

# 環境省 令和 6 年度環境技術実証事業

## 大気環境保全技術領域・ 気候変動対策技術領域

### 実証報告書

令和 7 年 3 月

実証機関 : 一般財団法人省エネルギーセンター  
実証対象技術名 : キープサーモウォール遮熱施工  
実証申請者 : 株式会社サンユース印刷  
実証番号 : 160-2402

環境技術  
実証事業



大気環境保全技術領域  
気候変動対策技術領域

第三者機関が実証した  
性能を公開しています

R6年度

「環境省、ETV」で検索

実証番号 : 160-2402

本実証報告書の著作権は、環境省に属します。

## 目次

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 全体概要.....                          | 3  |
| 1. 実証対象技術の概要.....                  | 3  |
| 2. 実証の概要.....                      | 6  |
| 3. 実証結果と考察.....                    | 6  |
| 4. 参考情報.....                       | 13 |
| 本編 .....                           | 14 |
| 1. 本事業の概要.....                     | 14 |
| 1.1 目的.....                        | 14 |
| 1.2 実証の定義.....                     | 14 |
| 1.3 実証報告書の概要.....                  | 14 |
| 2. 実証体制と実証参加者の責任分掌.....            | 15 |
| 3. 実証対象技術の概要及び仕様.....              | 17 |
| 3.1 実証対象技術の原理及び目的（環境保全・改善効果等）..... | 17 |
| 3.2 実証対象技術の仕様.....                 | 18 |
| 4. 試験場所（又はその他の条件）等の概要.....         | 19 |
| 5. 実証方法.....                       | 20 |
| 5.1 実証全体のスケジュール.....               | 20 |
| 5.2 実証の概要及び目的.....                 | 20 |
| 5.3 実証対象.....                      | 22 |
| 5.4 実証項目及び実証する性能.....              | 22 |
| 5.5 実証方法及び実証条件.....                | 22 |
| 6. 試験結果.....                       | 23 |
| 6.1 目標の設定.....                     | 23 |
| 6.2 「キープサーモウォール遮熱施工」の試験結果.....     | 24 |
| 6.3 実証試験設備の外観及び装着状態.....           | 24 |
| 7. 試験結果に基づく実証結果（まとめ）.....          | 26 |
| 7.1 室温上昇抑制効果.....                  | 26 |
| 7.2 エネルギー削減効果.....                 | 33 |
| 8. 実証結果に関する考察.....                 | 44 |
| 8.1 室温上昇抑制効果.....                  | 44 |
| 8.2 エネルギー削減効果.....                 | 45 |
| 付録 .....                           | 46 |
| 1. 専門用語.....                       | 46 |
| 2. 品質管理に関する事項の情報.....              | 46 |
| 3. WBGT の計算式.....                  | 46 |
| 資料編.....                           | 47 |

## 全体概要

|              |                                                                                                                                                        |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 実証対象技術       | キープサーモウォール遮熱施工                                                                                                                                         |
| 実証申請者<br>所在地 | （会社名称）株式会社サンユー印刷<br>（所在地）新潟県三条市東光寺 3689-1 RISE ビル                                                                                                      |
| 実証機関<br>所在地  | （会社名称）一般財団法人 省エネルギーセンター<br>（所在地）東京都港区芝浦 2 丁目 5 番地 11 号 五十嵐ビルディング                                                                                       |
| 実証期間         | 令和 6 年 6 月 1 日～令和 6 年 10 月 31 日                                                                                                                        |
| 技術の目的        | 本技術は、軽量（271g/m <sup>2</sup> ）・高強度（引張強度 16N/mm 以上）・低放射（放射率 0.03）の両面アルミ遮熱シートを用いて、既存屋根の下に、独自技術（特注サイズに縫製加工した遮熱シートを構造梁へのパイラック金具留め）で施工することにより遮熱・断熱性能を付与すること。 |

## 1. 実証対象技術の概要

### 1.1 原理及び技術の目的（環境保全・改善効果）

#### （1）原理

屋根材の下に空気断熱層と両面低放射アルミ遮熱シート（放射率 0.03）を設けることで、低放射複層ガラスと類似の原理により屋根部材全体の熱貫流抵抗が高くなり、太陽日射の影響で高温になった屋根材からの放射熱の侵入を抑制する。アルミ遮熱シートは両面であるため、アルミ遮熱シートから室内へも低放射（放射率 0.03）となり、より一層熱移動が低減する。

屋根からの侵入熱量等が低減するため暑さ指数 WBGT が下がり、倉庫内で作業する人の熱中症対策用としてのスポットクーラー等の設置が不要、あるいは負担が少なくなり省エネ、CO<sub>2</sub>削減に寄与する。

なお、遮熱シートは、屋根との間の空気断熱層が少なくとも 20mm 以上となるように施工する。空気層が 20mm を超えると遮熱効果はほぼ一定となる。

#### （2）目的

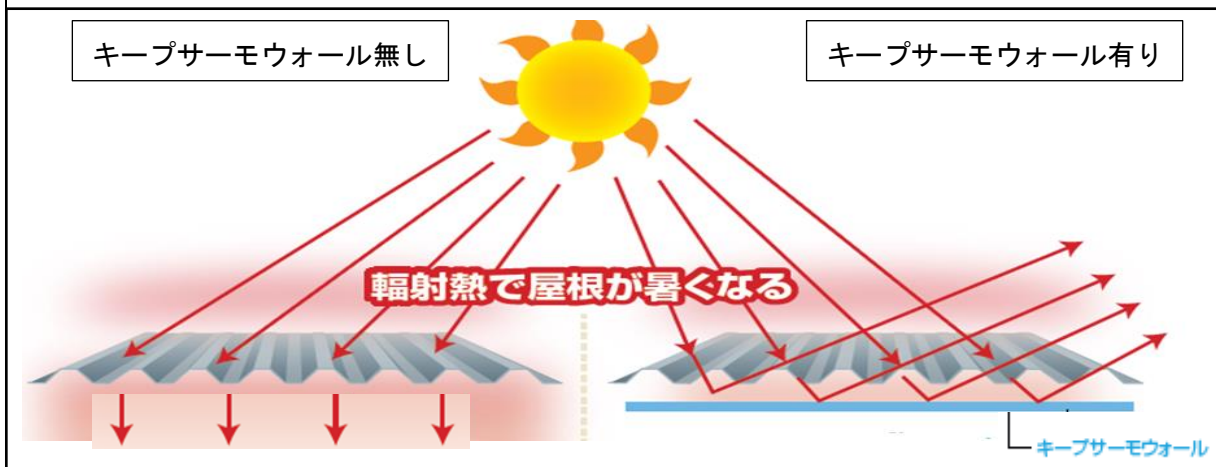
軽量・高強度・低放射・両面アルミ遮熱シートを用いた、既存屋根への遮熱・断熱施工技術である。本技術は、軽量（271g/m<sup>2</sup>）・高強度（引張強度 16N/mm 以上）・低放射（放射率 0.03）の両面アルミ遮熱シートを用いて、既存屋根の下に、独自技術（特注サイズに縫製加工した遮熱シートを構造梁へのパイラック金具留め）で施工することにより遮熱・断熱性能を付与した技術である。

軽量かつ高強度のシートを用いることにより、屋根への負担を増やすことなく、梁に直接シートを取り付けることが可能となり、天井の下地材を使用しない、簡易的な遮熱天井の施工を可能とした。

本工法で、屋根下に空気断熱層及び両面低放射アルミの遮熱・断熱層を設けることにより、太陽日射による侵入熱量を大幅にカットすることが可能となり、夏季における室内温度上昇を抑制す

るとともに、空調機器の省エネに寄与する。

実証申請者の試験では、施工無し倉庫に比べて施工有り倉庫では、室温が最大 9℃低減するとともに、外気温レベルまでしか温度上昇していないことを確認している。

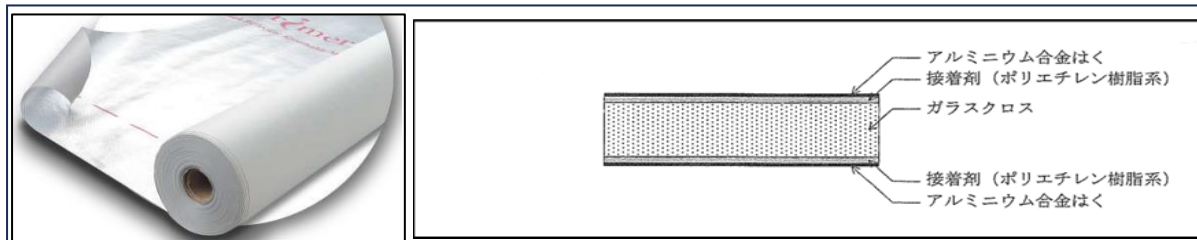


アルミ遮熱シートによる効果

## 1.2 機器の構成及び仕様等

### （1）機器の構成

薄いガラスクロスにポリエチレン樹脂系接着剤を用いてアルミニウム合金箔を貼り合わせてある。外観と断面図を示す。



アルミ遮熱シート外観と断面図

### （2）仕様

形状と寸法を示す。

形状・寸法等

| 項目    | 仕様                           |
|-------|------------------------------|
| 形状    | 平板                           |
| 表面の形状 | 平滑                           |
| 厚さ    | 0.242 (±0.0242) mm           |
| 質量    | 270.6 (±10) g/m <sup>2</sup> |

### 1.3 技術の特徴（メリット）等

#### ◆遮熱・断熱効果

- ・熱貫流率の高い屋根への遮熱・断熱効果は高い。（施工無し倉庫に比べ施工有り倉庫では室温が最大 9℃低減するとともに外気温レベルに温度上昇を抑制する効果を確認。実証申請者試験結果より。）
- ・屋内への施工なので屋外への施工に比べ劣化が少なく、効果が持続。

#### ◆法令・規制対応

- ・国土交通省の不燃認定品のため工場など屋内で使用可能。

#### ◆施工

- ・下地を必要としない施工方法なので施工が簡単。施工後のメンテナンス不要。

#### ◆結露について

- ・遮熱シートの施工が原因となる結露の発生を防ぐため、梁の内寸に縫製したシートを梁にぶら下げることで屋根材と遮熱シートとは必ず空間が出来るように施工。
- ・梁とシートの取り付けには吊下げ金具（パイラック）を使い、樹脂製エンドレスタイ（極太インシュロック）はステンレスの針金を使用することで部分的で間接的な接触になる方法で施工。これにより、金属製の梁が低温になっても遮熱シートへの熱伝導を防ぎシート自体の結露を防ぐ。

### 1.4 設置条件及びコスト等

遮熱シートは、屋根との間の空気断熱層が少なくとも 20mm 以上となるように施工する。空気層が 20mm を超えると遮熱効果はほぼ一定となる。

## 2. 実証の概要

### 2.1 実証の目的

キープサーモウォールによる環境保全効果を確認する。

### 2.2 性能を示す項目及びその定量的値（実証項目及び実証する性能値）

| 実証項目               | 実証する性能（値）                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 夏季の室温上昇抑制による環境保全効果 | <p>キープサーモウォール施工有り倉庫、施工無し倉庫にそれぞれ黒球温度計を設置し、WBGT 指数、黒球温度、乾球温度、相対湿度を計測。ただし、黒玉温度計は室内モードで使用する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・WBGT 指数が 28℃を超える時間を実測し、その差から<u>室内温度抑制効果</u>を求める。</li> <li>・WBGT 指数が 28℃を超えたらスポットクーラーを稼働させるものとし、稼働時間の差から<u>エネルギー削減効果</u>を机上で算出する。</li> </ul> <p>目標は 3.1 章を参考に 50%削減とする。</p> |

### 2.3 実証（試験）場所

|                |                                                                                                                                |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 実証（試験）場所       | 株式会社アイベック 千葉営業所<br>千葉県千葉市美浜区新港 90                                                                                              |
| 実証（試験）場所の各種情報等 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・株式会社アイベックはキープサーモウォール代理店。</li> <li>・千葉営業所にキープサーモウォールを施工した物流倉庫と施工していない物流倉庫あり。</li> </ul> |

### 2.4 実証期間（スケジュール）

| 日程                          | 項目                   |
|-----------------------------|----------------------|
| 令和 6 年 3 月 14 日             | 第 1 回技術検討会開催（計画作成）   |
| 令和 6 年 3 月 21 日             | 実証場所の事前確認            |
| 令和 6 年 6 月 1 日から同 10 月 31 日 | キープサーモウォールの実証試験実施    |
| 令和 6 年 11 月 28 日            | 第 2 回技術検討会開催（実証実験報告） |
| 令和 7 年 2 月 21 日             | 第 3 回技術検討会開催（報告書作成）  |

## 3. 実証結果と考察

### 3.1 目標の設定

試験協力機関のアイベックは、2019 年 5 月から 2021 年 1 月まで実証場所（千葉県千葉市）にあるキープサーモウォール施工無し倉庫及び施工有り倉庫において屋根から 1m 下、床から 3m 上の温度データを測定し、保管している。その中で、2020 年 8 月 10 日 3:00 から 8 月 19 日 21:00 間の屋根下 1m、床上 3m の温度データを下図に示す。一方、環境省「熱中症予防情報サイト」では日本各地の WBGT 指数の毎時データを公開しているが、千葉県千葉市の同期間における指数が 28℃を超える時間帯を確認すると、施工無し倉庫の床上 3m の温度では 34℃を超えたあたりとなっている。



これより、倉庫の床 3m における温度が 34℃を超えると WBGT が 28℃を超えると仮定、上記 10 日間における 34℃を超える時間を施工無し倉庫、施工有り倉庫でカウントすると、それぞれ 96 時間、15 時間であった。これより、キープサーモウォールを施工することで室温上昇を抑制する効果は約 84%  $(1-15 \div 96)$  となる。また、スポットクーラーを稼働させる時間が 96 時間から 15 時間に削減できたと考えるとエネルギー削減率は約 84%  $(1-15 \div 96)$  となる。ただし、倉庫は営業時間中入口を開放しており外気温の影響を受けること、既存試験結果は床から 3m 上で測定された値だが本実証実験では床から 1.5m 上で測定することより、今回の実証試験において施工有り倉庫と施工無し倉庫における WBGT 指数が 28 を超える時間の比は 2:1、すなわち効果の目標を 50%削減とする。

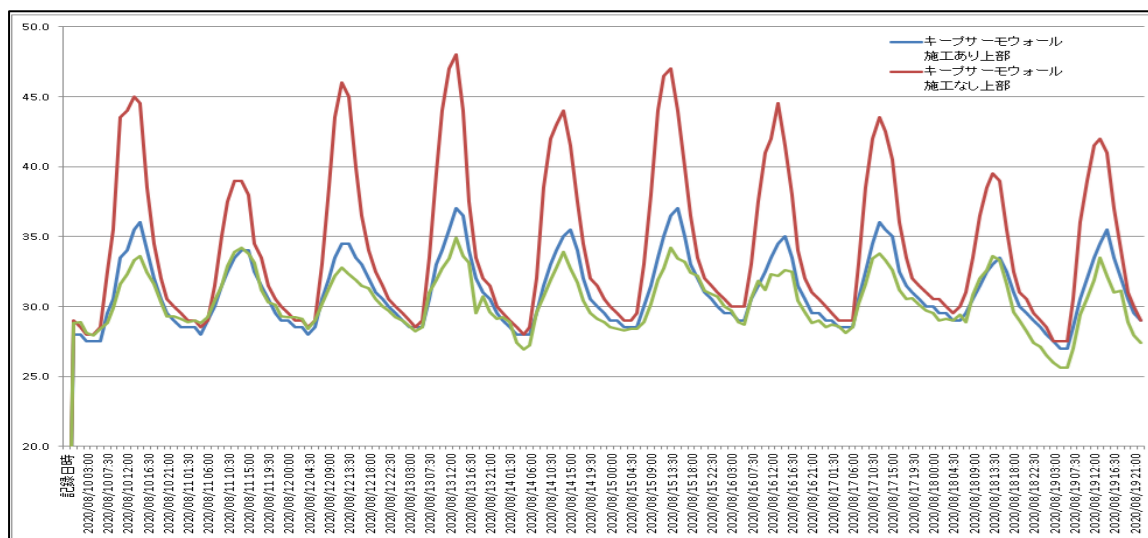


図 2020 年 8 月 10 日 3:00 から 19 日 21:00 までのデータ（屋根から 1m 下）

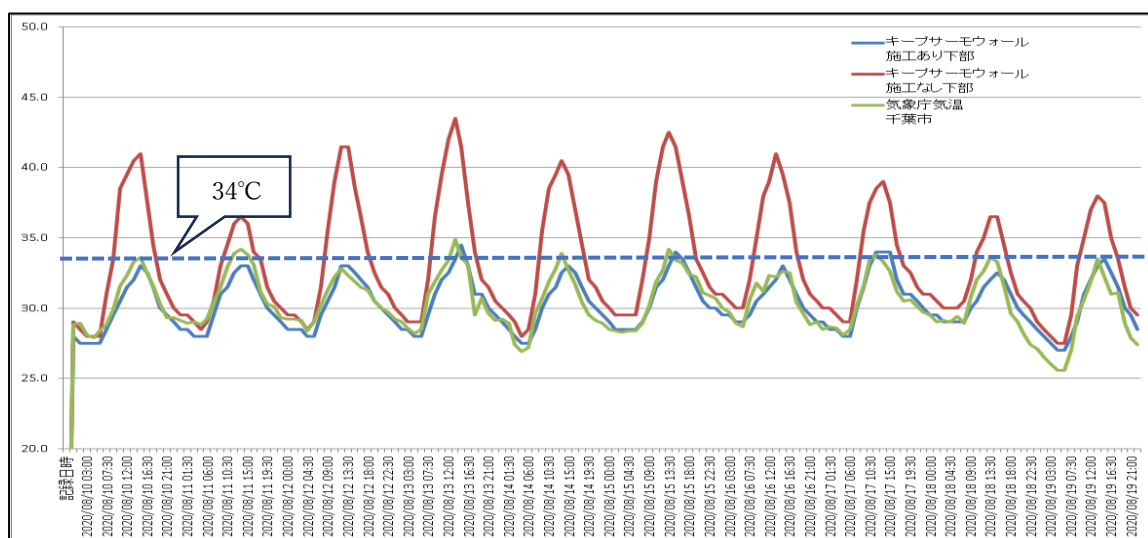


図 2020 年 8 月 10 日 3:00 から 19 日 21:00 までのデータ（床から 3m 上）

### 3.2 実証試験の結果

#### （1）室温上昇抑制効果

キープサーモウォール遮熱施工無し（以降、AL 無）の倉庫と有の倉庫における暑熱環境を暑さ指数 WBGT 指数、黒球温度、乾球温度、相対湿度の経時変化で記録したデータを処理して、キープサーモウォール遮熱施工有り（以降、AL 有）の室温上昇抑制効果を次に示す項目で検討し、次の実験結果を得た。

##### ・暑さ指数 WBGT データの経時変化

AL 有の倉庫内は、9 月までは AL 無の倉庫内より WBGT 指数が常時低く、天井部位の遮熱効果が実証された。

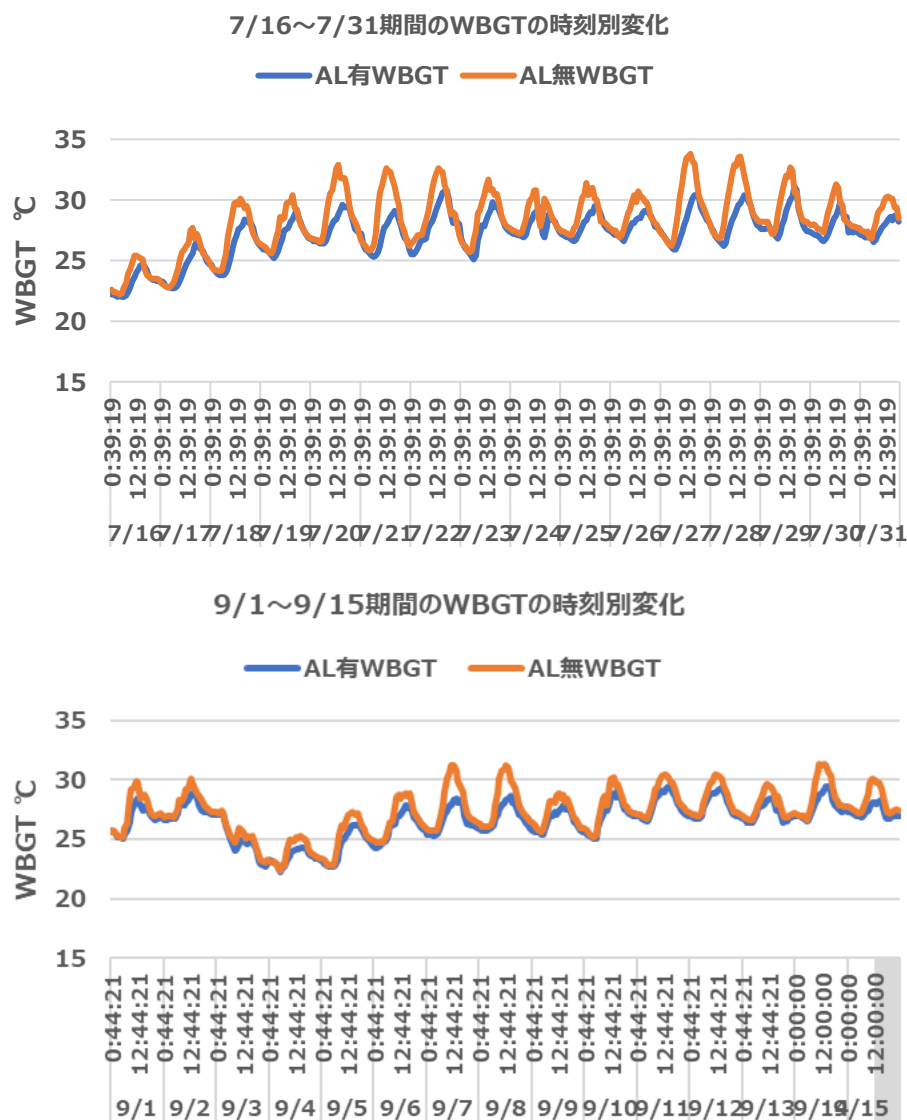


図 AL 有と AL 無の倉庫内における WBGT の経時変化

##### ・暑さ指数 WBGT $\geq 28^{\circ}\text{C}$ の出現時間

キープサーモウォール施工有り倉庫と施工無し倉庫において WBGT が  $28^{\circ}\text{C}$  を超えた時間を



示す。施工有り倉庫において WBGT が 28℃を超えた時間の合計は 413 時間、一方、施工無し倉庫における同時間の合計は 770 時間となり、その比率は 54 : 100 となった。これより、今回の実証実験において、キープサーモウォール施工による室内温度抑制効果は 46%であり、ほぼ目標を達成した。

| 測定期間        | WBGT が 28℃を超えた時間（累計） |        |
|-------------|----------------------|--------|
|             | 施工有り倉庫               | 施工無し倉庫 |
| 6/1～6/15    | 0                    | 0      |
| 6/16～6/30   | 0                    | 4      |
| 7/1～7/15    | 34                   | 89     |
| 7/16～7/31   | 126                  | 193    |
| 8/1～8/15    | 104                  | 197    |
| 8/16～8/31   | 63                   | 122    |
| 9/1～9/15    | 64                   | 119    |
| 9/16～9/30   | 22                   | 46     |
| 10/1～10/15  | 0                    | 0      |
| 10/16～10/31 | 0                    | 0      |
| 合計          | 413                  | 770    |
| 比率          | 54                   | 100    |
| 室温上昇抑制効果    | 46%                  | —      |

・暑さ指数 WBGT と乾球温度の相関解析

WBGT と乾球温度には高い相関係数を示し、明らかに正相関がある。この関係を利活用すると、日常的に計測している乾球温度 32℃以上を用いて、概ね  $WBGT \geq 28^\circ C$  以上を推定できる。

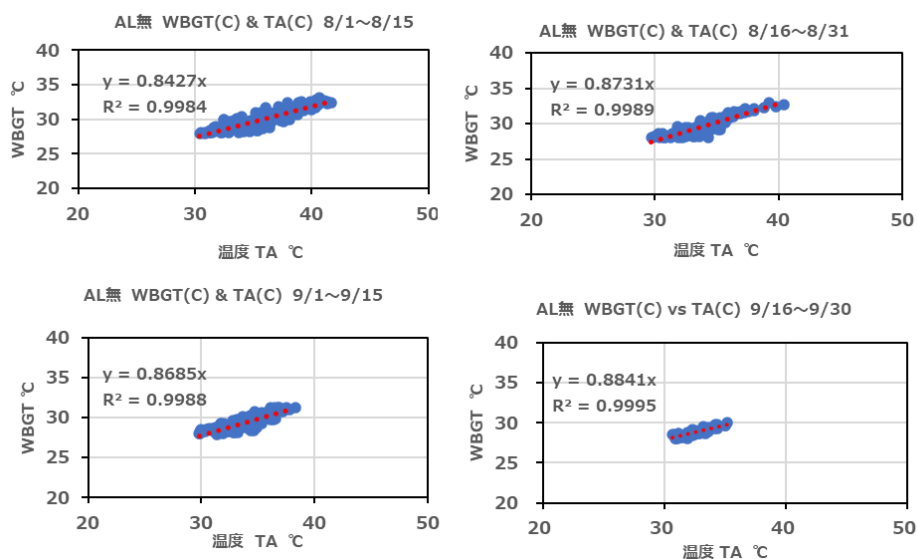


図 暑さ指数 WBGT と乾球温度の相関図

（２）エネルギー削減効果

- ・キープサーモウォール遮熱施工による冷房効果の推定

暑さ指数  $WBGT \geq 28^{\circ}\text{C}$  の出現時間のみ空調するものとし、各空調機の成績係数 COP3.45 を用いて所要の空調機消費電力量を求めることで、キープサーモウォール遮熱施工の省エネルギー量に関する等価エネルギーを評価した。各期間における AL 無倉庫内で計測された暑さ指数  $WBGT \geq 28^{\circ}\text{C}$  のときのそれぞれの球温度  $TA^{\circ}\text{C}$  及び相対湿度 RH%、WBGT の平均値を求めた上で、空調機が冷房運転時に吸込む温度・湿度の空気条件とした。なお、スポット式空調機の排気は倉庫から屋外へ排出されるため、倉庫内で排気が循環することはない。

