

サーモバリアの有無による室内温度の違い
(温度計測結果の報告書)

静岡大学工学部

中山 顕

平成 24 年 8 月 3 日

1. 実験装置・実験方法

図 1 に用いた実験装置を示す。二つ物置を屋外に設置し、一方の屋根にサーモバリア処理を施した。サーモバリア処理を施していないものを倉庫 1、処理を施した倉庫を倉庫 2 とする。倉庫 1 と倉庫 2 は、障害物の無い充分広い平地に干渉しないよう離して設置しており、太陽からの放射も含めて全く同じ条件の下にある。倉庫の寸法は、縦 1820[mm]、横 1820[mm]、高さ 1817[mm]である。

温度計測には T 型熱電対を用いた。熱電対を設置した位置を図 2 に示す。計測位置は一つの倉庫に対して、屋根の表を 3 点、屋根の裏を 5 点、倉庫内部の雰囲気気を 1 点測定した。なお、熱電対はアルミテープを用いて固定した。実験開始時刻は正午とし、実験開始から 168 時間にわたり温度履歴の計測を行った。また実験期間中の天候は概ね晴天であった。

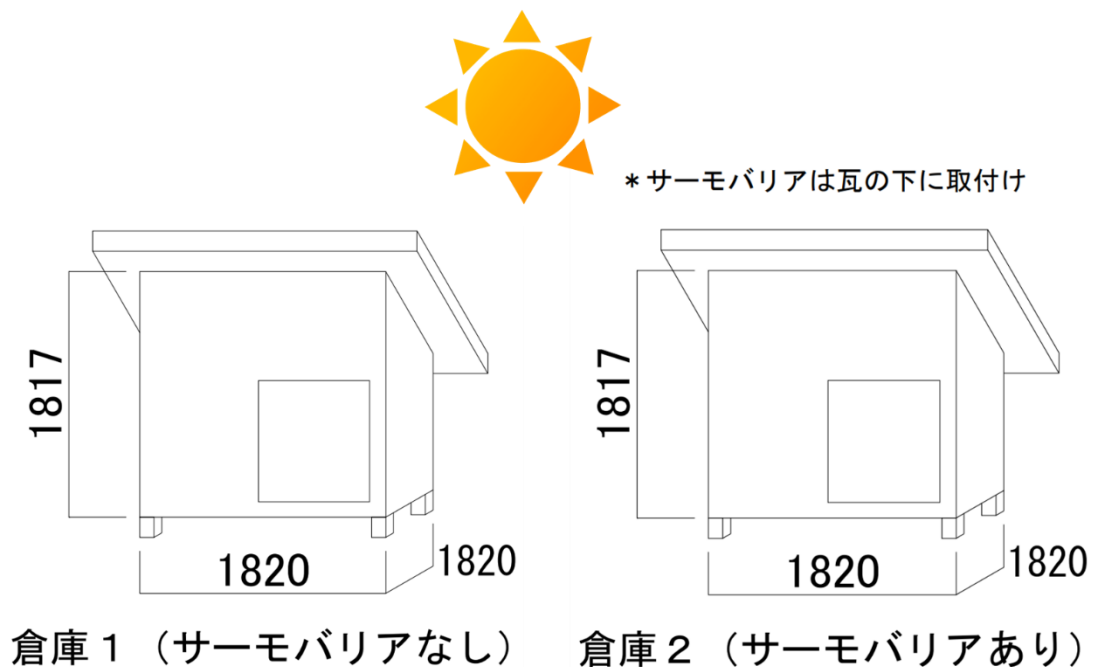


図 1 実験装置概略図[mm]

