

# 平成 25 年度、遮熱塗料における熱特性 評価方法及び装置の検討

一般財団法人 日本塗料検査協会  
東支部 検査部 比留川 伸 司

## 1. はじめに

我が国における最終エネルギー消費の推移を見ると、全体の3割以上を占める民生（業務・家庭）部門は、産業・運輸部門に比して増加が顕著であり、省エネ対策の強化が最も求められている。その中で、家庭の冷暖房エネルギー消費は、その約30%<sup>1)</sup>を占めている。「住宅の品質確保の促進等に関する法律」（通称：品確法）が2000年度に施行されて以降、より省エネ性能の高い住宅が求められるようになった。

品確法の中には「住宅性能表示制度」があり、新築の場合、10分野29項目の評価項目があり、それぞれの項目について等級や数値で評価される（等級が高いほど性能が高い）。住宅の省エネルギー性能は、評価項目の中の「温熱環境」という項目で省エネルギー性能評価が行われ、最上級が4等級になっている。窓の省エネ性能<sup>2)</sup>は、断熱性能が高い順に星の数でランク付けされた省エネ建材等級ラベルが窓に貼られる（図1-1）。星の数が多いほど、断熱性能の高い窓である。



図 1-1 窓の省エネ建材等級ラベル

最近では遮熱性能に着目した機能性塗料の製造及び販売が伸長しつつあるが、塗料の遮熱性能を定量的に熱エネルギーで評価する方法が存在しないため、メーカーは表面温度、室内温度、エアコンの消費電力量などの独自基準による遮熱評価を行っている現状にあり、ユーザーの製品選択に際して遮熱性能を判断する共通の指標がない。これらの評価方法は、試験方法が互いに異なるため、評価結果を比較することができなかった。

遮熱塗料には、反射機能による熱線吸収抑制のほかに、断熱機能による熱伝導抑制、放射機能による熱放出などを特徴とするものがある。しかし、従来の評価方法は、

反射機能（日射反射率）を熱特性の評価に用いているため、断熱機能および放射機能を含めた熱移動に関する機能を総合的に評価できなかった。

ユーザーが製品を選択するにあたって、熱特性を総合的に評価するための指標がないことは大きな問題であり、標準化された指標を確立することは、この種の塗料の利用拡大に向けての課題であった。

そこで、総合的に熱特性を評価する試みとして、平成24年度に実施した「塗料の省エネルギー性能評価方法調査」<sup>3)</sup>では、遮熱塗料を熱流量（熱エネルギー：W/m<sup>2</sup>）で評価することができた。しかし、測定値の変動が大きく、精度の点で問題があった。このため、この評価方法の信頼性を改善することが要望されていた。

本検討は、遮熱塗料における熱特性評価の精度が高く、機能を総合的に評価できる標準評価指標となり得る評価方法および装置を提供することを目的とする。

## 2. 検討内容

本検討内容は、遮熱性能の差を明確に評価するために、熱流量測定の精度を向上させることにある。評価装置の信頼性を高めるために、総合熱伝達率を調整するための校正板にあたる標準板を作製し、標準板の安定性についても確認した。さらに、各種遮熱塗料を用いて、熱・光学特性と熱流量との関係を確認した。

### 2.1 評価装置における熱流量測定の精度向上

熱流量測定の精度を向上させるため、平成24年度に開発した遮熱塗料における熱特性評価装置（以下「旧評価装置」とする）の改良を行った。改良点を次に示す。

- ① 気流の乱れによる熱流量の変動を小さくするために、外側流路（室外側）及び内側流路（室内側）を上部試験板面及び下部熱流計面と面一とした。
- ② 試験板から熱流計への熱の移動を均一化するために、熱流計の周囲に熱流計と熱抵抗が同等なもの（ダミーパネル）を取り付けた。
- ③ 太陽光近似光源からの光照射を妨げないようにするために、室外側上部にある開口部の仕切板を高透過性ガラスに変更した。

