

環境省

平成23年度環境技術実証事業

ヒートアイランド対策技術分野

建築物外皮による空調負荷低減等技術
実証試験結果報告書
《詳細版》

平成24年3月

実証機関 : 一般財団法人日本塗料検査協会
技術 : 屋根・屋上用高反射率塗料（遮熱塗料）
実証申請者 : エナジスタ株式会社
製品名・型番 : サーモシールド



本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

数値計算に関する注意事項

- 適用したシミュレーションソフト等について -

環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野（建築物外皮による空調負荷低減等技術）では、実証試験要領に基づき、数値計算を行っている。

平成 18 年度から平成 23 年度までに行った数値計算で使用したシミュレーションソフトを以下に示す。

表 数値計算で使用したシミュレーションソフト

年度	シミュレーションソフト
平成 18 年度～平成 22 年度	・ LESCOM-env *1
平成 23 年度	・ AE-Sim/Heat *2 ・ NewHASP/ACLD *3

シミュレーションソフトが異なれば、同一条件で数値計算を実施しても、必ずしも同一の結果になるとは限らない。また一方で、シミュレーションソフト、数値計算で対象としている建築物モデル、及び数値計算の設定条件などを変更している場合がある。

そのため、本事業で実証された全ての実証対象技術について、それらの実証試験結果報告書を閲覧する場合、以下の点について注意を要する。

技術の種類や実証年度により、数値計算の諸条件に違いがあることを認識する必要がある。

同一の技術の種類であっても、平成 18 年度から平成 22 年度の間の実証された数値計算結果と、平成 23 年度に実証された数値計算結果との単純な比較は行えない。

《平成 24 年 3 月》

【参考】

平成 23 年度環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野(建築物外皮による空調負荷低減等技術)実証試験要領(第 4 版)*4では、数値計算に用いるシミュレーションソフトについて、以下のとおり規定している。

本編

第 5 章 実証試験の方法

2.2 数値計算で算出する実証項目の前提条件

(2) 数値計算方法(シミュレーションソフトについて)

数値計算に用いるシミュレーションソフトは、以下の条件を満たすものとする。ただし、実証対象技術の種類により、条件を満たすことが出来ない場合を除く。

- ・ 第 1 部第 5 章 2.2 (4) 及び (5) に示す条件及び項目の算出が可能であること。
- ・ 市販または無料配布されていること。

*1：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」^注を、実証対象技術に応じた内容に追加開発(東京理科大学武田仁教授による)したもの

*2：株式会社建築環境ソリューションズ(監修：東京大学 教授 坂本雄三)

*3：空気調和・衛生工学会 . オフィスビルの内部発熱と熱負荷シミュレーション , 2009 , 143p , R-1009-2008 .

*4：財団法人建材試験センター, 環境省水・大気環境局 . 環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野 建築物外皮による空調負荷低減等技術実証試験要領 . 第 4 版 , 平成 23 年 5 月 19 日 , 82p , http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=17530&hou_id=13792 .

注) 武田仁ほか . 標準気象データと熱負荷計算プログラム LESCOM . 第 1 版 , 井上書院 , 2005 年 .

- 目 次 -

全体概要	1
1. 実証対象技術の概要.....	1
2. 実証試験の概要.....	1
2.1 空調負荷低減等性能.....	1
2.2 環境負荷・維持管理等性能.....	1
3. 実証試験結果.....	2
3.1 空調負荷低減等性能及び環境負荷・維持管理等性能.....	2
3.2 環境負荷・維持管理等性能【参考項目】.....	6
4. 参考情報.....	7
本編	8
1. 実証試験の概要と目的.....	8
2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌.....	9
3. 実証対象技術の概要（参考情報）.....	11
4. 実証試験の内容.....	12
4.1 実証試験期間.....	12
4.2 空調負荷低減等性能.....	12
4.3 環境負荷・維持管理等性能.....	19
5. 実証試験結果と検討.....	20
5.1 空調負荷低減等性能.....	20
5.2 環境負荷・維持管理等性能【参考項目】.....	26
付録	29
1. データの品質管理.....	29
1.1 測定操作の記録方法.....	29
1.2 精度管理に関する情報.....	29
2. データの管理、分析、表示.....	29
2.1 データ管理とその方法.....	29
2.2 データ分析と評価.....	29
3. 監査.....	29
資料編	30
別添試験データ	33

全体概要

実証対象技術 / 実証申請者	サーモシールド / エナジスタ株式会社
実証機関	一般財団法人日本塗料検査協会
実証試験期間	平成23年9月12日～平成24年2月13日

1. 実証対象技術の概要

建築物の屋根（屋上）に日射反射率の高い塗料を塗布する技術
技術の特徴などの情報は、4.参考情報（概要版7ページ）を参照。

2. 実証試験の概要

2.1 空調負荷低減等性能

屋根・屋上用高反射率塗料の熱・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築物の屋根（屋上）に屋根・屋上用高反射率塗料を塗布した場合の効果（冷房負荷低減効果等）を数値計算により算出した。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6.0±0.2の範囲にないものは、同じ明度の一般塗料を基準とした。一般塗料の日射反射率は、詳細版本編4.2.2.(3)に示す推定式（詳細版本編18ページ参照）により算出した。

2.1.1. 数値計算における設定条件

(1) 対象建築物

工場〔床面積：1000m²、最高高さ：10.8m、構造：S造（鉄骨造）〕

注）周囲の建築物等の影響による日射の遮蔽は考慮しない。

対象建築物の詳細は、詳細版本編4.2.2(1) 対象建築物（詳細版本編13ページ）参照。

(2) 使用気象データ

拡張アメダス気象データ標準年（1981年～1995年）（東京都及び大阪府）

(3) 空調機器設定

建築物	設定温度()		稼働時間	冷房 COP	暖房 COP
	冷房	暖房			
工場	28.0	18.0	平日 8～17時	3.55	3.90

(4) 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)	
			夏季	その他季
東京	工場	高圧電力 A	13.59	12.51
大阪		高圧電力 BS	12.59	11.53

2.2 環境負荷・維持管理等性能

財団法人建材試験センター中央試験所の敷地内（埼玉県草加市）で屋外暴露試験を4ヶ月間（9月～1月）実施した。屋外暴露試験終了後、熱・光学性能の測定を行い、屋外暴露試験前後の測定値の変化を確認した。

屋外暴露試験の結果は、暴露試験の実施場所により異なる。暴露地の違いによる結果の差異を確認するため、一般財団法人日本塗料検査協会の敷地内（神奈川県藤沢市）で屋外暴露試験を同時に実施した。参考として試験結果を示す（別添試験データ：33ページ参照）。

3. 実証試験結果

3.1 空調負荷低減等性能及び環境負荷・維持管理等性能

(1) 熱・光学性能及び環境負荷・維持管理等性能試験結果*1 (平均値)【実証項目】

		黒色		灰色		白色	
		屋外暴露 試験前	屋外暴露 試験後	屋外暴露 試験前	屋外暴露 試験後	屋外暴露 試験前	屋外暴露 試験後
日射反射率	近紫外及び 可視光域*2 (%)	14.2	13.7	30.7	28.4	68.9	61.4
	近赤外域*3 (%)	9.4	9.3	20.8	20.4	63.2	59.0
	全波長域*4 (%)	12.1	11.8	26.4	25.0	66.5	60.4
明度 ()		4.5	4.4	6.4	6.2	8.9	8.5
修正放射率(長波放射率) ()		0.92	0.93	0.91	0.93	0.87	0.94

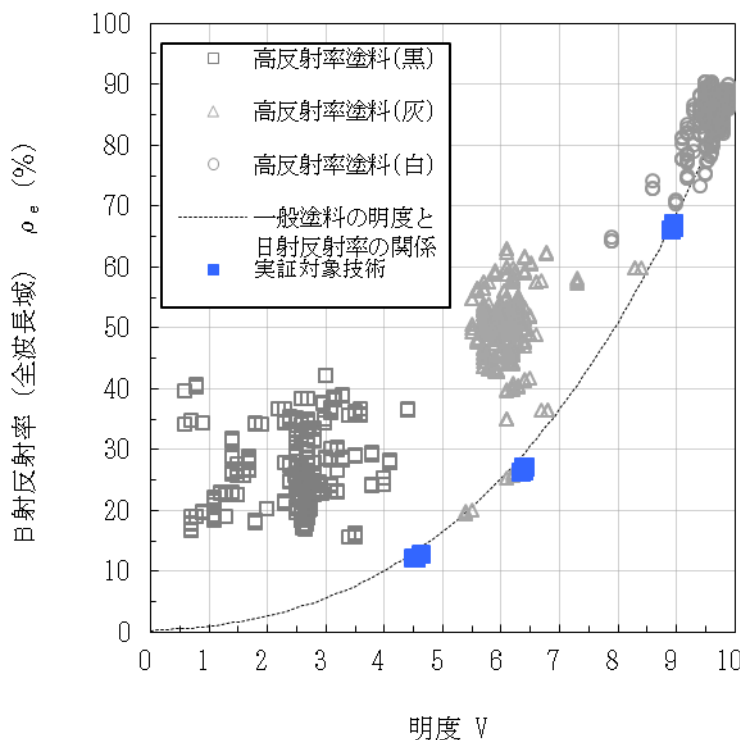
*1：結果は、試験結果（試験体数量 n=3）の平均値である。

*2：近紫外及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。

(2) 明度と日射反射率（全波長域）の関係【実証項目】



左図は、平成 20 年度～平成 23 年度環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野（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。

