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分野

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*）
実証試験報告書

平成２１年３月

実　証　機　関：大阪府環境農林水産総合研究所
環境技術開発者：アーキヤマデ株式会社
技　　術：高反射率防水シート
製品名・型番：リベットルーフ COOL

はじめに

環境技術実証事業は，既に適用が可能な段階にありながら，環境保全効果等について客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的環境技術について，その環境保全効果等を第三者が客観的に実証する事業を実施することにより，環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに，環境技術の普及を促進し，環境保全と環境産業の発展を促進することを目的とするものである。

本実証試験は，平成２０年７月２２日に財団法人　建材試験センターと環境省水・大気環境局が策定した実証試験要領に基づいて選定された実証対象技術について，同実証試験要領に準拠して実証試験を実施することで，以下に示す環境保全効果等を客観的に実証したものである。

（実証項目）
○日射反射率
○長波放射率
○明度
○性能劣化の把握
○屋根（屋上）表面温度低下量（数値計算）
○冷房負荷低減効果（数値計算）
○室温上昇抑制効果（数値計算）
○対流顕熱量低減効果（数値計算）

本報告書は，その結果を取りまとめたものである。

－ 目 次 －

○ 実証試験結果の概要 I

○ 本編 1

Ⅰ．実証試験の概要と目的 1

Ⅱ．実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌 2

Ⅲ．実証対象技術の概要 3

１．実証対象技術の原理 3
２．実証対象技術の仕様 3

Ⅳ．実証試験の内容 5

１．試験期間 5
２．空調負荷低減性能実証項目 5

Ⅴ．実証試験結果と検討 13

１．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 13
２．数値計算により算出する実証項目 16

○ 付録 20

１．データの品質管理 20
２．データの管理，分析，表示 20
３．監査 20

○ 実証試験結果の概要

実証対象技術／ 環境技術開発者	高反射率防水シート（リベットルーフ COOL）／ アーキヤマデ株式会社
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）
太陽光を高反射する機能を持った顔料を防水シートに練り込み、防水シート自体に高反射率機能を持たせる。

2. 実証試験の概要

○ 数値計算における設定条件

高反射率防水シートの熱・光学特性を測定し，その結果から，下記条件における対象建物の屋根（屋上）に高反射率防水シートを施工した場合の効果（冷房負荷削減効果等）を数値計算により算出する。

数値計算の基準は，灰色（N6）の一般の防水シートとした。ただし，実証対象技術の灰色の明度Ｖが 6±1 の範囲にないものは，同じ明度の一般の防水シートを基準とした。

※なお，実証対象技術の色が 2 種類以上ある場合，数値計算は，実証対象技術の内最も明度の低いものの測定結果を用いて行った。

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　1000.0m²
※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防水シートを施工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（℃）	暖房設定温度（℃）	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]

			ライトグリーン		パールライト	
			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]	(%)	26.7	24.0	58.0	43.9
	近赤外域[*3]	(%)	57.5	50.4	64.2	52.7
	全波長域[*4]	(%)	40.2	35.5	60.5	47.7
長波放射率		(－)	0.92	0.92	0.92	0.92
明度		(－)	6.05	5.75	8.18	7.27

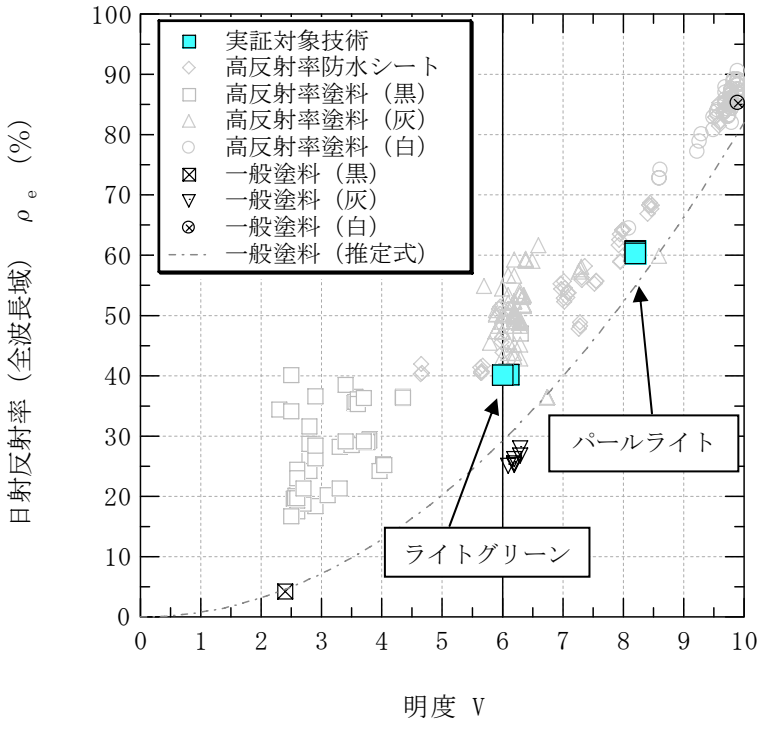
*1：暴露試験前の結果は，試験体数量 3 での試験結果の平均値である。

*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)



