

カーボンニュートラル賞

<b>受賞名称</b>
第5回カーボンニュートラル賞 関東支部 奨励賞
<b>カーボンニュートラル賞選考支部名称</b>
第5回カーボンニュートラル賞選考委員会 関東支部
<b>業績の名称</b>
地中熱と排熱を利用する複数建物間熱源水ネットワーク (杏林製薬㈱わたらせ創薬センター)
<b>所在地</b>
栃木県下都賀郡野木町野木1848
<b>応募に係わる建築設備士の関与</b>
鹿島建設株式会社 大野 太郎

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	鹿島建設株式会社						
建築主	杏林製薬株式会社						
設計者	鹿島建設株式会社 建築設計本部						
施工者	鹿島建設株式会社 関東支店						
建物管理者							
建物利用者							
検証者							
延床面積	4,500	m <sup>2</sup>					
階数	地上3階	地下-階	塔屋-階				
主用途	事務所						
竣工年月日	2015年4月						

支部選考委員長講評

「地中熱と排熱を利用する複数建物間熱源水ネットワーク」は複数熱源、複数用途設備を熱源水ネットワークに組み込み、複数の再生可能エネルギーを水ループで結び、建物間による排熱回収も利用した計画となっている。再生可能エネルギーとして、既製杭にポリエチレン管を事前に取り付けることで熱交換効率を確保した地中熱コイルを採用したり、熱源水搬送動力削減のため複数ポンプによる台数制御を採用するなどの工夫がされている。今後、冬期の冷却排熱利用による省エネ効果は、多くの研究施設に展開が期待できる。

## ■業績の概要とカーボンニュートラル化に係る取り組みの要旨

### 地中熱と排熱を利用する複数建物間熱源水ネットワーク (杏林製薬(株)わたらせ創薬センター)

鹿島建設(株) 大野太郎 和田剛志  
三浦克弘 小野永吉  
寺西智博 市川尚義  
佐藤祐輔

#### 1. はじめに

弊社では ReHP® (リヒープ : Renewable Heat Pump System : 再生可能エネルギー利用空調システム) と命名した高効率なヒートポンプシステムを提供している。複数の再生可能エネルギーを水ループで結び冷暖房や給湯に利用するシステムである。

2015年4月に弊社の設計施工で竣工した杏林製薬(株)わたらせ創薬センターでは、地中熱コイル、冷凍機からの排熱回収を熱源水ネットワークに組み込み、空調設備、給湯設備の高効率化を図るシステムを提供した。

省エネルギーの取り組み工夫、再生可能エネルギー利用・工夫に関して、下記の5点にて説明する。尚、本報告では省エネルギーの効果は建物全体ではなく ReHP システムに限定としている。

- ① ReHP システム概要
- ② 採熱と施工性を追求した既製杭利用の地中熱コイル
- ③ 熱源水ポンプの搬送動力削減の工夫
- ④ 運用開始後のデータによる最適設定の取り組み
- ⑤ 運用実績と省エネルギーの効果

本システムでは、水熱源ヒートポンプの熱源として、冷却塔とボイラーをほとんど使用せず、地中熱、冷却水排熱および冷房-給湯の熱回収で賄うことができている。また、地中熱の利用についても、既製杭に杭打設前にポリエチレン管を取り付けることでコイル本数を増やし、最大限に熱交換を行う工夫を行った。結果、冷房期の空調機器からの排熱は地中に放熱され、暖房期はその熱を積極的に利用するという運用ができている。地中熱は季節や利用方法により取り扱いに注意を要する再生エネルギーであるが、ヒートソース、ヒートシンクとして十分に機能させることができたと考えている。

#### 2. 建物概要

- 建築
- 建物名称 : 杏林製薬(株)わたらせ創薬センター
- 設計施工 : 鹿島建設(株)
- 用途 : 研究所
- 延床面積 : 新研究棟 研究エリア 約 15,000m<sup>2</sup>  
共有エリア 約 4,500m<sup>2</sup>
- 竣工 : 2015年4月

#### ■設備

##### 研究エリア

- ・冷熱源 : ターボ冷凍機+水冷モジュールチラー
- ・温熱源 : 貫流式蒸気ボイラー
- ・空調 : 空調機+FCU+空冷PAC
- ・給湯 : 水熱源ヒートポンプ給湯機による中央式共有エリア (事務所)
- ・空調 : 水熱源 HP マルチ+水熱源直膨空調機+空冷 PAC
- ・給湯 : 電気及びガス瞬間湯沸器による個別給湯



