

## ○ 実証試験結果の概要

実証対象技術／ 環境技術開発者	高反射率塗料(ゼッフル遮熱工法) ※概要巻末注記／ ダイキン工業株式会社 化学研究開発センター
実証機関	大阪府環境農林水産総合研究所
実証試験期間	平成20年11月4日～平成21年3月16日

### 1. 実証対象技術の概要

(原理・材質等)

基材(金属、無機材、プラスチック)に遮熱顔料を含有した弗素塗料を塗布し常温または加温により塗膜を形成することにより、日射を反射する。

### 2. 実証試験の概要

#### ○ 数値計算における設定条件

高反射率塗料の熱・光学特性を測定し、その結果から、数値計算により下記条件における対象建物の屋根に高反射率塗料塗布に伴う効果(冷房負荷削減効果等)を算出する。

数値計算は、実証対象技術の灰色の測定結果を用いて行った。

なお、数値計算の基準は、灰色(N6)の一般塗料とした。ただし、実証対象技術の灰色の明度Vが $6\pm 1$ の範囲にないものは、同じ明度の一般塗料を基準とした。

#### 2-1. 対象建物

工場(鉄骨造、平屋建て)

・最高高さ 13.0m

・延床面積 1000.0m<sup>2</sup>

※周囲の建築物等の影響による日射の遮蔽は考慮しない。

※屋根全面に高反射率塗料を塗布した条件下で数値計算を行う。

#### 2-2. 使用気象データ

東京・大阪 90年代標準年

#### 2-3. 冷暖房設定

建築物	冷房設定温度(°C)	暖房設定温度(°C)	稼働時間
工場	28.0	18.0	平日： 8～17時 土日： なし

#### 2-4. COP(エネルギー消費効率)の設定

建築物	冷房(-)	暖房(-)
工場	3.55	3.90

(参照：(財)省エネルギーセンター、「省エネ性能カタログ 2006年 夏版」,「省エネ性能カタログ 業務用エアコン」)

#### 2-5. 電力量料金単価の設定

地域	建築物	標準契約種別	電力量料金単価(円/kWh) *1	
			夏季*2	その他季*3
東京	工場	高圧電力 A	13.59	12.51
大阪		高圧電力 BS	12.59	11.53

\*1：電力量料金単価は、消費税相当額を含んだものである。

\*2：夏季…7月1日～9月30日

\*3：その他季…10月1日～6月30日

注) 燃料価格変動に依存する燃料費調整単価は0円/kWhと仮定。

### 3. 実証試験結果

#### ○ 空調負荷低減性能実証項目／環境負荷・維持管理等実証項目

##### 【熱・光学性能測定結果】\*1

		灰色		白色	
		暴露 試験前	暴露 試験後	暴露 試験前	暴露 試験後
日射反射率	近紫外および 可視光域*2 (%)	41.0	33.5	89.5	66.6
	近赤外域*3 (%)	83.6	69.2	88.5	74.2
	全波長域*4 (%)	59.2	48.8	88.9	69.9
長波放射率	(-)	0.88	0.88	0.88	0.88
明度	(-)	6.4	5.9	9.8	8.7

