

実証対象技術	ミラクール AQ クリア
実証申請者 所在地	(会社名称)株式会社ミラクール (所在地)東京都文京区春日2丁目2番7号
実証機関 所在地	(会社名称)一般財団法人 省エネルギーセンター (所在地)東京都港区芝浦2丁目5番地11号 五十嵐ビルディング
実証期間	令和6年7月22日～令和6年11月11日
技術の目的	従前の遮熱塗料は撥水性のために、汚れ等が付着して日射反射性能が経年的に劣化していた。ミラクール AQ クリアは微粒子の親水性により、汚れを落とす原理を活用しており、遮熱塗料に追加塗布することで、近赤外域日射反射率が低減されることなく、長期に亘って維持される。

1. 実証対象技術の概要

1.1 原理及び技術の効果(環境保全・改善効果)

(1) 原理

ミラクール AQ クリアは、 Si-OH (シラノール基)による二酸化ケイ素の微粒子の親水性(コロイダルシリカ)により、汚れを落とす原理を活用した親水化剤である。類似した技術は従来から自動車や鏡の汚れ防止等の多方面で実用化され、耐候性の高い無機系の親水化剤としてシリカ系親水剤は市販されているが、樹脂等を含まず二酸化ケイ素の微粒子の水媒体を主成分としている箇所が従来と異なる独自の素材である。このため、塗装方法も刷毛、ローラーやスプレー等のいずれも使用が可能であり、取扱い易い製品である。

また、類似機能材料として光触媒物質である二酸化チタンが知られている。触媒はそれ自体が化学反応することなく他の物質を変化させるもので、二酸化チタンが配向した材料表面に紫外線を照射すると水分子が分解して活性酸素ラジカルを生成し汚染物質等を直接アタックして分解する。また、活性酸素ラジカルが水分子をアタックして水酸基(OH^-)を生成して光触媒表面と水分の馴染みが良くなり親水性を発揮する。ミラクール AQ クリアは、光触媒である二酸化チタンを含まないこと、親水性を発現するために紫外線を必要としないことから、光触媒とも異なる親水性機能を発揮できる。

親水化剤である本製品は、透明性を確保するため、ナノサイズのアモルファスシリカ粒子が水中に分散したコロイド溶液のシリカゾルを主成分とし、濡れ剤としての界面活性剤や水溶性溶剤、粘性調整剤を補助剤として配合している。これにより、下地塗膜への濡れや表面性(下地によってはハジキや海島現象が起きる)を保ちながらシラノール基によるシリカ(Si)で下地塗膜との結合力を持ち、粒子表面に水酸基(OH^-)が存在することで親水性を発現する。

ミラクール AQ クリアは樹脂を殆ど含まず、二酸化ケイ素微粒子の水分散体を主成分としているが、塗膜には直に表面に均一に馴染ませるために、増粘剤として膨潤性層状珪酸塩(スメクタイト系粘土鉱物)或いはセルロース系の水溶性高分子(ヒドロキシエチルセルロース)を添加している。

(2) 効果

従来の高日射反射率塗料(遮熱塗料)は塗装直後の塗膜は撥水性であり、雨に含まれるシリカ成分に起因した雨だれ跡、大気中に飛散した内燃機関からの燃焼ガス・煤、塵埃等(汚れ)が塗膜表面に付着することで本来の遮熱性能が経年的に損なわれていた。ミラクール AQ クリアは4~6個/nm²のシラノール基(Si-OH)を塗膜表面に配向することで遮熱塗料の塗膜表面に親水性を与える。親水性はそのセルフ・クリーニング効果によって、塗膜に付着した雨だれ跡や大気塵埃の汚れ等を降雨のたびに洗い流すことができる。

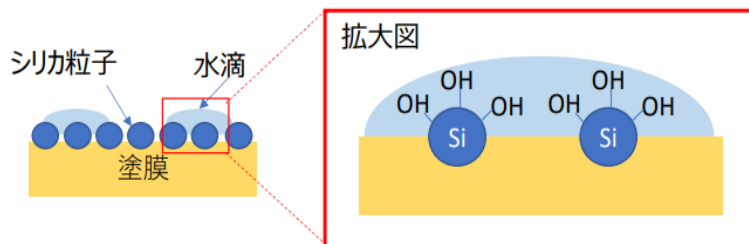
従前の遮熱塗料では塗膜表面の汚れにより遮熱性能の低下が問題視されていた。ミラクール AQ クリアによる遮熱塗料の塗膜表面に親水性のシラノール基(Si-OH)を追加塗布することで、遮熱の機能・効果を長期間持続できることから、建物の屋根や外皮から伝熱する空調負荷の低減等技術に適合する技術の提供を目的として開発した。また、副次効果として降雨のたびに汚れ等が洗い流されることで、塗装面の美観を恒久的に維持する効果も認められている。

