

実負荷調査を用いた空調シミュレーションによる各種熱源方式の効果検証

建築都市デザイン学科 2280080027-0 小林 隼士
(指導教員 小林知広)

1. はじめに

立命館大学 BKC(びわこ・くさつ・キャンパス)では、サステイナブルキャンパス化に向けた取り組みが行われている。特に空調用熱源設備においては、二次側の実負荷や運用状況の把握が急務である。本研究では、実負荷の調査と、実負荷を基にした各種熱源方式への更新効果を、空調シミュレーションツールを用いて検証した。なお、対象とする熱源方式は 10 棟に冷温水を供給するガス吸収式冷温水発生機(3 台並列配置)である。

2. 実測概要

2.1 対象熱源機の概要

対象熱源機は、竣工時から 17 年が経過しており、様々な用途が混在する建物 10 棟(表 1)に冷温水を供給(2 管式)している。図 1 に熱源方式系統図と機器仕様を示す。

2.2 実測概要

前項で示した熱源設備及び建物 10 棟について、年間計測を行った。計測データは「熱源機の出入口温度」と「二次側建物の出入口温度と出口流量」。1 時間の単位で計測した。計測期間は 2010.4/1~2011.3/31。{冷房期間(4/21~11/24)・暖房期間(4/1~4/20、11/25~3/31)}

3. 実測結果と考察

図 2 に計測期間中の二次側建物負荷熱量(1 時間毎)を冷房時・暖房時それぞれについて、降順に並べ替えたグラフを示す。いずれも熱源方式全体の定格容量と比較すると、ピーク時刻において全設備容量の 50%程であった。図 3 に GAR-3 の冷暖房期の部分負荷効率をグラフに示す。安定して運転している時間のみ分析であるが、高負荷であっても定格値に達していない。図 4 に冷暖房期の GAR-3 の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、実測値のガス消費量が増加し、効率の低下に繋がっていることが分かる。

表 1 対象建物概要

建物名	延床面積[m ²]	対象機の空調面積[m ²]	主用途
コアステーション	6896	2442	オフィス
ウエストウイング	12206	6752	研究棟
イーストウイング	12206	6353	研究棟
メディアセンター	6922	4099	図書館
ユニオンスクエア	6677	4793	食道
フォレストハウス	6067	3726	教室
プリズムハウス	9603	6734	複合施設
エクセル1	6973	4810	実験棟
エクセル2	6248	3413	実験棟
エクセル3	6662	4824	実験棟

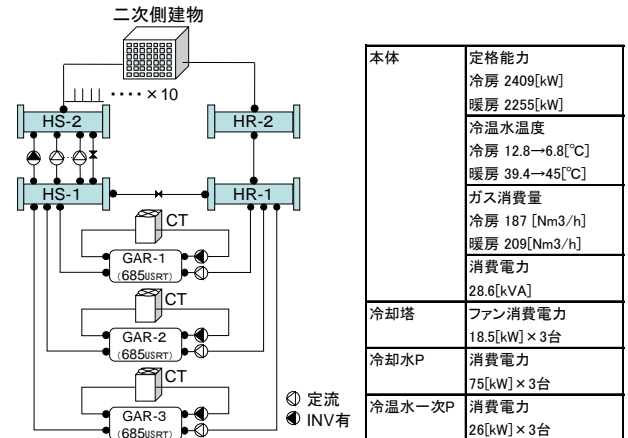


図 1 熱源システム系統図と機器仕様

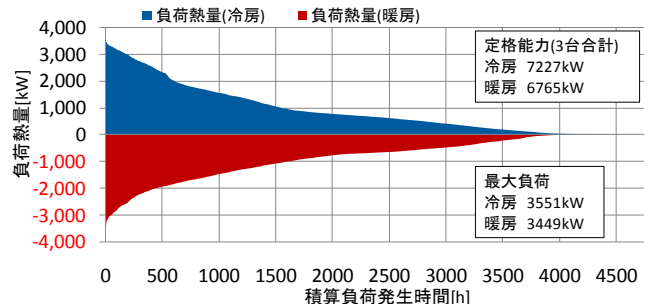


図 2 二次側建物負荷熱量降順カーブ

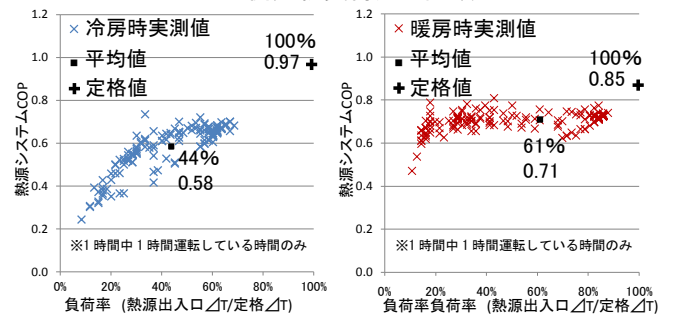


図 3 熱源部分負荷効率(左:冷房期 右:暖房期)