（詳細は、詳細版本編 27 ページ【注意事項】）

図 - 1 明度と日射反射率（全波長域）の関係

(3) 分光反射率 (波長範囲: 300nm ~ 2500nm) の特性

黒色

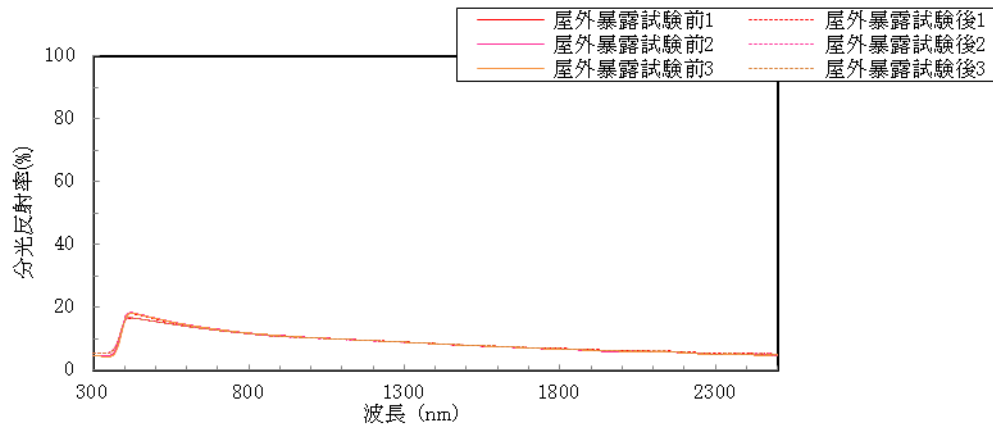


図 - 2 分光反射率測定結果 (黒色)

灰色

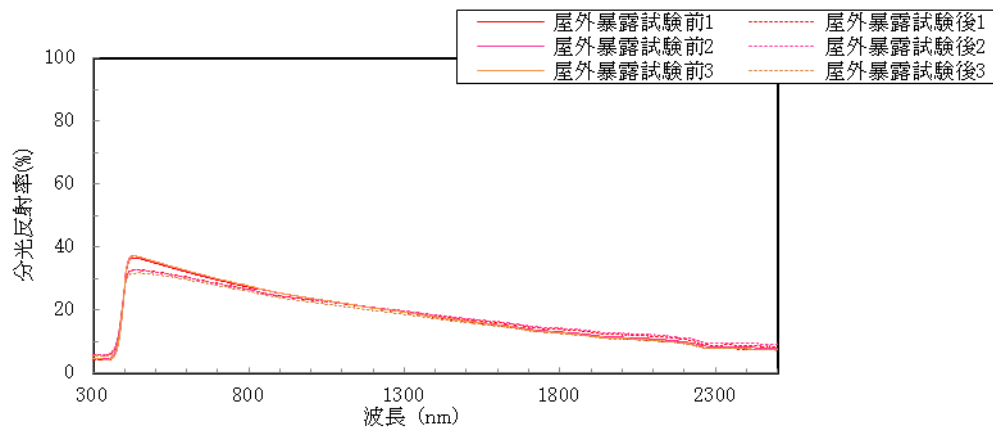


図 - 3 分光反射率測定結果 (灰色)

白色

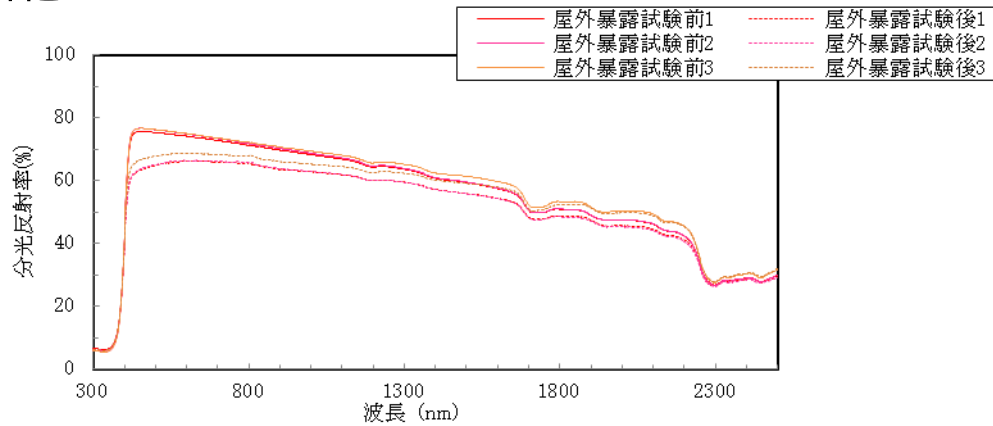


図 - 4 分光反射率測定結果 (白色)

屋外暴露試験の番号は試験体に任意に付したものである。屋外暴露試験前の測定は、施工時のばらつきを考慮し、 $n=3$ (n : 試験体数量) として測定した。屋外暴露試験による性能劣化を把握するため、試験終了後に測定を行った。

屋外暴露試験は、財団法人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。

3.1.2. 数値計算により算出する実証項目

(1) 実証項目の計算結果

【算出対象区域：工場全体〔屋上表面温度低下量及び顕熱量低減効果は、屋根（屋上）〕】
比較対象：一般塗料

		東京都	大阪府
		工場	
屋根(屋上)表面温度低下量 (夏季14時)*1		-0.8 (48.7 49.5)	-0.9 (51.9 52.8)
室温上昇 抑制効果*1 (夏季14時)	自然室温*2	-0.2 (37.1 37.3)	-0.1 (37.8 37.9)
	体感温度*3	-0.5 (38.4 38.9)	-0.2 (38.7 38.9)
冷房負荷 低減効果*4 (夏季1ヶ月)	熱量	-77 kWh/月 (13,081kWh/月 13,158kWh/月)	-89 kWh/月 (16,648kWh/月 16,737kWh/月)
	電気料金	-0.6 % 低減 -295 円低減	-0.5 % 低減 -316 円低減
冷房負荷 低減効果*4 (夏季6~9月)	熱量	-211 kWh/4ヶ月 (30,837kWh/4ヶ月 31,048kWh/4ヶ月)	-252 kWh/4ヶ月 (35,653kWh/4ヶ月 35,905kWh/4ヶ月)
	電気料金	-0.7 % 低減 -795 円低減	-0.7 % 低減 -883 円低減
昼間の対流顕熱量低減効果 (夏季1ヶ月)		大気への放熱を-1.3 % 低減 (120,358MJ/月 121,921MJ/月)	大気への放熱を-1.5 % 低減 (113,705MJ/月 115,394MJ/月)
昼間の対流顕熱量低減効果 (夏季6~9月)		大気への放熱を-1.2 % 低減 (430,969MJ/4ヶ月 436,124MJ/4ヶ月)	大気への放熱を-1.4 % 低減 (416,461MJ/4ヶ月 422,426MJ/4ヶ月)
夜間の対流顕熱量低減効果 (夏季1ヶ月)		大気への放熱を-0.4 % 低減 (69,171MJ/月 69,414 MJ/月)	大気への放熱を-0.3 % 低減 (74,466MJ/月 74,710 MJ/月)
夜間の対流顕熱量低減効果 (夏季6~9月)		大気への放熱を-0.3 % 低減 (256,574MJ/4ヶ月 257,353MJ/4ヶ月)	大気への放熱を-0.3 % 低減 (277,654MJ/4ヶ月 278,544MJ/4ヶ月)

*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表面温度・室温の抑制効果

*2：冷房を行わないときの室温

*3：平均放射温度（MRT）を考慮した温度（空気温度とMRTの重み付き平均）

*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ときに冷房稼働した場合の冷房負荷低減効果

注）数値計算は、モデル的な工場を想定し、各種前提条件のもと行ったものであり、実際の導入環境とは異なる。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6.0±0.2の範囲内にはないものは、同じ明度の一般塗料を基準とした。一般塗料の日射反射率は、詳細版本編4.2.2.(3)に示す推定式（詳細版本編18ページ参照）により算出した。

(2) 参考項目の計算結果

【算出対象区域：工場全体】

比較対象：一般塗料

		東京都	大阪府
		工場	
冷房負荷 低減効果*1 (年間空調)	熱量	-243 kWh/年 (32,132kWh/年 32,375kWh/年)	-288 kWh/年 (37,105kWh/年 37,393kWh/年)
	電気料金	-908 円低減	-1,000 円低減
暖房負荷 低減効果*2 (冬季1ヶ月)	熱量	54 kWh/月 (15,593kWh/月 15,539kWh/月)	45 kWh/月 (19,105kWh/月 19,060kWh/月)
	電気料金	173 円低減	133 円低減
暖房負荷 低減効果*2 (冬季11～4月)	熱量	188 kWh/6ヶ月 (70,255kWh/6ヶ月 70,067kWh/6ヶ月)	164 kWh/6ヶ月 (73,447kWh/6ヶ月 73,283kWh/6ヶ月)
	電気料金	605 円低減	484 円低減
冷暖房負荷 低減効果*3 (期間空調)	熱量	-23 kWh/年 (101,092kWh/年 101,115kWh/年)	-88 kWh/年 (109,100kWh/年 109,188kWh/年)
	電気料金	-190 円低減	-399 円低減

*1：年間を通じ室内温度が冷房設定温度を上回ったとき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ときに冷房が稼働した場合及び冬季（11～4月）において室内温度が暖房設定温度を下回ったときに暖房が稼働した場合の冷暖房負荷低減効果

注）数値計算は、モデル的な工場を想定し、各種前提条件のもと行ったものであり、実際の導入環境とは異なる。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 6.0 ± 0.2 の範囲内にはないものは、同じ明度の一般塗料を基準とした。一般塗料の日射反射率は、詳細版本編 4.2.2.(3)に示す推定式（詳細版本編 18 ページ参照）により算出した。

(3) (1)実証項目の計算結果及び(2)参考項目の計算結果に関する注意点

数値計算は、モデル的な工場を想定し、各種前提条件のもと行ったものである。実際の導入環境とは異なる。

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 及び電力量料金単価を設定している。

数値計算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*1

*1：設定温度よりも室温が高い場合に冷房運転を行う。

冷房・暖房負荷低減効果の熱量の欄には、実証対象技術の使用前後の熱負荷の差および使用前後の熱負荷の総和をそれぞれ示している（使用前 使用后）。

電気料金について、本計算では屋根・屋上用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（電気料金の算出に関する考え方は詳細版本編 28 ページ【電気料金算出に関する考え方】に示す）。

