

正会員 ○尹 奎英\*  
同 丸山 健太\*  
同 渡辺 剛\*\*

水蓄熱 既存空調システム 部分負荷率向上  
満蓄判定 放熱終了判定

## はじめに

本研究は、既存中小規模建物の中央熱源空調システムを対象にシステムの運転効率向上策を講じてエネルギー消費量の削減を図ることを目的としている。そこで、運転効率向上策として小型の水蓄熱槽を既存システムに追設し、従来の蓄放熱周期に比べて短い周期で運用する方法を考案した<sup>1)</sup>。

筆者らはこれまで、小型の水蓄熱槽の蓄放熱特性に関する実測実験、蓄放熱特性の数値モデル化及びシステムシミュレーションにより、上記の考案手法における具体的な設置・導入要領や同手法の有効性を検討してきた。これまでの検討を通して、同手法は日平均負荷率が小さいシーズンにおいてより高い導入効果を発揮できることが分かった<sup>2)</sup>。すなわち、東京のような温暖な地域では冷房シーズンより暖房シーズンにおいて高い効果を期待できる。これを受けて、暖房シーズン利用を前提に研究を進めてきた。また、小型水蓄熱槽は1m角の水タンクを用いるとし、蓄熱槽の蓄放熱性を実測実験より確認して流入水量の上限値を決定した<sup>3)</sup>。この上限値は小型蓄熱槽の設置個数を算定する重要な設計パラメーターとなる。さらに、東京所在のモデルビルを想定して、同手法の導入効果をシステムシミュレーションより試算した。その結果、暖房シーズンの空調熱源システムのエネルギー消費量を4割以上低減できることが確認でき、同手法の有効性を明らかにした<sup>4)</sup>。

本報では、同手法を導入したあとの運用時を想定して導入による省エネルギー効果を最大限引き出す運用方法を検討する。

## 1. 検討概要

同手法の運用時を想定した運用において、満蓄判定・放熱完了判定温度設定に着目する。これまでの検討では、満蓄判定と放熱終了判定温度それぞれ 49℃、46℃としており、温水利用温度の±1Kとした。これに対して、両判定温度の設定値を 0.5K 刻みで変化させて表1に示すケース2から4までのケースを設定しシステムのエネルギー消費量を比較する。

## 2. モデル建物とシミュレーション概要

東京所在の延床面積 5,000 m<sup>2</sup>、地上 10 階建て・RC 造の事務所ビルを想定する。空調熱源システムは空冷ヒートポンプチラーからなる中央熱源システムであり、冷温水二次ポンプを有する複式ポンプ方式とする。空冷ヒートポンプチラーの部分負荷特性は、定格運転時に COP は最大となり、負荷率低下に伴い COP も低下する特性を有する機器とした。また、冷温水一次ポンプは定流量、冷温水二次ポンプは変流量方式とした。詳細は既報を参照されたい<sup>4)</sup>。

図1にモデル建物のシステムダイアグラムを示す。シミュレーションは TRNSYS Ver.18 を用いて行った。また、想定建物をモデル化した室モデルを含む空調システム全体を対象とし、室温を計算しながら空調搬送機器や熱源機器のエネルギー消費量を算出した。

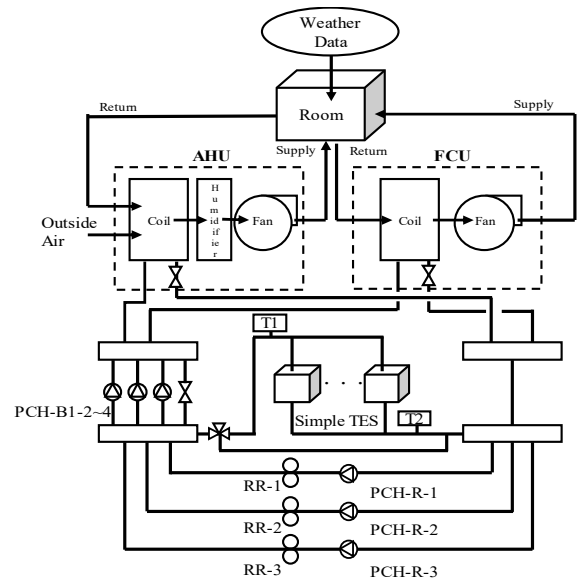


図1 モデル建物のシステムダイアグラム

表1 満蓄判定・放熱終了判定温度の設定値

検討ケース	満蓄判定 (℃)	放熱終了判定 (℃)
ケース 1	49.0	46.0
ケース 2	49.5	46.0
ケース 3	49.0	45.5
ケース 4	48.5	45.5

### 3. シミュレーション結果

図2にケース1と2における熱源機部分負荷率とCOPの時刻別変化を示す。18時から20時までの時間帯を比較すると、ケース1は負荷率50%で蓄熱運転を完了させたのに対して、ケース2では負荷率45%まで低下している。これはケース2の蓄熱完了判定温度がケース1に比べて0.5°C高く、より長く蓄熱を行ったからである。同時帯のCOPをみると、ケース1の蓄熱完了時のCOPは2.5であったのに対して、ケース2では2.3と低下していることがわかる。すなわち、蓄熱完了判定温度を引き上げたケース2では負荷率が低下し、運転効率の低下を招いたことがわかった。

