まで塗装アルミパネルの表面温度を連続的に計測した。写真3は、アルミパネルの表面温度が最も高くなった1時間30分経過後の温度分布を示したものである。標準塗膜は62 以上を示したが遮熱機能を付与した塗膜は50～53 と約10 程度低い温度を示した。

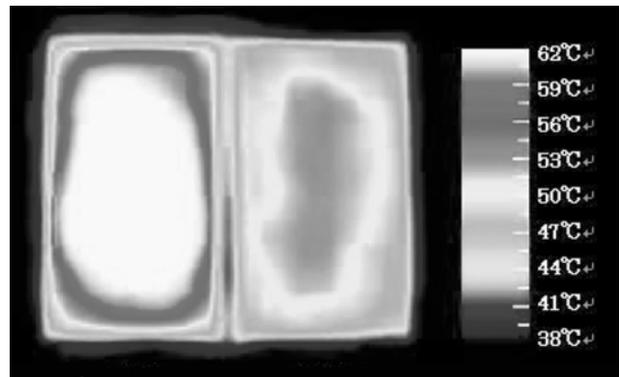


写真3 赤外線熱画像装置による表面温度測定結果

6.3 自動車分野における適用事例

冷凍車での遮熱効果検証実験

6.3.1 テスト概要

某車輛メーカー主導のもと、遮熱塗料「エコクール白」を塗装した冷凍車と標準塗装された冷凍車をトラックヤードに並べ、夏場におけるパネル表面、冷凍庫内部の雰囲気温度変化を比較した。

6.3.2 テスト条件

テスト日：2003年8月26日

天候/気温：晴れ時々曇り/外気温ピーク38

テスト車両：中型冷凍車(断熱材スチロール50mm仕様)

塗装箇所：冷凍庫のルーフ全面(塗布したアルミ板を貼り付けた)

遮熱塗料塗装仕様：

素材：アルミ板

工程1：エコクール中塗 白/100 μ m(膜厚)

工程2：エコクール上塗 白(2回)/60 μ m(膜厚)

トータル膜厚 160 μ m

標準塗料塗装仕様：

素材：アルミ板

工程1：プレコート塗装、ポリエステル系塗料 白
(市販品)

トータル膜厚 26 μ m

温度測定条件：冷凍庫内温度を0 まで下げた後、冷凍機をOFF状態にして温度測定を開始した。

6.3.3 テスト結果

温度測定結果を図6に示す。

ルーフ外板の温度測定結果

標準塗装箇所が最大49 であるのに対して、遮熱塗装箇所が最大40 であり、9 の温度低減効果が確認された。

冷凍庫内の温度測定結果

冷凍機OFF状態から1時間30分後に最大2 の温度低減効果が確認された。

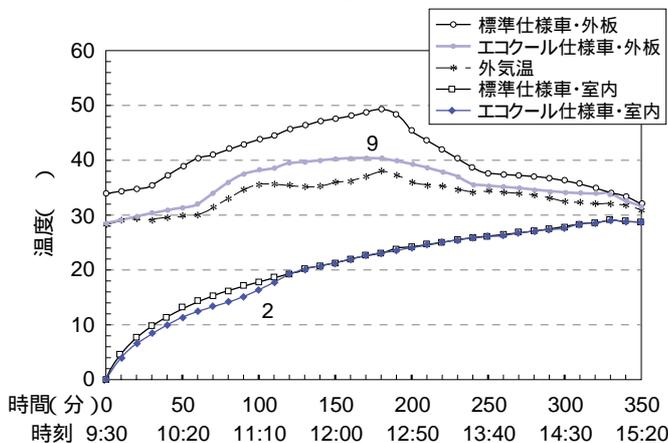


図6 エコクール仕様車と標準仕様車との比較

6.4 窯業系屋根材用途における適用事例

6.4.1 試験概要

写真4,5に示した暴露試験台を用いて、屋根用塗装瓦用として開発した遮熱塗料ブラック色の遮熱効果検証を行った。暴露試験台は、暴露面以外は外部からの熱の影響を少なくしたボックスを使用した。

ボックスは、暴露面:15mm厚合板、上部はルーフィング貼り、南面向き、傾斜角25 側面、底面:30mm厚発泡スチロール+15mm厚合板+無機板を貼りつけたものとした。

試験板瓦を暴露試験台に取り付け、瓦表面、瓦裏面、試験台内部空気層にセンサーを設置して経時での温度測定を行った。尚、遮熱塗料塗装品との比較として、一般的な塗料のブラック色を塗装した瓦(以下、標準塗装品と略記)での温度測定を行った。

試験場所：岡山分室暴露試験場

試験日：2004年6月1日～8日



写真4 暴露試験台
(外観前面写真)



写真5 暴露試験台
(内部構造写真)

試験時には裏面に断熱材と合板を貼りつける。

6.4.2 結果

瓦の表面温度測定結果を図7、瓦の裏面温度測定結果を図8、試験台内部空気層の温度測定結果を図9に示す。図中の枠内温度は、各日における最高温度を表す。各日の標準塗装品と遮熱塗装品の最高温度の差は、瓦の表面で1～3 (7日間平均2.2)、裏面で4～7 (7日間平均5.4) 試験台内部空気層で2～4 程度(7日間平均2.5)であった。

