

遮熱断熱塗料の性能評価に関する研究

日大生産工 ○野口 朋哉 日大生産工 永井 香織

1. はじめに

現代の工場では、空気調和機などの冷暖房設備が広く利用されており、その結果としてエネルギー消費が増加し企業の金銭的負担が大きな問題となっている¹⁾。このようなエネルギー消費の増加は、経済的な影響に加え、環境負荷の増大にもつながっている。これを解決する一つの方法として、建物の遮熱性能を向上させ、冷暖房への依存を軽減する²⁾ことが求められている。従来の方法では、屋根面に高反射塗料(以下、遮熱塗料とする)を塗布する方法が提案されてきた³⁾。この塗料は、日射を反射し、屋根の温度上昇を抑える効果がある。しかし、冬季には建物内部の熱を保持する効果が乏しく、暖房の使用頻度が増加するという課題が残っている。この課題を解決する為に、近年では高反射率塗料に断熱性能を付加した機能性塗料(以下、遮熱断熱塗料とする)が開発されている⁴⁾。遮熱断熱塗料は、夏季における建物内部の温度上昇を抑えると同時に冬季には内部の熱を保持し、冷暖房の使用頻度を年間を通じて削減することが期待されている⁵⁾。しかし、遮熱断熱塗料の断熱性能については、既存の研究が少なく、その効果を正確に評価できる実験方法も確立されていない。本研究は、塗料の断熱性能を評価する実験方法を提案することを目的

に実施している。

本報告では、一般塗料、遮熱塗料、遮熱断熱塗料を用いて、各種塗料による短期間で温度変化に与える影響を調査した結果を述べる。

2. 供試体概要

供試体概要を表1に示す。素地に用いた金属板は、工場の屋根面に多く使われているガルバリウム鋼板(アルミニウム55%・亜鉛43.4%・シリコン1.6%)を用いた。素地の形状は、長さ455mm、幅455mm、厚さ0.27mmを用いた。

表1から素地(無塗装)が一種類(A)、遮熱断熱塗料が3種類(B~D)、比較対象として遮熱塗料が2種類(E~F)、一般塗料2種類(G~H)の塗料を用いた。

塗装色は、グレー(日塗工番号 N-60 アッシュグレー)で統一した。計7種類の塗装された供試体と比較として無塗装の供試体を用いた。

塗布方法は、メーカー推奨の塗り回数(複数ある時は最小値)に従って、素地の表面をローラで塗装した。作業環境および養生方法は、JIS K 5600を参考に温度20(±1)℃・湿度60(±2)%とした。

また、膜厚は、各供試体の定常位置(9カ所)をJIS K 5600-1-7に準拠し、メーカー推奨の膜厚になるようにした。塗布量は、塗布前後の供試体の質量増から求めた。

表1 供試体概要

供試体	分類	種類	水性/油性	塗り回数	平均膜厚(μm)	塗布量(g)
A	素地	—	—	—	—	—
B	遮熱断熱塗料	エマルジョン	水性	2	224.3	58.5
C		アクリルシリコン	水性	2	369.7	64.1
D		エマルジョン	水性	2	229.5	58.3
E	遮熱塗料	シリコン	油性	2	169.3	54.6
F		フッ素	油性	2	105.8	30.5
G	一般塗料	シリコン	水性	2	119.7	46.8
H		シリコン	油性	2	94.9	43

The Characteristics of Trial Production Equipment
- Comparison of the Characteristic by the System -

Tomoya NOGUCHI and Kaori NAGAI

3. 実験方法および測定方法

3.1 サーモグラフィによる観察

図1にはサーモグラフィによる観察状況を示す。図1の配置に基づき、サーモグラフィは供試体から1.5mの距離を保ち、高さ0.9mの位置に設置した。供試体は、温度が20(±1)℃に保たれた環境下に配置されている。この条件下で、供試体の裏面に対して、距離100mmの位置から400Wの熱源ランプ (S社製 SK-L400T) を使用し、照射を行った。観察対象は各供試体の塗布面であり、サーモグラフィ (F社製 E54 24°) を用いて観察した。温度範囲は、10℃から70℃に設定することで各供試体を比較した。測定は30秒間隔10分間記録した。