1.2 実証技術の仕様等

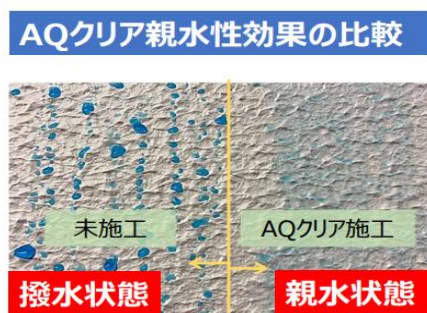
(1) 実証技術の特徴

実証技術の特徴を全体概要-図1~3に示す。

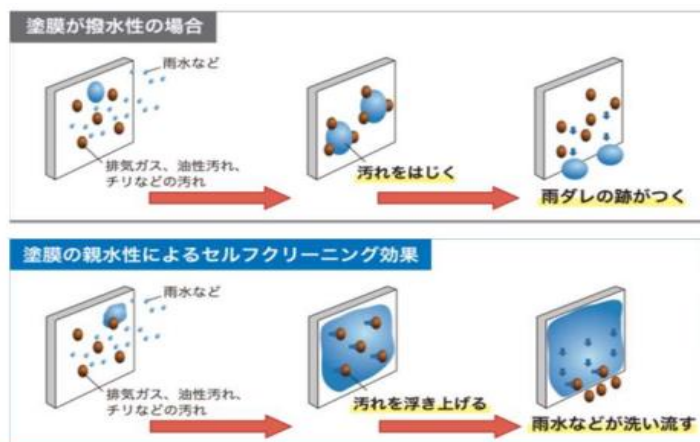
遮熱塗料施工後にミラクール AQ クリアを追加塗布することで遮熱塗膜に親水性が与えられ、降雨のたびに塗膜に水分子が馴染み、ミラクール AQ クリアの塗膜に付着した汚れ等が洗い流される。



全体概要-図1 遮熱塗料の塗膜表面に追加塗布したミラクール AQ クリア表面のシラノール基(Si-OH)が配向した様子



全体概要-図2 ミラクール AQ クリア施工と対照する未施工における遮熱塗料の塗膜表面の汚れ程度の比較試験結果



全体概要-図3 遮熱塗料の塗膜表面に追加塗布したミラクール AQ クリアの親水性によるセルフ・クリーニング機能・効果の説明図

従前の遮熱塗料は撥水性のために、汚れ等が付着して日射反射性能が経年的に劣化していた。ミラクール AQ クリアを遮熱塗料に追加塗布することで、全波長域日射反射率が低減されることなく、相当外気温度が低下する効果が長期に亘って維持される。本商品を施工した場合と未施工の場合の比較において、汚れ具合(耐汚染性)は半年で有意な改善が認められている。

2022年2月に岡山県内の某食品工場に施工して以来、施工件数を積み上げており、また、国外の事例としては、ベトナムの某日系工場(3,500m²)、香港の現地中学校、フィリピンの某日系建設会社、国連ハビタットが実施したグリーンビルディング(日本政府支援事業)におけるネパールのガダワ小学校、南スーダン紛争避難民のケニア難民キャンプ住居に施工した実績がある。

(2) 仕様

実施対象技術の仕様を全体概要-表1に示す。

ミラクール AQ クリアは、鋼板製屋根材に塗布する撥水性の遮熱塗料の塗膜の上に追加して、塗膜表面に親水性を発現させる塗料である。塗膜に付加した親水性機能が汚れ等に起因した遮熱塗料の日射反射率の経年的な低下を抑制できる。撥水性の遮熱塗料の下地調整から上塗施工の後に、汚れ防止を目的とした親水性のミラクール AQ クリアを塗布する。