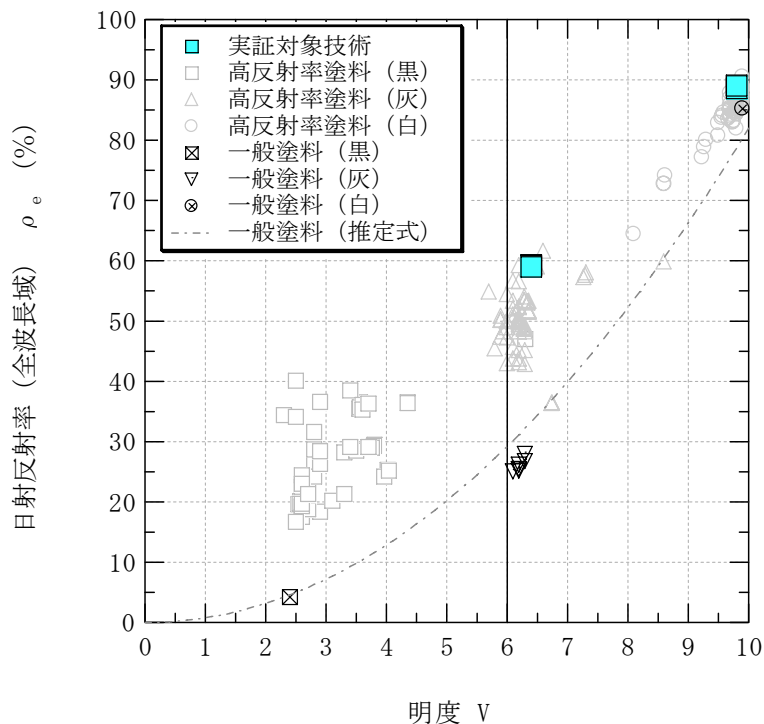
\*1：暴露試験前の結果は、試験体数量3での試験結果の平均値である。

\*2：近紫外および可視光域の波長範囲は、300 nm～780nm である。

\*3：近赤外域の波長範囲は、780 nm～2500nm である。

\*4：全波長域の波長範囲は、300 nm～2500nm である。

##### 【参考】(明度と日射反射率(全波長域)の関係)



※左図は、平成20年度環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術（建築物外皮による空調負荷低減等技術）において実証を行った高反射率塗料と一般塗料の明度と日射反射率（全波長域）の関係を示したものである。

※明度Vが10に近い白色では、一般塗料と高反射率塗料とで日射反射率に差はほぼ無い。高反射率塗料は、近赤外域での反射率を高くする技術を使用しており、白色でない、灰色あるいは黒色でも日射反射率を高くする機能を持っている。左図に示したように、白色では一般塗料と高反射率建材との間で差はないが、灰色、黒色では明らかに日射反射率に差が現れている。（詳細：viiページ）

図-1 明度と日射反射率（全波長域）の関係

※ 図中の凡例：一般塗料（近似曲線）は、社団法人日本塗料工業会における測定データを元に、近似式を算出したものである。

【分光反射率(波長範囲:300nm~2500nm)の特性】

1)灰色

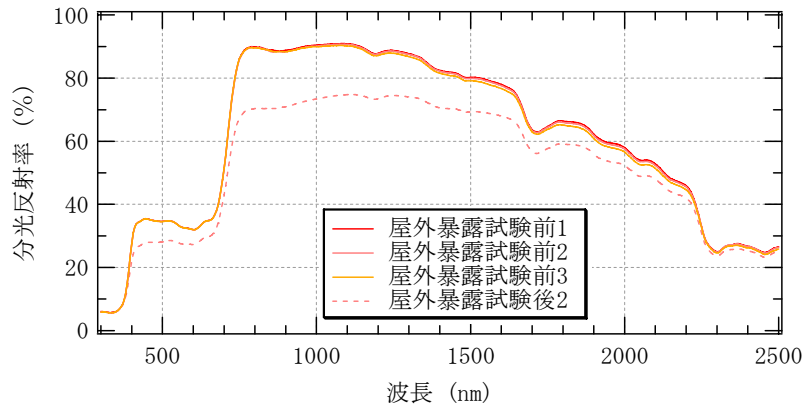


図-2 分光反射率測定結果(灰色)

2)白色

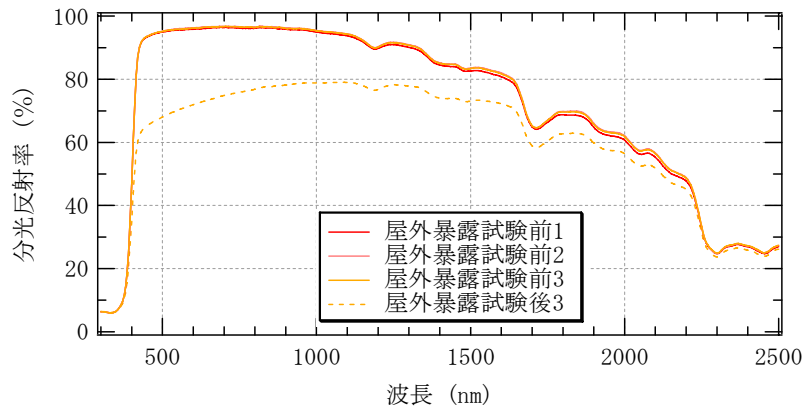


図-3 分光反射率測定結果(白色)

