

関西電力京都支店ビルの井水を活用した空調熱源システムの改修計画と評価

Renovation plan and evaluation of ground water utilized heat source system in KEPCO Kyoto branch

関西電力株式会社

The Kansai Electric Power Co.,Inc

古賀 修

Osamu KOGA

キーワード：井水熱源氷蓄熱システム(Ground water utilized, ice thermal storage system)、
性能検証(Commissioning)、負荷平準化(Load leveling)、カスケード利用(Cascade-use)
2段加湿(Two-stage humidification)

1. はじめに

関西電力京都支店ビルは昭和12年(1937年)に建設された70年以上の歴史を持つ京都市内のオフィスビルである。直近の熱源・空調システムの改修は昭和62年(1987年)に実施されていたが、その後20年以上が経過し老朽化による熱源の能力低下・還元井戸のオーバーフローによる下水道課金・エアワッシャによる衛生上の問題等の課題を抱えている状態であった。これらの課題解消のために、井水を熱源とした高効率な運転が可能な氷蓄熱システムへの改修を計画し、平成21年(2009年)2月に改修工事を完了させた。

本報告は改修の主目的である、負荷平準化、高効率化および井水有効利用について、施工段階および竣工後の確認について述べる。

2. 建築概要

本建物は地上8階・地下1階、延床面積10,627㎡の事務所ビルである。京都府内および福井県の一部に電力を安定供給するための拠点であり、ほぼ100%自社使用となっている。JR京都駅から見える本建物は、数度の改修を経た現在も竣工当初の面影を残した外観となっている。空調熱源システムとしては当初より井水をヒートシンク・ヒートソースとした井水熱源ヒートポンプを採用した世界的にも先駆的なシステムを有する建物である。

表2.1に建築概要、表2.2に設備概要、表2.3に井戸の概要を、また図2.1に配置図を示す。

当初より2本の井戸が設置され、現在は、そのうちの1本を還元井戸として利用している。今回の改修工事においては井戸を継続利用として熱源システムを更新し、外構に氷蓄熱槽を新設した。

表 2.1 建築概要

建物名称	関西電力京都支店ビル(当初:京都電燈株式会社本社社屋)
建築主	関西電力株式会社(当初:京都電燈株式会社)
主要用途	事務所(支店ビル)
所在地	京都市下京区塩小路通烏丸西入東塩小路町579番地
敷地面積	3,376㎡
建築面積	1,263㎡
延床面積	10,627㎡
階数	地上8階 地下1階 塔屋3階
建物軒高	31m
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート造
竣工年月	1937年(昭和12年)6月
設計者	武田五一
主な改修履歴	昭和57年(1982年)空調機改修 昭和62年(1987年)熱源・ポンプ改修 平成13年(2001年)1F耐震補強工事 平成20年(2008年)空調設備改修工事(熱源改修工事)、1階内装改修工事 (設計:樹日建設 施工:高砂熱学工業株)

表 2.2 設備概要

1)空調設備	・熱源 水熱源ヒートポンプ(井水熱源スクルーヒートポンプ) ・氷蓄熱槽(スタティック型・外部設置) 【H20年改修部分】
・空調	外気処理空調機+各階空調機による単一ダクト方式【H20年改修部分】 ※各階空調機は低温送風変風量化対応(次回改修時低温送風化予定)
・配管	冷温水2管式
・自動制御	電子式・DDC
2)給排水衛生設備	・給水 飲用水・雑用水2系統給水 飲用水:市水引込み 市水受水槽:FRP製4.5m3 雑用水:井水利用 井水受水槽:地下ビット利用
・給湯	電気温水器による局所給湯
・排水	市下水本管へ放流
・消火	屋内消火栓、連結送水管、ハロン消火設備(電気室)
3)電気設備	・受変電 6.6kV本線-予備線2回線受電 ・発電機 ディーゼル発電機 200kVA ・蓄電池 非常照明用・受変電制御用 250Ah 発電機始動用 250Ah ・中央監視 隣接する新京都センタービル内に設置
4)昇降機設備	ロープ式 15人乗1,000kg×2台 6人乗450kg×1台

表 2.3 井戸の概要

名称	1号井戸	2号井戸	還元井戸
設置年	S41年	S12年	S12年
設置位置	中庭北東屋外	中庭中央部	地下機械室内
履歴	S57年 2重ケーシング H12年 ポンプ更新	S30年 2重ケーシング S62年 3重ケーシング	S30年 2重ケーシング S41年 揚水中止 S49年 還元井戸に変更
井戸口径	250mm	250mm	250mm
井戸深度	G L -130m	G L -150m	G L -74m
自然水位	G L -6.25m	G L -7.9m	G L -6.25m
揚水時水位	G L -10.25m	G L -10.3m	-
揚水量	115.7m ³ /h	100.6m ³ /h	-
ポンプ位置	G L -48m	G L -48m	-
ポンプ仕様	100φ×1500L/min ×48mH×18.5kW	100φ×1500L/min ×48mH×18.5kW	-
揚水管	S G P 100A×44m	S G P 100A×44m	-

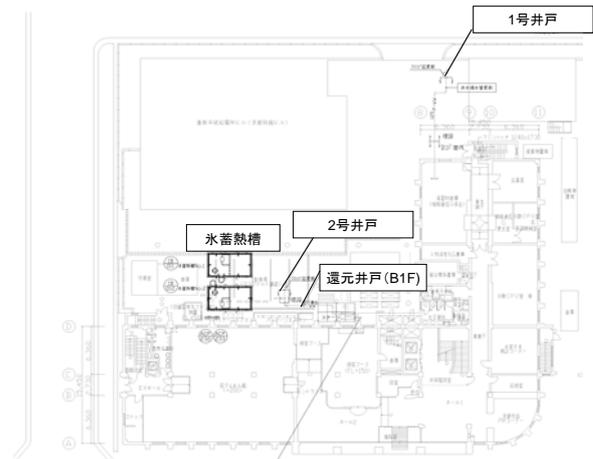


図 2.1 配置図

3. 改修計画の概要

3.1 改修前のシステムと問題点

改修前の空調・熱源システムを図 3.1.1、図 3.1.2 および表 3.1.1 に示す。

熱源方式は、非蓄熱の井水熱源ヒートポンプ方式を採用していた。井水は外調機にて井水コイルで顕熱を処理し、エアワッシャでフィルタの役目を果たした後、熱源機の熱源水として利用し、還元井戸に戻されるシステムであった。

