

高日射反射率塗料の塗装による 温度上昇抑制効果について

大日本塗料株式会社
塗料事業部門建築塗料事業部
テクニカルサポートグループ グループ長
櫻田 将至

1 開発に至った背景と今までの経緯

現在、地球規模で深刻な問題とされている地球温暖化は、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性が高いとの報告がある。なかでも、人間の産業活動に伴って排出される二酸化炭素の影響は大きく、二酸化炭素の排出量を削減することが急務とされる。一方、都市部においては、地球温暖化に加えて建造物の太陽熱吸収によって起きるヒートアイランド現象が問題となっている。太陽光を受けることによって温度上昇および蓄熱した建造物が、周辺地域の外気温度を上昇させることがヒートアイランド現象の原因と考えられ、特に夜間に熱放出をして熱帯夜を引き起こすなど近隣住民の不快感を招く。また、蓄熱した建築物は室内への熱流入によって室内の空調負荷を増加させ、冷房等の過剰運転を引き起こす原因となる。従って、太陽光を受けることによる建造物の温度上昇および蓄熱を抑制することは、ヒートアイランド現象の緩和と同時に室内の空調負荷を低減することを可能とする。これらのことから、冷房等の過剰運転を抑制することで二酸化炭素の排出量を削減でき、地球温暖化の抑制にもつながるとの期待も高まっている。

日本においては、ヒートアイランド現象を緩和させるためにさまざまな技術が適用され、検証が行われている。そのなかで、建造物表面や地表面の被覆改善方法として高日射反射率塗料の塗装などによる改善が注目されている。高日射反射率塗料については、建造物表面の日射反射性を高くすることで建造物の温度上昇および蓄熱を抑制することができ、かつ、被塗物の保護、美観を提供することもできる。これらのことから、高日射反射率塗料を建造物表面に塗装することで、建造物の

温度上昇および蓄熱を抑制し、ヒートアイランド現象の緩和が可能であると考えられている。

高日射反射率塗料と呼ばれる塗料の原形は、石油備蓄タンクなどの表面に塗られた白色塗料やアルミ塗料であると考えられている。太陽光の放射エネルギー分布は、可視光線および近赤外線領域に各50%程度あることから、可視光線領域の反射性を高めること、すなわち、塗膜を白色にすることは温度上昇を抑制する手法としては理にかなった方法である。こうしたなかで、当社においては1998年頃から塗膜の反射性をより高めること、断熱性および放射性を高めて建造物の温度上昇の抑制、また、室内への熱の移動を少なくすることを検討してきた。反射性が最も高いことを条件に検討を開始したことから、開発当初は白色を基調とした塗料に関連する材料開発が進んでいった。しかし、一般的な白色の塗料でも比較的容易に高い反射性が得られること、美観を提供することも目的とした塗料の世界において、カラーバリエーションがないことなどから目立った普及にはつながらなかった。その後、2000年代に入るとカラーバリエーションの必要性が高まり、塗膜に色付けすること、すなわち、可視光線領域での反射性は期待できないことから、特に色相に関係しない近赤外線領域で反射性を高めた材料開発がなされるようになり現在に至る。なお、建造物内部への熱を伝えにくくする効果として断熱性、吸収した光、すなわち、熱を放射する効果として放射性についても検討が行われ、建造物の温度上昇を抑制する技術を確立していった。

2 温度測定実験

一般的に、高日射反射率塗料の性能評価では、太陽光の下に塗料を塗装した試験体を設置し、塗装した試験体の表面や裏面などの温度を測定することで塗装による温度低下を把握している。しかし、より確実に高日射反射率塗料の温度低下に関する効果を把握するためには、実際の建築物に塗装を行って検証する必要がある。一般的に塗装後の塗膜は、汚染などの影響を受けて日射反射率が低下し、温度低下の幅も塗装直後に比べて小さくなることが懸念されることから、高日射反射率塗料の塗装による温度低下の持続性を把握することは重要である。

ここでは、東京都内ビル屋上に設置してある、ほぼ同一形状・寸法の鉄筋コンクリート造の機械室2棟を対象として、高日射反射率塗料を塗装した機械室と塗装していない機械室との比較で、夏季における温度低下および塗装後2年にわたって測定した温度低下の変化について報告する。