表 計測期間に出現した暑さ指数  $WBGT \geq 28^{\circ}\text{C}$  における  
温度、相対湿度及び WBGT の平均値

| AL無倉庫 $WBGT \geq 28^{\circ}\text{C}$ の環境 |         |                    |       |                    | AL有倉庫 $WBGT \geq 28^{\circ}\text{C}$ の環境 |         |                    |       |                    |
|------------------------------------------|---------|--------------------|-------|--------------------|------------------------------------------|---------|--------------------|-------|--------------------|
| 月                                        | 期間      | 平均温度               | 平均湿度  | 平均WBGT             | 月                                        | 期間      | 平均温度               | 平均湿度  | 平均WBGT             |
|                                          |         | $^{\circ}\text{C}$ | RH%   | $^{\circ}\text{C}$ |                                          |         | $^{\circ}\text{C}$ | RH%   | $^{\circ}\text{C}$ |
| 5月                                       | 13日～31日 | —                  | —     | —                  | 5月                                       | 13日～31日 | —                  | —     | —                  |
| 6月                                       | 1日～15日  | —                  | —     | —                  | 6月                                       | 1日～15日  | —                  | —     | —                  |
|                                          | 16日～30日 | 32.55              | 61.85 | 28.50              |                                          | 16日～30日 | —                  | —     | —                  |
| 7月                                       | 1日～15日  | 34.44              | 58.05 | 29.50              | 7月                                       | 1日～15日  | 32.71              | 63.63 | 28.62              |
|                                          | 16日～31日 | 35.09              | 58.07 | 30.02              |                                          | 16日～31日 | 32.96              | 64.54 | 28.94              |
| 8月                                       | 1日～15日  | 35.20              | 55.53 | 29.74              | 8月                                       | 1日～15日  | 32.89              | 63.15 | 28.70              |
|                                          | 16日～31日 | 33.83              | 63.23 | 29.58              |                                          | 16日～31日 | 32.11              | 69.54 | 28.80              |
| 9月                                       | 1日～15日  | 33.70              | 61.85 | 29.31              | 9月                                       | 1日～15日  | 32.20              | 66.99 | 28.56              |
|                                          | 16日～30日 | 32.55              | 66.11 | 28.80              |                                          | 16日～30日 | 32.02              | 67.13 | 28.40              |
| 10月                                      | 1日～15日  | —                  | —     | —                  | 10月                                      | 1日～15日  | —                  | —     | —                  |
|                                          | 16日～31日 | —                  | —     | —                  |                                          | 16日～31日 | —                  | —     | —                  |

冷房運転時の倉庫内の空調温度・湿度の設定値は、建築基準法施行令第129条の2及び中央管理方式の空調設備の基準である温度  $17^{\circ}\text{C}$  以上～ $28^{\circ}\text{C}$  以下、湿度 40RH% 以上～70RH% 以下の値に依拠して、倉庫内の空調設定条件として乾球温度  $28^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 50RH% とした。

表 AL 無の倉庫及び AL 有の倉庫における倉庫容量あたり空調消費電力量の比較

| 計測期間               | 項目              | 単位                 | AL無     |         |         | AL有     |         |         |
|--------------------|-----------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                    |                 |                    | 全体混合型空調 | 温度成層型空調 | スポット式空調 | 全体混合型空調 | 温度成層型空調 | スポット式空調 |
| 6/16-6/30          | 冷房負荷            | kW                 | 19.9    | 11.5    | 19.9    |         |         |         |
|                    | 冷房時間            | h                  | 4       |         |         | 0       |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         |         |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 23.1    | 13.3    | 32.5    |         |         |         |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         |         |         |         |
|                    | 倉庫容積当たりの空調消費電力量 | kWh/m <sup>3</sup> | 0.029   | 0.017   | 0.041   | 0       | 0       | 0       |
| 7/1-7/15           | 冷房負荷            | kW                 | 22.9    | 13.3    | 22.9    | 31.0    | 18.0    | 31.0    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 103     |         |         | 35      |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 683.7   | 397.1   | 835.9   | 314.5   | 182.6   | 284.1   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 0.862   | 0.500   | 1.053   | 0.264   | 0.153   | 0.239   |
| 7/16-7/31          | 冷房負荷            | kW                 | 24.9    | 14.4    | 24.9    | 33.0    | 19.1    | 33.0    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 196     |         |         | 131     |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 1,414.6 | 818.1   | 1,590.7 | 1,253.0 | 725.2   | 1,063.2 |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 1.783   | 1.031   | 2.005   | 1.053   | 0.610   | 0.894   |
| 8/1-8/15           | 冷房負荷            | kW                 | 23.4    | 13.6    | 23.4    | 31.4    | 18.2    | 31.4    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 182     |         |         | 107     |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 1,234   | 717.4   | 1,477.1 | 973.9   | 564.5   | 868.4   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 1.556   | 0.904   | 1.861   | 0.819   | 0.475   | 0.730   |
| 8/16-8/31          | 冷房負荷            | kW                 | 24.5    | 14.2    | 24.5    | 33.7    | 19.5    | 33.7    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 124     |         |         | 61      |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 880.6   | 510.4   | 1,006.4 | 595.9   | 344.8   | 495.1   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 1.110   | 0.643   | 1.268   | 0.501   | 0.290   | 0.416   |
| 9/1-9/15           | 冷房負荷            | kW                 | 23.3    | 13.5    | 23.3    | 31.8    | 18.4    | 31.8    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 123     |         |         | 68      |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 830.7   | 481.3   | 998.3   | 626.8   | 362.7   | 551.9   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 1.047   | 0.607   | 1.258   | 0.527   | 0.305   | 0.464   |
| 9/16-9/30          | 冷房負荷            | kW                 | 22.5    | 13.0    | 22.5    | 31.1    | 18.1    | 31.1    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 50      |         |         | 26      |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 326.1   | 188.4   | 405.8   | 234.4   | 136.4   | 211.0   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 0.411   | 0.237   | 0.511   | 0.197   | 0.115   | 0.177   |
| 全測定期間              | 最大冷房負荷          | kW                 | 24.9    | 14.4    | 24.9    | 33.7    | 19.5    | 33.7    |
|                    | 総冷房時間           | h                  | 782     |         |         | 428     |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 5,393   | 3,126   | 6,347   | 3,999   | 2,316   | 3,474   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 6.797   | 3.940   | 7.998   | 3.361   | 1.947   | 2.920   |
| AL有施工による省エネルギー率(%) |                 |                    | 50.6    | 50.6    | 63.5    |         |         |         |

暑さ指数 WBGT $\geq$ 28℃の出現時間のみ空調するものとし、所要の冷房負荷を満足する空調機消費電力量を空調方式別に求めた。

AL 無の倉庫を比較対象とした各空調方式の空調機消費電力を評価基準として、AL 無の倉庫に施工されたキープサーモウォール遮熱の省エネルギー量を評価した。

結果として、キープサーモウォール遮熱施工による効果は、一般的な全体混合型空調、空気密度差による浮力効果を活用した作業域のみを冷房する温度成層型空調においては 50.6%の省エネルギー効果が得られた。また、倉庫内作業者のみを対象に冷風を送気するスポット式空調では、63.5%の省エネルギー効果を得た。

### 3.3 考察

#### （１） 室内温度抑制効果

本実証実験において実証する項目は、キープサーモウォール施工により WBGT が 28℃を超える時間の 50%減であったが、結果は 46%となり、ほぼ目標を達成した。これより、キープサーモウォールを施工することで倉庫内での作業時に熱中症になる危険性が少なくなり、作業効率の改善が見込まれる。なお、僅かではあるが目標を下回った原因を以下考察する。

実証試験は 2024 年 6 月 1 日から 2024 年 10 月 31 日まで行った。一方、既存データは 2020 年に採取している。実証試験期間中における実証場所の気温と 2020 年の同月日、同場所における気温を気象庁ホームページから確認すると、実証試験を行った 2024 年は 2020 年より平均気温が高かったことがわかった。気温が高くなると倉庫内温度も高くなり、結果としてキープサーモウォールの遮熱効果による WBGT 上昇抑制効果が相殺されるが、これが実証試験を行った 2024 年では目標とした 50%を僅かに下回った原因と推定する。なお、環境省「熱中症予防情報サイト」から、2020 年と 2024 年の 6 月 1 日から 10 月 31 日までの期間で、実証場所付近の屋外にて WBGT28℃を超えた時間を確認すると、2024 年の方が 2020 年より WBGT が 28℃を超えた時間が多かったことがわかる。

#### （２） エネルギー削減効果

倉庫内温熱環境に及ぼす相当外気温度の効果推定

AL 有の倉庫の天井面における全日射量と材料に起因する日射吸収率で推定される相当外気温度を求める伝熱量の解析から、キープサーモウォールのエネルギー削減効果は、目標の 50%削減に対し、空調機では 50.6%削減、スポットクーラーでは 63.5%削減と目標を達成することができ、倉庫内の放射伝熱の遮蔽に効果が認められた。

なお、冬季においては、日中は太陽の放射熱を遮蔽するため AL 有の倉庫の方が室温が低くなるが、夜間は放射冷却に対する天井面の断熱に効果があるため AL 有の倉庫の方が室温が高くなると推定される。

#### 4. 参考情報

注意：このページに示された情報は、技術広報のために全て実証申請者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

##### 4.1 製品データ

| 項 目       |          | 実証申請者又は開発者 記入欄                                                                                                                                                                   |
|-----------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 製品名・型番    |          | キープサーモウォール                                                                                                                                                                       |
| 製造（販売）企業名 |          | 株式会社サンユー印刷                                                                                                                                                                       |
| 連絡先       | TEL/FAX  | TEL：0256-64-7785 FAX：0256-64-7764                                                                                                                                                |
|           | Web アドレス | https://keepthermowall.com/                                                                                                                                                      |
|           | E-mail   | otoiawase@sunyou-pmp.co.jp                                                                                                                                                       |
| 設置・導入条件   |          | 工場や倉庫の屋根および壁                                                                                                                                                                     |
| 必要なメンテナンス |          | メンテナンス不要                                                                                                                                                                         |
| 耐候性と製品寿命等 |          | 屋内仕様                                                                                                                                                                             |
| 施工性       |          | 遮熱シートの施工が原因となる結露の発生を防ぐために、シートと屋根材とは必ず空間が出来るように施工する。梁と梁の内寸に縫製したシートをぶら下げることで屋根材と遮熱シートは触れない。梁とシートの取付には吊り下げ金具（パイラック）を使い、樹脂製のエンドレスタイ（極太インシュロック）はステンレスの針金を使用することで部分的で間接的な接触になる方法で施工する。 |
| コスト概算     |          | イニシャルコスト                                                                                                                                                                         |
|           |          | お客様の建屋に応じた最適な工事のお見積りをご提案させていただきます。新築での概算見積りは施工範囲がわかる図面、既存建屋への改修工事の場合は、建屋内の写真と平米数で概算のお見積りをいたします。材料のみのご提供も可能です。お気軽にご相談ください。                                                        |

##### 4.2 その他メーカーからの情報

既存の建屋の屋内施工には消防法が関係する。キープサーモウォール には不燃認定を取得しており、工場などの屋内でも使用可能。

## 本編

### 1. 本事業の概要

#### 1.1 目的

環境技術実証事業（以下「実証事業」という。）は、既に実用化された先進的環境技術の環境保全効果、副次的な環境影響、その他、環境の観点から重要な性能（以下「環境保全効果等」という。）を第三者が客観的に実証することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の利用者による技術の購入、導入等に当たり、環境保全効果等を容易に比較・検討し、適正な選択を可能にすることにより、環境技術の普及を促進し、環境保全に寄与し、中小企業の育成も含めた環境産業の発展に資することを目的とする。

実証事業は、国際規格である ISO14034:2016 [Environmental management -- Environmental technology verification (ETV): 環境マネジメントー環境技術検証(ETV)] に準拠しており、国際的に統一された枠組みで実証事業を運用している。

#### 1.2 実証の定義

本実証事業において「実証」とは、環境技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が、環境技術の環境保全効果等を試験等に基づき客観的なデータとして示すことをいう。なお、環境技術とは環境改善効果又は環境保全効果をもたらす先進技術、並びに、環境に関する先進的な測定技術と定義する。「実証」は、一定の判断基準を設けて、この基準に対する適合性を判定する「認証」とは異なる。

#### 1.3 実証報告書の概要

本報告書は、環境技術実証事業実施要領〔環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室：令和5年11月16日〕（以下「実施要領」という。）の「別紙5 実証報告書及び実証報告書概要版に記載する事項」及び「別紙6 実証報告書作成要領 Ver.3.2」に基づき、作成されたものである。本実証では、実施要領に基づいて実証対象技術として選定された「キープサーモウォール遮熱施工」について、以下に示す環境改善効果又は環境保全効果等を客観的に実証した。

- ・キープサーモウォールの遮熱効果による室温上昇抑制を確認

また本報告書は、専門家で構成される技術実証検討会において、実証結果に基づき実証対象技術の環境保全効果等について検討を行った。本報告書はその実証結果を取りまとめたものである。



## 2. 実証体制と実証参加者の責任分掌

実証への参加組織及び責任者等は、以下の通りである。実証に参加する組織及び実施体制を図1に、実証参加者と責任分掌を表1に示す。

- 実証機関：一般財団法人省エネルギーセンター 調査部 参事役 奥田 徹也  
〒108-0023 東京都港区芝浦 2-11-5 五十嵐ビルディング
- 実証申請者：株式会社 サンユー印刷 建材営業部 山田 昇  
東京都台東区東上野 2-10-10 協和ビル 2F
- 試験実施場所：株式会社アイベック 千葉営業所 （キープサーモウォール代理店）  
千葉県千葉市美浜区新港 9 0

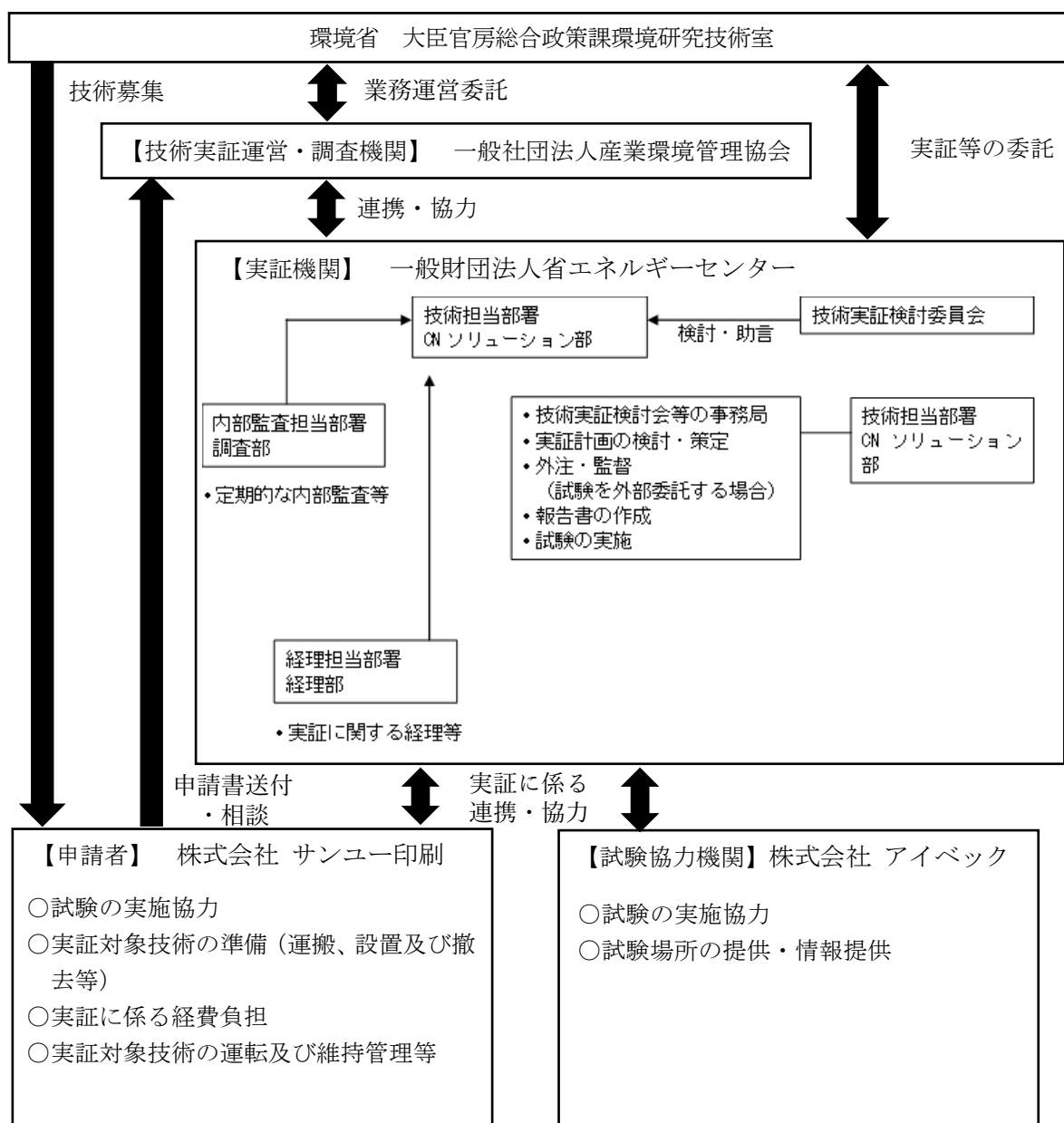


図1 実証に参加する組織及び実施体制

表1 実証参加者と責任分掌

| 区分         | 実証参加機関                   | 責任分掌                           | 参加者                                       |
|------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|
| 実証機関       | 一般財団法人<br>省エネルギーセン<br>ター | 実証事業の運営管理                      | CN ソリューション<br>部長 奥田 徹也<br>上級技術専任職<br>高橋 惇 |
|            |                          | 実証計画の策定                        |                                           |
|            |                          | 実証検討会の設置・運営                    |                                           |
|            |                          | 実証試験の実施                        |                                           |
|            |                          | 実証（既存データの検証）の実施                |                                           |
|            |                          | 実証報告書の作成                       |                                           |
|            |                          | 実証結果の内部監査の実施                   |                                           |
|            |                          | 実証に関する経理等                      |                                           |
|            |                          | 経理に係る内部監査の実施                   |                                           |
|            |                          |                                |                                           |
|            |                          |                                |                                           |
| 実証申請者      | 株式会社 サンユ<br>ー印刷          | 技術情報の提供                        | 建材営業部<br>山田 昇                             |
|            |                          | 既存データの情報の提供                    |                                           |
|            |                          | 実証対象技術の各種情報及び維持管理<br>マニュアル等の提供 |                                           |
|            |                          | 試験場所の提供                        |                                           |
|            |                          | 実証対象技術の準備<br>（運搬、設置及び撤去等）      |                                           |
|            |                          | 実証対象技術の運転及び維持管理等               |                                           |
|            |                          | 実証（試験）に係る費用の負担                 |                                           |
|            |                          | 実証（既存データの検証）に係る費用の<br>負担       |                                           |
|            |                          | 試験の実施協力                        |                                           |
|            |                          |                                |                                           |
|            |                          |                                |                                           |
| 試験協力機<br>関 | 株式会社アイベッ<br>ク            | 試験の実施協力                        | 代表取締役社長<br>関口 豊                           |
|            |                          | 試験結果（データ）の提供                   |                                           |
|            |                          | 試験結果の品質管理                      |                                           |
|            |                          |                                |                                           |

### 3. 実証対象技術の概要及び仕様

#### 3.1 実証対象技術の原理及び目的（環境保全・改善効果等）

##### (1) 原理

屋根材の下に空気断熱層と両面低放射アルミ遮熱シート（放射率 0.03）を設けることで、低放射複層ガラスと類似の原理により屋根部材全体の熱貫流抵抗が高くなり、太陽日射の影響で高温になった屋根材からの放射熱の侵入を抑制する。

アルミ遮熱シートは両面であるため、アルミ遮熱シートから室内へも低放射（放射率 0.03）となり、より一層熱移動が低減する。

屋根からの侵入熱量等が低減するため暑さ指数 WBGT が下がり、倉庫内で作業する人の熱中症対策用としてのスポットクーラー等の設置が不要、あるいは負担が少なくなり省エネ、CO<sub>2</sub>削減に寄与する。

なお、遮熱シートは、屋根との間の空気断熱層が少なくとも 20mm 以上となるように施工する。空気層が 20mm を超えると遮熱効果はほぼ一定となる。

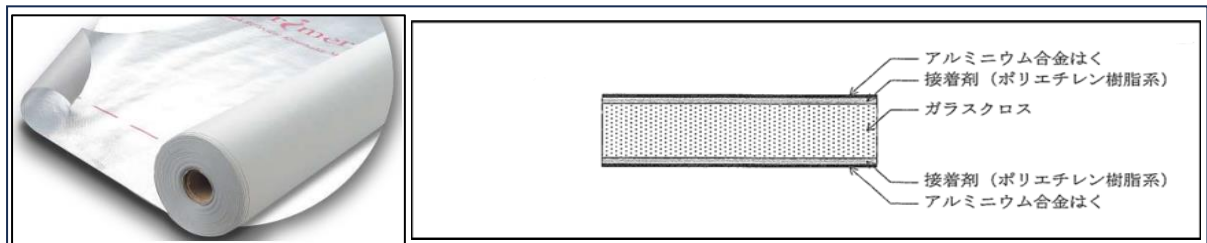


図2 アルミ遮熱シート外観と断面図

##### (2) 目的

本技術は、軽量（271g/m<sup>2</sup>）・高強度（引張強度 16N/mm 以上）・低放射（放射率 0.03）の両面アルミ遮熱シートを用いて、既存屋根の下に独自技術（特注サイズに縫製加工した遮熱シートを構造梁へのパイラック金具留め）で施工することにより遮熱・断熱性能を付与した技術。

軽量かつ高強度のシートを用いることにより、屋根への負担を増やすことなく、梁に直接シートを取り付けることが可能となり、天井の下地材を使用しない、簡易的な遮熱天井の施工を可能とした。

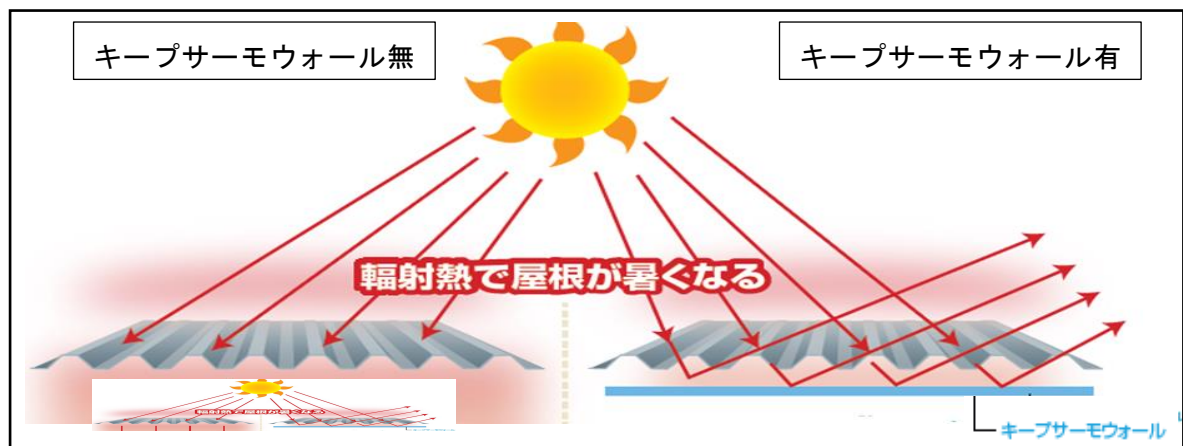


図3 アルミ遮熱シートによる効果

本工法で、屋根下に空気断熱層及び両面低放射アルミの遮熱・断熱層を設けることにより、太陽日射による侵入熱量を大幅にカットすることが可能となり、夏季における室内温度上昇を抑制するとともに、空調機器の省エネに寄与する。実証申請者の試験では、施工無し倉庫に比

べて施工有り倉庫では、室温が最大 9℃低減するとともに、外気温レベルまでしか温度上昇していないことを確認している。

### (3) 特徴（従来品に対する開発品の特徴）

#### ◆遮熱・断熱効果

- ・熱貫流率の高い屋根への遮熱・断熱効果は高い。

（施工無し倉庫に比べ施工有り倉庫では室温が最大 9℃低減するとともに、外気温レベルに温度上昇を抑制する効果を確認。実証申請者試験結果より。）

- ・屋内への施工なので屋外への施工に比べ劣化が少なく、効果が持続。

#### ◆法令・規制対応

- ・国土交通省の不燃認定品のため工場など屋内で使用可能。

#### ◆施工

- ・下地を必要としない施工方法なので施工が簡単。施工後のメンテナンス不要。

#### ◆結露について

- ・遮熱シートの施工が原因となる結露の発生を防ぐため、梁の内寸に縫製したシートを梁にぶら下げることで屋根材と遮熱シートとは必ず空間が出来るように施工。
- ・梁とシートの取り付けには吊下げ金具（パイラック）を使い、樹脂製エンドレスタイ（極太インシュロック）はステンレスの針金を使用することで部分的で間接的な接触になる方法で施工する。これにより、金属製の梁が低温になっても遮熱シートへの熱伝導を防ぎシート自体の結露を防ぐ。

## 3.2 実証対象技術の仕様

- ・キープサーモウォールを既存の建屋の梁の内寸サイズで縫製し、ハトメを付け、吊下げ金具で梁に直接シートを取り付ける。キープサーモウォールは軽量・高強度のためこのような施工が可能である。
- ・その際に、屋根下の空気断熱層が少なくとも 20mm 以上となるように施工する。

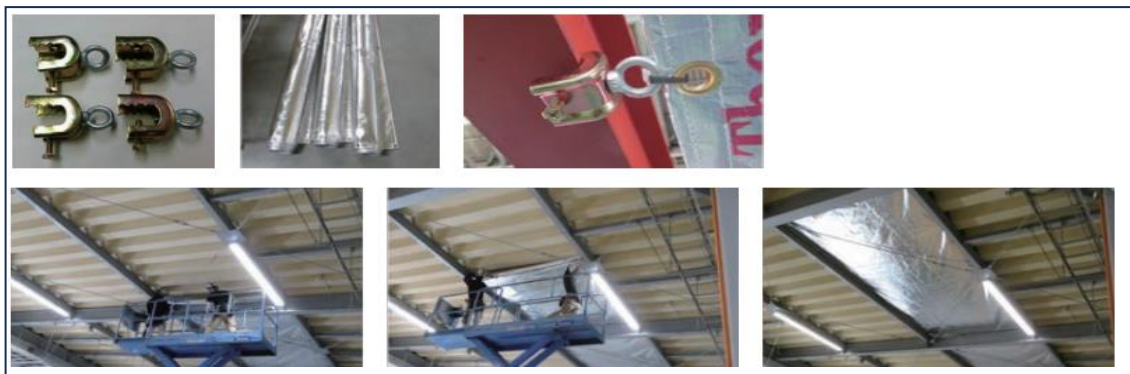


図4 パイラック、ハトメを用いた施工



#### 4. 試験場所（又はその他の条件）等の概要

試験実施場所(予定)の情報、写真、寸法等を表2、表3、図5、図6に示す。

表2 実証（試験）場所と各種情報等

|                    |                                                                                                                              |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 実証（試験）場所           | 株式会社アイベック 千葉営業所<br>千葉県千葉市美浜区新港90                                                                                             |
| 実証（試験）場所<br>の各種情報等 | <ul style="list-style-type: none"> <li>株式会社アイベックはキープサーモウォール代理店。</li> <li>千葉営業所にキープサーモウォールを施工した物流倉庫と施工していない物流倉庫あり。</li> </ul> |



