

# 折板屋根に用いる日射遮蔽シートの日射遮蔽効果に関する検討

会員 ○ 黒鳥皓史 (ベターリビング)  
南雲祐輝 (ベターリビング)  
石川 浩 (有限会社石川テント)

会員 菅 哲俊 (ベターリビング)  
笹岡祐馬 (日本ワイドクロス株式会社)

## Study on Solar Shading Effect of Sunshade Sheet Installed in Folded-Plate Roof

Koji KUROTORI\*, Tetsutoshi KAN\*, Yuki NAGUMO\*  
Yuma SASAOKA\*\*, and Hiroshi ISHIKAWA\*\*\*

\*Center for Better Living Tsukuba Building Research and Testing Laboratory

2 Tachihara, Tsukuba, Ibaraki, 305-0802, JAPAN  
Fax: +81-029-864-2919

E-mail: kurotori@tblt.org

\*\* Nihon Widecloth Co., Ltd. \*\*\* Ishikawa Tent Co. Ltd.

### ABSTRACT

In this paper, we examined the effect of the sunshade sheet installed above roof, and proposed estimation formula for the temperature near the roof surface. From the result of examination, we confirmed that the air temperature near the roof surface was lowered by installing a sunshade sheet. In addition, an estimation formula for the air temperature near the roof surface was proposed, and we confirmed by simulation that the amount of heat reflux in the roof was reduced.

キーワード：日射遮蔽シート, 相当外気温, 実験検討

Keywords: Sunshade Sheet, Sol-air temperature, consideration for test

### 1. はじめに

工場などの大規模な空間を有する建物では、空調設備が設置されない場合がある。効率的な空調運転が難しい点や生産物への影響など、空調設備を設けない理由は様々である。しかし、工場内で勤務する作業員の健康への配慮が不可欠であり、建物の断熱性を高めて貫流熱量を抑えることや、エリア空調・局所空調の採用など、工場内における快適な温熱環境の形成は重要な課題である。

本論文では、折板屋根に設置する日射遮蔽シートの日射遮蔽効果を確認し、屋根表面付近空気温度を予測する推定式の構築と推定式を用いた貫流熱量の削減量の試算を行った。

### 2. 検討方法

日射遮蔽シートの設置による屋根表面温度・屋根表面付近空気温度への影響について、折板屋根のカットモデルを用いた比較実験を行った。また、屋根表面温度・屋根表面付近空気温度と日射量・外気温・風速との相関の有無を確認し、重回帰分析を用いて各要因の影響度を求めた。さらに、重回帰分析から求めた相関式を用いて屋根表面付近空気温度の推定値を算出し、実測値との比較を行った。

図1に試験体設置状況、表1に日射遮蔽シート概要を示す。折板屋根のカットモデル(試験体A・B: W1800 mm×D2500 mm×H1300 mm)を日射が十分に当たる平地に設置し、試験体Bに日射遮蔽シートを施工した。図2～3に試験体A・Bの計測点を示す。試験体A・Bの屋根表面温度・屋根表面付近空気温度はT型熱電対を用いて計測し、計測インターバルは2秒とした。実験は2019年6月18日から同年8月26日まで行った。



Fig.1 Installation status of specimen.

Tab.1 Sunshade sheet overview.

Material	Foundation cloth: Polyester 100% Resin : PVC
Size	W300mm × L <sub>max</sub> 500mm
Thickness	0.5mm
Color	White
Shielding rate	91.64%

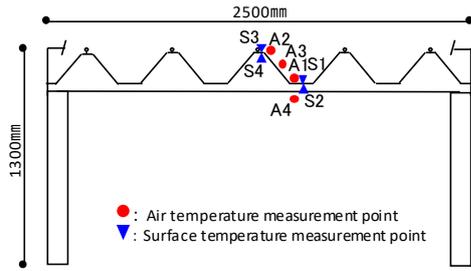


Fig. 2 Specimen A overview (sectional view)