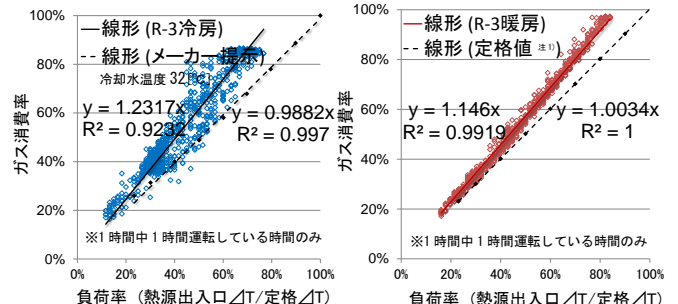


図 4 熱源機の機器特性(左:冷房期 右:暖房期)

4. シミュレーションによる効果予測

4.1 シミュレーション概要^{注2)}

既設熱源を各種熱源方式に置き換えた効果検証(エネルギー消費量)を、LCEM ツール^{注3)} (以下 LCEM)を用い、対象建物 10 棟の負荷熱量を基に行った。シミュレーションにおける熱源方式の概要と入力データを図 5 に示す。LCEM 内で熱源設備^{注4)}は、設計資料を基に再現し、6 つのケース(表 2)の検討を行った。①既設熱源についてはガス消費量に劣化係数(冷房時 1.25、暖房時 1.21)^{注7)}を乗じた。

4.2 シミュレーション結果

試算結果を図 6、表 3 に示す。①の既設熱源を再現したケースと実測値^{注8)}を比較するとガス消費量で 30%の差が生まれた。これは、実際の運用と LCEM の運用との差と考えられる。今回は①既設熱源を再現したケースを基準として効果の比較を行った。②吸収式にした場合は、熱源容量の小容量化により負荷率が向上し、一次エネルギー削減効果は 20%となった。③吸収式(高効率)の場合は、容量の選定を暖房能力に合わせて行った影響で冷房能力は過大となった。それでも機器の高効率化による冷房時のガス消費量削減がみられ、一次エネルギー削減効果は 26%となった。④スクリー冷凍機、⑤遠心冷凍機のケースでは、冷房時の一次エネルギーを大きく削減できた。年間で比較すると一次エネルギー削減効果は 32、34%となった。⑥空気熱源 HP は一次エネルギー消費量で 55%の削減効果が得られた。これは冷房機、暖房期ともに COP の高い空気熱源 HP を使用できることや、部分負荷効率の高い機器の特性が表れた結果だと考えられる。

4. まとめ

本研究では大学施設における空調用熱源機の二次側建物負荷や運転効率を示し、実負荷に基づいた年間シミュレーションにより、各熱源方式における効果を予測した。

表 3 効果比較(年間 4/1~3/31)

	①	②	③	④	⑤	⑥
一次エネルギー削減比(%)	基準(0%)	20%	26%	32%	34%	55%
一次エネルギー削減量(48071GJ)	基準	9748GJ	12719GJ	15591GJ	16356GJ	26360GJ
CO2排出量削減量(2612ton)	基準	581ton	771ton	1165ton	1187ton	1986ton
削減コスト ^{注9)} (8214万円)	基準	1741万円	2291万円	3133万円	3235万円	5323万円
システムCOP	0.62	0.78	0.85	0.92	0.94	1.38
一次エネルギー換算		電力 9.76[MJ]/kWh		ガス 45[MJ]/Nm ³		
CO2換算		電力 0.281kg-CO2/kWh		ガス 2.655[kg-CO2/Nm ³]		
コスト換算		電力 実績値		ガス 実績値		

参考文献・注釈

文 1)建築設備設計基準平成 21 年版 文 2)矢島和樹ら：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 注 1)現行の熱源機の冷房時カタログ線図しか存在しないため、冷房線図が酷似した LCEM 内の熱源機オブジェクト(①に使用したオブジェクト)の暖房能力線図 注 2) □熱源方式の変更効果の検証には不要なため、二次ポンプは構築していない。□熱源設定温度は現状の熱源設定温度(6.8・45℃)とした。 □熱源機(温水発生機以外)の定格冷温水量は現状の温度差(6・5.6℃)仕様に変更した。 □構築シートは「期間計算用構築シート_複式ポンプ方式(一般システム用:熱源 10 台)_Ver303」内の一次側送水ヘッダーより右側のセルを「期間計算用構築シート_単式ポンプ方式(一般システム用)_Ver303」内のバイパス水量以降(より右)に貼りかえた。 □還水温度・還水流量は空調機No.1~10に入力した。 注 3)個々の建物毎に、様々な条件下で、空調システムの年間エネルギー消費量を簡易にシミュレーションするものである。 注 4) 熱源容量の選定方法は図 2 の冷房・暖房それぞれの最大値に文 1)を参考に安全率を乗じて容量を算出。熱源容量の負荷配分については均等とし、同容量のものを複数台選定。注 5)既設熱源は 685USRt の熱源機のガス消費量を 15%ダウン絞った 580USRt 相当の熱源機(2007.4~)である。LCEM 内では、500USRt のオブジェクトに 580USRt 相当の能力を入力し、熱源機消費電力も 15%ダウンさせた消費量を再現した。 注 6)④、⑤の温水発生機の定格冷温水量が 10℃差仕様であり定格能力が出ないため、LCEM 内の台数は 8 台とした。 注 7)図 4 の分析におけるメーカー提示値と実測値の割合(3 台平均値) 注 8)実測値はガス消費量しか測定できておらず、図 6 の実測値の消費電力は推定値であり、実測値ではない。 注 9)熱源機や電気式熱源機の増加に伴う受変電設備の工事費などのインシヤルコストや、それに伴う料金契約の変化については加味されていない。