図5 実証場所、太陽の移動方向

表3 倉庫比較まとめ表

| 項目   | 無し倉庫                | 有り倉庫    | 備考   |
|------|---------------------|---------|------|
| 面積比  | 1                   | 1.5     | 図6参照 |
| 容積比  | 1                   | 1.5     | 図6参照 |
| 屋根形状 | 幅方向に△               | 奥行方向に△  | 図5参照 |
| 入口   | 1個                  | 1個(同寸)  | 図6参照 |
| 入口開閉 | 営業時間(8:00-18:00)常時開 | —       | —    |
| 窓    | 6個                  | 8個(同寸)  | 図6参照 |
| 窓開閉  | 曇りガラス、常時開           | —       | —    |
| 空調設備 | 無し                  | 無し      | —    |
| 換気扇  | 無し                  | 1個,常時停止 | 図6参照 |

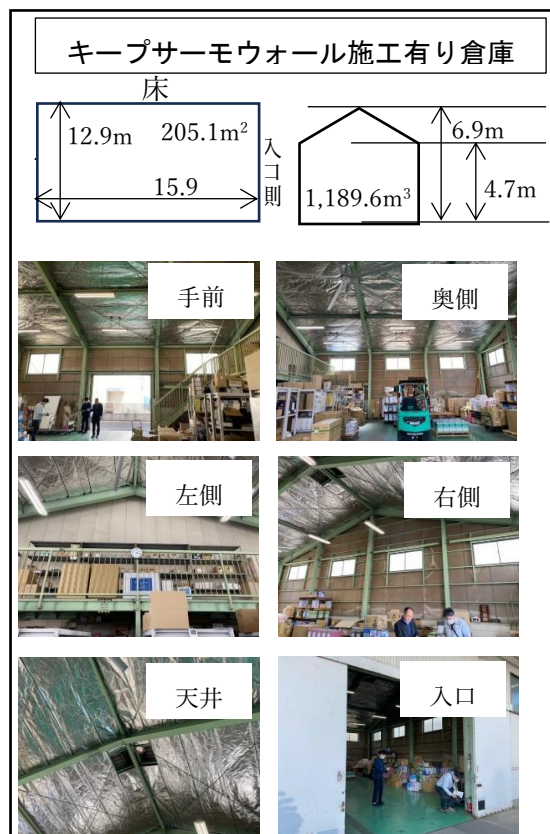
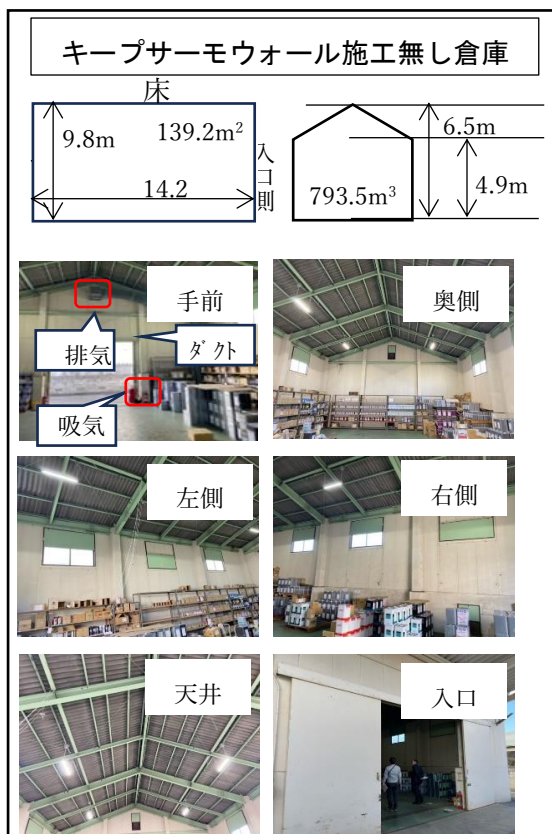


図6 キープサーモウォール遮熱施工無し倉庫と有り倉庫

## 5. 実証方法

### 5.1 実証全体のスケジュール

6月1日から10月30日までデータを採取、その後約1か月かけてデータを取りまとめる。

### 5.2 実証の概要及び目的

○概要：キープサーモウォールの遮熱効果による室温上昇抑制を確認

○目的：キープサーモウォールによる環境保全効果の確認

- ・「夏季のイベントにおける熱中症対策ガイドライン 2020（環境省）」\*<sup>1)</sup>によれば、「日最高暑さ指数(WBGT\*<sup>2)</sup>)が28℃を超えるあたりから急激に熱中症による搬送人員数が増加」することがわかっている。また同ガイドラインでは、熱中症対策として、空調やスポットクーラー等の使用を呼び掛けている。
- ・また、「熱中症予防サイト（環境省）」\*<sup>3)</sup>より、過去5年間の統計では東京における屋外のWBGT指数が28℃を超えるのは6月上旬から10月上旬である。（図7）
- ・屋内（倉庫）のWBGT指数はこれより低いと想定されるが、念のため6月1日から10月30日まで実証現場のキープサーモウォール施工無し倉庫、施工有り倉庫のそれぞれに黒球温度計を設置し、WBGT指数、黒球温度等を計測する。その値を元に、WBGT指数が28℃を超えスポットクーラー稼働が必要な時間をカウントし、その差からキープサーモウォールの効果によりスポットクーラーを稼働させなくて済む時間を求め、電力削減効果、CO<sub>2</sub>削減効果の実証を行う。

\* 1) [https://www.wbgt.env.go.jp/pdf/gline/heatillness\\_guideline\\_full.pdf](https://www.wbgt.env.go.jp/pdf/gline/heatillness_guideline_full.pdf)

\* 2) 次ページ参照ください。

\* 3) [https://www.wbgt.env.go.jp/doc\\_trendcal.php](https://www.wbgt.env.go.jp/doc_trendcal.php)

| 年           | 日  | 月        | WBGT | 28以上 | 月  | WBGT   | 28以上 | 月 | WBGT | 28以上     | 月  | WBGT | 28以上 | 月      | WBGT | 28以上 | 月  | WBGT | 28以上 |
|-------------|----|----------|------|------|----|--------|------|---|------|----------|----|------|------|--------|------|------|----|------|------|
| 最高          | 1  | 5        | 23.2 | 0    | 6  | 23     | 0    | 7 | 31.9 | 1        | 8  | 34.3 | 1    | 9      | 33.2 | 1    | 10 | 28.1 | 1    |
| 最高          | 2  | 5        | 24.5 | 0    | 6  | 26.7   | 0    | 7 | 32.9 | 1        | 8  | 33.5 | 1    | 9      | 30.9 | 1    | 10 | 26.7 | 0    |
| 最高          | 3  | 5        | 25.3 | 0    | 6  | 27     | 0    | 7 | 31.3 | 1        | 8  | 34.9 | 1    | 9      | 30.9 | 1    | 10 | 26.3 | 0    |
| 最高          | 4  | 5        | 21.9 | 0    | 6  | 26.3   | 0    | 7 | 29   | 1        | 8  | 32.6 | 1    | 9      | 32.6 | 1    | 10 | 27.8 | 0    |
| 最高          | 5  | 5        | 25.7 | 0    | 6  | 28.4   | 1    | 7 | 30.2 | 1        | 8  | 33   | 1    | 9      | 31.2 | 1    | 10 | 26.4 | 0    |
| 最高          | 6  | 5        | 23.3 | 0    | 6  | 26.6   | 0    | 7 | 30   | 1        | 8  | 33.1 | 1    | 9      | 30.8 | 1    | 10 | 28.9 | 1    |
| 最高          | 7  | 5        | 22.8 | 0    | 6  | 25.7   | 0    | 7 | 29.1 | 1        | 8  | 33.6 | 1    | 9      | 30.8 | 1    | 10 | 28.1 | 1    |
| 最高          | 8  | 5        | 24.4 | 0    | 6  | 27.5   | 0    | 7 | 30.1 | 1        | 8  | 33.6 | 1    | 9      | 32   | 1    | 10 | 27.4 | 0    |
| 最高          | 9  | 5        | 24.2 | 0    | 6  | 28.2   | 1    | 7 | 30   | 1        | 8  | 33.9 | 1    | 9      | 32.5 | 1    | 10 | 26.5 | 0    |
| 最高          | 10 | 5        | 25   | 0    | 6  | 27.7   | 0    | 7 | 31.5 | 1        | 8  | 34   | 1    | 9      | 32.2 | 1    | 10 | 25.3 | 0    |
| 最高          | 11 | 5        | 27.8 | 0    | 6  | 29.4   | 1    | 7 | 32.3 | 1        | 8  | 33.4 | 1    | 9      | 30.9 | 1    | 10 | 27   | 0    |
| 最高          | 12 | 5        | 25.1 | 0    | 6  | 29.2   | 1    | 7 | 30.7 | 1        | 8  | 33.9 | 1    | 9      | 27.7 | 0    | 10 | 24.7 | 0    |
| 最高          | 13 | 5        | 24.8 | 0    | 6  | 25.3   | 0    | 7 | 31.7 | 1        | 8  | 34.1 | 1    | 9      | 29.7 | 1    | 10 | 25.3 | 0    |
| 最高          | 14 | 5        | 25.2 | 0    | 6  | 24.3   | 0    | 7 | 33.1 | 1        | 8  | 31.9 | 1    | 9      | 29.2 | 1    | 10 | 22.8 | 0    |
| 最高          | 15 | 5        | 24.4 | 0    | 6  | 30.1   | 1    | 7 | 32   | 1        | 8  | 34.4 | 1    | 9      | 27.5 | 0    | 10 | 23.6 | 0    |
| 最高          | 16 | 5        | 24.8 | 0    | 6  | 27.4   | 0    | 7 | 32.9 | 1        | 8  | 32.9 | 1    | 9      | 26.3 | 0    | 10 | 22.8 | 0    |
| 最高          | 17 | 5        | 26.8 | 0    | 6  | 26.8   | 0    | 7 | 32.8 | 1        | 8  | 34   | 1    | 9      | 28.6 | 1    | 10 | 21.3 | 0    |
| 最高          | 18 | 5        | 27.4 | 0    | 6  | 25.4   | 0    | 7 | 32.1 | 1        | 8  | 32.1 | 1    | 9      | 30.8 | 1    | 10 | 19.5 | 0    |
| 最高          | 19 | 5        | 24.1 | 0    | 6  | 28.9   | 1    | 7 | 33.3 | 1        | 8  | 31.6 | 1    | 9      | 29.5 | 1    | 10 | 20.9 | 0    |
| 最高          | 20 | 5        | 22.9 | 0    | 6  | 28.9   | 1    | 7 | 32.4 | 1        | 8  | 32.2 | 1    | 9      | 27   | 0    | 10 | 23.5 | 0    |
| 最高          | 21 | 5        | 25.1 | 0    | 6  | 27.3   | 0    | 7 | 32.8 | 1        | 8  | 32.1 | 1    | 9      | 24.1 | 0    | 10 | 20.3 | 0    |
| 最高          | 22 | 5        | 24.5 | 0    | 6  | 27.3   | 0    | 7 | 32.6 | 1        | 8  | 32.4 | 1    | 9      | 27.9 | 0    | 10 | 19   | 0    |
| 最高          | 23 | 5        | 23.3 | 0    | 6  | 27.4   | 0    | 7 | 32.5 | 1        | 8  | 32.7 | 1    | 9      | 29.4 | 1    | 10 | 22.5 | 0    |
| 最高          | 24 | 5        | 25.2 | 0    | 6  | 30     | 1    | 7 | 32.1 | 1        | 8  | 32   | 1    | 9      | 27.9 | 0    | 10 | 20.8 | 0    |
| 最高          | 25 | 5        | 25.5 | 0    | 6  | 31.3   | 1    | 7 | 32.8 | 1        | 8  | 32.7 | 1    | 9      | 25.8 | 0    | 10 | 20.2 | 0    |
| 最高          | 26 | 5        | 27   | 0    | 6  | 30.9   | 1    | 7 | 31   | 1        | 8  | 33.6 | 1    | 9      | 26.4 | 0    | 10 | 23.1 | 0    |
| 最高          | 27 | 5        | 27.6 | 0    | 6  | 31.1   | 1    | 7 | 32.1 | 1        | 8  | 33.5 | 1    | 9      | 27   | 0    | 10 | 21.9 | 0    |
| 最高          | 28 | 5        | 25.2 | 0    | 6  | 32.1   | 1    | 7 | 31.6 | 1        | 8  | 33.3 | 1    | 9      | 26.3 | 0    | 10 | 20   | 0    |
| 最高          | 29 | 5        | 26.2 | 0    | 6  | 32.6   | 1    | 7 | 33.5 | 1        | 8  | 33   | 1    | 9      | 28.3 | 1    | 10 | 19.8 | 0    |
| 最高          | 30 | 5        | 25.4 | 0    | 6  | 32.8   | 1    | 7 | 33.1 | 1        | 8  | 32.3 | 1    | 9      | 27.9 | 0    | 10 | 20.6 | 0    |
| 最高          | 31 | 5        | 23.4 | 0    |    |        |      | 7 | 33.1 | 1        | 8  | 32.6 | 1    |        |      |      | 10 | 15.9 | 0    |
| 合計          |    |          |      | 0    |    |        | 14   |   | 31   |          | 31 |      |      | 18     |      |      | 3  |      |      |
| 暑さ指数 (WBGT) |    | 21       | 25   | 28   | 31 |        |      |   |      |          |    |      |      |        |      |      |    |      |      |
|             |    | (青) 涼感安全 |      |      |    | (黄) 警戒 |      |   |      | (橙) 注意警戒 |    |      |      | (赤) 危険 |      |      |    |      |      |

図7 東京における過去5年間(2018年～2022年)の屋外昼間の日最高暑さ指数



暑さ指数（WBGT）について（「夏季のイベントにおける熱中症対策ガイドライン2020」（令和2年度3月改訂、環境省）より。）

## 2) 暑さ指数 (WBGT) と熱中症

熱中症のリスクを評価する環境条件として気温が重要な指標ですが、我が国の夏のように蒸し暑い環境では、気温だけでは十分ではありません。そこで、気温の他にも熱中症の発生に大きく影響する環境条件である、湿度、日射・<sup>ひくしや</sup>輻射、風の要素も取り入れた指標として、「暑さ指数 (WBGT: Wet Bulb Globe Temperature: 湿球黒球温度)」があります。暑さ指数は、熱中症のリスクを評価する暑熱環境の指標として、様々な場で熱中症を予防するために活用されています。

### (ア) 暑さ指数 (WBGT) とは

暑さ指数 (WBGT) は、人体と外気との熱のやりとり (熱収支) に着目した指標です。労働や運動時の熱中症予防に用いられています (9頁参照)。

#### 暑さ指数 (WBGT) の算出

$$\begin{aligned}\text{WBGT (屋外)} &= 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度} \\ \text{WBGT (屋内)} &= 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}\end{aligned}$$

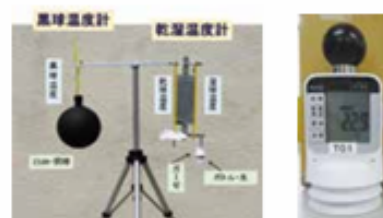


- 乾球温度：通常の温度計が示す温度。いわゆる気温のこと。
- 湿球温度：湿度計の球部を湿らせたガーゼで覆い、常時湿らせた状態で測定する温度。湿球の表面では水分が蒸発し気化熱が奪われるため、湿球温度は下がる。空気が乾燥しているほど蒸発の程度は激しく、乾球温度との差が大きくなる。
- 黒球温度：黒色に塗装された薄い銅板の球（中空、直径150mm、平均放射率0.95）の中心部の温度。周囲からの輻射熱の影響を示す。

暑さ指数 (WBGT) は熱ストレスの評価指標としてISO7243で国際的に規格化されており、図1-7 (左) に示す測定装置で計測します。この測定方法では、乾湿球温度計は自然気流にさらし、乾球温度計は日射の影響を受けないよう、日射を遮るカバーを付けます。また、湿球温度の測定のため、水の取り扱いが必要です。

より簡単に暑さ指数 (WBGT) を計測できるように、電子式の装置が市販されています。図1-7 (右) の様に固定設置して、周囲から見えるように暑さ指数 (WBGT) を表示、データ取得をするものや、個人が持ち歩いて周辺のごく近い場所の暑さ指数 (WBGT) を計測できる小型のものがあります。

暑さ指数 (WBGT) は、気象条件が同じであっても、その場所が、日差しが当たるかどうか、地面が何に覆われているか、風通しが良いか等で大きく変わるため、上記のようにそれぞれの活動場所で測定することが望ましいですが、難しい場合には環境省の「熱中症予防情報サイト」 (<http://www.wbgt.env.go.jp/>) で全国約840地点の暑さ指数 (WBGT) の実況値と予測値を参考にすることができます。



(左15cm黒球を用いた標準的な測定装置、  
右3cm黒球を用いた携帯型の測定装置)

図1-7 暑さ指数 (WBGT) 測定装置

### 5.3 実証対象

隣あう同一の方位を向いたキープサーモウォール遮熱施工無しの倉庫と施工有りの倉庫を用いた2 検体比較試験で施工効果を検証する。

#### 5.4 実証項目及び実証する性能

表 4 実証項目及び実証する性能

| 実証項目               | 実証する性能（値）                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 夏季の室温上昇抑制による環境保全効果 | <p>キープサーモウォール施工有り倉庫、施工無し倉庫に黒球温度計を設置し、WBGT 指数、黒球温度、乾球温度、相対湿度を計測。ただし、黒球温度計は室内モードで測定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・WBGT 指数が 28℃を超える時間を実測し、その差から室内温度抑制効果を求める。</li> <li>・WBGT 指数が 28℃を超えたらスポットクーラーを稼働させるものとし、稼働時間の差からエネルギー削減効率を机上で算出する。</li> </ul> <p>目標は、6.1 章を参考に 50%削減とする。</p> |

## 5.5 実証方法及び実証条件

(1) 計測

キープサーモウォール施工無し倉庫と有り倉庫において、それぞれの床から 1.5m 上の位置に黒球温度計を設置し、5 ヶ月間 WBGT 指数、黒球温度、乾球温度、相対湿度を記録する

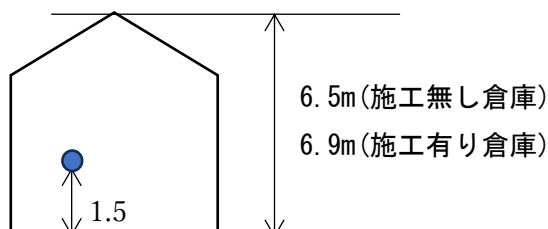


図 8. 黒球温度計設置位置

## (2) 効果算定

高倉庫において WBGT 指数が 28℃を超え熱中症対策としてスポットクーラーの稼働が必要  
 な時間をカウントする。その差からキープサーモウォールの効果によりスポットクーラーを  
 稼働させなくて済む時間を求め、電力削減効果、CO<sub>2</sub>削減効果の  
 実証を行う。なお、スポットクーラーは、天井吊・ダクト形ダイ  
 キン製スポットクーラー（製品名スポットエアコンクリスプ  
 SSDP280F）を使用、屋外へ排気した場合を想定する。



図9. 想定するスポットクーラー

[illegible]

## 6. 試験結果

### 6.1 目標の設定

試験協力機関のアイベックは、2019年5月から2021年1月まで実証場所（千葉県千葉市）にあるキープサーモウォール施工無し倉庫及び施工有り倉庫において屋根から1m下、床から3m上の温度データを測定し、保管している。その中で、2020年8月10日3:00から8月19日21:00間の屋根下1m、床上3mの温度データを図10、図11に示す。一方、環境省「熱中症予防情報サイト」では日本各地のWBGT指数の毎時データを公開しているが、千葉県千葉市の同期間における指数が28℃を超える時間帯を確認すると、施工無し倉庫の床上3mの温度では34℃を超えたあたりとなっている。これより、倉庫の床上3mにおける温度が34℃を超えるとWBGTが28℃を超えると仮定、上記10日間における34℃を超える時間を施工無し倉庫、施工有り倉庫でカウントすると、それぞれ96時間、15時間であった。これより、キープサーモウォールを施工することで室温上昇を抑制する効果は約84%（ $1-15 \div 96$ ）となる。また、スポットクーラーを稼働させる時間が96時間から15時間に削減できたと考えるとエネルギー削減率は約84%（ $1-15 \div 96$ ）となる。ただし、倉庫は営業時間中入口を開放しており外気温の影響を受けること、既存試験結果は床から3m上で測定された値だが本実証実験では床から1.5m上で測定することより、今回の実証試験において施工有り倉庫と施工無し倉庫におけるWBGT指数が28を超える時間の比は2:1、すなわち効果の目標を50%削減とする。

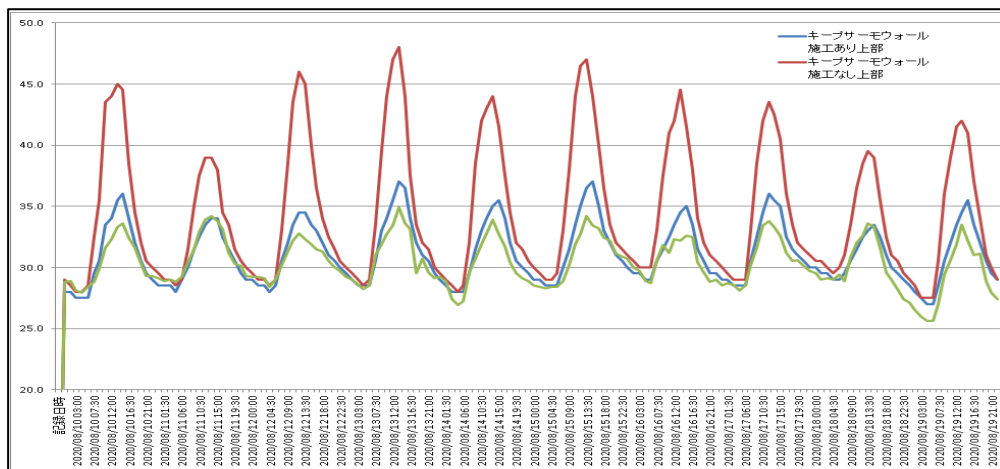


図10. 2020年8月10日3:00から19日21:00までのデータ（屋根から1m下）

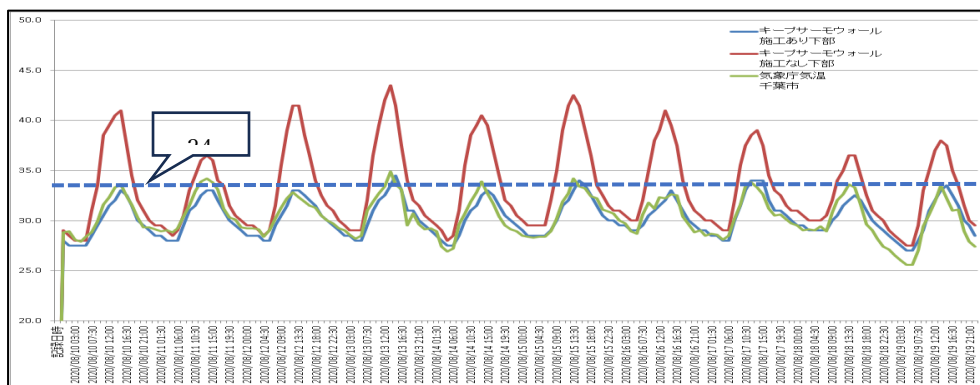


図11. 2020年8月10日3:00から19日21:00までのデータ（床から3m上）

## 6.2 「キープサーモウォール遮熱施工」の試験結果

### (1) 実験日時

キープサーモウォール遮熱施工無の倉庫と有の倉庫において、それぞれの床から 1.5m 上の空間に、黒球温度計を設置し、5 ヶ月間で WBGT 指数、黒球温度、温度、相対湿度の経時変化を記録した。

### (2) 実験結果

キープサーモウォール遮熱施工無し（以降、AL 無）の倉庫と有りの倉庫における暑熱環境を WBGT 指数、黒球温度、乾球温度、相対湿度の経時変化で記録したデータを処理して、キープサーモウォール遮熱施工有り（以降、AL 有）の省エネルギー効果を次に示す項目で検討し、実験結果を得た。

- 暑さ指数 WBGT データの経時変化

AL 有の倉庫内は、AL 無の倉庫内より常に WBGT 指数は低く、天井部位の遮熱効果が実証された。一方、10 月以降では、AL 有の倉庫内の WBGT 指数が夜間において高くなり、屋根面からの放射冷却に対する断熱効果として作用していることが判明した。

- 暑さ指数  $WBGT \geq 28^{\circ}\text{C}$  の出現時間

実験期間中に倉庫内において WBGT 指数が  $28^{\circ}\text{C}$  以上の出現時間を集計した結果、AL 有の倉庫内における出現時間は、AL 無の倉庫内に比べて、常時短時間であることから、倉庫の天井部位の遮熱効果が実証された。

- 暑さ指数 WBGT と乾球温度の相関解析

WBGT と乾球温度には非常に高い相関係数を示し、明らかに正相関がある。この関係を活用すると、日常的に計測している乾球温度  $32^{\circ}\text{C}$  以上を用いて概ね暑さ指数  $WBGT \geq 28^{\circ}\text{C}$  を推定できる

- 倉庫内温熱環境に及ぼす相当外気温度の効果推定

キープサーモウォール遮熱施工により、倉庫の天井面における全日射量と材料に起因する日射吸収率で推定される相当外気温度は、倉庫内の放射伝熱の遮蔽に効果があり、更には天井面の断熱に効果があると推定された。

## 6.3 実証試験設備の外観及び装着状態

同一方位を向いた隣り合う建物で実証試験を行った。倉庫 A にはキープサーモウォール断熱を施工し、倉庫 B はキープサーモウォール断熱を施工しない対照試験場所とした。実証試験建物 A 倉庫の外観、計測器及び AL 有の状態を図 12 に、対照試験建物 B 倉庫の外観、計測器類及び AL 無の状態を図 13 に示す。





実証試験の倉庫 A の入口



倉庫 A 内にグローブ温度計を設置



倉庫 A 内に簡易温湿度計併設



倉庫 A のキープサーモウォール断熱施工の状況

図 12 実証試験 A 庫の外観、計測器類及び AL 有の状態



対照試験の倉庫 B の入口



倉庫 B 内にグローブ温度計を設置



倉庫 B 内に簡易温湿度計併設



倉庫 B の断熱施工無しの状況

図 13 対照試験 B 倉庫の外観、計測器類及び AL 無の状態



## 7. 試験結果に基づく実証結果(まとめ)

### 7.1 室温上昇抑制効果

#### (1) 暑さ指数 WBGT の経時変化のデータ

熱中症予防指針に基づき、AL 有並びに、AL 無の温熱環境計測を2検体比較試験手法で検証した。6月1日～9月30日において、グローブ温度計を用いた、AL 無倉庫内及び、AL 有倉庫内の温熱環境の経時変化を図14から図18に示す。AL 無倉庫の温熱環境はAL 有倉庫に対して、暑さ指数 WBGT は常に高い。特に、この期間は、AL 有倉庫の天井部位の日射遮として有効であることが検証された。一方、9月以降のAL 有倉庫内の暑さ指数 WBGT はAL 無倉庫内の温熱環境は逆転して、夜間においてAL 有倉庫の方が高くなることが見て取れ、倉庫の屋根からの放射冷却に対して断熱効果があることが検証された。