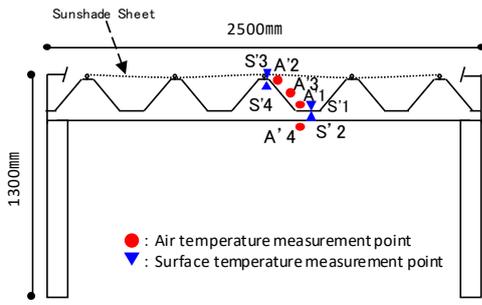


Fig. 3 Specimen B overview (sectional view)

### 3. 比較実験による日射遮蔽効果の確認

#### 3.1 試験体間の差異の確認

試験体 A と日射遮蔽シート設置前の試験体 B に差異が無い事を確認するため、試験体 A・B の表面温度測定を行い比較した。比較結果を図 4 に示す。試験体 A の計測点 S1 と試験体 B の計測点 S'1 は、ほぼ同じ温度であった。同様に、計測点 S3 と計測点 S'3 もほぼ同じ温度であった。ただし、午前 5 時 30 分ごろから午前 7 時ごろまで折板屋根の山部分 (S3・S'3) の表面温度が谷部分 (S1・S'1) の表面温度より高い結果となった。これは、山部分に対して日射が先行して当たることが原因と考えられる。

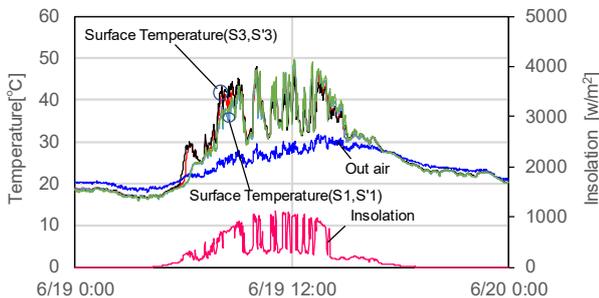


Fig. 4 Comparison of basic characteristics of specimen A and B

#### 3.2 代表日における屋根表面温度低減効果の確認

図 5 と図 6 に代表日 (7 月 31 日) における試験体 A・B の屋根表面温度の比較を示す。計測点 S3・S'3 は折板屋根の山部分であるため、計測点 S1・S'1 より早く温度差が表れた。日射遮蔽シートを設置した試験体 B の屋根表面温度は、試験体 A と比較して最大で約 10°C 程度低いことを確認した。

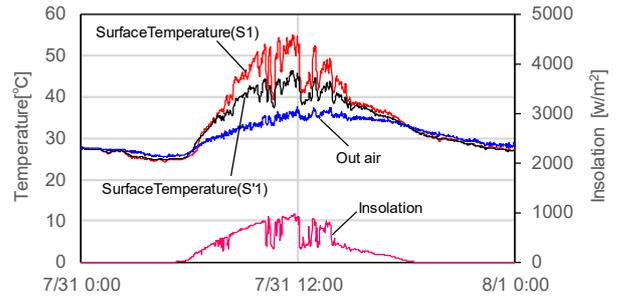


Fig. 5 Comparison of surface temperatures of specimen A and B (S1 and S'1)

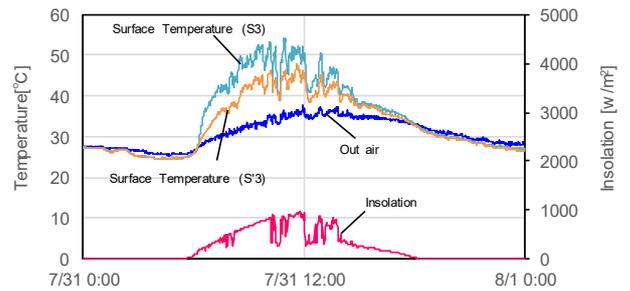


Fig. 6 Comparison of surface temperatures of specimen A and B (S3 and S'3)

#### 3.3 長期測定データの統計的解析による屋根表面温度低減効果の確認

試験体 A・B の屋根表面温度差と、屋根表面温度に影響すると考えられる日射量・外気温・風速との相関の有無を確認した。図 7~9 に試験体 A・B の計測点 (S1・S'1) における屋根表面温度差と、日射量・外気温・風速の相関をそれぞれ示す。データは 1 分間の平均値を用いた。

日射量の増加に伴い屋根表面温度差が大きくなる傾向にあり、決定係数は 0.72 を示した。(図 7)

