

報 告 Report

D ビルの性能検証および運用評価に関する研究（第 1 報）

—LCCEM ツールを用いた熱源システムの性能検証・評価—

原稿受付 2020 年 8 月 2 日

ものづくり大学紀要 第 10 号 (2020) 81 ~ 87

久保隆太郎^{*1}, 塚見史郎^{*2}, 久保洋香^{*2}^{*1} ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*2} 株式会社日建設計 エンジニアリング部門 設備設計グループ

1. はじめに

都心部の大型オフィスには、広いワンフロアのワークスペース、高い安全性と BCP 性能、セキュリティ、高環境性能が求められる。特に、近年ではオフィスワーカーの健康性、快適性向上を目的としたスマートウェルネスオフィスが注目されている。本報で対象とするダイヤゲート池袋（以下、D ビルと称す）は、建築環境・省エネルギー機構による CASBEE-ウェルネスオフィスにおいて、スマートウェルネスオフィス認証（最高 S クラス）を取得するなど、種々の環境配慮技術を導入した超高層テナントビルである。本報告では、熱源システムのエネルギー性能を検証した結果と、国土交通省大臣官房官庁営繕部により開発された LCCEM ツールを用いて、熱源システムの運用評価を行った結果について報告する。

2. 建物概要および熱源システム概要

本研究で対象とする D ビルは、低層部の V 字柱と高層部のタワーボディの外殻ブレースを特徴とする超高層テナントオフィスビルで、周辺環境が開けた鉄道線路上空を跨いで建設された。写真 1 に建物外観を、表 1 に建物概要を示す。商業施設などがある低層部は V 字柱で鉄道を大きく跨ぎ、中間免震層を挟み、その上には 15 層のオフィスがある。

図 1 に D ビルの熱源システムフロー図を示す。本建物の熱源システムは空冷式モジュールチラー、ガス吸収冷温水発生機、冷水蓄熱槽で構成される。表 2 に本熱源システムの主要設備の機器表を示す。空冷チラーはモジュール 4 台で構成され、水蓄熱槽に冷水蓄熱を行う。また、吸収冷温水発生機は 2 台設置され、蓄熱槽からの冷水供給で賄いきれない冷水需要を空冷チラーとともに追掛け運転する。また、本建物の温水需要は吸収冷温水発生機による温水製造で賄う。なお、建物のペリメーター負荷はウォールスルーユニットで処理し、本熱源システムはインテリア負荷の処理を中心に行っている。

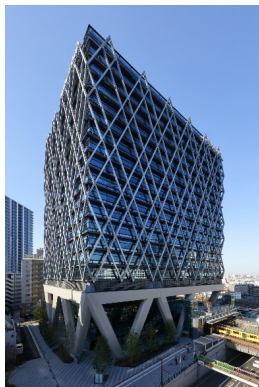


写真 1 Dビル

表 1 建物概要

竣工：2019年2月
所在地：東京都豊島区
敷地面積：約 5,530 m ²
延床面積：約 50,000 m ²
基準階面積：2,100 m ²
天井高：2.8m~3.0m(基準階)
階数：地下2階，地上20階
構造：S造，一部RC造・SRC造 中間免震構造

