

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

平成25年3月

株式会社 三菱化学テクノロジーサーチ



## 目 次

塗料の省エネルギー性能評価方法調査の概要（要約） .....	1
【目的及び背景】 .....	1
【調査内容、調査方法、及び調査結果】 .....	1
1 省エネルギー性能評価方法の基礎情報の収集・分析 .....	1
2 塗料の省エネルギー性能評価方法の検討 .....	2
3 塗料の省エネルギー性能評価方法の作成 .....	3
第1章 はじめに .....	4
1.1 目的 .....	4
1.2 事業内容 .....	4
1.2.1 省エネルギー性能評価手法の基礎情報の収集・分析 .....	4
1.2.2 塗料の省エネルギー性能評価方法の検討 .....	4
1.2.3 塗料の省エネルギー性能評価方法の作成 .....	4
1.2.4 調査方法 .....	4
1.3 事業実施期間 .....	6
1.4 事業スケジュール .....	6
第2章 塗料の省エネルギー性能評価方法の検討 .....	7
2.1 既存の省エネルギー評価方法 .....	7
2.1.1 省エネルギー塗料に対する現行の評価方法 .....	7
2.1.2 省エネルギー関連の評価方法（規格類） .....	8
2.1.3 省エネルギー関連の評価方法（文献） .....	11
2.2 塗料の省エネルギー評価方法の課題と前提 .....	14
2.2.1 課題 .....	14
2.2.2 評価方法作成の考え方 .....	14
2.3 予備試験と性能評価方法 .....	16
2.4 省エネルギー塗料評価装置と試験条件 .....	16
2.4.1 省エネルギー塗料評価装置 .....	16
2.4.2 試験条件 .....	18
2.4.3 試験手順 .....	19
2.4.4 測定機器 .....	19
2.5 実証実験 .....	20
2.5.1 実証試験の概要 .....	20
2.5.2 実証試験に用いた省エネルギー塗料の塗膜特性 .....	20
2.5.3 各試料の省エネルギー性能に関わる熱・光学特性の測定結果 .....	21
2.5.4 熱流測定結果 .....	22
2.5.5 まとめ .....	34
第3章 塗料の省エネルギー性能評価手法 .....	39
3.1 評価手法 .....	39
3.1.1 測定装置 .....	39
3.1.2 試験条件 .....	41
3.1.3 試験手順 .....	41

3.1.4 シミュレーション .....	41
3.2 課題 .....	42
資料編 .....	43
資料 1 省エネルギー塗料性能評価手法作成委員会名簿及び性能評価方法調査 WG 名簿 .....	43
資料 2 省エネルギー塗料に対する現行の評価方法 .....	44
資料 3 関連の日本工業規格 (JIS) 概要 .....	46
資料 4 関連の建材試験センター規格(JSTM)概要 .....	52
資料 5 省エネルギー関連 (塗料、建材等) の評価方法 (文献) .....	54
資料 6 予備試験 .....	62
資料 7 測定機器 .....	66
資料 8 実証試験 .....	68
8-1 塗装仕様 .....	68
8-2 熱貫流率 .....	70
資料 9 シミュレーションによる省エネルギー効果の推算 .....	72

## 塗料の省エネルギー性能評価方法調査の概要（要約）

### 【目的及び背景】

我が国における省エネルギー対策は喫緊の課題であり、特に住宅・建築物等の民生部門におけるエネルギー消費の増加幅が大きいことから、さらなる省エネルギー対策を進めることが急務とされている。

主に住宅の屋根、外壁等に塗布される塗料は、塗膜による被塗物の表面保護、美観の維持などが本来の機能であるが、最近では省エネルギー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り、今後、これらの省エネルギー塗料を活用した住宅の省エネルギー対策の推進が期待される場所である。

しかしながら、現在は塗料の省エネルギー性能の定量的な評価方法が存在しないため、製造事業者は独自基準による省エネルギー評価を行っている現状にあり、最終ユーザーの製品選択に際して省エネルギー性能を判断する共通の指標がないことは、今後期待される省エネルギー塗料の市場拡大に向けて大きな課題である。

本調査は、住宅用省エネルギー塗料の健全な市場の形成及び我が国における省エネルギー対策推進のため、省エネルギー塗料の性能評価方法の調査検討を行い、最終ユーザーにおける省エネルギー塗料選択の際の判断指標を作成することを目的とする。

### 【調査内容、調査方法、及び調査結果】

実証試験を含む下記（２）、（３）を実施するため、産業界 6 名、試験機関 1 名、大学等 3 名の有識者等で構成する「省エネルギー塗料性能手法作成委員会」を開催し、評価手法作成のための検討を行った。

## 1 省エネルギー性能評価方法の基礎情報の収集・分析

### 1.1 既存情報に関する、関連文献等からの情報収集

塗料の省エネルギー性能評価方法として、塗料メーカーのホームページ等に掲載されているのは、省エネルギー塗料と一般塗料について、モデル試験による日射条件下での塗膜の表面や裏面の塗料による温度の違い、同じく実建物（工場等）の屋根の表面と裏面及び室内の温度の違いなどで比較されている例が多い。JIS の評価方法規格類における塗料の遮熱性能の評価に関して、JIS K 5602（2008 年制定）「塗膜の日射反射率の求め方」、JIS K 5675（2011 年制定）「屋根用高日射反射率塗料」があり、分光反射率の測定値から基準太陽光の分光放射照度分布を用いて日射反射率を求めている。文献については、省エネルギー塗料と一般塗料の省エネルギー性能の比較として、測定箇所の温度の違いによる評価、及び上記の JIS 関連の日射反射率の影響などが報告されている。また、実建物や近似モデル棟による冷暖房機の長期間での消費電力に関する報告もされている。

建材の断熱性能に関しては、JIS 等の評価方法規格類で熱流の測定が行われているが、熱箱法等による大規模な測定装置となるケースが多い。熱流計による測定例として、JIS A 1412-2「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第 2 部：熱流計法」、JSTM J 6112「建築用構成材の遮熱性能試験方法」等が示されている。建築用ガラスフィルム、板ガラス類、複層ガラス、熱反射ガラス等の JIS の遮熱性能の評価法では、分光透過率・分光反射率を測

定し、そこから日射透過率・日射反射率、日射遮蔽性、熱貫流率（1／熱抵抗）等を計算により求めている。

## 1.2 ヒアリング

熱流計による建材の遮熱性能試験を行っている試験機関、及び赤外放射量測定による省エネルギー塗料の評価を行っている研究機関に対してヒアリングを実施した。

## 2 塗料の省エネルギー性能評価方法の検討

### 2.1 性能評価手法原案の作成

省エネルギー塗料の省エネルギー性能として、熱の遮断機能を統一的に評価するために、塗膜を介しての熱流を測定することを提案し、評価手法作成委員会にて承認された。

容易に測定可能な設備・方法として、実験室レベルで測定可能なスケールを想定した。使用した太陽光近似光源の有効照射面積と放射照度の安定範囲から試験板面積は 180×180mm に設定した。試験板は、最も単純構造の金属板（アルミニウム）に表面塗装したものとした。太陽光近似光源の照射強度制御や照射の有無、試験板をはさんだ上部箱空間と下部箱空間の温度制御により、夏・冬等の照射強度や温度条件をモデル的に設定可能な装置とした。測定センサーは熱流量計を試験板の下部面に、温度計は各箇所、日射量確認のための日射計などを設置し、計測データは連続的に収録し解析に供した。

### 2.2 予備検討試験の実施

評価方法原案の作成に前後して、予備試験検討を行い、種々の測定項目について、安定した適正な測定条件を設定した。

なお、熱流量計の設置方法については、試験板裏面に直接貼り付けた場合、測定した熱流量の振れが激しく比較解析が困難なため、試験板裏面に薄い断熱材を被覆した上に熱流計を貼り付ける手法を用いることで、測定感度はやや低下するものの、測定熱流量の振れを抑制できた。これに類似した手法による、測定精度向上例が文献に報告されている。

### 2.3 実証試験手法の作成

予備試験結果に基づき、2.1 の原案から修正した実証試験手法を提案し、作成委員会にて承認された。

### 2.4 実証試験の実施

結果概要は以下の通りである。

省エネルギー塗料と一般塗料の省エネルギー性能比較として、無彩色系の3色（N4,N6,N8 明度の違うグレー）、有彩色系の赤系（チョコレート）、青系（ナスコン）について夏想定条件（外気温 35℃、室温 28℃、日射 1000W/m<sup>2</sup>）を中心に熱流を測定した。併せて、塗膜の日射反射率、放射率、熱伝導率、塗膜表面温度等を測定した。全ての試験データが、全波長域（300-2500nm）の日射反射率と熱流（定常状態：以降同義）とのほぼ相関線上にあり、塗膜を介して流入する熱流は日射反射率の影響が大きいことが確認された。その相関のなかで、省エネルギー塗料のある銘柄では、日射反射率と熱流との相関に無彩色系の3色いずれも系統的な違いが見られ、日射反射率だけでは表せない熱流の違いが測定できた。日射反射率と塗膜表面温度との関係は全ての試験データがほぼ相関線上にあった。放射率については、全サンプルがほぼ同レベルの高い放射率（修正放射率：0.88-93）であり、一方、熱流は日射条件においては日射反射率の影響が大きいと、この範囲内の放射率による熱流への影響は見られなかった。冬想定条件（外気温 10℃、室温 18℃、日射 500W/m<sup>2</sup>）における熱流は夏

想定条件の 30～40%であった（日射照度の違いと、温度差に起因）。

断熱塗料についての評価は、断熱塗料を下塗りとし、その上に省エネルギー塗料と一般塗料を塗布したサンプルについて断熱塗料無しの結果と比較した。全ての測定値が、一般塗料及び省エネルギー塗料(B グループ：高日射反射率塗料)とほぼ同様な直線上にあることが認められた。断熱塗料がある場合には、全体に熱流が低い位置にプロットされる傾向が認められた。

熱流試験の設定条件の影響について、人工光源放射照度と熱流の相関がほぼ比例関係にあること、外気温と室温の温度差と熱流との相関についてもほぼ比例関係にあることを確認した。

夏のある 1 日と冬のある 1 日について、無彩色系の N6（グレー）での測定熱量とその照射強度と室内外温度の熱量への影響との相関を用いて省エネルギー効果の試算を行った。省エネルギー塗料は一般塗料に比べ、熱の流入量の低減効果が見られた。その熱の流入量は夏 1 日においては 16～33%の低減効果(熱負荷低減)が見られたが、冬 1 日においては熱流の低減（熱負荷増加）によるマイナス効果が見られた。夏・冬それぞれ 1 日ずつの省エネルギー量のトータルで、一般塗料の合算熱負荷量の 18～34%の省エネルギー効果があると推定された。

### 3 塗料の省エネルギー性能評価方法の作成

塗膜を介しての熱流の測定手法として、本試験にて実施した性能評価手法は、設定する測定条件及び熱流の測定値の安定性・再現性が十分にあり、省エネルギー塗料や一般塗料の省エネルギー性能差を熱流測定により横並び比較できることを確認した。本試験方法を塗料の省エネルギー性能の評価手法として提案したい。設定する測定条件については、夏想定条件、冬想定条件などを基本的な評価条件とする。

## 第1章 はじめに

### 1.1 目的

我が国における省エネルギー対策は喫緊の課題であり、特に住宅・建築物等の民生部門におけるエネルギー消費の増加幅が大きいことから、さらなる省エネルギー対策を進めることが急務とされている。

主に住宅の屋根、外壁等に塗布される塗料は、塗膜による被塗物の表面保護、美観の維持などが本来の機能であるが、最近では省エネルギー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り、今後、これらの省エネルギー塗料を活用した住宅の省エネルギー対策の推進が期待される場所である。

しかしながら、現在は塗料の省エネルギー性能の定量的な評価方法が存在しないため、製造事業者は独自基準による省エネルギー評価を行っている現状にあり、最終ユーザーの製品選択に際して省エネルギー性能を判断する共通の指標がないことは、今後期待される省エネルギー塗料の市場拡大に向けて大きな課題である。

本調査は、住宅用省エネルギー塗料の健全な市場の形成及び我が国における省エネルギー対策推進のため、省エネルギー塗料の性能評価方法の調査検討を行い、最終ユーザーにおける省エネルギー塗料選択の際の判断指標を作成することを目的とする。

### 1.2 事業内容

#### 1.2.1 省エネルギー性能評価手法の基礎情報の収集・分析

住宅や住宅用設備機器等の既存の省エネルギー性能評価手法について情報収集及び分析を行い、塗料の省エネルギー性能評価方法の作成に当たっての課題抽出を行った。

#### 1.2.2 塗料の省エネルギー性能評価方法の検討

1.2.1 で収集した情報の分析結果をもとに、他分野における省エネルギー評価方法を参考としつつ、外部試験機関を活用した実証試験を実施して、塗料の省エネルギー性能評価方法の検討を行った。

#### 1.2.3 塗料の省エネルギー性能評価方法の作成

上記 1.2.1 及び 1.2.2 を踏まえ、今後の省エネルギー塗料の普及拡大のため、塗料の省エネルギー性能評価方法を作成し、報告書として取りまとめた。

#### 1.2.4 調査方法

##### ① 既存手法の情報収集・分析

##### 1) 既存手法に関する、関連文献等からの情報収集

熱を遮断する機能を有する省エネルギー塗料の省エネルギー性能の評価方法に関して、塗料メーカーからの発信情報、JIS 等による評価規準、関連文献等からの情報収集を行った。

また、省エネルギー塗料に近い熱を遮断する機能を有する部材を対象とする省エネルギー手法について、その評価基準の考え方、性能評価方法等を対象として JIS 等による評価規準、関連文献等からの情報収集を行った。調査対象として、建築用断熱材、窓・ドア・建具等の

住宅設備、窓ガラス用フィルム、機能性ガラス（熱線反射、熱線吸収、複層等）等の住宅関連を中心とした既存の省エネルギー評価手法の中から、使用方法や遮熱・断熱機能が省エネルギー塗料に近く、しかもそれらの性能評価手法が参考になると想定されるものを選定し、精査した。

## 2) ヒアリング

上記で選定した品目について、情報収集・分析内容の充実を図るため、省エネルギーの評価基準の作成機関や有識者に対するヒアリングを行った。

### ② 作成委員会の開催

実証試験を含む③～⑥を実施するため、産業界、試験機関及び有識者等により構成する「省エネルギー塗料性能評価手法作成委員会（以下「作成委員会」という。）」を開催し、評価手法のための検討を行った。作成委員会は、産業界 6 名、試験機関 1 名、有識者 3 名の全 10 名の委員にて構成し、全部で 3 回（平成 24 年 10 月 23 日、平成 24 年 12 月 25 日、平成 25 年 2 月 25 日）開催した。作成委員会の名簿を資料編の資料 1 に掲載したので参照願いたい。

なお、性能評価方法調査のワーキンググループ（WG）を、社団法人日本塗料工業会と一般財団法人日本塗料検査協会の適任者より構成し、実証試験に係る検討を実施した。性能評価方法調査 WG の名簿を資料編の資料 1 に掲載した。

### ③ 性能評価手法原案の作成

①の情報収集・分析結果をもとに、性能評価手法原案を作成し、②による作成委員会により、評価手法作成のための検討を行った。

### ④ 実証実験の実施

③による評価手法原案に基づき、市販されている省エネルギー塗料と対比用の一般塗料を用いて、評価手法（試験方法）の詳細条件の確認のため、各種試験条件の標準的条件設定のため予備的比較実証試験を実施した。

## 1) 実証実験手法の提案

実証実験では、省エネルギー塗料の省エネルギー効果を評価できるような試験方法・条件を確立することを目的とする。

試験方法の大まかな流れは以下のとおりである。

- (i) 実験室内において所定の室外温度及び室内温度に相当する環境を設定する。
- (ii) 室内外の境界部分に省エネルギー塗料又は比較用の一般塗料を塗布したサンプル板を設置する。
- (iii) サンプル板に近似太陽光線を照射し、サンプル板を通過する熱量を測定する。
- (iv) 室内外の設定温度を、想定した温度に設定し、様々な気温条件での通過熱量を測定する。
- (v) 実験については、塗料の種類、色等の条件を変えて実施する。なお、実証試験に使用する塗料の種類等、実施する際の条件設定等については事前に②の作成委員会に意見を聴取し、その内容を反映した上で実施する。

実証実験方法の提案については、第1回作成委員会にて検討を行い、意見を聴取し、その内容を反映した実証実験方法の承認を得た後に、試験機関により予備試験及び実証試験を行った。

⑤ 性能評価手法原案の精査・修正

②の作成委員会に対して④の試験の中間報告を行い、評価手法原案の精査・修正を行った。

⑥ 性能評価手法の作成

③～⑤の結果を基に性能評価手法の取りまとめを行い、作成委員会への報告を行うとともに、報告書として取りまとめた。

1.3 事業実施期間

委託契約締結日（平成24年9月18日）から平成25年3月29日まで

1.4 事業スケジュール

表 1-3 塗料の省エネルギー性能評価方法調査事業スケジュール

実施項目と作業内容	タイムスケジュール						
	H24/9	H24/10	H24/11	H24/12	H25/1	H25/2	H25/3
事業実施期間	▽	→					▽
①既存手法の情報収集・分析		→					
②作成委員会の開催(計3回)		▽ 10/25 10:30-12:00		▽ 12/25 15:00-17:00		▽ 2/25 14:00-17:00	
③性能評価手法原案の作成		→					
④実証実験の実施			→ 予備試験、 条件設定試験、等		→		
⑤性能評価手法原案の精査・修正			→				
⑥性能評価手法の作成						→	
報告書の作成						→ ◎	

## 第2章 塗料の省エネルギー性能評価方法の検討

### 2.1 既存の省エネルギー評価方法

#### 2.1.1 省エネルギー塗料に対する現行の評価方法

熱を遮断する機能を有する省エネルギー塗料についての現行の省エネルギー性能の評価方法の概要を表 2-1 に示す。

塗料の遮熱性能に関連する評価指標として、日射反射率を評価対象とした JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」と JIS K 5675「屋根用高日射反射率塗料」が標準化されており、いずれも塗膜の分光反射率を測定し、基準太陽光の分光放射照度から日射反射率を求める方法である。

塗料メーカー、大学や研究機関等により省エネルギー塗料と一般塗料との省エネルギー性能を比較した測定方法と結果が開示、報告されている。測定の多くは各部位の温度推移（比較）で行われており、実建物試験又はモデル建物による冷房消費電力量推移（比較）も報告されている。

なお、塗膜の熱の遮断性能に関連する熱伝導率の評価方法として JIS H 8435「遮熱コーティングの熱伝導率測定」が標準化されており、フラッシュ法により測定される。

なお、塗料メーカーのホームページ掲載の測定事例（遮熱塗料 2 件、断熱塗料 1 件）を資料編の資料 2 に掲載したので参照願いたい。

表 2-1 省エネルギー塗料に対する現行の評価方法

評価(測定)対象	評価方法、標準化	測定方法事例:塗料メーカー、研究機関、研究者等:ホームページ、カタログ、論文
温度	・各部位の温度測定:測定箇所(屋根表面、屋根裏面、天井、室内等)、時間推移(日照推移、昼夜)、季節差異(夏、冬)	・実建物試験、モデル建物試験、モデル試験:倉庫等、モデル建物、モデル試験装置 ・省エネルギー塗料と一般塗料の比較、塗料色調
空調消費電力	・冷房消費電力量、時間推移(日照推移、昼夜)と積算量	・実建物試験、モデル建物試験:倉庫等、モデル建物 ・省エネルギー塗料と一般塗料の比較、塗料色調
日射反射率	JISK5602:塗膜の日射反射率の求め方、JISK5675:屋根用高日射反射率塗料(評価は、JISK5602)、  いずれも分光反射率測定から日射反射率を求めている ・塗料の明度と近赤外波長域反射率の関係	・省エネルギー塗料と一般塗料の比較、塗料色調 ・塗料特性値:カタログ等に記載例
熱伝導率	参考:コーティングの熱伝導率測定法:(JISH8453:遮熱コーティングの熱伝導率測定) (JISR1611:ファインセラミックスのフラッシュ法による、熱拡散率・比熱容量・熱伝導率の測定方法) フラッシュ法による測定	・塗料特性値:カタログ等に記載例

### 2.1.2 省エネルギー関連の評価方法（規格類）

熱を遮断する機能を有する省エネルギー塗料、及び熱を遮断する機能を有する部材を対象とする、省エネルギー関連の評価方法（規格類）について情報収集を行い、表 2-2 に示した。

塗料関連の規格では、高日射反射率塗料に関連する表 2-1 に挙げた JIS K 5602 と JIS K 5675 があり、分光反射率を測定し、基準太陽光の分光放射照度から日射反射率を求める評価手法である。

建築用構成材の断熱性測定方法に関する校正熱箱法及び保護熱箱法（JIS A 1420、JIS A 4710 など）では、実物大スケールの試験体通過熱流測定から断熱性を評価している。熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法では保護熱板法（JIS A 1412-1）や熱流計法（JIS A 1412-2）にて熱流から目的の物性値を測定しており、建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム（JIS A 9526）も熱伝導率を同一法で測定している。

建築窓ガラス用フィルム（JIS K 5759）は分光透過率と分光反射率を測定し、遮蔽係数や熱貫流率を求める評価法である。

板ガラス類については、透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法（JIS R 3106）、熱抵抗及び熱貫流率の算定法（JIS R 3107）、複層ガラス（JIS R 3209）、熱線反射ガラス（JIS R 3221）など、分光透過率と分光反射率を測定し、熱貫流特性や遮蔽係数を求めている。

薄膜の熱特性測定では、遮熱コーティング（JIS H 8453）、ファインセラミックス（JIS R 1611）があり、フラッシュ法を用いて熱伝導率を求めている。

建築用構成材の遮熱性能試験方法（JSTM J 6112：建材試験センター規格）は、屋根や外壁等の夏期における室内への侵入熱量の抑制性能を定量的に評価するための試験規格であり、室内側、外気側（人工光源含み）、温度差設定、通気層有無、通気量制御にて熱流と温度を測定し、熱貫流率（1／熱抵抗）、日射侵入率（遮蔽率）を求めている。

なお、規格類の代表図等を掲載した概説については資料編の資料 3、資料 4 を参照願いたい。

表 2-2 省エネルギー関連の評価方法（規格類）

対象分野	標準規格類 (制定年)	表題	測定原理	試験体・測定スケール	主測定
塗料関連	JISK5602 (2008)	塗膜の日射 反射率の求め方	日射反射率:各波長の分光反射率を求め、基準太陽光の分光放射照度の分布を示す重価係数を乗じ、波長範囲にわたって加重平均し、日射反射率を求める。	波長範囲:300-2500nm、 標準白色板:公的機関校正のフッ素樹脂系標準白色板、 試験板:JISK5600-4-1に規定する隠蔽率試験紙を用い、ガラス板に固定し、その白部と黒部に同時に塗装する。乾燥後、ガラス板から取り外し試験片とする。	分光反射率
	JISK5675 (2011)	屋根用高日射反射率塗料	JISK5602に規定する波長域において求めた分光反射率から算出:全日反射率(300-2500nm)、近赤外波長域日反射率(780-2500nm)	試験片:セメント系、金属系 明度によって区分: 低明度・中明度領域(L* $\leq$ 80)、 高明度領域(L* $\geq$ 80)	分光反射率
その他: 建材ほか	JISA1420 (1999)	建築物構成材の断熱性測定方法—校正熱箱法及び保護熱箱法	校正熱箱法、保護熱箱法	校正熱箱法: $\geq 1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 保護熱箱法: 伝熱面積の1辺は試験体厚み3倍又は1mの大きいほう。	熱流
	JISA4710 (2004)	建具の断熱性試験法	校正熱箱法、保護熱箱法	窓・引き違いサッシ: 1700 $\times$ 1800H、1700 $\times$ 1300H、 ドア: 900 $\times$ 1900H	熱流
	JISA1412-1 (1999)	熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第1部:保護熱板法(GHP法)	保護熱板法(GHP法)	無限板状試験体  装置形状: 30cm, 50cm, 20cmの円形又は正方形	熱流
	JISA1412-2 (1999)	熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第2部:熱流計法(HFM法)	<b>熱流計法(HFM法):</b> 平板比較法、保護熱板式	平板比較法:熱板は200mm正方形、標準板と試験体の温度差5 $^{\circ}\text{C}$ 以上 保護熱板式: 温熱板910 $\times$ 910mm、試験体両面の温度差10 $^{\circ}\text{C}$ 以上	熱流
	JISA9526 (2006)	建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム	熱伝導率: JISA1412-1、 <b>JISA1412-2</b> にて測定	ボード類に5mm厚以下の下吹き、1層当たり30mm厚以下で積層して60mmとし、 大きさは1m $\times$ 1m以上	熱流
	JISA1422 (1993)	日よ(除)けの日射遮へい(蔽)係数簡易試験法	日射量、温度、熱伝達率、熱コンダクタンス、 <b>日射計</b> 及びアダプタ付き放射收支計	開口(窓): 900 $\times$ 900mm、 標準3mm窓ガラス試験箱、日よけ付き窓ガラス試験箱	日射量、 熱伝達率 ⇒日射遮へい係数
	JISK5759 (2008)	建築窓ガラス用フィルム	可視光線透過率(380-780nm)、日射透過率(300-2500nm)、日射反射率(同)、垂直放射率はJISR3106の7の方法、熱貫流率は垂直放射率より求める。	試験片: 厚さ3mmの板ガラスに同寸法のフィルムを貼り付け。	分光透過率・反射率  →遮蔽係数、熱貫流率
	JISR3106 (1998)	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	分光透過率、分光反射率、可視光(380-780nm)、日射(300-2500nm)、日射吸収率の算定、垂直放射率の算出、日射取得率(ガラスに吸収され室内に伝達される熱流の日射に対する比率)の算出	ガラス切片	分光透過率・反射率 →熱流
	JISR3107 (1998)	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	熱抵抗: 熱伝導抵抗と中空層の熱抵抗の合計、 熱貫流率: 熱抵抗に表面熱伝達抵抗を加えた値の逆数 ※JISR3106の測定値等から算出		分光透過率・反射率 →熱貫流率

対象分野	標準規格類 (制定年)	表題	測定原理	試験体・測定スケール	主測定
	JISR3209 (1998)	複層ガラス	断熱性: JISR3107 に準拠、熱貫流抵抗(1/U)を求める。 日射遮蔽性: JISR3106 に準拠、日射熱除去率(1-η)		分光透過率・反射率 →熱貫流率
	JISR3221 (2002)	熱線反射ガラス	日射遮蔽性試験: 分光透過率と分光反射率の測定、 日射透過率、日射反射率、日射吸収率を算定、常温の熱放射率を算定、室内外表面伝達率により伝達係数を求め、日射取得率を算出 ※JISR3106 の測定値等から算出	試験体寸法: 50x50mm	分光透過率・反射率 →熱貫流率
	JISH8453 (2010)	遮熱コーティングの熱伝導率測定方法	ボンドコート(BC)を基材上に被覆した熱拡散率とBC及びトップコート(TC)を基材上に被覆した熱拡散率とを用い、別途求める比熱容量及びかさ密度から、遮熱コーティング(TBC)の見かけの熱伝導率を求める。  示差方式フラッシュ法:	資料: 円形、正方形、多角形の平板、5~10mm。厚さ1~3mm。 BC, TC 厚さ: 基材 1~2mm、BC 0.1~0.3mm、TC 0.1~0.7mm	熱拡散率、比熱容量、かさ密度 →熱伝導率
	JISR1611 (2010)	ファインセラミックスのフラッシュ法による熱拡散率・比熱容量・熱伝導率の測定方法	熱拡散率は平板状試料の表面を均一なパルス光によって瞬間的に加熱し、試料裏面の温度上昇を観測するフラッシュ法により、観測した温度上昇曲線から求める。 比熱容量は、熱容量が既知の参照試料と測定資料のパルス加熱時の断熱温度上昇の比から算出。 熱伝導率は、熱拡散率・比熱容量・嵩密度の積として求める。	4-15mm の円板又は多角形の平板、厚さ 0.5-5mm	熱拡散率、比熱容量、かさ密度 →熱伝導率
	JSTMJ6112 (2011)	建築用構成材の遮熱性能試験方法	室内側、外気側(人工光源含む)、温度差設定、 <b>熱流計</b> 、各場所温度、通気層有・無、通気換気の制御有・無 ⇒熱貫流率 ※夏季の温度条件、日射を受けた場合	試験体: 幅>500mm、高さ>2000mm(実際仕様に近いもの)、厚さ≤150mm、 通気層ありは通気量設定、通気量を設定しない場合は上下に換気部材を取付け	熱流、温度⇒熱貫流率(熱抵抗)、日射侵入率(遮へい率)
	JSTMK6101 (1995)	人工太陽による窓の日射遮蔽物(日よけ)の日射取得率及び日射遮蔽係数試験方法	日射熱取得量: 熱量測定箱(循環空気出入温度・流量): 遮蔽物有無対比	板ガラス: 3mm、 ガラス窓: 1x1m	熱量測定

注 1) JSTM: 建材試験センター規格

注 2) 着色欄は、熱流計による熱流測定及び日射計に日射量測定例を示す。

### 2.1.3 省エネルギー関連の評価方法（文献）

熱を遮断する機能を有する省エネルギー塗料、及び熱を遮断する機能を有する部材を対象として、省エネルギー関連の評価方法（文献）について情報収集を行い、表 2-3 に示した。文献の書誌事項（表題、著者、ジャーナル）、概要（抄録）については主に省エネルギー関連の評価関連事項を簡略記載し、評価手法については測定項目（熱量、温度、日射反射率、消費電力、等）を記載した。