3.2 環境負荷・維持管理等性能【参考項目】

【付着性試験】*1*2（平均値）

	屋外暴露試験前	屋外暴露試験後
付着強さ (N/mm ²)	0.7	0.8

*1：結果は、試験結果（試験体数量 n=3）の平均値である。

*2：破壊状況は、詳細版本編 5.2 に詳細を示す（詳細版本編 26 ページ参照）。

4. 参考情報

(1)実証対象技術の概要(参考情報)及び(2)その他メーカーからの情報(参考情報)は、全て実証申請者が自らの責任において申請したものであり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

(1) 実証対象技術の概要(参考情報)

項目		実証申請者 記入欄	
実証申請者		エナジスタ株式会社	
技術開発企業名		SPM Thermo-Shield 社	
実証対象製品・名称		サーモシールド	
実証対象製品・型番			
連絡先	TEL	03-5298-4103	
	FAX	03-5298-4187	
	Web アドレス	http://www.the-energysta.com	
	E-mail	mochi.energysta@gmail.com	
技術の特徴		<p>スペースシャトルと同様のスリーエム製中空バルブを用いて開発された次世代塗料であり中空セラミックバルブ(およそ 50%)と特殊樹脂を使った水溶性の塗料。以下のような特徴を有する。</p> <p>1) アメリカにて Energy Star を取得済み(白色) 2) 日射反射率が高い(白色) 3) 軽量 4) 防水性あり 5) 防火性あり 6) 耐酸・耐アルカリ性あり 7) 伸び率 70%(高い伸縮性能) 8) 有機溶剤を使わずまた揮発性有機物質を含まない 9) 塩ビなどの特殊材料にも塗布可能 10) 耐防汚性が高い(汚れにくい) 11) 簡易施工(作業前のミキシングが不要)等の複合機能を有する高付加価値塗料であり世界に広がっている。</p>	
設置条件	対応する建築物・部位など	屋根など	
	施工上の留意点	<p>高圧洗浄等で汚れを落としてから施工。錆がひどい場合は錆を落とし錆の広がりを防ぐ防錆処理をする。アスファルトコートやフッ素コートなど水をはじくタイプの施工面に施工する場合には下地処理が必要な場合もある。水のたまりやすい場所に施工時は3度塗りが必要。</p>	
	その他設置場所等の制約条件	<p>缶にて保管する場合には0 以上の場所にて保管すること。 重ね塗り施工なので十分乾いたのち次の塗膜の施工を行うこと。</p>	
メンテナンスの必要性 耐候性・製品寿命など		<p>期待値10年の製品寿命があるが 効果維持を高めるために 5年一度のメンテナンス(高圧洗浄後 表皮に一度塗り)を推奨。</p>	
コスト概算		設計施工価格(材工共)	1m ² あたり
		材料費(3回塗)	1,000 円
		材料費(2回塗)	667 円
		施工費	1,500 ~ 2,000 円
		合 計	2,167 ~ 3,000 円
			1m ² あたり

(2) その他メーカーからの情報(参考情報)

米国エナジースターマーク取得済み

本編

1. 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、環境技術を実証する手法・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23年5月19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（第4版）*1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】

◆ 空調負荷低減等性能

【熱・光学性能】

- 日射反射率
- 明度
- 修正放射率（長波放射率）

【数値計算】

- 屋根（屋上）表面温度低下量
- 冷房負荷低減効果
- 室温上昇抑制効果
- 対流顕熱量低減効果

◆ 環境負荷・維持管理等性能

- 性能劣化の把握

*1：財団法人建材試験センター、環境省水・大気環境局、環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野建築物外皮による空調負荷低減等技術実証試験要領 第4版、平成23年5月19日、82p、http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=17530&hou_id=13792。

2. 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、エラー！参照元が見つかりません。に示すとおりである。

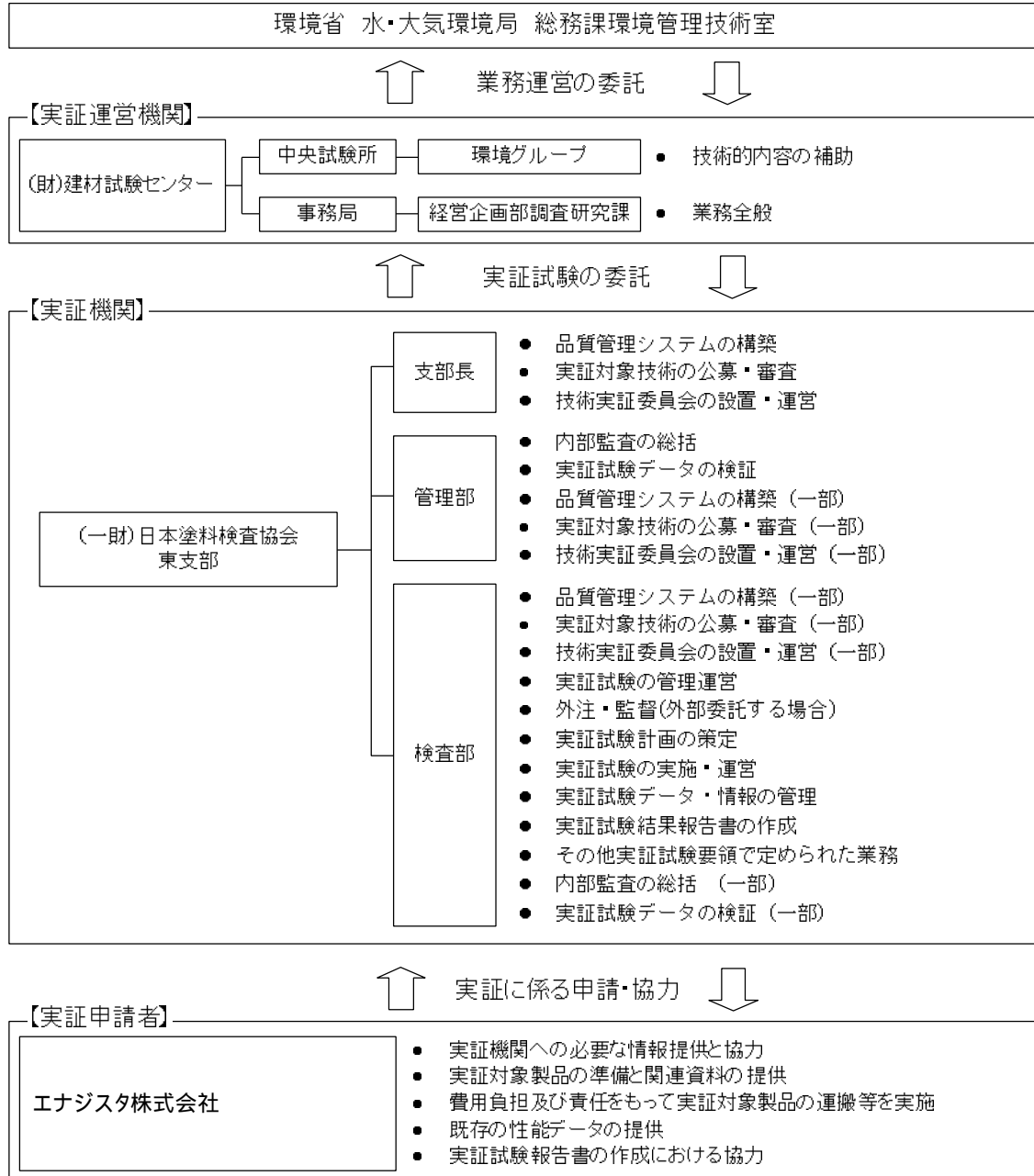


図 2-1 実証試験参加組織

表 2-1 実証試験参加者と責任分掌

区分	実証試験参加機関	責任分掌	参加者
実証 機関	一般財団法人 日本塗料検査協会 東支部	品質管理システムの構築	東支部 ・小川 進
		実証対象技術の公募・審査	管理部 ・田原 芳雄 検査部 ・河村 マリ
		技術実証委員会の設置・運営	・清水 亮作 ・比留川伸司
		実証試験の管理運営	検査部 ・清水 亮作 ・比留川伸司 ・櫻井 剛 ・関島 竜太 ・西岡 祐 ・及川 兼之
		実証試験計画の策定	
		実証試験の実施・運営	
		実証試験データ・情報の管理	
		実証試験結果報告書の作成	
		その他実証試験要領で定められた業務	
		内部監査の総括	管理部 ・田原 芳雄
実証試験データの検証	検査部 ・河村 マリ		
実証 申請者	エナジスタ株式会社	実証機関への必要な情報提供と協力	代表取締役 望月 秀樹
		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	

3. 実証対象技術の概要（参考情報）

実証対象技術の概要は、表 3-1 に示すとおりである。

3.実証対象技術の概要に示す情報は、全て実証申請者が自らの責任において申請したものであり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

表 3-1 実証対象技術の概要（参考情報）

項目		実証申請者 記入欄	
実証申請者		エナジスタ株式会社	
技術開発企業名		SPM Thermo-Shield 社	
実証対象製品・名称		サーモシールド	
実証対象製品・型番			
連絡先	TEL	03-5298-4103	
	FAX	03-5298-4187	
	Web アドレス	http://www.the-energysta.com	
	E-mail	mochi.energysta@gmail.com	
技術の特徴		<p>スペースシャトルと同様のスリーエム製中空バルブを用いて開発された次世代塗料であり中空セラミックバルブ(およそ 50%)と特殊樹脂を使った水溶性の塗料。以下のような特徴を有する。</p> <p>1) アメリカにて Energy Star を取得済み(白色) 2) 日射反射率が高い(白色) 3) 軽量 4) 防水性あり 5) 防火性あり 6) 耐酸・耐アルカリ性あり 7) 伸び率 70%(高い伸縮性能) 8) 有機溶剤を使わずまた揮発性有機物質を含まない 9) 塩じなどの特殊材料にも塗布可能 10) 耐防汚性が高い(汚れにくい) 11) 簡易施工(作業前のミキシングが不要)等の複合機能を有する高付加価値塗料であり世界に広がっている。</p>	
設置条件	対応する建築物・部位など	屋根など	
	施工上の留意点	<p>高圧洗浄等で汚れを落としてから施工。錆がひどい場合は錆を落とし錆の広がりを防ぐ防錆処理をする。アスファルトコートやフッ素コートなど水をはじくタイプの施工面に施工する場合には下地処理が必要な場合もある。水のたまりやすい場所に施工時は3度塗りが必要。</p>	
	その他設置場所等の制約条件	<p>缶にて保管する場合には0 以上の場所にて保管すること。 重ね塗り施工なので十分乾いたのち次の塗膜の施工を行うこと。</p>	
メンテナンスの必要性 耐候性・製品寿命など		<p>期待値 10 年の製品寿命があるが 効果維持を高めるために 5 年一度のメンテナンス(高圧洗浄後 表皮に一度塗り)を推奨。</p>	
コスト概算		設計施工価格(材工共)	1m ² あたり
		材料費(3 回塗)	1,000 円
		材料費(2 回塗)	667 円
		施工費	1,500 ~ 2,000 円
		合 計	2,167 ~ 3,000 円
			1m ² あたり