上記の改良を行った熱特性評価装置（以下「新評価装置」とする）の概略図を図2-1、測定条件を表2-1に示す。

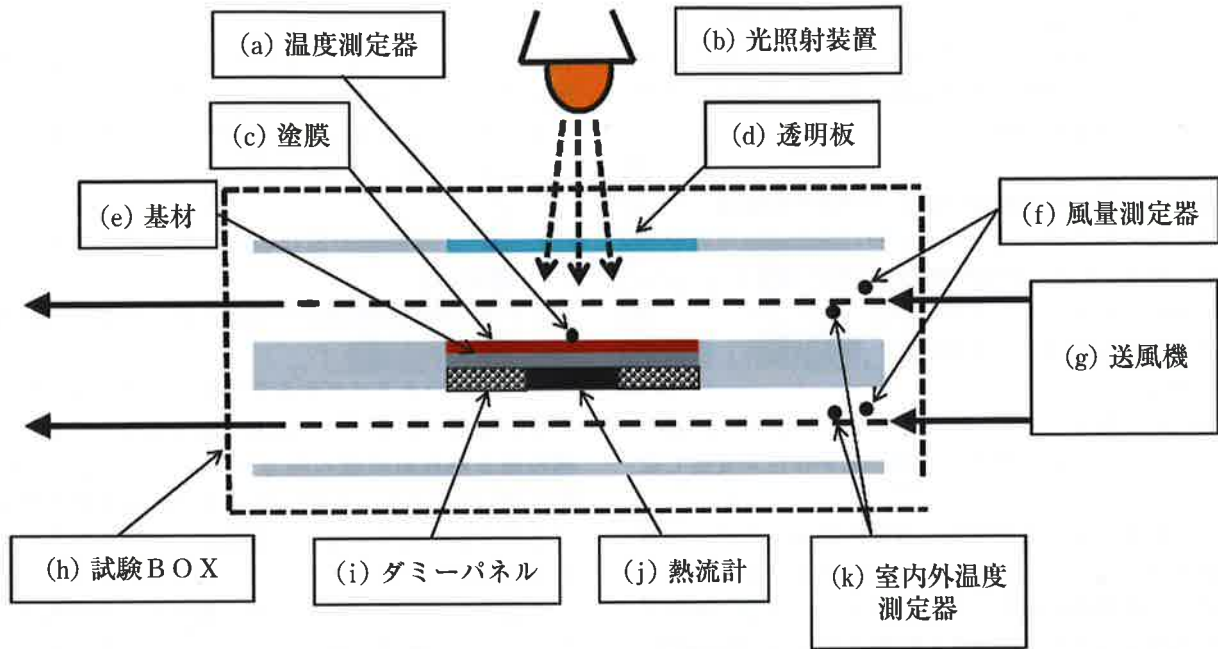


図 2-1 新評価装置概略図

- (a) 温度測定器 (b) 光照射装置：太陽光に近似した分光分布をもつメタルハライドランプ  
 (c) 塗膜 (d) 透明板 (外側流路からの日射取入れ窓)：高透過性ガラス (e) 基材：アルミニウム板  
 (f) 風量測定器 (g) 送風機 (h) 試験BOX (i) ダミーパネル (j) 熱流計 (k) 室内外温度測定器

表 2-1 測定条件

項目	夏条件
外側流路温度 (室外側)	35 °C
内側流路温度 (室内側)	28 °C
照射日射強度	1 kW/m <sup>2</sup>

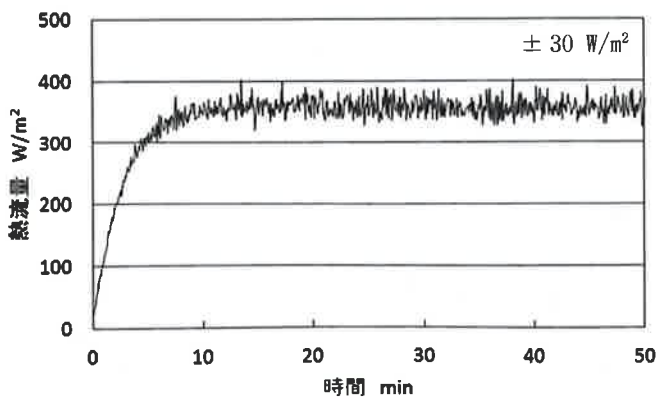


図 2-2 旧評価装置における熱流量と時間の関係

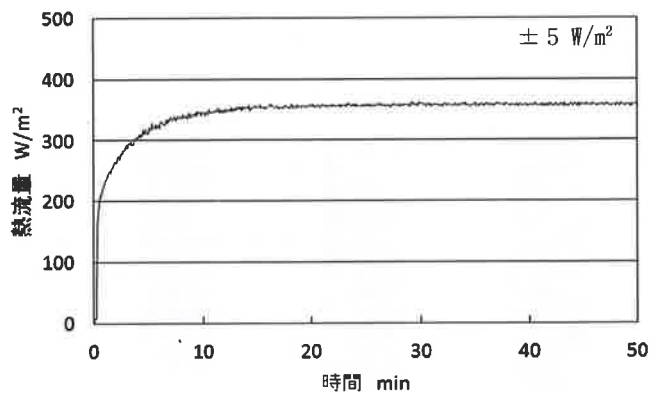


図 2-3 新評価装置における熱流量と時間の関係

旧評価装置では、図 2-2 に示すように熱流量の変動が大きかったが、新評価装置では図 2-3 に示すように熱流量変動を  $\pm 30 \text{ W/m}^2$  から  $\pm 5 \text{ W/m}^2$  に小さくすることができた。次に、本評価方法の信頼性を高めるために標準板を作製し、安定性の確認を行った。