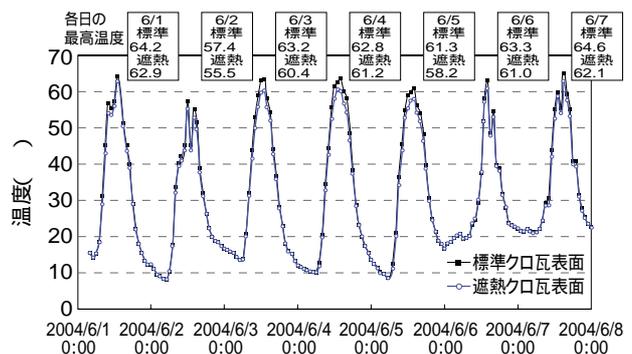


図7 標準仕様瓦と遮熱仕様瓦の瓦表面温度の比較

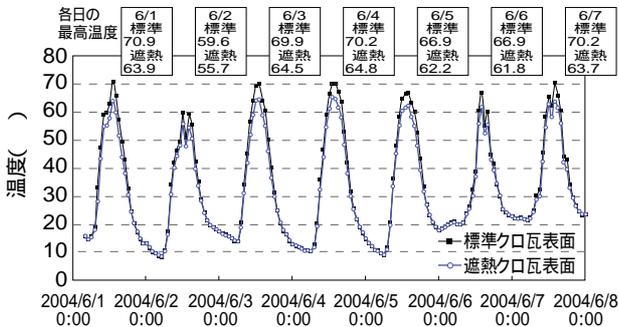


図8 標準仕様瓦と遮熱仕様瓦の瓦裏面温度の比較

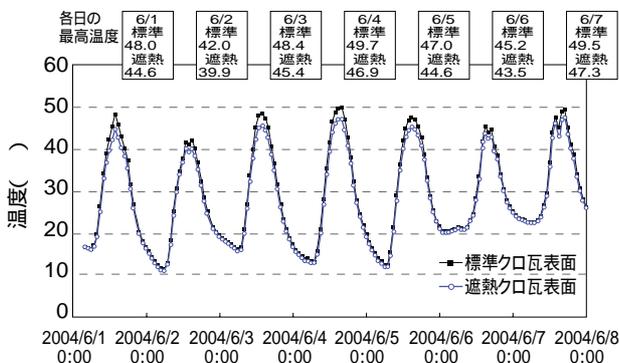


図9 標準仕様瓦と遮熱仕様瓦の試験台内部空気層温度の比較

7. まとめ

以上、遮熱塗料に関して記述したが、これらの要約は以下の通りである。

1) 遮熱(断熱)塗料について

0.5 μ m近傍の波長をピークとする光を高反射して、10 μ m近傍の波長をピークとして熱放射する塗膜を形成することによって、太陽光による温度上昇を抑制できる塗膜を形成することが可能となる。

2) 遮熱性決定因子と評価手法について

遮熱性は、分光反射率測定値から求める日射反射率による光反射性、分光放射率測定による熱放射性の評価手法があり、断熱性は、熱伝導率測定値から求める熱貫流率による評価手法がある。また、総合的な遮熱・断熱性評価手法として温度測定がある。

3) 建築物への遮熱塗料の適用結果

東京都環境局、武蔵工業大学近藤研究室及び材料メーカー5社との遮熱効果検証実験においても、大幅な温度低減効果を示し、屋上表面温度で10 $^{\circ}$ C、天井裏雰囲気温度で2.5 $^{\circ}$ C、室内温度で1~2 $^{\circ}$ Cの温度低減効果が得られた。また、熱画像による測定結果でも、屋上表面温度は15 $^{\circ}$ Cの温度低減効果が得られた。

4) 外装アルミパネルへの遮熱塗料の適用結果

赤外線熱画像装置を使用したアルミパネルの表面温度測定の結果、遮熱塗料を塗装した基材は標準品を塗装した基材に比べて約10 $^{\circ}$ C程度の温度低減効果が得られた。

5) 冷凍車への遮熱塗料の適用結果

冷凍車のルーフにおいてもルーフ外板の表面温度で9 $^{\circ}$ C、冷凍庫内の温度で最大2 $^{\circ}$ Cの温度低減効果が確認された。但し、測定途中から、遮熱塗料と標準塗料の冷凍庫内が同じ温度になったことから、今後、測定条件等の検討を行う必要があると考えられる。

6) 窯業系屋根材への遮熱塗料の適用結果

岡山分室暴露場にて暴露試験台を用いて2004年6月1日~6月8日の期間内で遮熱効果検証を行った。1週間の最高温度の平均で、瓦の表面温度で2.2 $^{\circ}$ C、瓦の裏面温度で5.4 $^{\circ}$ C、試験台内部空気層で2.5 $^{\circ}$ Cの温度低減効果が確認された。

参考文献

- 1) 鹿島出版会、伊丹 慶輔 他：建築家のための塗料の知識, p.2-20
- 2) 二階堂稔、水野 民雄：防錆管理, 11(1999)
- 3) 清水 亮作：太陽光高反射塗料の性能評価(第二報)
- 4) 大木 泰祐、近藤 靖史、光本 和宏：日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学, p.261-262, (2005.9)
- 5) 本データは、東京都環境局、武蔵工業大学近藤研究室、大日本塗料株式会社を含めた材料メーカー5社との共同研究によるものである。