写真1 建物外観



図1 建物配置図

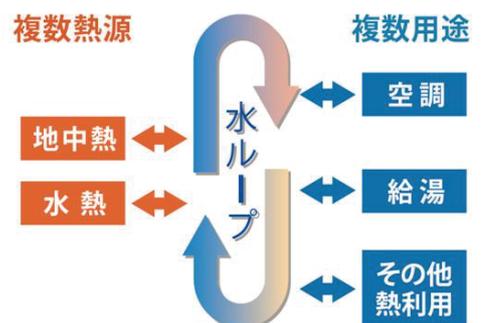


図2 ReHP 概念図

■業績の概要とカーボンニュートラル化に係る取り組みの要旨

3. 取り組みの要旨

3.1 ReHP システム概要

熱源水ループに接続されているのは、①共有エリアの水熱源ヒートポンプ空調機器、②研究エリアの水熱源ヒートポンプ給湯機、③地中熱コイル、④冷却塔、⑤研究エリア水冷モジュールチラー冷却水からの排熱回収水/水熱交換器、⑥ボイラーからの蒸気/水熱交換器である。図3に各設備の設置位置、表1に機器表、図4、5に系統図を示す。図4は共有エリアが冷房期のフローを示し、図5は暖房期を示している。機器は「熱利用側」「熱源側」と役割を持つがこれらを直列に接続している点が特徴の一つである。

冷房期には熱源水を冷却塔と地中熱コイルで冷却する。冷房期中で外気温度が低い中間期には積極的に冷却塔を活用する制御を組み込んでいる。外気湿球温度が設定値以下の場合には冷却塔をメインとし地中熱コイルは通さずに搬送動力削減する。外気湿球温度が設定値以上の場合は冷却塔出口温度を 30℃として地中熱コイルをメインに利用する制御を装備した。また、冷房期には水熱源空調機からの排熱を水熱源給湯機で吸い上げる効果も期待できる。

暖房期には地中熱コイルからの採熱と水冷チラーからの冷却水排熱を利用して熱源水を加熱する。研究エリアには冬期も冷房負荷があるが、夏季に比べると大幅に低負荷である。これを賄う機器を水冷チラーとして低負荷対応と冷却水からの排熱回収を実現している。水熱源空調機が暖房運転するためには供給温度を 15℃以上にする必要がある。地中熱コイル、冷却水排熱で十分な加熱が得られない場合は、蒸気/水熱交換器で最後の温度管理を行っている。

熱源水ループは「冷房モード」「暖房モード」「個別モード」の3モードを用意し季節で切り替えて運転する方式としている。いずれのモードにおいても共有エリアの水熱源ビル用マルチへの熱源水供給温度は 15℃以上を確保し、冷暖房の同時発生が生じても問題が無いように配慮している。個別モードは特異な運転状況が必要になった時に備えて冷却塔、地中熱コイル、熱交換器における運転を自由に設定できるものである。

地中熱コイルは逆熱交となる可能性がある。対策として1日に最大4回地中熱コイルへ強制通水し地中熱コイルの入口/出口温度を比較して選択している運転モードと照合し逆熱交になっていないかチェックする制御を加えている。逆熱交になった場合はバイパスを選択するように制御している。

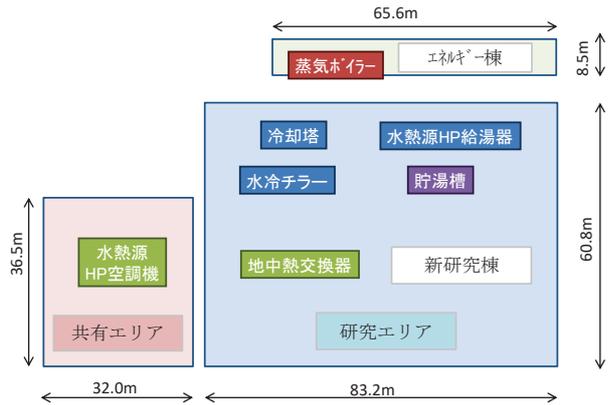


図3 各設備の配置

機器名称	記号	仕様
水熱源空調機	WAC-1~23	マルチパッケージ型空調機および直形式空調機、全23台、合計冷却能力653kW、合計加熱能力754kW
水熱源給湯機	WHW-1	CO <sub>2</sub> 冷媒、給湯能力85.8kW、出湯温度90℃
地中熱交換器	GHEX-1~20	PHC基礎杭利用、11.2m×160本、8本直列×20系統、1本当たりUチューブ4対
冷却塔	CT-1	密閉式、冷却能力917kW
水-水熱交換器	HEX-1	プレート式、冷却水排熱回収用、熱交換能力1,006kW
水-蒸気熱交換器	HEX-2	プレート式、蒸気バックアップ用、熱交換能力1,006kW
熱源水ポンプ	PHS-1~5	526L/min、750kPa×5台