照射面による熱拡散状況を図2に示す。(A)塗面に照射した場合、塗料の種類によって表面の光の反射率が異なるため、塗膜面に伝わる熱は一定ではなくなり、正確な熱拡散性能の評価が難しくなる⁶⁾。一方、(B)無塗装面に照射した場合、各供試体の照射面の反射率を一定になり、塗膜面に伝わる熱を均一にすることが出来る。このことにより、塗料単体の熱拡散性能を観察することが可能となつたため、本試験では、(B)を採用した。

3.2 模型箱実験概要

模型箱実験の状況を図3、測定箇所を図4に示す。実験に使用した模型箱は、内寸法400mm(横幅)×400mm(奥行)×400mm(高さ)とし、スタイロフォームで、気密および箱内外の断熱が保持できる構造である。模型箱を温度20(±1)℃・湿度60%の一定の環境下で養生し、内部温度が養生条件で安定した後、模型箱の上部から300mmに設置された照射ランプ400W(I社製 アイランプホルダIKO)を照射する。測定器具は、データロガー及び標準センサー(S社製 SK-L400T)を用いて温度測定を行った。

図4に示すように、定箇所は、模型箱に設置された供試体の表面・裏面・内部・床面の4ヶ所について10秒間隔20分間で記録した。

4. 評価方法

4.1 热画像による観測

本実験では、各塗料の熱拡散性能を観測する。

試験体中央を局所的に温度上昇させ時間経過に伴う温度変化を比較評価した。

4.2 模型箱における測定箇所の温度比較

本実験では、表面・裏面・内部・床面温度の4ヶ所について測定して各供試体と比較し、時間経過に伴って塗料が与える温度影響を評価した。

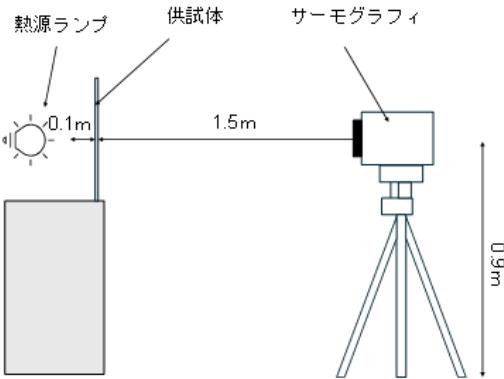


図1 サーモグラフィによる観察

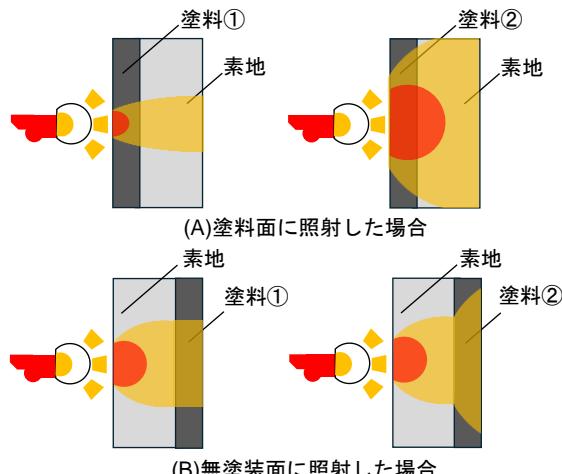


図2 照射面による熱拡散状況

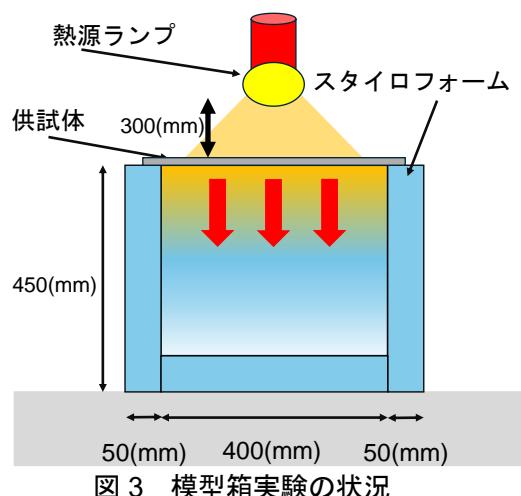


図3 模型箱実験の状況

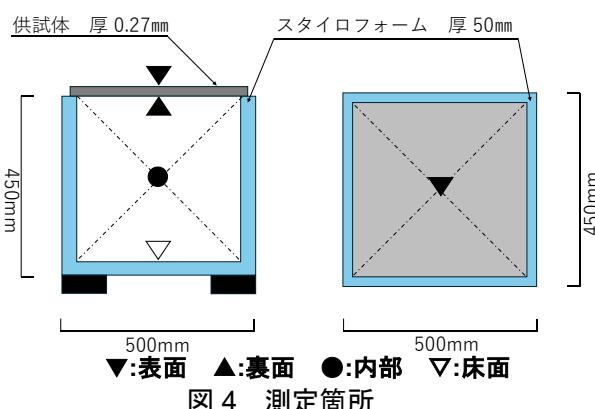
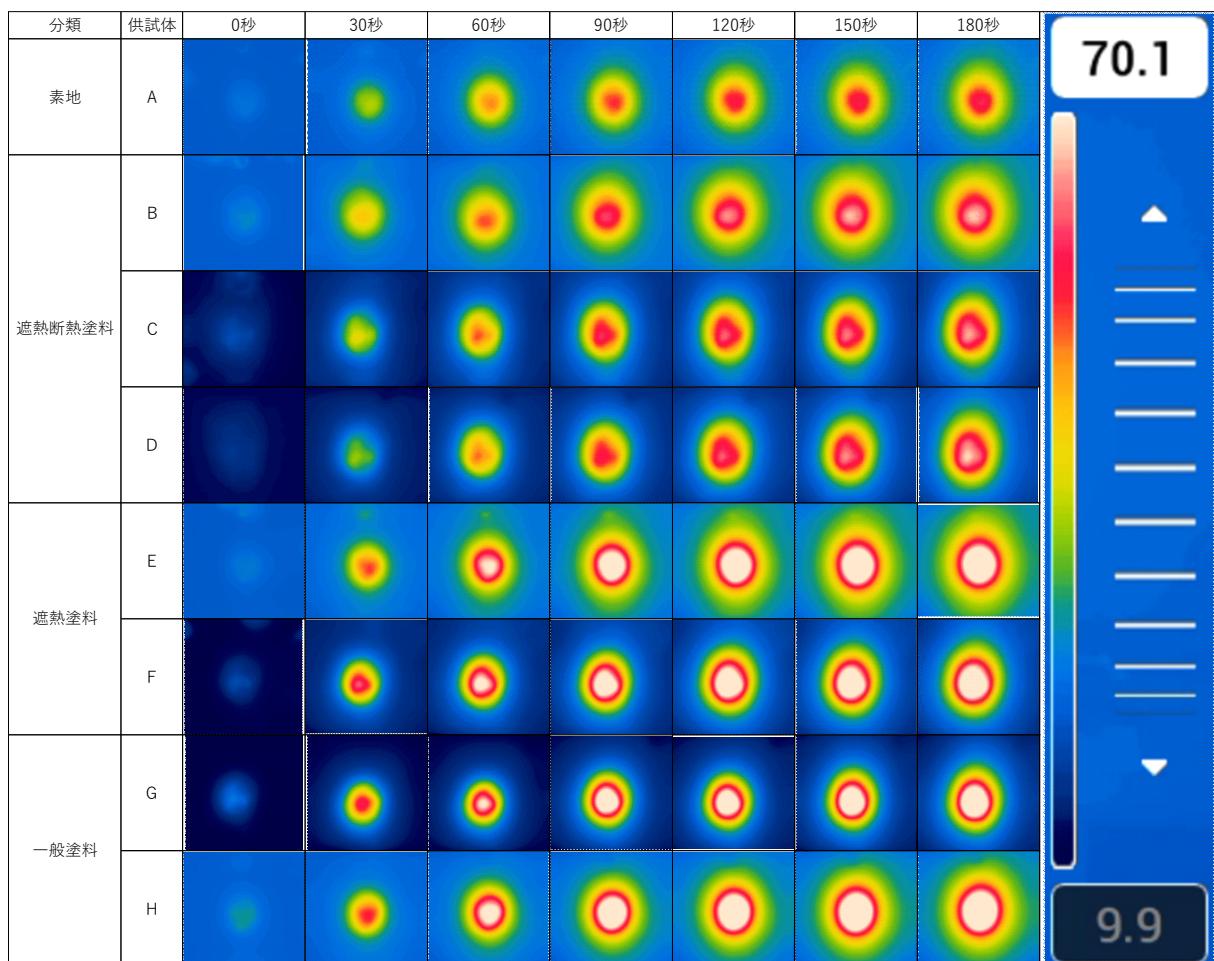


