

カーボンニュートラル賞

受賞名称
第8回カーボンニュートラル賞 東北支部
カーボンニュートラル賞選考支部名称
第8回カーボンニュートラル賞選考委員会 東北支部
業績の名称
豊富な水資源を活用した酒田市新庁舎における低負荷環境建築の実現
所在地
山形県酒田市本町二丁目2番45号

応募に係わる建築設備士の関与

株式会社日本設計	北原 知治
	坂部 高士

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	株式会社日本設計		
建築主	山形県酒田市		
設計者	株式会社日本設計		
施工者	新日本空調・新和設備・東北メンテナンス工業 特定建設工事共同企業体		
検証者	株式会社日本設計		
検証者	新日本空調株式会社		
検証者	千葉工業大学 教授 若山 尚之		
延床面積	14,874	m ²	
階数	地上8階	地下1階	塔屋1階
主用途	官公庁		
竣工年月日	2017年6月		

支部選考委員長講評

<p>東北支部選考委員会は上記業績について提出資料を検討した結果、カーボンニュートラル賞にふさわしい業績として推薦することとした。以下に選考理由を纏める。</p> <p>① 省エネルギーへの取り組み・工夫 本業績は、定量評価において一次エネルギー削減率で旧庁舎比約50%を達成しており、省カーボンに於いて優れた取り組みであると評価される。鳥海山の雪解け水による豊かな水資源や日本海沿岸特有の気候など、地域性を最大限に考慮した計画により、高い削減率を達成している。揚水井と還元井によるクローズドな採熱システムによって地中熱を採熱し、冬季には融雪に直接利用し、夏季には冷熱源水として利用することで地中蓄熱的に利用する。夏季には低温熱源水によるチラーは極めて好成績のCOPで運転される。これとは別系統で基礎杭を利用した採熱によるGSHPも採用している。冬季には、夏季に地中に導入した温熱をくみ上げて利用しているとも言える。現地で利用可能な自然エネルギーを積極的且つ巧みに利用する設備計画である。</p> <p>② 低カーボンエネルギーへの転換 熱源という意味では、電気、ガスと共に、地下水、地中熱によるベストミックスを意図した計画ともいえる。申請者の分析によれば、年間冷房負荷の94%、暖房負荷の55%を地中エネルギーヒートポンプ或いはチラーで賄っており、地下水、地中熱の占める割合は極めて高い。</p> <p>③ 再生可能エネルギー利用・工夫 杭を利用した地中熱交換器の設置では国内最大級の事例であり評価に値する。基礎杭の全面的な利用は建築計画から設備計画に至る綿密な計画と調整が必要であり、また設計から施工に至る十分な配慮がなされたことが想像される。こうした地下エネルギーの利用はコストがかかるため、年間を通じた利用効率を高く維持することが求められる。井水利用において夏・冬に必要となる温度のニーズに合わせた融雪利用と熱源水利用の切り替え利用は利用効率を高める巧い工夫である。また、井水、地中熱による地下エネルギーのほか、雨水、太陽光等複数の再生可能エネルギー利用にも取り組んでいる。</p> <p>本業績は積極的な地中熱利用をその特徴とする。地中熱利用ヒートポンプシステムも含め、現在利用可能な既存技術を積極的に採用して成果を上げている。そのクオリティ、量ともに十分な取り組みである。その一方でビジネスモデル、独創性といった観点での目新しさはない。即ち独自性よりも工夫と配慮が勝る計画である。それだけに今後、他の案件でも大いに参考となる業績でもある。以上により本業績の取り組みを評価した結果、第8回カーボンニュートラル賞にふさわしい業績であると判断した。</p>
--

関与した建築設備士の言葉

酒田市は、夏季は多湿・酷暑であり、冬季は多湿・厳寒、かつ、日本海からの強風を受ける気候風土を持っています。路面融雪には井戸水が一般的に使われるほど水資源が豊富な地域でもあります。環境設備計画では「豊富な地中熱・水資源を最大限利用する環境庁舎」をメインテーマとしました。地中熱システムでは、70mの構造基礎杭×75本に対し採熱管を敷設し、エネルギーを余すことなく庁舎の空調に取込んでいます。井戸水は駐車場の路面融雪として利用するだけでなく、夏期の冷熱源としても機能させることで年間を通じた井戸水の活用を可能としました。それらの取組みにより、一次エネルギー消費量を旧庁舎の約50%に削減しています。

