

東京大学における空調用エネルギーの消費実態と省エネ化に向けた提案

その5 機器の運用実態を考慮した改善提案

正会員 ○矢島和樹\* 正会員 河野匡志\*\*  
 正会員 一ノ瀬雅之\*\*\* 正会員 坂本雄三\*\*\*\*  
 正会員 柳原隆司\*\*\*\*\*

東京大学 キャンパス 実測  
 運用実態 シミュレーション 運用改善

1.はじめに

東京大学では TSCP(東大サステイナブルキャンパスプロジェクト)<sup>1)</sup>を全学的に立ち上げ、低炭素キャンパスづくりを優先課題とした取り組みを進めている。この TSCP における具体的な対策の一つに、大型熱源機器の更新が挙げられ、建物毎に CO<sub>2</sub> 排出総量や設備機器の経過年数を把握し、優先順位の高い建物から計測調査や運用改善、熱源更新といった各種対策を行っている。本報では、これら建物の中でも優先順位が高く、大型熱源機器を保有する理工学系の建物を対象として夏期における短期計測調査及び運用改善等の効果推計を行った<sup>2)</sup>。

2.実測概要

対象とした建物は、本郷キャンパス内にある理工学系の建物(構造:RC 造、規模:地上 11 階・地下 1 階、延床面積:14960 m<sup>2</sup>、竣工年:1995 年)で、空調設備は、竣工当初の機器を継続利用しており、年間 CO<sub>2</sub> 排出量は 2009 年度実績で 1,226(ton-CO<sub>2</sub>/年)と多くなっている。図 1 に空調システム図と機器仕様を示す。また計測は、夏期を代表する期間として 2010 年 7 月 29 日~8 月 29 日に行った。

3.実測結果と考察

図 2 に計測期間中の製造熱量を降順に並び替えたグラフを示す。まず熱源機器 1 台で賄える製造熱量であっても、ほぼ全ての時間で熱源機が 2 台とも稼働していることがわかる。またグラフ縦軸の最大値は、熱源機 1 台の定格能力は 4,048(MJ/h)を示すが、記録的猛暑であった 2010 年 8 月を含めても 2 台の稼働で製造した最大熱量は 3,209(MJ/h)となっており、1 台の定格能力を超えることはなかった。これは設計時の機器容量が過大と考えられる。

図 3 に熱源機器の負荷率と COP の時刻推移、図 4 の右に 2 台の熱源機それぞれの負荷率と単体 COP のグラフを示す。図 3 から各熱源機は負荷の大きい平日の昼間だけでなく、夜間や休日にも同様に発停を繰り返している。このような頻繁な発停や低負荷率での運転は、竣工当時から改善されずに継続されていると考えられ、機器効率や寿命の低下も懸念される。図 4 の左に負荷率とガス消費率の相関を示す。メーカー提示性能に比べて対象建物の熱源機ではガス消費率が大きく、性能劣化と考えられる。