図4 測定箇所

表2 サーモグラフィを用いた熱画像



5. 結果及び考察

5.1 サーモグラフィによる熱画像の観測

サーモグラフィを用いた熱画像を表2に示す。

本実験では、10分間の熱画像を記録しているが試験開始から最初の3分間で温度が上昇し、その後一定の温度に達したため、表2には温度が上昇して一定になる直前までの結果を示している。表2から、素地、遮熱断熱塗料、遮熱塗料、一般塗料の分類ごとに熱画像を比較すると、各熱画像には明らかな温度分布の違いが生じた。最も温度上昇を抑制した順は、素地、次に遮熱断熱塗料であった。一方、遮熱塗料と一般塗料はほぼ同じ程度で、温度上昇を効果的に抑制できなかった。時間の経過とともに、供試体の熱の広がり方が分類ごとに似た傾向を示していることが確認できたが、この結果から塗料の種類ごとに温度上昇の抑制効果に明確な違いがあることがわかる。

この現象については、塗料の物理的特性が温度上昇に与える影響が考えられる。具体的には、塗料の熱伝導率や熱容量が、無塗装のガルバリ

ウム鋼板と比較して異なっており、これにより、各供試体で熱の吸収や放出に差が生じた可能性がある。特に遮熱断熱塗料は、遮熱塗料や一般塗料に比べて、塗料の熱拡散性能の抑制が優れていたため、温度上昇を抑制できたと考えられる。一方で、遮熱塗料と一般塗料は同程度の効果しか見られなかったため、塗料自体の断熱性能は同程度の可能性がある。

また、供試体の表面仕上げの違いも、温度分布に影響を与える可能性がある。塗装面が無塗装面に比べて滑らかでない場合、表面の凹凸が光の散乱や熱の放出に影響を与える。滑らかな表面は熱を効率的に放散する一方で、荒い表面では熱が局所的に集中し、結果として温度上昇が異なることがある⁷⁾。

以上のことから、素地が最も温度上昇を抑制したが、遮熱断熱塗料が次に続き、遮熱塗料と一般塗料の熱拡散性能が同等であることが考えられる。そして、塗料の物理的特性や表面仕上げが供試体の温度分布や熱拡散に大きく影響している可能性があると考えられる。