全体概要-表1 実施対象技術の仕様

表中の配合比は重量比

工 程	使用塗料とその処理	塗装方法	所要量 (kg/m ²)	塗装間隔 (23°C)	ウェット 膜厚 (μm)	ドライ 膜厚 (μm)
1 下地調整	・錆発生箇所は電動工具、手工具を併用して錆を入念に除去してください。 ケレン箇所、作業環境や屋根形状により十分な錆の除去ができない箇所はミラクール強化防錆コートにてタッチアップ塗装を行った後、下塗り施工を行ってください。 ・既存塗膜がある場合は活膜を残し、膨れ、割れ、浮きが見られる劣化塗膜は、周辺部分を含めて入念に除去してください。 ・ゴミ、砂塵、油分などの付着物は高圧水洗で除去してください。 ・水洗後は、十分乾燥させてください。					
2 下 塗	ミラクール K プライマー ※1 主 剤(1 缶) : 15.0kg 硬化剤(1 缶) : 1.5kg 主 剤 : 硬化剤 = 100 : 10 専用シンナー : 希釈率 0~5%	刷毛塗り 又は、 ローラー塗り	0.22	8H~7D ※2	140	70
3 上 塗 (1~2 回塗り)	ミラクール S100 各色 ※1 主 剤(1 缶) : 15.0kg 硬化剤(1 缶) : 1.5kg 主 剤 : 硬化剤 = 100 : 10 専用シンナー : 希釈率 0~5%	刷毛塗り 又は、 ローラー塗り	0.22~0.25	4H~7D	180	70
5 汚れ防止	ミラクール AQ クリア 塗料(1 缶) : 3.0kg	刷毛塗り 又は、 ローラー塗り	0.03~0.04	20H~7D	-	-

2. 実証の概要

2.1 実証の目的

実証技術対象製品及び従来品の屋外耐候性曝露試験を行い、曝露中の日射反射率を測定し、省エネルギーに最も影響を及ぼす近赤外域反射率の保持率で検証する。

併せて、色相(明度)の変化量も測定し、日射反射率の保持性を検証する。

2.2 実証項目及び実証性能

実証項目及び実証する性能を全体概要-表2に示す。

全体概要-表2 実証項目及び実証する性能

実証項目	実証する性能(値)
遮熱塗料が日照反射率を保持することにより高い遮熱性による気候変動対策効果	塗装初期と、1週間後、2週間後、4週間後、8週間後、12週間後、16週間後の日射反射率を計測し、日射反射率の保持率を評価する。反射率の保持率が90%以上ある事を評価する。なお、色相(明度)の変化も参考までに測定する。

2.3 実証方法及び実証条件

初期及び屋外耐候性曝露試験後の塗板を(株)ミラクール本所研究所内に設置している日本分光(株)製紫外可視近赤外分光光度計 V-770 により近赤外域及び全波長域の日射反射率を測定し保持率を検証する。併せて色相(明度)はコニカミノルタジャパン(株)製色彩色差計 CR-410 を用いて、表面温度はサーモビューアを用いて参考データとして測定する。

2.4 実証(試験)場所と屋外耐候性曝露試験台設置状況

(1) 実証(試験)場所

実証(試験)場所、屋外耐候性曝露試験台設置状況を全体概要-表3、全体概要-図4に示す。

全体概要-表3 実証(試験)場所と各種情報等

実証(試験)場所	①株式会社ミラクール 研究所屋上 本所サイト 東京都墨田区本所 4-29-10 ②大宝化学工業株式会社久喜工場 久喜サイト 埼玉県久喜市菖蒲町昭和沼 12
各種情報等	屋外耐候性曝露試験(30° 傾斜屋外耐候性曝露試験台設置)



全体概要-図4 本所サイト・久喜サイト屋外耐候性曝露試験台設置状況

(2) 屋外耐候性曝露試験塗料種と作成方法

本屋外耐候性曝露試験で実施した塗料を表-4 に示す。

全体概要-表4 塗料のパターン

メーカー名	塗板名称	AQ クリア 有無	商品名(下塗製品名)		危険物分類	樹脂種	JIS 規格 タイプ
			名称	色名			
(株)ミラクール	①	有	ミラクール S100 (SII プライマー)	クール ホワイト	第2石油 類	シリコン	(2種 LG 級) ※
	②	無	ミラクール S100 (SII プライマー)	クール ホワイト	第2石油 類	シリコン	(2種 LG 級) ※
	③	有	ミラクール AQ800 (AQ800 プライマー)	クール ホワイト	水溶性	アクリル シリコン	(1種 LG 級) ※
	④	無	ミラクール AQ800 (AQ800 プライマー)	クール ホワイト	水溶性	アクリル シリコン	(1種 LG 級) ※
日本ペ イント (株)	⑤	有	サーモアイ Si (サーモアイプライマー)	クール ホワイト	第2石油 類	シリコン	2種2級
	⑥	無	サーモアイ Si (サーモアイプライマー)	クール ホワイト	第2石油 類	シリコン	2種2級
NCK (株)	⑦	有	アドクール Aqua (アドパワーエポ)	F-009 (ホワイト)	水溶性	アクリル シリコン	1種 LG 級
	⑧	無	アドクール Aqua (アドパワーエポ)	F-009 (ホワイト)	水溶性	アクリル シリコン	1種 LG 級