2.1 実験条件

2.1.1 建築物の概要と測定条件

東京都内ビル2棟の屋上に個別に設置してある1室あたり35m²のほぼ同一形状・寸法で直線距離が100m程度離れている機械室A、Bに対して、同位置に温度センサーを設置した。高日射反射率塗料の塗装を行った機械室Aと無塗装の機械室Bにおいて、屋根コンクリートスラブ外面・内面および天井面での温度測定と外気温度として機械室Aの出入り口の底下で雰囲気温度および屋根水平面で全天日射量を5分間隔で計測した。

2.1.2 塗装仕様

機械室Aにおける高日射反射率塗料の塗装仕様は、塩化ビニル樹脂系シートの表面に温度センサーを設置した上に2液形エポキシ樹脂系塗料白色（標準膜厚：30μm）、2液形ウレタン樹脂系高日射反射率塗料白色（標準膜厚：60μm）の順に塗装した。

2.2 実験結果と考察

2.2.1 夏季測定期間中の温度推移

1) 測定期間中の温度変化の概要

①塗装直後（2006年夏季）

屋根コンクリートスラブ外面・内面、天井面の温度および外気温度の測定結果より、屋根コンクリートスラブの外面・内面の温度は測定期間中、高日射反射率塗料の塗装を行っていない機械室Bに比べて、塗装を行った機械室Aの温度が常に著しく低いことが確認された。一方、天井面の温度も機械室Aの方がBより低いことが確認された。ただし、温度差はスラブ外面、内面に比べれば小さい。

②塗装1年後（2007年夏季）および2年後（2008年夏季）

塗装1年後および2年後における屋根コンクリートスラブ外面・内面温度、天井面温度および外気温度の測定結果より、機械室Aと機械室Bの温度測定結果の傾向は、塗装直後と同じであることが分かった。

2) 1日内の温度変化と最大温度差

①塗装直後（2006年夏季）

測定期間中で最も外気温度の高かった2006年8月5日の屋根コンクリートスラブ外面・内面温度、天井面温度および外気温度の測定結果より、全ての測定部位において機械室Aは機械室Bより1日を通して温度が低いことを確認した。屋根コンクリートスラブ外面では、機械室Aと機械室Bの温度差が最も大きかった12時35分の時点で機械室Aは33.0℃、機械室Bは57.0℃であったことから、高日射反射率塗料の塗装によって24.0℃の温度低下が確認された。また、機械室Bでは1日を通して外気温度より高く、機械室Aでは昼間は外気温度とほぼ一致し、夜間は外気温度より低い傾向にある。これらのことから、高日射反射率塗料を塗装することによって周辺地域への温度負荷低減ができると考えられる。屋根コンクリートスラブ内面では、最高温度が屋根コンクリートスラブ外面より遅れて計測されていることから、コンクリートスラブの温度上昇は、外面側から徐々にコンクリートスラブ内面へ熱が伝わっていると考えられる。

また、屋根コンクリートスラブ内面においては、機械室Aと機械室Bの温度差が最も大きかった18時00分の時点で機械室Aは30.9℃、機械室Bは45.4℃であったことから、高日射反射率塗料の塗装によって14.5℃の温度低下が確認された。従って、高日射反射率塗料の塗装によって室内での温度負荷を低減できると言える。これらのことから、高日射反射率塗料を塗装することによって屋根コンクリートスラブにおける温度負荷を低減できると考えられる。天井面では、最高温度が屋根コンクリートス

ラブ外面より遅れて計測されているが、屋根コンクリートスラブ内面より早いことから、屋根コンクリートスラブ内面の温度のほか、出入り口の開け閉めや、外壁温度の影響を受けていると考えられる。また、機械室Aと機械室Bの温度差が最も大きかった11時50分の時点で機械室Aは30.5℃、機械室Bは34.0℃であったことから、高日射反射率塗料の塗装によって3.5℃の温度低下が確認された。これらのことから、高日射反射率塗料を塗装することによって、断熱材を用いた建築物においても室内における温度負荷を低減できると考えられる。

