

ヒートポンプ・蓄熱システム 運転管理等の改善事例

図5 一次エネルギー消費原単位の実績値推移

- 2020年度(一年目)の一次エネルギー消費原単位の実績値は495MJ/m²・年(基準値より▲58%)であり、設計性能(同▲50%)を大きく上回る省エネルギー性能を確認
- その後、様々な運用改善を積み上げた2022年度(三年目)には407MJ/m²・年(同▲65%)と一年目からさらに17%削減することができた

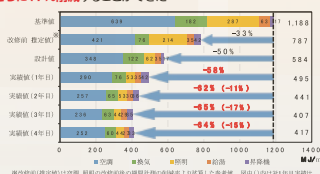


図2 ZEBを実現するための採用技術



図2 改修およびチューニングの流れ

- 設計原単位の把握とリニューアル効果を検証するため、設計着手前に事前計測を実施
- 改修竣工後、5年間にわたりデータ検証と設定調整を実施

⇒関係者が協働し、9年間を通して蓄熱を活用した徹底的な省エネルギーに挑戦

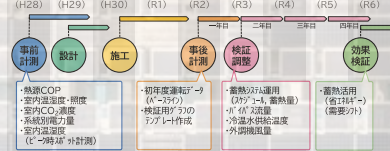
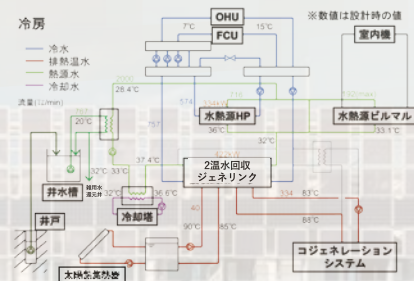


図4 複合エネルギー熱源システム2



第22回（2025年度）

最優秀賞

- 【東京電力東尾久ビル本館】…………… 1
東電東尾久ビル本館の既存蓄熱槽を活用したリリニューアルZEB
東京電機大学（株）森村設計 芝工業(株)
東京電力ホールディングス(株)

優秀賞

- 【愛知県環境調査センター・愛知県衛生研究所】…………… 3
複合エネルギー熱源システムの運用改善と
エネルギーサポートセンターによる『ZEB』の達成
大成建設(株) 大成有楽不動産(株) 愛知県環境調査センター

奨励賞 ※掲載なし

- 【東京都市サービス株式会社 宇都宮市中央地区熱供給センター】
熱供給プラントのヒートポンプ熱源設備更新等による
全体の効率向上
東京都市サービス(株)

第21回（2024年度）

最優秀賞

- 【虎ノ門エネルギーネットワーク 虎ノ門第1プラント】…………… 5
蓄熱槽を有するプラントにおける機能性能検証および
AI活用による運用改善
東京都市サービス(株) 東京電力エナジーパートナー(株)
森ビル(株) 虎ノ門エネルギーネットワーク(株)

優秀賞

- 【早稲田大学 戸山キャンパス37号館 早稲田アリーナ】…………… 7
ZEB実現に向けた未利用熱利用蓄熱システムの運用改善と
施設利用者による評価
(株)山下設計 清水建設(株)
早稲田大学 (株)早稲田大学プロパティマネジメント

優秀賞

- 【蘭越町交流促進センター幽泉閣】…………… 9
排湯熱利用水熱源ヒートポンプ導入に伴う排湯熱利用システム改善
池田煖房工業(株) (有)長澤設備
(株)有我工業所 蘭越町

奨励賞 ※掲載なし

- 【JRE 東五反田一丁目ビル】
既存オフィスビルにおける設備容量適正化によるZEB化改修事例
(株)三菱地所設計 ジャパンリアルエステイトアセットマネジメント(株)

奨励賞 ※掲載なし

- 【新宿三丁目イーストビル】
氷蓄熱・空冷チラー熱源最適制御＋冷温水2次ポンプインバータ
最適制御による省エネルギーの実現
東京電力エナジーパートナー(株) 東洋熱工業(株)
新宿三丁目イーストビル管理運営会

奨励賞 ※掲載なし

- 【株式会社イシイフーズ】
A重油焚きボイラから産業用エコキュートへ変更による
省エネ改善例
四国電力(株) 四電エンジニアリング(株)
(株)前川製作所 (株)イシイフーズ

努力賞 ※掲載なし

- 【九州工場 B棟 生産冷却水システム改修工事】
生産冷却水の熱源空冷化における高効率運転システムの改善事例
ダイダゲン株式会社 熊本支店 営業課
(株)アルバック

第20回（2023年度）

優秀賞

- 【味の素冷凍食品株式会社 九州工場】…………… 11
ヒートポンプによるボイラー給水加温
MDI(株) 味の素冷凍食品(株) 九州工場

優秀賞

- 【テラスモール松戸】…………… 13
氷蓄熱システムの運用改善による負荷平準効果の拡大と
運転効率の向上
日本ファシリティ・ソリューション(株) 住友商事(株)

優秀賞

- 【株式会社NHD farm】…………… 15
生乳の廃熱を回収する自然冷媒型ヒートポンプ給湯システムの導入
及び運用改善
合同会社ほっかいどう新エネルギー事業組合
(株) NHD farm

奨励賞 ※掲載なし

- 【今西しめじ】
除湿しない冷却システムによる大幅な省エネ効果の向上
四国電力(株) (株)前川製作所
今西しめじ

奨励賞 ※掲載なし

【コクヨ品川オフィス（THE CAMPUS）南館】

水蓄熱式空調システムの運用改善によるライブオフィスへの効果

東京電力エナジーパートナー（株） 東洋熱工業（株）

コクヨ（株）

奨励賞 ※掲載なし

【銀座5・6丁目地区熱供給センター】

INV ターボ冷凍機冷水流量固定化による効率向上

東京都市サービス（株）ファシリティマネジメント本部第1セクター

東京都市サービス（株）ファシリティマネジメント本部

第19回（2022年度）

最優秀賞

【東京スカイツリー® 地域熱供給施設】…………… 17

無薬注型防食システム導入による蓄熱槽水の水質改善

（株）東武エネルギーマネジメント 新菱冷熱工業（株）

優秀賞

【JA北海道厚生連帯広厚生病院】…………… 19

熱回収ヒートポンプの運用改善によるシステムCOPの向上

日本ファシリティ・ソリューションズ（株）

優秀賞

【古河電池株式会社いわき事業所】…………… 21

投げ込み式ヒーターから高効率ヒートポンプへの省エネルギー

改修事業

クラフトワーク（株）

古河電池（株）

奨励賞

【中国電力株式会社 小町1号館】…………… 23

水蓄熱系統熱交換器廻り制御改修等による水蓄熱槽温度状況改善

中国電力（株）管財部門（建築）

中国電力（株）管財部門（用地・管財）

第18回（2021年度）

優秀賞

【第三共同ビル】…………… 25

水蓄熱システムの稼働率向上に繋がったFCU流量制御の

調整とその効果

東京電力エナジーパートナー（株） 東洋熱工業（株）

（株）NHKビジネスクリエイト （株）白洋舎

優秀賞

【東京スカイツリー® 地域熱供給施設】…………… 27

ヒーティングタワーヒートポンプシステムの運用改善

新菱冷熱工業（株）

（株）東武エネルギーマネジメント

奨励賞

【株式会社一の坊リゾート ゆと森倶楽部】…………… 29

温泉廃熱利用ヒートポンプシステムと既存ボイラーとの連動による

省エネ及び高効率化の改善事例

クラフトワーク（株） （株）東北開発コンサルタント

（株）一の坊リゾート

奨励賞

【アルバック九州 G棟】…………… 31

生産冷却水熱源更新とシステム運用の見直しで高効率化の達成

ダイダゴン（株）

アルバック九州（株）

第17回（2020年度）

優秀賞

【総合病院土浦協同病院エネルギーサービス事業】…………… 33

利用者満足度向上を見据えたヒートポンプ・蓄熱システムの

空調運用改善とその評価

日本ファシリティ・ソリューション（株） 武蔵野大学

茨城県厚生農業協同組合連合会 総合病院 土浦協同病院

優秀賞

【虎ノ門ヒルズ】…………… 35

虎ノ門ヒルズにおける蓄熱システムおよび熱回収HPシステムの

運用改善

（株）日本設計 新菱冷熱工業（株）

森ビル（株）

奨励賞

【名古屋東急ホテル】…………… 37

水蓄熱システムの有効活用によるランニングコストとCO₂削減

（株）名古屋東急ホテル（東急ファシリティサービス（株））

中部電力ミライズ（株）

（株）名古屋東急ホテル

奨励賞	
【大成札幌ビル】	39
継続的な運用改善による省エネ性能の向上とZEB Readyの実現	
大成建設(株) 大成有楽不動産(株)	
大成建設(株) 札幌支店	

奨励賞	
【赤坂エイトワンビル】	41
蓄熱・個別併用空調システムの運用改善による運転最適化	
東京電力エナジーパートナー(株) 東京都市サービス(株)	
(株)美松	

奨励賞	
【後楽事業所地域冷暖房施設再構築その2工事】	43
下水熱統合システムによるプラントCOPの改善	
東京下水道エネルギー(株) 技術部 (株)三菱地所設計	
東京下水道エネルギー(株)	

第16回(2019年度)

優秀賞	
【ミツカングループ本社ビル】	45
既存ストックの創意工夫による蓄熱リノベーション	
(株)石本建築事務所 中部電力(株)販売加パニー法人営業部	
中部電力(株)土木建築室 愛知工業大学	
(株)Mizkan Holdings ((株)中埜酢店)	

優秀賞	
【中野坂上サンブライトツイン】	47
水蓄熱を含む複合熱源システムの運用改善による運転最適化	
大成(株) 東洋熱工業(株) 東京電力エナジーパートナー(株)	
中野坂上サンブライト管理組合	

ヒートポンプ・蓄熱システムの最適運用のポイント	53
ヒートポンプ・蓄熱システムに関する各種研究会のご案内	54
第1回(2004年度)～第15回(2018年度)受賞件名一覧	54

奨励賞	
【名古屋都市エネルギー(株)SL24DHCエネルギーセンター】	49
未利用エネルギーである下水再生水(高度処理水)による 省エネルギーと運用改善	
名古屋都市エネルギー(株)技術部SL24DHCエネルギーセンター	
名古屋都市エネルギー(株)技術部 名古屋都市エネルギー(株)	

奨励賞	
【山田食品産業(株)入間工場】	51
製麺工程急速冷却装置の改修	
(株)関電エネルギーソリューション 山田食品産業(株)	

当センターでは2004年度より、ヒートポンプ・蓄熱システムの運転管理に携わる方々への更なる啓発を促すとともに、蓄熱システムの環境性はもとより電力負荷平準化や省エネルギー、経済性等の一層の向上を目的として、ヒートポンプ・蓄熱システムの運転管理・運用およびそれに基づく設備の改良などにより改善に効果があった事例を広く募集し、その開発や改善プロセスにおける努力に対して評価・表彰してまいりました。

また、東日本大震災の影響を踏まえて2012年度からは新たに、ヒートポンプ・蓄熱システムの運用によるピーク電力削減や非常災害時の対応などの有効活用事例についても評価・表彰を実施しています。

その後、エネルギー基本計画に基づく長期エネルギー需給見通しにより大幅な温室効果ガス削減目標が示されたことを踏まえて、2016年度からは未利用エネルギーを活用したヒートポンプシステムの運用改善事例についても評価・表彰を実施しています。

本冊子はヒートポンプ・蓄熱システム運転管理等の改善事例で過去に受賞された事例をまとめたものです。運転管理に携わる設計・施工技術者や運転管理者の方々への一助となれば幸いです。

ヒートポンプ・蓄熱システム運転管理等の改善事例について

公募（Ⅰ）

「ヒートポンプ・蓄熱システム運転管理等の改善事例」（2004年度～）

ヒートポンプ・蓄熱システムは、設計段階における機器やシステムの適切な選択はもとより、設置された蓄熱システムが常に最適の状態で運転されるよう、維持・改善活動を進めていくことが極めて重要です。このため、運転管理に携わる方々への更なる啓発を促し、蓄熱システムの一層の向上に資することを目的として、ヒートポンプ・蓄熱システムの運転管理・運用およびそれに基づく設備の改良などにより改善に効果があった事例を募集し、その開発や改善プロセスにおける努力に対して当センターが評価、および表彰いたします。

公募（Ⅱ）

「ヒートポンプ・蓄熱システム運用によるピーク電力削減等の対応事例」（2012年度～）

東日本大震災にともない、非常時の対応としてのヒートポンプ・蓄熱システムの有効性が見直されています。そこでピーク電力削減の運用事例や非常災害時の対応などといったヒートポンプ・蓄熱システムの有効活用例を広く紹介し、普及させることを目的として、独創性や新規性があるものや導入が容易で他の設備への波及効果が見込まれる事例に対して当センターが評価、および表彰いたします。

2016年度より、公募（Ⅰ）、（Ⅱ）を一つにして、
未利用エネルギー活用ヒートポンプシステム
を追加

公募

「ヒートポンプ・蓄熱システム運転管理等の改善事例」

「ヒートポンプ・蓄熱システム運用によるピーク電力削減等の対応事例」

「未利用エネルギーを活用したヒートポンプシステムの運用改善事例（2016年度～）」

ヒートポンプ・蓄熱システムによる省エネルギー、環境性、経済性に資する電気の需要の平準化の一層の推進と運転管理に携わる方々へのさらなる啓発を促すことを目的として、ヒートポンプ・蓄熱システムの運転管理・運用およびそれに基づく設備の改良等により効果があった事例、ピーク電力削減等の対応事例を募集します。

また、パリ協定で約束した大幅な温室効果ガス削減目標を達成するためには、さまざまな省エネルギー対策に加え、未利用エネルギーを積極的に活用するシステムも導入し、それらを最適な状態で維持・運用する必要があります。このような情勢を鑑み、ヒートポンプ・蓄熱システムの運転改善事例、ピーク電力削減等の対応事例及び未利用エネルギーを活用したヒートポンプシステムの運用改善事例を表彰対象として、公募を行います。

令和7年度（2025年度）運転管理等の改善事例 最優秀賞

東京電力東尾久ビル本館

東京電力東尾久ビル本館の既存蓄熱槽を活用したリニューアルZEB

受賞者 発表者：東京電力ホールディングス株式会社 技術戦略ユニット
土木・建築統括室 スペシャリスト 久保井 大輔氏
申請者：学校法人東京電機大学、株式会社森村設計、芝工業株式会社
設備オーナー：東京電力ホールディングス株式会社

ZEBにおけるBEI値評価とさらなる省エネを目指して

東京電力東尾久ビル本館は、東京電力グループで初めてのZEB建物で築40年を超えた自社ビルであり、新築時から省エネ性能の高い建物として計画していた。延べ床面積が約5,700㎡の中規模の事務所建物で、蓄熱式のセントラル空調方式を採用している（写真1）。2018～19年度にかけて大規模な設備改修を行い、既存蓄熱槽を活用したリニューアルの結果、ZEB Ready（BEI 0.50）を実現した。今回はその事例について発表する。

リニューアル後、ZEB建物のさらなる省エネルギー化を実現したいと考え、長期間にわたるデータ収集とチューニングを行ってきた。本取り組みの目的と成果を示す（図1）。初年度の2020年度は、BEI 0.42（▲58%）と設計値のBEI 0.50をクリアしていたが、さらなる省エネを目標にさまざまな取り組みを実施し、2022年度にはBEI 0.35（▲65%）と初年度からさらに▲17%の省エネを実現した。BEI改善の主な要因は、ヒートポンプチャラーと蓄熱システムの運用最適化と空気搬送系の省エネ改善による。

改修およびチューニングの流れを年表にまとめた（図2）。2016年度から改修計画に着手し、2019年度末に改修が完了して以降、データ計測および運用改善に取り組み、室内快適性を確保しながら設定調整を重ねてきた。

冷温水の二温度同時供給システムを構築

リニューアルに際しては、蓄熱を活用した潜顕熱分離空調を実現したいと考え、既存の冷温水槽220tを活用することとした。ヒートポンプチャラーからの直接送水と蓄熱槽からの送水により2つの温度帯の冷水または温水を同時に供給でき、外調機と各階空調機（内調機）を直列に接続することで、冷房時は潜顕熱分離空調、暖房時は2段階の加熱・加湿を可能とした。これにより冷温水の供給温度を緩和でき、省エネにつながると考えた（図3）。

既存蓄熱槽を活用し、冷温水配管回路の工夫により直送系統と蓄熱系統を切り替えられる二温度冷温水供給システムを構築した（図4）。夏期は、夜間に低温冷水（6℃）を蓄熱し、外

写真1 東京電力東尾久ビル本館概要

所在地	東京都荒川区
建築面積	約708㎡
延床面積	約5,693㎡
建物階数	地上9階、地下1階
用途	事務室、会議室、通係系諸室、食堂
空調方式（改修後）	蓄熱式セントラル空調方式 一次側：空冷ヒートポンプチャラー（AHP）※30℃付近 二次側：外調機（OHU）+各階空調機（AHU）※同時使用室はバックアップ空調機（PAC） 蓄熱槽：冷温水槽220m³
構造	SRC造
竣工年月	1980年2月
改修年月	2020年3月

図1 本取り組みの目的と成果

- 築40年超の東京電力東尾久ビル本館において、2018～19年度にかけて大規模な設備改修を行い、リニューアルでのZEB Readyを実現した。
- 同建物は東京電力グループ「初」となるZEB建物であり、設計値の“BEI=0.50”が実際に達成されているのか、建物性能の検証を行うこととした。
- 併せて、ZEB建物のさらなる省エネルギー化を実現するため、長期にわたるデータ収集・分析と設定調整（チューニング）に取り組んだ。

取り組みの目的と成果

- ① BEI実績値の把握 ⇒ 2020 BEI 0.42（▲58%）、2022 BEI 0.35（▲65%）
- ② BEIの更なる削減 ⇒ 主に熱源システム及び空気搬送系の省エネルギー化を実施
- ③ 蓄熱の新たな活用方策の実証 ⇒ 蓄熱システムを活用した省エネルギー及び需要シフトを検証
- ④ 快適な室内熱環境の確保 ⇒ 窓回り実測・アンケート等から室内の快適性確保を確認

図2 改修およびチューニングの流れ

- 設計原単位の把握とリニューアル効果を検証するため、設計着手前に事前計測を実施
 - 改修竣工後、5年間にわたりデータ検証と設定調整を実施
- ⇒ 関係者が協働し、9年間を通して蓄熱を活用した徹底的な省エネルギーに挑戦

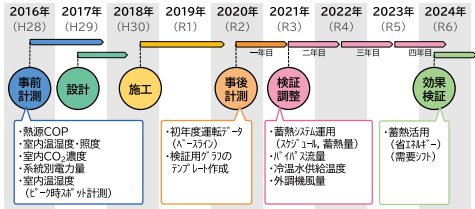
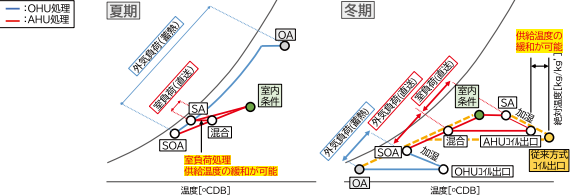


図3 空調負荷処理計画

- 蓄熱を活用した潜顕熱分離空調の実現により省エネルギー性能の向上を計画
- 外気処理を行うOHUと、室内負荷処理を行うAHUを直列に配置
- 熱源システムから二つの温度帯の冷水又は温水が同時に供給されるものとして、冷房時は潜顕熱分離処理、暖房時は二段階加熱・加湿に対応可能

空調負荷処理の概念図



調機には昼間、蓄熱槽から低温冷水を供給する。内調機には昼間、送水温度を緩和した冷水(9℃)をヒートポンプチラーから直接送ることで、空調システム全体での省エネ化が図れる。

冬期は、二段階加温・加湿により温水供給温度を35℃程度まで緩和しても十分に暖房ができるということで、蓄熱を上手く活用した省エネルギーな空調システムを構築することができた。

一次エネルギー消費原単位の実績値推移

一次エネルギー消費原単位の実績値推移を見ると、設計値は584MJ/m²・年と基準値に対して50%削減であるが、初年度の495MJ/m²・年(58%削減)をベースとして、さまざまなチューニングを施すことで省エネを積み上げた(図5)。3年目には初年度からさらにエネルギーを17%削減することができ、基準値に対して65%削減となった。4年目以降はヒートポンプと蓄熱を活用したさらなる省エネや需要シフトの検証にも取り組んだ。

どのような運転改善をしたのか具体的な内容を表にまとめた(図6)。青が夏期の取り組み、オレンジが冬期、緑がその他システム改善となっている。

冬期は、気温が高い時に温水を製造する方がヒートポンプの効率が良いため、チラーの運転を昼間にシフトして蓄熱を行っている。夏期は、従前どおり夜間に冷水を蓄熱し、昼間に蓄熱槽から冷水を供給する運用を行っている。また、昼間の外気温度が25~30℃程度の時に送水温度を緩和(6→9℃)するとヒートポンプのCOPが向上することから、直送運転を併用している。

省エネルギーと電気需要最適化の両立に関する検証

図7は、2024年度の冬期昼間に蓄熱運転を行った際のグラフである。弊社管内の再エネ発電量が緑色、黒い線が電力需要を示しているが、冬場のため朝の立ち上がり時に電力需要のピークが来ている。昼間にかけて電力需要は徐々に下がる一方、再エネ発電量は増加している。そこでこの再エネ余剰を無駄にしないようにヒートポンプを昼間に運転することで電力需要を創出する(上げDR相当)。蓄熱槽があるため安定的に運転することができ、また外気温度も高いことからシステムCOPは20%程度向上した。また、創出したデマンドはこの時34.6kWh/hと、建物の最大デマンドに対して20%程度となった。再エネ発電がある冬期昼間において、蓄熱とヒートポンプをうまく活用することで省エネと電気需要の最適化が両立できるということを検証できたと思う。

以上のようにリニューアブルZEBの実現に加えて、蓄熱と二温度供給システムにより空調負荷に対して柔軟に対応することで、さらに省エネルギー性を高めることができた(図8)。蓄熱とヒートポンプを活用することで省エネ化を図りつつ、電気需要の最適化にも貢献できるため、この組み合わせを今後もさらに活用していきたい。また、その実績を発信することで、広く社会の省エネおよび電気需要最適化の実現に貢献していきたいと考えている。

図4 既存蓄熱槽を活用した二温度冷水供給システム

- 既存蓄熱槽を活用して、冷温水配管回路の工夫により直送回路と蓄熱回路を切り替えることで、**二つの温度帯の冷水または温水を同時に供給可能なシステムを構築**
- AHPの地上配置化、蓄熱槽二次側に水熱交換器を新設して閉回路化、ポンプ類の変流量制御化などにより、徹底した搬送動力の削減を目指した

空調一次側システム
(改修後)

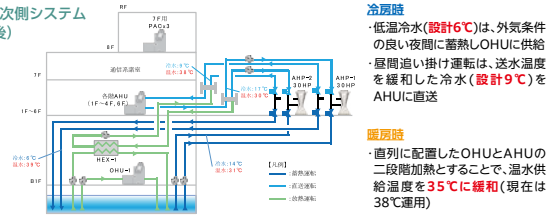


図5 一次エネルギー消費原単位の実績値推移

- 2020年度(一年目)の一次エネルギー消費原単位の実績値は**495MJ/m²・年(基準値より▲58%)**であり、設計性能(同▲50%)を大きく上回る省エネルギー性能を確認
- その後、様々な運用改善を積み上げた2022年度(三年目)には**407MJ/m²・年(同▲65%)**と一年目からさらに**17%削減**することができた

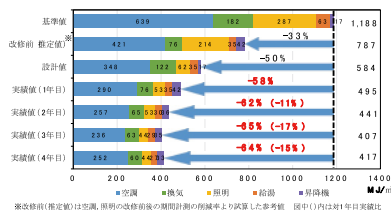


図6 主なチューニングの全体像

項目	時期	着眼点・改善点	設定調整の内容	対象	期間	効果	評価方法
熱源設備	① 夏期	・休日蓄熱運転のCOPが低い	・蓄熱を日曜日の夜間に限定 ・土曜運転を取りやめ	熱源 AHP-1,2	2020/08/01~10/19 2022/08/01~10/19 ※7月~10月実施	2020年 年比 -3.3%	調整前後の蓄熱槽システムCOP向上を評価 ※負荷一定と仮定
	② 秋・冬期	・熱源の直送管路試験の結果、最低流量を下回る時間が多くCOPが低い	・蓄熱を日・夜間の昼間に変更 ・熱源出口温度を緩和	熱源 AHP-1,2	2020/10/20~11/23 2022/10/25~11/23	2020年 年比 11%向上	
	③ 冬期	・最低流量を上回る期間、外気温が低い	・直送を優先運転 ・蓄熱を日・夜間の昼間に限定 ・蓄熱は外気温への関係に限定 ・外気温が25℃以上になると、空調機の負荷処理比率を高める	熱源 AHP-1,2	2020/11/24~12/23 2022/11/24~12/23	2020年 年比 11%向上	
	④-1 冬期-1	・外気温低下に伴い負荷の増加が見られることから運用の変更が必要	・蓄熱を日・夜間の昼間に限定 ・外気温が25℃以上になると、空調機の負荷処理比率を高める	熱源 AHP-1,2	2020/12/24~01/23 2022/12/24~01/23	2020年 年比 6%向上	
	④-1α 冬期-1α		上記を原則として ・蓄熱の予備運転を通知	熱源 AHP-1,2	2021/01/24~02/08 2022/01/24~02/08	2020年 年比 8%向上	
	④-2 冬期-2		上記を原則として ・蓄熱の予備運転を取りやめ ・外気温が25℃以上になると、空調機の負荷処理比率を高める	熱源 AHP-1,2	2021/02/09~02/24 2022/02/09~02/24	2020年 年比 5%向上	
	⑤ 冬期	・熱源増設設備のヘッド側パイプによりCOPが低下	・熱源増設設備のヘッド側パイプを短縮 ・ポンプ駆動装置の変更	熱源 AHP-1,2	2020/08/01~10/19 2022/08/01~10/19 ※7月~10月実施	2020年 年比 7%向上	
	⑥ 空気搬送設備	・外気ファンがフルロード運転し搬送能力が低下 ・外気ファンがフルロード運転し搬送能力が低下により、ファン出力が引き上げられている	・会議室等の待機時定常CAV制御不足を解消 ・外気ファンがフルロード運転し搬送能力が低下により、ファン出力が引き上げられている	外気ファン OHU-1	2021/09/01~01/31 2022/09/01~01/31	2021年 年比 ▲41%	
						同様のOHU-1を比較 消費電力を比較	

図7 省エネルギーと電気需要最適化の両立に関する検証結果

- 週間で蓄熱量を満たす蓄熱運転のスケジュール調整を行い、電気需給を考慮した日中への需要シフトによる電気需要最適化への効果について検証を行った
- 冬期の日にAHP運転を移行することで**AHPのCOP・SCOPが16~22%向上、期間消費電力量が18~33%削減**される省エネルギー効果を確認
- 平日の再エネ発電がある日中において、高負荷暖房時は**平均34.6kWh/hの需要を創出**、建物最大デマンド(176kW)に対して約20%の需要に相当

高負荷暖房時の電気需要と蓄熱運用

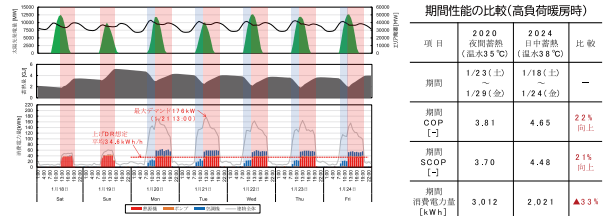


図8 東尾久ビルにおける成果

- 運用実績を基に設計条件の精査と汎用技術により、**リニューアブルZEBを実現**
- 改修後5年間にわたる設備チューニングと検証により、さらなる省エネルギー化を図った
- 蓄熱槽を活用した**二温度冷水供給システム**により大幅な省エネルギー化を実現
- 蓄熱槽からの冷温水供給と熱源システムの直送/蓄熱運転を適切に組み合わせることで、上げ下げDR要請への対応と高効率運転を両立できる(電気需要最適化に貢献)

今後の展開



ションシステム)などを設置している。熱源システムだが、まず冷房は、2次側が主に外調機とファンコイルユニットの2つに冷水を送水している。主な熱源設備としては、水熱源のヒートポンプチラー、そして二温水回収ジェネリック。井水に関しては井戸からくみ上げて水槽に貯めて熱交換器によって夏は冷却水にして、冬は熱源水として利用。足りない分は夏場は冷却塔によって冷却を行っている(図4)。暖房に関しては同じでヒートポンプとして水熱源ヒートポンプチラー、そして二温水回収ジェネリックの運転を行っている。

4つの改善事例から省エネ効果、運転運用改善を図る

改善事例は主に4つある。1つめが「エネルギーサポート体制の構築」だが、この建物ではBEMSを導入して遠隔監視を行っている。また、エネルギーサポートセンターを構築し、運用データの解析、WEBのコミショニング、そして毎月ZEB推進会議を行い運転運用改善を図っている。

2つめが「熱源水の低温化と熱源水の流量変更」だが、冷房時の熱源システムは、実際に運転してみると、熱源水の温度が予定より高かったため、熱源水温度を下げることでシステムCOPを向上させた。熱源水温度を下げると冷却塔の稼働率も上がるので、そのバランスを見ながら、一番効率の良いところで熱源水温度を下げつつ、トータルのエネルギー消費量が小さいところで運転させる工夫をしている(図5)。

3つめの「低負荷モードの検討と実運転への採用」では、熱源システムが複雑なので、運転開始1年目の熱源機器は二温水回収ジェネリック主体で、増段で水熱源ヒートポンプの運転で取り組んでいた。また、低負荷時に予定していた二温水回収ジェネリックだけだとCOPが低いことから、運転に関しては、天気予報の外気温をもとに水熱源ヒートポンプを運転させる低負荷モードを積極的に実施した。

冬場も同じで、例えば12月における最低気温の予報が5℃以上の日は水熱源ヒートポンプの低負荷モード運転で、5℃未満になった日は通常モード運転ということ現場に伝えて運転管理を行った(図6)。

4つめの「運用改善に用いるシミュレーションモデルの構築」においては、LCEMツールを使い、モデルのチューニングを行って、実際に利用可能なツールにブラッシュアップした。

2020年度比で12%のエネルギー削減量

最後に建物全体としての改善効果を示す(図7)。仮使用時は太陽光発電設備は工事中であったこと、引っ越しなどをしていなかったことから、2020年度を運用1年目としている。

設計値に対して、運用1年目は省エネがかなり進んでいることがわかる。これは省エネ計算に反映されない未評価技術の効果と考えている。さらに運用1年目から少しずつだが省エネ化が図れており、運用4年目においてはエネルギー消費量が12%削減されている。その結果、運用3年目以降は、一次エネルギー消費量が100%以上削減された『ZEB』(net ZEB)を達成した。これは運用運転改善による効果と考える。

図4 複合エネルギー熱源システム2

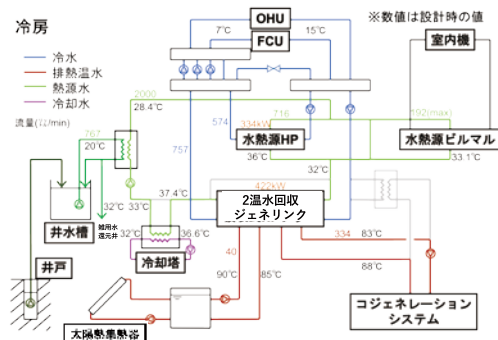


図5 熱源水の低温化と熱源水の流量変更

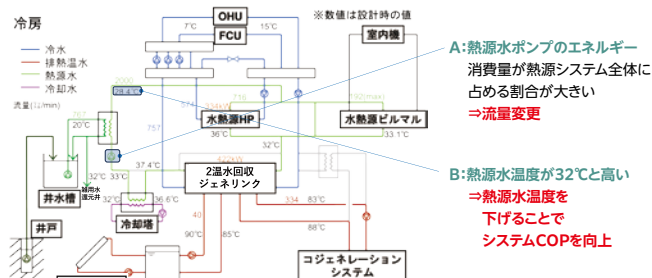


図6 低負荷モードの検討と実運転への採用

- 2年目(2020年)からは水熱源HPの運転時間の増加を検討し熱源エネルギーの消費量を目指した。
- 天気予報の外気温をもとに低負荷モードを積極的に実施した。
- 冬期も同様で、例えば12月における最低気温の予報が5℃以上の日は水熱源HPの低負荷モード運転を行い、5℃未満となった日以降は、通常モードでの運転とした。

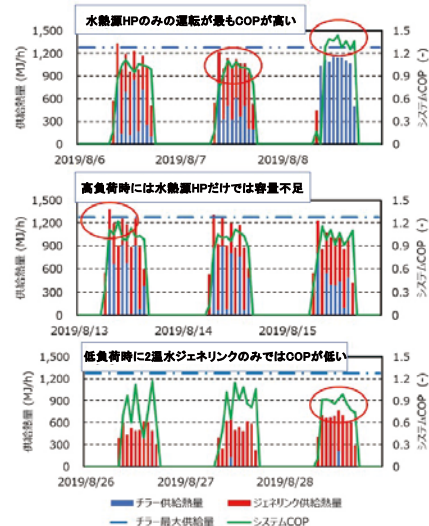
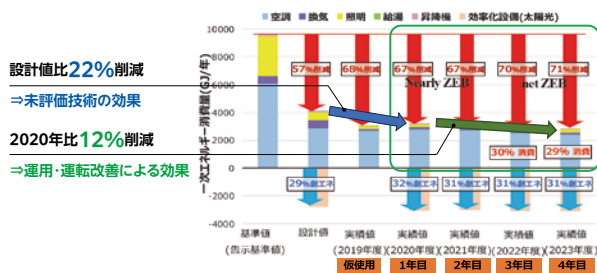


図7 運転改善効果



令和6年度 運転管理等の改善事例 最優秀賞

虎ノ門エネルギーネットワーク株式会社



蓄熱槽を有するプラントにおける機能性能検証およびAI活用による運用改善

受賞者 発表者：虎ノ門エネルギーネットワーク株式会社 技術部 課長 近内 義広氏
申請者：東京都市サービス株式会社、東京電力エナジーパートナー株式会社
森ビル株式会社
設備オーナー：虎ノ門エネルギーネットワーク株式会社

「虎ノ門一・二丁目地区」の概要

虎ノ門エネルギーネットワーク(株)は、森ビル(株)と東京電力エナジーパートナー(株)が共同で設立した会社で、現在「虎ノ門一・二丁目地区」と「虎ノ門・麻布台地区」で送配電事業と熱供給を行っている(図1)。今回紹介するのは2020年1月に第1プラントが竣工し、電力と熱エネルギー供給を開始した「虎ノ門一・二丁目地区」である。2023年7月には第2プラントが竣工し、第1プラントとのエネルギーの連携がすでに始まっている。

主要熱源機器の概要は、蓄熱槽については第1プラントに冷水/変温冷水槽(4,100m³)が1つ、第2プラントに冷水槽(2,100m³)と冷水/温水(季節切替3,400m³)がある。CGS設備として第1プラントにガスエンジン(1,000kW×2台)、第2プラントにガスエンジン(2,000kW×2台)がある。

熱源機としては蓄熱槽を有効活用するインバーターボ冷凍機、ガスエンジンから出る排熱を有効活用する排熱回収型吸収冷凍機を第1、第2プラントに配置している(図2)。今回は「虎ノ門一・二丁目地区」の第1プラントにおける3つの大きな改善事例について発表する。

蓄熱槽を活用した高効率の運転を目指す

1つ目の改善は蓄熱槽の活用事例である。「虎ノ門一・二丁目地区」の第1プラントでは、蓄熱槽を熱源機のクッションタンクとして活用している。熱源機で製造した冷熱は需要家へ供給しつつ、余った分は自動で蓄熱している(図3)。クッションタンクは、需要家側の熱の需要量に左右されずに最高効率運転ができるメリットがある。

最高効率で運転するために冷凍機へ指定熱量制御を導入した。冷水流量ではなく製造熱量を設定することで手軽に省エネルギーが実現できる。夏期の効果として重負荷時においても適切な運転計画を立案することでクッションタンク利用により負荷率を調整して高効率運転を可能とした(図4)。冬期については、クッションタンク利用により需要

図1 虎ノ門エリア概要



虎ノ門エネルギーネットワークは2016年10月に森ビル株式会社および東京電力エナジーパートナー株式会社の2社が共同で設立した。「虎ノ門一・二丁目地区」と「虎ノ門・麻布台地区」で特定送配電事業と熱供給事業を行っている。

図2 主要機器概要

第2プラント機器概要				第1プラント機器概要			
主要熱源機器				主要熱源機器			
機器種別	冷却能力 (RT)	加熱能力 (kW)	台数	機器種別	冷却能力 (RT)	加熱能力 (kW)	台数
インバーターボ冷凍機	660	—	2	インバーターボ冷凍機	689	—	3
排熱回収型吸収冷凍機	470	—	2	インバーターボ冷凍機	850	—	1
熱回収型ヒートポンプチャラー	141	542	6	排熱回収型吸収冷凍機	600	1,936	2
蒸気ボイラ	—	1,566	7	温水ヒータ	—	930	4
蓄熱槽				熱回収型ヒートポンプ	26	98	1
槽種別	容量 (m3)			槽種別	容量 (m3)		
冷水槽	2,100			冷水/変温冷水槽	4,100		
冷水/温水槽 (季節切替)	3,400						
CGS設備				CGS設備			
機器種別	能力 (kW)	台数		機器種別	能力 (kW)	台数	
ガスエンジン	2,000	2		ガスエンジン	1,000	2	

