

## 報 文

東熱技術研究開発センターの設計・施工報告について  
～熱を操る & 施工パーク～

齋川 航一 大森 香奈子

本物件は今後増加が見込まれるZEBへの対応を見据え、2050年カーボンニュートラル達成に向けた当社の取り組みの一環として、「熱を操る空調」の確立を目的に計画・建設した当社の研究施設である。

「創エネ」として太陽熱および地中熱を導入し、「蓄エネ」として縦型密閉式蓄熱槽と温度成層型貯湯槽を組み合わせ、「省エネ」として潜熱顕熱分離空調、緩和冷水・温水を活用し、再生可能エネルギーの利用率向上を図っている。

さらに、施工合理化や教育を目的とした施工パーク等の取り組みも実施している。



写真1 建物外観

## 1. はじめに

研究部門である技術研究所と製造部門であるエアトロンニック事業部において、建屋の老朽化や実験室が手狭となっていたことを背景に、別拠点に分かれていた両部署を集約し、移転新築することとなった。加えて、本施設はZEBへの対応も見据え、2050年カーボンニュートラル達成に向けた当社の取り組みの一環として整備したものであり、「熱を操る空調」の確立を目指す当社の技術研究開発拠点としての役割を担っている。写真1に建物外観を示す。

当社は、本物件に対し施主及び自社設計、元請施工、設計監理として関与し、導入した太陽熱および地中熱の設計手法や施工ノウハウを蓄積するとともに、運用データを取得・分析し、将来への技術の礎としていく。

また、働き方改革を見据えた施工合理化に取り組むほか、次世代育成に向けて視覚的に学べる施工パークの整備も行った。

本稿では完成した東熱技術研究開発センターの設計、施工の概要を報告する。

詳しいプロジェクトコンセプトと計画概要、環境性能およびウェルネス評価は「東熱技報No.105 2025の東熱技術研究開発センターのプロジェクト報告<sup>1)</sup>」で報告している。

## 2. 建物概要

名称 : 東熱技術研究開発センター  
所在地 : 東京都葛飾区東立石2-4-5  
建物用途 : 事務所ビル・研究施設  
構造 : S造  
階数 : 地上3階、地下なし  
建築面積 : 1,611m<sup>2</sup>、延床面積 : 3,198m<sup>2</sup>  
発注者 : 東洋熱工業(株)  
設計者 : (建築・電気) KAJIMA DESIGN  
(空調・衛生) 東洋熱工業(株) / 鹿島建設(株)  
施工者 : (建築) 鹿島建設(株)  
(空調・衛生) 東洋熱工業(株)  
(電気) 鹿島建設(株) / 東光電気工事  
工期 : 2024年3月～2025年6月

建築物省エネ性能表示 (BELS) : ★★★★★★

BEI合計0.29 : ZEB Ready

空調 BEI/AC	換気 BEI/V	照明 BEI/L	給湯 BEI/HW	昇降機 BEI/EV	合計 BEI
0.29	0.19	0.25	0.24	0.67	0.29

CASBEE-建築 (新築) : Sランク★★★★★ (BEE=6.1)

CASBEE-ウェルネスオフィス : Sランク (90.2/100)

### 3. 主要機器

#### 3.1 熱源・空調換気設備

空冷式モジュールチラー（緩和冷水/温水）系統	118kW×1台
空冷式モジュールチラー（一般冷水/温水）系統	118kW×3台
縦型密閉式蓄熱槽 冷温水切替	Φ1400×15mH（22.7m <sup>3</sup> ）×1基
縦型密閉式蓄熱槽 温水専用	Φ1400×15mH（22.7m <sup>3</sup> ）×1基
真空管式太陽集熱パネル	24枚（合計38kW）年間集熱量182.2 GJ/年
密閉式温度成層型貯湯槽	5m <sup>3</sup> ×1基
ボアホール	100m×4本
試算採熱量（年間想定・冷温熱合計）	41,755 kWh
地中熱ヒートポンプチラー	26.5kW×1基
太陽熱プレート熱交換器	38.0kW×1基
地中熱プレート熱交換器	38.0kW×1基
全熱交換器付デシカント外調機	1台
ウエットエアー（カルネア）	2台（+将来増設2台）
空調機・外調機	4台
ファンコイルユニット	2台
アクティブチルドビーム	2台
ビル用マルチエアコン・室内機	22台、室外機13系統
全熱交換器	3台
HEPA付FFU（DCモータ）	70台

床吹出しファン	37台
シーリングファン	4台
TABS（躯体蓄熱放射冷暖房）	熱交2系統
自然排煙	避難安全検証により機械排煙免除

#### 3.2 給排水衛生・消火設備

増圧直結給水プースターポンプ	270L/min×40m×1台
加熱コイル付密閉式貯湯槽（常温給湯）	105kW×1台
ヒートポンプ式給湯器（シャワー）	1台
雨水流出抑制槽	実容量37m <sup>3</sup>
屋内消火栓消火水槽	ピット有効水槽容量5.2m <sup>3</sup>
屋内消火栓ポンプユニット	300L/min×1台
屋内消火栓（易操作性1号消火栓）	7台
強化液消火器	8個、ABC粉末消火器10型
移動式粉末消火設備（受変電用）	1台