表1 機器表

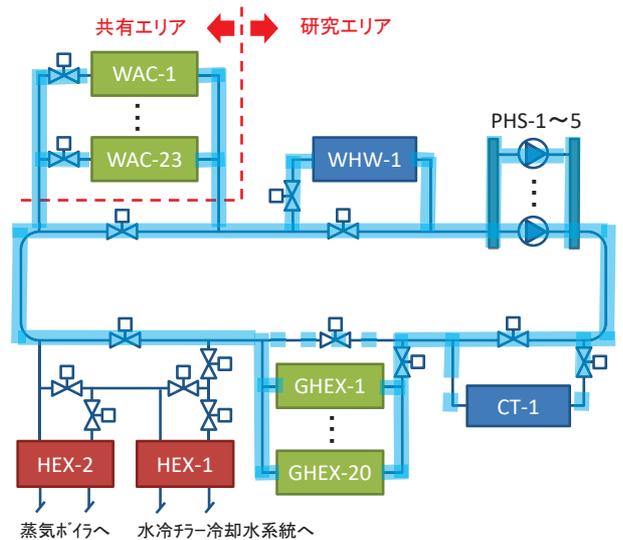


図4 系統図 (冷房期フロー)

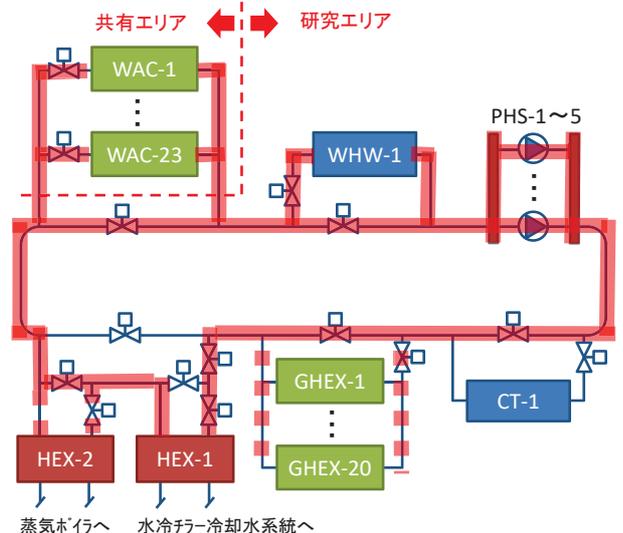


図5 系統図 (暖房期フロー)

■業績の概要とカーボンニュートラル化に係る取り組みの要旨

3.2 既製杭利用の地中熱コイル

地中熱コイルは、既製 PHC 杭にポリエチレン管を事前に取り付ける方法を採用した。一つの杭に 4 対のポリエチレン管を設置した。事前に取り付けることでポリエチレン管同士の離隔を確実に確保し、最大限に熱交換することを意図した。地中熱コイル総長=4 対/杭×160 本×杭深さ 11.2m×2 (往復) =14,336m という規模である。地中熱コイルに至る配管は免震ピット内に設置している。地中熱コイルへ均等に熱源水が分配されるように、一つの枝配管から供給される地中熱コイルの本数を同一にし、配管はリバースリターン方式とした。

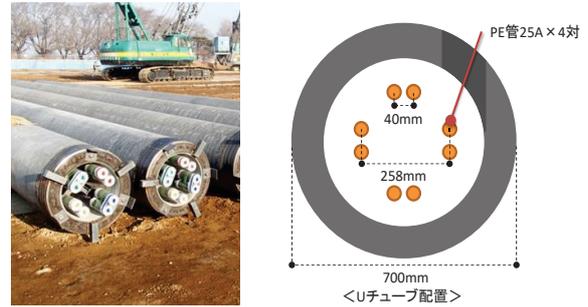


図 6 地中熱コイル

3.3 熱源水ポンプの搬送動力削減の工夫

熱源水ポンプの台数制御の設定は試運転調整の段階で下記のように設定した。

1) システム全体の抵抗曲線を計測した。通水パターンとして、①最大抵抗となる場合、②最小抵抗となる場合を設定し、水熱源空調機の運転台数を徐々に増やし流量を変化させ、熱源水ポンプの揚程を確認した。図 8 がその結果である。熱源水ポンプは 15kw (インバーター搭載) ×5 台の構成であり、水熱源空調機の往還差圧が一定になるようにインバーター制御をし、全体流量により台数を制御する方法としている。

