

太陽熱高反射率塗料「サンバリア®」の開発

奥田 章子 堀 長生

Development of Solar Heat Reflective Paint “Sun-Barrier”

Akiko Okuda Nagao Hori

Abstract

Solar-heat reflective paint is a type of paint that decreases the surface temperature of the painted material. This property can be attributed to a special pigment that has the ability to reflect infrared light the source of solar heat. Painting solar-heat reflective paint to surface of roofs and walls will help reduce their surface temperatures in summer thus mitigating urban heat islands and saving energy. In addition, a decrease in indoor temperatures will decrease cooling load, thus saving energy. We have developed a paint that 1) is highly durable 2) has low contamination 3) is chrome free and 4) reflects solar heat. We call the paint “Sun-Barrier.” An indoor test confirmed the high performance of “Sun-Barrier,” and we verified its effectiveness in saving energy by using it to paint the rooftop of a building.

概要

太陽熱高反射率塗料（以下、高反射率塗料）とは、塗料の中に赤外線を選択的に反射する特殊な高反射率顔料を添加し、被塗装物の温度上昇を抑制する機能性塗料である。高反射率塗料は、屋根材や壁材表面に塗装すると、特に夏場における表面温度上昇を抑制するため、ヒートアイランド対策となる。また、被塗装物の劣化防止にも寄与する。さらに、建物の仕様によって、室内の温度を低下する効果があるため、夏場の冷房負荷軽減による省エネルギー効果も発揮される。筆者らは、クロムを含まない環境に優しい特殊無機系高反射率顔料を用いて、高耐候性低汚染型フッ素樹脂系太陽熱高反射率塗料「サンバリア」を開発した。高耐候性で、低汚染性のため、長期間高反射率性を発揮する。室内試験で、高反射率塗料「サンバリア」の優れた高反射率性、耐候性、低汚染性を確認するとともに、実建物に塗装して省エネルギー効果を検証した。

1. はじめに

近年、主に生産施設の屋根において、太陽熱高反射率塗料（以下、高反射率塗料）の採用が増加している。高反射率塗料とは、塗料中に、近赤外線を選択的に反射する特殊無機顔料を添加し、被塗装物の表面の温度上昇を抑制する機能性塗料である。

高反射率塗料を屋根表面に塗装すると、特に夏場の屋根の表面温度上昇を抑制するため、ヒートアイランド対策となる。また、温度上昇が抑制されることによって熱伸縮が緩和されるため、屋根材の劣化防止にも寄与する。さらに、建物の仕様によって、室内の温度上昇を抑制するため、特に夏場の冷房負荷が軽減され、省エネルギーに寄与する。『2020年までに温室効果ガス25%削減』が国家政策にも謳われていることから、高反射率塗料の塗装工事に対し、国や自治体で補助金制度が制定されるなど、今後も生産施設に限らず、様々な建築物への適用が増加すると予想される。

筆者らは、クロムを含まない高性能な高反射率顔料を選定し、これを用いて、低汚染性の高耐候性フッ素樹脂系太陽熱高反射率塗料「サンバリア」を開発した。室内試験による各種塗膜性能評価試験によって、優れた熱反射性、低汚染性、耐候性を確認するとともに、実建物に塗装して、実際の建物における塗膜性能および省エネ

効果を確認した。また、技術研究所に新設したオープンラボの金属折板屋根に実適用した例を併せて報告する。

2. 高反射率塗料「サンバリア」の開発

2.1 開発目標と「サンバリア」の構成

従来の高反射率塗料は、耐候性に劣る、汚れやすいという問題があった。特に白色系の場合、汚れると塗膜が黒ずみ、著しく熱反射性能が低下するため、効果が長期間持続しなかった。また、ヨーロッパ等で建材関係でも既に規制され始めているクロム系の高反射率顔料が採用されているケースが多かった。そこで、筆者らは、新しい太陽熱高反射率塗料とすべく、次の4点を開発目標とした。

- 1) フッ素樹脂系塗料をベースとし、高耐候性塗料とする。これにより、塗替え間隔が長期化し、LCC（ライフサイクルコスト）の削減が達成される。
- 2) 低汚染タイプとする。これにより、経年的な塗膜表面の汚れによって日射反射率が低下することを防ぎ、長期間、高性能な反射性能を発揮させる。
- 3) クロムを含まないノンクロム系の顔料を選定して適用し、環境に配慮した『地球に優しい塗料』とする。

4) 白色のみならず、調色の自由度を高めた高反射率塗料とする。特に日本で屋根に採用の多い濃色系も選定可能とする。

前述の開発目標を克服すべく、高反射率塗料「サンバリア」は、Fig. 1の構成とした。ベースを高耐候性ふっ素樹脂系塗料とし、クロムを含まないノンクロム系の高反射率顔料を選定して配合し、塗膜表面の親水化技術によって低汚染性として、熱反射性能を長期間発揮させることを実現した。

2.2 高反射率塗料「サンバリア」の性能

2.2.1 試験体 「サンバリア」の性能確認のために準備した比較用の試験体の種類をTable 1に示す。「サンバリア」の黒と白は、クロムを含まない高反射率顔料を用いており、クロム系の高反射率顔料を用いた黒の高反射率塗料を比較対象とした。また、一般塗料黒、市販の黒の特殊熱遮断塗料を加え、試験体は全5種類とした。市販比較品も含め、いずれも高耐候性溶剤型ふっ素樹脂をベースとしている。市販比較品（あらかじめ低汚染化処理されたタイプ）以外については、低汚染化の効果を評価する目的で、親水化による低汚染化処理無しと有りの2タイプを製作した。なお、低汚染化処理は、シリカ系親水化剤を塗料に添加して、それらが塗膜の硬化とともに塗膜表面へ配向して、塗膜表面を親水化する手法とした。