高反射率塗料（高日射反射率塗料、遮熱塗料等とも言われる）の省エネルギー性能の評価として、高反射率塗料と一般塗料を対比して、塗膜の日射反射率、温度については塗膜の表面温度、裏面温度、ボックス内温度（又は室温）などを測定している。測定スケールについては、ボックス型装置による小型モデル試験、倉庫や実モデル試験棟など実建物想定の大規模試験が実施されている。大規模試験では、冷房機器の消費電力量の測定などの長期試験が報告されているが、その試験報告例（表 2-3：No.1、No.10）は少ない。なお、No.21 では、短期間での消費電力量について比較している。

反射断熱コーティング剤を使用した時の温度や電力使用量などへの省エネルギー効果が No.21 に報告されており、その省エネルギー機能は日射反射と長波長放射（放熱）によるもので、断熱（低熱伝導率）によるものではないとしている。

塗料の断熱性能による省エネルギーに関する文献は見いだせなかった。なお、No.18 では、特殊断熱コーティング材の断熱特性を評価しており、熱伝導率はグラスウールよりやや高く、薄膜からみて省エネルギーに寄与する断熱性はほとんどないことを再確認している。一方、触手による瞬間的溫度（感覚溫度）は金属裸面に比べ 100℃程低く火傷防止効果は認められている。

建材の断熱・遮熱性能の評価方法として、建材を通過する熱流を測定して省エネルギーに関する特性値を求める手法が挙げられている（No.5、No.6、No.17、No.22）。No.22（No.17 は総説で No.22 を引用）では、熱流計表面に薄い断熱材を貼り付けることにより、測定誤差を低下させている。

No.7 では、日射遮蔽シートを用いた折板屋根の遮熱効果を、実物の建築物を用いて、流入熱量、各場所温度、エアコン消費電力の長期間測定を行って、夏期における日射遮蔽シートの流入熱量低減効果を測定している。

No.20 では、日射調整フィルム貼り付け時の窓際温度（晴天、曇天、冬期夜間）測定事例で、日射熱の抑制効果とともに、冬期夜間にはフィルム貼り付けによる断熱効果が見られている。

なお、表 2-3 に挙げた文献と若干の関連文献について、概要（抄録）を補足し、さらに代表図等を掲載した概説資料を資料編の資料 5 に掲載したので参照願いたい。

表 2-3 省エネルギー関連の評価方法（文献）

No.	書誌事項	概要(抄録)	評価手法
1	TI 進化する機能性塗料—その新展開を探る 高日射反射率塗料(遮熱塗料)の最新動向と性能評価 AU 田村昌隆(日本建築仕上材工業会) JT 工業材料 Vol.60 No.5 Page:18-22(2012)	高日射反射率塗料の遮熱効果実験(赤外線サーモグラフィ表面温度比較、長屋実験棟によるエアコン稼働実験)。	日射反射率、赤外線サーモ、消費電力量
2	TI 屋根の高断熱化と高反射率化による小屋裏内温熱環境の改善 AU 青木平等,永吉智之,大塚弘樹,太田恭兵,近藤靖史(東京都市大,旭化成建材) JT 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 Vol.2011 No.1 Page:93-96(2011)	断熱材が施された屋根の日射反射率の違いによる小屋裏温度への影響を実測。暖房、冷房負荷の削減には高断熱化が有効である。※屋根断熱材厚さ50mm、熱伝導率0.020W/(m・K)	温度
3	TI 断熱・遮熱性能評価に関する規格動向 AU 永田明寛(首都大学東京) JT 建材試験情報 Vol.47 No.10 Page:2-7(2011)	部位の断熱性能は熱貫流率で、遮熱性能は日射侵入率で表される。日本では部位の性能評価は試験によって行われてきた。ISOでは、多くの計算法に関する規格が整備されている。	熱貫流率(熱貫流抵抗)、部位の遮熱性能規格
4	TI 壁体の断熱・遮熱性能評価について AU 酒井孝司(明治大 理工) JT 建材試験情報 Vol.47 No.10 Page:8-13(2011)	屋根及び外壁における夏季日中の室内への熱侵入を低減する方法と性能について。外表面温度制御、通気による排熱促進、放射熱伝達の低減、断熱性向上、複合手法について考察した。断熱・遮熱・日射遮蔽手法は、冷暖房負荷削減可能である。	遮熱性能評価、外表面温度、通気による排熱促進
5	TI JSTM J 6112(建築用構成材の遮熱性能試験方法) AU 田坂太一(建材試験セ) JT 建材試験情報 Vol.47 No.8 Page:30-35(2011)	本規格は、屋根や外壁等の夏季における室内への侵入熱量抑制性能を定量的に評価するための試験規格である。JSTM J 6112については、例えば部材表面での熱伝達を制御することで遮熱性能を期待する部材などを適切に評価できないといった懸案事項もある。	熱流一熱貫流率、日射侵入率
6	TI 低放射率材料を用いた部材の性能評価方法に関する研究(その2)外壁モデルの試験結果 AU 田坂太一(建材試験セ 中央試) JT 建材試験情報 Vol.47 No.4 Page:8-12(2011)	低放射率材料(ポリエチレン系樹脂製気泡シートの両表面に低放射率アルミニウム箔を貼付けたもの)を実大の外壁モデルに施工した場合の遮熱性能を検討した。定常状態での試験体内外表面温度及び通過熱量を測定し、熱抵抗、熱貫流率、日射侵入率を算定した。	熱流一熱貫流率、日射侵入率 JSTM J6112試験装置
7	TI 日射遮蔽シートを用いた折板屋根の遮熱効果予測手法に関する研究(第1報)日射遮蔽シートによる夏季屋根からの流入熱量低減効果の実測 AU LIM Eunso,山中俊夫,甲谷寿史,桃井良尚,相良和伸,相馬真子(九大,大阪大) JT 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 Vol.2011 No.1 Page:109-112(2011)	金属製折屋根の上の日射遮蔽シートを施工し、太陽の直射光を遮ることによる空調負荷削減効果と室内の温熱環境の快適性向上効果を解明し、遮熱性能評価を定量的に予測することを目的とし、日射遮蔽シートの遮蔽効果を実測した。	日射量、温度、流入熱量、エアコン消費電力量
8	TI 高性能断熱材の開発動向及びその評価方法に関する調査—欧州における調査報告— AU 田坂太一(建材試験セ 中央試) JT 建材試験情報 Vol.46 No.11 Page:28-33(2010)	高性能断熱材の開発動向及びその評価方法に関して、欧州の研究機関を対象に情報収集を行った。ドイツのIBP(フラウンホーファー建築物理研究所)の試験施設、フランスのLNE(国立計量試験所)とイギリスのNPL(国立物理学研究所)の熱伝導率測定装置と測定技術、フランスとイギリスの断熱材・断熱技術と省エネルギー動向について。	熱伝導率
9	TI 高反射率・遮熱塗料の環境改善への効果を検証 高日射反射率塗料のJIS化の動向と製品開発の最前線-高日射反射率塗料市場の健全な発展- AU 和田英男(日本塗料工業会) JT 塗装技術 Vol.49 No.11 Page:49-58(2010)	JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」と従来の関連試験法との関連、同 JIS の実用的な意義、製品設計への応用。	日射反射率、温度(試料表面、ボックス内)
10	TI 遮熱・高反射率塗料の評価方法と効果について AU 田村昌隆,本橋健司(建築研,ロックペイント,芝浦工大 工) JT 塗装工学 Vol.44 No.10 Page:375-383(2009)	3)高反射率塗料について(原理、評価(JISK5602「塗膜の日射反射率の求め方」))、4)高反射率塗料の効果の評価手法(ボックス測定装置による測定、戸建住宅想定実験棟温度測定、高反射率塗料戸建想定長屋実験棟エアコン稼働実験)、5)耐候性試験(遮熱性能の経年変化、促進耐候性試験、屋外曝露耐候性試験)。	日射反射率、温度(ボックス試験法)、エアコン稼働実験(戸建想定)
11	TI 高反射率塗料の性能に関する研究 その5 耐候性試験後の日射反射率について AU 田村昌隆,本橋健司,清水亮作,三浦正継,逢坂太志(建築研,芝浦工大,日本塗料検査協,ロックペイント) JT 日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集 Vol.2009 Page:43-46(2009)	高反射率塗料の経年における劣化状況、特に遮熱性能の経年変化について測定手法と屋外曝露試験2年後及び促進耐候試験3000時間後の塗膜調査を行った。	日射反射率
12	TI 高反射率塗料の性能に関する研究 その4 日射反射率およびボックス測定装置を用いた温度測定実験 AU 田村昌隆,本橋健司,三浦正継,逢坂太志(建築研,芝浦工大 工,ロックペイント) JT 日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集 Vol.2009 Page:39-42(2009)	ボックス試験装置を一度に設置できる建築研究所ばくろ試験場にて2007年6月1日から1年間のデータを取得した。さらに色相を追加し、日射反射率の幅を広げ相関性を調査していくこととした。	温度、日射反射率
13	TI 建材トレンド 進化する遮熱塗料 AU 無し JT NIKKEI ARCHITECTURE 2009-5-25 Page:80-83	遮熱塗料は、「高反射率塗料」と「断熱塗料」に大別できる。 ・遮熱塗料の需要は主に企業施設の屋根塗装が圧倒的 ・住宅への適用は少ない(断熱材で温熱環境の向上が実践され、効果が小さい) ・屋根や壁を薄くできる	概論

No.	書誌事項	概要(抄録)	評価手法
14	TI 内付けブラインドの断熱性能及び日射遮へい性能に関する実験的研究 AU 田坂太一(建材試験セ 中央試) JT 建材試験情報 Vol.45 No.12 Page:13-19 (2009)	横型、縦型、クロスの種類3種類のブラインドについて、断熱性能と日射遮へい性能を測定した。断熱性能の測定は、まず JIS A 4710 に準じ窓単体の断熱性能を測定し、次に構成体(窓とブラインド)の断熱性能を測定し、2つの結果からブラインドの断熱効果を求めた。日射遮へい性能の測定は、建材試験センター規格 JSTM K 6101(人工太陽による窓の日射遮蔽物の日射熱取得率及び日射遮蔽係数測定方法)に従った。いずれの試験体も熱貫流抵抗が大きくなり、窓にブラインドを付加することによる断熱効果が確認された。	断熱性能、日射遮蔽性能
15	TI 高反射率塗料の性能に関する研究 その2 モデル試験棟を用いた温度測定 AU 田村昌隆,本橋健司,田島昌樹,逢坂太志(建築研,国土技術政策総合研,ロックペイント) JT 日本建築工学会大会学術講演会研究発表論文集 Vol.2008 Page:99-102(2008)	高反射率塗料及び一般塗料を施したモデル試験棟を制作し、屋外における温度推移の測定を行い、一年を通じてのデータ取得を行った。実験の結果より、いずれの部位においても高反射率塗料の方が一般塗料より低い温度で推移し効果が確認できた。	温度
16	TI 遮熱塗料の評価方法と外壁用途への展開 AU 坂口繁伸(日本特殊塗料) JT 塗装工学 Vol.43 No.12 Page:433-438 (2008)	遮熱塗料の機能性(赤外線領域の反射、反射・断熱)、効果(プライベートベネフィット、パブリックベネフィット)、評価方法として、日射反射率と JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」、室内ランゾ照射試験、屋外試験、熱伝導率の測定について説明した。	日射反射率、熱伝導率
17	TI 国土技術政策総合研究所におけるプロジェクト研究 住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究 AU 澤地孝男,西澤繁毅(国土技術政策総合研) JT 建設マネジメント技術 No.365 Page:17-22 (2008)	改修の普及支援技術体系の開発整備の取組みの研究を紹介した。 3)既存住宅を対象とした省エネルギー性能診断技術の開発。比較的安価な測定器を用いた部位ごとの断熱性簡易測定法の開発を行った。熱流計、SAT 計、温度計とデータロガーで構成される。	熱流:断熱性能 熱流計に断熱材貼付(5mm程度)で測定精度向上
18	TI 特殊断熱コーティング材の断熱特性 AU 三浦邦夫(新日本空調 技開研) JT 新日本空調技術開発研究所技報 No.14 Page:83-86(2008)	遮熱は図れても素材の特性及び断熱メカニズムから推定して断熱効果はさほどないと予想され、以前に評価し、その旨の通達が出されている。その後も断熱効果(保温・保冷効果、火傷防止効果)の確認要請があり、熱物性の測定から配管に塗布しての再確認実験を行った。 試料:(株)アクアウエスの「セラミックカバー-CC100」 結果:熱伝導率はガラスウールの 0.04W/(m・K)より高い	熱伝導率 レーザーフラッシュ法 (JISR1611)
19	TI 遮熱塗料の日射反射率に関する検討 AU 吉永美香(名城大 理工) JT 名城大学理工学部研究報告(CD-ROM) No.47 Page:39-42(2007) <a href="http://wwwr.meijo-u.ac.jp/riko2007/pdf/yoshinaga.pdf">http://wwwr.meijo-u.ac.jp/riko2007/pdf/yoshinaga.pdf</a>	白色遮熱塗料の日射反射率について、1)板ガラスの反射率を定めた JIS-R3106 の日射反射率算出法、2)バード Simple Spectral Model(Bird モデル)を用いて計算した日射の分光分布を考慮した日射反射率算出法を用いて導出して比較した。	日射反射率
20	TI 建築物の省エネ改修 4. 省エネルギー改修技術の動向 1)建物外皮の性能向上(5)日照調整フィルム AU 橋本一之(住友スリーエム) JT IBEC Vol.28 No.3 Page:22-23(2007)	「日照調整フィルム」は、ポリエステルフィルムを基材とし、主に日射熱を反射するための薄膜層(一般的には金属蒸着層)とこれをガラス表面に密着させておくための粘着剤層を基本構造としている。フィルムの構造、特性を表す指標、フィルム貼り付け時の窓際温度測定事例を示した。変遷・動向として、2000 年前後から出現した「透明断熱」タイプ、最新技術として、可視光線を遮蔽せず赤外線のみを遮蔽する理想型に近い性能を持つ各種製品の分光透過特性、光学特性値、を解説した。	窓際温度(晴天、曇天、冬期夜間)) 冬季の断熱性能
21	TI 建築外壁塗装の機能特性と性能評価 反射断熱コーティング剤の開発と適用事例 AU 青山洋光(コスモトレードアンドサービス) JT 塗装技術 Vol.46 No.5 Page:65-70(2007)	反射断熱塗料「スーパーサーム」は、アメリカ NASA で開発されたセラミック技術を応用して作られたコーティング材である。日射反射率は 92.5%、長波放射率は 99.5%、膜厚 0.18mm でガラスウール 200mm と同等の断熱ができ(反射・放熱により達成)、基材及び断熱材への蓄熱が減少する。断熱原理は、高性能アクリル樹脂とウレタン樹脂をバインダとし、4 種類の異なるセラミック(3種類が反射・放射用、1種類が熱伝導を抑制用)を混合している。反射・放熱による断熱(低熱伝導率)利用ではない。	温度、電気使用量、
22	TI 現場における熱貫流率簡易測定法の開発 AU 五十嵐幹郎、木村芳也、指導教員 成田健一 JT 日本工業大学工学部建築学科、2006 年度卒業計画梗概集 <a href="http://leo.nit.ac.jp/~narita/student/2006/pdf/2006igarashi-kimura.pdf">http://leo.nit.ac.jp/~narita/student/2006/pdf/2006igarashi-kimura.pdf</a>	現場における熱貫流率簡易測定法の開発を行った。熱貫流率の測定システムは、熱流計、SAT 計、温度センサー(熱電対)で構成した。測定システムの精度検証は定常条件下で実施した。熱流計表面に薄い断熱材(発砲ポリスチレン d=5mm)を貼り付けることで、測定誤差が 10%以内に収まった。	熱流 断熱材貼付(5mm程度)で測定精度向上
23	TI 戦後60年 15年間に於ける遮熱塗料の変遷 AU 木下啓吾(長島特殊塗料) JT 塗装と塗料 No.680 Page:23-38(2005)	米国の遮熱塗料の技術導入を経て、米国の気候風土に合わせて設計された塗料は、日本のニーズに対応しがたい面がある事が解り、独自技術を積み上げて開発を行い、現在の商品群「ミラクルシリーズ」の品揃えに到達した。	日射反射率
24	TI 太陽熱高反射塗料(2)太陽熱高反射塗料による省エネルギー・CO2削減・ヒートアイランド対策—建築物への応用— AU 井原智彦(産業技術総合研 ライフサイクルアセスメント研究セ) JT 塗装工学 Vol.40 No.8 Page:292-301(2005)	建築外表面への太陽熱高反射率塗料の導入による、省エネルギー効果、ヒートアイランド緩和効果を解説した。 [熱バランス] 入射:800 高反射塗料 通常外表面 反射:640 反射:360 放射:90 放射:160 内部へ:70 内部へ:280 ※内部への熱流入低減	太陽熱高反射塗料による省エネルギー効果概説

注) 着色欄は、熱流測定例を中心に示した。一部遮熱性能等の参考例を選択した。

## 2.2 塗料の省エネルギー評価方法の課題と前提

### 2.2.1 課題

現在、上市されている省エネルギー塗料の省エネルギー性能の評価方法については、塗料メーカー、大学や研究機関等により実施及び公表されているが、それぞれ独自基準（条件）での評価のため定量的な横並びの比較ができない。

なお、高反射率による遮熱効果については、日射反射率の評価方法と屋根用高日射反射率塗料の JIS 規格が制定されており、塗料の日射反射率特性については定量的評価が可能となっている。

しかし、省エネルギー塗料には、日射反射による日射光線からの熱発生の抑制のほかに、断熱機能による熱伝導抑制、放射機能による熱放出の機能を、日射反射と複合した省エネルギー効果を特徴としている商品もあり、この機能の異なる省エネルギー性能を総合的に評価する方法は、まだ整備されていない。本調査は、この省エネルギー性能を横断的に評価する方法の調査検討を行い、最終ユーザーにおける省エネルギー塗料選択の際の判断指標を作成することを目的とする。

### 2.2.2 評価方法作成の考え方

省エネルギー塗料の省エネルギー性能評価方法作成の考え方を表 2-4 に示す。

#### 2.2.2.1 前提

熱を遮断する機能を有する省エネルギー塗料は、日射反射による日射光線からの熱発生の抑制、放射による熱放出、断熱による熱伝導抑制の 3 つの機能が複合して熱の流入を抑制している。いかなるタイプの省エネルギー塗料であっても、総合的な省エネルギー性能は、塗膜板を介して流入する熱量（エネルギー）の多寡として現れるので、その熱量を測定することにより定量的な評価を行う。

評価用の設備・方法については、汎用性や再現性があり、容易に測定可能な、実験室スケールの試験設備とする。

#### 2.2.2.2 性能評価方法の考え方

主な、性能評価方法作成の考え方を表 2-4 に示す。

測定対象として、塗膜板を介しての室外側と室内側との間の熱の流れを測定する。熱流の測定は、実験室スケール試験とするため、熱流センサーを用いて熱流を直接測定する。同時に、各箇所の温度測定、日射計による照射量測定（疑似太陽光の設定、モニター）、その他の性能評価に関連する物性値を測定する。

試験体は、最も単純構造の金属板（本試験ではアルミニウムにて実施）に表面塗装した塗膜板とする。この試験は、実使用に比べ熱流値が大きく出る条件であり、省エネルギー塗料の遮熱・断熱効果（一般塗料との差異）が大きく出るモデル試験である。

熱流センサーは、市販品の中から実験室スケールの測定器を選定する。なお、文献に報告されているセンサーへの断熱材被覆による測定の安定性や精度向上に関して、予備検討によりその効果を確認した。

雰囲気条件は、塗膜試験板を挟んで外気温と室温の温度制御を供給ガスの温度制御で行い、

夏想定、冬想定など所望の温度設定を可能とする。

日射光源は、太陽光近似のスペクトルを有するランプを用い、強度を夏想定、冬想定に設定した照射条件、及び照射無しにて用いる。

表 2-4 省エネルギー塗料の性能評価方法作成の考え方

項目	内容		備考
前提	省エネルギー塗料の省エネルギー効果を横並び比較できる定量的な評価方法	省エネルギー効果をエネルギー単位で表す →熱量又は熱量換算	どのような機能による省エネルギー効果であっても、総合的には塗膜板を介して流入する熱量により定量的な評価ができる
	容易に測定可能な設備・方法	実験室スケール設備	
測定対象	室外側と室内側との間の熱の流れを測定	塗膜板を介しての熱流を測定。熱流センサーで熱流を直接測定：実験室スケール設備ため。	同時測定： 各箇所の温度測定 日射計による照射量測定（モニター） ほか ※冬・夜間想定など、熱流は逆方向
	試験体	金属板＋塗膜：屋根や外壁を想定	単純構造モデル：熱流が最大となる測定方法であり、省エネルギー効果（一般塗料との熱流の差異）が最大となる試験である。
	塗料	省エネルギー塗料： 複数銘柄、機能違い 一般塗料（対比用）	色調選択：省エネルギー塗料、 一般塗料 無彩色例：グレー：N4、N6、N8 有彩色例：チョコレート、ナスコン
熱流測定	熱流センサー	市販品サイズ：実験室スケール	断熱材被覆の有無：測定精度 up の文献例あり。
設定条件	雰囲気条件	夏想定、冬想定、 外気温と室温：温度差、	温度制御ガス流量は一定
	日射光源	有（夏想定、冬想定）、無	

## 2.3 予備試験と性能評価方法

省エネルギー塗料の省エネルギー性能として、熱の遮断機能を統一的に評価するために、塗膜を介しての熱流を測定することを提案し、評価手法作成委員会にて承認された。

容易に測定可能な設備・方法とするため、実験室レベルで測定可能なスケールを想定した。

塗料の省エネルギー性能評価装置の各部位について予備試験を行い、装置の仕様を決定した（詳細は資料6参照）。

試験板面積は光照射装置の有効照射面積と放射照度の安定範囲から 180×180mm に設定した。太陽光近似光源の照度制御や照射の有無、試験板をはさんだ上部箱空間と下部箱空間の温度制御により、夏・冬等の日射量と外気温度条件をモデル的に設定可能な装置とした。測定用センサーとして、熱流計(50×50mm)を試験板の下部面に、温度計を各箇所、また日射量確認のための日射計を設置し、計測データは連続的に収録し解析に供した。

## 2.4 省エネルギー塗料評価装置と試験条件

### 2.4.1 省エネルギー塗料評価装置

予備試験を経て決定した、省エネルギー塗料評価装置を示す。これを用いて実証試験を実施した。

#### 1) 評価装置

省エネルギー塗料評価装置及び装置概略図を図 2-1～図 2-3 に示す。なお、夏条件、冬条件における人工光源からの放射照度の調整は光源ランプと試料との距離を調節することにより行った。



図 2-1 省エネルギー塗料評価装置（冬条件のランプ位置の例）

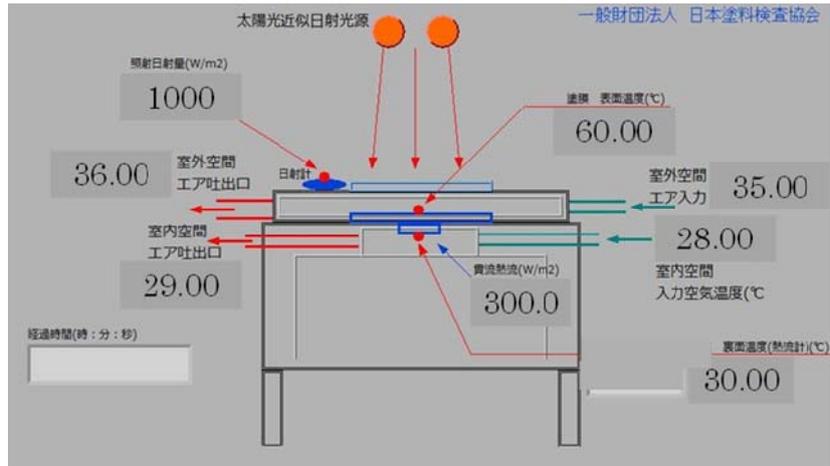


図 2-2 装置概略図

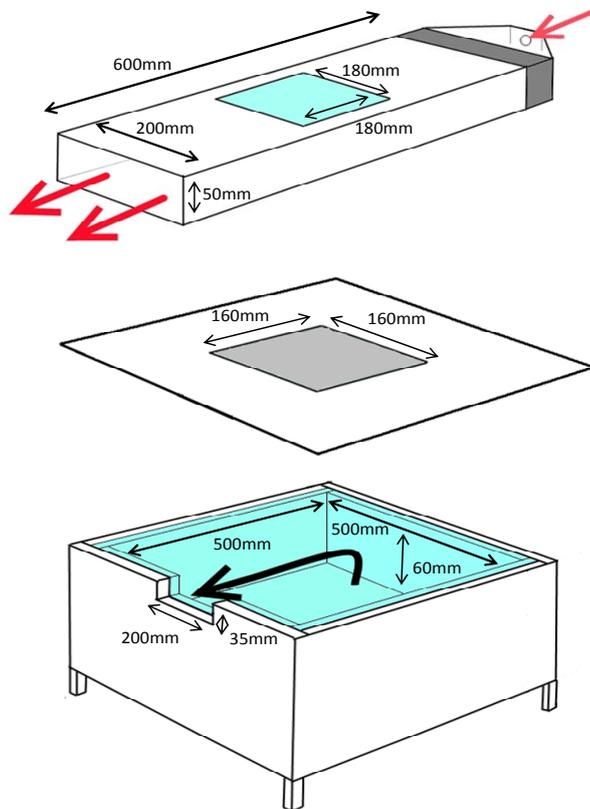


図 2-3 室外側 BOX・室内側 BOX 寸法概略図

・試験BOXの室内相当側

上部側面に室内相当空気供給口、その対向側に排気口を設ける。外部からの温度の影響をなくすため、内面は開口部を除き、50mm厚の断熱材貼り付ける。

・試験BOXの室外相当側

室内側BOX上部に設置し、上方開口部に透明板を設置する。当BOXの下方側面から上方側面方向へ室外相当空気を流せるものとする。また、内面からの再反射を防ぐために漆黒塗料を塗装する。

## 2) 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とし、安定した放射照度を得るために4灯式とする。光源の照射量は、試験面中心部で約  $1\text{kW/m}^2$  及び約  $0.5\text{kW/m}^2$  に調整できるものとする。

[有効照射面積： $300\times 300\text{mm}$ ]

## 3) 試験板の材質及び形状

試験板は、アルミニウム板(裏面全面に断熱フィルムを貼る)とする。

[形状： $180\times 180\times 1\text{mm}$ ]

断熱フィルムとして発泡スチロールを使用

[熱伝導率： $0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、厚さ： $2\text{mm}$ ]

断熱フィルムを貼る目的：

断熱フィルムをアルミニウム板に貼ることで風による熱流のノイズを軽減でき、また、熱流計の放射率と被測定面の放射率を合わせることで、より均一に試験面裏面から放射させることができ測定誤差を小さくする。

## 4) 熱流計

[分解能： $0.01\text{W}/\text{m}^2$  以下]

[面積： $50\times 50\text{mm}$ ]

## 4) 温度測定器

熱電対による測定を原則とする。

## 5) 風量測定器

[最小測定風量： $5\text{L}/\text{min}$ ]

## 6) 透明板

平均的に透過率が80%以上のソーダガラスとする。

[厚さ： $2\text{mm}$ ]

## 7) 室内外温度調節器

室内外の温度を再現できるもので、室内外の相対湿度は成り行きとするが、試験体に結露を生じない相対湿度とする。

### 2.4.2 試験条件

標準的な評価条件を示す。

#### 1) 放射照度設定条件

夏条件：約  $1\text{kW}/\text{m}^2$

冬条件：約  $0.5\text{kW}/\text{m}^2$

#### 2) 風量条件

室内側及び室内側： $100\text{L}/\text{min}$

#### 3) 温度条件

夏条件：室内側； $28^\circ\text{C}$

室外側； $35^\circ\text{C}$

冬条件：室内側； $18^\circ\text{C}$

室外側； $10^\circ\text{C}$

### 2.4.3 試験手順

試験手順は以下のとおりとする。

- ①試験体の裏面に断熱材を貼る。
- ②試験体裏面の断熱材の上に熱流計を取り付け、さらに、熱電対を試験体表面に取り付ける。
- ③室内・室外BOXをつなぐ開口部上に試験体を設置する。
- ④試験体に照射する前に、ランプを点灯し、放射照度を安定させる。
- ⑤室内・室外BOXへの供給ガスを設定温度にし、各部の温度及び熱流が安定した後、照射を開始する。照射開始後、各部の温度及び熱流を1時間以上測定し、熱流安定後20分間の熱流の平均値を熱流値とする。
- ⑥照射条件での定常状態の温度及び熱流を測定後、照射を停止し、各部の温度及び熱流の推移を測定する。
- ⑦データロガーにより各データ（熱流等）を収集する。
- ⑧データの解析を行う。

### 2.4.4 測定機器

塗膜試験板について下記に示す光学特性等の測定を行なった。使用した測定機器について資料編の資料7に掲載した。

- ・ 日射反射率
- ・ 測色
- ・ 放射率
- ・ 熱伝導率（熱貫流率を熱伝導率と膜厚から計算により求めた。）
- ・ 膜厚
- ・ 赤外（長波長）放射強度

## 2.5 実証実験

### 2.5.1 実証試験の概要

第2回委員会にて承認された試験装置、試験条件、及び試験計画に基づき、市販されている省エネルギー塗料に関する実証試験を実施した。実証試験には省エネルギー塗料7種類と比較用一般塗料1種類の合計8種類を用い、太陽光近似光源の放射照度制御や照射(日射)の有無、塗装試験片をはさんだ上部箱空間(室外側相当 BOX)と下部箱空間(室内側相当 BOX)の温度制御により夏・冬の気象条件をモデル的に設定した条件で、試験塗膜を通過する熱流による評価を行った。また、熱流に影響する塗膜性能としては、日射反射性能、断熱性能、熱放射性能の3つが主要因と考えられ、また市販の省エネルギー塗料もこれらの諸機能のうちの1つ又は複数の組み合わせを謳うものがほとんどであるため、熱流に加えて、塗膜の日射反射率、熱伝導度、放射率の測定も行い、省エネルギー性能考察の一助とした。なお、日射反射率については、塗膜の色(明度)に大きく依存することが分かっているため、無彩色系で3種類(N4、N6、N8)、有彩色系で2種類(青系、赤系)の塗色について試験を行った。(実証試験の詳細は資料編8を参照)