太陽光発電設備			
機器種別	能力 (kW)	台数	
太陽光発電設備	2,000	2	

図3 蓄熱槽の有効活用によるエネルギーの高効率化

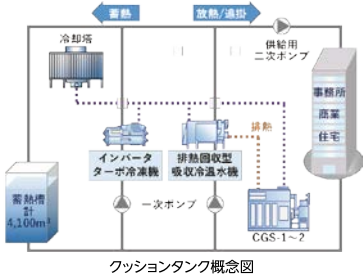


図4 指定熱量制御の導入 夏期の効果(蓄熱槽の有効活用)

指定熱量制御概要							
選り温度に応じて冷水ポンプのインバータが自動で可変して、指定した熱量になる指定熱量制御(負荷率制御)を導入した。インバーターボ冷凍機の部分負荷特性を利用して省エネを図る。							
オペレータは中央監視装置で冷水流量ではなく、製造熱量を設定する。指定流量制御では部分負荷になる流量を計算する必要がある、手軽に省エネが実現できる。							
平均		COP		平均冷水		平均外気	
負荷率	単位	システム		水温度	露点温度	温度	湿度
0.97		6.90	5.81	27.05	25.11	28.04	
0.70		7.28	6.04	26.89	25.18	27.57	

インバーターボ冷凍機
夏期の負荷率70%と100%のCOP比較

家の要求量に縛られることなく指定熱量で効率的かつ安定運転が可能である(図5)。

需要家と連携したデマンドレスポンスの取り組み

2つ目の改善は需要家と連携した改善事例である。蓄熱槽を活用したデマンドレスポンスにも積極的に取り組み、エネルギー供給プラントのスケールメリットにより大幅な電力削減を実現している。

需要家との連携については、冷水供給温度の緩和を行った(図6)。居室環境の悪化や需要家空調機動力が増加する懸念があるので、設計者と需要家管理者と効果を確認しながら進めた。需要家には夏期、冬期に冷水供給温度を標準6℃で送っているが、これをどれだけ上げることができるかを課題として実証試験を行った。2021年度の間中期では8℃と10℃に緩和したところ、需要家側でも冷水搬送動力や空調機等のエネルギーの増加がないことが確認できた。

2022年度の夏期は需要家側から1℃緩和して7℃にしようという要望があり、中期は8℃、夏期は7℃、冬期が10℃で送った。結果、COPは冬期で16.3%、夏期で5.8%改善している。夏期は省エネルギー率は低いものの、製造量が多いので削減効果は冬期より大きい。地域冷暖房において、供給温度の緩和は需要家の合意が必要なため、導入している地区は稀である。

AIによる実証運転によりさらなる高効率運転を目指す

3つ目の改善はAIを使ったプラントの改善だが、AIを使って高効率運転を実現しつつ運転管理者の負担軽減を目的にエネルギーマネジメントシステム(EMS)を導入した。

電力負荷と熱負荷の予測、負荷予測に応じた最適な運転計画、自動運転をAIで制御している。AIに関しては2020年から2021年の2年間で学習をさせているが、電力負荷、冷水負荷の精度向上が課題であった。負荷予測のEEP(予測誤差率)目標値を10%以下(数値が小さいほど誤差は小さい)とするために専門家を交えて改善を行った結果、電力負荷予測EEPは11.28%から3.18%に、冷水負荷予測EEPは18.15%から5.99%に下げることになった(図7)。

2022年からは毎月1回、AIによる自動運転を行い、改善を行った。2023年度には1週間単位で実証試験を行った。昨年9月1日の事例では、AIによる冷水供給の運転計画、電力負荷推移とCGS運転計画は、実績とほぼ差がなかった。

3つの改善によって2022年度の冷温水の年間平均システムCOPの実績は1.07であった。東京都内のCGSを保有するDHCのなかでもトップクラスのシステムCOPという結果を得た(図8)。

今後も継続して性能検証を進め、第2プラントとのエネルギー連携によりさらなる高効率運転を目指していく。

図5 指定熱量制御 冬期の効果(蓄熱槽の有効活用)

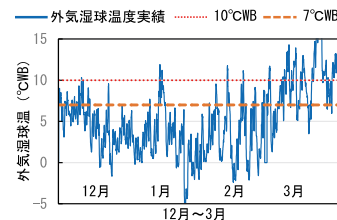
冬期の効果

・ターボ冷凍機直送運転の場合
需要家が要求する流量が冷凍機の最低流量を下回ることがあり、製造した冷水をバイパスで戻すロスが多い。更に冷水温度差が低くなり軽負荷停止のリスクが高い。



・蓄熱槽のクッションタンク利用
需要家の要求量に縛られず、指定熱量で高効率かつ安定した運転が可能である。

また、供給温度緩和(冬期は10℃供給)との組み合わせで、外気湿球温度が比較的高い時間帯でも高効率運転が可能である。



冬期の外気湿球温度実績値

平均 負荷率	冷水往還 温度差	COP 単体	COP システム	平均冷却 水温度	平均外気 湿球温度
0.34	4.19	20.11	13.00	14.85	2.33

インバーターボ冷凍機
冬期の指定負荷率制御運転実績

図6 冷水供給温度緩和(需要家との協働)

冷水供給温度緩和

供給温度緩和は居室環境の悪化や需要家空調機動力の増加が懸念があるので、毎月設計者と需要家管理者と効果を確認して進めた。

インバーターボ冷凍機圧縮機動力を年間で50MWh削減した。一方の需要家側の冷水搬送動力や空調機等のエネルギー増加が無いことを確認した。

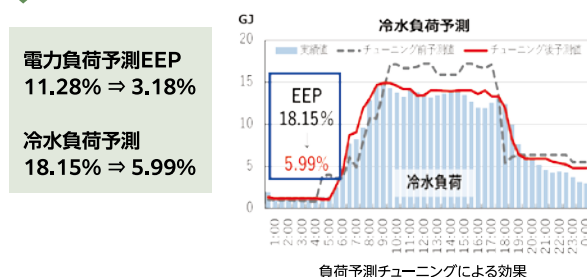
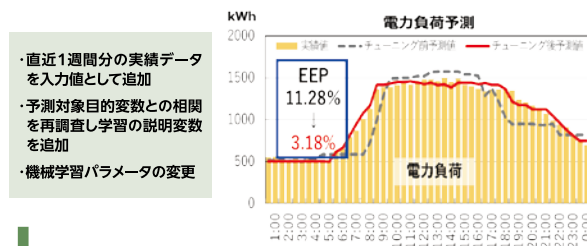
	2020年度	2021年度	2022年度
供給温度	4~5月	4~5月	4~5月
6℃			
7℃			
8℃			
9℃			
10℃			

季節別冷水送水温度

図7 AIチューニングおよびAIによる自動運転

AI負荷予測チューニング

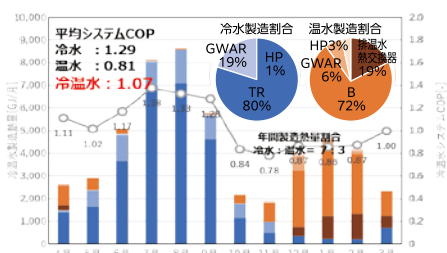
AI活用型EMSの安定稼働には負荷予測の精度向上は必須
負荷予測のEEP目標値10%以下とするためチューニングを実施



負荷予測チューニングによる効果

図8 プラント総合効率

2022年度の冷温水の年間平均システムCOPの実績は1.07であった。東京都内のCGSを保有するDHCの中でもトップクラスのシステムCOPであった。
継続して性能検証を進めるとともに、2023年7月に運転開始した第2プラントとのエネルギーの連携によりさらなる高効率な運転を目指し運用を行っていく。



令和6年度 運転管理等の改善事例 優秀賞

早稲田大学戸山キャンパス37号館
早稲田アリーナ



ZEB実現に向けた未利用熱利用蓄熱システムの運用改善と施設利用者による評価

受賞者 発表者：早稲田大学 キャンパス企画部 施設整備担当課長 田中 聡氏
申請者：株式会社山下設計 清水建設株式会社 早稲田大学 教授 田辺 新一氏
株式会社早稲田大学プロパティマネジメント
設備オーナー：早稲田大学

大学施設の建て替えにより
希少なZEB Readyを実現

早稲田大学 戸山キャンパス 37号館は、老朽化に伴う建て替えが行われた。37号館は卒業式、入学式などを行う式典の場でもあり、卒業生を含めた大学関係者の記憶に残るシンボリックな建物であった。歴史の記憶を継承しつつ、新たな屋外活動空間や交流の場、近隣住民の憩いの場として環境性を意識した建て替えを実施した。

写真1は、建て替え前の戸山キャンパスだが、大部分が建物で占められ狭隘過密化していることがわかる。建て替え後は屋外活動の不足を解消し、戸山公園から穴八幡宮に続く緑化が形成されていることがわかる（**写真2**）。

大学キャンパス内の多機能型アリーナを中心とする複合施設の新築計画において、従来の「省エネルギー」ではなく、根本的な消費エネルギー量の削減と外部からのエネルギー供給依存度を低減する「小エネルギー」を追求し、延床面積1万㎡超の大学施設では希少なZEB Readyを実現した。

そのなかで未利用熱利用ヒートポンプ・蓄熱システムを導入し、本施設だけではなくキャンパス内の既存建物8棟で小エネルギーを実施したエネルギーマネジメントを確立。キャンパス全体における電力負荷平準化効果を確認した。

37号館 早稲田アリーナは、地下2階、地上4階、建築面積約5,500㎡、延床面積1万4千㎡で2018年11月に竣工した。大規模な多機能型アリーナを中心とする複合施設であり、6,000人収容のアリーナを地下に埋設している。地表は「戸山の丘」と称する緑化されたパブリックスペースを設けることで、キャンパス環境の改善だけではなく、地域・社会・生態系・地球環境等のさまざまな課題解決に貢献する持続性に優れた建築物となっている（**図1**）。

空調設備に頼らなくても快適な環境を維持することを基本理念とし、省エネルギーの実現に向けて未利用エネルギーの有効活用を目指した。そのため年間を通して温度変化が少なく、夏期には外気温度と比較して低い地中温度を利用して取得した熱源水(18℃)を空調機や外調機の冷水として使用する地中熱利用・蓄熱システムを構築した。シャ

写真1 建て替え前 → **写真2** 建て替え後



学生の居場所がない狭隘過密な環境＋高層校舎建替えて建蔽率が低減



学生のみならず、近隣住民の憩いの場として機能

図1 建物概要

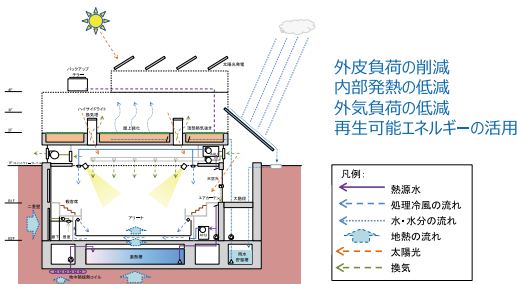


図2 空調設備概要

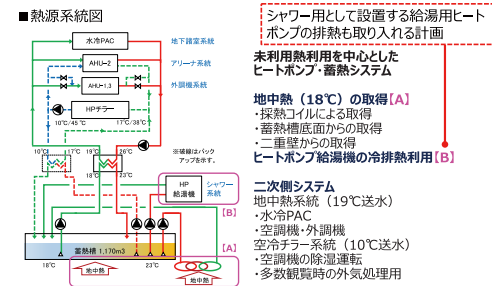
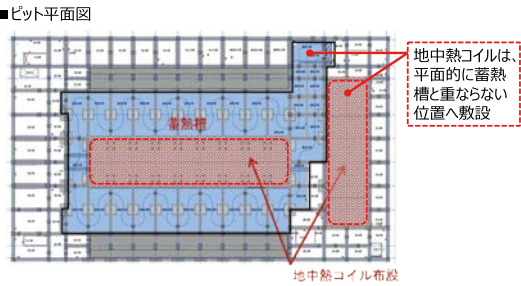


図3 空調設備概要



ワー用として設置する給湯用ヒートポンプの排熱も回収する計画とし、給湯利用時間と空調利用時間のズレを解消するバッファタンクとしての機能も有している。

アリーナ周りの地下緒室は水冷パッケージによる個別空調を行い、アリーナ用空調機は19℃冷水を送水するとともに空冷ヒートポンプにより冷温水10℃、温水45℃として除湿運転や暖房運転も可能としている(図2)。

地中熱は、水平式地中熱コイルを地下マットスラブ下に敷設し、地中熱交換後、蓄熱槽(1,170m³)に貯留する。蓄熱槽は面積を広く、水深650mmと浅く築造し、断熱を行わず、地中熱を直接蓄熱槽下部の耐圧盤から受ける計画とした。地中熱コイルは、平面的に蓄熱槽と重ならない位置へ敷設している(図3)。

「使われ方調査」に基づく エネルギー管理を実現

多機能型アリーナは使われ方によって、エネルギー消費傾向が大きく異なるため、設計初期段階で年間の「使われ方調査」を実施した。使われ方は通常利用、スポーツ大会利用、式典利用、イベント使用の4通りに分けた。式典・イベント利用は中間期に行われるため、空調機および熱源機は夏の大会時「ケース2」で能力を選定した(表1)。

未利用熱が利用できなくなった場合に備えて、蓄熱槽には空冷ヒートポンプによるバックアップ回路を設けた。また蓄熱槽の改修・修繕に備えて空冷ヒートポンプによる空調機系統への直送回路を設けることで非蓄熱運用を可能とし、リスクヘッジに対応している。

運転実績と検証を通じて「小エネ」化を実感

2018年11月の竣工以降の運用管理体制に加えて性能検証体制を確立し、運用に関する評価を行っている。2019年度の運用実績では、本施設における年間の冷熱使用量は1,361GJ、温熱使用量は4GJであり、冷熱使用量が年間全使用熱量の99.7%を占める結果となった(グラフ1)。ヒートポンプ・蓄熱システムの導入による年間効果を確認した。電力ピークカット効果は151kW減、省エネ効果は180GJ減、省CO₂効果は11トン減、省コスト効果は311万円減となった(グラフ2)。

2019年の冷熱使用量を2023年の外気温で補正した場合、冷熱使用量は約30%、電力使用量は38MWhの削減となった(グラフ3)。

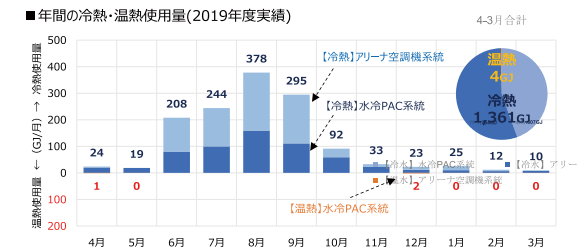
2023年度のキャンパス全体の電力負荷標準化効果を見るとキャンパス全体の電力デマンド発生時(7/18 13:00)の本施設電力需要は176kWであり、非蓄熱式システムと比較して、64kWの電力デマンド削減効果となった(グラフ4)。

本施設はヒートポンプ・蓄熱システムを導入し、消費電力量を低減しながら省エネルギーを実現できた。今後も情報発信を行いながら、カーボンニュートラルの実現に向けて取り組むたい。

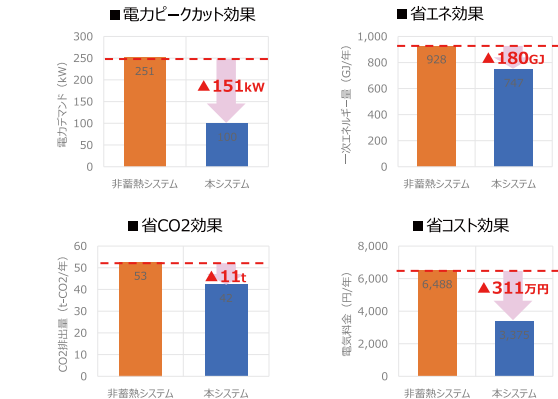
表1 改善内容:設計段階における改善

ケース	1a	通常利用 a (体育の授業や部活動での利用)	254日/年 × 10時間/日 × 稼働率 (0.6)	8:30 - 18:30	100人
ケース	1b	通常利用 b (スポーツ大会等が前提の稼働)	24日/年 × 10時間/日 × 稼働率 (0.6)	8:30 - 18:30	100人
ケース	2	スポーツ大会利用時 (公式戦等)	12日/年 × 11時間/日 × 稼働率 (0.6)	9:00 - 20:00	2,450人
ケース	3	式典利用 (入学式・卒業式等)	4日/年 × 9時間/日 × 稼働率 (0.6)	9:00 - 18:00	6,400人
ケース	4	イベント利用	4日/年 × 9時間/日	10:00 - 20:00	5,400人

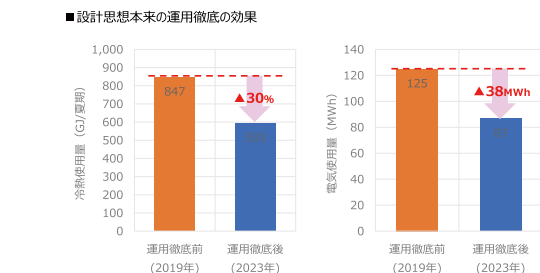
グラフ1 改善内容:竣工1年目の運転実績



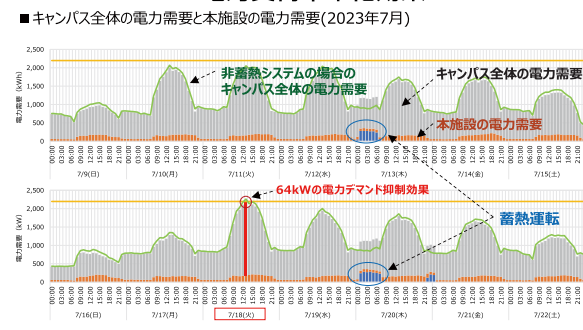
グラフ2 改善内容:竣工1年目の運転実績



グラフ3 改善内容:設計思想本来の運用徹底による「小エネ」化の実現



グラフ4 改善内容:キャンパス全体の電力負荷標準化効果



令和6年度 運転管理等の改善事例 優秀賞

蘭越町交流促進センター 幽泉閣

排湯熱利用水熱源ヒートポンプ導入に伴う排湯熱利用システム改善

受賞者 発表者：池田煖房工業株式会社 リニューアル工事事務所 工事長 竹谷 清彦氏
 申請者：池田煖房工業株式会社 有限会社長澤設備 株式会社有我工業所
 設備オーナー：蘭越町

温泉郷と「らんこし米」で知られる蘭越町

北海道の雄大な二セコ連峰に抱かれた蘭越町は、町の中央には「清流日本一」を10年連続、通算18度受賞している尻別川が流れ、その本支流に広がる流域は肥沃な大地を形成し「らんこし米」の生産地となっている。また、泉質の異なる7つの温泉郷と花に恵まれた美しい町である（写真1）。

幽泉閣は1958年から営業している蘭越町の温泉施設であり、奥深く隠れ潜む名湯ということからその名が付けられた。

温泉施設には毎分150ℓの源泉が送られており、泉質は弱アルカリ性の「ナトリウム・塩化物・炭酸水素塩泉」で身体の芯まで温まり、メタケイ酸を多く含んでいるため肌がなめらかになる「美人の湯」として知られている。地元はもちろん、遠方からのお客さまも多く、地域に根ざした温泉宿泊施設となっている（写真2）。

ヒートポンプ導入改修計画の立案と改修工事の実施

幽泉閣は1997年に宿泊棟を建設してから25年以上が経過し、近年は燃料費の高騰、設備の老朽化という課題に直面しながら営業を続けてきた。このような状況のなか改修計画が立案され、改修工事が行われることになった。

改修にあたっては、未利用熱を有効活用するヒートポンプを導入し、未利用の排湯熱を利用する。ランニングコスト低減のため、老朽化の進んだA重油焚湯水器（真空式温水器）をヒートポンプに更新し、バックアップとしてA重油焚湯水器を活用する。CO₂排出量の低減を図るため主熱源をA重油からヒートポンプの電力に移行する計画とし、2021年6月から2022年2月にかけて改修工事が行われた。

設置した排湯熱利用水熱源ヒートポンプは、加熱能力390.6kW、消費電力101.5kW、採熱量289.1kWとなっている（写真3）。ヒートポンプの温水は5,000Lのクッションタンクを経由し井水給湯系統、暖房系統、浴槽昇温系統、上水給湯系統の熱源として利用している。またバックアップ用として加熱能力581kWのA重油焚湯水器を設置してい

写真1 蘭越町とは



写真2 蘭越町交流促進センター 幽泉閣（ゆうせんかく）



写真3 空調機器



る。さらに有効水量3tのロードヒーティング用排湯槽を設置し、ヒートポンプの採熱後の排湯と洗い場排水処理水を貯めてロードヒーティングの熱源として利用している(図1)。

改修工事後により排湯の有効活用が実現

改修工事の改善点として排湯槽の未利用熱の有効活用を実施した。改修前は、大浴槽のオーバーフロー水のみ利用し、冬期のロードヒーティング用熱源として利用していた。改修後は大浴槽のオーバーフロー水のみでは排湯量が不足することが事前に予測できたため、排湯熱利用水熱源ヒートポンプ用の熱源水として大浴槽に加え、泡風呂、打たせ湯、あつ湯、水風呂、露天風呂のオーバーフロー水も回収することにした(図2)。

また、熱源システムの改修を実施した。改善前はA重油焚温水器2台を熱源機器として井水給湯、暖房、浴槽昇温給湯に使用していたが、改修後はヒートポンプを主熱源として井水給湯、暖房、浴槽昇温給湯に利用しており、熱源のバックアップとしてA重油焚温水器を使用するシステムとした。

グラフ1は、2022年1月31日の排湯槽水位、井水給湯温度、A重油焚温水器の稼働状況を表したグラフである。浴槽温泉水の温度、水位の低下に伴い、排湯槽水位が低下しヒートポンプが停止したことでバックアップのA重油焚温水器が稼働。井水給湯の温度、水位から素早いバックアップが可能となっている。

2022年5月8日、ゴールデンウィーク最終日の排湯槽水位、井水給湯温度、A重油焚湯水器の稼働状況であるが、入館者が多く混雑しており井水給湯温度の低下は10時から21時まで連続している。清掃時間においても井水給湯負荷が相当量あるもののバックアップのA重油焚湯水器は稼働していない。

改修後の省エネルギー、省CO₂、省コスト効果

改修前後の1年間の電力消費量を比較してみると、改修前は67万8,780kWh/年、改修後は127万2,025kWh/年と増えている(グラフ2)。改修前後の1年間のA重油消費量を比較してみると、改修前は23万1,200L/年、改修後は12,600L/年と約95%と大幅な削減となっている。CO₂排出量は28%削減となった。経済効果は改修後がA重油代、電気代を合わせて4千131万5,000円となり、改修前より18%の削減となっている(グラフ3)。

当事業は、燃料費の大幅な削減だけでなく、CO₂排出量の削減にも大きく寄与できた事業であると考えます。未利用の熱を活用し、化石燃料の使用量の削減に努めることが地球温暖化対策において不可欠である。地方公共団体として、今後もさらなる運用の改善に努め、この取り組みを地域社会に積極的に啓発していく。

図1 ヒートポンプシステム概要

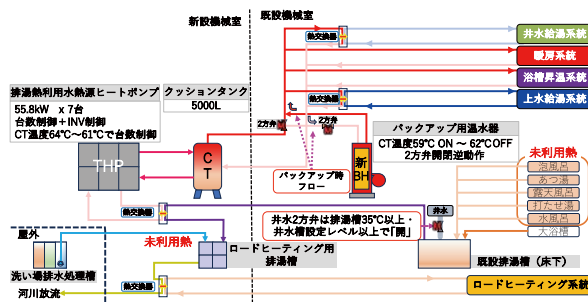
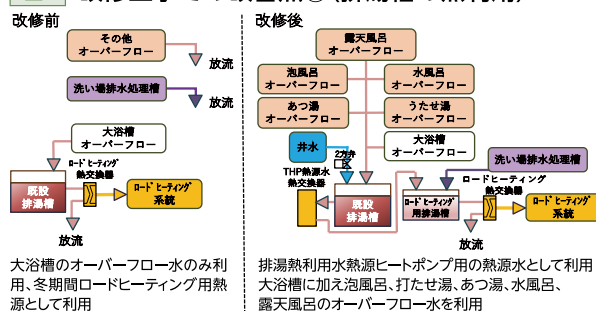
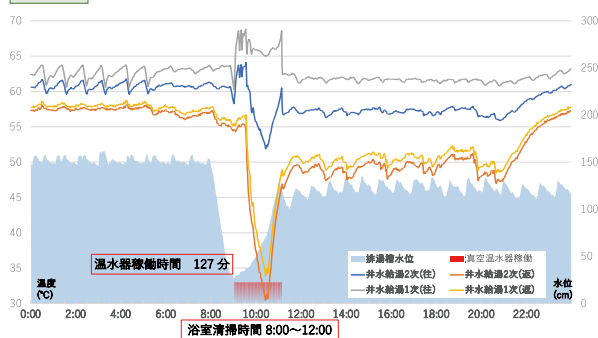


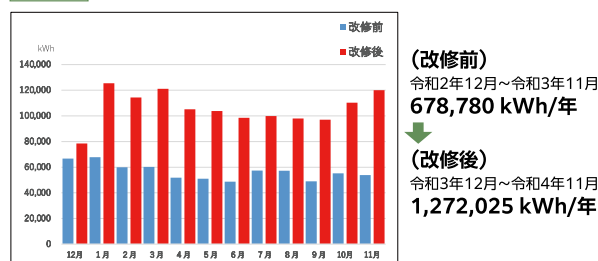
図2 改修工事での改善点①(排湯槽の熱利用)



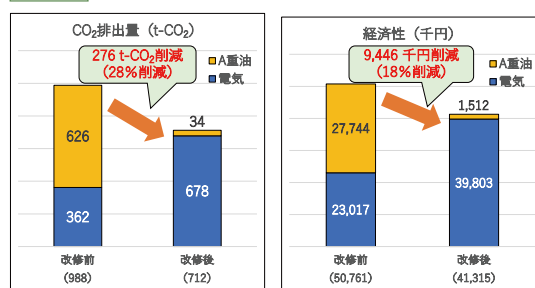
グラフ1 改善内容:竣工1年目の運転実績



グラフ2 改修前後の1年間の電力消費量



グラフ3 CO₂削減量と経済効果



※改修前 令和2年12月～令和3年11月 改修後 令和3年12月～令和4年11月

令和5年度 運転管理等の改善事例 優秀賞

味の素冷凍食品株式会社 九州工場

ヒートポンプによるボイラー給水加温

受賞者 発表者：味の素冷凍食品株式会社 九州工場 製造技術グループグループ長 田中 誠氏
申請者：MDI株式会社
設備オーナー：味の素冷凍食品株式会社 九州工場

国内6工場、海外7工場で冷凍食品を製造

当社は冷凍食品の研究開発製造販売を行う会社であり、国内に6工場、海外に7工場がある。国内で生産している製品は図1の通りである。九州工場は1977年4月に創立し、ギョーザや唐揚げ類、「それいけ!アンパンマンポテト」などの家庭用製品のほか、ホテルやレストラン向けのシューマイ、フライ類などの業務用製品を生産している。工場で使用しているエネルギー消費量で最も多いものは、製品の凍結や保管に使用する冷凍機の電力である。次いで食品の蒸しやフライヤーなどに使用するLNGとなっている。

全社一丸となって環境問題に取り組む

味の素グループグローバル冷凍食品事業の核として、「感動」と「笑顔」にあふれたファンレターが届く、「おいしさNo.1」「楽しさ」「健康・栄養」に加え、「環境への配慮」で突き抜けた、唯一無二の存在になる。図2は味の素グループの気候変動への取り組みのロードマップである。2030年度に温室効果ガスの排出量を2018年度比の50%削減を目標に掲げ、中間目標として2025年に30%削減を設定しさまざまな取り組みを進めている。

図3は九州工場の2018年度からの温室効果ガスの排出量の推移グラフである。2022年度の温室効果ガスの排出量は、2018年度比で28.6%削減できた。本年度中に中間目標である2025年度30%削減を2年前倒しで達成できるように努力している。また、国内6工場の合計でも2022年度の実績は2020、2018年度比27.9%の温室効果ガスを削減することができた。

温室効果ガス排出削減に向けての3つの課題

工場から発生する排熱の有効活用を検討し、ヒートポンプを用いてクーリングタワーからの排熱を熱回収することに着目した。そのためには3つの課題を解決する必要があった。①低温の熱源を活用するのが難しい。②システムが複雑になり、初期投資が高額になる。③熱交換器の汚れなどにより長期間性能を維持することが難しい。これらの課題を解決す

図1 味の素冷凍食品(株)生産工場の紹介



図2 味の素グループ気候変動への取り組み「環境負荷50%削減」に向けたロードマップ



図3 味の素冷凍食品(株)九州工場 温室効果ガス排出量の推移

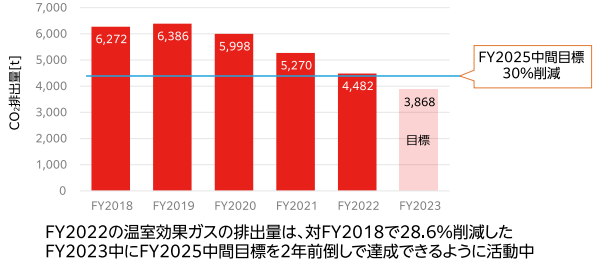
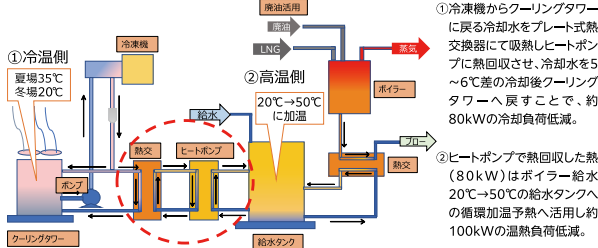


図4 ヒートポンプシステム系統図



る方法を検討し、実施した。

ヒートポンプシステムの主要機器は、10kWのヒートポンプ2台、プレート式の熱交換器とクーリングタワーとなっている。冷凍機からクーリングタワーへ戻る冷却水をプレート式熱交換器で熱し、ヒートポンプから熱回収させ、冷却後にクーリングタワーへ戻すことにより約80kWの冷却負荷を低減した。また、ヒートポンプで熱回収をした約80kWの熱は、ボイラー給水タンクの水を循環加温し20℃から50℃へ余熱加温することで、約100kWの過熱負荷を低減している（図4）。

改善実施に向けた4つのポイント

今回の改善に際し、1つ目としてMDI社製の小型のヒートポンプを活用した（図5）。小型軽量でシンプルな設計であるため、工事も容易で万一故障した場合にも非常に安価に修理ができるメリットがあった。2つ目としてプレート式の熱交換器を活用した（図6）。今回のクーリングタワーは開放式のものを使っており、ヒートポンプの熱交換器の汚れによる性能低下を防止するため、プレート式熱交換器を介して熱交換するシステムになっている。これによりヒートポンプ内部の熱交換器の性能低下を抑制し、長期間性能を維持することができた。3つ目にプレート式熱交換器の手前に固形物の汚れを閉塞なしで、常に20μmまで自動で遠心分離させるマルチサイクロンを導入した（図7）。これにより、冷却する砂ゴミや小異物を除去し、高効率プレート熱交換器の欠点である固形物汚れによる閉塞リスクを防止した。4つ目に開放式クーリングタワーの問題であるスライムによるプレート式熱交換器での性能低下を解決するために循環ポンプをインバータ化した（図8）。インバータの調整により、ポンプ流量を約1.5倍程度上げることができた。月に一度ポンプ流量を調整することで、プレート内部に付着するスライム被膜を分離除去する手法を導き出した。

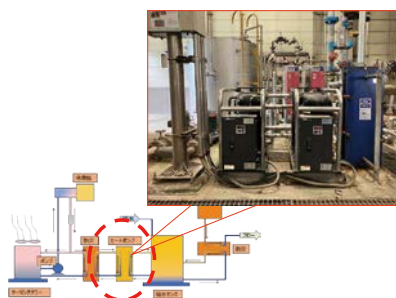
これらの改善により、プレート式熱交換器のプレート洗浄は1年に一回になった。しかも内部にはほとんど汚れが存在していない（図9）。このことから性能低下がほとんど発生しないヒートポンプシステムを実現することができたと考えられる。

ヒートポンプシステムの改善効果

今回のヒートポンプシステムの改善効果として、エネルギーの削減量は、原油換算で年間9.1KL。22年度のエネルギー購入費用は、年間276万円の削減。環境保全性では、CO₂削減量が年間23.8トン。投資改修では設備製作費用が約500万円だったので、約1.8年で投資回収をすることができた。

味の素グループでは、事業を通じて社会課題を解決し、社会価値と経済価値を共創する取り組みをASV（味の素グループクリエイティングシェアードバリュー）とし、パーパスを実現するための中核と位置付けている。味の素冷凍食品では、より良い素材をよりおいしくフレッシュなまお届けすることができる冷凍食品を通じて、ASVに基づくサステナブル経営を推進している。

図5 小型ヒートポンプの活用

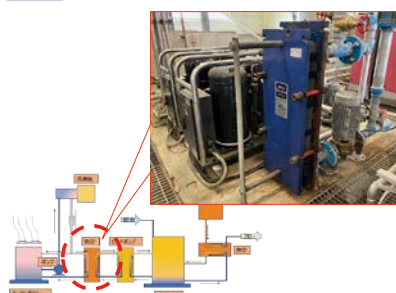


MDI社製の小型ヒートポンプを採用。

小型、軽量、シンプル設計であるため、工事も容易に実施することができ、社内メンバー3名のみで設置することができた。

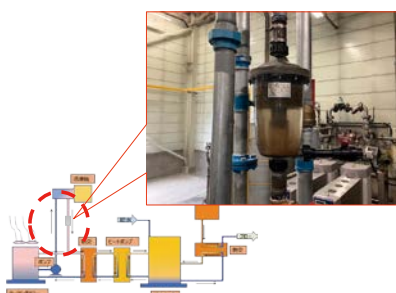
万が一の故障、交換時も小型、コンパクトであるために、容易に取り外しができ、修理又は交換も簡単に行えることもメリットである。

図6 プレート式熱交換器の活用



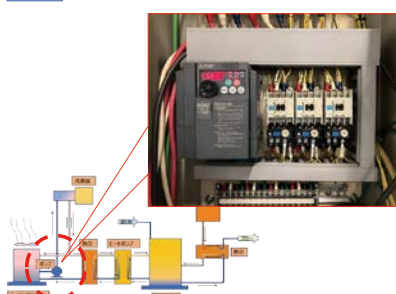
ヒートポンプの熱交換器の汚れによる性能低下を防止するため、プレート式熱交換器を介して熱交換するシステムを採用した。ヒートポンプ内部の熱交換器の性能低下を抑制し、長期間性能を維持することができている。

図7 マルチサイクロンによる循環水の異物分離



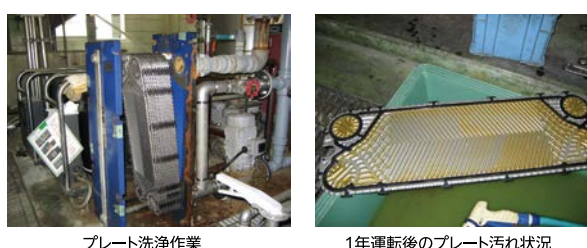
プレート式熱交換器の手前に固形物汚れを閉塞無しで常に20μmまで自動で遠心分離させるマルチサイクロンを導入した。冷却水の砂ゴミや小異物を除去し、高効率プレート式熱交換器の欠点である固形物汚れによる閉塞リスクを防止した。

図8 循環ポンプ流量調整によるスケール付着防止



開放式冷却塔の問題であるスライムによるプレート式熱交換器への性能低下リスクを解決するために循環ポンプをインバータ化した。インバータ調整によりポンプ流量を1.5倍程度上げ、プレート式熱交換器内部のせん断力を強化するセッティングポイントを発見した。ポンプ運転周波数を調整し、プレート内部に付着するスライム被膜を剥離、除去する手法を導き出した。

図9 ヒートポンプシステム改善の効果



プレート洗浄作業

1年運転後のプレート汚れ状況

前述の改善の結果、プレート洗浄は1回/年のみとなり、しかも内部には汚れがほとんど存在しない結果となっていたことから、性能低下がほとんど発生しないヒートポンプシステムを実現できた。

令和5年度 運転管理等の改善事例 優秀賞

テラスモール松戸

氷蓄熱システムの運用改善による負荷平準効果の拡大と運転効率の向上

受賞者 発表者：日本ファシリティ・ソリューション株式会社 都市事業本部
都市エンジニアリング部 藤井 敦史氏
申請者：日本ファシリティ・ソリューション株式会社
設備オーナー：住友商事株式会社

省スペース化、冷房専用を考慮し、氷蓄熱システムを採用

テラスモール松戸は、千葉県松戸市の複合施設である。地上4階、延べ床面積で10万7000㎡、そのうち3万7000㎡が空調面積となっている。商業施設の特徴としては、日中の熱負荷、電力負荷が多い一方で、夜間の熱負荷、電力負荷は少ないこと、また暖房需要よりも冷房需要の方が多くなっている。この特徴から省スペース化、冷房専用を考慮し、氷蓄熱システムを採用した(図1)。夜間の蓄熱運転として熱源機は、ブラインヒートポンプチャラー2台で夜間に蓄熱し、蓄熱槽内に氷を製氷する。昼間の放熱運転・追い掛け運転時は、夜間に貯めた蓄熱より、外融による放熱とブラインチャラーの追い掛け運転で建物側へ冷水供給をしている(図2)。

