

日本冷凍空調学会賞 技術賞

情報通信装置向けハイブリッド空調装置

Hybrid Air-Conditioning System for Data Centers

1. はじめに

私たちは、日常生活の様々な場面で、情報通信技術であるICTを活用したサービスを利用している。これらサービスを利用する際は、情報を処理・保管・通信するサーバやストレージ、ルータと

いった多数のICT装置を使用している。そのICT装置を集中管理するのが、データセンタ（図1）であり、今や私たちの社会生活に欠かせない存在となっている。

データセンタの消費エネルギーは、社会インフラとしての重要性の高まりとともに増加しており、省エネルギー化が強く求められている。ICT装置は、運用時に常時大量の発熱を伴うため、ICT装置の冷却を行う空調装置は、24時間365日連続して、冷房を行う。空調装置の消費エネルギーは、データセンタ全体の30～50%を占めており、空調装置を省エネルギー化する意義は大きい。

従来のデータセンタの空調装置は、年間を通じて圧縮機を用いた圧縮サイクルにより冷房を行っていた。しかし圧縮サイクルでは、蒸発圧力より凝縮圧力を高くする必要があり、外気温度が室内温度よりも低い時でも、外気温度が高い時と同じ程度の凝縮圧力で圧縮機を運転させるため、消費電力が低減しないという問題があった。

一方、我々が開発した空調装置は、圧縮サイクルの改善に加え、低温の外気を有効利用するフリークーリングサイクルを併用しており、空調装置の大幅な消費エネ



宇田川陽介*
Yosuke UDAGAWA



関口圭輔*
Keisuke SEKIGUCHI



木幡悠士*
Yuji KOHATA



柳 正秀*
Masahide YANAGI



内藤靖浩**
Yasuhiro NAITO

ギーの削減が可能である。

データセンタの空調装置は、年間を通じて冷房運転を行うため、年間の消費エネルギー削減に向けては、中間期から冬の低温の外気利用が、非常に有効である。そこで我々は、冬期などの外気温度が低い時期に圧縮機を用いず冷房が可能な、フリークーリングサイクルの実用化に取り組んだ。フリークーリングサイクルとは、外気温度が低い時に、圧縮機よりも消費電力が小さい冷媒ポンプにより冷媒を循環させる熱搬送技術である。フリークーリングサイクルにより冷房を行うことで、外気温度が低い時に凝縮温度を高く維持する必要がなくなり、圧縮サイクルに比べ大幅に消費電力を低減できる。

これまで、フリークーリングサイクルの実用化には、冷媒ポンプに沸点に近い温度の冷媒を吸入させることによる、冷媒ポンプ内部でのキャビテーションの発生が障害であった。本開発では、キャビテーションの発生を抑制する熱搬送技術の開発と、キャビテーションを回避する制御手法を確立し、フリークーリングサイクルの実用化に至った。

2. ハイブリッド空調装置

本空調装置（図2）は、外気温度が高い時期は圧縮サイクル、外気温度が低い時期はフリークーリングサイクルと、サイクルを自動で切り替えながら冷房を行う特長を有する（図3）。

外気温度が低い時期に冷媒ポンプによるフリークーリングサイクルで運転することで、総合運転効率は大きく

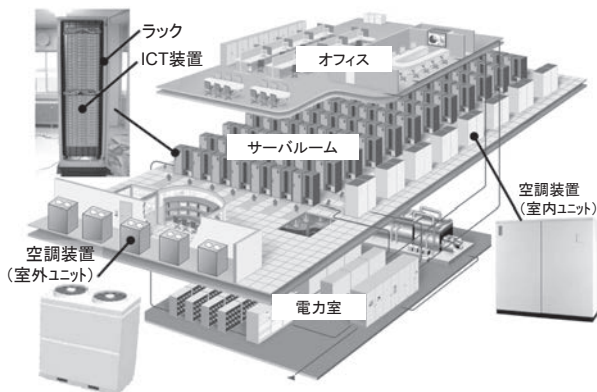


図1 データセンタの構成例

* (株)NTTファシリティーズ
NTT FACILITIES, INC.