引き続き、大地に根差し環境に親しみ、市民に開かれた庁舎であり続けることを期待しています。

(北原 知治 坂部 高士 : 株式会社日本設計)

業績の名称： 豊富な水資源を活用した酒田市新庁舎における低負荷環境建築の実現

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

1/4

豊富な水資源を有する寒冷地庁舎にて井水熱・地中熱を最大限利用した低負荷環境建築を実現



1. 建物計画と環境負荷低減への取り組みについて

山形県酒田市は、鳥海山や最上川など雄大な自然景観に包まれ、市街地には山居倉庫をはじめ湊町の栄華を支えてきた美しく歴史ある名所が点在する。それら名所を紡ぎ街歩きの新なトリガーとなる新庁舎を目指した。建物工事はⅠ期とⅡ期に分けることで、**既設庁舎の機能を継続させながらの建替え**とした（駐車場の外構工事はⅢ期工事）。

イベントなどに利用される駐車場を偏西風から守る建物配置や、室内温熱環境の緩衝帯としての役割も持つ共用部を外周部に配置するなど、冬期の厳しい自然環境から守る建築計画とした。あわせて、高天井の執務室には主に暖房時を考慮して床吹出空調方式を採用するなど、**空間特性・地域特性にも配慮した空調計画**としている。

寒冷地の地域特性となる冬期の降雪対策には、複数の方式から**無散水融雪設備**を選択し、広範囲の降雪設備として実装している。同時に、**融雪用の井戸を夏期でも有効活用**すべく、**水冷熱源設備の冷却水**としても利用する計画とした

あわせて、**基礎杭に採熱配管を付けた水熱源ヒートポンプ**も導入し、地域の特色である**豊富な水資源を最大限活かした高効率な熱源システム**を構築した。

表1. 建築概要

建築概要	
名称	酒田市庁舎
所在地	山形県酒田市本町
敷地面積	8,289.28m ²
建築面積	2,958.83m ²
延床面積	14,914.36m ²
構造	RC造・一部S造・基礎免震構造
階数	地下1階・地上8階
竣工年	2017年6月（Ⅰ期・Ⅱ期工事） 2018年3月（Ⅲ期工事）