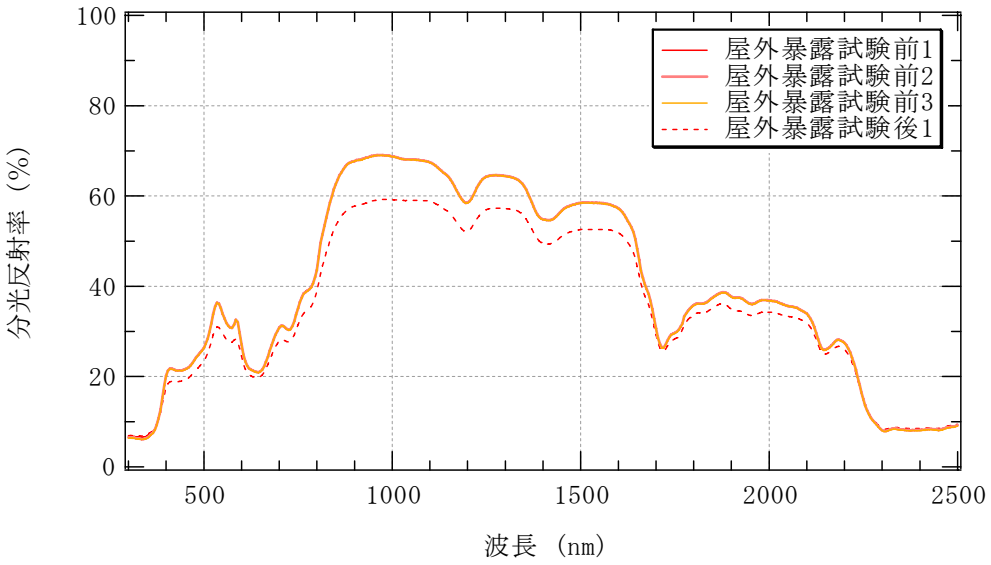
※左図は，平成 20 年度環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術（建築物外皮による空調負荷低減等技術）において実証を行った高反射率建材と一般塗料の明度と日射反射率（全波長域）の関係を示したものである。
※明度 V が 10 に近い白色では，一般塗料と高反射率建材とで日射反射率に差はほぼ無い。高反射率建材は，近赤外域での反射率を高くする技術を使用しており，白色でない，灰色あるいは黒色でも日射反射率を高くする機能を持っている。左図に示したように，白色では一般塗料と高反射率建材との間で差はないが，灰色，黒色では明らかに日射反射率に差が現れている。
（詳細：viiページ）

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。

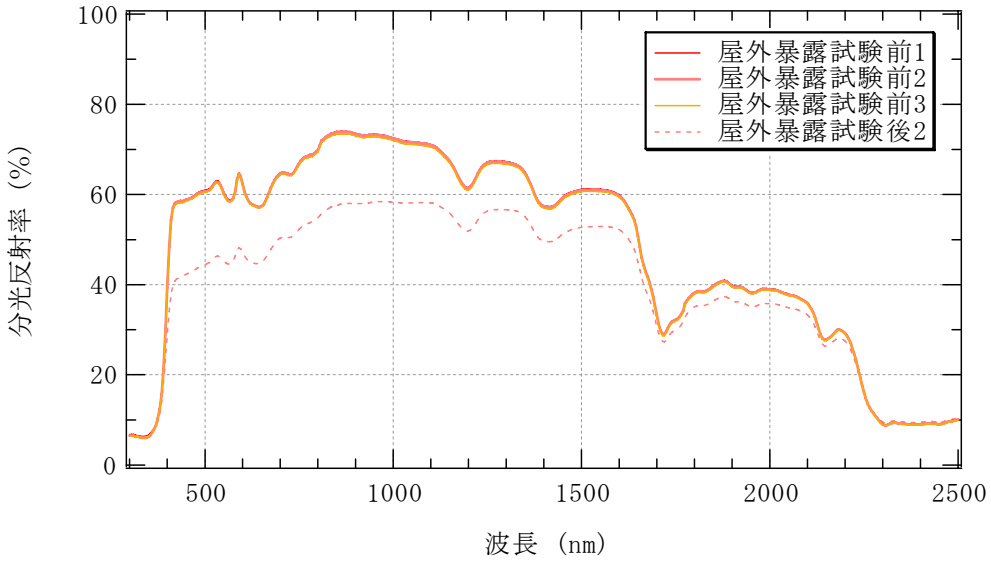
【分光反射率（波長範囲：300nm～2500nm）の特性】

1)　色名：ライトグリーン



図－２　　分光反射率測定結果

2)　色名：パールライト



※　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，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)*1		4.7 ℃ (56℃→51.3 ℃)	4.4 ℃ (57.7℃→53.3 ℃)
室温上昇 抑制効果*1 (夏季 14 時)	自然室温*2 (冷房無し)	0.4 ℃ (43.4℃→43 ℃)	0.3 ℃ (45℃→44.7 ℃)
	体感温度*3 (作用温度)	0.3 ℃ (43.2℃→42.9 ℃)	0.3 ℃ (44.8℃→44.5 ℃)
冷房負荷 低減効果*4 (夏季 1 ヶ月)	熱量	491.4 kWh/月 (基準の防水シート 34822.2 kWh/月) 1.4 % 低減	650.0 kWh/月 (基準の防水シート 40773.6 kWh/月) 1.6 % 低減
	電気料金	1881 円/月	2305 円/月
冷房負荷 低減効果*4 (夏季 6～9 月)	熱量	1686.9 kWh/4 ヶ月 (基準の防水シート 89359.4 kWh/4 ヶ月) 1.9 % 低減	1988.9 kWh/4 ヶ月 (基準の防水シート 105277.2 kWh/4 ヶ月) 1.9 % 低減
	電気料金	6340 円/4 ヶ月	6918 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 21 % 低減 (324703MJ→256621 MJ)	大気への放熱を 20.9 % 低減 (397542MJ→314565 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 21 % 低減 (1167780MJ→922740 MJ)	大気への放熱を 20.9 % 低減 (1379049MJ→1090572 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 27.8 % 低減 (−2595MJ→−3317 MJ)	大気への放熱を 169.3 % 低減 (−759MJ→−2044 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 32.1 % 低減 (−10660MJ→−14079 MJ)	大気への放熱を 413.9 % 低減 (−1422MJ→−7307 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）の一般の防水シートを用いた。ただし，実証対象技術の灰色の明度 V が 6±1 の範囲にないものは，同じ明度の一般の防水シートを基準とした。

【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	4239.7 kWh/年 (基準の防水シート 95137.2 kWh/年) 4.5 % 低減	5177.5 kWh/年 (基準の防水シート 118286.4 kWh/年) 4.4 % 低減
	電気料金	15678 円/年	17648 円/年
暖房負荷 低減効果*2 (冬季1ヶ月)	熱量	543.6 kWh/月 (基準の防水シート 10843.6 kWh/月) 5.0 % 低減	271.9 kWh/月 (基準の防水シート 14100 kWh/月) 1.9 % 低減
	電気料金	1744 円/月	804 円/月
暖房負荷 低減効果*2 (冬季 11～4 月)	熱量	1325.0 kWh/6 ヶ月 (基準の防水シート 38529.7 kWh/6 ヶ月) 3.4 % 低減	605.8 kWh/6 ヶ月 (基準の防水シート 44864.7 kWh/6 ヶ月) 1.4 % 低減
	電気料金	4250 円/6 ヶ月	1791 円/6 ヶ月
冷暖房負荷 低減効果*3 (期間空調)	熱量	361.9 kWh/年 (基準の防水シート 127889.2 kWh/年) 0.3 % 低減	1383.1 kWh/年 (基準の防水シート 150141.9 kWh/年) 0.9 % 低減
	電気料金	2090 円/年	5126 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「基準の防水シート ○○kWh/△△」とは，基準とする一般の防水シートを施工した状態において，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防水シートの施工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。

