

1. 目的

常緑キリンソウ袋方式（FTM バッグ）を建屋の屋根上面に設置した場合における建屋内の熱環境の改善効果を検証する。

2. 検証概要

人工太陽を装備した人工気象室において、折板屋根に常緑キリンソウ袋方式（FTM バッグ）を設置した場合の折板屋根の建屋内側表面温度の低下量等を計測し、建屋内への放射熱の改善効果等を把握した。

1) 試験場所

東レ瀬田工場（滋賀県大津市）内「テクノラマ GIII」

2) 試験日時

2023年10月12日（9～16時）

3) 試験体

常緑キリンソウ袋方式（FTM バッグ） 縦：100cm×横：20cm

3. 試験方法

1) 環境条件

- ・気温：35°C
- ・湿度：60%RH
- ・風：1.0m/s 以下
- ・日射：1,160W/m²

2) 測定項目

- ・黒球温度（標準式）
- ・風速（超音波式）
- ・日射量
- ・折板屋根裏面温度（熱電対）
- ・FTM バッグ表面温度（熱電対）
- ・FTM バッグ内温度（熱電対）
- ・熱画像

3) 評価項目

- ・折板屋根裏面温度
- ・折板屋根からの放射熱量
- ・折板屋根下の暑さ指数及び体感温度

4) 設置方法

人工気象室の床面から 1.5m の高さに折板屋根を設置し、その上に FTM バッグを設置した。

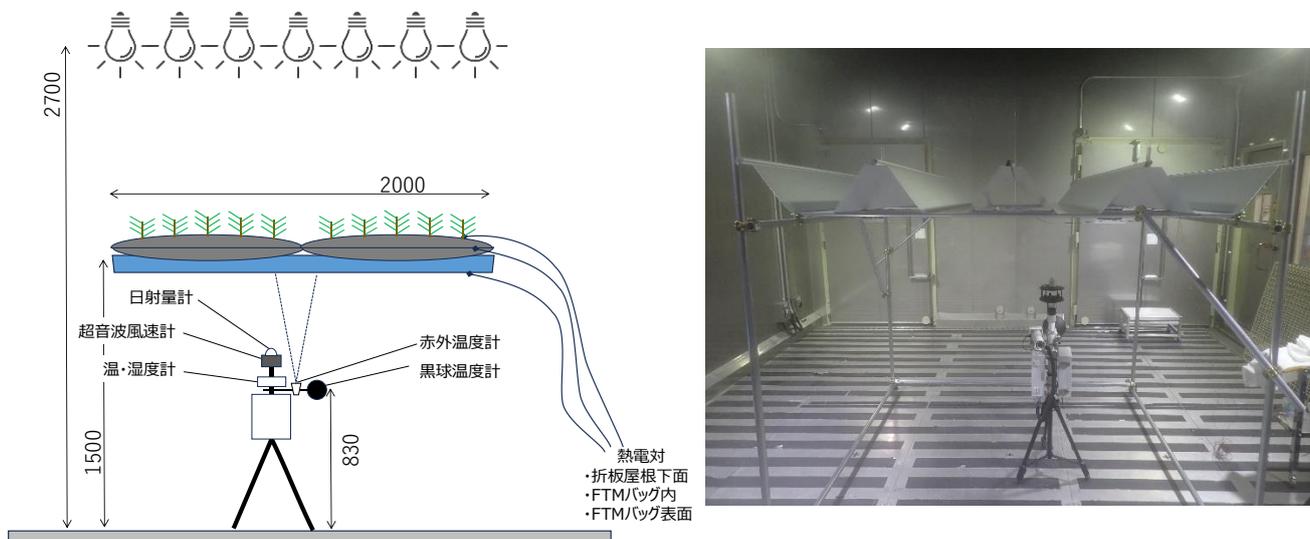


図1 折板屋根と FTM バッグ、測器の設置位置

FTM バッグの折板屋根への設置方法は、以下の 2 通りとした。

谷置きケースは平置きケースの半数のバッグを用いており、日射が直接折板屋根に当たる部分がある。

【谷置き】



【平置き】

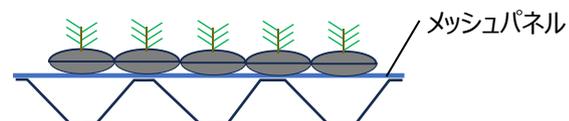


図2 谷置き (左写真) と平置き (右写真)