注)※JIS K5675 未取得

試験板作成方法

サイズが7cm×15cm×0.8mmのガルバリウム鋼板に各社所定の塗装仕様に基づいて塗装後に屋外耐候性曝露試験台に設置する。

2.5 実証期間

実施期間を全体概要-表5 に示す。

全体概要-表5 実施期間

日 程	項 目
令和6年7月9日	第1回技術実証検討会開催(計画作成)
令和6年7月22日～ 11月11日	実証実験 16 週間
令和6年11月28日	第2回技術実証検討会開催(実証実験報告)
令和7年2月17日	第3回技術実証検討会開催(報告書作成)

3. 試験結果と考察

3.1 実証試験結果

日射反射率塗料の性能評価は、省エネルギーに最も影響を及ぼす近赤外域反射率の保持率で評価し、参考として全波長域反射率と明度を示す。

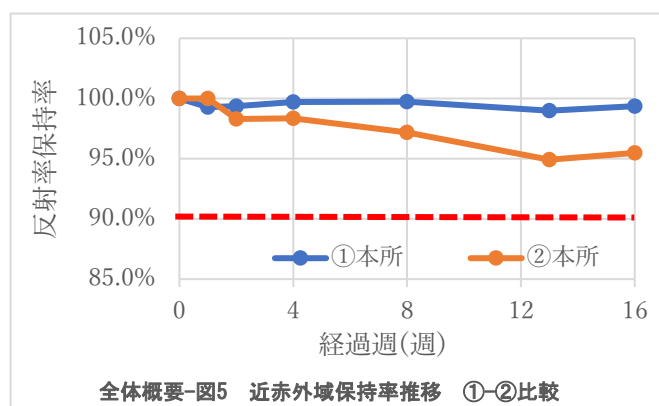
(1) 都市部(本所サイト)

本所サイトの日射反射率推移と保持率の推移を全体概要-表6、全体概要-図5~9に示す。

全体概要-表6 日射反射率推移(ミラクール AQ クリアあり: ①③⑤⑦、なし: ②④⑥⑧)

塗料名称- 試験片番号	初期 反射率・明度			16 週後 反射率・明度、()内保持率		
	近赤外域	全波長域	明度	近赤外域	全波長域	明度
①-1~3	87.15	89.44	96.39	86.94 (99.4%)	89.35 (99.5%)	95.56 (99.1%)
②-1~3	87.80	90.03	96.77	83.83 (95.5%)	84.55 (93.9%)	92.91 (96.0%)
③-1~3	89.92	91.30	96.49	90.38 (100%)	92.06 (100%)	96.31 (99.8%)
④-1~3	89.97	91.22	96.80	81.91 (91.0%)	81.47 (89.3%)	91.23 (94.2%)
⑤-1~3	90.04	91.79	96.95	90.79 (100%)	92.71 (100%)	96.64 (99.7%)
⑥-1~3	89.71	91.60	97.62	86.04 (95.9%)	86.38 (94.3%)	93.88 (96.2%)
⑦-1~3	88.71	90.36	96.49	89.40 (100%)	90.50 (100%)	95.41 (98.9%)
⑧-1~3	85.07	87.56	96.16	77.47 (91.1%)	77.36 (88.4%)	88.66 (92.2%)

(1-1) ①-②近赤外域保持率(ミラクール S100 石油類シリコン系ミラクール AQ クリアあり①、なし②)

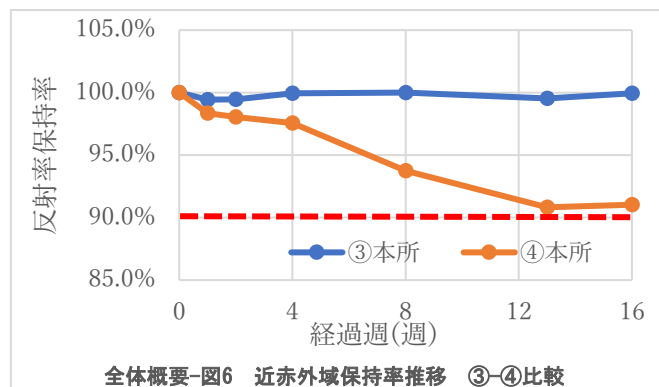


AQ クリアあり①は、16 週経過後に 99.4%保持となっており、100%に近い保持率であった。

AQ クリアなし②は、16 週経過後に 95.5%保持となっており、▲4.5%減少した。①と②の保持率の差は 3.9%であった。1~2 週後に保持率が低下した後、降雨により保持率が回復している。他サンプルでも同様であった。

