

屋外盤の暑熱環境への適応策 としての放射冷却素材の適用

Application of Radiative Cooling Materials As an
Adaptation Measure for the Thermal Environment of Outdoor Panels



うえ き とおる
植木 徹¹⁾



ひら お あきひこ
平尾 昭彦²⁾

キーワード：放射冷却素材，暑熱環境，適応策，屋外盤，誤動作

1. はじめに

「地球沸騰化の時代」とも言われる昨今の温暖化の中，暑熱環境に起因する問題が様々な分野で顕在化しており，電気設備分野に於いても例外ではない。電気設備の中でも特に屋外設置の盤類は，直達日射の影響により盤内温度が上昇しやすく，ブレーカーの不要動作や，接続部の異状を検出するためのサーモラベルの不要変色，電子回路搭載機器の早期劣化や故障の増加など，様々な面で影響が顕在化しており，暑熱問題対策の重要性が高まっている。

2. 屋外盤の暑熱問題対策

盤の直達日射による温度上昇抑制のための従来手法としては，遮熱塗料の塗布，遮光板の設置といった手段がある。遮光板とはキャビネットの外側に二重に板金を取り付け，キャビネット本体に太陽光が直接当たらないようにする構造であり，日陰を作って遮熱する方法は，遮熱塗料による方法よりも大きな温度低減効果が得られる反面，盤重量の増加による輸送や施工のコスト増の問題があった。さらに，盤内をエアコンによって冷却する方法もあるが，冷却のためにエネルギーを消費し，ランニングコストが発生することもあり，これらの問題を解決できる新たな暑熱対策技術が求められてきた。

新たな暑熱対策技術として近年注目されている技術に，直達日射の下でもエネルギーを用いることなく周囲より

温度低下する，いわゆるパッシブ冷却を可能にする「放射冷却素材」がある^{1)~3)}。「放射冷却素材」は，熱を大気の光透過率が高い波長帯の熱輻射に変換して宇宙空間に放出する「放射冷却現象」を利用して，日中外気より温度低下することを特徴としており，2014年に科学誌 Nature にて初めて報告された技術である¹⁾。

本技術は，この放射冷却素材を屋外盤に適用することによって，盤内温度の上昇を抑制することを狙ったもので，その有効性を従来の遮熱技術との比較実験や実フィールドでの実証実験の中で明らかにすることができ，さらに社会実装の段階へと進んできたのでここに紹介する。

3. 放射冷却素材の概要

本技術に使用する放射冷却素材としては，放射冷却効果の大きさと耐候性の観点から，SPACECOOL(株)製の放射冷却素材SPACECOOL(品番：SCF-A25M-XNW 他)を採用している。SPACECOOLはホワイトとシルバーの二色があり，どちらも放射冷却性能は同等であるため，設備の設置環境への調和を考慮して選択することができる。図-1にSPACECOOLシートの外観を示す。

SPACECOOLは，図-2に示すとおり，太陽光と大気からの熱をブロックして熱吸収を抑えるだけでなく，



図-1 SPACECOOL シートの外観

セイリツ工業(株)

1) 1972年4月生まれ，大阪府出身。1994年4月セイリツ工業(株)入社，現在に至る。

2) 1957年7月生まれ，大阪府出身。1980年4月松下電工(株)（現パナソニック(株)）入社。2019年8月セイリツ工業(株)入社，現在に至る。

SPACECOOLは2つの異なる光学性能を保有
独自の多層構造で反射と放射を両立*しゼロエネルギーによる冷却を実現

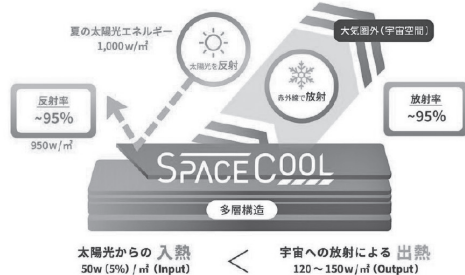
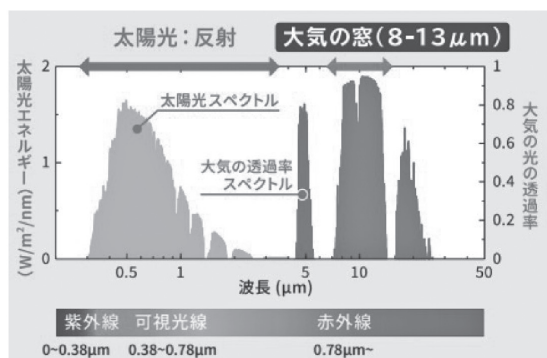