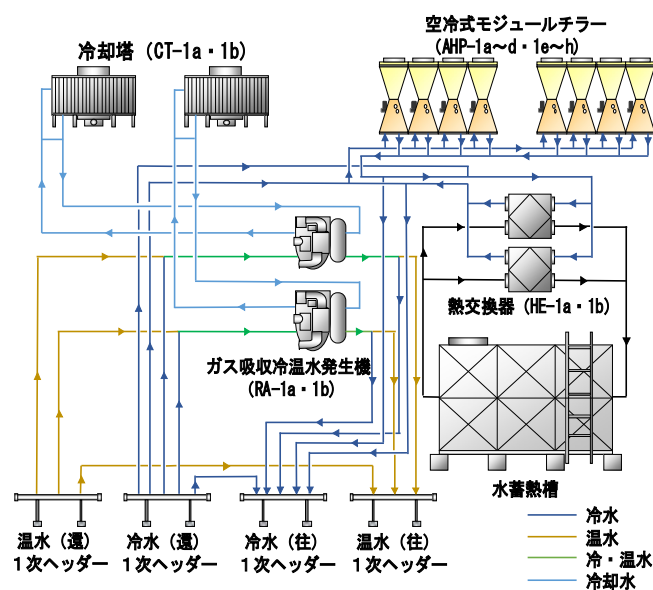


図 1 熱源フロー図

表 2 主要設備の機器表

機器名称	機器仕様
吸収冷温水発生機 RA-1a,b	冷房能力:844kW, 冷水量:1,210 ㍓/min(7.0-17.0℃), 冷却水量:4,000 ㍓/min(37.0-32.0℃), ガス消費量: 51.2N m ³ /h 暖房能力: 788kW, 温水量: 1,210 ㍓/min(40.7-50.0℃), ガス消費量: 72.4N m ³ /h
空冷チラー AHP-1a~d, -1e~h	冷房能力(蓄熱時): 540kW, (追掛時): 600kW 冷水量(蓄熱時): 815 ㍓/min(14.5-5.0℃), (追掛時): 860 ㍓/min(17.0-7.0℃), 電力消費量: 173.2kW
開放式冷却塔(CT-1a,b)	冷却能力: 1,395kW, 循環水量: 4,000 ㍓/min(37.0-32.0℃)
冷温水一次ポンプ PCH-1a,b	能力: 80φ × 65φ × 1,210 ㍓/min × 14m(INV), 5.5kW
冷却水ポンプ PCD-1a,b	能力: 150φ × 125φ × 4,000 ㍓/min × 21m(INV), 22.0kW
冷水蓄放熱ポンプ PC-1a,b(蓄熱槽側)	能力: 125φ × 100φ × 1,433 ㍓/min × 16m(INV), 7.5kW
冷水蓄放熱ポンプ PC-1c,d(熱源・空調側)	能力: 125φ × 100φ × 1,290 ㍓/min × 28m(INV), 11.0kW
冷水2次ポンプ PC-2a~d	能力: 125φ × 100φ × 1,525 ㍓/min × 33m(INV), 18.5kW
温水2次ポンプ PH-2a,b	能力: 80φ × 65φ × 1,215 ㍓/min × 17m(INV), 5.5kW