外気温が 20°C 程度の場合は屋根表面温度に大きな差はみられないが、外気温が高くなるに伴い屋根表面温度差が大きくなることを確認した。(図 8)

風速と屋根表面温度差については、決定係数が 0.06 と非常に低いことを示した。(図 9)

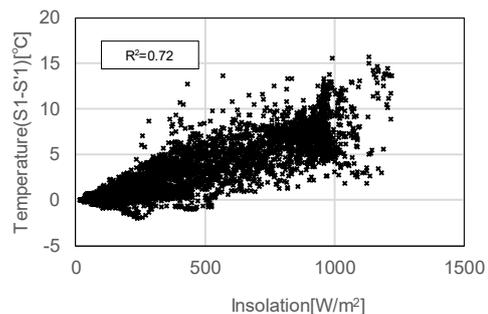


Fig. 7 Relationship between surface temperature difference (S1-S'1) and insolation

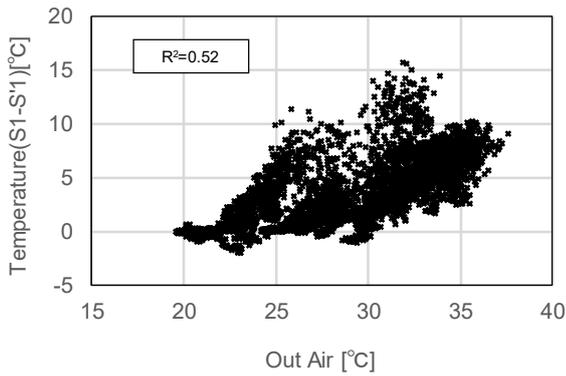


Fig.8 Relationship between surface temperature difference (S1-S'1) and out air temperature

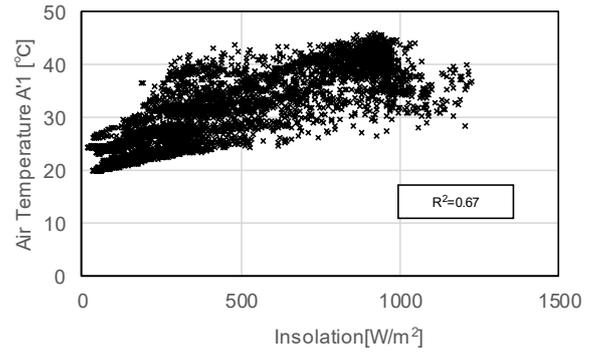


Fig.10 Relationship between near-surface air temperature (A'1) and insolation

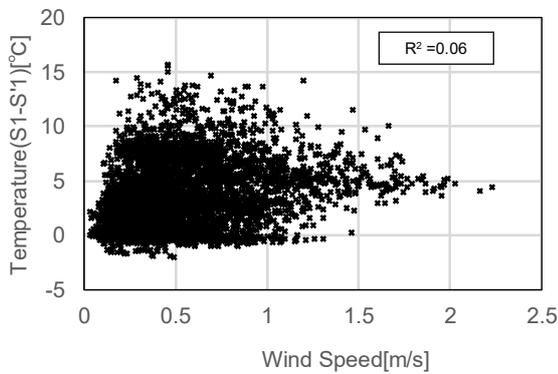


Fig.9 Relationship between surface temperature difference (S1-S'1) and wind speed

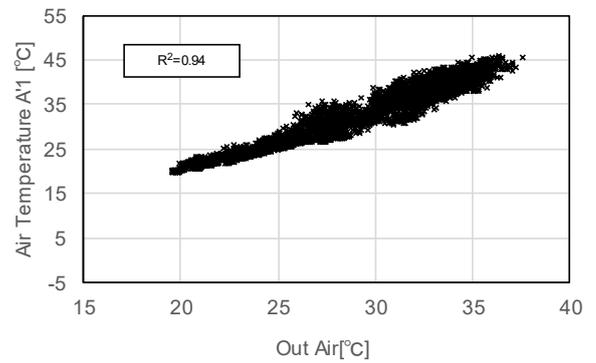


Fig.11 Relationship between near-surface air temperature (A'1) and out air temperature

