

「高反射遮熱パネル」の開発

Development of “High Reflective Heat Shield Panel”

切通 哲 KIRITOSHI Satoru JFE 建材 ホーロー・表面処理技術部ホーロー・表面処理技術室 主任部員(課長)
永石 博 NAGAISHI Hiroshi JFE 建材 ホーロー・表面処理技術部ホーロー・表面処理技術室長
坂本 義仁 SAKAMOTO Yoshihito JFE スチール スチール研究所 土木・建築研究部 主任研究員(課長)

要旨

地球温暖化対策のアイテムの一つとして遮熱塗料を使用した、高反射遮熱パネルを開発した。従来の遮熱塗料は現場塗装が主であり、本法では塗装環境による塗膜品質の変動、また経年による塗膜表面の汚れ付着からの性能低下などが現実問題として考えられる。そこで、塗膜品質の安定性は工場での焼き付け塗装で確保し、日射反射率の経年低下は光触媒の防汚性能で抑える思想とした。これらの検証のため、屋外曝露と耐候性試験などにより日射反射率の推移と塗膜の劣化を観察し、日射反射率は光触媒の効果により初期性能の維持が確認でき、塗膜性能も汎用品の塗料とほぼ同等であることが確認できた。

Abstract:

High reflective heat shield panel has been developed using heat shield paint as one of products to contribute to prevent global warming. For the application of conventional heat shield paint, it was difficult to maintain homogeneous coating thickness because it was mainly applied at the construction site. And the deterioration of early performance of painted panels by dirt was a practical problem. Therefore, we have developed a new painted panel basically applying pre-coating at our factory to improve the stability of its quality and to maintain its performance. Further, the deterioration of insolation reflectivity caused by dirt was prevented by adding hydrophobic effect on photocatalyst. The change of insolation reflectivity and the deterioration of coated layer were observed by conducting outdoor exposure tests and weathering tests, etc. It was confirmed that early performance of insolation reflectivity of panels was maintained by the effect of photocatalyst and the performance of coating layer was virtually identical to that of widely-used paint products.

1. はじめに

近年、地球温暖化対策やヒートアイランド問題の緩和策として、建築物などに対して省エネルギー効果のあるさまざまなものが上市されている。これは、未来社会への存続(サステイナブル)のために温室効果ガスの削減目標を定めた京都議定書が1997年に採択されたのを契機に、国、地方自治体、さらには各企業体においても環境問題に対する取り組みが、義務として社会認識されたことと、大きなビジネスチャンスと捉えられている結果であると思われる。具体的にはエコマーク商品表示による差別化、建築総合環境性能評価システムによる建物評価、各企業ホームページでの環境報告書などがある。JFE 建材では外装用の金属パネルを製造・販売しており、ラインアップの一つとして光

触媒の機能を付与したものがあ。昨今、建物への入熱抑制に用いられるものとして、赤外線波長域を選択的に反射する塗料が開発され、その市場規模は行政の施策補助などにもより拡大してきている。そこで、外装パネルに本塗装を施しさらに光触媒を付与し、防汚および反射性能の長期維持を目指した。本稿では、外壁金属パネルに求められる諸性能試験の結果と、実大パネルを使用した屋外曝露による遮熱効果を測定した結果について報告する。

2. 開発経緯・コンセプト

2003年～2005年にかけて独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の助成事業で「光触媒利用放熱部材の研究開発」が行われ、ヒートアイランド対策にJFE 建材の光触媒金属パネルがセルフクリーニング建材として十分な機能を持ち、常時、表面の濡れ性を確保するための散水方法が確立され、熱負荷の低減に非常に効果があることが