【注意事項】

材料の明度 V と日射反射率 ρe 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 に近付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差は大きくないが，灰色および黒色では，同じ明度での日射反射率に差が明確に現れている。

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±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		リベットルーフ COOL
製造（販売）企業名		アーキヤマデ株式会社
連絡先	TEL／FAX	TEL 06-6385-1265 / FAX 06-6338-6028
	Web アドレス	http://www.a-yamade.co.jp/
	E-mail	customer@a-yamade.co.jp
高反射率防水シート全厚		・1.5mm
設置条件	対応する建築・窓など	・事務所、商業・教育・福祉等の施設、工場等。 ・新築及び既存の建築物。
	施工上の留意点	・従来のシート防水と同じ。
	その他設置場所等の制約条件	・特になし、但し日陰等の日射の少ない場所は高反射機能の効果が少ない。
メンテナンスの必要性 耐候性・製品寿命など		・定期的な洗浄を推奨。 ・防水シートの熱劣化が抑制され、従来品に比べ寿命が延びる。
技術上の特徴		・高反射機能を有した着色剤を防水シートに練り込み、シート自体に高反射機能を持たせた。 ・工場で製品に高反射率機能を付与するため、反射性能が一定。 ・従来の防水工法をそのまま適用。 ・防水工事の際に屋根を高反射化するため、費用対効果が良い。
コスト概算		設計価格（材工共・300 ㎡以上）　￥8,500　㎡ （材　料）　(¥6,000) （工　事）　(¥2,500) （材料のみの販売はしていません） 合　計　￥8,500　㎡

○　その他メーカーからの情報

■環境貢献事業での納入実績等

・環境省　平成17年度「学校エコ改修と環境教育事業」
　　神戸市立多聞東中学校

・環境省　平成19年度「クールシティ中枢街区パイロット事業」
　　大阪　中之島　ほたるまち・堂島リバーフォーラム

・環境省　平成20年度「クールシティ中枢街区パイロット事業」
　　東京　大手町　日経新聞社本社

・大阪府　平成19年度「環境技術評価・普及事業」
　　「ヒートアイランド現象を緩和する建築物被覆技術・製品」として
　　技術評価を受けた。

○ 本編

Ⅰ．実証試験の概要と目的

環境技術実証事業は，既に適用が可能な段階にありながら，環境保全効果等について客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的環境技術について，その環境保全効果等を第三者が客観的に実証する事業を実施することにより，環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに，環境技術の普及を促進し，環境保全と環境産業の発展を促進することを目的とするものである。

本実証試験は，平成２０年７月２２日に財団法人　建材試験センターと環境省水・大気環境局が策定した実証試験要領に基づいて選定された実証対象技術について，同実証試験要領に準拠して実証試験を実施することで，以下に示す環境保全効果等を客観的に実証したものである。

（実証項目）
○日射反射率
○長波放射率
○明度
○性能劣化の把握
○屋根（屋上）表面温度低下量（数値計算）
○冷房負荷低減効果（数値計算）
○室温上昇抑制効果（数値計算）
○対流顕熱量低減効果（数値計算）