## 2.2 新評価装置の標準板の作製及び安定性の確認

評価装置の総合熱伝達率の校正板にあたる標準板を検討するに際し、下記の条件を満たす材料の選定を行った。

- ①経時変化が少なく、入手が容易であること。
- ②光学特性（明度、日射反射率、修正放射率）が調整可能なこと。
- ③安定性（暗所:  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $50 \text{ \%RH}$  で 1 年間静置、熱負荷:  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  で 14 日間）があり、熱・光学特性が変化しないこと。

3 項目を満たすことができる材料の候補として、一般的に耐久性が高く、入手が容易であるアクリルシリコン樹脂系の一般塗料を選定した。アクリルシリコン樹脂系塗料の明度を 5 水準に調整し、塗板の明度、日射反射率、修正放射率を測定した。測定結果を表 2-2 に示す。

新評価装置を用いて、これら 5 水準の標準板について熱流量を測定した。測定結果を図 2-4 に示す。この結果

から、熱流量と日射反射率の間には明確な比例関係があることがわかる。さらに、これらの試料を用い、安定性試験を行った。図 2-5 に安定性試験前及び試験後の熱流量測定結果を示す。安定性試験前と試験後と比較した結果、熱流量、色差、日射反射率、及び修正放射率ともに、ほとんど変化は見られなかった。

## 2.3 熱・光学特性の異なる一般塗料及び遮熱塗料の熱流量測定

### 2.3.1 各試料の遮熱性能に関わる熱・光学特性の測定結果

メーカーのカタログから遮熱塗料の遮熱機能を、反射性能を特長とするもの、断熱性能を特長とするもの、断熱性能と熱放射性能の両方を特長とするもの、の 3 グループに分類した。一般塗料とともに各種遮熱塗料における熱流量の比較を行い、機能毎に結果をまとめ、考察を行うこととした。

各試料について日射反射率、放射率、及び熱コンダクタンスの測定結果を表 2-3 に示した。なお、熱コンダクタンスは熱伝導率の測定結果と塗装仕様の理論膜厚から計算により求めた。

表 2-2 標準板の熱・光学特性

水準	明度 L*	日射反射率 %			修正放射率
		全波長域	可視波長域	近赤外波長域	
1	2.5	4.0	4.0	4.0	0.90
2	36.8	10.8	12.5	8.6	0.90
3	60.0	25.6	29.7	20.1	0.89
4	80.6	52.2	57.7	45.0	0.88
5	95.2	85.3	86.9	83.3	0.88