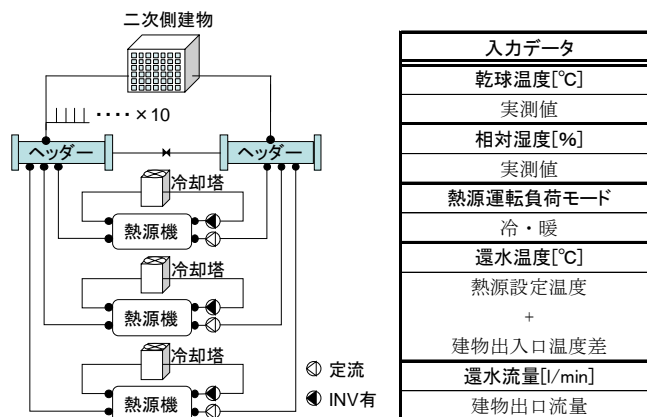


図 5 熱源方式のシミュレーションモデル概要

表 2 検討ケース

① 既設熱源 ^{注5)}	<ul style="list-style-type: none"> 直置き吸収冷温水機 580USRt (暖 1891kW) × 3 台 一次ポンプ:揚定 15m 流量 348m³/h 冷却水ポンプ:揚定 32m 流量:540m³/h、冷却塔:出口温度 32℃ 流量 700m³/h
② 吸収式冷温水機	<ul style="list-style-type: none"> 直置き吸収冷温水機 500USRt (暖 1471kW) × 3 台 一次ポンプ:揚定 11m 流量 348m³/h 冷却水ポンプ:揚定 24m 流量:720m³/h、冷却塔:出口温度 32℃ 流量 548m³/h
③ 吸収式冷温水機(高効率)	<ul style="list-style-type: none"> 直置き吸収式冷温水機(高効率)500USRt (暖 1145kW) × 4 台 一次ポンプ:揚定 11m 流量 348m³/h 冷却水ポンプ:揚定 24m 流量:720m³/h、冷却塔:出口温度 32℃ 流量 548m³/h
④ スクリュー冷凍機(高効率インバータ)+温水発生機	<ul style="list-style-type: none"> スクリー冷凍機(高効率インバータ)600USRt × 2 台、温水発生機 1163kW × 4 台^{注6)} 一次ポンプ:揚定 11m 流量 354m³/h、一次ポンプ:揚定 13m 流量:150m³/h 冷却水ポンプ:揚定 24m 流量:720m³/h、冷却塔:出口温度 32℃ 流量 468m³/h
⑤ 遠心冷凍機(高効率インバータ)+温水発生機	<ul style="list-style-type: none"> 遠心冷凍機 450USRt × 3 台、温水発生機 1163kW × 4 台 一次ポンプ:揚定 15m 流量 150m³/h、一次ポンプ:揚定 13m 流量 150m³/h 冷却水ポンプ:揚定 32m 流量:354m³/h、冷却塔:出口温度 32℃ 流量 351m³/h
⑥ 空気熱源 HP(高効率-散水)	<ul style="list-style-type: none"> 空気熱源 HP ユニット(高効率-散水)180USRt (暖 160kW) × 4 台 × 7 セット 一次ポンプ:揚定 13m 流量 150m³/h

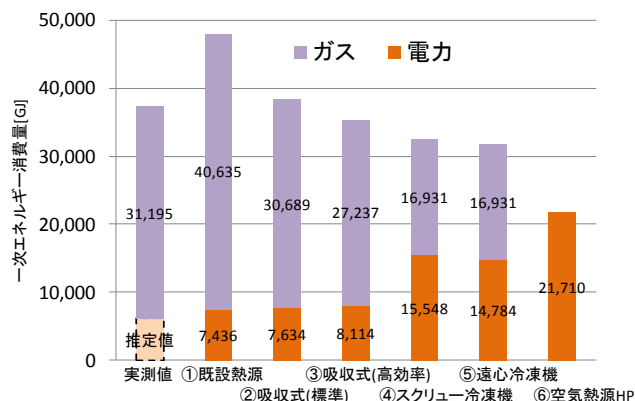


図 6 一次エネルギー消費量予測(年間 4/1~3/31)