②塗装1年後（2007年夏季）および2年後（2008年夏季）

それぞれの測定期間中で最も外気温度の高かった2007年8月17日および2008年8月15日の屋根コンクリートスラブ外面・内面、天井面温度および外気温度の測定結果より全ての測定部位において、塗装直後と同様に、機械室Aは機械室Bより1日を通して温度が低いことを確認した。各測定部位における機械室Aと機械室Bの温度差が最も大きい時刻および温度差を、塗装直後（2006年夏季）を含めて（表-1）に示す。なお、各測定部位において、機械室AとBの温度差が大きくなる時刻には時差があり、最大温度差となる時刻が1点とは限らない。例えば、塗装1年後の屋根コンクリートスラブ内面の温度差は、17時55分から18時50分の間に3回計測されている。また、塗装2年後の天井面の最大温度差は朝と夕方に生じている。屋根コンクリートスラブ外面・内面の最大温度差は、塗装直後が最も大きく、次いで2年後が大きく、1年後が最も小さかった。天井面については、塗装直後が

最も大きく、次いで1年後が大きく、2年が最も小さかった（表-1）。

表-1 最高気温計測日における各測定部位の最大温度差

(°C)

	塗装直後 (2006年8月6日)				塗装1年後 (2007年8月17日)				塗装2年後 (2008年8月15日)			
	時刻	機械室		温度差	時刻	機械室		温度差	時刻	機械室		温度差
		A	B			A	B			A	B	
屋根コンクリート スラブ外面	12:35	33.0	57.0	24.0	13:25	44.2	60.2	16.0	12:35	41.3	60.2	18.9
屋根コンクリート スラブ内面	18:00	30.9	45.4	14.5	18:30	37.6	45.8	8.2	17:55	36.8	46.3	9.5
天井面	11:50	30.5	34.0	3.5	9:50	33.5	35.4	1.9	11:00	32.6	34.3	1.7

2.3 温度測定実験まとめ

東京都内ビル屋上に設置してある、ほぼ同一形状・寸法の鉄筋コンクリート造機械室2棟について、屋根面に高日射反射率塗料の塗装した棟と塗装していない棟の比較で、塗装2年後までの夏季における温度測定と温度低下の持続性の結果から得られたことを要約すると以下の通りである。

- ①高日射反射率塗料の塗装による屋根コンクリートスラブ外面・内面および天井面で温度低下が確認された。
- ②温度低下幅は部位によって異なり、屋根コンクリートスラブ外面・内面温度では大きく、天井面ではコンクリートスラブの温度変化に比べると小さいが温度低下が確認された。

3 総括

高日射反射率塗料については、温度上昇抑制に関わる測定結果より、一般塗料と比較して温度低減性能で優位性が確認できた。また、温度測定結果からも経年で持続的に温度上昇抑制が期待でき、ヒートアイランド現象の緩和、空調負荷低減の効果が持続的に得られることを確認した。

長屋実験棟における高日射反射率塗料の遮熱効果実験について

日本建築仕上材工業会
常任理事

田村 昌隆

はじめに

ここ数年ヒートアイランド現象による夏場の都心部の気温上昇が問題となっている。また塗料、仕上材業界においては、数年前から需要が拡大している高日射反射率塗料（いわゆる遮熱塗料）が夏季の省エネ対策として期待されている。高日射反射率塗料は太陽光の内熱に関与するといわれている近赤外線を塗膜表面で反射させる高機能性塗料である。

塗料、仕上材業界の動向としては、日本建築仕上材工業会では、遮熱塗料研究会にて、国立研究開発法人建築研究所とともに試験方法や評価方法の標準化を主目的とした研究を行っている。一般社団法人日本塗料工業会では技術委員会高反射率塗料普及WGにて各種検討を行っており、2010年7月製品規格であるJIS K 5675 屋根用高日射反射率塗料の制定を経て、2017年11月にJIS K 5603「塗膜の熱性能－熱流計測法による日射吸収率の求め方」の制定、これを使用した遮熱塗料（屋根用）自主管理登録（業界基準）を2018年10月1日より運用した。この業界基準に基づき遮熱塗料の遮熱性能を正當に評価し、その性能を分かりやすく表示することができる。また各省庁、東京都や大阪府を代表とする各自治体についても、さまざまな対策に取り組んでいるのが現状である。

本稿では、日本建築仕上材工業会遮熱塗料研究会にて実施した、高日射反射率塗料遮熱効果の検証実験について述べる。

1 遮熱効果の検証実験について

日本建築仕上材工業会遮熱塗料研究会では、高日射反射率塗料の効果を評価する手法として

考えられる日射反射率の測定をはじめ、ボックスを使用した方法、実大棟を用いた実験等の各種遮熱性能試験を行い、業界における高日射反射率塗料の普及活動に貢献してきた。その成果の一部である遮熱効果実験の成果の詳細について以下に示す。