確認された。しかしながら、本法による商品化には大きな課題があった。まず、散水に使用する水は、当初雨水を利用し循環する計画であったが、その絶対量が大幅に不足すること、不足分を上水で補うことも可能であるが、循環使用するために水中の汚れを除去し、さらには殺菌の必要性も生じる。したがって、この対策のために高額な初期投資が予想され、またランニングコストも高額になる可能性が考えられた。以上のことから本法での商品化検討は費用対効果の面で大きな疑問が残ることとなった。そこで「光触媒の付与」をコンセプトに、他法によるヒートアイランド対策の検討と方向を転換することにした。この結果、1章に記述した赤外線反射する塗料と光触媒を組み合わせた高反射遮熱パネルの開発を手掛けることにした。一般に光触媒と塗料の併用はその界面にブロック層が必要である。すなわち、光触媒の分解機能により有機物塗料がアタックされるため、ブロック層と呼ばれる無機物リッチな層を介在させる。しかしながら、今回検討した高反射塗料は塗料メーカーで開発された有機・無機ハイブリッド型傾斜塗料であり、ブロック層は不要となる。したがって、塗料の上に直接光触媒を塗布することが可能となり、製造工程の短縮およびコスト低減が図れることになる。対象としては、夏場の蓄熱防止効果が最も発揮できる解放型の建築物が考えられ、倉庫、駅舎、畜舎などを主とした。

3. 実験計画の概要

選定した遮熱塗料の一般的な塗料との遮熱効果の違い、光触媒付与による初期性能の維持を屋外曝露による実大サイズで経時的に観察することを目的とし、併せて塗膜の基本的な性能試験を計画した。

3.1 遮熱塗料の概要と試験体断面構成

現在、熱を遮る塗料としては主に遮熱塗料と断熱塗料が上市されている。遮熱塗料は、用語の定義としては太陽熱高反射塗料という名称が一般的であり、今回のパネル開発で使用した遮熱塗料も汎用塗料に比べて、熱エネルギーの源である赤外線領域の波長を反射し温度の上昇を制御する設計である。一方断熱塗料は塗膜の中に40～50μm程度の中空バルーンを混入して熱の伝導を抑えるものである(図1)。

図2は今回の実験で製作したパネルの塗膜構成である。

3.2 試験体の概要

試験体は基材を亜鉛めっき鋼板とし、適切な下地処理後に遮熱塗料と光触媒をスプレー塗布して焼き付けた。比較材としては汎用塗料の焼き付けパネルを製作した。パネルの色調は初年度の実験では遮熱の性能を顕著に検証するため白、黒の2種類とし、表1にその内容を示す。

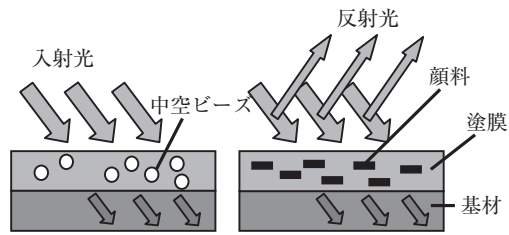


図1 断熱塗料と高反射遮熱塗料

Fig. 1 Insulation panel and high reflective heat shield panel

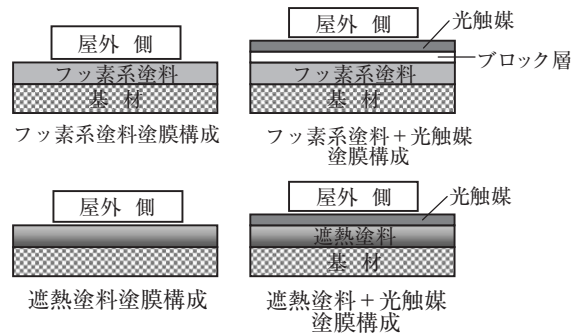


図2 試験体の塗膜構成

Fig. 2 Painting composition of test panel

表1 屋外曝露用試験パネル(白, 黒)

Table 1 Examination panel for outdoor exposure (white, black)

1	フッ素系塗料 (白)
2	フッ素系塗料+光触媒 (白)
3	遮熱塗料 (白)
4	遮熱塗料+光触媒 (白)
5	フッ素系塗料 (黒)
6	フッ素系塗料+光触媒 (黒)
7	遮熱塗料 (黒)
8	遮熱塗料+光触媒 (黒)