試験体は、防錆処理したアルミ板（120×240×0.5mm）に、下塗りとして変成エポキシ樹脂塗料（グレー）を塗布し、中塗りとして白色ふっ素樹脂塗料（艶消し）を塗布し、上塗りとしてTable 1に示す各塗料を塗り重ね後、

常温で1週間養生して作製した。

2.2.2 試験内容と試験方法 性能評価項目は、熱反射性、防汚性、耐候性とした。

防汚性試験については、(財)土木研究センター法(防汚材料評価促進試験方法I)に準じた促進汚れ試験によって、各試験体の防汚性を評価した。試験手順は次のとおりである。なお、親水化程度を評価する目的で、防汚性試験前に、協和界面科学製の全自動接触角計「TX-1」で各試験体の水接触角を測定した。

- 0.5wt%カーボンブラック懸濁液を汚れ物質とし、試験体表面へ200g/m²吹き付け、60℃の恒温槽で1時間焼き付け乾燥する。
- 室温まで冷却し、水道水流水下で、ガーゼを用いて試験体表面の汚れ物質を軽く洗い落とす。この時、縦、横、縦の順で、ガーゼで汚れ物質を拭き取る。
- 室温で3時間乾燥後、各試験体について測色し、明度差ΔLおよび色差ΔEを算出して防汚性を評価する。

また、防汚性試験前と試験後に、赤外線ランプ法による熱反射性能試験および分光反射特性試験を実施し、汚れによる影響を評価した。

熱反射性能は、Photo 1に示す試験装置を用いて、試験体表面に赤外線ランプを10分間照射し、最高表面温度を求めることによって、簡易的に熱反射性能を評価した。試験は23℃50%の恒温恒湿槽内で実施した。

分光反射性能は、ANARYTICAL SPECTRAL DEVICES, INC製分光反射率計「Field Spec PRO JR」を用いて、各試験体について波長350~2500nmにおける反射率を測定して評価した。白色の硫酸バリウム結晶反射板による反射率を100%（基準値）として、ハロゲンランプによる反射率を測定した。ハロゲンランプによる反射率の測定面積は約φ20mmである。

耐候性試験は、スガ試験機株式会社「サンシャインウェザーメーター」による促進耐候性試験（以下、SWOM促進耐候性試験）を「JIS K 5400 塗料一般試験方法」に準じて4,000時間まで実施した。試験前、試験開始後1,000時間毎に各試験体について測色および60度鏡面光沢度の測定を実施し、色差ΔE、光沢保持率を算出して耐候性を評価した。また、促進耐候性試験前と試験後において、上述した熱反射性能および分光反射特性を評価し、それ

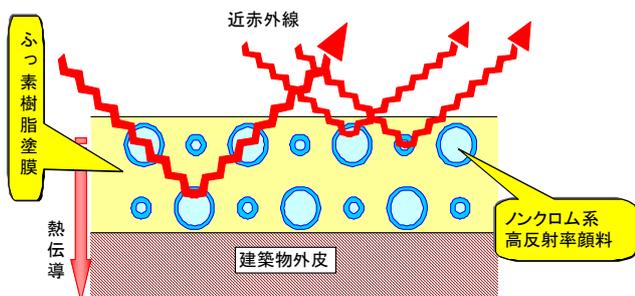


Fig. 1 「サンバリア」の構成
Composition of "Sun-Barrier"

Table 1 試験体の種類

List of Samples

試験体の種類	低汚染化処理	記号	①防汚性試験前 ②防汚性試験後	
			①防汚性試験前	②防汚性試験後
高反射率塗料「サンバリア」黒；ノンクロム系開発品	無し	サンバリア	a①	a②
	有り	黒	A①	A②
高反射率塗料黒；クロム系比較品	無し	比較品黒	b①	b②
	有り		B①	B②
一般塗料黒	無し	一般塗料黒	c①	c②
	有り		C①	C②
市販比較品黒；熱遮断型	(有り)	市販品黒	D①	D②
	無し	サンバリア白	e①	e②
有り	E①		E②	



