

一般財団法人 日本塗料検査協会 東支部検査部 清水 亮 作

一般社団法人 日本塗料工業会 標準部 高橋 俊 哉

1. はじめに

今回の「日塗検ニュース」では、いつも連載していません高反射率塗料の評価シリーズとは異なり、一般社団法人日本塗料工業会（日塗工）と進めておりました「タイ国における高日射反射率塗料の省エネルギー性実証実験」について、その内容を紹介させていただきます。

1.1 背景と目的

本事業は、経済産業省委託事業「平成24年度貿易投資円滑化支援事業（実証事業・一般案件）タイにおける省エネルギー技術として有効な屋根用省エネ塗料の技術協力事業」として行ったものです。

「高日射反射率塗料」は、太陽日射を反射して屋根からの熱侵入を抑制する比較的廉価な省エネルギー手段として期待されています。日本国内では、既に製品 JIS 規格 JIS K 5675「屋根用高日射反射率塗料」が制定されるなど、標準化が進められるとともに需要も拡大しています。

ところで、太陽日射によるエネルギー量は、緯度と強く関係しており、日本国内でも、例えば東京都と沖縄県を比較すると、沖縄のほうが高い傾向にあります。そして、タイ国は沖縄県（北緯26°）より更に低緯度（北緯13°）に位置するため、「高日射反射率塗料」による省エネ効果は、日本より更に顕著に発揮されるものと期待されます。なお、今回は塗膜内部での熱伝達を抑制する断熱塗料についても評価することとし、これらの塗料も合わせて「省エネ塗料」と定義します。

そこで、日本より日射の強いタイ国に構造が単純な実験棟（プレファブリケーション（プレハブ）工法による簡易ハウス）を設置し、下記の熱特性を定量的に測定することで「省エネ塗料」の省エネルギー効果を把握することを目的にしています。