2 赤外線サーモグラフィーによる表面温度比較

実際の戸建て住宅を想定した実験棟における測定を行った。一般財団法人ベタリービングつくば建築試験研究センター内に、建設された各部屋の仕様が同じである長屋実験棟のうち、2部屋分を使用して行った。

この実験棟について屋根表面温度を赤外線サーモグラフィーにて撮影した結果を図-2に示す。

その温度差異は大きく、太陽光の近赤外線反射効果が認められた。

3 戸建てを想定した長屋実験棟によるエアコン稼働実験

長屋実験棟の屋根部に、一般塗料と高日射反射率塗料を部屋単位で塗り分け施工を行い、1年間の屋根および室内各部位における温度推移の測定、およびエアコンを稼働させた夏期、冬期における電力量の比較調査を行った。夏期の空調機稼働実験については室内温度を28℃に設定し2008年8月5日～8月19日の2週間、冬期については室内温度を18℃に設定し2009年2月10日～2月24日の2週間昼夜稼働させを行った。夏期の電力量の推移を図-3、冬の電力量の推移を図-4に示す。この結果より、夏期における積算消費電力量の消費値については、高日射反射率塗料を施工した部屋の方が低く推移しており、2週間後の値は一般塗料を施工した部

屋と比較して、高日射反射率塗料を施工した部屋では冷房電力量で7%の削減となった。一方、冬期における積算消費電力量の消費値については、一般塗料および高日射反射率塗料を施工した部屋の差異は見られない結果となった。

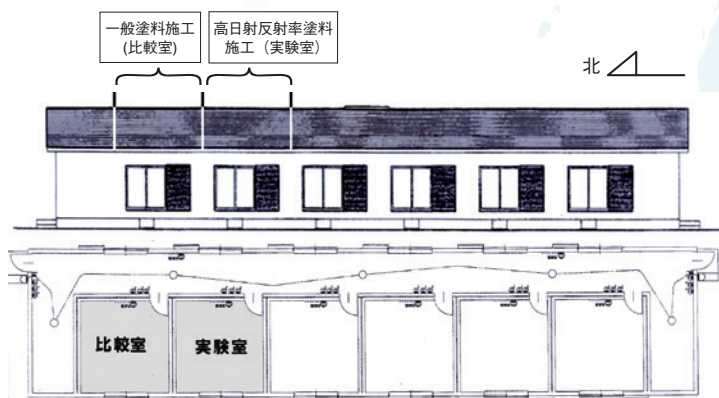
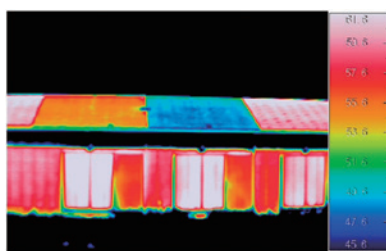