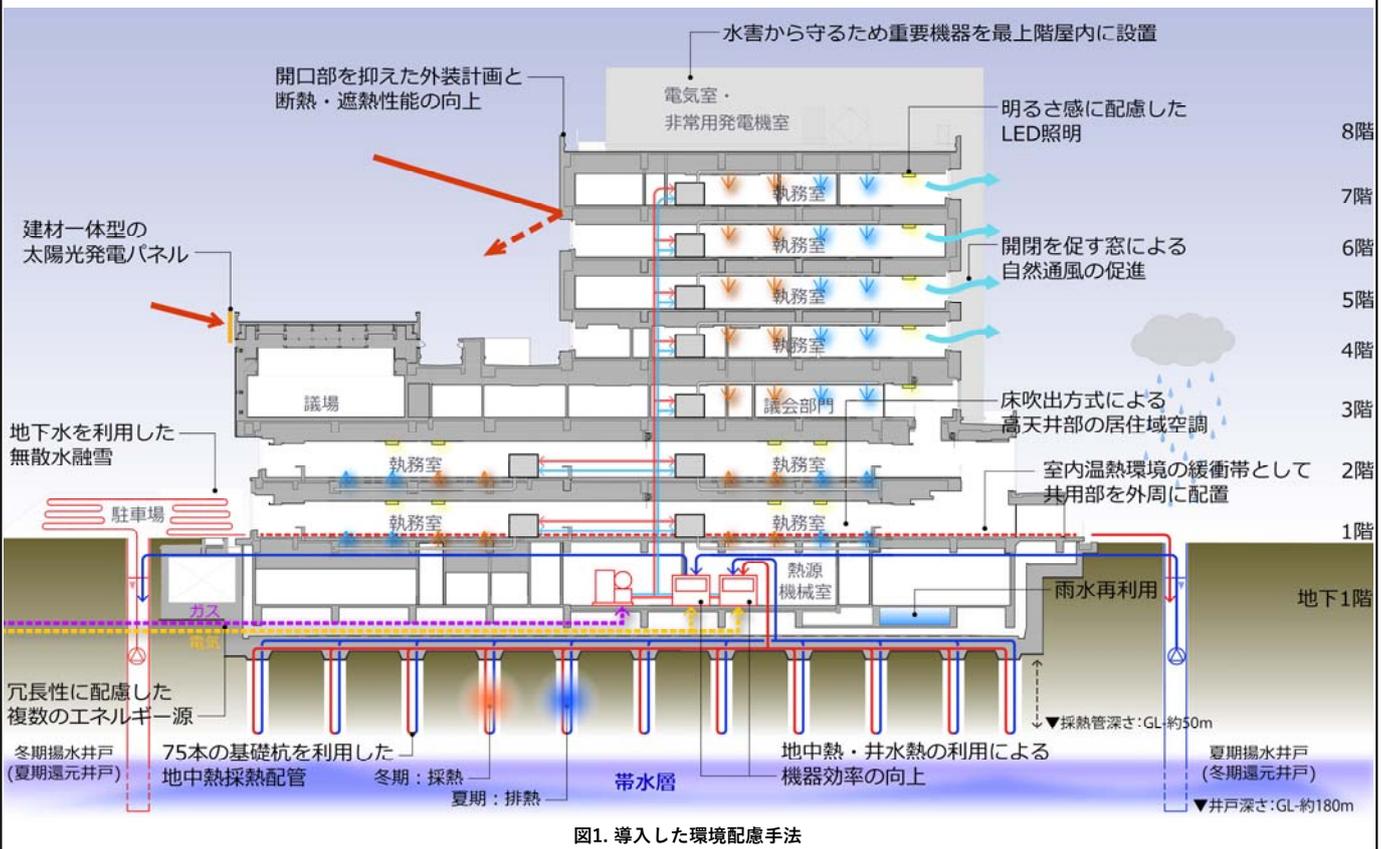


図1. 導入した環境配慮手法

この資料は、受賞者の了解を得て建築設備技術者協会より公開している資料です。個人で利用するに留め、無断転載等を禁止します。

2. 建築設備士による環境負荷低減への取り組みのポイント

表2. 環境負荷低減の取り組み

キーワード	取り組んだ手法	取り組みの成果
①寒冷地における空調方式の工夫	・高天井の執務室にて床吹出空調方式を採用 ・暖房負荷の多くを占める外気負荷の削減として全熱交を採用	・高天井における床吹出空調方式により、暖房時でも居住域において 快適な温熱環境空間 を実現することができた
②庁舎としての空調熱源の信頼性	・ガスと電気の熱源機器を併用したベストミックス ・災害対策本部の居室空調に個別熱源を採用（発電機回路）	・ガスと電気の熱源を採用することで、 インフラ途絶時の二重化を図り、信頼性のある熱源システム を構築できた
③地域特性を最大限に活かす	・豊富な水資源をもつ立地を生かし融雪に井水を間接利用 ・豊富な井水を夏期の建物熱源にも利用する	・冬季の融雪熱源である井戸水を夏季の熱源冷却水としても使うことで 融雪と空調熱源の融合 を提案できた
④再生可能エネルギーの積極利用	・冷暖房の主熱源として地中熱（基礎杭利用）を利用 ・水熱源システムの冷却水として井水熱を利用	・熱源システムのメインとして 地中熱利用ヒートポンプ を採用したことで、 一次エネルギー消費量の削減 ができた

3. 執務室における暖房負荷をおさえた建築計画と設備計画の融合

■冬季偏西風から建物・広場を守る配置計画

酒田市がある庄内地方の冬は、降雪は少ないが大陸の寒気が偏西風となって吹きよせるという気候特色を持つ。そのため、**敷地の西側に建物を配置し、駐車場を東側に配置**することで、偏西風に対して駐車場からのアプローチ動線や広場の多目的利用（イベント時含む）を守る計画とした。

東側沿道には樹木による『**みどりのみち**』を整備し、山居倉庫からの街歩きの軸を作るとともにその風環境の緩和を図った。風環境の緩和の効果は、気流シミュレーションによっても確認を行った。

