

間接外気冷房併用型ハイブリッドクーラー

株式会社 デンソー

取締役社長 有馬 浩二

株式会社 デンソーエアクール

代表取締役社長 大矢 修三

(株)デンソー 新事業推進部	平 輝彦
(株)デンソー 新事業推進部	榎原 久介
(株)デンソー 新事業推進部	木村 成秀
(株)デンソーエアクール 技術2部	大木 淳一
(株)デンソーエアクール 開発室	山口 祥一

はじめに

地球温暖化対策として再生可能エネルギーへの転換が求められており、メガソーラー等の大規模な太陽光発電所の建設が進んでいる。この太陽光発電により作られる電気は直流であり、交流の系統に送電するためにはパワーコンディショナー（以下 PCS）が必要である。PCS の電力変換効率は 95～98%程度であり、変換ロス分は高温（45～55℃）の排気として放出される。

また、PCS は外部からの塩害、虫害、結露等から保護する必要があるため、密閉した局舎内での運用が望ましいが、その場合は局舎内に排出される PCS 排熱を冷却し続ける必要がある。従来はこれをパッケージエアコン（以下 PAC）で冷却しており、常に高負荷での運転となるため空調機の寿命が短く、5～7年ごとの機器交換が必要となっている。

また、一般社団法人 太陽光発電協会によると、2021年までに日本国内の太陽光発電容量は 70GW に達する見込みである（図 1）。このうち、

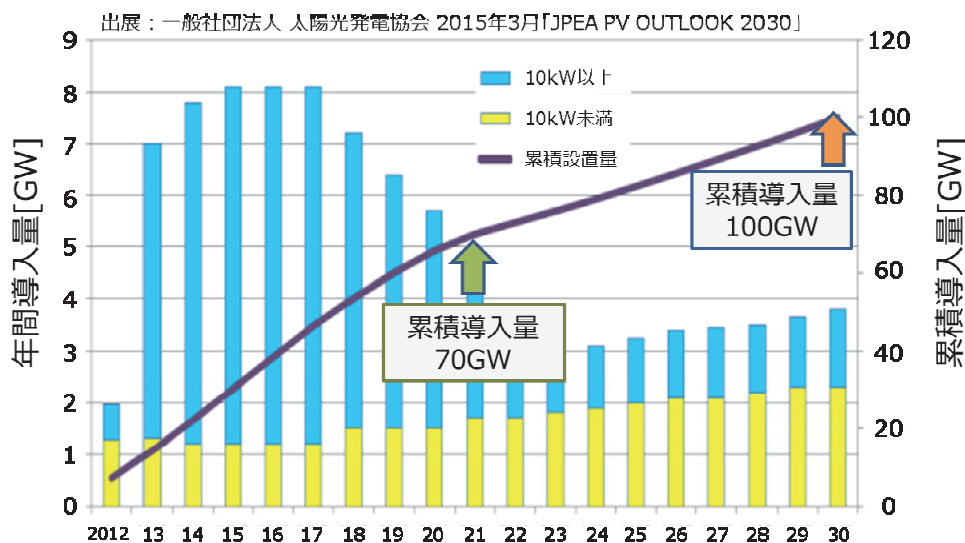


図1 太陽光発電の動向

空調機による冷却が必要な大規模太陽光発電所の割合は約 60%であり、発電容量 42GW 分に相当する。これらを全て PAC で冷却したと仮定すると、PCS 冷却のための年間消費電力量は 1,160GWh になる。これは 26 万世帯分の年間消費電力量に相当し、この電力低減が課題となっている。

開発のねらい

前述のように PCS 冷却システムの課題は、省エネ化と長寿命化である。

そこで PCS の排熱温度が外気温よりも高いことに着目し、当社が携帯電話基地局の省エネ補助冷却装置として製品化している沸騰冷却システム（ループ式サーモサイフォン）を活用することとした。この沸騰冷却システムと、PAC のようなコンプレッサー駆動冷却システムを組み合わせることで、消費電力の中で大半を占めるコンプレッサーの稼働時間と負荷を大幅に低減し、従来の PAC に比べて、飛躍的な省電力化および長寿命化することを開発のねらいとした。なお長寿命化については、太陽光発電所の期待耐用年数が 20 年であることから、本開発品の目標耐用年数も 20 年とした。

