

## 報告書

折板屋根におけるサーモバリア（スカイ工法）の遮熱効果について

平成 28 年 7 月 11 日

## 1. 実験概要

折板屋根においてサーモバリアの有用性を確認すべく、温度測定実験を行った。図 1 に実験装置を示す。図のような折板屋根の小屋を 2 つ用意し、折板屋根そのままのもの（図 2）およびサーモバリアを施工（スカイ工法）したもの（図 3）を準備した。

図 1 中の●印は T 型熱電対の設置位置を表しており、屋根表面と小屋の天井と室温(小屋中心)をそれぞれ 3 か所測定する。また、これとは別の T 型熱電対を直射日光があたり風通しの良い場所に設置し、外気温も同時に測定する。屋根、室温、外気温とも温度の測定は 5 分毎行う。2 つの小屋は同じ場所に並べて設置するため、気象条件は同じである。また、広場に設置するため 1 日を通して日陰になることはなく、入り口を南向きに設置することで屋根の傾きは影響しない。また、図 2~4 に今回実験を行う小屋の屋根の構造を示す。

測定は 2016 年 6 月 24 日~7 月 7 日、岐阜県各務原市で実施した。なお、この年の 6,7 月は雨や曇りが多かったため、実験期間中の晴れた日の測定データ、計 3 日間分に注目した。ここで使用するデータは 6 月 26 日、7 月 1 日、7 月 6 日のものであり、気象庁の観測 田からも、晴れており日照時間が 8 時間以上あったと記録されている。

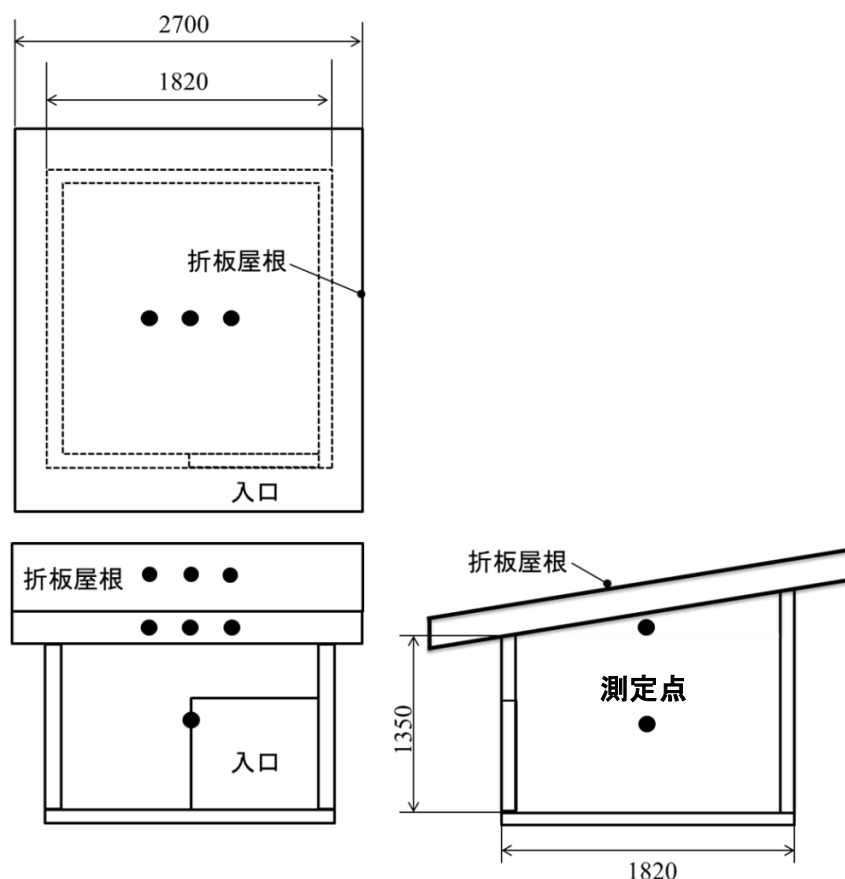


図 1 実験装置の概略図[mm]