### 4. システム概要

#### 4.1 熱源システム

「熱を操る空調」というコンセプトから、空冷式モジュールチラー、太陽集熱パネル、地中熱ヒートポンプチラー、縦型蓄熱槽で熱源を構成している。

熱源・空調概略系統図を図1に示す。ZEB Ready達成のための省エネ技術として、空冷式モジュールチラーは事務エリア系統と実験系統で分け、事務エリア系統における冷水・温水温度を緩和している。緩和冷水は

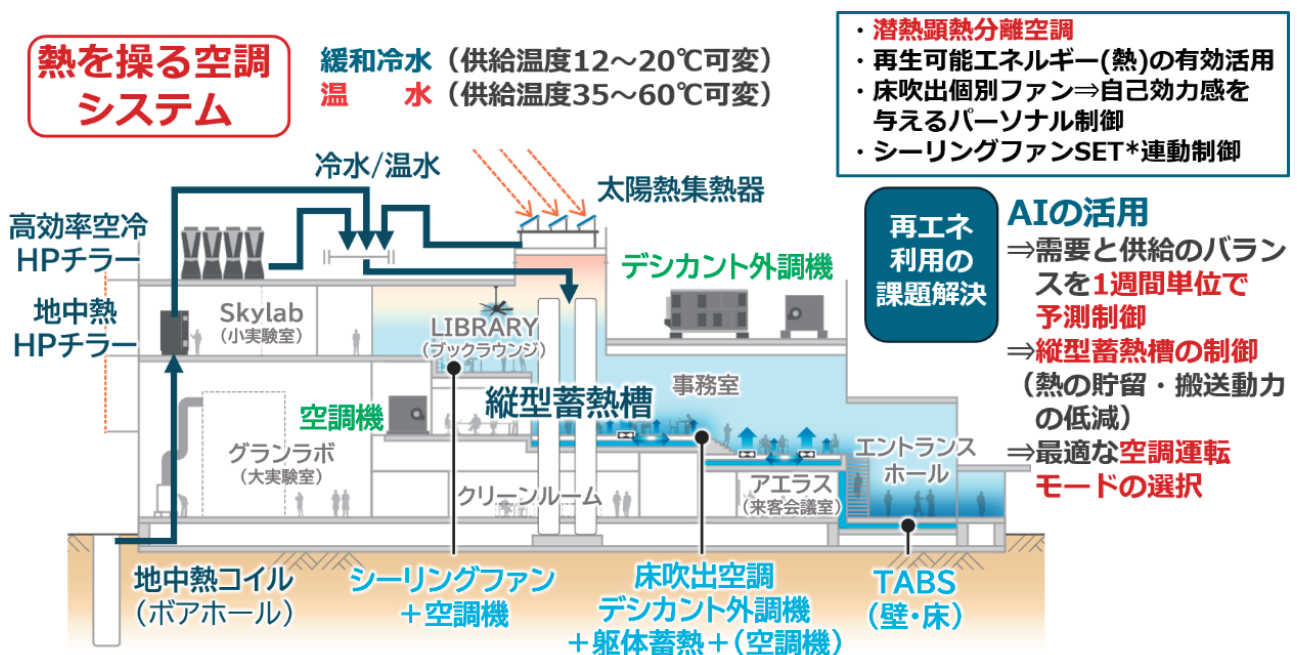


図1 熱源・空調概略系統図

12~20℃可変、温水は35~60℃可変で供給を行っている。熱源2次ポンプの制御については、推定末端差圧(2次側合計流量)に応じてヘッダー差圧の設定値を変更している。また、縦型蓄熱槽の蓄熱と放熱は、負荷と熱源の運転状況に応じて自動で切り替わる。

## 4.2 蓄熱槽システム

### 1) システム概要

縦型蓄熱槽は、温水専用と冷温水切替の2基構成としており、2基とも温水槽とした場合に休日2日間の晴天時太陽熱を全量蓄熱できる容量として計画している。また、省エネのために、実揚程がゼロとなる密閉式を採用している。蓄熱と放熱の切替えは、ポンプと二方弁にて行っている。保温厚は、蓄熱槽からの放熱ロスを極限まで抑えるため150mmとしている。ディストリビューターを図2に示す。流速0.03m/s以下、密度フルード数0.11以下でサイズ選定を行った。