図-2 SPACECOOL の機能イメージ

宇宙へ熱を放射することで熱を捨て、ゼロエネルギーで外気より低温にすることができる素材である。地表面からの熱が宇宙空間へ放出されることで冷える「放射冷却」については天気予報などでもよく聞かすが、放射冷却を発生させるためには、熱を「大気の窓」と言われる宇宙空間へ抜けられる8-13 μ mの波長帯に変換して放射させる必要があり、SPACECOOLはそれを実現している。図-3にその放射冷却の波長帯を示す。



温室効果ガスの影響を受けることなく
大気の窓を通して熱が赤外線形で宇宙空間に捨てられる

図-3 放射冷却素材の放射波長帯

4. 実証実験及び結果の概要

本技術の端緒となった実証実験については、電気設備学会全国大会でも報告されており⁴⁾、放射冷却素材を盤箱体の外側に施工した分電盤(以下「COOL分電盤」と呼称)において、一般塗料を塗布した分電盤(以下「一般塗料分電盤」と呼称)、遮熱塗料を塗布した分電盤(以下「遮熱塗料分電盤」と呼称)、遮光板を施工した分電盤(以下「遮光板付分電盤」と呼称)と比較して、内部温度が最大約10℃低下し、従来技術の中では比較的遮熱効果の大きい、遮光板付分電盤との比較でも最大約5℃低下するという結果であった。さらに、インバーター等の発



図-4 COOL 分電盤の実証実験

手前左側から COOL 分電盤①, COOL 分電盤②, 一般塗料分電盤, 遮熱塗料分電盤, 遮光板付分電盤 それぞれにヒーターありとヒーターなしがある 扉面を西向きに設置
分電盤サイズ: H1 100×W650×D450 鋼板製

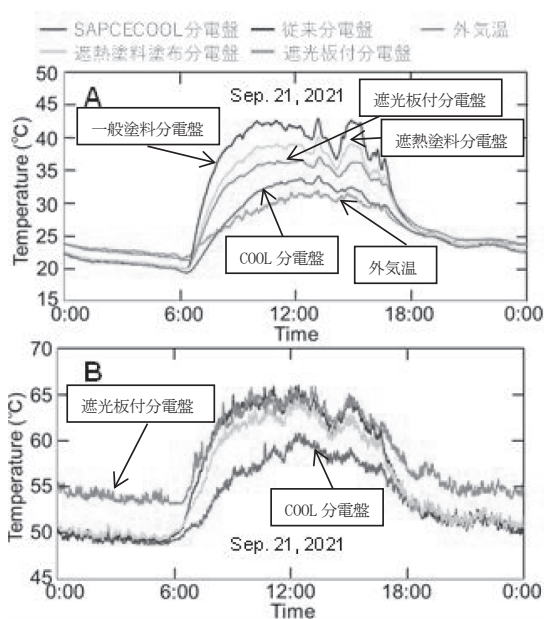


図-5 分電盤の内部温度の比較 2021 年 9 月 21 日測定
A) ヒーターなし B) ヒーターあり

熱機器を模して200Wのヒーターを盤内部に搭載した場合には、一般塗料分電盤、遮熱塗料分電盤、遮光板付分電盤の盤内温度は日中大きな差がない一方、COOL分電盤の盤内温度のみが平均5℃、最大で9.5℃他の盤より低くなることがわかった(図-4, 5)。

5. フィールドにおける実証実験

(1) 既設配電盤のエアコン消費電力低減実験

大阪府堺市で、盤内温度低減用のエアコンを内蔵した既設の配電盤の天面と側面にSPACECOOLを施工して、SPACECOOL施工前後におけるエアコンの消費電力量を比較する実験を行った。図-6にSPACECOOL施工後の配電盤の外観を示す。また、図-7にSPACECOOL施