Ⅱ．実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌

実証試験に参加する組織は、図２－１に示すとおりである。また、実証試験参加者とその責任分掌は、表２－１に示すとおりである。

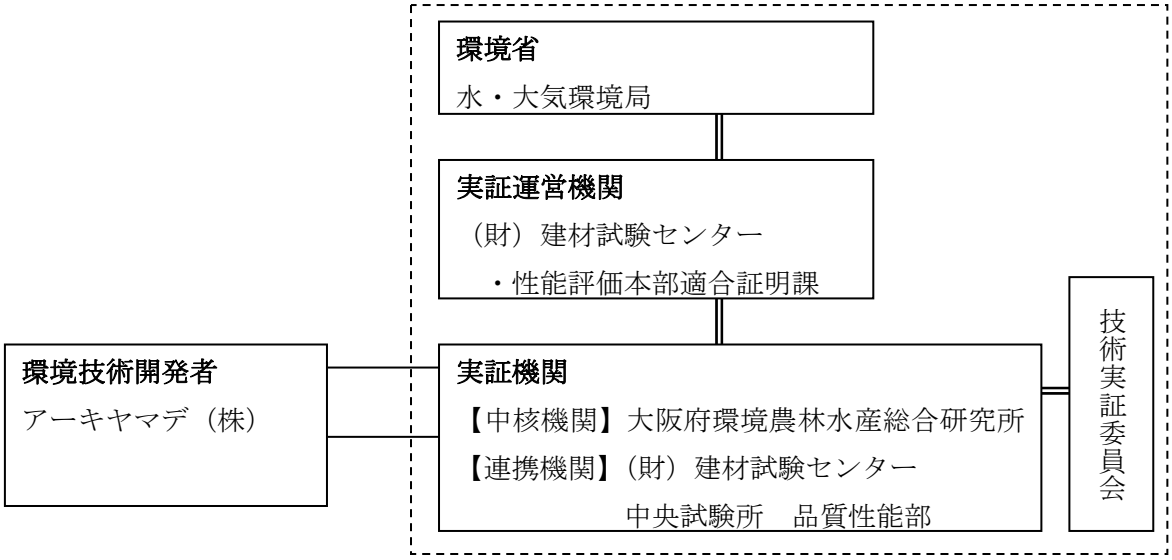


図２－１　実証試験参加組織

表２－１　実証試験参加者の責任分掌

区分	実証試験参加機関	責任分掌	参加者
実証機関	【中核機関】 大阪府環境農林水産総合研究所	実証試験の運営管理	統括責任者 吉田　敏臣
		実証対象技術の公募・審査	
		技術実証委員会の設置・運営	
		品質管理システムの構築	武村　憲二
		実証試験計画の策定（総括）	日野　和裕
		実証試験の実施・運営（総括）	今泉　幸彦
		実証試験データ・情報の管理	南　哲朗
		実証試験結果報告書の作成（総括）	加藤　浩幸
		その他実証試験要領で定められた業務	山添　泰一
	【連携機関】 （財）建材試験センター 中央試験所	実証試験計画の策定補助	藤本　哲夫
		実証試験に係る手数料額の算定補助	萩原　伸治
		実証試験の実施	田坂　太一
		実証試験結果報告書の策定補助	村上　哲也
	大阪府環境農林水産総合研究所	内部監査の総括	服部　幸和
		実証試験データの検証	
環境技術開発者	アーキヤマデ（株）	実証機関への必要な情報提供と協力	澤西　良三
		実証対象製品の準備と関連資料の提供	
		費用負担及び責任をもって実証対象製品の運搬等を実施	
		既存の性能データの提供	
		実証試験報告書の作成における協力	

Ⅲ．実証対象技術の概要

１．　実証対象技術の原理

高反射塗料を表面に焼付けた新開発の遮熱性に優れた防水ルーフィング材である。太陽熱を高反射するとともに屋根表面に吸収された熱はすぐに放射され建物内に侵入する熱を少なくする。

２．　実証対象技術の仕様

○ 製品データ

項目		環境技術開発者　記入欄
製品名・型番		リベットルーフ COOL
製造（販売）企業名		アーキヤマデ株式会社
連絡先	TEL／FAX	TEL 06-6385-1265 / FAX 06-6338-6028
	Web アドレス	http://www.a-yamade.co.jp/
	E-mail	customer@a-yamade.co.jp
高反射率防水シート全厚		・1.5mm
設置条件	対応する建築・窓など	・事務所、商業・教育・福祉等の施設、工場等。 ・新築及び既存の建築物。
	施工上の留意点	・従来のシート防水と同じ。
	その他設置場所等の制約条件	・特になし、但し日陰等の日射の少ない場所は高反射機能の効果が少ない。
メンテナンスの必要性 耐候性・製品寿命など		・定期的な洗浄を推奨。 ・防水シートの熱劣化が抑制され、従来品に比べ寿命が延びる。
技術上の特徴		・高反射機能を有した着色剤を防水シートに練り込み、シート自体に高反射機能を持たせた。 ・工場で製品に高反射率機能を付与するため、反射性能が一定。 ・従来の防水工法をそのまま適用。 ・防水工事の際に屋根を高反射化するため、費用対効果が良い。
コスト概算		設計価格（材工共・300 ㎡以上）　￥8,500　㎡ （材　料）　(¥6,000) （工　事）　(¥2,500) （材料のみの販売はしていません） 合　計　￥8,500　㎡

○ その他メーカーからの情報

■環境貢献事業での納入実績等

・環境省　平成17年度「学校エコ改修と環境教育事業」
　　神戸市立多聞東中学校

・環境省　平成19年度「クールシティ中枢街区パイロット事業」
　　大阪　中之島　ほたるまち・堂島リバーフォーラム

・環境省　平成20年度「クールシティ中枢街区パイロット事業」
　　東京　大手町　日経新聞社本社

・大阪府　平成19年度「環境技術評価・普及事業」
　　「ヒートアイランド現象を緩和する建築物被覆技術・製品」として
　　技術評価を受けた。

Ⅳ．実証試験の内容

１．　試験期間

（１）試験体搬入

～２００８年１１月７日

（２）熱・光学特性測定

２００８年１１月４日～１１月１４日

（３）屋外暴露試験

２００８年１１月４日～２００９年３月１６日（左記期間中の４ヶ月）

（４）LESCOM-env による数値計算

２００８年１１月１７日～２００９年２月１７日

２．　空調負荷低減性能実証項目

２－１．空調負荷低減性能実証項目

（１）日射反射率

JIS K 5602（塗膜の日射反射率の求め方）に従い，日射反射率（波長範囲：300nm～2500nm）の測定を行う。試験体の色は，製品の中で最も明度の高いものと最も明度の低いものの 2 種類とし，試験体数はそれぞれ 3 体（n=3）とする。また，寸法は 60mm×60mm とする。

（２）長波放射率

前項の試験体を用い，JIS R 3106（板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法）に従い，長波放射率（波長範囲：5.5μm～50μm）の測定を行う。

（３）明度

前項の測定した試験体を用い，JIS K 5600-4-4［塗料一般試験方法－第 4 部：塗膜の視覚特性－第 4 節測色（原理)］および JIS K 5600-4-5［塗料一般試験方法－第 4 部：塗膜の視覚特性－第 5 節測色（測定)］に従い，明度の測定を行う。

２－２．数値計算により算出する実証項目

本項目における実証結果は，レスポンス・ファクター法に基づく非定常熱負荷計算プログラム「LESCOM-env」により算出する。

「LESCOM-env」とは，旧通産省生活産業局の住機能向上製品対策委員会で開発された多数室非定常熱負荷計算プログラム「LESCOM」に，フィルム貼付開口部等を追加開発（東京理科大学武田仁教授による）したものである。

計算条件および計算による出力項目は下記の通りとする。

計算条件

①　対象建物

・工場（床面積 1000 m^2）
・屋根の形状（断面）は，下図に示すとおりとした。
・屋根の断熱材：押出法ポリスチレンフォーム保温材（XPS）厚さ 30mm
・屋根の中空部及びデッキプレートの熱抵抗は，断熱材に比べて非常に小さいため，無視するものとした。
・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防水シートを施工した条件下で数値計算を行う。