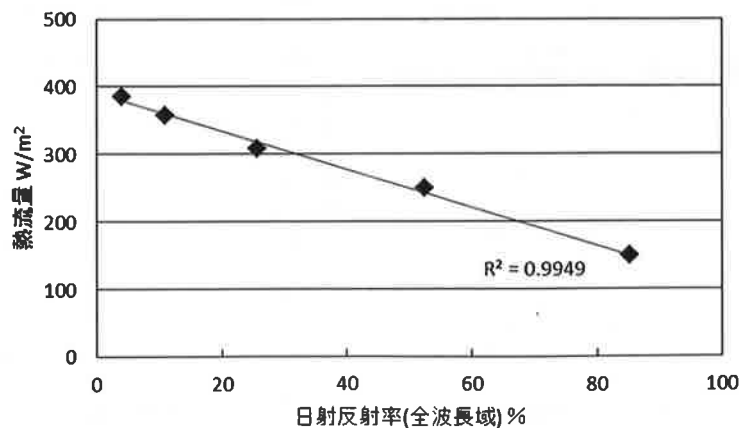


図 2-4 熱流量と日射反射率の関係

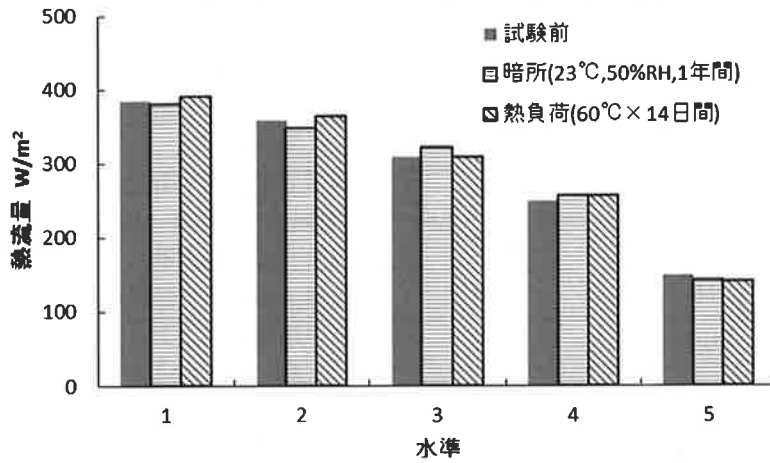


図 2-5 安定性試験前及び試験後における各水準の塗板と熱流量

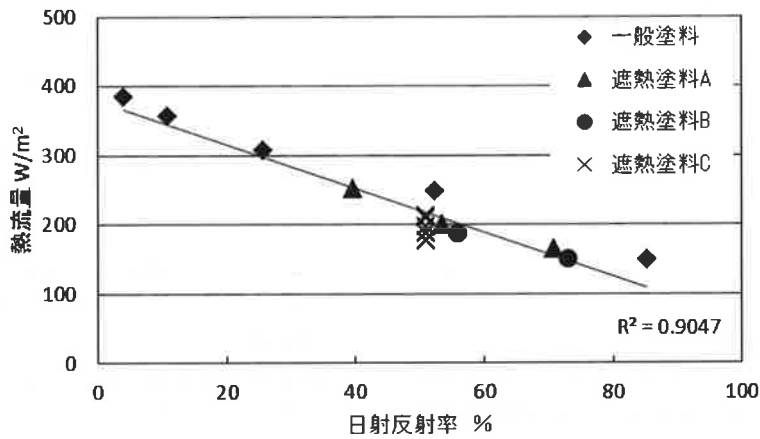


図 2-6 熱流量と日射反射率の関係

### 2.3.2 熱流量と日射反射率

表 2-3 に示した塗料を用いて、熱流量を測定した。測定結果を図 2-6 に示す。熱流量と日射反射率との間には明確な比例関係があることがわかる。この結果より、塗膜の厚みが一定である場合、熱流を測定することで、日射反射率の効果を評価できることが分かった。

### 2.3.3 熱流量と修正放射率

修正放射率の異なる無彩色 (N6) の塗料を用いて、熱流量を測定した。なお、この測定は屋外で実施し、冬季夜間 (2013. 12. 7 M6:00 ~ AM6:00, 晴天時) の積算熱流量を求めた。結果を図 2-7 に示す。図 2-7 より、放射率が異なる 3 つの試料について、放射率が高いほど、室内側から室外側への実効放射 (夜間放射) が大きくなり、積算熱流量も大きくなる関係があることがわかる。この結果より、熱流を測定することで、放射率の効果を評価できることが分かった。

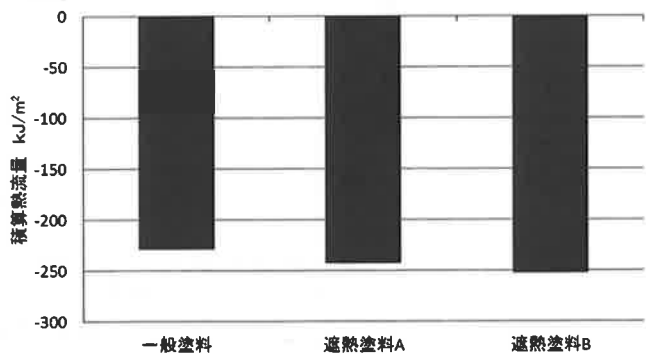


図 2-7 積算熱流量と修正放射率の関係

表 2-3 塗膜の測定結果（日射反射率、放射率、熱コンダクタンス）

塗料 (機能)	表面の色	日射反射率 % 全波長域	修正放射率	熱コンダクタンス $W/(m^2 \cdot K)$ (塗膜厚さ mm)
一般塗料	N2.5	4.0	0.88	3300(0.10)
	N4	10.8	0.88	
	N6	25.6	0.88	
	N8	52.2	0.88	
	N9.5	85.3	0.88	
遮熱塗料 A (日射反射)	N4	39.6	0.89	1900(0.15)
	N6	53.4	0.89	
	N8	70.8	0.89	
遮熱塗料 B (放射&断熱)	N6	55.7	0.94	183(0.30)
	N8	72.9	0.94	
遮熱塗料 C (日射反射& 断熱)	N6	50.9	0.89	1460(0.15)
				366(0.60)
				129(1.70)
				67(3.30)
				35(6.30)