なお、温度成層を把握するため、縦に1.1mピッチで13本の温度センサを敷設し詳細に計測している。

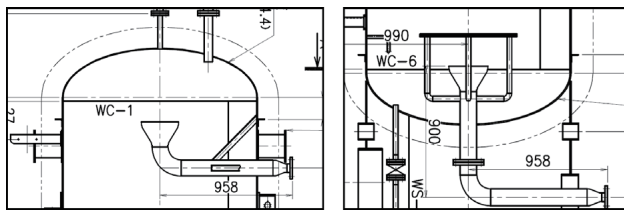


図2 ディストリビューター

### 2) 再エネの最大限活用を目指した蓄熱槽

再エネ利用では需要と供給のバランスが課題となるが、気象データと過去の運転実績をもとにした予測制御と、縦型蓄熱槽および温度成層型貯湯槽への蓄熱により太陽熱を最大限活用できる。この技術は、AIによる予測技術(AI-SCAT)も含め、研究開発要素として位置付けている。

### 3) 熱伸縮対策

熱伸縮対策を図3に示す。鉛直はスライドプレート23mmの可動で吸収し、平面は鉄骨に対して2点支持で吸収する計画とした。

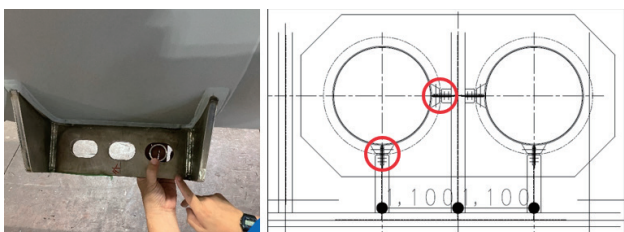


図3 熱伸縮対策

## 4.3 太陽集熱システム

太陽エネルギーの変換効率が良く、また温熱として利用できることから、太陽光パネルではなく太陽集熱パネルを採用した。太陽集熱パネルより得られた温水は暖房や給湯、夏期はデジカントの再生温熱に利用している。

### 1) システム概要

太陽集熱システムでは、熱を取得できる時刻と熱を利用したい時刻が異なるため、蓄電池のような役割として蓄熱が最重要となる。そのため、図4に示す密閉式温度成層型貯湯槽と縦型密閉式蓄熱槽を導入している。密閉式温度成層型貯湯槽は、三方弁ブリードイン制御にて最大85℃まで昇温可能である。蓄熱量は温度が高いほど増えるが、放熱ロスは温度が低いほど減るため、使用量に応じて最適な温度にて蓄熱できるよう実証検証中である。

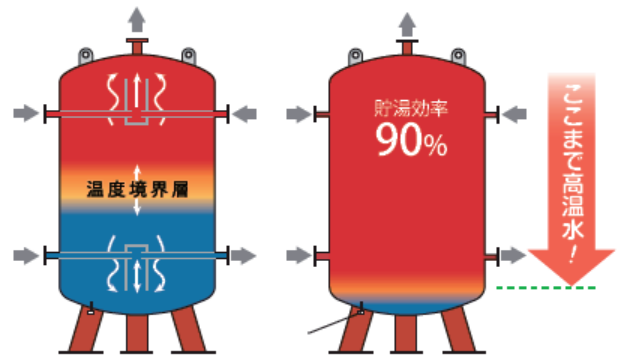


図4 密閉式温度成層型貯湯槽

### 2) 太陽集熱パネルの選定と容量設計

太陽集熱パネルは平板式と比較して天候、外気温、風速等に影響を受けにくい集熱能力に優れた真空管式を採用している。年間を通して安定的に集熱量が大きくなるよう、周囲建物の陰を考慮した傾斜角毎の集熱量シミュレーションを行った。図5にシミュレーション結果を示す。この結果をもとにパネル傾斜角を36°に決定し、決定した傾斜角を前提にパネル枚数を算出した。なお、パネル1枚当たりの出力kWは、算出周囲環境温度と集熱器平均温度、日射量W/m<sup>2</sup>をもとに算出している。

### 3) 余剰熱の利用

太陽熱が余る夏期には、後述する地中熱システムにて地中へ太陽熱を蓄熱することが可能となっている。冬期には、冷却されて低温となった地中熱の温度レベルの回復に寄与する。それでも太陽熱が余る場合は、過剰集熱による温水配管の沸騰を防止するため、ラジ

傾斜角度を30°～40°までの集熱量シミュレーションを一覧表として作成しております。

傾斜角度	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年合計
30°	16,162	13,699	16,545	16,293	18,656	14,239	17,153	16,540	13,228	12,888	12,247	13,594	181,244
31°	16,339	13,797	16,586	16,267	18,569	14,148	17,062	16,481	13,229	12,942	12,346	13,747	181,513
32°	16,516	13,890	16,620	16,241	18,472	14,058	16,967	16,418	13,226	12,997	12,445	13,898	181,748
33°	16,683	13,982	16,651	16,207	18,375	13,965	16,866	16,348	13,217	13,049	12,536	14,041	181,920
34°	16,850	14,067	16,676	16,169	18,272	13,870	16,763	16,277	13,205	13,093	12,626	14,179	182,047
35°	17,012	14,149	16,699	16,126	18,162	13,769	16,655	16,199	13,192	13,139	12,711	14,316	182,129
36°	17,159	14,226	16,715	16,081	18,052	13,666	16,545	16,121	13,178	13,172	12,796	14,448	182,159
37°	17,312	14,301	16,727	16,035	17,934	13,563	16,431	16,037	13,157	13,207	12,870	14,576	182,150
38°	17,457	14,367	16,731	15,977	17,811	13,453	16,309	15,948	13,133	13,243	12,946	14,696	182,071
39°	17,597	14,432	16,733	15,922	17,687	13,341	16,186	15,853	13,106	13,266	13,018	14,813	181,954
40°	17,731	14,495	16,731	15,855	17,552	13,225	16,061	15,759	13,072	13,293	13,084	14,930	181,788

