

# 建造物における温度上昇抑制技術 「高日射反射率塗料」

Decreasing Temperature of Building by  
Painting High Solar Reflectant Paint

塗料事業部門 建築・構造物塗料事業部  
建築塗料テクニカルサポートグループ  
Coating Business Division,  
Protective & Decorative Coatings Department,  
Decorative Coatings Technical Support Group



櫻田 将至  
Masashi SAKURADA

## 1. はじめに

塗料の目的には大きく分けて3つあり、被塗物の保護、美観の提供に加えて、塗膜に機能を付与することである。古来において美観の提供に加えて機能を付与した例としては、木造船の撥水材料として用いた記録があるが、この時代には、展色剤（樹脂）と顔料を練った単純な塗料が用いられていた。現在でも用いられている油を主成分とする塗料の基礎ができたのは14、15世紀だと言われている。さらに、産業の発展と共に合成樹脂（エポキシ、アクリル、ウレタン、シリコン、ふっ素樹脂など）が開発され、塗料の耐久性・耐候性が飛躍的に進歩したこともあり、塗料の担う機能も光学的機能、化学的機能、物理的機能など多岐にわたるようになった。

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<sup>1)</sup>。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。また、蓄熱した建築物は室内への熱流入によって室内温度が高くなることから、冷房など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、冷房など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繋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様々な技術が適用され、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<sup>2)</sup>。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、可視光線領域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を行った<sup>3~4)</sup>。しかし、一般的な白色の塗料でも比較的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無い目立った普及には繋がらなかった。その後、2000年代に入るとカラーバリエーションの要望が増え、塗膜に色付けするために可視光領域の反射性を一部犠牲にして、色相に関係しない近赤外線領域で反射性を高めた開発を進め現在に至る<sup>5)</sup>。なお、建造物内部への熱を伝えにくくする断熱性、熱を放射する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認していった。

本報では、建造物の温度上昇抑制の機構とその評価結果について解説する。

## 2. 温度上昇抑制に関する性能

太陽光と黒体の放射エネルギー分布を図1に示す。

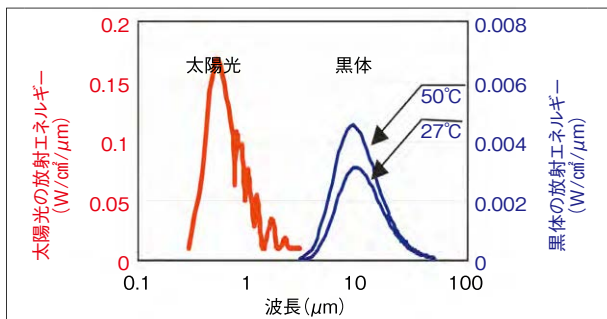


図1 太陽光および黒体の分光放射エネルギー分布

太陽光は0.5 $\mu\text{m}$ 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 $^{\circ}\text{C}$ から50 $^{\circ}\text{C}$ 程度の黒体は10 $\mu\text{m}$ 近傍の波長をピークとする放射エネルギー分布を持つ

ている。

したがって、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、10 $\mu\text{m}$ 近傍の波長では放射性の高い塗膜にすることにより、建造物の温度上昇を抑制できる塗膜を形成できると考えられる。また、断熱性は、一般的に熱抵抗値の高い材料を用いることが重要となり、熱抵抗値が「素材の厚さ/素材の熱伝導率」で表される。断熱性の良い塗料にするには熱伝導率が低く、塗膜を厚く塗装することができるように設計する必要がある。

高日射反射率塗料では、上塗り層には可視光線および近赤外線を反射する性能や熱の放射性などの性能を付与し、中塗り層には、塗膜の熱伝導率を低くし、膜厚を厚くできる塗料設計にすることで、一般的な塗膜より反射性、放射性、断熱性に優れた塗装仕様にする事ができる。

それぞれの性能に関する評価方法および結果を示す。

### 2.1 反射性

反射性の評価手法としては分光反射率測定があり、塗膜の反射性を知るためには有用な手段である。しかし、複数の塗膜を比較し、反射性を把握するには必ずしも使いやすい指標とはいえない。そこで、一般的には塗膜の分光反射率に対して日射の分光エネルギーの重み付けをした値である日射反射率を用いて反射性を評価している。2008年に「JIS K 5602:2008塗膜の日射反射率の求め方」が制定されたが、これは建築窓ガラス用フィルムのJIS規格(日射反射率算出方法を定める内容)などを参考にして作られたものである。当社においては、1998年の開発当初より、建築窓ガラス用フィルムのJIS規格を用いて評価を行い、分光反射率の測定において重要となる標準板についてはPTFE(ポリテトラフルオロエチレン)を導入している。PTFEは、一般的な標準板である硫酸バリウムよりも近赤外線領域での経時変化が少なく、高日射反射率塗料の評価に優れている。このことは、JIS制定化のなかでデータ公開し、JIS K 5602:2008のなかにも標準板としてPTFEを使用することが明記されている。

高日射反射率塗料および一般塗料の分光反射率を

測定し、日射反射率を算出した結果を表1に示す。全ての色において、高日射反射率塗料は日射反射性の高い顔料を用いていることから、一般塗料と比べて日射反射率が高いことが確認された。