4. 試験ケース

以下の3ケースを実施した。

- ① 折板屋根ケース (基準)
- ② 谷置きケース (谷置)
- ③ 平置きケース (平置)

5. 試験結果

1) 折板屋根裏面温度

以下に基準、谷置、平置の3ケースの折板屋根裏面温度等を示す。

折板屋根裏面温度は、折板屋根のみの基準ケースの場合、15分程度でほぼ平衡に達し、30分後には66.2°C(5分平均、以下同様)となった。谷置きケースでは、バッグが設置された位置での折板屋根裏面温度は30分後には39.0°C、60分後には41.9°C、最終の75分後には43.2°Cとなり、バッグ内の温度とともに折板屋根裏面温度は上昇を続けた。平置きケースでは、30分後に41.3°C、以降、ほとんど変化せず、最終150分後で41.7°Cであった。平置きケースでは90分後にはバッグ内の温度が折板屋根裏面温度よりも高くなり、バッグ内温度は最終150分後に44.7°Cになったが、折板屋根裏面温度への影響はほとんど見られなかった。

平置きの場合、折板屋根とメッシュパネルの間に空間が生じ、その空間に風が通るため、谷置きにくらべ折板屋根の温度上昇が抑制されたと考えられる。

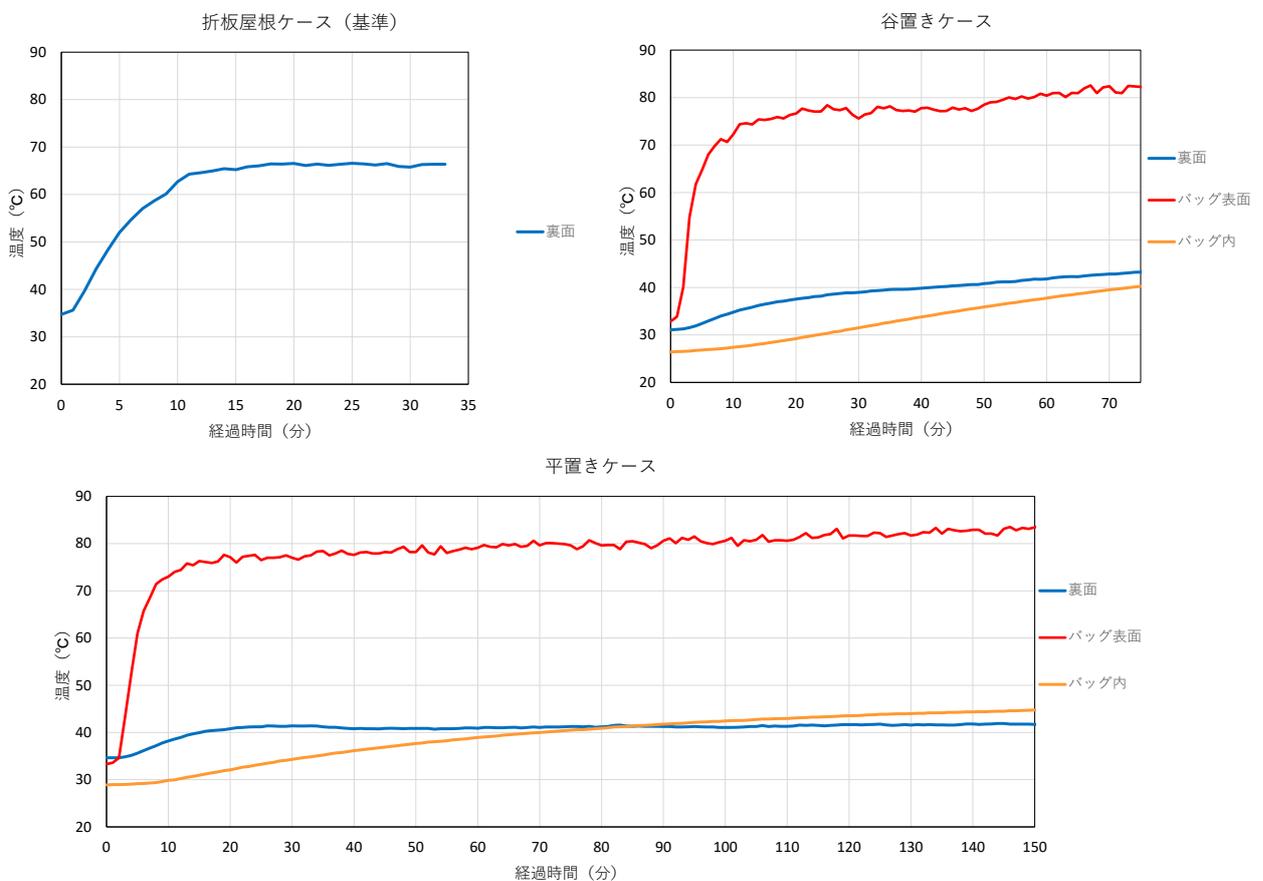


図3 折板屋根裏面温度等の推移

表1 折板屋根裏面温度の推移

	30分後	75分後	150分後
折板屋根ケース	66.2°C	—	—
谷置きケース	39.0°C	43.2°C	— (上昇傾向)
平置きケース	41.3°C	41.2°C	41.7°C

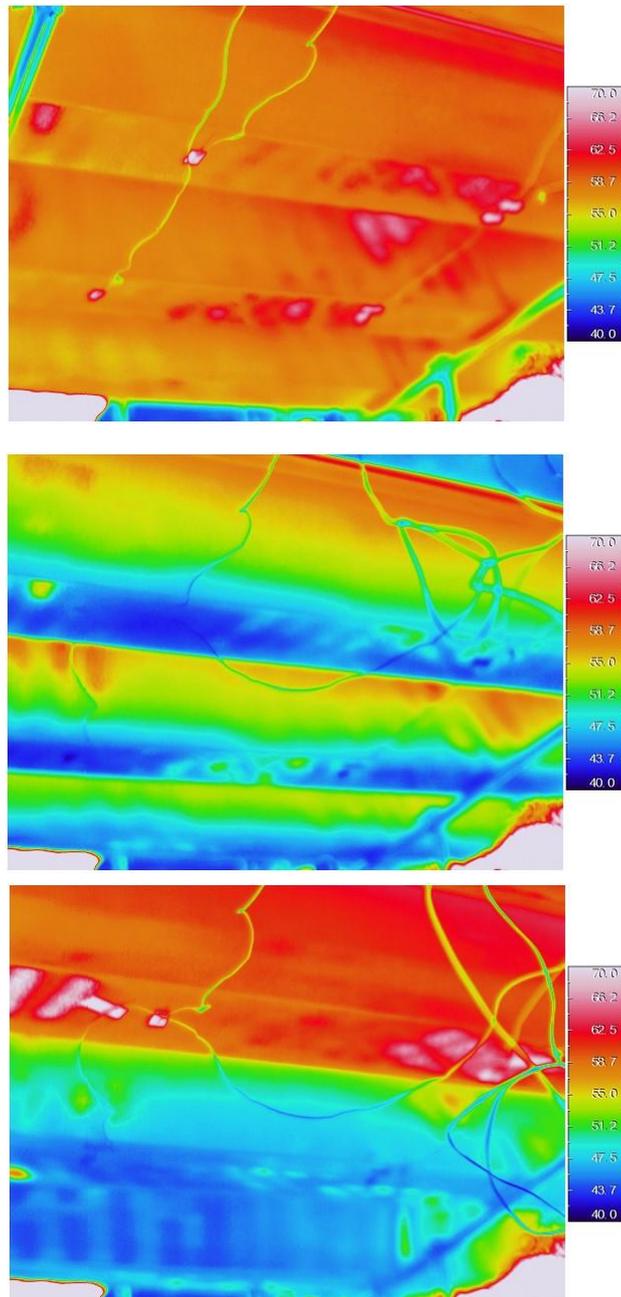


図4 折板屋根裏面の熱画像 (上から、「基準」「谷置」「平置 (画像奥側)」)

2) 折板屋根からの放射熱量

日射により高温化した折板屋根から建屋内に侵入する熱の経路は、放射¹と対流²が考えられるが、比較的、建屋内屋根面が高い倉庫などでは、対流によって暖められる空気は上部に滞留するため、短時間では床面付近の熱環境には影響しにくい。そのため、ここでは対策による折板屋根裏面からの放射熱の減少量を評価する。