### 2.5.2 実証試験に用いた省エネルギー塗料の塗膜特性

実証試験に用いた市販の省エネルギー塗料(一部は「省エネ塗料」と記載)を表2-5に示す。それぞれの塗料の製品説明における省エネルギー機能から、高日射反射率を特徴とするもの、断熱性能を特徴とするもの、断熱性能と熱放射性能の両方を特徴とするもの、の3グループに分類されるので、グループ毎に結果のまとめと考察を行うこととした。

表 2-5 一般塗料及び省エネルギー塗料

塗料		製品説明における主な省エネルギー機能			製品の特徴	試料 No.
		日射反射率	放射率	熱伝導率		
1	一般塗料	—	—	—	A:(一般塗料)	A1
2	省エネ塗料	○	—	—	B:日射反射	B1
3		○	—	—		B2
4		○	—	—		B3
5		○	—	—		B4
6		—	—	○	C:断熱	C1
7		—	—	○		C2
8		—	○	○	D:放射&断熱	D1

### 2.5.3 各試料の省エネルギー性能に関わる熱・光学特性の測定結果

各試料の日射反射率、放射率、熱貫流率測定結果を表 2-6 に示す。なお、日射反射率は塗色によって異なるため塗色ごとの測定値を示し、熱貫流率は熱伝導率測定結果と塗装仕様中の理論膜厚から計算により求めた値を示している。なお、試料 C1 及び試料 D については、膜厚効果を確認するため、それぞれ複数の膜厚（表 2-6 中、C1\*,C1\*\*,C1\*\*\*,D-P1\*）についても測定を行った。また、試料 D については、プライマーの色（明度）による日射反射率の違いを確認するため、明度の異なる 2 種類のプライマー（P1、P2）ごとの測定を行った。

表 2-6 塗膜の測定結果（日射反射率、放射率、熱貫流率）

塗料	グループ	試料 No.	日射反射率(300-2500nm) %					修正放射率(注)			熱貫流率 W/(m <sup>2</sup> ·K)
			N4	N6	N8	青系	赤系	N4	N6	N8	
一般塗料	A:(一般)	A1	11.3	26.0	53.7	6.4	6.9	0.90	0.88	0.88	3300
省エネ塗料	B:日射反射	B1	35.8	50.9	70.3	23.7	29.6	0.90	0.89	0.89	2600
		B2	39.6	53.4	70.8	28.3	28.3	0.90	0.90	0.89	1900
		B3	35.0	52.5	67.2	23.9	30.0	0.89	0.89	0.88	2700
		B4	—	45.2	—	—	—	—	0.89	—	2900
	C:断熱	C1	—	—	—	—	—	—	0.93	—	590
		C2	—	—	—	—	—	—	0.94	—	100
		C1*	—	—	—	—	—	—	0.93	—	128
		C1**	—	—	—	—	—	—	0.93	—	66
		C1***	—	—	—	—	—	—	0.93	—	40
	D:放射&断熱	D-P1	—	54.2	—	—	—	—	0.93	—	367
		D-P1*	—	54.5	—	—	—	—	0.93	—	183
		D-P2	—	54.7	—	—	—	—	0.93	—	367

(注) 修正放射率：垂直放射率の測定値に修正係数を掛けて換算した値のことをいう。

高日射反射率を特徴とする省エネルギー塗料は、いずれも JIS K 5675 : 2011 「屋根用高日射反射率塗料」が規定する日射反射率に適合する省エネルギー塗料であるが、塗色（明度）による日射反射率の差はあるものの、いずれも一般塗料に比べて 17~26%ほど高い日射反射率を有するものであることを確認した。

高断熱性を特徴とするグループ C の試料は、別の上塗り塗料を必要とするタイプの塗料であるため、試料本体の日射反射率の測定は行わなかった。熱伝導度（測定値）と膜厚（メーカー値）から求めた熱貫流率の値は、膜厚が大きいため、一般塗料や B グループの塗料に比べると低い値を示した。ただし、グループ C の試料は、別の上塗り塗料を塗装したものを測定用試料としたため、修正放射率の値はあくまで「参考値」である。

高放射と高断熱を特徴とする D グループの試料は、プライマーの種類に関係なく一定の日射反射率を示し、かつそのレベルは同じ塗色の高日射反射率塗料よりもやや高い日射反射率を示した。また、修正放射率や熱貫流率は C グループ（断熱塗料）の試料に近いものであった。

## 2.5.4 熱流測定結果

### 2.5.4.1 熱流測定例

熱流測定の代表例として、省エネルギー塗料 B1 の N4、N6、N8 グレー各色の熱流測定結果を図 2-4 に示す。照射開始後 20 分程度で熱流が安定することが分かった。安定した後の熱流を各試料の熱流値として以下の考察を進めた。

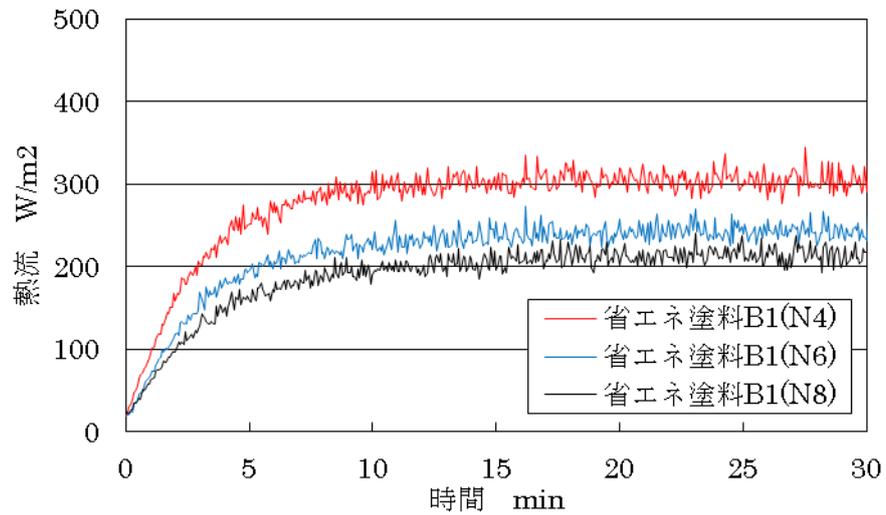


図 2-4 省エネルギー塗料 B1 における明度と熱流挙動

夏条件で照射を開始した後、試料の表面温度、裏面温度、熱流が変化の様子を図 2-5 に示す。表面及び裏面の温度は徐々に上昇し 80 分後も僅かな上昇傾向を示すが、表面と裏面の温度差は 20 分後にはほぼ一定となるため、温度差に起因する熱流は照射開始後約 20 分で安定した値を示すことが分かった。熱流測定は 1 時間以上継続し、安定後 20 分間の平均値を試料の熱流値とした。照射開始前の表面及び裏面温度は表面から裏面へ熱が移動している状態で測定しているため、室外側は設定温度 (35℃) より低い側に、室内側は設定温度 (28℃) より高い側にシフトし、両者は近似した値を示した。

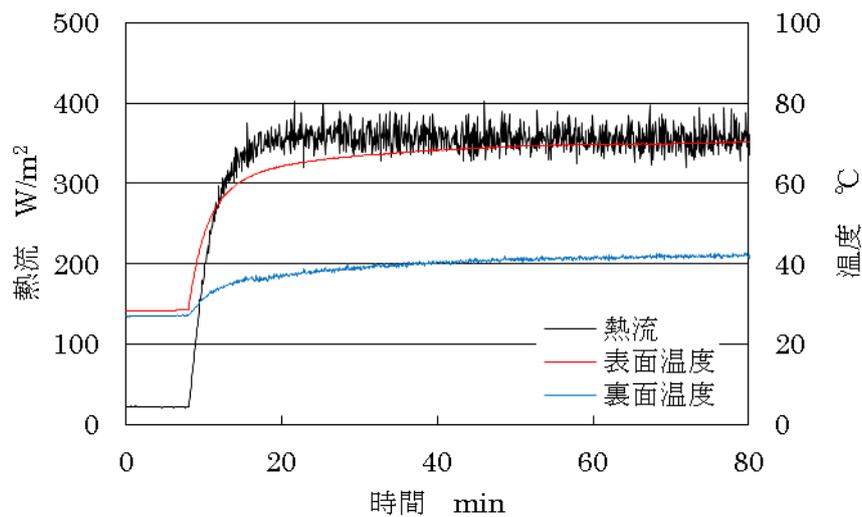


図 2-5 熱流と表面温度及び裏面温度の関係

日射の有無を想定した照射モデルを図 2-6 に示す。照射中を日中、照射停止中を夜間と仮定すると、外気温や朝夕の放射照度は異なるものの、1 日の熱流挙動に近いものと考えることができる。

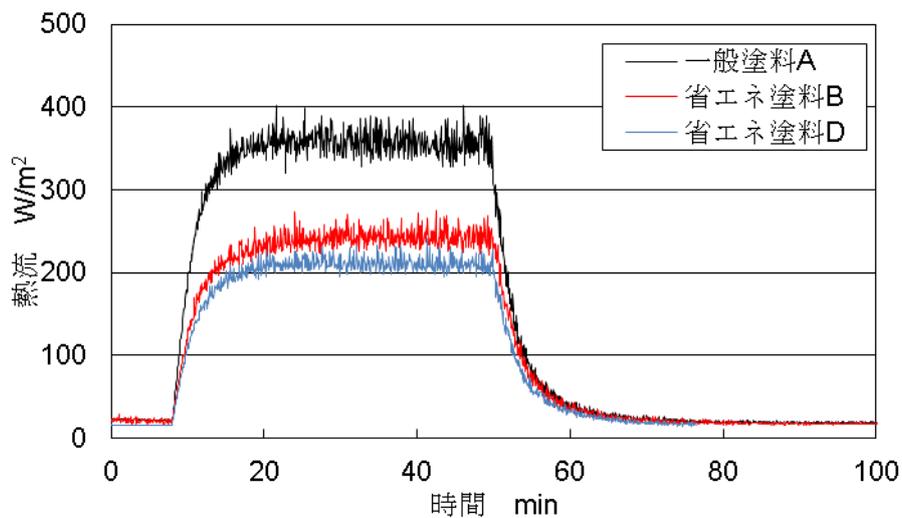


図 2-6 省エネルギー塗料における日射の有無を想定した熱流挙動

### 2.5.4.2 グループ B の省エネルギー塗料

#### 1) 無彩色系塗料に関する熱流測定結果

各無彩色系塗色（N4、N6、N8）に関する熱流測定結果を各試料の日射反射率に対してプロットすると図 2-7 のようになる。塗料の種類（一般塗料、高反射率塗料）、銘柄、無彩色系塗色に関係なく、ほぼ相関関係にあることが確認された。

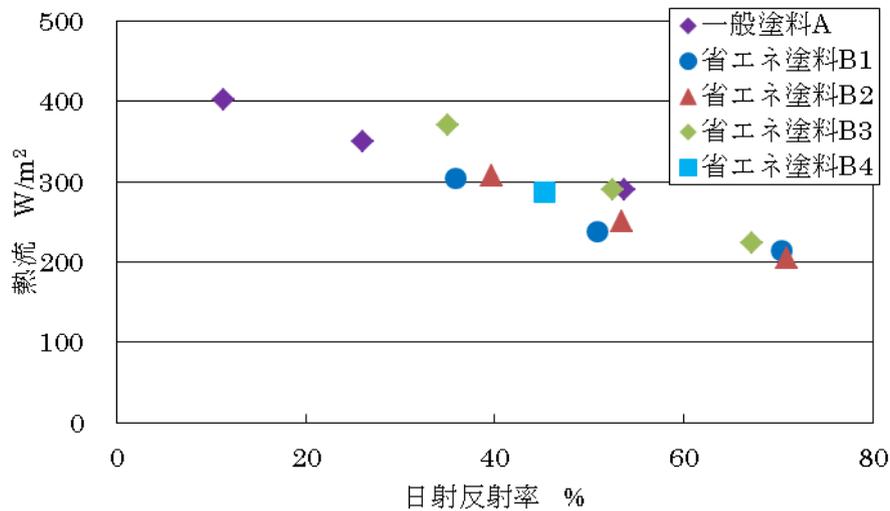


図 2-7 熱流と日射反射率（グループ B、無彩色系）

また、図 2-8 は塗料種及び明度(無彩色)ごとの熱流値を示すものであるが、高い日射反射率を有するグループ B の省エネルギー塗料はいずれも一般塗料に比べて低い熱流を示した。

なお、試料 B3 については、他のグループ B の省エネルギー塗料に比べ同一色調での熱流値が高く（図 2-8）、日射反射率と熱流の相関も熱流が高めに位置し(図 2-7)、日射反射率によらず、塗料銘柄による熱流の違いがあることが確認された。

B4 については N6 の高日射反射率が一般塗料との境界領域の塗料であり、グループ B の中では高い熱流を示したが、日射反射率と熱流については相関線上に位置した。

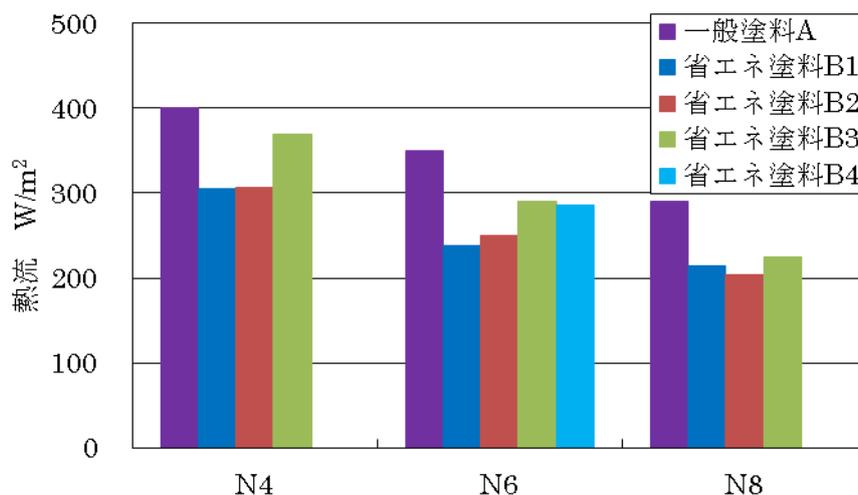


図 2-8 塗料種及び塗色毎の熱流値（グループ B、無彩色系）

熱流に影響すると考えられる要因のうち、修正放射率に対する各熱流測定値を塗料種及び塗色毎にプロットしたものを図 2-9 及び図 2-10 に示す。修正放射率と熱流には相関が見られなかった。

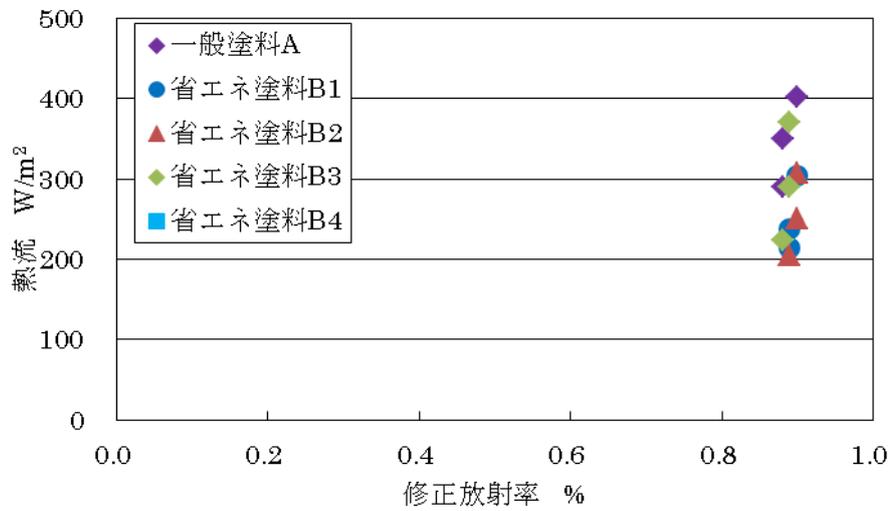


図 2-9 塗料種毎の熱流と修正放射率 (グループ B)

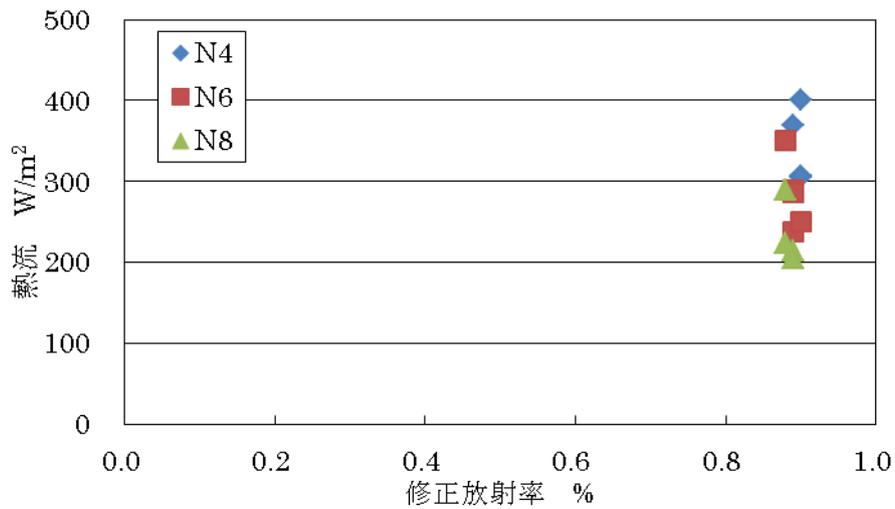


図 2-10 塗色毎の熱流と修正放射率 (グループ B)

## 2) 有彩色系塗料に関する熱流測定結果

B グループの省エネルギー塗料の有彩色系の試料に関する熱流測定結果を図 2-7 上にプロットすると図 2-11 のようになる。有彩色系についても、無彩色系とほぼ同じ直線上にプロットされており、塗料種（一般塗料、高反射率塗料及び銘柄）や塗色（無彩色、有彩色）に関係なく、熱流は日射反射率と高い相関があることが確認された。

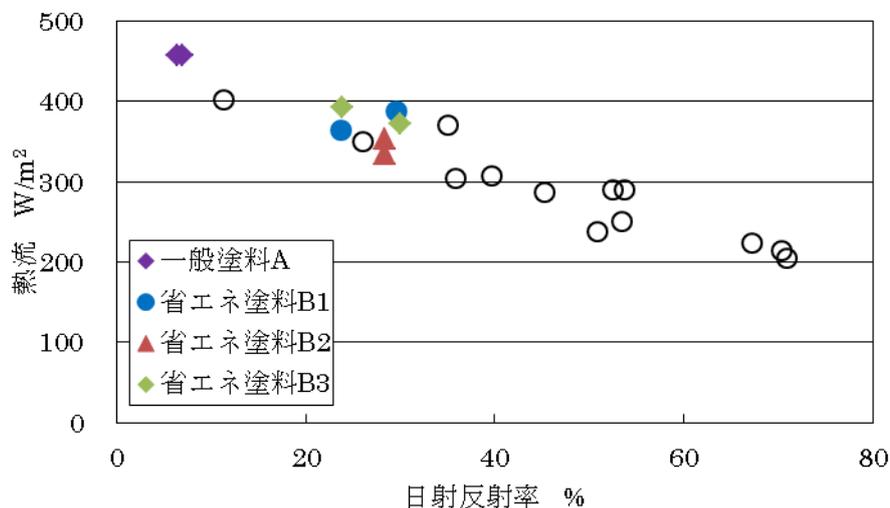


図 2-11 熱流と日射反射率（グループ B、有彩色系）

また、図 2-12 は塗料種及び有彩色毎の熱流値を示すものであるが、高い日射反射率を有するグループ B の省エネルギー塗料はいずれも一般塗料 A に比べて低い熱流を示した。

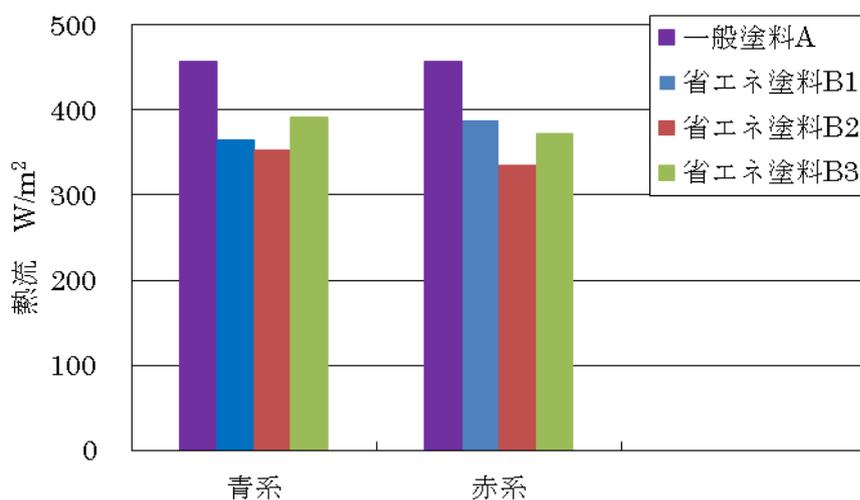


図 2-12 塗料種及び塗色毎の熱流値（グループ B、有彩色系）

### 2.5.4.3 グループ C の省エネルギー塗料

#### 2.5.4.3.1 一般塗料と高日射反射率塗料の下塗りに断熱塗料を用いた場合の効果

グループ C の省エネルギー塗料は断熱性に特徴をもつものであるが、それ自体に上塗り塗料としての機能を有しておらず上塗りを組み合わせた塗装系で使用されるものである。上塗り塗料として一般塗料又は省エネルギー塗料 B(日射反射率の高い省エネルギー塗料)と組み合わせた塗装系について評価を行い、一般塗料単独、省エネルギー塗料 B 単独と比較した。

一般塗料 A、省エネルギー塗料 B 及び C グループの省エネルギー塗料(断熱塗料)の上一般塗料 A もしくは省エネルギー塗料 B を上塗した各試料に関する熱流測定結果を図 2-11 上にプロットすると図 2-13 のようになる。全ての測定値が、一般塗料及び省エネルギー塗料(B グループ: 高日射反射率塗料)とほぼ同様な直線上にあることが認められた。断熱塗料がある場合には、全体に熱流が低い位置にプロットされる傾向があるものの、僅かな効果として認められた。熱流測定が、断熱性も含めた省エネルギー効果を評価する指標として有効に使えそうなのことが分かった。

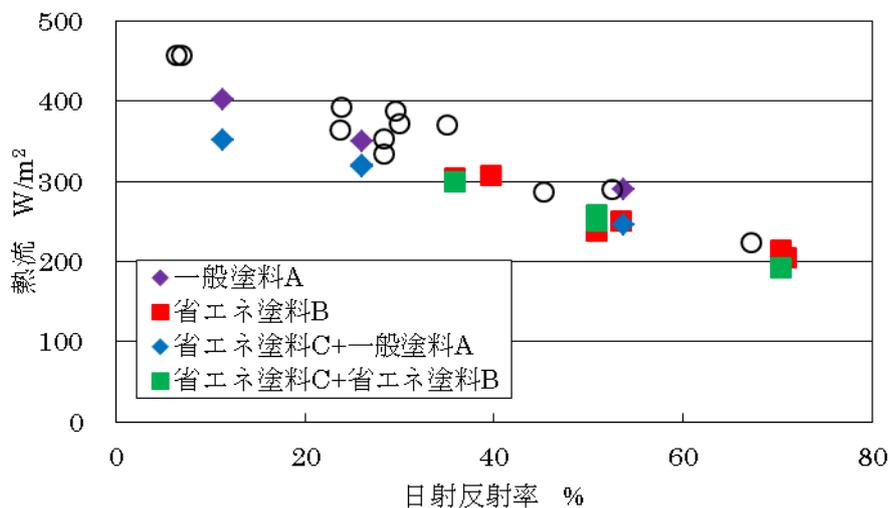


図 2-13 熱流と日射反射率 (グループ C、断熱塗料、N6)

また、図 2-14 は下塗りに断熱塗料がある場合とない場合のグレー色の明度レベル毎の熱流値を示すものである。上塗りが一般塗料の場合、下塗りに断熱塗料がある場合とない場合を比較すると断熱塗料がある場合の方が低い熱流を示した。上塗りが高日射反射塗料の場合、下塗りに断熱塗料がある場合とない場合での熱流の差は認められなかった。

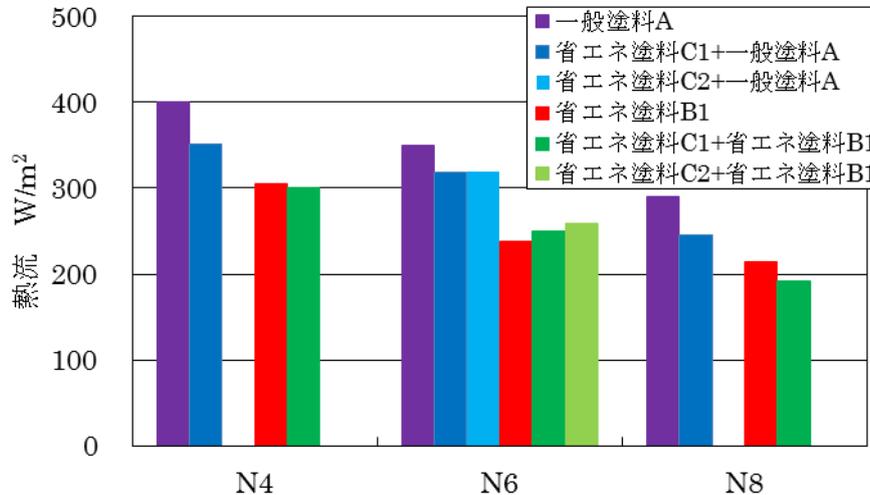


図 2-14 下塗りに断熱塗料を用いた場合の熱流値 (グループ C、断熱塗料)

#### 2.5.4.3.2 省エネルギー塗料 C(断熱塗料)の膜厚効果

断熱塗料 C1 の膜厚が標準膜厚よりも極端に大きな場合 (膜厚 1: 1.7mm、膜厚 2: 3.3mm、膜厚 3: 5.5mm) の熱流挙動の測定を行った。断熱塗料 C1 の膜厚を大きくした場合の熱流挙動を図 2-15 に示す。断熱塗料の膜厚が大きくなるに従い、照射開始後の熱流上昇の遅れ時間が大きくなることが認められたが、安定後の熱流は僅かな差であった。

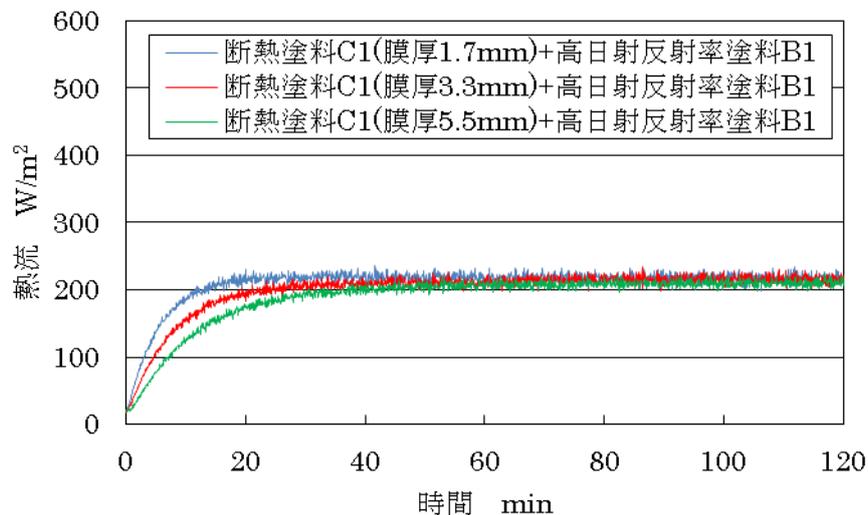


図 2-15 膜厚の違いにおける熱流挙動

## 2.5.4.4 グループ D の省エネルギー塗料

### 2.5.4.4.1 グループ D の省エネルギー塗料における熱流

グループ D の塗料は高放射性能と断熱性能を特徴とする塗料である。無彩色系の N6 を代表塗色として、熱流と日射反射率を図 2-11 上にプロットすると図 2-16 のようになる。試料 D については、プライマーの色（明度）の異なる 2 種類のプライマー（P1、P2）を用いたもの、及び膜厚を 2 倍にしたものについても同一図上にプロットした。一般塗料や省エネルギー塗料 B（高日射反射率）とほぼ同じ直線上にあることが確認できた。グループ D の試料のプロット位置は同じ直線幅内の下方（熱流が低い側）に位置しており、日射反射率によらず、塗料銘柄の違いによる熱流値の違いがあることが確認された。