その他メーカーからの情報（参考情報）

米国エナジースターマーク取得済み

4. 実証試験の内容

4.1 実証試験期間

(1) 試験体搬入

平成23年 9月 9日

(2) 熱・光学特性測定

平成23年 9月12日～平成23年 9月26日（屋外暴露試験前）

平成24年 1月30日～平成24年 2月 8日（屋外暴露試験後）

(3) 屋外暴露試験

平成23年 9月30日～平成24年 1月27日

(4) 数値計算

平成23年 9月15日～平成24年 2月13日

4.2 空調負荷低減等性能

4.2.1. 熱・光学特性

(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〕の測定を行った。試験体の色は、製品の中で最も明度が高いものと最も明度が低いもの及び灰色（N6（無彩色、明度V=6））の3種類とし、試験体数はそれぞれ3体（n=3、合計9体）とした。また、下地はH.P金属板（隠蔽率測定用金属板）とし、寸法は60mm×60mmとした。なお、下地材料は実証機関が提供した。

(2) 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）] 及び 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、明度の測定を行った。

(3) 修正放射率（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、常温の熱放射の波長域の分光反射率〔波長範囲：5.5μm～25μm〕を測定し、垂直放射率を算定した。算定結果をもとに、JIS R 3107（板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法）付表1を用いて修正放射率（長波放射率）を算出した。

【用語の定義】

- 日射反射率
日射（波長範囲：300nm～2500nm）の反射光の光束と入射光の光束の比。
- 明度（マンセルバリュー）
無彩色（色みのない色）のうち、黒（V=0）から白（V=10）までの明るさを感覚的に等しい段階に分けて表示したもの。
- 放射率
空間に放射する熱放射の放射束の、同じ温度の黒体が放射する熱放射の放射束に対する比。

4.2.2. 数値計算

本項目における実証試験結果は、温熱環境シミュレーションプログラム AE-Sim/Heat*¹ により算出する。また、AE-Sim/Heat への建築物モデルの入力は、建築環境シミュレーションプログラム用汎用入力インターフェイス AE-CAD を使用する。

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。

(1) 計算条件

対象建築物

工場〔床面積：1000m²、最高高さ：10.8m、構造：S造（鉄骨造）〕[表 4-2、図 4-1]

- 対象建築物モデルは、平成 20 年度～平成 22 年度環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野（建築物外皮による空調負荷低減等技術）において採用した工場モデルに基づき設定した。ただし、工場モデルの最高高さを 13.0m から 10.8m に変更している。
 - 対象建築物モデルの屋根断熱材は、次に示す 2 つの仕様とした。
仕様 1 は屋根（屋上）表面温度及び室内空気温度の算出に、仕様 2 はその他の実証項目及び参考項目の算出に適用した。
- 仕様 1：屋根の断熱材...グラスウール〔GW（10K）〕、厚さ 10mm
仕様 2：屋根の断熱材...グラスウール〔GW（10K）〕、厚さ 50mm
- 屋根の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（屋上）全面に屋根・屋上用高反射率塗料を塗布した条件下で数値計算を行った。
 - 対象建築物に適用したガラスの熱・光学性能値を以下に示す。

表 4-1 フロート板ガラスの熱・光学性能値

	日射透過率 (%)	日射反射率 (%)	熱貫流率 [W/(m ² ・K)]	遮へい係数 (-)
フロート板ガラス（厚さ 3mm）* ²	85.6	7.7	6.0	1.00

*1：株式会社建築環境ソリューションズ（監修：東京大学 教授 坂本雄三）

*2：藤井正一ほか．“ 8 章開口部の基準と設計 ”．住宅の省エネルギー基準の解説．次世代省エネルギー基準解説書編集委員会 第 2 版 財団法人建築環境・省エネルギー機構 2007，p.281．

表 4-2 想定する工場モデル

設定条件	内容
モデル建物の概要	<ul style="list-style-type: none"> 工場 (図 4-1 に示す形状とする。) 床面積: 1000m² 構造: S 造 (鉄骨造) 最高高さ: 10.8m (天井高さ 9.5m)
実証項目の対象となる部分	<ul style="list-style-type: none"> 工場全体
備考	<ul style="list-style-type: none"> 工場モデルの詳細は、詳細版資料編 30~32 ページに示す。

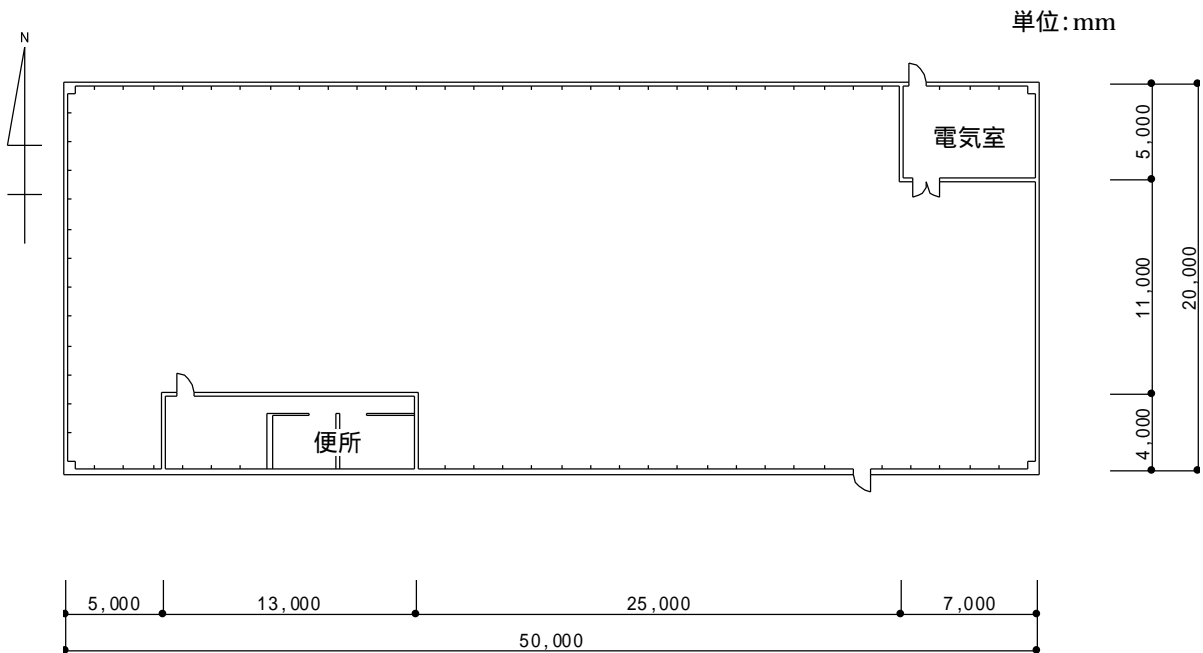


図 4-1 計算用工場モデル (平面図)

気象条件設定及び冷暖房設定

表 4-3 気象条件の設定

設定条件	内容
地域	・東京都、大阪府
気象データ	・拡張アメダス気象データ ((社) 日本建築学会) 標準年 (1981 年 ~ 1995 年)

表 4-4 冷暖房設定

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

室内における発熱量の設定

表 4-5 発熱量の設定条件

建築物	設定条件
工場	照明 : 15W/m ² (照明点灯時間 : 8 時 ~ 17 時) 人体 : 0.1 人/m ² 機器 : 25W/m ² (機器使用時間 : 8 時 ~ 17 時)

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

表 4-6 COP の設定*1

建築物	冷房 COP	暖房 COP	備考
工場	3.55	3.90	冷房能力 14.0kW クラス・4 方向カセット型

*1: 財団法人省エネルギーセンター 省エネ性能カタログ・業務用エアコン版・2006 年 3 月 2006 .

電力量料金単価

表 4-7 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。

実証項目・参考項目の設定期間

表 4-8 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31日
		夏季 6～9 月	6月1日～9月30日
	昼間の 対流顕熱量低減効果	夏季 1 ヶ月	8月1日～8月31日の6時～17時
		夏季 6～9 月	6月1日～9月30日の6時～17時
夜間の 対流顕熱量低減効果	夏季 1 ヶ月	8月1日～8月31日の18時～5時	
	夏季 6～9 月	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30日
冷暖房負荷低減効果	期間空調*1	冷房期間 6～9 月（6月1日～9月30日）及び 暖房期間 11～4 月（11月1日～4月30日）	

(2) 出力項目

本実証試験では、工場を対象として計算を行った。

数値計算により算出する各実証項目・参考項目は、屋根・屋上用高反射率塗料と一般塗料の差分量として求めた。

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。

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

ここに、 E：熱負荷の低減効果〔電力量料金〕(E (円))

Q：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)

表 4-9 数値計算による出力リスト

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 円/月	建物全体	
		夏季 6～9 月	kWh/4 ヶ月 円/4 ヶ月		
	昼間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 円/年	建物全体
		暖房負荷低減効果	冬季 1 ヶ月	kWh/月 円/月	建物全体
冬季 11～4 月			kWh/6 ヶ月 円/6 ヶ月		
冷暖房負荷低減効果		期間空調	kWh/年 円/年	建物全体	