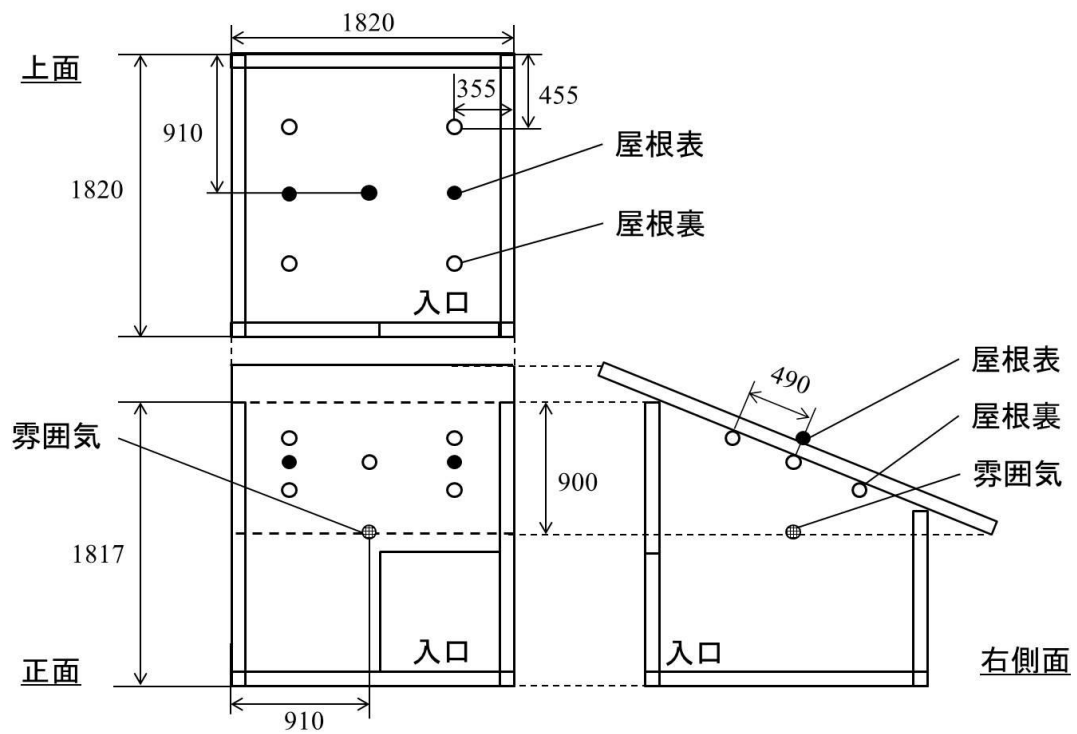


図 2 熱電対の設置位置[mm]

2. 各測定点の温度の計時変化

図 3 に、倉庫 1（サーモバリア処理していない屋根）の 1 時間毎の測定点における経時変化を示す。各温度は、それぞれの測定点の平均値を用いている。図より、正午に対応する 24 時間後および 48 時間後付近に最高温度を有する周期的温度変化が確認できる。各箇所の温度の経時変化には同様なパターンが認められる。また各箇所の最高温度に注目することで、屋根表、屋根裏、屋根下雰囲気（屋根下の暖気塊）の順に高温となっていることが分かる。なお、同様な傾向が倉庫 2（サーモバリア処理した屋根）にも認められる。