試験体サイズとして屋外曝露用としては900mm×900mm, 150mm×300mmの2種類とし、また、塗膜性能試験用としては70mm×150mmとした。

3.2.1 屋外曝露試験

屋外曝露は千葉県千葉市の臨海工業地帯と千葉県野田市内の市街地での建物屋上の2ヶ所で行い、臨海工業地帯では南面35°曝露と南面垂直曝露とし、主に経時でのパネル裏面温度の熱収集と光沢度、色差の測定を行った。熱収集を行う900mm角のパネルでは、面の補強と裏面取り付けの熱電対への雰囲気温度の影響隔絶を兼ねて、100mm厚のポリスチレンボードを貼り付けている。一方建物屋上では経時での分光特性について計測を行った。写真1, 2にその状況を示す。

3.2.2 塗膜性能試験

塗膜性能試験では促進耐候性試験、密着性、耐食性、耐薬品性などを調査した。促進耐候性試験はサンシャインウ

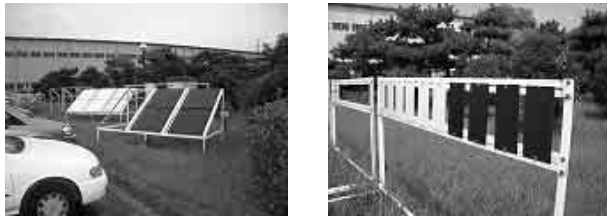


写真1 千葉曝露場

Photo 1 Chiba exposure place



写真2 野田曝露場

Photo 2 Noda exposure place

表2 試験項目
Table 2 Examination item

A	密着性試験
B	塩水噴霧試験
C	耐候性試験
D	耐薬品性試験
E	耐湿性試験
F	耐溶剤性試験
G	耐汚染性試験

エゾオメーターで行い、参考でキセノンでの促進耐候性試験も同時に行った。試験項目については表2に示す。

4. 実験結果の概要

4.1 屋外曝露試験

4.1.1 屋外垂直曝露

千葉屋外曝露試験の内、垂直に曝露した試験体での色差、光沢度の経時変化を図3に示す。

(1) 色差について

本調査では、塗膜劣化ではなく汚れ評価であるため、直前の試験体洗浄は行わなかった。自動測定のため降雨直後の測定もあり明確な傾向は見いだしにくいですが、遮熱塗料+光触媒パネルは汎用品に比べて経時での色差が小さく、汚れにくい傾向となっている。