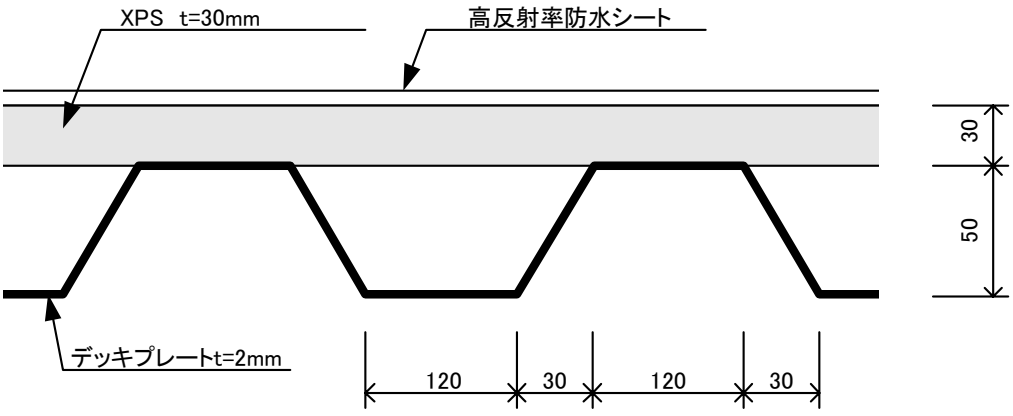


表４－１　想定するモデル的な工場（断熱仕様 t30）

設定条件	内容
モデル建物の概要	・鉄骨造，平屋建て ・最高高さ　13.0m ・延床面積　1000.0m²
屋根	・防水シート＋XPS（t30）＋耐火デッキプレート（t2） ・屋根の色：灰色 ・水勾配　1/50
外壁	・t0.6 ガルバリウム鋼板＋t12.5 耐水 PB＋GW（10K（t50)），アルミガラスクロス（t0.13mm）貼り）＋t8.0 けい酸カルシウム板 ・外壁の色：灰色
内壁	・t8.0 けい酸カルシウム板　VE 塗装
窓	・アルミサッシ（一重サッシ，t6.8 網入り磨きガラス単板入り）
床	・コンクリート直均し ・t1.2 エポキシ樹脂系塗装
〔備考〕 GW：グラスウール PB：パーティクルボード	

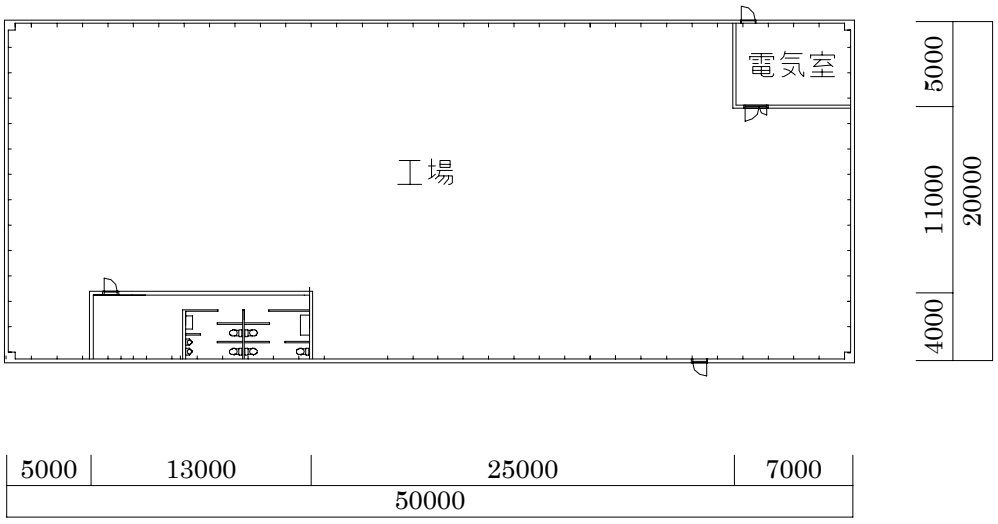


図３－１　モデル的な工場（断熱仕様）の平面図

② 使用気象データ

東京・大阪 90 年代標準年

③ 冷暖房設定

冷暖房設定温度および稼働時間については，(財) 建材試験センター技術実証委員会承認の下設定した。

表４－２　冷暖房設定

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

④ ＣＯＰ（Coefficient of Performance：エネルギー消費効率）

熱負荷の低減効果を熱量単位（kWh）だけでなく，電気料金の低減効果（円）としても示すため，定格出力運転時における消費電力 1kW 当たりの冷房・暖房能力（kW）を表した COP および電力量料金単価を設定する。

（財）省エネルギーセンターの「省エネ性能カタログ」より，表４－４の条件下において冷房期間や暖房期間毎に算出された COP の平均値（表４－３）を適用。

表４－３　COP の設定

建築物	冷房（－）	暖房（－）
工場	3.55	3.90

注：(財)省エネルギーセンター「省エネ性能カタログ 業務用エアコン」より，冷房能力 14.0kW クラス４方向カセット型の業務エアコンが８基あると想定，各メーカーのカタログ値を参考に設定。

表４－４　期間 COP の算出条件

項目		条件
外気温度		東京をモデルとしている。
	冷房時	乾球温度 35℃
	暖房時	乾球温度 7℃（湿球温度 6℃）
室内設定温度	冷房時	乾球温度 27℃（湿球温度 19℃）
	暖房時	乾球温度 20℃
期間	冷房	3.6 ヶ月間（6 月 2 日～9 月 21 日）
	暖房	5.5 ヶ月間（10 月 28 日～4 月 14 日）
使用時間		6：00～24：00 の 18 時間

参照１：省エネ性能カタログ 2006 年夏版（２．エアコン）
参照２：オフィス・店舗向けエアコンの省エネ性能 2006 春（省エネ性能一覧表の見方）

⑤ 電力量料金単価

東京電力，関西電力に標準的な契約条件等を確認し，下記の通り電力量料金単価を設定した。

表４－５　電力量料金単価の設定値

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。

（電力料金算出に係る基本的な考え方）

電力料金は，主に基本料金等と電力量料金の和（消費税も掛かる）。高反射率防水シートによる空調負荷低減効果を算出する上で，契約内容等の条件を固定すると，基本料金等は高反射率防水シート施工前後で一定となり，日射遮蔽による影響を受けるのは空調負荷量に依存する電力量料金のみになる。

電力量料金は電力量料金単価と燃料費調整単価（石油等の燃料価格変動に依存）で構成されているが，燃料費調整単価は電力量料金単価と比較して十分小さいため，電力量料金は電力量料金単価で代用することとする。

工場の電力量料金単価については，標準的な契約電力は 500kW 未満であることを考慮し，この条件に適合した工場で平日の昼間に電気の使用が多い場合の契約を適用した（夏季とその他季で電力量料金が異なる）。