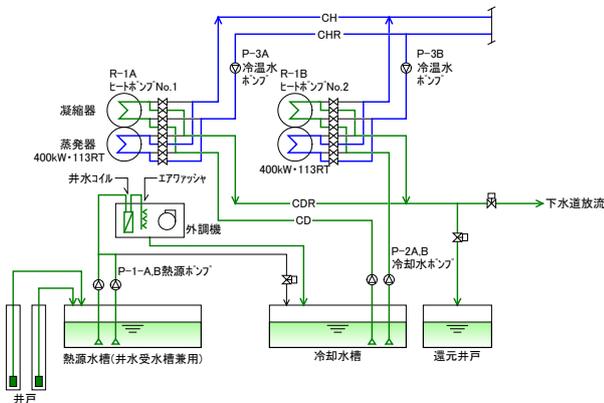


図 3.1.1 改修前熱源システム

表3.1.1 改修前主要機器

記号	名称	仕様・能力等	台数	備考
R-1A R-1B	水熱源ヒートポンプ (井水利用)	冷房能力400kW(113RT) 暖房能力491kW 冷媒：HCFC-22 圧縮機 37kW×2 冷房時COP=3.6 暖房時COP=3.9	2台	1987年設置
P-1-A P-1-B	熱源水ポンプ	片吸込渦巻型 2,160L/min×40mH×30kW	2台	1987年設置
P-2-A P-2-B	冷却水ポンプ	片吸込渦巻型 1,030L/min×33mH×11kW	2台	1987年設置
P-3-A P-3-B	冷温水ポンプ	片吸込渦巻型 1,030L/min×33mH×11kW	2台	1987年設置

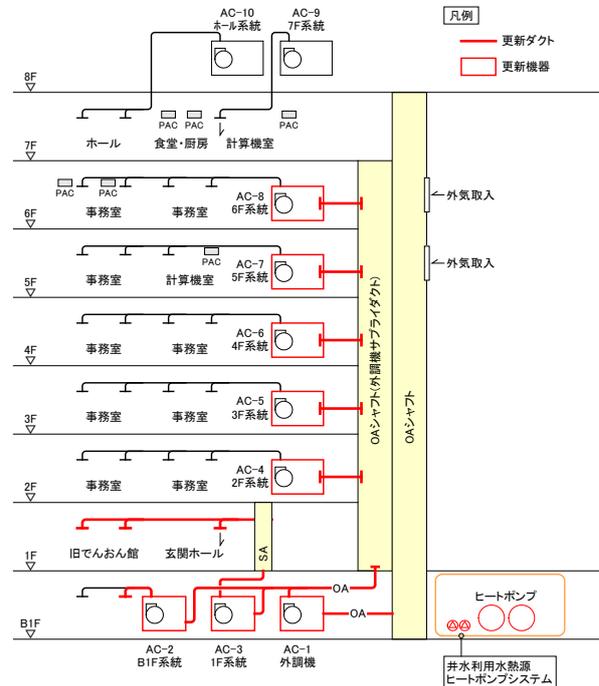


図 3.1.2 改修前空調システム

改修前のシステムは設置後 20 年が経過し劣化が見られた。また、還元井戸がオーバーフローし、下水放流が発生して下水道料金の支払いが必要であったことや外調機内のエアワッシャで井水と室内に供給する空気とが接触する衛生上の問題等があるため、今回改修を実施した。

3.2 改修方針

既存熱源システムの問題点を解消するため次の改修基本方針を設定した。このうち H20 年度改修工事として①～④を実施した。

- ①高効率熱源機への更新と冷房能力の増強
- ②環境に配慮した新冷媒の採用
- ③既設井水利用等既存設備を最大限活かした、効率的な井水の利用
- ④氷蓄熱システム導入による電力と井水の負荷平準化・井水オーバーフロー防止

3.3 熱源システム改修概要 ～氷蓄熱による電力と井水利用の平準化～

改修基本方針に基づき、改修後の熱源システムを以下のポイントで計画し改修工事を実施した。

- ・井水利用高効率ヒートポンプの採用
- ・氷蓄熱導入による電力・井水負荷平準化（還元井戸オーバーフローの解消）
- ・井水系チタン製熱交換器を用いた冷凍機の保護と井水側大温度差確保・井水消費削減
- ・氷蓄熱の低温度を利用した低温送水（低温送風対応）
- ・インバータポンプ変流量制御による電力消費削減（冷水・温水・ブライン）
- ・冷凍機→氷蓄熱槽直列配置による冷凍機高効率追掛運転
- ・井水のカスケード利用（外調機→熱源冷却水・熱源水）

図 3.3.1 および表 3.3.1 に改修後熱源システムを示す。図 3.3.2 に主な運転モードのフロー図を示す。

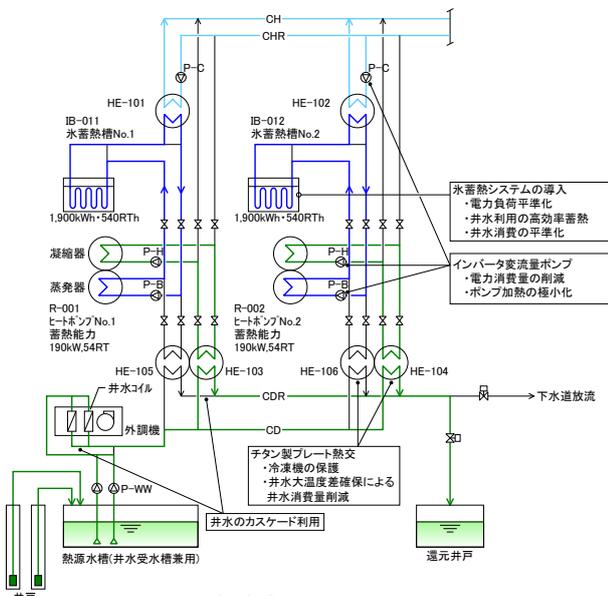
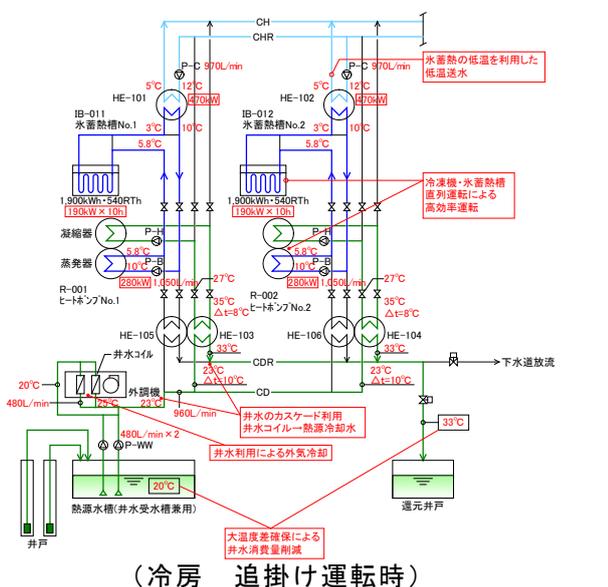


