

イオンモール堺鉄砲町～下水再生水を活用した環境配慮型商業施設～

Aeon Mall Sakai Teppoucho

～Environmental consideration of commercial facility utilizing sewage reclaimed water～

株式会社竹中工務店 設計部設備部門

Takenaka Corporation, M&E Engineering Section, Design Department

安心院 智

Satoshi Ajimi

キーワード:下水再生水熱利用 (Sewage reclaimed water heat recycle)、デマンドレスポンス (Demand Response)、氷蓄熱 (ice thermal storage system)、UF膜ろ過 (ultrafiltration membrane)

はじめに

イオンモール堺鉄砲町は、次世代型エコストア「スマートイオン」に位置づけられている。これは、従来の環境負荷の少ない“店舗づくり”に加え、エネルギーの効率的な利用や防災対応などに地域と協働で取り組む“まちづくり”や“コミュニティづくり”をコンセプトにしている。本稿では、地域の未利用エネルギーである、下水再生水に着目し、水資源の循環と、電力平準化時代に先駆けたデマンドレスポンスシステムを融合させた、全国初の下水再生水の高度複合利用等の新技術の一部を紹介する。

建物概要

建物名称：イオンモール堺鉄砲町
所在地：大阪府堺市堺区鉄砲町
用途：大型複合商業施設
延床面積：約 135,000 m²
規模：地上 5 階
工期：2014 年 10 月～2016 年 2 月
発注者：イオンモール (株)
実施設計者：(株) 竹中工務店
施工者：(株) 竹中工務店

1. 行政と連携した下水再生水の高度複合利用

本システムは、地域の既存ストックである、未利用エネルギーについて、産官学で検討・協議を重ね、下水再生水の熱と水源利用の有効活用に着目し実現した。下水再生水の利用方法は図-1に示すとおり、敷地内で熱と水源として活用し、さらに敷地外の歴史ある旧環濠に放流し、地域の憩いの場である水路の水環境の安定化に貢献するシステムとした。

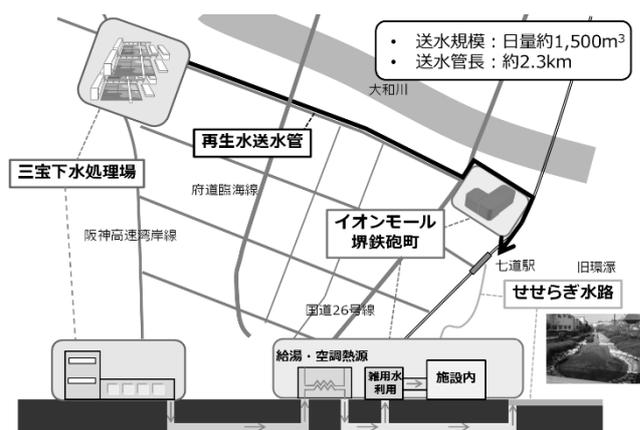


図-1 下水再生水高度複合利用の計画概要

2. 下水再生水の特徴

下水再生水熱の特徴（実績データ）を図-2に示す。下水再生水は夏期に外気と同等、冬期は外気よりも高く、1年を通して安定した温度である。この特徴を活かし、冬期は外気の予熱。中間期と夏期は冷凍機の冷却水。年間を通して、給湯機の温熱源として、活用することとした。図-3また、約50項目の水質