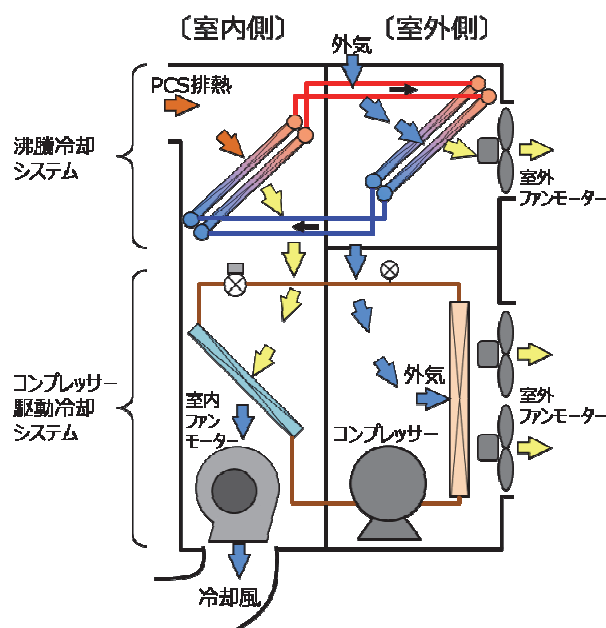


図2 開発品の機器構成

装置の概要

図 2 に本開発品の機器構成の模式図を示す。本開発品では省エネと長寿命を両立させるため、沸騰冷却システムをコンプレッサー駆動冷却システムの風上に配置し、PCS の高温排熱を沸騰冷却システムにより一次冷却するハイブリッド冷却構造とした。この構造によって、コンプレッサー駆動冷却システムは、沸騰冷却システムだけでは能力不足のときのみ稼働することになるため、コンプレッサーの稼働率を大幅に低減でき、省エネと長寿命を可能としている。

技術上の特徴

今回採用した沸騰冷却システムは、図 2、図 3 に示すように室外側熱交換器と室内側熱交換器をループ状に接続して密閉回路を形成した上で、内部に熱輸送媒体となる冷媒を適量封入したものである。その際、自然に冷媒循環が発生するように、室外側熱交換器を室内側熱交換器よりも高い位置となるように配置する。

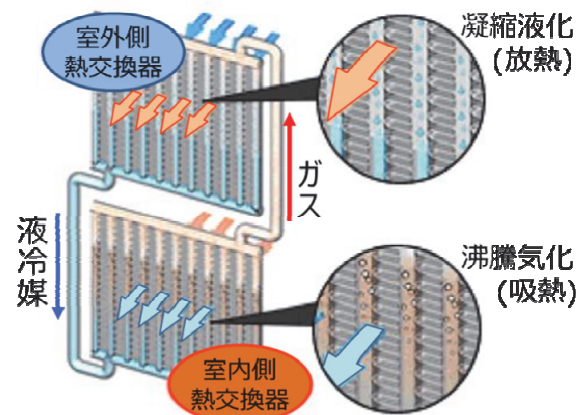


図3 沸騰冷却システムの原理

ここで沸騰冷却システムによる冷却原理を説明する。

- ① 室内側熱交換器に PCS 排熱の高温空気が供給されると、熱交換器内部で液冷媒は吸熱し、沸騰して気化する。

- ② 気化して密度が小さくなった冷媒は室内側熱交換器内を上昇し、熱交換器上部の接続配管を通じて室外側熱交換器に移動し、そこで室外の低温空気に放熱し、凝縮液化する。
- ③ 液化した冷媒は密度が大きくなり、重力により熱交換器下部の接続配管を通じて室内側熱交換器に戻る。

これらの冷媒移動および熱移動は、室内外の熱源温度差による沸騰・凝縮によって発生し、ポンプやコンプレッサーなど冷媒循環用の動力装置は不要である。特に本開発品では、気化冷媒流路と液冷媒流路とを分けてループ状の回路を形成することで冷媒の循環方向を整流化し、効率的な熱移動を可能としている。また、熱交換器の高低差によって冷媒の循環方向が決まることで熱移動の方向が規制されるため、外気高温かつ室内低温時に外部からの熱の逆流を防止できる。この点は放熱板やヒートシンク等の放熱手段と異なる沸騰冷却の特徴である。

本開発品では限られた大きさの冷却ユニットに沸騰冷却システムとコンプレッサー駆動冷却システムを内蔵するため、小型高性能の沸騰冷却システムが必要であった。そこで、カーエアコン用熱交換器で世界最大のシェアを有している

当社の技術を応用したアルミ扁平多穴管と高性能伝熱フィンを用い、それに沸騰冷却に適した低圧損ヘッダタンクを組み合わせた専用熱交換器を開発した。

さらにこの沸騰冷却システムを、ユニット内部でコンプレッサー駆動冷却システムの上流かつ上部に配置し、高温のPCS排気をユニット上部から吸い込み、冷却風をユニット下部へ吹き出す構造とした。これは、上方向に排熱し、下方より吸気するPCSの構造により、局舎上部に滞留しやすい高温排気を効率良く冷却ユニットに導き、冷却風を効果的にPCSに届けることをねらったものである(図2)。

上記の機器構成に加えて、沸騰冷却システム通過後の温度を検知して、冷却が不足している分だけコンプレッサーを駆動して冷却するように制御して、コンプレッサー稼働時間の低減と省電力を実現している。