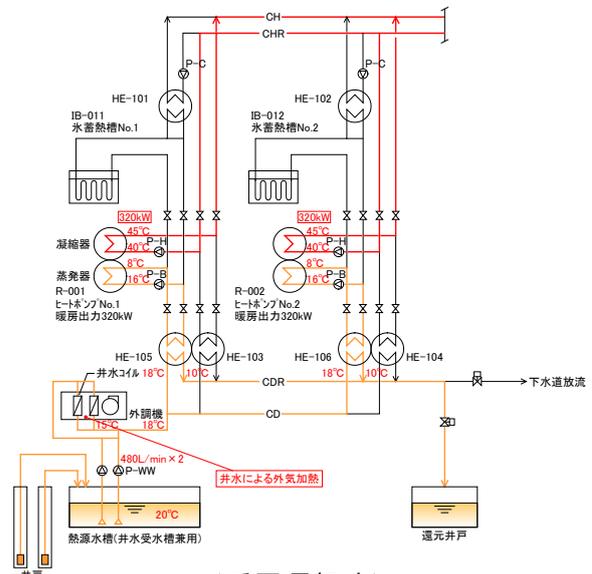
図 3.3.1 改修後熱源システム

表 3.3.1 改修後熱源システム概要

記号	名称	仕様・能力等	台数
R-001 R-002	水熱源ヒートポンプ (井水利用)	氷蓄熱時冷凍能力190kW (54RT) 追掛時冷凍能力 280kW(80RT) 31.4kW 暖房能力 製氷時COP=3.1(冷却水25→33℃) 冷房追掛運転時(解氷併用時) COP=4.8(冷却水27→35℃) 冷房追掛運転時(単独追掛) COP=4.4(冷却水27→35℃) 暖房運転時COP=4.2 (熱源水16→8℃)	2台
IB-011 IB-012	氷蓄熱槽	ブライン内蔵型・銅板製水槽 屋外設置型 6840MJ(1900kWh,540RT)	2台
P-B-021 P-B-022	ブラインポンプ (冬季は熱源水ポンプとして使用)	片吸込渦巻型 1050 L/min×51mH×18.5kW インバータによる変流量制御	2台
P-C-031 P-C-032	冷水ポンプ	片吸込渦巻型 1000 L/min×43mH×15kW インバータによる変流量制御	2台
P-H-041 P-H-042	温水ポンプ (夏季は冷却水ポンプとして使用)	片吸込渦巻型 1000 L/min×43mH×15kW インバータによる変流量制御	2台
P-WW-051 P-WW-052	井水ポンプ	片吸込渦巻型 480 L/min×41mH×7.5kW	2台
HE-101 HE-102	プレート熱交換器 (ブライン・冷水 ：氷蓄熱系統用)	交換熱量 470kW	2台
HE-103 HE-104	プレート熱交換器 (井水・冷却水：冷房運転用)	チタン製 交換熱量 330kW	2台
HE-105 HE-106	プレート熱交換器 (井水・熱源水：暖房運転用)	チタン製 交換熱量 260kW	2台



(冷房 追掛け運転時)



(暖房運転時)

図 3.3.2 運転モード別フロー図

3.4 2次側改修概要～井水による外気処理・低温送風変風量化計画～

熱源改修と同時に実施した2次側（空気側）改修計画は次の通りとした。図3.4に改修後の空調システム系統図を示す。

① 外気処理空調機の更新

空気質が懸念されるエアワッシャの廃止と井水コイルの増強。2段加湿方式の採用。

② 各階空調機の更新

低温送風・変風量化対応空調機への更新
理髪室系統の排気の新設

③ 1次処理外気コンクリートシャフト内に鋼板製ダクトを新設

2階～6階の基準階については、将来工事として2次側ダクトおよび断熱材の更新を行った上で変風量・低温送風化を計画しており、今回工事ではそれに対応可能な空調機を計画・設置した。

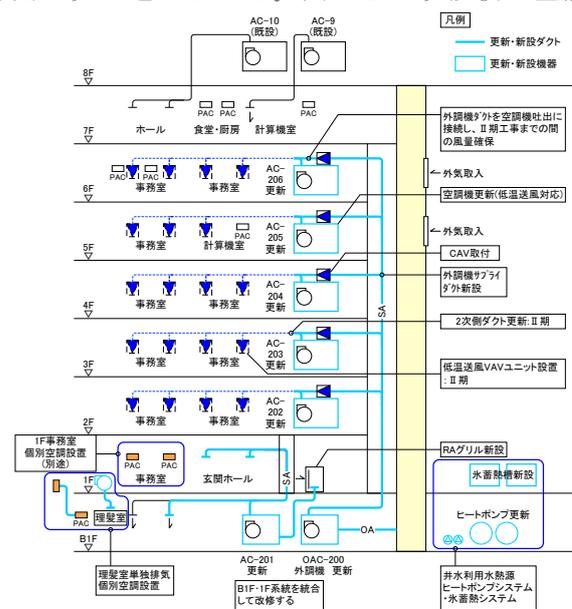


図 3.4 改修後空調システム系統図

3.5 井水温度と利用水量

図3.5に井水温度の実績を示す。1号井戸の温度は年間を通じて19℃を少し下がるレベルであるが、2号井戸の温度は夏に上昇し、冬に低下する傾向にある。これは還元井戸と2号井戸が平面的に近い位置にあるため、還元井戸の影響を受けているものと推測される。

年井水利用水量の実績は表3.5に示すとおりである。ただし、7月は7日間データが欠測しており、24日間の水量である。冷房時に多く、暖房時は少なく月間最大で約20,000m³、日最大で約1,000m³の井水を利用している。下水道排水量は各月とも0であり、全量還元井戸から地中に還元することができる。井水の平準化の効果があらわれた結果となった。

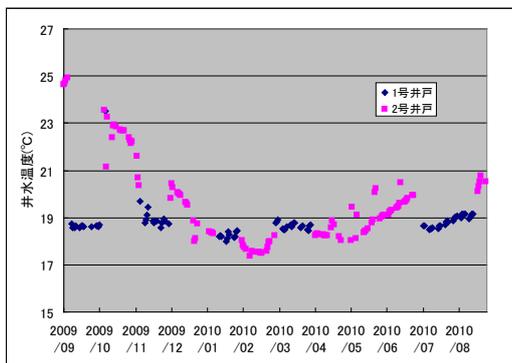


図 3.5 井水温度

表 3.5 井水利用水量 (2009.9～2010.8)