*1：表 4-8 に示す設定期間に対応する名称

【用語の定義】

- 冷房負荷低減効果
実証対象技術による冷房負荷の低減効果
- 室温上昇抑制効果
実証対象技術による室温の上昇抑制効果
- 屋根（屋上）表面温度低下量
夏季における実証対象技術による屋根（屋上）表面温度〔中央部分〕の低下量
- 自然室温
冷暖房を行わないときの室温
- 体感温度
平均放射温度（MRT）を考慮した温度（室内空気温度とMRTの重み付き平均）
- 平均放射温度（MRT：Mean Radiant Temperature）
人体が周囲の壁面などから受ける放射熱量と同量の放射熱量を射出する黒体の一定の温度のこと（人体に対する熱放射の影響を考慮した体感指標）。
- 暖房負荷低減効果
実証対象技術による暖房負荷の低減効果
- 冷暖房負荷削減効果
実証対象技術による冷房負荷・暖房負荷の低減効果
- 対流顕熱量低減効果
実証対象技術によ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

(3) 数値計算の基準値

実証対象技術のヒートアイランド対策としての効果を検討するため、比較対象とする基準を設定した。屋根・屋上用高反射率塗料の場合、明度と日射反射率の関係上、明度が高くなるほど日射反射率が高くなる。そのため、実証対象技術の灰色塗料が規定の明度（ $V=6.0 \pm 0.2$ ）に該当するものは明度 $V=6$ の日射反射率を、また該当しないものについては同一明度の日射反射率を、基準とした。実証対象技術と同一明度の日射反射率の基準は、以下に示す式により算出した。

$$\rho_e = 0.9 \times \left(\frac{10 \times V + 16}{116} \right)^3 \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 ρ_e : 日射反射率（%）

V : 明度（ ）

4.3 環境負荷・維持管理等性能

4.3.1. 反射性能の保持率【実証項目】

詳細版本編 4.2.1.熱・光学特性（詳細版本編 12 ページ）で測定を行った試験体を、財団法人建材試験センター中央試験所内の屋外に水平に設置して、4ヶ月間（9月～1月）の暴露を行った後、再度詳細版本編 4.2.1.熱・光学特性の測定を行った。

暴露試験前後における実証対象技術の熱・光学性能試験結果から、屋外暴露 4ヶ月後における反射性能の保持能力を以下に示す式で求めた。

$$R_{\rho(4months)} = \frac{\rho_1}{\rho_0} \times 100 \quad (\%) \dots\dots\dots (3)$$

$$R_V(4months) = \frac{V_1}{V_0} \times 100 \quad (\%) \dots\dots\dots (4)$$

$$R_{\varepsilon(4months)} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} \times 100 \quad (\%) \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 $R_{\rho(4months)}$ 、 $R_V(4months)$ 、 $R_{\varepsilon(4months)}$ ：

屋外暴露試験 4ヶ月後における反射性能の保持率（％）
（以下、反射性能の保持率という）

ρ_1 、 V_1 、 ε_1 ：屋外暴露試験 4ヶ月後における反射性能値〔平均値〕（％）

ρ_0 、 V_0 、 ε_0 ：屋外暴露試験前の反射性能値〔平均値〕（％）

ρ ：日射反射率

V ：明度

ε ：修正放射率

屋外暴露試験の結果は、暴露試験の実施場所により異なる。暴露地の違いによる結果の差異を検討するため、一般財団法人日本塗料検査協会の敷地内（神奈川県藤沢市）で屋外暴露試験を同時に実施した。参考として試験結果を示す（別添試験データ：33 ページ参照）。

4.3.2. 付着性の変化の把握【参考項目】

JIS A 6909（建築用仕上塗材）に従い、付着強さの測定を行った。試験体の色は、詳細版本編 4.2.1.（詳細版本編 12 ページ）で調整した製品中最も明度が低いもの 1 種類とし、試験体は 6 体製作した。このうち測定を行う試験体数は 3 体（ $n=3$ ）とした。下地は JIS A 5430（繊維強化セメント板）に規定するフレキシブル板（スレート）とし、寸法は 70mm×70mm とし、下地材料は実証機関が提供した。

付着強さ測定が未実施の試験体 3 体を財団法人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（9月～1月）の暴露試験を行った。屋外暴露試験終了後、付着強さ測定を行い、屋外暴露試験前後の付着性能の変化を確認した。

【用語の定義】*1

- 付着性
塗膜が下地面に付着して離れにくい性質。
- 付着強さ
乾燥した塗膜と素地との間の付着力の総和。

*1：JIS K 5500:2006（塗料用語）

5. 実証試験結果と検討

5.1 空調負荷低減等性能

5.1.1. 熱・光学性能及び環境負荷・維持管理等性能

(1) 熱・光学性能及び環境負荷・維持管理等性能【実証項目】

黒色

		屋外暴露 試験前				屋外暴露 試験後				反射 性能の 保持率 (%) ^{*4}
		No.1	No.2	No.3	平均	No.1	No.2	No.3	平均	
日射 反射率	近紫外及び可視光域 ^{*1} (%)	14.2	14.3	14.2	14.2	13.7	13.7	13.7	13.7	96.5
	近赤外域 ^{*2} (%)	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.2	9.3	9.3	98.9
	全波長域 ^{*3} (%)	12.1	12.2	12.1	12.1	11.9	11.8	11.8	11.8	97.5
明度 ()		4.5	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.4	97.8
修正放射率(長波放射率) ()		0.92	0.92	0.92	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	101.1

灰色

		屋外暴露 試験前				屋外暴露 試験後				反射 性能の 保持率 (%) ^{*4}
		No.1	No.2	No.3	平均	No.1	No.2	No.3	平均	
日射 反射率	近紫外及び可視光域 ^{*1} (%)	30.4	30.8	30.8	30.7	28.7	28.6	28.0	28.4	92.5
	近赤外域 ^{*2} (%)	20.7	20.9	20.8	20.8	20.6	20.8	19.8	20.4	98.1
	全波長域 ^{*3} (%)	26.2	26.5	26.5	26.4	25.2	25.2	24.5	25.0	94.7
明度 ()		6.4	6.4	6.4	6.4	6.2	6.2	6.1	6.2	96.9
修正放射率(長波放射率) ()		0.92	0.90	0.91	0.91	0.93	0.93	0.93	0.93	102.2

白色

		屋外暴露 試験前				屋外暴露 試験後				反射 性能の 保持率 (%) ^{*4}
		No.1	No.2	No.3	平均	No.1	No.2	No.3	平均	
日射 反射率	近紫外及び可視光域 ^{*1} (%)	68.5	69.1	69.2	68.9	60.5	60.7	63.0	61.4	89.1
	近赤外域 ^{*2} (%)	62.7	63.0	64.0	63.2	58.1	58.2	60.8	59.0	93.4
	全波長域 ^{*3} (%)	66.0	66.5	67.0	66.5	59.5	59.6	62.0	60.4	90.8
明度 ()		8.9	8.9	9.0	8.9	8.4	8.5	8.6	8.5	95.5
修正放射率(長波放射率) ()		0.89	0.87	0.84	0.87	0.94	0.94	0.94	0.94	108.0

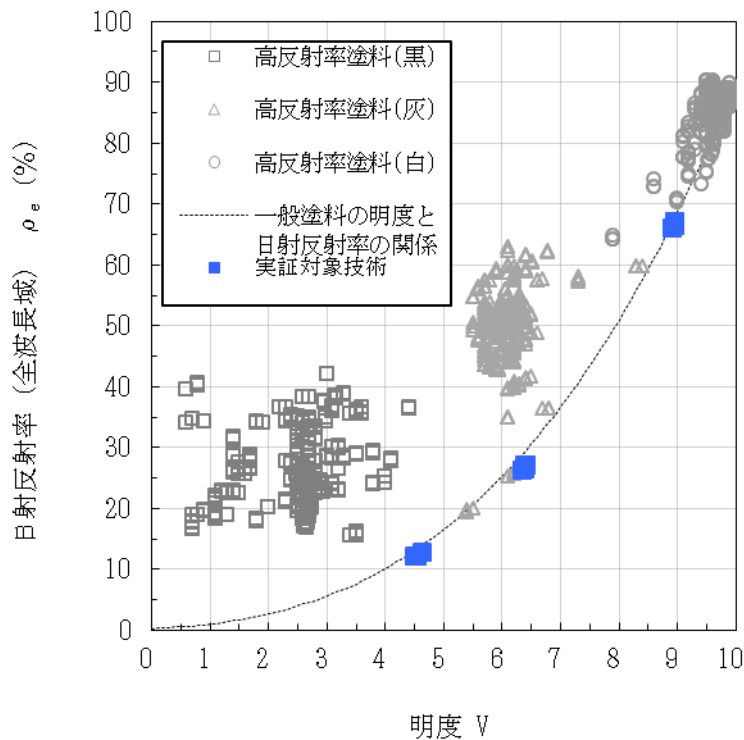
*1：近紫外及び可視光域の波長範囲は、300 nm～780nm である。

*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、詳細版本編 4.3.1（詳細版本編 19 ページ）に示す式により算出した。

(2) 明度と日射反射率 (全波長域) の関係【実証項目】



左図は、平成 20 年度～平成 23 年度環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野（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塗料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。（詳細は、詳細版本編 27 ページ【注意事項】）