放射エネルギー量は、ステファンボルツマン定数を用いて、以下の式で求めることができる。放射率は、折板屋根の材料として多く使われるガルバリウム鋼板を想定した。

$$E = \epsilon \sigma T^4$$

E：放射エネルギー [W/m²]

ε：放射率（ガルバリウム鋼板：0.35³）

σ：ステファンボルツマン定数(≒5.67×10⁻⁸) [W/m² K⁴]

T：物体の絶対温度 [K]

折板屋根ケースと平置きケースの表面温度と放射エネルギー、及びその差分を表に示した。表面温度は、平置きケースの方が 24.5℃低く、放射エネルギーは 68.2W/m²少なくなっていた。

表 2 表面温度と放射エネルギー

	表面温度 (°C)	放射エネルギー (W/m ²)
折板屋根ケース（基準）	66.2	263.2
平置きケース	41.7	195.0
差分（基準－平置）	24.5	68.2

参考までに、対策による放射エネルギーの減少分が冷房の電力消費量を削減する可能性について、いくつかの仮定のもとに概算値を求めた。

放射エネルギーの差分 68.2W/m²をエアコンの電力消費量に換算すると、エアコンの冷房時の COP を「4.0」と仮定した場合、床面積 100 m²当りの冷房の消費電力量の差分は 1.7kWh となる。

日中の最大負荷時の差分を 1.7kWh（12 時）とし、仮に朝 7 時から直線的に差分が増加し、逆に夕方 17 時まで直線的に差分が減少した場合、床面積 100 m²当りの一日の差分は 8.5 kWh となる。

冷房時の COP が 3、4、5 と仮定した場合の一日の電力消費量の差分の推定値を以下に示した。

¹ 折板屋根の裏面から熱が電磁波の状態でも周囲に放出され、離れたところにある物体に当たることで、物体の温度を上昇させる現象。折板屋根から放出される電磁波の強さは、折板屋根の裏面温度の 4 乗に比例する。

² 折板屋根に接した空気に熱を伝え、暖められた空気が上昇して熱を伝える現象。ただし、屋根の近くで暖められた空気は上部に滞留するため、対流による熱伝達は活発には行われない。

³ JFE 鋼板、建材総合カタログ

https://www.jfe-kouhan.co.jp/products/catalog/pdf/digitalbook_kenzai/bookdata/html5.html#page=1

表3 冷房時 COP と日冷房電力消費量の差分（推定値）

COP	電力消費量 (kWh)
3	11.4
4	8.5
5	6.8

3) 折板屋根下の暑さ指数及び体感温度

折板屋根の下、約 0.7m の位置での平均放射温度⁴ (MRT)、暑さ指数⁵ (WBGT)、体感温度⁶ (SET) を算出した。基準、谷置、平置きケースのそれぞれ試験開始 30 分時点で評価した。平置きケースについては、試験体を折板屋根の面積の半分に設置したため、全面に設置した場合の MRT 推定値で評価した。

暑さ指数 (WBGT) は、谷置きケースで 0.1°C、平置きケースで 0.3°C の低下量となった。

体感温度 (SET) は、谷置きケースで 0.6°C、平置きケースで 1.1°C の低下量と推定された。

表4 各ケースの MRT、WBGT、SET

	MRT (°C)	WBGT (°C)	SET (°C)
基準	47.9	31.7	38.9
谷置	47.0	31.5	38.2
平置 (推定)	45.1	31.3	37.8

表5 基準ケースからの低下量

	MRT (°C)	WBGT (°C)	SET (°C)
谷置	1.0	0.1	0.6
平置 (推定)	2.9	0.3	1.1

⁴ MRT (平均放射温度: Mean Radiant Temperature) 周囲から受ける放射熱量の全方向に対する平均値と等価な放射熱量を出す黒体放射の温度 (°C)

⁵ WBGT (湿球黒球温度: Wet Bulb Globe Temperature) 人体と外気との熱のやりとり (熱収支) に着目した熱中症予防に用いられている指標 (°C)

⁶ SET (標準有効温度: Standard Effective Temperature) 温熱的に同等な標準環境の気温 (°C)