

日本冷凍空調学会
技術賞

日本冷凍空調学会賞 技術賞

ハイブリッドパワーコンディショナークーラー

Hybrid Power Conditioner Cooler

1. 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の機運の高まりもあり、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の電力変換ロス分は数%あり、それらは熱として放出される。また、PCSは外部からの塩害、虫害、結露など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。従来はパッケージエアコン（以下、PAC）などで冷却しており、常に高負荷での運転となるため、5～7年ごとに寿命による空調機器の交換が必要となっていた。今回、沸騰冷却システムとコンプレッサ駆動冷却システムを組み合わせることで、従来のPACに比べて飛躍的な省電力化および長寿命化が可能な製品を開発した。



榎原久介*
Hisayoshi SAKAKIBARA



田中攻明*
Masaaki TANAKA



大木淳一**
Junichi OOKI



山口祥一**
Shoichi YAMAGUCHI



江澤直史**
Naofumi EZAWA

2. 概要

2.1 機器構成

図1に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。また、PCSは排熱を上部に排出し、下部より冷却風を吸い込む構造であるため、沸騰冷却システムを上部に配置し、下部にコンプレッサ駆動冷却システムを配置することで、効率よく高温排熱を吸い込み、外気と熱交換する沸騰冷却システムが最大限に冷却性能を発揮することを可能とした。この構造によって、コンプレッサ駆動冷却システムは、沸騰冷却システムだけでは能力が不足するときのみ稼働することになるため、コンプレッサの稼働率を大幅に低減でき、コンプレッサで消費される電力の削減と年間作動時間短縮が可能となり、冷却装置として省エネと長寿命を可能としている。

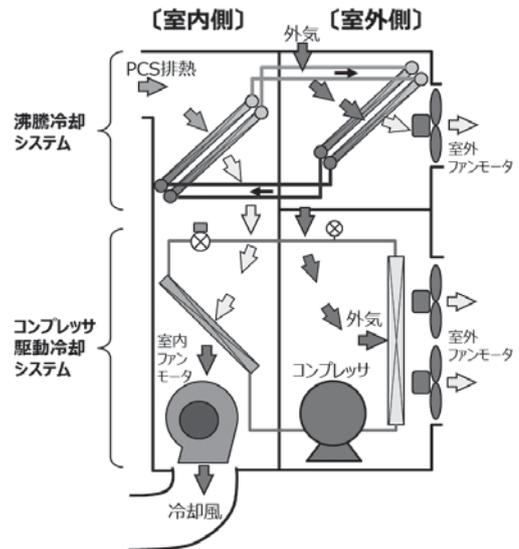


図1 開発品の機器構成

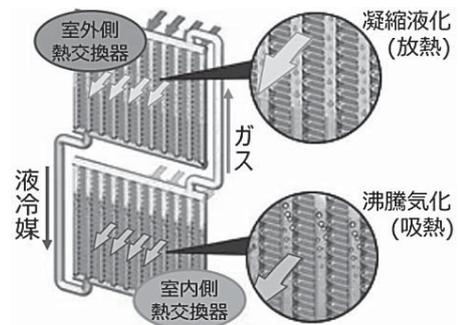


図2 沸騰冷却システムの原理

* (株)デンソー
Denso Corp.
** (株)デンソーエアクール
Denso Aircool Corp.
原稿受理 2018年2月27日

2.2 技術上の特徴

今回採用した沸騰冷却システムは、図1、図2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している。

ここで沸騰冷却システムの冷却原理を説明する。

- ① 室内側熱交換器に排熱の高温空気が供給されると、内部で液冷媒が吸熱し、冷媒が沸騰して気化する。
- ② 気化後の低密度冷媒は室内側熱交換器上部へ上昇し、上部の接続配管を通じて室外側熱交換器に移動後、低温の外気へ放熱し、凝縮液化する。
- ③ 密度が大きい液冷媒は、重力により室外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。さらに小型高性能化するため、カーエアコン用熱交換器で世界トップクラス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。これらにより開発品では、限られた大きさに2つの冷却システムを内蔵することが可能となった。

開発品では冷却システムを2つ持つハイブリッド方式を採用することによって、沸騰冷却システム通過後の温度を検知して、冷却が不足する分だけコンプレッサ駆動冷却システムで冷却するように制御することで、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、コンプレッサの稼働時間と負荷とを大幅に低減させることができる。

3. 実用上の効果

一例として、関東地方にて行った実証実験の結果から、東京の気象条件を用いて1MW太陽光発電所の局舎に開発品を適用した場合の消費電力量を試算し、従来型のPACで冷却した場合と比較した(図3)。

開発品は沸騰冷却システムで一次冷却することで、年間消費電力量を従来PAC比で約80%低減できる結果となった。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り、これはコンプレッサ駆動時間の低減を意味する。本条件では20年間のコンプレッサ稼働時

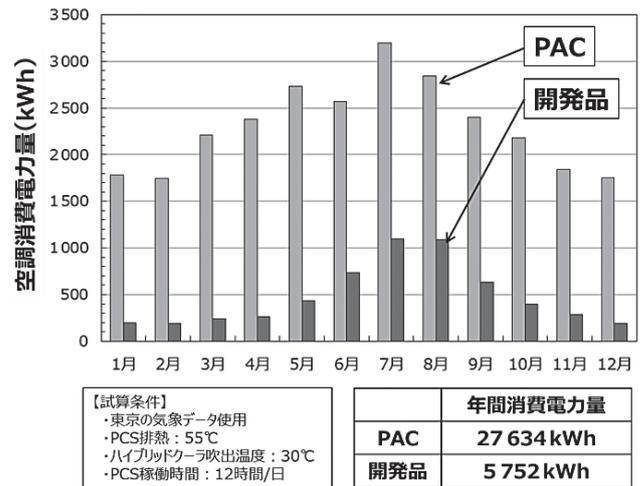


図3 消費電力量試算の比較

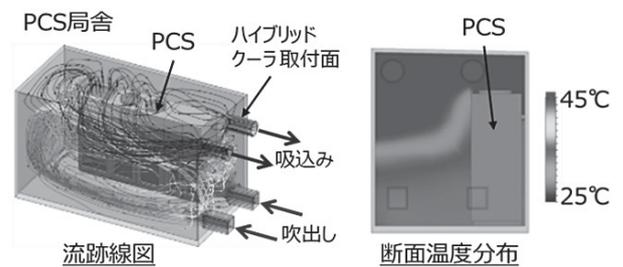


図4 開発品による冷却流れ解析結果

間は2万時間以下となり、本開発の目標であった長寿命化を達成できる目処が得られた。

図4に本開発品を使用した場合の局舎内の気流解析結果を示す。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排熱と冷却風との分離ができ、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、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。

実際の局舎においては、導風板などの設置によって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となる。

4. おわりに

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ため、系統電力接続のためのPCS需要も増加すると予想される。そのほか、高温排熱を生ずるパワーデバイスや電子機器などの冷却においても、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対しても、今回開発した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。