

脱炭素を目指したイノベーション施設

第3報 3管式ダイナミックレンジ冷熱源システム

山川 莉加*¹
福井 雅英*¹
赤司 泰義*²

坂本 裕*¹
矢島 和樹*¹

はじめに

本プロジェクトの目標である脱炭素を達成するため、**図-1**に示す既存の冷熱源システム（以下、改修前システム）を改修し、高効率な冷熱源システムとして**図-2**に示す「3管式ダイナミックレンジ冷熱源システム」（以下、開発システム）を考案し導入した。本報では、開発システムの概要と省エネルギー性能の試算結果を報告する。

図-3に示す従来の単一熱源のシステム（以下、標準システム①）では、7℃程度の低温冷水のみを製造する。一方、潜熱・顕熱分離空調方式の熱源システムでは、**図-4**に示す主に潜熱処理用の低温冷水と顕熱処理用の高温冷水を別系統とし、それぞれ専用の熱源を設ける方式（以下、標準システム②）が主流である。標準システム②では、冷水の一部を高温化することで主に高負荷時に標準システム①に比べて効率向上が見込まれる。一方で、低負荷時においても低温冷水・高温冷水の両方の需要があれば2つのシステムを運転させることになる。片方または両方の熱源を効率が低下する低負荷率の条件で運転せざるを得ず、標準システム①よりも総合効率が劣る場面がある。このような課題を解決し、年間を通して高効率を維持する独自のシステムを開発した。

1. 開発システムの構成と特長

開発した熱源システムは、低温冷水製造用の熱源、高温冷水製造用の熱源、潜熱処理用の空調機等、顕熱処理用の放射パネル等を直列に配した。低温冷水系統と高温冷水系統で一部の配管を共有する3管式とした。この共有配管（以下、往還バランス管）では冷水が往来し、低温冷水と高温冷水の水量の不均等を解消する。往還バランス管は高温冷水往管としても低温冷水還管としても機能するため、標準システム②と同様に冷水高温化による

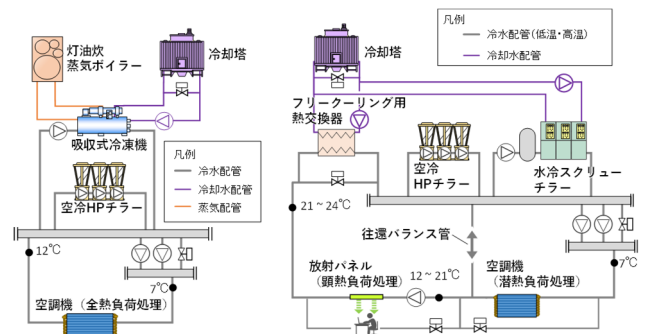


図-1 改修前システム

図-2 開発システム

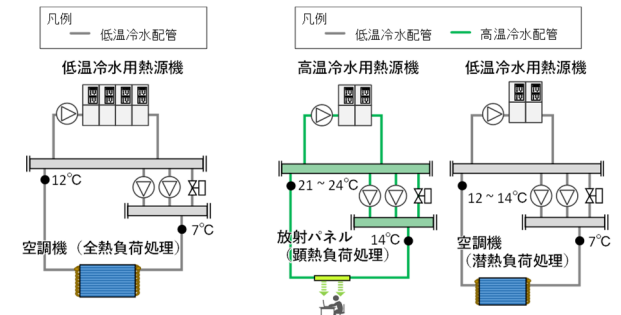


図-3 標準システム①

図-4 標準システム②

効率向上の効果を得ることができる。一方で、低温・高温冷水系統で熱源を共用できるため、低負荷時に単一の熱源を選択し負荷を集約させることで、標準システム②の課題であった低負荷時の効率低下を回避できる。

さらに、開発した3管式の配管システムは熱源側と負荷側で異なる温度帯で運用できる特長を持つ。標準システム②と開発システムにおいて、比較のためにすべての熱源機を同一性能の水冷式インバータチャラーとした場合の試算結果を**図-5**に示す。高温側の熱源の出口温度（以下、中間温度）を操作することで、間接的に熱源の製造熱量比率を変え、双方の熱源の効率向上を可能とする。例えば、**図-5**のように、部分負荷時に熱源中間温度を

*¹ 新菱冷熱工業株式会社
*² 東京大学大学院工学系研究科 教授・博士（工学）

15℃から18℃に変更すると、高温側の熱源は出口温度の上昇により、低温側の熱源は負荷率の向上により、それぞれの効率が向上する。

また、開発システムでは高温側は空冷式の熱源、低温側は水冷式の熱源とし、冷却方式が異なる熱源を採用している。外気乾球温度を25℃一定として外気湿球温度と中間温度を変化させたときのシステム総合COPの試算結果を図-6に示す。空冷式熱源の効率は外気乾球温度の、水冷式熱源のシステム効率は外気湿球温度の影響を受けるため、外気湿球温度が高いほど最適な中間温度は低く、空冷式熱源の割合が高くなる。外気条件に応じた中間温度を最適化することで、システム全体の効率を向上させることができる。さらに、開発システムでは、外気が冷涼な時期に負荷側的高温冷水の温度帯を可能な限り高く維持することで、通常よりも幅広い期間でフリークーリングの活用が可能になる。