⑥ 実証項目・参考項目の設定期間

実証項目・参考項目の設定期間は下記の通りとする。

表４－６　数値計算による実証項目・参考項目の設定期間について

項目		名称	設定期間
実証項目	屋根(屋上) 表面温度低下量	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
	室温上昇抑制効果	夏季 14 時	
	冷房負荷低減効果	夏季 1 ヶ月	8 月 1 日～8 月 30 日
		夏季 6~9 月*1	6 月 1 日～9 月 30 日
	日射時の 対流顕熱量低減効果	夏季 1 ヶ月	8 月の 6 時～17 時
		夏季 6~9 月*1	6 月 1 日～9 月 30 日の 6 時～17 時
	夜間時の 対流顕熱量低減効果	夏季 1 ヶ月	8 月の 18 時～5 時
		夏季 6~9 月*1	6 月 1 日～9 月 30 日の 18 時～5 時
参考項目	冷房負荷低減効果	年間空調	1 年間
	暖房負荷低減効果	冬季 1 ヶ月	2 月 1 日～2 月 28 日
		冬季 11～4 月	11 月 1 日～4 月 31 日
	冷暖房負荷低減効果	期間空調	冷房期間 6～9 月（6 月 1 日～9 月 30 日）および 暖房期間 11～4 月（11 月 1 日～4 月 30 日）*1

*1：冷暖房期間は，（社）日本冷凍空調工業規格 JRA 4046（ルームエアコンディショナの期間消費電力量算出基準）を参考に設定した。

出力項目

本実証試験では，工場を対象として計算を行う。

数値計算により算出する各実証項目・参考項目は，高反射率防水シートの施工の有無による差分量として求める。

表４－７　LESCOM-env による出力リスト

対応する項目		名称*1	出力単位	対応する部分
実証項目	屋根（屋上）表面温度低下量	夏季 14 時	℃	屋根中央部分
	室温上昇抑制効果 （自然室温・体感温度）	夏季 14 時	℃	工場内
	冷房負荷低減効果	夏季 1 ヶ月	kWh/月	建物全体
			円/月	
		夏季 6～9 月	kWh/4 ヶ月	
			円/4 ヶ月	
	日射時の対流顕熱量低減効果 （6 時～17 時）	夏季 1 ヶ月	MJ	屋根表面
			%	
		夏季 6～9 月	MJ	
			%	
	夜間時の対流顕熱量低減効果 （18 時～5 時）	夏季 1 ヶ月	MJ	屋根表面
			%	
		夏季 6～9 月	MJ	
			%	
参考項目	冷房負荷低減効果	年間空調	kWh/年	建物全体
			円/年	
	暖房負荷低減効果	冬季 1 ヶ月	kWh/月	建物全体
			円/月	
		冬季 11～4 月	kWh/6 ヶ月	
			kWh/6 ヶ月	
	冷暖房負荷低減効果	期間空調	kWh/4 ヶ月	建物全体
			円/4 ヶ月	

*1：表４－６の設定期間に対応する名称

実証試験項目および参考項目

２－１．（1），（2）で測定した日射反射率と長波放射率を用いて熱負荷計算プログラム「LESCOM-env」により，下記に示す項目について，数値計算を行う。

（１）屋根（屋上）表面温度低下量

夏季（8 月 1 日～10 日の期間中最も日射量の多い日の 14 時）における高反射率防水シートの施工による屋根表面温度の低下量について，数値計算により算出する。

（２）室温上昇抑制効果

夏季（8 月 1 日～10 日の期間中最も日射量の多い日の 14 時）における高反射率防水シートの施工による室温の上昇抑制効果について，数値計算により算出する。

（３）冷房負荷低減効果

高反射率防水シートの施工による夏季 1 ヶ月（8 月），夏季 6～9 月（6 月 1 日～9 月 30 日）における冷房負荷の低減効果について，数値計算により算出する。

（４）日射時の対流顕熱量低減効果

高反射率防水シートの施工による夏季 1 ヶ月の 6 時~17 時（8 月），夏季 6～9 月の 6 時～17 時（6 月 1 日~9 月 30 日）における屋根表面から外気への対流による顕熱移動量の低減効果について，数値計算により算出する。

（５）夜間時の対流顕熱量低減効果

高反射率防水シートの施工による夏季 1 ヶ月の 18 時～5 時（8 月），夏季 6～9 月の 18 時～5 時（6 月 1 日～9 月 30 日）における屋根表面から外気への対流による顕熱移動量の低減効果について，数値計算により算出する。

（６）冷房負荷低減効果【参考項目】

冷房期間を1年間とした場合の高反射率防水シートの施工による冷房負荷の低減効果の合計について，数値計算により参考項目として算出する。

（７）暖房負荷低減効果【参考項目】

高反射率防水シートの施工による冬季 1 ヶ月（2 月）および冬季 11～4 月（11 月 1 日～4 月 30 日）における暖房負荷の低減効果について，数値計算により参考項目として算出する。

（８）冷暖房負荷削減効果【参考項目】

期間空調（冷房期間 6～9 月および暖房期間 11～4 月）をした場合の，高反射率防水シートの施工による冷房負荷・暖房負荷の低減効果の合計について，数値計算により参考項目として算出する。

なお，各項目において，熱負荷の低減効果の熱量単位（kWh）から電力量料金単位（円）への換算は，以下の式により行った。

$$\Delta E = \frac{\Delta Q}{COP} \times A \qquad \cdots\cdots\cdots \qquad (1)$$

ここに，ΔE：熱負荷の低減効果〔電力量料金〕（ΔE（円））
ΔQ：熱負荷の低減効果〔熱量〕（kWh）
COP：冷房 COP または暖房 COP（－）
A：電力料金の従量単価（円/kWh）

３．　環境負荷・維持管理等実証項目の実証試験

（１）性能劣化の把握

２－１．（１）～（３）で測定を行った試験体のうち，日射反射率が 2 番目に高いものを（財）建材試験センター中央試験所内の屋外に水平に設置し，4 ヶ月間（11 月～3 月）の期間暴露を行った後，再度２－１．（１）～（３）の測定を行う。