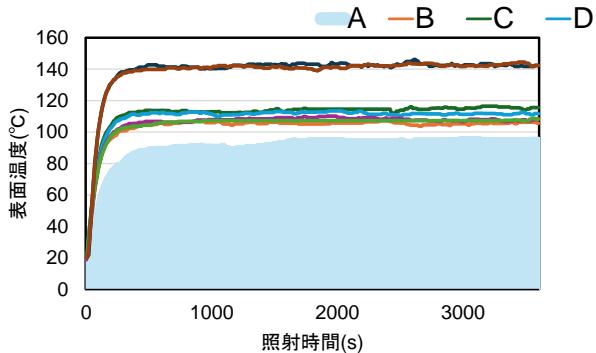


図 5 各供試体の表面温度

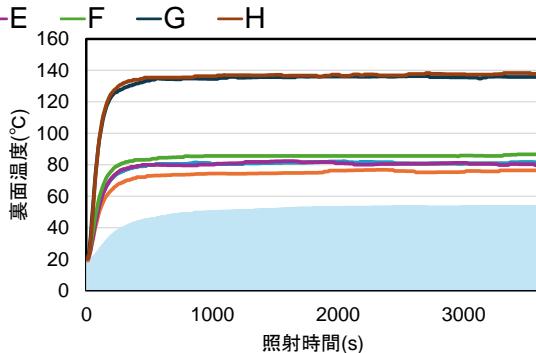


図 6 各供試体の裏面温度

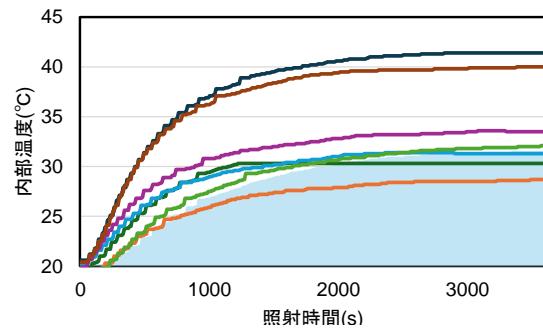


図 7 各供試体の内部温度

5.2 模型箱における測定箇所の温度比較

各供試体の測定箇所の温度比較を図 5～図 8 に示す。図 5 および図 6 では、供試体 B～F と供試体 G～H のグループ間で温度に偏りがある。これは、塗料が遮熱断熱塗料・遮熱塗料と一般塗料に分類され、遮熱性能の有無が表面および裏面の温度抑制に影響しているためと考えられる。また、図 7 および図 8 では、時間経過に伴い素地より温度が低くなる供試体が確認された。図 7 内部では供試体 B・C・D、図 8 床面では供試体 B・C・D・F が該当する。これは、遮熱断熱塗料が素地や一般塗料、遮熱塗料には見られない断熱効果によって内部および床面温度の抑制に寄与していると考えられる。この結果から、図 5 および図 6 では遮熱性能の有無による表面・裏面温度の抑制が確認でき、図 7 および図 8 では、断熱性能の有無による模型箱内部・床面温度の抑制が確認できる。

以上のことから、図 5～図 8 より遮熱断熱塗料は、各供試体の中で最も温度上昇を抑制できたと考える。

6.まとめ

- (1) 热画像から遮熱断熱塗料が、塗料の中で最も熱の拡散を抑える性能があった。
- (2) 供試体の温度比較から遮熱断熱塗料が他の塗料より温度を抑制できた。本実験範囲では、短時間の実験で各供試体の遮熱性能や断熱性能の違いを確認できたと考える。

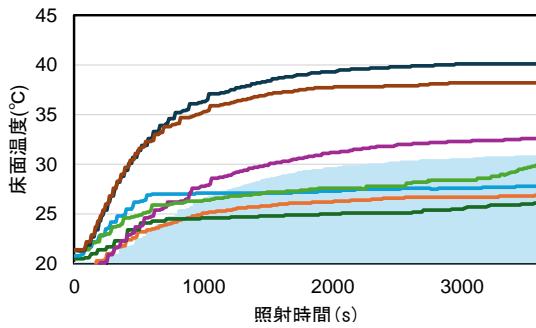


図 8 各供試体の床面温度

【謝辞】

本報告にあたりご協力いただきました各メーカー様にここに感謝の意を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 経済産業省：長期エネルギー需給見通し：2015 年 7 (2015).
- 2) 佐藤義久. エネルギー消費と環境問題. 電気学会誌, 126.4: 198-201. 2006,
- 3) 近藤靖史, 長澤康弘, 入交麻衣了 : 高反射率塗料による日射熱負荷軽減とヒートアイランド現象の緩和に関する研究 : 空気調和・衛星工学会論文集, No78, p15-24, 2000.7
- 4) 下田吉之ら : 都市家庭部門エネルギー最終需要モデルの検証と気温上昇影響 : エネルギー資, Vol.27, No.6, (2006)
- 5) 金森博 : 省エネ型太陽熱反射・断熱塗料の実用化研究 : TECHNICAL date No.19, p44-45, 1999 年 11 月 12 日
- 6) TAKAHASHI, Michiyasu, et al. Effects of coatings and substrates on reflectiveness of the solar radiation for pre-painted steel sheets. Tetsu-to-hagané, 2003, 89.1
- 7) Prapamonthon, P., Yin, B., Yang, G., and Zhang, M. (March 30, 2020). "Separate and Combined Effects of Surface Roughness and Thermal Barrier Coating on Vane Cooling Performance." ASME. J. Thermal Sci. Eng. Appl. October 2020; 12(5): 051017.