検査をおこない、UF膜ろ過装置を採用することで、水道水の基準を満たし、便所洗浄水等の雑用水として活用できた。

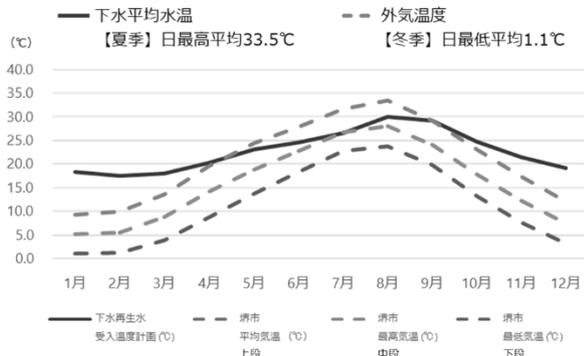


図-2 下水再生水と外気温度比較

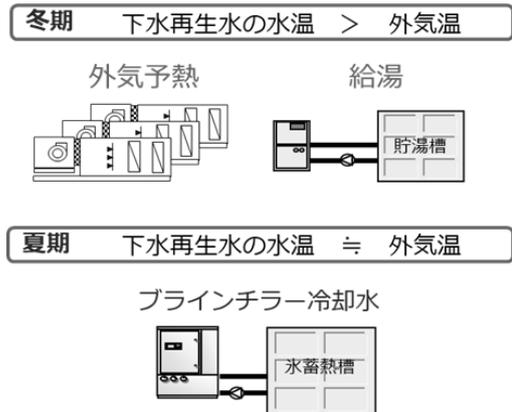


図-3 下水再生水の熱利用

3. 下水再生水利用システム概要

これらの特徴から、給湯で熱回収し、水温の低下した再生水を利用して熱源の冷却水として活用する熱の段階（カスケード）利用を取り入れ高度複合利用システムとした。図-4

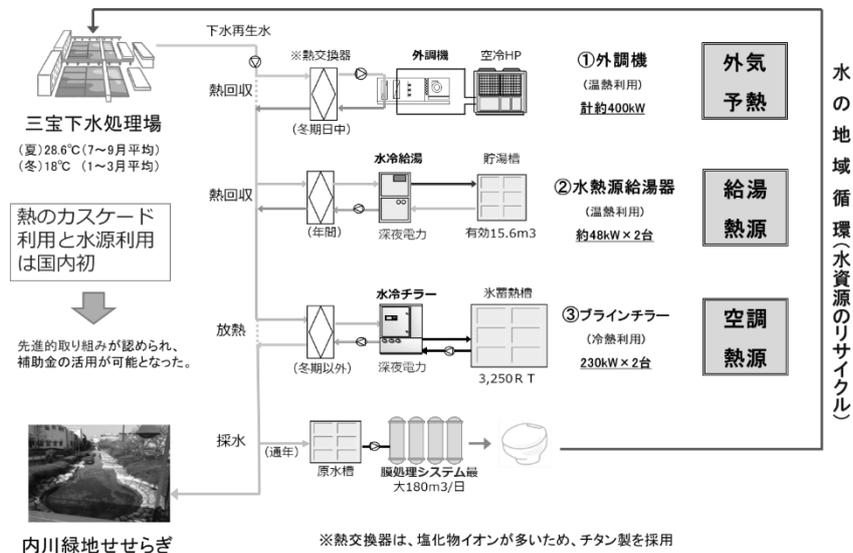


図-4 下水再生水高度複合利用システム

4. 電力平準化の取り組み。デマンドレスポンス（DR）

大型商業施設の電力消費量は、日中に大きく夜間が小さいため、氷蓄熱システムを採用し、ピークシフトを図った。また、ダイナミックプライシング等の取り組みが始められるなか、電力逼迫時間帯のみ、さらなる消費電力削減を目指し、デマンドレスポンスモードを搭載した氷蓄熱の大放熱システムを開発した。一般的に氷蓄熱システムは蓄熱槽の放熱と、追いかけるインバータスクリーチャーを併用するが、氷蓄熱槽からの大放熱のみにすることで、チラーの消費電力とその補機動力を停止させることが可能だからである。氷蓄熱槽から大放熱を行う際に、安定した冷水を取り出すため、従来の内融式氷蓄熱と外融