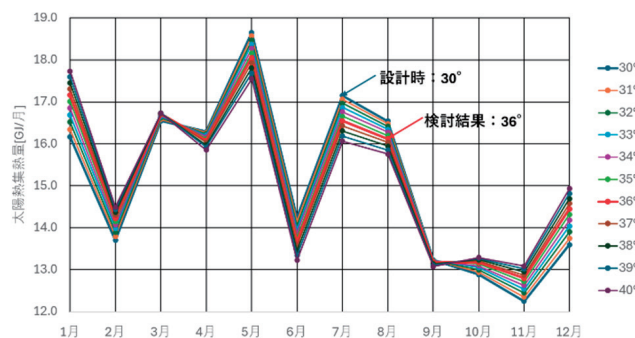


図5 傾斜角度別太陽集熱量シミュレーション結果

エーターにて放熱する。さらに二重の対策で安全弁をパネル系統ごとに設置している。

#### 4) 太陽集熱パネルの支持固定

太陽集熱パネルは耐風圧計算と耐震計算を行い、計算結果をもとに、折半屋根に既製品の専用金具にて固定支持することとした。

#### 4.4 地中熱システム

計画地は河川に囲まれており、地盤面から1.4m掘ると地下水が湧き出てくる。本物件では、この地下水を活用した帯水層蓄熱による都市型地中熱をコンセプトに地中熱システムを導入した。

##### 1) 検討経緯

建物下に水平ループコイル（スリンキー）を埋設できれば日射などの外乱を避けられる。また、地盤改良掘削工事と同時に施工を実施することでコストを抑えられると考え、検討初期は水平方式で計画を行った。しかし、各専門業者と複合的に検討を行った結果、掘削範囲と道路や隣地との離隔が無くシートパイル工法となり、地盤面から地下10mまで鉄で遮断されることが判明、地中熱システムに対する影響が未知数となった。その他、掘削工事の増加容積と汚染度処理費用の

観点からも水平方式は費用がかさむことが分かった。最終的に、建物下水平コイルと駐車場下水平コイル、ボアホールを比較した結果、費用対効果の高いボアホール（100mH×4本）を採用した。

##### 2) 地中熱システムの容量設計

地中熱の採熱可能量は東京ポテンシャルマップ（本物件は熱伝導率1.5W/mK）にて目安が分かるようになっている。本物件では、既存建物解体後の設計基本計画段階で熱応答試験（深度別熱伝導率測定TCP/HC・水位測定）を実施し、実施設計に採用する値を決定した。図6に深度別熱伝導率測定中の温度変化を示す。水位深度1.4mで熱伝導率1.3W/mK、地盤改良後に熱伝導率の高い埋設材で埋め戻すため、有効熱伝達率は1.5W/mKを採用した。

地中熱ヒートポンプチャラーの容量は、年間を通した熱の枯渇を防ぐために、冷房と暖房の年間熱収支が±ゼロとなるよう決定した。年間熱収支の計算は地中熱システムの設計用ソフトウェアGLD（Ground Loop Design）を利用して行った。GLDは、水平コイルであればトレンチ内の必要なパイプ面積と距離を、ボアホールであれば必要本数と距離を計算することが出来る。