Ⅴ．実証試験結果と検討

１．　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)　色名：ライトグリーン

			暴露試験前				暴露試験後	反射性能の保持率（%）*4
			No.1	No.2	No.3	平均	No.1	
日射反射率	近紫外および可視光域*1	（%）	26.8	26.7	26.7	26.7	24.0	89.8
	近赤外域*2	（%）	57.5	57.5	57.4	57.5	50.4	87.7
	全波長域*3	（%）	40.2	40.2	40.1	40.2	35.5	88.4
長波放射率		（－）	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	100.0
明度		（－）	6.1	6.1	6.0	6.1	5.8	95.1

2)　色名：パールライト

			暴露試験前				暴露試験後	反射性能の保持率（%）*4
			No.1	No.2	No.3	平均	No.2	
日射反射率	近紫外および可視光域*1	（%）	58.1	58.0	57.8	58.0	43.9	75.7
	近赤外域*2	（%）	64.4	64.3	63.9	64.2	52.7	82.1
	全波長域*3	（%）	60.7	60.6	60.3	60.5	47.7	78.8
長波放射率		（－）	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	100.0
明度		（－）	8.2	8.2	8.2	8.2	7.3	88.9

*1：近紫外および可視光域の波長範囲は，300 nm～780nm である。

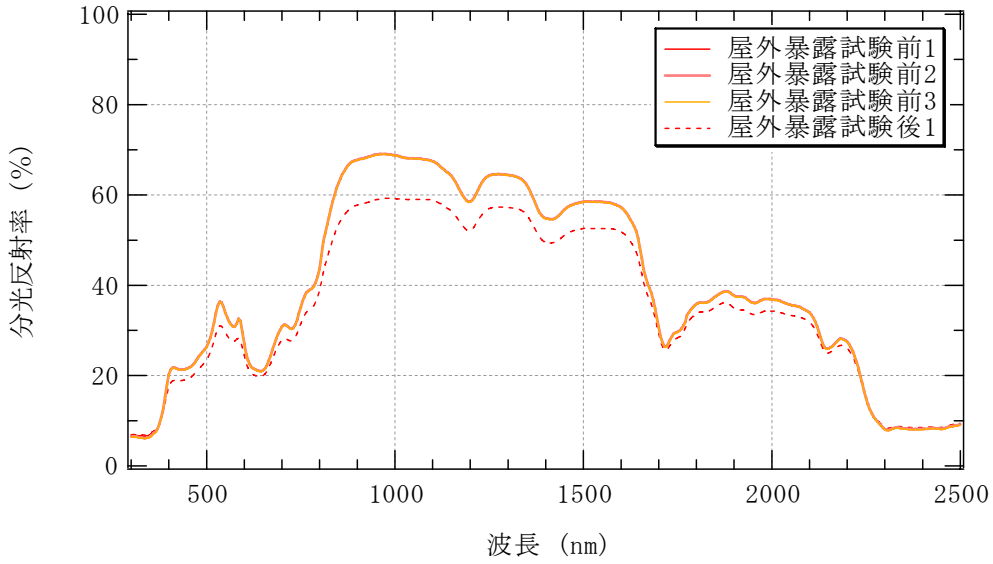
*2：近赤外域の波長範囲は，780 nm～2500nm である。

*3：全波長域の波長範囲は，300 nm～2500nm である。

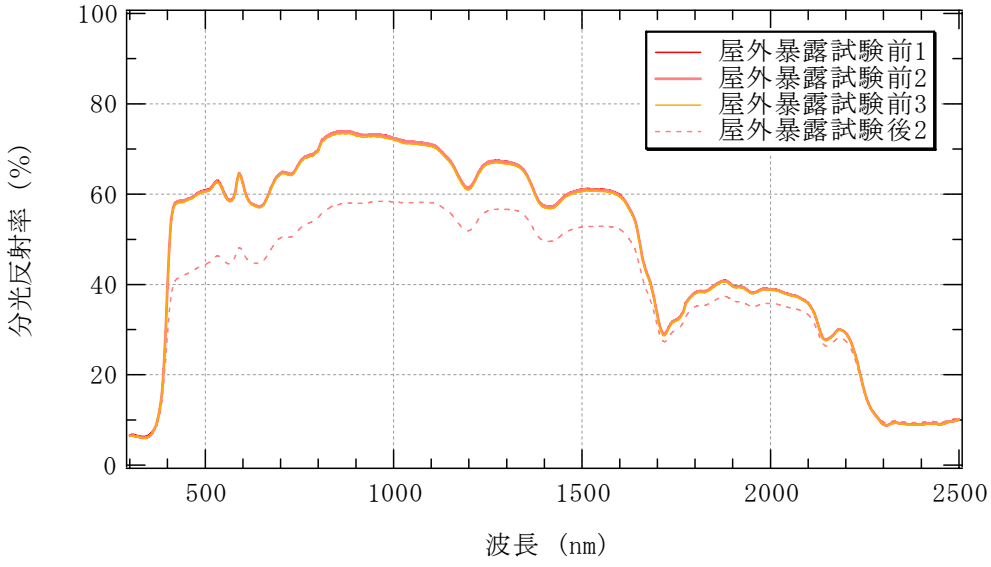
*4：反射性能の保持率は，（暴露試験後の値／暴露試験前の平均値）×100（%）で示す。

【分光反射率（**波長範囲**:300nm～2500nm）の特性】

1) 色名：ライトグリーン



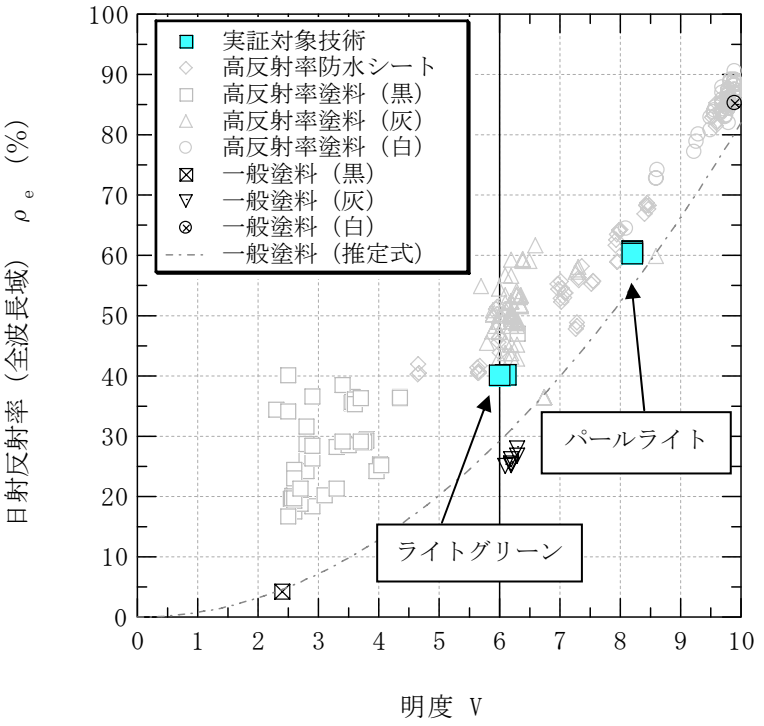
2) 色名：パールライト



※ 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，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。

