

ケミカルカチオン・パック工法の屋根の遮熱性能の検討

平成 17 年 5 月 1 6 日
九州大学大学院
総合理工学研究院

教授・林 徹 夫

九州大学大学院総合理工学研究院
エネルギー環境共生部門
九州大学大学院総合理工学府
環境エネルギー工学専攻

〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1
電話(直通) 092-583-7645
研究室 Tel&Fax 092-583-7627
E-mail: hayashi@hrmbox.eee.kyushu-u.ac.jp

はじめに

折板鋼板およびスレート屋根にケミカルカチオンを塗布した効果をシミュレーションにより検討する。まず、分光光度計により表面の日射反射率を測定し、各材料の日射吸収率を求める。次に傾斜面への入射日射量から相当外気温度¹⁾を求め、屋根の熱貫流率から貫流熱量を求める。計算対象期間は7～9月とし、9～17時の1時間間隔の計算である。ケミカルカチオンを塗布した場合と現状のままを比較し、その貫流熱量差から省エネルギー性能を比較する。

注 1) 渡辺俊行, 林徹夫: 建築環境工学第4章「日射と日照」158ページ, 森北出版

1. 日射吸収率の測定

分光光度計（日立：U-3500 型自記分光光度計）に 60φ 積分球を設置し、資料の波長別半球積分反射率の測定結果から JIS R3106-1998 に準拠して日射反射率を求める。不透過性の資料であるから、1 から日射反射率を引いて日射吸収率とする。

写真 1-1 に分光光度計を、写真 1-2 に測定試料を示す。試料は折板鋼板（灰色塗装）、ケミカルカチオン塗装、スレート（無塗装）の 3 種で、各種とも 3 cm 角の試料 3 個を用意した。