図 5-1 明度と日射反射率（全波長域）の関係

(3) 分光反射率（波長範囲：300nm～2500nm）の特性

黒色

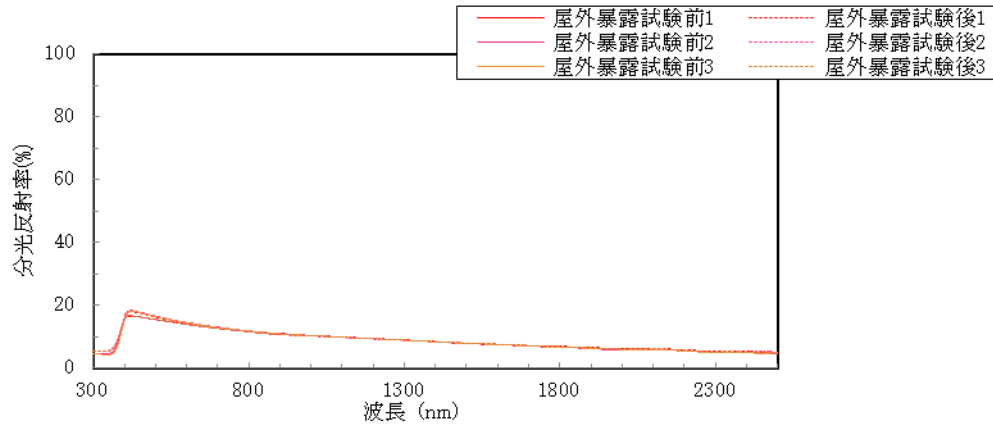


図 5-2 分光反射率測定結果（黒色）

灰色

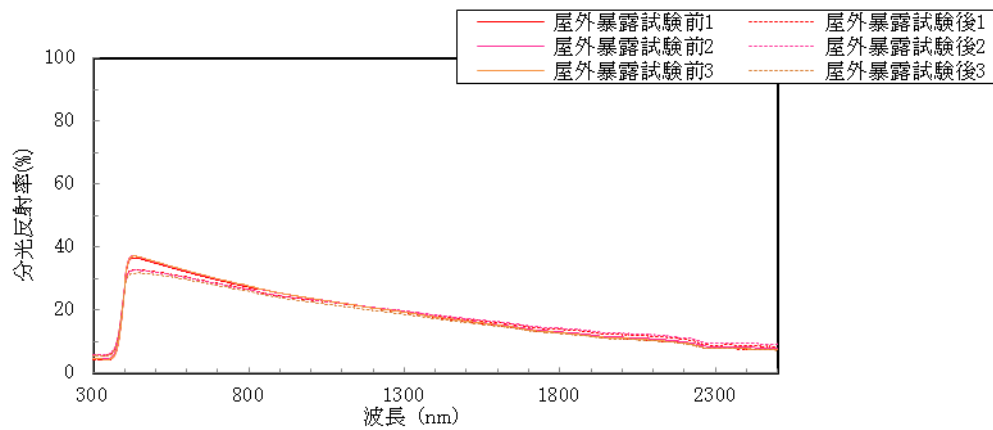


図 5-3 分光反射率測定結果（灰色）

白色

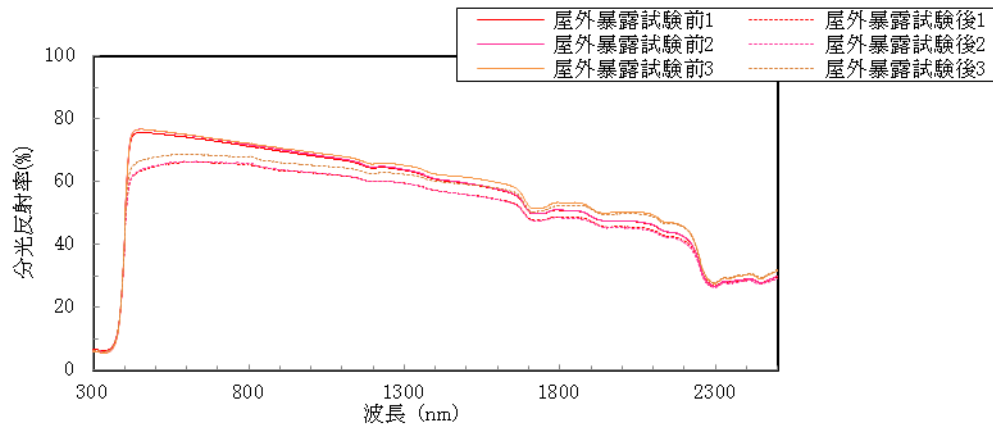


図 5-4 分光反射率測定結果（白色）

屋外暴露試験の番号は試験体に任意に付したものである。屋外暴露試験前の測定は、施工時のばらつきを考慮し、 $n=3$ （ n ：試験体数量）として測定した。屋外暴露試験による性能劣化を把握するため、試験終了後に測定を行った。
屋外暴露試験は、財団法人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。

5.1.2. 空調負荷低減等性能（数値計算）

(1) 実証項目の計算結果

【算出対象区域：工場全体〔屋上表面温度低下量及び顕熱量低減効果は、屋根（屋上）〕】
比較対象：一般塗料

		東京都	大阪府
		工場	
屋根(屋上)表面温度低下量 (夏季 14 時)* ¹		-0.8 (48.7 49.5)	-0.9 (51.9 52.8)
室温上昇 抑制効果* ¹ (夏季 14 時)	自然室温* ²	-0.2 (37.1 37.3)	-0.1 (37.8 37.9)
	体感温度* ³	-0.5 (38.4 38.9)	-0.2 (38.7 38.9)
冷房負荷 低減効果* ⁴ (夏季 1 ヶ月)	熱量	-77 kWh/月 (13,081kWh/月 13,158kWh/月)	-89 kWh/月 (16,648kWh/月 16,737kWh/月)
	電気料金	-0.6 % 低減 -295 円低減	-0.5 % 低減 -316 円低減
冷房負荷 低減効果* ⁴ (夏季 6 ~ 9 月)	熱量	-211 kWh/4 ヶ月 (30,837kWh/4 ヶ月 31,048kWh/4 ヶ月)	-252 kWh/4 ヶ月 (35,653kWh/4 ヶ月 35,905kWh/4 ヶ月)
	電気料金	-0.7 % 低減 -795 円低減	-0.7 % 低減 -883 円低減
昼間の対流顕熱量低減効果 (夏季 1 ヶ月)		大気への放熱を-1.3 % 低減 (120,358MJ/月 121,921MJ/月)	大気への放熱を-1.5 % 低減 (113,705MJ/月 115,394MJ/月)
昼間の対流顕熱量低減効果 (夏季 6 ~ 9 月)		大気への放熱を-1.2 % 低減 (430,969MJ/4 ヶ月 436,124MJ/4 ヶ月)	大気への放熱を-1.4 % 低減 (416,461MJ/4 ヶ月 422,426MJ/4 ヶ月)
夜間の対流顕熱量低減効果 (夏季 1 ヶ月)		大気への放熱を-0.4 % 低減 (69,171MJ/月 69,414 MJ/月)	大気への放熱を-0.3 % 低減 (74,466MJ/月 74,710 MJ/月)
夜間の対流顕熱量低減効果 (夏季 6 ~ 9 月)		大気への放熱を-0.3 % 低減 (256,574MJ/4 ヶ月 257,353MJ/4 ヶ月)	大気への放熱を-0.3 % 低減 (277,654MJ/4 ヶ月 278,544MJ/4 ヶ月)

*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表面温度・室温の抑制効果

*2：冷房を行わないときの室温

*3：平均放射温度（MRT）を考慮した温度（空気温度とMRTの重み付き平均）

*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ときに冷房稼働した場合の冷房負荷低減効果

注）数値計算は、モデル的な工場を想定し、各種前提条件のもと行ったものであり、実際の導入環境とは異なる。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6.0±0.2の範囲内にはないものは、同じ明度の一般塗料を基準とした。一般塗料の日射反射率は、詳細版本編4.2.2.(3)に示す推定式（詳細版本編18ページ参照）により算出した。

(2) 参考項目の計算結果

【算出対象区域：工場全体】

比較対象：一般塗料

		東京都	大阪府
		工場	
冷房負荷 低減効果*1 (年間空調)	熱量	-243 kWh/年 (32,132kWh/年 32,375kWh/年)	-288 kWh/年 (37,105kWh/年 37,393kWh/年)
		-0.8 % 低減	-0.8 % 低減
	電気料金	-908 円低減	-1,000 円低減
暖房負荷 低減効果*2 (冬季1ヶ月)	熱量	54 kWh/月 (15,593kWh/月 15,539kWh/月)	45 kWh/月 (19,105kWh/月 19,060kWh/月)
		0.3 % 低減	0.2 % 低減
	電気料金	173 円低減	133 円低減
暖房負荷 低減効果*2 (冬季11～4月)	熱量	188 kWh/6ヶ月 (70,255kWh/6ヶ月 70,067kWh/6ヶ月)	164 kWh/6ヶ月 (73,447kWh/6ヶ月 73,283kWh/6ヶ月)
		0.3 % 低減	0.2 % 低減
	電気料金	605 円低減	484 円低減
冷暖房負荷 低減効果*3 (期間空調)	熱量	-23 kWh/年 (101,092kWh/年 101,115kWh/年)	-88 kWh/年 (109,100kWh/年 109,188kWh/年)
		0.0 % 低減	-0.1 % 低減
	電気料金	-190 円低減	-399 円低減

*1：年間を通じ室内温度が冷房設定温度を上回ったとき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とき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ときに冷房が稼働した場合及び冬季（11～4月）において室内温度が暖房設定温度を下回ったときに暖房が稼働した場合の冷暖房負荷低減効果

注）数値計算は、モデル的な工場を想定し、各種前提条件のもと行ったものであり、実際の導入環境とは異なる。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 6.0 ± 0.2 の範囲内にはないものは、同じ明度の一般塗料を基準とした。一般塗料の日射反射率は、詳細版本編 4.2.2.(3)に示す推定式（詳細版本編 18 ページ参照）により算出した。

(3) (1)実証項目の計算結果及び(2) 参考項目の計算結果に関する注意点

数値計算は、モデル的な工場を想定し、各種前提条件のもと行ったものである。実際の導入環境とは異なる。

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 及び電力量料金単価を設定している。

数値計算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*1

*1： 設定温度よりも室温が高い場合に冷房運転を行う。

冷房・暖房負荷低減効果の熱量の欄には、実証対象技術の使用前後の熱負荷の差および使用前後の熱負荷の総和をそれぞれ示している（使用前 使用后）。

電気料金について、本計算では屋根・屋上用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（電気料金の算出に関する考え方は詳細版本編 28 ページ【電気料金算出に関する考え方】に示す）。

5.2 環境負荷・維持管理等性能【参考項目】

【付着性試験】

	屋外暴露試験前				屋外暴露試験後			
	No.1	No.2	No.3	平均	No.4	No.5	No.6	平均
付着強さ (N/mm ²)	0.6	0.6	0.8	0.7	0.6	0.9	0.9	0.8
破壊状況*1 ()	A:100	A:100	A:100		A:95, B(G):5	A:40,AB:40, B(G):20	AB:40, B(G):60	