■執務空間における冬期温熱環境と室内レイアウトの工夫

庁舎建築においては、中廊下式プラン+バルコニー付き横連窓による構成が通例である。厳しい自然環境に建つ本計画では、バルコニーではなく**インテリア化された廊下を外周に配置**することで、安定した屋内環境を有する床を効率良くかつ最大限確保している。

特に窓口業務が主体となる低層部においては、窓まわりに共用スペースを配置することで**温熱環境の緩衝帯**として位置づけ、執務室の温熱環境を守るとともに、内部の活動が分りやすく、市民に開かれた庁舎を目指した。また、**基準階のコアは西側配置**とすることでパッシブな空調負荷低減を行った。



写真1. 低層部の窓まわりの共用スペースと執務室

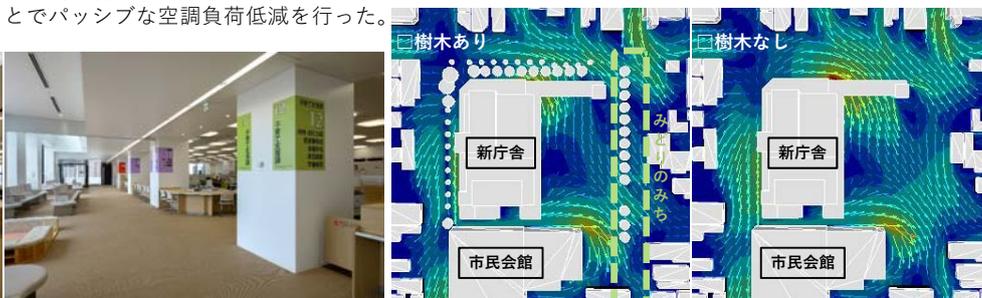


図2. 建物配置計画と冬季の偏西風対策

■建築計画と空間特性に応じた空調方式

1・2階の執務室や3階の議場は天井が高い空間であるため、特に暖房に配慮して**床吹出空調方式**を採用した。また、夏期の室内湿度環境にも配慮し、外調機（全熱交組込）にて導入外気を除湿し、床吹空調機にて室内負荷を処理している。VAVゾーニングはおよそ100㎡程度とし、変風量制御により負荷に追従できる計画とした。

災害拠点となる市長室や危機管理室は災害時にも**空調個別運転が可能**なように**空冷マルチパッケージ**とした。ただし、寒冷地であり、日常の冬季空冷機器性能にも考慮し、外気処理は中央熱源を利用した外調機にて行っている。

そのほか、**加湿方式は外調機を主**とする。加湿、除湿を確実にし、室内湿度環境にも配慮した。また、沿岸部、寒冷地特有の**外気コイル凍結対策、外気除塩フィルター**の集約は、維持管理の容易さにも寄与している。

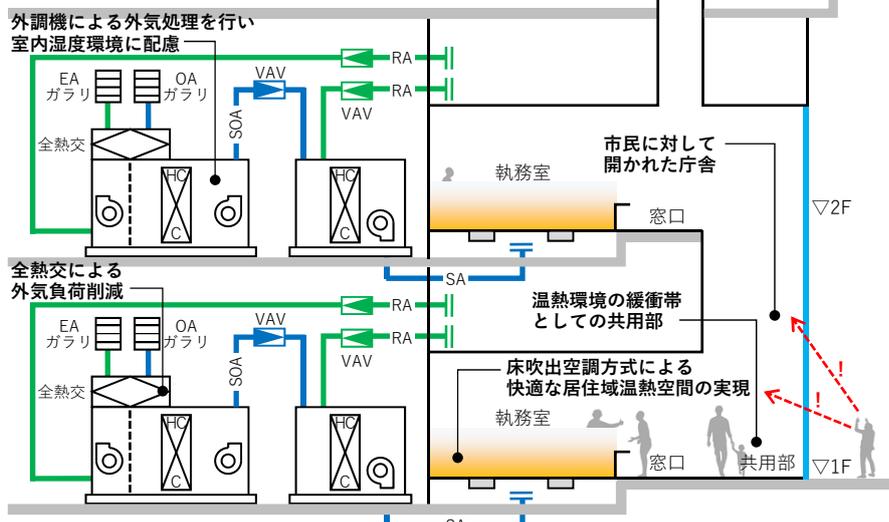


図3. 高天井における床吹出空調方式と建築計画の特性

4. 無散水融雪設備と地中熱利用設備を併用した高効率な熱源システム

■寒冷地の庁舎建築に適した熱源システム

酒田市は、冬期に厳しい寒さと強い偏西風があり、温熱源に空冷機器は適さない。また、防災拠点としての機能も持つことから、複数のエネルギー源を利用した熱源システムが望ましいと考えた。そこで、**夏期・冬期共に電気ガス併用の熱源システム**を採用した。