Photo 1 熱反射性能試験
Test of Thermal Reflectance

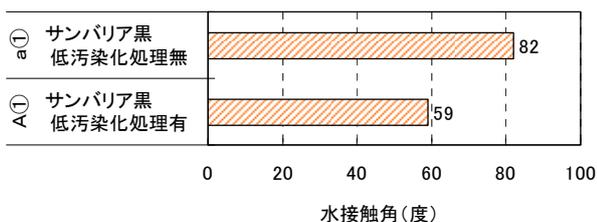


Fig. 2 室内養生14日後の水接触角測定結果
Contact Angle after 14 days indoor curing

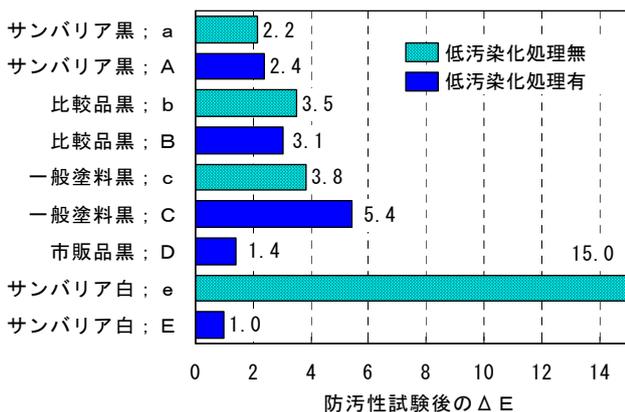


Fig. 3 防汚性試験後の色差ΔE
Color Difference after Antifouling Test

らの性能の持続性を評価した。

2.2.3 試験結果と考察 「サンバリア」黒の低汚染化処理有りA①および無しa①の試験体について、塗装後室内養生14日後に水接触角を測定した結果をFig. 2に示す。塗膜の低汚染化技術としては、塗膜表面を親水化処理する手法が代表的である。塗膜表面が親水性であると、降雨時に雨水が塗膜表面を濡れ広がり、汚れを洗い流すというセルフクリーニング効果が発揮されるため、汚れにくくなる。親水性の程度は、水接触角の値を評価することで可能であり、水接触角が小さい程、親水性に優れている表面と評価できる。Fig. 2より、a①低汚染化処理無しの場合、水接触角は82度と高い値を示しているが、A①低汚染化処理有りの場合、59度と水接触角が低下しており、低汚染化処理の効果が明確にわかる。通常、親水化処理を施したふっ素樹脂塗膜は、屋外で降雨に当たることによって1ヵ月程度かけて水接触角が低下していくが、「サンバリア」は、室内養生14日後の測定結果で既に60度を下回った。一般的な低汚染化ふっ素樹脂塗料と比較して、「サンバリア」の親水化の進行が比較的早いと言える。なお、屋外暴露によって、「サンバリア」の水接触角が最終的に40度以下に低下することを確認している。

次に、防汚性試験後の各試験体の色差ΔEをFig. 3に示す。濃色系の試験体については明確な傾向がつかめなかったが、「サンバリア」白については、低汚染化処理有りの方が無しの場合と比較して、ΔEの値が小さく、

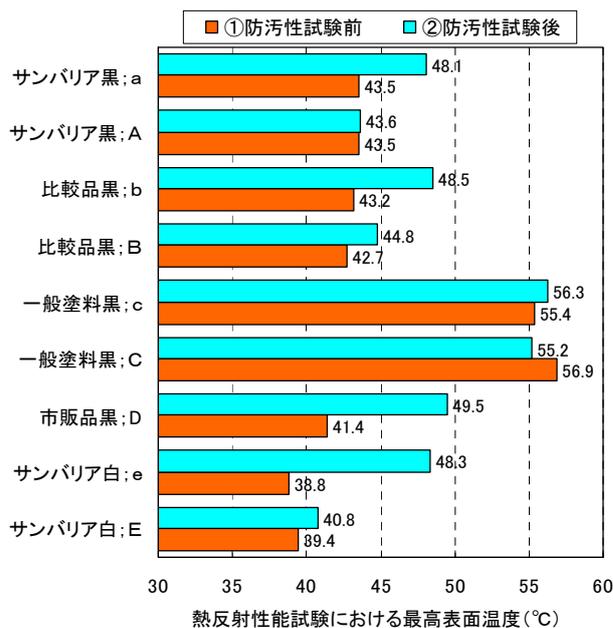


Fig. 4 防汚性試験前後の熱反射性能
Thermal Reflectance before and after Antifouling Test

低汚染化処理による防汚性が向上したことが確認できた。特に、「サンバリア」白については、低汚染化処理の有無の効果が明確に現れており、e低汚染化処理無しの「サンバリア」白が試験体の中で最も大きいΔEの値を示し、E低汚染化処理有りの「サンバリア」白が最も小さい値を示した。

防汚性試験前後の熱反射性能試験における各試験体の最高表面温度の測定結果をFig. 4に示す。これより、高反射率塗料であるA「サンバリア」黒は、C一般塗料黒と比較して防汚試験の実施の有無に関係なく14℃程度の温度上昇抑制効果が認められた。また、A「サンバリア」黒は、クロム系高反射率顔料を用いたB比較品黒と同等の熱反射性能を発揮している。

D市販品黒は、A「サンバリア」黒よりも防汚性試験前において2℃程度最高表面温度が低い。低汚染タイプで、防汚性試験後の色差ΔEの値も1.4と小さかったが、防汚性試験後の熱反射性能が著しく低下し、約8℃最高表面温度が上昇した。防汚性試験後で比較すると、A「サンバリア」黒よりも最高表面温度が約6℃高い。同様に、低汚染化処理をしていないa「サンバリア」黒、e「サンバリア」白についても、防汚性試験後の熱反射性能が大きく低下している。

これらと比較して、低汚染化処理有りの場合、C一般塗料黒を除いて、いずれの試験体も低汚染化の効果が明確に認められた。特に、A「サンバリア」黒は、防汚性試験後も試験前と同等の最高表面温度を示しており、熱反射性能の低下はほとんど認められなかった。