設備仕様は、ブラインヒートポンプチャラー11連結が2セット。それに伴う循環用のポンプとして、ブラインポンプがある。氷蓄熱槽として317㎡、総蓄熱量としては57.4GJがある。また、日中の追い掛け用の熱交換器として、ブライン水の熱交換器が2台と放熱用の熱交換器が1台ある。設備は屋上の一角にモジュールチャラー11連結2セットを設置。氷蓄熱槽は屋外の地上に設置している。

インバータ調整で流量上限を見直し、放熱量を抑制

今回の運用改善として、全部で6項目に取り組んだが、今回は3項目について説明する(図3)。まず、改善の1点目は、放熱二次ポンプの流量調整を行った(図4)。設計では定格能力として放熱量5.5GJになるが、運用上実際には放熱量6.5GJであることを確認した。設計温度よりも高い戻り温度が放熱系統に流れていることを確認した(図5)。原因は、外調機系統の戻りの冷水がミキシングされずに放熱系統に流れていることだと考えた。改善前の熱量と電力量の実績を確認すると、放熱量が日中定格よりも多いため、計画時間よりも早く放熱が完了していた(図6)。電力量については放熱が完了してしまい、熱原機の追いかけ運転により20時にデマンドピークが発生していた。改善対策として、放熱用のポンプのインバータ調整にて流量上限を見直し、放熱量を抑制した。

図1 熱源システム概要

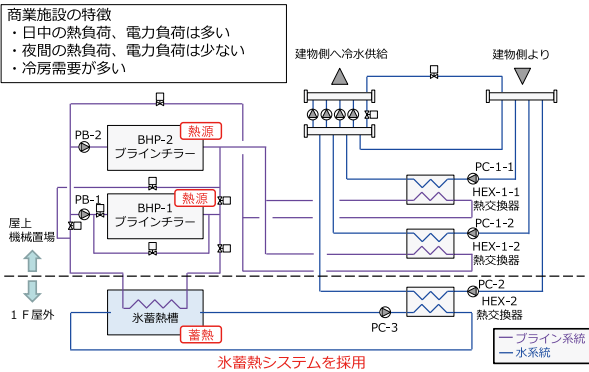


図2 熱源システム概要（昼間放熱・追い掛け運転時）

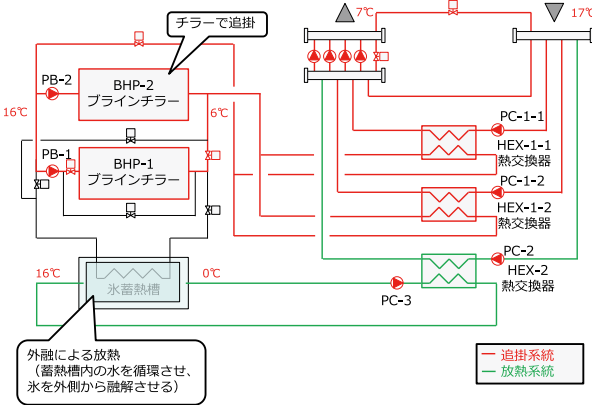
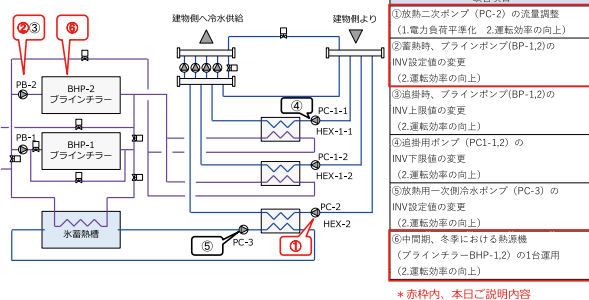


図3 運用改善の概要



ブラインポンプのインバータ設定値を変更

改善2点目は、蓄熱時のブラインポンプのインバータ設定値を変更した。本システムのブラインポンプの制御内容は、蓄熱時、追い掛け時、それぞれにインバータ設定値を設けており、設定した任意の周波数で低速運転する制御となっている。システムの特徴として、想定ピーク熱負荷でブラインチャラーの容量を選定した。その結果、蓄熱槽に対してはやや過大であり、7時間で満蓄できる定格容量を確保している。さらに、部分負荷運転により熱源効率が向上する特性がある。その結果、蓄熱運転時には強制的に部分負荷運転となるように出力上限を設定した。今回、ブラインポンプの調整を実施した。改善前の流量としては170m³程度が流れており、出口温度が-5℃程度で、温度差は5℃程度であった。流量が過剰なことを確認し、出口温度が設定温度の-8℃に達してなかった。そこで従前の5℃差運用から7℃差（-1℃→-8℃）の運用を目標に、ブラインポンプのインバータ設定値を変更した。

2台のブラインチャラーの運転システムを改善

改善の3点目は、中間期と冬季においては熱負荷が少ないので、1台運用でも蓄熱、追い掛けともに十分であることを確認し、2台中1台の熱源を停止して運用した。改善前は蓄熱時にブラインチャラー2台が同時運転するようなシステムになっているが、今回の改善として1台を電源停止し、1台で蓄熱運用をすることにした。1台運用とすることで、運転時流量が130m³に減少し、配管抵抗が減り、搬送動力を削減することができた（図7）。停止している方のチャラーに関しては、電源から停止することで、クランクケースヒーターによる保温エネルギーも削減している。

電力負荷平準化を実現し、運転効率が向上

改善効果として、時間最大の放熱量を抑制し、放熱時間を延長したことで、電力負荷を平準化することができた（図8）。運用改善を実施しなかった場合には、18時に追い掛け熱源の高負荷運転がデマンドピークが発生した可能性がある。想定されるデマンド削減効果としては260kWを削減できたと考えている。運転効率の向上としては、供給熱量は前年度と比べると10%程度増加しているが、消費電力量は2%減少した。熱源システムのCOPとしては11%改善した（図9）。これらは我々が運用管理まで携わったことで実現できたと考えている。

図9 改善による効果 2.運転効率の向上

		改善前 (2021年)	改善後 (2022年)	増減	前年比
供給熱量	GJ/年	17,879	19,537	1,657	109%
蓄熱・放熱	GJ/年	11,512	10,005	-1,506	87%
昼間追掛	GJ/年	6,368	9,531	3,164	150%
消費電力量	MWh/年	1,699	1,666	-33	98%
蓄熱・放熱	MWh/年	1,126	945	-181	84%
昼間追掛	MWh/年	573	721	148	126%
熱源システムCOP	-	1.11	1.22	0.12	111%
蓄熱・放熱	-	1.10	1.14	0.04	104%
昼間追掛	-	1.11	1.33	0.21	119%

* 改善前：2021年3月～2022年2月、改善後：2022年3月～2023年2月におけるデータを示す。

・前年比で、供給熱量が9%増加したが、消費電力量は2%減少
→熱源システムCOPは11%改善

図4 放熱二次ポンプの流量調整背景

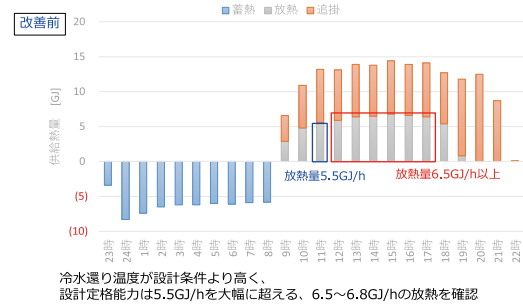


図5 放熱二次ポンプの流量調整原因

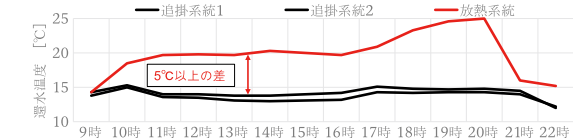
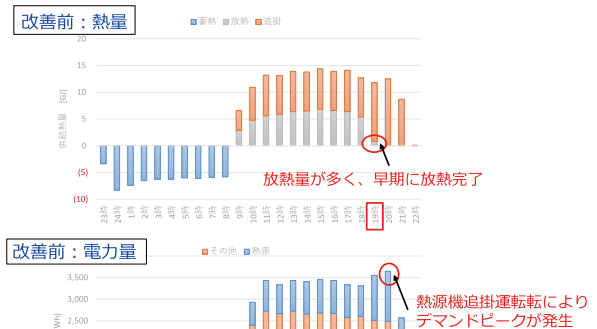


図6 中間期、冬季における熱源機の1台運用対策



放熱用のポンプ（PC-2）のINV調整にて流量上限を見直し、放熱量の抑制を実施

図7 放熱二次ポンプの流量調整対策

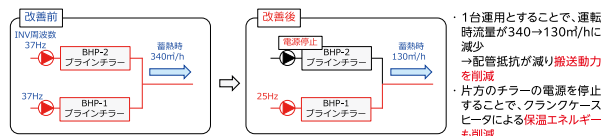
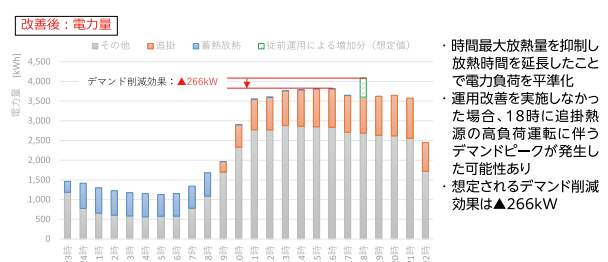


図8 改善による効果 1.電力負荷平準化



令和5年度 運転管理等の改善事例 優秀賞

株式会社NHD farm

生乳の廃熱を回収する自然冷媒型ヒートポンプ給湯システムの導入及び運用改善

受賞者 発表者：株式会社ナカセツ 太田 雅人氏
 申請者：合同会社ほっかいどう新エネルギー事業組合
 設備オーナー：株式会社NHD farm

過酷な自然環境のなかで活躍するヒートポンプシステム

株式会社NHD farmは、北海道中標津町にあり、冬期にはまれに -25°C 以下になることもあるため、エコキュートなどにはとても過酷な環境となっている。**写真1**は、主な搾乳舎で、株式会社NHD farmは、パラレルパーラーである。牛は体温が高く、搾りたての牛乳は 36°C ほどの熱を持っている。バルククーラーと呼ばれる冷却タンクで冷却保存されるが、より早く冷却し生菌数を抑えるため、プレートクーラー（プレート熱交換器）でプレ冷却している。冷却には水道水を使用しそのまま捨てられる。また、搾乳後、牛乳ラインの洗浄のため大量のお湯を使用するが、燃料は主に灯油ボイラーが使われている（**図1**）。**図1**のフロー図に CO_2 冷媒のヒートポンプを追加することにより、使用電力量、 CO_2 排出量がかなり改善された（**図2**）。

廃棄していた水道水と廃熱を再利用

冷却のために捨てられていた水道水は循環式に変わり、捨てなくなった。捨てられていた熱もヒートポンプにより 80°C のお湯と 5°C の冷水に変換され、廃熱を大気に放出することなく、すべて無駄なく利用されている。また、外気温が -25°C になってもヒートポンプで給湯できるという利点がある。搾乳は朝と夜の2回、365日休みなく行われている。搾乳の前後に前洗浄、後洗浄という行程があり、大量のお湯が使われている。ヒートポンプの運転は、ピークカットの目的のほか、搾乳時間とヒートポンプの運転時間の差を解消する目的から搾乳後に運転し、蓄熱するようにしている。また、冷却効果が高いことからバルククーラーの運転が少なくなり、搾乳中の電力のピークカットが見込める。搾乳中は循環ポンプのみを運転して牛乳を冷却し、冷水タンクに牛乳の熱を蓄える（**図3**）。搾乳後はヒートポンプを運転し、搾乳中に蓄えた牛乳の熱で 80°C のお湯を蓄熱し、一方で冷水タンクに 5°C の冷水を蓄熱していく（**図4**）。

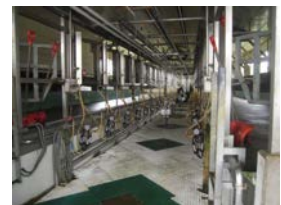
年間約80万円のランニングコストを削減

写真2がHND farmに導入したヒートポンプである。手前

写真1 主な搾乳舎の種類



スタンション(つなぎ牛舎)



パラレルパーラー



ロータリーパーラー



搾乳ロボット

図1 一般的な搾乳舎の搾乳フロー

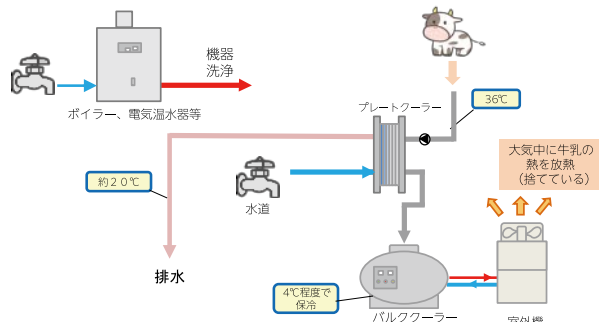
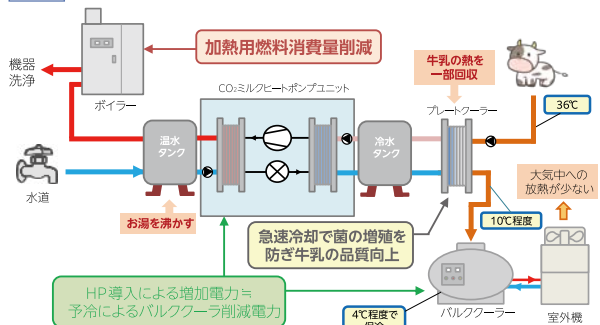


図2 システム概要(ミルクヒートポンプシステム追設後)



“牛乳の熱をお湯に変換する”システム ⇒ 燃料の削減量が直接コストメリットになる

の四角いのがヒートポンプ。奥にある大きいタンクが冷水タンクでその左横にあるのが温水タンクである。その横に安全のためのバックアップでボイラーを置いているが、ほぼ運転することはない。

写真3は、隣の浜中町にある牧場でヒートポンプシステムを導入した写真である。スペースが狭いため、機械室を増築して設置している。牛舎によっては、電気温水器で給湯しているところがあるが、その電気温水器を給湯タンクとして再利用することも可能である。

図5は、HND farmの運転成績データである。冷暖両方とも利用しているので、COPは4.3から5.2となっている。**図6**は、同じく燃料使用量・CO₂削減量の表である。**図7**は、先程のデータを元にしたシステムメリットの試算である。今回2分の1を補助金で利用したので、投資回収年数が6.4年となっている。

ヒートポンプシステムの全戸導入をめざす

全国の酪農家の軒数は、約1万3900戸ある。今回紹介したヒートポンプシステムを全戸に導入したいところだが、現状では10数件しか導入できていない。また、昨今、飼料の高騰、牛乳の出荷制限など、酪農が危機的な状況にあり、設備投資が停滞している状況にある。景気が回復した際には、導入を勧めていきたいと思っており、現在協力業者を募集しているところである。

今回の開発のチームは、CO₂冷媒の水蓄熱式ヒートポンプ、貯蔵タンク、冷水タンクの製造を昭和鉄工株式会社、データの収集解析を公益財団法人釧路根室圏産業技術振興センター、有限会社柳田電気の柳田社長は、ミルクヒートポンプの発案者であり、電気工事を担当した。株式会社ナカセツは、現地での設計・施工を行った。

図5 株式会社NHD farm 運転成績 2022

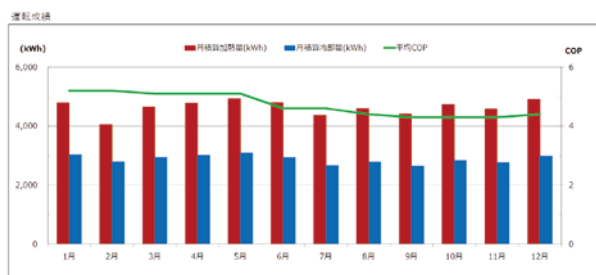


図6 燃料使用量削減効果



図3 搾乳中の運転フロー図

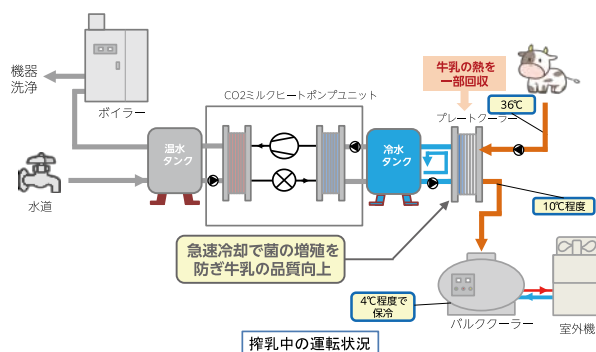


図4 搾乳後の運転フロー図

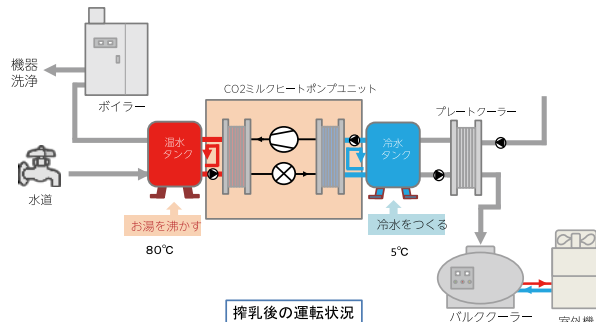


写真2



試作機導入 2019年3月
北海道標津郡中標津町
株式会社NHD farm導入

写真3



環境省 令和3年度二酸化炭素排出
抑制対策事業費等補助金
2021年10月
北海道厚岸郡浜中町Y牧場導入

図7 システムメリット試算

(前提条件) ○イニシャルコストは約1,000万円 ○乳牛の飼育数は100頭 ○搾乳は1日2回 ○牛乳は36℃→5℃まで冷却する

トータルコストメリット

①従来システム

年間灯油代: 701,774円/year—①

年間水道代: 108,524円/year—②

年間電気代: 229,595円/year—③

年間ランニングコスト: 1,038,406円/year—①+②+③

④ミルクヒートポンプシステム

MHP年間電気料金: 252,554円/year—④

(AH)ミルクヒートポンプ建設による年間メリット:

785,852円/year

(①+②+③)-④

(AI)イニシャルコスト: ¥10,000,000円

(AJ)農林水産省補助金(1/2)使用: 1/2

(AK)イニシャル回収年数 = A/AH/AH = 6.4年

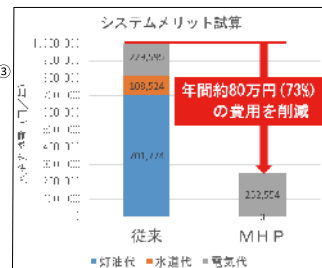
○冷却負荷は、MHPシステムでは全てMHPが賄い、

従来システムでは38→25℃を水道水による予冷、

25→5℃をバルククーラーが賄うものとする

○生成した温水は全て使い切るものとする

各システムにおけるランニングコスト



CO₂削減による補助事業の活用で
1/2、2/3補助の可能性がある

令和4年度 運転管理等の改善事例 最優秀賞

東京スカイツリー®地域熱供給施設



無薬注型防食システム導入による蓄熱槽水の水質改善

受賞者 発表者：株式会社東武エネルギーマネジメント 技術部 丸尾 敬仁氏
新菱冷熱工業株式会社 経営企画本部 中央研究所 山田 育弘氏
申請者：株式会社東武エネルギーマネジメント、新菱冷熱工業株式会社
設備オーナー：株式会社東武エネルギーマネジメント

ヒートポンプチラー緊急停止の原因を調査

株式会社東武エネルギーマネジメントは、2つのプラントで冷水・温水を製造し、東京スカイツリータウン®及び周辺地域への熱供給事業を行っている(図1)。2012年に竣工したメインプラントには、大規模な蓄熱槽があり、電力の負荷平準化やデマンドレスポンスに取り組んでいる。以前、メインプラントのヒートポンプチラーが緊急停止したことがあり、今回、改善事例に取り組むきっかけとなった(図2)。

蓄熱槽は、4槽の温度成層型水槽で構成され、合計約7,000m³の容量がある。最も大きい蓄熱槽は、冷水専用で残りの3槽は冷温切り替えが可能となっている。蓄熱槽はすべて開放型になっているため、水面に表面被覆材を浮かべ、空気との接触を最小限にしている。また、窒素式脱酸素装置による脱酸素処理を行い、蓄熱槽水系の腐食対策を行っている(図3)。ヒートポンプチラー緊急停止の原因を調査した結果、ヒートポンプチラーの温水凝縮器チューブに腐食生成物が付着し、凝縮器の熱交換効率が低下。そのため、冷媒温度を上げる必要があり、冷媒圧力が上昇。結果、圧縮機の圧力上限を超過し、緊急停止に至っていたことがわかった。

蓄熱槽水の水質改善に着手

配管腐食の対策の一つとして「水質改善」を行うこととした。当初は腐食対策として防錆剤の使用を検討したが、蓄熱槽水は非常時・災害時に生活用水として利用することや「消防水利指定」を受けていることから使用を断念。そこで考えたのが「無薬注型防食システムによる水質改善」である。

防食システムは、「防錆剤を使用しない防食技術」と「腐食センサによる腐食の見える化」により構成されている。これにより腐食(特に局部腐食)の発生リスクを抑えるとともに、腐食トラブルが発生する前に異常を検知して適切な処置を行うことができる。予防保全と予知保全技術の組み合わせで、設備の長寿化に貢献する技術である。

アニオン交換樹脂による水道水の水質改善

水道水の成分には、さまざまな物質が溶け込んでいるが、塩化

図1 東京スカイツリー®地域熱供給施設



図2 東京スカイツリー®地域熱供給施設システム概要

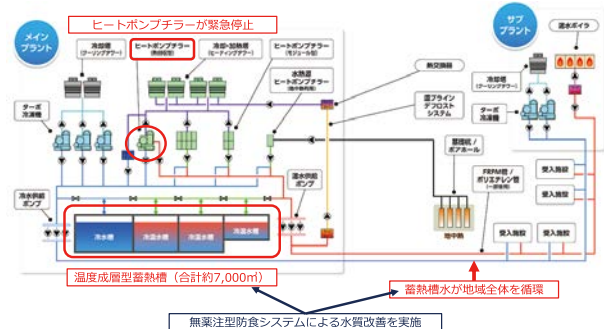


図3 蓄熱槽水系の腐食対策と改善取組の経緯1

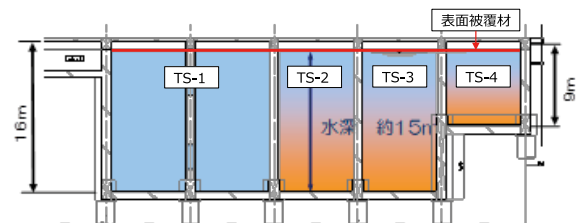
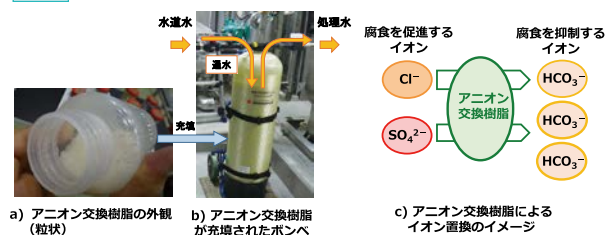


図4 蓄熱槽水系の腐食対策と改善取組の経緯2



物イオンと硫酸イオンが腐食を促進し、炭酸水素イオンが腐食を抑制するといわれる。そこで、塩化物イオンと硫酸イオンを減らし、炭酸水素イオンを増やすことで腐食を抑制する方法に着目した。

水道水のイオン（マイナスイオン）濃度の割合を調整する方法として、アニオン交換樹脂を用いたイオン交換法がある。アニオン交換樹脂をポンプの中に充填し、水処理装置として用い、水中の塩化物イオンと硫酸イオンを炭酸水素イオンに交換する。この方法による水質改善で、金属を腐食させにくい水質に変えることができる（図4）。アニオン交換処理前後の水質分析結果では、腐食を促進する塩化物イオンと硫酸イオンが、10～24mg/Lあったものが1mg/L未満まで減少、腐食を抑制する炭酸水素イオンは、55mg/Lから111mg/Lに増加した。

防食システムを既存設備へ導入

改善は2016年から検討を始め、2018年7月にシステムを導入し、2019年1月より、蓄熱槽水の冷水・温水の水質改善を1年半かけて実施した。このシステムは、既設設備への導入実績がなかったため、アニオン交換処理をした蓄熱槽水の防食性能や一度腐食した炭素鋼に対する防食効果、アニオン交換処理水の各種材料に対する影響などの事前検討を行った。その結果、既存施設への導入においても防食効果が期待できること、および施設内の機器に悪影響を及ぼさないことを確認した。

蓄熱槽の冷水・温水系統に本システムを導入した系統図を示す（図5）。モニタリング装置は系統ごとに設置した。アニオン交換処理装置は、各系統で切り替えられるように設置した。水質改善中は、循環水の一部を取り出し、アニオン処理装置で水質を改善して循環水に戻す。アニオン交換樹脂は、一定量のアニオン交換処理を行うとイオン交換能力が低下する。このため、アニオン交換処理装置内で再生溶液を通水してイオン交換能力を随時回復させる。

防食システム導入の効果検証

腐食モニタリング装置には、鉄や銅の腐食センサと溶存酸素計、試験片ホルダが供えられている。腐食センサが示す腐食速度と溶存酸素濃度をリアルタイムで監視することで、「腐食の見える化」を実現している。試験片ホルダを用いて、水質改善前後に腐食試験を実施した。アニオン交換処理により、硫酸イオン濃度は1mg/L未満、塩化物イオン濃度は5mg/L未満となり、それぞれ目標を達成した。アニオン交換処理後の水質を調査した結果、腐食を促進するイオンが減少し、腐食を抑制するイオンが増加した。約1年半で、7,000m³の蓄熱槽水を金属が腐食しにくい水に改質することができた。

水質改善効果として、試験片による腐食試験では、平均の腐食速度が最大25%減（図6）、最大浸食深さが64%減少（図7）した。ヒートポンプチラーへの影響として、アニオン交換処理後は、凝縮器チューブ内に付着する腐食生成物が少ないことが確認でき（図8）、チューブの清掃回数を年2、3回から年1回に削減できた。また、運転時の凝縮器圧力・凝縮器温度が低下したことで、ヒートポンプチラーの緊急停止トラブルを解決することができた。本取組事例が蓄熱槽の災害利用拡大に寄与することを期待する。

図5 防食システムの概要

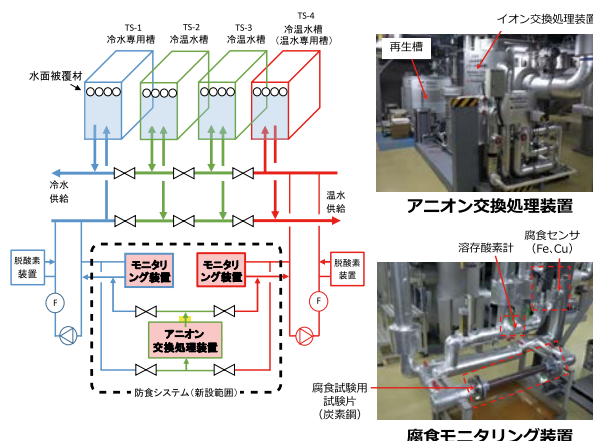


図6 アニオン交換処理前後の平均腐食速度

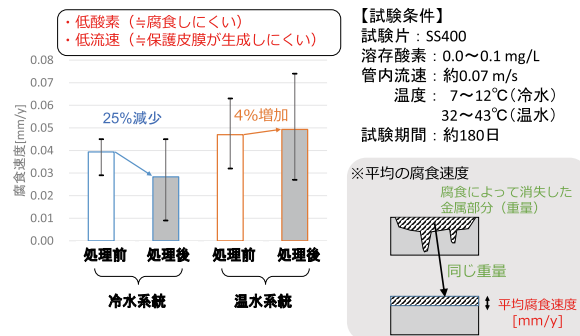


図7 アニオン交換処理前後の最大侵食深さ

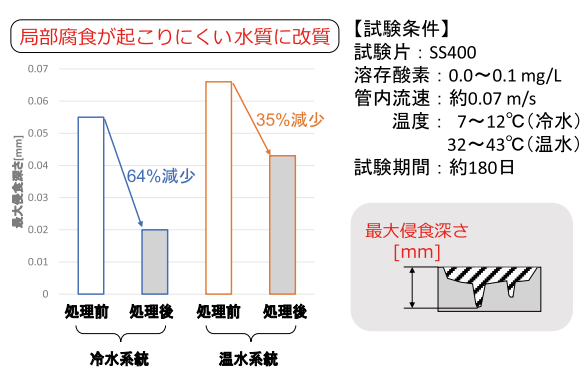
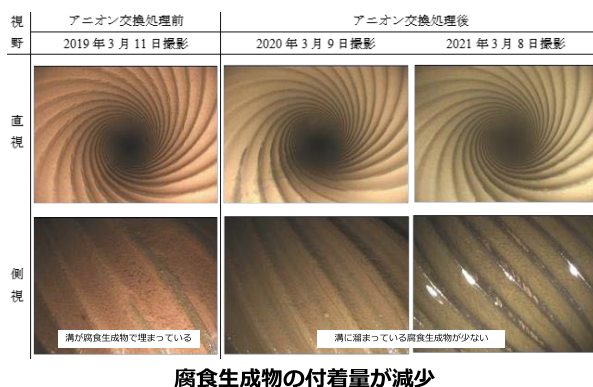


図8 凝縮器チューブへの腐食生成物の付着量低減



腐食生成物の付着量が減少

令和4年度 運転管理等の改善事例 優秀賞

JA北海道厚生連帯広厚生病院



熱回収ヒートポンプの運用改善によるシステムCOPの向上

受賞者 発表者：日本ファシリティ・ソリューションズ株式会社 都市ES推進室 渡邊 崇氏
 申請者：日本ファシリティ・ソリューションズ株式会社
 設備オーナー：日本ファシリティ・ソリューションズ株式会社

省エネルギーや環境負荷低減を実現した新病院

帯広厚生病院は、1945年に開設し、十勝の住民の方々の健康と命を守るため、診療機能の充実を図ってきた。「高品質な医療」、「医療人の育成」、「環境への配慮」の3本柱を掲げ、2018年11月、病院を新設移転した（建物概要参照）。

熱源システムにおいては、寒冷地における省エネルギー病院の模範となることを目標に、寒冷地に適応した建築計画・設備計画を立案。快適で災害に強く省エネルギーや環境負荷低減などを実現するサステナブルな建築を目指した。病院のエネルギー供給は、エネルギーサービス事業が採用され、公募による事業者選定を行った。

熱回収ヒートポンプを導入した熱源システム

熱源システムの設計では、PAC空調機（空冷式個別冷房機）を用いる年間冷却負荷を中央熱源化した。そうすることで寒冷地において年間で安定した冷房負荷を創出し、熱回収ヒートポンプにより冷房時に発生する排熱を回収することで、温水として活用できるようになった。電気式熱源は、井水式熱源チャラーと熱回収ヒートポンプチャラーで、そのほかは燃焼式となっている。

冷水は、熱回収ヒートポンプ、井水利用冷房専用チャラー、吸収冷温水機の順で冷水を製造している。温水は、熱回収ヒートポンプの排熱、温水ボイラ、吸収冷温水機で製造する。熱回収ヒートポンプは、冷房で回収した排熱を熱交換機で暖房に利用するほか、給湯余熱槽で給湯に利用できような高効率な熱源システムを構築した。

暖房負荷は、季節や時間帯により変動するため、使い切れなかった排熱は給湯に利用する。給湯負荷も時間帯による変動が大きいため、給湯余熱槽に一時的に蓄熱するシステムとした。それでも余剰となった場合は、冷却塔から放熱する（図1）。エネルギーサービスに導入した熱源機の2020年の年間機器効率を見ると、熱回収ヒートポンプの効率は、1.97であり、燃焼式熱源の2倍強となっている。

建物概要

施設名称：JA北海道厚生連帯広厚生病院 構造・階数：【病院本棟】
 所在地：北海道帯広市 鉄骨構造地上10階、塔屋2階
 開院：2018年11月 【エネルギー棟】
 敷地面積：72,562㎡ 鉄骨構造地上2階
 延床面積：63,500㎡ 契約電力：2,000kW
 病床数：651床 主な機能指定：救急救命センター
 災害拠点病院等



病院全景写真

図1 設備概要

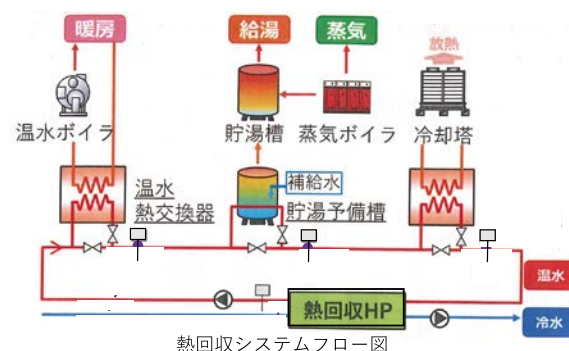
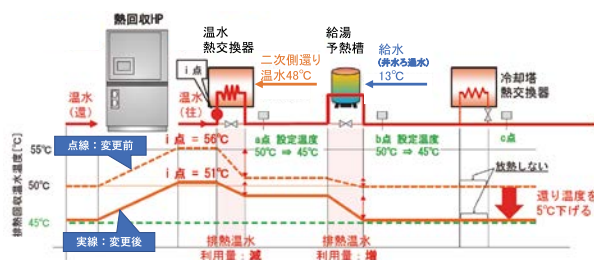


図2 改善点の説明1



さらなる省エネルギー化を目指し、3つの改善を実施

熱回収ヒートポンプの改善にあたり、①稼働率の向上・製造熱量の増大 ②排熱回収率の向上 ③熱回収ヒートポンプのCOPの向上の順に3つの対策を実施した。

稼働率の向上・製造熱量の増大に関する対策では、井水チラーの起動ポイントを熱回収ヒートポンプの定格能力100%のポイントから110%のポイントに変更した。排熱回収率の向上に関する対策では、冬期のみ放熱用の冷却塔の稼働を強制的に停止した。

熱回収ヒートポンプのCOP向上に関する対策では、排熱側の温水還り温度が低いほどCOPがよくなることがわかった。これを踏まえ、二次側の状況を見極め、排熱温水還り温度を50℃から45℃へ設定変更した。設定温度を下げることで、温水熱交換機での温熱利用量は減少するが、給湯余熱槽での温熱利用が増加するため、全体の排熱利用量は変更前と変わらない(図2)。

改善効果により、さらなる省エネルギー化を実現

稼働率の向上・製造熱量の増大に関する改善効果だが、2019年、熱回収ヒートポンプの製造熱量の比率は、冷水50%、温水33%、給湯17%だったが、2020年には、冷水が55%、温水が58%、給湯が23%と稼働率が向上した。

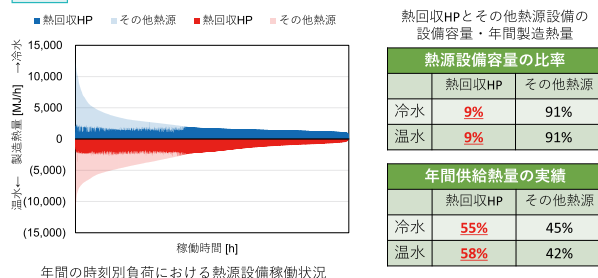
図3は、1時間ごとの冷水と温水の製造熱量を示し、色の濃い部分が熱回収ヒートポンプで製造した量を表している。熱回収ヒートポンプは、年間を通じてベース負荷を担い、ピーク時は熱回収ヒートポンプ以外の熱源を併用して対応している。施設における熱源システムにおける熱回収ヒートポンプの割合はわずか9%だが、年間供給熱量の5割以上をヒートポンプでまかなっている。

図4は、排熱回収率の向上の改善効果を示す。対策3により、不要な冷却塔や冷却水ポンプの稼働が抑制され、すべての月で回収率が向上しており、2020年冬期では回収率100%となった。

図5は、熱回収ヒートポンプのCOP向上の改善効果を示す。変更前は一週間の平均システムCOPが6.16だったが変更後は6.25に向上した。図6は、中央熱源全体の改善効果を示す。蒸気供給も含めた全体のシステムCOPは、2019年は年間平均0.99だったのに対し、2020年は1.04となり、5%向上した。

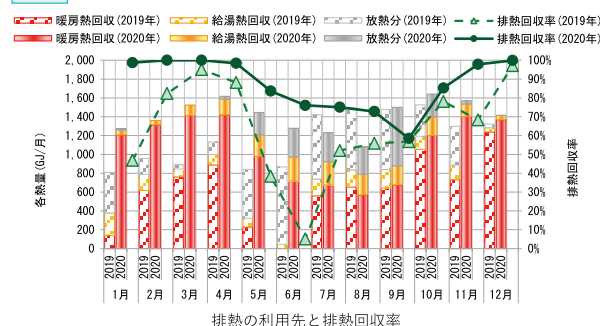
図7は、施設全体の効果を示し、年間の一次エネルギー消費量原単位を比較したもののだが、開院初年の2019年と比較し、2020年には約4%の省エネルギー化が図られている。また、2020年の実績値は、DECC(非住宅建築物のエネルギー消費量に係わるデータベース)の北海道の病院施設より約16%、関東圏の比較対象病院より約11%少なくなっており、寒冷地および関東圏の病院に比べても省エネルギー化が図られていると考えられる。