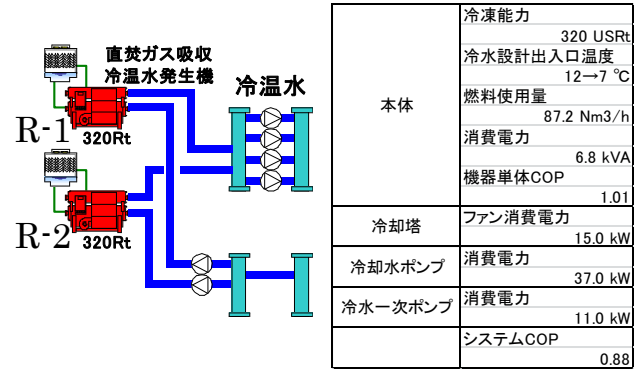


図 1 空調システム系統図と機器仕様

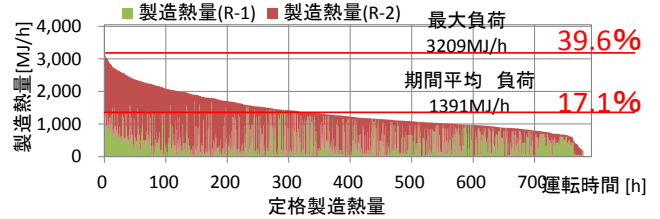


図 2 製造熱量 降順ソート

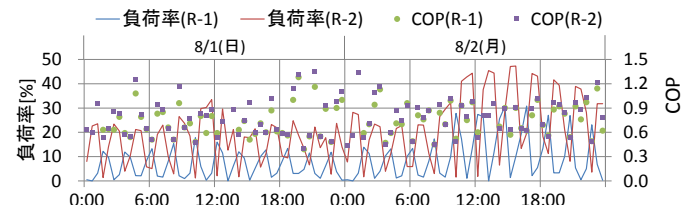


図 3 負荷率と単体 COP の時刻推移

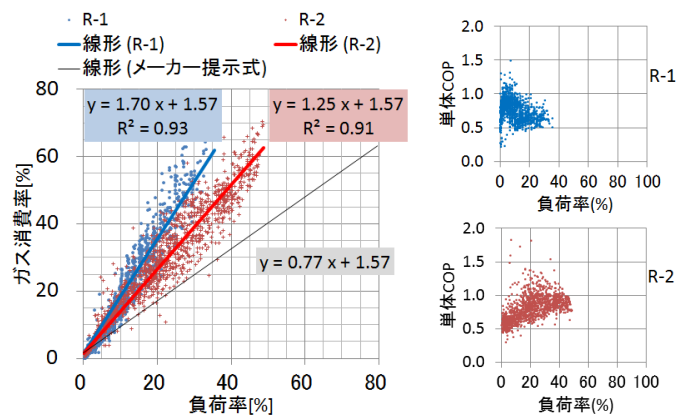


図 4 熱源機の機器特性

Investigation of Energy Consumption and Proposal for Energy Savings in the University of Tokyo Part 5 Proposal for improvement that consider the operative actual situation of the heat source equipment

Kazuki Yajima, Masashi Kawano, Masayuki Ichinose, Yuzo Sakamoto, and Ryuji Yanagihara

また特に熱源機器 R-1 の負荷率が低く、熱源機間にも稼働状況の違いがみられた。これらの稼働実態を踏まえ、改善事項の検討を行った結果、まず運用改善事項については、熱源システムの冷水設定温度の確認、冷却水下限温度の引き下げを行うことでシステム全体の冷却効率を上げる。また、熱源機の台数制御の設定項目(負荷率を引き上げなど)を見直し、補機を含めた無駄な消費電力を削減する。さらに設備更新も視野に入れる場合は、二次ポンプにインバータを導入して流量制御を行う。また、設備更新の時期を迎えている熱源機については、適正な容量に見直し更新するといった事項が挙げられる。

#### 4.運用改善・熱源改修による削減予測

3.の改善提案によって具体的にどの程度削減効果が得られるのか、空調システムシミュレーションツール(LCEM)を用い、実測した熱負荷データを基に対象建物の空調システムのエネルギー消費量のシミュレーションを行った。シミュレーションにおける熱源システムの概要を図5、検討ケースについて表1にそれぞれ示す。LCEM内で熱源一次側設備は、設計資料を基に再現し、二次側設備は2台のFCUが設置された部屋が12部屋×10階と簡易的なモデルとし、5つのケースについて検討を行った。

試算結果を図6及び表2にそれぞれ示す。現状を再現したケースと実測データとの誤差は約2.7%と小さく、対象建物の熱源システムをほぼ再現していると考えられる。そこでこの現状再現ケースを基準として効果の比較を行った。改修費用をかけず対策可能な運用改善ケースでは、ガス消費量に大きな差はないものの電力消費が削減され、一次エネルギー消費量を約10%削減、インバータ化のケースでは約20%削減、熱源改修のケースでは、吸収冷凍機を高効率機へ更新することでガス消費量が大きく削減され約46%削減、空気熱源ヒートポンプへ更新する場合は、基準ケースの電力とほぼ同じ一次エネルギー消費量となり約67%削減と大きな効果が期待できる結果を得た。

#### 4.まとめ

本報では、竣工から15年以上にわたる運用実態を把握できたことで、TSCPの掲げる低炭素キャンパスの実現に向け、設計時の過大容量や運用開始後の運転管理など検討すべき課題を示すことができた。また、シミュレーションツールを用いて運用改善から熱源機器の更新まで4つのケースを想定し削減効果試算を行った。今後、費用対効果を考慮しつつ改善を行う必要があると考えられる。