注) 付着性試験は、試験片の垂直な方向に対するはがれ又は破れに必要な最小張力を測定することにより付着強さを評価するものである。その結果は、最も弱い境界面（界面破壊）又は最も弱い構成要素（凝集破壊）の破壊に対する最小の抵抗力を示す（ただし、界面破壊と凝集破壊が同時に生じる場合もある）。なお、試験結果は、試験する塗膜系の機械的性質だけでなく、素地の性質及び調整、塗料の塗装方法、塗膜の乾燥状態、温度、湿度及びその他の要因により影響される。*2

本試験は、屋根・屋上用高反射率塗料の屋外暴露試験前後における付着性の変化を参考として確認するものである。

*1：破壊状況の記号は以下による。

- A：基板破壊
- AB：基板と塗膜の界面破断
- B(G)：塗膜内の凝集破壊
- B(K)：塗膜と塗膜間の界面破断
- BC：ジグと塗膜の界面破断
- 数値：破壊百分率面積

*2：JIS K 5600-5-7:1999（塗料一般試験方法 - 第5部：塗膜の機械的性質 - 第7節：付着性（プルオフ法））

【注意事項】

材料の明度 V と日射反射率 ρ 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、可視光線及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、一般塗料と屋根・屋上用高反射率塗料とで日射反射率に差は無くなる（関係は、詳細版本編21ページの図5-1に示す。）。

一般的な屋根・屋上用高反射率塗料は、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、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5-1に示したように、白色では一般塗料と屋根・屋上用高反射率塗料との間で、日射反射率の差は大きくないが、灰色及び黒色では、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、屋根・屋上用高反射率塗料の実証項目の一つである数値計算は、白色ではなく灰色で行っている。ただし、灰色の中でも明度が異なると基準とする日射反射率も異なるから、基準とする日射反射率は実証対象技術の明度毎に求める必要がある。そのため、実証対象技術の灰色塗料が規定の明度（ $V=6.0 \pm 0.2$ ）に該当するものは明度 $V=6$ の日射反射率を、また該当しないものについてはそれぞれの明度の日射反射率を、4.2.2(3)（詳細版本編18ページ）に示す式により求め数値計算の基準を算出することとした。

なお、実証対象技術のみでなく、明度が異なる塗料の性能について一律に評価及び比較等を行う際には、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。

【電気料金算出に関する考え方】

電力料金は、主に基本料金等と電力量料金で構成されている。屋根・屋上用高反射率塗料を塗布すること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、基本料金等は屋根・屋上用高反射率塗料の塗布前後で一定となり、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のみで算出することとした。

工場の電力量料金単価については、小～中規模の工場で契約電力を 500kW 未満とすることを想定し、この条件に適合し、かつ、平日の昼間に電気の使用が多い場合の契約（夏季とその他季で電力量料金が異なる）を適用した。

《引用文献》

- 東京電力株式会社.電気需給約款 [特定規模需要（高圧）]. 2010 , 117p.
- 関西電力株式会社.電気供給約款.2009 , 149p.

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、一般財団法人日本塗料検査協会が定める品質マニュアルに従って管理した。

1.1 測定操作の記録方法

記録用紙は、一般財団法人日本塗料検査協会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及び実証試験要領に規定した成績書とした。

1.2 精度管理に関する情報

JIS Q 17025:2005 (ISO/IEC 17025:2005)「試験所及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

2.1 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、一般財団法人日本塗料検査協会が定める品質マニュアルにしたがって管理するものとした。データの種類は次のとおりである。

- 空調負荷低減等性能のデータ
- 環境負荷、維持管理等性能のデータ

2.2 データ分析と評価

本実証試験で得られたデータについては、必要に応じ統計分析の処理を実施するとともに、使用した数式を実証試験結果報告書に記載する。

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) 空調負荷低減等性能のデータ

- 日射反射率、明度、修正放射率（長波放射率）、屋根（屋上）表面温度低下量、冷房負荷低減効果、室温上昇抑制効果、対流顕熱量低減効果

(2) 環境負荷、維持管理等性能のデータ

- 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、一般財団法人日本塗料検査協会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一般財団法人日本塗料検査協会を内部監査員として任命し実施した。

資料編

付表 1 計算用工場モデルの詳細情報（屋根・壁・床・開口部）

設定条件	構成	
屋根	屋外側	ガルバリウム鋼板（0.6mm）
		GW*1（50mm）
	屋内側	鋼板（0.8mm）
		・水勾配 1/50
外壁	屋外側	ガルバリウム鋼板（0.6mm）
		PB*2（12.5mm）
		GW（50mm）
	屋内側	けい酸カルシウム板塩化ビニル樹脂エナメル塗装（厚さ 8.0mm）
床	・コンクリート直均し ・エポキシ樹脂系塗装（厚さ 1.2mm）	
窓	・アルミサッシ（一重サッシ、網入り磨きガラス単板（厚さ 6.8mm）入り）	

*1： GW：グラスウール 10K 品アルミガラスクロス（厚さ 0.13mm）貼り

*2： PB：耐水パーティクルボード

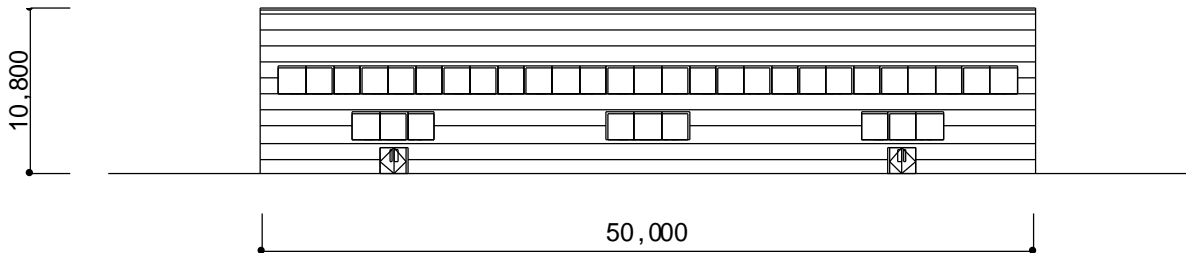
： 対象建築物モデルの屋根断熱材は、次に示す 2 つの仕様とした。

仕様 1 は屋根（屋上）表面温度及び室内空気温度の算出に、仕様 2 はその他の実証項目及び参考項目の算出に適用した。

- 〔仕様 1：屋根の断熱材...グラスウール〔GW（10K）〕、厚さ 10mm
- 〔仕様 2：屋根の断熱材...グラスウール〔GW（10K）〕、厚さ 50mm

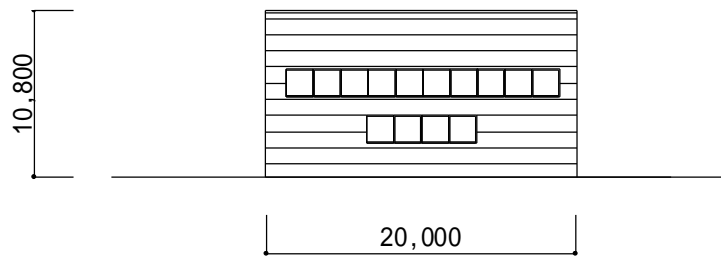
注）対象建築物モデルは、平成 20 年度～平成 22 年度環境技術実証事業ヒートアイランド対策技術分野（建築物外皮による空調負荷低減等技術）において採用した工場モデルに基づき設定した。ただし、工場モデルの最高高さを 13.0m から 10.8m に変更している。

単位:mm

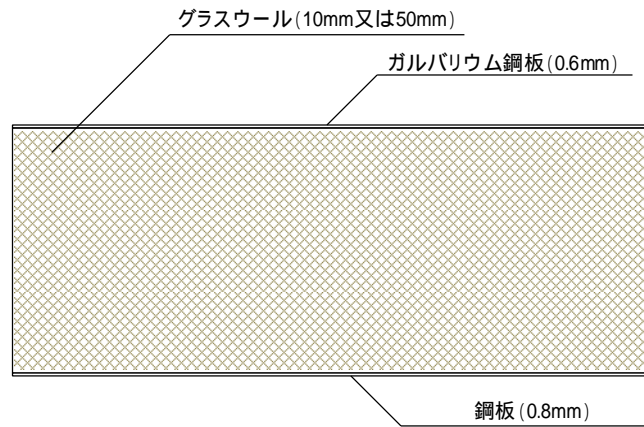


付図 1 計算用工場モデル (南側立面図)