図3にケース1と3における熱源機部分負荷率とCOPの時刻別変化を示す。15時から16時までの時間帯を比較すると、ケース1では、蓄熱開始直後の負荷率は100%からすぐに低下しているが、ケース3では100%を20分程度維持している。これは、ケース3が放熱時により長く放熱を行い、放熱完了時の槽内温度を低くすることができたためである。ここでCOPをみると、ケース1とケース3ではほとんど差がないが、僅かにケース3のほうが上回っている。これは熱源機の性能特性上、負荷率の比較的高い領域においては負荷率の上昇に対するCOPの上昇幅が小さいためである。よって、放熱完了判定温度を引き下げたケース3では、負荷率が向上してわずかながら運転効率が向上されることがわかった。

以上の結果より、蓄熱完了判定温度は引き上げによる蓄放熱利用温度幅の拡大はシステムの省エネルギーに寄与しないことがわかった。また、放熱完了判定温度は引き下げによる蓄放熱利用温度幅の拡大は省エネルギー効果をもたらすことが確認できた。

図4に各ケースにおける熱源システムの月積算エネルギー消費量を示す。基準となるケース1の積算エネルギー消費量は5,103kWhとなり、ケース2, 3はそれぞれ5,338kWh, 5,065kWhとなった。蓄放熱利用温度幅を拡大させても満蓄判定温度を上昇させたケース2では省エネルギー効果が現れない。また、放熱終了判定温度を引き下げたケース3では、ケース1に比べて約0.7%の省エネルギー効果が認められた。

ケース4は、満蓄判定温度と放熱終了判定温度をともに引き下げたケースであり、月積算エネルギー消費量はケース1に比べて3.2%小さくなり、最も少ない結果となった。また、ケース4の省エネルギー効果量は、一か月当たりおおよそ半日分に相当する。

各ケースのSCOPはそれぞれ0.84、0.78、0.85、0.88となり、ケース1に比べてケース4のSCOPは4.7%向上した。

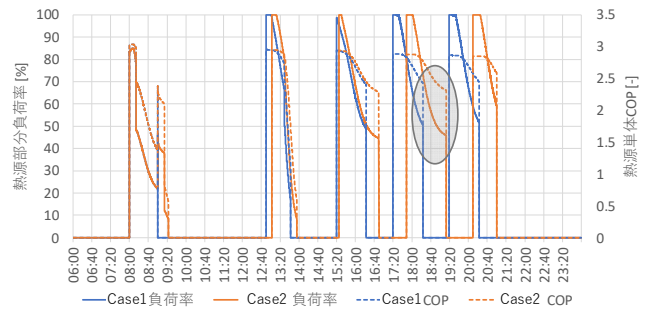


図2 ケース1とケース2との比較

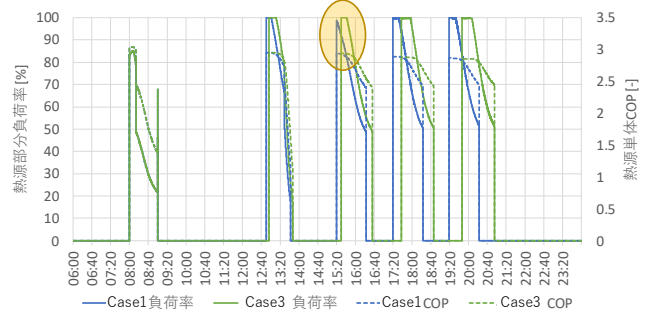


図3 ケース1とケース3との比較

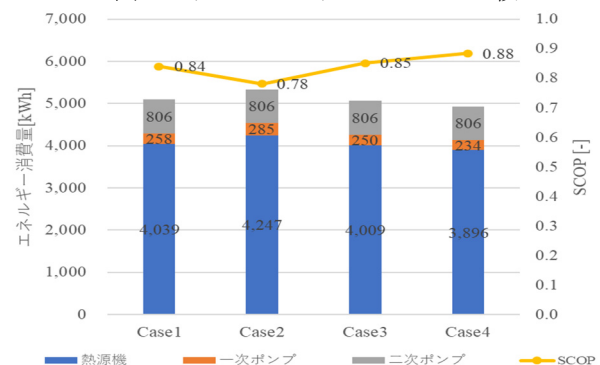


図4 各ケースのエネルギー消費量 (12月積算値)

### まとめ

小型の水蓄熱槽を既存システムに追設し、システムの省エネルギーをはかる手法に対して、満蓄判定・放熱完了判定温度設定による省エネルギー効果への影響を検討した。満蓄判定温度引き上げによる省エネルギー効果は期待できず、放熱終了判定温度の引き下げのみ省エネルギー効果を期待できることがわかった。

### 参考・引用文献

- 1) 特許第 6118065：水冷式空調システム及びその運転制御方法、尹奎英、渡邊剛
- 2) 石川ら：簡易蓄熱槽による既存空調システムの運転効率改善手法に関する研究 (第2報) 適切な導入期間と簡便な蓄熱槽容量ごとのエネルギー消費量算出手法の検討、空気調和・衛生工学会大会学術研究発表会論文集、2015.9
- 3) 尹ら：簡易蓄熱槽を用いる既存空調システムの効率向上に関する研究 (第3報) 簡易蓄熱槽の設計と非定常解析モデルによる評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、2016.8
- 4) 丸山ら：簡易蓄熱槽による既存空調システムの運転効率改善手法に関する研究 (第8報) システムの有効性検証と設計・運用方法の整理、空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会、2019.3

\*名古屋市立大学芸術工学研究科

\*\*NTT ファシリティーズ中央 ソリューション本部

\*Graduate School of Design and Architecture, Nagoya City Univ.

\*\*Solution Headquarter, NTT Facilities Inc.