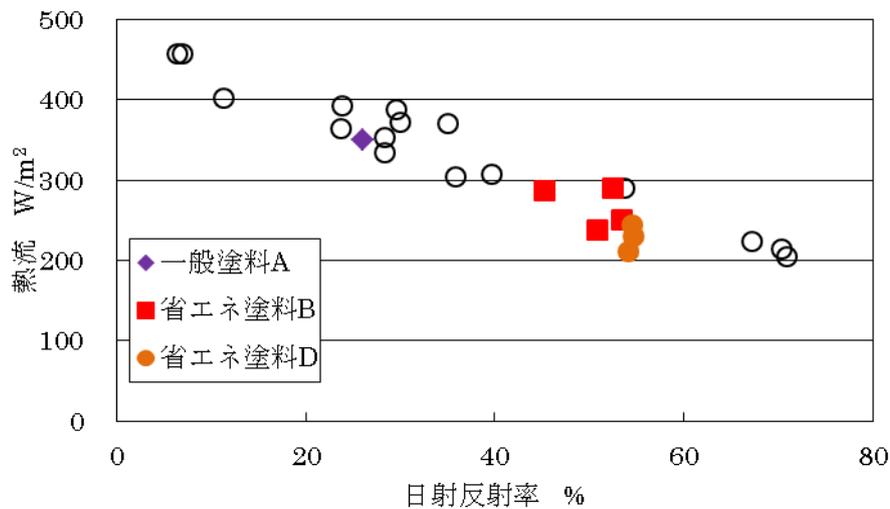


図 2-16 熱流と日射反射率（グループ D:N6 のみ）

また、図 2-17 は同一塗色（N6）における一般塗料、グループ B の省エネルギー塗料（高日射反射率）及びグループ D の省エネルギー塗料の熱流値を比較したものであるが、省エネルギー塗料はいずれも一般塗料に比べて低い熱流を示した。

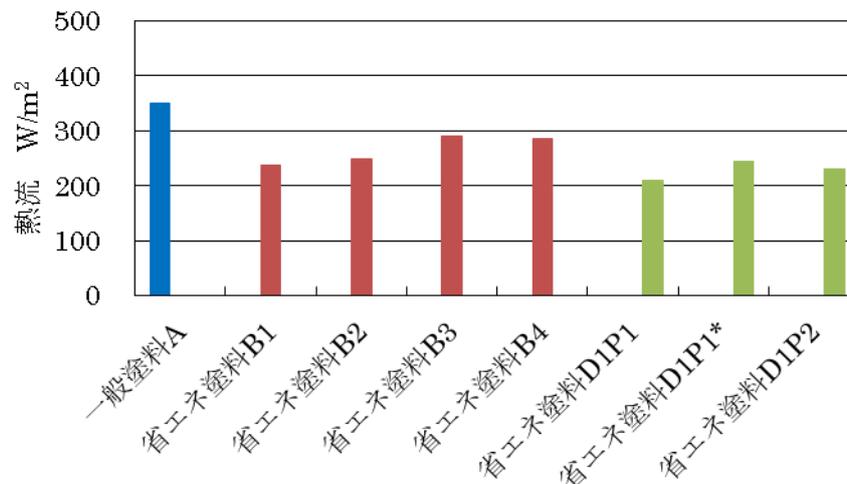


図 2-17 各試料の同一塗色における熱流値

省エネルギー塗料 D を含む各省エネルギー塗料及び一般塗料について夏条件下で得られた熱流と修正放射率の測定結果をプロットすると図 2-18 のようになる。ほぼ同じ修正放射率のところで、熱流値が広く分布しており、熱流と修正放射率の間に明確な相関は確認できなかった。

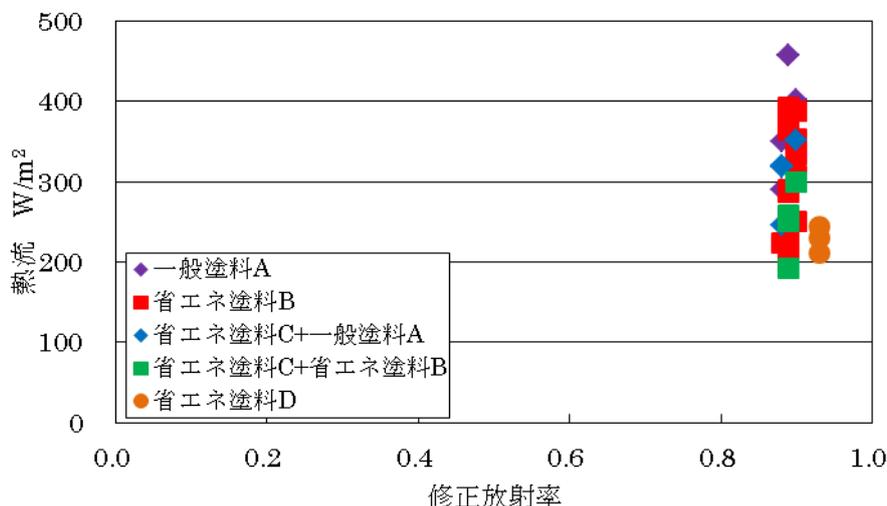


図 2-18 省エネルギー塗料における修正放射率と熱流との関係

#### 2.5.4.4.2 省エネルギー塗料（グループ D）に関するその他の検討

高放射を特徴とする省エネルギー塗料（グループ D）に関し、より有意義な知見を得ることを目的に、追加の検討を行った。具体的には、両面に省エネルギー塗料 D を塗装した場合（内装と外装に施工した場合を想定）の室内側放射強度及び熱流を測定した。

##### 1) 赤外（長波）放射強度

省エネルギー塗料評価装置を用いて、室内側の省エネルギー塗料 D から放射される赤外放射強度の測定を試みた。放射強度の測定には、英弘精機(株)製の 4 成分放射計/アルベドメーター MR-60 の赤外（長波）放射計のセンサーを用いた（波長範囲：3～50 $\mu$ m）。

長波放射用の赤外放射計による電圧出力( $\mu$ V)と温度センサー(Pt-100)から長波放射による放射量( $W/m^2$ )を計算する場合の式を次式に示す。

$$R_{lw} = V_{lw} / C + \sigma T^4$$

$R_{lw}$  : 長波放射( $W/m^2$ )

$V_{lw}$  : 赤外放射計の出力電圧( $\mu$ V)

C : 赤外放射計の検定定数( $\mu$ V/ $Wm^{-2}$ )

$\sigma$  : Stefan Boltzman 定数( $=5.67 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$ )

T : 温度センサー(Pt-100) による絶対温度

省エネルギー塗料 B1、B2、B3 及び D について、得られた長波放射を表 2-7 に示す。別の測定で得られた修正放射率と比較しても、試料間の差は確認できなかった。なお、測定条

件、方法等については今後も検討が必要と考えられる。

表 2-7 長波放射

塗料の種類	修正放射率	長波放射 W/m <sup>2</sup>
省エネ塗料 B1	0.89	427
省エネ塗料 B2	0.90	428
省エネ塗料 B3	0.89	427
省エネ塗料 D	0.93	426

## 2) 省エネルギー塗料 D の両面塗りと片面塗りの比較

アルミニウム基材上に省エネルギー塗料 D (N6) を「片面のみに 600 $\mu$ m 塗装した試料」と「表裏の両面に各 300 $\mu$ m 塗装した試料」について、夏条件での熱流測定を行った。但し、本測定は、放射を比較することが目的であるため、断熱フィルムを貼らずに熱流測定を行った。

両面に塗装した場合の熱貫流率を表 2-8 及び 2-9 に示す。合計膜厚が同じなので、片面 600 $\mu$ m の試料と同じ熱貫流率となる。

表 2-8 理論膜厚

塗色	塗料の種類	理論膜厚 ( $\mu$ m)	
		表面	裏面
N6	省エネ塗料 D 両面塗り (約300 $\mu$ m $\times$ 2)	300	300
アルミニウム		1mm	

表 2-9 熱伝導率及び熱貫流率

塗色	塗料の種類	熱伝導率 W/(m $\cdot$ K)		熱貫流率 W/(m <sup>2</sup> $\cdot$ K)
		下塗	上塗	
N6	省エネ塗料 D 両面塗り (約300 $\mu$ m $\times$ 2)	—	0.11	183
アルミニウム		236		

2つの試料（両面塗り、片面塗り）の熱流挙動を図 2-19 に示す。室外側のみに省エネルギー塗料 D を塗装した片面塗り試料が両面塗り試料よりも高い熱流を示した。

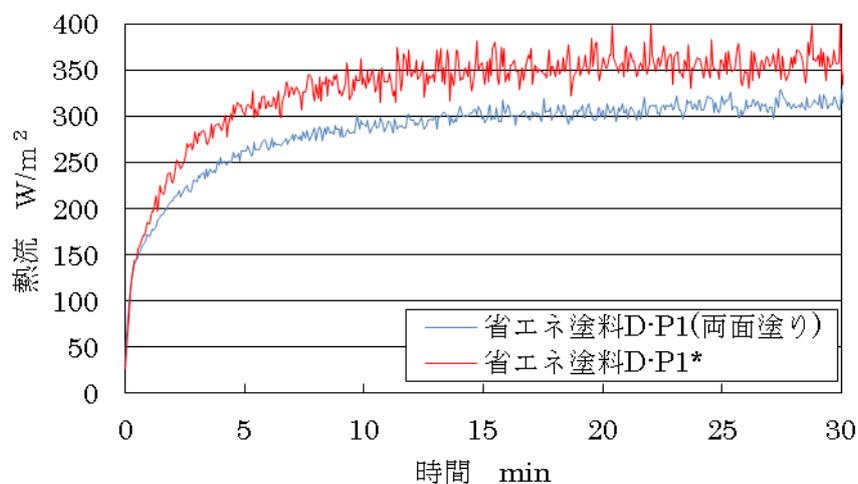


図 2-19 省エネルギー塗料 D の D-P1(両面塗り)と D-P1\*(片面塗り)の熱流挙動

### 3) サーモグラフィーによる検討

一般塗料、省エネルギー塗料 B1 及び省エネルギー塗料 D-P2 について、サーモグラフィーを用いた温度低下の推移を図 2-20 に示す。試料間の差は確認できなかった。なお、測定条件、方法等については今後も検討が必要と考えられる。

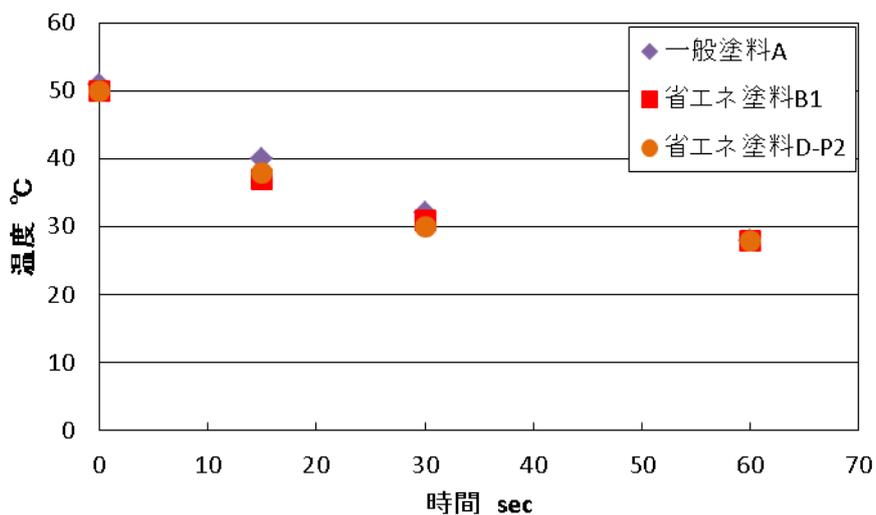


図 2-20 サーモグラフィーによる温度推移

### 2.5.4.5 人工光源からの放射照度、室内外温度条件の熱流への影響

#### 1) 放射照度と熱流の関係

省エネルギー塗料 B1 について、室内外の温度条件を夏条件と同じ「室内側：28℃、室外側：35℃」とし、放射照度 ( $W/m^2$ ) を 0、500、1000 とした場合の熱流測定結果を図 2-21 に示す。放射照度に比例した熱流が観察された。その他の一般塗料及び省エネルギー塗料についても、同様な傾向が観察された。但し、塗料種ごとに傾きは異なる。

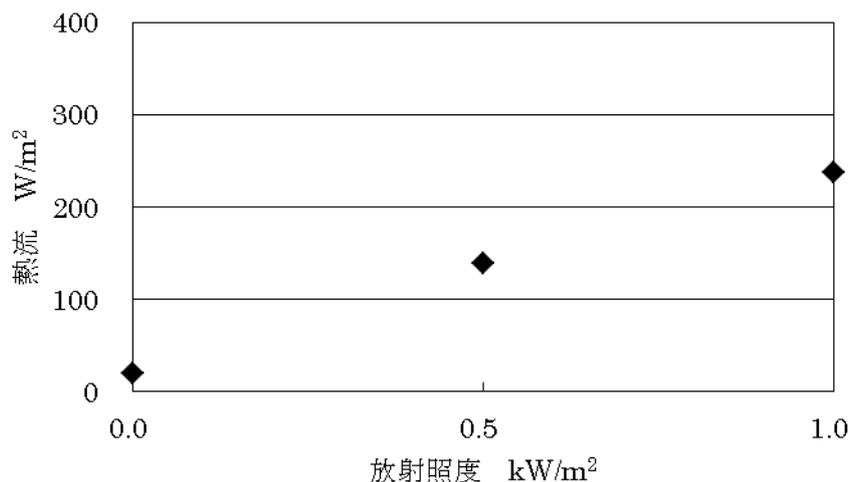


図 2-21 放射照度と熱流との関係

#### 2) 放射照度が一定で室内外温度差が異なる場合の熱流

省エネルギー塗料 B1 について、放射照度 ( $kW/m^2$ ) が一定 (0、500、1000) で室内外の温度差が異なる場合の熱流を測定した結果を図 2-22 に示す。放射照度及び室内外温度差に比例した熱流値が観察された。その他の一般塗料及び省エネルギー塗料についても、同様な傾向が観察された。但し、塗料種ごとに傾きは異なる。

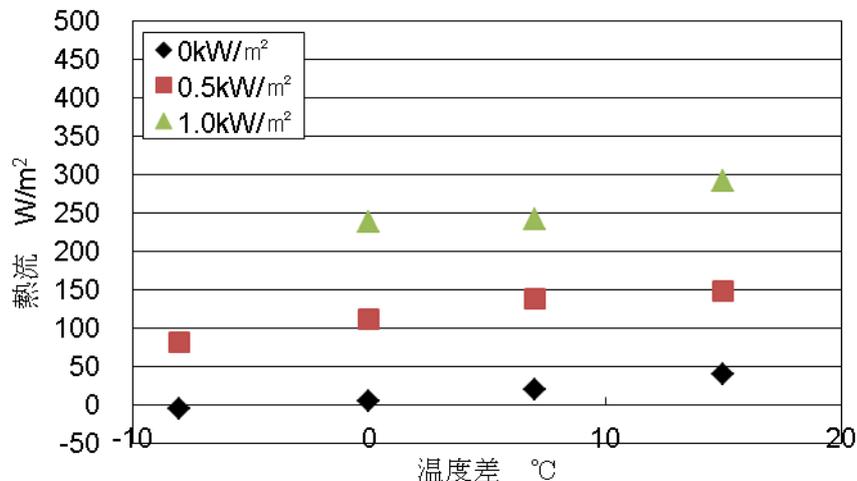


図 2-22 放射照度が一定で室内外温度差が異なる場合の熱流

## 2.5.5 まとめ

### 2.5.5.1 熱流と日射反射率

各省エネルギー塗料及び一般塗料について夏条件下で得られた熱流と日射反射率の測定値を1つの図にプロットすると図 2-23 のようになる。すべての測定値についてほぼ相関が見られ、試験した試料の範囲では、日射反射率の影響が大きいことが分かった。また、グループC及びグループDの省エネルギー塗料のプロットは同じ直線幅内の下方に位置する傾向があり、このことは、日射反射以外の効果が熱流値を下げた可能性を示唆している。

以上より、一定の条件下で熱流測定をすることにより、塗料の種類に関係なく、省エネルギーに寄与する各機能を総合的に把握できそうなことが確認できた。

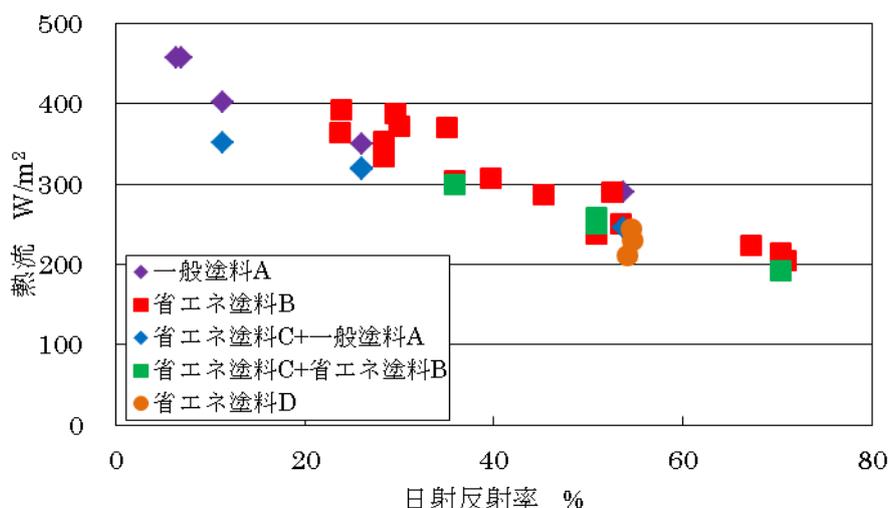


図 2-23 省エネルギー塗料における日射反射率と熱流との関係

### 2.5.5.2 熱流と修正放射率

各省エネルギー塗料及び一般塗料について、修正放射率と夏日射条件下で得られた熱流と測定値をまとめてプロットすると図 2-24 のようになる。

今回試験を実施した一般塗料及び省エネルギー塗料の修正放射率は 0.88~0.94 であり、夏日射条件下における熱流と修正放射率の間に明確な相関は認められなかった。

なお、米国の「Cool Roof Paint」性能評価は日射反射率と放射率で行われており、この2つの特性値から、一定の照射条件下で塗膜表面温度の上昇をシミュレーションしているが、今回の試験に用いた塗料の範囲では、夏条件で日射反射率が 10% 高くなると約 5°C、20% 高くなると約 10°C の表面温度低下効果があり、一方、放射率については、放射率を 0.05 上げてもその効果は約 0.5°C にとどまる（日射反射率効果の 5~10%）と報告されており、今回の結果もこれと符合する結果であった。

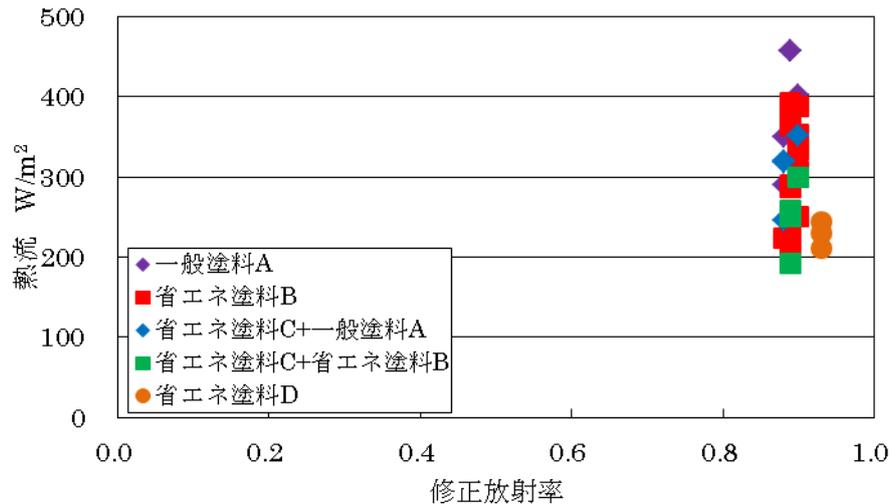


図 2-24 省エネルギー塗料における修正放射率と熱流との関係

### 2.5.5.3 熱流と熱貫流率

熱貫流率と熱流との関係についても考察を行ったが、明確な相関は認められなかった。今回の熱流測定においては、熱流センサーのノイズ抑制や熱容量の影響低減を目的に、熱流センサーメーカーや各種の文献が推奨する方法として、熱流センサー上に断熱フィルム（厚さ：2mm、熱貫流率：20W/(m<sup>2</sup>・K)）を装着して試験を行ったが、このことによる熱流低下は約30%と実測された。

### 2.5.5.4 日射がない場合の夏冬条件における熱流

各省エネルギー塗料及び一般塗料について、日射がない場合の夏条件（室内側：28℃、室外側：35℃）及び冬条件（室内側：18℃、室外側：10℃）で得られた熱流（各塗料種の平均値）を比較すると図 2-25 のようになる。照射がない場合には、当然ながら夏条件の熱流はプラス（20W/m<sup>2</sup>前後）になり、冬条件はマイナス（-4 W/m<sup>2</sup>前後）となった。夏条件及び冬条件ともに塗料銘柄の違いによる熱流値の違いがあることが確認された。

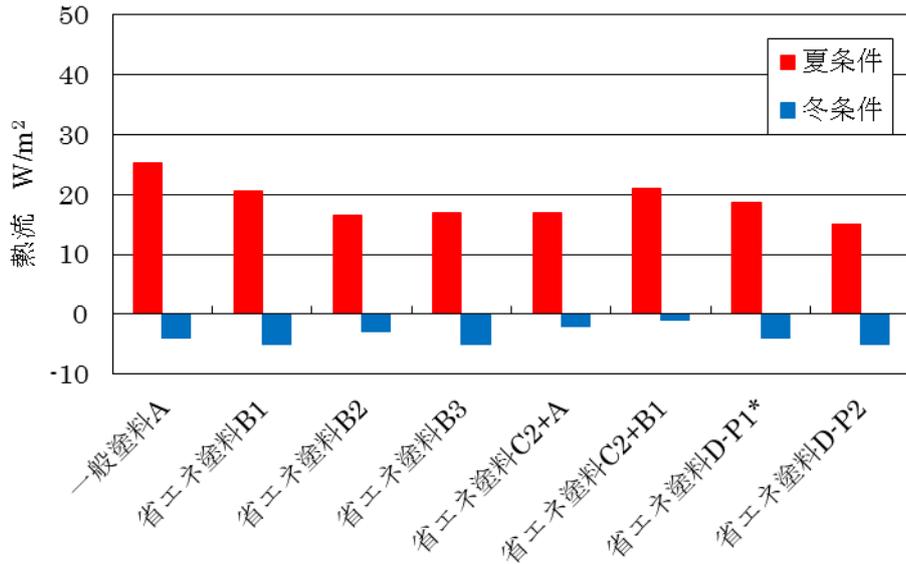


図 2-25 夏冬条件における日射無し(照射無し)と熱流値

#### 2.5.5.5 夏条件と冬条件における日射反射率と熱流

各省エネルギー塗料及び一般塗料について、冬条件（放射照度：500W/m<sup>2</sup>）で測定した熱流と日射反射率の相関を夏条件との比較で図 2-26 に示す。人工光源からの放射照度の違いによる差が見られ、冬条件の熱流は夏条件の 30～40%程度となるが、夏条件と同様な日射反射率による差が認められた。

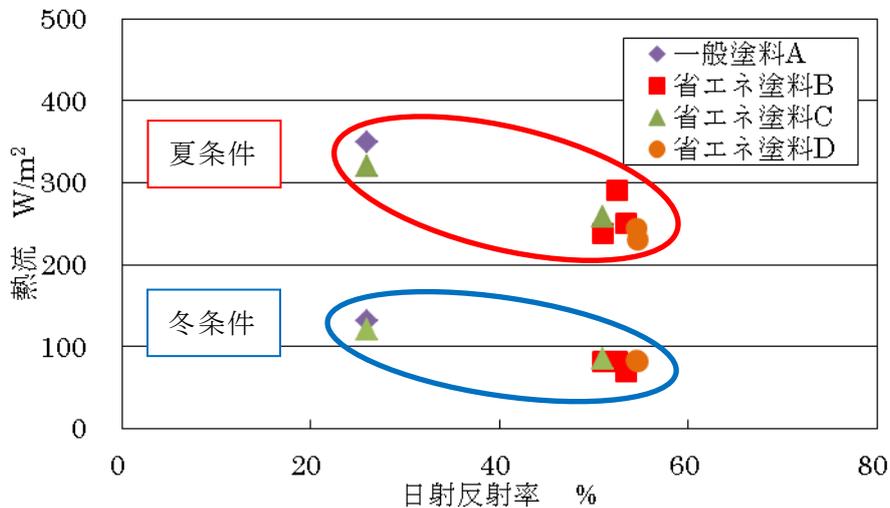


図 2-26 夏条件と冬条件における日射反射率と熱流の関係

### 2.5.5.6 シミュレーションによる流入熱量の推算

夏のある1日と冬のある1日について、無彩色系の N6（グレー）での測定熱量とその照射強度と室内外温度の熱量への影響との相関を用いて、一般塗料と省エネルギー塗料について積算熱流を試算することにより省エネルギー効果の試算を行った。省エネルギー塗料は一般塗料に比べ、熱の流入量の低減効果が見られた。その熱の流入量は夏1日においては一般塗料 A の積算熱量（熱負荷）の 16～33%の低減効果が見られ、冬1日においてもほとんどの省エネルギー塗料で熱の流入量の低減が見られたが、これは逆に熱負荷の増加となり省エネルギーにとってはマイナス効果であった。夏・冬それぞれ1日ずつの省エネルギー量のトータルで、一般塗料 A の合算熱負荷量の 18～34%の省エネルギー効果があると推定された。

一例として、一般塗料 A と省エネルギー塗料 B1 を比較したシミュレーション計算結果を表 2-10 に示す。

表 2-10 夏冬1日における省エネルギー塗料 B1 の省エネルギー効果の推算

環境条件	一般塗料 A MJ/m <sup>2</sup>	省エネ塗料 B1 MJ/m <sup>2</sup>	冷房負荷低 減量 MJ/m <sup>2</sup>	暖房負荷低 減量 MJ/m <sup>2</sup>	省エネ 効果 %
夏条件における熱負荷	6.62	4.53	2.09	-	31.6
冬条件における熱負荷	-1.13	-0.04	-	-1.09	-96.4
夏冬集計熱負荷	5.49	4.49	1.00		18.2

【参考：室内に塗布した場合のシミュレーション（日射がない条件）】

参考値として、室内に塗布した場合の熱流のシミュレーション試算を行った。今回の日射無し条件で測定した熱流データが、温度差+15～-7℃（熱流入から熱流出）の範囲で温度差に比例していることより、塗膜面が室外側、室内側いずれであっても熱流に差がなく温度差で決まることが示されたので、今回の熱流測定値を用いてシミュレーション試算が可能と考えられる。

本シミュレーションでは、室内外の温度差のみを考慮し、日射の影響はないものとして試算したため、温度差のみに依存する熱流は、「夏は流入、冬は流出」となった。夏・冬それぞれ1日ずつの省エネルギー量を合算するとトータルで一般塗料 A の合算熱負荷量の -4～31%の省エネルギー効果があると推定された。なお、シミュレーションに使用した熱流データはそれぞれ一点の測定値であり、僅かな差が熱流積算値に大きく影響することもあり、今後更なる検証が必要と思われる。

一例として、一般塗料 A と省エネルギー塗料 B1 を比較したシミュレーション計算結果を表 2-11 に示す。

表 2-11 室内塗布を仮定した場合の省エネルギー塗料 B1 の省エネルギー効果の推算

環境条件	一般塗料 A MJ/m <sup>2</sup>	省エネ塗料 B1 MJ/m <sup>2</sup>	冷房負荷低 減量 MJ/m <sup>2</sup>	暖房負荷低 減量 MJ/m <sup>2</sup>	省エネ 効果 %
夏条件における熱負荷	0.32	0.33	-0.01	-	-
冬条件における熱負荷	2.08	2.16	-	-0.08	-
熱負荷	2.40	2.49	-0.09		-3.8

なお、夏のある1日と冬のある1日についてのシミュレーションの詳細を資料編 9 に掲載した。

### 2.5.5.7 表面温度

各省エネルギー塗料及び一般塗料について夏条件下で得られた表面温度と日射反射率の測定値の関係を図 2-27 に示す。すべての測定値がほぼ同じ直線上の相関となり、試験した試料の範囲（一般塗料、高日射反射率塗料、断熱塗料（+一般塗料又は高日射反射率塗料）、高放射&断熱塗料）では、熱流と同様の傾向が得られた。表面温度は有力な評価指標の1つであることを確認した。

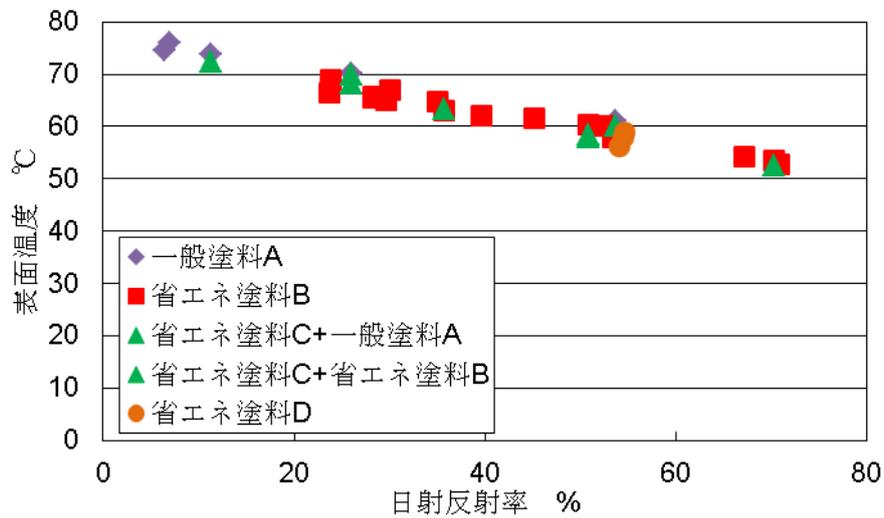


図 2-27 省エネルギー塗料における日射反射率と表面温度との関係

## 第3章 塗料の省エネルギー性能評価手法

塗膜を介しての熱流の測定手法として、本試験にて実施した性能評価手法は、設定する測定条件及び熱流の測定値の安定性・再現性が十分にあり、省エネルギー塗料や一般塗料の省エネルギー性能差を熱流測定により横並び比較できることを確認した。本試験方法を塗料の省エネルギー性能の評価手法として提案したい。設定する測定条件については、夏想定条件、冬想定条件などを基本的な評価条件とする。