以上の結果から、「サンバリア」は、低汚染化処理による塗膜表面の親水化によって汚れにくくなり、熱反射性能が低下しにくくなることを確認した。

次に、A「サンバリア」黒、B比較品黒およびC一般塗料黒のSWOM促進耐候性試験後の色差 ΔE と光沢保持率をそれぞれFig. 5およびFig. 6に示す。A「サンバリア」黒は、クロム系顔料を用いたB比較品黒よりもSWOM促進耐候性試験を4,000時間実施後の色差 ΔE が小さく、C一般塗料黒と同等の耐候性を示している。また、光沢保持率についても、クロム系顔料を用いたB比較品黒と同等で、かつ85%以上を維持している。一般的にふっ素樹脂塗料のような高耐候性塗料において、光沢保持率が80%を下回ると、美観を含めた塗膜性能が劣化したと判断するが、SWOM促進耐候性試験の結果、「サンバリア」の優れた耐候性が確認できた。

Fig. 7は、促進耐候性試験前後の日射反射率を示す。黒および白の「サンバリア」とも、促進耐候性試験前後で日射反射率の低下は認められず、熱反射性能が長期間継続して発揮されると推定される。

3. 高反射率塗料の実施工における性能検証

3.1 高反射率塗料の施工の概要

国交省国土技術総合政策研究所と共同で、高反射率塗料の塗装によるヒートアイランド対策効果および省エネルギー効果について、人が居住している集合住宅において検証を行った。高反射率塗料を施工した建物は、築36年経過した大阪市内の鉄筋コンクリート造の集合住宅で、南棟8階建て、西棟7階建てで、両棟一体構造となっている。7階および8階の屋上は、コンクリート下地にウレタンゴム系塗膜防水材による改修履歴があった。改修後の経過年数は明確ではないが、ウレタンゴム系塗膜防水材に施工されたアクリルウレタン樹脂系保護塗料が既に劣化していた。そこで、既存のウレタンゴム系塗膜防水層表面を高圧水洗浄し、劣化した塗膜を除去後、Table 2に示す塗装仕様で、2008年6月に高反射率塗料「サンバリア」を施工した。施工前と施工後の様子をPhoto 2に示す。塗装色は、集合住宅の住民が決定し、7階はグレー(N7)、



Photo 2 塗装前と塗装後の様子
Rooftop before and after Painting "Sun-Barrier"

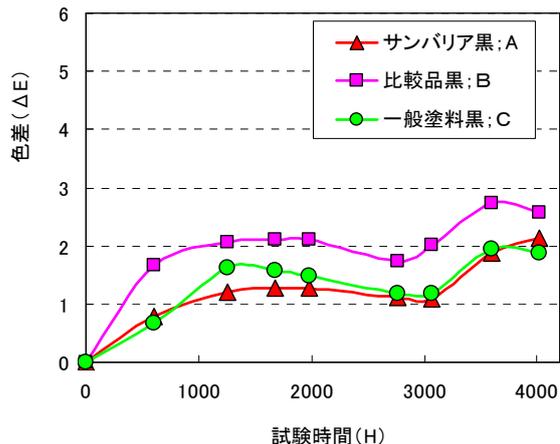


Fig. 5 促進耐候性試験後の色差 ΔE
Color Difference after Accelerated Weathering Test

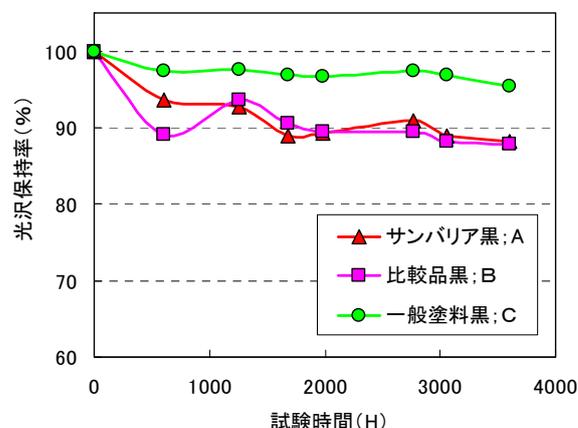


Fig. 6 促進耐候性試験後の光沢保持率
Gloss Retention Ratio after Accelerated Weathering Test

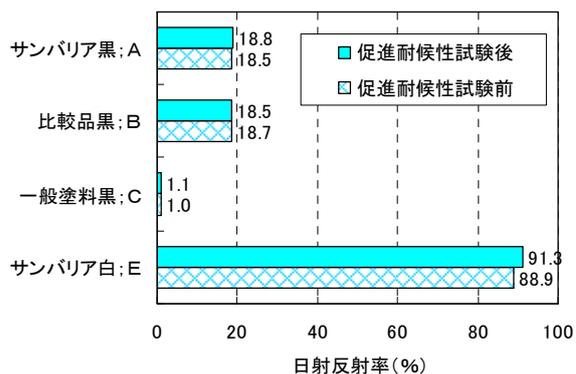


Fig. 7 促進耐候性試験前後の日射反射率
Solar Reflectance before and after Accelerated Weathering Test

Table 2 塗装仕様
Specification of Paint

工程	塗料	7階	8階
プライマー	エポキシ樹脂系プライマー	透明	
中塗り	ふっ素樹脂塗料用中塗り	白	
上塗り(1)	高反射率塗料「サンバリア」	グレー	白
上塗り(2)	低汚染型ふっ素樹脂系クリアー	透明	

8階は白色 (N9) とした。7階屋上については8階住戸から表面が見えるため、眩しさを考慮して、グレーが選択された。

3.2 性能検証方法

塗膜性能と温度上昇抑制効果および省エネルギー効果について、塗装前1年間、および塗装後2年間の検証を行った。

塗膜性能については、耐久性、防汚性、熱反射特性を評価する目的で、明度、光沢度、日射反射率を測定した。分光反射特性は、ANARITICAL SPECTRAL DEVICES, INC製「Field Spec PRO JR」を用いて現地で測定した。測定点は、7階で2箇所、8階で6箇所を定め、高反射率塗料施工前、施工直後、施工2ヶ月後、6ヵ月後、9ヵ月後、1年後、2年後に測定した。