図-1 一般財団法人ベターリビング 長屋実験棟 概略図



実験棟 実写真



左写真の赤外線サーモグラフィー画像

図-2 屋根部 赤外線サーモグラフィー撮影結果

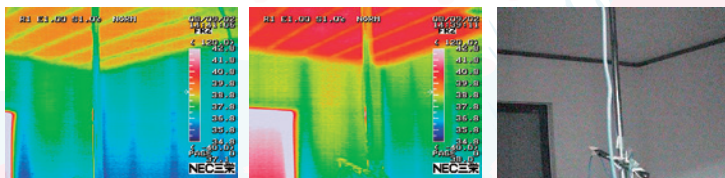


写真-1 長屋棟室内サーモグラフ結果 左：高反射反射率塗料 中：一般塗料 右：実写真

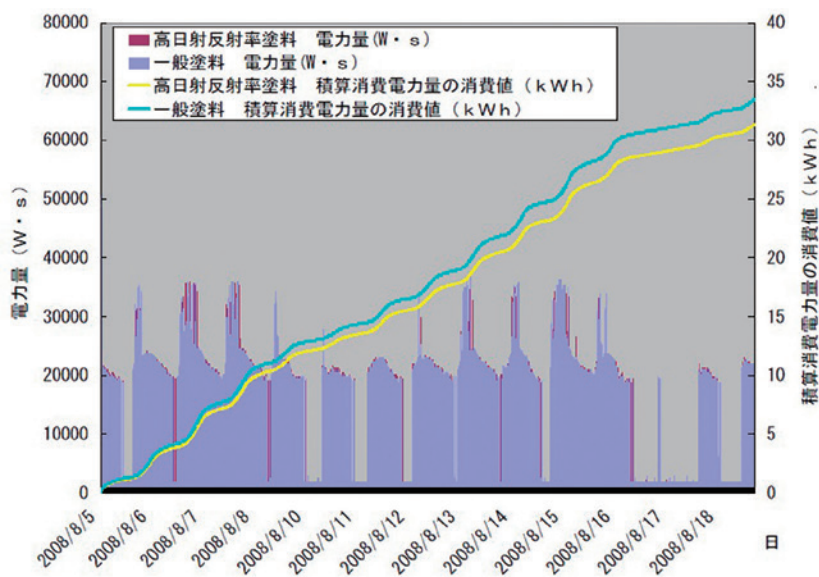


図-3 長屋実験棟高日射反射率塗料効果実験 夏期空調稼働時電力量（2008年8月5日～19日）

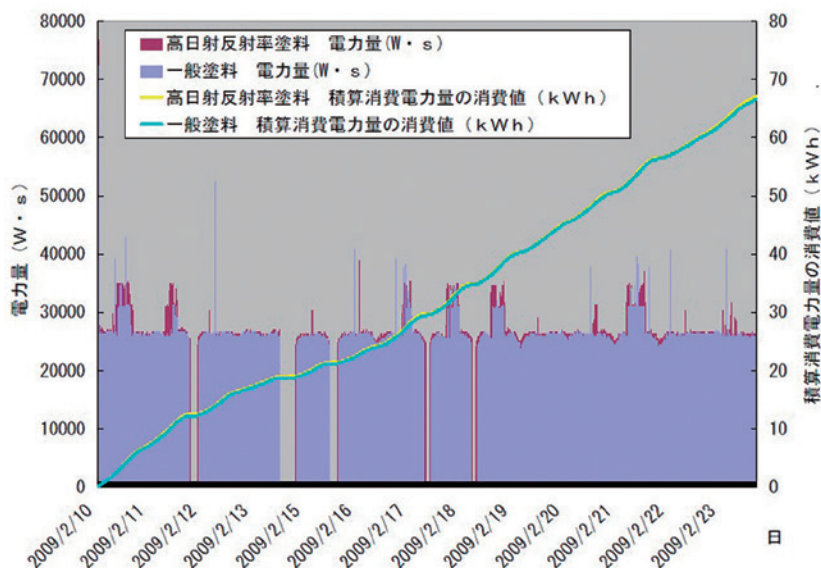


図-4 長屋実験棟高日射反射率塗料効果実験 冬期空調稼働時電力量（2009年2月10日～24日）

おわりに

本節で紹介した結果として、遮熱効果実験では、夏期における積算消費電力量の消費値については、高日射反射率塗料を施工した部屋の方が低く推移しており、2週間後の値は一般塗料を施工した部屋と比較して、高日射反射率塗料を施工した部屋では冷房電力量で7%の削減となった。一方懸念される冬期における積算消費電力量の消費値については、一般塗料および高日射反射率塗料を施工した部屋の差異は見られない結果となり、この実験棟では通年を通して効果が確認できた。

また、遮熱塗料研究会では、促進耐候性試験および屋外暴露試験を実施している。とくに屋外暴露試験に関しては、10年後の結果では、多くの試験体で光沢度の低下、色差の上昇が認められたものの、遮熱性能に係わる日射反射率については、おおむね初期値を保っており、いずれの試験体もJIS K 5675に規定する日射反射率保持率80%を10年後も保持していることが確認されている（写真-2）。

地球温暖化問題がより深刻になっていくとともに、現在、各自治体において、屋上緑化や高日射反射率塗料での建築物の被覆施工による対策がより一層進んでいくものと思われる。高日射反射率塗料をはじめとする遮熱塗料は、適材適所で使用することを注意することにより屋上緑化や断熱材施工と比較すると施工性が良く遮熱効果も得られるため、今後とも注目されるであろう。



写真-2 国立研究開発法人建築研究所（つくば）での屋外暴露試験状況

参考文献

- 1) 田村昌隆、本橋健司、岡部実、齋藤宏昭、林昭人、三浦正継、逢坂太志：2115 高日射反射率塗料の性能に関する研究 その6 戸建て住宅を想定した長屋実験棟を用いた空調機稼働実験、日本建築工学会2010年度 大会学術講演会 研究発表論文集、pp.63-66,2010.10