図3 改善の効果1



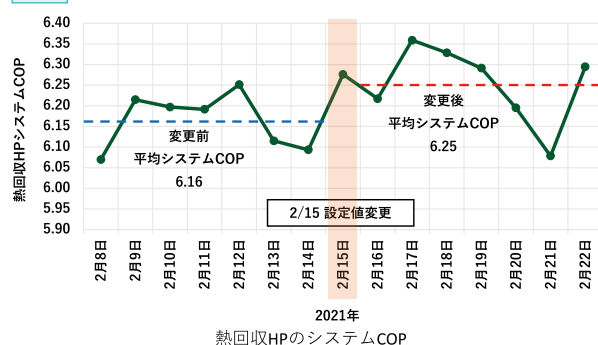
年間の時刻別負荷における熱源設備稼働状況

図4 改善の効果2



排熱の利用先と排熱回収率

図5 改善の効果3



熱回収HPのシステムCOP

図6 改善の効果4

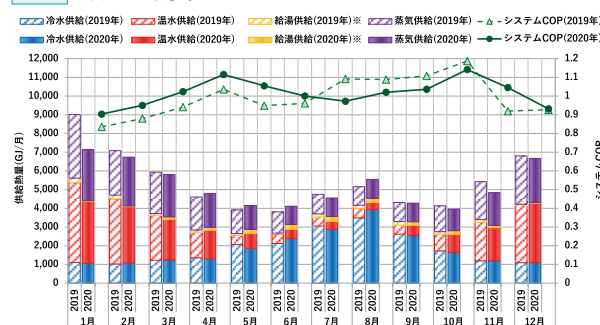
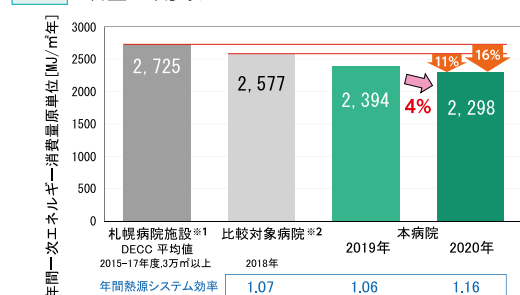


図7 改善の効果5



※1 札幌病院施設はDECC(2015~2017年度)の北海道に立地する3万㎡以上の病院施設
 ※2 比較対象病院は関東圏の弊社エネルギーサービス提供病院

令和4年度 運転管理等の改善事例 優秀賞

古河電池株式会社いわき事業所



投げ込み式ヒーターから高効率ヒートポンプへの省エネルギー改修事業

受賞者 発表者：古河電池株式会社いわき事業所 工務部 石川 幹氏
クラフトワーク株式会社 益子 暁氏

申請者：クラフトワーク株式会社

設備オーナー：古河電池株式会社

商品性能の向上、エネルギーコストの削減を検討

古河電池株式会社は、古河電気工業株式会社の電池部門を前身として、1950年に独立し創業した。いわき事業所（福島県いわき市）は、1978年に設立され、主に自動車用鉛蓄電池とアルカリ蓄電池の製造を行っている。工場の屋根には、SDGsの一環として太陽光発電パネルを敷設。総発電量は1,600kWで、発電量の一部は自家消費しているが、そのほとんどを売電している（[会社概要参照](#)）。

製品の製造工程において温水と冷水を使用している。ヒートポンプ導入前のシステムでは、温水と冷水は別々に生成し、生産ラインの過程で同時利用している。冷水は、チラーもしくは解放式冷却塔で、温水は投げ込み式ヒーターにて生成し、循環利用している（[図1](#)）。

今回、親会社である古河電気工業㈱と協同で行っている省エネルギー活動の一環としてヒートポンプを導入することとなった。主力である自動車事業における電力使用量の見える化を行った結果、電力使用量の多いヒーターの省エネルギー化に着手することにした。導入前の課題として、投げ込み式ヒーターによる温水生成時の温水ピット内の温度にバラツキがあり、それによって商品の性能にも一部バラツキが出てしまうことが一番の問題であった。また、ランニングコストが高いことから、コスト削減も解決すべき問題であった（[図2](#)）。

ヒートポンプの導入で課題を解決

課題解決の検討を行った結果、3つの解決策が挙げられた。1つ目は、設定温度を下げる。2つ目は、蒸気ボイラに交換する。3つ目は、ヒートポンプを導入することであった。3つの解決策からヒートポンプの導入を選択した理由として、投げ込み式ヒーターよりも消費電力が少ないこと。温水と冷水の2つの生成が可能であり、かつエネルギーのムダが少ないことが決め手となった。

従来のシステムで安定的に稼働している製造ラインに、新たにヒートポンプを導入することで、製造ラインの稼働や製品の性能に支障を起こす可能性もあるため、ヒートポンプ導入に際しては、慎重な検討が行われた。投げ込み式ヒーター

会社概要



いわき事業所

所在地：福島県いわき市

設立：1978年

主な製品：自動車用鉛蓄電池
アルカリ蓄電池

図1 システムフロー図 導入前

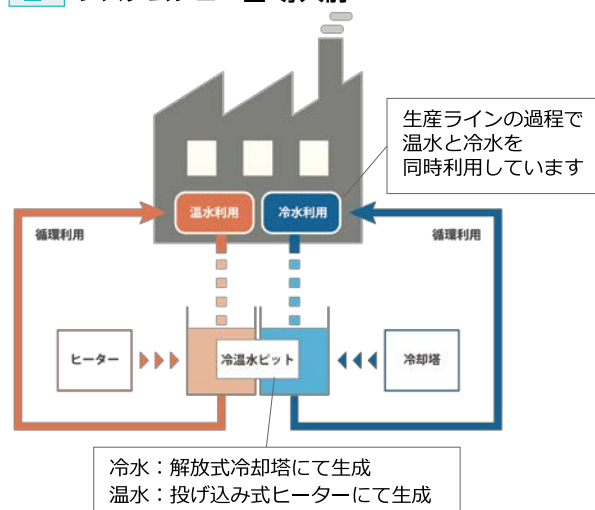
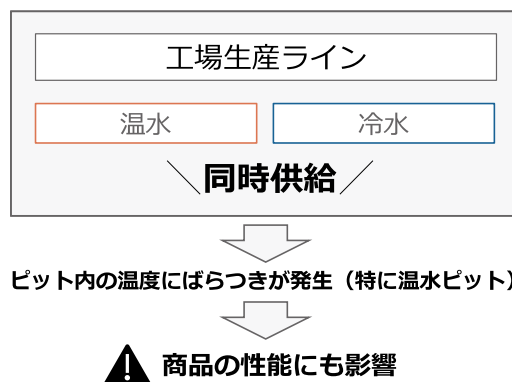


図2 導入前の課題



から空冷式ヒートポンプに置き換えるという単純なシステム変更ではなく、効率的な省エネルギー化を目指した。

製造工程には、冷水が必要な工程と温水が必要な工程があるが、最終的には冷水と温水が混ざり合うため、ヒートポンプによって再度冷水と温水に生成し直す循環型システムを採用した（図3）。

既存システムを残し、リスクヘッジにも対応

冬期は、冷却塔がフリークーリングで冷えるので、加熱需要だけを考えると、冷却温度が下がり過ぎて、温水工程のヒートポンプシステムの能力が低下してしまうため、冷却需要と加熱需要のバランスを重視した。そうすることで、冬の冷水装置の温度を下げない程度のヒートポンプの熱源として温水の生成ができることを想定した。計算では、ヒーター加熱能力の80%はヒートポンプでまかなえるということがわかり、システムとしては、じゅうぶんな省エネルギー性が成り立つことがわかった。その上で、万一の時に備え、既存のシステムをバックアップとして残すことで、リスクヘッジに対応することにした。

温度のばらつき対策としては、ヒートポンプによる循環加熱方式にすることで、ピット内の温度が均一化され、ばらつきがなくなった。さらにシステムの各所に温度計、流量計、圧力計を設置し、中央制御にて細かく稼働を制御した。また、ピット内底部の温度変化に合わせ、ポンプの吸い込み位置やポンプ数を調整することで、常に一定温度の温水を工場内に供給できるようになり、システムの高効率運転が実現した（図4）。

従来は、クーリングタワー2台のファンをフル稼働していたが、ヒートポンプの排熱を冷却塔に回すことができ、1台の稼働で済んだため、消費電力も削減できた。今回のヒートポンプの導入により、省エネルギー、省CO₂化が図られ、社会貢献ができた。これを参考に今後は他の事業所へ水平展開ができるように検討していきたい。

導入後の効果

(1) エネルギー効率性

改善前：加熱能力80kW、消費電力72kW → COP 1.1
改善後：夏場では110kW、冬場では80kWのため平均で95kW
消費電力30.3kW → SCOP 3.1

SCOP改善率：3.1→1.1になりましたので改善率は64.5%

(2) 経済性

(改善前) - (改善後) = 51,980kWh/月 - 21,810kWh/月
= 30,170kWh/月 削減率は、58.0%

(3) 環境安全性

CO₂排出削減量は、
30.170 kWh/月 × 0.503 kg-CO₂ × 12ヶ月 = 182,106.12 kg-CO₂/年
= 182.1 t-CO₂/年

図3 システムフロー図 導入後

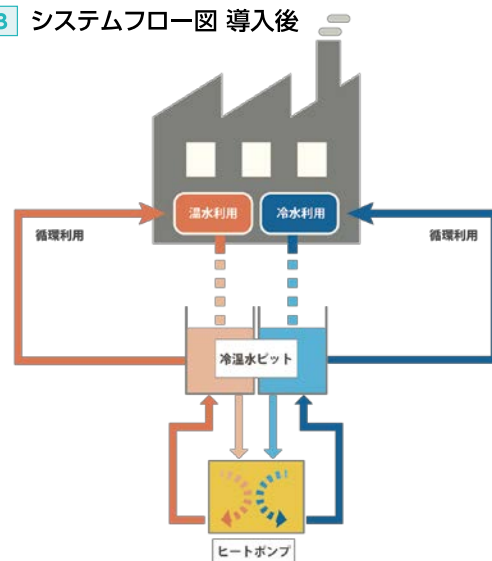
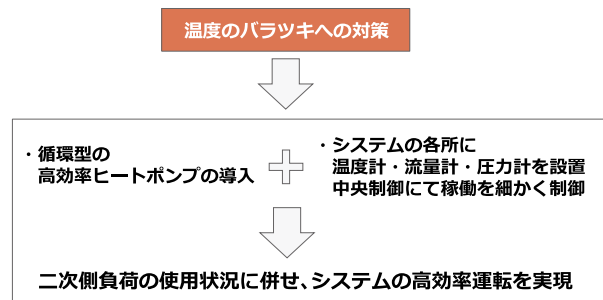


図4 課題の改善ポイント



ヒートポンプチラー設置状況



冷水槽



温水槽



温水槽

令和4年度 運転管理等の改善事例 奨励賞

中国電力株式会社 小町1号館



水蓄熱系統熱交換器廻り制御改修等による水蓄熱槽温度状況改善

受賞者 発表者：中国電力株式会社管財部門 設備建築グループ 森原 佑介氏
申請者：中国電力株式会社管財部門（建築）
設備オーナー：中国電力株式会社管財部門（用地・管財）

水蓄熱システムに氷蓄熱システムを追加導入

本建物は延床面積約36,000㎡、地下2階、地上16階建、1987年竣工の建物である（建物概要参照）。元々は水蓄熱システムを備えた建物であったが、2000年代の改修工事で蓄熱容量増加を目的に氷蓄熱システムを追加導入した。

主たる執務室の冷房は氷蓄熱システムで行っているが、氷蓄熱放熱完了後は一般業務のほか、災害対応や繁忙期の夜間対応ならびに氷蓄熱システムのバックアップとしての役割を水蓄熱システムが果たしている。

本建物の空調システムは低層階（B2～M2階）、中層階（2～11階）、高層階（12～14階）、特殊階（15～16階）で異なり（図1）、水蓄熱槽が関係するのは低層階と中層階になる。低層階と中層階の空調システムは、図2に示すとおりである。今回は、冷房期間における水蓄熱槽システムの夜間運用時の改善事例について報告する。

水蓄熱槽に蓄熱されない原因を探る

中層階では日中、氷蓄熱を放熱しながら空調している。氷蓄熱放熱完了後～夜間蓄熱中に空調を行う場合は熱源を水蓄熱に切り替えている。夜間蓄熱中に中層階の空調を行う場合の水蓄熱槽はR-2、R-3の2台のチラーによる蓄熱と熱交換器を介した2次側空調設備への放熱を同時に行う（図3）。夜間空調は基本的に一部の部屋に限られることもあり負荷は少ない。そのため、夜間に蓄熱と放熱を同時に行ったとしても水蓄熱槽への蓄熱は問題なく行えると考えたが、実際は蓄熱されないという問題が発生した。

水蓄熱槽の蓄熱状況について、夜間にR-2、R-3を蓄熱運転しながら中層階の空調を行っている場合に水蓄熱槽の蓄熱量はほとんど増加していないことがわかる（図4）。次にR-2の運転状況として、R-2出口温度と水蓄熱槽（高温側）の温度（≒R-2入口温度）を見ていく（図5）。R-2入口温度の設計値は11℃であるが、それを下回る温度で推移しており、出口温度はハンチングが生じている。入口温度が低く、R-2冷却後の出口温度も低下したため、凍結防止保護機能が働いてR-2が発停を繰り返していると推測した。

原因を探るため、ヘッダー系統の熱交換器の運転状況をチェック

建物概要



建物名称	中国電力株式会社 小町1号館
所在地	広島県広島市中区小町4-33
主要用途	事務所
構造	地下SRC造、地上S造
敷地面積	13,240㎡
延床面積	35,550㎡（基準階面積：1,950㎡）
階数	地下2階、地上16階、塔屋2階
竣工年月	1987年3月

図1 システム概要

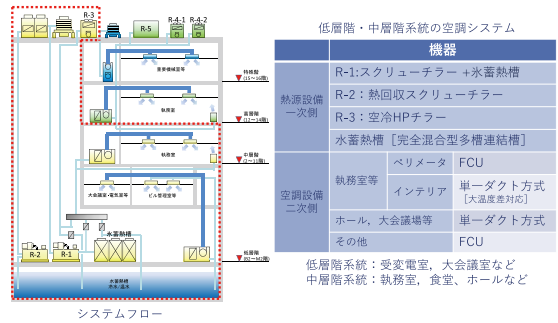


図2 中層階・低層階系統システム概要（冷房期間）

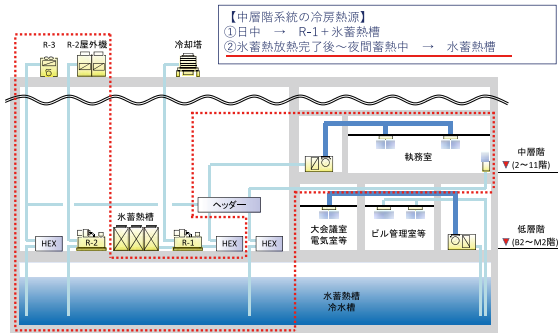
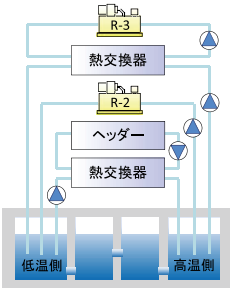


図3 中層階系統空調システムのうち水蓄熱システム（図2 赤枠の抜粋）

R-2、R-3系統および中層階ヘッダー系統フロー



した(図6)。一次側の出入口温度差は5℃で設計しているが、実際は0.5℃差で運転していることがわかった。本来は温度差を5℃に近づけて一次側流量を抑える運用が望ましいが、現状は出入口温度差がほとんどなく一次側流量を絞れていない。そのため、一次側出口温度の約10℃の水が水蓄熱槽(高温側)に一次側ポンプの定格流量に近い流量で流れ、これにより水蓄熱槽(高温側)の温度が低下しR-2が発停を繰り返す原因になると整理した。

上記の問題について、設備面と管理面で対策を実施した。設備面の対策としては、熱交換器の一次側流量制御をより適切に行うための制御および二次側出口温度設定値の見直しを、管理面の対策としては、ビル管理センターで熱交換器の一次側流量制御状況が把握できるよう流量計の設置を行った。

設備面と管理面の対策を実施

一次側流量の調整(電磁弁①の開閉)による二次側出口温度一定制御(図7左 赤線部)と過剰な流量を水蓄熱槽(低温側)に戻すための一次側入口圧力によるバイパス管制御(電磁弁②の開閉)(図7左 青線部)の2つの制御は独立しており、うまく連動していない可能性が考えられた。そのため、一次側流量調整およびバイパス管調整(電磁弁①②の開閉)による二次側出口温度一定制御(図7右 赤線部)に改修した。併せて一次側冷水ポンプをインバーターによる変流量制御に改修した。

また、二次側出口温度の設定値を次の理由から見直した。水蓄熱槽(低温側)の水温が設計温度まで下がらないこと。これは水蓄熱槽側の経年劣化が考えられる。その他夜間の二次側負荷は少ないことから、二次側空調設備への送水温度を上げても大きな支障はないと判断した。

管理面の対策としては、一次側配管に流量計を設置し、中央監視装置への流量表示により熱交換器の流量制御状況を管理できるように見える化を行った。

改善効果の検証

一次側流量について、一次側ポンプの定格流量2,300L/minに対して負荷が少ない夜間時間帯は200L/min程度で推移している。また、翌朝の空調開始による負荷の増加に応じて流量も増加しており、適正に流量制御ができていることを確認できた(図8)。その時の水蓄熱槽(高温側)の温度(=R-2入口温度)は、R-2入口温度の設計値11℃に対して、対策前は平均10.0℃だったが、対策後は平均12.0℃に改善した(図9)。

R-2出口温度は、設計値6℃に対して対策前は平均8.2℃だったが、対策後はほぼ設計値を下回っており、R-2の発停頻度が減少していることがわかる(図10)。それらを踏まえた対策後の水蓄熱槽の蓄熱状況について、夜間空調を行っていても蓄熱量が増加していることが確認できた(図11)。なお、R-3でもR-3系統の熱交換器の二次側(水蓄熱槽側)が錆くずなどの詰まりにより蓄熱効率が低下するという問題が生じていた。この点については別途対策しており、R-3の改善効果を除いたR-2相当分では、約1.5GJ程度蓄熱量が増えていることを確認した。

今後も運用改善による省エネルギーへの取り組みを継続しつつ、弊社建物の環境負荷低減に貢献していきたい。

図4 現状把握(水蓄熱槽蓄熱状況)

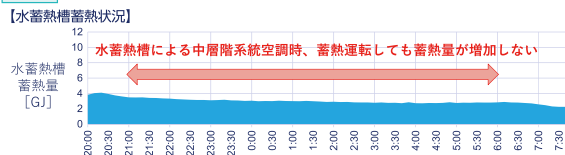


図5 現状把握(R-2運転状況)

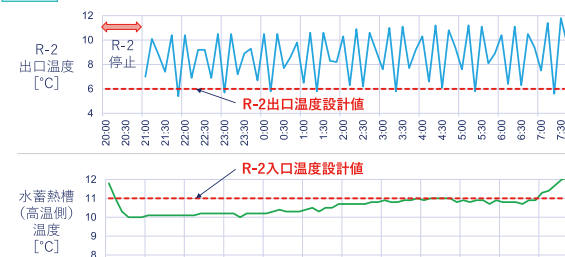


図6 現状把握(ヘッダー系統熱交換器運転状況)

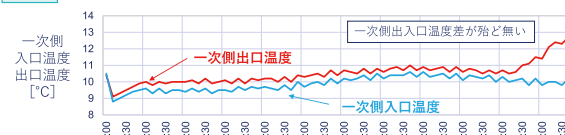


図7 設備面の対策(制御改修概要)

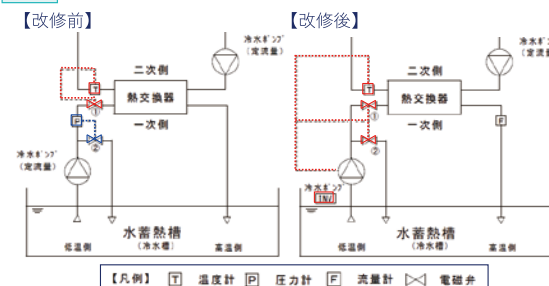


図8 効果の検証(熱交換器一次側流量)



図9 効果の検証(水蓄熱槽[高温側]温度分布)

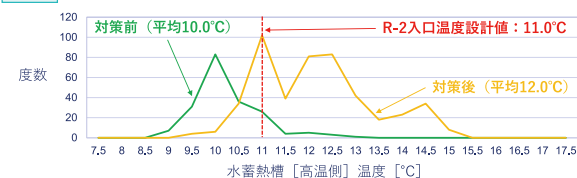


図10 効果の検証(R-2運転状況)

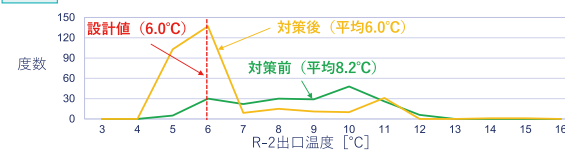


図11 効果の検証(水蓄熱槽蓄熱状況)



※図9～10について、対策前(2019年)対策後(2020年)共に8月下旬～9月末、夜間中間空調時の10分データを使用。
※図11について、蓄熱開始時の蓄熱量を0とした増加量を示す。

第三共同ビル

▶ 氷蓄熱システムの稼働率向上に繋がったFCU流量制御の調整とその効果

受賞者 申請者：東京電力エナジーパートナー株式会社、東洋熱工業株式会社、株式会社NHKビジネスクリエイト

設備オーナー：株式会社NHKビジネスクリエイト、株式会社白洋舎



建物と熱源および空調システムの概要

1988年に竣工した本建物は、RC造、地上6階、地下1階、14,913㎡の事務所・店舗用途の建物です。熱源および空調システムとしては、ガス焚吸収式冷温水発生機2基による単一ダクトVAV方式による各階分散空調機系統と、冷房時のみ電気式の氷蓄熱システムにより熱供給される各階ペリメータ負荷処理用FCU系統からなるセントラル式空調方式となっている（図1）。

(1) 冷房運用

空調機系統は冷温水発生機から「往温度:7℃」で冷水供給されますが、冷温水1次ポンプは一定流量運転のため、部分負荷時は比例弁によるバイパス制御を実施しています。（設計還温度:12℃）また、FCU系統は氷蓄熱システムから熱交換器を介して「往温度:7℃」で冷水供給され、4台の冷温水2次ポンプは「台数+変流量制御」による省エネルギー設備となっている。

(2) 暖房運用

空調機系統およびFCU系統とも冷温水発生機のみにより「往温度:55℃」で温水供給され、FCU系統は系統連系用の自動弁により空調機系統の往・還の主管管へ接続され運用している。

顕在化した課題と運用改善効果の概要

中央監視データと仮設流量計測から、下記の課題を抽出した（図2）。

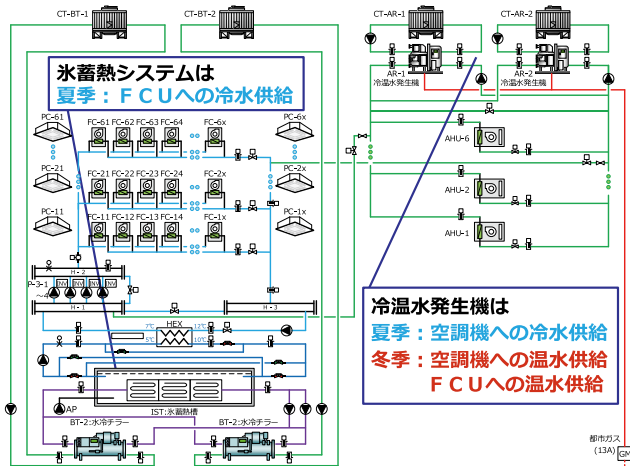
- (1) FCU系統の冷温水2次ポンプがフル運転で過大な循環流量
- (2) FCU系統における往・還温度差が約1℃と縮小

この課題解決策として、軽微な制御回路改修を実施し、その後に夏季・冬季の試運転調整を実施した結果、（表1）の効果を得た。

顕在化した課題の根本原因と改善策としての軽微な改修

FCU系統の往還温度差が取れていないのは送水温度が13℃設定であったためで、7℃設定に変更後、循環流量は、

図1 熱源・空調システムの概要系統図



- ・ガス焚吸収式冷温水発生機（冷房能力:281kW、暖房能力:286kW）
- ・冷房時のみ電気式の氷蓄熱システム（水冷ブラインモジュールチラー:186kW×2基、氷蓄熱槽:FRP製現場築造型・外融式:536USRTh×1基）

図2 改善前のFCU系統における運用状況（2019年の夏季）

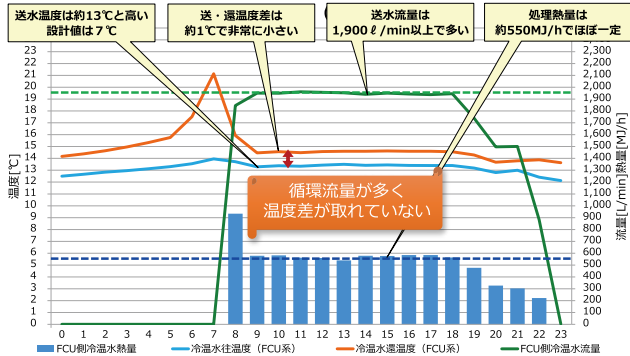


表1

時季	効果
夏季	FCU系統の循環流量の低減:2,100ℓ/min → 500ℓ/min
	FCU系統の往還温度差の拡大:1.0℃ → 5.5℃
	FCU系統のポンプ搬送動力の削減:9.5kWh → 2.0kWh
	氷蓄熱槽取出し熱量の増加:550MJ/h → 700MJ/h
	冷温水発生機のガス使用量の削減:35m³/h → 33m³/h
冬季	FCU系統の循環流量の低減:1,800ℓ/min → 350ℓ/min
	FCU系統の往還温度差の拡大:1.0℃ → 5.0℃
	FCU系統のポンプ搬送動力の削減:6.5kWh → 1.5kWh

減少し往還温度差も確保され、室内環境も改善した。しかし、その後、流量が激しくハンチングし出し、室内温度が上昇する異常な制御現象が確認された（図3）。

制御回路を調査した結果、既設FCUには一対一で自動弁が実装されておらず、各階東西の各主還り配管に1台のみ比例式自動弁が実装されており、これは蓄熱システムの性能低下を防止するための「還り温度補償機能」であることがわかった。

この比例式自動弁は、一旦全閉になってしまうと配管内の冷温水が自然放熱によりある温度域になるまで流量が閉塞してしまうことが原因であることが判明した。

この比例式自動弁がFCUの運転中は全閉にならないよう、冷房時および暖房時、個別に開度リミット設定を設けられるよう、軽微な制御回路改修を実施した。

改修後の運用に当たり、以下の調整も実施した。

- (1) 各階の室内温度を確認しながら、開度リミットの微調整
- (2) 同じく各階の還り温度制御設定値の微調整
- (3) FCU系統の負荷処理能力を期待した空調機送風温度の上方修正
- (4) 暖房時も同等の調整の実施

夏季および冬季にそれぞれ実施した調整結果のグラフを（図4）および（図5）に示す。

得られた効果の集計

(1) 夏季の調整内容

- ①FCU系統における循環流量低減による搬送動力の調整
- ②吸収式冷温水機から氷蓄熱システムへの処理熱量移行の調整
- ③AHU給気温度調整による吸収式冷温水機ガス使用量の削減

(2) 冬季の調整内容

- ①FCU系統における循環流量低減による搬送動力の調整

※氷蓄熱システムへ負荷処理の割合を移行したため、その分の電力量は増加したが、ポンプおよび空調機の動力削減等により最終的には電力量は減少し、特にCO₂排出量は大きく削減できた。

全ての調整の結果、年間約60万円のランニングコスト低減となった（表2）。

今後の取り組み～オーナーサイドのコメント

本建物のペリメータ負荷処理用FCU系統への冷水・温水供給は、竣工後33年間で熱源や配管系を何度か変更し運用してきました。今回、現有設備の運用改善のため、中央監視データと仮設流量計測から夏季と冬季の運転状況を解析し、さらに負荷熱量と消費エネルギー量を比較分析し、運用改善の成果を確認することができました。今後は、外気温度やテナント稼働状況などとの相関関係、また個別空調の運用状況を把握し積極的に設定値を変更するなど、省エネルギー運用を継続していきたいと思います。

図3 軽微な改修前の試運転状況（2019年の夏季）

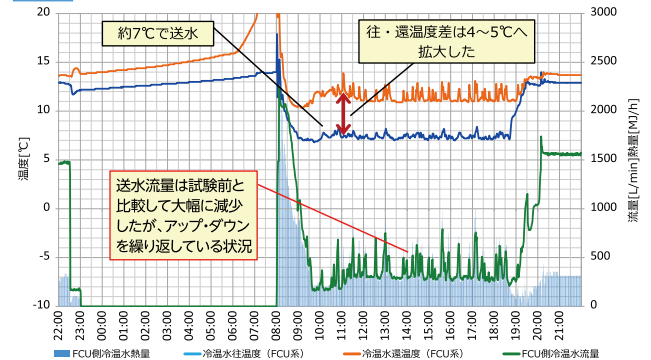


図4 軽微な改修後の冷房試運転結果（2020年の夏季）

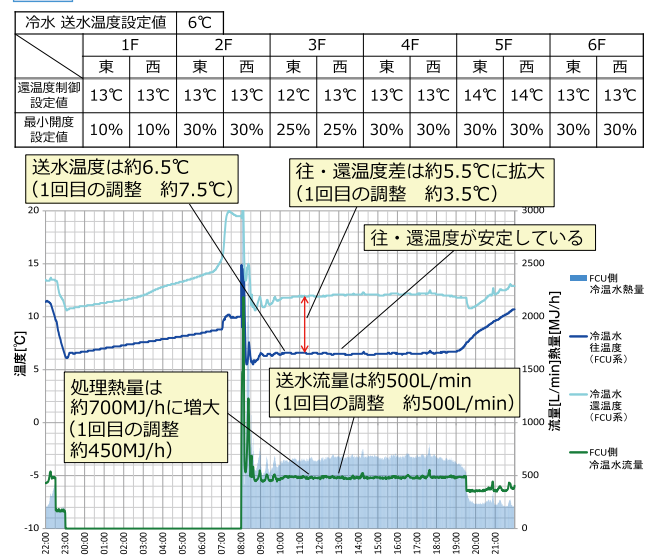


図5 軽微な改修後の暖房試運転結果（2021年の冬季）

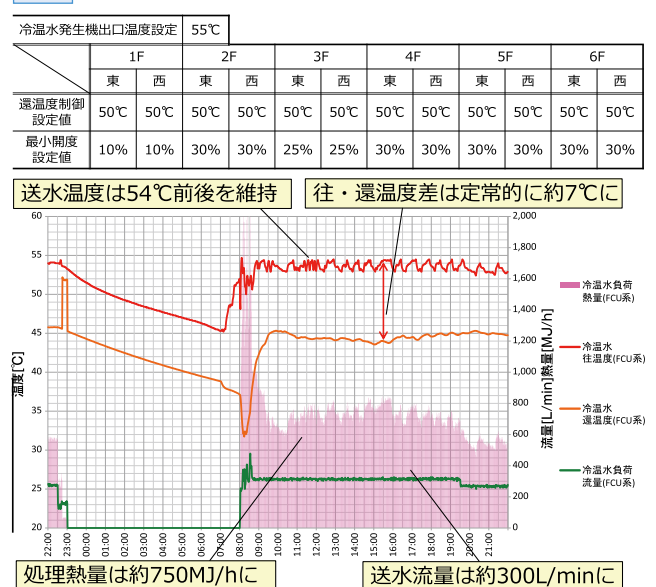


表2 全効果のまとめ

年 間	FCU系統循環流量低減による搬送動力		氷蓄熱システムへの処理熱量移行調整	AHU給気温度の調整	合計
	夏季	冬季			
電力量	▲12,950kWh	▲9,219kWh	+7,278kWh		▲14,891kWh
ガス量				▲3,908m³	▲3,908m³
CO ₂ 排出量	▲5,918kg-CO ₂	▲4,213kg-CO ₂	+3,326kg-CO ₂	▲8,559kg-CO ₂	▲15,364kg-CO ₂
支払い料金	▲220,150円	▲156,719円	▲67,685円	▲293,123円	▲602,307円

年間約60万円のランニングコスト低減！

東京スカイツリー® 地域熱供給施設



▶ヒータングタワーヒートポンプシステムの運用改善

受賞者 申請者：株式会社東武エネルギーマネジメント、
新菱冷熱工業株式会社
設備オーナー：株式会社東武エネルギーマネジメント

熱源システム概要

東京スカイツリー地域熱供給施設は、東京スカイツリー地域内の建物に冷水および温水を供給する地域冷暖房(DHC)施設である。本施設はメインプラントとサブプラントで構成され、サブプラントは2009年に、メインプラントは2012年に、それぞれ熱供給を開始した。

本施設の熱源システムには高効率な機器や地中熱利用システムなどさまざまな技術が採用されているが、運用改善事例において対象とするのはヒータングタワーヒートポンプ(HTHP)システムである(図1)。3台のヒートポンプ(HP)と複数の冷却加熱塔(HT)で構成されたシステムである。

改善点のポイント

- ①運用改善の試行:HTファン周波数を手動で変更し、エネルギー消費量の増減量を確認した。⇒実績データからシミュレーションモデルを作成し、最適ブライン温度を計算。
- ②ブライン出口温度の最適化:外気乾球温度の一次式で最適ブライン温度を算出する方法を考案し、HTファンのインバータ制御に組み込んだ。⇒エネルギーを最小化。
- ③デフロスト運転による効率低下の防止:着霜する条件下では、ブライン出口温度設定値を外気露点温度以上にする。

運用改善の試行

HTファン周波数を変更することにより、HTHPシステムの効率を向上することができないか、運転管理者の手動設定による確認やシミュレーションによる把握を行った。

運用開始～2017年度:HTファンを定格周波数で制御し、HP単体の効率を上げるため、ブライン温度を上げていた。

2018年度:HTファン周波数を運転管理者が手動で変更し、エネルギー効率が改善するか確認した。

2019年度:シミュレーションモデルにて外気乾球温度別に最適な周波数を求め、運転管理者が手動で運用(表1)。

ブライン出口温度の最適化

(図2)はブライン出口温度による影響を把握するため、

図1 熱源システム概要

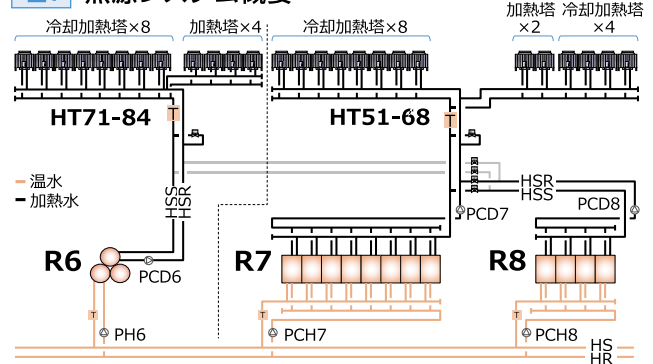


表1 最適なHTファン周波数の一覧表 抜粋

	周波数 設定箇所				
	1	2	3	4	5
外気乾球温度 [°C]					
-4	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8
-3	20.8	20.8	16.4	20.8	20.8
-2	20.8	16.8	10.4	20.8	15.6
-1	20.8	11.2	10.4	17.0	10.4
0	14.5	11.0	10.4	13.7	10.4
1	10.4	10.8	10.4	13.5	10.4
2	10.4	10.8	10.4	13.3	10.4
3	10.4	10.6	10.4	13.3	10.4
4	10.4	10.6	10.4	13.1	10.4

※HPとHTの組合せによって5種類の数値を使い分ける。

図2 ブライン設定温度ごとのHPとHTの消費電力

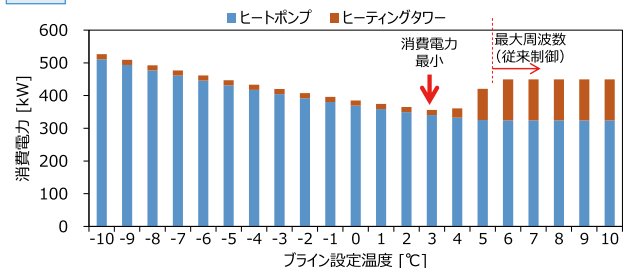
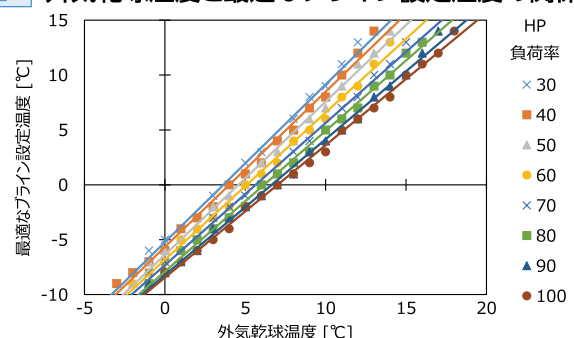


図3 外気乾球温度と最適なブライン設定温度の関係



計算した一例の結果である。このように、HT送風機動力とHPの消費電力にはブライン温度によるトレードオフの関係があり、(図2)と同様にさまざまな外気条件・負荷条件で求めた最適なブライン設定温度が(図3)である。HPの負荷率によって傾きや切片は異なるものの、外気乾球温度と最適なブライン設定温度の間には線形の関係がみられた。この関係は(式1)のように表現できる。

デフロスト運転による効率低下の防止

外気露点温度とブライン温度によっては、HTの外気との熱交換部分に着霜し、デフロスト(除霜)運転が必要となる。HTがデフロスト運転を行うと、デフロスト運転を行っていない残りのHTでブライン温度を上げなければならず、デフロスト運転が行われていないときに比べてHPの効率が低下する(図4)。さらに、デフロスト運転には専用のヒータと循環ポンプを使用するため、HTも余分な電力を消費する。

そこで、HTHPシステムの実測データを基に、デフロスト運転の有無とそのときの外気条件やシステムの運用状況を分析した。その結果、外気露点温度とブライン出口温度によってデフロスト運転の有無を判別できる関係性がみられた(図5)。この関係は(式2)のように表現できる。