温度上昇抑制効果については、集合住宅の7階および8階の屋上の塗膜表面温度、屋根裏(天井裏)の空間温度、屋上直下の住戸内の室温を、デジタル温度記録計(商品名;サーモクロンGタイプ)を用いて連続計測した。室温は、床面から高さ2mとし、カーテンボックスの前面側の温度とした。また、赤外線カメラ(サーモトレーサ TH9100 MV)で7階および8階屋上表面の熱画像を撮影した。なお、温度計測は、高反射率塗料の施工前(2007年8月~9月, 2007年12月~2008年1月)および施工後(2008年8月, 2009年8月~9月, 2008年12月~2009年1月, 2009年12月~2010年1月)において実施した。

省エネルギー効果については、高反射率塗料施工前および施工後の温度計測の実施と同時に、7階および8階屋上直下の住戸において、省エネナビ(TS4)を用いて消費電力量を計測して比較した。

3.3 検証結果と考察

3.3.1 塗膜性能 塗膜表面の明度L値は、塗膜表面が汚れると黒っぽくなるため汚れるにしたがって小さい値となる。そのため、汚れの程度を明度の変化量、即ち明度差 ΔL によって評価できる。施工直後の明度L値を基準値とした高反射率塗膜の明度差 ΔL の経時変化をFig. 8に示す。塗装後2年経過した時点で、明度差 ΔL は7階が+1.7, 8階が+1.4で、その値は+(正)の小さな値を示している。つまり、塗装直後から明度L値に大きな変化が認められず、経年的に汚れた場合、-(負)の値が大きくなるはずであるが、そのような状況も認められない。目視観察によっても、高反射率塗膜に目立った汚れは認められず、実際の建物においても低汚染性が発揮されたことが確認された。また、図示しないが、1年経過した時点で光沢保持率は7階で93%, 8階で96%であった。一般的にふっ素樹脂塗料のような高耐候性塗料においては、光沢保持率が80%を下回ると、美観を含めた塗膜性能が劣化したと判断するが、高反射率塗膜は劣化していないことが確認された。

次に分光反射率の測定結果から「JIS R 3106板ガラス

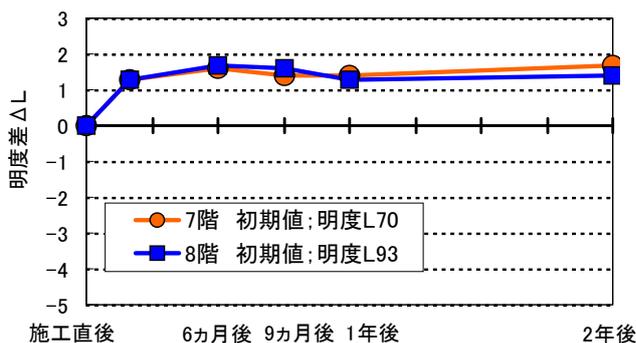


Fig. 8 施工直後の明度に対する明度差 ΔL の経時変化
Time-course of Difference of Lightness from that immediately after Painting

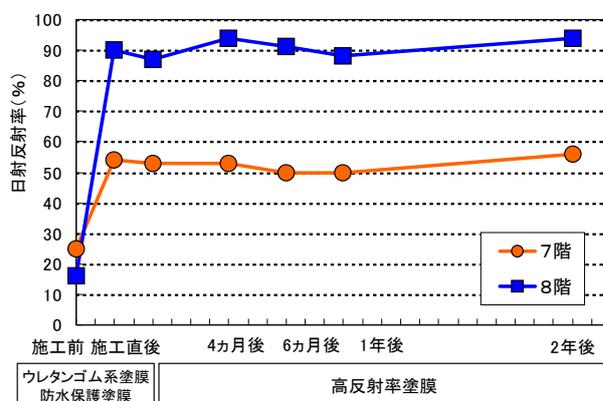


Fig. 9 日射反射率の経時変化
Time-course of Solar Reflectance

類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法」に準じて日射反射率を算出し、その経時変化をFig. 9に示す。これより、高反射率塗料施工前のウレタンゴム系塗膜防水保護塗膜の日射反射率は、8階で16%, 7階で25%と低いが、高反射率塗料を施工することによって、グレーの7階で55%, 白の8階で90%と著しく向上したことがわかる。また、一般的な高反射率塗料では、汚れ易いため、施工後早い時期に明度L値が低下し、それに伴って日射反射率が著しく低下するが、「サンバリア」は施工後2年経過しても、明度および日射反射率ともに、ほとんど低下しておらず、塗装直後の性能を維持していることが確認された。日射反射率の低下が小さいことから、今後も熱反射性能が継続的に発揮されると考えられる。

3.3.2 温度上昇抑制効果 7階および8階の屋上の高反射率塗膜表面を赤外線サーモグラフィを用いて8月の晴天日14:00に撮影した熱画像をPhoto 3に示す。これより、7階(グレー; N7)では高反射率塗料未施工の部分が54.2°Cの時、高反射率塗膜面が43.8°Cで、10.4°Cの温度低下が認められた。また、未施工部分の温度は7階も8階もほぼ同じと考えると、8階(白色; N9)の高反射率塗膜面が32.5°Cであったことから、21.7°Cの温度低下が認められた。7階と8階とを比較すると、8階の方が温度上昇抑制効果が高い。これは日射反射率が8階(白色)の方が7