### 3.1 評価手法

評価手法の前提は下記の通りである。

- ・塗膜を介しての熱流を測定する。
- ・実験室スケールとする。
- ・熱流は熱流センサーを用いて測定する。
- ・測定対象は塗膜試験板（金属板と塗膜）とする。
- ・雰囲気条件は、塗膜試験板をはさんで外気温と室内温度の温度制御を行い、所望の条件を設定する。
- ・太陽光照射は、人工日射光源を用い所望の照射強度を設定する。

#### 3.1.1 測定装置

##### 1) 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とし、安定した放射照度を得るために4灯式とする。光源の照射量は、試験面中心部で約  $1\text{kW/m}^2$  及び約  $0.5\text{kW/m}^2$  に調整できるものとする。

[有効照射面積：  $300\times 300\text{mm}$ ]

##### 2) 試験板の材質及び形状

試験板は、アルミニウム板(裏面全面に断熱フィルムを貼る)とし、形状は、 $180\times 180\times 1\text{mm}$  とする。

断熱フィルム（ポリエチレンフォーム製、熱伝導率： $0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、厚さ： $2\text{mm}$ )を使用する。

<断熱フィルムを貼る目的>

断熱フィルムをアルミニウム板に貼ることで風による熱流のノイズを軽減でき、また、熱流計の放射率と被測定面の放射率を合わせることで、より均一に試験面裏面から放射させることができ測定誤差を小さくする。

##### 3) 熱流計

熱流計は  $0.01\text{W/m}^2$  以下の分解能をもつものとする。

[面積： $50\times 50\text{mm}$ ]

##### 4) 温度測定器

温度測定は熱電対による測定を原則とする。

空気温度を測定する場合、熱電対が光源からの照射熱量の影響を受けると考えられるときは、熱電対の周囲をアルミ箔などの低放射材料で覆い、熱電対への光源からの照射熱量の影響を可能な限り小さくする。このとき、覆いによって熱電対周囲の気流が

極端に変化しないように留意する。

5) 風量測定器

風量測定器は室内外相当 BOX 内に一定の風量を与えるものであり、5L/min までの風量が測定できるものとする。

室内外の風速は次式により求める。

$$\text{風速 } v = \text{通気量 } Q / (3,600 \times \text{通気断面積 } S)$$

6) 透明板

平均的に透過率が 80%以上のソーダガラスとする。

[厚さ：2mm]

7) 室内外温度調節器

室内外の温度を再現できるもので、室内外の相対湿度は成り行きとするが、試験体に結露を生じない相対湿度とする。

8) 試験BOX

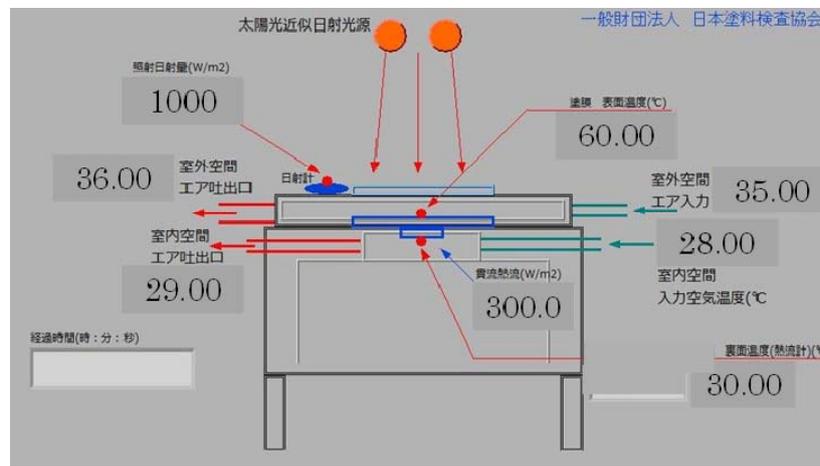


図 3-1 装置概略図

室外側の寸法：600×200×50mm

室内側の寸法：500×500×60mm(断熱材の厚さ：50mm)

開口部の寸法

室外側開口部：200×50mm

室内側開口部：200×35mm

照射面側開口部：180×180mm

試験面側開口部：160×160mm

・試験BOXの室内相当側

上部側面に室内相当空気供給口、その対向側に排気口を設ける。外部からの温度の影響をなくすため、内面は開口部を除き、50mm厚の断熱材貼り付ける。

・試験BOXの室外相当側

室内側BOX上部に設置し、上方開口部に透明板を設置する。当BOXの下方側面から上方側面方向へ室外相当空気を流せるものとする。また、内面からの再反射を防ぐために漆黒塗料を塗装する。

### 3.1.2 試験条件

1) 放射照度設定条件

夏条件：約  $1\text{kW/m}^2$

冬条件：約  $0.5\text{kW/m}^2$

2) 風量条件

室内側及び室内側：100L/min

3) 温度条件

夏条件：室内側； $28^{\circ}\text{C}$

室外側； $35^{\circ}\text{C}$

冬条件：室内側； $18^{\circ}\text{C}$

室外側； $10^{\circ}\text{C}$

### 3.1.3 試験手順

試験手順は以下のとおりとする。

- ①試験体の裏面に断熱材を貼る。
- ②試験体裏面の断熱材の上に熱流計を取り付け、さらに、熱電対を試験体表面に取り付ける。
- ③室内・室外BOXをつなぐ開口部上に試験体を設置する。
- ④試験体に照射する前に、ランプを点灯し、放射照度を安定させる。
- ⑤室内・室外BOXへの供給ガスを設定温度にし、各部の温度及び熱流が安定した後、照射を開始する。照射開始後、各部の温度及び熱流を1時間以上測定し、熱流安定後20分間の熱流の平均値を熱流値とする。
- ⑥照射条件での定常状態の温度及び熱流を測定後、照射を停止し、各部の温度及び熱流の推移を測定する。
- ⑦データロガーにより各データ（熱流等）を収集する。
- ⑧データの解析を行う。

### 3.1.4 シミュレーション

シミュレーション計算の手順を以下のとおりとする。

例えば、夏のある1日における省エネルギー効果をシミュレーション計算する場合

- ①省エネルギー評価試験装置を用いて、各放射照度における熱流値を測定する。
- ②省エネルギー評価試験装置を用いて、室内及び室外側の温度を変えて熱流値を測定する。
- ③①及び②の熱流値を用いて、夏のある1日における放射照度及び外気温から、塗膜板を介して通過する熱流の積算量をシミュレーション計算する。

なお、シミュレーションの詳細を資料編9に掲載した。

### 3.2 課題

本評価方法（モデル試験）の測定データの信頼性を確認するため、今後、下記に挙げたような装置及び測定条件の影響要因について検証しておくことが重要である。

信頼性を確認したモデル試験の結果を用いて、年間トータルの省エネルギー量をシミュレーション計算により、評価できるようにすることがもう1つの課題として挙げられる。

規格化に向けては、省エネルギー評価手法として本評価手法（モデル試験）の信頼性及び有用性を検証していくことが重要である。

#### 信頼性

- 1) 試験装置の再現性向上のための標準板の作製
- 2) 熱流センサーの影響(測定値の精度、バラツキ)の評価
- 3) 試験板裏面に貼付した断熱フィルムの影響(測定の精度向上)の評価
- 4) 測定データの蓄積
- 5) 試験室内の測定環境の検討（温湿度、壁面、床面等）
- 6) 試験板作製方法の検討（塗装仕上げ、養生期間等）

#### 有用性

- 1) 1年間の省エネルギー性能シミュレーションの検討（屋外実測データの活用等）
- 2) 省エネルギー効果保持率の評価
- 3) 各種関連物性を基にした熱流値予測シミュレーションによる省エネルギー効果の試算（日射反射率、放射率、熱伝導度、膜厚等）
- 4) 規格化に向けた、信頼性、有用性の検証データの蓄積・検証
  - a) 評価装置及び実験条件の規格化
  - b) 塗膜試験板の規格化

#### その他：付帯検討

- 1) 室内塗布した場合の省エネルギー塗料の省エネルギー性能の評価
- 2) 夜間及び室内における放射の影響の評価

## 資料編

### 資料 1 省エネルギー塗料性能評価手法作成委員会名簿及び性能評価方法調査 WG 名簿

表 1-1 省エネルギー塗料性能評価手法作成委員会 名簿

	団体・会社名	部署	氏名	役職
委員長	芝浦工業大学	工学部 建築工学科	本橋 健司	教授
副委員長	高知工科大学	システム工学群 社会システム工学教室	田島 昌樹	准教授
委員	独立行政法人建築研究所	材料研究グループ	古賀 純子	主任研究員
委員	一般社団法人	日本塗装工業会	竹内 金吾	常務理事
委員	アトミクス(株)	塗料事業部 技術部 開発一課	今泉 秀	主幹
委員	関西ペイント(株)	汎用塗料本部 建築製品技術部	高野 亮	課長
委員	大日本塗料(株)	一般塗料部門 建築塗料事業部 TSG	高橋 浩二	副主任技術員
委員	日本特殊塗料(株)	開発本部第1技術部 技術3課	坂口 繁伸	
委員	日本ペイント(株)	技術本部建築塗料技術部	加茂 比呂毅	リーダー
委員	ロックペイント(株)	東京技術部 建築グループ	田村 昌隆	グループリーダー

表 1-2 性能評価方法調査 WG 名簿

	団体・会社名	部署	氏名	役職
オブザーバー	(社)日本塗料工業会	安全環境部	奴間 伸茂	常務理事
オブザーバー	(社)日本塗料工業会	標準部	高橋 俊哉	標準部長
オブザーバー	(社)日本塗料工業会	技術部	菊田 真人	技術部長
オブザーバー	(社)日本塗料工業会	総務部	立花 敏行	総務部長
オブザーバー	(社)日本塗料工業会	製品安全部	渡辺 健児	製品安全部長
オブザーバー	(社)日本塗料工業会	製品安全部	甲 隆行	係長
オブザーバー	一般財団法人	日本塗料検査協会	中北 文彦	専務理事
オブザーバー	一般財団法人	日本塗料検査協会 東支部検査部	清水 亮作	課長
オブザーバー	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	課長
オブザーバー	一般財団法人	日本塗料検査協会 東支部検査部	西岡 祐	

資料 2 省エネルギー塗料に対する現行の評価方法

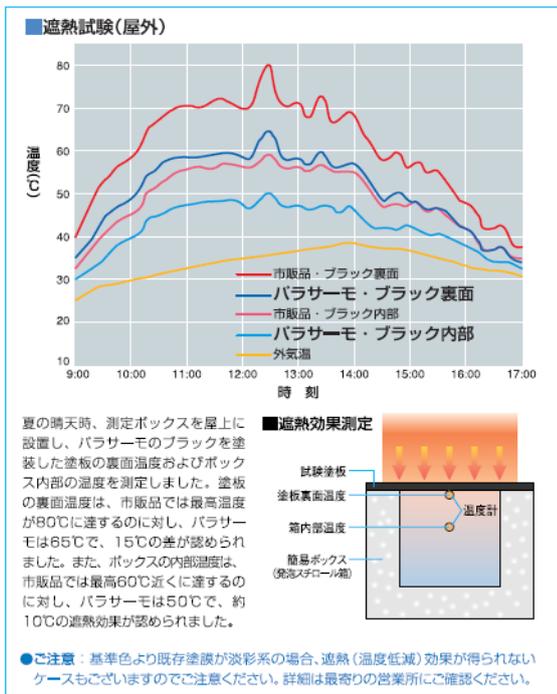
表 2-1 省エネルギー塗料の現行評価方法の概要

評価(測定)対象	評価方法、標準化	測定方法事例:塗料メーカー、研究機関、研究者等:ホームページ、カタログ、論文
温度	・各部位の温度測定:測定箇所(屋根表面、屋根裏面、天井、室内等)、時間推移(日照推移、昼夜)、季節差異(夏、冬)	・実建物試験、モデル建物試験、モデル試験:倉庫等、モデル建物、モデル試験装置 ・省エネルギー塗料と一般塗料の比較、塗料色調
空調消費電力	・冷房消費電力量、時間推移(日照推移、昼夜)と積算量	・実建物試験、モデル建物試験:倉庫等、モデル建物 ・省エネルギー塗料と一般塗料の比較、塗料色調
日射反射率	JISK5602:塗膜の日射反射率の求め方、 JISK5675:屋根用高日射反射率塗料 (評価は、JISK5602)、  いずれも分光反射率測定から日射反射率を求めている ・塗料の明度と近赤外波長域反射率の関係	・省エネルギー塗料と一般塗料の比較、塗料色調 ・塗料特性値:カタログ等に記載例
熱伝導率	参考:コーティングの熱伝導率測定法: (JISH8453:遮熱コーティングの熱伝導率測定) (JISR1611:ファインセラミックスのフラッシュ法による、熱拡散率・比熱容量・熱伝導率の測定方法) フラッシュ法による測定	・塗料特性値:カタログ等に記載例

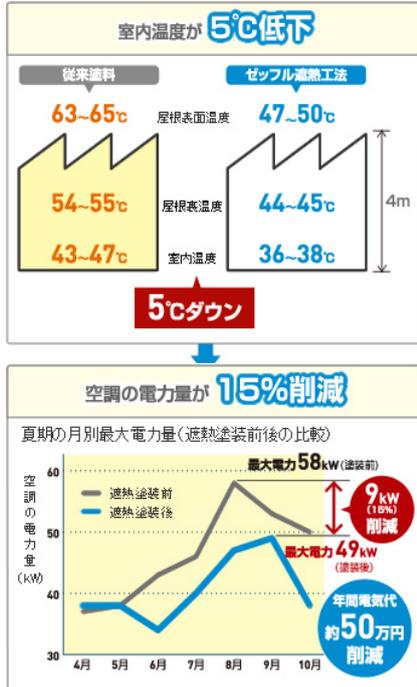
図表 2-2 塗料メーカーの測定方法事例

塗料メーカーの測定方法事例：測定条件は各社各様、測定は各部位の温度の例が多い

A: 日本特殊塗料の「パラサーモ」：測定ボックス



A: ダイキン工業の「ゼッフル TM 遮熱塗料」：実建物(又はモデル)

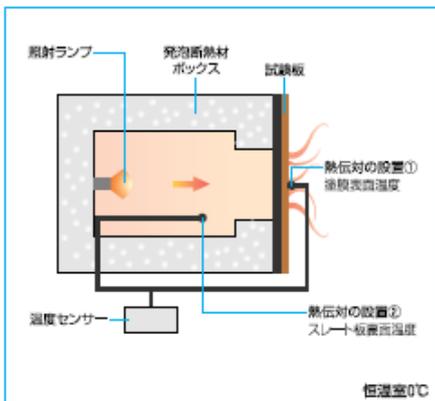


C: 日本特殊塗料の「NT ダンネツコート」：測定ボックス

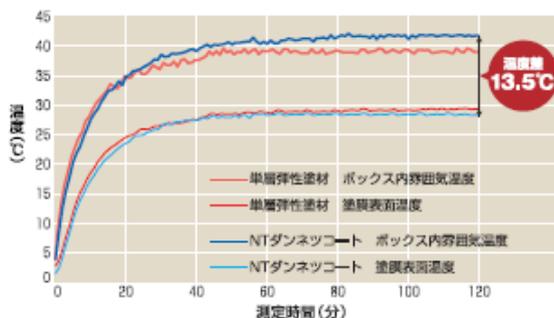
断熱塗料内外温度差 13.5℃ > 一般塗料 9℃  
(熱抵抗高い = 断熱性高い)

■低温断熱性能(断熱ボックス内ランプ照射による試験)

恒温室内雰囲気温度を0℃に設定して測定しました。



■測定結果

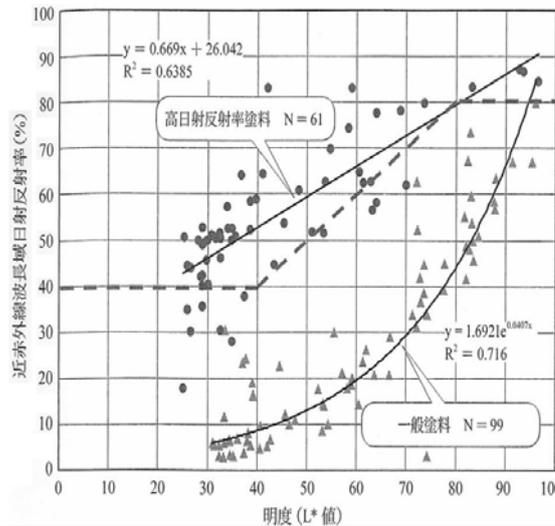


一般用塗料の内外温度差は約9℃で、NTダンネツコートは13.5℃の内外温度差があります。この温度差とは室内から外に放出される温度差で、差(外壁塗膜温度0℃で室内温度の放出なし)が大きいほど保溫性が高いことを示します。

資料 3 関連の日本工業規格 (JIS) 概要

JIS	標題	測定原理	測定スケール、試験体ほか	規格、ほか	測定条件	主測定
JISK5602: 2008	塗膜の日射反射率の求め方	日射反射率: 対象波長範囲の各波長の分光反射率を求め、基準太陽光の分光放射照度の分布を示す重係数を乗じ、波長範囲にわたって加重平均し、日射反射率を求める。	波長範囲: 300-2500nm、標準白色板: 公的機関によって校正されているフッ素樹脂系標準白色板、試験板: JISK5600-4-1 に規定する隠蔽率試験紙を用い、平滑なガラス板に粘着テープで固定し、その白部と黒部に同時に塗装する。乾燥後、ガラス板から取り外し試験片とする。			分光透過率・反射率
JISK5675: 2011	屋根用高日射反射率塗料	JISK5602 に規定する波長域において求めた分光反射率から算出: 全日反射率 (300-2500nm)、近赤外波長域日射反射率 (780-2500nm)	試験片: セメント系、金属系 明度によって区分: 低明度・中明度領域 (L* < 80)、高明度領域 (L* ≥ 80)	規格合格領域: 明度 40% 以下: 日射反射率 ≥ 40.0% 明度 40-80%: 日射反射率 ≥ 明度 明度 > 80%: 日射反射率 ≥ 80.0% [下図波線領域]		分光透過率・反射率

解説図2  
明度 (L 値) と日射反射率との関係

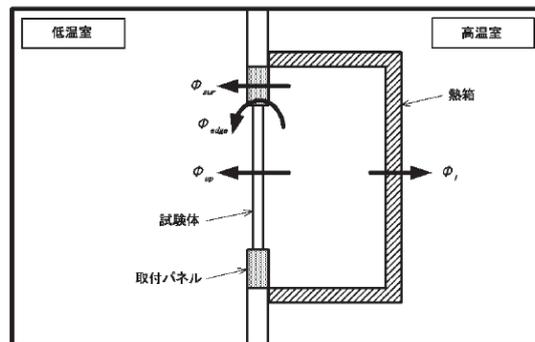


JISA4710: 2004	建具の断熱性試験法	JISA1420 校生熱箱法(CHB) が一般的 保護熱箱法(GHB)	校生板: 1600mm x 1600mm 試験体: 窓・引き違いサッシ 1700x1800H、1700x1300H、 ドア 900x1900H	低温側の気流と温度、 高温側の自然対流に近い 適切な気流と温度を 一定に保持して、温度を ±5K 変化させて設定	空気温度 10°C、 温度差は (20±2) K、 定常状態で 30 分 間隔で 3 回測定	熱流
----------------	-----------	-------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------	----

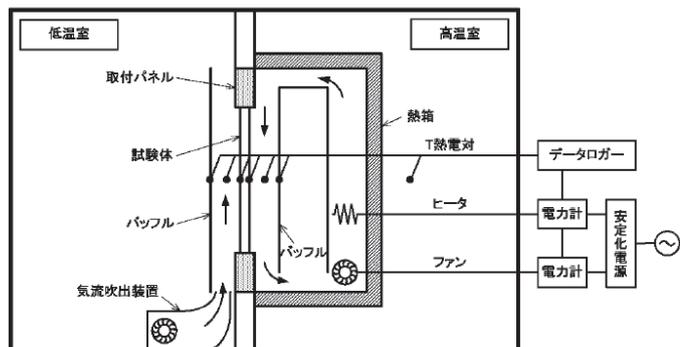
熱貫流率の測定は、第1段階は熱抵抗が既知の2つ以上の校正板を用いて測定し、校正板の両端の表面伝達率と取付パネルの熱抵抗が求められる。第2段階は取付パネルの開口部に窓やドアなどの試験体を取り付けて測定する。校正熱箱法による主な熱流は、図3のような。熱貫流率は、試験体両側の空気温度とバツフルなどの表面温度を測定し、附属書1(規定)によって環境温度を算出して下式により求める。

$$U = \frac{\Phi_{in} - \Phi_l - \Phi_{sur} - \Phi_{edge}}{\Delta\theta_n \cdot A}$$

測定原理(図1)



校正熱箱法試験装置(図3)

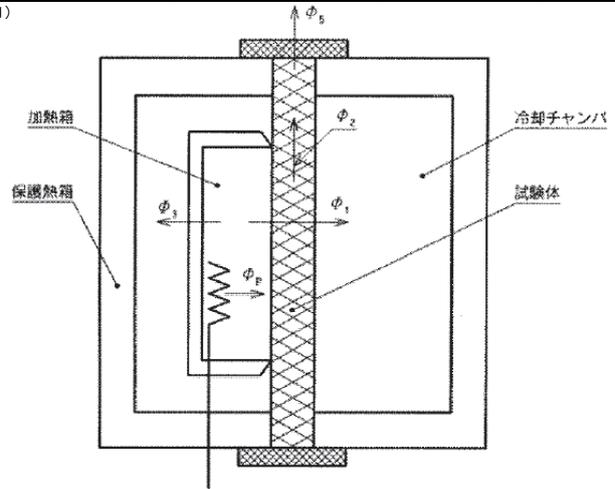


- U: 熱貫流率
- A: 伝熱面積
- Δθ: 温度差
- Φ: 熱量
- in: 入力
- l: 熱箱
- sur: 取付パネル
- edge: 端部
- sp: 試験体

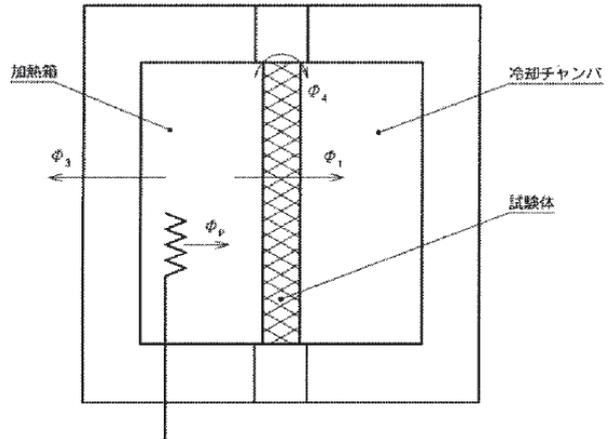
JIS	標題	測定原理	測定スケール、試験体ほか	規格、ほか	測定条件	主測定
JISA1420: 1999	建築用構成材の断熱性測定方法—校正熱箱法及び保護熱箱法	断熱性能:熱貫流率、熱抵抗  校正熱箱法(CHB)が一般的 保護熱箱法(GHB)	校正熱箱法:伝熱面積の最小寸法 1.5m x 1.5m ※熱抵抗が大きくないもの、厚さが厚くないもので小スケールでも精度的に問題ない:0.9m x 0.9m 以上  保護熱箱法:伝熱面積の1辺は試験体厚み3倍又は1mの大きいほう			熱流

保護熱箱法(図1)は保護箱の中に加熱箱が設置され、保護熱箱は $\Phi_2$ 及び $\Phi_3$ を最小にするように制御される。校正熱箱法(図2)は装置全体が恒温室内に設置される。加熱箱からの熱損失量 $\Phi_3$ は加熱箱を熱抵抗が大きな構造とすることで小さくできる。試験体通過熱量 $\Phi_1$ は加熱箱への熱供給量 $\Phi_p$ から、加熱箱からの熱損失 $\Phi_3$ 及び試験体側面の熱損失 $\Phi_4$ を差し引くことにより求める。 $\Phi_3$ 及び $\Phi_4$ は予め校正する。

保護熱箱法(図1)



校正熱箱法(図2)

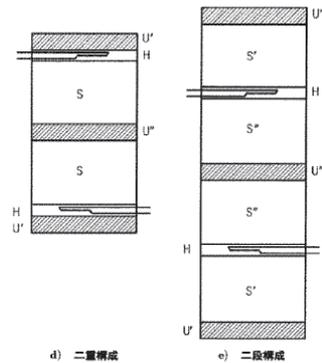
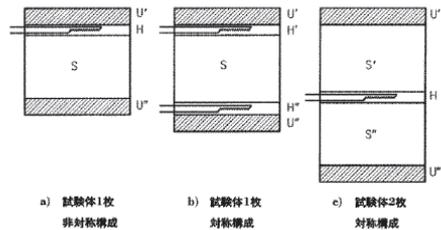
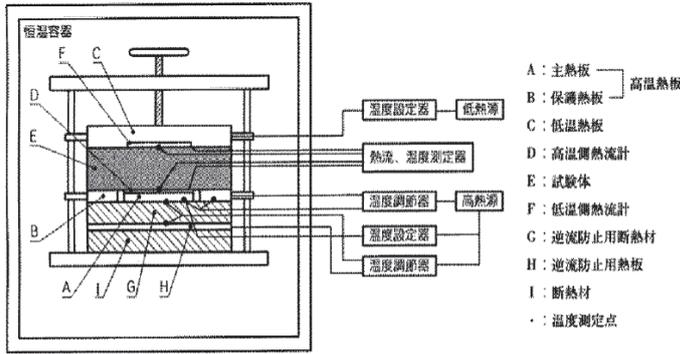


- $\Phi$  : 熱量 (W)
- $\Phi_p$  : 加熱箱内供給熱量 (W)
- $\Phi_1$  : 試験体通過熱量 (W)
- $\Phi_2$  : 試験体表面と平行な損失熱量 (W)
- $\Phi_3$  : 加熱箱周壁からの損失熱量 (W)
- $\Phi_4$  : 試験体の側面での損失熱量 (W)
- $\Phi_5$  : 試験体エッジでの試験体表面に平行な損失熱量 (W)

JIS	標題	測定原理	測定スケール、試験体ほか	規格、ほか	測定条件	主測定
JISA1412-1 :1999	熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第1部：保護熱板法（GHP法）	熱抵抗、熱伝導率  等温面の2枚の平行平板に挟まれた無限の板状の試験体の内部に定常状態の一次元熱流が流れるようにしたもの。 熱流量 $q$ を計測、伝熱面積 $A$ 、試験体温度差 $\Delta T$ 、厚さ $d$ から熱移動係数、熱伝導率を算出	無限板状試験体  装置形状：30cm、50cm、20cmの円形又は正方形			熱流
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>A：測定部ヒータ</p> <p>B：測定部表面板</p> <p>C：保護部ヒータ</p> <p>D：保護部表面板</p> <p>E：冷却部</p> <p>E<sub>s</sub>：冷却部表面板</p> <p>F：示差熱電対(サーモパイル)</p> <p>G：加熱板表面熱電対</p> <p>H：冷却板表面熱電対</p> <p>I：試験体</p> <p>L：逆流防止用熱板</p> <p>M：逆流防止用断熱材</p> <p>N：逆流防止用示差熱電対</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>主熱板</p> <p>保護熱板</p> <p>冷却熱板(低温熱板)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;"><b>図1 保護熱板法の一般的な構成</b></p> <div style="text-align: center;"> <p>a) 試験体2枚方式      b) 試験体1枚方式</p> </div>						
JISA1412-2 :1999	熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法—第2部：熱流計法（HFM法）	熱抵抗、熱伝導率  試験体と熱流計を重ね、加熱板と冷却熱板で所定の平均温度と温度差を与え定常状態とし、熱流計を介して試験体の熱抵抗と標準板の熱抵抗を比較する方法。	平板比較法：熱板は正方形で一辺は20cm  保護熱板式熱流計法：温熱板 910mm x 910mm		平板比較法：標準板と試験体の温度差 5℃以上  保護熱板式熱流計法：試験体両面の温度差 10℃以上	熱流

JIS	標題	測定原理	測定スケール、試験体ほか	規格、ほか	測定条件	主測定
-----	----	------	--------------	-------	------	-----

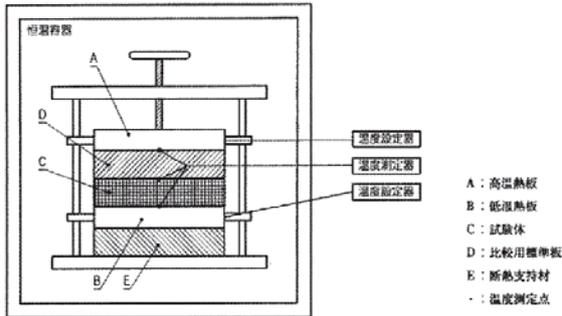
保護熱板式熱流計法：



U', U'': 加熱板又は冷却熱板  
 H, H', H'': 熱流計  
 S, S', S'': 試験体

附属書B付図1 測定装置

平板比較法

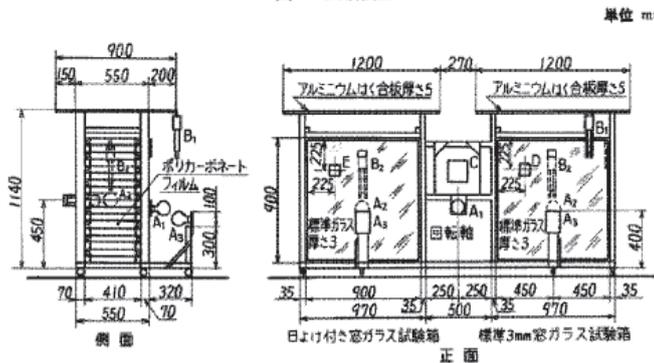


附属書A 図1 平板比較法の構成

図1 熱流計法の代表的構成

JISA9526: 2006	建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム	熱伝導率: JISA1412-1, JISA1412-2 によって測定	合板、ポリエチレンなどのボード類に5mm以下の厚さで下吹き、1層当り30mm以下の厚さで積層して60mmとし、大きさは1m×1m以上		平均温度 23±2℃、高温板と低温板の温度差 25±5℃	熱流
JISA1422: 1993	日よ(除)けの日射遮へい(蔽)係数簡易試験法	測定: 日射量、温度、熱伝達率及び熱コンダクタンス 標準 3mm 窓ガラス試験箱、日よけ付き窓ガラス試験箱	開口(窓)900×900mm		日射計及びアダプタ付き放射収支計(照度計も可)、太陽高度 10-20、20-30°、30-40°	日射量、熱伝達率 ⇒ 日射遮へい係数