- ・ 屋根及び室内等の温度
- ・ 屋根から侵入する熱エネルギー量
- ・ 空調に必要な電力量

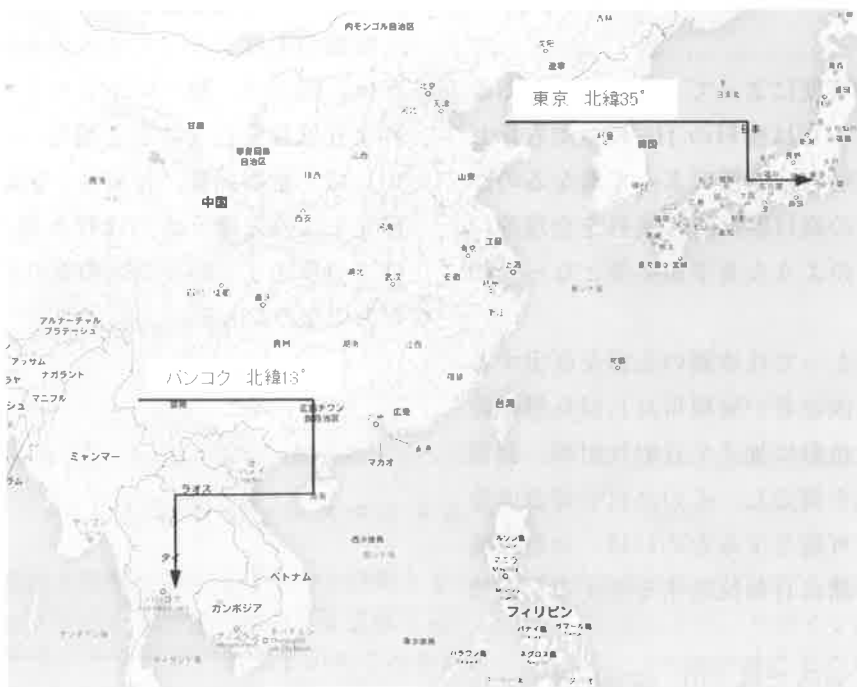


図 2.1 日本とタイの緯度と位置関係（Google map）

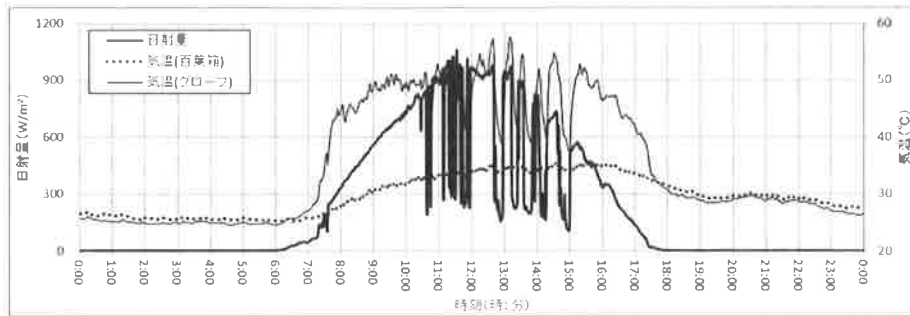


図 2.2 タイ国試験サイトの 2012 年 10 月 26 日の気象（日射量、気温、屋外グローブ温度）
 ……日射量チャートの激しい変動は、雲の影響を示しています。

2. 実証実験の内容

2.1 タイ国の位置と気候

図 2.1 に東京とタイ（バンコク）の位置関係を示します。日本の沖縄県より更に低緯度に位置し、日々、強い日射が照射されているものと思われます。また、タイ国試験サイトの気象条件を図 2.2 に例示しました（2012 年 10 月 26 日の例）。この日の平均気温は約 30℃、この日の最大日射量は 1000w/ m²に達しています（タイの晴れた日では、通年で一日の最大日射量が 1000w/ m²を超えています）。ちなみに、東京でも最大日射量が 1000w/ m²

に達する日がありますが、この日射が通年で毎日続くことはありません。

2.2 スケジュール

本実証実験の実施スケジュールを表 2.1 に示しました。なお、初めて実施する検討であるため、計画時に立案した試験条件（空調の運転条件等）が最適であるとは言いきれません。これについては、試験結果のデータを見ながら適時適切な条件に変更するものとしました。

表 2.1 実証実験のスケジュール

工程	平成24年					平成25年		
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実施計画	←→							
システム設計・製作	←→	←→						
現地サイトに設置工事		←→	←→					
測定条件の検討	←→	←→	←→	←→				
測定開始・データ収集			←→	←→	←→	←→	←→	←→
解析・報告						←→	←→	←→

表 2.2 実証実験に用いたサンプル

System No.	Type	Brightness (white/Black) and Hue	Additional function	Solar Ref (Total range/near IR range)	ΔSR (nIR) (Popular-Cool roof)	Luminous Value
1	General paint	N-8 Near White		54.7/ 49	34	80
2	Cool Roof paint	N-8 Near White		70.3 / 83		80
3	General paint	N-6 Gray		26.0 / 22	53	59
4	Cool Roof paint	N-6 Gray		50.9/ 75		59
5	General paint	N-4 Brown		6.9/ 7	49	21
6	Cool Roof paint	N-4 Brown		29.6/ 56		23
7	General paint	N-6 Gray/Primer	Heat-insulating Primer 300mp	26.0 / 22	53	60
8	Cool Roof paint	N-6 Gray/Primer	Heat-insulating Primer 300mp	50.6/ 75		59

2.3 実証実験に用いた省エネ塗料

実証実験に用いたサンプルを表2.2に示しました。「省エネ塗料」が4種類と、それと同色の一般塗料 (General Paint) を用いています。なお、System No.7 と System No.8 のサンプルは、中塗りに断熱塗料を加えた塗装仕様になっています。また、塗膜の色は N8 グレー (白)、