※ 暴露試験前後の番号は試験体に任意に付した番号である。暴露試験前の測定は、施工時のばらつきを考慮し、試験体数量3 (n=3) として測定した。測定した試験体のうち、日射反射率が2番目に大きいものを屋外暴露試験に供した。屋外暴露による性能劣化を把握するため、暴露試験終了後に測定を行った。

※ 屋外暴露試験は、(財) 建材試験センター中央試験所内(埼玉県草加市)にて行った。

○ 標準モデルに基づく数値計算により算出する実証項目／環境負荷・維持管理等実証項目  
【計算結果】

		東京都	大阪府
		工場	
屋根(屋上)表面温度低下量 (夏季14時) <sup>*1</sup>		9.7 °C ( 55.2°C→45.5 °C)	8.7 °C ( 56.4°C→47.7 °C)
室温上昇 抑制効果 <sup>*1</sup> (夏季14時)	自然室温 <sup>*2</sup> (冷房無し)	2.3 °C ( 45.3°C→43 °C)	2.2 °C ( 46.9°C→44.7 °C)
	体感温度 <sup>*3</sup> (作用温度)	2.4 °C ( 45.3°C→42.9 °C)	2.3 °C ( 46.8°C→44.5 °C)
冷房負荷 低減効果 <sup>*4</sup> (夏季1ヶ月)	熱量	1208 kWh/月 (一般塗料 34904 kWh/月) 3.5 % 低減	1498 kWh/月 (一般塗料 40966 kWh/月) 3.7 % 低減
	電気料金	4624 円/月	5314 円/月
冷房負荷 低減効果 <sup>*4</sup> (夏季6～9月)	熱量	3955 kWh/4ヶ月 (一般塗料 89450 kWh/4ヶ月) 4.4 % 低減	4773 kWh/4ヶ月 (一般塗料 105634 kWh/4ヶ月) 4.5 % 低減
	電気料金	14846 円/4ヶ月	16592 円/4ヶ月
日射時の対流顕熱量低減効果 (夏季1ヶ月)		大気への放熱を 47.9 % 低減 (317132 MJ → 165156 MJ)	大気への放熱を 47.9 % 低減 (387245 MJ→201895 MJ)
日射時の対流顕熱量低減効果 (夏季6～9月)		大気への放熱を 47.7 % 低減 (1143462 MJ → 598570 MJ)	大気への放熱を 47.7 % 低減 (1345526 MJ→704355 MJ)
夜間時の対流顕熱量低減効果 (夏季1ヶ月)		大気への放熱を 89.9 % 低減 (2657 MJ → 269 MJ)	大気への放熱を 66.7 % 低減 (5845 MJ→1949 MJ)
夜間時の対流顕熱量低減効果 (夏季6～9月)		大気への放熱を 101.5 % 低減 (9374 MJ → -145 MJ)	大気への放熱を 70.5 % 低減 (22936 MJ→6759 MJ)

\*1：8月1日～10日の期間中最も日射量の多い日時における、対象部での屋根面・室温の抑制効果

\*2：冷房を行わないときの室温

\*3：放射温度を考慮した温度で、室温と、室内周壁等の平均放射温度の平均温度

\*4：夏季1ヶ月(8月)及び夏季(6～9月)において室内温度が冷房設定温度を上回った時に冷房が稼働した場合の冷房負荷低減効果

注) 数値計算は標準問題をもとに実施しており、実際の導入環境とは異なる。また、数値計算の基準には、灰色(N6)の一般塗料を用いた。ただし、実証対象技術の灰色の明度Vが6±1の範囲内でないものは、同じ明度の一般塗料を基準とした。