階（グレー）よりも高いことに起因する。

次に、猛暑日および真夏日における8階屋上直下の住戸の屋根裏温度の計測結果をFig. 10に示す。屋根裏温度を計測した時点の外気温度（気象台データ）に対する屋根裏温度を図示しており、高反射率塗料施工前と施工後とを比較した。これより、高反射率塗料施工前は、屋根裏温度が31～37℃に分布したが、施工後では29.5～32.5℃の間に分布し、外気温度に因らず、明らかに屋根裏温度が低下したことが確認できる。このことから、Photo 3に示す屋上の表面温度上昇抑制に伴い、屋根裏温度が低下したことが確認できた。ただし、図示しないが、8階よりも表面温度上昇抑制効果の小さい7階においては、屋根裏温度の低下効果についても8階よりも小さかった。

3.3.3 省エネルギー効果 夏期の省エネルギー効果について、次に検討する。各年毎の気象条件が異なるため、その影響をなくすために、各年の真夏日から雨天および前日の午後に降雨が見られた日を除き、さらに快晴や晴れが3日以上連続した場合の初日と最終日を除外し、最高気温、最低気温、1日の気温変動が施工前と施工後で近似する日を3日～8日抽出して効果を検証した。抽出日における住戸内の室内温度および消費電力量の計測結果について各年毎に平均値を算出し、Fig. 11（7階）およびFig. 12（8階）に示す。図中には、23円/1kWで日割り計算した電気代も併記する。これより、7階では、高反射率塗料グレーを施工後、室内温度の明確な低下は認められないが、消費電力量が減少し、2008年で60円/日、2009年で105円/日削減された。特に夜間の消費電力量が大幅に低減している。室温よりも、天井面からのふく射の影響が小さくなり、体感温度が低下したことが空調消費電力の削減に寄与したことが推察される。

8階では、高反射率塗料白を施工後、室内温度の明確な低下が認められ、消費電力量も減少し、2008年で109円/日、2009年で107円/日削減された。特に、昼間から夜間の消費電力量が大幅に低減した。

以上のことから、夏期において、7階および8階ともに、高反射率塗料施工後、省エネルギー効果が発揮され、かつ塗装2年目においても施工1年目と同様に、省エネルギー効果が継続して発揮されていることがわかる。

次に、冬期の省エネルギー効果について検証する。各年毎の気象条件が異なるため、その影響をなくすために、最高温度が10～15℃で、雨天および前日の午後に降雨が見られた日を除き、さらに快晴や晴れが3日以上連続した場合の初日と最終日を除外して、最高気温、最低気温、1日の気温変動が施工前と施工後で近似する日を各年毎にそれぞれ13～15日抽出して効果を検証した。抽出日における室内温度、消費電力量について各年毎に平均値を算出し、Fig. 13（7階）およびFig. 14（8階）に示す。各図には、23円/1kWで日割り計算した電気代も併記する。これより、7階では、高反射率塗料グレーを施工後、施工前と室内温度にほとんど変化はない。消費電力量は、

2008年で35円/日とやや増加したが、2009年で67円/

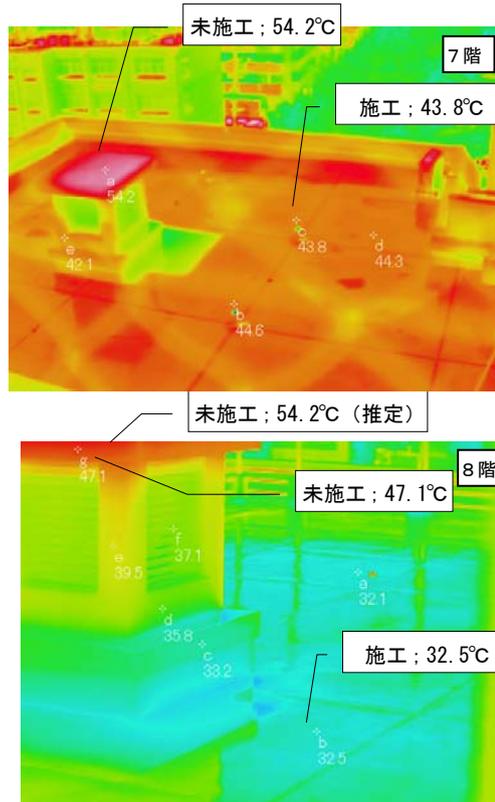


Photo 3 温度上昇抑制効果（熱画像）
Thermal Images of Rooftop

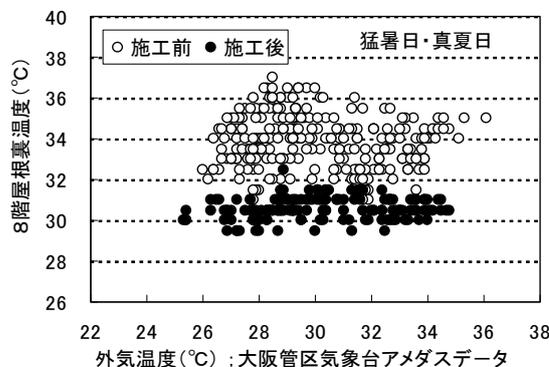


Fig. 10 塗装前後の屋根裏温度
Air Temperature in Ceiling Space
before and after Painting

日削減された。8階では、高反射率塗料白を施工後、施工前よりも室内の最高温度が約1.7℃低下したが、消費電力量は減少し、2008年で39円/日、2009年で31円/日削減された。施工前と比較して、特に夜間の屋根裏温度の低下が認められており、暖房負荷による消費電力量が増加しなかったのは、環境負荷軽減に対する住人の意識向上により、空調機の使用が控えられたためと推察される。