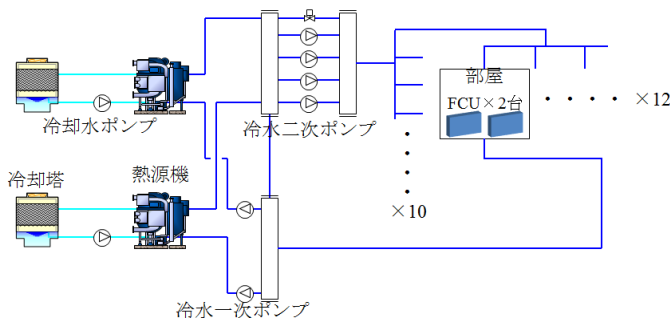


図5 シミュレーション 熱源システム概要

表1 検討ケース

<b>1.現状再現</b>	現時点での工学部14号館を再現 ・冷却水下限設定温度27℃ ・冷水行き設定温度10℃ ・2台目運転開始時の負荷率45%
<b>2.運用改善</b>	熱源機や補機類は変更せず、設定温度や制御の変更 ・冷却水下限設定温度20℃ ・冷水行き設定温度7℃ ・2台目運転開始時の負荷率の制限なし
<b>3.ポンプインバータ</b>	2.の運用改善に加え、冷却水ポンプ・冷水一次ポンプ・冷水二次ポンプそれぞれにインバータを取り付け
<b>4.吸収冷凍機高効率化</b>	2.と3.に加え、熱源機を現在の直焚吸収冷水機320USRt×2台から直焚吸収冷水機(高効率機)210USRt×2台に変更し、補機類を熱源機に合わせて適正化
<b>5.空気熱源ヒートポンプ</b>	2.と3.に加え、熱源機を現在の直焚吸収冷水機320USRt×2台から空気熱源HPユニット(高効率)150USRt×3台に変更し、補機類を熱源機に合わせて適正化

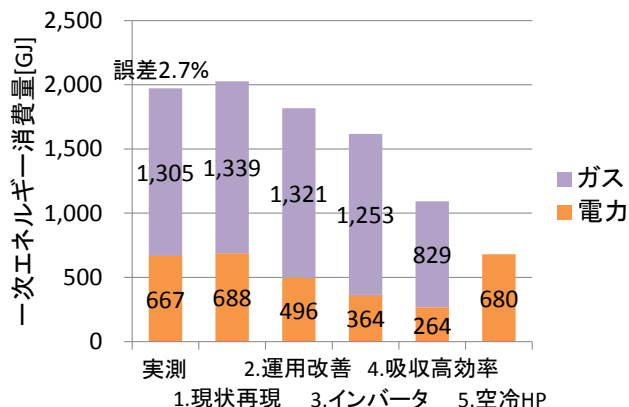


図6 一次エネルギー消費量予測 (7/29~8/29)

表2 削減効果比較 (7/29~8/29)

	1.現状再現	2.運用改善	3.インバータ	4.吸収高効率	5.空気熱源HP
一次エネルギー削減比	基準(0%)	-10.4%	-20.2%	-46.1%	-66.5%
一次エネルギー削減量	基準(2030GJ)	210GJ	410GJ	935GJ	1347GJ
CO2排出量削減量	基準(94.7ton)	8.2ton	16.6ton	42.2ton	69.0ton
コスト削減量	基準(344万円)	33万円	65万円	156万円	239万円

一次エネルギー換算 電力 9.76[MJ/kWh] ガス 45[MJ/m<sup>3</sup>]  
CO<sub>2</sub>換算 電力 0.368[kg-CO<sub>2</sub>/kWh] ガス 2.309[kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>]  
コスト換算 電力 15[円/kWh] ガス 80[円/m<sup>3</sup>]

#### 参考文献

- 1) TSCP 室ホームページ: <http://www.tscp.u-tokyo.ac.jp/>
- 2) 檜木小絵: 大学施設における設備機器の運用実態と改善に関する研究 —工学部14号館における実態調査とシミュレーション—

\*東京大学大学院工学系研究科 大学院生  
\*\*東京大学 TSCP 室 特任専門職員・修士(工学)  
\*\*\*首都大学東京 助教・博士(工学) 当時東京大学在籍  
\*\*\*\*東京大学大学院工学系研究科 教授・博士(工学)  
\*\*\*\*\*東京大学大学院工学系研究科 特任教授・博士(工学)

\*Graduate Student, Grad. Sch. of Eng., The Univ. of Tokyo  
\*\*Project Specialist, TSCP, The Univ. of Tokyo, M. Eng.  
\*\*\*Assistant Prof, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.  
\*\*\*\*Prof., Grad. Sch. of Eng., The Univ. of Tokyo, Dr.Eng.  
\*\*\*\*\*Project Prof., Grad. Sch. of Eng., The Univ. of Tokyo, Dr.Eng.