サイトの気象実績は、添付資料-4 に示す。性能確認数値 90%を点線で示した。

(1-2) ③-④近赤外域保持率(ミラクール AQ800 水性シリコン系ミラクール AQ クリアあり③、なし④)

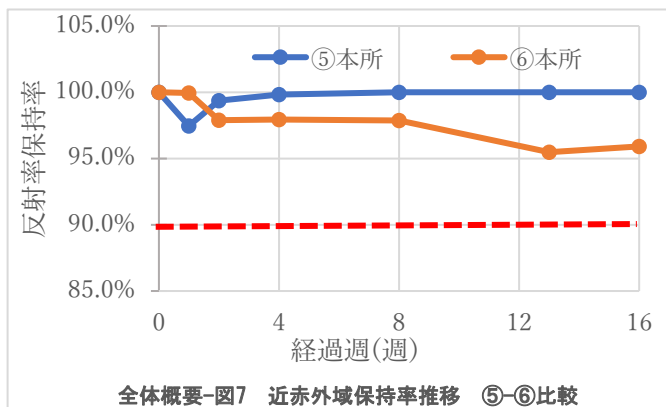


AQ クリアあり③は、16 週経過後の保持率が 100%であった。

AQ クリアなし④は、16 週経過後に 91.0%保持となっており、▲9.0%減少した。

③と④の保持率の差は、9.0%であった。

(1-3)⑤-⑥近赤外域保持率(サーモアイ Si 石油類シリコン系ミラクル AQ クリアあり⑤、なし⑥)

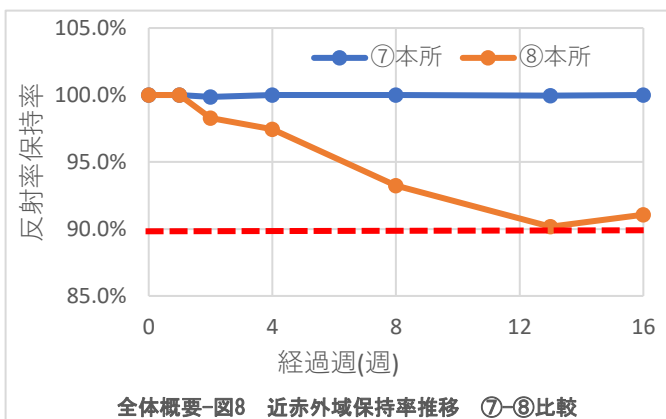


AQ クリアあり⑤は、16 週経過後の保持率が 100%であった。

AQ クリアなし⑥は、16 週経過後に 95.9%保持しており、▲4.1%減少した。

⑤と⑥の保持率の差は、4.1%であった。

(1-4)⑦-⑧近赤外域保持率(アドクール Aqua 水溶性アクリルシリコンミラクル AQ クリアあり⑦、なし⑧)

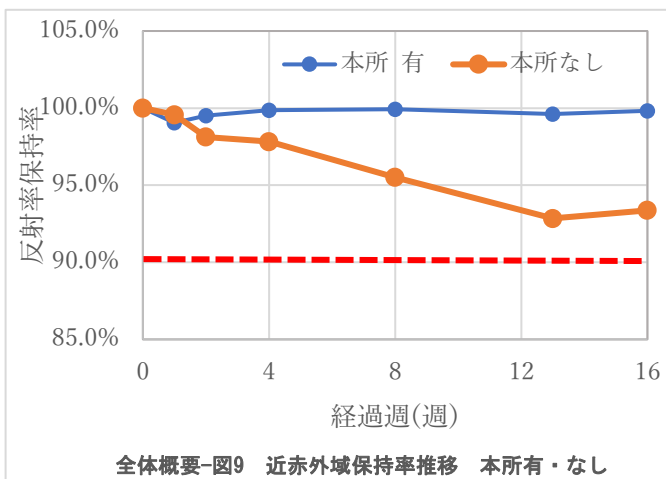


AQ クリアあり⑦は、16 週経過後の保持率が 100%であった。

AQ クリアなし⑧は、16 週経過後に 91.1%保持しており、▲8.9%減少した。

⑦と⑧の保持率の差は、8.9%であった。

(1-5)近赤外域反射率保持率全体平均値(ミラクル AQ クリアあり①③⑤⑦、なし②④⑥⑧)