表1 日射反射率一覧

白色		青色系濃彩色	
高日射反射率塗料	一般塗料	高日射反射率塗料	一般塗料
90.1%	82.9%	43.6%	12.7%
赤さび色系濃彩色		緑色系濃彩色	
高日射反射率塗料	一般塗料	高日射反射率塗料	一般塗料
50.1%	14.2%	40.7%	9.4%
黄褐色系濃彩色		黒色	
高日射反射率塗料	一般塗料	高日射反射率塗料	一般塗料
54.7%	19.9%	36.2%	1.9%

## 2.2 放射性

波長10 $\mu$ m近傍の放射率は、高日射反射率塗料と白色亜鉛鉄板のいずれもが約90%であるのに対して、一般的な屋根用塗料は約50%であり、高日射反射率塗料が、一般的な屋根用塗料と比較し放射性に優れていることが確認されている。

## 2.3 断熱性

鉄面(厚さ=5mm)に高日射反射率塗料を塗装し、塗装膜厚を変えた時の熱抵抗値を表2に示す。この結果から、高日射反射率塗料(中塗り)の塗装によって、熱抵抗値を高くすることができることが確認された。ただし、現地塗装での膜厚は、塗装作業性や仕上がりを考慮すると0.1mm程度が理想的であり、このことから塗料で熱抵抗値を高くすることには限界があると考えられる。

表2 塗装仕様別の熱抵抗値

	鉄		下塗り		中塗り		上塗り		熱抵抗値 ( $m^2 \cdot K/W$ )
	熱伝導率 ( $W/m \cdot K$ )	厚さ (mm)	熱伝導率 ( $W/m \cdot K$ )	厚さ (mm)	熱伝導率 ( $W/m \cdot K$ )	厚さ (mm)	熱伝導率 ( $W/m \cdot K$ )	厚さ (mm)	
無塗装	80.2	5.00	—	—	—	—	—	—	$6.2 \times 10^{-5}$
塗装仕様①	80.2	5.00	0.43	0.05	0.18	0.10	0.27	0.06	$9.6 \times 10^{-4}$
塗装仕様②	80.2	5.00	0.43	0.05	0.18	0.20	0.27	0.06	$1.5 \times 10^{-3}$

## 3. 温度測定実験

一般的に、高日射反射率塗料の性能評価は、太陽光の下に塗料を塗装した試験体を設置し、試験体の表面や裏面などの温度を測定することで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を把握するためには、実際の建築物に塗装を行い検証する必要がある。塗装後の塗膜は、汚染などの影響を受け日射反射率が低下し、温度低下の幅も塗装直後より低下することが懸念される。そのため、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。また、高日射反射率塗料は夏季の温度低下が目されがちだが、屋根面からの熱流入量減少は空調負荷の増加に繋がることも考えられるため、冬季の温度低下を把握したうえで塗装することは重要である。

これらの実験結果は2012年にDNTコーティング技報で報告しており、今回は、実験で得られた結果の要約のみ報告する。

### 3.1 温度測定実験のまとめ

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、塗装4ヶ月後の冬季における温度測定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夏季および冬季共に、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り変化し、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。天井面の場合、冬季における温度低下は日中および日没後の数時間に限られる。

③塗装後2年を経ても高日射反射率塗料の塗布による温度低下が確認された。時間経過に伴う温度低下の変化や、塗膜の色彩測定値と温度低下との関係については、明確な傾向は認められなかった。

④暖房に要するエネルギーよりも冷房に要するエネルギーの方が大きいことを考慮すると、高日射反射率塗料の塗装はエネルギー消費量の削減に繋がるものと考えられる。

#### 4. 塗装実績

開発開始から1年後の1999年には電力会社配電盤において採用され、配電盤内部への温度負荷低減に効果的であることが確認された。2000年にはアスファルト舗装路面への適用、DIY、病院や製菓工場への適用など、様々な分野への適用に加えて、幅広い素地適性、沖縄から北海道まで様々な地域での採用がある。最近では、冷凍倉庫や地球シミュレータ(海洋研究開発機構)格納建屋への塗装も行っており、著名な物件での塗装実績も増えてきている。

#### 5. 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性能毎の結果より、一般塗料と比較しても塗膜物性面での優位性が確認できた。また、温度測定結果から温度低下の持続性も期待できる。今後は、光反射性に加え、熱放射性、断熱性に関する研究、開発および市場展開を行い、建築物におけるエネルギー負荷低減を可能とする塗料開発を続けて行く。

#### 【用語に関する説明】

当社においては開発当初より反射性、放射性、断熱性を付与した塗料として遮熱塗料といった名称を用いてきた。一方、高日射反射率塗料は、最近、グリーン購入法、JIS名称などに使用されている用語であることから本報においては高日射反射率塗料を用いる。

#### 参考文献

- 1) 気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 第4次評価報告書統合報告書(2007)
- 2) 光本和宏:高反射率塗料・保水性建材のヒートアイランド現象緩和効果調査.,月刊リフォーム, Vol.21, No.9, p.19-23(2004)
- 3) 二階堂稔,寺内 伸,水野民雄他:光の高反射・熱の高放射塗料の研究.,日本建築学会梗概集 A-1.,p339-340, 1998年
- 4) 二階堂稔,寺内 伸,水野民雄他,光の高反射・熱の高放射塗料の開発.,日本建築学会梗概集A-1, p.625-626, 1999年
- 5) 櫻田将至,遮熱塗料の開発と応用.,日本太陽エネルギー学会, Vol.32, No.3, p.30-33(2006)