(2) 光沢度について

光沢度については、黒の汎用品を除いて経過2年でも明確な差が見られず、実用での耐候性は今現在では汎用品と同等であるといえる。

4.1.2 屋外南面 35° 傾斜曝露

垂直曝露と同じ敷地内で試験を行い、同じく色差、光沢

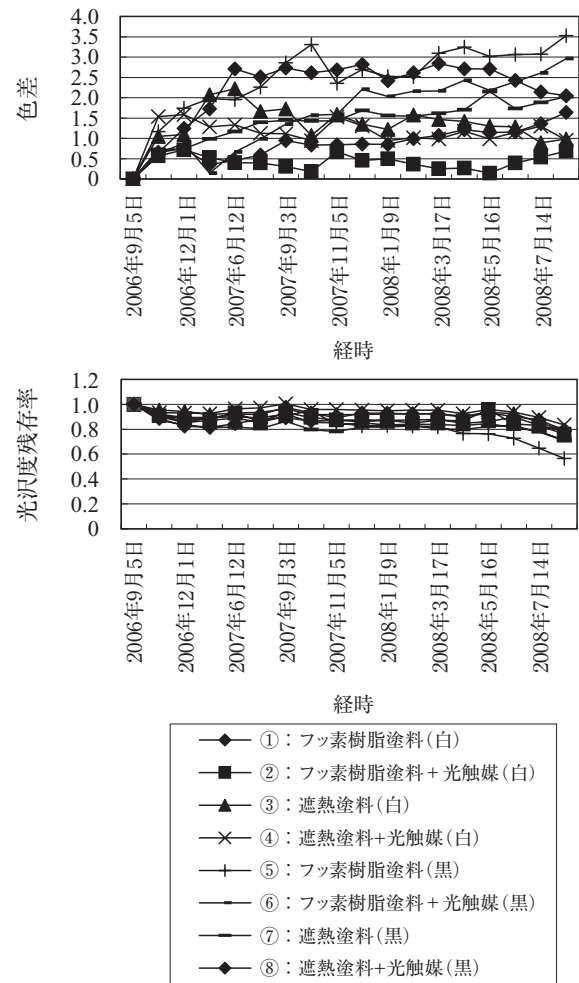


図3 屋外曝露 (90°) による色差及び光沢度の経時変化

Fig.3 The variation per hour of the color difference and gross by outdoor exposure (90°)

度についてデータ収集を行った。結果を図4に示す。

(1) 色差について

垂直曝露に比べて斜面にしているため、汚れが促進されている。その傾向は垂直曝露と同様で光触媒の有無で差があり、有りの優位性が確認される。

(2) 光沢度について

前項(1)と同様、垂直曝露より促進状態であるが、遮熱塗料+光触媒の高光沢保持の傾向が認められる。

4.2 塗膜性能試験

4.2.1 密着性試験 JIS K 5600-5-5

密着性試験については、JIS (日本工業規格) の試験方法に則り、デュボン式衝撃試験、基盤目剥離試験、カップング試験の3種類について行った。いずれの試験体も基盤面試験、デュボン式衝撃試験、カップング試験についてはまったく異常は認められなかった。

4.2.2 塩水噴霧試験 JIS K 5600-7-1

500時間ごとの観察を行い、最終3000時間までの試験を行った。1500時間過ぎてクロスカットの一部に錆が見ら

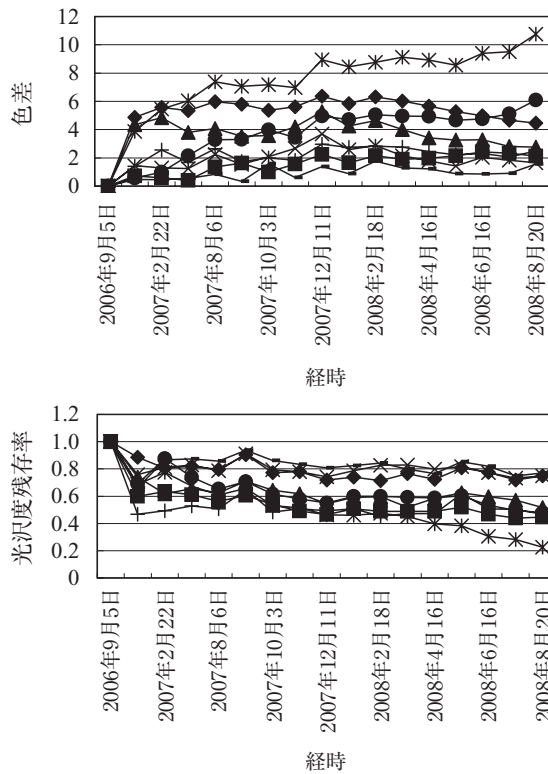


図4 屋外曝露 (35°) による色差の経時変化

Fig.4 The variation per hour of the color difference by outdoor exposure (35°)



写真3 塩水噴霧試験機

Photo 3 Neutral salt spray test



写真4 耐湿性試験機

Photo 4 Humidity test



写真5 促進耐候性試験機

Photo 5 Sunshine carbon arc weather meter

れたが、割れ、膨れなどは見られなかった。

4.2.3 耐候性試験 JIS K 5400 9.8

3 000 時間まで経過を観察した。遮熱塗料、遮熱塗料 + 光触媒ともに色差で最大 1.5、光沢度残存率で 80% を確保しており、汎用塗料と同等の耐候性が確認できた。