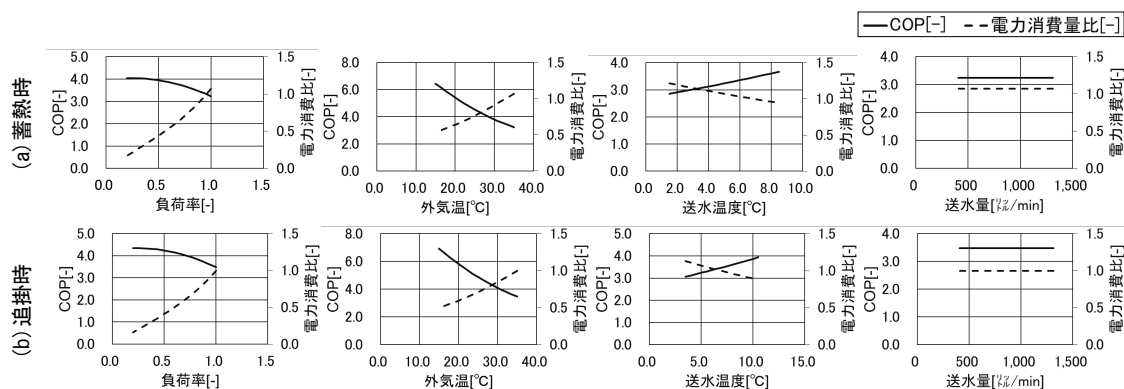


図 2 空冷チラー特性曲線

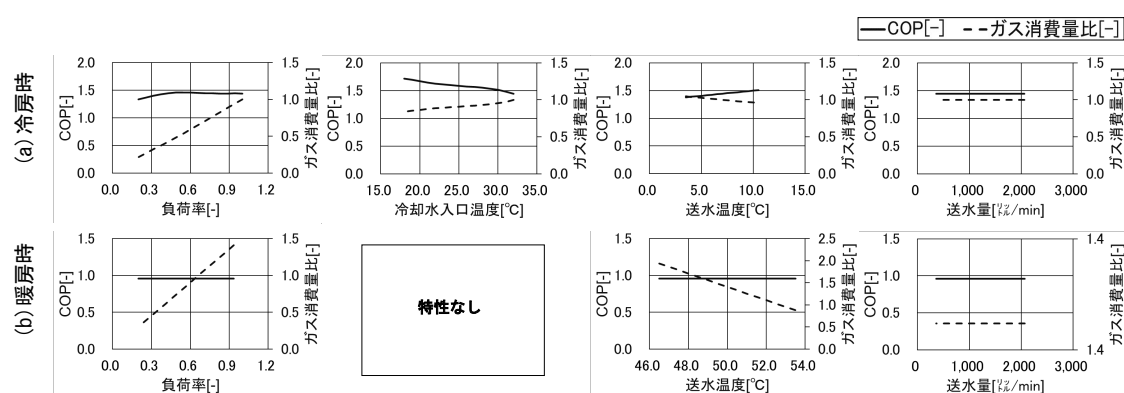
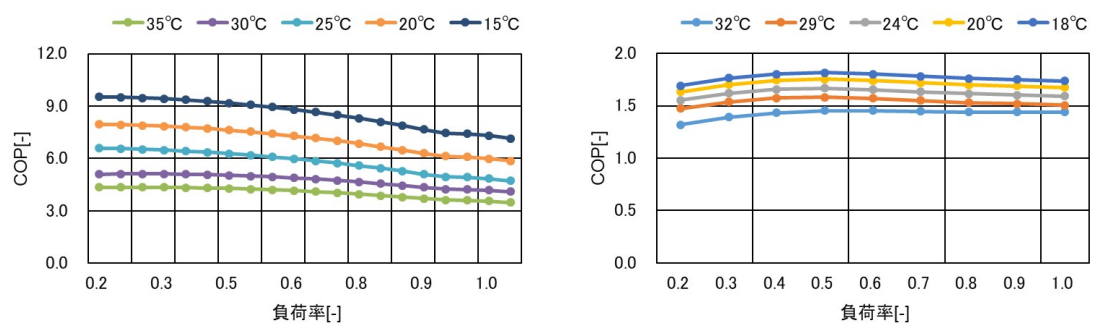


図 3 吸収冷温水発生機特性曲線

3. LCEM ツールの概要

本熱源システム導入にあたっては、設計計画段階から、国土交通省の LCEM ツールを用いてエネルギーシミュレーションを実施してきている。本章では、本熱源システムに導入された LCEM ツールの特性について述べる。なお、本熱源システムの運転特性は実際に導入された熱源機器の運転特性を反映させている。図 2 及び図 3 に空冷チラー及び吸収冷温水発生機の負荷率、外気温（冷却水入口温度）、送水温度、送水量と COP 及び電力・ガス消費量比を示す。また、図 4 に、外気温（冷却水入口温度）別部分負荷特性を示す。電力消費量比及びガス消費量比とは、定格電力消費量及び定格ガス消費量と運転時の電力及びガス消費量の割合を示している。また、冷却水入口温度とは、冷却塔で処理された冷却水の熱源機入口における温度を示している。さらに、空冷チラーの負荷率曲線は各モジュール 1 台あたりの負荷率特性を示している。図 4 に示す通り、本 LCEM ツールは熱源の負荷率状況や外界条件、熱源の送水温度に応じて運転特性が異なっている。したがって、実運転時の熱負荷情報を入力することにより、時々刻々と変動する負荷に応じて、適切な運転状況を把握することができるだけでなく、実運転のフォルト検知にも利用することができる。