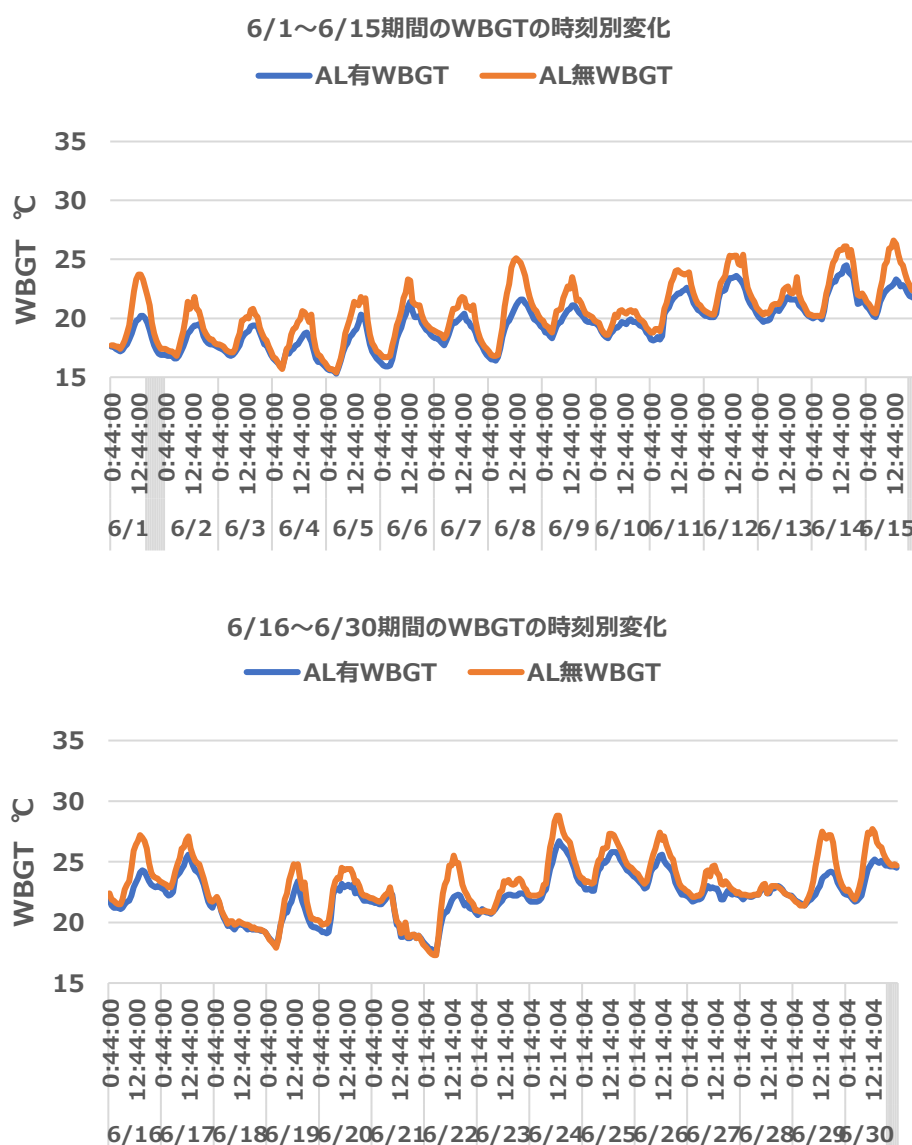


図14 WBGT の経時変化 (6/1～6/30)

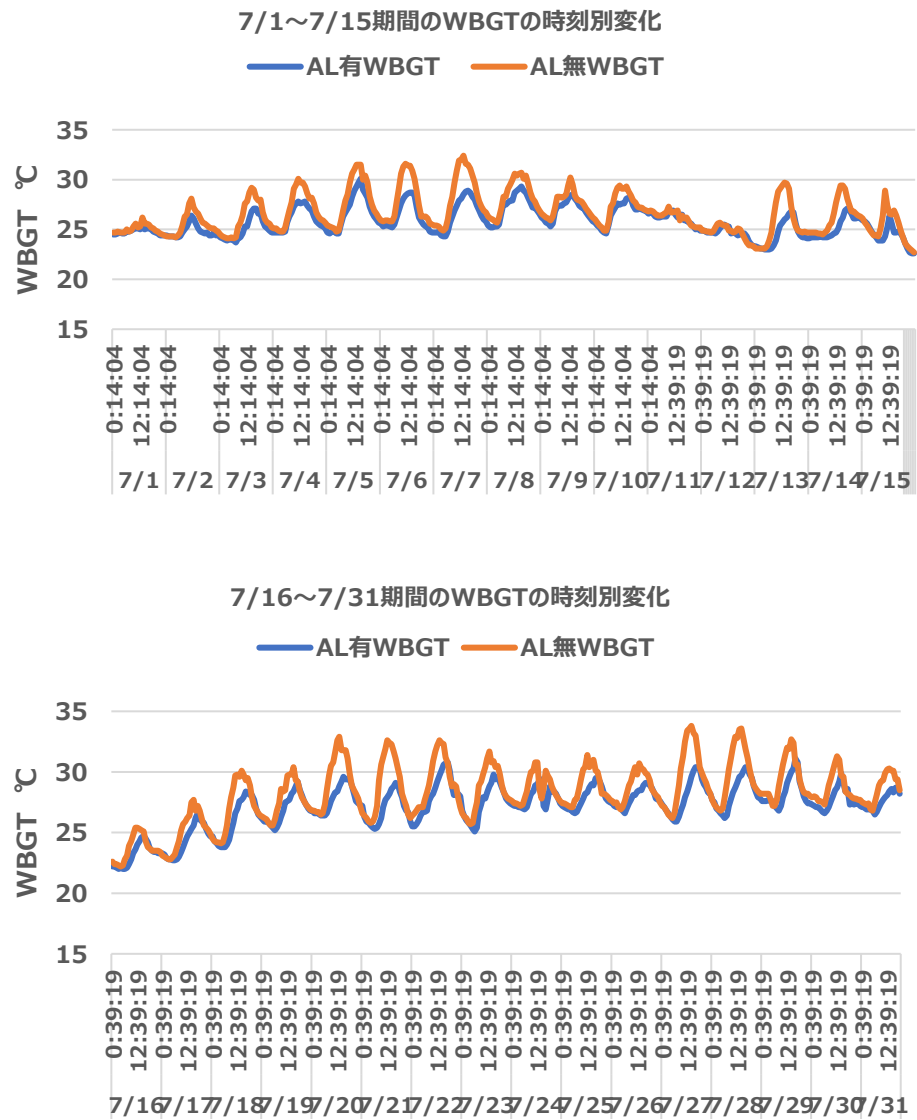


図 15 WBGT の経時変化 (7/1～7/31)

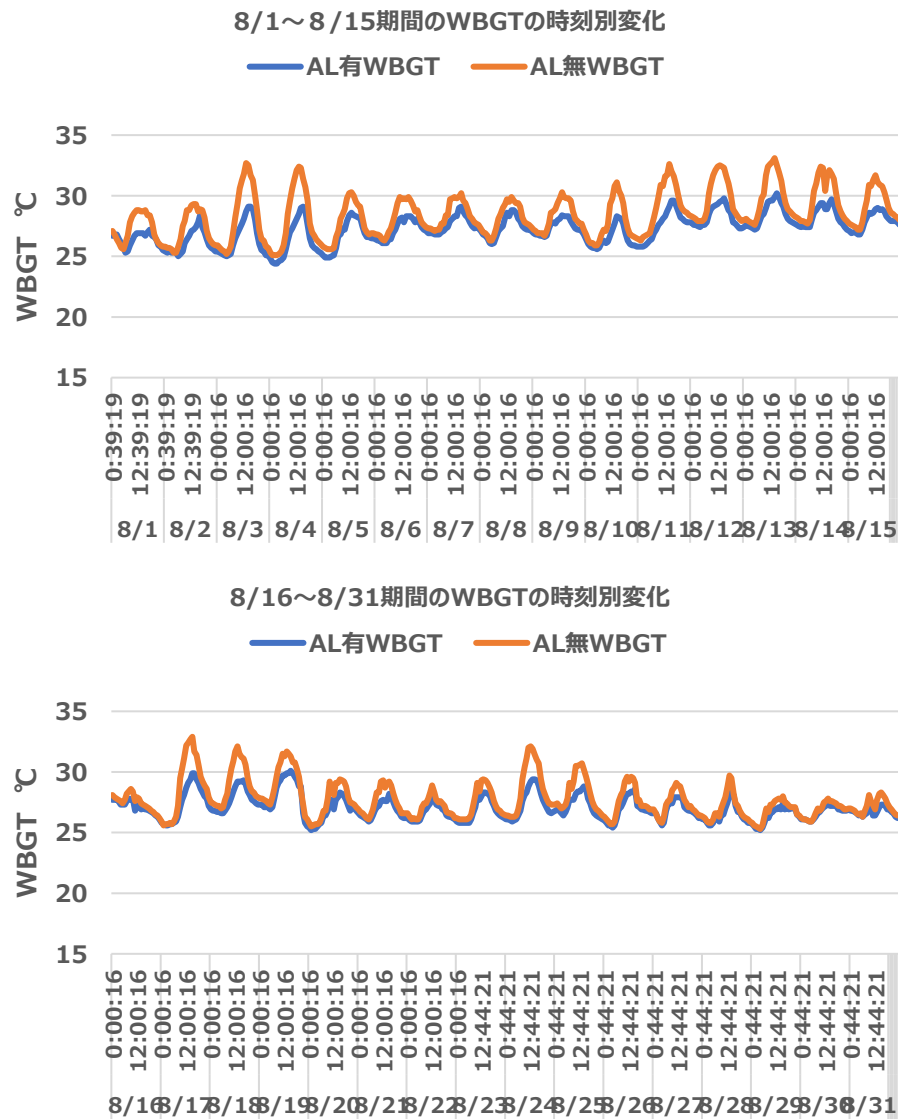
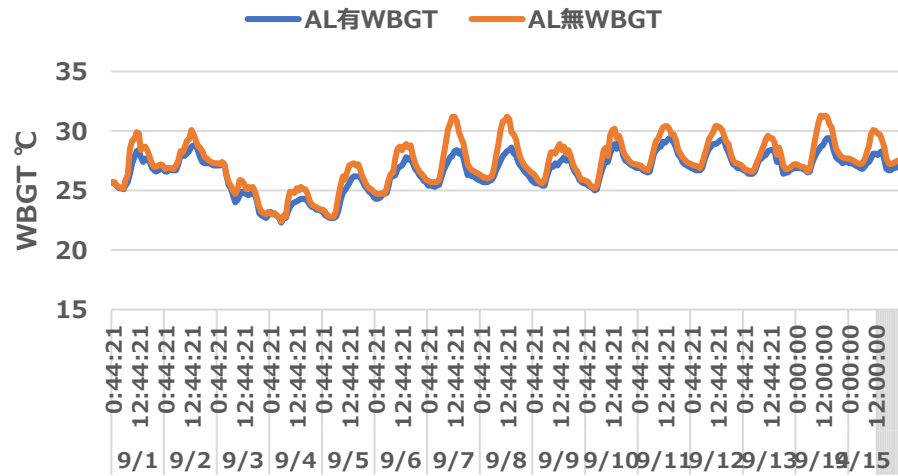


図 16 WBGT の経時変化 (8/1～8/31)

### 9/1～9/15期間のWBGTの時刻別変化



### 9/16～9/30期間のWBGTの時刻別変化

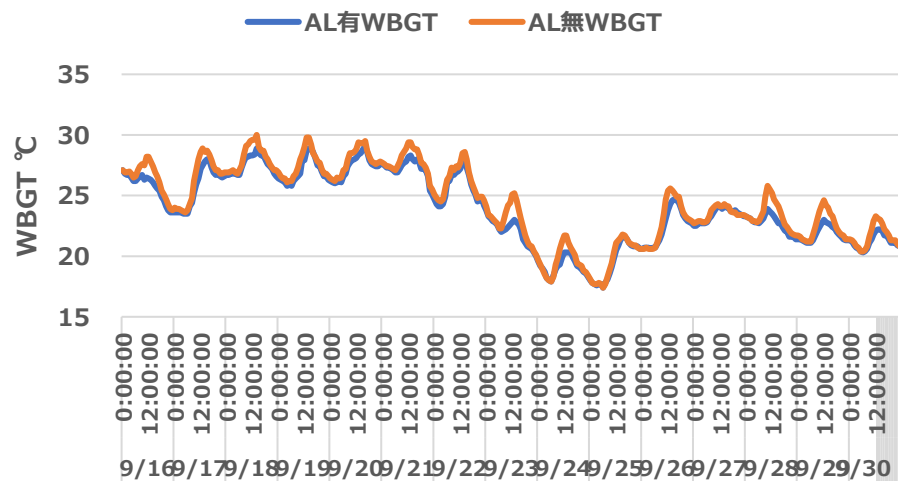


図 17 WBGT の経時変化 (9/1～9/30)

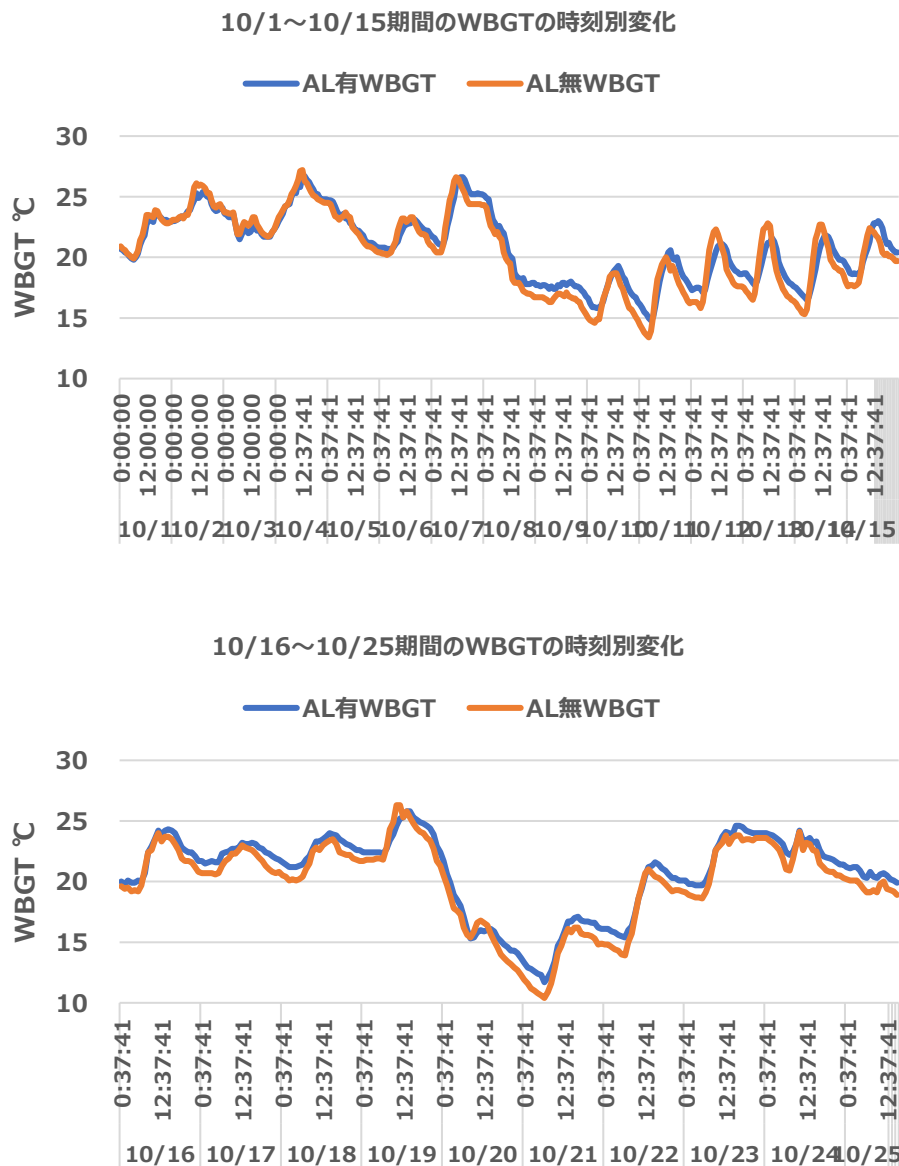


図 18 WBGT の経時変化(10/1～10/26)

## (2) 暑さ指数 WBGT の定義と WBGT $\geq 28^{\circ}\text{C}$ の出現時間比較

人体に与える影響の大きい、①湿度、②日射等からの輻射熱（黒球温度）、③気温の3要素を取り入れた指標が WBGT である。つまり、気温のみと異なり人体と外気との熱収支に着目した指標で、労働環境や運動環境の指針として、ISO 等で規格化されている。

屋外 WBGT =  $0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$  暑さ指数 WBGT

屋内 WBGT =  $0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$

暑さ指数 WBGT、労働環境や運動環境の指針として有効であると認められ、(公財)日本スポーツ協会では「熱中症予防運動針」、日本生気象学会では、表5に示す通り「生活・労働環境及び日常生活に関する指針」を公表している。また、労働環境では ISO7243、国内では JIS Z 8504「WBGT（湿球黒球温度）指数に基づく作業者の熱ストレスの評価－暑熱環境」として規格化されている。



表5 生活・労働環境および日常生活に関する指針

| 暑さ指数<br>WBGT             | 注意すべき<br>生活活動の目安      | 注意事項                                  |
|--------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| 注意<br>WBGT < 25℃         | 強い生活活動で<br>起こる危険性     | 一般的な活動では危険は少ないが、<br>激しい運動や重労働には危険性がある |
| 警戒<br>25℃ ≤ WBGT < 28℃   | 中程度以上の生活活動で<br>起こる危険性 | 激しい運動や重労働を行う場合は<br>定期的に十分な休憩を取り入れる    |
| 厳重警戒<br>28℃ ≤ WBGT < 31℃ | あらゆる生活活動で<br>起こる危険性   | 外出時は炎天下を避け<br>室内の温度上昇に注意する            |
| 危険<br>WBGT ≥ 32℃         |                       | 高齢者には安静状態でも危険性が高い<br>外出を避け、涼しい室内環境にいる |

出典：日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針 Ver. 4」（2022）

キープサーモウォール施工有り倉庫と施工無し倉庫において WBGT が 28℃ を超えた時間を表 6 に示す。施工倉庫において WBGT が 28℃ を超えた時間の合計は 413 時間、一方、施工無し倉庫において WBGT が 28℃ を超える時間の合計は 770 時間となり、その比率は 54 : 100 となった。これより、今回の実証実験において、キープサーモウォール施工により WBGT を 28℃ 以下に下げる時間は 46% 減である。

表6 WBGT 指数が 28℃ を超えた時間

| 測定期間        | WBGT が 28℃ を超えた時間（累計） |        |
|-------------|-----------------------|--------|
|             | 施工有り倉庫                | 施工無し倉庫 |
| 6/1～6/15    | 0                     | 0      |
| 6/16～6/30   | 0                     | 4      |
| 7/1～7/15    | 34                    | 89     |
| 7/16～7/31   | 126                   | 193    |
| 8/1～8/15    | 104                   | 197    |
| 8/16～8/31   | 63                    | 122    |
| 9/1～9/15    | 64                    | 119    |
| 9/16～9/30   | 22                    | 46     |
| 10/1～10/15  | 0                     | 0      |
| 10/16～10/31 | 0                     | 0      |
| 合計          | 413                   | 770    |
| 比率          | 54                    | 100    |
| 削減効果        | 46%                   | —      |

### (3) 暑さ指数 WBGT と 乾球温度の相関解析の結果

暑さ指数 WBGT と AL 無の倉庫内並びに、AL 有の倉庫内温度 TA[℃]の関係をそれぞれ図 19 と図 20 に示す。これらの図より、WBGT と TA の間には正相関があることが検証された。この関係から、WBGT の多変量のうち、絶対湿度と乾球温度で得られる湿球温度が WBGT の最大の寄与因子ではあるが、日常的に使用している乾球温度による計測値が 32℃以上を代替指標にしても、暑さ指数 WBGT ≥ 28℃の概略の推定は可能であることが検証された。

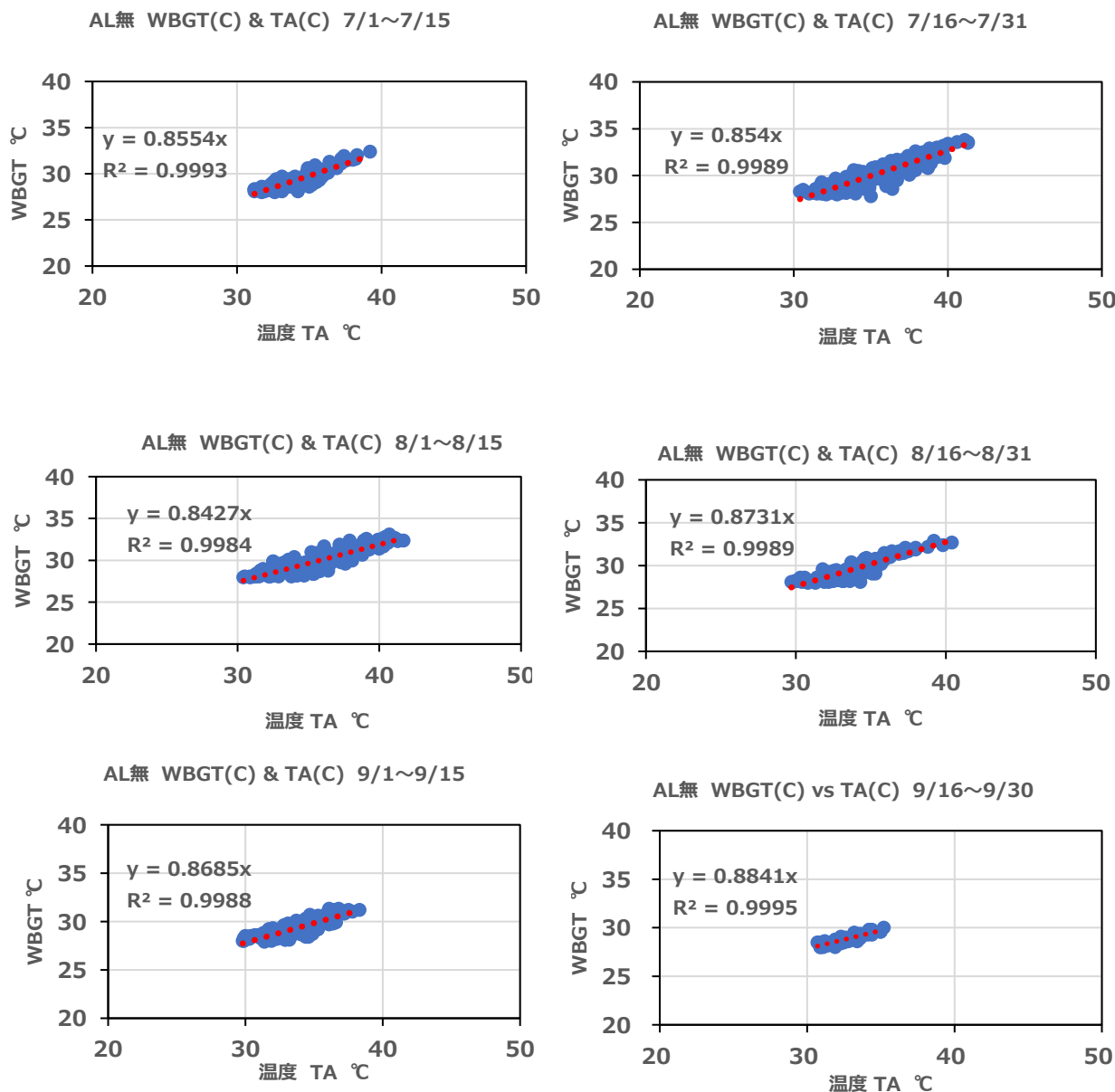


図 19 AL 有の倉庫内の WBGT と 乾球温度の相関関係

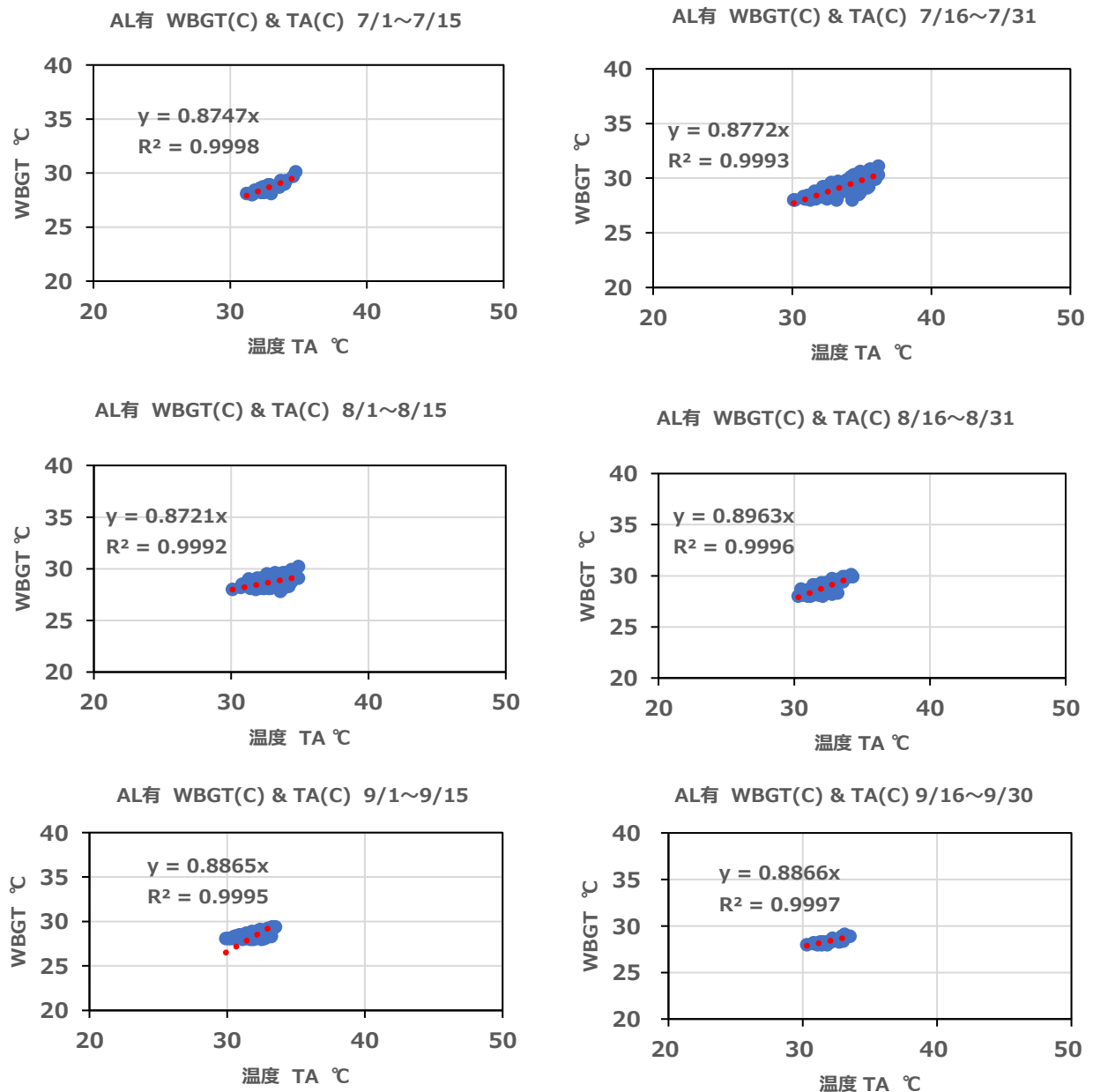


図 20 AL 有の倉庫内の WBGT と乾球温度の相関関係

## 7.2 エネルギー削減効果

### キープサーモウォール遮熱施工による冷房効果の推定

#### (1) 冷房空調条件の設定

- ・暑さ指数 WBGT $\geq 28^{\circ}\text{C}$ の出現時間のみ空調するものとし、スポット空調機の成績計数である COP 3.45 を用いて所要の空調機消費電力量を求めることで、キープサーモウォール遮熱施工の省エネルギー量に関する等価エネルギーを評価した。
- ・各期間における AL 無倉庫内で計測された暑さ指数 WBGT $\geq 28^{\circ}\text{C}$ のときのそれぞれの球温度 TA $^{\circ}\text{C}$  及び相対湿度 RH%、WBGT の平均値を求めた上で、空調機が冷房運転時に倉庫内へ吸込む温度・湿度の空気条件とした。計測期間に出現した暑さ指数 WBGT $\geq 28^{\circ}\text{C}$ における温度、相対湿度及び WBGT