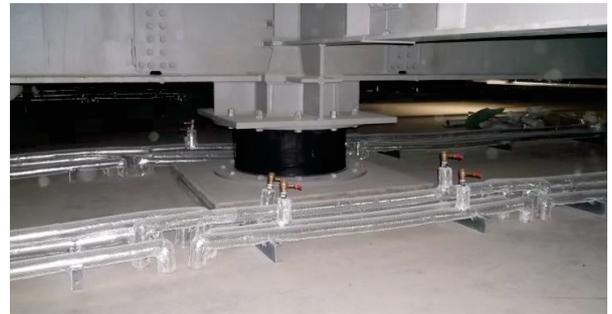


図 7 免震ピット内 熱源水配管

2) 計測した抵抗曲線 (図 8) よりポンプ運転台数による流量範囲を求めた。例えばポンプ 1 台で送水可能な量はポンプの性能曲線と照合し、最小流量を最小抵抗曲線との交点、最大流量を最大抵抗曲線との交点とした。

3) 最大抵抗曲線に合わせて運転台数と消費電力の関係を整理した。図 9 がその結果であり、運転台数を増やした方がトータルの消費電力としては少なくなることを確認した。

4) 上記の結果をもとに台数制御の設定値を決定した。図 10 がその結果である。建物実際の配管経路で抵抗曲線を確認し台数制御の設定を決めたことがポイントである。

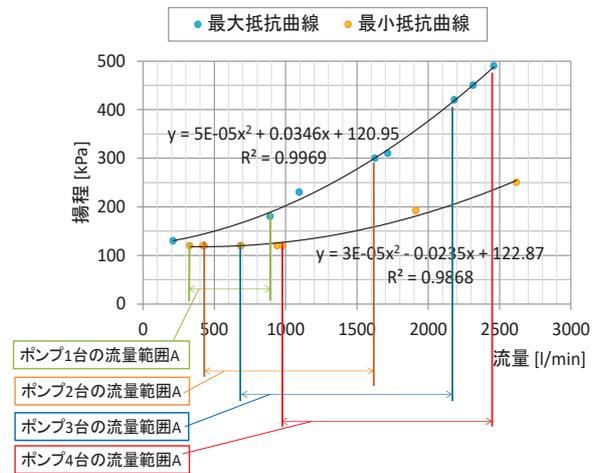


図 8 抵抗曲線の測定結果

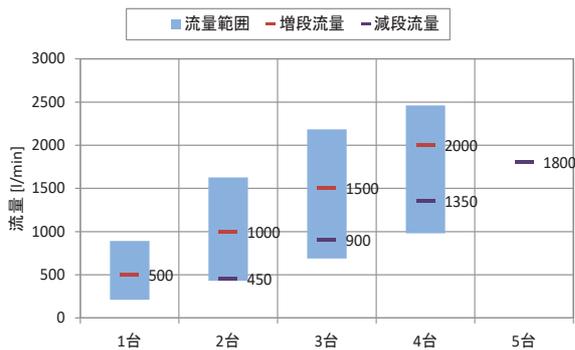


図 10 熱源水ポンプの流量範囲と増減段設定

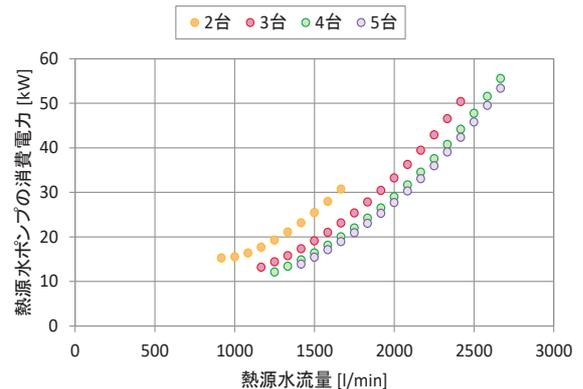


図 9 熱源水ポンプ台数毎の流量と消費電力

## ■業績の概要とカーボンニュートラル化に係る取り組みの要旨

### 3.4 運用開始後のデータによる最適設定の取り組み

図 11 は ReHP システムの中央監視画面である。系統を忠実に表示し、熱源水ループの全体流量、各構成要素の入口/出口温度、地中熱コイル温度、地中温度等、運転状態を全体的に把握できるように配慮した。また、地中熱コイルの有効無効の判定基準、冷却塔出口設定温度、排熱回収熱交換器出口設定温度、水熱源空調機往還差圧等、主要な設定は中央監視から設定可能として、最適な設定を模索しやすいように配慮した。