【参考項目】

		東京都	大阪府
		工場	
冷房負荷 低減効果*1 (年間空調)	熱量	5387 kWh/年 (一般塗料 95218 kWh/年) 5.7 % 低減	6729 kWh/年 (一般塗料 118584 kWh/年) 5.7 % 低減
	電気料金	19894 円/年	22944 円/年
暖房負荷 低減効果*2 (冬季1ヶ月)	熱量	-1494 kWh/月 (一般塗料 11029 kWh/月) -13.5 % 低減	-688 kWh/月 (一般塗料 14467 kWh/月) -4.8 % 低減
	電気料金	-4792 円/月	-2035 円/月
暖房負荷 低減効果*2 (冬季11~4月)	熱量	-3902 kWh/6ヶ月 (一般塗料 39707 kWh/6ヶ月) -9.8 % 低減	-2261 kWh/6ヶ月 (一般塗料 46155 kWh/6ヶ月) -4.9 % 低減
	電気料金	-12517 円/6ヶ月	-6686 円/6ヶ月
冷暖房負荷 低減効果*3 (期間空調)	熱量	53 kWh/年 (一般塗料 129157 kWh/年) 0.0 % 低減	2512 kWh/年 (一般塗料 151789 kWh/年) 1.7 % 低減
	電気料金	2329 円/年	9907 円/年

\*1：年間を通じ室内温度が冷房設定温度を上回った時に冷房が稼働した場合の冷房負荷低減効果。

\*2：冬季1ヶ月（2月）及び冬季（11～4月）において室内温度が暖房設定温度を下回った時に暖房が稼働した場合の暖房負荷低減効果

\*3：夏季（6～9月）において室内温度が冷房設定温度を上回った時に冷房が稼働し、冬季（11～4月）において室内温度が暖房設定温度を下回った時に暖房が稼働した場合の冷暖房負荷低減効果

【計算結果・参考項目に共通する注意点】

1. 計算結果及び参考項目は、モデル的な工場を想定し、各種前提のもと数値計算したものである。
2. 計算結果・参考項目において設定した冷暖房の運転期間は、下記の通りとした。
  - ・夏季14時：8月1日～10日の期間中最も日射量の多い日の14時
  - ・夏季1ヶ月：8月1～31日
  - ・夏季6～9月：6月1日～9月30日
  - ・冬季1ヶ月：2月1日～28日
  - ・期間空調：冷房期間6～9月及び暖房期間11～4月
  - ・年間空調：冷房期間1年間\*\*：設定温度よりも室温が高い場合に冷房運転を行う。
3. 冷房・暖房負荷低減効果の熱量の欄にある「一般塗料 ○○kWh/△△」とは、一般塗料を塗布した状態において、日射・電気機器等により室内に加えられる熱負荷の一定期間における総和を示している。
4. 電気料金について、本計算では高反射率塗料の塗布による室内熱負荷の差を検討の対象としていることから、種々の仮定が必要となる総額を見積もることをせず、熱負荷の変化に伴う空調電気料金の差額のみを示している。
5. 数値計算は標準問題をもとに実施しており、実際の導入環境とは異なる。

○ 環境負荷・維持管理等実証項目の確認試験（参考）

【付着性】

	暴露試験前	暴露試験後
付着強さ (N/mm <sup>2</sup> )	0.6	0.6

\*1：結果は、試験体数量3での試験結果の平均値である。

\*2：破壊状況は、本編に詳細を示す。

### 【注意事項】

材料の明度  $V$  と日射反射率  $\rho_e$  とは相関があり、一般的には明度が高いほど日射反射率も高くなる。材料表面の明度は、0～10 の範囲の数字で表される（理想的な白が 10、理想的な黒が 0 とされる\*1）。明度が 10 に近づくほど可視光線の反射率が高くなり、その表面は白く見える。日射光は、大まかに言うと、紫外線、可視光線および近赤外線から成るが、このうち可視光線域のエネルギーが約半分を占める。このため、明度が高くなるほど（白くなるほど）可視光線域のエネルギーを多く反射するため、日射反射率が高くなる。また、一般的に白色は、近赤外線の反射率も高くなる傾向がある。これにより、近赤外線域のエネルギーも反射するために、日射反射率がより高くなる。