ブライン出口温度設定値を(式1)で求めた設定値にするとデフロスト運転の頻度が増加することから、デフロスト運転を従来と同程度に抑えるために(式2)で表される外気露点温度以上にする制御を加え、(式3)の設定値で制御する。

改善の効果 ～継続的な効率改善～

運用改善の試行、最適なブライン温度制御を行った2017年度から2020年度にかけて継続的にシステムCOPが向上した(図6)。一次エネルギー原単位の比較では2017年度に比べ、(表2)の一次式による制御を導入した2020年度では9.0%削減された。

しかし、上述の効果の中には、温水送水温度を48℃から46℃に緩和するなどHTのブライン温度制御以外の効果も含まれている。ブライン温度制御の効果に限定した比較では、2017年度に比べて2020年度の一次エネルギー原単位は3.8%の削減と効果が小さくなった(図7a)。

そこで、導入後の運用データを踏まえて(表2)の一次式の係数の一部修正を行った。係数修正後の比較では、2017年度に比べて2020年度の一次エネルギー原単位は7.8%の削減と改善した(図7b)。

以上から、従来のHTファン周波数を最大周波数で制御する方法に対して、ブライン温度最適化制御を行い、ファン周波数を調整する効果があることを確認した。しかし、最適化制御のための一次式の精度に関しては、さらなる効率向上に向け検討の余地があることも分かった。

今後は、本手法による運用を続けるとともに、蓄積された運用データを基に効率向上を目指しより最適な一次式を精査し、一層のエネルギー効率向上を実現する。

図4 デフロスト運転の模式図

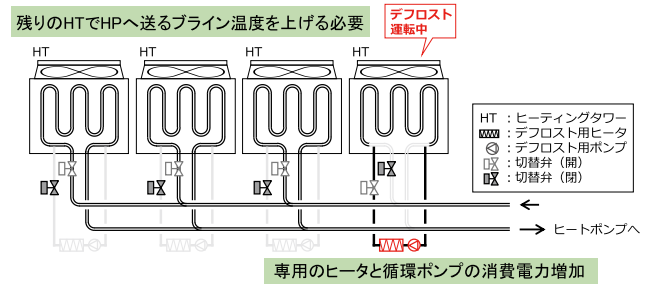
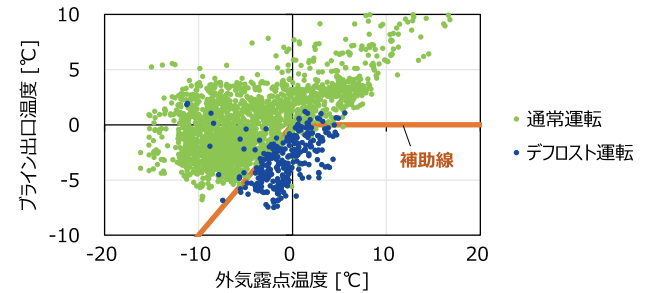


図5 デフロスト運転の判別



$$\text{式1} \quad T_{B1} = a T_{DB} + b$$

T_{B1} : ブライン出口温度設定値
 T_{DB} : 外気乾球温度
 a, b : 定数

$$\text{式2} \quad T_{B2} = \begin{cases} T_{DP} + c & (T_{DP} < 0) \\ c & (T_{DP} \geq 0) \end{cases}$$

T_{B2} : ブライン出口温度設定値
 T_{DP} : 外気露点温度
 c : 任意の定数（具体的な設定例、 $c=1$ ）

$$\text{式3} \quad T_{B3} = \max(T_{B1}, T_{B2})$$

T_{B3} : ブライン出口温度設定値

図6 システムCOPの推移

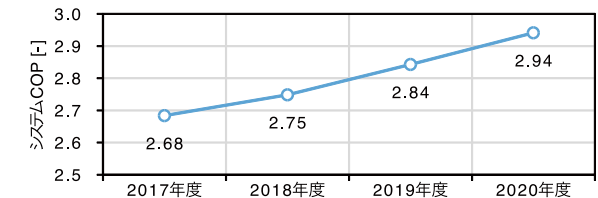
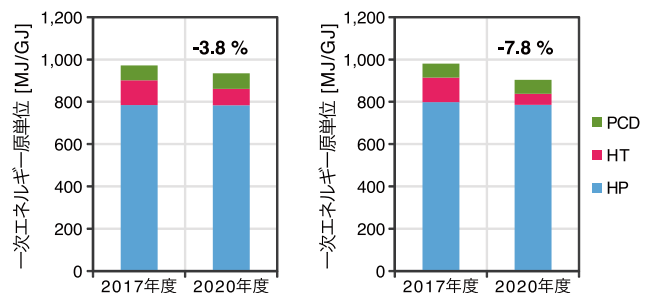


表2 ブライン設定温度を決める一次式

	R6	R7	R8	バルブA	ブライン温度を決定する一次式
	運転: 1 停止: 0			開: 1 閉: 0	
HT71-84 系統	1	-	0	-	$1.093 \times T_{DB} - 10.443$
	0	-	1	1	$1.205 \times T_{DB} - 8.453$
HT51-68 系統	-	1	1	1	$1.072 \times T_{DB} - 8.340$
	-	1	0	-	$1.072 \times T_{DB} - 8.340$
	-	0	1	0	$1.144 \times T_{DB} - 7.449$
	-	1	1	0	$0.962 \times T_{DB} - 8.738$

図7 一次エネルギー原単位の比較



(a) ブライン温度制御の効果に限定した比較

(b) 係数修正後の比較

株式会社 一の坊リゾート ゆと森倶楽部



▶ 温泉廃熱利用ヒートポンプシステムと既存ボイラとの連動による省エネルギーおよび高効率化の改善事例

受賞者 申請者：クラフトワーク株式会社、株式会社東北開発コンサルタント
設備オーナー：株式会社 一の坊リゾート

湯量豊富な2本の自家源泉で、心ゆくまでリラックスできる

ゆと森倶楽部は、宮城県蔵王町の蔵王山国定公園内13万㎡の森に佇む、大人の森林温泉リゾートである。自由に、快適に、過度なサービスのない、静かに大人がくつろぐ「理想の日常」をゆっくり過ごせる美と健康をテーマとした温泉宿で、お客さまからは大変ご好評をいただいている。

慶長年間400年の歴史を誇る、遠刈田（とおがった）温泉の湯量豊富な2本の自家源泉を所有しており、大浴場のほか、温泉浴・森林浴・マイナスイオン浴が一度に味わえるかけ流しの渓流露天風呂、ゆったり座りながら入れる低温岩盤浴、露天風呂付き貸切風呂など、6つの湯めぐりを愉しめる。

既存ボイラと連動した温泉廃熱利用ヒートポンプシステムの導入

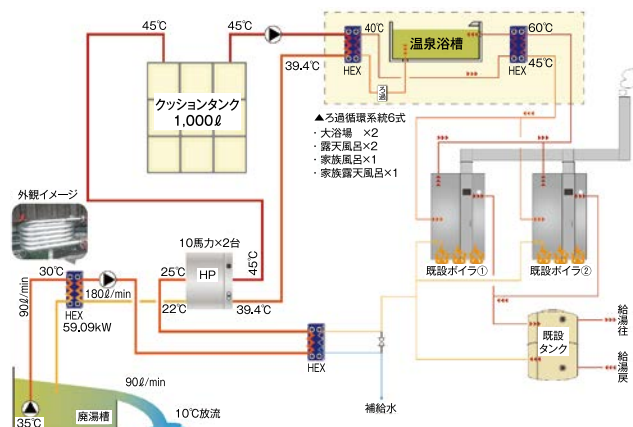
従来は、温水ボイラで給湯および浴槽の加温を行っていたが、同施設では、温泉の廃湯槽があり、ここに約35℃、毎分90L近くの廃湯が流入していた。そこで、給湯システムの改修に際し、省エネルギーとCO2排出量、コストの削減を目標に、廃湯を熱源にしたヒートポンプシステムの導入を計画した。ただ単に廃湯をヒートポンプの熱源として利用するだけでなく、排熱側の温度が25℃近辺で熱回収ができるように補給水の予加熱回路を設けて、ヒートポンプの採熱システムを安定的に稼動するようにした。

ユースポイントである浴槽循環回路では、ボイラ昇温系統の熱交換器に比べて高効率なものに変更した。理由としては、高温側の温水供給を従来は、60℃→50℃、低温側（浴槽側）を39℃→42℃であったものに対し、ヒートポンプ回路では、高温側を48℃→43℃、低温側（浴槽側）を39℃→42℃となるような熱交換器の設計を行った。そうすることでヒートポンプの送水温度を50℃程度に抑えることが可能となり、全体の運転効率が向上した（図1）。

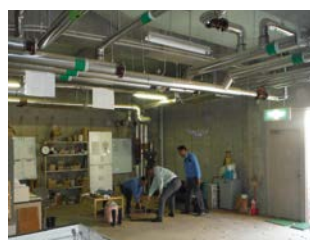


内湯、露天、サウナがある大浴場

図1 給湯システムフロー図



ポイント① 熱源システムの効率化（ボイラ→温熱利用HP COP0.7→COP4.5以上）
ポイント② システムの改善（ろ過循環系の省エネルギー 実負荷に合わせてサイド供給量を見直し、出力を抑える。足りない分のみ従来ボイラで行う。）



ヒートポンプシステム設置場所（工事前） 完成したヒートポンプシステム

改善点のポイント

- ①使用箇所の熱交換システムの効率化
- ②ヒートポンプ送水温度の最適化
- ③ヒートポンプ採熱温度の最適化
- ④既存ボイラの循環加温制御のヒステリシスを変更することによるヒートポンプシステムの稼働率の向上および改善

従来ボイラによる浴槽昇温回路の熱交換器に比べてヒートポンプ昇温回路の熱交換器を高効率にし、浴槽温度と昇温温度のアプローチ温度を狭くしたことでヒートポンプシステムの高効率化を図ることができた。ボイラの場合には、ボイラの設定温度を下げて大幅な運転効率の改善は見られない場合が多いが、ただ単に効率のいいヒートポンプを利用するだけでなく、システムとしてなるべく使用箇所の温度に近い熱源で供給するシステムを構築すればヒートポンプの場合には、まったく違った機械となるくらいにヒートポンプの性能が向上するという事例になったと考えられる。

また、ヒートポンプにとって最も効率のいい採熱温度帯に合わせて制御を行い、タンク補給水時には採熱回路の30℃近辺の温度帯と熱交換をすると、従来であれば13℃程度であった補給水温度が、25℃程度まで昇温するようになった。

導入効果(施設内全エネルギーの前年7月～11月の比較)

※4～6月はコロナの影響で比較除外

重油使用量：-23,400L(原油換算-23.6kl)

料 金：-1,076,400円

使用量増減率：-33.9%

電気使用量：20,640kWh(原油換算-5.3kl)

料 金：412,800円

使用量増減率：+4%

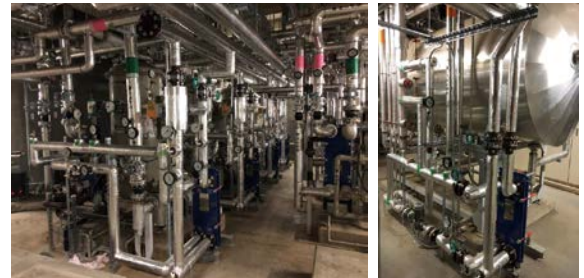
(図2)、(図3)

設備オーナーの意見

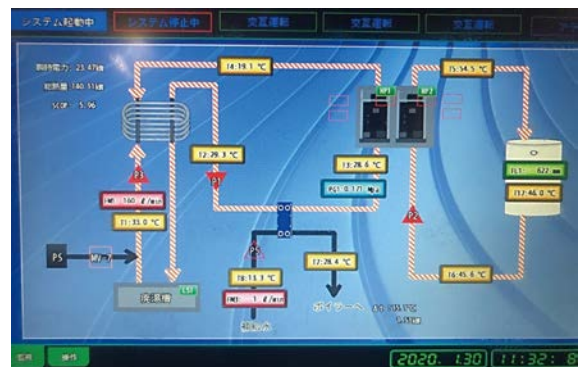
改善前、当施設の年間エネルギー使用量は、原油換算値で約500klであったことから、経営理念である社会貢献(地球環境保全)に合致する設備と運用改善策として、今般、既存ボイラと連動した温泉廃熱利用ヒートポンプシステムの導入を行った。その結果、コロナ影響の時期を除く全施設エネルギー使用量の前年比較では、重油使用量が-33.9%(-1,076千円)の省エネルギー効果となり、システムの導入効果を高く評価している。



浴槽加温用の高効率熱交換器を既存濾過加温システムに加えた様子(改修前)

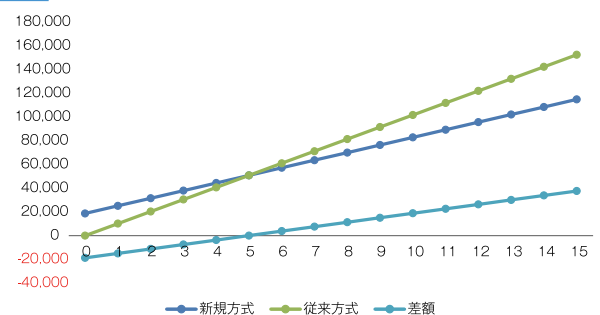


浴槽加温用の高効率熱交換器を既存濾過加温システムに加えた様子(改修後) 給湯補給水用に高効率熱交換器を加えた様子(完成)



運転状況は、24時間モニターで監視できる

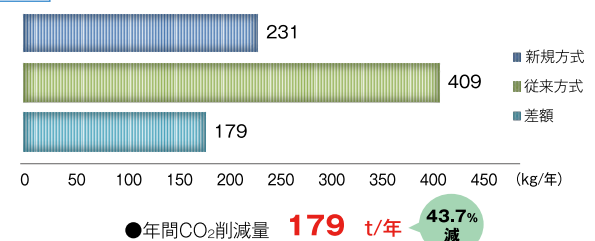
図2 ライフサイクルコスト比較



●回収年数(イニシャルコスト差額+ランニングコスト差額) **5.0 年**

●ライフサイクルコスト比較 機器設置後15年間で **37,551千円** の差額が生じます。

図3 年間CO₂削減量比較



アルバック九州 G棟



▶生産冷却水熱源更新とシステム運用の見直しで高効率化の達成

受賞者 申請者：ダイダン株式会社
設備オーナー：アルバック九州株式会社

アルバック九州の生産冷却水システム概要

アルバック九州は、「真空総合メーカー」として1977年に創立され、鹿児島県霧島市横川町に本社・鹿児島工場が存在する。主な事業内容は、半導体・電子部品・フラットパネル製造装置などの製造の他、スパッタリングターゲット・蒸着材料の製造などのマテリアル生産を行っている。

今回の事例は、装置製造の過程で使用される生産冷却水設備の冷熱源の更新において、高効率化と運用改善に取り組んだ事例である。

冷却水の温度条件は $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ で、冷熱源の空冷チラーで製造された 7°C の冷水を熱媒水としてプレート熱交換器で冷却後に低温槽に貯水される。低温槽からは系統毎に設置された送水ポンプにより工場へ送水され、工場で使用された冷却水は高温槽に返送される。高温槽の冷却水は2次ポンプによりプレート熱交換器へ送水される。2次ポンプの能力は、流量が $1,075\text{L}/\text{min}$ 、揚程は 45mH で電動機は 15kW であった。

冷却水の温度制御は、プレート熱交換器出口の水温を検出し、1次側の冷水流量を三方弁で流量調整を行っている。冷熱源の空冷チラーの能力は 300kW で、冷却熱源は2系統で構成されており、台数制御コントローラーで熱負荷の状況に合わせて増減段を行っている(図1)。

システム運用の改善点

熱源更新に伴い、下記の運用改善を計画した。

①熱源能力の最適化

過去の運用実績では、負荷最大流量は $400\text{L}/\text{min}$ 程度、温度差は $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 程度であったことから、負荷熱量は 85kW 程度と思われた。更新前の熱源機の能力は 300kW であったため負荷率は 28% 以下で運用されていたことになる。更新後の熱源機能力は、将来の熱負荷の増加を考慮して 150kW とした。この能力選定の結果、負荷率は 57% となるため、更新後の熱源機がインバータ機であることから、部分負荷運転における運転効率の向上が期待できる。

図1 更新前の設備概要

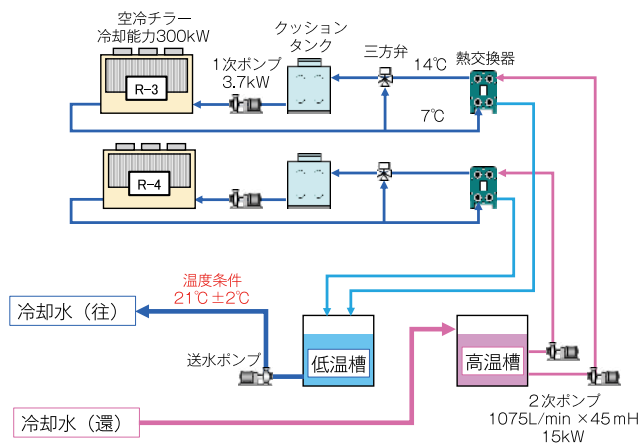
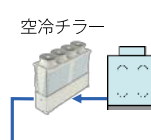


図2 温調弁制御の見直し

三方弁制御



バイパス二方弁制御

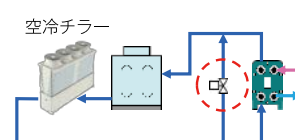
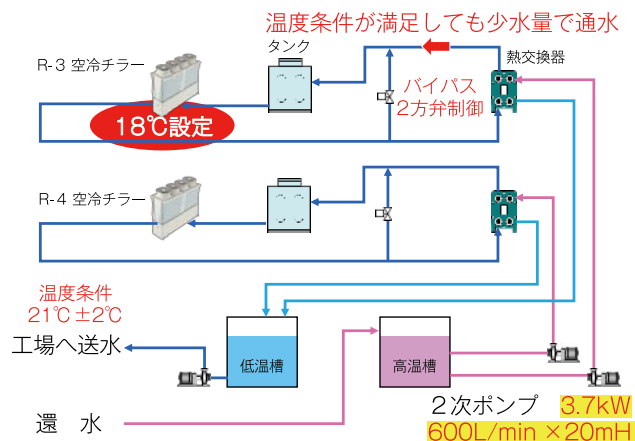


図3 更新後の運転状況



② 温調弁制御の変更

更新前の温度制御は、三方弁で冷水流量を調整する方式であった。この方式の場合、冷却水の温度が設定温度より低くなると熱交換器への冷水流量は遮断されるため、熱源機の設定温度が低すぎても設定値の変更意識は働かない。

更新後はバイパス配管側に二分弁を設置してバイパス流量を可変することで熱交換器への冷水流量を調整する方式とした。この方式の場合、冷却水の温度が満足しても熱交換器の冷水流量は完全に遮断されないため、熱源機の設定温度が低すぎると冷却水温度は低下する。その結果、熱源機の設定温度を上げる修正が必要となる。更新後の熱源機では、設定温度を2℃上げると効率率は2.5%の改善が期待できる（図2）。

③ ポンプ搬送動力の見直し

ポンプの稼働時間は熱源システムの稼働時間と等しく、軸動力の削減により大きな省エネルギー効果が期待できる。ポンプ軸動力は流量に比例し、揚程の二乗に比例して変化する。熱源機付属の1次ポンプは熱源能力の見直しにより流量が1/2となり、電動機は更新前の3.7kWに対して更新後は1.5kWとなった。

更新前の2次ポンプ流量は1,075L/minであったが、過去の負荷流量より見直しを行い、更新後は600L/minに変更した。配管は既設を流用したため、流量の減少により配管の損失抵抗が少なくなり、ポンプ揚程は更新前45mHから更新後は20mHに低減できた。結果、2次ポンプの電動機は更新前の15kWから更新後は3.7kWとなった。

システム改善後の省エネルギー効果

前述の改善でシステム更新を実施して運用を開始したところ、空冷チラーの設定温度は最終的に18℃となった（図3）。更新後1年間の冷却水の送水量は更新前と比べて130%と増加していたが、空冷チラーの電力量は大幅に減少となった（図4）。

年間の成績係数（APF）は6.14で、外気温度が高い夏季の成績係数（COP）においても5.28という結果となり、非常に高効率な運用となった（図5）。

2次ポンプの年間の電力量においては、更新前の1/3程度となり大きな省エネルギー効果が得られた（図6）。

冷却水量1m³当たりの電力量（kWh/m³）に換算すると、更新前では2.58kWh/m³に対し、更新後は0.84kWh/m³となり、更新前対比32%という大きな省エネルギー効果が得られた（図7）。

冷却水の温度については、年末年始の設備停止期間を除いては年間を通して21℃±2℃の範囲で運用ができており、温度制御も良好であった（図8）。

熱源機の設定温度の見直しやポンプ軸動力の改善箇所は多数存在する。今回の事例が省エネルギーへの取り組みの参考となれば幸いである。

図4 省エネ効果

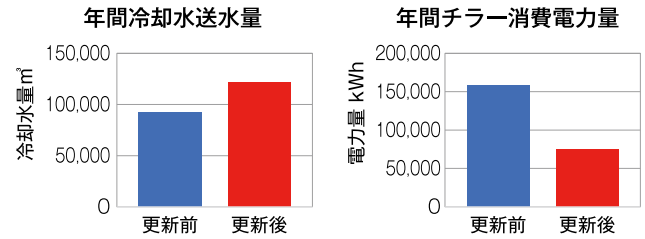


図5 COP

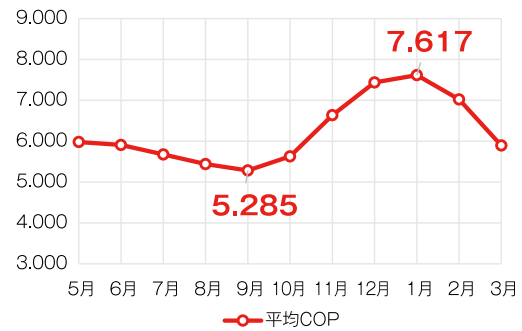


図6 年間2次ポンプ消費電力量

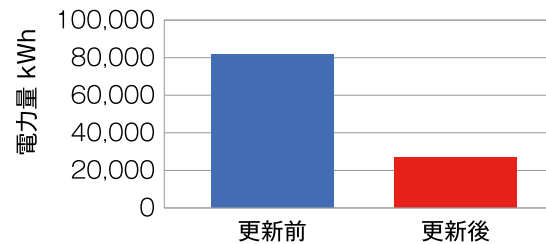


図7 冷却水1m³当たりの消費電力量

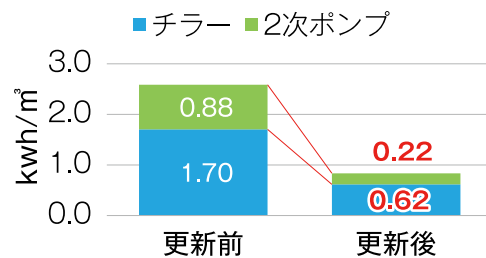
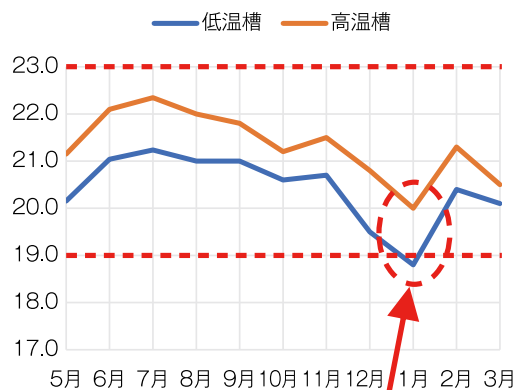


図8 冷却水槽平均温度



年末年始休の設備停止が影響

総合病院土浦協同病院 エネルギーサービス事業

●利用者満足度向上を見据えた ヒートポンプ・蓄熱システムの空調運用改善とその評価

申請者 | 日本ファシリティ・ソリューション株式会社、武蔵野大学

設備オーナー | 茨城県厚生農業協同組合連合会 総合病院土浦協同病院



移転新築をきっかけに省エネルギー・省コスト運用を実践

総合病院土浦協同病院は、既存病院の老朽化対応および高度医療の集中化を目的として移転新築を行い、茨城県土浦市おつ野地区に地域最大の基幹病院（病床数：800床、延床面積：約75,000㎡）として、2016年3月に開院した。

今回の運用改善事例は、本病院の空調システムとして導入したヒートポンプ・蓄熱システムの省エネルギー・省コスト運用と、冷房と暖房要望が混在する中間期の病院利用者における空調満足度向上を見据えた取り組みである。

開院以降、病院関係者、病院側の設備運転員、エネルギーサービス事業（以下、ES事業）者の3者が連携する運転管理体制により、中間期の空調運用では、病院関係者が利用者の要望に対応するため、空調方式は2管式でありながら、ES事業の専任管理者が蓄熱システムを活用して、1日の中で迅速に冷水／温水を切り替える運用を行っている。さらに、大学と連携して行った、本病院の入院患者への空調満足度調査や全国の他病院へのアンケート調査の成果を紹介する。

ヒートポンプ・蓄熱システムの概要

本病院の空調は、病室を含む病院棟の大部分を中央熱源方式とし、病院本体の設計により冷水／温水の切り替えが必要な2管式を採用している。一方で、エネルギー供給設備はES事業を導入し、設計から運転管理まで一貫してES事業者が実施している。エネルギー供給設備は、平常時の環境性・経済性と非常時のMCP（医療継続計画）確立を両立するため、水蓄熱によるヒートポンプ・蓄熱システムを主とした構成となっている（図1）。蓄熱容量は、冷水ピーク負荷の3割以上とし、冷水と温水の入れ替えの柔軟性およびリスク分散のため3槽構成となっている。

病院利用者からの要望に応える運転管理体制

エネルギー棟には、ES事業の専任管理者のもと、運転管理員が24時間365日常駐し、適切な管理を実施。あわせて、ES事業者の本社側では、省エネルギー・省コストを考慮した運転検証を行うなど、継続的な環境性・経済性の向上を

図1 エネルギー供給設備フロー図

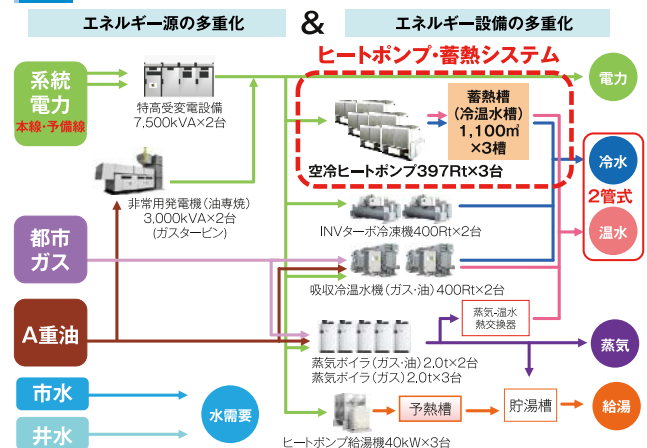


図2 病院利用者からの要望に応える 運転管理体制

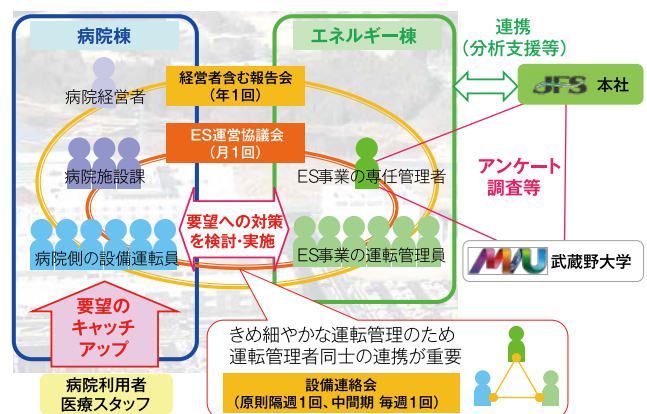
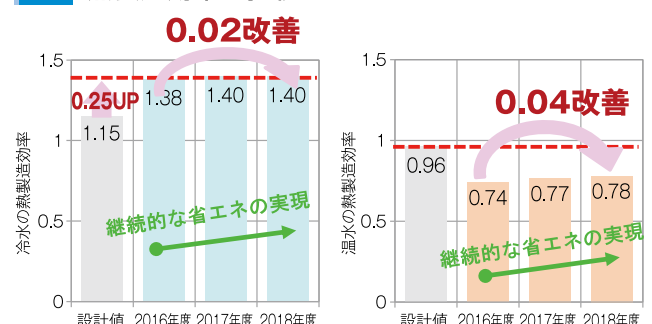


図3 熱製造効率の推移



図っている。

加えて、病院全体での継続的な省エネルギー・省コストを行う目的で、病院施設課を交えた協議会や、病院側とES事業の運転管理員が日常の運用を打ち合わせる場を設け、運転状況や病院利用者からの要望にあわせて対応できる体制とした（図2）。

システム全体での省エネルギー・省コストの取り組み

空調負荷の変動にあわせて、高効率熱源機の稼働時間を増やし、効率のよい運転に努めている。あわせて、天気予報や外気温度を考慮し送水温度を緩和することで、さらなる熱製造効率の向上を図っている。冷水熱製造効率は設計値より向上し、温水熱製造効率は実際のピーク負荷および年間負荷量が大きく、ガス式機器の稼働が増えたため設計値より低下しているが、最適運転により熱製造効率の改善に努めている（図3）。

中間期の空調環境ニーズへの運用改善

空調方式2管式のため、中間期に冷水／温水を切り替える設計思想だったが、実際には1日の中で寒暖差があり、病院利用者から昼間は冷房、夜間は暖房の要望が発生した。通常、1日の中で冷水／温水を迅速に切り替えて供給することは困難だが、本病院では省エネルギー性がよく、かつ、待機運転の不要な蓄熱槽3槽の活用により、冷水／温水を切り替える運用を実施した（図4）。

冷水／温水の切り替え要請があった場合の配管保有水量80tを切り替えるまでに要する時間は、平均39分と迅速な対応を実現している。本運用によるエネルギーロスは、年間の冷温水供給熱量の約0.5%となっている。

アンケート分析による評価

他病院の空調方式2管式の運用実態を把握するため、SHASE“竣工設備概要データシート”を基に抽出した病院へアンケート調査を実施した（回収率26%、34件／131件）。その結果、中間期の空調切り替えに対する運用に苦労している実態が明らかになった（図5）。

運用面の問題点として、「中間期での冷暖房切り替えのタイミングが難しい」など、中間期の冷暖房切り替えについて課題のある病院が多いことが示唆された（表1）。また中間期における1日の中での冷水／温水切り替え対応に関して、運用改善後の病院利用者の快適性と満足度を評価するため、本病院の入院患者を対象にアンケート調査を実施した。その結果、不快・不満の回答は2割弱にとどまる結果となった（図6、7）。

あわせて、運用改善後は、入院患者からの要望が減少していることから、病院関係者、病院側の設備運転員、ES事業の専任管理者の3者が連携し、1日の中で適切で迅速な冷水／温水切り替えを実現していることが、病院利用者の満足度の向上へ寄与していることがわかった。

図4 中間期における空調運用のフロー図

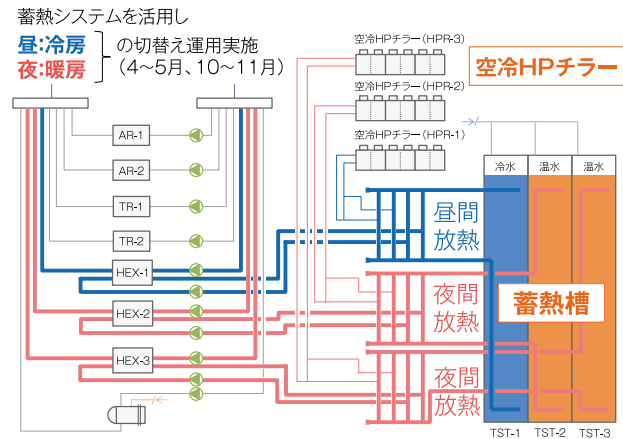


図5 冷暖房切り替え要望の有無と対応方法【他病院へのアンケート結果】

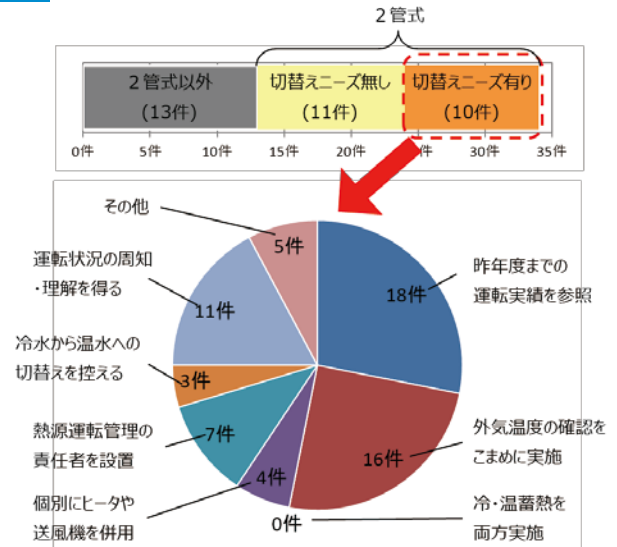


表1 空調方式2管式による問題点一覧【他病院へのアンケート結果】

A	外気温の影響により冷暖切替が計画通りにできない、現場、患者からのクレームが悩み
B	梅雨時期に病棟や外来から寒いという声が良く聞かれるため、その都度対応に苦労する
C	ナースステーションに冷暖の要求が同時に発生する中間期の運用に苦労している
D	中間期での冷暖房切替運転タイミングが難しい（個人差があるため）
E	窓のない部屋では中間期のコントロールができない
F	病室や建物の方角、窓の有無などの条件で要求が異なり、非常に苦労している

図6 入院患者へのアンケート調査結果【温熱環境の快適性】

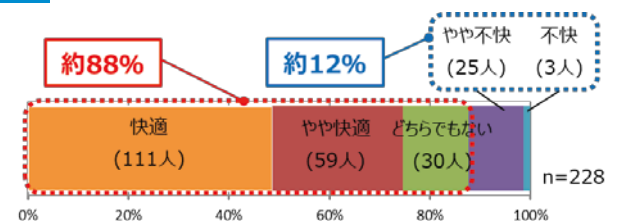
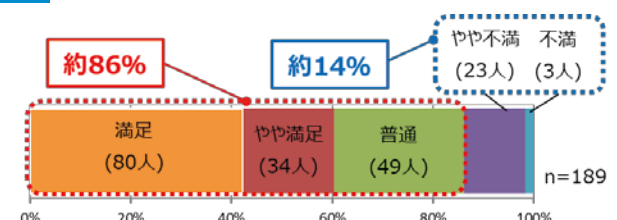


図7 入院患者へのアンケート調査結果【温熱環境の満足度】



虎ノ門ヒルズ



●虎ノ門ヒルズにおける蓄熱システムおよび熱回収HPシステムの運用改善

申請者 | 株式会社日本設計、新菱冷熱工業株式会社

設備オーナー | 森ビル株式会社

虎ノ門ヒルズの建物・設備概要

虎ノ門ヒルズは、オフィス、住宅、ホテル、商業など多様な複合用途を備えた超高層ビルで2014年6月に開業した。計画段階より、国内最高水準のカーボンマイナス性能を目指し、“中温冷水”、“排熱回収低温温水”、“大規模蓄熱槽”、“熱源最適運転支援計画”をコンセプトに掲げ、設備システムを構築した。冷熱源はインバーターボ冷凍機と大型蓄熱槽で構成され、6℃および13℃の冷水を供給している。

オフィス空調の顕熱処理に特化した13℃冷水利用および、冷凍機の冷水製造によって排出される冷却水排熱を低温温水として温熱利用することで、冷熱と温熱を併せたシステム総合効率の向上を図った（図1）。また、インバーターボ冷凍機の部分負荷運転時と冷却水低温時に高効率となる運転特性を活かすために、二次側の要求負荷にあわせ蓄熱・放熱を柔軟に使い分ける蓄熱槽のクッションタンク利用を実施した（図2）。

熱源機器の最適な負荷率、運転時間を判断するために、過去実績と翌日気象予報から負荷を予測、事前シミュレーションで導出された最適運転パターンの中から最適運転スケジュールを抽出する最適運転支援計画ツールも導入した。

コミショニングの取り組み

虎ノ門ヒルズでは開業当初より、設計者（日本設計）・施工者（新菱冷熱工業）・管理者（森ビル）が一体となりコミショニング体制を構築（図3）し、3年間に渡りコミショニング活動を続けてきた。以降、活動により得られた改善内容の一部を紹介する。