#### 4. 屋根表面付近空気温度の推定式及び推定式を用いた屋根貫流熱量の削減効果の検討

##### 4.1 屋根表面付近空気温度と日射量, 外気温, 風速との関係

日射遮蔽シートを設置した場合の屋根表面付近空気温度と、屋根表面付近空気温度に影響すると考えられる日射量・外気温・風速との相関の有無を確認した。図 10～12 に試験体 B における計測点 A'1 の屋根表面付近空気温度と日射量・外気温・風速の相関を示す。データは 1 分間の平均値を用いた。

日射量増加に伴い屋根表面付近空気温度 (A'1) が高くなる傾向にあり、決定係数は 0.67 を示した。(図 10)

外気温が高くなるにつれて A'1 の温度も高くなり、決定係数が 0.94 と高い数値となった。外気温が比較的低い場合は、A'1 の温度と外気温はほぼ同じ温度であったが、外気温が比較的高い場合は A'1 の温度が外気温を上回る傾向にあった。(図 11)

風速と屋根表面付近空気温度については、決定係数が 0.04 と非常に低いことを確認した。(図 12)

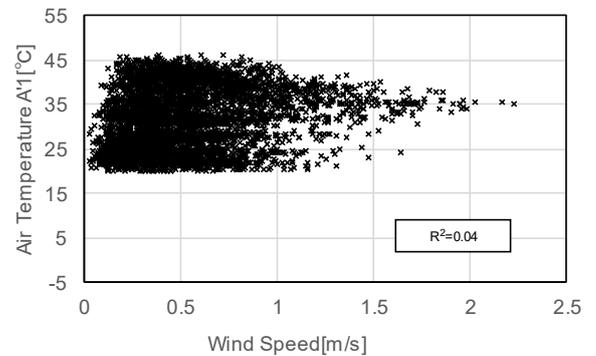


Fig.12 Relationship between near-surface air temperature (A'1) and wind speed

##### 4.2 重回帰分析による各要素の影響度の検討及び推定式

表 2 に屋根表面付近空気温度と日射量・外気温・風速との重回帰分析結果を示す。重回帰分析の結果、屋根表面付近空気温度と日射量・外気温・風速との重相関係数は 0.97 と高い結果となった。屋根表面付近空気温度は、日射量・外気温・風速で説明できると考えられる。また、屋根表面付近空気温度に及ぼす日射量・外気温・風速の影響度を調べるために重回帰分析の標準回帰係数を求めた。外気温の標準回帰係数が 5.95 と、日射量の標準回帰係数 1.15 に対し

て約 5 倍と影響度が大きいことが分かった。風速の影響度は日射量の約半分の値であり、無視できない要素であった。風速の標準回帰係数はマイナス値であり、風速が多いほど表面空気温度が低下することを表している。

Tab.2 Results of multiple regression analysis of air temperature near the roof surface (A'1) and insolation, out air temperature, and wind speed

	Insolation	Out air temperature	Wind speed
Regression coefficient	0.0037	1.2814	-2.0763
Standard regression coefficient	1.15	5.95	-0.66

重回帰分析で得られた結果を基に提案した屋根表面付近空気温度の推定式を式 1) に示す。

$$T_{A1} = -5.32054 + 0.0037 * I + 1.2814 * T_{out} - 2.0763 * W \quad \text{式 1)}$$

ここで：

$T_{A1}$ ：推定計算した屋根表面付近空気温度 (°C)

$I$ ：全日射量 ( $W/m^2$ )

$T_{out}$ ：外気温 (°C)

$W$ ：風速 (m/s)

推定式の精度を確認するため、3 章の比較実験における代表日の屋根表面付近空気温度実測値 (A'1) と、推定式 (式 1) を用いて計算した屋根表面付近空気温度試算値 (A''1) の比較を行った。

図 13 に試算した屋根表面付近空気温度 (A''1) と試験体 B の実測値 (A'1) との比較を示す。実測値の変動に対して試算値が追従する傾向を示したことから、試算値と実測値は概ね一致していると考えた。