図1 試験装置



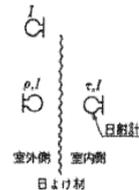
- A<sub>1</sub>: 日射計(窓面入射全日射量測定用)      B<sub>2</sub>: アスマン通風乾球湿度計(試験箱内空気温度測定用)  
 A<sub>2</sub>: 日射計(透過日射量測定用)            C: 外表面総合熱伝達率測定装置  
 A<sub>3</sub>: 日射計(反射日射量測定用)            D: 標準3mm窓ガラス内表面総合熱伝達率測定装置  
 B<sub>1</sub>: アスマン通風乾球湿度計(外気温度測定用)    E: 日よけ付き窓の中空層熱コンダクタンス測定装置

$$\text{日よけ材表面の全日射に対する反射率 } \rho_s = \frac{\rho_s I}{I}$$

$$\text{日よけ材表面の全日射に対する吸収率 } a_s = 1 - \frac{\rho_s I + \tau_s I}{I}$$

ここに、  
 I: 窓面入射全日射量 (W/m<sup>2</sup>) {kcal/m<sup>2</sup>・h}  
 ρ<sub>s</sub>I: 日よけ材表面の反射日射量 (W/m<sup>2</sup>) {kcal/m<sup>2</sup>・h}  
 τ<sub>s</sub>I: 日よけ材の透過日射量 (W/m<sup>2</sup>) {kcal/m<sup>2</sup>・h}

図10 日よけ材表面の全日射に対する反射率及び吸収率測定方法



JIS	標題	測定原理	測定スケール、試験体ほか	規格、ほか	測定条件	主測定								
JISK5759: 2008	建築窓ガラス 用フィルム	可視光線透過率 (380-780nm)、日射透過率 (300-2500nm)、日射反射率 (同)、垂直放射率は JISR3106の7の方法、熱貫 流率は垂直放射率より求め る。 紫外線透過率(300-380nm)	試験片：厚さ3mmの板ガラスと同じ寸 法のフィルムを気泡の入らないように均 一に貼り付ける。  表2 遮蔽性能による区分	性能による区分： 日射調整フィルム：		分光透過 率・反射 率  →遮蔽係 数、熱貫 流率								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>遮へい係数</th> <th>記号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.40未満</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>0.40以上 0.60未満</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>0.60以上 0.85以下</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table>		遮へい係数	記号	0.40未満	A	0.40以上 0.60未満	B	0.60以上 0.85以下	C			
遮へい係数	記号													
0.40未満	A													
0.40以上 0.60未満	B													
0.60以上 0.85以下	C													
JISR3106: 1998	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	分光透過率、分光反射率、 可視光(380-780nm)、日射 (300-2500nm)、日射吸収率 の算定、垂直放射率の算 出、日射取得率(ガラスに吸 収され室内に伝達される熱 流の日射に対する比率)の 算出	ガラス切片			分光透過 率・反射 率→熱流								
JISR3107: 1998	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	熱抵抗：熱伝導抵抗と中空 層の熱抵抗の合計、 熱貫流率：熱抵抗に表面熱 伝達抵抗を加えた値の逆数 ※JISR3106の測定値等から 算出				分光透過 率・反射 率→熱貫 流率								
JISR3209: 1998	複層ガラス	断熱性：JISR3107に準拠、 熱貫流抵抗(1/U)を求める。 日射遮蔽性：JISR3106に準 拠、日射熱除去率(1-η)		断熱性、日射遮へい性 による区分：		分光透過 率・反射 率→熱貫 流率								

表1 断熱性、日射熱遮へい性による区分

種類	記号	熱貫流抵抗 <sup>1)</sup> K・m <sup>2</sup> /W	日射熱除去率 (1-η)
断熱複層ガラス	1種	U1	0.25以上
	2種	U2	0.31以上
	3種	U3-1	0.37以上
U3-2		0.43以上	
日射熱遮へい	4種	E4	0.25以上
複層ガラス	5種	E5	0.50以上

注<sup>1)</sup> この規格にいう熱貫流抵抗<sup>1)</sup>は、鉛直使用の値とする。

JISR3221: 2002	熱線反射ガラ ス	日射遮蔽性試験：分光透過 率と分光反射率の測定、 日射透過率、日射反射率、 日射吸収率を算定、常温の 熱放射率を算定、室内外表 面伝達率により伝達係数を 求め、日射取得率を算出 ※JISR3106の測定値等から 算出	試供体寸法：50x50mm	日射遮へい性による区 分：	分光透過 率・反射 率→熱貫 流率
-------------------	-------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------	------------------	----------------------------

表1 日射熱遮へい性による区分

種類	日射熱取得率 η	(参考) 日射熱除去率 1-η
1種	0.70以下	0.30以上
2種	0.55以下	0.45以上
3種	0.40以下	0.60以上

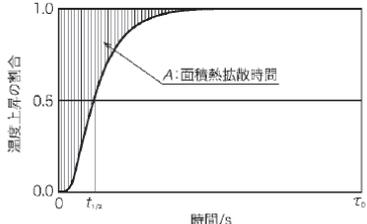
JIS	標題	測定原理	測定スケール、試験体ほか	規格、ほか	測定条件	主測定
JISH8453: 2010	遮熱コーティングの熱伝導率測定方法	<p>ボンドコート(BC)を基材上に被覆したままで評価した熱拡散率とBC及びトップコート(TC)を基材上に被覆したままで評価した熱拡散率とを用い、別途求める比熱容量及びかさ密度から、遮熱コーティング(TBC)の見かけの熱伝導率を求める。</p> <p>示差方式フラッシュ法:</p>	<p>資料:円形、正方形、多角形の平板、5~10mm。厚さ1~3mm。 BC,TC厚さ:基材1~2mm,BC0.1~0.3mm,TC0.1~0.7mm。</p>	$\tau_0 = \frac{d^2}{\alpha}$ <p>ここに、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\tau_0</math>: 熱拡散時間 (s)</li> <li><math>d</math>: 厚さ (m)</li> <li><math>\alpha</math>: 熱拡散率 (<math>m^2/s</math>)</li> </ul> 		熱拡散率、比熱容量、かさ密度、熱伝導率

図4のa)とb)との比較からBCの熱拡散率が得られる。  
また、図4のb)とc)との比較からTCの熱拡散率を得る。

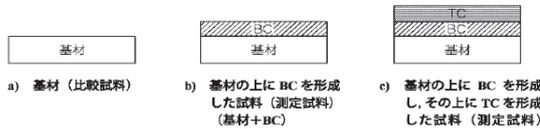


図4—熱拡散率測定用試料の断面図

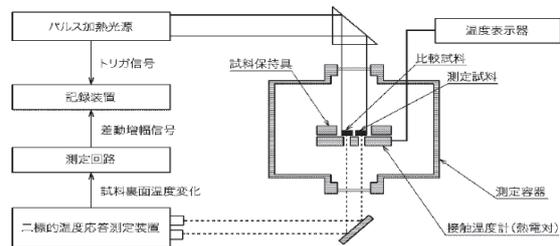


図5—示差方式フラッシュ法熱拡散率測定装置の構成例

$$\lambda_{BC} = \alpha_{BC} \times c_{BC} \times \rho_{BC}$$

$$\lambda_{TC} = \alpha_{TC} \times c_{TC} \times \rho_{TC}$$

$$\lambda_{TBC} = \frac{(d_{BC} + d_{TC}) \times \lambda_{BC} \times \lambda_{TC}}{d_{BC} \times \lambda_{TC} + d_{TC} \times \lambda_{BC}}$$

$\lambda_{BC}$ : BCの熱伝導率 [W/(m·K)]  
 $\lambda_{TC}$ : TCの熱伝導率 [W/(m·K)]  
 $\alpha_{BC}$ : BCの熱拡散率 ( $m^2/s$ )  
 $\alpha_{TC}$ : TCの熱拡散率 ( $m^2/s$ )  
 $c_{BC}$ : BCの比熱容量 [J/(kg·K)]  
 $c_{TC}$ : TCの比熱容量 [J/(kg·K)]  
 $\rho_{BC}$ : BCのかさ密度 ( $kg/m^3$ )  
 $\rho_{TC}$ : TCのかさ密度 ( $kg/m^3$ )

$d_{BC}$ : BCの厚さ (m)  
 $d_{TC}$ : TCの厚さ (m)  
 $\lambda_{BC}$ : BCの熱伝導率 [W/(m·K)]  
 $\lambda_{TC}$ : TCの熱伝導率 [W/(m·K)]

JISR1611: 2010	<p>ファインセラミックスのフラッシュ法の熱拡散率・比熱容量・熱伝導率の測定方法</p>	<p>熱拡散率は平板状試料の表面を均一なパルス光によって瞬間的に加熱し、試料表面の温度上昇を観測するフラッシュ法により、観測した温度上昇曲線から求める。</p> <p>比熱容量は、熱容量が既知の参照試料と測定資料のパルス加熱時の断熱温度上昇の比から算出。</p> <p>熱伝導率は、熱拡散率・比熱容量・かさ密度の積として求める。</p>	<p>4-15mmの円板又は多角形の平板、厚さ0.5-5mm</p>		熱拡散率、比熱容量、かさ密度、熱伝導率
----------------	----------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------	--	---------------------

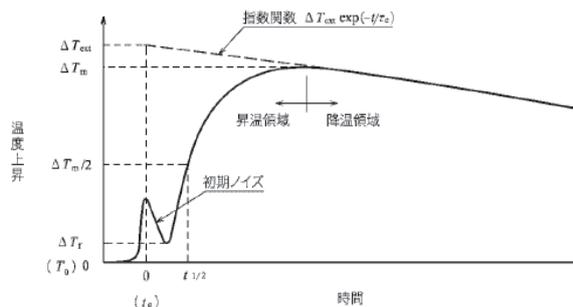


図1—フラッシュ法によって観測される温度上昇曲線

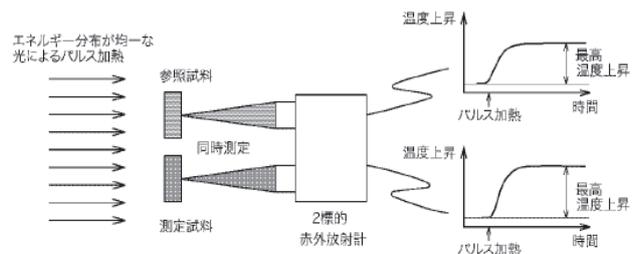


図2—フラッシュ法において2試料を近接して同時に測定する配置例。(示差方式)

資料 4 関連の建材試験センター規格(JSTM)概要

JSTM	標題	測定原理	測定スケール	規格、ほか	測定条件	主測定
JSTM J 6112:2011	建築用構成材の遮熱性能試験方法	室内側、外気側(人工光源含む)、温度差設定、熱流計、各場所温度、通気層有・無、通気換気の制御有・無⇒熱貫流率 ※夏季の温度条件、日射を受けた場合	試験体:幅>500mm、高さ>2000mm(実際仕様に近いもの)、厚さ≤150mm、通気層ありは通気量設定、通気量を設定しない場合は上下に換気部材を取付け。	適用範囲:木造のみ、柱等の熱橋を含まない一般部材		熱流、温度⇒熱貫流率(熱抵抗)、日射侵入率(遮へい率)

熱貫流率

$$U = \frac{1}{R_U} = \frac{1}{R_{se} + R + R_{si}} = \frac{1}{R_{se} + \frac{T_{se} - T_{si}}{q_{em}} + R_{si}}$$

$$U = \frac{1}{R_{se} + R + R_{si}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{se}} + R + \frac{1}{h_{si}}} \dots\dots\dots(2)$$

日射侵入率

$$\eta = \frac{\alpha_s \cdot U}{h_{se}}$$

U:熱貫流率  
 R<sub>0</sub>:熱貫流抵抗  
 R<sub>se</sub>:外気側表面熱伝達抵抗(1/hse)  
 R<sub>si</sub>:室内側表面熱伝達抵抗(1/hsi)  
 q<sub>em</sub>:単位面積当たり試験体通過熱量  
 T<sub>se</sub>:試験体外気側表面絶対温度  
 T<sub>si</sub>:試験体室内側表面絶対温度  
 η:日射侵入率  
 α<sub>s</sub>:試験体外気側表面日射吸収率

表 6-内外表面熱伝達率

項目	総合熱伝達率 (W/(m <sup>2</sup> ·K))
位置	
外気側 h <sub>se</sub>	13.5
室内側 h <sub>si</sub>	7.7

注 総合熱伝達率は、ISO13791 をもとに算出した。

表面温度設定条件  
(光源出力調整)

表 3-試験条件

部材	表面温度	外気側空気温度	室内側空気温度
外壁	60℃	40℃	26℃
屋根	75℃		

照射量設定条件(光源出力調整)

表 4-試験条件

部材	SAT 温度	外気側空気温度	室内側空気温度
外壁	65℃	40℃	26℃
屋根	80℃		

通気層条件

表 5-通気内設定風速

部材	通気層内風速 v
外壁	0.1m/s, 0.2m/s, 0.3m/s
屋根	0.1m/s, 0.2m/s, 0.3m/s, 0.5m/s

注 通気層風速の設定は表 5 に示す範囲で当事者間の協議による。

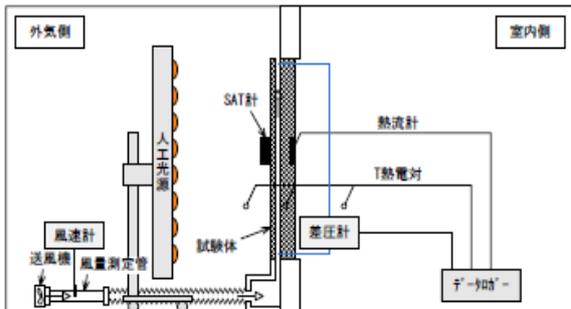


図 2 試験装置 (通気層のある試験体で換気回数を制御する場合)

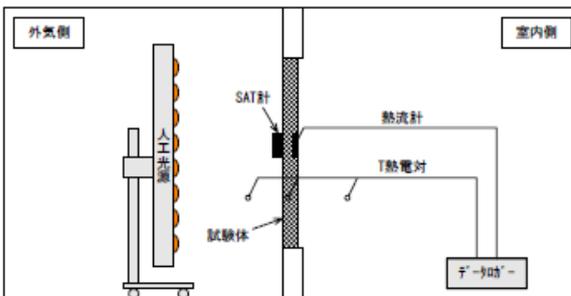
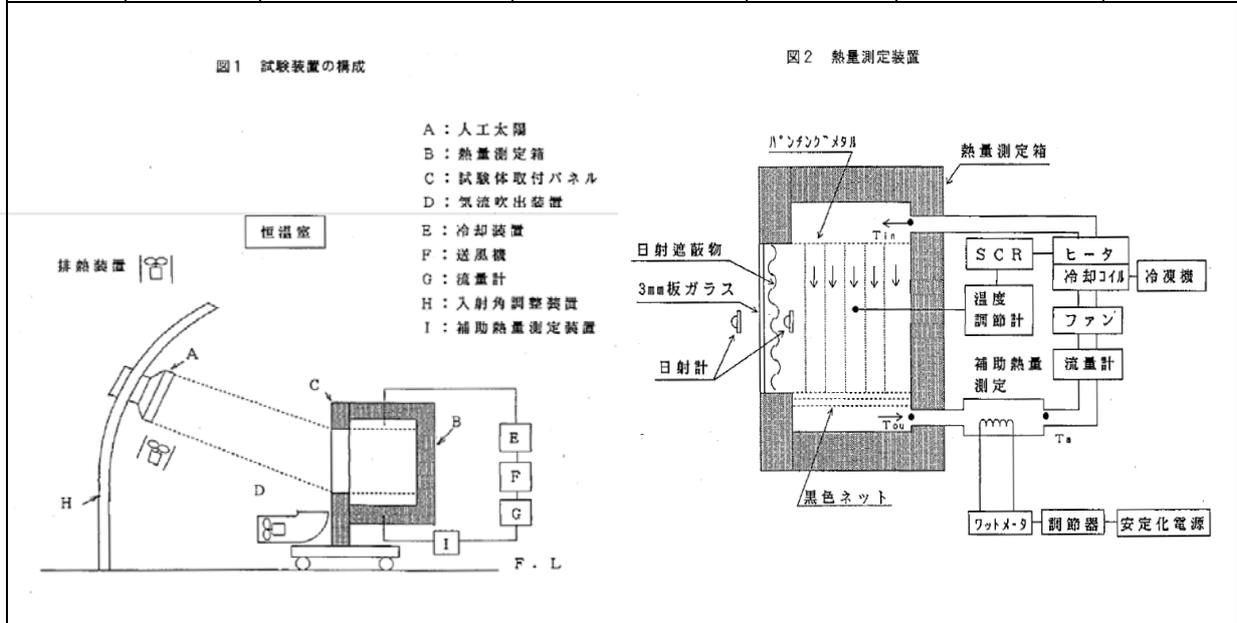


図 1 試験装置 (通気層のない試験体の場合)

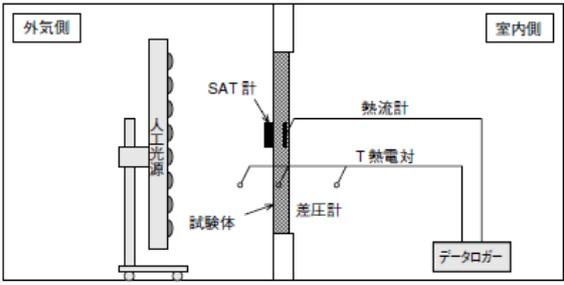
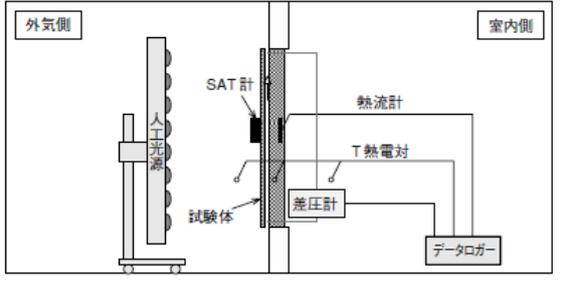
JSTM	標題	測定原理	測定スケール	規格、ほか	測定条件	主測定
JSTM K 6101:1995	人工太陽による窓の日射遮蔽物(日よけ)の日射取得率及び日射遮蔽係数試験方法	日射熱取得量:熱量測定箱 (循環空気出入温度・流量): 遮蔽物有無対比	板ガラス:3mm ガラス窓:1x1m		照射熱量・熱量測定箱 内外の温度は定常状態、窓内外の温度差は無視小に。 日射計にて光源強度入射角等を設定。	熱量測定



注) 着色欄は、熱流測定例を選択した。

資料5 省エネルギー関連（塗料、建材等）の評価方法（文献）

No.	書誌事項	概要(抄録)	評価手法
1	<p>TI 進化する機能性塗料—その新展開を探る 高日射反射率塗料(遮熱塗料)の最新動向と性能評価                      AU 田村昌隆(日本建築仕上材工業会)                      JT 工業材料 Vol.60 No.5 Page:18-22 (2012)</p> <p>注)TI: 標題、AU: 著者、JT: 雑誌名</p>	<p>近年、ヒートアイランド現象による夏場の都市部の気温上昇が問題となっている。数年前から需要が拡大している高日射反射率塗料が夏季の省エネ対策として期待されている。1)高日射反射率塗料の動向、2)同規格化(JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方、日本塗料工業会規格 JPMS27「耐候性屋根用塗料」の制定、JIS K 5675「屋根用高日射反射率塗料」)について、3)高日射反射率塗料の遮熱効果実験(赤外線サーモグラフィによる表面温度比較、戸建を想定した長屋実験棟によるエアコン稼働実験)。</p>	<p>日射反射率、  赤外線サーモ、消費電力量</p>
	<p>TI 省エネ・エコに貢献する高反射率塗料の最前線 高日射反射率塗料のJIS化と遮熱効果の検証について                      AU 青木平等,永吉智之,大塚弘樹,太田恭兵,近藤靖史(東京都市大,旭化成建材)                      JT 塗装技術 Vol.50 No.9 Page:49-54 (2011)</p>	<p>近年、ヒートアイランド現象による夏場の都市部の気温上昇が問題となっている。数年前から需要が拡大している高日射反射率塗料が夏季の省エネ対策として期待されている。高反射率塗料は、太陽光のうち熱に関与する近赤外線を塗膜表面で反射させる高機能性塗料である。1)高日射反射率塗料の動向、2)同規格化(JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方、日本塗料工業会規格 JPMS27「耐候性屋根用塗料」の制定、JIS K 5675「屋根用高日射反射率塗料」)について、3)高日射反射率塗料の遮熱効果実験(赤外線サーモグラフィによる表面温度比較、戸建を想定した長屋実験棟によるエアコン稼働実験)。</p>	<p>日射反射率、  赤外線サーモ、消費電力量</p>
2	<p>TI 屋根の高断熱化と高反射率化による小屋裏内温熱環境の改善                      AU 青木平等,永吉智之,大塚弘樹,太田恭兵,近藤靖史(東京都市大,旭化成建材)                      JT 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 Vol.2011 No.1 Page:93-96 (2011)</p>	<p>断熱材が施された屋根の日射反射率の違いによる小屋裏温度への影響を実測した。(1)断熱材の施された屋根表面の日射反射率を向上させると夏期には小屋裏内の温度上昇の抑制となる。(2)屋根表面の日射反射率を向上させると冬期には日射受熱量が減少し、小屋裏温度は低下する。(4)日射反射率を向上させると小屋裏の暖房負荷は増加し、冷房負荷は減少する。暖房、冷房負荷の削減には高断熱化が有効である。</p> <p>※屋根断熱材厚さ 50mm、熱伝導率 0.020W/(m・K)</p>	<p>温度</p>
3	<p>TI 断熱・遮熱性能評価に関する規格動向                      AU 永田明寛(首都大学東京)                      JT 建材試験情報 Vol.47 No.10 Page:2-7(2011)</p>	<p>断熱性能や遮熱性能は、材料レベル、部材レベル、部位レベル、建物レベルで表現のされ方が異なるが、本稿では主に部位レベルに限定して述べた。部位の断熱性能は熱貫流率で、遮熱性能は日射侵入率で表される。断熱性能規格には、計算法、試験法及び現場測定法があり、対象となる部位ごとにこれらが整備されている。日本ではこれまで部位の性能評価は試験によって行われてきた。一方、ISO では、既に多くの計算法に関する規格が整備されていることから、これらの JIS 化が行われつつある。遮熱性能規格にも、計算法、試験法があり、部位ごとにこれらが整備されている。部位の断熱性能規格においては熱伝達率、遮熱性能規格においては日射スペクトルや入射角特性が、不確かさの要因となる。規格間で不整合が生じている部分も存在し、今後はこれらについて精査する必要がある。</p>	<p>熱貫流率(熱貫流抵抗)、部位の遮熱性能規格</p>
4	<p>TI 壁体の断熱・遮熱性能評価について                      AU 酒井孝司(明治大 理工)                      JT 建材試験情報 Vol.47 No.10 Page:8-13(2011)</p>	<p>本稿では一般的な遮熱手法の特徴と性能を整理し、性能評価に関する研究開発動向と筆者らが行った性能評価について述べた。屋根及び外壁における夏季日中の室内への熱侵入を低減する方法を遮熱手法とし、その性能について考慮した。各手法の効果と評価例として、外表面温度制御、通気による排熱促進、放射熱伝達の低減、断熱性向上、複合手法の評価について考察した。断熱・遮熱・日射遮蔽手法は、建築の冷暖房負荷を削減可能であり、ヒートアイランド現象の緩和に寄与する手法も含まれている。節電対策や、地球温暖化問題への対応の点からも普及が急がれる手法と考えられる。そのためには、適切な評価手法による性能の明示と情報公開を進めることが重要である。</p>	<p>遮熱性能評価、 外表面温度、通気による排熱促進</p>

No.	書誌事項	概要(抄録)	評価手法
5	TI JSTM J 6112(建築用構成材の遮熱性能試験方法) AU 田坂太一(建材試験セ) JT 建材試験情報 Vol.47 No.8 Page:30-35(2011)	本稿では、2011年5月に制定した建材試験センター規格、JSTM J 6112(建築用構成材の遮熱性能試験方法)について紹介した。本規格は、屋根や外壁等の夏季における室内への侵入熱量抑制性能を定量的に評価するための試験規格である。これまで遮熱性能に関する明確な定義はなくその評価方法も様々であり、評価法の規格化が必要不可欠となつて、新たに団体規格として整備・制定することとなつた。規格の内容について、1)規格表題、2)適用範囲、3)用語及び定義、4)試験体、5)試験装置、6)試験手順、7)結果の算出について述べた。JSTM J 6112については、現規格では、例えば部材表面での熱伝達を制御することで遮熱性能を期待する部材などを適切に評価できないといった懸案事項もあること、本規格が有効に活用され、部材の遮熱性能を測定する一助となる。	熱流→熱貫流率、日射侵入率
	 <p data-bbox="271 855 742 884">図2 試験装置 (通気層のない試験体の場合)</p>	 <p data-bbox="861 967 1364 1019">図4 試験装置 (通気層のある試験体で換気回数を制御しない場合)</p>	
6	TI 低放射率材料を用いた部材の性能評価方法に関する研究(その2)外壁モデルの試験結果 AU 田坂太一(建材試験セ 中央試) JT 建材試験情報 Vol.47 No.4 Page:8-12(2011)	低放射率材料(ポリエチレン系樹脂製気泡シートの両表面に低放射率アルミニウム箔を貼付けたもの)を実大の外壁モデルに施工した場合の遮熱性能を検討すると共に、既報の放射率測定結果の妥当性について検討した。試験体は低放射率材料を施工した外壁モデルで、1)低放射率材料のみ、2)低放射率材料と断熱材併用、3)断熱材のみ、の3種類とした。試験方法は、人工気候室の界壁に3体並べ、外気側空気温度30℃、室内側空気温度25℃の条件とした。定常状態に達した時の試験体内外表面温度及び通過熱量を測定し、熱低効、熱貫流率、日射侵入率を算定した。また各試験体の中空層の熱コンダクタンスを求め、既報で実測した放射率測定結果をもとにJIS R 3107に準じた式で求めた熱コンダクタンスと比較することで、既報の放射率測定結果の妥当性を確認した。	熱流→熱貫流率、日射侵入率  JSTM J 6112 試験装置

No.	書誌事項	概要(抄録)	評価手法
	<p>T1 日射遮蔽シートを用いた折板屋根の遮熱効果予測手法に関する研究(第2報) 日射遮蔽シート敷設屋根と天井間の熱移動解析</p> <p>AU 山中俊夫,LIM Eunsu,甲谷寿史,桃井良尚,相良和伸,相馬真子(大阪大,九大)</p> <p>JT 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 Vol.2011 No.1 Page:113-116(2011)</p> <p>出典:大阪大学 HP: http://www.arch.eng.osaka-u.ac.jp/~labo4/index-j.html</p>	<p>遮蔽シート下部空間での換気による排熱量を考慮するとともに、より精密な対流・放射計算による遮熱シート・屋根と天井間の熱移動解析モデルを構築し、シート敷設の有無が流入熱量低減に及ぼす影響について報告する。</p>	<p>日射量、温度、流入熱量、予測</p>

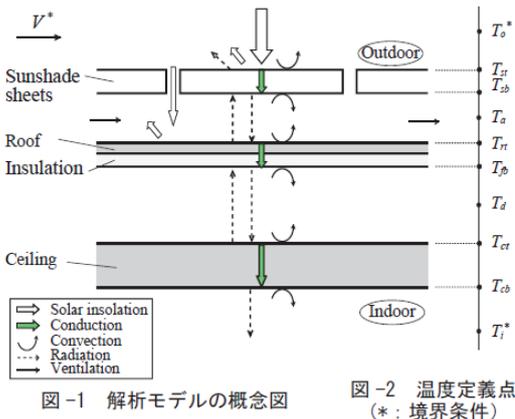


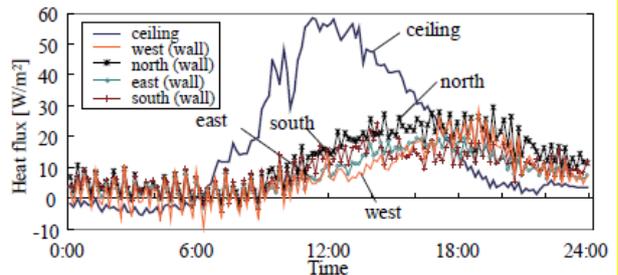
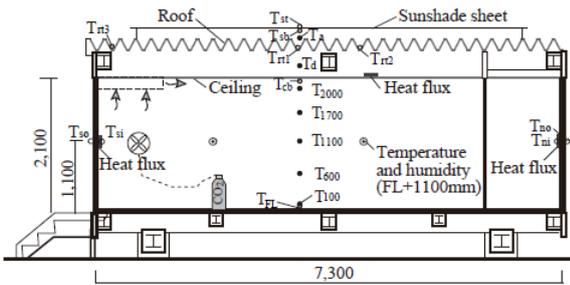
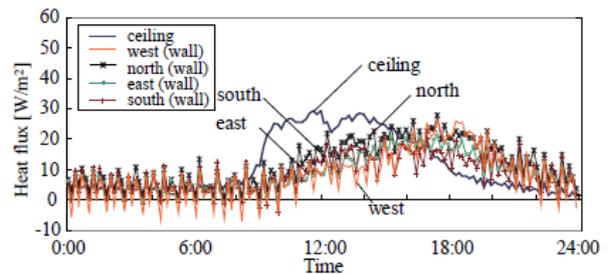
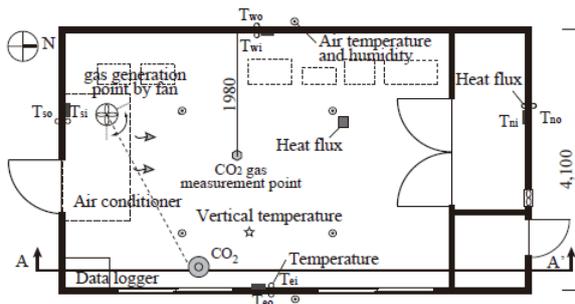
表-1 各部の物性値