図4. 熱源エネルギーの構成

表3. 熱源機器仕様

機器名 (機器記号)	熱源	容量	機器定格COP	備考
水熱源ヒートポンプ (GSHP)	電気 (地中熱)	冷房：530kW 暖房：510kW	冷房：5.5 暖房：4.5	冷房時、暖房時ともに優先運転
水冷チラー (RS)	電気 (井水熱)	冷房：520kW 暖房：-	冷房：5.5 暖房：-	冷房時、水熱源HPに追従して運転
吸収式冷温水発生機 (RH)	ガス	冷房：850kW 暖房：680kW	冷房：1.3 暖房：0.9	冷房時のエネルギー源の複数化に配慮し導入
真空式温水発生機 (BH)	ガス	冷房：- 暖房：350kW	冷房：- 暖房：0.9	暖房時、水熱源HPに追従して運転

表4. 井水を利用した路面融雪方式の特色

	井水間接利用 (無散水、還元井戸)	井水直接利用 (路面散水)	電気ヒーター
概要	路面下の埋設パイプに井水を流して融雪を行う	井水を直接、路面表面に散水して融雪を行う	路面下の埋設ケーブルに電気を流して融雪を行う
環境性	○：地中熱を利用	△：利用した井水は排水	△：化石燃料を使う

■大規模な無散水融雪設備の採用と熱源システムへの活用

駐車場等の路面融雪設備は寒冷地での課題でもある。本計画では、庁舎利用者の歩行に配慮しつつ、地中熱の有効利用の観点から、『**無散水融雪設備**』を採用した。路面下に埋設した配管に年間安定した温度である井戸水を流し路面融雪を行う方式である。融雪に利用した井戸水を敷地内に設置した井戸（還元井戸）に戻すことで、**豊富な水資源を大事に使う**とともに、**地盤沈下等の周辺環境にも配慮**した。また、**季節ごとに揚水井戸と還元井戸を入れ替えて運転**することで還元井戸におけるスケールの詰まり防止を行う計画としている。

一方、**路面融雪用の井戸を夏季にも有効に使う**ことを目的とし、熱源への利用も行っている。Ⅰ・Ⅱ期工事の路面融雪用の井戸は400L/minであり、水熱源HP系統で補助的に利用した。さらにⅢ期工事にて駐車場全面（約3,500m²）を融雪するにあたって、融雪用の井戸合計1,400L/minを水冷チラーの冷却水として使えるように改善し、**フレキシブルな対応**を行った。