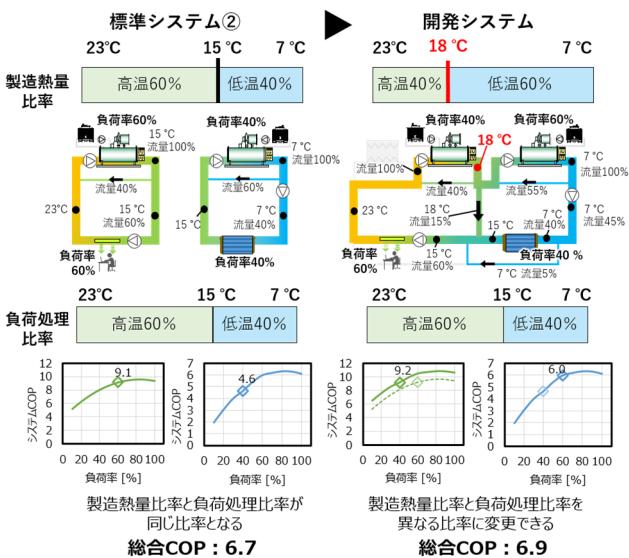


図-5 熱源中間温度の最適化

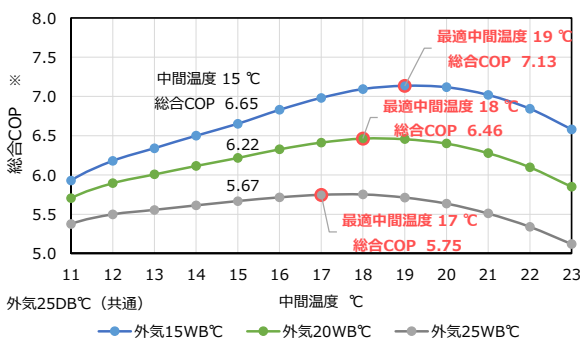


図-6 外気湿球温度別の中間温度とシステムの総合COP

2. エネルギーシミュレーションによる事前検証

開発システムの省エネルギー性能を評価するため、独自の計算式や LCEM ツールで使用されている計算式を組み合わせ、シミュレーションツールを作成した。外気・負荷条件を図-7に示す。中間期や冬の低温冷水負荷は既設棟の実験用途の冷水需要を含むものとした。図-1から図-4に示した4つのシステムについて、年間一次エネルギー消費量の試算結果を図-8に示す。ここでは、標準システム①②の熱源機は空冷HPチラーとした。開発システムは、改修前システムと比較して年間54.3%、標準システム①と比較して年間26.2%、標準システム②と比較して年間22.2%の省エネルギー効果が見込まれる。

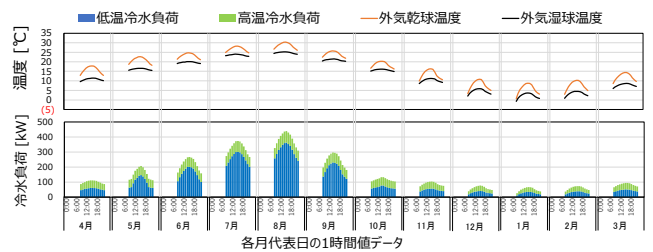


図-7 想定した外気・負荷条件

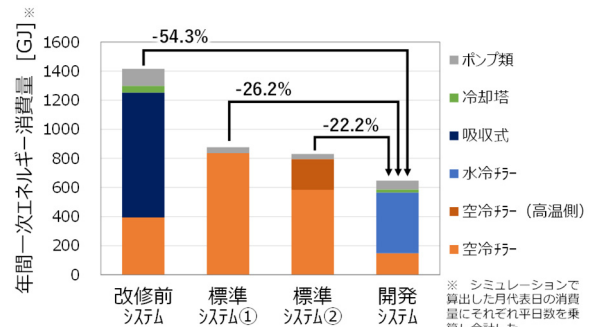


図-8 年間の一次エネルギー消費量の比較

3. 開発システムの制御方法

2章で述べた熱源中間温度の設定値の決定には、収束計算で求めた配管各部の温度・流量を踏まえ、最高効率になる設定値(最適値)を探索する演算が必要となる。このような複雑な演算を汎用の自動制御コントローラ内部のプログラム化することは困難である。

そこで、開発システムの制御においては、汎用の表計算ソフトを用いてエネルギーシミュレーションの機能を含む最適計算プログラムを作成し、中央監視装置と最適計算プログラムを連携させたシステム(図-9)を構築した。中央監視装置から計算に必要な情報を取得し、最適計算プログラムで運転機器の選択や熱源中間温度等の最適解を探索し、最適解を中央監視の運転指令や制御設定値に反映する。

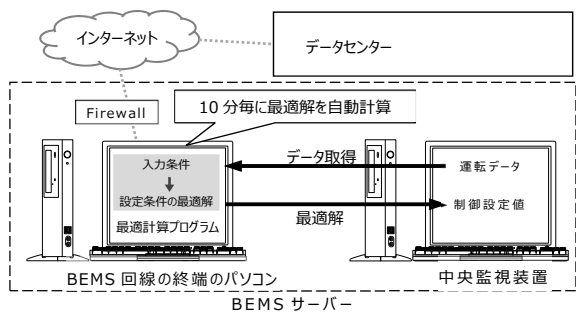


図-9 中央監視装置と最適計算プログラムの連携

おわりに

本報では、開発システムの構成や特長、省エネルギー効果の試算結果について報告した。開発システムは、改修前の熱源システムや従来の一般的な熱源システムと比較して、大きな省エネルギー効果が見込まれる。