### 2.3.4 熱流量と熱コンダクタンス

塗膜厚さを変化させることで熱コンダクタンスを調整した塗板を用いて、熱流量を測定した。測定結果を図 2-8 に示す。塗膜厚さが大きくなるほど熱流量が小さくなる関係があることがわかる。この結果より、熱流を測定することで、熱コンダクタンスを評価できることが分かった。

### 3. まとめ

熱特性評価装置を改良することで熱流量測定の精度を向上させることができ、さらに、総合熱伝達率の校正板にあたる標準板を作製することで評価方法の信頼性を高めることができた。新評価装置を用いることで、一般塗料と遮熱塗料の熱流量の差を明確に評価することができた。さらに、測定精度を向上させたことにより、各種遮

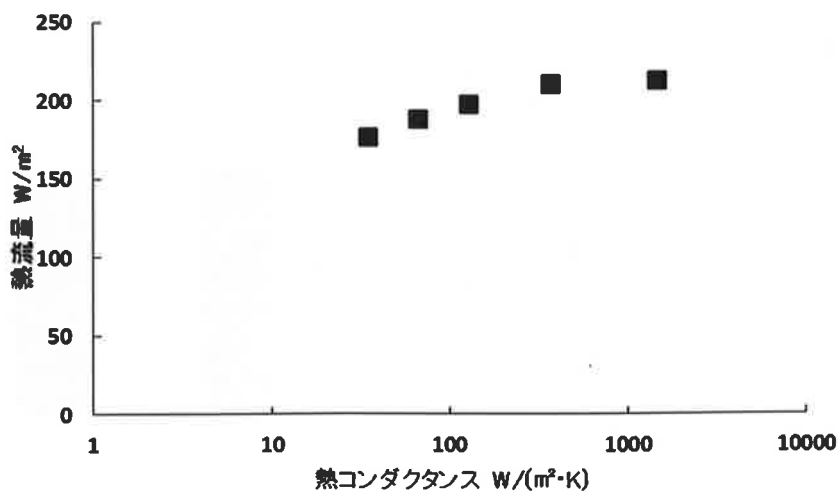


図 2-8 熱流量と熱コンダクタンスの関係

熱塗料間の熱流量の差も明確に比較することができるようになった。熱流量を測定することで、断熱効果のひとつの指標である熱コンダクタンスの影響も分かり、また、夜間における実効放射（夜間放射）の影響も熱流量で求めることができた。

平成 25 年度に開発した遮熱塗料における熱特性評価方法（新評価装置）は、熱流量測定の精度及び信頼性が十分にあり、反射機能だけでなく、断熱機能および放射機能を含めた熱移動に関する遮熱機能を総合的に評価できることがわかった。この結果として、遮熱塗料の熱移動に関する熱流量（熱エネルギー：W/ m<sup>2</sup>）を用いて、下記のことが可能となった。

- ①下塗りの断熱機能と上塗りの反射機能を同時に評価できる。
- ②遮熱のメカニズムが不明な塗料について評価できる。
- ③評価装置で得られた結果から、数値計算（シミュレーション計算）することができる。

今後は、数値計算との整合性を図り、窓と同様に省エネルギー性能の定量的な評価手法を確立し、等級付けを行えるような評価方法とする。

謝辞

評価方法及び装置の検討にあたり、終始ご指導、ご助言を頂きました国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部 環境・設備基準研究室 主任研究官 倉山千春先生（故人）及び一般社団法人日本塗料工業会に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギーについて 事業者向け省エネ情報。  
[平成 26 年 12 月 7 日検索] インターネット  
<URL:[http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saving/001/pdf/genjo.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/001/pdf/genjo.pdf)>
- 2) 社団法人日本サッシ協会。「省エネ建材等級ラベル」窓ラベル一本化のご案内。平成 22.9 月  
[平成 26 年 12 月 7 日検索] インターネット  
<URL:[http://www.jsma.or.jp/Portals/0/images/eco/pdf/eco\\_label\\_unity.pdf](http://www.jsma.or.jp/Portals/0/images/eco/pdf/eco_label_unity.pdf)>
- 3) 三菱化学テクノリサーチ。平成 24 年度エネルギー使用合理化基盤整備事業（塗料の省エネルギー性能評価方法調査）「経済産業省委託事業」報告書，2013-03.