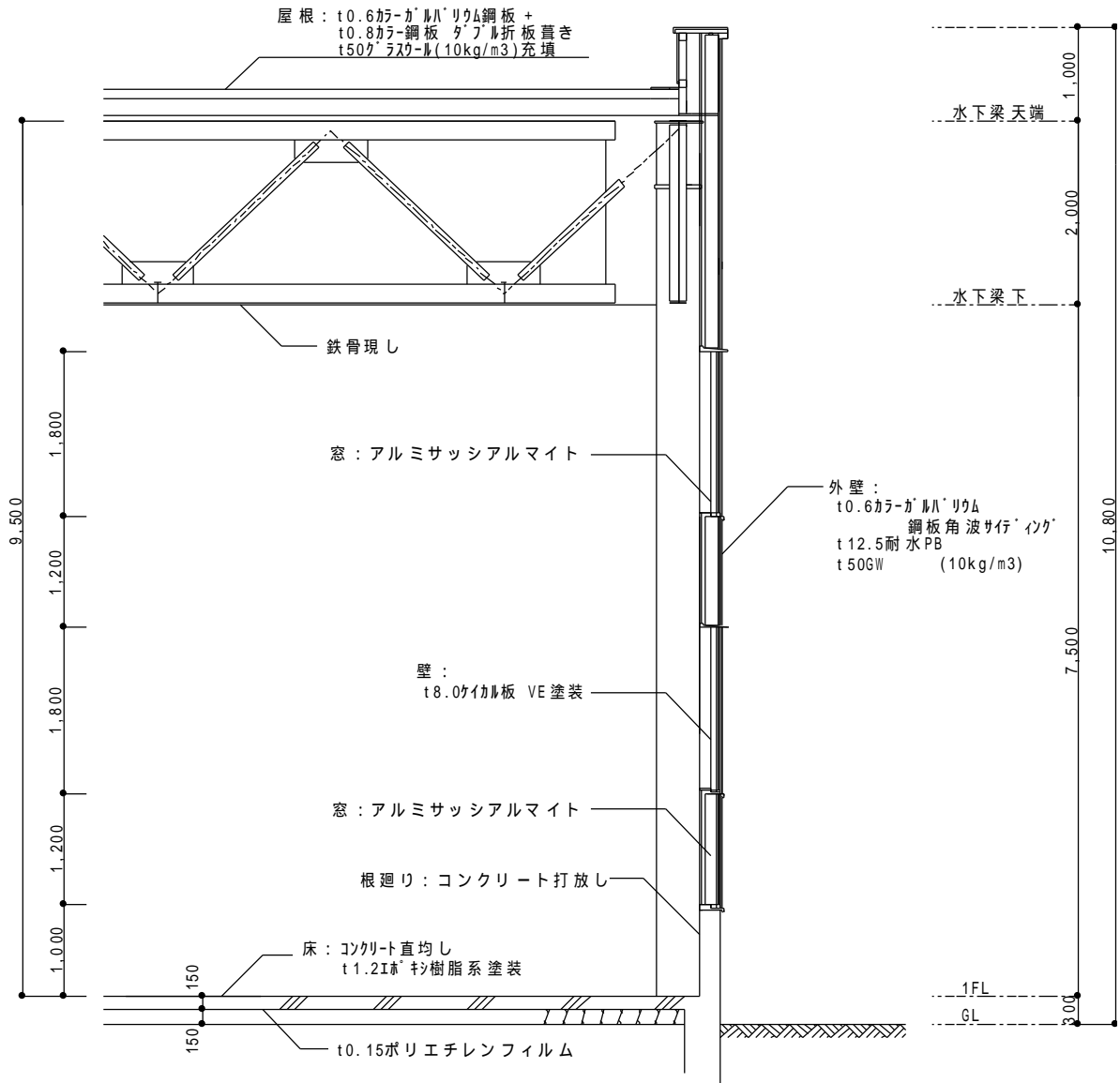
単位:mm



付図 2 計算用工場モデル (東側立面図)



付図 3 屋根の形状 (断面)



付図 4 計算用工場モデル (矩計図)

別添試験データ

参考として、一般財団法人日本塗料検査協会の敷地内（神奈川県藤沢市）で実施した屋外暴露試験の結果を以下に示す。

(1) 環境負荷・維持管理等性能（参考）

黒色

		屋外暴露 試験前				屋外暴露 試験後				反射 性能の 保持率 (%) ^{*4}
		No.1	No.2	No.3	平均	No.1	No.2	No.3	平均	
日射 反射率	近紫外及び可視光域 ^{*1} (%)	14.1	14.3	14.9	14.4	13.5	13.6	14.1	13.7	95.1
	近赤外域 ^{*2} (%)	9.4	9.5	9.8	9.6	9.3	9.4	9.7	9.5	99.0
	全波長域 ^{*3} (%)	12.1	12.3	12.7	12.4	11.7	11.8	12.2	11.9	96.0
明度 ()		4.5	4.5	4.6	4.5	4.4	4.4	4.5	4.4	97.8
修正放射率(長波放射率) ()		0.92	0.91	0.90	0.91	0.93	0.93	0.93	0.93	102.2

灰色

		屋外暴露 試験前				屋外暴露 試験後				反射 性能の 保持率 (%) ^{*4}
		No.1	No.2	No.3	平均	No.1	No.2	No.3	平均	
日射 反射率	近紫外及び可視光域 ^{*1} (%)	31.0	30.9	31.0	31.0	28.7	27.9	28.7	28.4	91.6
	近赤外域 ^{*2} (%)	22.1	21.7	22.1	22.0	21.5	20.8	21.4	21.2	96.4
	全波長域 ^{*3} (%)	27.2	26.9	27.2	27.1	25.6	24.8	25.5	25.3	93.4
明度 ()		6.4	6.4	6.4	6.4	6.2	6.1	6.2	6.2	96.9
修正放射率(長波放射率) ()		0.92	0.91	0.92	0.92	0.93	0.93	0.94	0.93	101.1

白色

		屋外暴露 試験前				屋外暴露 試験後				反射 性能の 保持率 (%) ^{*4}
		No.1	No.2	No.3	平均	No.1	No.2	No.3	平均	
日射 反射率	近紫外及び可視光域 ^{*1} (%)	69.3	69.1	69.2	69.2	61.2	62.0	62.8	62.0	89.6
	近赤外域 ^{*2} (%)	63.9	64.0	64.5	64.1	58.6	58.9	60.8	59.4	92.7
	全波長域 ^{*3} (%)	67.0	66.9	67.2	67.0	60.1	60.7	61.9	60.9	90.9
明度 ()		9.0	8.9	9.0	9.0	8.5	8.5	8.6	8.5	94.4
修正放射率(長波放射率) ()		0.87	0.88	0.86	0.87	0.94	0.94	0.94	0.94	108.0

*1：近紫外及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、詳細版本編 4.3.1（詳細版本編 19 ページ）に示す式により算出した。

注）屋外暴露試験の結果は、暴露試験の実施場所により異なる。暴露地の違いによる結果の差異を確認するため、一般財団法人日本塗料検査協会の敷地内（神奈川県藤沢市）で屋外暴露試験を同時に実施した。その試験による結果を参考として記載する。

(2) 分光反射率 (波長範囲: 300nm ~ 2500nm) の特性 (参考)

黒色

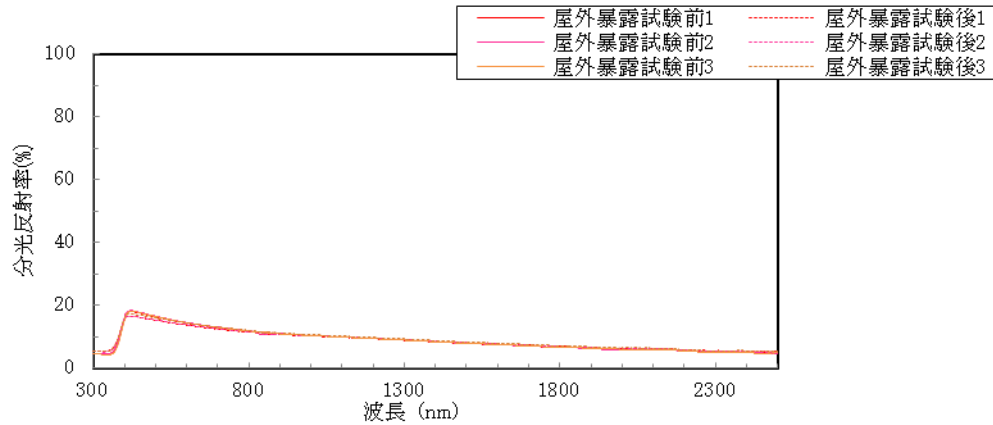


図 1 分光反射率測定結果 (黒色)

灰色

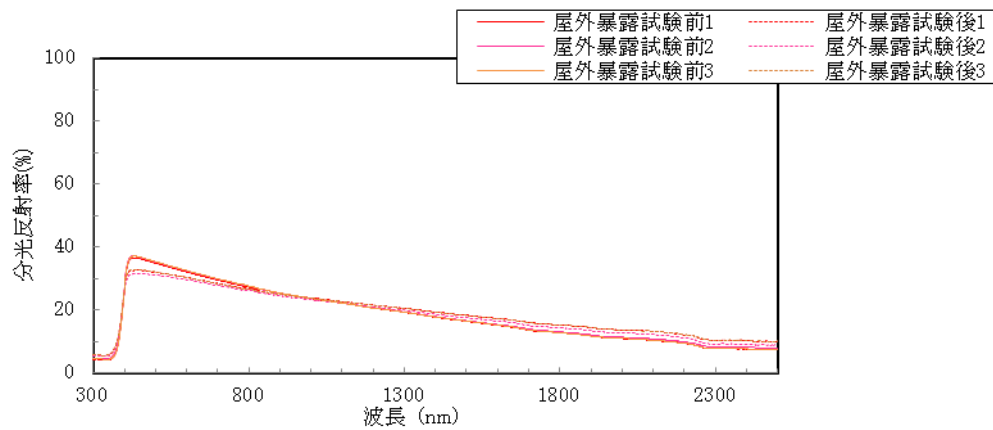


図 2 分光反射率測定結果 (灰色)

白色

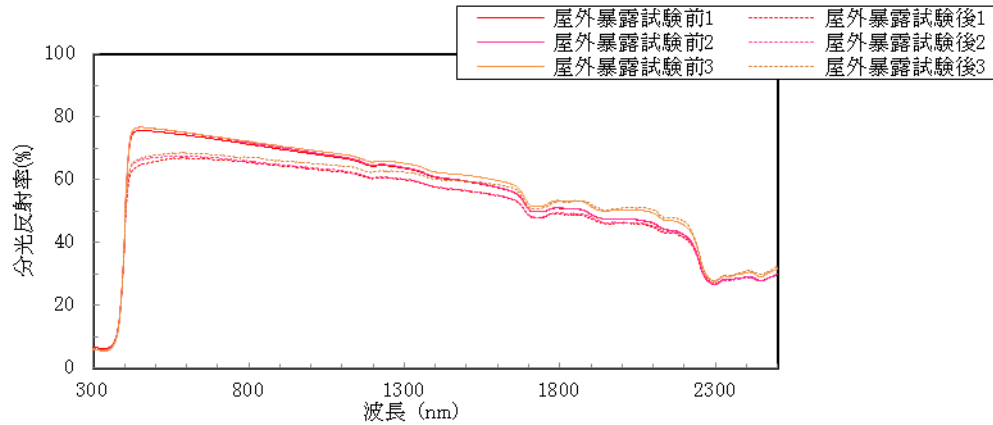


図 3 分光反射率測定結果 (白色)