の平均値を表7に示す。

- ・冷房運転時の倉庫内の空調温度・湿度の設定値は、建築基準法施行令第129条の2及び中央管理方式の空調設備の基準である温度17℃以上～28℃以下、湿度40RH%以上～70RH%以下の値に依拠して、倉庫内の空調設定条件として乾球温度28℃、相対湿度50RH%とした。

**表7 計測期間に出現した暑さ指数 WBGT≥28℃における  
温度、相対湿度及び WBGT の平均値**

| AL無倉庫 WBGT≥28℃の環境 |         |       |       |        | AL有倉庫 WBGT≥28℃の環境 |         |       |       |        |
|-------------------|---------|-------|-------|--------|-------------------|---------|-------|-------|--------|
| 月                 | 期間      | 平均温度  | 平均湿度  | 平均WBGT | 月                 | 期間      | 平均温度  | 平均湿度  | 平均WBGT |
|                   |         | ℃     | RH%   | ℃      |                   |         | ℃     | RH%   | ℃      |
| 5月                | 13日～31日 | —     | —     | —      | 5月                | 13日～31日 | —     | —     | —      |
| 6月                | 1日～15日  | —     | —     | —      | 6月                | 1日～15日  | —     | —     | —      |
|                   | 16日～30日 | 32.55 | 61.85 | 28.50  |                   | 16日～30日 | —     | —     | —      |
| 7月                | 1日～15日  | 34.44 | 58.05 | 29.50  | 7月                | 1日～15日  | 32.71 | 63.63 | 28.62  |
|                   | 16日～31日 | 35.09 | 58.07 | 30.02  |                   | 16日～31日 | 32.96 | 64.54 | 28.94  |
| 8月                | 1日～15日  | 35.20 | 55.53 | 29.74  | 8月                | 1日～15日  | 32.89 | 63.15 | 28.70  |
|                   | 16日～31日 | 33.83 | 63.23 | 29.58  |                   | 16日～31日 | 32.11 | 69.54 | 28.80  |
| 9月                | 1日～15日  | 33.70 | 61.85 | 29.31  | 9月                | 1日～15日  | 32.20 | 66.99 | 28.56  |
|                   | 16日～30日 | 32.55 | 66.11 | 28.80  |                   | 16日～30日 | 32.02 | 67.13 | 28.40  |
| 10月               | 1日～15日  | —     | —     | —      | 10月               | 1日～15日  | —     | —     | —      |
|                   | 16日～31日 | —     | —     | —      |                   | 16日～31日 | —     | —     | —      |

## (2) 倉庫内作業者の人体発熱条件

- ・倉庫内の作業者の員数を常時10人とし、倉庫内の作業状態を軽作業とする。
- ・倉庫内の温度が28℃のときの人体空調負荷は以下の通りとする。

人体からの顕熱負荷：48kcal/h・人→0.056 kW/人

人体からの潜熱負荷：141kcal/h・人→0.164 kW/人

出典：井上宇市、空気調和ハンドブック第2版、丸善、pp60-61(1974)

人体からの合計発熱量：(0.056+0.164) kW/人= 0.22 kW/人

空調負荷となる顕熱比 SHF：0.056 kW/(0.056+0.164) kW= 0.255

在室人員からの発熱量：0.22 kW/人×10人= 2.2 kW

## (3) 冷房負荷計算の手順

- ・倉庫内の冷房負荷は、空気線図から其々の比エンタルピー差 kJ/kg を求めた。
- ・経験的に完全混合型空調において、建物容積の3倍を1時間で換気することで概ね均一な温度分布になることから、換気回数を3回/hおよび空調空気の平均密度 kg/m<sup>3</sup> から空調空気流量 kg/s を求めた。
- ・冷房負荷 kW は比エンタルピー差と空調空気流量の積から求めた。
- ・暑さ指数 WBGT≥28℃の発生時間内にのみ空調するものとし、スポット式空調機の COP3.45 を用いて所要の空調機消費電力量を求めた。

- ・スポット式空調は、「5.5 実証方法及び実証条件」「(2) 効果算定」に示す型式のモデルを使用し、倉庫内の作業員 10 人にそれぞれ空気を当て排気は屋外へ逃がすため、倉庫内で排気が循環することはない。

#### (4) 温度成層空調による冷房負荷計算の手順

- ・温度成層型空調が成立する必要十分条件は、空調空気の吹出し流が層流であることである。完全混合型空調では建物容積の全体を混合して冷房するために、1.8m/s の空調吹出し風速で設計しているのに対して、温度成層型空調は、層流になる空調吹き出し風速が 0.8m/s であるため、空気搬送動力だけで評価すると、理想限界では 44% の削減になる。
- ・温度成層型空調による冷凍機＋搬送動力に関わる公表されたエネルギー消費量は、多くの実績から、完全混合型空調に比べて概ね 42 %削減である。
- ・完全混合型空調による空調空気流量に 58 %を掛けて冷房負荷を計算した。（出典「高砂熱学工業 旋回流誘引型成層空調システム SWIT」、「第 24 回（2010 年発表）空気調和・衛生工学会振興賞技術振興賞、大型精密機械組立工場 一誘引型成層空調による高精度環境の構築」、「2012 年度 省エネルギー大賞、資源エネルギー庁長官賞（ビジネスモデル分野）、成層空調システムを用いた省エネルギー事業」「SWIT®: Swirling Induction type TAKASAGO HVAC System」、「特許 第 4574317 号、特許 第 4790480 号、特許 第 5053574 号、特許 第 5053686 号、特許 第 5490485 号、特許 第 5780892、他」）

#### (5) AL 有及び AL 無の倉庫における空調消費電力量原単位の比較に基づくキープサーモウォール遮熱施工による省エネルギー効果の解析

暑さ指数 WBGT $\geq$ 28℃の出現時間のみ空調するものとし、スポット式空調機の成績係数 COP3.45 を用いて、所要の冷房負荷を満足する空調機消費電力量を空調方式別に求めた。

AL 無の倉庫を比較対象とした各空調方式の空調機消費電力を評価基準として、AL 無の倉庫に施工されたキープサーモウォール遮熱施工による省エネルギー量を評価した。

キープサーモウォール遮熱施工による効果は、従前の全体混合型空調、空気の密度差による浮力効果を活用した作業空間域のみを冷房する温度成層型空調においては 50.6%の省エネルギー効果が得られた。また、倉庫内作業員のみを対象に冷風を送気するスポット式空調では、63.5%の省エネルギー効果を得た。AL 無の倉庫及び AL 有の倉庫における倉庫容量当たりの空調消費電力量の比較を表 8 に示す。



表8 AL 無の倉庫及びAL 有の倉庫における倉庫容量当たりの空調消費電力量の比較

| 計測期間               | 項目              | 単位                 | AL無     |         |         | AL有     |         |         |
|--------------------|-----------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                    |                 |                    | 全体混合型空調 | 温度成層型空調 | スポット式空調 | 全体混合型空調 | 温度成層型空調 | スポット式空調 |
| 6/16-6/30          | 冷房負荷            | kW                 | 19.9    | 11.5    | 19.9    |         |         |         |
|                    | 冷房時間            | h                  | 4       |         |         | 0       |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         |         |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 23.1    | 13.3    | 32.5    |         |         |         |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         |         |         |         |
|                    | 倉庫容積当たりの空調消費電力量 | kWh/m <sup>3</sup> | 0.029   | 0.017   | 0.041   | 0       | 0       | 0       |
| 7/1-7/15           | 冷房負荷            | kW                 | 22.9    | 13.3    | 22.9    | 31.0    | 18.0    | 31.0    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 103     |         |         | 35      |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 683.7   | 397.1   | 835.9   | 314.5   | 182.6   | 284.1   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 0.862   | 0.500   | 1.053   | 0.264   | 0.153   | 0.239   |
| 7/16-7/31          | 冷房負荷            | kW                 | 24.9    | 14.4    | 24.9    | 33.0    | 19.1    | 33.0    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 196     |         |         | 131     |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 1,414.6 | 818.1   | 1,590.7 | 1,253.0 | 725.2   | 1,063.2 |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 1.783   | 1.031   | 2.005   | 1.053   | 0.610   | 0.894   |
| 8/1-8/15           | 冷房負荷            | kW                 | 23.4    | 13.6    | 23.4    | 31.4    | 18.2    | 31.4    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 182     |         |         | 107     |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 1,234   | 717.4   | 1,477.1 | 973.9   | 564.5   | 868.4   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 1.556   | 0.904   | 1.861   | 0.819   | 0.475   | 0.730   |
| 8/16-8/31          | 冷房負荷            | kW                 | 24.5    | 14.2    | 24.5    | 33.7    | 19.5    | 33.7    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 124     |         |         | 61      |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 880.6   | 510.4   | 1,006.4 | 595.9   | 344.8   | 495.1   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 1.110   | 0.643   | 1.268   | 0.501   | 0.290   | 0.416   |
| 9/1-9/15           | 冷房負荷            | kW                 | 23.3    | 13.5    | 23.3    | 31.8    | 18.4    | 31.8    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 123     |         |         | 68      |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 830.7   | 481.3   | 998.3   | 626.8   | 362.7   | 551.9   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 1.047   | 0.607   | 1.258   | 0.527   | 0.305   | 0.464   |
| 9/16-9/30          | 冷房負荷            | kW                 | 22.5    | 13.0    | 22.5    | 31.1    | 18.1    | 31.1    |
|                    | 冷房時間            | h                  | 50      |         |         | 26      |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 326.1   | 188.4   | 405.8   | 234.4   | 136.4   | 211.0   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 0.411   | 0.237   | 0.511   | 0.197   | 0.115   | 0.177   |
| 全測定期間              | 最大冷房負荷          | kW                 | 24.9    | 14.4    | 24.9    | 33.7    | 19.5    | 33.7    |
|                    | 総冷房時間           | h                  | 782     |         |         | 428     |         |         |
|                    | COP             | -                  | 3.45    |         |         | 3.45    |         |         |
|                    | 空調消費電力量         | kWh                | 5,393   | 3,126   | 6,347   | 3,999   | 2,316   | 3,474   |
|                    | 倉庫容積            | m <sup>3</sup>     | 793.5   |         |         | 1,189.6 |         |         |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量   | kWh/m <sup>3</sup> | 6.797   | 3.940   | 7.998   | 3.361   | 1.947   | 2.920   |
| AL有施工による省エネルギー率(%) |                 |                    | 50.6    | 50.6    | 63.5    |         |         |         |

## (6) 建物部位の表面温度と相当外気温度の関連性の考察

建物部位の表面温度は水平面の全日射の影響で、定性的には外気温度が高い程、日射の吸収率が高い程、相当外気温度は高くなり、空調負荷は大きくなる。キープサーモウォール遮熱施工は、相当外気温度が高い下記において、室内に放射される熱エネルギーの遮熱に作用し、冬季においては熱伝導による断熱に作用している。

$$\text{空調負荷 [kW]} : q = \alpha I + \alpha_0(\theta_o - \theta_s) = \alpha_0[(\alpha/\alpha_0 \times I + \theta_o) - \theta_s]$$

外気温度が高い場合は、相当外気温度に加算され、室内に入り込む熱量が増加するため、空調負荷は増加する。例えば以下の条件では、相当外気温度 [°C] は  $(0.35/0.023 \times 0.75 + 34) = 46.4$  °C になる。

屋根・天井部位の材料の吸収率 [-] :  $\alpha = 0.3$

建物部位の表面熱伝達率 :  $[kW/m^2 \cdot K] \quad \alpha_0 = 0.023 \text{ kW/m}^2$

全日射量  $[kW/m^2]$  :  $I = 0.75 \text{ kW/m}^2$

外気温度 [°C] :  $\theta_o = 34$  °C

建物部位の表面温度 [°C] :  $\theta_s = 30$  °C

相当外気温度 [°C] :  $(\alpha/\alpha_0 \times I + \theta_o) = (0.35/0.023 \times 0.75 + 34) = 46.4$  °C

AL 有及び AL 無の倉庫における空調機の消費電力量原単位の比較表に纏めた際の計算個表を表 9 から表 27 に添付する。

表 9 AL 無の倉庫における全体混合型空調、温度成層型空調、及びスポット式空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量 (6/16~6/30)

| AL 無 6/16-6/30の平均値 |        |       |       |                    |                  |        |       |       |                    |
|--------------------|--------|-------|-------|--------------------|------------------|--------|-------|-------|--------------------|
| 項目                 | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                 | 項目               | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                 |
| 空調設定の室温            | °C     | 28    |       | WBGT≤28°C維持の条件     | 空調設定の室温          | °C     | 28    |       | WBGT≤28°C維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50    |       | WBGT≤28°C維持の条件     | 空調設定の相対湿度        | RH%    | 50    |       | WBGT≤28°C維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図               | 空調空気の比エンタルピー     | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図               |
| 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.15  |       | 空気線図               | 空調空気の密度          | kg/m³  | 1.15  |       | 空気線図               |
| 倉庫環境の室温            | °C     | 32.55 |       | AL 無 6/16-6/30の平均値 | 倉庫環境の室温          | °C     | 32.55 |       | AL 無 6/16-6/30の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 61.85 |       | AL 無 6/16-6/30の平均値 | 倉庫環境の相対湿度        | RH%    | 61.85 |       | AL 無 6/16-6/30の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 81.88 |       | 空気線図               | 倉庫環境の比エンタルピー     | kJ/kg  | 81.88 |       | 空気線図               |
| 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.12  |       | 空気線図               | 倉庫環境空気の密度        | kg/m³  | 1.12  |       | 空気線図               |
| 平均の空気密度            | kg/m³  |       | 1.135 |                    | 平均の空気密度          | kg/m³  |       | 1.135 |                    |
| 比エンタルピー差           | kJ/kg  |       | 23.55 |                    | 比エンタルピー差         | kJ/kg  |       | 23.55 |                    |
| 在室人員数              | 人      | 10    |       |                    | 在室人員数            | 人      | 10    |       |                    |
| 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.22  |       |                    | 人体単位発熱量          | kW/人   | 0.22  |       |                    |
| 在室人員発熱量            | kW     |       | 2.2   |                    | 在室人員発熱量          | kW     |       | 2.2   |                    |
| 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |       | 2.93  |                    | 在室人員に相当する比エンタルピー | kJ/kg  |       | 2.93  |                    |
| 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |       | 26.48 |                    | 空調負荷となる比エンタルピー差  | kJ/kg  |       | 26.48 |                    |
| 空調対象の倉庫容積          | m³     | 793.5 |       |                    | 倉庫の空調容積          | m³     | 793.5 |       |                    |
| 空調換気回数             | 1/h    | 3     |       |                    | 空調換気回数           | 1/h    | 3     |       |                    |
| 空気体積流量             | m³/min |       | 39.7  |                    | 空気体積流量           | m³/min |       | 23    |                    |
| 空気質量流量             | kg/s   |       | 0.751 |                    | 空気質量流量           | kg/s   |       | 0.435 |                    |
| 冷房負荷               | kW     |       | 19.9  |                    | 冷房負荷             | kW     |       | 11.5  |                    |
| WBGT≥28°Cの時間数      | h      | 4     |       |                    | WBGT≥28°Cの時間数    | h      | 4     |       |                    |
| 空調機のCOP            | -      | 3.45  |       |                    | 空調機のCOP          | -      | 3.45  |       |                    |
| 空調機消費電力量           | kWh    |       | 23.1  |                    | 空調機消費電力量         | kWh    |       | 13.3  |                    |
| 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |       | 0.029 |                    | 容積当たりの空調消費電力量    | kWh/m³ |       | 0.017 |                    |

| 項目               | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                 |
|------------------|--------|-------|-------|--------------------|
| 空調設定の室温          | °C     | 28    |       | WBGT≤28°C維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度        | RH%    | 50    |       | WBGT≤28°C維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー     | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図               |
| 空調空気の密度          | kg/m³  | 1.15  |       | 空気線図               |
| 倉庫環境の室温          | °C     | 32.55 |       | AL 無 6/16-6/30の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度        | RH%    | 61.85 |       | AL 無 6/16-6/30の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー     | kJ/kg  | 81.88 |       | 空気線図               |
| 倉庫環境空気の密度        | kg/m³  | 1.12  |       | 空気線図               |
| 平均の空気密度          | kg/m³  |       | 1.135 |                    |
| 比エンタルピー差         | kJ/kg  |       | 23.55 |                    |
| 在室人員数            | 人      | 10    |       |                    |
| 人体単位発熱量          | kW/人   | 0.22  |       |                    |
| 在室人員発熱量          | kW     |       | 2.2   |                    |
| 在室人員に相当する比エンタルピー | kJ/kg  |       | 2.93  |                    |
| 空調負荷となる比エンタルピー差  | kJ/kg  |       | 26.48 |                    |
| 倉庫の空調容積          | m³     | 793.5 |       |                    |
| 空調換気回数           | 1/h    | 3     |       |                    |
| 空気体積流量           | m³/min |       | 39.7  |                    |
| 空気質量流量           | kg/s   |       | 0.751 |                    |
| 冷房負荷             | kW     |       | 19.9  |                    |
| WBGT≥28°Cの時間数    | h      | 4     |       |                    |
| 空調機のCOP          | -      | 3.45  |       |                    |
| 空調機消費電力量         | kWh    |       | 32.5  |                    |
| 容積当たりの空調消費電力量    | kWh/m³ |       | 0.041 |                    |

スポット式空調機  
SSDP280F×1台(28.0kW)

表 10 AL 無倉庫と AL 有倉庫の全体混合型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(7/1~7/15)

| AL 無 7/1-7/15の平均値 |        |       |       |                               | AL 有 7/1-7/15の平均値 |        |       |       |                               |
|-------------------|--------|-------|-------|-------------------------------|-------------------|--------|-------|-------|-------------------------------|
| 項 目               | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                            | 項 目               | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                            |
| 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件                 | 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤25℃維持の条件                 |
| 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件                 | 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤25℃維持の条件                 |
| 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図                          | 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図                          |
| 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図                          | 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図                          |
| 倉庫環境の室温           | ℃      | 34.44 |       | AL 無 7/1-7/15の平均値             | 倉庫環境の室温           | ℃      | 32.71 |       | AL 有 7/1-7/15の平均値             |
| 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 58.05 |       | AL 無 7/1-7/15の平均値             | 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 63.63 |       | AL 有 7/1-7/15の平均値             |
| 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 86.04 |       | 空気線図                          | 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 83.98 |       | 空気線図                          |
| 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.112 |       | 空気線図                          | 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.118 |       | 空気線図                          |
| 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.131 |                               | 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.134 |                               |
| 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 27.71 |                               | 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 25.65 |                               |
| 常時在室人員数           | 人      | 10    |       |                               | 常時在室人員数           | 人      | 10    |       |                               |
| 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件                  | 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件                  |
| 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20  |                               | 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20  |                               |
| 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 2.94  |                               | 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 1.96  |                               |
| 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 30.65 |                               | 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 27.61 |                               |
| 空調対象の倉庫容積         | m³     | 793.5 |       | 全体混合型空調システム<br>空調吹出し速度：1.8m/s | 倉庫の空調容積           | m³     | 1,190 |       | 全体混合型空調システム<br>空調吹出し速度：1.8m/s |
| 空調換気回数            | 1/h    | 3     |       |                               | 空調換気回数            | 1/h    | 3     |       |                               |
| 空気体積流量            | m³/min |       | 39.7  |                               | 空気体積流量            | m³/min |       | 59.5  |                               |
| 空気質量流量            | kg/s   |       | 0.748 |                               | 空気質量流量            | kg/s   |       | 1.124 |                               |
| 冷房負荷              | kW     |       | 22.9  |                               | 冷房負荷              | kW     |       | 31.0  |                               |
| WBGT≥28℃の時間数      | h      | 103   |       |                               | WBGT≥28℃の時間数      | h      | 35    |       |                               |
| 空調機COP            | —      | 3.45  |       |                               | 空調機COP            | —      | 3.45  |       |                               |
| 空調機消費電力量          | kWh    |       | 684   |                               | 空調機消費電力量          | kWh    |       | 314   |                               |
| 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 0.862 |                               | 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 0.264 |                               |

表 11 AL 無倉庫と AL 有倉庫の温度成層型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(7/1~7/15)

| AL 無 7/1-7/15の平均値 |        |       |       |                               | AL 有 7/1-7/15の平均値 |        |        |       |                               |
|-------------------|--------|-------|-------|-------------------------------|-------------------|--------|--------|-------|-------------------------------|
| 項 目               | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                            | 項 目               | 単位     | 与条件    | 計算値   | 備考                            |
| 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件                 | 空調設定の室温           | ℃      | 28.00  |       | WBGT≤28℃維持の条件                 |
| 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件                 | 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00  |       | WBGT≤28℃維持の条件                 |
| 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図                          | 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33  |       | 空気線図                          |
| 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図                          | 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150  |       | 空気線図                          |
| 倉庫環境の室温           | ℃      | 34.44 |       | AL 無 7/1-7/15の平均値             | 倉庫環境の室温           | ℃      | 32.71  |       | AL 有 7/1-7/15の平均値             |
| 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 58.05 |       | AL 無 7/1-7/15の平均値             | 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 63.63  |       | AL 有 7/1-7/15の平均値             |
| 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 86.04 |       | 空気線図                          | 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 83.98  |       | 空気線図                          |
| 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.112 |       | 空気線図                          | 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.118  |       | 空気線図                          |
| 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.131 |                               | 平均の空気密度           | kg/m³  |        | 1.134 |                               |
| 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 27.71 |                               | 比エンタルピー差          | kJ/kg  |        | 25.65 |                               |
| 常時在室人員数           | 人      | 10    |       |                               | 常時在室人員数           | 人      | 10     |       |                               |
| 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件                  | 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220  |       | 28℃で倉庫内軽作業条件                  |
| 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20  |                               | 在室人員発熱量           | kW     |        | 2.20  |                               |
| 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 2.94  |                               | 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |        | 1.96  |                               |
| 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 30.65 |                               | 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |        | 27.61 |                               |
| 倉庫の空調容積           | m³     | 793.5 |       | 温度成層型空調システム<br>空調吹出し風速：0.8m/s | 倉庫の空調容積           | m³     | 1189.6 |       | 温度成層型空調システム<br>空調吹出し風速：0.8m/s |
| 空調換気回数            | 1/h    | 3     |       |                               | 空調換気回数            | 1/h    | 3      |       |                               |
| 空気体積流量            | m³/min |       | 23.0  |                               | 空気体積流量            | m³/min |        | 34.5  |                               |
| 空気質量流量            | kg/s   |       | 0.434 |                               | 空気質量流量            | kg/s   |        | 0.652 |                               |
| 冷房負荷              | kW     |       | 13.3  |                               | 冷房負荷              | kW     |        | 18.0  |                               |
| WBGT≥28℃の時間数      | h      | 103   |       |                               | WBGT≥28℃の時間数      | h      | 35     |       |                               |
| 空調機COP            | —      | 3.45  |       |                               | 空調機COP            | —      | 3.45   |       |                               |
| 空調機消費電力量          | kWh    |       | 397   |                               | 空調機消費電力量          | kWh    |        | 183   |                               |
| 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 0.500 |                               | 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |        | 0.154 |                               |

表 12 AL 無倉庫と AL 有倉庫のスポット式空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(7/1~7/15)

| AL 無 7/1-7/15の平均値 |        |       |       |                                 | AL 有 7/1-7/15の平均値 |        |        |       |                                 |
|-------------------|--------|-------|-------|---------------------------------|-------------------|--------|--------|-------|---------------------------------|
| 項 目               | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                              | 項 目               | 単位     | 与条件    | 計算値   | 備考                              |
| 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件                   | 空調設定の室温           | ℃      | 28.00  |       | WBGT≤28℃維持の条件                   |
| 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件                   | 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00  |       | WBGT≤28℃維持の条件                   |
| 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図                            | 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33  |       | 空気線図                            |
| 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図                            | 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150  |       | 空気線図                            |
| 倉庫環境の室温           | ℃      | 34.44 |       | AL 無 7/1-7/15の平均値               | 倉庫環境の室温           | ℃      | 32.71  |       | AL 有 7/1-7/15の平均値               |
| 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 58.05 |       | AL 無 7/1-7/15の平均値               | 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 63.63  |       | AL 有 7/1-7/15の平均値               |
| 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 86.04 |       | 空気線図                            | 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 83.98  |       | 空気線図                            |
| 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.112 |       | 空気線図                            | 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.118  |       | 空気線図                            |
| 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.131 |                                 | 平均の空気密度           | kg/m³  |        | 1.134 |                                 |
| 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 27.71 |                                 | 比エンタルピー差          | kJ/kg  |        | 25.65 |                                 |
| 常時在室人員数           | 人      | 10    |       |                                 | 常時在室人員数           | 人      | 10     |       |                                 |
| 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件                    | 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220  |       | 28℃で倉庫内軽作業条件                    |
| 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20  |                                 | 在室人員発熱量           | kW     |        | 2.20  |                                 |
| 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 2.94  |                                 | 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |        | 1.96  |                                 |
| 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 30.65 |                                 | 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |        | 27.61 |                                 |
| 倉庫の空調容積           | m³     | 793.5 |       | スポット式空調機<br>SSDP280F×1台(28.0kW) | 倉庫の空調容積           | m³     | 1189.6 |       | スポット式空調機<br>SSDP280F×1台(28.0kW) |
| 空調換気回数            | 1/h    | 3     |       |                                 | 空調換気回数            | 1/h    | 3      |       |                                 |
| 空気体積流量            | m³/min |       | 39.7  |                                 | 空気体積流量            | m³/min |        | 59.5  |                                 |
| 空気質量流量            | kg/s   |       | 0.748 |                                 | 空気質量流量            | kg/s   |        | 1.124 |                                 |
| 冷房負荷              | kW     |       | 22.9  |                                 | 冷房負荷              | kW     |        | 31.0  |                                 |
| WBGT≥28℃の時間数      | h      | 103   |       |                                 | WBGT≥28℃の時間数      | h      | 35     |       |                                 |
| 空調機COP            | —      | 3.45  |       |                                 | 空調機COP            | —      | 3.45   |       |                                 |
| 空調機消費電力量          | kWh    |       | 835.9 |                                 | 空調機消費電力量          | kWh    |        | 284.1 |                                 |
| 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 1.053 |                                 | 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |        | 0.239 |                                 |