9月	13,607m ³	3月	8,467m ³
10月	8,229m ³	4月	6,286m ³
11月	5,608m ³	5月	8,239m ³
12月	7,117m ³	6月	14,536m ³
1月	9,445m ³	7月(7日間欠測)	14,231m ³
2月	9,225m ³	8月	19,882m ³
日量最大	987m ³ (2010/8/31)		
下水道放流量	0m ³		

4. 施工段階における熱源性能の検証・評価と運転方法の検討

4.1 対象

図4.1に性能検証・評価の対象部分を示す。エネルギー性能への影響が大きい水熱源ヒートポンプまわりを対象とした。検証はLCEMツール¹⁾を一部改良して利用した。図4.2に、対象部分の計算モデルを示す。表4.1に水熱源ヒートポンプの冷房運転モードと熱源運転モードの関係を示す。

4.2 機器承認時の性能検証・評価

図4.3にLCEMツールを用いて計算した熱源運転モード別のシステムCOP²⁾と機器承認時の試験データから算定したシステムCOPの比較を示す。これより、定格点のみではあるが、LCEMツールによる予測性能を満たしていることを確認した。

4.3 試運転調整時の性能検証・評価

図 4.4 に、試運転調整期間（2009/8/3-8/5）のシステム COP と、機器承認時に確認した特性曲線との比較を示す。これより、部分負荷時も含めて概ね性能が維持されていることを確認した。

4.4 適正運転方法の検討

作成した計算モデルを用いて、冷房時の適正運転方法の検討を行った。表 4.2 に検討ケースを、図 4.5 に検討結果を示す。これより、ケース 2 の運転方法によって 13% の性能向上の可能性があることを確認し、運用段階に引き継いだ。

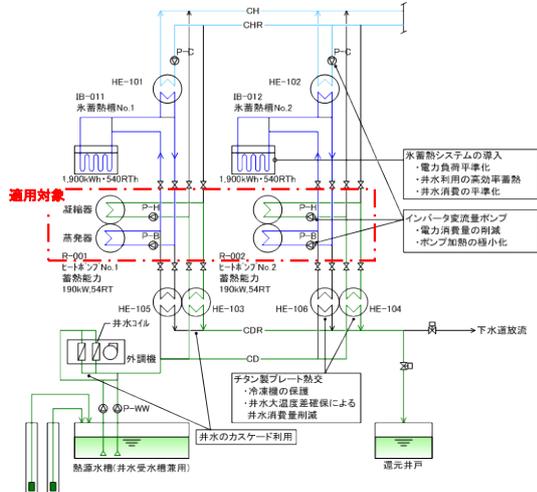


図 4.1 性能検証・評価の対象

表 4.1 冷房モードと熱源運転モード

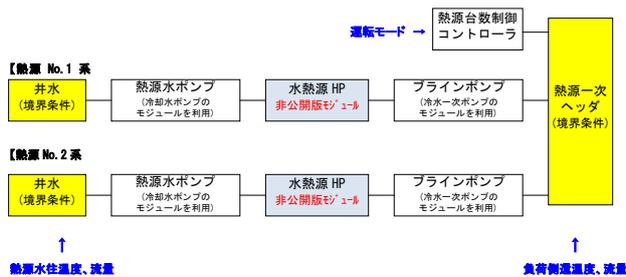
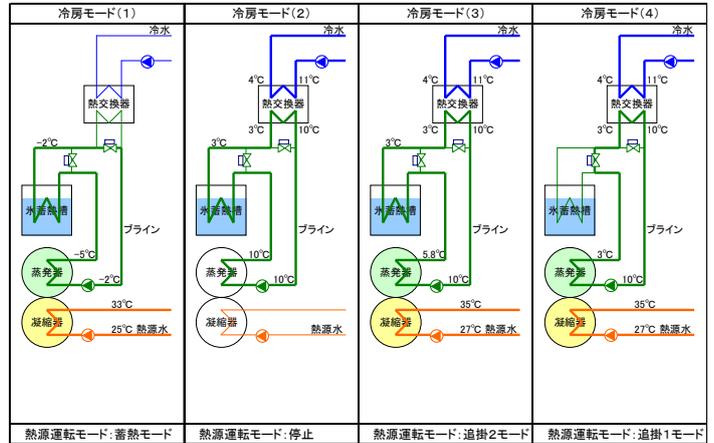


図 4.2 LCEM ツールの計算モデル

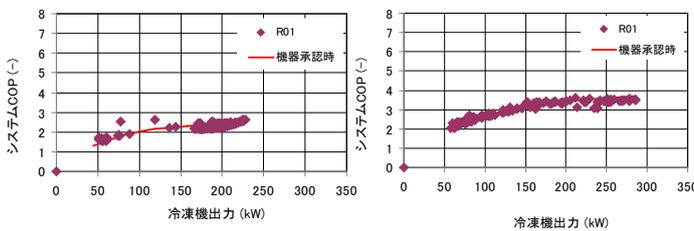


図 4.4 試運転調整時の性能検証・評価

表 4.2 適正運転方法の検討ケース

ケース	水熱源HPの運転モード	水熱源HPの容量制御
Case-0	ベースは冷房モード(2) 放熱完了後は冷房モード(4)	- 要求熱量に対し成り行き
Case-1	ベースは冷房モード(3) 放熱完了後に冷房モード(4)	負荷率25%制御
Case-2	ベースは冷房モード(3) (追掛け優先)(蓄熱シャット無)	負荷率50%制御
Case-3	ベースは冷房モード(3) (放熱優先)(蓄熱シャット無)	- 要求熱量に対し成り行き