<i>o</i>	$\alpha_{c,o} = 5.8 + 3.9k_a V$	$A_{st} = 0.90$	$\epsilon_{st} = 0.83$
	$\lambda_s = 0.3$	$l_s = 0.0008$	$\tau_s = 0.0216$
<i>s</i>	$\alpha_{c,s} = 5.8 + 3.9k_a V$	$A_{sb} = 0.93$	$\epsilon_{sb} = 0.97$
	$\alpha_{c,r} = 5.8 + 3.9k_a V$	$A_{rt} = 0.80$	$\epsilon_{rt} = 0.90$
<i>a</i>	$\lambda_r = 45$	$l_r = 0.0008$	
	$\lambda_f = 0.04$	$l_f = 0.015$	$\epsilon_{f,s} = 0.90$
<i>r</i>	$\alpha_{c,r} = 6.4 (1)$		
	$\alpha_{c,s} = 1.7 (1)$		
<i>f</i>	$\lambda_t = 58 (1)$	$l_d = 0.2$	
	$\lambda_t = 1.16 (1)$		
<i>d</i>	$\alpha_{c,c} = 6.4 (1)$	$\epsilon_{ct} = 0.90$	
	$\alpha_{c,r} = 1.7 (1)$		
<i>c</i>	$\lambda_c = 0.21$	$l_c = 0.009$	
	$\alpha_{c,s} = 6.4 (1)$		
	$\alpha_{c,r} = 1.7 (1)$		
<i>i</i>	$\alpha_{c,s} = 6.4 (1)$		
	$\alpha_{c,r} = 1.7 (1)$		
	$\alpha_{c,b} = 4.7$		

$k_w = k_a = k_v = 0.3$

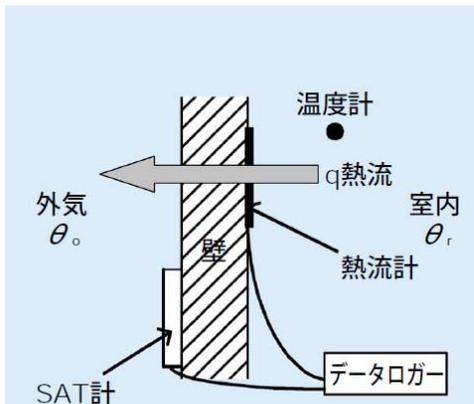
図-2 温度定義点 (\*: 境界条件)

7	<p>T1 日射遮蔽シートを用いた折板屋根の遮熱効果予測手法に関する研究(第1報) 日射遮蔽シートによる夏季屋根からの流入熱量低減効果の実測</p> <p>AU LIM Eunsu,山中俊夫,甲谷寿史,桃井良尚,相良和伸,相馬真子(九大,大阪大)</p> <p>JT 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 Vol.2011 No.1 Page:109-112(2011)</p> <p>大阪大学 HP: http://www.arch.eng.osaka-u.ac.jp/~labo4/index-j.html</p>	<p>金属製折屋根の上に日射遮蔽シートを施工し、太陽の直射光を遮ることによる空調負荷削減効果と室内の温熱環境の快適性向上効果を解明し、遮熱性能評価を定量的に予測することを目的とする。日射遮蔽シートの遮熱効果を把握するために行った実測について報告する。</p> <p>上記論文データ(第2報):表-1 各部の厚みと物性値: シート(0.8mm厚、0.3W/(m·K))、屋根(0.8mm厚、45W/(m·K))+断熱材(15mm厚、0.04W/(m·K))、天井(9mm厚、0.21W/(m·K))</p> <p>下記右図:上はシート有り、下はシート無し</p>	<p>日射量、温度、流入熱量、エアコン消費電力量</p>
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

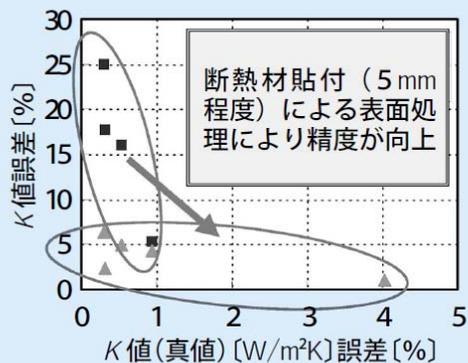


No.	書誌事項	概要(抄録)	評価手法
8	TI 高性能断熱材の開発動向及びその評価方法に関する調査—欧州における調査報告— AU 田坂太一(建材試験センター) JT 建材試験情報 Vol.46 No.11 Page:28-33(2010)	高性能断熱材の開発動向及びその評価方法に関して、欧州の研究機関を対象に情報収集を行った。その機関は、ドイツのIBP(フ라운ホーファー建築物理研究所)、フランスのLNE(国立計量試験所)、イギリスのNPL(国立物理学研究所)である。IBPの屋外暴露実験場などの試験施設、LNEとNPLの熱伝導率測定装置、低熱伝導率材の熱伝導率測定技術、フランスとイギリスの断熱材・断熱技術と省エネルギー動向について報告した。	熱伝導率
	TI 省エネ&ヒートアイランド対策に貢献するリニューアル技術 高日射反射率塗料の性能評価と現状 AU 田村昌隆,本橋健司(建築研,芝浦工大) JT 月刊リフォーム Vol.27 No.10 Page:16-22(2010)	AB ヒートアイランド対策として需要が増えている高日射率塗料について、日本建築仕上材工業会(遮熱塗料研究会)による性能評価結果報告書の概要を紹介した。高日射反射率塗料の官民の動向、日射反射の原理について述べたのち、性能評価のための(独)建築研究所における各種実験について紹介した。すなわち、1)ボックス測定装置による測定、2)長屋実験棟における高日射反射塗料の温度推移の測定、3)耐候性試験(促進耐候性試験、屋外暴露耐候性試験)について、試験方法と結果について図・グラフと共に説明した。	温度
9	TI 高反射率・遮熱塗料の環境改善への効果を検証 高日射反射率塗料のJIS化の動向と製品開発の最前線—高日射反射率塗料市場の健全な発展— AU 和田英男(日本塗料工業会) JT 塗装技術 Vol.49 No.11 Page:49-58(2010)	ヒートアイランド対策や地球温暖化対策などに効果が期待されている高日射反射率塗料の JIS 化の動向と今後の製品開発の方向性を主に紹介した。2009 年度の全塗料出荷量が約 10%低下しているにもかかわらず高日射反射率塗料は従来同様ペースで増加している。(社)日本塗料工業会はこの事業の健全な発展のために測定方法の JIS 化のために活動した結果、JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」が 2008 年に制定された。同 JIS と従来の関連試験法との関連、同 JIS の実用的な意義、製品設計への応用などについて述べた。高日射反射率塗料開発の最前線として日射反射率の向上、他機能の付与(断熱、防音など)、応用による素材の耐久性向上の評価、省エネルギー効果の実証、他用途への展開(路面の温度上昇防止など)、及び海外への展開(高日射反射率塗料は暖房のいらぬ地域での使用価値が高い)について述べた。	日射反射率、温度(試料表面、ボックス内)
	TI 高機能性建築塗料・塗装最前線 高反射率塗料のJIS化と開発動向—高反射率塗料市場の健全な発展— AU 和田英男(日本塗料工業会) JT 塗装技術 Vol.48 No.9 Page:57-63(2009)	ヒートアイランド対策や地球温暖化対策などに効果が期待されている、高反射率塗料の JIS 化の動向と、今後の商品開発の方向性を紹介した。高反射率塗料の出荷量推移、ヒートアイランド対策効果の試算例について紹介した。高反射率塗料関連 JIS 整備として、試験法 JIS、製品 JIS(高反射率塗料の定義づくり)の制定について述べた。高反射率塗料の開発の方向性として、日射反射率の向上、ほかの機能(汚染防止、断熱、防音など)の付与、素材の耐久性評価手法等の確立と訴求力、カラーデザイン、省エネシミュレーションと環境省の環境技術実証事業、道路など他用途への展開、海外(暖房のいらぬ地域)への展開などについて解説した。	日射反射率
10	TI 遮熱・高反射率塗料の評価方法と効果について AU 田村昌隆,本橋健司(建築研,ロックベイント,芝浦工大) JT 塗装工学 Vol.44 No.10 Page:375-383(2009)	本稿では、遮熱・高反射率塗料の動向、原理、評価結果などについて説明する。1)東京及び大阪のヒートアイランド対策について、2)塗料業界の動向、3)高反射率塗料について(原理、評価(JISK5602「塗膜の日射反射率の求め方」))、4)高反射率塗料の効果の評価手法(ボックス測定装置による測定、戸建住宅想定実験棟を用いた温度測定、高反射率塗料戸建てを想定した長屋実験棟によるエアコン稼働実験)、5)耐候性試験(遮熱性能の経年変化、促進耐候性試験、屋外曝露耐候性試験)。高反射率塗料をはじめとする遮熱塗料は、適材適所で使用することにより、屋上緑化や断熱材施工と比較して施工性も良く遮熱効果を得られる。	日射反射率、温度(ボックス試験法)、エアコン稼働実験(戸建想定)
11	TI 高反射率塗料の性能に関する研究 その5 耐候性試験後の日射反射率について AU 田村昌隆,本橋健司,清水亮作,三浦正継,逢坂太志(建築研,芝浦工大,日本塗料検査協,ロックベイント) JT 日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集 Vol.2009 Page:43-46(2009)	高反射率塗料の経年における劣化状況、特に遮熱性能の経年変化について測定手法と屋外暴露試験 2 年後及び促進耐候試験 3000 時間後の塗膜調査を行った。	日射反射率
12	TI 高反射率塗料の性能に関する研究 その4 日射反射率およびボックス測定装置を用いた温度測定実験 AU 田村昌隆,本橋健司,三浦正継,逢坂太志(建築研,芝浦工大,ロックベイント) JT 日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集 Vol.2009 Page:39-42(2009)	ボックス試験装置を一度に設置できる建築研究所ばくろ試験場にて 2007 年 6 月 1 日から 1 年間のデータを取得した。さらに色相を追加し、日射反射率の幅を広げ相関性を調査していくこととした。	温度、日射反射率
13	TI 建材トレンド 進化する遮熱塗料 AU 無し JT NIKKEI ARCHITECTURE 2009-5-25 Page:80-83	遮熱塗料は、「高反射率塗料」と「断熱塗料」に大別できる。 ・主な建築用遮熱塗料メーカーの製品:一覧表(製品名、特性) ・遮熱塗料の需要は主に企業施設の屋根塗装が圧倒的 ・住宅への適用は少ない(断熱材で温熱環境の向上が実践され、効果が小さい) ・屋根や壁を薄くできる ・さらなる多機能化の動向:「耐久性」、「低汚染」、「抗菌」、「耐摩耗」、「防塵」、「遮音」など	概論

No.	書誌事項	概要(抄録)	評価手法
14	TI 内付けブラインドの断熱性能及び日射遮へい性能に関する実験的研究 AU 田坂太一(建材試験セ 中央試) JT 建材試験情報 Vol.45 No.12 Page: 13-19( 2009 )	窓の付属物として代表的な各種ブラインドについて、断熱性能と日射遮へい性能を測定した。対象は横型ブラインド、縦型ブラインド、クロスブラインドの3種類であり、総計77品目を測定した。断熱性能の測定は、まず JIS A 4710 に準じ窓単体の断熱性能を測定し、次に構成体(窓とブラインド)の断熱性能を測定し、2つの結果からブラインドの断熱効果を求めた。日射遮へい性能の測定は、建材試験センター規格 JSTM K 6101(人工太陽による窓の日射遮蔽物の日射熱取得率及び日射遮蔽係数測定方法)に従った。その結果、いずれの試験体も熱貫流抵抗が大きくなり、窓にブラインドを付加することによる断熱効果が確認された。また、横型ブラインド及び縦型ブラインドよりもクロスブラインドの方が断熱性能が高いことがわかった。日射遮へい性能については、横型及び縦型ブラインドのような窓枠とのすき間があるタイプでは日射透過率0%で日射遮へい係数が広く分布したが、クロスブラインドでは日射透過率が大きいものほど日射遮へい係数が大きい傾向を示した。これらの結果を基に、断熱性能及び日射遮へい性能の簡易推定法を提案した。	断熱性能、日射遮蔽性能
15	TI 高反射率塗料の性能に関する研究その2 モデル試験棟を用いた温度測定 AU 田村昌隆,本橋健司,田島昌樹,逢坂太志(建築研,国土技術政策総合研,ロックペイント) JT 日本建築工学会大会学術講演会研究発表論文集 Vol.2008 Page:99-102( 2008 )	高反射率塗料及び一般塗料を施したモデル試験棟を制作し、屋外における温度推移の測定を行い、一年を通じてのデータ取得を行った。その一部データに理論とは異なるデータが見られたため、その問題点を改善し再度実験を行った。実験の結果より、いずれの部位においても高反射率塗料の方が一般塗料より低い温度で推移しており効果が確認できた。	温度
16	TI 遮熱塗料の評価方法と外壁用途への展開 AU 坂口繁伸(日本特殊塗料) JT 塗装工学 Vol.43 No.12 Page:433-438( 2008 )	遮熱塗料の評価方法を概観し、外壁用途へ使用する場合の注意点と実情について紹介した。遮熱塗料の機能性(赤外線領域の反射、反射・断熱)、効果(プライベートベネフィット、パブリックベネフィット)、評価方法として、日射反射率と JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」、室内ランプ照射試験、屋外試験、熱伝導率の測定について説明した。さらに、外壁用途への展開では、注意点として日射量、断熱材、窓、経年変化、色相の選択について述べ、実情(期待効果は屋根用に比し少ない)を示した。	日射反射率、熱伝導率
17	TI 国土技術政策総合研究所におけるプロジェクト研究 住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究 AU 澤地孝男,西澤繁毅(国土技術政策総合研) JT 建設マネジメント技術 No.365 Page: 17-22( 2008 )	本研究では、住宅の省エネルギー性能向上の対象を新築から改修へ、温暖化地域以外へと拡大するために平成 17 年度から平成 19 年度にかけて省エネルギー技術の研究開発を行ったもので、改修の普及を支援するための技術体系の開発整備の取り組みとして以下の研究を紹介した。 1)建物外皮の断熱改修に係る低コスト化・簡易化技術の開発。 2)設備システムに係るエネルギー効率向上のための改修技術。 3)既存住宅を対象とした省エネルギー性能診断技術の開発。図面等の資料や目視の情報をもとに安価に躯体や開口部の現状を判断する方法を提案するとともに、比較的安価な測定器を用いた部位ごとの断熱性簡易測定法の開発を行った。熱流計、SAT 計、温度計とデータロガーで構成され、測定精度を向上させるための検証を行っている。 4)居住者のライフスタイルに応じた省エネルギー設備計画の最適化技術の開発。	熱流:断熱性能 熱流計への断熱材貼付(5mm 程度)で測定精度向上[日本工業大学、2006 年度卒業計画梗概集と同データ]



図—6 断熱性能簡易測定法の骨子



図—7 測定精度向上手法の検証結果

No.	書誌事項	概要(抄録)	評価手法
18	TI 特殊断熱コーティング材の断熱特性 AU 三浦邦夫(新日本空調 技開研) JT 新日本空調技術開発研究所技報 No. 14 Page:83-86(2008)	日射を反射することによって冷房負荷低減を実現する遮熱・断熱塗料は、工場の屋根面等に塗布して、日射の吸収による建材表面温度と室内の温度上昇を防ぐ省エネルギー手法の一つとして普及している。しかしながら、遮熱は図れても素材の特性及び断熱メカニズムから推定して断熱効果はさほどないと予想され、以前に当社の研究所においても評価し、技術本部からもその旨の通達が出されている。その後も時折断熱効果(保温・保冷効果、火傷防止効果)の確認要請が現業から寄せられ、今回、重要顧客の要請に基づいて、熱物性の測定から配管に塗布しての再確認実験を行ったので報告する。(著者抄録)	熱伝導率  レーザーフラッシュ法(JISR1611)
19	TI 遮熱塗料の日射反射率に関する検討 AU 吉永美香(名城大 理工) JT 名城大学工学部研究報告(CD-ROM) No.47 Page:39-42(2007)  http://wwwrr.meijo-u.ac.jp/riko2007/pdf/yoshinaga.pdf	遮熱塗料の性能を評価するため、その日射反射率の導出に関する検討を行った。白色遮熱塗料の日射反射率について、1)板ガラスの反射率を定めたJIS-R3106の日射反射率算出法、2)Bird Simple Spectral Model(Birdモデル)を用いて計算した日射の分光分布を考慮した日射反射率算出法を用いて導出して比較した。8月の代表日の反射率の平均値は87.3%で、JIS-R3106の重係数を用いた日射反射率は91.3%であり、実際の反射率よりも過大な値となった。主な原因は直達日射と大きく異なるスペクトルを持つ散乱日射の割合が増加するためと考察した。	日射反射率
20	TI 建築物の省エネ改修 4. 省エネルギー改修技術の動向 1)建物外皮の性能向上(5)日照調整フィルム AU 橋本一之(住友スリーエム) JT IBEC Vol.28 No.3 Page:22-23(2007)	日照調整フィルムとは0.1mm厚み程度の透明性の高い薄いフィルムで、ガラス表面に貼り付けて日差しを適度に遮断する効果などを付与するものである。 現在「日照調整フィルム」として市場に広く出回っている製品は、ポリエステルフィルムを基材とし、主に日射熱を反射するための薄膜層(一般的には金属蒸着層)とこれをガラス表面に密着させておくための粘着剤層を持つ基本構造をしている。製品概要として、フィルムの構造、特性を表す指標、フィルム貼り付け時の窓際温度測定事例を示した。変遷・動向として、初期に導入された構成と特性、2000年前後から出現した「透明断熱」タイプ、最新技術として、可視光線を遮蔽せず赤外線のみを遮蔽する理想型に近い性能を持つ各種製品の分光透過特性、光学特性値の比較、を解説した。	窓際温度(晴天、曇天、冬期夜間)  冬季の断熱性能

図3-1 窓際温度の比較(晴天時)

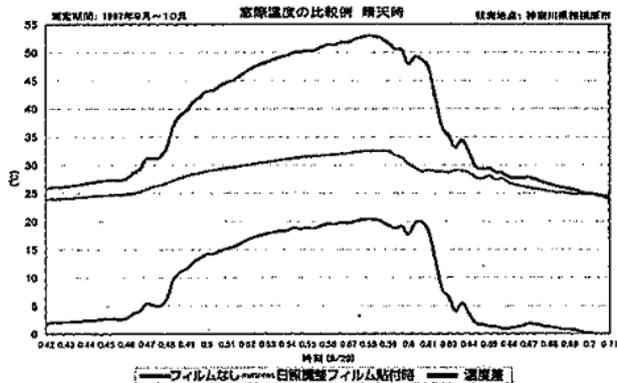


図3-2 窓際温度の比較(曇天時)

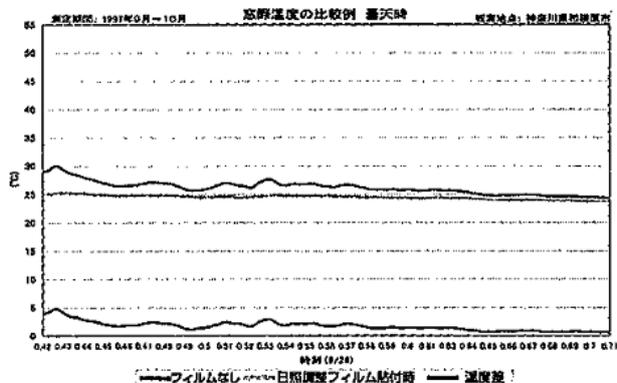


図4: 日差しのある日中は温度低減効果、逆に夜間はフィルム貼付の方が温度が高く、放射冷却を抑制していることが分かる。

図4 冬期夜間の室温比較

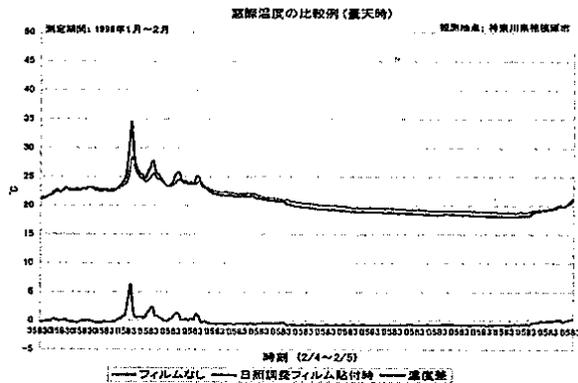
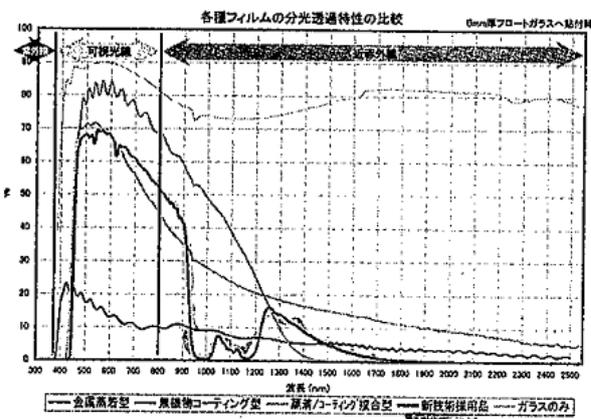
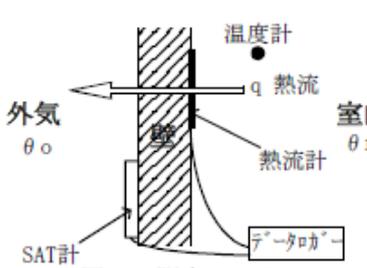
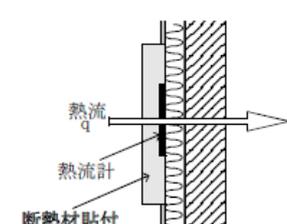
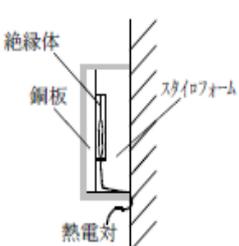
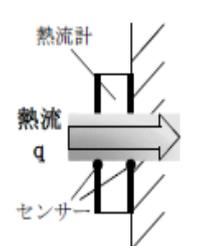
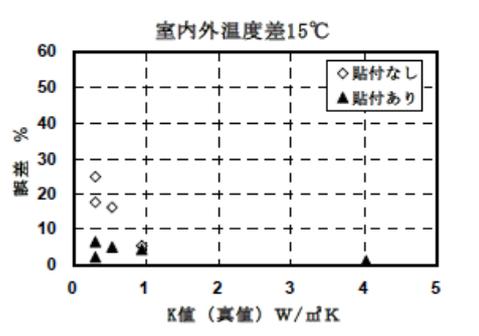


図5 各種フィルムの分光透過特性



No.	書誌事項	概要(抄録)	評価手法
21	TI 建築外壁塗装の機能特性と性能評価 反射断熱コーティング剤の開発と適用事例 AU 青山洋光(コスモトレードアンドサービス) JT 塗装技術 Vol.46 No.5 Page:65-70 (2007)	反射断熱塗料「スーパーサーム」は、アメリカNASAで開発されたセラミック技術を応用して作られたコーティング材である。日射反射率は92.5%、長波放射率は99.5%、膜厚0.18mmでグラスウール200mmと同等の断熱ができ(反射・放熱により達成)、基材及び断熱材への蓄熱が減少する。断熱原理は、高性能アクリル樹脂とウレタン樹脂をバインダとし、4種類の異なるセラミック(3種類が反射・放射用、1種類が熱伝導を抑制用)を混合している。効果及び施工例(倉庫屋根、一般住宅天井、冷凍庫など)、商品一覧と施工方法を紹介した。	温度、電気使用量、 反射・放熱による断熱(低熱伝導率利用ではない) ※低熱伝導セラミックも含有はしているが
22	TI 現場における熱貫流率簡易測定法の開発 AU 五十嵐幹郎、木村芳也、指導教員 成田健一 JT 日本工業大学工学部建築学科、2006年度卒業計画概集  <a href="http://leo.nit.ac.jp/~narita/student/2006/pdf/2006igarashi-kimura.pdf">http://leo.nit.ac.jp/~narita/student/2006/pdf/2006igarashi-kimura.pdf</a>	現場における熱貫流率簡易測定法の開発を行った。熱貫流率の測定システムは、熱流計、SAT計、温度センサー(熱電対)で構成した。熱貫流率の算出は、定常状態想定手法、応答係数推定手法で行った。測定システムの精度検証は定常条件下で実施した。熱流計表面に薄い断熱材(発砲ポリスチレン d=5mm)を貼り付けることで、測定誤差が10%以内に収まった。	熱流 断熱材貼付(5mm程度)で測定精度向上
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図1 測定システム</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図6 断熱材貼付図</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>図2 SAT計</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図3 熱流計</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>図7 K値の真値と誤差の関係</p> </div>			
23	TI 戦後60年 15年間における遮熱塗料の変遷 AU 木下啓吾(長島特殊塗料) JT 塗装と塗料 No.680 Page:23-38 (2005)	米国の遮熱塗料の技術導入を経て、米国の気候風土に合わせて設計された塗料は、日本のニーズに対応しがたい面がある事が解り、独自技術を積み上げて開発を行い、現在の商品群「ミラクールシリーズ」の品揃えに到達した。基本原理の復習として、都市のヒートアイランド、日射反射率、赤外線放射率、遮熱性顔料類について説明した。実施例について効果例として、体育館・工場、倉庫、車両などの屋根、及び貯蔵タンク類を挙げた。同様に道路用遮熱塗料、陸上競技場用遮熱塗料事例でも、ニーズ、基本塗膜物性、効果について説明した。	日射反射率

No.	書誌事項	概要(抄録)	評価手法
24	TI 太陽熱高反射塗料(2)太陽熱高反射塗料による省エネルギー・CO2削減・ヒートアイランド対策—建築物への応用— AU 井原智彦(産業技術総合研 ライフサイクルアセスメント研究セ) JT 塗装工学 Vol.40 No.8 Page:292-301(2005)	近年、地球温暖化にもヒートアイランド現象にも緩和対策として有効、と脚光を浴びている技術のひとつが、建築外表面への太陽熱高反射率塗料(以下、高反射塗料)の導入である。省エネルギー効果、ヒートアイランド緩和効果、ヒートアイランド緩和による省エネルギー効果のメカニズムを解説した。その評価について、広域気象フィードバックを考慮したCO2削減・ヒートアイランド緩和効果、他のヒートアイランド対策との比較、及びライフサイクルでのCO2排出量などを説明した。	太陽熱高反射塗料による省エネルギー効果概説
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>熱バランス</p> <p>入射:800</p> <p>高反射塗料 反射:640</p> <p>放射:90</p> <p>内部へ:70</p> <p>通常外表面 反射:360</p> <p>放射:160</p> <p>内部へ:280</p> </div> <div style="width: 60%;"> </div> </div> <p>図4 高反射塗料による省エネルギー・ヒートアイランド緩和のメカニズム</p> <p>※ 内部への熱流入低減</p>			

注1) No.1~24は表2-3に掲載した文献で、その他(番号付与無し)も関連文献である。

注2) 着色欄は、熱流測定例を中心に、その他遮熱性能等の参考例を選択した。

## 資料 6 予備試験

塗料の省エネルギー性能評価装置の各部位について、検討を行った。

### 1) 光照射装置：(株) GS ユアサ製太陽光近似メタルハライドランプ

CMR360-L/BU-ND-TYW

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とし、安定した放射照度を得るために4灯式とする。光源の照射量は、試験面中心部で約  $1\text{kW/m}^2$  及び約  $0.5\text{kW/m}^2$  に調整できるものとする。

有効照射面積  $300\times 300\text{mm}$

### 2) 試験板の材質及び形状

試験板は、アルミニウム板(裏面全面に断熱フィルムを貼る)とし、形状は、 $180\times 180\times 1\text{mm}$  とする。光照射装置の有効照射面積が  $300\times 300\text{mm}$  であることから、放射照度の範囲が2%以内に抑えられる  $180\times 180\text{mm}$  とした。

断熱フィルムの条件：熱伝導率が  $0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、厚さ  $2\text{mm}$ 、発泡スチロール

断熱フィルムを貼る目的：断熱フィルムをアルミニウム板に貼ることで風による熱流のノイズを軽減でき、また、熱流計の放射率と被測定面の放射率を合わせることで、より均一に試験面裏面から放射させることができ測定誤差を小さくする。