式氷蓄熱を組み合わせた。これにより、蓄熱槽内のコイルの中と外から放熱することが可能となった。図

- 5

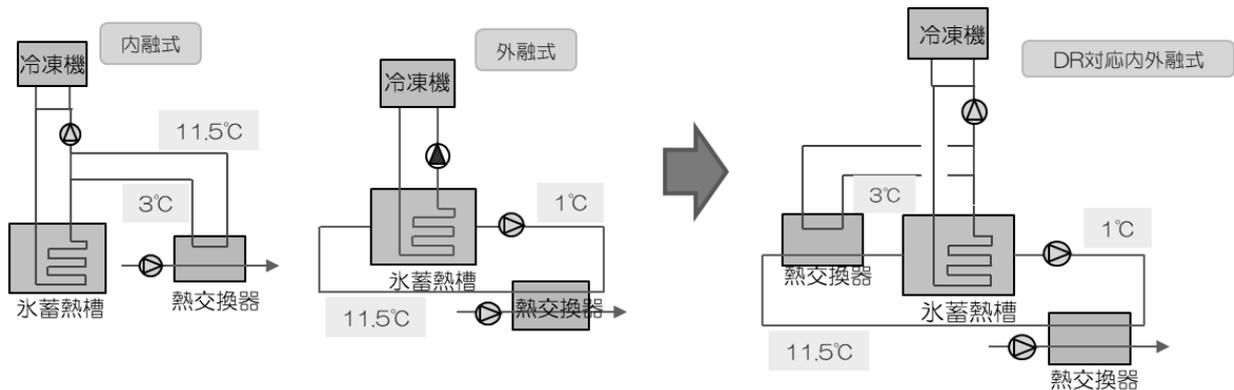


図-5 内融式と外融式を組み合わせた大放熱回路

ただし、氷蓄熱システムの課題は、氷をつくるために、ブライン温度を低くしなければならない為、システム効率は非蓄熱システムと比較して低いことである。そこで、本システムでは従来の蓄熱システムの良いところを組み合わせ氷蓄熱システムの高効率化を図った。表-1

表-1 蓄熱システム比較

項目	内融式氷蓄熱槽	外融式氷蓄熱槽	氷蓄熱槽
イメージ			
冷凍機の効率	△ コイル間隔が狭いため、氷を薄くできる。氷の厚みによる損失が少ないため、効率が良い。	× コイル間に水を流す必要があり、氷の表面積を確保する為、氷を厚くする必要があり、水を厚くするとロスが発生する為、冷凍機効率が悪い。	◎ 高い温度帯で冷凍機を運転すればよいため、冷凍機の効率が最もよい。
放熱特性	○ コイル内をブラインが通過。氷と触れない為、低い温度がとりにくい コイル廻りが氷の時、コイル内が冷えないため、即放熱できない。	◎ 直接氷に冷水が触れる為、低い温度で冷水が流れる。 常時氷に触れている状態のため、即冷水を取り出すことができる。	× 水での蓄熱のため、氷蓄熱に比べ低温がとれない。 氷蓄熱槽内の出口の水温がすぐとれる。
蓄熱槽の大きさ	◎ コイル廻りの氷がつかなくても、ブラインはコイル内を通るため、流れに影響がなく、コイル間隔を狭くすることができ、氷蓄熱槽が小さくなる。	○ 氷に触れる表面積を増やす必要があるため、コイル廻りの氷がつかないと、水の流れを阻害するため、コイル間隔が必要となり、氷蓄熱槽の容量が大きくなる。	× 氷蓄熱は顕熱利用しかできない為、同じ容量の蓄熱をする場合、大規模な容量が必要となる。

表-1 より、氷蓄熱システムの高効率化のために、製氷時は氷厚が薄く、放熱時は放熱特性のよい、外融式氷蓄熱システムをベースとした。また冷凍機の効率を向上させる為には、製氷時のブライン温度が高い方がよいため、コイルの氷厚をより薄く設定し、冷凍機の効率向上を図った。

次に、氷蓄熱システムの効率を上げるために外融式とし、コイル周りの表厚を薄くすれば、効率は向上するが、氷蓄熱槽が大きくなる。そこで、氷蓄熱槽の小型化を図った。

従来、氷蓄熱システムは潜熱利用がほとんどであり、顕熱の利用は少なかった。図-6そこで、顕熱利用を大きくするため、氷蓄熱のように蓄熱槽内に堰をいれて、温度成層を形成した。外融式と氷蓄熱の融合は、両者とも水槽内の冷水を利用するため相性が良い。結論として、氷蓄熱槽内に堰を設けることで、冷水の往側還側で大きな温度差が可能となり、放熱完了時の水槽内平均温度を大幅に上昇した。これによ

り、従来使用できていなかった顕熱利用域が向上した。実績データとして、放熱運転完了時第1槽から第5槽まで、15.5℃、14.5℃、14.2℃、9.1℃、3.5℃となり、冷水取り出し3度完了時には、水槽内平均温度が11.5℃となり、設計想定図-6と比較して、さらに顕熱利用域が増した。