シートパイルが埋設された後、ボアホール施工中に

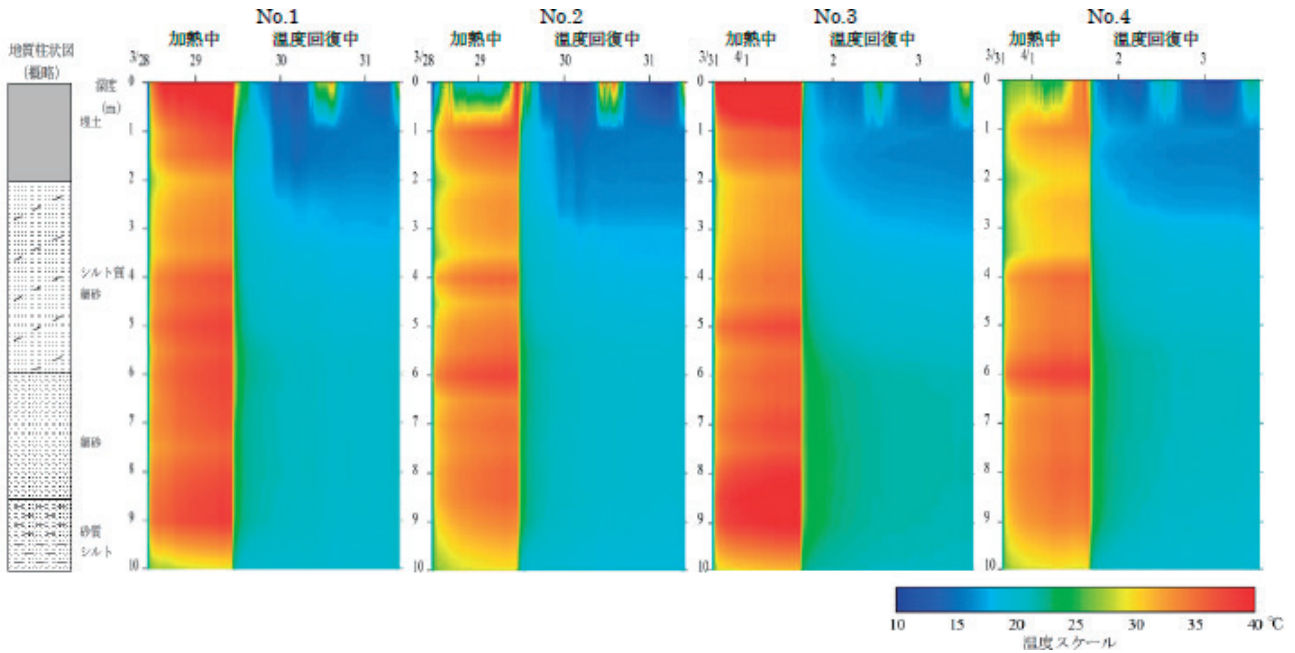


図6 深度別熱伝導率測定中の温度変化図

も再度熱応答試験を実施した。有効熱伝導率が1.54 W/(m・K)であることを実測にて確認し、得られた有効熱伝導率をもとにGLDにて再計算を行い、地中熱ヒートポンプチャラーの容量について確認を行った。なお、図7のように施工時にボアホール2本に対して10mH毎に10ポイント温度センサを敷設し、地中熱温度の変化を計測している。

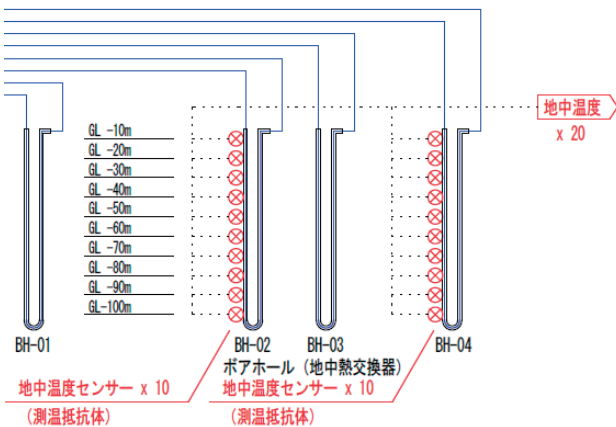


図7 地中熱温度の計測

3) 運用方針

外気よりも地中熱からの採熱温度（熱源水温度）が低い条件では、空冷式モジュールチャラーと比べ地中熱ヒートポンプチャラーのCOPが高くなる場合がある。本物件では、そのような条件を踏まえ、熱源システムの総合的なCOPが高くなるように、優先順位を決定する。

1日の熱源水温度の変動について、夏期は日中徐々

に熱源水温度は上昇するが、夜間停止時には熱が拡散し熱源水温度が回復する。中間期冷房時（外気が高温かつ乾燥する条件）は、太陽集熱の利用先が無くなるため、太陽集熱パネルからの温水を活用し、冬に備えて地中を暖める地中熱システムを活用した季節間蓄熱の検証も行っていく。なお、冬期の凍結防止の為、採熱にはブライン（30%）を使用している。

4.5 デシカントシステム

1) システム概要

夏期や中間期に太陽集熱パネルから取得した温水を、デシカント空調機の再生コイルで活用する。機器構成は図8に、空気線図は図9に示す。温水温度が低いとデシカント効率が悪く、50℃をユースポイントとし、再生可能な太陽熱でデシカントロータを再生し乾燥させる。全熱交換器とデシカントロータを通過した乾燥高温空気は、緩和冷水により顕熱冷却を行う。低温冷水を必要としないため、熱源機を高COPで運転でき、省エネを図っている。

2) 最適運転条件の検証

除湿は予冷コイルとデシカントロータで行われるが、図10のように、両者で分担する除湿負荷の割合によってエネルギー消費量に変化し、最もエネルギー消費量が小さくなるポイントをもつ。また、太陽熱パネルにおける集熱量や外気温、除湿量などの条件によりこのポイントは変化する。