表 13 AL 無倉庫と AL 有倉庫の全体混合型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(7/16~7/31)

| AL 無 7/16-7/31の平均値 |        |       |       |                   | AL 有 7/16-7/31の平均値 |        |         |       |                   |
|--------------------|--------|-------|-------|-------------------|--------------------|--------|---------|-------|-------------------|
| 項 目                | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                | 項 目                | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                |
| 空調設定の室温            | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温            | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図              |
| 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図              | 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温            | ℃      | 35.09 |       | AL無 7/16-7/31の平均値 | 倉庫環境の室温            | ℃      | 32.96   |       | AL有 7/16-7/31の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 58.07 |       | AL無 7/16-7/31の平均値 | 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 64.54   |       | AL無 7/16-7/31の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 88.69 |       | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 85.75   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.108 |       | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.116   |       | 空気線図              |
| 平均の空気密度            | kg/m³  |       | 1.129 |                   | 平均の空気密度            | kg/m³  |         | 1.133 |                   |
| 比エンタルピー差           | kJ/kg  |       | 30.36 |                   | 比エンタルピー差           | kJ/kg  |         | 27.42 |                   |
| 常時在室人員数            | 人      | 10    |       |                   | 常時在室人員数            | 人      | 10      |       |                   |
| 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量            | kW     |       | 2.20  |                   | 在室人員発熱量            | kW     |         | 2.20  |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |       | 2.95  |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |         | 1.96  |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |       | 33.31 |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |         | 29.38 |                   |
| 空調対象の倉庫容積          | m³     | 793.5 |       |                   | 倉庫の空調容積            | m³     | 1,189.6 |       |                   |
| 空調換気回数             | 1/h    | 3     |       |                   | 空調換気回数             | 1/h    | 3       |       |                   |
| 空気体積流量             | m³/min |       | 39.7  |                   | 空気体積流量             | m³/min |         | 59.5  |                   |
| 空気質量流量             | kg/s   |       | 0.747 |                   | 空気質量流量             | kg/s   |         | 1.123 |                   |
| 冷房負荷               | kW     |       | 24.9  |                   | 冷房負荷               | kW     |         | 33.0  |                   |
| WBGT≥28℃の時間数       | h      | 196   |       |                   | WBGT≥28℃の時間数       | h      | 131     |       |                   |
| 空調機のコピー            | -      | 3.45  |       |                   | 空調機のコピー            | -      | 3.45    |       |                   |
| 空調機消費電力量           | kWh    |       | 1,415 |                   | 空調機消費電力量           | kWh    |         | 1,253 |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |       | 1.78  |                   | 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |         | 1.05  |                   |

表 14 AL 無倉庫と AL 有倉庫の温度成層型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(7/16~7/31)

| AL 無 7/16-7/31の平均値 |        |       |       |                   | AL 有 7/16-7/31の平均値 |        |         |       |                   |
|--------------------|--------|-------|-------|-------------------|--------------------|--------|---------|-------|-------------------|
| 項 目                | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                | 項 目                | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                |
| 空調設定の室温            | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温            | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図              |
| 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図              | 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温            | ℃      | 35.09 |       | AL無 7/16-7/31の平均値 | 倉庫環境の室温            | ℃      | 32.96   |       | AL有 7/16-7/31の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 58.07 |       | AL無 7/16-7/31の平均値 | 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 64.54   |       | AL無 7/16-7/31の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 88.69 |       | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 85.75   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.108 |       | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.116   |       | 空気線図              |
| 平均の空気密度            | kg/m³  |       | 1.129 |                   | 平均の空気密度            | kg/m³  |         | 1.133 |                   |
| 比エンタルピー差           | kJ/kg  |       | 30.36 |                   | 比エンタルピー差           | kJ/kg  |         | 27.42 |                   |
| 常時在室人員数            | 人      | 10    |       |                   | 常時在室人員数            | 人      | 10      |       |                   |
| 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量            | kW     |       | 2.20  |                   | 在室人員発熱量            | kW     |         | 2.20  |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |       | 2.95  |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |         | 1.96  |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |       | 33.31 |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |         | 29.38 |                   |
| 倉庫の空調容積            | m³     | 793.5 |       |                   | 倉庫の空調容積            | m³     | 1,189.6 |       |                   |
| 空調換気回数             | 1/h    | 3     |       |                   | 空調換気回数             | 1/h    | 3       |       |                   |
| 空気体積流量             | m³/min |       | 23.0  |                   | 空気体積流量             | m³/min |         | 34.5  |                   |
| 空気質量流量             | kg/s   |       | 0.433 |                   | 空気質量流量             | kg/s   |         | 0.651 |                   |
| 冷房負荷               | kW     |       | 14.4  |                   | 冷房負荷               | kW     |         | 19.1  |                   |
| WBGT≥28℃の時間数       | h      | 196   |       |                   | WBGT≥28℃の時間数       | h      | 131     |       |                   |
| 空調機のコピー            | -      | 3.45  |       |                   | 空調機のコピー            | -      | 3.45    |       |                   |
| 空調機消費電力量           | kWh    |       | 818   |                   | 空調機消費電力量           | kWh    |         | 725   |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |       | 1.03  |                   | 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |         | 0.609 |                   |

表 15 AL 無倉庫と AL 有倉庫のスポット式空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(7/16~7/31)

| AL 無 7/16-7/31の平均値 |        |       |         |                   | AL 有 7/16-7/31の平均値 |        |         |         |                   |
|--------------------|--------|-------|---------|-------------------|--------------------|--------|---------|---------|-------------------|
| 項 目                | 単位     | 与条件   | 計算値     | 備考                | 項 目                | 単位     | 与条件     | 計算値     | 備考                |
| 空調設定の室温            | ℃      | 28.00 |         | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温            | ℃      | 28.00   |         | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00 |         | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00   |         | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33 |         | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33   |         | 空気線図              |
| 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150 |         | 空気線図              | 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150   |         | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温            | ℃      | 35.09 |         | AL無 7/16-7/31の平均値 | 倉庫環境の室温            | ℃      | 32.96   |         | AL有 7/16-7/31の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 58.07 |         | AL無 7/16-7/31の平均値 | 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 64.54   |         | AL無 7/16-7/31の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 88.69 |         | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 85.75   |         | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.108 |         | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.116   |         | 空気線図              |
| 平均の空気密度            | kg/m³  |       | 1.129   |                   | 平均の空気密度            | kg/m³  |         | 1.133   |                   |
| 比エンタルピー差           | kJ/kg  |       | 30.36   |                   | 比エンタルピー差           | kJ/kg  |         | 27.42   |                   |
| 常時在室人員数            | 人      | 10    |         |                   | 常時在室人員数            | 人      | 10      |         |                   |
| 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220 |         | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220   |         | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量            | kW     |       | 2.20    |                   | 在室人員発熱量            | kW     |         | 2.20    |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |       | 2.95    |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |         | 1.96    |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |       | 33.31   |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |         | 29.38   |                   |
| 空調対象の倉庫容積          | m³     | 793.5 |         |                   | 倉庫の空調容積            | m³     | 1,189.6 |         |                   |
| 空調換気回数             | 1/h    | 3     |         |                   | 空調換気回数             | 1/h    | 3       |         |                   |
| 空気体積流量             | m³/min |       | 39.7    |                   | 空気体積流量             | m³/min |         | 59.5    |                   |
| 空気質量流量             | kg/s   |       | 0.747   |                   | 空気質量流量             | kg/s   |         | 1.123   |                   |
| 冷房負荷               | kW     |       | 24.9    |                   | 冷房負荷               | kW     |         | 33.0    |                   |
| WBGT≥28℃の時間数       | h      | 196   |         |                   | WBGT≥28℃の時間数       | h      | 131     |         |                   |
| 空調機のコピー            | -      | 3.45  |         |                   | 空調機のコピー            | -      | 3.45    |         |                   |
| 空調機消費電力量           | kWh    |       | 1,590.7 |                   | 空調機消費電力量           | kWh    |         | 1,063.2 |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |       | 2.01    |                   | 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |         | 0.894   |                   |

表 16 AL 無倉庫と AL 有倉庫の全体混合型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(8/1~8/15)

| AL 無 8/1-8/15の平均値 |        |       |        |                   | AL 有 8/1-8/15の平均値 |        |       |         |                   |
|-------------------|--------|-------|--------|-------------------|-------------------|--------|-------|---------|-------------------|
| 項 目               | 単位     | 与条件   | 計算値    | 備考                | 項 目               | 単位     | 与条件   | 計算値     | 備考                |
| 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |        | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |         | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |        | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |         | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |        | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |         | 空気線図              |
| 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |        | 空気線図              | 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |         | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温           | ℃      | 35.20 |        | AL 無 8/1-8/15の平均値 | 倉庫環境の室温           | ℃      | 32.89 |         | AL 有 8/1-8/15の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 55.53 |        | AL 無 8/1-8/15の平均値 | 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 63.15 |         | AL 有 8/1-8/15の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 86.71 |        | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 84.3  |         | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.109 |        | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.117 |         | 空気線図              |
| 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.1295 |                   | 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.1335  |                   |
| 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 28.38  |                   | 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 25.97   |                   |
| 常時在室人員数           | 人      | 10    |        |                   | 常時在室人員数           | 人      | 10    |         |                   |
| 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |        | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |         | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20   |                   | 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20    |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 2.95   |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 1.96    |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 31.33  |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 27.93   |                   |
| 空調対象の倉庫容積         | m³     |       | 793.5  |                   | 倉庫の空調容積           | m³     |       | 1,189.6 |                   |
| 空調換気回数            | 1/h    |       | 3      |                   | 空調換気回数            | 1/h    |       | 3       |                   |
| 空気体積流量            | m³/min |       | 39.7   |                   | 空気体積流量            | m³/min |       | 59.5    |                   |
| 空気質量流量            | kg/s   |       | 0.747  |                   | 空気質量流量            | kg/s   |       | 1.124   |                   |
| 冷房負荷              | kW     |       | 23.4   |                   | 冷房負荷              | kW     |       | 31.4    |                   |
| WBGT≥28℃の時間数      | h      |       | 182    |                   | WBGT≥28℃の時間数      | h      |       | 107     |                   |
| 空調機のコピー           | -      |       | 3.45   |                   | 空調機のコピー           | -      |       | 3.45    |                   |
| 空調機消費電力量          | kWh    |       | 1,234  |                   | 空調機消費電力量          | kW     |       | 974     |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 1.56   |                   | 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 0.82    |                   |

表 17 AL 無倉庫と AL 有倉庫の温度成層型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(8/1~8/15)

| AL 無 8/1-8/15の平均値 |        |       |        |                   | AL 有 8/1-8/15の平均値 |        |       |         |                   |
|-------------------|--------|-------|--------|-------------------|-------------------|--------|-------|---------|-------------------|
| 項 目               | 単位     | 与条件   | 計算値    | 備考                | 項 目               | 単位     | 与条件   | 計算値     | 備考                |
| 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |        | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |         | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |        | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |         | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |        | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |         | 空気線図              |
| 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |        | 空気線図              | 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |         | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温           | ℃      | 35.20 |        | AL 無 8/1-8/15の平均値 | 倉庫環境の室温           | ℃      | 32.89 |         | AL 有 8/1-8/15の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 55.53 |        | AL 無 8/1-8/15の平均値 | 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 63.15 |         | AL 有 8/1-8/15の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 86.71 |        | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 84.3  |         | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.109 |        | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.117 |         | 空気線図              |
| 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.1295 |                   | 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.1335  |                   |
| 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 28.38  |                   | 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 25.97   |                   |
| 常時在室人員数           | 人      | 10    |        |                   | 常時在室人員数           | 人      | 10    |         |                   |
| 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |        | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |         | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20   |                   | 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20    |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 2.95   |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 1.96    |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 31.33  |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 27.93   |                   |
| 空調対象の倉庫容積         | m³     |       | 793.5  |                   | 倉庫の空調容積           | m³     |       | 1,189.6 |                   |
| 空調換気回数            | 1/h    |       | 3      |                   | 空調換気回数            | 1/h    |       | 3       |                   |
| 空気体積流量            | m³/min |       | 23.0   |                   | 空気体積流量            | m³/min |       | 34.5    |                   |
| 空気質量流量            | kg/s   |       | 0.433  |                   | 空気質量流量            | kg/s   |       | 0.652   |                   |
| 冷房負荷              | kW     |       | 13.6   |                   | 冷房負荷              | kW     |       | 18.2    |                   |
| WBGT≥28℃の時間数      | h      |       | 182    |                   | WBGT≥28℃の時間数      | h      |       | 107     |                   |
| 空調機のコピー           | -      |       | 3.45   |                   | 空調機のコピー           | -      |       | 3.45    |                   |
| 空調機消費電力量          | kWh    |       | 717    |                   | 空調機消費電力量          | kW     |       | 564     |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 0.904  |                   | 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 0.474   |                   |

表 18 AL 無倉庫と AL 有倉庫のスポット式空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(8/1~8/15)

| AL 無 8/1-8/15の平均値 |        |       |        |                   | AL 有 8/1-8/15の平均値 |        |       |         |                   |
|-------------------|--------|-------|--------|-------------------|-------------------|--------|-------|---------|-------------------|
| 項 目               | 単位     | 与条件   | 計算値    | 備考                | 項 目               | 単位     | 与条件   | 計算値     | 備考                |
| 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |        | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |         | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |        | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |         | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |        | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |         | 空気線図              |
| 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |        | 空気線図              | 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |         | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温           | ℃      | 35.20 |        | AL 無 8/1-8/15の平均値 | 倉庫環境の室温           | ℃      | 32.89 |         | AL 有 8/1-8/15の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 55.53 |        | AL 無 8/1-8/15の平均値 | 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 63.15 |         | AL 有 8/1-8/15の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 86.71 |        | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 84.3  |         | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.109 |        | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.117 |         | 空気線図              |
| 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.1295 |                   | 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.1335  |                   |
| 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 28.38  |                   | 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 25.97   |                   |
| 常時在室人員数           | 人      | 10    |        |                   | 常時在室人員数           | 人      | 10    |         |                   |
| 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |        | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |         | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20   |                   | 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20    |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 2.95   |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 1.96    |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 31.33  |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 27.93   |                   |
| 空調対象の倉庫容積         | m³     |       | 793.5  |                   | 倉庫の空調容積           | m³     |       | 1,189.6 |                   |
| 空調換気回数            | 1/h    |       | 3      |                   | 空調換気回数            | 1/h    |       | 3       |                   |
| 空気体積流量            | m³/min |       | 39.7   |                   | 空気体積流量            | m³/min |       | 59.5    |                   |
| 空気質量流量            | kg/s   |       | 0.747  |                   | 空気質量流量            | kg/s   |       | 1.124   |                   |
| 冷房負荷              | kW     |       | 23.4   |                   | 冷房負荷              | kW     |       | 31.4    |                   |
| WBGT≥28℃の時間数      | h      |       | 182    |                   | WBGT≥28℃の時間数      | h      |       | 107     |                   |
| 空調機のコピー           | -      |       | 3.45   |                   | 空調機のコピー           | -      |       | 3.45    |                   |
| 空調機消費電力量          | kWh    |       | 1477   |                   | 空調機消費電力量          | kW     |       | 868     |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 1.861  |                   | 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 0.73    |                   |



表 19 AL 無倉庫と AL 有倉庫の全体混合型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(8/16~8/31)

| AL 無 8/16-8/31の平均値 |        |       |       |                   | AL 有 8/16-8/31の平均値 |        |         |       |                   |
|--------------------|--------|-------|-------|-------------------|--------------------|--------|---------|-------|-------------------|
| 項 目                | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                | 項 目                | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                |
| 空調設定の室温            | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温            | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図              |
| 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図              | 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温            | ℃      | 33.83 |       | AL無 8/16-8/31の平均値 | 倉庫環境の室温            | ℃      | 32.11   |       | AL有 8/16-8/31の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 63.23 |       | AL無 8/16-8/31の平均値 | 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 69.54   |       | AL有 8/16-8/31の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 88.21 |       | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 86.34   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.112 |       | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.118   |       | 空気線図              |
| 平均の空気密度            | kg/m³  |       | 1.131 |                   | 平均の空気密度            | kg/m³  |         | 1.134 |                   |
| 比エンタルピー差           | kJ/kg  |       | 29.88 |                   | 比エンタルピー差           | kJ/kg  |         | 28.01 |                   |
| 常時在室人数             | 人      | 10    |       |                   | 常時在室人数             | 人      | 10      |       |                   |
| 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量            | kW     |       | 2.20  |                   | 在室人員発熱量            | kW     |         | 2.20  |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |       | 2.94  |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |         | 1.96  |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |       | 32.82 |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |         | 29.97 |                   |
| 空調対象の倉庫容積          | m³     | 793.5 |       |                   | 倉庫の空調容積            | m³     | 1,189.6 |       |                   |
| 空調換気回数             | 1/h    | 3     |       |                   | 空調換気回数             | 1/h    | 3       |       |                   |
| 空気体積流量             | m³/min |       | 39.7  |                   | 空気体積流量             | m³/min |         | 59.5  |                   |
| 空気質量流量             | kg/s   |       | 0.748 |                   | 空気質量流量             | kg/s   |         | 1.124 |                   |
| 冷房負荷               | kW     |       | 24.5  |                   | 冷房負荷               | kW     |         | 33.7  |                   |
| WBGT≥28℃の時間数       | h      | 124   |       |                   | WBGT≥28℃の時間数       | h      | 61      |       |                   |
| 空調機COP             | -      | 3.45  |       |                   | 空調機COP             | -      | 3.45    |       |                   |
| 空調機消費電力量           | kWh    |       | 881   |                   | 空調機消費電力量           | kWh    |         | 596   |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |       | 1.11  |                   | 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |         | 0.501 |                   |

表 20 AL 無倉庫と AL 有倉庫の温度成層型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(8/16~8/31)

| AL 無 8/16-8/31の平均値 |        |       |       |                   | AL 有 8/16-8/31の平均値 |        |         |       |                   |
|--------------------|--------|-------|-------|-------------------|--------------------|--------|---------|-------|-------------------|
| 項 目                | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                | 項 目                | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                |
| 空調設定の室温            | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温            | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図              |
| 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図              | 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温            | ℃      | 33.83 |       | AL無 8/16-8/31の平均値 | 倉庫環境の室温            | ℃      | 32.11   |       | AL有 8/16-8/31の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 63.23 |       | AL無 8/16-8/31の平均値 | 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 69.54   |       | AL有 8/16-8/31の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 88.21 |       | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 86.34   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.112 |       | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.118   |       | 空気線図              |
| 平均の空気密度            | kg/m³  |       | 1.131 |                   | 平均の空気密度            | kg/m³  |         | 1.134 |                   |
| 比エンタルピー差           | kJ/kg  |       | 29.88 |                   | 比エンタルピー差           | kJ/kg  |         | 28.01 |                   |
| 常時在室人数             | 人      | 10    |       |                   | 常時在室人数             | 人      | 10      |       |                   |
| 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量            | kW     |       | 2.20  |                   | 在室人員発熱量            | kW     |         | 2.20  |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |       | 2.94  |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |         | 1.96  |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |       | 32.82 |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |         | 29.97 |                   |
| 倉庫の空調容積            | m³     | 793.5 |       |                   | 倉庫の空調容積            | m³     | 1,189.6 |       |                   |
| 空調換気回数             | 1/h    | 3     |       |                   | 空調換気回数             | 1/h    | 3       |       |                   |
| 空気体積流量             | m³/min |       | 23.0  |                   | 空気体積流量             | m³/min |         | 34.5  |                   |
| 空気質量流量             | kg/s   |       | 0.434 |                   | 空気質量流量             | kg/s   |         | 0.652 |                   |
| 冷房負荷               | kW     |       | 14.2  |                   | 冷房負荷               | kW     |         | 19.5  |                   |
| WBGT≥28℃の時間数       | h      | 124   |       |                   | WBGT≥28℃の時間数       | h      | 61      |       |                   |
| 空調機COP             | -      | 3.45  |       |                   | 空調機COP             | -      | 3.45    |       |                   |
| 空調機消費電力量           | kWh    |       | 510   |                   | 空調機消費電力量           | kWh    |         | 345   |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |       | 0.643 |                   | 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |         | 0.290 |                   |

表 21 AL 無倉庫と AL 有倉庫のスポット式空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(8/16~8/31)

| AL 無 8/16-8/31の平均値 |        |       |         |                   | AL 有 8/16-8/31の平均値 |        |         |       |                   |
|--------------------|--------|-------|---------|-------------------|--------------------|--------|---------|-------|-------------------|
| 項 目                | 単位     | 与条件   | 計算値     | 備考                | 項 目                | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                |
| 空調設定の室温            | ℃      | 28.00 |         | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温            | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00 |         | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度          | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33 |         | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー       | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図              |
| 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150 |         | 空気線図              | 空調空気の密度            | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温            | ℃      | 33.83 |         | AL無 8/16-8/31の平均値 | 倉庫環境の室温            | ℃      | 32.11   |       | AL有 8/16-8/31の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 63.23 |         | AL無 8/16-8/31の平均値 | 倉庫環境の相対湿度          | RH%    | 69.54   |       | AL有 8/16-8/31の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 88.21 |         | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー       | kJ/kg  | 86.34   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.112 |         | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度          | kg/m³  | 1.118   |       | 空気線図              |
| 平均の空気密度            | kg/m³  |       | 1.131   |                   | 平均の空気密度            | kg/m³  |         | 1.134 |                   |
| 比エンタルピー差           | kJ/kg  |       | 29.88   |                   | 比エンタルピー差           | kJ/kg  |         | 28.01 |                   |
| 常時在室人数             | 人      | 10    |         |                   | 常時在室人数             | 人      | 10      |       |                   |
| 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220 |         | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量            | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量            | kW     |       | 2.20    |                   | 在室人員発熱量            | kW     |         | 2.20  |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |       | 2.94    |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー   | kJ/kg  |         | 1.96  |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |       | 32.82   |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差    | kJ/kg  |         | 29.97 |                   |
| 空調対象の倉庫容積          | m³     | 793.5 |         |                   | 倉庫の空調容積            | m³     | 1,189.6 |       |                   |
| 空調換気回数             | 1/h    | 3     |         |                   | 空調換気回数             | 1/h    | 3       |       |                   |
| 空気体積流量             | m³/min |       | 39.7    |                   | 空気体積流量             | m³/min |         | 59.5  |                   |
| 空気質量流量             | kg/s   |       | 0.748   |                   | 空気質量流量             | kg/s   |         | 1.124 |                   |
| 冷房負荷               | kW     |       | 24.5    |                   | 冷房負荷               | kW     |         | 33.7  |                   |
| WBGT≥28℃の時間数       | h      | 124   |         |                   | WBGT≥28℃の時間数       | h      | 61      |       |                   |
| 空調機COP             | -      | 3.45  |         |                   | 空調機COP             | -      | 3.45    |       |                   |
| 空調機消費電力量           | kWh    |       | 1,006.4 |                   | 空調機消費電力量           | kWh    |         | 495.1 |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |       | 1.268   |                   | 容積当たりの空調消費電力量      | kWh/m³ |         | 0.416 |                   |

表 22 AL 無倉庫と AL 有倉庫の全体混合型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(9/1~9/15)

| AL 無 9/1-9/15の平均値 | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                | AL 有 9/1-9/15の平均値 | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                |
|-------------------|--------|-------|-------|-------------------|-------------------|--------|---------|-------|-------------------|
| 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温           | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図              |
| 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図              | 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温           | ℃      | 33.70 |       | AL 無 9/1-9/15の平均値 | 倉庫環境の室温           | ℃      | 32.20   |       | AL 有 9/1-9/15の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 61.85 |       | AL 無 9/1-9/15の平均値 | 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 66.99   |       | AL 有 9/1-9/15の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 86.46 |       | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 84.66   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.114 |       | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.119   |       | 空気線図              |
| 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.132 |                   | 平均の空気密度           | kg/m³  |         | 1.135 |                   |
| 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 28.13 |                   | 比エンタルピー差          | kJ/kg  |         | 26.33 |                   |
| 常時在室人員数           | 人      | 10    |       |                   | 常時在室人員数           | 人      | 10      |       |                   |
| 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20  |                   | 在室人員発熱量           | kW     |         | 2.20  |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 2.94  |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |         | 1.96  |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 31.07 |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |         | 28.29 |                   |
| 空調対象の倉庫容積         | m³     | 793.5 |       |                   | 倉庫の空調容積           | m³     | 1,189.6 |       |                   |
| 空調換気回数            | 1/h    | 3     |       |                   | 空調換気回数            | 1/h    | 3       |       |                   |
| 空気体積流量            | m³/min |       | 39.7  |                   | 空気体積流量            | m³/min |         | 59.5  |                   |
| 空気質量流量            | kg/s   |       | 0.749 |                   | 空気質量流量            | kg/s   |         | 1.125 |                   |
| 冷房負荷              | kW     |       | 23.3  |                   | 冷房負荷              | kW     |         | 31.8  |                   |
| WBGT≥28℃の時間数      | h      | 123   |       |                   | WBGT≥28℃の時間数      | h      | 68      |       |                   |
| 空調機COP            | -      | 3.45  |       |                   | 空調機COP            | -      | 3.45    |       |                   |
| 空調機消費電力量          | kWh    |       | 831   |                   | 空調機消費電力量          | kWh    |         | 627   |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 1.05  |                   | 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |         | 0.527 |                   |

表 23 AL 無倉庫と AL 有倉庫の温度成層型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(9/1~9/15)

| AL 無 9/1-9/15の平均値 | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                | AL 有 9/1-9/15の平均値 | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                |
|-------------------|--------|-------|-------|-------------------|-------------------|--------|---------|-------|-------------------|
| 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温           | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図              |
| 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図              | 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温           | ℃      | 33.70 |       | AL 無 9/1-9/15の平均値 | 倉庫環境の室温           | ℃      | 32.20   |       | AL 有 9/1-9/15の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 61.85 |       | AL 無 9/1-9/13の平均値 | 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 66.99   |       | AL 有 9/1-9/15の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 86.46 |       | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 84.66   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.114 |       | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.119   |       | 空気線図              |
| 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.132 |                   | 平均の空気密度           | kg/m³  |         | 1.135 |                   |
| 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 28.13 |                   | 比エンタルピー差          | kJ/kg  |         | 26.33 |                   |
| 常時在室人員数           | 人      | 10    |       |                   | 常時在室人員数           | 人      | 10      |       |                   |
| 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20  |                   | 在室人員発熱量           | kW     |         | 2.20  |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 2.94  |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |         | 1.96  |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 31.07 |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |         | 28.29 |                   |
| 倉庫の空調容積           | m³     | 793.5 |       |                   | 倉庫の空調容積           | m³     | 1,189.6 |       |                   |
| 空調換気回数            | 1/h    | 3     |       |                   | 空調換気回数            | 1/h    | 3       |       |                   |
| 空気体積流量            | m³/min |       | 23.0  |                   | 空気体積流量            | m³/min |         | 34.5  |                   |
| 空気質量流量            | kg/s   |       | 0.434 |                   | 空気質量流量            | kg/s   |         | 0.652 |                   |
| 冷房負荷              | kW     |       | 13.5  |                   | 冷房負荷              | kW     |         | 18.4  |                   |
| WBGT≥28℃の時間数      | h      | 123   |       |                   | WBGT≥28℃の時間数      | h      | 68      |       |                   |
| 空調機COP            | -      | 3.45  |       |                   | 空調機COP            | -      | 3.45    |       |                   |
| 空調機消費電力量          | kWh    |       | 481   |                   | 空調機消費電力量          | kWh    |         | 363   |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 0.606 |                   | 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |         | 0.305 |                   |