(a) 空冷チラー（外気温別） (b) 吸収冷温水発生機（冷却水温度別（冷房時））
図 4 空冷チラー及び吸収冷温水発生機の部分負荷特性

4. 実運転と LCEM の比較

次章以降に LCEM ツールを用いたケーススタディーを行った結果を示すが、本章では、実運転と LCEM ツールを用いたシミュレーターの結果を比較し、LCEM による理想的な運転と実運転の差異を明らかにすることを目的とする。図 5(a)～(h)に、実運転とシミュレーションでの製造熱量・負荷、電力消費量、負荷率及び COP の比較結果を示す。

図 5 に示すように、LCEM によるシミュレーション結果は熱源の運転のタイミングや負荷に応じた稼働状況など、概ね実運転に近い運転を再現している。しかしながら、図 5(a) 及び(b)に示すように、実運転は 2 次側の冷水負荷に比較して、全製造熱量は小さい傾向が確認できる。また、図 5(c)及び(d)に示すように、実運転の熱源電力消費量は LCEM によるシミュレーション値よりも多い傾向にある。この原因は、図 5(e)及び(f)に示すように、実運転での熱源機は部分負荷率、すなわち熱源の能力が十分に発揮されておらず、その結果、図 5(g)及び(h)に示すように、蓄熱時及び放熱時ともに空冷チラーの運転効率である COP が、実運転の方が低下している状況にある。また、実運転では夜間における 2 次側の冷水負荷が計量されない状況でも吸収式冷温水発生機が運転しているなど、些少ではあるが設計者の想定していない運転状況が確認できる。

以上のように、LCEM ツールは各熱源機器や補機類が適正に運用された場合の理想状態をシミュレートすることが可能であり、このシミュレーション結果や現場でのチューニングにより、適正な運転方法の構築が可能となる。次報以降では、実運転のコミッショニングを行った結果について報告する予定である。