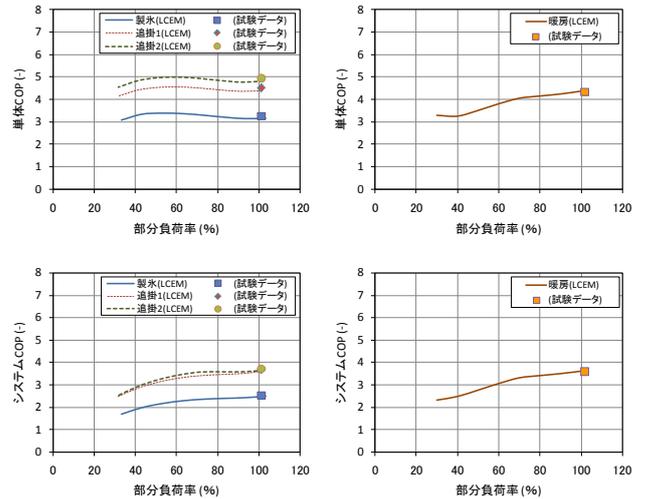


図 4.3 機器承認時の性能検証・評価

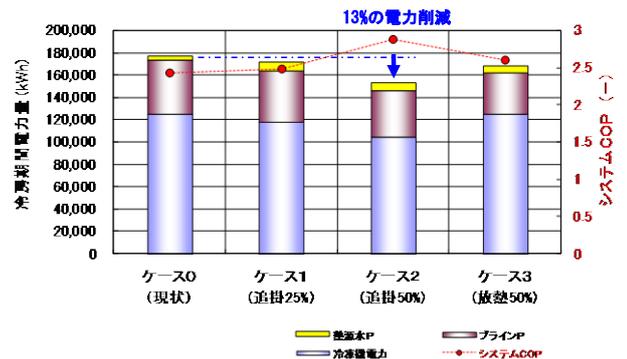


図 4.5 適正運転方法の検討結果

5. 運用段階におけるシステムの性能検証・評価

5.1 代表日の運転状況

図 5.1.1 に計画時の最大冷房負荷日および最大暖房負荷日の熱源運転パターンを示す。

図 5.1.2 に夏季代表負荷日の運転状況を示す。13 時頃のピーク時負荷は 650kW 程度、計画時想定負荷の約 80%と推測される。外調機における井水直接冷却は最大冷房負荷の約 10%（70kW 程度）となっている。熱交換器入口の井水温度は 20℃前後を推移している。なお、放熱時間は、計画時は 10 時間であったが、実運用では立ち上がりと残業時間帯への利用を考慮し 12 時間としている。

図 5.1.3 に冬季代表負荷日の運転実績を示す。暖房最大負荷は約 600kW で、計画時の想定とほぼ一致している。外調機による井水予熱量は全体負荷に対して約 20%となっている。熱交換器入口の井水温度は運転時で 17℃程度である。

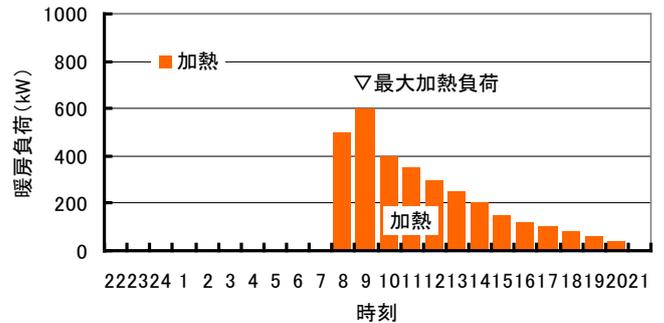
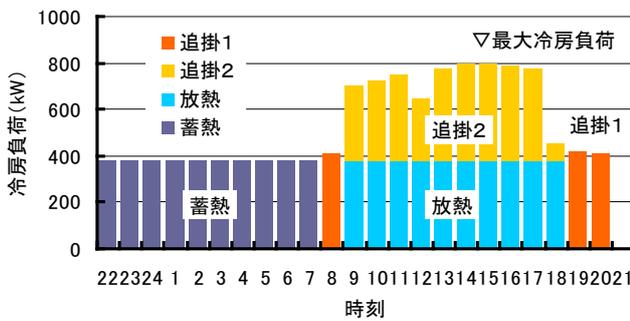


図 5.1.1 計画時の最大負荷日運転パターン

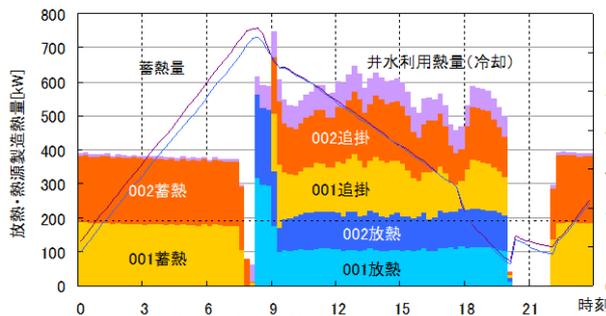


図 5.1.2 夏季代表負荷日(2010年8月10日) 運転状況

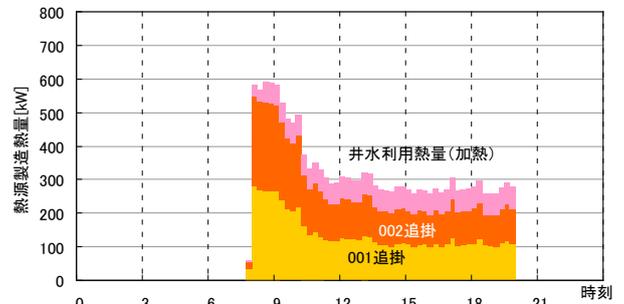


図 5.1.3 冬季代表負荷日(2011年2月15日) 運転状況

5.2 熱源システムの性能検証・評価

1) LCEMツールによる性能検証

施工段階に引き続き、運用段階においてもLCEMツールを用いて熱源システムの性能検証を実施した。図5.2.1に冷房検証期間（2010/7/12～7/18）の熱源システムCOPと負荷率の関係を、LCEMによる計算値と比較して示す。ここで、LCEM計算値は、負荷や熱源水温度の実測値を境界条件としてLCEMツールで計算した値である。なお、補機動力は実測値をそのまま用いている。

中負荷域で若干実測値が計算値を下回る傾向にあるが、高負荷領域から低負荷領域まで概ね合致しており、所定の性能が確保されていることを確認した。

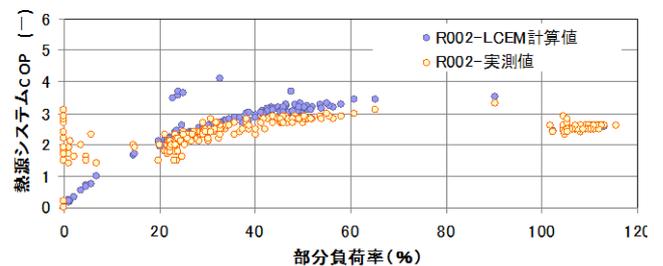
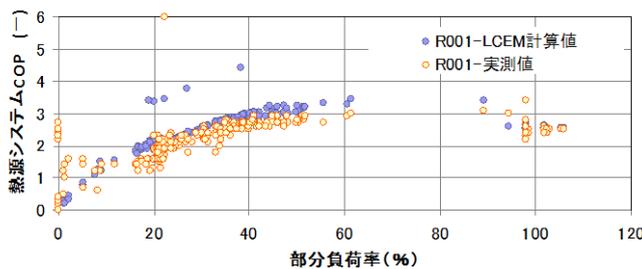