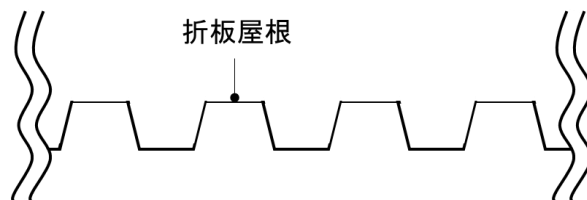


図 2 折板屋根の断面図

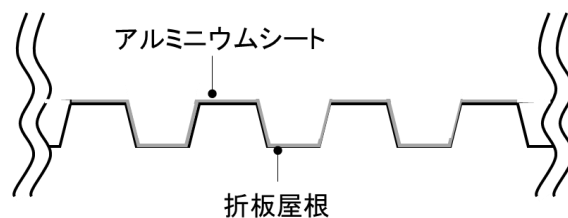


図 3 サーモバリアの断面図

## 2. 実験結果と考察

図4~6に、6月26日、7月1日、7月6日のそれぞれの小屋における屋根表面温度を示す。なお、結果は3点の測定結果の平均温度を示す。

まず、全体の特徴として日差しが強い12時前後の温度が一番高いことがわかる。図6では最高温度は約60℃であり、この熱が室内へ伝わることで室温も上昇する。

サーモバリアの有無を比べると、サーモバリアありの場合は12時前後において3日とも屋根表面温度が低いことがわかる。とくに図6の7月6日の結果では最大10℃の差がある。