AQ クリアあり①③⑤⑦は、16 週経過後に平均 99.8%保持となっており、保持率がほぼ 100%であった。

AQ クリアなし②④⑥⑧は、16 週経過後に平均 93.4%保持となっており、▲6.6%減少した。

AQ クリアあり、なしの保持率の差は、平均 6.6%であった。

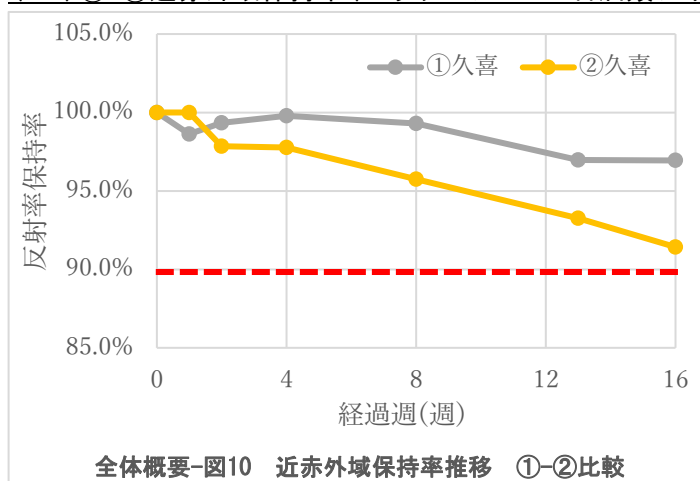
(2) 郊外部(久喜サイト)

久喜サイトの日射反射率推移と保持率の推移を全体概要-表7、全体概要-図10~14に示す。

全体概要-表7 日射反射率・保持率推移(ミラクール AQ クリアあり: ①③⑤⑦、なし: ②④⑥⑧)

塗料名称- 試験片番号	初期 反射率・明度			16 週後 反射率・明度、()内保持率		
	近赤外域	全波長域	明度	近赤外域	全波長域	明度
①-4~6	88.15	90.30	96.54	85.44 (96.9%)	86.41 (95.7%)	91.36 (94.6%)
②-4~6	87.57	89.82	96.96	80.06 (91.4%)	79.81 (88.9%)	90.64 (93.5%)
③-4~6	90.13	91.50	96.69	86.62 (96.1%)	86.69 (94.7%)	90.34 (93.4%)
④-4~6	90.14	91.39	96.90	78.70 (87.3%)	76.98 (84.2%)	88.44 (91.3%)
⑤-4~6	90.05	91.77	96.98	89.15 (99.0%)	90.29 (98.4%)	94.58 (97.5%)
⑥-4~6	89.95	91.77	97.59	83.64 (93.0%)	83.44 (90.9%)	92.26 (94.5%)
⑦-4~6	88.84	90.48	96.54	88.15 (99.2%)	88.59 (97.9%)	93.22 (96.6%)
⑧-4~6	85.07	87.54	96.14	77.15 (90.7%)	76.54 (87.5%)	88.41 (92.0%)

(2-1) ①-②近赤外域保持率(ミラクール S100 石油類シリコン系ミラクール AQ クリアあり①、なし②)

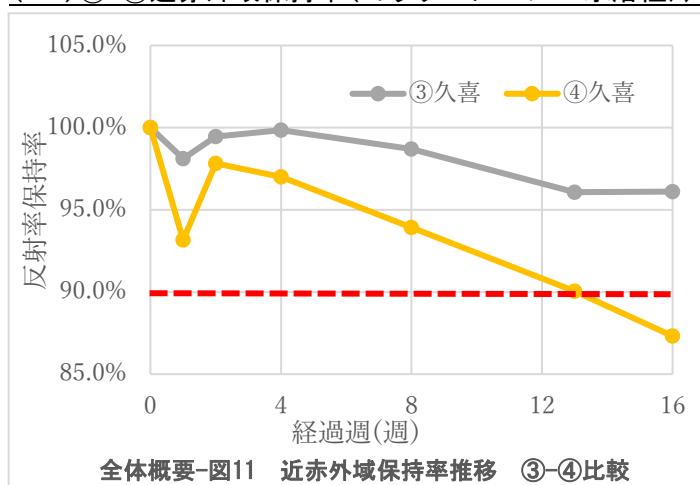


AQ クリアあり①は、16 週経過後の保持率が 96.9%であった。

AQ クリアなし②は、16 週経過後に 91.4% 保持となっており、▲8.6%減少した。

①と②の保持率の差は、5.5%であった。

(2-2) ③-④近赤外域保持率(ミラクール AQ800 水性アクリルシリコンミラクール AQ クリアあり③、なし④)