N6 グレー及びブラウンを用いました。

2.4 プレハブ工法式実験棟と簡易ボックス

8棟建築する実験棟には、その構造上のばらつき (特に熱の出入り) が可能な限り小さいことが求められます。そこで、構造が単純でかつそのばらつきが小さいと



写真 2.1 タイ国の試験サイトに建設したプレハブ式実験棟と簡易ボックス

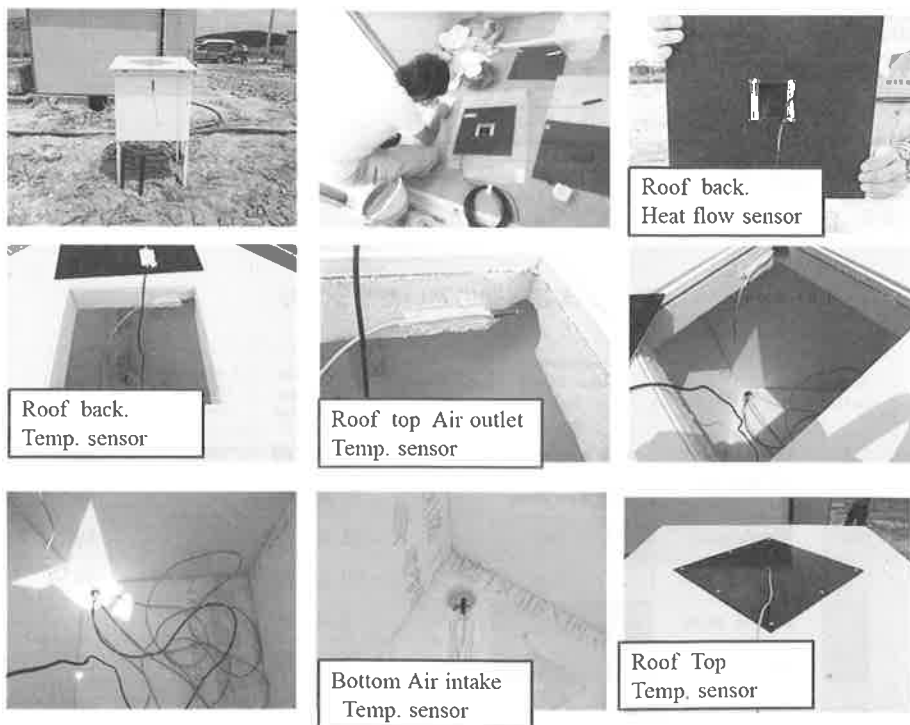


図 2.3 簡易ボックスの構造

考えられる、(株)淀川製鋼所製のプレハブ工法ハウス「ヨドハウスNタイプ3畳」にオプションの床用断熱材を敷いて内部にエアコンを設置した実験棟を用いました。タイ国の現場サイトに建設したプレハブ工法式実験棟と簡易ボックスの状況を写真2.1に示しました。

また、プレハブ工法式実験棟を更に単純化させた小型の簡易ボックスも実験棟の横に2mの間隔を置いて設置しました。簡易ボックスの屋根部分にはプレハブ工法式実験棟と同じ塗装仕様の試験板を設置しています。簡易ボックスでは、屋根部に250×250mmの開口部を設け、ここに試験板を設置し、それ以外の面の全てに厚さ50mmの発泡ポリスチレン断熱材を設け断熱させています。ただし、床部と屋根部にφ20mmの穴を設け、ゆっくりとした自然対流による換気を行いました(図2.3)。

簡易ボックスでは、より簡便な方法でプレハブ工法式実験棟と相関するデータを把握する目的で実施していま

す。ここで、プレハブ工法式実験棟の実験と相関する観測データが得られれば、今後、より廉価で簡便な評価手法に期待が持てます。

2.5 測定データと計測システム

測定・収録しているデータを表2.3にまとめました。この内、気象データは、サーバー用PCでまとめて計測し、各実験棟のPCにLANで送信しています。各実験棟のPCでは、各測定点(センサー)の測定値とサーバーより送られてきた気象データとを合わせて収録しています。各実験棟の設置センサーと、PCでデータを収録している状況を図2.4及び図2.5に示しました。

本実験では、表2.3に示した32個のデータを1分間隔(15秒間隔4点の平均)で24時間収録します。そのデータ数は1ヶ月当たり、32(個)×60(分)×24(時間)×8(部屋)×30(日)=約1106万個もの膨大な数