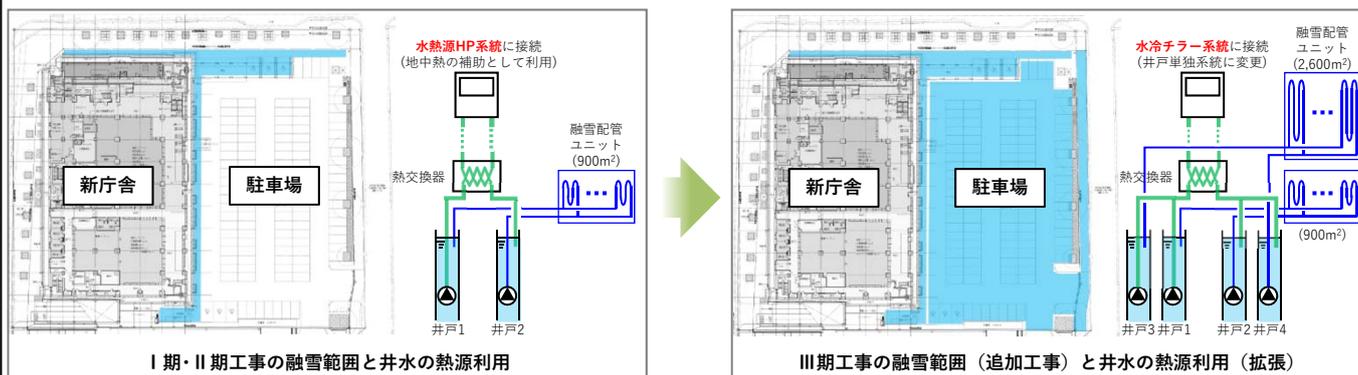


図5. Ⅲ期工事における融雪範囲の追加と熱源設備の拡張

■無散水融雪設備と地中熱利用設備を併用した高効率な熱源システムの実現

融雪設備の拡大とそれに伴う熱源設備の追加を経て、Ⅲ期工事竣工時に向けて再生可能エネルギーを最大限活かせる熱源システムを段階的に構築した。

Ⅰ・Ⅱ期工事竣工時は地中熱を利用する熱源機器が合計冷熱源容量の約30%であったのに対し、Ⅲ期工事竣工時には**合計冷熱源容量の約55%を地中熱+井水熱**を利用する熱源で構成するシステムを完成させた。

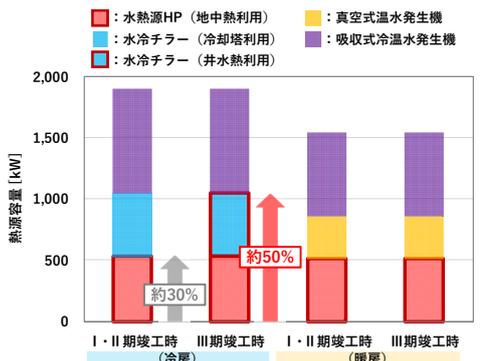


図6. 熱源容量の構成と再生可能エネルギーの寄与

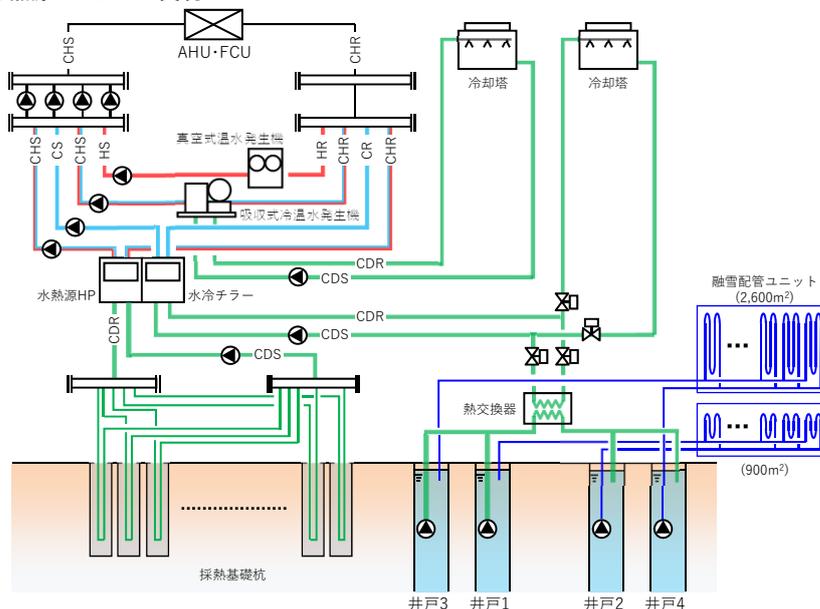


図7. 熱源システム図（Ⅲ期工事後）

■ 建築・構造・設備が一体となった施工の実現

国内でも類を見ない約70mの現場打ち杭75本に約50mの採熱管を敷設するため、施工方法については、過去の実績を踏まえつつ細心の注意を払い、**建築、構造、設備の工事区分を超えた、施工品質向上に向けた緻密な検討**を行い工事に臨んだ。