図 5.2.1 LCEM ツールによる熱源システム性能の検証

2) 負荷平準化効果の評価

図 5.2.2 に夏季最大負荷日（2010/8/18）の電力デマンドカーブの実績と、一般的な空冷非蓄熱システムを仮定して試算した電力デマンドカーブとの比較を示す。建物全体の電力ピークは 16 時に発生しており、15～16 時までの電力消費量は 459kWh であった。空冷非蓄熱システムと比較して、電力デマンドの低減は 120kW 程度と推測される。建物全体での低減率は約 20%、熱源システムとしての低減率は約 50%である。

図 5.2.3 に、2010 年夏季冷房熱量デュレーションカーブの負荷分担を示す。蓄熱槽からの放熱量が期間を通じて概ね一定に維持されており、氷蓄熱による夜間移行が意図どおりであることを確認した。

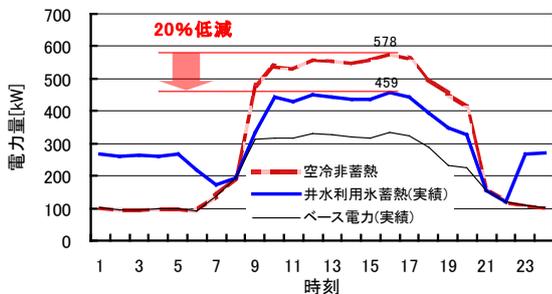


図 5.2.2 夏期代表負荷日(2010年8月10日) 電力デマンドカーブ

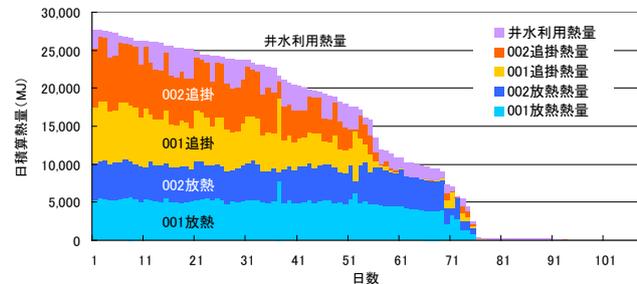


図 5.2.3 冷房熱量デュレーションカーブ 負荷分担(2010/7/1～10/16)

6. 井水による外気処理と井水カスケード利用方式の評価

6.1 井水利用制御方法とカスケード利用の運用比較による実績評価

井水利用システムの制御は、還元井戸のオーバーフロー回避を優先し必要最小限の井水を利用する「節水モード」と、冷凍機のCOP向上を目的として井水は定流量とする「省エネモード」の2モードを設けた。2009年は節水モードによる運用を行ったが、還元井戸のオーバーフローが発生しなかったことから、2010年には省エネモードの運用を行った。また井水カスケード利用の評価を行うために、外調機の井水利用を強制的に停止し、運用比較を行った。表 6.1 および図 6.1.1～3 にこれらのモードを示す。暖房時については加湿器を停止する運用もテストした。運用比較の結果を図 6.1.4 に示す。冷房時・暖房時共、井水システム COP³⁾ はパターンBの省エネモード・カスケード利用が有利であることが確認された。また省エネモードにおいても、汲み上げた井水を全量還元可能であることが確認され、検証以後は省エネモードを基本に運用を行うこととしている。

表 6.1 井水運転モード

	外調機井水コイル利用 (カスケード利用)	外調機井水コイル停止 (バイパス)
節水モード	パターンA (2009年の運用)	パターンC (未実施)
省エネモード	パターンB パターンB ^{*)} (加湿器停止：暖房時)	パターンD

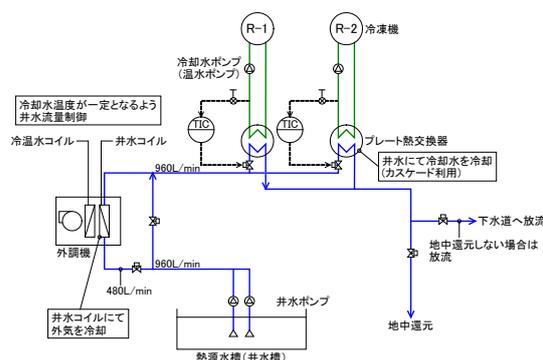


図 6.1.1 井水運転モード (パターン A)

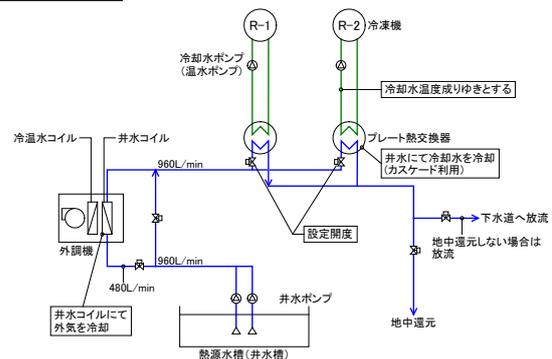


図 6.1.2 井水運転モード (パターン B)

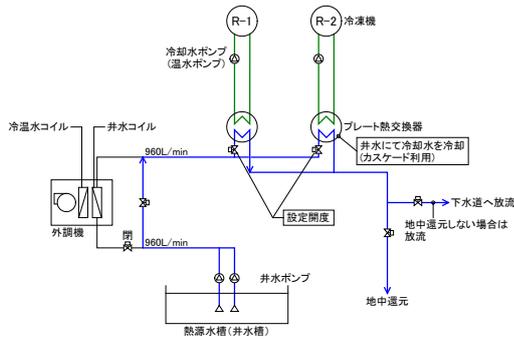


図 6.1.3 井水運転モード (パターンD)

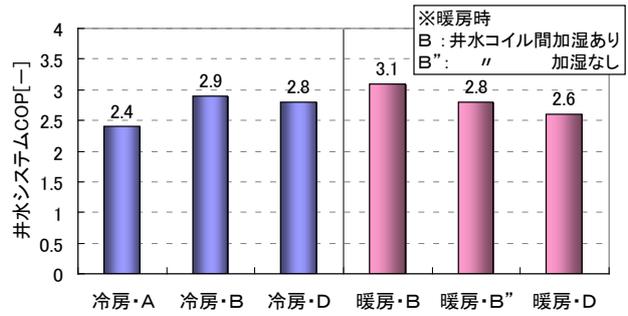


図 6.1.4 井水システム COP 比較

6.2 外調機における2段加湿方式の評価

図 6.2.1 に外調機のコイル構成図を示す。井水コイルは 2 台としており、2 台の井水コイル間に気化式加湿器を設置した。冬季は 1 段目の井水コイルで加熱された外気を気化式加湿器により一旦加湿冷却することで、2 段目の井水コイルにおける水側と空気側のアプローチを確保し、加熱量を増加させる効果を期待したものである(図 6.2.2)。この効果を確認するため、加湿を運用した場合 (パターンB) と停止した場合 (パターンB') の試験結果を図 6.2.3 に示す。井水コイル加熱量は加湿器停止時 1,490MJ/日に対し、加湿器運用時では 2,781MJ/日と約 1.9 倍となり、井水コイル間の加湿器の運転により井水コイル加熱量が大幅に増加することが確認され、井水コイル間加湿の有効性が確認できた。なお、当外調機においては後段で冷温水コイルによる給気温度制御を行っており、吹出空気の乾球温度は一定に保たれる。加湿の有無により外調機の全加熱量の差異が見られるが、これは主に加湿による潜熱分の差を示している。