表2.3 実証実験で測定・収録しているデータ(全32データ)

気象データ(8データ)	プレハブ式実験棟(19データ)	簡易ボックス(5データ)
百葉箱の上の日射量(W/m ²)	折半屋根の表面温度(°C)	屋根表面温度(°C)
サーバー室の屋根上の日射量(W/m ²)	折半屋根の裏面温度(°C)	屋根裏面温度(°C)
外気温(百葉箱)(°C)	折半屋根の熱流(W/m ²)	屋根熱流(W/m ²)
屋外グローブ温度(°C)	天井内の温度(°C)	ボックス吸気口温度(°C)
湿度(百葉箱)(%RH)	天井表面の温度(°C)	ボックス排気口温度(°C)
風向(deg)	天井表面の熱流①(W/m ²)	
風速(m/s)	天井表面の熱流②(W/m ²)	
時刻	室内温度(°C)	
	室内グローブ温度(°C)	
	エアコンの吸気口温度(°C)	
	エアコンの吹出口温度(°C)	
	エアコンの吸気口湿度(%RH)	
	エアコンの吹出口湿度(%RH)	
	エアコンセンサー部温度(°C)	
	エアコン室外機温度(°C)	
	エアコン電流(A)	
	エアコン電圧(V)	
	エアコン瞬間電力(KW)	
	エアコン積算電力(KW・h)	

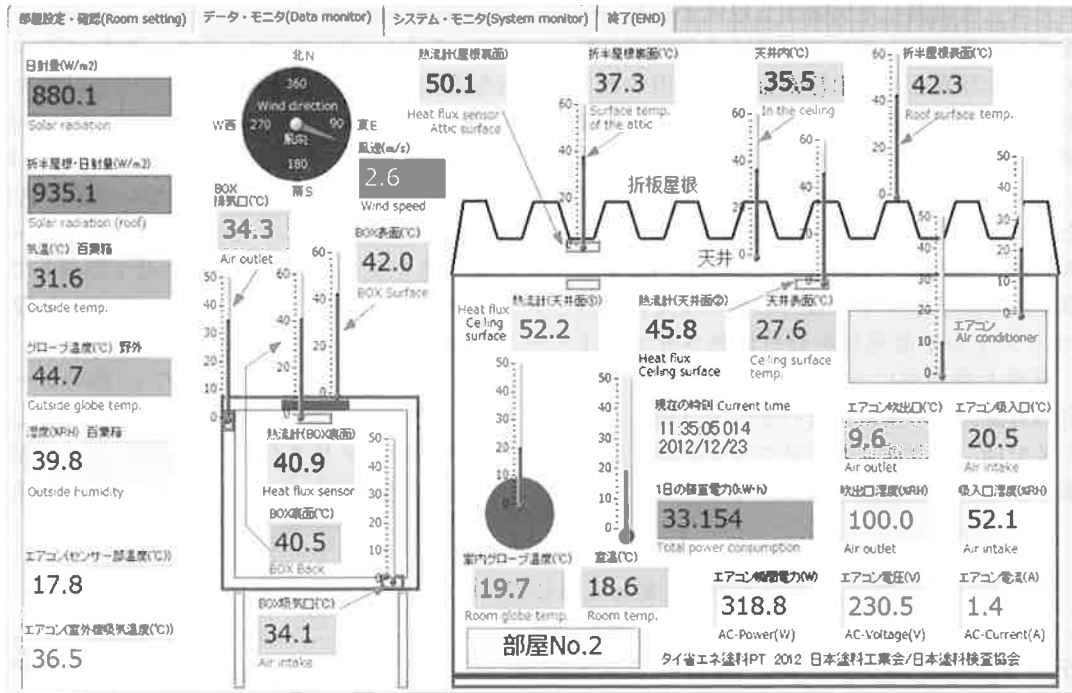


図 2.4 データ収録システムによる測定例 (スクリーンハードコピー)