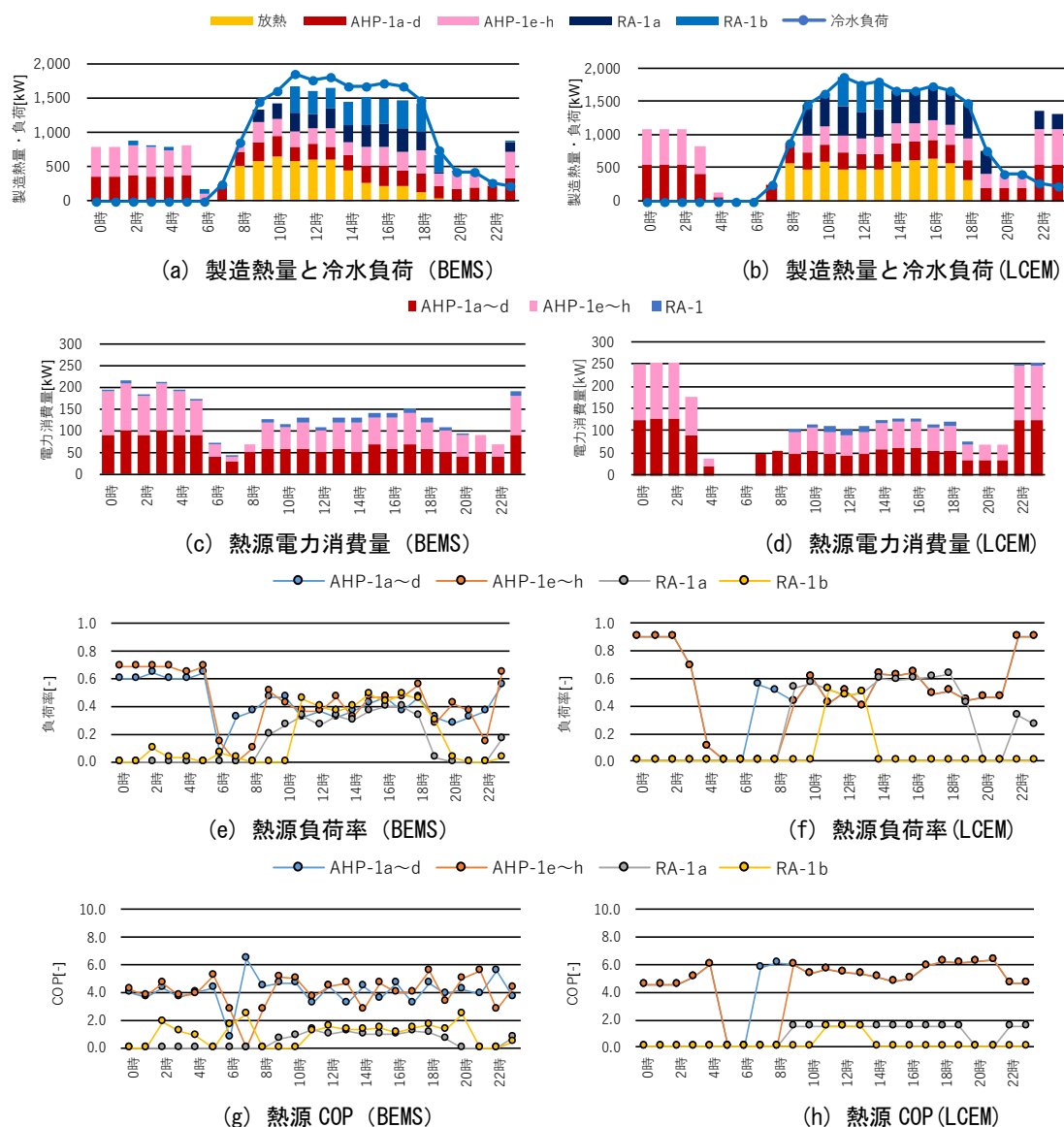


図 5 実運転とシミュレーションの比較 (2019 年 8 月 20 日)

5. 熱源運転のケーススタディー

本章では LCEM ツールを用いて負荷状況に応じた効率的な運転方法について検証する。表 3 に示すように、ケーススタディーは低負荷時および高負荷時における運転方法について検証するとともに、ピークカットの効果について分析する。低負荷時の検証は、蓄熱槽からの冷水供給を受けた熱交換器の運転が 1 台である場合の Case-1 及び 2 を、高負荷時の検証は熱交換器の運転が 2 台である場合の Case-3 及び 4 を、ピークカットの効果については Case-3 及び 5 をそれぞれ比較する。ピークカットの効果比較は、蓄熱槽からの放熱開始時間を 8 時からとしたケース(Case-3)と、一般的に冷熱負荷のピークが発生すると考えられる 13 時からとしたケース(Case-5)を対象としている。なお、低負荷時の検証に用いた負荷は 2019 年 7 月 23 日、高負荷時及びピークカット検証の負荷は 2019 年 8 月 1 日の実負荷

をそれぞれ用いている。図 6 及び図 7 に、低負荷時及び高負荷時における一次エネルギー消費量とシステム COP の比較を、図 8 にピークカット効果の検証結果を示す。

図 6 に示すように、低負荷時における一次エネルギー消費量は日中の追掛け運転をガス熱源で優先的に実施する Case-2 の方が多く、その結果、日システム COP は電気熱源による追掛けを採用する Case-1 の方が高い結果となっている。この傾向は図 7 に示すように、高負荷時での検討でも同等であり、日中の運転は電気熱源による追掛け運転の方が高効率となることを確認できた。

また、図 8 に示すように、蓄熱槽からの放熱運転は、ピークカット時間に集中的に実施することで、日システム COP は約 2% 程度向上することが分かった。これは、Case-5 の場合は日中の追掛け運転が空冷チラーのみで賄え、高い COP で運転出来ていることが要因と考えられる。

表 3 各ケースの概要

ケース名称	運転概要		備考
	熱交換器運転台数	優先運転	
Case-1	1台	電気優先	放熱開始8時
Case-2		ガス優先	
Case-3	2台	電気優先	放熱開始13時
Case-4		ガス優先	
Case-5		電気優先	