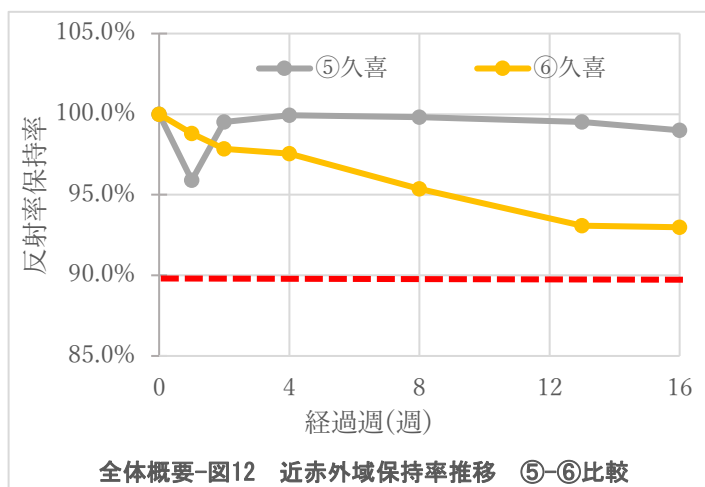


AQ クリアあり③は、16 週経過後の保持率が 96.1%であった。

AQ クリアなし④は、16 週経過後の保持率が 87.3%であり、▲12.7%減少し、90%を保持できていなかった。

③と④の保持率の差は、8.8%であった。

(2-3)⑤-⑥近赤外域保持率(サーモアイ Si 石油類シリコン系ミラクル AQ クリアあり⑤、なし⑥)

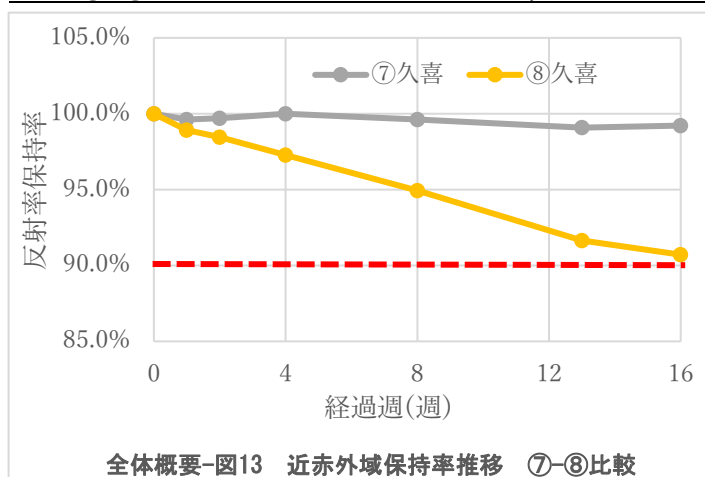


AQ クリアあり⑤は、16 週経過後の保持率が 99.0%であった。

AQ クリアなし⑥は、16 週経過後の保持率が 93.0%であり、▲7.0%減少した。

⑤と⑥の保持率の差は、6.0%であった。

(2-4)⑦-⑧近赤外域保持率(アドクール Aqua 水溶性アクリルシリコンミラクル AQ クリアあり⑦、なし⑧)