上記の原因により、明度が 10 に近い白色では、一般塗料と高反射率建材とで日射反射率に差は無くなる。〔関係は、図－1 明度と日射反射率の関係（ii ページ参照）に示す〕

一般的な高反射率建材は、近赤外線域での反射率を高くする技術を使用しており、灰色あるいは黒色のように、白色ではなくても、日射反射率を高くする機能を持っている。図－1 に示したように、白色では一般塗料と高反射率建材との間で、日射反射率の差は大きくないが、灰色および黒色では、同じ明度において日射反射率の差は明確に現れている。

これらのことから、高反射率建材の比較を、白色ではなく灰色（N6（無彩色，明度  $V=6$ ））に着色したもので行うことで、高反射率建材の性能を実証している。

しかし、申請技術の中には高反射率防水シートのように明度を自由に調整できない材料や、明度を調整しきれなかった塗料があった。これらの技術の比較は、高反射性能だけではなく色の違い（特に明度）による差が生じてしまう結果となる。この色の違いによる差を極力排除するため、指定した明度（ $V=6$ ）と大きく差がある技術（ $V>7$  または  $V<5$ ）においては、同様の明度を持つ一般塗料との比較を行うものとした。従って、申請技術同士を比較する場合、明度が  $V=6\pm 1$  の範囲外の技術同士の比較は行えない。そのため、各実証対象技術の結果を評価する際には、注意が必要である。

\*1：JIS Z 8721（色の表示方法－三属性による表示）

注）明度は、マンセル表色系の表示方法による値である。

(参考情報)

このページに示された情報は、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省および実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○ 製品データ

項目		環境技術開発者 記入欄	
製品名・型番		ゼッフル遮熱工法 ※概要巻末注記	
製造(販売)企業名		ダイキン工業株式会社 化学研究開発センター	
連絡先	TEL/FAX	06-6349-7647	
	Web アドレス	http://www.daikin.co.jp/chm/	
	E-mail	Susumu.wada@daikin.co.jp	
高反射率塗料全厚		下塗:40um 中塗:30 um 上塗:30um	
設置条件	対応する建築物・窓など	工場屋根、タンク、乗り物(船など)	
	施工上の留意点	一般塗料施工条件に順じます。	
	その他設置場所等の制約条件	一般塗料施工条件に順じます。	
メンテナンスの必要性 耐候性・製品寿命など		耐久性は10年以上です。顕著な汚れが発生する環境では、日射反射率を保持するため洗浄が必要です。	
技術上の特徴		<ul style="list-style-type: none"><li>① 弗素塗料(樹脂)を使用することで、塗膜の樹脂の劣化を防止し、塗り替え期間を大幅に延長できます。</li><li>② 塗り替え期間が長いので塗料原料・塗料・塗装に関するエネルギーが削減できます。</li><li>③ 遮熱の原理が日射反射なので機能を維持する塗装膜厚は少なくても良く、機能を維持するための塗布量(資源消費)が少なくても良い。(下塗+中塗+上塗で 100<math>\mu</math>m)</li><li>④ 数多くの色彩提案が可能です。</li><li>⑤ 弊社防汚剤との併用で経時後も、日射反射を阻害する汚れ付着が少なく、遮熱効果が持続します。</li></ul>	
コスト概算	製品価格	¥1,000 円	1 m <sup>2</sup>
	施工費	¥500 円~ 2,000 円	1 m <sup>2</sup>
	合 計	¥ 1,500 ~ 3,500 円	1 m <sup>2</sup>

○ その他メーカーからの情報

※ この実証対象技術（高反射率塗料）は塗料単体の販売はしておりません。当実証対象技術の遮熱性能等は環境技術開発者の工程管理が不可欠のため、技術名を「遮熱工法」としています。