2015 年 9 月からの本格稼働の後も毎月の運転データを確認し、随時最適な設定を追い求めた。その中で主な内容を紹介する。

#### 1) 中間期の冷却塔の運転方法

中間期は冷却塔で積極的に熱源水を冷やした方が有利であるとのシミュレーション結果を得て臨んだが、現実には共有エリアの空調負荷が低く、熱源水の低温化を進めても冷却塔による電力消費が上回ってしまう結果となった。放熱先として地中熱コイルが十分に機能を果たすことが確認できたため、冷却塔は極力運転しない設定に変更してトータルの消費エネルギーを抑えることにした。

#### 2) 11 月、3 月の暖房運転

暖房が要求される時期だが、水冷チラーがまだ運転されていない時期となる。暖房負荷は少なく、地中熱コイルの加熱だけで十分に賄えることが運転データより確認できた。ReHP としては暖房モードを選択し、地中熱コイルの有効無効の判断時間を調整して地中熱を積極的に利用し、蒸気/水熱交換器による加熱が発生しないように調整した。

#### 3) 冬期の排熱回収の運転状況

冬期の運転データより、水冷チラーの冷却水からの排熱回収で十分に熱源水ループの加熱が達成できることが分かった。研究エリアの水冷チラーの負荷は安定しており、冬期は地中熱コイルに通水せず搬送動力を抑えて運用することに変更した。

### 3.5 運用実績と省エネルギーの効果

2015 年 9 月～2016 年 8 月の 1 年間の実績値について説明する。図 12 は年間の冷暖房給湯負荷の集計値を示している。暖房+給湯で 80%以上を占めており、温熱負荷過多の負荷条件であることが判る。図 13 は水熱源ヒートポンプの熱源側の処理熱量を示している。冷却塔とボイラーはほとんど使用せず、地中熱、冷却水排熱および冷房-給湯の熱回収で賄えていることが判る。地中熱(冷却+加熱)が全体の 44%、冷却水排熱が 41%を占めている。図 14 に一次エネルギー消費量の実績値とベースラインの比較を示す。ベースラインは一般的な空気熱源

システムのエネルギー消費量をシミュレーションにより算出したものである。ベースライン算出方法の詳細については様式 4: 添付資料 1 を参照されたい。エネルギー消費量は面積当たりの数値を示しており、分母の面積は共有エリアの延床面積 4,500m<sup>2</sup>を用いている。年間の一次エネルギー消費量はベースライン 545MJ/m<sup>2</sup>に対し、実績値 368MJ/m<sup>2</sup>であり、32%の省エネ効果となった。CO<sub>2</sub>排出量に換算すると 9.0kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>の削減である。

以上のように、地中熱と排熱を組み合わせた複数建物間熱源水ネットワークを構築し、建物間で熱融通を図りながら適切な熱源運用を行うことにより、大きな省エネ効果・CO<sub>2</sub>排出量削減効果が得られることが確認できた。



図 11 中央監視画面

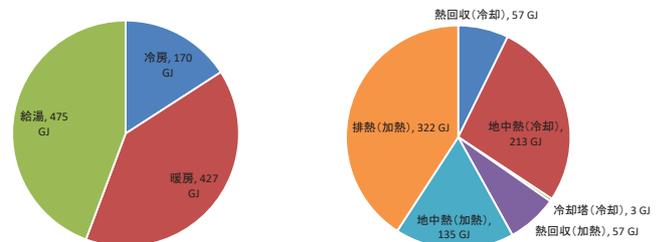


図 12 冷暖房給湯負荷

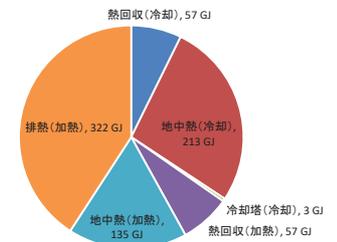


図 13 熱源処理熱量

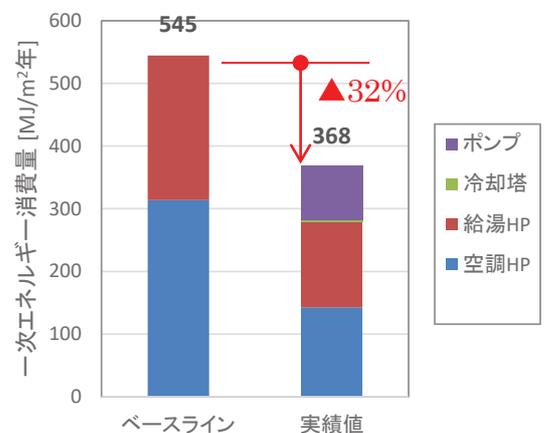


図 14 一次エネルギー消費量

—以上—