以上の効果により、本開発品ではPCS排熱が55℃の場合、外気温が35℃では冷却能力の53%、25℃では冷却能力の80%、15℃以下では全冷却能力を沸騰冷却システムでまかなうことが可能である。これにより、コンプレッサーの稼働時間と負荷を大幅に低減させることができた。

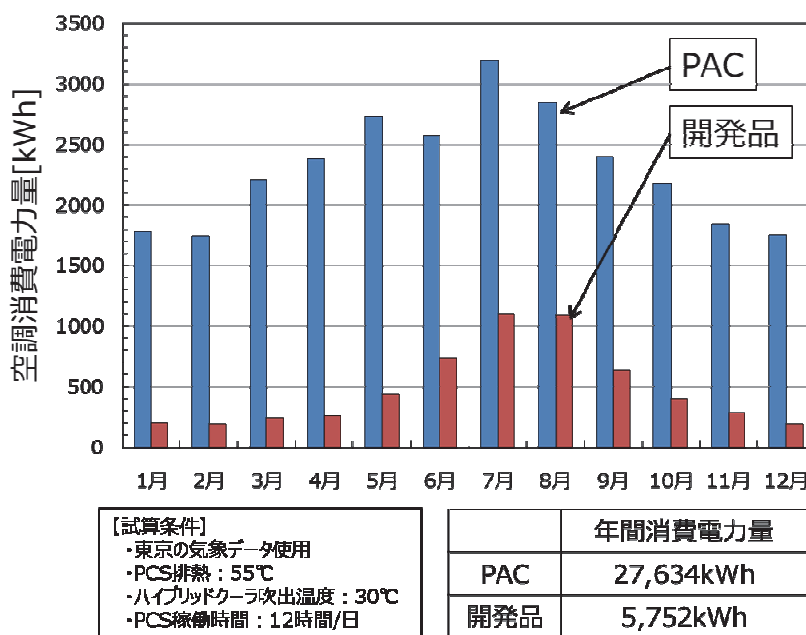


図4 消費電力量試算の比較

実用上の効果

実使用の一例として、東京の気象条件にて、1MWの発電容量をもつ太陽光発電所のPCS局舎に本開発品を適用した場合の消費電力量を試算し、PACを使用して冷却した場合の消費電力量と比較した(図4)。

PCS排熱を沸騰冷却システムにて一次冷却することで省エネ冷却が可能となり、年間消費電力量を約80%低減できる。特に12月から3月は、沸騰冷却システムのみで冷却が可能である。このことは、コンプレッサー駆動冷却システムの稼働時間が少なくなることを意味しており、今回の試算条件で20年間の総コンプレッサー稼働時間を算出すると2万時間以下となり、適正なメンテナンスを行えば、本開発品の目標耐用年数20年を達成できるめどが得られた。

図5は、本開発品を使用した場合のPCS局舎内の気流解析結果である。局舎上部からPCS排熱を吸い込み、冷却風を局舎下部に吹き出すユニット構造により、PCS排熱と冷却風の分離ができ、効率良くPCSを冷却できていることがわかる。この送風構造は、本開発品の沸騰冷却システムを効率的に作動させ、消費電力を低減するための重要なポイントである。

また実際の局舎においては、導風板等の設置によってPCS排熱を物理的に分離することで、上記気流解析よりもさらに高効率な冷却が可能である。

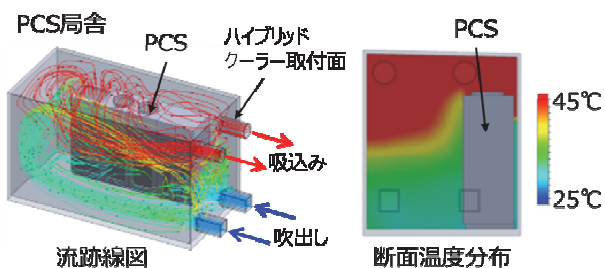


図5 開発品による冷却流れ解析結果

知的財産権の状況

本開発品に関する主要な特許登録は以下の通りである。

- ① 日本国特許第3893651号
名称：沸騰冷却装置及びそれを用いた筐体冷却装置
概要：沸騰冷媒液面の低下を防止する熱交換器の構造
- ② 日本国特許第3887857号
名称：沸騰冷却装置及びそれを用いた筐体冷却装置
概要：冷媒の循環の阻害を防止できるよう、冷媒管に断熱構造を設けた沸騰冷却装置
- ③ 日本国特許第4178719号
名称：沸騰冷却装置
概要：沸騰冷却装置の冷却性能を向上させるための熱交換器配置構造

むすび

地球温暖化防止の観点から、今後、再生可能エネルギーによる発電量が増加し、同時に電力供給安定化のための蓄電システムも増加していくと考えられ、系統電力接続のためのPCS需要も増加すると予想される。その他、高温排熱を生ずるパワーデバイスや電子機器等の冷却においても、今回開発したハイブリッド冷却技術は活用可能と考える。これらの様々な冷却需要に開発技術を適用することで、今後も機器冷却の省エネに貢献していきたい。