最適運転支援計画ツールのチューニング

単位製造熱量あたりの機器別エネルギー消費量のシミュレーション算出値と実績値の比較を行った結果、実績値の方が小さいことが判明した（図4）。

シミュレーションモデルは、設計仕様に基づいた流量および揚程にて決定しており、実運用での配管抵抗に差があることから、エネルギー消費特性の誤差が大きい機器を抽出し、

図1 熱源システム概要

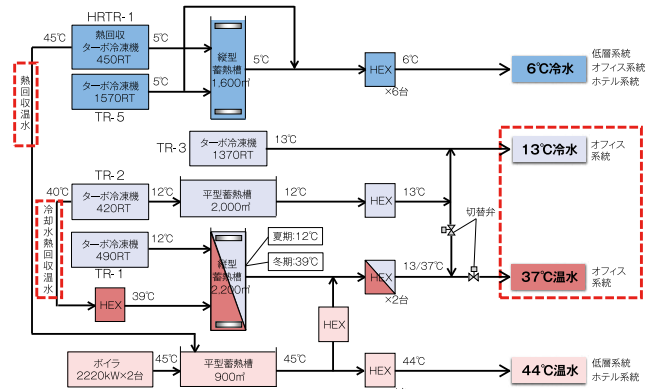


図2 蓄熱槽クッションタンク利用の概念

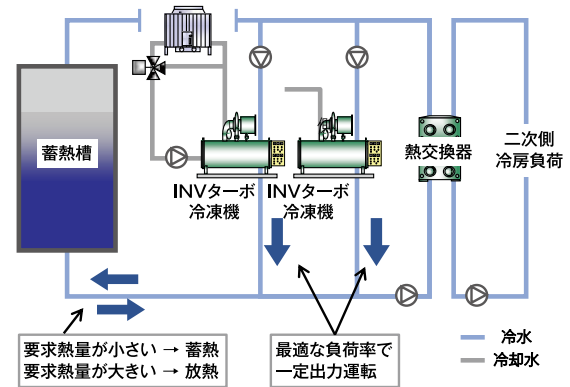
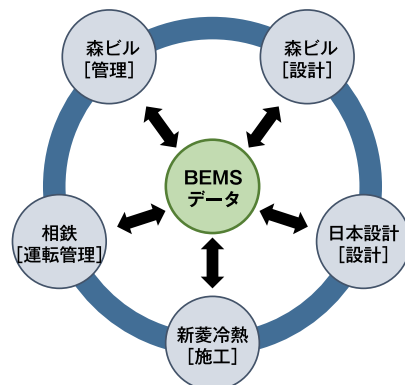


図3 コミショニング推進体制



揚程などの修正を行った。全130パターンの内、エネルギー消費量の変化割合が1%以上となる条件は全体の約3割あり、最もエネルギー消費量の変化割合が大きい条件では14.9%も変化する結果となった。実運用を踏まえたシミュレーションモデルの修正は、重要な運用管理のポイントであり、本チューニングにより、エネルギー消費量は約1.1%削減できた。

本ツールにより、トップクラスの高効率運転が継続されており（図5）、またピーク調整運転にも対応していることから、全館電力デマンド約7,500kWの13%に相当する960kWのピークカット効果が得られた。

熱回収型ターボ冷凍機の排熱回収量の改善

熱回収型ターボ冷凍機は、排熱回収運転時に、冷却水バイパス制御弁にて、冷却水流量を制御することで、冷却塔への放熱量を調整し、温水出口温度を制御しているが、運用開始当初、排熱回収量がメーカー仕様値よりも大幅に下回っていた。

運転データにより、排熱回収運転開始時の温水入口温度が計画値35℃に対して37℃と高い状況だったことから、温水出口温度の一時的な上昇により、冷凍機保護のため冷却水ポンプが運転し、その結果、排熱出口温度が45℃を下回っていると考えた。

改善策として、冷却水入口温度設定を32℃から40℃に変更した。その結果、冷却水バイパス制御弁開度が約10%程度大きくなり、温水出口温度および冷却水出口温度が計画値の45℃付近まで上昇、これにより排熱回収率の大幅な向上が得られた（図6）。

13℃系統の蓄熱・追掛同時運転化改修工事

13℃（熱源側 12℃）冷水系統のうち、ターボ冷凍機 TR-2は蓄熱槽を介した冷水供給を行っており、蓄熱、追掛の同時運転ができず、蓄熱槽が放熱完了すると、蓄熱完了まで放熱できないため、大型のTR-3が最小流量運転で短時間運転を繰り返す効率の悪い熱源運用となっていた。そこで、この課題を改善するためにTR-2の蓄熱・追掛同時運転化改修工事を実施した（図7）。改修後、低負荷時におけるTR-3の運転抑制により、システムCOPの約3.9%向上が得られた。

おわりに

虎ノ門ヒルズではVPP実証事業にも参加しており、蓄熱槽の可能性を最大限利用した熱源システムを構築、運用している。ヒートポンプの熱回収運転、蓄熱槽クッションタンク利用、最適運転支援ツール、コミショニングによる改善事例は十分に汎用性のある取り組みであり、今回の事例を参考に、世の中に広く普及することを期待している。

図4 6℃系統 単位製造熱量あたりのエネルギー消費量 シミュレーションと実績の比較

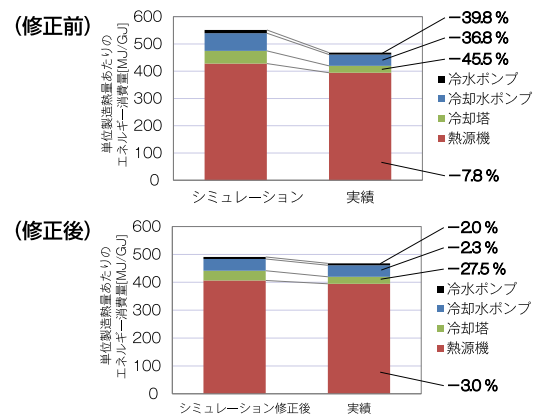


図5 年間冷熱システムCOPの推移

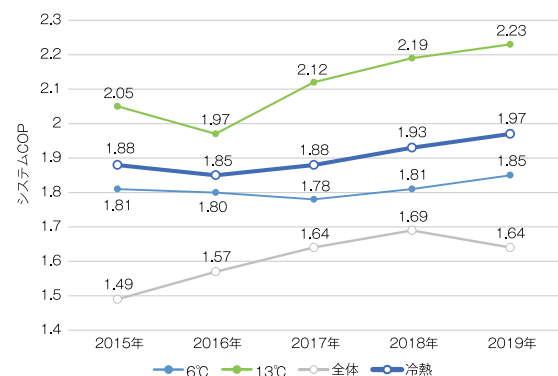


図6 熱回収運転特性

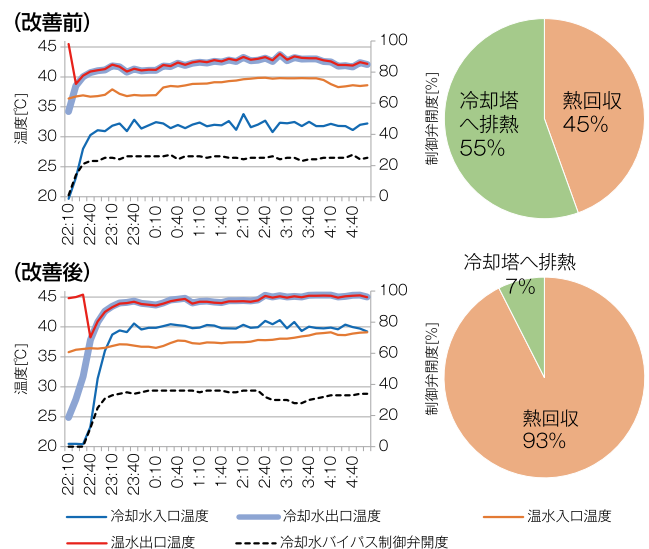
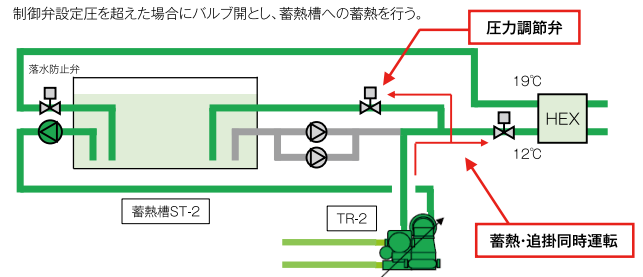


図7 TR-2における蓄熱・追掛運転改修概要

改修内容：「蓄熱・追掛同時運転」モード追加

TR-2が起動すると、蓄熱槽の高温槽から冷水をくみ上げ、冷水を製造。冷水は2次側へ供給。蓄熱・追掛同時運転モード中は圧力調節弁にて圧力制御を行い、制御弁設定圧を超えた場合にバルブ開とし、蓄熱槽への蓄熱を行う。



名古屋東急ホテル

●水蓄熱システムの有効活用によるランニングコストとCO₂削減

申請者 | 株式会社名古屋東急ホテル（東急ファシリティサービス株式会社）
中部電力ミライズ株式会社

設備オーナー | 株式会社名古屋東急ホテル



低層階と高層階の空調系統をつなぐ新たな系統を設置

名古屋東急ホテルのエネルギー使用量の約1/3を占める空調設備は、低層階空調系統と高層階空調系統の2系統で構成されている（図1）。

高層階空調系統は、COPが低い蒸気吸収式冷凍機にて冷熱を製造しているため、エネルギー消費原単位の低下の大きな一因であった。また、低層階空調系統の水蓄熱槽の蓄熱容量は、冷房ピーク負荷を想定し設計されているため、冷房負荷の少ない中間季・冬季において、蓄熱量に余剰分が発生している状況であった。

そこで、蒸気吸収式冷凍機よりもCOPの高いターボ冷凍機で製造された水蓄熱槽の冷熱を高層階系統に有効活用すべく、低層階空調系統から高層階空調系統へ冷熱を送る系統を設置することで、中間季・冬季の蒸気吸収式冷凍機の稼働抑制による省エネルギー・省コストを図った。さらに、夏季において水蓄熱槽の蓄熱量に余剰がある場合は、改修した冷熱系統を活用することで、高層階空調系統の蒸気吸収式冷凍機の稼働を抑制し、さらなる省エネルギー・省コストを図った。

中間季・冬季の余剰蓄熱の有効活用

「高層階」と「低層階」の熱源機の製造熱量・冷房負荷について、BEMSデータで確認し、現状把握と問題点の洗い出しを行った。その結果、低層階の蓄熱システムは、中間季・冬季に冷房負荷が少ないため、蓄熱した冷水が完全放熱されず、余剰が発生していた。また、検討の結果、施設稼働率の上昇などにより中間季・冬季の冷房負荷が増加した場合でも、ターボ冷凍機を稼働させることで、蓄熱量増加が可能と判断した（図2）。

高層階の熱源設備運用は、夏季に2台、冷房負荷が小さい中間季・冬季は、1台運転としている（図3）。なお、高層階の省エネルギー方法は、同一仕様熱源設備2台の運転台数制御のみである。また、中間季・冬季の1台当たりの熱源設備負荷率は、半分以上になる日が多いため、さらにCOPが悪化し、エネルギー使用量が増加する傾向にあった（図4）。

そこで、「蓄熱槽冷水の余剰分」を高層階空調系統に供給できれば、中間季・冬季の高層階空調系統の熱源設備の完全停

図1 空調設備 システム概要

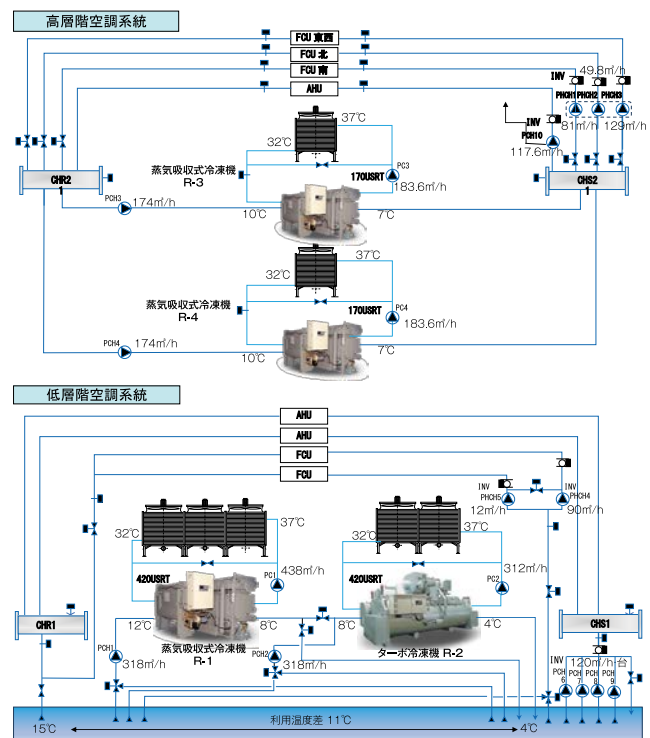


図2 低層階の熱源機の製造熱量・冷房負荷

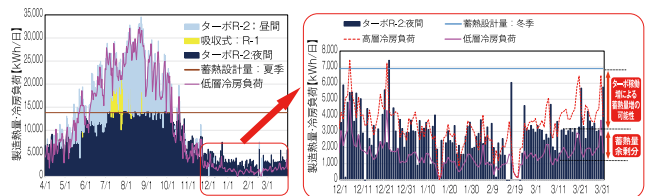


図3 高層階熱源機の製造熱量・冷房負荷

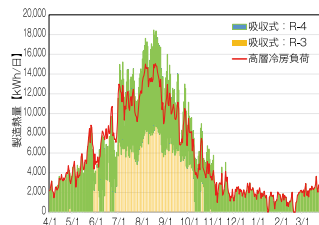
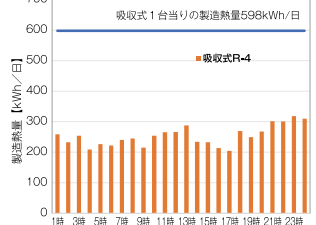


図4 高層階吸収式の1日の稼働状況(11月代表日)



止が可能となり、省エネルギーが可能と判断した。しかし、高層階と低層階の冷熱配管は別系統となっており、低層階の蓄熱槽冷熱を高層階に送ることが不可能なため、冷熱配管系統の改修について検討した。

蓄熱槽冷熱のさらなる活用による省エネルギー化

低層階の冷熱を高層階に送るため、「熱交換器」を設置。蓄熱槽の冷水ヘッダーから熱交換器へ冷水を供給することで、高層階の冷房負荷と熱交換を可能にするポンプやヘッダーに配管を接続する改修を実施した（図5）。この改修により、中間季・冬季は、高層階の蒸気吸収式冷凍機1台運転を停止することができ（稼働時間40%削減：図6）、ガス使用量を40%削減した。

電力量については、ターボ冷凍機による稼働が増加したため、15%増加したが（図6）、エネルギー総量で原油換算74KL/年、CO₂排出量155t/年削減することができた。また、ランニングコストを322万円/年削減し、省エネルギー・省コスト化を実現した（表1）。

水蓄熱槽状態監視強化による夏季の蓄熱の有効活用

中間季・冬季の蓄熱槽の有効活用は図れたため、さらなる省エネルギー化を図るべく、熱交換器設置後の蓄熱システムの「夏季」の運用について検討した。

夏季の水蓄熱槽の状態を確認したところ、7、8月は、低層階空調系統の冷房負荷が大きく、冷熱不足に備え、高層階に冷熱を供給する系統は停止運用としていた。

夏季の蓄熱量を確認した結果、蓄熱量に余剰の発生している日があることがわかった（図7）。よって、「蓄熱量の余剰」を把握し、熱交換器による蓄熱槽冷水の放熱を増加させることで、夏季においても高層階の吸収式の稼働抑制は可能と判断し、運用改善を実施した。

ターボ冷凍機の効率向上の検討

蓄熱システムの蒸気吸収式冷凍機の更新により、既設の蒸気吸収式冷凍機より低温の冷熱製造が可能になったことから、設定温度7℃に変更した。これにより、2台直列運転時のターボ冷凍機は、冷熱の製造熱量が削減でき（流量は固定）、ターボ冷凍機のデマンド抑制を図った（図8）。結果は以下の通りである。

①放熱時間を1,175時間に増加させ、蓄熱槽冷水を高層階へ供給（図9）。その結果、高層階の蒸気吸収式冷凍機の稼働時間を抑制できた（表2-1）。

②蒸気吸収式冷凍機の更新にともない、2台直列運転時のターボ冷凍機の冷水入口温度を8℃から7℃に変更。その結果、COPも4.7から5.5に向上した（表2-2）。

改善の効果

(1) エネルギー効率性

- ①電力量3%増加（+55MWh/年）、ガス使用量33%減少（▲145千m³）
- ②原油換算 153KL/年削減（▲4%、ホテル全体約4,000KL）

(2) ランニングコスト 783万円/年削減 投資回収2年

(3) CO₂排出量 278t-CO₂/年削減

- ④第1種エネルギー管理指定事業者としての努力義務・エネルギー消費原単価マイナス1%以上を達成した。

図5 熱源設備の改修システム

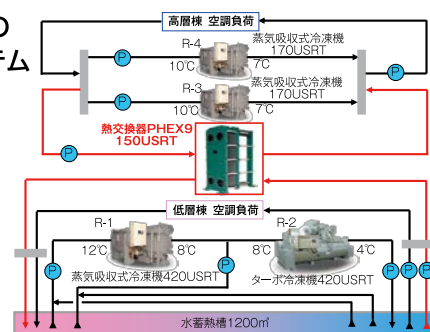


図6 改善後の熱源機稼働時間

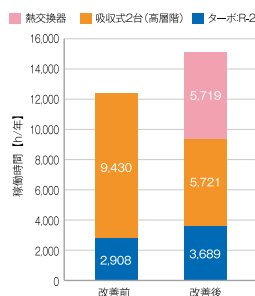


図7 蓄熱槽冷水の熱交換器による放射分（夏季）

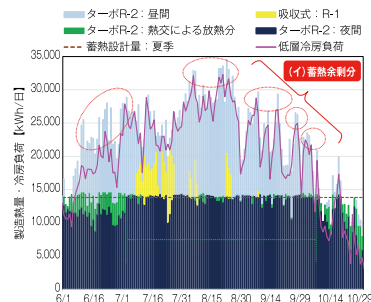


図8 蓄熱システムの温度見直し

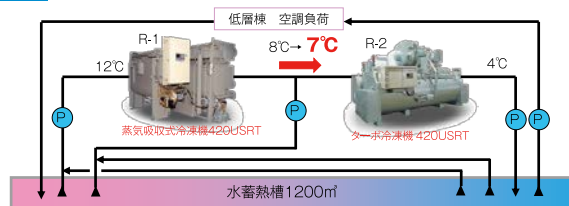


図9 改善後の熱源機稼働時間

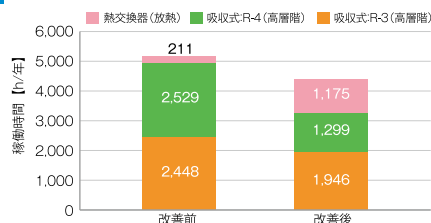


表1 運用改善による省エネルギー・省コスト効果

	単位	改善前	改善後	差	
エネルギー	電力	MWh/年	1,180	1,359	15%
使用量	ガス	千m ³ /年	256	153	▲ 40%
原油換算	kL/年	594	520	▲ 74	▲ 12%
CO ₂ 排出量	t/年	1,120	965	▲ 155	▲ 14%
ランニングコスト	万円/年	3,424	3,092	▲ 332	▲ 10%

(注) エネルギー使用量は、ターボ冷凍機・高層階の吸収式2台、熱交換器が対象

表2-1 運用改善による省エネルギー・省コスト効果

		単位	改善前	改善後	差	
エネルギー 使用量	電力	MWh/年	139	102	▲ 37	▲ 27%
	ガス	千m³/年	121	79	▲ 42	▲ 35%
原油換算		kL/年	175	118	▲ 57	▲ 33%
CO₂排出量		t/年	340	227	▲ 113	▲ 33%
ランニングコスト		万円/年	949	638	▲ 311	▲ 33%

(注) エネルギー使用量は、ターボ冷凍機・高層階の吸収式2台、熱交換器が対象

表2-2 運用改善による省エネルギー・省コスト効果（夏季）

	単位	改善前	改善後	差	
ターボ冷水入口温度	℃	8	7	▲ 1	—
実績COP	—	4.6	5.3	0.7	—
電力量	MWh/年	742	655	▲ 87	▲ 12%
原油換算	kL/年	187	165	▲ 22	▲ 12%
CO ₂ 排出量	t/年	84	74	▲ 10	▲ 12%
ランニングコスト	万円/年	1,187	1,047	▲ 140	▲ 12%

(注) エネルギー使用量は、ターボ冷凍機が対象

大成札幌ビル

●継続的な運用改善による 省エネ性能の向上とZEB Readyの実現

申請者 | 大成建設株式会社、大成有楽不動産株式会社
設備オーナー | 大成建設株式会社 札幌支店



自然エネルギーを効率的に活用した省エネルギー対策

大成札幌ビルは、2006年6月に竣工した建物である。執務室の空調は、躯体蓄熱空調と床吹出空調の併用方式とし、熱源システムは、建物の空気熱源ヒートポンプチラーにフリークーリング用冷却塔を組み合わせている。その他にも、自然換気・外気冷房・太陽光追尾型採光装置などの自然エネルギーを効率的に活用する計画を行った。

竣工以来、継続的な省エネルギー対策活動を行い、省エネルギー性を向上させてきた。さらに、竣工後10年目の2016年に、ZEBの定義が出されたことをきっかけに照明をLED化するなどのZEB Ready改修を実施したが、運用実績では改修前よりも増エネルギーになってしまった。

そこで、2017年度には、遠隔監視によるエネルギーサポートを行い、翌日の天気予報情報をもとに躯体蓄熱運転時間の予測・制御を行った。冬期は躯体温度が過加熱とならないよう調整を行い、中間期・夏期には、フリークーリングも積極的に活用するなどの運用改善を行った結果、運用実績でもZEB Readyを実現することができた。

床スラブのコンクリート躯体を活用した蓄熱システム

床スラブのコンクリート躯体のみを蓄熱媒体とする躯体蓄熱方式を採用している。熱源システムは、空気熱源ヒートポンプチラーとフリークーリング専用の密閉式冷却塔を採用した。冷房時にはフリークーリング冷水またはチラー冷水を、熱交換器を介して、17～20℃にした高温冷水を温水を通して冷却蓄熱を行う。また、加熱時はヒートポンプの温水を直接通水することで加熱蓄熱を行う。

室内はスケルトン天井であり、夏期は冷やされた床スラブがそのまま天井放射冷房となる。稼働時間中に天井付近の熱気がスラブに吸熱されることで放熱が行われる。また、床吹出空調を併用しているため、床スラブ内の吹出気流による熱移動によっても放熱が行われる。

図1 竣工後9年間の1次エネルギー消費量

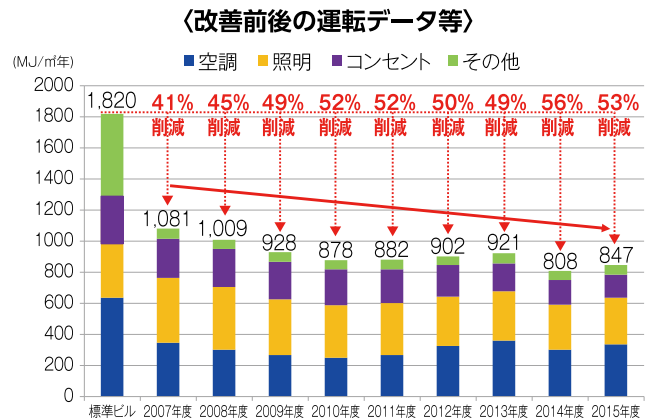


図2 ZEB Ready改修工事概要

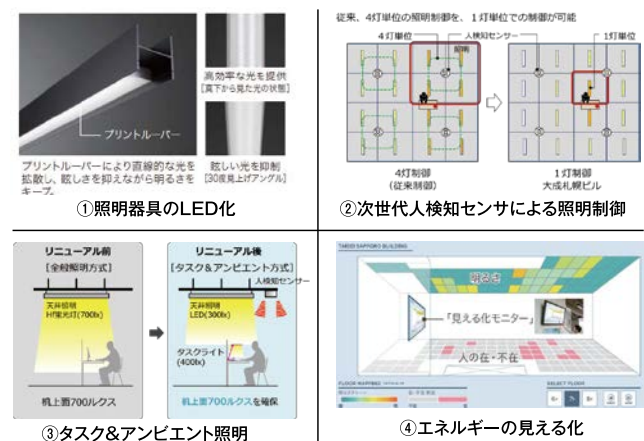
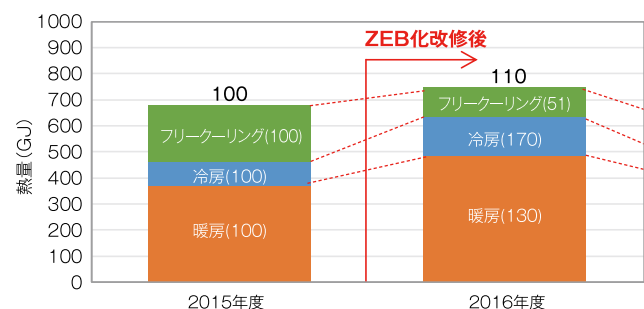


図3 ZEB改修前後の熱源エネルギー使用量



継続的な運用改善の取組みによりZEB Readyを実現

図1は、竣工後9年目までの本建物の一次エネルギー消費量である。継続的な運用改善の取組みにより、竣工後8年目の2014年には、標準ビル(1,820MJ/㎡年)比で、▲56%を達成していたが、翌年の2015年に経済産業省によりZEBの定義が出され、改めてZEBの定義に基づく省エネルギー計算を行ったところ、基準ビル(1,132MJ/㎡年)比で、▲32%となり、ZEB Ready(▲50%省エネルギービル)に達していないことがわかった。これを受けて、2016年にZEB Readyを目指し、照明のLED化やエネルギーの見える化モニタの導入などの改修工事を行った(図2)。

2016年度(改修後)の熱源運用実績は、2015年度(改修前)より10%悪化した(図3)。原因を分析すると、2016年度は平年よりも冷房時の自然エネルギー利用率が低下したことで、暖房時の躯体蓄熱温度が週末にかけて上昇し、過加熱状態で運用していたことがわかった(図4)。

そこで2017年度は、遠隔エネルギーサポート体制(図5)を整え、ビル管理室のBEMSデータをリモートで収集し、翌日の天気予報情報を基にした躯体蓄熱パイプに冷温水を供給するフリークーリングとヒートポンプチャラーの蓄熱運転時間の予測制御を行った。

自然エネルギーの利用率が大幅に上昇

継続的な運用改善の取組みにより、2016年の冷房時の自然エネルギー利用率は50%を下回っていたが、2017年は78%に上昇した。また、暖房時の躯体蓄熱温度は一週間を通して安定し、過加熱を防止し暖房熱源のエネルギー消費量を削減することができた(図6)。

図7は、2015年～2017年度の月別熱源使用量比較である。ZEB Ready改修を行った、2016年は冷房熱量が42%、暖房熱量は25%増大したが、遠隔エネルギーサポートを実施した2017年は、冷房熱量は減少し、暖房熱量は2015年とほぼ同等の値で運用することができた。この運用改善により、2017年度は、2016年度よりも運用エネルギーの削減を実現。基準値から▲50.7%の一次エネルギー消費量となり、ZEB Readyを達成することができた(図8)。

道内のZEBを先導する建物として、先進性をアピール

以上のように、竣工後の継続的な運用改善により、省エネルギー性と快適性の向上に取り組んできた。今回、さらにZEB Ready改修を行い、その翌年にエネルギー遠隔サポートも実施し、設備的な改修に加えて、エネルギーサポートによる運用改善の効果を確認することができた。

本建物には、北海道内外から多くの見学者が訪れており、ZEBを先導する建物として、アピールしていきたいと考えている。また、今回のエネルギー遠隔サポートで得た知見を他のZEB建物の運用においても反映させる予定である。

図4 冷房時の自然エネルギー利用率

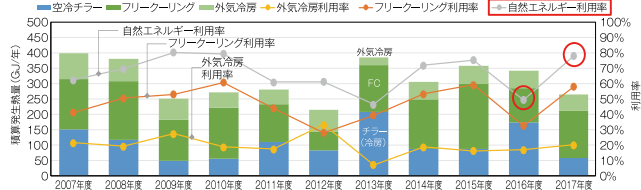


図5 ZEBエネルギー遠隔サポート概念図

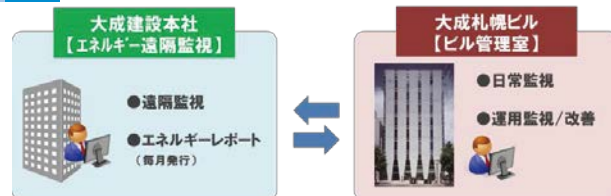


図6 躯体温度予測運転前後のグラフ

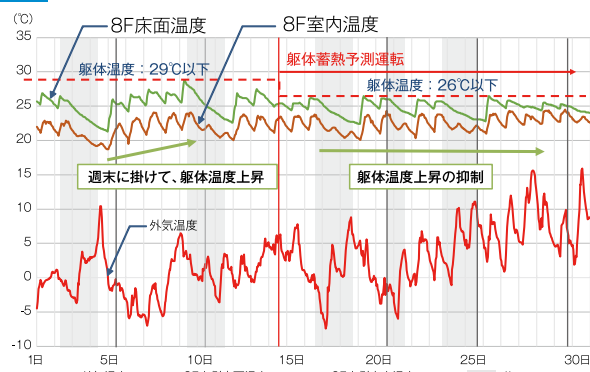


図7 ZEB改修前後の熱源エネルギーの月別データ

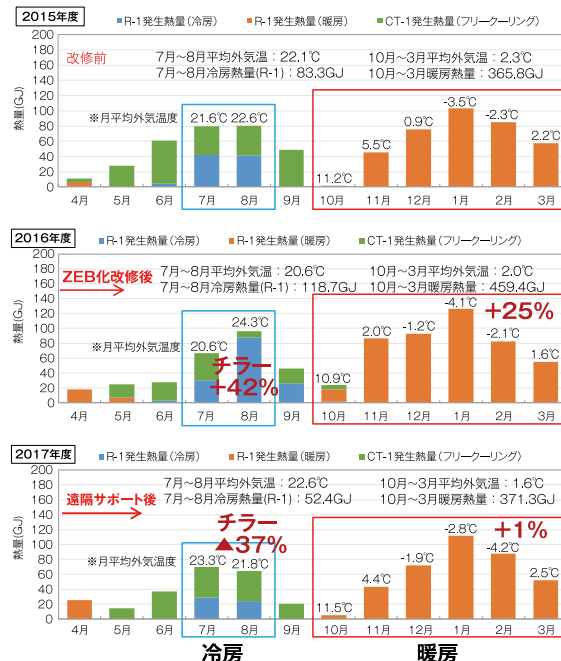
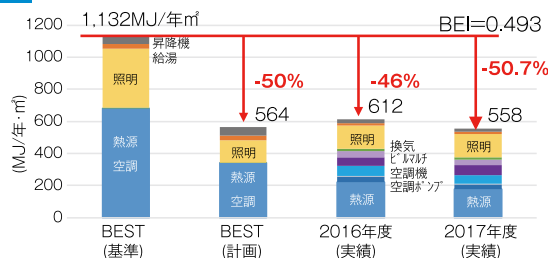


図8 ZEB改修後の1次エネルギー消費量の推移



赤坂エイトワンビル

●蓄熱・個別併用空調システムの運用改善による運転最適化

申請者 | 東京電力エナジーパートナー株式会社、東京都市サービス株式会社

設備オーナー | 株式会社 美 松



中央監視室に飾られた
HPTCJ感謝状（盾）



建物概要・空調システムの現状

赤坂エイトワンビルは、延床面積約12,000㎡、地下2階・地上8階建てのテナントオフィスビル（一部店舗）である。空調システムは、空冷モジュールチラーを熱源とした蓄熱式空調システムと各階個別ビルマルチ空調の併用システムとなっている。蓄熱槽は、連結完全混合型の500㎡（冷水／温水切り替え）。空気調和機（AHU）は、低層階（1階～2階・3階～4階）高層階（5～8階）で、季節ごとに冷温水供給をしている。AHUは、基本平日7時～19時の運転とし、蓄熱槽からの放熱のみで外調と負荷対応をしている。

ビルマルチ空調は、既設ビルマルチ46台と新設ビルマルチ59台が設置されており、テナントさまは、各個別リモコンにて必要に応じON・OFF、冷暖房切り替え、温度・風量の運転操作を行っている。

1985年、本建物竣工時の空調設備は、AHUとファンコイルユニット（FCU）による蓄熱式空調システムと空調時間外対応用の既設ビルマルチ空調となっていたが、FCUの老朽化に伴う漏水などにより、FCU系統はすべて使用を停止した（図1）。FCU空調負荷分を補うため、新設ビルマルチ導入工事が進められ、2019年2月に運用を開始した。

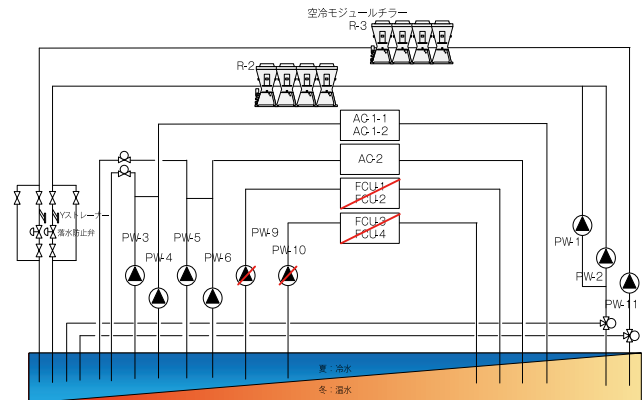
当時・現状システムの可視化

新設ビルマルチ空調導入工事前から、設備運転員は各オフィスフロアの室内温度を中央監視データにて確認しながら空調運転をしていたが、空調機は複数階からの還気温度制御のため、ビルマルチ空調との併用により中央監視からの室内温度調整は困難な状況であった。そこで仮設計測・目視運転記録を行い、ビルマルチ空調導入効果の可視化を行った。さらに現状設備でのさらなる省エネルギー・省コスト効果を得るため、運用改善案を実施した（図2）。

FCU→新設ビルマルチ導入効果の一例

2018年度（夏）のFCU系統は、送水6℃に対して約9℃で選っていたため、AHU還り温度約16℃と混ざり、末端槽温度は約12℃になっていた。2019年度（夏）では、AHU還り温度約16℃

図1 セントラル空調システム図



熱源システム

■空冷モジュールチラー2台（冷却334kW/台、加熱359kW/台）

蓄熱式空調システム

■冷温水槽500㎡（夏期・冬期切替）

■空調機2台（AC-1-1、-1-2）＋全熱交換機1台 1階～2階、3階～4階

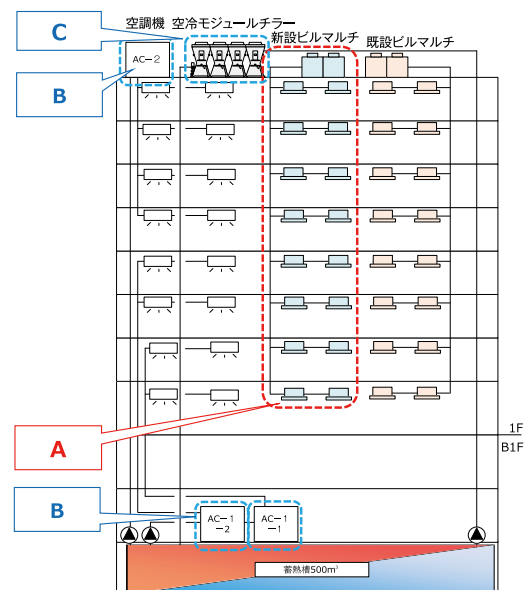
■空調機1台（AC-2）＋全熱交換機1台 5階～8階

個別空調システム

■既設ビルマルチ：室内機46機（室外機1台/階）

■新設ビルマルチ：室内機59機（室外機1台/階）

図2 運用改善実施の概要図



A：FCU→新設ビルマルチ導入効果

B：AHUの還気温度制御→給気温度制御変更効果

C：熱源機器特性を活かした運転効果の一例

のみが終端槽に戻るため、蓄熱槽利用温度差が4deg拡大し、蓄熱利用量が約5GJ増大する結果となった(図3)。

AHUの還気温度制御→給気温度制御変更効果の一例

FCU→新設ビルマルチ導入により、多数の省エネ効果が得られたが、反面冬期ではビルマルチ空調使用増により、下記のような現象が発生した。

- (1) セントラル空調+ビルマルチ空調運用により、室内温度が急上昇する。
- (2) 設備運転員は、中央から各オフィスフロアの室内温度を調整することを慣行としていたため、ビルマルチ空調稼働が多いオフィスフロアで室内温度が還気温度設定値を上回ると、外気取り入れや還気温度設定値を下げるなど、空調機から室内温度よりも低い送風を行う冬季冷房的な運用を余儀なく実施されていた。

還気(室内温度)>給気(送風温度)となる冬季冷房運転を防ぐため、送風温度を維持させる空調機制御として、還気温度設定から給気温度設定に改修したことにより、上記の冬季冷房運転状況を72.2%抑制することに成功した。

また、空調機からの送風を一定温度とすることでベースの室温となり、このある程度維持された室温を基準にして、各テナント勤務者さまが自分達の条件に見合ったビルマルチリモコンの操作により、快適な温度管理をするという状況が可能になった(図4)。これにより、設備運転員による空調運転は、外気温度に対応した給気温度を定めるなどのマニュアル化が可能となった。

熱源機器特性を活かした運転効果の一例

同機種である空冷モジュールチラーR-2、R-3で各流量に差があることが、計測データから判明した。(ポンプは同メーカー機種、同定格流量)

- ・R-2 PW-1 平均流量 1,004L/min
- ・R-2 PW-2 平均流量 991L/min
- ・R-3 PW-11 平均流量 681L/min

チラー更新時に、R-3のみ冷温水ポンプを揚程の低いものに変更していたことが要因となっていた。流量の差により、各チラーの負荷率は違うため、効率に差が出る。メーカーの熱源機負荷特性図より、R-2に比べ流量が抑制されているR-3の方が製造熱量は若干少ないが、高効率運転となることがわかった(図5)。そこでこの特性を活かすため、満蓄熱量まで夜間蓄熱が必要でない冬期にR-3の優先運転を実施した。

積み上げた改善実施により、最終的に以下のような省エネルギー・省コスト実績が得られた。

改善の効果

- (1) エネルギー効率性：削減電力量 92,506kWh/年(図6)
- (2) 経済性：省コスト効果 999,063円/年
- (3) 環境保全性：CO₂排出年間削減量 47.9 t-CO₂/年