表 24 AL 無倉庫と AL 有倉庫のスポット式空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(9/1~9/15)

| AL 無 9/1-9/15の平均値 | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                | AL 有 9/1-9/15の平均値 | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                |
|-------------------|--------|-------|-------|-------------------|-------------------|--------|---------|-------|-------------------|
| 空調設定の室温           | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の室温           | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件     | 空調設定の相対湿度         | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件     |
| 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図              | 空調空気の比エンタルピー      | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図              |
| 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図              | 空調空気の密度           | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境の室温           | ℃      | 33.70 |       | AL 無 9/1-9/15の平均値 | 倉庫環境の室温           | ℃      | 32.20   |       | AL 有 9/1-9/15の平均値 |
| 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 61.85 |       | AL 無 9/1-9/15の平均値 | 倉庫環境の相対湿度         | RH%    | 66.99   |       | AL 有 9/1-9/15の平均値 |
| 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 86.46 |       | 空気線図              | 倉庫環境の比エンタルピー      | kJ/kg  | 84.66   |       | 空気線図              |
| 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.114 |       | 空気線図              | 倉庫環境空気の密度         | kg/m³  | 1.119   |       | 空気線図              |
| 平均の空気密度           | kg/m³  |       | 1.132 |                   | 平均の空気密度           | kg/m³  |         | 1.135 |                   |
| 比エンタルピー差          | kJ/kg  |       | 28.13 |                   | 比エンタルピー差          | kJ/kg  |         | 26.33 |                   |
| 常時在室人員数           | 人      | 10    |       |                   | 常時在室人員数           | 人      | 10      |       |                   |
| 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      | 人体単位発熱量           | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件      |
| 在室人員発熱量           | kW     |       | 2.20  |                   | 在室人員発熱量           | kW     |         | 2.20  |                   |
| 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |       | 2.94  |                   | 在室人員に相当する比エンタルピー  | kJ/kg  |         | 1.96  |                   |
| 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |       | 31.07 |                   | 空調負荷となる比エンタルピー差   | kJ/kg  |         | 28.29 |                   |
| 空調対象の倉庫容積         | m³     | 793.5 |       |                   | 倉庫の空調容積           | m³     | 1,189.6 |       |                   |
| 空調換気回数            | 1/h    | 3     |       |                   | 空調換気回数            | 1/h    | 3       |       |                   |
| 空気体積流量            | m³/min |       | 39.7  |                   | 空気体積流量            | m³/min |         | 59.5  |                   |
| 空気質量流量            | kg/s   |       | 0.749 |                   | 空気質量流量            | kg/s   |         | 1.125 |                   |
| 冷房負荷              | kW     |       | 23.3  |                   | 冷房負荷              | kW     |         | 31.8  |                   |
| WBGT≥28℃の時間数      | h      | 123   |       |                   | WBGT≥28℃の時間数      | h      | 68      |       |                   |
| 空調機COP            | -      | 3.45  |       |                   | 空調機COP            | -      | 3.45    |       |                   |
| 空調機消費電力量          | kWh    |       | 998.3 |                   | 空調機消費電力量          | kWh    |         | 551.9 |                   |
| 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |       | 1.258 |                   | 容積当たりの空調消費電力量     | kWh/m³ |         | 0.464 |                   |

表 25 AL 無倉庫と AL 有倉庫の全体混合型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(9/16~9/30)

| AL 無 9/16-9/30の平均値 | 項目               | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                 | AL 有 9/16-9/30の平均値 | 項目               | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                 |
|--------------------|------------------|--------|-------|-------|--------------------|--------------------|------------------|--------|---------|-------|--------------------|
|                    | 空調設定の室温          | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件      |                    | 空調設定の室温          | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件      |
|                    | 空調設定の相対湿度        | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件      |                    | 空調設定の相対湿度        | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件      |
|                    | 空調空気の比エンタルピー     | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図               |                    | 空調空気の比エンタルピー     | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図               |
|                    | 空調空気の密度          | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図               |                    | 空調空気の密度          | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図               |
|                    | 倉庫環境の室温          | ℃      | 33.55 |       | AL 無 9/16-9/30の平均値 |                    | 倉庫環境の室温          | ℃      | 32.02   |       | AL 有 9/16-9/30の平均値 |
|                    | 倉庫環境の相対湿度        | RH%    | 66.11 |       | AL 無 9/16-9/30の平均値 |                    | 倉庫環境の相対湿度        | RH%    | 67.13   |       | AL 有 9/16-9/30の平均値 |
|                    | 倉庫環境の比エンタルピー     | kJ/kg  | 85.38 |       | 空気線図               |                    | 倉庫環境の比エンタルピー     | kJ/kg  | 84.04   |       | 空気線図               |
|                    | 倉庫環境空気の密度        | kg/m³  | 1.118 |       | 空気線図               |                    | 倉庫環境空気の密度        | kg/m³  | 1.121   |       | 空気線図               |
|                    | 平均の空気密度          | kg/m³  |       | 1.134 |                    |                    | 平均の空気密度          | kg/m³  |         | 1.136 |                    |
|                    | 比エンタルピー差         | kJ/kg  |       | 27.05 |                    |                    | 比エンタルピー差         | kJ/kg  |         | 25.71 |                    |
|                    | 常時在室人員数          | 人      | 10    |       |                    |                    | 常時在室人員数          | 人      | 10      |       |                    |
|                    | 人体単位発熱量          | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件       |                    | 人体単位発熱量          | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件       |
|                    | 在室人員発熱量          | kW     |       | 2.20  |                    |                    | 在室人員発熱量          | kW     |         | 2.20  |                    |
|                    | 在室人員に相当する比エンタルピー | kJ/kg  |       | 2.93  |                    |                    | 在室人員に相当する比エンタルピー | kJ/kg  |         | 1.95  |                    |
|                    | 空調負荷となる比エンタルピー差  | kJ/kg  |       | 29.98 |                    |                    | 空調負荷となる比エンタルピー差  | kJ/kg  |         | 27.66 |                    |
|                    | 空調対象の倉庫容積        | m³     | 793.5 |       |                    |                    | 倉庫の空調容積          | m³     | 1,189.6 |       |                    |
|                    | 空調換気回数           | 1/h    | 3     |       |                    |                    | 空調換気回数           | 1/h    | 3       |       |                    |
|                    | 空気体積流量           | m³/min |       | 39.7  |                    |                    | 空気体積流量           | m³/min |         | 59.5  |                    |
|                    | 空気質量流量           | kg/s   |       | 0.750 |                    |                    | 空気質量流量           | kg/s   |         | 1.126 |                    |
|                    | 冷房負荷             | kW     |       | 22.5  |                    |                    | 冷房負荷             | kW     |         | 31.1  |                    |
|                    | WBGT≥28℃の時間数     | h      | 50    |       |                    |                    | WBGT≥28℃の時間数     | h      | 26      |       |                    |
|                    | 空調機COP           | -      | 3.45  |       |                    |                    | COP              | -      | 3.45    |       |                    |
|                    | 空調機消費電力量         | kWh    |       | 326   |                    |                    | 消費電力量            | kW     |         | 234   |                    |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量    | kWh/m³ |       | 0.411 |                    |                    | 容積当たりの空調消費電力量    | kWh/m³ |         | 0.197 |                    |

表 26 AL 無倉庫と AL 有倉庫の温度成層型空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(9/16~9/30)

| AL 無 9/16-9/30の平均値 | 項目               | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                 | AL 有 9/16-9/30の平均値 | 項目               | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                 |
|--------------------|------------------|--------|-------|-------|--------------------|--------------------|------------------|--------|---------|-------|--------------------|
|                    | 空調設定の室温          | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件      |                    | 空調設定の室温          | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件      |
|                    | 空調設定の相対湿度        | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件      |                    | 空調設定の相対湿度        | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件      |
|                    | 空調空気の比エンタルピー     | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図               |                    | 空調空気の比エンタルピー     | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図               |
|                    | 空調空気の密度          | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図               |                    | 空調空気の密度          | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図               |
|                    | 倉庫環境の室温          | ℃      | 33.55 |       | AL 無 9/16-9/30の平均値 |                    | 倉庫環境の室温          | ℃      | 32.02   |       | AL 有 9/16-9/30の平均値 |
|                    | 倉庫環境の相対湿度        | RH%    | 66.11 |       | AL 無 9/16-9/30の平均値 |                    | 倉庫環境の相対湿度        | RH%    | 67.13   |       | AL 有 9/16-9/30の平均値 |
|                    | 倉庫環境の比エンタルピー     | kJ/kg  | 85.38 |       | 空気線図               |                    | 倉庫環境の比エンタルピー     | kJ/kg  | 84.04   |       | 空気線図               |
|                    | 倉庫環境空気の密度        | kg/m³  | 1.118 |       | 空気線図               |                    | 倉庫環境空気の密度        | kg/m³  | 1.121   |       | 空気線図               |
|                    | 平均の空気密度          | kg/m³  |       | 1.134 |                    |                    | 平均の空気密度          | kg/m³  |         | 1.136 |                    |
|                    | 比エンタルピー差         | kJ/kg  |       | 27.05 |                    |                    | 比エンタルピー差         | kJ/kg  |         | 25.71 |                    |
|                    | 常時在室人員数          | 人      | 10    |       |                    |                    | 常時在室人員数          | 人      | 10      |       |                    |
|                    | 人体単位発熱量          | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件       |                    | 人体単位発熱量          | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件       |
|                    | 在室人員発熱量          | kW     |       | 2.20  |                    |                    | 在室人員発熱量          | kW     |         | 2.20  |                    |
|                    | 在室人員に相当する比エンタルピー | kJ/kg  |       | 2.93  |                    |                    | 在室人員に相当する比エンタルピー | kJ/kg  |         | 1.95  |                    |
|                    | 空調負荷となる比エンタルピー差  | kJ/kg  |       | 29.98 |                    |                    | 空調負荷となる比エンタルピー差  | kJ/kg  |         | 27.66 |                    |
|                    | 倉庫の空調容積          | m³     | 793.5 |       |                    |                    | 倉庫の空調容積          | m³     | 1,189.6 |       |                    |
|                    | 空調換気回数           | 1/h    | 3     |       |                    |                    | 空調換気回数           | 1/h    | 3       |       |                    |
|                    | 空気体積流量           | m³/min |       | 23.0  |                    |                    | 空気体積流量           | m³/min |         | 34.5  |                    |
|                    | 空気質量流量           | kg/s   |       | 0.435 |                    |                    | 空気質量流量           | kg/s   |         | 0.653 |                    |
|                    | 冷房負荷             | kW     |       | 13.0  |                    |                    | 冷房負荷             | kW     |         | 18.1  |                    |
|                    | WBGT≥28℃の時間数     | h      | 50    |       |                    |                    | WBGT≥28℃の時間数     | h      | 26      |       |                    |
|                    | 空調機COP           | -      | 3.45  |       |                    |                    | 空調機COP           | -      | 3.45    |       |                    |
|                    | 空調機消費電力量         | kWh    |       | 188   |                    |                    | 空調機消費電力量         | kWh    |         | 136   |                    |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量    | kWh/m³ |       | 0.237 |                    |                    | 容積当たりの空調消費電力量    | kWh/m³ |         | 0.114 |                    |

表 27 AL 無倉庫と AL 有倉庫のスポット式空調による冷房負荷と容積当たりの空調消費電力量  
(9/16~9/30)

| AL 無 9/16-9/30の平均値 | 項目               | 単位     | 与条件   | 計算値   | 備考                 | AL 有 9/16-9/30の平均値 | 項目               | 単位     | 与条件     | 計算値   | 備考                 |
|--------------------|------------------|--------|-------|-------|--------------------|--------------------|------------------|--------|---------|-------|--------------------|
|                    | 空調設定の室温          | ℃      | 28.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件      |                    | 空調設定の室温          | ℃      | 28.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件      |
|                    | 空調設定の相対湿度        | RH%    | 50.00 |       | WBGT≤28℃維持の条件      |                    | 空調設定の相対湿度        | RH%    | 50.00   |       | WBGT≤28℃維持の条件      |
|                    | 空調空気の比エンタルピー     | kJ/kg  | 58.33 |       | 空気線図               |                    | 空調空気の比エンタルピー     | kJ/kg  | 58.33   |       | 空気線図               |
|                    | 空調空気の密度          | kg/m³  | 1.150 |       | 空気線図               |                    | 空調空気の密度          | kg/m³  | 1.150   |       | 空気線図               |
|                    | 倉庫環境の室温          | ℃      | 33.55 |       | AL 無 9/16-9/30の平均値 |                    | 倉庫環境の室温          | ℃      | 32.02   |       | AL 有 9/16-9/30の平均値 |
|                    | 倉庫環境の相対湿度        | RH%    | 66.11 |       | AL 無 9/16-9/30の平均値 |                    | 倉庫環境の相対湿度        | RH%    | 67.13   |       | AL 有 9/16-9/30の平均値 |
|                    | 倉庫環境の比エンタルピー     | kJ/kg  | 85.38 |       | 空気線図               |                    | 倉庫環境の比エンタルピー     | kJ/kg  | 84.04   |       | 空気線図               |
|                    | 倉庫環境空気の密度        | kg/m³  | 1.118 |       | 空気線図               |                    | 倉庫環境空気の密度        | kg/m³  | 1.121   |       | 空気線図               |
|                    | 平均の空気密度          | kg/m³  |       | 1.134 |                    |                    | 平均の空気密度          | kg/m³  |         | 1.136 |                    |
|                    | 比エンタルピー差         | kJ/kg  |       | 27.05 |                    |                    | 比エンタルピー差         | kJ/kg  |         | 25.71 |                    |
|                    | 常時在室人員数          | 人      | 10    |       |                    |                    | 常時在室人員数          | 人      | 10      |       |                    |
|                    | 人体単位発熱量          | kW/人   | 0.220 |       | 28℃で倉庫内軽作業条件       |                    | 人体単位発熱量          | kW/人   | 0.220   |       | 28℃で倉庫内軽作業条件       |
|                    | 在室人員発熱量          | kW     |       | 2.20  |                    |                    | 在室人員発熱量          | kW     |         | 2.20  |                    |
|                    | 在室人員に相当する比エンタルピー | kJ/kg  |       | 2.93  |                    |                    | 在室人員に相当する比エンタルピー | kJ/kg  |         | 1.95  |                    |
|                    | 空調負荷となる比エンタルピー差  | kJ/kg  |       | 29.98 |                    |                    | 空調負荷となる比エンタルピー差  | kJ/kg  |         | 27.66 |                    |
|                    | 空調対象の倉庫容積        | m³     | 793.5 |       |                    |                    | 倉庫の空調容積          | m³     | 1,189.6 |       |                    |
|                    | 空調換気回数           | 1/h    | 3     |       |                    |                    | 空調換気回数           | 1/h    | 3       |       |                    |
|                    | 空気体積流量           | m³/min |       | 39.7  |                    |                    | 空気体積流量           | m³/min |         | 59.5  |                    |
|                    | 空気質量流量           | kg/s   |       | 0.750 |                    |                    | 空気質量流量           | kg/s   |         | 1.126 |                    |
|                    | 冷房負荷             | kW     |       | 22.5  |                    |                    | 冷房負荷             | kW     |         | 31.1  |                    |
|                    | WBGT≥28℃の時間数     | h      | 50    |       |                    |                    | WBGT≥28℃の時間数     | h      | 26      |       |                    |
|                    | 空調機COP           | -      | 3.45  |       |                    |                    | COP              | -      | 3.45    |       |                    |
|                    | 空調機消費電力量         | kWh    |       | 405.8 |                    |                    | 消費電力量            | kW     |         | 211.0 |                    |
|                    | 容積当たりの空調消費電力量    | kWh/m³ |       | 0.511 |                    |                    | 容積当たりの空調消費電力量    | kWh/m³ |         | 0.177 |                    |

## 8. 実証結果に関する考察

### 8.1 室温上昇抑制効果

本実証実験において実証する効果は、キープサーモウォール施工により WBGT が 28℃を超える時間の 50%削減を目標としたが結果は 46%となり、ほぼ目標を達成した。これより、キープサーモウォールを施工することで倉庫内での作業時に熱中症になる危険性が少なくなり、作業効率の改善が見込まれる。なお目標値を僅かではあるが下回った原因を以下考察する。

#### (1) 目標 50%減の決定方法

試験協力機関株式会社アイベックから提供を受けた既存データ「施工有り倉庫および施工無し倉庫の温度データ」と環境省「熱中症予防情報サイト」の WBGT データを突き合わせ、施工無し倉庫の床上 3mでの温度が 34℃を超えると WBGT が 28℃を超えると想定、施工無し倉庫と施工有り倉庫で 34℃を超えた時間の割合から 50%を目標とした。

#### (2) 実証実験を行った期間の気温と既存データ採取期間の気温の比較

実証試験は 2024 年 6 月 1 日から 2024 年 10 月 31 日まで行った。また、既存データは 2020 年に採取している。実証試験期間中における実証場所の気温と 2020 年の同月日、同場所における気温を気象庁ホームページから求め、表 28 に示す。これより、実証試験を行った 2024 年は 2020 年より平均気温が高かったことがわかる。気温が高くなると倉庫内温度も高くなり、結果としてキープサーモウォールの遮熱効果による WBGT 上昇抑制効果が相殺され、これが実証試験を行った 2024 年では目標とした 50%を僅かではあるが下回った原因と推定する。なお、環境省「熱中症予防情報サイト」から、2020 年と 2024 年の 6 月 1 日から 10 月 31 日までの期間で、実証場所付近の屋外にて WBGT28℃を超えた時間を表 29 に示す。表 29 から、2024 年の方が 2020 年より WBGT が 28℃を超えた時間が多かったことがわかる。

表 28 実証場所（千葉市）における平均気温

| 期間          | 2024 年 (A) | 2020 年 (B) | 差分 (A-B) |
|-------------|------------|------------|----------|
| 6/1～6/15    | 22.0℃      | 23.9℃      | -1.9℃    |
| 6/16～6/30   | 24.5℃      | 22.6℃      | 1.8℃     |
| 7/1～7/15    | 27.9℃      | 25.2℃      | 2.7℃     |
| 7/16～7/31   | 29.7℃      | 24.3℃      | 5.4℃     |
| 8/1～8/15    | 29.8℃      | 29.0℃      | 0.8℃     |
| 8/16～8/31   | 28.7℃      | 28.9℃      | -0.2℃    |
| 9/1～9/15    | 28.6℃      | 27.1℃      | 1.5℃     |
| 9/16～9/30   | 25.3℃      | 22.3℃      | 3.0℃     |
| 10/1～10/15  | 22.0℃      | 19.8℃      | 2.1℃     |
| 10/16～10/31 | 20.4℃      | 16.4℃      | 4.0℃     |
| 平均          | 25.9℃      | 24.0℃      | 1.9℃     |

表 29 実証場所（千葉市）付近の屋外において WBGT が 28℃を超えた時間（累積）

| 期間          | 2024 年 (A) | 2020 年 (B) | 差分 (A-B) |
|-------------|------------|------------|----------|
| 6/1～6/15    | 0          | 0          | 0        |
| 6/16～6/30   | 18         | 5          | 13       |
| 7/1～7/15    | 97         | 10         | 87       |
| 7/16～7/31   | 168        | 17         | 151      |
| 8/1～8/15    | 156        | 121        | 35       |
| 8/16～8/31   | 130        | 126        | 4        |
| 9/1～9/15    | 122        | 71         | 51       |
| 9/16～9/30   | 53         | 7          | 46       |
| 10/1～10/15  | 11         | 0          | 11       |
| 10/16～10/31 | 0          | 0          | 0        |
| 合計          | 755        | 357        | 398      |

## 8.2 エネルギー削減効果

### （１）倉庫内温熱環境に及ぼす相当外気温度の効果推定

AL 有の倉庫の天井面における全日射量と材料に起因する日射吸収率で推定される相当外気温度を求める伝熱量の解析から、キープサーモウォールのエネルギー削減効果は、目標の 50%削減に対して、空調機では 50.6%削減、スポットクーラーでは 63.5%削減と目標を達成することができ、倉庫内の放射伝熱の遮蔽に効果が認められた。

なお、冬季においては、日中は太陽の放射熱を遮蔽するため AL 有の倉庫の方が温度が低くなるが、夜間は放射冷却に対する天井面の断熱に効果があるため AL 有の倉庫の方が温度が高くなると推定される。



## 付録

### 1. 専門用語

本事業が独自に定める用語を表 30 に示す。

**表 30 本実証事業に関わる用語の定義**

| 用語    | 定義                                                                                                              |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| WBGT  | WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) は、熱中症を予防することを目的として 1954 年にアメリカで提案された指標です。                                     |
| 黒球温度計 | 太陽の反射熱、ストーブ・溶鉱炉が発する輻射熱などを測定するものです。黒球は、薄い銅板 (0.5mm) 製の中空の球体で、表面を艶消しの黒色仕上げとしたものです。これに付属の温度計を、感温部が中心に達するまで差して使います。 |

### 2. 品質管理に関する事項の情報

実証が適切に実施されていることを確認するため本実証で得られたデータの品質監査は、実証機関が定める品質マネジメントシステムに従い、実証期間中に本実証から独立している部門による内部監査を行った。

内部監査の実施状況の概要を表 31 に示す。

**表 31 内部監査の実施概要**

|         |                                            |
|---------|--------------------------------------------|
| 内部監査実施日 | 令和 7 年 2 月 20 日 (木)                        |
| 内部監査実施者 | 温室効果ガス検証業務室                                |
| 被監査部署   | CN ソリューション部                                |
| 内部監査結果  | 内部監査を実施した。品質管理システムの要求事項に適合し、適切に実施、維持されていた。 |

### 3. WBGT の計算式

暑さ指数 (WBGT) の算出式を示す。本実証は屋内で行ったので、屋内での算出式を用いる。

#### ●屋外での算出式

$$WBGT = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$$

#### ●屋内での算出式

$$WBGT = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$$

※WBGT、湿球温度、黒球温度、乾球温度の単位は、摂氏度 (°C)

資料編

1. キープサーモウォールのカタログ



**Keep thermo**  
キープサーモウォール **Wall**

# 進む「地球温暖化」に 直ちに備えよう!!

**遮熱材**

これからの時代 が必要不可欠!

3年～5年後の温暖化対策は出来ていますか?  
今こそ、私たちの生活空間を快適なものにする為に対策を考える時です。  
断熱材だけの対応で大丈夫?  
輻射熱をカットしなければこの温暖化時代を乗り切れない。

The advertisement features a blue sky background with clouds. It includes two inset photos: a man in a white shirt and tie talking on a blue mobile phone, and a woman in a light grey blazer holding a small white card to her forehead. At the bottom, there are three images: a large building under construction with scaffolding, a roll of white 'Keep thermo Wall' insulation material, and a close-up of the insulation being applied to a wall.

**Keep thermo**  
キープサーモウォール Wall

# 輻射熱

輻射熱とは？

断熱材で止められない!!  
建物内が暑くなる最大の原因は**輻射熱!**



キープサーモウォールなら  
輻射熱を**97%カット**

**ここがポイント**

建物内が**暑くならない!**

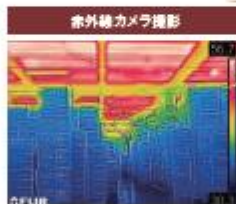
01



## の影響

**Keep thermo**  
キープサーモウォール

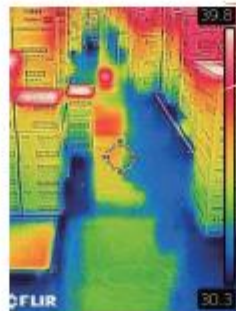
### 例 エアコン付きの食品倉庫



輻射熱で屋根が熱くなる!

約**60℃**  
まで上がってる!

屋根からの放射熱の影響で...



冷房が効かない!

荷物の表面が  
約**40℃**  
まで上がってる!



輻射熱が  
冷房に勝ってしまう!

荷物への  
ダメージ!

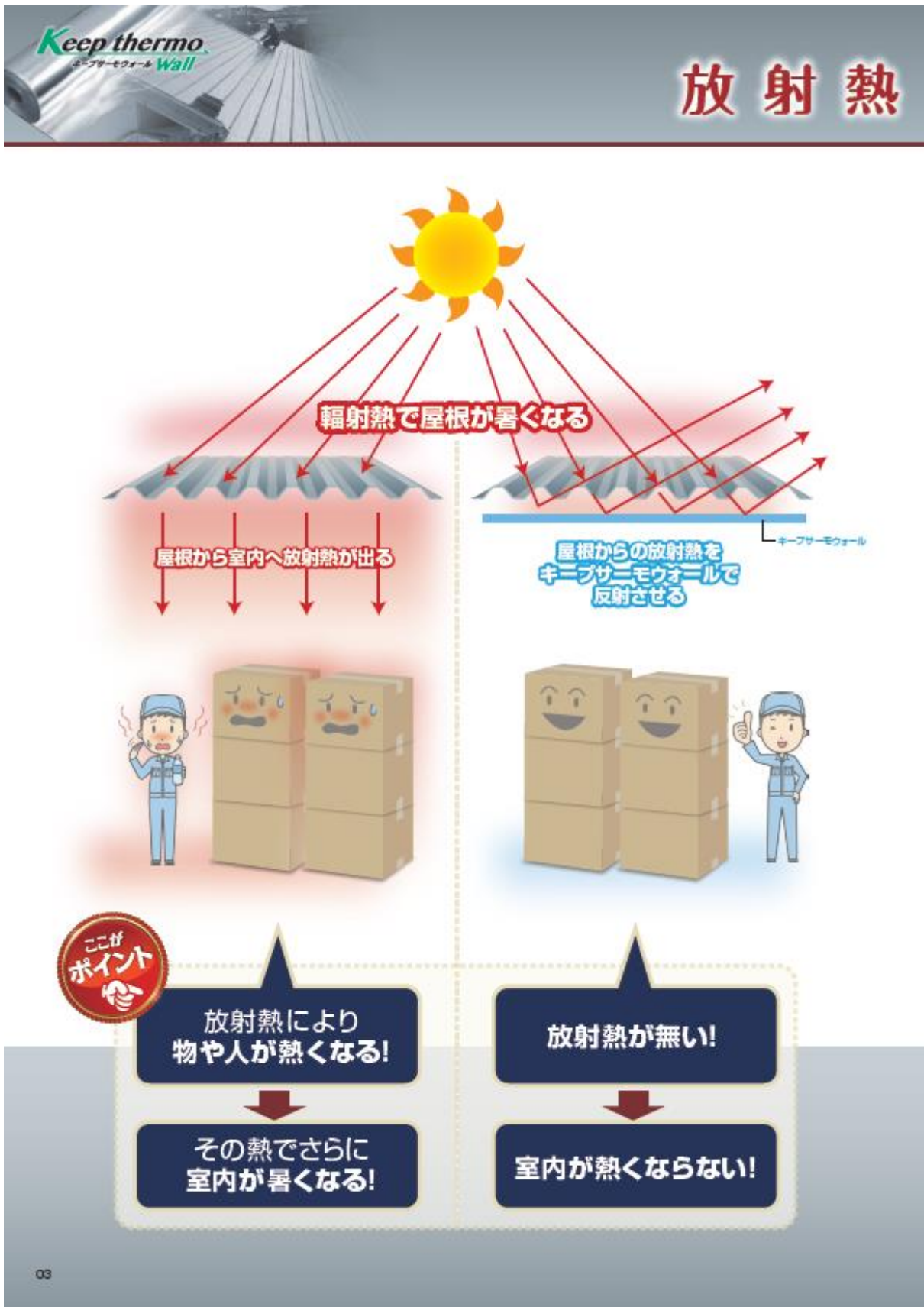


室内の  
温度上昇!