例えば、外気温度が高い日中は予冷温度と冷水温度を下げ、予冷コイルと冷水温度に潜熱・顕熱負荷を大きく持たせた方が省エネになる。一方で、除湿量が大きい時間や外気温度が低い時間は冷水温度を緩和し、デシカントロータに潜熱負荷を持たせた方が省エネ効果を得られる。また、条件が揃う（予冷温度を少し下げ、デシカントの除湿量を小さくすると、温水を使用しなくてもデシカントの再生が可能なポイントが存在する。

再生用の温水温度の可変やデシカントロータの回転速度との組み合わせも含めて実証検証を行い、最適解を導き出すとともに、その結果を基に最適制御への展開を図っていききたい。

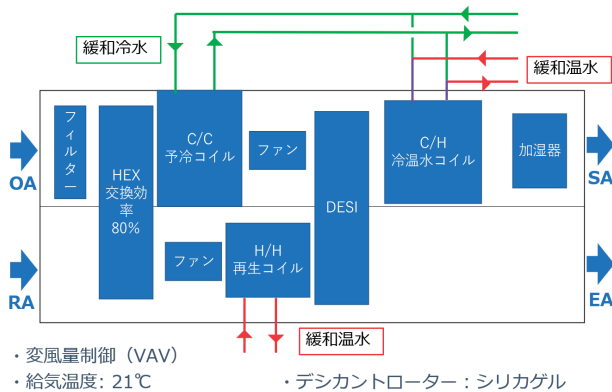


図8 デシカント外調機の構成

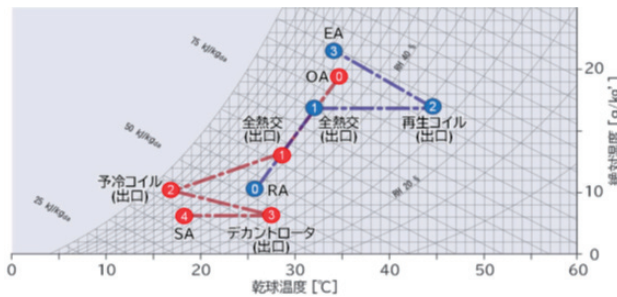


図9 デシカント外調機の空気線図

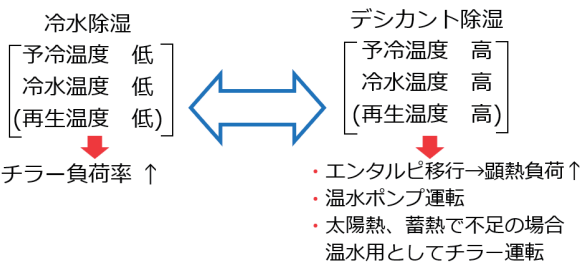


図10 省エネ運転

#### 4.6 TABS (躯体蓄熱放射冷暖房)

緩和冷水（供給温度19.0℃）と緩和温水（供給温度28.0℃）の利用先および蓄熱の手段の1つとしてTABS（躯体蓄熱放射冷暖房）を採用している。

#### 1) 1階エントランス

1階エントランスは3層吹き抜け構造の最下層に位置しており、上下温度分布の影響を受けやすく、また扉の開閉により外乱も生じやすい。そのため、床に108m<sup>2</sup>、壁に56m<sup>2</sup>、図11に示すように架橋ポリエチレン管を敷設し、緩和冷水および緩和温水を循環させることで、来館者と待合い待機者への空調補助を行っている。実際の運用において、冬期でも底冷えが無く良好な評価を得ている。実測結果として、冷房時は非加熱面平均放射温度26.0℃に対して床表面温度22.3℃となり、冷房吸熱量は20.1~20.2W/m<sup>2</sup>であった。暖房時は非加熱面平均放射温度18.0℃に対して床表面温度22.8℃となり、暖房放熱量は32.2~32.5W/m<sup>2</sup>であった。

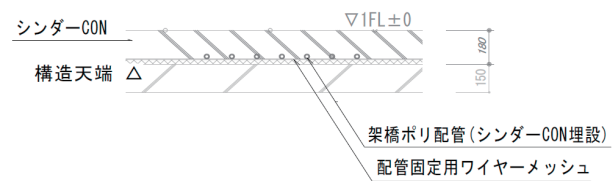


図11 1階エントランスの床断面図

#### 2) 2階事務室

2階事務室のOAフロア下にも図12に示すように2系統（それぞれ134m<sup>2</sup>、202m<sup>2</sup>）架橋ポリエチレン管を敷設している。実測結果として、冷房時は非加熱面平均放射温度26.0℃に対して床表面温度21.5℃となり、冷房吸熱量は24.1W/m<sup>2</sup>であった。暖房時は非加熱面平均放射温度18.0℃に対して床表面温度23.7℃となり、暖房放熱量は41.1W/m<sup>2</sup>であった。詳細は次項の空調換気システムで説明する。