4.2.4 耐薬品性試験 JIS K 5400 8.21, 5400 8.22

5% 硫酸、5% 塩酸、5% 炭酸ナトリウムで 10 日間の浸せき試験を行った。いずれも異常は認められなかった。

4.2.5 耐湿性試験 JIS K 5600-7-2

3 000 時間の連続試験を行った。塗膜の膨れは観察されず、二次密着性においても密着の低下は認められなかった。

4.2.6 耐溶剤性試験 JIS K 5400 8.2

オキシドール、エチルアルコール、石油ベンジンでガーゼに各溶剤を染みこませ、適当な加重で 50 回往復させて外観を目視観察した。いずれも異常は見られなかった。

4.2.7 耐汚染性試験 JIS K 5400 8.10

マーキングペンを汚染材料として用いて、24 時間放置後シンナーでふき取る試験を行った。その結果、異常は認められなかった。

以上の結果、いずれの試験においても汎用塗料と同等であることが確認された。写真 3 ~ 6 に代表的な試験機と結果を示す。

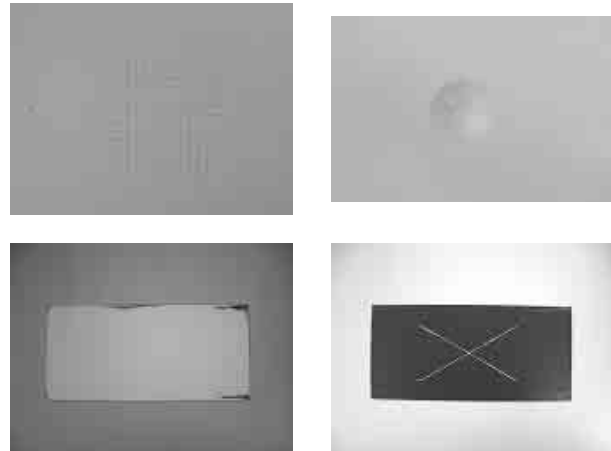


写真6 試験結果

Photo 6 Examination result

4.3 経時での遮熱性能の検証

4.3.1 臨海工業地帯 (千葉) での検証

(1) 光触媒による初期での検証

千葉では 2006 年 9 月より白、黒での屋外曝露を開始して、パネル裏面の温度測定を行った。図 5 は白色パネルの屋外曝露開始から 1 ヶ月後のパネル裏面の外

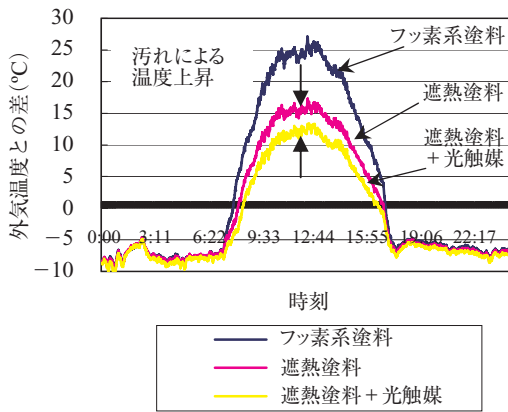


図5 曝露1ヶ月後の状況

Fig.5 Condition after one month of exposure

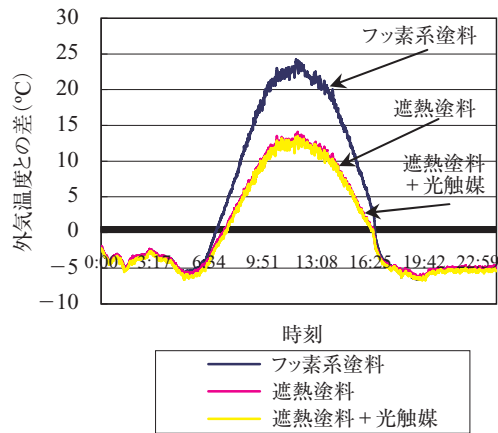


図7 曝露2年後の状況

Fig.7 Condition after two years of exposure

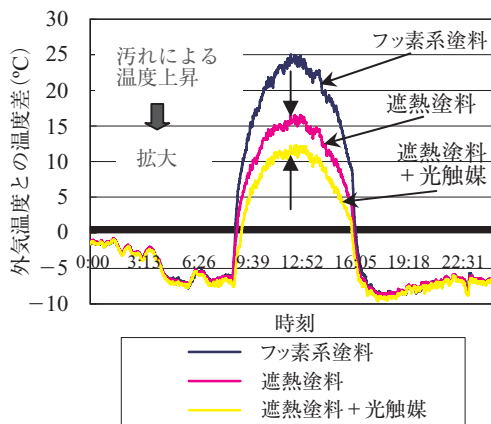


図6 曝露4.5ヶ月後の状況

Fig.6 Condition after four and a half months of exposure