エアコン代  
の無駄!





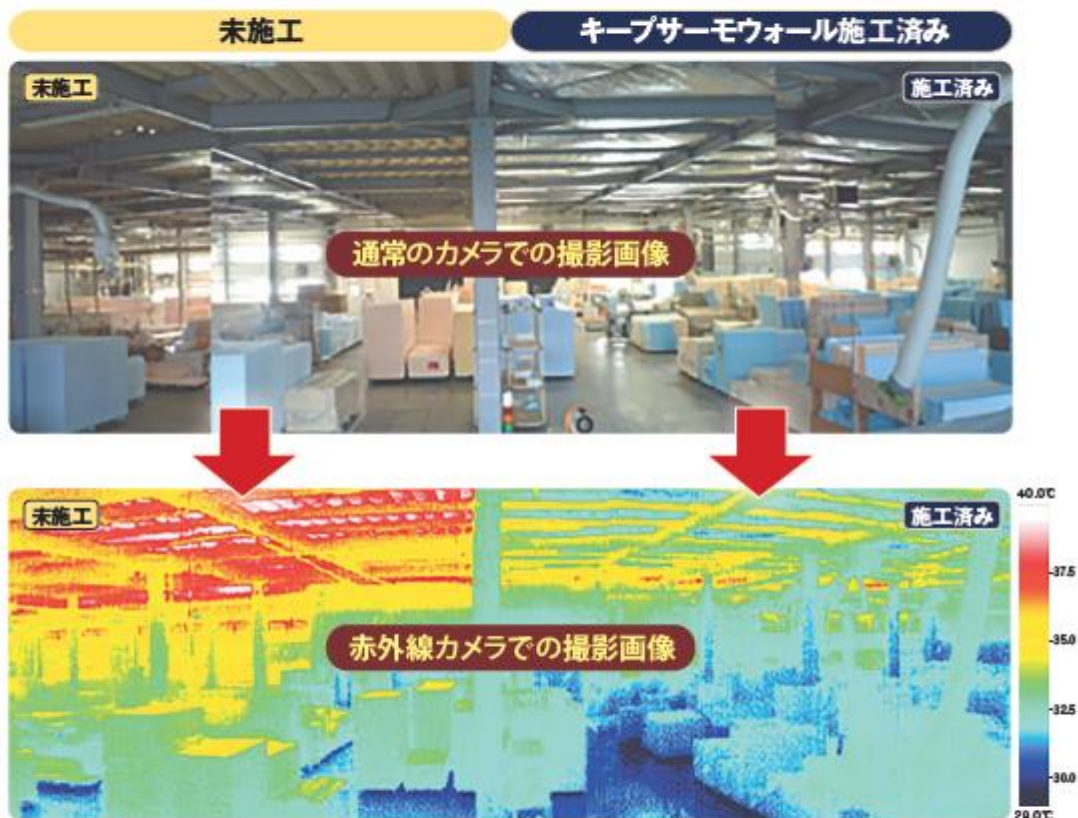


# の影響

## 例 工場・倉庫への施工比較

(2017年7月8日 14:00 外気温:30℃)

## 遮熱効果は一目瞭然!



※建屋内を連続で撮影しました。全ての赤外線写真の設定は高温は40℃・低温は29℃に設定しています。



### 放射熱カットで5℃以上の効果!

屋根が高温になればなるほど、高温になった屋根から放射熱が放出されます。  
放射熱を無くすことが重要です。



**実験方法** 遮熱シートに500W赤外線ランプを各4個照射。

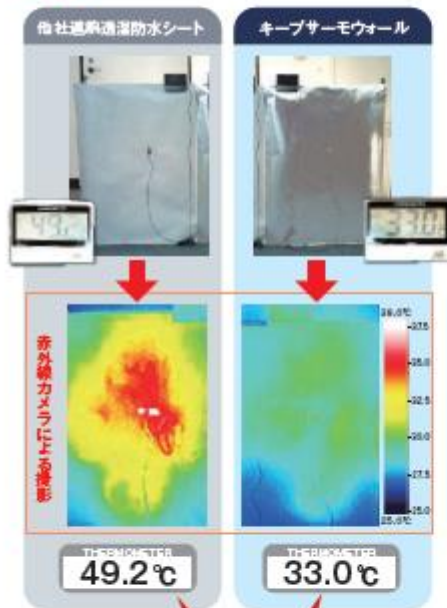


500Wの赤外線ランプを照射



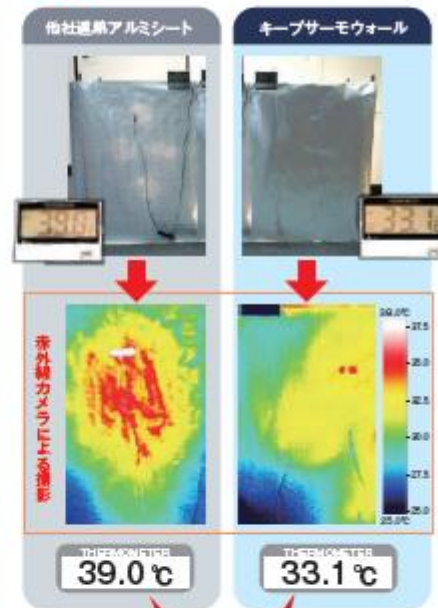
温度計設置位置

**実験1 他社遮熱透湿防水シートとの比較**



温度差  
約**16℃**

**実験2 他社アルミシートとの比較**



温度差  
約**6℃**



遮熱は赤外線の反射率で効果が決まります。  
同じ遮熱シートでも  
反射性能が大きく違います。



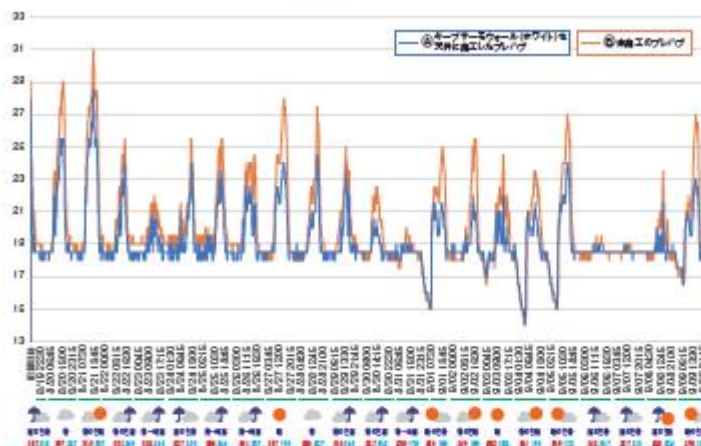
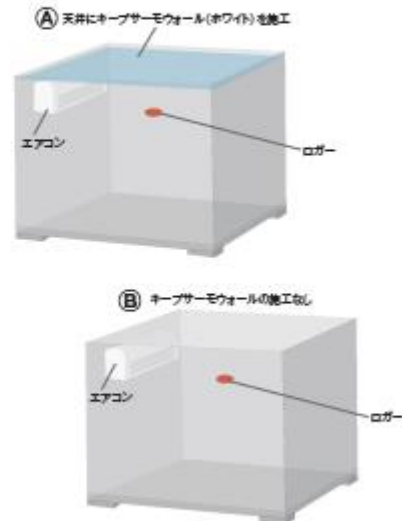
# 温度差と電気代

Keep thermo  
キープサーモウォール Wall

## プレハブ 温度比較 2017年 8月19日～9月9日



同条件の冷房で実験



天井にキープサーモウォールを付けただけで...

5℃以上の温度差

45%以上の電気代カット





▶ 倉庫・事務所の新築施工  
壁・天井にキープサーモウォールを施工



少しのコストで絶大な効果！  
冷・暖房費を削減！



point!

「暑さ指数」とは？

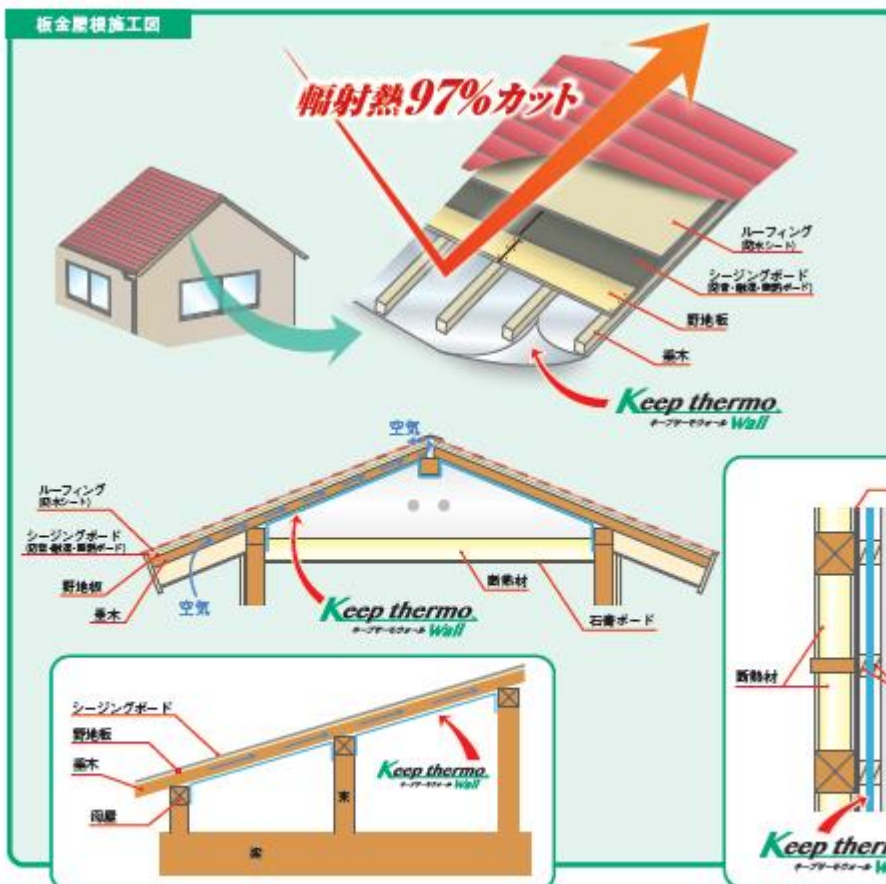
暑さ指数 (WBGT (湿球黒球温度) Wet Bulb Globe Temperature) は、熱中症を予防することを目的として1964年にアメリカで提案された指標です。単位は気温と同じ摂氏度(°C)で示されますが、その値は気温とは異なります。暑さ指数 (WBGT) は人体と外気との熱のやりとり(熱収支)に着目した指標で、人体の熱収支に与える影響の大きい ①温度、②気湿、③日射・輻射など周辺の熱環境、の3つを取り入れた指標です。暑さ指数 (WBGT) が 28°C (熱中警戒) を超えると熱中症患者が著しく増加します。

①温度、②気湿、は電気(空調を使う必要がありますが)、③日射・輻射など周辺の熱環境だけはキープサーモウォールを使い、遮熱を行うことで防ぐことが可能です。

# 新築施工 一般住宅



## ▶一般住宅の新築施工







## 既存の工場・倉庫等への施工方法

### ▶ ハトメ付きシート施工 **実用新案申請中**

梁の内寸に合わせて特注のシートを作成し、吊下げ金具を使い施工します。



### ▶ マグネットピン工法 **意匠登録・特許登録 済み**

**構造** 折板の屋根に「マグネットピン」でキープサーモウォールを取り付ける工法です。



- ①マグネットピン金具を折板屋根に取り付ける。 → ②キープサーモウォールをピンに差し込む。 → ③キャップを取り付ける。

キープサーモウォールにマグネットピン金具を挿すだけなので、短工期・取付低コストで遮熱・断熱性向上を実現!!工場の稼働を止めずに、短期間で施工が可能です。

株式会社 サンユー印刷 × 株式会社 近藤機械製作所

### ▶ 追加・補修施工

**二重屋根施工** 屋根の補修工事の時なら更にお得!



**メリット1** 屋根の補修工事と同時であれば低コスト!

**メリット2** 工場内の生産ラインを止める必要なし!

## 倉庫見学

Keep thermo  
キープサーモウォール Wall

誰もが「**温度差**」を体感！

**キープサーモウォール**の効果を  
ぜひご体感ください

キープサーモウォール  
施工なし



キープサーモウォール  
施工あり

自信があるから作りました！

倉庫内を仕切で分割しキープサーモウォールの施工あり・なし仕様をご用意！  
当社倉庫（新潟県三条市）にて遮熱効果をぜひ一度ご体感ください。

- (株)サンユー印刷 旧社屋前倉庫 2階施工 約205㎡
- ・施工日：2019年4月
- ・キープサーモウォールスペシャル（不燃タイプ）
- ・施工方法：ハトメ付きシート縫製、パイラック施工





■店舗天井に施工



■危険倉庫に施工

・施工日：2018年4月25日 ・キープサーモウォールスペシャル（不燃タイプ）  
・施工方法：ハトメ付きシート縫製、パイラック施工、ステンレスバンド



■テントに施工

・施工期間：2019年6月8日から2日間





## 事例

**Keep thermo**  
キープサーモウォール

### ■建設機械メーカー様 工事面積：約1850㎡

・施工日：2019年1月 ・中二階（メザニン）増設時  
・キープサーモウォールスペシャル（不燃タイプ） ・施工方法：ハトメ付きシート縫製、パイラック施工



### ■タイヤメーカー様 工事面積：約3000㎡

・施工日：2019年3月  
・キープサーモウォールスペシャル（不燃タイプ） ・施工方法：ハトメ付きシート縫製、パイラック施工







## 熱中症・労災対策・環境改善に

### ▶遮熱・溶接遮光フェンス 機械や炉の熱を遮断

炉の熱、機械熱の遮熱。溶接の遮光に。

Keep thermo®  
キープサーモウォールフェンス



ハトメに結束バンドを  
通して固定するだけの  
簡単組み立て。

**熱**をガード!  
遮熱フェンス

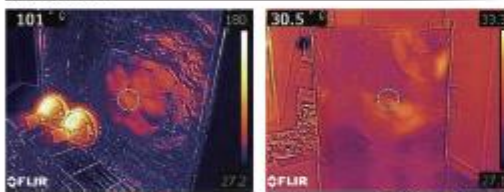


#### W2000タイプ

製品仕様

フィルム：キープサーモウォール（不燃遮熱シート）  
フレーム：スチール（腐蝕コーティング）、キャスト付  
結束バンド：難燃性UL94V-2  
外寸：約W2000×H2000mm  
※組立式：フレーム及びフィルムの取付等によって施工作業となります。

#### 遮熱性能実験



表面温度 **101℃**  
赤外線電球を照射するとキープサーモフェ  
ンスの表面温度は101℃まで上昇。

裏面温度 **30.5℃**  
照射している裏側の表面温度は30.5℃。  
反対側の高温が影響することなく、遮熱し  
ています。



#### W1000タイプ

製品仕様

フィルム：キープサーモウォール（不燃遮熱シート）  
フレーム：スチール（腐蝕コーティング）、キャスト付  
結束バンド：難燃性UL94V-2  
外寸：約W1000×H2000mm  
※組立式：フレーム及びフィルムの取付等によって施工作業となります。



▶ 遮熱ブリーツカーテン 倉庫内の熱間仕切り  
倉庫内の熱を間仕切りで遮熱。

Keep thermo®  
キープサーモウォール pleated curtain



※写真は使用例であり、間仕切りポール及び吊り下げ金具等は付いておりません。

不燃遮熱タイプ  
キープサーモ®ブリーツカーテン



製品仕様

フィルム：キープサーモウォール（不燃遮熱シート）  
寸法：オーダーメイド  
※組立式：フレーム及びフィルムはお客様にて組立作業となります。

特徴

●遮熱 ●不燃 ●屋内使用  
国土交通大臣認定品：不燃材料認定番号 NM-4130

▶ キープサーモテープ 屋外・屋内簡単遮熱  
キープサーモシリーズにテープ登場！キープサーモウォールよりももっと手軽に遮熱対策。

プレハブや休憩所に！  
車やトラックに！  
熱源付近の遮熱対策に！



キープサーモテープ

製品仕様

サイズ：約1,240mm×10mm厚

## 省エネ

-  断熱効果(放射率) 97% カット  
遮熱性能によって最高97%の断熱効果を  
カットし、建物の省エネ効果を劇的に  
向上させます。
-  省エネルギー  
優れた遮熱性が建物の冷暖房効率を向上  
させて省エネルギーに寄与します。

## 高品質

-  防水性 WVTR(水蒸気透過率)  
水や水蒸気を多く含む空気の透過を防止し、  
雨漏りや腐食、白カビの防止を要請して  
設置された高品質の断熱材です。
-  UV・耐候性  
様々な気候変化の下でも断熱性能が低下する  
ことなく安定して効果を発揮します。
-  不燃性  
国土交通省不燃材認定取得済  
認定番号 NM-4139

## 軽量・丈夫

-  補助材不要  
丈夫で耐久性が高く、補助材を使うこと  
なく、そのまま設置できるように設計  
されています。
-  引裂抵抗と突刺抵抗  
内部に引裂きや突き刺しにも耐えられる  
十分な断熱材を使用しています。
-  設置  
軽量化かつ丈夫な為、設置作業が  
スピーディーに出来ます。

### 遮熱断熱施工の比較表

|             | キープサーモウォール | 遮熱塗料(断熱塗料)   | その他工法<br>日断断熱・緑化など |
|-------------|------------|--------------|--------------------|
| 遮熱効果(春・夏・秋) | 高い         | ○            | ○                  |
| 断熱効果(冬)     | 断熱効果を保証    | 屋外施工なので効果が薄い | 若干の効果              |
| 経年劣化        | 変わらない      | 汚れなどにより落ちる   | 変わらない              |
| コスト         | 安い         | 比較的安い        | 工法により変わる           |
| メンテナンス      | メンテナンス不要   | 汚れ・耐久の確保     | 工法により変わる           |
| 施工場所        | 屋根・壁       | 屋根・壁         | 屋根                 |
| 外観          | 変わらない      | 選択できる色が少ない   | 外観が変わる             |

※当社資料による比較

### キープサーモウォール スペシャル 危険品にも最適。両面アルミで超遮熱！

不燃 認定番号 NM-4139

| 項目            | 試験方法           | 単位                    | 仕様                       |
|---------------|----------------|-----------------------|--------------------------|
| 放射率 (放射率)     | ASTM E 409     | 放射率                   | ≥0.95 (97±2%)            |
| 厚さ (グラマー)     | GB 528         | g/m <sup>2</sup>      | 271 ± 10%                |
| 厚さ            | 社内             | μ                     | 242 ± 10%                |
| 引張強度          | MD<br>GD       | JIS L 1099 A 法        | N/50mm<br>≥1790<br>≥1820 |
| 伸び率           | MD<br>GD       | JIS L 1099 A 法        | %<br>≥2.52<br>≥2.52      |
| 水蒸気透過率 (WVTR) | ASTM F 1249    | g/m <sup>2</sup> /day | ≤0.05                    |
| 初期引張強度        | MD<br>GD       | ASTM D 1004           | N<br>≥100<br>≥55         |
| 引張強度          | MD<br>GD       | JIS L 1099 A-1 法      | N/50mm<br>≥2775<br>≥2115 |
| 耐水性           | JIS L 1099 A 法 | mm                    | 2,000以上                  |
| サイズ           |                | m                     | 約1,200mm×40m巻            |

### キープサーモウォール ホワイト アルミ箔と高密度ポリエチレン織布を 使用した片面が白いフィルム

| 項目            | 試験方法        | 単位 (G)                | 仕様                       |
|---------------|-------------|-----------------------|--------------------------|
| 放射率           | ASTM E 409  | 放射率                   | ≥0.95 (97 ± 2%)          |
| 厚さ (グラマー)     | GB 528      | g/m <sup>2</sup>      | 100 ± 10                 |
| 厚さ            | 社内          | μ                     | 95 ± 20                  |
| 引張強度          | MD<br>GD    | 社内                    | N/50mm<br>≥2500<br>≥2500 |
| 伸び率           | MD<br>GD    | 社内                    | %<br>≥12<br>≥12          |
| 水蒸気透過率 (WVTR) | ASTM F 1249 | g/m <sup>2</sup> /day | ≤0.10                    |
| 初期引張強度        | MD<br>GD    | ASTM D 1004           | N<br>≥20<br>≥20          |
| 引張強度          | MD<br>GD    | DIN 5282              | N/50mm<br>≥200<br>≥200   |
| サイズ           |             | m                     | 約1,200mm×40m巻            |

### クールマジックアルティメットアルミバブル 両面アルミで超遮熱！遮熱+断熱タイプ

不燃 認定番号 NM-5158

| 項目            | 試験方法           | 単位                    | 仕様                     |
|---------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| 放射率           | ASTM E 409     | 放射率                   | ≥0.95 (97 ± 2%)        |
| 厚さ (グラマー)     | 社内             | g/m <sup>2</sup>      | 292 ± 10%              |
| 厚さ            | 社内             | μ                     | 4                      |
| 引張強度          | MD<br>GD       | JIS L 1099 A 法        | N/50mm<br>≥295<br>≥249 |
| 伸び率           | MD<br>GD       | JIS L 1099 A 法        | %<br>≥25.7<br>≥22.0    |
| 水蒸気透過率 (WVTR) | 社内             | g/m <sup>2</sup> /day | ≤0.10                  |
| 初期引張強度        | MD<br>GD       | ASTM D 1004           | N<br>≥20<br>≥20        |
| 引張強度          | MD<br>GD       | JIS L 1099 A-1 法      | N/50mm<br>≥292<br>≥185 |
| 耐水性           | JIS L 1099 A 法 | mm                    | 2,000以上                |
| サイズ           |                | m                     | 約1,200mm×40m巻          |

●建物への設置をした場合は定期的に断熱効果が低下していないかを確認をお願いします。  
●予告なしに製品の価格、使用を変更する場合がございますのでご了承ください。●データは実験値であり、保証値ではありません。

2024

株式会社サンユー印刷  
本社 東京都三島市東町3888-1 RBEビル  
TEL 0356-64-7785 FAX 0356-64-7784  
東京営業所 〒110-0015 東京都台東区東上野2-10-10 協和ビル2F  
TEL 03-3838-1517 FAX 03-3838-3737-7584  
E-mail info@sanyou-pmp.co.jp  
URL https://www.sanyou-pmp.co.jp

代理店

## 2. 試験に利用する機器

表 機器一覧表

| 名称           | 型式        | 仕様                                                                              | 備考                                   |
|--------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 黒球型熱中症指数モニター | AD-5695DL | WBGT 指数 (0～50℃)、<br>温度(TA) (0～50℃)、<br>相対湿度(RH) (10～90%RH)<br>黒球温度(TG) (0～80℃)、 | Mode ボタンにて室内<br>モード、室外モードを<br>切り替える。 |



図 黒球温度計



### 3 不燃認定書

2021年12月7日

各位

『キープサーモウォール スペシャル』の「国土交通省 不燃認定」について

弊社製品『キープサーモウォール スペシャル』は国土交通省の不燃材料認定製品です。

国土交通省 不燃材料 認定番号 NM-4139

上記番号が『キープサーモウォール スペシャル』の認定番号となります。

尚、認定書の「SUN MIGUEL YAMAMURA WOVEN PRDUCTS.SDN.BHD」は弊社の生産委託工場です。

「キープサーモウォール不燃」の遮熱施工工事につきましては 認定番号 NM-4139 の製品を使用致しております。

 株式会社 **サンユー印刷**  
建材営業部 

図 不燃認定書

#### 4 性能評価書

第15EL027号

## 性能評価書

SAN MIGUEL YAMAMURA WOVEN PRODUCTS. SDN. BHD

社長 MR. TAN TECK SOON

平成27年 4月16日付けで性能評価の申請を受けた以下の構造方法等は、当財団の性能評価業務規定に基づき慎重審議の結果、建築基準法第2条第九号に係る基準に適合するものと評価する

平成27年 7月28日

東京都中央区日本橋蛸留町二丁目8番4号



一般財団法人 建材試験センター

理事長 長田 直俊



1. 件 名：  
両面アルミニウム合金はく張／ガラスクロスの評価
2. 性能評価の対象条文：  
建築基準法施行令第108条の2（不燃材料）
3. 評価の内容：  
別添及び別紙のとおり
4. 評価委員：  
菅原進一、前田孝一、中村賢一、西本俊郎

#### 図 性能評価書

## 5 認定書

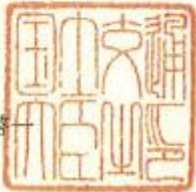
|                                                                                                                                                |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                                               |                      |
| <h1>認 定 書</h1>                                                                                                                                 |                      |
| 国住指第 1906 号<br>平成 27 年 10 月 19 日                                                                                                               |                      |
| SAN MIGUEL YAMAMURA WOVEN PRODUCTS, SDN. BHD<br>社長 Mr. TAN TECK SOON 様                                                                         |                      |
|                                                            |                      |
| 国土交通大臣 石井 啓一                                                                                                                                   |                      |
| <p>下記の構造方法等については、建築基準法第 68 条の 25 第 1 項（同法第 88 条第 1 項において準用する場合を含む。）の規定に基づき、同法第 2 条第九号及び同法施行令 108 条の 2 第一号から第三号まで（不燃材料）の規定に適合するものであることを認める。</p> |                      |
| <h3>記</h3>                                                                                                                                     |                      |
| 1. 認定番号                                                                                                                                        | NM-4139              |
| 2. 認定をした構造方法等の名称                                                                                                                               | 両面アルミニウム合金はく張／ガラスクロス |
| 3. 認定をした構造方法等の内容                                                                                                                               | 別添の通り                |
| <p>（注意）この認定書は、大切に保存しておいてください。</p>                                                                                                              |                      |

図 認定書