図3 各冷水還温度、蓄熱槽各センサー別温度グラフ

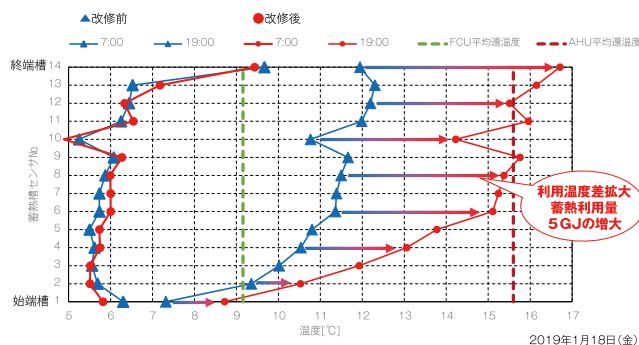


図4 冬期2018年度・2019年度
空調機AC-2給気温度・還気温度の比較

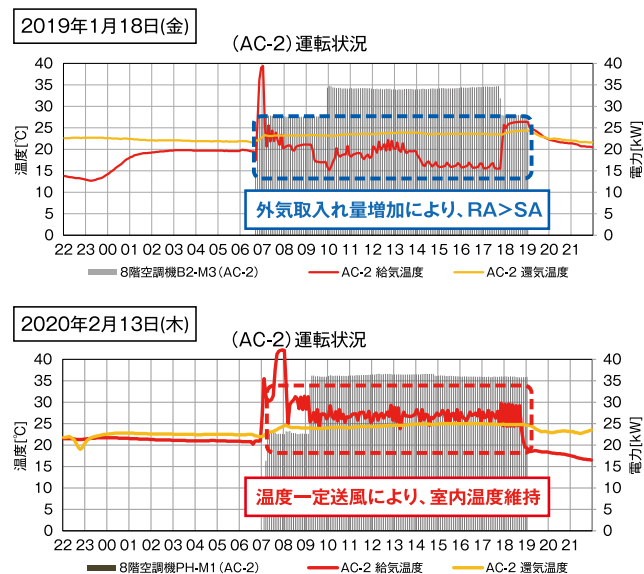


図5 空冷モジュールチラー製造熱量・
単体COP・システムCOPの比較

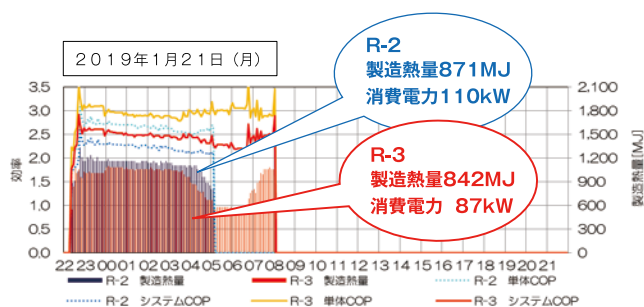
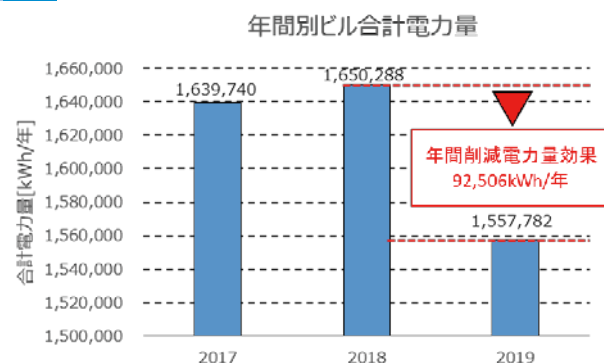


図6 各年度の熱源機運転割合(冬期)



後楽事業所 (地域冷暖房施設 再構築その2工事)

●下水熱統合システムによるプラントCOPの改善

申請者 | 東京下水道エネルギー株式会社 技術部、株式会社三菱地所設計
設備オーナー | 東京下水道エネルギー株式会社



未処理下水活用の地域冷暖房施設の再構築

東京下水道エネルギー株式会社の「後楽事業所」は、1994年に再生可能エネルギーである未処理下水（温度差）を活用した「後楽一丁目地区熱供給事業」として地域冷暖房施設を稼働させた。しかし、東北地方太平洋沖地震以降の省エネルギーにおける取り組み変化と施設稼働後20年の経過に伴うシステムの老朽化、環境確保条例順守など、省エネルギー面で課題が生じた。

このため、2011年度に施設のリニューアル（通常の再構築）の計画・設計に着手し、2013年度の実施設計検討の中で単純な最新鋭の省エネルギー機器の導入に加え、下水熱利用設備と熱供給設備を既存の蓄熱槽を活用することで、一体的に制御して統合化する工夫として、再構築で「下水熱利用統合化熱源システム」を組み込み、一次エネルギー削減量の22%を目標に再構築を実施してきた（図1）。

下水熱利用統合化熱源システムの運用

「下水熱利用統合化熱源システム」は、以下の制御システムを組み合わせ最適運用を行っている（図2）。運用支援機能の情報を参考に、必要な供給熱量と下水温度によりフィードバック制御を行い、運転データの分析評価を行いWG会議により改善を進めた運用を行ってきた。

◆運転支援機能

既成のソフトではなく、蓄積された運転実績データからARIMAモデルによる予測式を新たに作成し、①長期負荷予測（24時間後予測） ②下水温度 ③短期負荷予測（3時間後予測）を行っており、熱需要予測（MAE（平均絶対誤差）：2.6%）および下水温度（MAE:0.0115℃）の精度で予測している（図3）。

◆フィールド制御機能

熱需要と下水温度の状況を確認し、運転支援機能を参考に①熱源水（未処理下水）取水ポンプ制御 ②熱源機負荷率最適制御 ③負荷追従制御を行っている。

◆計量並びにエネルギー管理

実績データを分析し、最適制御を行うことを目的に、①各需

図1 熱源システム概要

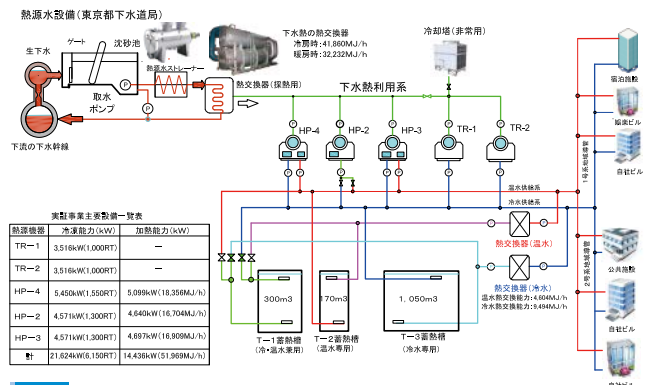


図2 実証システム概要

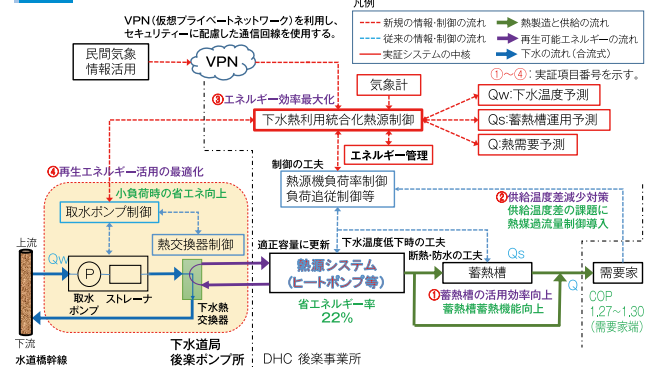


図3 コミッションング推進体制

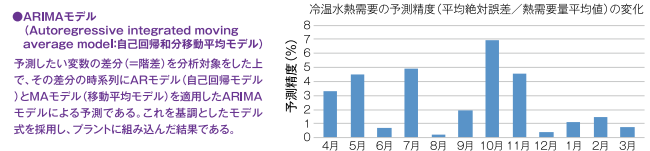
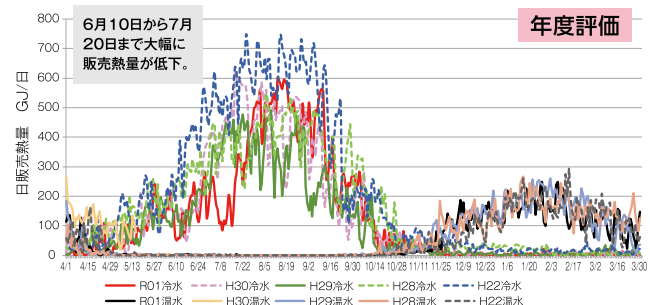


図4 令和元年度の日販売熱量、対平成22年度比較



要家(6か所)への販売熱量計量 ②エネルギー効率 ③下水熱利用率 ④蓄熱利用率 ⑤導管ロス ⑥蓄熱槽ロスのデータを蓄積分析評価し、2013年から2019年にかけて、概ね3か月ごとに事業主、運転管理者を含む関係者によるWG会議を開催し、運用の改善を行ってきた(図4)。

下水熱利用統合化熱源システムの評価

◆省エネルギー評価

再構築後、後楽一丁目地域は供給熱量ベースで年間プラントCOPは、1.18まで向上している。「熱供給事業便覧令和元年版(平成30年度実績等収録)」によると、効率面で全国10位の高効率な地域冷暖房施設となっている。これは、運転支援機能による蓄熱運用支援、下水温度と供給熱量(冷水および温水供給量のバランスにより制御:図5)によるフィールド制御の有効性による。

また、冷水供給において、ピーク負荷の5%程度の低負荷時には直送用のINVターボ冷凍機からの供給ではなく、蓄熱システムからの供給が有効であることが確認されており、軽負荷時の効率改善を目的として、蓄熱槽活用率を運用の目安としている(図6)。

なお、今回の再構築での蓄熱システム評価としてシミュレーションを行い、蓄熱システムがない場合と比較し16%効率向上が図れていることを確認している(図7)。また、INVターボ冷凍機の過流量制御について、夏期の冷水需要が大きい期間においてその有効性が確認された(図8)。従来は軽負荷時の供給温度差縮小時の対応として活用されてきたが、熱負荷特性によって採用検討することが望まれる。

◆総合評価

再構築完了後、下水熱統合化熱源システム本格運用を開始して3ヵ年評価分析を行ってきた。外的な変動要因(耐震工事や新型コロナウイルス感染症など)がある中で、再構築計画時の目標はほぼすべて達成している。

蓄熱槽活用効率の検証において、蓄熱槽断熱防水の性能評価では「過去の実績データから、竣工当初の劣化のない状態の蓄熱槽断熱効果の推定を行う」方法での熱ロス算出で検証した結果で効果を確認している(図9)。

統合化制御の中核となる下水温度予測、熱需要予測技術については、構築した予測モデルの精度向上と検証を行い一定の成果が得られた。

今回の再構築では、事業の主要なテーマである未利用エネルギーと蓄熱槽に関する事項において以下の効果を上げることができた。

改善の効果

- (1) 年間プラントCOP:1.18
- (2) 蓄熱槽活用効率:36.2%
- (3) 下水熱利用COP※:1.23(未利用エネルギー活用評価)
※下水熱利用COP:冷温水製造熱量(製造熱量)を、下水熱交換器一次側熱量(採熱量)で割った値と定義した。

図5 熱源水取水ポンプ実証制御

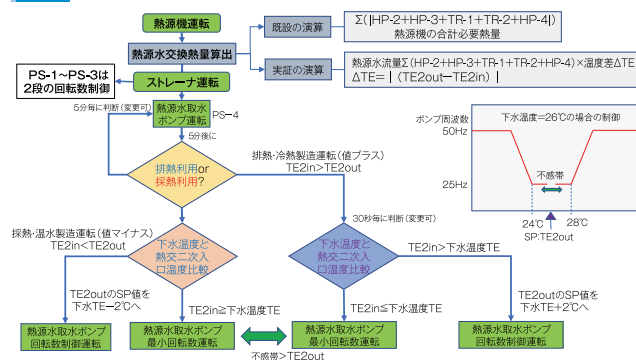


図6 2019年度 蓄熱槽活用効率推移
年間推定蓄熱槽活用効率=36.2%

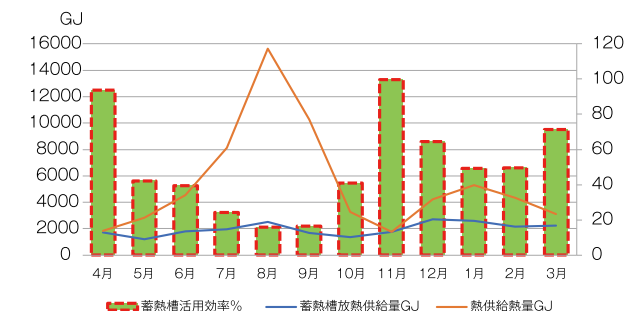


図7

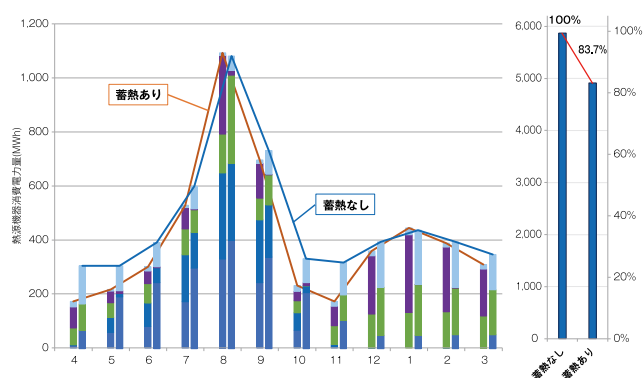


図8 過流量制御 実績データ vs 仮想データ (増段)

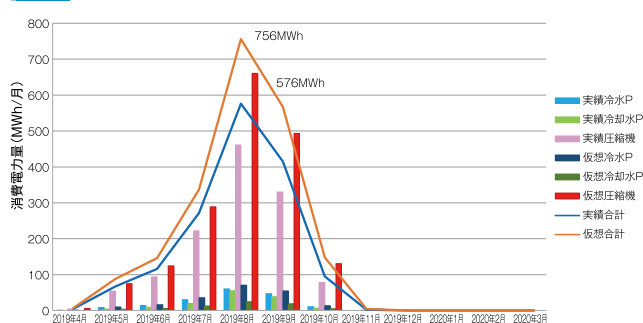
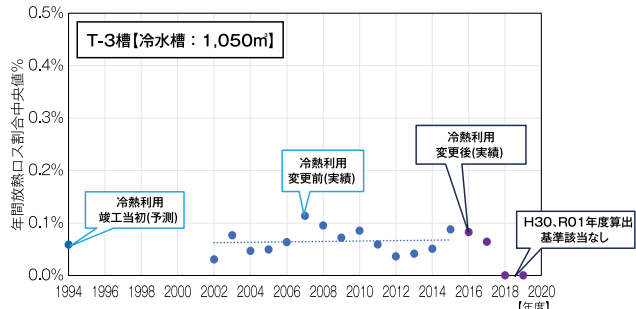


図9



ヒートポンプ・蓄熱月間レポート 優秀賞①

ミツカングループ本社ビル

既存ストックの創意工夫による蓄熱リノベーション

発 表 者 株式会社石本建築事務所 八木 唯夫氏

申 請 者 株式会社石本建築事務所、中部電力株式会社販売カンパニー法人営業部
中部電力株式会社土木建築室、愛知工業大学

設備オーナー 株式会社Mizkan Holdings、株式会社中荳酢店



本社ビルを含む地域一体のリノベーションを実施

ミツカングループ本社ビルは、醸造に適した気候風土である愛知県半田市にあり、江戸時代以降約200年の伝統が受け継がれています。今回ご紹介する改善事例は、「伝統」「革新」「環境」をキーワードに、2012年から2015年に行われた本社ビルを含む地域一体のリノベーションです。中間実験棟、新研究棟、本社棟、MIMの4つの施設の再整備が同時進行で行われました。窓ガラスをLow-eガラスに交換し、断熱材の増し打ちをするなど外皮性能の向上を図っています。また自然通風やナイトパージ（適温外気の積極的な取り入れ）の導入など、さまざまな省エネルギー工事を同時に行うことにより、最新の新築ビルに劣らないグリーンビルディングに生まれ変わりました。

コストを抑えながら省エネルギー・環境負荷低減を追求

改修前の蓄熱システムは、920m³の連結・混合型の蓄熱槽が設けられていました。改修の基本となる蓄熱リノベーションを「大温度差蓄熱化」「蓄熱槽の2槽化」「還水二次利用」「コミショニング」の4つに集約しました。

1つ目の「大温度差蓄熱化」では、改修前の蓄熱槽は標準的な5℃差で日負荷の40%を受け持ち、残りの60%を非蓄熱系統でまかなっていたところ、5℃差から15℃差の大温度差蓄熱にすることで全蓄熱ができると考えました（図1）。

次に「蓄熱槽の2槽化」ですが、大容量の蓄熱槽が1つだけの場合、中間期には運転効率が下がります。しかし2槽化することで中間期に1つの蓄熱槽だけ使う「中間期低負荷運転モード」や深夜残業運転に対応するモードが設けられ、運転効率の低下を防ぐことができました（図2）。多様な運転モードを構築し、高効率化とコンビニエンス化の両立を実現しようと試みました。

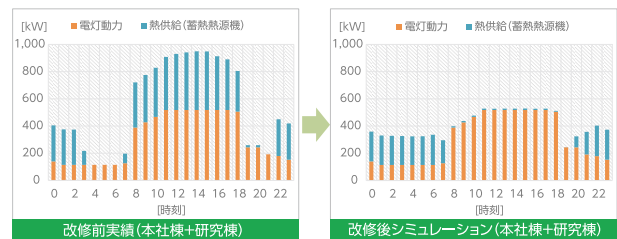
大温度差蓄熱を実現するため、還水を二次利用

大温度差蓄熱では、現状は10℃差くらいが限界となっています。そこで考えたのが還水の二次利用です。ヒートポンプ付きファンコイルユニットは、カスケード熱を利用するシステ

図1 大温度差蓄熱化

全蓄熱運転による電力平準化

・設計時における目標設定



改修前 $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ → 改修後最大 $\Delta t=15^{\circ}\text{C}$

図2 蓄熱槽2槽化

多様な運用に対応する運転モード（中間期低負荷運転・深夜残業運転対応等）

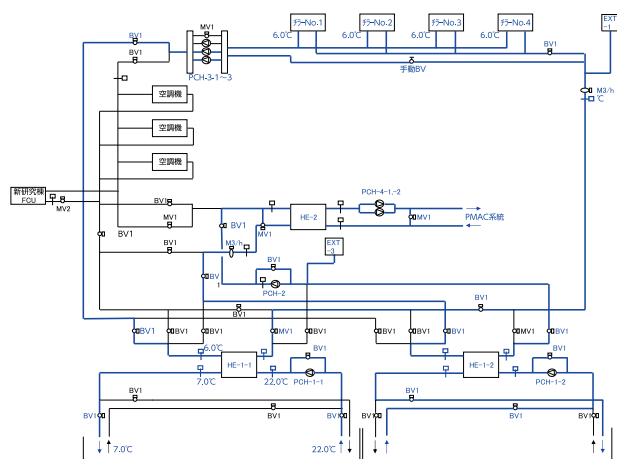
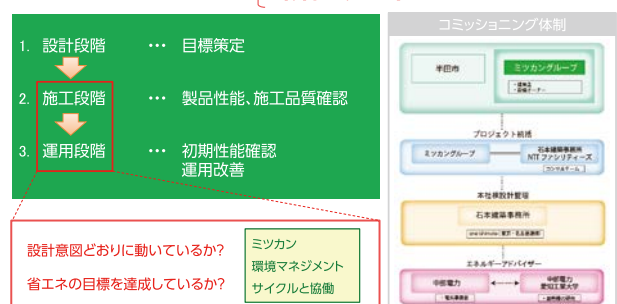


図3 コミショニング

レトロコミショニング

既存ストックを活かした改善
専門家の第三者のアドバイス



ムで、ファンコイル+ヒートポンプ運転、ファンコイル運転、ヒートポンプ運転のモードを持っています。室内の温度条件により自動的に切り替わっていく機能を持っているため、空調機で7℃差だったものをファンコイル運転で5℃差を加え、さらにヒートポンプ運転で3℃差を加えて合計15℃差を可能にする仕組みを作ることができました。

また、さまざまな新しいチャレンジを上手に機能させるために重要なのがコミショニングです。設計段階での目標を達成するためにコミショニング体制を構築しました(図3)。ポイントは、専門的な知識や知見を持つ研究者など第三者的なアドバイスができる専門家と一緒に取り組んだことです。さまざまな有益なアドバイスが得られる知見を参考に、オーナーさまと何回も打ち合わせを重ねて改善を試みました。

施工・運用フェーズの改善事例

施工フェーズの改善では、試運転期間中に蓄熱槽全体にセンサーを取り付け温度を観察しました。モニタリングの結果を中央監視画面で確認すると停止中の蓄熱槽に水温と蓄熱量の変化が見られました(図4)。そこで実際に水を抜いて徹底的に原因を調査した結果、槽をまたぐ人通孔や連通管の数か所がリークしていることを発見、止水処理を施したところ、正常な状態になりました。

運用フェーズに入り、建物使用開始して1年後の初夏における放熱時の位置型プロフィール(図5)を確認しました。

放熱運転開始後、同時に始端槽の温度が上昇していますが、これは放熱時のピストン流の形成が弱いために発生する事象です。さらに真夏の負荷が上がり、ピーク時になると夕方までに1回転目が終了、夕方以降2回転の運転をする2段階運転状態となっていました。

そこで循環水量の適正化を図るため、循環ポンプのインバーター周波数の確認、実際に流量を測定し流量の調整を行いました。また、蓄熱槽の運転制御モードも運用当初は1槽ごとに切り替えていたものを2槽を併用して運転するモードに切り替えました。その結果、ピストン流が形成され、2段階運転も解消し、安定的な運転を確保しました。

省エネルギー、省CO₂、高効率化に大きく貢献した改善

改善の効果ですが、改善前(2012年8月16日)の夏期ピーク時の電力消費量は、470kW、改善後(2017年8月25日)は、276kWとピーク電力の大幅な削減を実現し、電力平準化を達成することができました(図6)。熱源の高効率化ですが、2016年、17年、18年とCOPの値が高くなっており、改善の効果をデータから読み取ることができます。

また、CO₂削減にも貢献し、2017年には36.8%の削減を実現しました(図7)。蓄熱槽を有効活用すると大きな効果を得られるという改善事例になったと考えています。同様のストックを持つビルのオーナーさまにもぜひ参考にいただけたら幸いです。

図4 施工フェーズにおける改善

・モニタリング結果(温度プロフィール) 蓄熱槽1・2交互運転

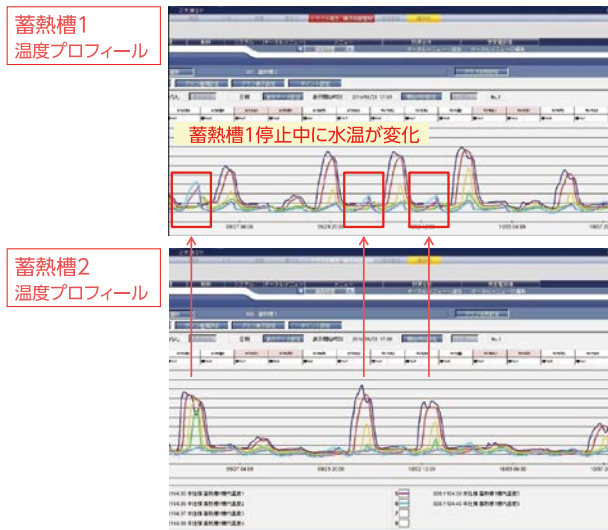
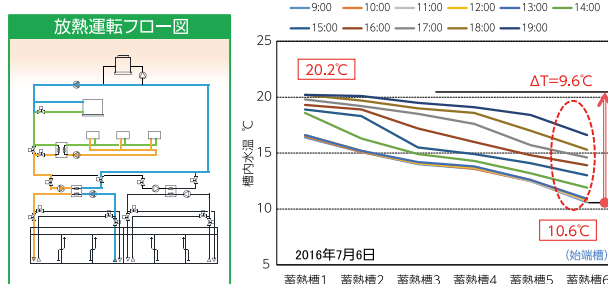


図5 運用フェーズにおける改善

課題1) 平行移動



改善前の放熱運転状況(夏期低負荷時代表日)

図6 改善の効果

電力平準化

夏期ピーク時の電力消費量

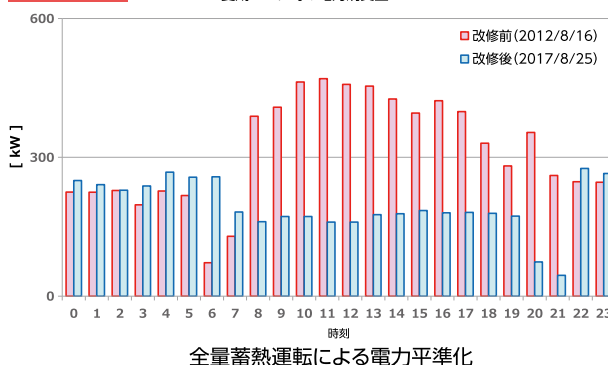
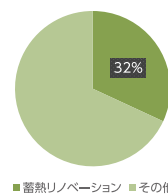


図7 改善の効果

省CO₂効果

種別	単位	基準	1年目	2年目
電力	MWh/年	1,450	999	975
昼間	MWh/年	1,050	571	535
夜間	MWh/年	400	428	440
都市ガス(13A)	m ³ /年	19	21	14
一次エネルギー消費量	GJ/年	14,156.0	9,755.8	9,518.1
削減量	GJ/年	—	4,400.2	4,637.9
削減率	%	—	31.1	32.8
CO ₂ 排出量	t-CO ₂ /年	729.5	472.8	461.3
削減量	t-CO ₂ /年	—	256.7	268.2
削減率	%	—	35.2	36.8



CO₂排出量の削減と蓄熱リノベーション貢献率

ヒートポンプ・蓄熱月間レポート 優秀賞②

中野坂上サンブライトツイン

水蓄熱を含む複合熱源システムの運用改善による運転最適化

発表者 東京電力エナジーパートナー株式会社 千葉 豊氏

申請者 大成株式会社、東洋熱工業株式会社、東京電力エナジーパートナー株式会社

設備オーナー 中野坂上サンブライト管理組合



建物と熱源・空調システムの現状

中野坂上サンブライトツインは、東京都中野区の中野坂上交差点の一角にあるオフィスを中心とした地下2階、地上30階建ての高層ビルです。

本建物の熱源システムは、熱回収型ターボ冷凍機（400RT、現在、冷専運転のみ）とガス焚吸収式冷温水機（500RT×3台）を組み合わせた複合システムとなっています。蓄熱システムは、温度成層型の冷水・冷温水槽約1,000m³（現在は通年冷水槽使用）です。空調システムは、冷水系、冷温水系がそれぞれ低層・高層系統に分かれ、AHU、コイルユニット、FCUに冷温熱を供給しています（図1）。

熱源・空調設備を運用する中央監視、自動制御については、空調機はスケジュール運転、二次ポンプは台数制御コントローラーによる自動運転です。熱源設備については、設備管理員の経験による中央監視からの手動での発停とスケジュール制御を組み合わせた半自動運転となっています。この方法でテナントに対して蓄熱槽と冷温水発生機による、省エネルギー・省コスト運転を行っています。

仮設計測で判明した新たな課題と運用改善

蓄熱システムの効率は、中央監視データから夜間移行率84%、蓄熱槽効率96%と高い次元で運転されていることが確認できました。そこで中央監視では確認できないポイントの仮設計測を行いました。その結果、以下の3点の課題が判明し、運用改善を行いました。

1. ガス焚吸収式冷温水機の循環流量が定格値を大幅に割り込んでいた。
 2. 熱交換器二次側の送水温度が設定値（7℃）を大幅に超過していた。
 3. 蓄熱槽側（熱交換器側）の循環流量が過大になっていた。
- 今回、3つの課題を是正し、熱源システムを本来の仕様に合うように再調整を実施しました。

課題1のガス焚吸収式冷温水機の循環流量が定格値を大幅に割り込んでいたことについて、中央監視で計測していない熱源の循環流量を計測しました。吸収式冷温水機の2号機は、定格流量（3,600L/min）よりも若干少ない3,100L/min、

図1 熱源・空調システム概要

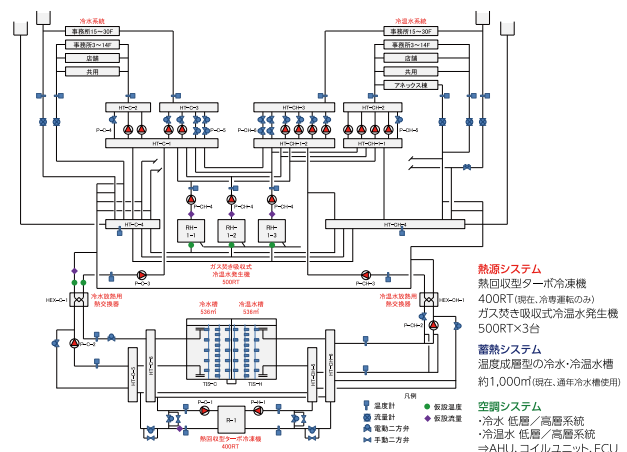


図2 課題1により発生していた現象①

流量が少ない3号機がベースの運転⇒蓄熱からの放熱量が増加

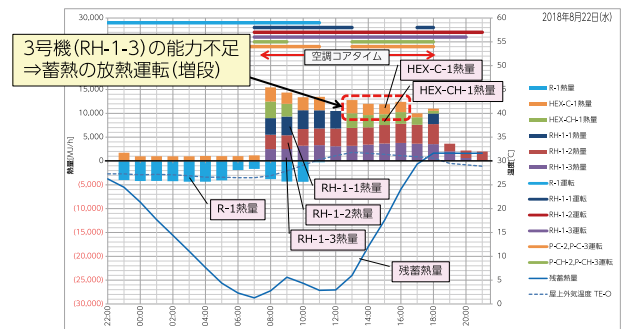
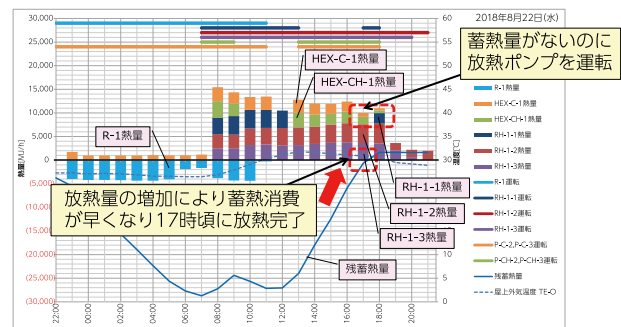


図3 課題1により発生していた現象②

放熱ポンプは18時までスケジュール運転⇒放熱完了後も継続して運転



3号機はかなり少ない2,300L/minで運転していました。2018年8月22日の運転状況を例にとると、空調のコアタイムである午前8時から午後6時まで3号機をベースにして運転しています。本来は13時から吸収式冷温水機の2号機、3号機、冷温水熱交換器からの放熱で運転が足りるはずが、3号機の循環流量が少ないため、能力不足となり冷水熱交換器からも放熱し、蓄熱系統が増段しています（図2）。これにより蓄熱消費が早くなり、17時には放熱が完了する一方、放熱ポンプはスケジュールで18時まで運転しますので、蓄熱量がない状態で放熱ポンプが運転してしまい、空調機への送水温度が上がっています（図3）。18時以降の負荷処理に対応するため、吸収式冷温水機が起動しますが、能力が出るまで、空調機への送水温度が上がっています。

熱源の増段を防ぎ、効率運転を目指す

吸収式冷温水機2号機、3号機の能力が低下しているため、蓄熱側の増段がしやすくなっていました。増段して一次側流量が過大になり、バイパスから冷水が戻ったことで、一次側全体の温度差が狭まり、能力が低下していたのです。改善策としては、流量を規定の量に合わせて調整することで、吸収式冷温水機2号機、3号機の能力が発揮され、増段の頻度が減り吸収式冷温水機の運転時間を減らすことができました（図4）。

改善の効果として、熱源の増段を防止することにより搬送動力増加を防止できます。蓄熱からの放熱を低減することで、空調時間帯の蓄熱槽を維持できるため、吸収式冷温水機の不要な運転を防ぎます。蓄熱量維持による送水温度上昇を防ぐことで室内環境悪化防止にも役立ちました。また、流量調整の実施により、日によって発生していた夕方の蓄熱不足などの問題も解消できました。

仮設計測での流量値を記録し、改善につなげる

次に熱交換器二次側送水温度の設定値（7℃）が大幅に超過していた課題ですが、二次側送水温度が上昇し、空調機の冷水要求量が増加したことがポンプ台数増段につながっていました（図5）。この原因を調査したところ、目視できない場所にある保守用バイパスの手動弁が開いていたことがわかり、バルブを閉めたことで、二次側送水温度が下がり、ポンプの増段が抑えられ、空調機的能力不足、除湿処理不足が解消されました（図6）。

3つ目の課題である蓄熱槽側（熱交換器側）の循環流量が過大になっていたことへの改善については、放熱系統の流量を下げられる時間帯にポンプの周波数を40Hzから35Hzに変更して運転することでポンプ動力の低減が図れました（図7）。

今回の改善ですべての機器が協調して熱源システムとして稼動することで、蓄熱システムを有効に活用できることを確認しました。3つの改善効果をまとめた結果、以下の削減が期待できます。

エネルギー効率性⇒削減電力量:132,565kWh/年
 経済性⇒削減電力料金:2,153,138円/年
 環境保全性⇒削減CO₂排出量:65.8t CO₂/年

図4 課題1の改善提案

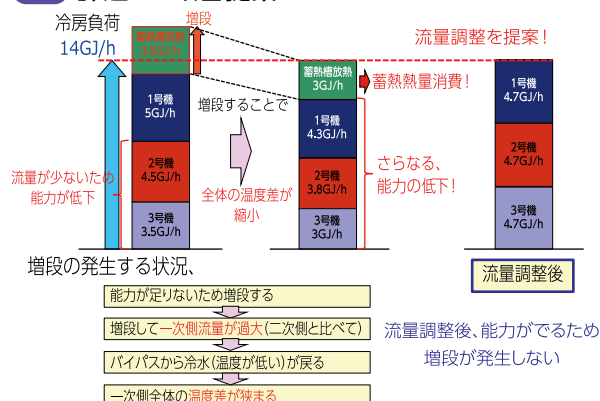


図5 熱交換器二次側の送水温度が設定値（7℃）を大幅に超過していた

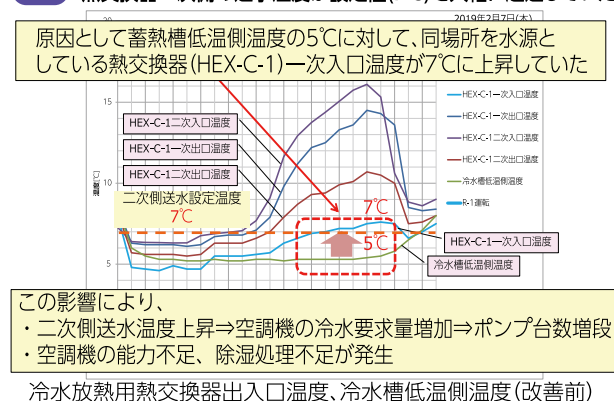


図6 課題2の改善結果

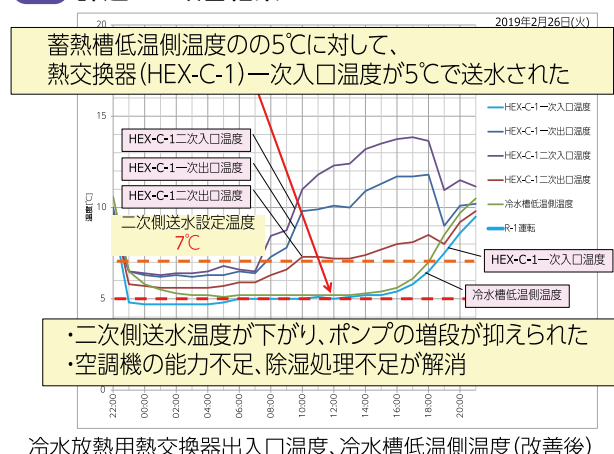
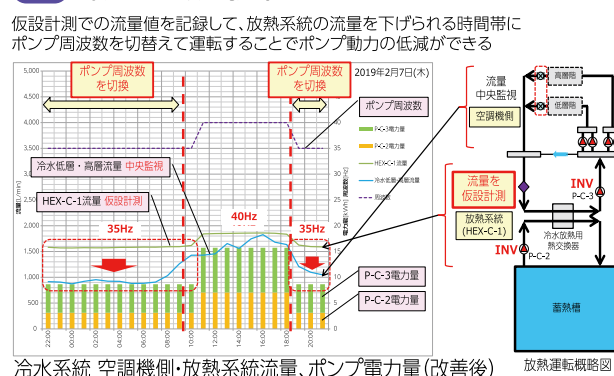


図7 課題3の改善提案



ヒートポンプ・蓄熱月間レポート 奨励賞①

名古屋都市エネルギー株式会社
SL24DHCエネルギーセンター

未利用エネルギーである下水再生水（高度処理水）による省エネルギーと運用改善

発表者 名古屋都市エネルギー株式会社 吉田 尚氏

申請者 名古屋都市エネルギー株式会社技術部SL24DHCエネルギーセンター、名古屋都市エネルギー株式会社技術部

設備オーナー 名古屋都市エネルギー株式会社



地域冷暖房を導入した名古屋の新しい顔の誕生

ささしまライブ24は、名古屋駅の南約1kmにある大規模再開発エリアです。旧国鉄の笹島貨物駅の跡地で1986年の貨物駅の廃止後、イベント会場や2005年の愛知万博のサテライト会場などに使用されてきたものの、長い間、正式な跡地の利用計画が決まらず、2019年3月をもってその再開発が一段落し、名古屋の新しい顔ともいえる街が誕生しました。