実際の試料の熱流測定への断熱フィルムの影響を図 6-1 示す。

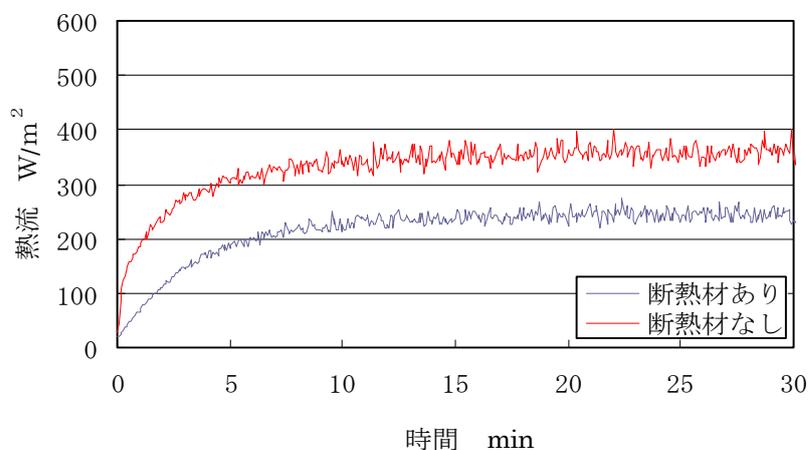


図 6-1 断熱材の有無における熱挙動

### 3) 熱流計：江藤電気(株)汎用熱流センサーM55A

熱流計は  $0.01\text{W/m}^2$  以下の分解能をもつものとする。

面積： $50\times 50\text{mm}$

### 4) 温度測定器

温度測定は熱電対による測定を原則とする。

空気温度を測定する場合、熱電対が光源からの照射熱量の影響を受けると考えられ

るときは、熱電対の周囲をアルミ箔などの低放射材料で覆い、熱電対への光源からの照射熱量の影響を可能な限り小さくする。このとき、覆いによって熱電対周囲の気流が極端に変化しないように留意する。

5) 風量測定器

風量測定器は室内外相当 BOX 内に一定の風量を与えるものであり、5L/min までの風量が測定できるものとする。

室内外の風速は次式により求める。

$$\text{風速 } v = \text{通気量 } Q / (3,600 \times \text{通気断面積 } S)$$

6) 透明板

平均的に透過率が 80%以上のソーダガラスとする。

厚さ：2mm

透明板候補材料の透過率は、表 6-1 及び図 6-2 に示すように、パイレックスガラスとソーダガラスが比較的近赤外域まで平均的に透過率が 80%以上と高かった。本試験では、透明板自身が熱の影響を受けづらく、容易に入手可能なソーダガラスを選定した。

表 6-1 日射透過率と透過率

材 質	日射透過率 %			透過率 % 全波長域平均
	全波長域	可視波長域	近赤外波長域	
パイレックス(t=2.0)	93.0	92.9	93.0	92.6
ソーダガラス(t=2.0)	87.7	89.3	85.5	86.3
アクリル(t=3.0)	85.2	88.7	80.5	60.7
ポリエチレン(t=0.2)	89.6	90.2	88.8	84.8

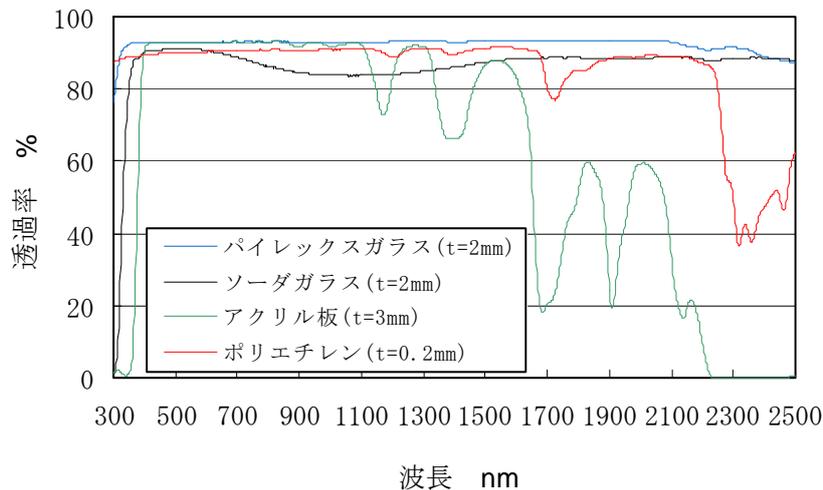


図 6-2 各種透明板における透過率

7) 室内外温度調節器：SMC（株）製サーモドライヤ型式：IDH6-10

室内外の温度を再現できるもので、室内外の相対湿度は成り行きとするが、試単体に結露を生じない相対湿度とする。

## 8) 試験BOX

温度の安定を早めるため、室内相当側の容積を  $500 \times 500 \times 500\text{mm}$  から  $500 \times 500 \times 60\text{mm}$  に変更した。

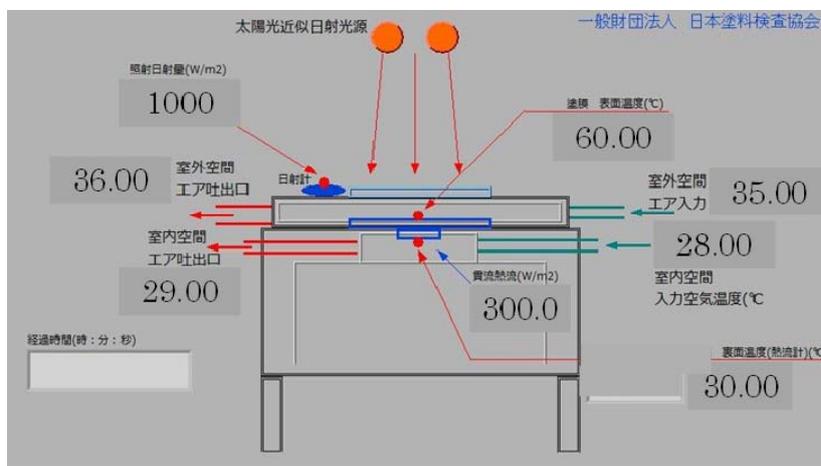


図 6-3 装置概略図

室外側の寸法： $600 \times 200 \times 50\text{mm}$

室内側の寸法： $500 \times 500 \times 60\text{mm}$

開口部の寸法

室外側空気流出口開口部： $200 \times 50\text{mm}$

室内側空気流出口開口部： $200 \times 35\text{mm}$

照射面側開口部（ガラス）： $180 \times 180\text{mm}$

試験面側開口部（塗膜板）： $160 \times 160\text{mm}$

### ・試験BOXの室内相当側

上部側面に室内相当空気供給口、その対向側に排気口を設ける。外部からの温度の影響をなくすため、内面は開口部を除き、 $50\text{mm}$  厚の断熱材貼り付ける。

### ・試験BOXの室外相当側

室内側BOX上部に設置し、上方開口部に透明板を設置する。当BOXの下方側面から上方側面方向へ室外相当空気を流せるものとする。また、内面からの再反射を防ぐために漆黒塗料を塗装する。

## 9) 試験条件

標準的な試験条件を下記に示す。このほか条件の影響検討等のため、別条件の試験も実施した。

- ・放射照度設定条件
  - 夏条件：約 1kW/m<sup>2</sup>
  - 冬条件：約 0.5kW/m<sup>2</sup>
- ・風量条件
  - 室内側及び室外側：100L/min
- ・温度条件
  - 夏条件：室内側；28℃
  - 室外側；35℃
  - 冬条件：室内側；18℃
  - 室外側；10℃

## 10) 試験手順

試験手順は以下のとおりとする。

- ①試験体の裏面に断熱材を貼る。
- ②試験体裏面の断熱材の上に熱流計を取り付け、さらに、熱電対を試験体表面に取り付ける。
- ③室内・室外BOXをつなぐ開口部上に試験体を設置する。
- ④試験体に照射する前に、ランプを点灯し、放射照度を安定させる。
- ⑤室内・室外BOXへの供給ガスを設定温度にし、各部の温度及び熱流が安定した後、照射を開始する。照射開始後、各部の温度及び熱流を1時間以上測定し、熱流安定後20分間の熱流の平均値を熱流値とする。
- ⑥照射条件での定常状態の温度及び熱流を測定後、照射を停止し、各部の温度及び熱流の推移を測定する。
- ⑦データロガーにより各データを収集する。
- ⑧データの解析を行う。

## 資料 7 測定機器

測定に使用した用いた試験機器を以下に示す。

### ①日射反射率

試験方法：JIS K 5602:2008 塗膜の日射反射率の求め方 7 分光反射率の測定及び 8 日射反射率の求め方に準ずる。

測定機器：(株)島津製作所製 UV-3150



### ②測色（明度）

試験方法：JIS Z 8722:2009 色の測定方法—反射及び透過物体色 5.3 反射物体の測定方法 5.3.1 照射及び受光の幾何条件 d) 幾何条件 d[記号：8° (de)] に準じ試験面の三刺激値を測定し、JIS Z 8729:2004 色の表示方法—L\*a\*b\*表色系及び L\*u\*v\*表色系 6. CIE 1976 明度及び 7. L\*a\*b\*表色系による色相・彩度の表示 7.1 L\*a\*b\*表色系の色座標 a\*,b\*に準じ、D65 光源における L\*a\*b\*を算出した。



### ③放射率

試験方法：JIS R 3106:1998 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より垂直放射率を求め、更に JIS R 3107:1998 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により修正放射率を算出した。

測定機器：(株)パーキンエルマージャパン製 SPECTRUM 100

波長範囲：5.5～25 μ m



④熱伝導率及び熱貫流率

試験方法：JIS R 2606:2001 耐火断熱れんがの熱伝導率の試験方法－5.2 熱線法の操作に準じ、熱伝導率を求め、さらに、熱伝導率と塗膜厚さ(理論値)から熱貫流率を求めた。

測定機器：京都電子工業(株)製迅速熱伝導率計 QTM-500

測定方式 細線加熱法 (ホットワイヤ法)

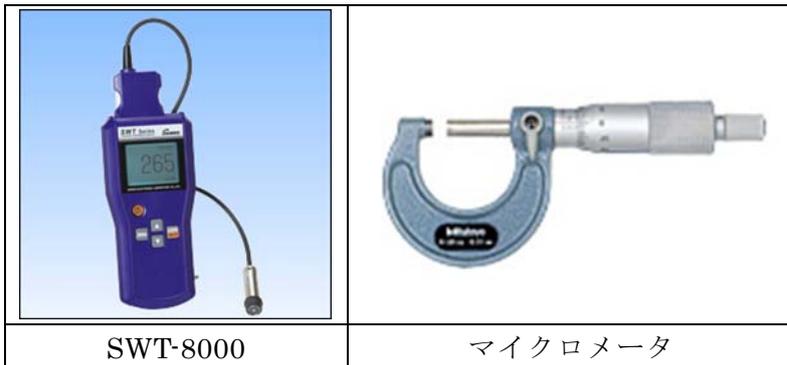


⑤膜厚

試験方法：JIS K 56001-7:1999 塗料一般試験方法-第 1 部：通則-第 7 節：膜厚による。

測定機器：(株)サンコウ電子研究所製 SWT-8000 + プローブ(Fe-2.5)

(株)ミットヨ製標準外側マイクロメータ



⑥赤外（長波長）放射強度

試験方法：JIS 規格無し

測定機器：英弘精機(株)製 4成分放射計/アルベドメータMR-60 の

赤外（長波）放射計の一個のセンサーを用いた（波長範囲：3～50 $\mu$ m）。



資料 8 実証試験

8-1 塗装仕様

表 8-1 塗装仕様(一般塗料 A1)

塗装工程		塗料の調合		塗付量 (kg/m <sup>2</sup> )	塗装方法	塗装間隔 (h)
①	下塗 (1回目)	下塗 A (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.12	はけ	24
②	上塗 (1回目)	上塗 A (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.08	はけ	4
③	上塗 (2回目)	上塗 A (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.08	はけ	-

注) 混合比は主剤と硬化剤の重量比率、( ) はシンナーの混合重量比率

表 8-2 塗装仕様(省エネルギー塗料 B1)

塗装工程		塗料の調合		塗付量 (kg/m <sup>2</sup> )	塗装方法	塗装間隔 (h)
①	下塗 (1回目)	下塗 B (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.16	はけ	24
②	上塗 (1回目)	上塗 B (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.08	はけ	4
③	上塗 (2回目)	上塗 B (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.08	はけ	-

表 8-3 塗装仕様(省エネルギー塗料 B2)

塗装工程		塗料の調合		塗付量 (kg/m <sup>2</sup> )	塗装方法	塗装間隔 (h)
①	下塗 (1回目)	下塗 C (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.17	はけ	24
②	上塗 (1回目)	上塗 C (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.08	はけ	4
③	上塗 (2回目)	上塗 C (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.08	はけ	-

表 8-4 塗装仕様(省エネルギー塗料 B3)

塗装工程		塗料の調合		塗付量 (kg/m <sup>2</sup> )	塗装方法	塗装間隔 (h)
①	下塗 (1回目)	下塗 D (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.14	はけ	24
②	上塗 (1回目)	上塗 D (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.12	はけ	4
③	上塗 (2回目)	上塗 D (塗料用シンナーA)	混合比 9/1 (5%)	0.12	はけ	-

表 8-5 塗装仕様(省エネルギー塗料 B4)

塗装工程		塗料の調合		塗付量 (kg/m <sup>2</sup> )	塗装方法	塗装間隔 (h)
①	下塗 (1回目)	下塗 E (塗料用シンナーA)	混合比 4/1 (5%)	0.15	はけ	24
②	上塗 (1回目)	上塗 E (塗料用シンナーA)	混合比 7/1 (5%)	0.28	はけ	-

表 8-6 塗装仕様(省エネルギー塗料 C1 + 一般塗料 A1 又は省エネルギー塗料 B1)

塗装工程		塗料の調合		塗付量 (kg/m <sup>2</sup> )	塗装方法	塗装間隔 (h)
①	下塗 (1回目)	下塗 F	混合比 9/1 (0%)	0.15	はけ	24
②	中塗 (1回目)	中塗 F	— (0%)	0.30	はけ	24
③	中塗 (2回目)	中塗 F	— (0%)	0.30	はけ	24
上塗り塗料は、一般塗料(銘柄 A1)又高反射率塗料(銘柄 B1)と同様の塗装仕様						

注) 「—」は1液タイプ使用

表 8-7 塗装仕様(省エネルギー塗料 C2 + 一般塗料 A1 又は省エネルギー塗料 B1)

塗装工程		塗料の調合		塗付量 (kg/m <sup>2</sup> )	塗装方法	塗装間隔 (h)
①	中塗 (1回目)	中塗 G	— (0%)	0.30	はけ	24
上塗り塗料は、一般塗料(銘柄 A1)又高反射率塗料(銘柄 B1)と同様の塗装仕様						

表 8-8 塗装仕様(省エネルギー塗料 D-P2)

塗装工程		塗料の調合		塗付量 (kg/m <sup>2</sup> )	塗装方法	塗装間隔 (h)
①	下塗 (1回目)	プライマーB (赤さび色)	混合比 9/1 (20%)	0.15	吹付け	24
②	上塗 (1回目)	上塗り (清水)	—	Dry 300μm	吹付け	—

## 8-2 熱貫流率

熱流に影響すると考えられる試料の熱貫流特性を検討するため、各試料の熱伝導率を測定し、その結果と塗装仕様中の理論膜厚(メーカー型録)から計算により熱貫流率を求めた。熱貫流率を求める計算式と各試料に関する結果を以下に示す。

- ・熱貫流率 (U 値) とは、温度差のある空間 (部屋内と外など) を隔てる材料 (壁や窓) の熱の伝えやすさを表す数値である。小さいほど断熱性能が高いとされている。
- ・熱貫流率 =  $1 / \text{熱抵抗値 } R$   
 $= 1 / (\text{厚み(m)} \div \text{熱伝導率 (W/m} \cdot \text{K)})$

表 8-9 理論膜厚

塗色	塗料の種類	理論膜厚 $\mu\text{m}$		
		下塗(1回目)	上塗(1回目)	上塗(2回目)
N6	一般塗料 A1	43	36	36
	省エネ塗料 B1	58	36	36
	省エネ塗料 B2	56	94	
	省エネ塗料 B3	42	40	40

表 8-10 熱伝導率と熱貫流率

塗色	塗料の種類	熱伝導率 $\text{W/m} \cdot \text{K}$		熱貫流率 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		下塗	上塗	
N6	一般塗料 A1	0.84	0.29	3300
	省エネ塗料 B1	0.68	0.24	2600
	省エネ塗料 B2	0.83	0.21	1900
	省エネ塗料 B3	1.04	0.25	2700
断熱フィルム(基材裏面に貼付) 膜厚:2mm		0.04		20

熱流センサーのノイズ抑制や熱容量の影響低減を目的に、熱流センサー上に厚さ 2mm の断熱フィルムを装着したが、この方法は、熱流センサーメーカー及び各種の文献でも推奨されている方法である。また、用いた断熱フィルム(熱貫流率:  $20\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ )による熱流の低下は約 30%と実測されたが、上記表に示す膜厚及び熱貫流率から推察される熱流低下は 1%以下の効果となり、このレベルの熱貫流率による熱流への影響は無視小といえる。

表 8-11 理論膜厚

塗色	塗料の種類	理論膜厚 $\mu\text{m}$		
		下塗(1回目)	上塗(1回目)	上塗(2回目)
N6	省エネ塗料 C1	70	180	180
	省エネ塗料 C2	—	1000	
	一般塗料 A1	43	36	36
	省エネ塗料 B1	58	36	36

表 8-12 熱伝導率と熱貫流率

塗色	塗料の種類	熱伝導率 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$		熱貫流率 $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
		下塗	上塗	
N6	省エネ塗料 C1	1.04	0.22	590
	省エネ塗料 C2	—	0.10	100
	一般塗料 A1	0.84	0.29	3300
	省エネ塗料 B1	0.68	0.24	2600

表 8-13 理論膜厚

塗色	塗料の種類	理論膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	
		下塗	上塗
N6	省エネ塗料 D-P1 約 $300\mu\text{m}$	—	300
	省エネ塗料 D-P1*約 $600\mu\text{m}$	—	600

表 8-14 熱伝導率及び熱貫流率

塗色	塗料の種類	熱伝導率 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$		熱貫流率 $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
		下塗	上塗	
N6	省エネ塗料 D-P1 約 $300\mu\text{m}$	—	0.11	367
	省エネ塗料 D-P1*約 $600\mu\text{m}$	—	0.11	183

## 資料9 シミュレーションによる省エネルギー効果の推算

### 1) 流出入熱量シミュレーションの手順と推算結果

東京都における夏のある1日(2012年7月14日:図9-1)と冬のある1日(2012年1月24日:図9-2)の日射量と気温の推移データをモデルケースとして用いて、室外の水平面に塗装した省エネルギー塗料による熱量低減効果のシミュレーション計算を行った。

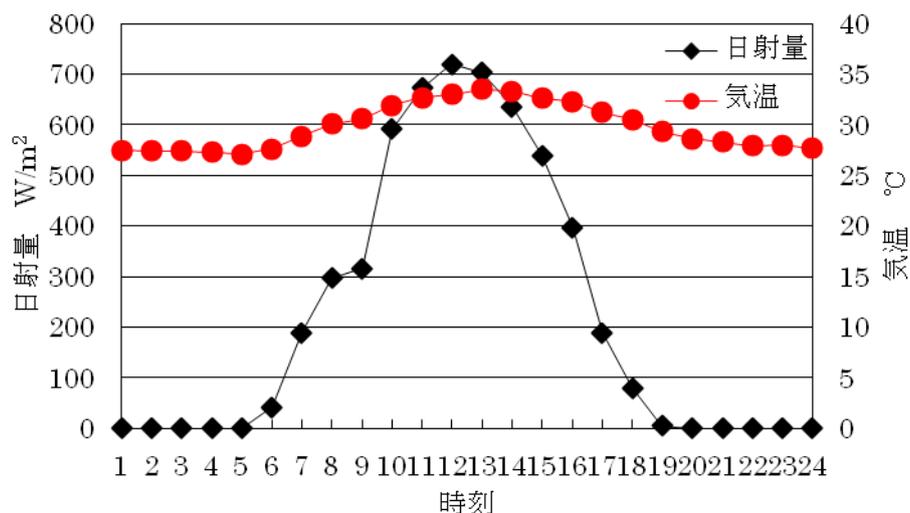


図9-1 2012年7月14日における日射量と気温 (1時間平均値)

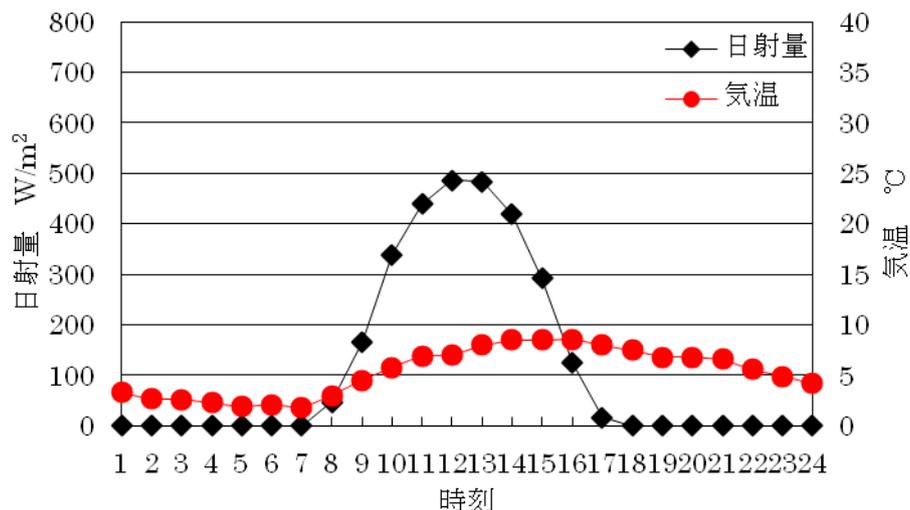


図9-2 2012年1月24日における日射量と気温 (1時間平均値)

シミュレーションは、一般塗料と省エネルギー塗料のそれぞれに関する「熱流と放射照度」及び「熱流と室内外温度差」の関係から、1日の各時間帯における日射量と気温に相当する熱流を計算で求め、1日分を積算したものについて両者を比較することにより行った。手順及び条件は以下の通りである。

<シミュレーションの手順>

- ① 熱流への放射照度効果の計算
  - ・各塗料の放射照度と熱流の関係から傾き（単位放射照度あたりの熱流）を求める。
- ② 熱流への温度差効果の計算
  - ・各塗料の温度差と熱流の関係から傾き（単位温度差あたりの熱流）を求める。
  - ・夏：室内側を 28℃として、熱流への温度差の影響を計算した。
  - ・冬：室内側を 18℃として、熱流への温度差の影響を計算した。
- ③ 次式に基づき各塗料の各時間帯における熱流を計算する。
$$Y \text{ (熱流)} = a X + b Z$$
  - a：各塗料の放射照度と熱流の関係の傾き
  - X：放射照度
  - b：各塗料室内外の温度差と熱流の関係の傾き
  - Z：室内外の温度差＝外気温－設定温度(夏：28℃,冬：18℃)
- ④ 1日の積算熱流（熱量）を求める。
  - ・室外から室内に流入する熱量を＋、逆向きの熱量を－で表示する。
- ⑤ 各塗料の夏の冷房負荷及び冬の暖房負荷の計算
  - ・夏：室外から室内への流入熱量がそのまま冷房の熱負荷となる。
  - ・冬：流入熱量は暖房にとってプラスに作用するので、熱負荷＝－熱量となる。
- ⑥ 省エネルギー効果の計算
  - ・一般塗料と省エネルギー塗料の夏冬の熱負荷合算値より省エネルギー効果を計算する。

省エネルギー塗料 B1 のシミュレーション計算に用いた「人工光源放射照度と熱流」の関係を示す図及び「室内外の温度差と熱流」の関係を示す図を図 9-3 及び図 9-4 に例示した。なお、図 9-3 の人工光源放射照度との相関には、測定値から、照射無しの時の熱流値（放射照度以外による熱流への寄与分）を差し引いて照射のみの影響による熱流値として用いた。

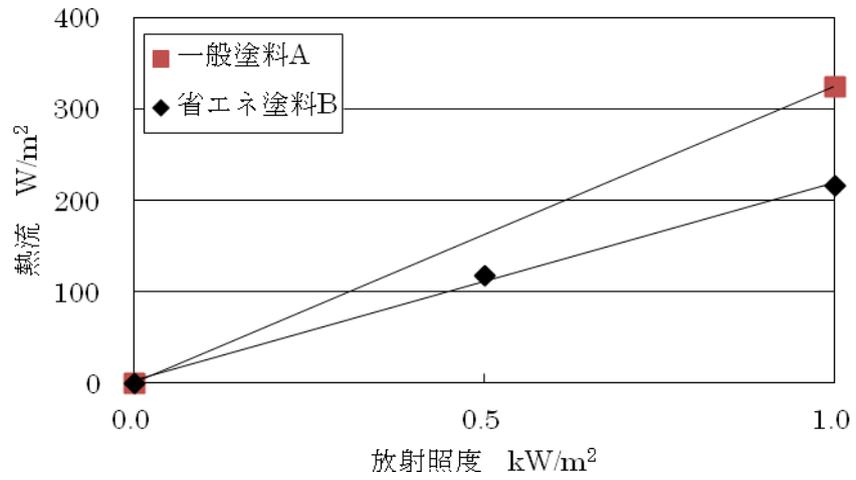


図 9-3 人工光源放射照度と熱流の関係

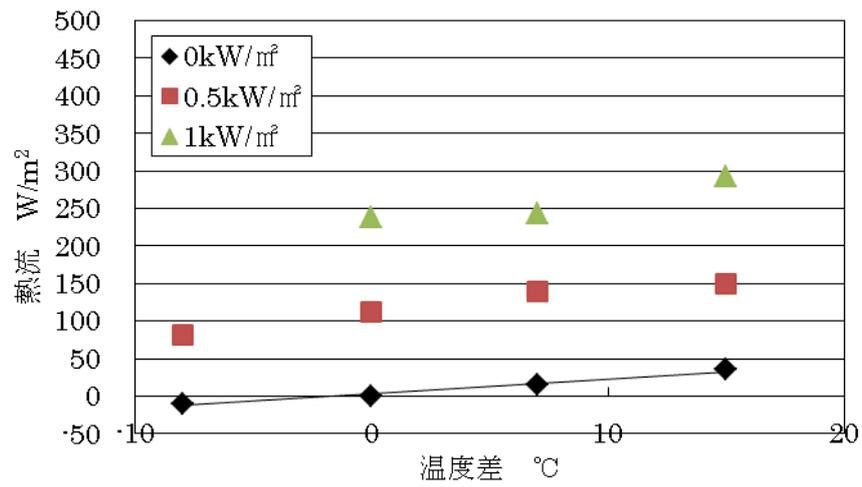


図 9-4 温度差と熱流の関係 (省エネルギー塗料 B1)

夏のある1日と冬のある1日について、無彩色系の N6（グレー）での測定熱量とその照射強度と室内外温度の熱量への影響との相関を用いて、一般塗料と省エネルギー塗料について省エネルギー効果の試算を行った。省エネルギー塗料は一般塗料に比べ、熱の流入量の低減効果が見られた。その熱の流入量は夏1日においては一般塗料 A の積算熱量（熱負荷）の 16～33% の低減効果が見られ、冬1日においてはほとんどの省エネルギー塗料で熱の流入量の低減（熱負荷増加）によるマイナス効果が見られた。夏・冬それぞれ1日ずつの省エネルギー量のトータルで、一般塗料 A の合算熱負荷量の 18～34% の省エネルギー効果があると推定された。

一例として、一般塗料 A と省エネルギー塗料 B1 を比較したシミュレーション計算結果を表 9-1 に示す。

表 9-1 夏冬1日における省エネルギー塗料 B1 の省エネルギー効果の推算

環境条件	一般塗料 A MJ/m <sup>2</sup>	省エネ塗料 B1 MJ/m <sup>2</sup>	冷房負荷低 減量 MJ/m <sup>2</sup>	暖房負荷低 減量 MJ/m <sup>2</sup>	省エネ効 果 %
夏条件における熱負荷	6.62	4.53	2.09	-	31.6
冬条件における熱負荷	-1.13	-0.04	-	-1.09	-96.4
夏冬集計熱負荷	5.49	4.49	1.00		18.2

【参考：室内に塗布した場合のシミュレーション（日射がない条件）】

参考値として、室内に塗布した場合の熱流のシミュレーション試算を行った。今回の日射無し条件で測定した熱流データが、温度差+15～-7℃（熱流入から熱流出）の範囲で温度差に比例していることより、塗膜面が室外側、室内側いずれであっても熱流に差がなく温度差で決まることが示されたので、今回の熱流測定値を用いてシミュレーション試算が可能と考えられる。

夏・冬それぞれ1日ずつの省エネルギー量を合算するとトータルで一般塗料 A の合算熱負荷量の -4～31% の省エネルギー効果があると推定された。

一例として、一般塗料 A と省エネルギー塗料 B1 を比較したシミュレーション計算結果を表 9-2 に示す。

表 9-2 室内塗布を仮定した場合の省エネルギー塗料 B1 の省エネルギー効果の推算

環境条件	一般塗料 A MJ/m <sup>2</sup>	省エネ塗料 B1 MJ/m <sup>2</sup>	冷房負荷低 減量 MJ/m <sup>2</sup>	暖房負荷低 減量 MJ/m <sup>2</sup>	省エネ効 果 %
夏条件における熱負荷	0.32	0.33	-0.01	-	-
冬条件における熱負荷	2.08	2.16	-	-0.08	-
熱負荷	2.40	2.49	-0.09		-3.8