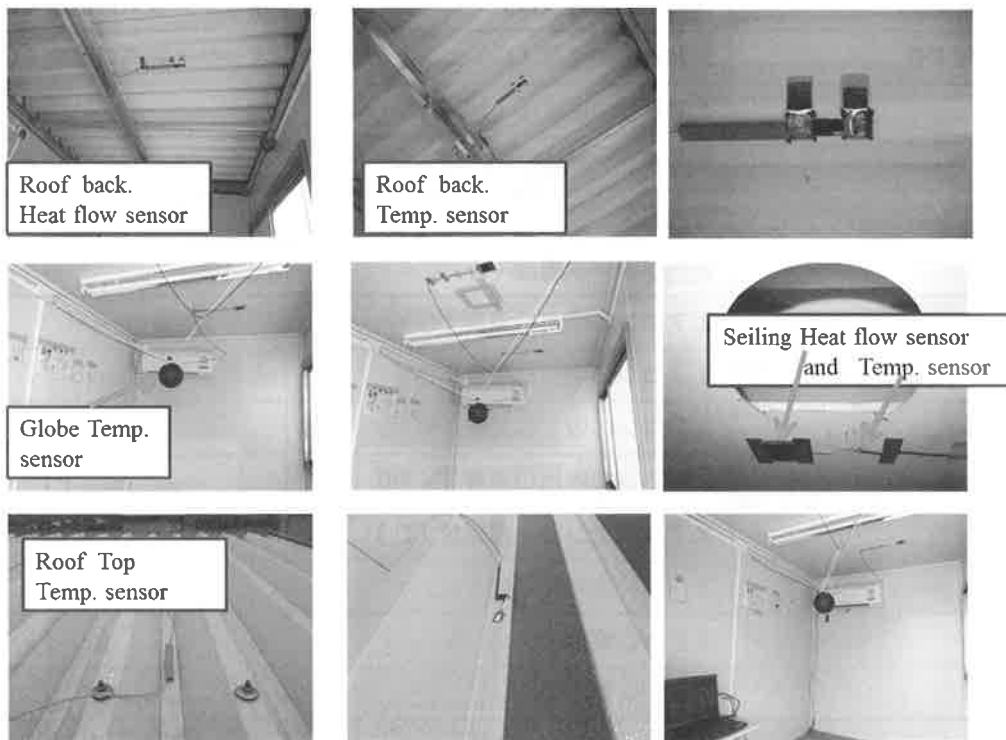


図 2.5 プレハブ式実験棟に設置したセンサー類 (一部)

になります。

3. 実証の結果

3.1 屋根の温度

2013年4月19日における屋根表面の最大温度を表3.1

及び図3.1に示しました。また、塗膜の日射反射率と屋根表面（最高）温度の関係を図3.2に示しました。

同じ色の塗膜でも、高日射反射率塗料は一般塗料より屋根表面（最高）温度が低く抑えられています。日射反射率と屋根表面温度との間には、良好な直線関係を示しま

表 3.1 塗装系と屋根表面の最高温度（2013年4月19日）

色	Cool roof PAINT(°C)	General PAINT(°C)	温度差(°C)
N8 グレー(白)	57.3	61.0	3.7
N6 グレー	61.6	67.0	5.4
ブラウン	66.2	71.1	4.9