以上の結果から、高反射率塗料を塗装すると、夏期および冬期において塗装面の温度上昇を抑制するため、夏期においては、冷房負荷の軽減に大きく寄与し、一方で、

【電気代】2007年：473円/日 2008年：413円/日 2009年/368円/日

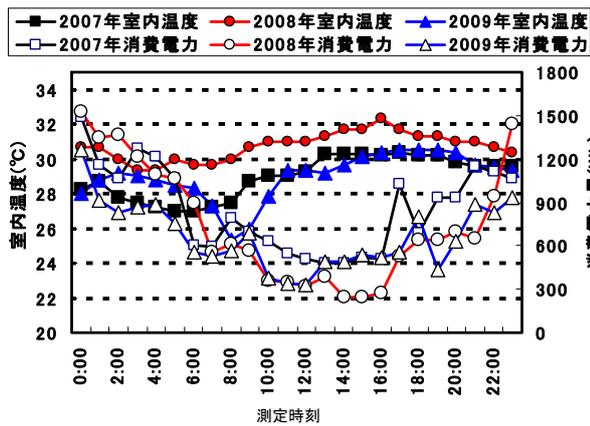


Fig. 11 夏の室内温度と消費電力量(7階)
Room Temperature and Amount of Electricity Consumption in Summer (7th Floor)

【電気代】2007年：255円/日 2008年：146円/日 2009年：148円/日

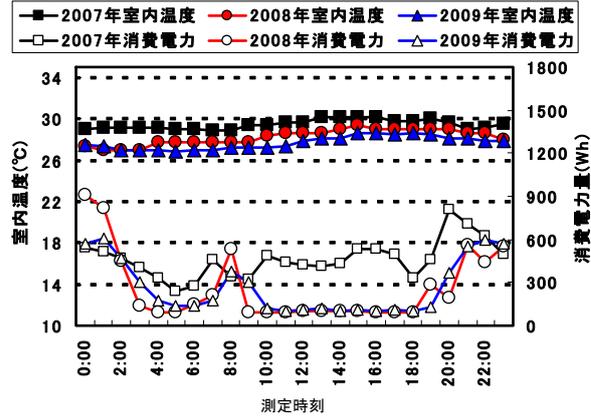


Fig. 12 夏の室内温度と消費電力量(8階)
Room Temperature and Amount of Electricity Consumption in Summer (8th Floor)

【電気代】2007年：412円/日 2008年：447円/日 2009年:345円/日

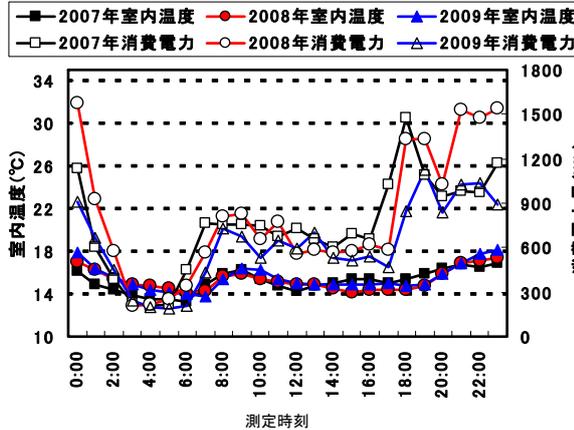


Fig. 13 冬の室内温度と消費電力量(7階)
Room Temperature and Amount of Electricity Consumption in Winter (7th Floor)

【電気代】2007年：25円/日 2008年：218円/日 2009年:226円/日

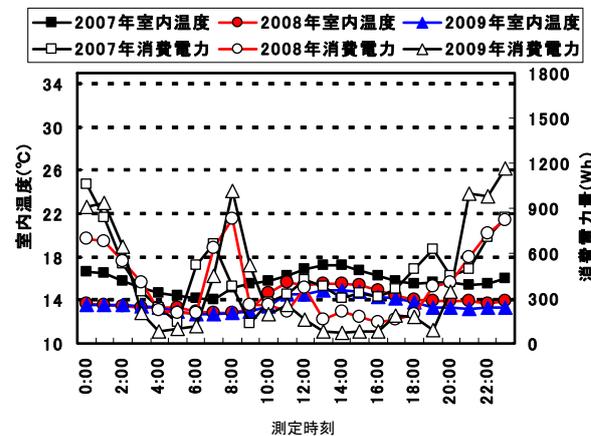


Fig. 14 冬の室内温度と消費電力量(8階)
Room Temperature and Amount of Electricity Consumption in Winter (8th Floor)

冬期においては暖房負荷が上がる可能性があることがわかった。

そこで、次に、夏期における冷房負荷の軽減と冬期における暖房負荷の増加を合計し、春期、秋期の中間期の空調負荷は同等と仮定して、省エネルギー効果が発揮されているか否かを検証した。