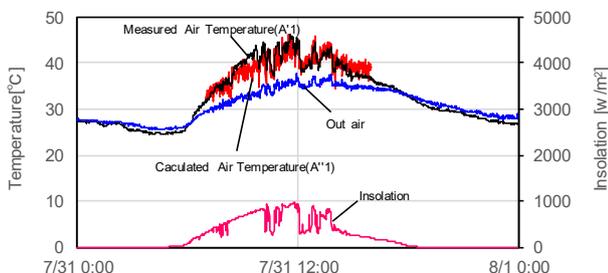


Fig.13 Comparison between estimated air temperature near the roof surface (A''1) and measured value of specimen B (A'1)

#### 4.3 屋根表面付近空気温度の推定式を用いた屋根貫流熱量の削減効果

推定式 (式 1) を用いて、日射遮蔽シートを設置した屋根における貫流熱量の削減量について試算を行った。

試算は 2Case 行った。Case1 は折板屋根 (鉄板, 厚さ: 0.6 mm) における日射遮蔽シートの有無の比較とした。Case2 は屋内側に断熱材 (無機質高充填フォーム, 厚さ: 10 mm, 熱伝導率 0.04W/mK) を設けた折板屋根における日射遮蔽シートの有無の比較とした。なお、折板屋根の日射吸収率  $\alpha$  は 0.4 に設定した。

表 3 に試算条件を示す。外気温・全日射量は実測値 (代表日) の 1 時間平均値を用い、室温は 28°C とした。Case1・2 とともに、日射遮蔽シートが無い場合は相当外気温を用い、日射遮蔽シートがある場合は推定式 (式 1) による試算値を用いた。

Tab.3 Trial calculation conditions

Time	Insolation	Sol-air temperature (Without sunshade sheet)	Air temperature out of the roof surface (With sunshade sheet)	Room temperature
	$W/m^2$	°C	°C	°C
7:00 AM	388.7	37.8	34.1	28.0
8:00 AM	577.6	43.2	36.7	28.0
9:00 AM	746.6	47.6	38.7	28.0
10:00 AM	635.9	46.9	40.3	28.0
11:00 AM	868.7	52.6	42.3	28.0
12:00 PM	504.4	45.3	40.8	28.0
1:00 PM	607.2	47.9	41.8	28.0
2:00 PM	319.8	41.4	39.7	28.0
3:00 PM	234.1	39.4	39.0	28.0

表 4 に Case1・Case2 の試算結果を示す。試算の結果、Case1・Case2 とともに日射遮蔽シートを設置したことにより貫流熱量が低減していることを確認した。

Tab.4 Estimated results

Time	Case1				Case2			
	Without sunshade sheet	With sunshade sheet	Reduction amount	Reduction rate	Without sunshade sheet	With sunshade sheet	Reduction amount	Reduction rate
	$W/m^2$		%		$W/m^2$		%	
7:00 AM	63.4	39.1	24.3	38.3	24.2	15.0	9.3	38.3
8:00 AM	98.3	56.3	42.0	42.7	37.6	21.5	16.0	42.7
9:00 AM	127.1	69.1	58.0	45.7	48.5	26.4	22.2	45.7
10:00 AM	122.6	79.4	43.1	35.2	46.8	30.3	16.5	35.2
11:00 AM	159.2	92.3	66.9	42.0	60.8	35.3	25.6	42.0
12:00 PM	112.0	82.8	29.2	26.1	42.8	31.6	11.2	26.1
1:00 PM	128.5	89.5	39.0	30.3	49.1	34.2	14.9	30.3
2:00 PM	86.7	75.6	11.1	12.8	33.1	28.9	4.2	12.8
3:00 PM	73.7	70.9	2.7	3.7	28.1	27.1	1.0	3.7

#### 5. おわりに

本論文では折板屋根に設置する日射遮蔽シートの効果の確認と、屋根表面付近空気温度の推定式を構築するための実験・検討を行い、さらに日射遮蔽シートの設置による貫流熱量削減の試算を行った。検討の結果、日射遮蔽シートを設置することで屋根表面温度が下がり、日射遮蔽効果があることを確認した。また、屋根表面付近空気温度の推定式を提案し、推定式を用いた試算により屋根からの貫流熱量が低減することを確認した。