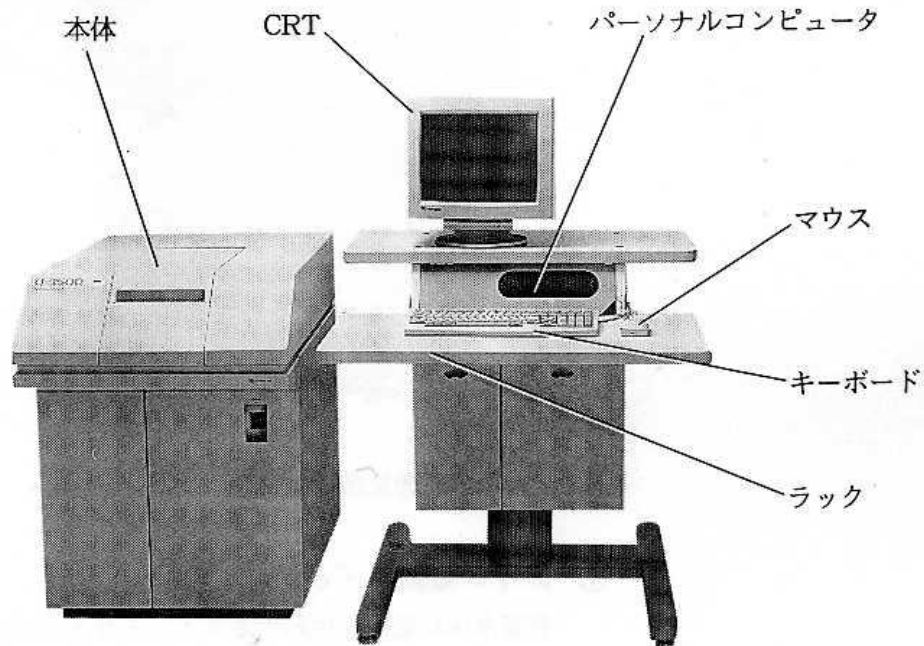


写真 1-1 日立：U-3500 型自記分光光度計

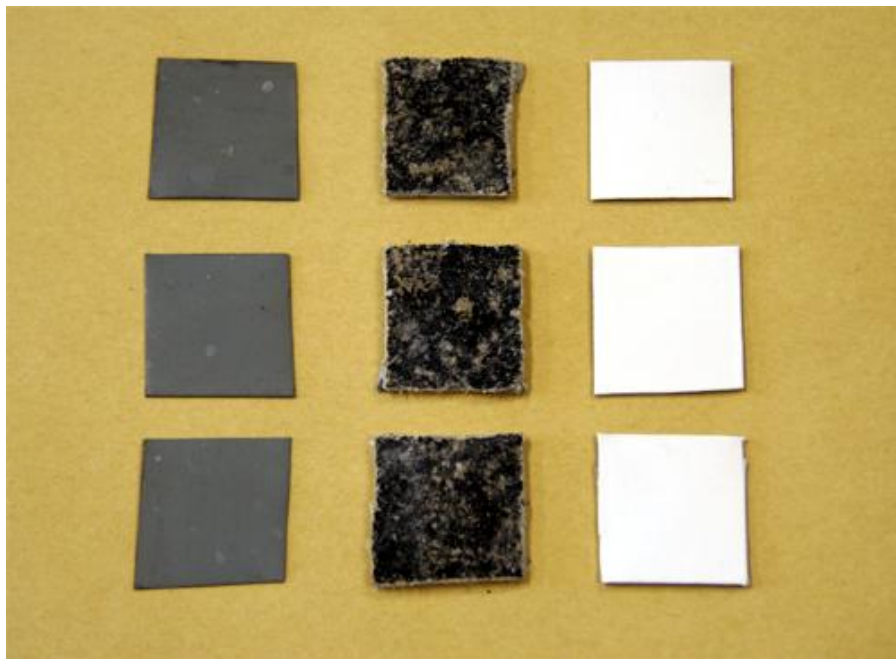


写真 1-2 測定試料

左列より、折板鋼板（灰色塗装）、スレート、ケミカルカチオン

表 1-1 に測定結果を示す。この結果から日射吸収率は折板鋼板(灰色塗装) : 0.80、ケミカルカチオン : 0.15、スレート(無塗装) : 0.80 とする。
 参考のため、各資料の分光反射率測定結果を図 1-1 に示す。

表 1-1 日射反射率および日射吸収率測定結果

試料		折板鋼板(灰色塗装)	ケミカルカチオン	スレート(無塗装)
日射反射率 (%)	サンプル①	20.05	85.05	19.38
	サンプル②	19.98	84.84	19.23
	サンプル③	19.88	84.78	20.20
平均日射反射率 (%)		20.	85.	20.
日射吸収率		80.	15.	80.