※ 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。

【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建材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建材とで日射反射率に差はほぼ無い。高反射率建材は，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：19 ページ）

※　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。

2.　数値計算により算出する実証項目

【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)*1		4.7 ℃ (56℃→51.3 ℃)	4.4 ℃ (57.7℃→53.3 ℃)
室温上昇 抑制効果*1 (夏季 14 時)	自然室温*2 (冷房無し)	0.4 ℃ (43.4℃→43 ℃)	0.3 ℃ (45℃→44.7 ℃)
	体感温度*3 (作用温度)	0.3 ℃ (43.2℃→42.9 ℃)	0.3 ℃ (44.8℃→44.5 ℃)
冷房負荷 低減効果*4 (夏季 1 ヶ月)	熱量	491.4 kWh/月 (基準の防水シート 34822.2 kWh/月) 1.4 % 低減	650.0 kWh/月 (基準の防水シート 40773.6 kWh/月) 1.6 % 低減
	電気料金	1881 円/月	2305 円/月
冷房負荷 低減効果*4 (夏季 6～9 月)	熱量	1686.9 kWh/4 ヶ月 (基準の防水シート 89359.4 kWh/4 ヶ月) 1.9 % 低減	1988.9 kWh/4 ヶ月 (基準の防水シート 105277.2 kWh/4 ヶ月) 1.9 % 低減
	電気料金	6340 円/4 ヶ月	6918 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 21 % 低減 (324703MJ→256621 MJ)	大気への放熱を 20.9 % 低減 (397542MJ→314565 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 21 % 低減 (1167780MJ→922740 MJ)	大気への放熱を 20.9 % 低減 (1379049MJ→1090572 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 27.8 % 低減 (−2595MJ→−3317 MJ)	大気への放熱を 169.3 % 低減 (−759MJ→−2044 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 32.1 % 低減 (−10660MJ→−14079 MJ)	大気への放熱を 413.9 % 低減 (−1422MJ→−7307 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）の一般の防水シートを用いた。ただし，実証対象技術の灰色の明度 V が 6±1 の範囲にないものは，同じ明度の一般の防水シートを基準とした。

【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	4239.7 kWh/年 (基準の防水シート 95137.2 kWh/年) 4.5 % 低減	5177.5 kWh/月 (基準の防水シート 118286.4 kWh/月) 4.4 % 低減
	電気料金	15678 円/年	17648 円/月
暖房負荷 低減効果*2 (冬季1ヶ月)	熱量	543.6 kWh/月 (基準の防水シート 10843.6 kWh/月) 5.0 % 低減	271.9 kWh/月 (基準の防水シート 14100 kWh/月) 1.9 % 低減
	電気料金	1744 円/月	804 円/月
暖房負荷 低減効果*2 (冬季 11～4 月)	熱量	1325.0 kWh/4 ヶ月 (基準の防水シート 38529.7 kWh/4 ヶ月) 3.4 % 低減	605.8 kWh/月 (基準の防水シート 44864.7 kWh/月) 1.4 % 低減
	電気料金	4250 円/4 ヶ月	1791 円/月
冷暖房負荷 低減効果*3 (期間空調)	熱量	361.9 kWh/年 (基準の防水シート 127889.2 kWh/年) 0.3 % 低減	1383.1 kWh/年 (基準の防水シート 150141.9 kWh/年) 0.9 % 低減
	電気料金	2090 円/年	5126 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 1 日 ： 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「基準の防水シート ○○kWh/△△」とは，基準とする一般の防水シートを施工した状態において，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防水シートの施工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。

【注意事項】

材料の明度 V と日射反射率 ρe 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 に近付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５－２明度と日射反射率の関係（15 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。別添図に示したように，白色では一般塗料と高反射率建材との間で差は大きくないが，灰色および黒色では，同じ明度での日射反射率に差が明確に現れている。

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±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。

○ 付録

１．　データの品質管理

本実証試験を実施にあたり，データの品質管理は，大阪府環境農林水産総合研究所が定める品質マニュアルに従って管理した。

（１）測定操作の記録方法

記録用紙は，(財) 建材試験センター規程による試験データシート，実測値を記録するコンピュータープリントアウトおよび実証試験要領に規定した成績書とした。

（２）精度管理に関する情報

JIS Q 17025:2000（ISO/IEC17025:1999）「試験所および校正機関の能力に関する一般要求事項」に準拠した測定トレーサビリティによりデータの精度管理を行った。

２．　データの管理，分析，表示

（１） データ管理とその方法

本実証試験から得られる以下のデータは，大阪府環境農林水産総合研究所が定める品質マニュアルにしたがって管理するものとする。データの種類は次のとおりである。

・空調負荷低減性能項目のデータ

・環境負荷，維持管理等実証項目のデータ

（２） データ分析と評価

実証項目の測定結果の分析・表示方法は以下のとおりである。

1)空調負荷低減性能項目のデータ

・日射反射率，長波放射率，明度，屋根（屋上）表面温度低下量，室温上昇抑制効果，冷房負荷低減効果，日射時の対流顕熱量低減効果，夜間時の対流顕熱量低減効果

2)環境負荷,維持管理等実証項目のデータ

・性能劣化の把握

３．　監査

本実証試験で得られたデータの品質監査は，大阪府環境農林水産総合研究所が定める品質マニュアルに従って行うものとする。実証試験が適切に実施されていることを確認するために実証試験の期間中に内部監査を実施した。

この内部監査は，本実証試験から独立している大阪府環境農林水産総合研究所環境情報部長を内部監査員として任命し実施した。