この理由として、サーモバリアの高い反射率が挙げられる。サーモバリアは純度の高いアルミ箔であり、日射を反射することで屋根の温度上昇を防ぐことができる。

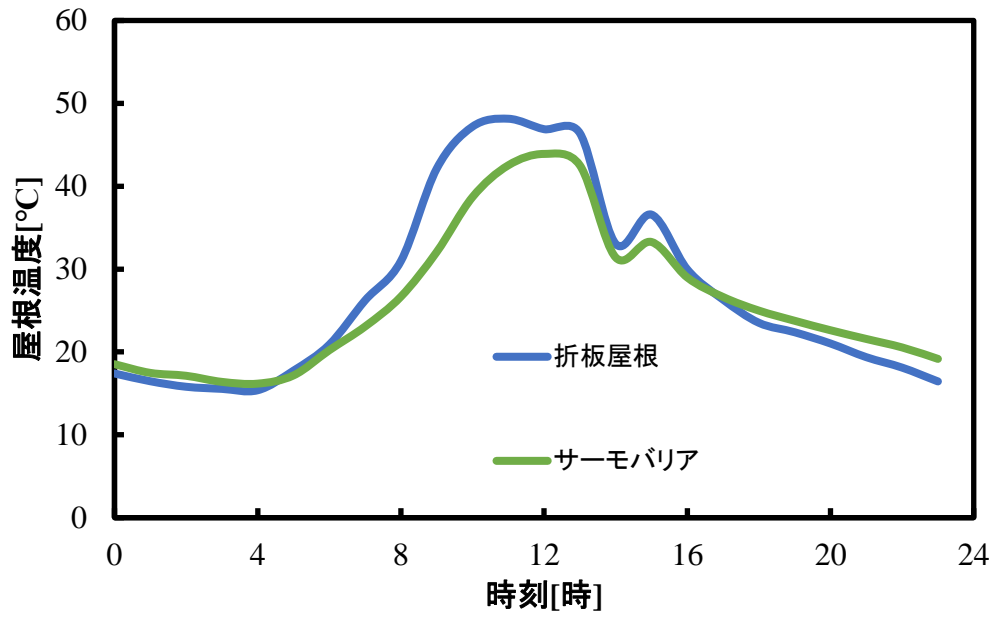


図4 6月26日の屋根表面温度

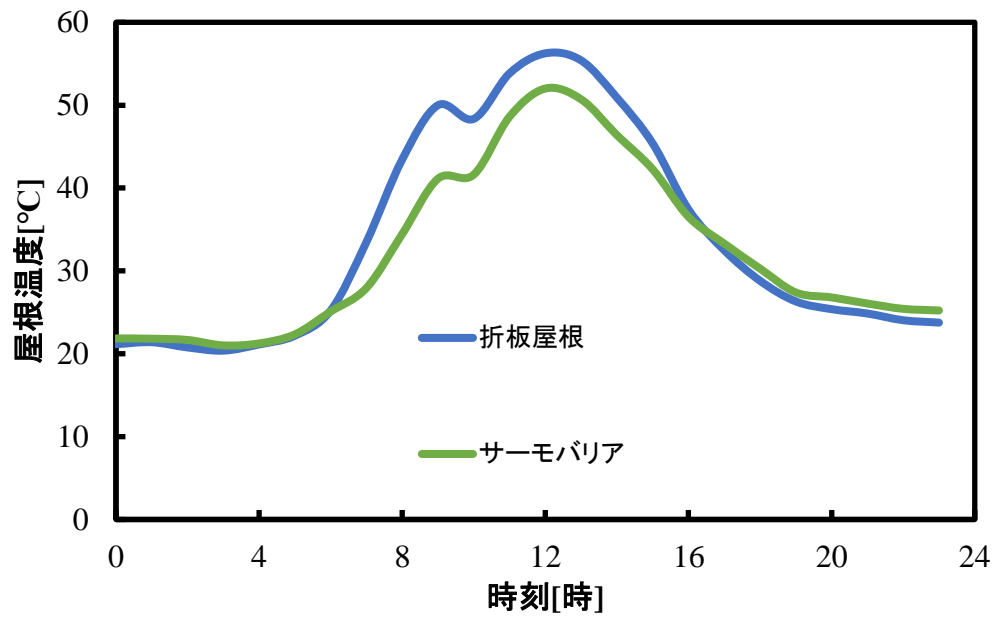


図5 7月1日の屋根表面温度

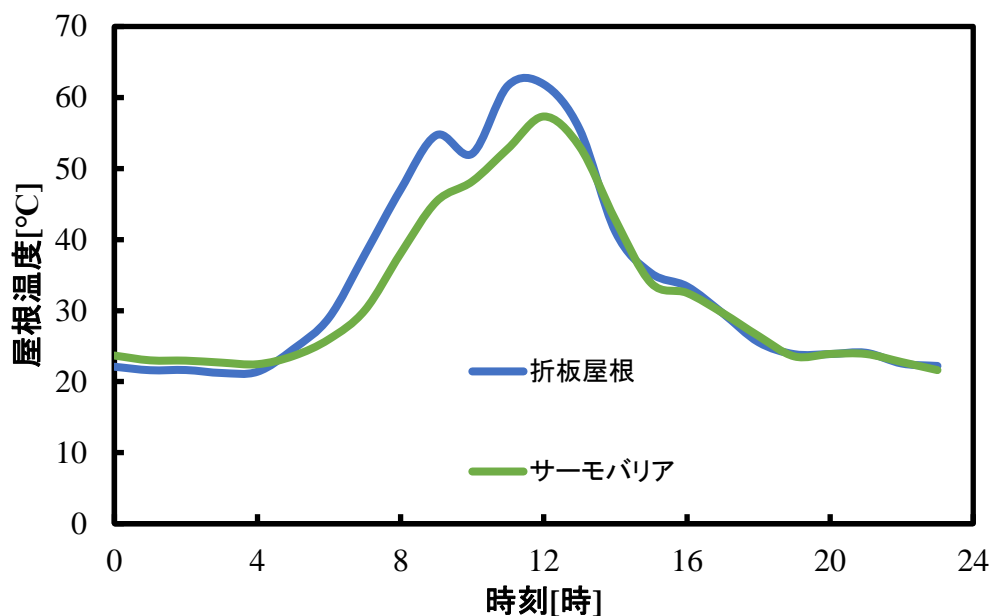


図6 7月6日の屋根表面温度

続いて、室温の結果を比較する。図7～9に6月26日、7月1日、7月6日のそれぞれの小屋の室温を示す。なお、結果は3点の測定結果の平均である。図9を見ると、サーモバリアがない場合は、日中49℃程度まで室温が上昇するのに対し、サーモバリアありの場合は38℃程度に抑えられている。このことから日中は安定した遮熱効果が確保されていることが分かる。オフィスアワー（8時から17時）で考えると平均5℃程度、サーモバリアにより室温が低く抑えられていることが分かる。

また、サーモバリアありの場合は、気温上昇がピークを越え低下し始めると、外気温やサーモバリアなしに比べ低下速度が遅く他より温度が高い時間帯がある。これは、日射等の外からの熱を反射する代わりに、室内の熱を逃がさない性質があるためである。しかし室温が低下しにくいということは短所ではなく、空調の使用を前提として考えるのであればむしろ長所と言える。冷房(暖房)による冷氣(暖気)が外部から加熱(冷却)されにくいからである。冷房で考えれば、48℃を28℃へ冷却するより、40℃を28℃へ冷却する方が消費電力は小さい。そのため、サーモバリアにより日射による加熱を防ぐことで冷房への消費電力を減らすことができるものと考えられる。