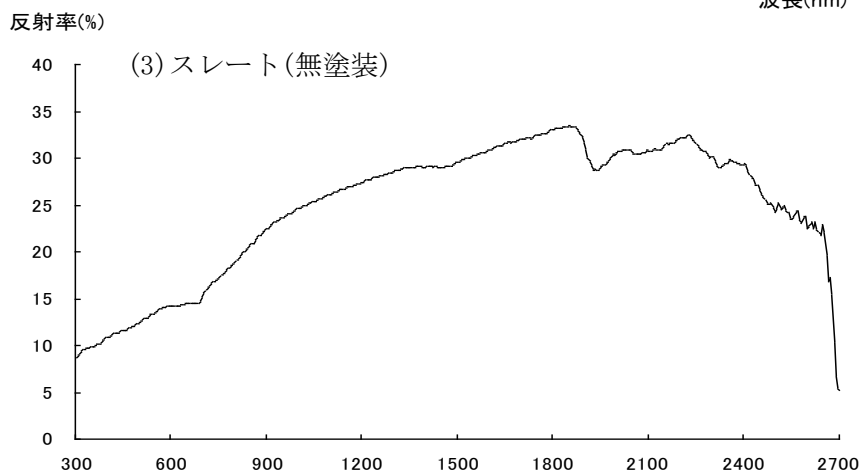
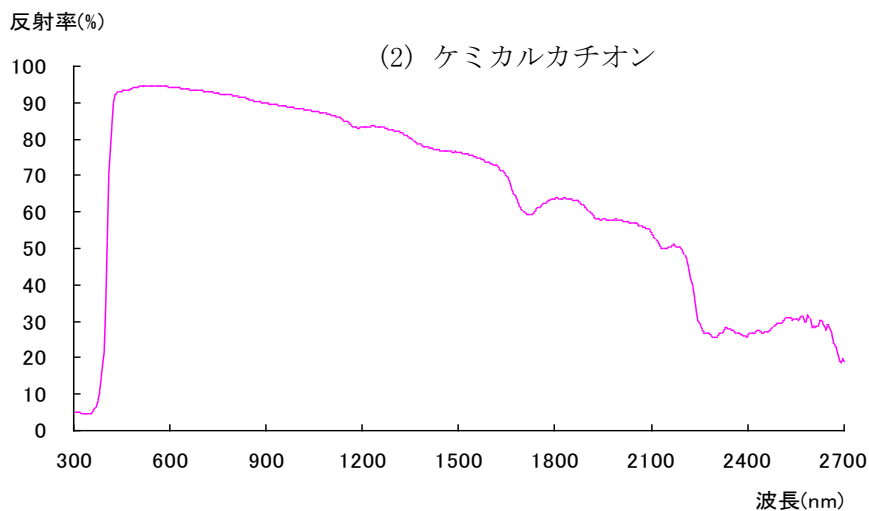
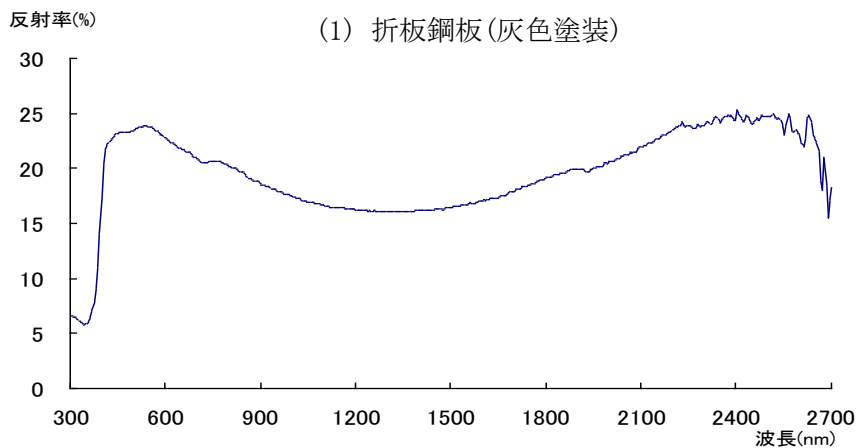


図 1-1 分光反射率

2. 相当外気温度と熱貫流率による屋根貫流熱量の計算

2.1 計算対象地域

熊本県八代市（北緯 32 度 28.3 分、東経 130 度 36.6 分）を対象とし、EA (Extended AMeDAS) 気象データ²⁾の標準年データから HASP 形式の気象データを作成し、計算用の気象データとする。直散分離には渡辺の式を用いた。

注 2) 赤坂裕ほか：拡張アメダス気象データ，日本建築学会

2.2 相当外気温度

相当外気温度は次式で定義される。

$$\theta_{sat} = \theta_o + \frac{(aI + \varepsilon J_N F_s)}{\alpha_o}$$

a : 日射吸収率,

F_s : 天空率

I : 入射日射量 [kcal/m²h],

J_N : 夜間放射量 [kcal/m²h]

α_o : 外表面総合熱伝達率 [kcal/m²hK],

ε : 放射率

である。また、貫流熱量は屋根の熱貫流率を K として

$$Q = K(\theta_{sat} - \theta_i)$$

K : 熱貫流率[kcal/m²hK], Q : 貫流熱量[kcal/m²h], θ_i : 室内空気温度[°C or K]

となる。一方、入射日射量 I は次式で求める。

$$I = ID + IS + IR$$

$$ID = I_D \cos i, \quad IS = I_s F_s, \quad IR = \rho I_G (1 - F_s)$$

$$\cos i = \sin h \cos \theta + \cos h \sin \theta \cos(\alpha - \mu)$$

ID : 入射直達日射量 [kcal/m²h] , IS : 入射拡散日射量 [kcal/m²h]

IR : 入射反射日射量 [kcal/m²h] , I_D : 法線面達日射量 [kcal/m²h]

I_s : 水平面拡散日射量 [kcal/m²h] , I_G : 水平面全天日射量 [kcal/m²h]

i : 日射射角, h : 太陽高度角, α : 太陽方位角

θ : 対象面の傾斜角, μ : 対称面の方位角, ρ : 地表面の反射率 (アルベド)