敷設する採熱管1本ごとに担当者を決め、行き管の担当者は赤色のヘルバンド、帰り管担当は青色のヘルバンドを装着し、敷設完了まで一担当者が一貫して対応することで往還の系統間違いを防いだ。また、採熱管を先行敷設した鉄筋かごを落とし込む際、孔壁と接触し採熱管が脱落してしまうリスクを防止するため、採熱管先端部に保護用の金物を鉄筋かご補強リングに取り付けた。更に、杭頭処理の工程に備え杭頭部にある採熱管は単管パイプにて保護を行った。採熱効率を向上にも配慮し、4組の往還配管（計8本）は可能な限り離すように45度ごとに均等に敷設した。

各採熱配管に取付けたサイトグラスの目視確認で**竣工後に冷却水の流れが確認できなかった系統は無く、高品質な施工を実現した。**

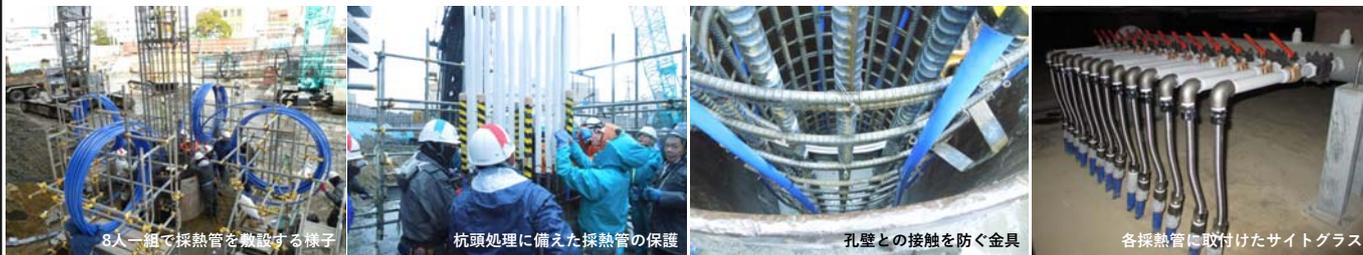


写真2. 基礎杭を利用した地中熱利用の施工上の工夫

■ 竣工後の熱負荷と各機器の供給熱量の検証

2018年の夏季、冬季各代表日における時刻別負荷を図8・9に示す。代表日における夏季の時刻別最大負荷は約520kWであり、設計時の想定負荷の50%程度であった。これは空調負荷の約25%を占める議会エリアの利用が不定期である要因が大きい。**冷房時日負荷の約80%を地中熱利用の水熱源ヒートポンプ、残りの20%は水冷チラーでまかっていた。**冬季の時刻別負荷は約720kWであり、設計時の想定負荷とほぼ同じであった。**暖房時日負荷の60%を地中熱利用の水熱源ヒートポンプでまかっていた。**

月別の冷房、暖房負荷を図10・11に示す。冷房負荷の合計は219,095kWh、暖房負荷の合計は421,923kWhであった。**年間冷房負荷の94%、年間暖房負荷の55%を、地中熱を利用した水熱源ヒートポンプ、井水熱の利用が可能な水冷チラーでまかっており、年間を通じて地中熱・井水熱を有効に利用できることを実証した。**

■ 地中熱を利用した水熱源HPの性能検証

夏期における水熱源HPのCOPは約8.0と非常に高い値であった。冷却水温度が15°Cの場合の機器定格COPは約9.0であり、妥当な結果と判断できる。一方、**冬期は、夏期と比較して供給熱量が小さいにもかかわらずCOPは4.0~4.5程度であったが、熱源水温度が10°C程度の場合の機器定格COPは約4.5であり、夏期と同様に機器能力を発揮した運転ができていていると見える。**これらにより年間を通じて高効率な機器運転ができていていることを明らかにした。

冷却塔を用いた一般的な水熱源HPシステムで、機器単体のCOPが4.0~5.0程度であることをふまえると、夏期におけるSCOPが約6.0程度である本計画のシステムにおいて、**地中熱利用による消費電力削減効果を実証することができた。**

■ カーボンニュートラルを目指して

2018年における一次エネルギー消費原単位の実績値は743MJ/m²・年となった。**省エネルギーセンター公表値の1,261MJ/m²・年から41.4%の削減、旧庁舎の1,494MJ/m²・年から50.3%の削減をそれぞれ達成した。**また、空調換気設備のみで比較すると、省エネルギーセンター公表値から64.7%の削減率であった。