Fig. 11~Fig. 14に示す消費電力量を用いて、7階および8階の屋上直下の住戸における夏期と冬期の消費電力量の合計値をFig. 15で比較する。これより、7階施工後の2008年で、冬期の消費電力量は約12%増加したが、夏期の削減率が45%と大きく、両者の合計値で評価すると、計21%消費電力量が削減されたことになった。8階では、高反射率塗料施工前の2007年と比較して、施工後2年目の2009年で、夏期において30%削減、冬期において9%増加したが、両者の合計値で評価すると、9%消費電力量が削減された。夏期、冬期ともに消費電力量が削減された7階の2009年では合計30%、8階の2008年では合計25%の消

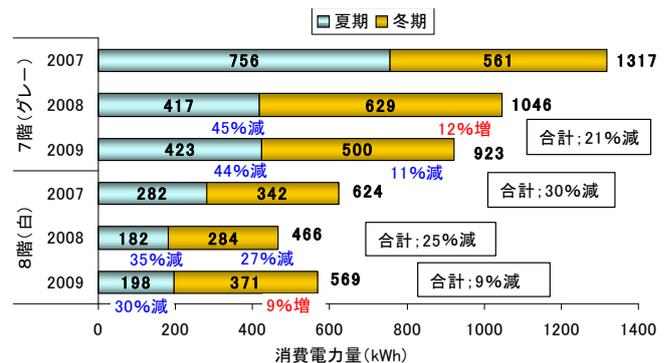


Fig. 15 夏期と冬期の消費電力量
Amount of Electricity Consumption in Summer and Winter

費電力量の削減が認められた。

このように、施工後2年目においても、消費電力量が施工前よりも削減されていることがわかる。なお、当該集

合住宅においては、高反射率塗料を施工した結果、住人の環境負荷軽減に対する意識が向上し、また、高反射率塗料の施工以外の取組みとして、ベランダへの保湿タイルの設置や打ち水等も行っており、それらが省エネルギー対策として効果があることがアンケート調査の結果から明らかとなっている。

4. 実物件への適用

Photo 4に、某工場3,000m²の二重折板屋根表面へ塗装した例を示す。二重折板屋根は、表面温度が上昇すると熱膨張し、伸張するため、その際に留め具や屋根材同士が接触しあうと、大きなきしみ音が鳴る場合がある。高反射率塗料を屋根表面に塗装すると、温度上昇抑制効果が発揮されるため、熱膨張を防ぎ、きしみ音が鳴る現象も防止することが可能となる。

Photo 5には、技術研究所オープンラボの折板屋根に適用した様子を示す。屋根材に断熱材の施工はないため、特に夏期の屋内温度低下に寄与すると予想される。

このように、高反射率塗料は、防水材の保護塗料や折板屋根の表面仕上げ塗装として採用可能で、新築および改修を問わず、適用できる。自治体の補助金制度も利用できる場合もあり、今後、更に適用市場が拡大していくと考えられる。

5. まとめ

太陽熱高反射率塗料は、近赤外線を選択的に反射する高反射率顔料を塗料に含有させ、被塗装物の表面温度の上昇を抑制する高機能塗料である。従来の高反射率塗料には、耐候性に劣る、汚れやすく、汚れると熱反射性能が著しく低下する、クロム系の高反射率顔料が適用されていた等の問題点があった。そこで、筆者らは、高耐候低汚染性ふっ素樹脂塗料へノンクロム系の高性能な高反射率顔料を選定して配合し、環境に優しい太陽熱高反射率塗料「サンバリア」を開発した。室内試験によって「サンバリア」の各種塗膜性能を確認するとともに、実建物へ塗装して、ヒートアイランド対策効果、省エネルギー効果を検証した。結果を以下にまとめる。

- 1) 太陽熱高反射率塗料「サンバリア」は、耐候性、防汚性、高反射性に優れていることを確認した。経年的に汚れの付着による高反射性の低下が起こりにくく、長期間、高い反射性能が継続して発揮されると考えられる。
- 2) 大阪市の集合住宅屋上の防水塗膜の上へ高反射率塗料「サンバリア」を施工した結果、夏期および冬期において屋上表面温度の上昇を抑制することが確認され、その効果で屋根裏温度、室内温度が低下することが確認された。その結果、特に夏期の冷房負荷が大幅に軽減された。冬期においては、一部の住戸で暖房負荷の増大による消費電力量の増加が認めら



Photo 4 某工場屋根に塗装したサンバリア
“Sun-Barrier” Painted on Folded-plate Roof of Factory



Photo 5 技術研究所オープンラボ屋根に塗装したサンバリア
“Sun-Barrier” Painted on Folded-plate Roof of Open-laboratory in Technical Research Institute

れた。ただし、夏期と冬期の合計の消費電力量で評価すると、「サンバリア」グレーおよび白ともに、省エネルギー効果が認められた。

謝 辞

本研究の省エネ効果の検証は、国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室と共同で実施しました。また、その検証においては、温度や消費電力量の計測にあたり創建殿に、高反射率塗料「サンバリア」の施工にあたり、共同研究先のAGCコーテック殿に、多大なご協力を得ましたので、ここに深謝致します。

参考文献

- 1) 曾根真理，他：大阪市における高反射率塗装前後の電気料金等に与える影響の実測調査について，土木学会第64回年次学術講演会講演論文集，p149～150，2009.9
- 2) 曾根真理，他：国土技術政策総合研究所資料「みんなで取り組むヒートアイランド対策～大阪市・北九州市のケーススタディにおける各種対策の効果～」，2010.5