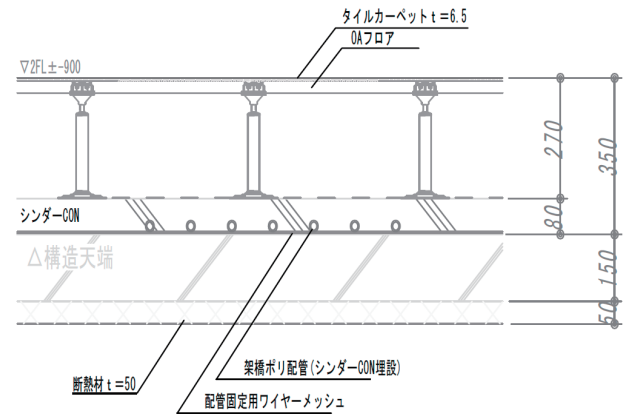


図12 2階事務室の床断面図

#### 4.7 空調換気システム

##### 1) 事務エリアのシステム概要

事務エリアは吹き抜け空間の「熱を操る空調」コンセプトおよび省エネルギーの観点から、潜熱顕熱分離

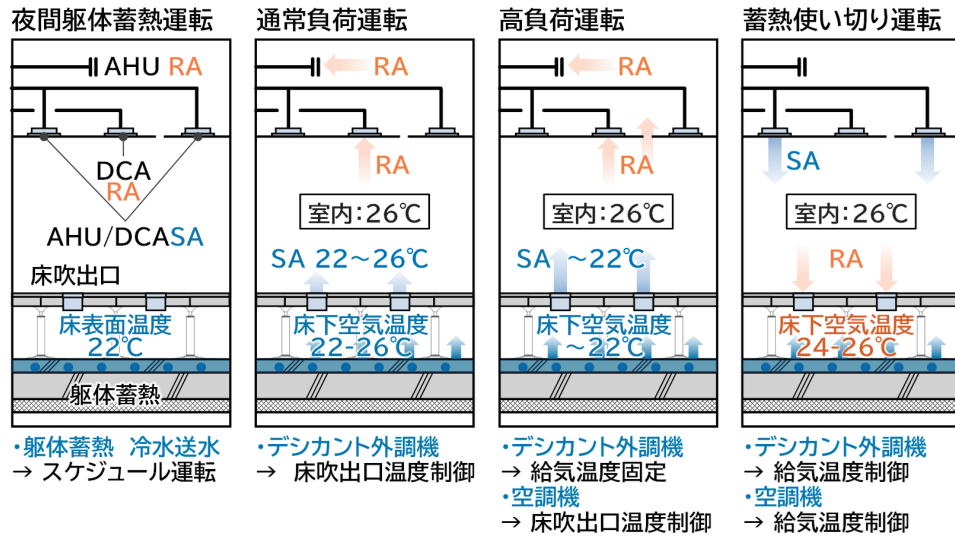


図13 空調運転モード

空調を採用している。外気負荷はデシカント外調機により潜熱を処理し、内部負荷は空調機やTABSを活用して顕熱処理を行う構成としている。

OAフロア内のTABSで躯体蓄熱した熱エネルギーは、空調機停止時でも床吹出しファンにより取り出すことが可能である。床吹出しファンは中央監視から発停出来るとともに、利用者が足元で個別に操作できる仕様となっており、パーソナル空調としての機能も兼ね備えている。なお、空調機（AHU-1a）は、室内温度が27℃となるように給気温度と給気風量を制御しており、デシカント外調機（DCA-1a）は、CO<sub>2</sub>濃度に基づき外気量制御を行っている。

## 2) 最適空調の検証

事務エリアの吹出し口は最適空調の検証のために床吹出しと天井面の吹出しを切替えられるように計画している。また、吸込み口も居住域壁面と天井面で切り替え可能としている。

図13に空調運転モードを示す。通常運転モードではデシカント外調機で空調を行う。他にも夜間にTABSに蓄熱する夜間躯体蓄熱モード、昼間に躯体蓄熱を使い切る蓄熱使い切り運転モード、高負荷時に空調機で追いかけて運転をする高負荷運転モードがある。各運転モードを活用し、デマンドレスポンス（上げDRと下げDR）への対応可能性について検証を行っていく。

## 3) BEIの向上に寄与する省エネ技術の採用

上記に加え、外気冷房および自然換気、CO<sub>2</sub>制御、DCブラシレスモータなどの省エネルギー技術を採用し、事務エリアのBEI向上に寄与している。

## 4) 共用部・クリーンルーム・実験室のシステム概要

事務エリア以外の共用部やクリーンルームは当社の固有技術であるウエットエアー外調機（水と空気を直接接触させる空調機）を採用している。実験室は用途の特性を踏まえ、専用系統の空調機を設置している。

## 4.8 衛生システム

### 1) 給水設備

給水設備は増圧直結給水方式とし、ブースターポンプを設置している。上水系統と空調用補給水系統については、受水槽付吐出圧一定給水ポンプユニットにて縁を切りクロスコネクションを防止している。葛飾区においてセントラル型の太陽集熱設備の導入事例が無かったため、水道局と複数回にわたり協議を重ね、計画を進めた。