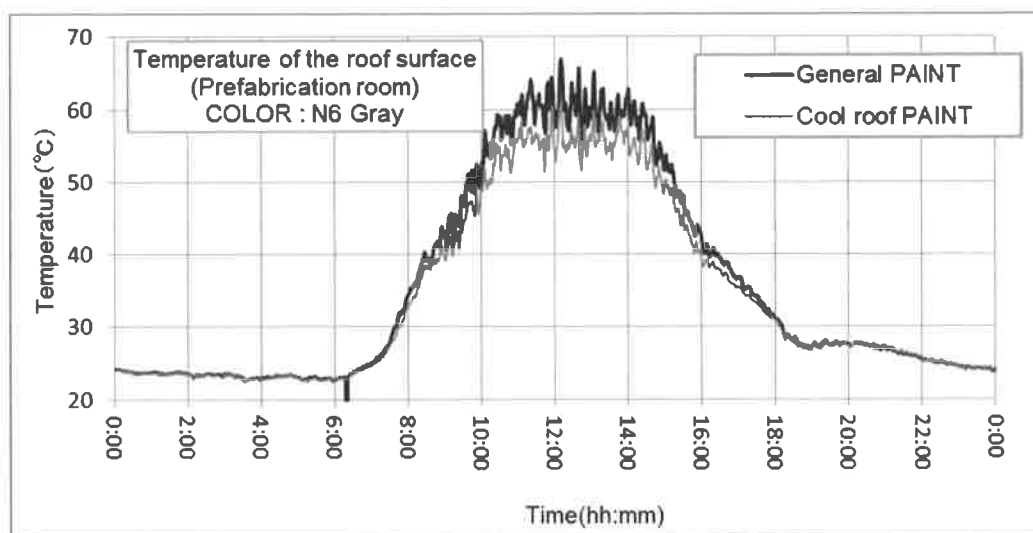


図 3.1 N6 グレー色の屋根表面温度（2013年4月19日）

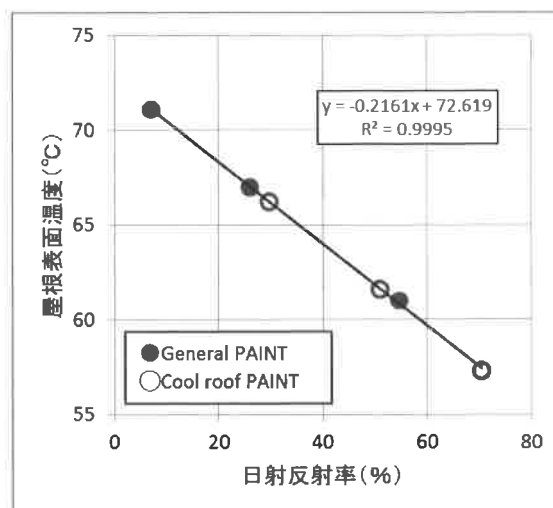


図 3.2 塗膜の日射反射率と屋根表面（最高）温度の関係（2013年4月19日）

す (図 3.2)。

3.2 屋根から侵入する熱エネルギー量

2013年4月19日における屋根表面から侵入する熱エネルギー量を表3.2に示しました。また、塗膜の日射反射率と屋根から侵入する熱エネルギーの関係を図3.3に示しました。

同じ色の塗膜でも、高日射反射率塗料は一般塗料より日射反射率が高く屋根から侵入する熱エネルギー量が低く抑えられています。また、日射反射率と屋根から侵入する熱エネルギー量との間には、良好な直線関係を示しました (図 3.3)。

3.3 空調に必要な電力量

プレハブ式実験棟の空調に要した電力量を省エネ塗料と一般塗料とで比較した例を表3.3に示しました (2012年10月19日観測)。省エネ塗料による空調エネルギー (使用電力量) の削減効果は、色 (日射反射率) によって異なりますが、茶色塗膜で15.2%もの削減が確認できました (N6 グレーでは、6.4%の削減)。

一方、観測日により、空調の消費電力量に殆んど差が認められない日もありました。現時点ではこの現象を十分理解するには至っていません。しかしながら、プレハブ式実験棟の構造を確認すると、屋根裏の空間が雨の侵入を防いだ上で外部の風を取り込み自然換気できる仕組みになっています (写真3.1)。このことは、風の強さ

表 3.2 塗装系と屋根から侵入する熱エネルギー量 (2013年4月19日)

色	Cool roof PAINT (W·h/m ²)	General PAINT (W·h/m ²)	Cool roof PAINT の割合 (%)
N8 グレー (白)	407.7	471.0	86.6
N6 グレー	482.4	581.3	83.0
ブラウン	565.2	652.1	86.7