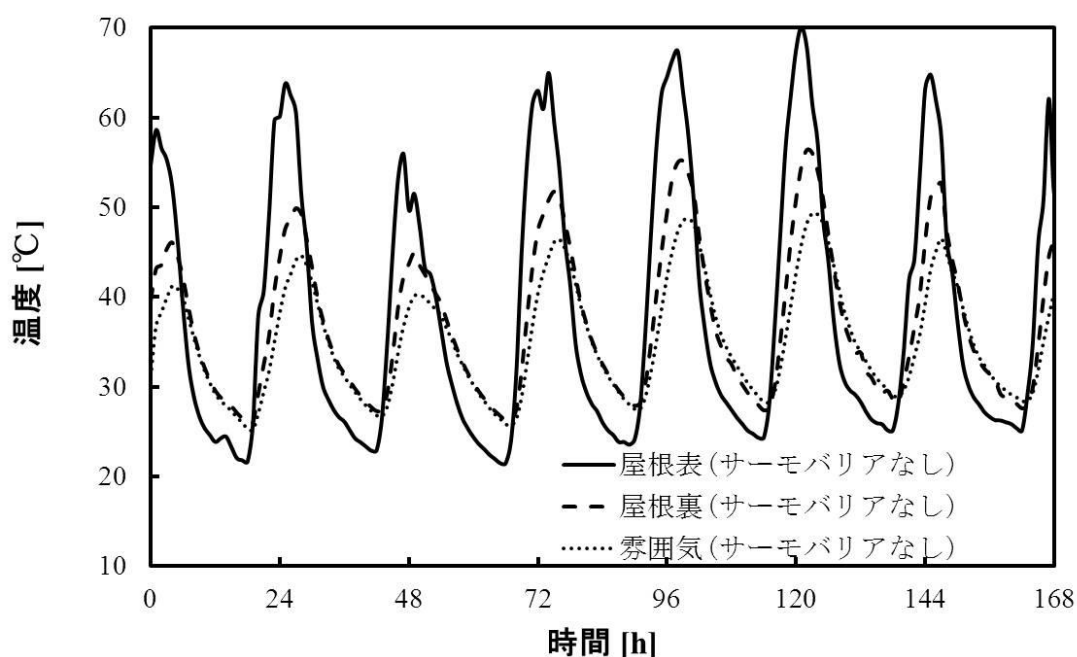


図 3 倉庫 1 (サーモバリア処理していない屋根) の各温度の経時変化

3. サーマバリア処理していない屋根とサーモバリア処理した屋根の 温度の断熱性能の比較

図 4、5 および 6 に、倉庫 1 (サーモバリア処理していない屋根) と倉庫 2 (サーモバリア処理した屋根) について、屋根表、屋根裏および屋根下の暖気塊でそれぞれ計測した温度の経時変化を示す。なお、屋根表および裏の温度は各測定点の平均値である。図 4 はサーモバリアの有無に依らず屋根表の温度に差異がないことを示しており、太陽光に曝される屋根表の状態が同一であることを示している。一方、図 5 より、太陽熱を浴びる昼間時には、サーモバリア処理した屋根を用いることで、屋根裏の温度を 5°C から 9°C 低く抑えることができることが分かる。

また、図 6 より、サーモバリア処理を施すことで、屋根下の暖気塊の温度を約 4°C 低温度に保つことができることが分かる。これは非常に優位な温度差であり、冷房に要する消費電力の大幅な削減が可能となる。以上か