** 日立アプライアンス(株)
Hitachi Appliances, Inc.

原稿受理 2015年2月17日

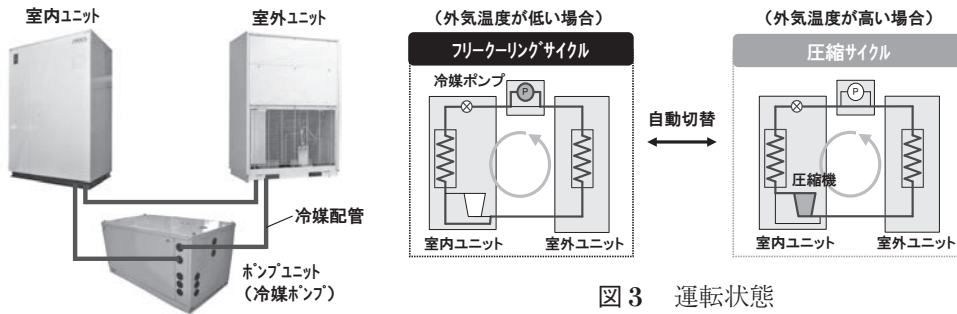


図2 外観

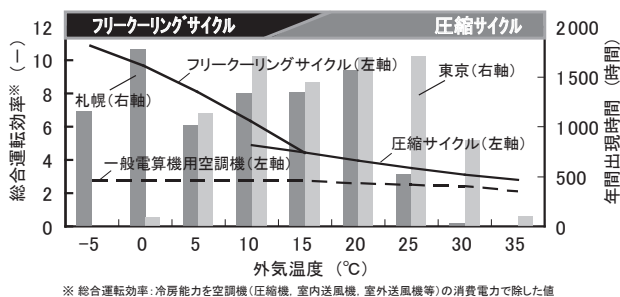


図4 外気温度と総合運転効率

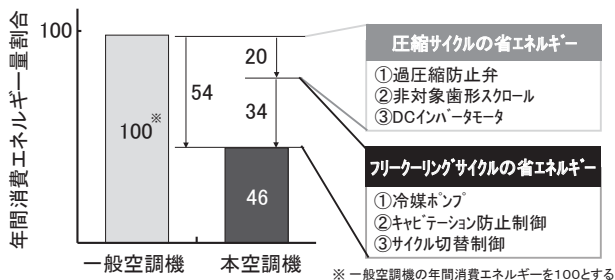


図5 省エネルギー効果 (札幌)

向上する (図4)。年間での消費エネルギーでは、気象データを用いた試算の結果、一般の情報通信用空調機に対し、札幌で約54%、東京で約42%の低減が見込める。各サイクルの省エネルギー効果について、札幌の気象データでの試算結果を図5に示す。

また、データセンタでは、省エネルギー性能に加え、高い信頼性も要求される。本空調装置は、冷媒ポンプ故障時においても圧縮サイクルに自動で切り替えること、空調装置の運転を継続できる機能を有していることに加え、震度6強の地震でも運転を継続できる筐体設計、ICT装置へ影響を与えない低電磁ノイズ性能も実現し、高い信頼性と省エネルギー性能を両立している。

3. 開発した技術の特徴

本空調装置の実用化にあたり、開発した技術について述べる。

フリークーリングサイクルの実用化に向けては、課題

であるキャビテーションの発生を抑制するため、①キャビテーション耐性に優れた冷媒ポンプの開発、②キャビテーション防止制御の確立、③圧縮サイクルとの切替え制御の確立を行った。

冷媒ポンプの開発では、複数の形式の冷媒ポンプ (渦巻き式、渦流式、ギヤ式) について、キャビテーションの発生特性、効率、運転中の不純物の発生リスクを実機検証により評価した。その結果、フリークーリングサイクルに適している形状は、渦流式であるとの結論を得た。

キャビテーション防止制御については、シミュレーションおよび実機による検証により、冷媒ポンプの吸入側に位置する室外送風機の回転数および冷媒ポンプの回転数を、外気温度と冷媒性状により動的制御することで、冷媒ポンプ吸入部で確実に冷媒が過冷却液となる制御方法を策定した。

サイクルの切り替え制御については、情報通信装置の冷却に支障を与えず、省エネルギーな運用を実現する切替えロジックを考案し、実機による検証と実フィールド試験での試験により、円滑なサイクル切替え制御方法を確立した。

また、圧縮サイクルの改善については、①過圧縮防止弁、②非対称歯形スクロール、③DCインバータモータを採用した。

過圧縮防止弁を採用することで、圧縮機の中～低圧縮比域で発生する過圧縮を防止することにより、適正な圧縮比での圧縮機運転を可能にした。

非対称歯形スクロールとは、従来対称であったスクロール歯型を非対称にしたものであり、圧縮機の吸入部および吐出部での圧縮損失を抑制した。

さらに、圧縮機モータにDCインバータモータを採用することで、回転子の発熱損失 (鉄損) 低減および回転子のスリップ損失をなくし、モータ損失を抑制した。

以上の技術開発を行うことで、一般の情報通信用空調装置に対し、年間消費電力量の半減を実現した。

4. おわりに

本空調装置は、2010年の先行販売開始後、北海道から九州まで日本全国のデータセンタに導入されている。また、本空調装置は、データセンタ以外にも、放送、金融・証券、教育・研究施設などへの適用も可能である。本空調装置が広く普及することで、情報通信分野を始めとするICTインフラの消費エネルギー削減およびCO₂排出量削減に大きく貢献できると考えている。