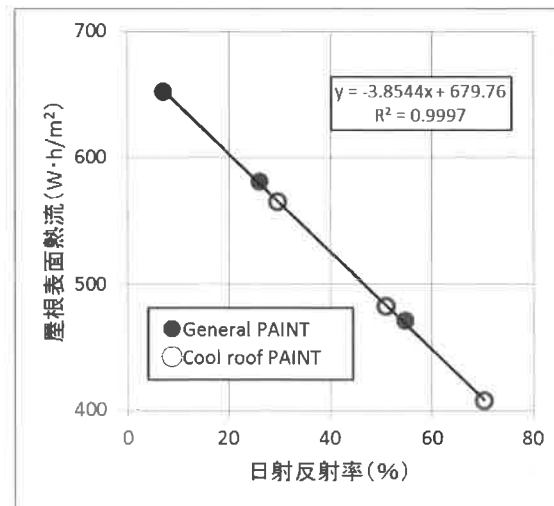


図 3.3 塗膜の日射反射率と屋根表面熱流の関係 (2013年4月19日)

表 3.3 塗装系と空調の電力消費量 (2012年10月19日)

色	Cool roof PAINT(KW·h)	General PAINT(KW·h)	電力低減率 (%)
N6 グレー	3.584	3.830	6.4
ブラウン	3.502	4.132	15.2

や風向きによって屋根裏空間の換気量が変化しているものと推察されます。

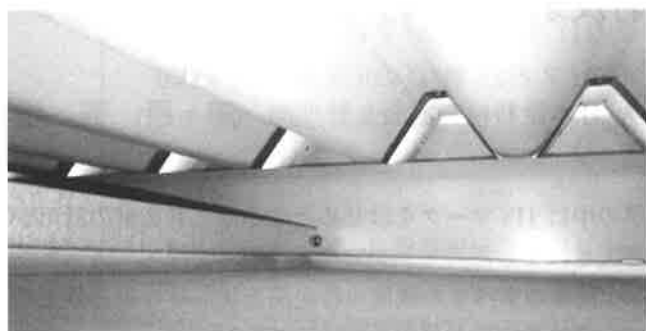


写真 3.1 プレハブ式実験棟の屋根裏
(折半屋根の端部から外光が見える)

4. 技術面に関する今後の課題

前述 (3.3 に記述) した通り、プレハブ式実験棟の屋根裏構造には風等による自然換気がなされています。今回は、この自然換気の効果も含めて評価しました。

また、本検討では、「省エネ塗料」の効果を「一般塗料」と比較することで評価していますが、広い試験サイトに設置しているプレハブ式試験棟の換気が全て同条件で起こっている保障はありません。したがって、この換気量を管理できる構造に改良することが望まれます。今後、この点を改良するとともに腐食や劣化が進行したセンサー類をメンテナンスし、更に検討を継続したいと考えます。

5. おわりに

本検討は、経済産業省委託事業「平成 24 年度貿易投資円滑化支援事業 (実証事業・一般案件) タイにおける省エネルギー技術として有効な屋根用省エネ塗料の技術協力事業」として、平成 24 年度に実施した結果の一部を紹介したものです。本検討では、膨大なデータを収録しており、今回はその内の一部について紹介しました。

本検討は、非常に大規模な実験であり、また実施サイトがタイ国と日本から遠く離れていることもあり、逐次、柔軟な検討や対策が困難だった事も事実です。まだ解析し切れていない部分も多数あります。そこで、今回の検討で得られた有意義な知見や反省点を踏まえ、今年度 (H 25 年度) も実証実験を継続する準備をしています。

現時点で不完全燃焼 (特に空調の消費電力量の検討) の部分が残っていますが、今年度も検討を続ける予定です。新たな知見が得られましたら、この日塗検ニュースでも逐次紹介していきたいと思っておりますので、今後の展開を見守って頂けると幸いです。

「高日射反射率塗料」を始めとする「省エネ塗料」は、日本が世界に誇れる素晴らしい技術です。この技術は、日本のみならず、より日射の強いタイ国を始めとする東南アジアでも必ずや人々の生活を豊かにするものと信じています。日塗検では、この塗料製品 (技術) の健全な発展に今後も努力してまいります。