ら、サーモバリア処理を施すことにより、屋根の断熱性が大きく向上することが明らかとなった。

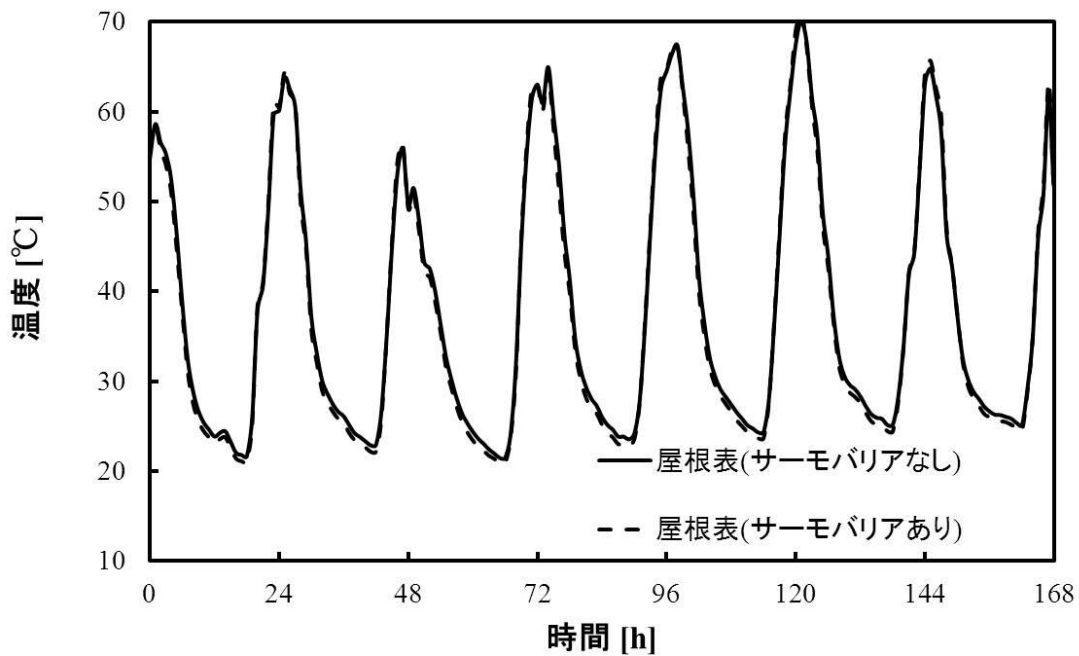


図 4 屋根表の温度経時変化

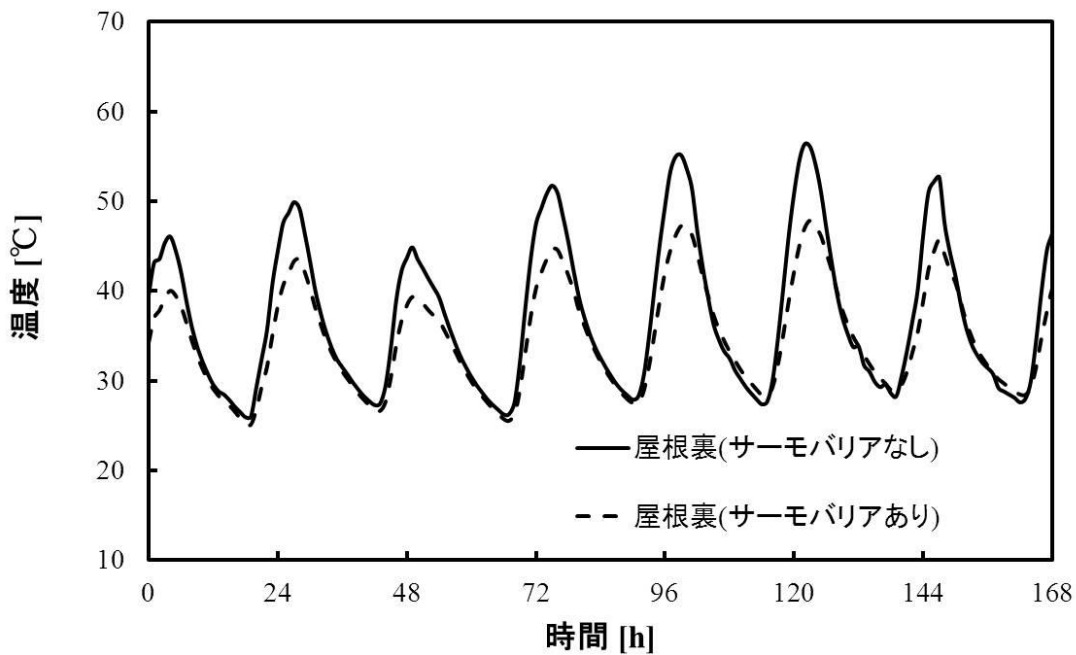


図 5 屋根裏の温度経時変化

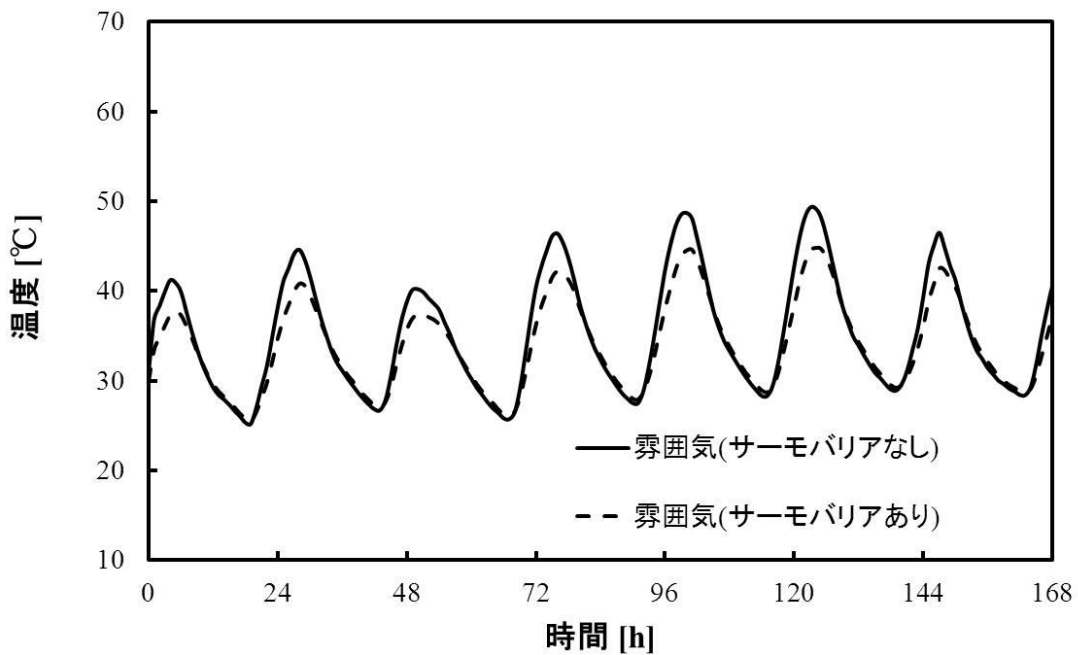


図 6 屋根下の暖気塊の温度の経時変化

4. 消費電力の削減

サーモバリア処理を施して屋根の下の暖気塊の温度を 4°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してみる。全熱負荷の低減率は以下のようなになる。

$$\begin{aligned}
 \text{熱負荷低減率} &= \frac{[Q_{\text{屋根}}(T_{\text{暖気塊}}) + Q_{\text{屋根以外}}] - [Q_{\text{屋根}}(T_{\text{暖気塊}} - 4^{\circ}\text{C}) + Q_{\text{屋根以外}}]}{Q_{\text{屋根}}(T_{\text{暖気塊}}) + Q_{\text{屋根以外}}} \\
 &= \frac{Q_{\text{屋根}}(T_{\text{暖気塊}}) - Q_{\text{屋根}}(T_{\text{暖気塊}} - 4^{\circ}\text{C})}{Q_{\text{屋根}}(T_{\text{暖気塊}}) + Q_{\text{屋根以外}}}
 \end{aligned}$$

今、冷房設定温度を 25°C とし、屋根以外から入る熱負荷が屋根から入る熱負荷の半分程度であると仮定する。ふく射伝熱が支配的であるとし、ふく射熱流束が絶対温度（絶対温度 $T = \text{摂氏温度} + 273$ ）の 4 乗に比例す

ることに留意すると、