気温との差のデータである。汎用塗料と遮熱塗料では最大8℃程の差があり、光触媒を付与したものはさらに3℃程の差がある。図6は開始から4.5ヶ月後の同じくパネル裏面の外気温との差のデータである。ここにおいて、遮熱塗料と遮熱塗料+光触媒の差が拡大していることが確認される。これは、曝露の色差データも示すように、初期においては遮熱塗料のみは汚れが急激に進行しているのに比べて、遮熱塗料+光触媒は汚れの進行が緩やかで、遮熱の初期性能が保持されていることが分かる。一方、黒色では汎用塗料と遮熱塗料との絶対差は7℃程度あるが、光触媒による汚れの優位性はあまり認められない。

(2) 継続による性能検証

曝露開始から2年が経過し、白色での傾向に変化が見られ始め、汎用塗料と遮熱塗料との絶対温度の差は10℃程度あるが、光触媒の有無による差がほとんど見られなくなってきている(図7)。表面の濡れ性は保持されているので光触媒層は機能を維持しているがEDX (EDX: エネルギー分散型X線分光分析, 図8)による表面付着物の分析を行ったところ、臨海工業地帯という環境の特性からシリカの付着が光触媒付与

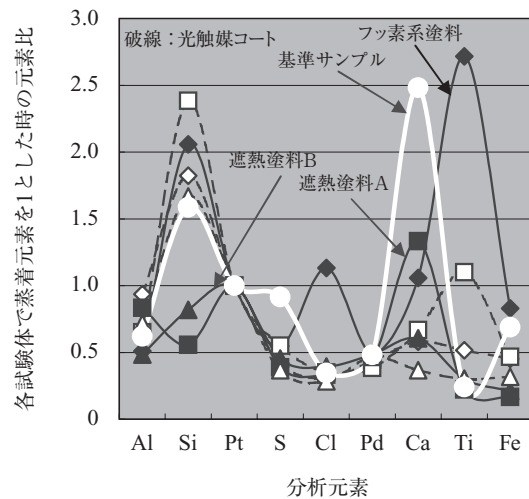


図8 X線蛍光分析による定性分析結果

Fig.8 Qualitative analysis result by Energy dispersive X-ray spectroscopy

のほうに多く、これは光触媒の有無により面の表面粗度が若干違うためと曝露の勾配も関係しているものと推測される。実施に当たっては、環境、面勾配などに配慮が必要であることが分かった。

4.4 汎用色での遮熱性能の検証

4.4.1 曝露試験(千葉)

外壁材色として一般的に多く使用されている、グレーとベージュについて曝露試験および塗膜性能試験を行った。曝露試験は前回と同様に千葉と野田の2ヶ所で行い、パネルサイズは同じく900mm×900mmとし、熱のデータ収集を行った。写真7、表3に状況と内容を示す。

図9、図10に曝露開始から1年経過までの35°傾斜パネルの色差と光沢度を示す。遮熱塗料は汎用塗料に比べて汚れの進行がほとんどなく、さらに光触媒を塗布したものは最も色差が小さい。光沢度はいずれも70%は保持しており、大きな差は見当たらない。

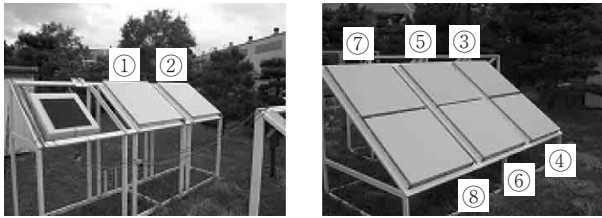


写真7 千葉曝露場

Photo 7 Chiba exposure place

表3 屋外曝露用試験パネル(グレー, ベージュ)