2018年は、機器の調整等により水冷チラーの運転を一時中止していた。今後、井水熱を利用した水冷チラーの本格稼働により、**更なる一次エネルギー消費量の削減が期待できる。**

※図15-一次エネルギー消費原単位の比較における値は以下による。
既存庁舎：設計プロポーザル時の既存市庁舎消費エネルギー量公表値より算出した原単位
ECCJ公表値：省エネルギーセンター「オフィスの省エネルギー」における庁舎の消費原単位

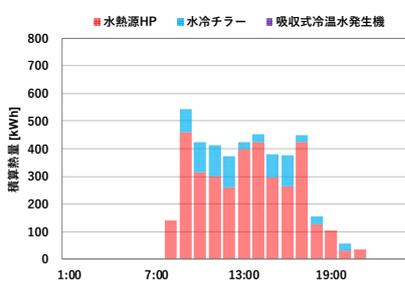


図8. 夏期代表日における時刻別負荷

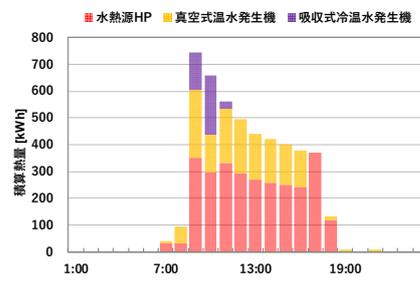


図9. 冬期代表日における時刻別負荷

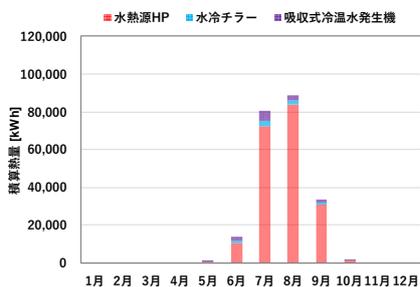


図10. 月別冷房負荷

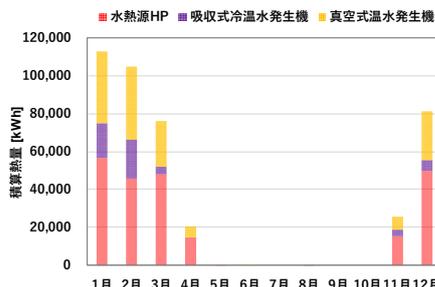


図11. 月別暖房負荷

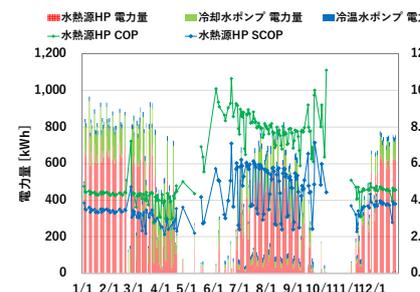


図12. 水熱源HPのCOP・SCOP

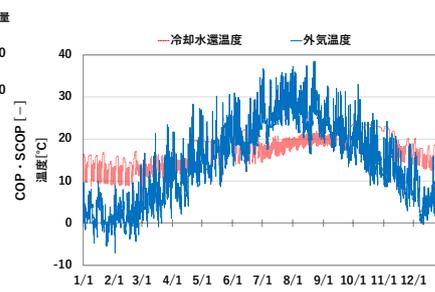


図13. 年間の熱源水温度の推移（2018年）

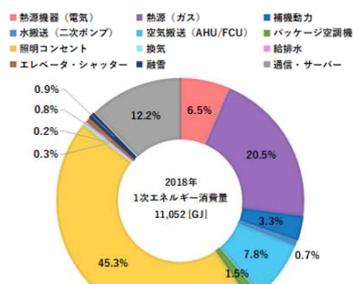


図14. 年間一次エネルギー消費量（2018年）

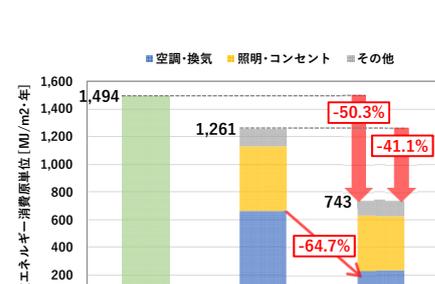


図15. 一次エネルギー消費原単位の比較