$$\begin{aligned} \text{熱負荷低減率} &= \frac{Q_{\text{屋根}}(T_{\text{暖気塊}}) - Q_{\text{屋根}}(T_{\text{暖気塊}} - 4^{\circ}\text{C})}{1.5Q_{\text{屋根}}(T_{\text{暖気塊}})} = \frac{(T_{\text{暖気塊}})^4 - (T_{\text{暖気塊}} - 4^{\circ}\text{C})^4}{1.5((T_{\text{暖気塊}})^4 - (T_{\text{室温}})^4)} \\ &\cong \frac{4\left(\frac{T_{\text{暖気塊}} + T_{\text{暖気塊}}}{2}\right)^3 4^{\circ}\text{C}}{6\left(\frac{T_{\text{暖気塊}} + T_{\text{暖気塊}}}{2}\right)^3 (T_{\text{暖気塊}} - T_{\text{室温}})} = \frac{8}{3(T_{\text{暖気塊}} - T_{\text{室温}})} = \frac{8}{3(40 - 25)} = 18\% \end{aligned}$$

すなわち、約 18% の消費電力の低減が可能となる。なお、工場の場合のように、熱負荷がほとんど屋根からの場合には最大で約 27% の消費電力の低減が可能と思われる。

ここでの試算はあくまでも簡単な仮定に基づくものである。実際にどのくらい消費電力が低減するかについては、個々の場合について、建物の状況に応じ、熱の流入を精査した上で、全体の熱のバランスを考え検討する必要がある。

5. サーモバリアの断熱性能

サーモバリアの有無に依らず屋根表の温度に差異がないこと、サーモバリア処理した屋根を用いることで、屋根裏の温度を 5℃ から 9℃ 低く抑えることができることが分かった。このような明らかなサーモバリアの断熱効果が断熱材にした場合にどれくらいの性能に対応するかについては「サーモバリアの断熱性能に関する報告書」で詳しく検討されている。すなわち、グラスウール断熱材（熱伝導率 0.0559[W/mK]）にして厚さ 75mm を加えたことに相当し、サーモバリア処理を施すことで、屋根に新たに熱抵抗にして 1.34m²K/W の断熱材を加えたことに対応することが分かる。

6. 結び

サーモバリア処理により、晴天時には、屋根裏の温度が約 5℃から 9℃程度低下する。また、屋根の下の暖気塊の温度は約 4℃程低下する。この効果により、屋根の断熱性が向上し、冷房に要する消費電力の大幅な低減が期待できる。