これらの結果から、サーモバリアの遮熱性と保温性が確認でき、空調の消費電力削減が期待できることが分かった。

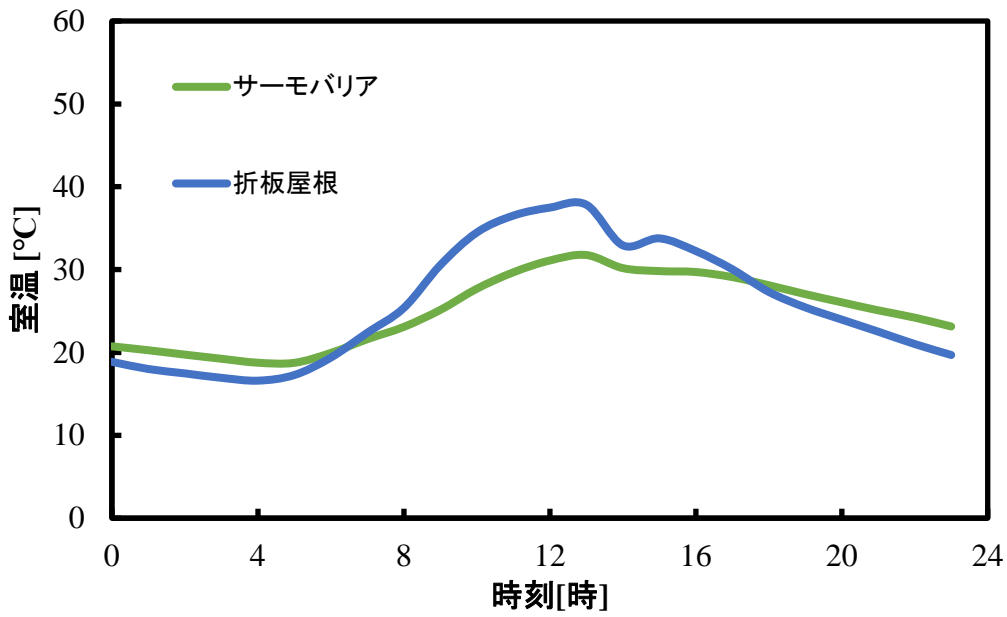


図7 6月26日の室温

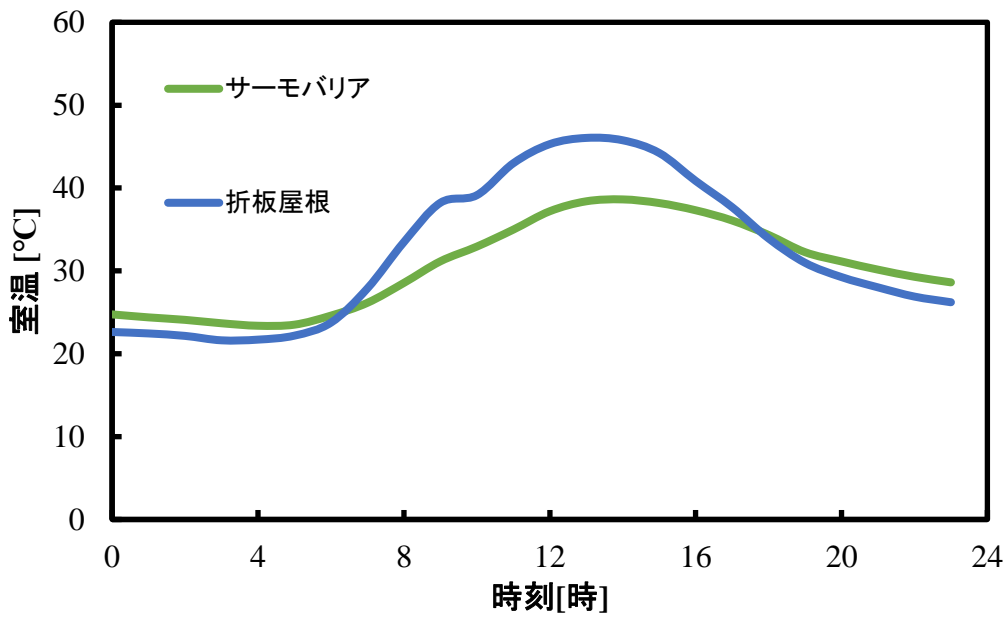


図8 7月1日の室温

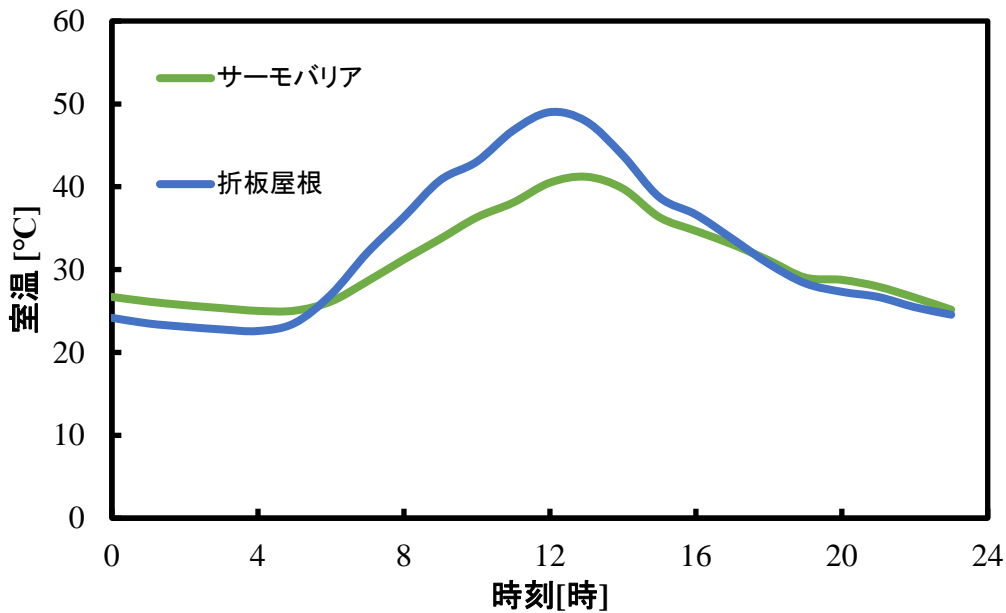


図9 7月6日の室温

### 3. 消費電力の削減

今回は縮小モデルとして寸法の小さい小屋を用い室温の違いを計測したが、ここで計測された小屋の室温は、今回の実験系からして、一般の店舗やオフィスにおける天井雰囲気温度に近いものと考えられる。そこで、サーモバリア処理を施し天井雰囲気温度を日中で平均5°C低下させた場合について、冷房に要する消費電力の低減効果を概算する。冷房の消費電力は、冷房への熱負荷により決定される。サーモバリア処理による熱負荷の低減率は以下の式で算出できる。