再開発は、「国際交流」「環境」「防災」の3つを基本コンセプトとして進められました。中でも「環境」及び「防災」の観点から、本地区には地域冷暖房の導入が必要と判断され、その業務を名古屋都市エネルギー(株)が担うこととなりました。熱供給の区域は7ha。供給対象のお客さまは、グローバルゲートさま、愛知大学さま、中京テレビさまとなります(図1)。

名古屋都市エネルギー(株)は、中部電力(株)と東邦ガス(株)が共同出資して設立した会社です。この地で地域冷暖房を実施するにあたって「電気とガス双方の空調システムの長所を合わせたベストミックス」、「未利用エネルギー(下水再生水)の熱利用」、「再生可能エネルギー(太陽熱)の活用」により、地域冷暖房として国内でも最高水準の高効率なシステムを目指しました。

下水再生水の熱利用で省エネルギー・省CO₂を実現

ささしまライブ24で省エネルギーに最も寄与しているのが、下水再生水の熱利用です。ささしまライブ24の南約1kmにある露橋水処理センターは、老朽化が進んでいたため、名古屋市の上下水道局では改修工事を進め、高度処理された下水の再生水を中川運河の浄化に利用するとともにその一部を都市公園の修景用水とすることになりました。

中川運河の浄化のためには、最も奥にある船溜まりから下水再生水を放流することが効果的ですが、結果として、配管が愛知大学の建物内に設置されたエネルギーセンターの近傍を通るため、エネルギーセンターでの熱利用を考えました。露橋水処理センターから高度処理された下水再生水が

図1 熱需要家とエネルギーセンターの熱源システム

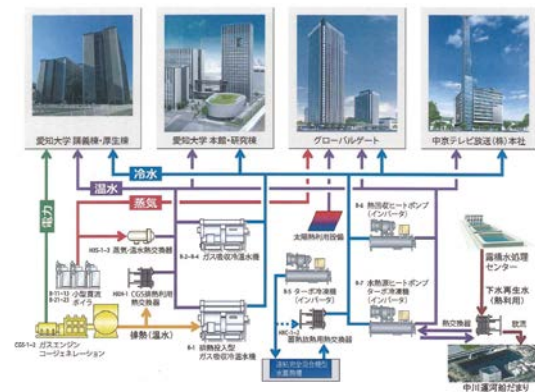


図2 下水再生水(高度処理)の多目的利用

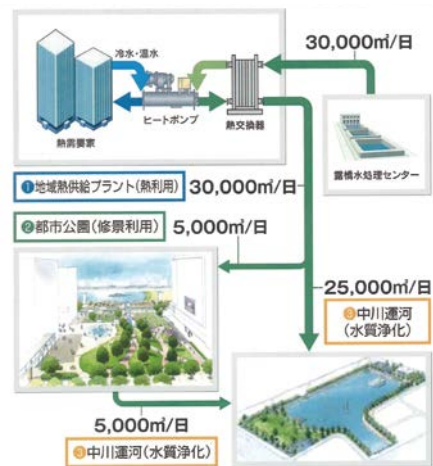
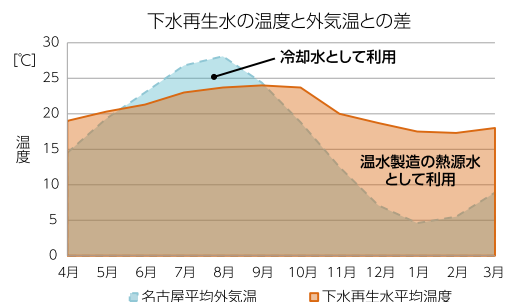


図3 地域冷暖房プラントでの下水再生水の熱利用



下水再生水は年間の温度変化が小さく、夏は外気温より高く、冬は外気温より高い。この性質を利用して、夏は冷却水として、冬はヒートポンプの熱源水として利用する。

送られる量は日量3万トン、1時間当たり1,250トンになります（図2）。

下水再生水は、年間の温度変化が外気温より少ないため、夏は外気温より低く、冬は外気温より高くなります。このため、夏は冷凍機の冷却水、冬はヒートポンプの熱源として利用します。夏場に冷却塔を使う場合、冷却水の温度は32℃程度、下水再生水は25℃程度ですので、この温度差の7℃分が省エネルギーになります（図3）。

冷房負荷や下水再生水の温度に応じてモードを切り替えて効率運用

送ってもらう下水再生水は時間当たり1,250トンという制限があるため、状況に応じてモードを切り替える必要があります。通常、冷房負荷の需要量、または下水再生水の温度に合わせて、次のように下水再生水と冷却塔の利用を切り替えます。

①冷房需要が少なく下水再生水のみで冷却水を冷却する場合（下水再生水モード、図4）。

②冷房需要が多くなり、下水再生水のみでは冷却水を冷やすことができなくなったため、下水再生水の熱交換器（写真1）と冷却塔を並列に冷却水を流す場合（並列モード、図5）。

外気温と比べて、下水再生水の温度が高い場合は、冷却塔メインで運転します。

これらのモードに加えて、夏場に冷却塔を通った冷却水をさらに下水再生水を利用して冷やすことにより温度を下げて冷凍機の効率を上昇させる直列モード（図6）を考案し、実際の運転試験を行っています。

下水再生水の利用において一番メリットが大きいのは、冬場の温水製造時です（図7、写真2）。これによってボイラ・吸収式冷温水機などを運転する必要がなくなることから燃料の消費量を大幅に削減することができ、一次エネルギーベースで53%もの省エネルギーが達成できました。

夏場の冷却水としての利用については、温水製造時ほど顕著な効果はありませんが、それでも冷凍機本体の効率アップ、冷却とファン動力の低減、冷却ポンプ動力の低減などの効果により、電力消費量を2%削減できました。結果として、2018年度においてエネルギーセンター全体で一次エネルギー消費量として10%程度、年間の二酸化炭素発生量も10%程度の削減が可能になりました。

エリアエネルギーマネジメント協議会を設立

名古屋都市エネルギー(株)では、熱の需要家と協力し、名古屋市にもオブザーバーとして参加していただくエリアエネルギーマネジメント協議会を設立。地域全体でのエネルギー使用実態を把握することで、省エネルギー・省CO₂に繋げることを目指しています。

今後は、1年間のデータを見ながら、さらなる省エネルギー・省CO₂を目指した運営を推進するとともに、需要家と綿密な連絡を取り総合に協力することで、ささしまライブ24全体での省エネルギー活動にも貢献していきたいと考えています。

写真1

下水再生水の熱を取り込む熱交換器



写真2

下水再生水を利用して温水・冷水を作り出す熱源ヒートポンプ



図4 下水再生水モード

下水再生水のみで冷凍機・冷温水機の冷却を行う場合

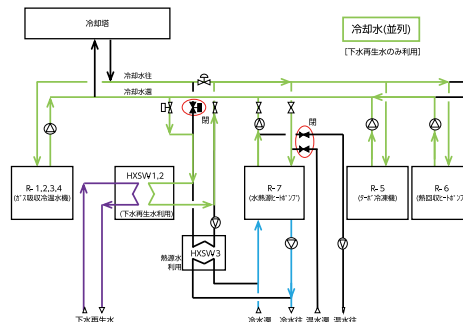


図5 並列モード

下水再生水と冷却塔を併用して、冷凍機・冷温水機の冷却を行う場合

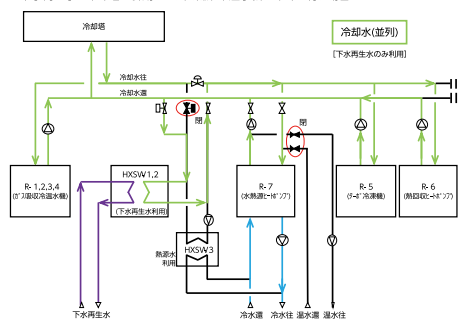


図6 直列モード

〔⑥並列モード〕で下水再生水の利用できない時間帯、冷却水の全量を〔冷却塔〕で冷却を行った後でも、冷却塔の出口水温よりも下水再生水温が低い場合に、冷却水を〔冷却塔〕⇒〔下水再生水〕の2段のカスケード冷却を行うことで、冷却水温度をさらに下げる

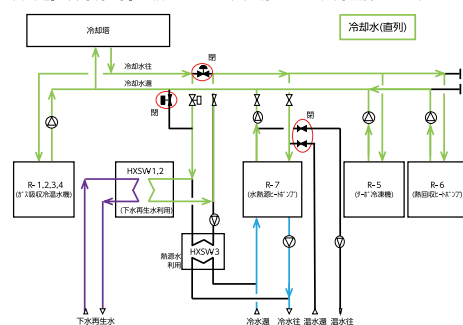
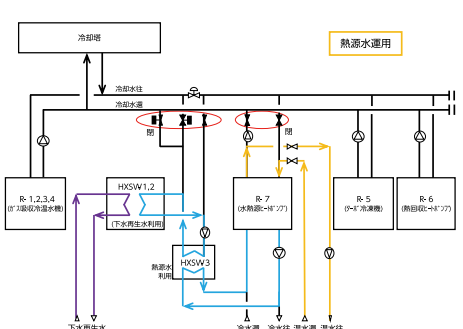


図7 熱源水運用（温水製造時）



ヒートポンプ・蓄熱月間レポート 奨励賞②

山田食品産業株式会社

入間工場における製麺工程急速冷却装置の改修

発表者 株式会社関電エネルギーソリューション 稲田 司氏
申請者 株式会社関電エネルギーソリューション
設備オーナー 山田食品産業株式会社



氷蓄熱設備の老朽化による課題

山田食品産業(株)は、山田うどん食堂、かかしのラーメン、チェーン店舗展開、運営・管理、自社製品の直売ならびに通販事業、店舗設計、惣菜品の製造・卸を行っています。このうち麺製品などを入間工場で製造しており、氷蓄熱設備の改修の際に設計から工事・保守・エネルギーマネジメントまで一括して行う(株)関電エネルギーソリューションのユーティリティサービスをご採用いただきました。

山田食品産業(株)では、茹で上がった麺製品を低温冷水で急速冷却しているため、低温冷水の管理が必要不可欠です。低温冷水設備では、夜間に蓄熱用冷凍機を運転し、氷蓄熱槽に氷を貯め、日中はその氷を溶かし、上水と熱交換することで低温冷水を供給しています(図1)。

改修前の氷蓄熱設備には、課題が3点ありました。1点目は、氷蓄熱設備の使用期間が20年を経過しており、老朽化により夏季には蓄熱槽表面に結露が発生し、断熱性能の劣化が推測されました。2点目は、蓄熱量不足により低温冷水温度にバラつきがあり、夏季運用時は蓄熱用冷凍機と低温水冷凍機の追いかけ運転が必要で、日中のデマンドも高く推移していました。3点目は、毎日満蓄運転を行うため、低負荷時には1日で氷を使いきれず残蓄→満蓄の繰り返しで運転効率が悪化していました。

氷蓄熱設備への更新で使用電力量を年間12%削減

これらの課題をクリアするため、低温冷水供給設備の改修を実施しました(図2)。改善内容として、1点目は必要蓄熱量に適応した氷蓄熱設備へ更新しました。冷凍機については高効率機に更新し、COPが更新前の2.16から2.27となり、更新前後で年間約5%の電力量を削減できました(図3)。必要蓄熱量は、工場の製造課の方に協力していただき、冷水使用量を計測することで把握しました。

2点目の改善は、負荷に応じて蓄熱運転時間を選択できるようにしました。上水温度が外気温に大きく影響を受けることから、季節毎に必要な蓄熱量が変わるため、蓄熱運転時間を夏季モード10時間蓄熱、中間季モード3時間蓄熱、冬季モード

図1 既設低温冷水供給設備の概要と課題

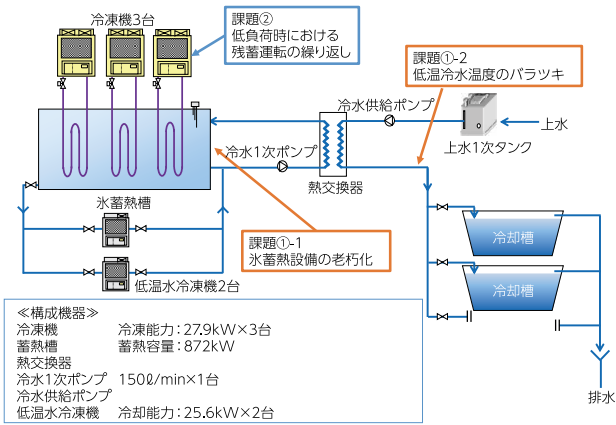


図2 低温冷水供給設備改修概要

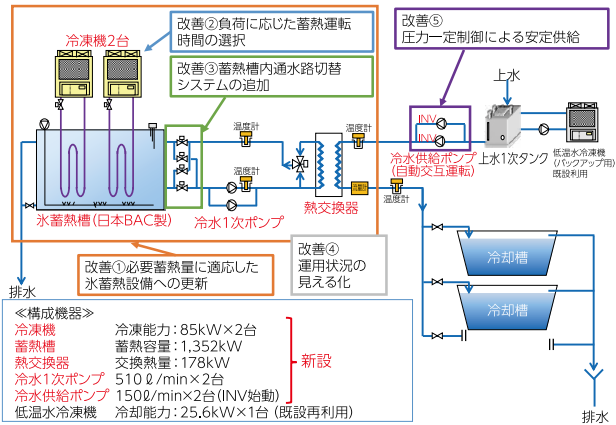


図3 改善点① 氷蓄熱設備更新のうち、高効率冷凍機への更新

	更新前	更新後
冷凍能力*1	83.7kW (27.9kW×3台)	170kW (85kW×2台)
消費電力*1	38.7kW (12.9kW×3台)	74.8kW (37.4kW×2台)
COP	2.16	2.27
冷媒	R404A	R410A

※1 条件:周囲温度32℃ 蒸発温度-10℃
⇒更新前後で年間5%の冷凍機の消費電力量を削減した。

1.5時間蓄熱の3つのモードに設定しました（蓄熱運転時間設定は変更可能）。

さらに生産量の変動（イベント開催時など）に必要な冷水量が変わる場合に備え、現場の経験則により季節別・負荷別でモード切り替えも行なえるようにしています。この結果、常時満蓄運転と比べて冷凍機の電力量を年間7%削減できました（図4）。以上改善点1と2により冷凍機の使用電力量を年間12%削減できました（図5）。

その他創意工夫で安定供給を実現

改善点1と2に加え、以下の3点の改善を行いました。3点目の改善は、氷蓄熱槽内の通水路切り替えです。一方向による解氷や製氷の偏り、閉塞、蓄熱不足を防ぐため、電動弁により水路を毎日交互に切り替えられるようにしました（図6）。この図ではA切り替えは右から左に、B切り替えでは左から右に水路を変えるようになっています。

また4点目の改善は、運用状況の見える化を行い、供給温度や供給流量が安定して送水できているか、異常値による機械の故障などを確認しています（図7）。さらに氷蓄熱設備以外にも冷蔵庫、冷凍庫、空調設備の電力量や蒸気使用量の見える化も行い、生産時間外の使用や不要な系統の蒸気バルブが開いていないかなどをチェックしています。これらの見える化で得られたデータを元に報告会でお客さまと意見交換を行い、改善を図っています。改善の5点目は、製造時の使用量の変化に対応するため、インバータによる冷水ポンプの圧力一定制御を採用しました（図8）。

手動による蓄熱量の変更で消費電力量の削減を達成

お客さまと一体となって現状の負荷把握に努め、適正な蓄熱量をつかめたことで安定した冷水供給が実現しました。運用面では、生産量と季節変動の負荷量を的確につかみ、手動により蓄熱量を可変して本設備を上手に使うことで消費電力量の削減を達成できたと思います。ご協力いただきました山田食品産業(株)入間工場製造部の皆さまと日本BACさま、その他関係者の皆さまに深く感謝申し上げます。

図8 まとめ

課題		改善
①	1 氷蓄熱設備の老朽化	① 必要蓄熱量に適応した氷蓄熱設備への更新（年間5%の冷凍機電力量の削減）
	2 低音冷水温度のバラツキ	
②	低負荷時における残蓄運転の繰り返し	② 負荷に応じた蓄熱運転時間の選択（年間7%の冷凍機電力量の削減）
		③ 蓄熱槽内通水路切替システムの追加
		④ 運用状況の見える化
		⑤ 圧力一定制御による安定供給

図4 改善点② 負荷に応じた蓄熱運転時間の選択

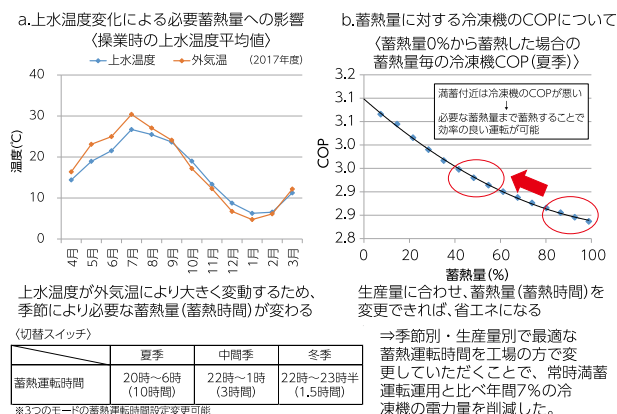


図5 改善点①、②による冷凍機電力量削減効果

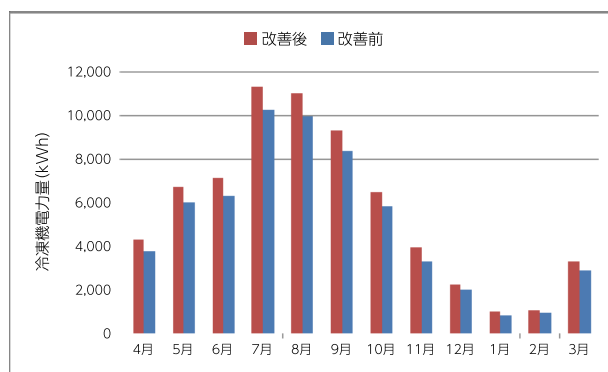


図6 改善点③ 蓄熱槽内通水路切替システムの追加

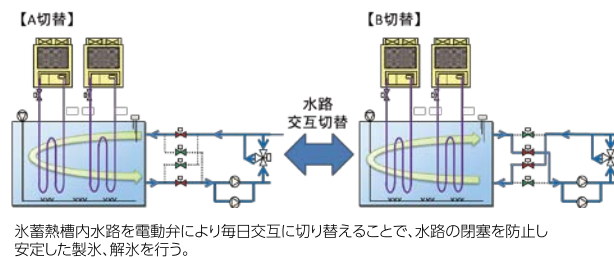
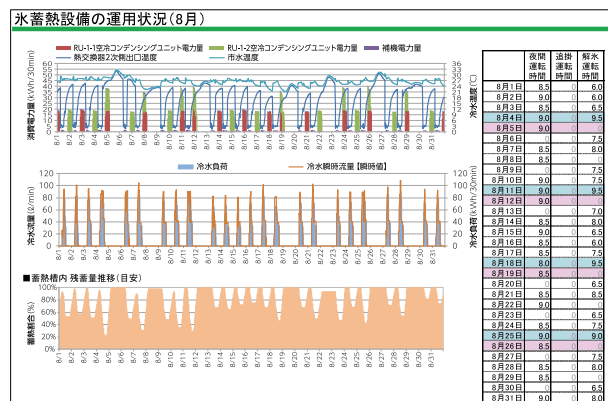


図7 改善点④ 運用状況の見える化



継続的な運転管理と保全の必要性

適切な運転管理・保全を実施しないと・・・

- ①不具合の有無の判断と改善ができない
- ②システム経年劣化による運転効率低下の把握とその対策ができない
- ③冷/温熱負荷の量・比率の変化に対応した高効率運転対応ができない
- ④継続的な異常運転によりシステムが短命化する

省エネ性、経済性が低下

適切な運転管理・保全を実施するためには・・・

- ①運転管理者は管理する蓄熱システムを理解する
- ②システムの日常的な運転管理と定期点検により、早期問題発見と改善を行う

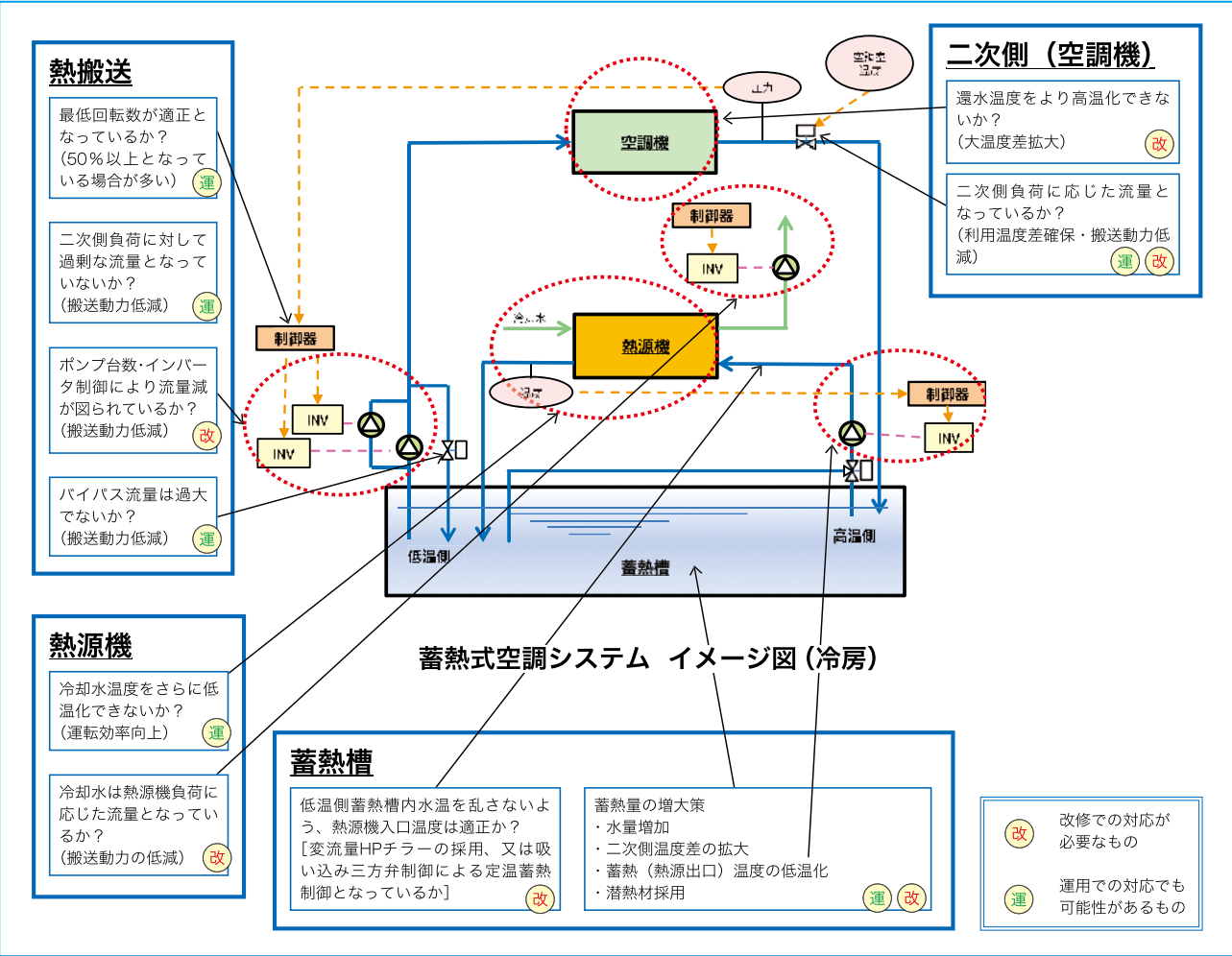
運転管理記録により機器の運転状況を把握し不具合の早期発見と対策を実施

- ③目的に応じた最適運転制御への変更を実施する

ピーク電力削減に向けた最適運転制御など

- ④システム・制御の最適化及び改修を実施する

熱源機の最適運転制御、二次側空調機とのシステム制御、ポンプの運転制御変更など



ヒートポンプ・蓄熱システムに関する各種研究会のご案内

研 究 会	内 容
高密度・躯体蓄熱研究会	大学・建築会社・メーカー・設計事務所・エネルギー供給会社などで蓄熱に携わる研究者・技術者を対象に、相互の情報交換や技術水準の向上を目的に、講演会と施設見学会を合計年4回程度実施。
エンジンヒートポンプ研究会	高効率なエンジンヒートポンプシステムを確立するため、外部環境変化がエンジンヒートポンプシステムに与える影響調査、設置状況における効率の測定方法などに関する情報収集および施設見学会などを実施。
低温排熱利用機器調査研究会	排熱利用機器・システム技術に関する具体的知見に基づく低温排熱有効利用システムを提案するため、デシカント空調など低温排熱を有効利用するための調査研究および施設見学会などを実施。
次世代冷媒ヒートポンプ研究会	自然冷媒および低GWP冷媒ならびにそれらを利用したシステムに関する国内外の技術情報を収集・分析し、その将来動向の予測を行う。関連の規制・技術基準・技術動向・市場などに係る講演会や施設見学会などを実施。
ヒートポンプ応用研究会	最新のヒートポンプ技術とその応用に関連する幅広いテーマについて講演会・見学会などを開催し、会員相互の啓発と技術レベルの向上を図る。
地下熱利用とヒートポンプシステム研究会	地下熱を利用するヒートポンプシステムおよび地下蓄熱技術に関する情報交換・技術調査・研究開発・技術標準化などの活動を通じて、会員相互の啓発と技術水準の向上を図る。

ホームページアドレス：https://www.hptcj.or.jp/technical/kakusyu_kenkyukai/

第1回（2004年度）～第15回（2018年度）受賞件名一覧

<https://www.hptcj.or.jp/organization/commendation/untenganri/>

第1回（2004年度）受賞者

優秀賞 群馬県農協ビルにおける大温度差水蓄熱システムの採用及び運転管理等の改善事例

【群馬県農協ビル】

社団法人群馬県農協ビル、(株)ヤマト

優秀賞 水蓄熱槽解氷アンバランス改修による省エネ効果の改善

【東山ビル】

東山興業(株)、三菱電機ビルテクノサービス(株)

(第10回ヒートポンプ・蓄熱シンポジウム 特別賞)

優秀賞 蓄熱槽の有効活用に向けた運転計画の見直し

【西京橋ビル、東京橋ビル、新京橋ビル】

東京高速道路(株)、東洋熱工業(株)

第2回（2005年度）受賞者

優秀賞 試運転・運用段階のコミショニングによる大温度差利用蓄熱システムの改善

【石巻市河北総合支所】

東北エネルギーサービス(株)、(株)蒼設備設計、宮城県石巻市

優秀賞 蓄熱槽の有効活用に向けた運転計画の見直し

【日立オムロンターミナルソリューションズ本社事業所】

日立オムロンターミナルソリューションズ(株)

第3回（2006年度）受賞者

優秀賞 計測データの評価解析による蓄熱槽の高効率運用に向けた改善

【東京電機大学】

東洋熱工業(株)、学校法人 東京電機大学

優秀賞 建物使用状況の変化に合わせた水蓄熱システム運転制御方法の改善

【中央三井信託銀行】

新日本管財(株)、鹿島建設(株)、中央三井信託銀行(株)

優秀賞 蓄熱システム運転管理の運用による改善事例

【日本経済新聞】

日経建物(株)、東洋熱工業(株)、(株)日本経済新聞社

第4回（2007年度）受賞者

優秀賞 氷蓄熱システム導入施設におけるデータ解析に基づく運転最適化事例

【日立愛宕別館】

(株)蒼設備設計、(株)シービーエス、イースタン興業(株)

優秀賞 氷蓄熱システムにおける運転管理の改善

【ハービスOSAKA】

(株)竹中工務店、阪神エンジニアリング(株)、ザ・リッツカールトン大阪、阪神電気鉄道(株)

優秀賞 BEMSのデータに基づく氷蓄熱システムの運用改善

【丸の内ビルディング】

三菱地所ビルマネジメント(株)、東京電力(株)、三菱地所(株)

第5回（2008年度）受賞者

優秀賞 データ収集・分析システムを活用した水+氷蓄熱システム導入施設における運転最適化事例

【有楽町センタービル（有楽町マリオン）】

朝日建物管理(株)、高砂熱学工業(株)、有楽町センタービル管理(株)

優秀賞 ヒートポンプと蓄熱システムを最大限活用し、コストとCO₂の大幅削減

【名古屋東急ホテル】

東急ファシリティサービス(株)、中部電力(株)、(株)東急ホテル

優秀賞 継続的な遠隔監視による蓄熱システムの安定化

【信和ビルディング】

(株)サンダー、東洋熱工業(株)、信和ビルディング(株)

第6回（2009年度）受賞者

最優秀賞 省エネルギー活動の一環として実施した蓄熱改善事例

【ホテルベルナティオ】

（株）当間高原リゾート、東京電力（株）、東洋熱工業（株）

優秀賞 文化財保存環境下での蓄熱システム運転管理の追及によるランニングコストの低減化

【佐賀県立名護屋城博物館】

九州ビルサービス（株）、（株）前川建築設計事務所、佐賀県立名護屋城博物館

奨励賞 自社開発ソフトを活用した運転員の創意工夫により全国トップクラスCOPの実現

【本庄東熱供給センター】

関電エエネルギー開発（株）、本庄東熱供給センター・熱供給部

第7回（2010年度）受賞者

優秀賞 負荷状況に応じた氷蓄熱利用熱回収システムの運転改善

【大阪・中之島三丁目熱供給センター】

関西電力（株）、関電エエネルギー開発（株）、中之島熱供給センター

優秀賞 熱回収機能を有する熱源システムと水蓄熱システムの最適化運用事例

【東京大学 本郷キャンパス医学部附属病院】

高砂熱学工業（株）、東京電力（株）、国立大学法人 東京大学

奨励賞 空調システム全体の整合性による運転最適化

【本厚木カンツリークラブ クラブハウス】

厚木開発（株）本厚木カンツリークラブ

第8回（2011年度）受賞者

最優秀賞 複合熱源を有する蓄熱システムの運転管理・改善によるコストとCO₂の大幅削減

【名古屋大学医学部・附属病院（鶴舞キャンパス）中央診療棟】

中部電力（株）、三菱UFJリース（株）、三機工業（株）、（株）トヨタエンタプライズ、国立大学法人名古屋大学

優秀賞 中小規模建物における水蓄熱システムの「見える化」による運転の合理化

【関西電力株式会社 羽曳野営業所】

関西電力（株）、（株）蒼設備設計

優秀賞 レトロコミッションによる大規模水蓄熱システムの運用改善事例

【大阪・中之島熱供給センター（中之島六丁目西地区 地域冷暖房事業）】

関電エエネルギー開発（株）、特定非営利活動法人建築設備コミッション協会(BSCA)、関西電力（株）

第9回（2012年度）受賞者

優秀賞 熱源改修工事に伴う蓄熱槽の運用改善事例

【三菱東京UFJ銀行本館】

(株)三菱地所設計、新菱冷熱工業(株)、(株)三菱東京UFJ銀行

優秀賞 蓄熱制御改善による冷凍機COP向上と搬送動力削減

【École de Hayama（資生堂湘南研究所）】

NSコーポレーション(株)、日本管財(株)、鹿島建設(株)、鹿島建物総合管理(株)、東洋熱工業(株)、(株)資生堂

優秀賞 水蓄熱式空調システムによるピーク電力削減対応事例

【NEC玉川ソリューションセンター】

日本電気(株)、NECファシリティーズ(株)

第10回（2013年度）受賞者

優秀賞 熱媒過流量制御システムの導入による蓄熱熱源システムの効率向上

【光が丘第2プラント（東京都練馬区）】

(株)三菱地所設計、高砂熱学工業(株)、東京熱供給(株)

優秀賞 運転条件改善による省エネ効果の向上と電力負荷平準化

【大成札幌ビル（札幌市中央区）】

大成建設(株)

優秀賞 氷蓄熱と躯体蓄熱による温熱環境を維持したピーク電力削減事例

【アズビル藤沢テクノセンター第100建物（神奈川県藤沢市）】

アズビル(株)

優秀賞 蓄熱槽の運用方法変更による、9～20時のピーク電力の削減を実現することで、2011年の電力使用制限令（東京電力管内）の遵守を達成

【ソニーシティ（東京都港区）】

ソニー(株)、ソニー生命保険(株)

第11回（2014年度）受賞者

優秀賞 運転条件改善による省エネ効果の向上

【平河町森タワー（東京都千代田区）】

森ビル(株)、大成建設(株)、平河町森タワー管理組合

優秀賞 計測調査を活用した熱源機と空調機の夏期・冬期運転時間調整による水蓄熱運用改善

【ピーコックストア磯子店 イオンマーケット株式会社】

東芝キヤリア(株)、東京都市サービス(株)、東京電力(株)、イオンマーケット(株)

優秀賞 氷蓄熱システムを活用した高効率かつ快適性を損わないピーク電力抑制運転への対応

【イオンモール大和郡山（奈良県大和郡山市）】

三菱電機ビルテクノサービス(株)、関西電力(株)、イオンモール(株)

優秀賞 既設設備の活用による省CO2・ピークシフト・BCPに配慮した水蓄熱システム

【バイエル薬品株式会社 滋賀工場（滋賀県甲賀市）】

(株)大気社、関西電力(株)、バイエル薬品(株)

優秀賞 蓄熱槽を活用した無人システムでのピーク電力削減について

【イトーヨーカ堂 アリオ亀有（東京都葛飾区）】

(株)イトーヨーカ堂、(株)モール・エスシー開発、(株)太平エンジニアリング、荏原冷熱システム(株)、東京電力(株)

第12回（2015年度）受賞者

優秀賞 蓄熱システム運用改善による省エネ・省コスト

【中部国際空港エネルギー供給株式会社 エネルギーセンター（愛知県常滑市）】

中部国際空港エネルギー供給(株)

優秀賞 氷蓄熱システムにおける制御設定変更によるピーク電力削減について

【トレッサ横浜（横浜市港北区）】

(株)トヨタオートモールクリエイト、東京電力(株)

優秀賞 切替型ヒートポンプの一部熱回収化改造に伴う蓄熱システム運用改善によるピーク電力等の削減

【中之島熱供給センター 地域熱供給施設（大阪市中之島六丁目西地区）（大阪市北区）】

(株)関電エネルギーソリューション

第13回（2016年度）受賞者

優秀賞 蓄熱式空調システムの設備・運転管理改善による省電力

【昭和電工株式会社事業開発センター土気事務所】

昭和電工(株)

優秀賞 蓄熱および河川水熱の利用における運用・システム改善について

【箱崎地区熱供給センター第1プラント東京都市サービス株式会社】

東京都市サービス(株)

優秀賞 水蓄熱システムの設備改修とさらなる運用改善

【横浜市鶴見区総合庁舎】

横浜市建築局、高砂熱学工業(株)、東京都市サービス(株)、東京電力エナジーパートナー(株)、横浜市鶴見区役所

第14回（2017年度）受賞者

優秀賞 水蓄熱システムを含む熱源システムの省エネルギー改修と運用改善

【新宿西口駅本屋ビル（小田急百貨店）】

小田急電鉄(株)、(株)小田急百貨店、日本ファシリティ・ソリューション(株)、(株)竹中工務店、アズビル(株)

優秀賞 温泉排水熱を利用した熱源機の更新と更なる省コスト・省CO₂化に向けた取り組みについて

【ふるさと交流館（さくらの湯）】

四国電力(株)、(株)四電工、東温市役所

奨励賞 水蓄熱式空調システムの継続的な性能検証と改善効果

【アマダ土岐事業所】

中部電力(株)、愛知工業大学、(株)アマダホールディングス

奨励賞 大規模施設における氷蓄熱を含めた熱源システム改修による改善

【クリスタルタワー】

(株)竹中工務店、(株)アサヒファシリティズ

第15回（2018年度）受賞者

優秀賞 水蓄熱システムの運用改善

【群馬県立自然史博物館】

日本ファシリティ・ソリューション(株)、(株)ヤマト、群馬県立自然史博物館

優秀賞 地中熱ヒートポンプ蓄熱を導入した温水プールの省エネと負荷平準化

【妙高市水夢ランド（温水プール施設）】

NPO法人スポーツクラブあらい、三菱UFJリース(株)、東北電力(株)、妙高市

奨励賞 島原市温泉給湯所における温度差エネルギー高度複合システム実証事業

【島原市温泉給湯所】

島原市、宝酒造(株)、(株)技術開発コンサルタント

奨励賞 水蓄熱システム制御見直しによる省エネ効果の向上

【相模女子大学グリーンホール（相模原市文化会館）】

東京電力エナジーパートナー(株)、東京都市サービス(株)、公益財団法人相模原市民文化財団

奨励賞 氷蓄熱ビル用マルチエアコンの簡易な省エネルギーチューニング

【関西電力株式会社 南大阪営業所】

(株)アレフネット、関西電力(株)

※上記のURLから各受賞件名の記事を観覧することが可能です。 ※会社名や団体名は受賞当時の名称です。



一般財団法人

ヒートポンプ・蓄熱センター

〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町1丁目28番5号 ヒューリック蛸殻町ビル6階
TEL. 03-5643-2403 FAX. 03-5641-4501

一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センターは、「ヒートポンプ」と「蓄熱」のナショナルセンターとしてヒートポンプ・蓄熱システムの普及促進と技術向上に向けた事業などを積極的に展開している団体です。

ホームページアドレス <http://www.hptcj.or.jp>