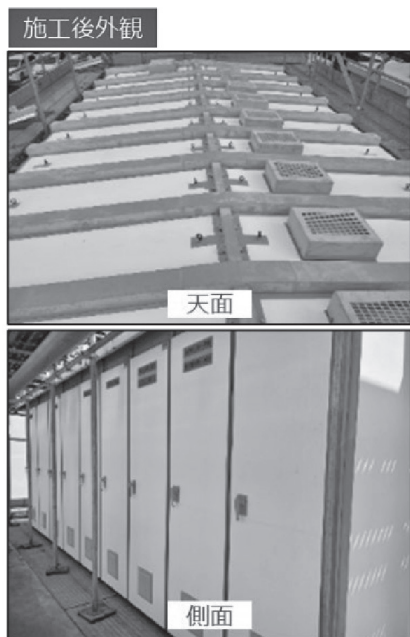


図-6 既設の配電盤への SPACECOOL の施工

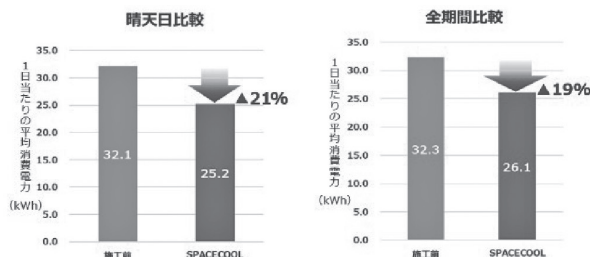


図-7 SPACECOOL 施工前後における配電盤の内部温度低減用エアコンの消費電力量の比較
実験期間 2022 年 7 月 22 日～9 月 15 日

工前後のエアコンの消費電力量の比較を示す。これによると、実験期間中の晴天日だけの比較では、SPACECOOL を施工することによって、1日当たりの平均消費電力量 (kWh) が約 21% 削減でき、また、全期間の平均でも約 19% 削減できることが確認できた⁵⁾。

(2) 既設分電盤の盤内温度比較実験

神戸市長田区において、隣接して設置された、形状や負荷容量がほぼ同じ 2 つの既設分電盤において、温度比較実験を行った(図-8)。実験は、①両方とも SPACECOOL を施工しない場合、②A 盤表面のみに SPACECOOL を施工した場合、③B 盤表面のみに SPACECOOL を施工した場合について、両分電盤の盤内温度を比較した。②と③のように途中で SPACECOOL 施工盤を入れ替えたのは、比較をより厳格化するためである。本実験では、SPACECOOL の入れ替えを容易にするため、放射冷却素材としてマグネットシート式 SPACECOOL (品番 SCG-0401-KXW) を使用した。図-9 に盤内温度の比較

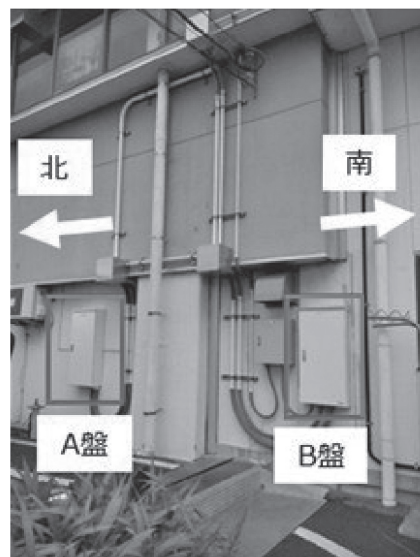


図-8 既設分電盤の盤内温度比較実験
図は A 盤のみに SPACECOOL を施工した状態
盤扉面が西向きに設置されている
盤寸法概略：縦 1000×横 500×奥行 200

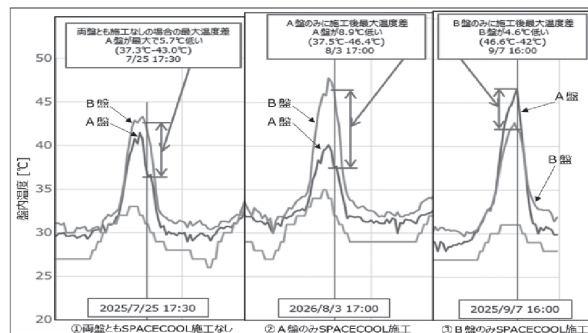


図-9 既設分電盤の盤内温度上昇抑制効果比較
① A 盤, B 盤とも SPACECOOL 施工なし
② A 盤のみ SPACECOOL 施工
③ B 盤のみ SPACECOOL 施工

データを示す。これによると、

- ①両盤とも SPACECOOL を施工していない状態では、A 盤の方が B 盤より盤内温度が最大で 5.7℃低い。
- ②A 盤のみに SPACECOOL を施工した場合は、A 盤の方が、最大で 8.9℃低くなった。
- ③B 盤のみに SPACECOOL を施工した場合は、B 盤の方が最大で 4.6℃低くなった。

A 盤, B 盤ともに SPACECOOL を施工しない状態で A 盤の盤内温度が低いのは、B 盤の方が数 m ではあるが海寄りに設置されており、設置位置の違いによる日射の差があることや、盤の負荷電流の違いによるものと考えられる。これを基準に効果を検討する。A 盤のみに施工すると、どちらにも施工しない状態で A 盤の方が、5.7℃低かったものが、温度差が 8.9℃と大きくなった。即ち、