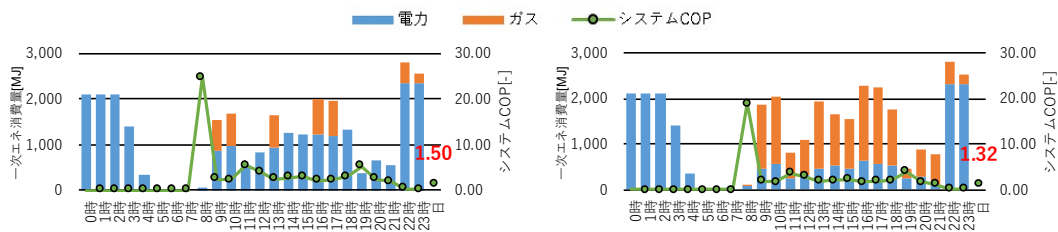


図 6 低負荷時における一次エネルギー消費量とシステム COP の比較
(左 Case-1, 右 Case-2)

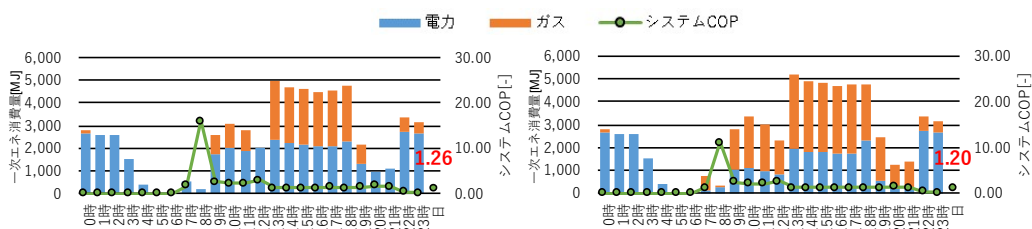


図 7 高負荷時における一次エネルギー消費量とシステム COP の比較
(左 Case-3, 右 Case-4)

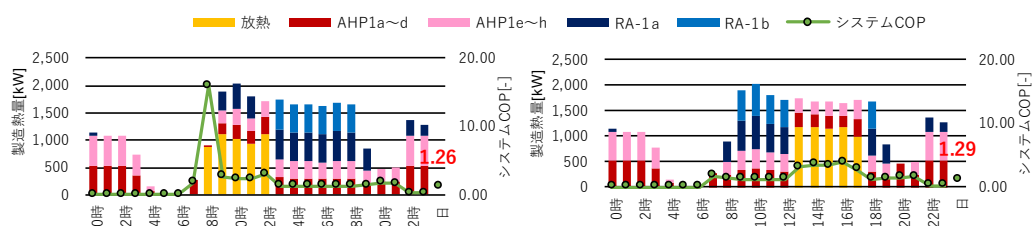


図 8 ピークカット効果の検証 (左 Case-3, 右 Case-5)

6. まとめ

本報告は、熱源システムの効果的な運用を実現するために、LCEM ツールを用いた熱源性能の分析を行った結果について報告した。その結果、低負荷時及び高負荷時における日中の追掛け運転は、電気熱源を優先的に稼働させることで高効率な運転となることを示した。また、ピークカット運転の効果として、約 2% 程度の日システム COP の向上を図ることが可能であることを示した。今後は、LCEM ツールを用いて、本熱源システムの最適な運用方法について検証するとともに、冬季を含めた年間の運用方法について分析する予定である。

文 献

- 1) 塚見, 上野ら: 鉄道上空の高層オフィスビルにおける排気利用型ウォールスルー空調システムの検証 その 4,5, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2020 年 9 月
- 2) 塚見ら: 鉄道上空の高層オフィスビルにおける排気利用型ウォールスルー併用空調システムの検証その 4, 空気調和衛生工学会学術講演梗概集, 2020 年 9 月
- 3) 久保, 加藤ら: 鉄道上空の高層オフィスビルにおける排気利用型ウォールスルー空調システムの検証 その 1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2019 年 9 月