$$\begin{aligned}
 \text{熱負荷低減率} &= \frac{[Q_{\text{屋根}}(T_{\text{雰囲気}}) + Q_{\text{屋根以外}}] - [Q_{\text{屋根}}(T_{\text{雰囲気}} - 5^{\circ}\text{C}) + Q_{\text{屋根以外}}]}{Q_{\text{屋根}}(T_{\text{雰囲気}}) + Q_{\text{屋根以外}}} \\
 &= \frac{Q_{\text{屋根}}(T_{\text{雰囲気}}) - Q_{\text{屋根}}(T_{\text{雰囲気}} - 5^{\circ}\text{C})}{Q_{\text{屋根}}(T_{\text{雰囲気}}) + Q_{\text{屋根以外}}}
 \end{aligned}$$

屋根以外から流入する熱量がいくらかになるかについては、建物が置かれた熱環境条件により様々である[2]。発熱源としては、照明、人体、発熱機器（ショーケースなどからの排熱など）などがあり、またショーケースなどからの冷熱の漏れなども考慮に入れ、正味の発熱量を見積もる必要がある。さらに、照り返しで高温となった側壁から建物内への熱の流入なども併せて顧慮し、屋根以外を通じて流入する熱量を算出しなくてはならない。仮にこれ

が屋根からの流入熱の半分程度であり、天井の熱だまりの雰囲気温度40℃に対して、冷房を28℃に設定するものとする。この様な仮定の下、天井雰囲気から室内への輻射伝熱に注目し、上式より熱負荷低減率を算出すると、30%程度となることが分かる。

$$\text{熱負荷低減率} = \frac{Q_{\text{屋根}}(T_{\text{雰囲気}}) - Q_{\text{屋根}}(T_{\text{雰囲気}} - 5^{\circ}\text{C})}{1.5Q_{\text{屋根}}(T_{\text{雰囲気}})} = 30\%$$

すなわち、消費電力と熱負荷が大雑把に比例関係にあるとすれば、30%の消費電力削減が可能ということになる。

今回の見積もりは、あくまでも計測された小屋の室温が天井雰囲気温度に対応するという仮定に基づくものである。個別の状況下については、実測値が無いことから、確実なことは言えない。しかしながら、現実にはサーモバリアにより小屋の雰囲気温度は日中平均で5度も低下しており、冷房への熱負荷はかなり低減するものと考えられる。壁の面積に比べ屋根の面積が大きな建物においてサーモバリアによる熱負荷低減は効果的である。例として、工場、スーパー、ドラッグストア、コンビニなどの商業施設など平面的に大きな建物に有効であると考えられる。

#### 4. まとめ

小屋にサーモバリアを施工し、比較実験を行った。その結果、サーモバリアを施工した小屋には明らかな室温の低下が見られた。屋根表面温度は最大約10℃、室温は最大約11℃の優位な温度低下が認められた。また、オフィスアワー（8時から17時）で考えると平均5℃程度の室温が低く抑えられており、サーモバリアの遮熱効果が際立っていることが分かった。また、折板とサーモバリアの組み合わせは、室外からの太陽放射を遮断し、また室内からの放熱も遮断するという、理想的な断熱効果をもたらすことが明らかとなった。典型的なコンビニの折板屋根にサーモバリアを施工することで、冷房熱負荷が30%程度低減する可能性があることから、消費電力節減に有効である。

#### 5. 参考文献

- [1]国土交通省気象庁ホームページ、<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- [2]湯浅他、空気調和・衛生工学会学術講演論文集 2007.9.12-14、 pp. 1491-1494