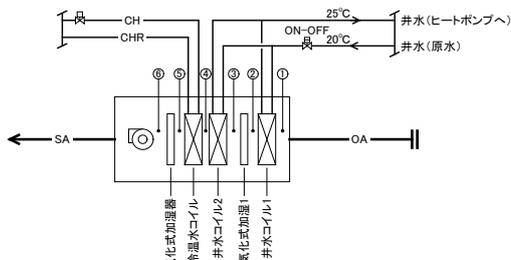


図 6.2.1 外調機構成図

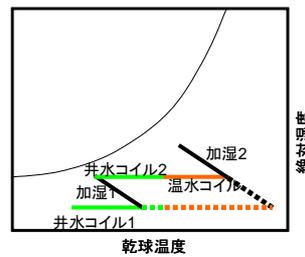


図 6.2.2 外調機 2 段加湿の概要

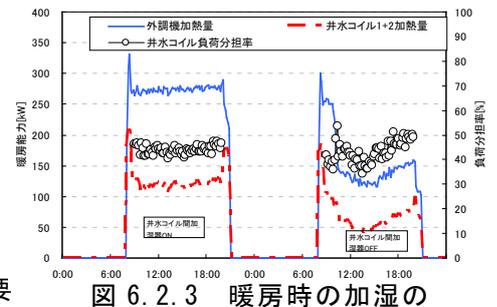


図 6.2.3 暖房時の加湿の有無による比較

7. 年間運転実績の評価

7.1 冷暖房負荷と電力消費量、井水システムCOP

井水システム COP 実績を図 7.1.1 および図 7.1.2 に示す。井水システム COP は夏季冷房時 2.7 程度となったが、秋季は蓄熱率が高いこともあり 2.0 程度となっている。暖房時については 2.5~3.3 程度であった。図 7.1.3 および図 7.1.4 に 2009 年 9 月~2010 年 8 月の 1 年間の熱負荷に対する供給内訳を示す。冷房負荷は 56%を蓄熱槽からの放熱、33%を追掛運転にて分担しており、熱源に対する冷房負荷の 63%を夜間移行している。外調機の井水コイルによる処理熱負荷は冷房時 11%、暖房時 13%となっている。

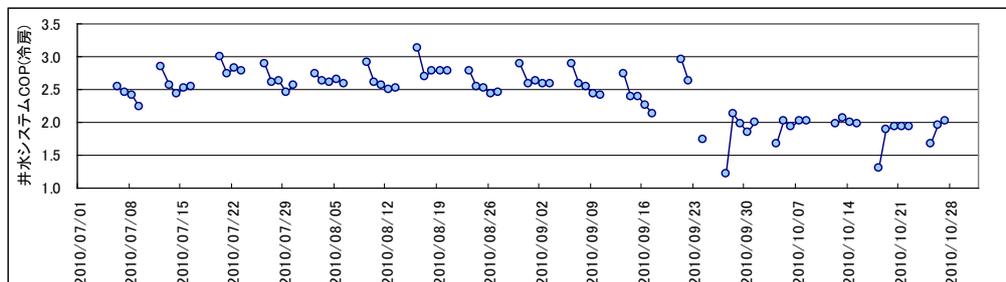


図 7.1.1 冷房時井水システム COP

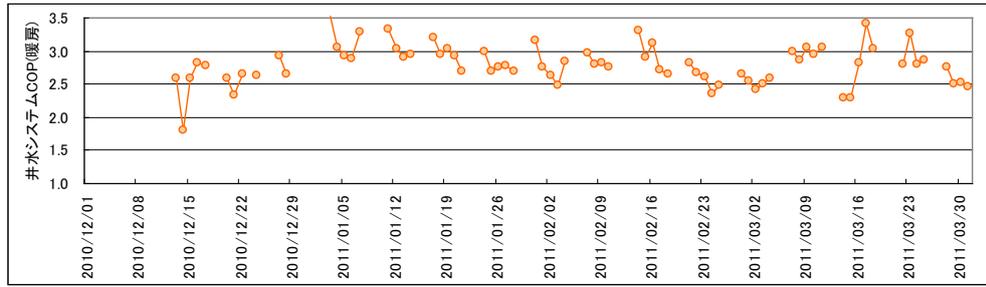


図 7.1.2 暖房時井水システム COP

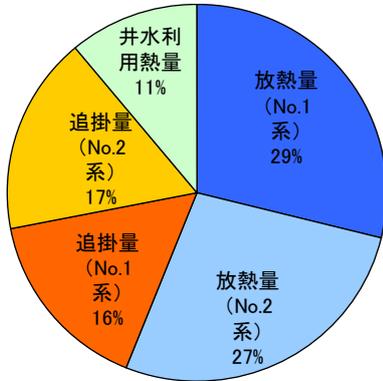


図 7.1.3 冷房負荷分担

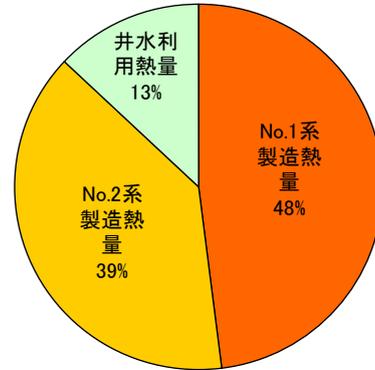


図 7.1.4 暖房負荷分担

7.2 井水利用による省エネルギー効果の推定

図 7.2.1 および図 7.2.2 に改修後の代表日の実績消費電力量および、空冷の氷蓄熱システムにおける消費電力量試算結果との比較を示す。井水システム COP は冷房期で 2.8、暖房期で 3.2、空冷システム COP は冷房期で 2.4、暖房期で 2.6 となり、いずれの時期においても本井水利用システムの方が高い値となった。

消費電力量内訳では、補機動力では井水システムは空冷システムより大きくなっているが、主機の消費電力量が大幅に削減されシステム全体の効率が高くなっており、冷房時は約 13%、暖房時は約 20%の省エネルギーであるといえる。