また完全に安定した時には、14.58℃となった。

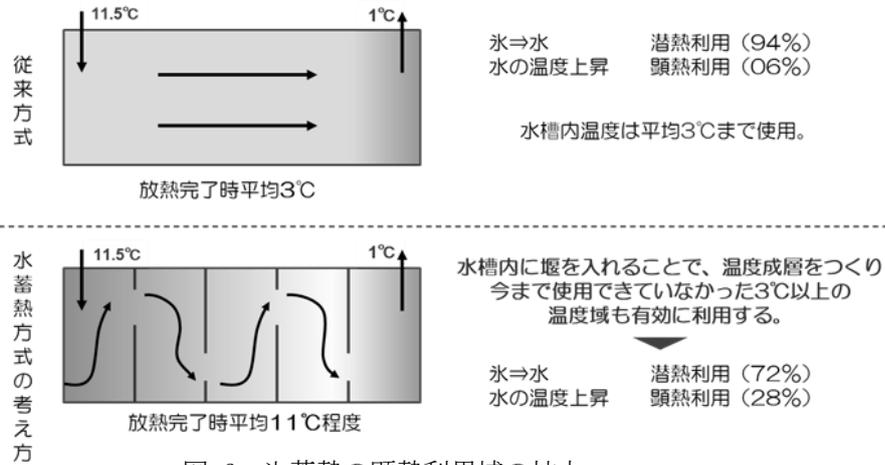


図-6 氷蓄熱の顕熱利用域の拡大

デマンドレスポンス対応氷蓄熱システムの全体概要と、設計効率を図-7に示す。これにより、従来の氷蓄熱システムよりも高効率かつ、デマンドレスポンス対応大放熱が可能なシステムが実現した。

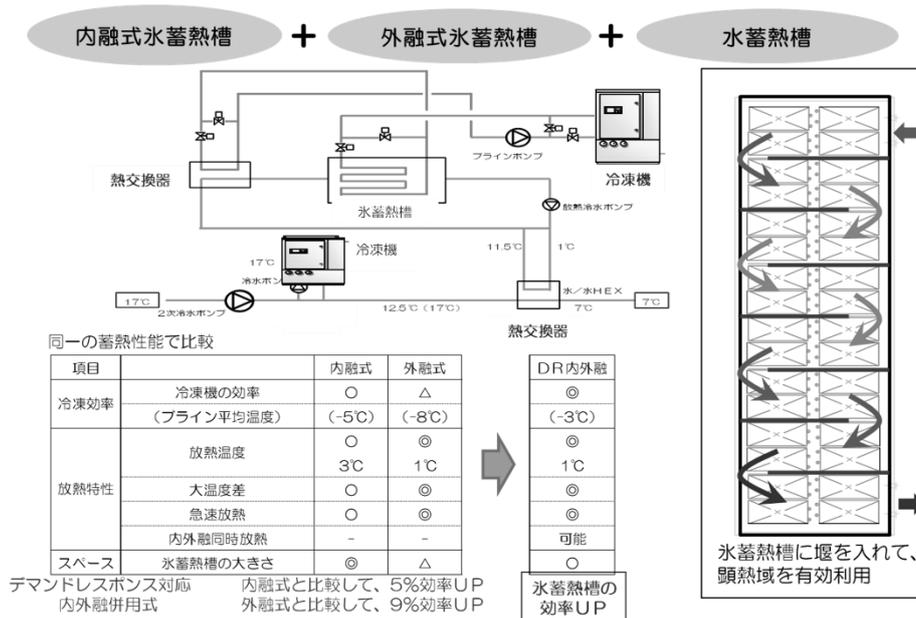


図-7 デマンドレスポンス対応氷蓄熱システム

おわりに

本施設での下水再生水の高度複合利用システムの省エネ効果は、約 92,000kWh/年となり、さらに上水の削減量は、約 30,000m³ を実現した。また、その他の省エネルギー技術の積極的採用により、施設全体でのエネルギー削減効果は約 40%を実現し、CASBEE「S」を取得した。また、本稿に記載しなかったが、多くのBCP対応も実現し、大型商業施設に相応しい、安全・安心な施設となった。