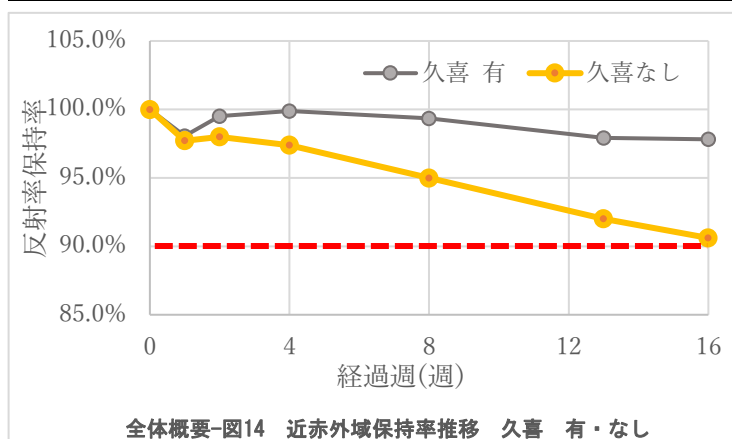


AQ クリアあり⑦は、16 週経過後の保持率が 99.2%であった。

AQ クリアなし⑧は、16 週経過後の保持率が 90.7%であり、▲9.3%減少した。

⑦と⑧の保持率の差は、8.5%であった。

(2-5)近赤外域反射率保持率全体平均値(ミラクル AQ クリアあり①③⑤⑦、なし②④⑥⑧)



AQ クリアあり①③⑤⑦は、16 週経過後の平均保持率が 97.8%であった。

AQ クリアなし②④⑥⑧は、16 週経過後の平均保持率が 90.6%であり、▲9.4%減少した。

AQ クリアあり、なしの保持率の差は、平均 7.2%であった。

3.2 考察

今回の実証実験では、第2石油類シリコン系塗料2種類と水溶性アクリルシリコン系塗料2種類に対して、親水性の薄膜の仕上げ剤のミラクール AQ クリアを塗布した。

都市部の本所サイトでは、ミラクール AQ クリアを塗布した試験片は、99.5~100%の近赤外域反射率を保持しているのに対して、塗布していないものは全体平均で保持率 93.4%となり、有意な差を確認できた。

郊外部の久喜サイトでは、カビの発生はあったもののミラクール AQ クリアを塗布した試験片は、97.8%の近赤外域反射率を保持しているのに対して、塗布しないものは全体平均で保持率 90.6%となり、1試験片は90%以下の保持率となった。

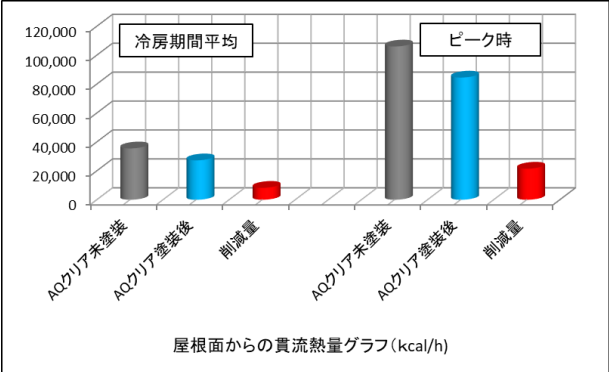
これらの結果から、ミラクール AQ クリアを塗布することで、近赤外域日射反射率の保持率は、16週間で有意な差が認められた。このことから、遮熱塗料が日照反射率を保持することにより高い遮熱性による気候変動対策効果を発揮することが確認できた。

また、全波長域日射反射率及び汚れ具合(明度)の保持率についても、16週間で有意な差が認められた。

4. 参考情報

注意：このページに示された情報は、技術広報のために全て実証申請者が自らの責任において申請した内容であり、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。

4.1 製品データ

項目	実証申請者又は開発者記入欄
製品名・型番	ミラクール AQ クリア
製造(販売)企業名	株式会社ミラクール
連絡先	TEL/FAX TEL : 03-5990-9080/Fax : 03-5990-9081
	Web アドレス https://miracool.jp/item/item-for-building/aq-clear/
	E-mail info@miracool.jp
設置・導入条件	建築外装全般・特に日射量が高い屋根面が効果的
必要なメンテナンス	メンテナンスフリー(雨水によるセルフ・クリーニング効果)
対候性と製品寿命等	親水性は半永久的に持続
施工性	一般塗装と同等
コスト概算	ランニングコスト
	● 空調稼働期間 6 月から 9 月までを想定した省エネ試算例 ● AQ クリア塗装の有無による日射反射率 8.76%の違いにより、冷房負荷は 22%削減  屋根面からの貫流熱量グラフ(kcal/h) 2,500 m² 事務所棟を想定した試算例 ★電力料金削減効果 283,356 (円/12 ヶ月) ★CO₂ 削減効果 2,147 (kg/4 ヶ月) ★原油換算削減効果 987 (L/4 ヶ月) - 熱量計算には気象庁データを使用 - CO₂ 換算係数は CO₂ : 0.559kg=1kWh(環境省 HP より) 原油換算係数は 1kWh=原油 : 0.257L - 冬季におきましては暖房エネルギーが増加するケースがございます。 - AQ クリア設計価格 200 円/m² (材料)