Table 3 Examination panel for outdoor exposure (grey, beige)

1	フッ素系塗料 (グレー)
2	フッ素系塗料+光触媒 (グレー)
3	遮熱塗料 (グレー)
4	遮熱塗料+光触媒 (グレー)
5	フッ素系塗料 (ベージュ)
6	フッ素系塗料+光触媒 (ベージュ)
7	遮熱塗料 (ベージュ)
8	遮熱塗料+光触媒 (ベージュ)

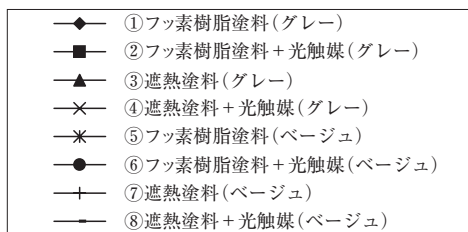
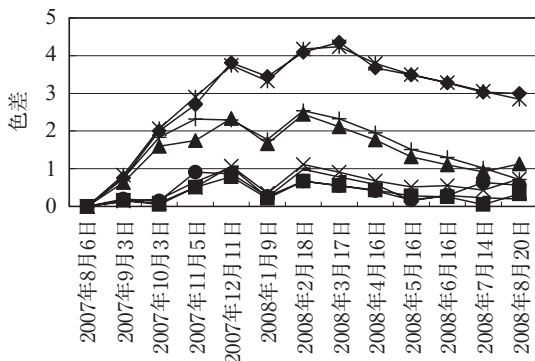


図9 汎用色での屋外曝露による色差の経時変化

Fig.9 The variation per hour of the color difference by outdoor exposure of general color

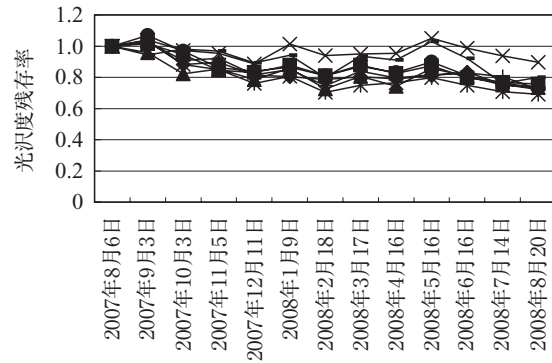
4.4.2 塗膜性能試験

前回の白, 黒と同様の試験項目で性能確認を行った。いずれの試験においても異常は認められず, 汎用塗料と同等の性能を示した。

5. おわりに

今回の開発結果について以下にまとめる。

(1) 遮熱塗料の塗膜性能については機械的性質, 化学的性質,



経時

データラベルは図9に同じ

図10 汎用色での屋外曝露による光沢度の経時変化

Fig.10 The variation per hour of the gloss by outdoor exposure of general color

質, 長期耐久性のいずれの試験においても汎用の塗料と同程度の性能であることが確認できた。

(2) 今回用いた遮熱塗料の遮熱効果は, 2年を経過した現在でも十分にその効果があることが確認できた。

(3) 色には因るが経時により光触媒のセルフクリーニング効果によって表面の汚れの進行が抑えられ, 遮熱性能が維持できることが確認できた。

本開発により, これからの社会で求められる環境問題に対する答えのひとつである, 「高反射遮熱パネル」の技術的な確立ができた。今後は本開発で得られた実験結果を生かして, 先にも述べた解放的な空間を特徴とする建造物への適応, 販売を目指していきたい。今回は壁材としての機能を主として実験を行いその確認を行ったが, この機能の応用・展開でさらに熱負荷低減の枠が広がる可能性がある。今後は他基材との複合化も含めて開発, 検討を行っていきたい。

本研究にあたり屋外曝露, 試験パネルでの分光分析などご指導およびご協力頂いた, 東京理科大学理工学部井上先生, 一ノ瀬先生に深く謝意を表します。



切通 哲



永石 博



坂本 義仁