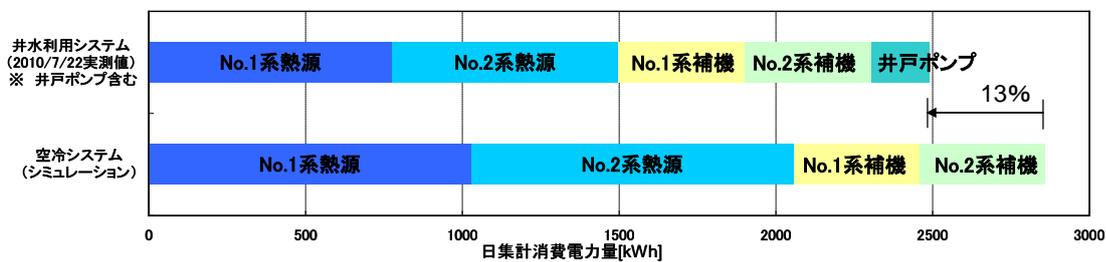


図 7.2.1 冷房時消費電力比較(実績および比較システム試算)

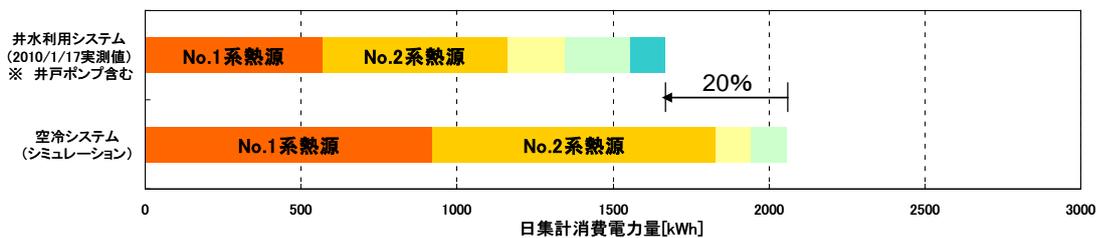


図 7.2.2 暖房時消費電力比較(実績および比較システム試算)

8.まとめ

今回の井水を活用した熱源・空調システムの改修計画と実施により、次のことを実現した。

- 蓄熱システムと井水カスケード利用方式による井水大温度差システムを採用することにより、電力および井水の負荷平準化を図り、かつ懸念であった還元井戸のオーバーフローを解消した。
- 井水を外調機と熱源機へ利用するカスケード利用方式の年間での省エネルギーに有効な井水運転モードを特定した。さらに、外調機における暖房時の加熱方式として2段加湿方式を採用し、その効果を検証した。
- 空冷蓄熱システムとの比較から、井水利用システムによる熱源の高効率化を推定した。
- 施工段階から運用段階に至る過程において、ライフサイクルエネルギーマネジメント(LCEM)ツールを活用し、熱源システムの性能検証・評価を行った。この結果は、運用段階での適正運転方法の検討にも利用してきた。

本建物では、昭和12年の建物竣工当時から井水利用ヒートポンプシステムを採用し、竣工以来井水利用を続けてきた歴史がある。約10,000 m²のビルの全館冷暖房熱源として、揚水井戸1本(2本を切り替え使用)、還元井戸1本で賄うことができしており、井水を持つポテンシャルは大きいと言える。また排熱を直接大気に放出しないことにより、ヒートアイランド負荷抑制効果も期待できる。

今後も、未利用エネルギーである井水を活用して省エネルギー性の高い熱源システムの運用を行っていく。

- 1)国土交通省大臣官房官庁営繕部 空気調和システムのライフサイクルエネルギーマネジメント(LCEM)ツール
- 2)システム COP:HPの製造熱量(MJ)/主機+補機電力量(kWh)/3.6 補機は熱源水ポンプとブラインポンプ
- 3) 井水システム COP は、各運転モード実施中の(製造熱量+外調機井水コイル処理熱量)/(熱源電力消費量+井戸ポンプを含む補機電力消費量)を示す。

<参考文献等>

- 1) 柴田, 林, 山口, 丹羽, 奥宮 : ライフサイクルエネルギーマネジメントのための空調システムシミュレーション開発 (第25報) 施工段階におけるライフサイクルエネルギーマネジメントの試行(1) 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2009.9
- 2) 柴田, 光野, 田口, 丹羽, 奥宮 : ライフサイクルエネルギーマネジメントのための空調システムシミュレーション開発 (第30報) 施工段階におけるライフサイクルエネルギーマネジメントの試行(2) 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2010.9
- 3) 岸本, 木虎, 中田 : 井水熱源氷蓄熱システムにおける性能検証・評価に関する研究 (第1報) 建物・システム概要と評価結果, 空気調和・衛生工学会 近畿支部研究発表会 2010.3
- 4) 岸本, 木虎, 中田, 下田, 永恵 : 井水熱源氷蓄熱システムにおける性能検証・評価に関する研究 (第2報) 井水最適利用に向けた取り組み改善策とその結果, 空気調和・衛生工学会 近畿支部研究発表会 2011.3
- 5) 岸本, 木虎, 中田, 下田, 松島 : 井水熱源氷蓄熱システムにおける性能検証・評価に関する研究 (第1報) 改修前後の熱源システム概要と井水まわりの性能検証結果 (第2報) 改修後の性能検証結果 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2011.9 掲載予定
- 6) 木虎, 岸本, 中田, 下田, 小上 : 井水熱源氷蓄熱システムにおける性能検証・評価に関する研究 (第1報) 改修前後の熱源システム概要 (第2報) 井水熱源システムの性能評価 日本建築学会学術講演梗概集 2011.8 掲載
- 7) 丹羽, 田口 : 平成21年度 経済産業省 電力負荷平準化対策推進事業 官公庁施設向け 建築設備基準に基づくヒートポンプ・蓄熱システムセミナー 「LCEMを用いた蓄熱式空調システムのケーススタディについて」 2009.11.13 講演
- 8) 木虎 : 「地下水などを用いたヒートポンプ採用事例」 平成22年度空気調和・衛生工学会近畿支部一般講習会 「未利用エネルギー活用の可能性」 2010.11.17 講演
- 9) 田口 : 「設計・施工段階におけるLCEMツールの活用事例」 平成23年度 空気調和・衛生工学会近畿支部 環境工学研究会 2011.6.24 講演

謝辞

性能評価にあたり、大阪大学下田吉之教授ならびに株式会社日建設計、高砂熱学工業株式会社大阪支店、株式会社日建設計総合研究所の関係者の方々に多大なるご尽力とご指導をいただきました。この場を借りて謝意を表します。