また、夜間放射量 J_N は外気温度を T_o [K]、大気放射量を AH [kcal/m²h] とすれば、次式となる

$$J_N = \sigma T_o^4 - AH$$

2.3 パラメーターの設定

計算に使用したパラメーターを列記する。

外表面総合熱伝達率 $\alpha_o = 20$. [kcal/m²h]

内表面総合熱伝達率 $\alpha_i = 8$. [kcal/m²h]

熱伝導率 λ [kcal/mhK] 鉄（折板） ; 41. フェルトン ; 0.114
ガラスウール ; 0.034 ジプトン ; 0.183
スレート ; 1.1 木毛板 ; 0.127
密閉空気層熱抵抗 ; 0.16 [m²hK/kcal]
非密閉空気層熱抵抗 ; 0.08 [m²hK/kcal]

室内空気温度 $\theta_i = 28$. °C 一定

地表面の反射率 $\rho = 0.3$

日射吸収率 a : ケミカルカチオン塗布面 0.15
折板鋼板（灰色塗装） 0.80
スレート（無塗装） 0.80
放射率 ε : 全材料 0.9 で一定

3. 計算結果

水平投影面積 10,000m² の 4 種類の屋根を比較する。

3.1 屋根の構成

下記の 4 種類の屋根を想定する。①および②は折板屋根で水平を想定した。③および④はスレート屋根で南北に二分された勾配 2 / 10 を持つ。

- ①：折板鋼板 (0.8mm^t) + フェルトン (3mm^t)
- ②：折板鋼板 (0.8mm^t) + フェルトン (3mm^t) + 非密閉空気層 + グラスウール (50mm^t) + ジプトン (9mm^t)
- ③：スレート (6mm^t)
- ④：スレート (6mm^t) + 密閉空気層 + 木毛板 (30mm^t)

各屋根にケミカルカチオン・パック工法を施す場合、

- (1) 浸透プライマー (約 20 μm^t、溶剤型ウレタン樹脂)
- (2) カチオン主材 (約 3mm^t、セメント系パウダー + アクリル樹脂エマルジョン)
- (3) トップコート (約 100 μm^t、溶剤型アクリル樹脂塗料)

を施工するが、(1)および(2)は薄いので熱抵抗を無視、(2)についてのみモルタルと同程度の熱伝導率を仮定した。

3.2 屋根の単位面積貫流熱量

表 3-1 に各屋根の 7～9 月 (9～17 時) の単位面積貫流熱量を示す。

表 3-1 屋根の単位面積貫流熱量

種別	単位面積貫流熱量 [kcal/m ²]											
	7 月			8 月			9 月			7～9 月合計		
	カ	無	差	カ	無	差	カ	無	差	カ	無	差
①	3514	21338	17824	3711	23286	19575	879	13879	13000	8104	58503	50399
②	399	2414	2014	422	2634	2212	100	1570	1470	921	6618	5697
③南	3948	23847	19898	4251	26465	22214	1105	16518	15413	9304	66830	57525
③北	3846	23292	19445	3974	24932	20958	834	14018	13184	8655	62242	53587
④南	2099	12640	10541	2259	14028	11768	588	8755	8168	4945	35423	30477
④北	2044	12346	10301	2112	13215	11103	443	7430	6987	4600	32991	28391

3.3 省エネルギー効果の比較

水平投影面積 10,000m² の屋根を想定してケミカルカチオン・パック工法の省エネルギー効果を算定する。計算期間は 7～9 月とし、休日は考慮していない。表 3-2 に結果を示す。同表には空調機の COP (成績係数) を 4 とした場合の電力削減量、電力削減量から求めた二酸化炭素排出削減量 (換算係数 0.309kg-CO₂/kWh を使用) を示す。

表 3-2 省エネルギー効果 (7～9 月, 9～17 時の積算)

種 類	エネルギー削減量 [Mcal]	電力削減量 [kWh]	二酸化炭素排出削減量 [kg-CO ₂]
① 折板 屋根	503990	146509	45271
② 折板 + 断熱材	56970	16561	5117
③ スレート 屋根	555560	161500	49904
④ スレート + 木毛板 屋根	294340	85564	26439