### 2) 排水設備

排水方式は重力排水とし、汚水と雑排水は屋内合流式、雨水は屋外合流式とし、合流手前に溢れ枳を設置している。排水系統は、極力既存設備を利用する方針とし、4カ所の公設枳の管径から逆算して負荷の割り振りを行い、3カ所は再利用、1カ所のみ増径することで工事費用を抑えた。なお、本施設は杭基礎構造のため地盤沈下の影響はほとんど無い。

### 3) 給湯設備

給湯設備は電気温水器を設置せず、太陽集熱にて常温給湯（18℃）を作り出し、各所手洗い器へ供給している。常温給湯は室内配管からの放熱ロスが少ないため、配管保温工事を省略し工事の省力化に繋げている。

利用者からは違和感なく使用できているとの評価を得ている。

#### 4) 雨水設備

雨水設備は東京都の10分間最大降水量35mm/10分を1時間換算とした210mm/hを設計条件として計画した。「葛飾区雨水流出抑制施設設置に関する指導要綱」に基づき、通常降雨時は雨水流出抑制槽（図14）へ放流し、満水時や停電時は遮断弁にて屋外へ強制放流する。降雨時は地下水水位がピットと干渉する可能性があるため、湧水ポンプを適宜配置するとともに、仮設ポンプも備えている。

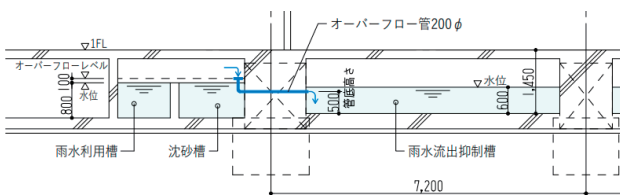


図14 流出抑制施設構造図

#### 5) 消火設備

消火設備は屋内消火栓と消火器を設置している。

#### 6) 浸水対策

建屋は内水氾濫浸水対応として、1階床レベルを地盤面から1m嵩上げた計画としている。

### 4.9 中央監視と自動制御システム

#### 1) システム概要

自動制御システムは動力制御盤、PLC、MPC（マルチプロコルPC）の3層構造としている。PLCは制御モード、発停状態、設定値、PID制御を管理し、MPCから指示された最後の制御モード、設定値にしたがって、機器の発停およびPID制御を行う。システムの発停については、MPCからの流量設定値が各システムの発停閾値流量（PRM）を越えたかどうかを判断し、PLCがおこなう。

また、中央監視装置は設置せず（中央監視レス）、MPCを介してクラウド上で設備の状態監視と運用管理を行っている。運用データはクラウドサーバ上で収集・蓄積しており、リアルタイムで閲覧可能なシステムとしている。

#### 2) AIを活用した制御への展開

当社の固有技術である熱源最適化技術（E-SCAT）をさらに進化させ、AIによる予測技術（AI-SCAT）と

ビル内で収集可能な多様な情報を活用することで、スマートビル化を推進する研究開発に取り組んでいる。本施設はその実証フィールドとして活用しており、各種データの収集および制御技術の検証を行っている。今後、実物件に適用可能で利益貢献につながる研究成果のフィードバックが期待される。

#### 4.10 排煙システム

排煙設備は避難安全検証を適用して認定評価機関（日本建築センター）の評価を受け、国土交通省大臣の認定を取得している。この認定により、機械排煙が免除されており、自然排煙方式を採用している。自然排煙窓は建築工事にて設置しており自然換気窓と兼用する計画である。

#### 4.11 クリーンルーム

次世代基板の洗浄装置や最先端装置の開発・製品化のため、清浄度ISO class 5（旧FED規格class 100）のクリーンルームを設計施工している。

図15にクリーンルームのシステム概要図を示す。HEPA付きファンフィルタユニット（以降FFUと称する）を天井面積比33%に敷設している。強/中/弱運転の切替えが可能であり、室内の機器の入替え時などでクリーンブレイクした後のクリーン立上げ時は強運転（200回/h）、通常運用は中運転（150回/h）、夜間などは省エネの為に弱運転（100回/h）で換気回数を可変している。各風量の設定はFFUコントローラーにてDCモータの回転数を変更することで調整可能である。室圧は基準圧給気室間差圧制御にてチャンパー内+10Paを維持している。なお、室圧の設定は制御盤のタッチパネルから変更可能としている。クリーンルーム内の室圧はFFUの強/中/弱運転の切替え時に動圧の影響で一時的に変動することを確認している。

また、試運転の結果、クリーン立ち上げ時は10秒以内に清浄度ISO class 5へ到達、360秒以内に室圧が安定することを確認している。

## 5. 施工方法の特徴

#### 5.1 ユニット工法

本物件では、施工合理化を目的として、屋上設備のユニット化を行った。ポンプユニット4台、空冷式モジュールチラー配管ユニット1台、放射空調配管ユニット2台の計7台について検討し、実施した。これらのユニット化は、狭いスペースにおける施工や現場工程

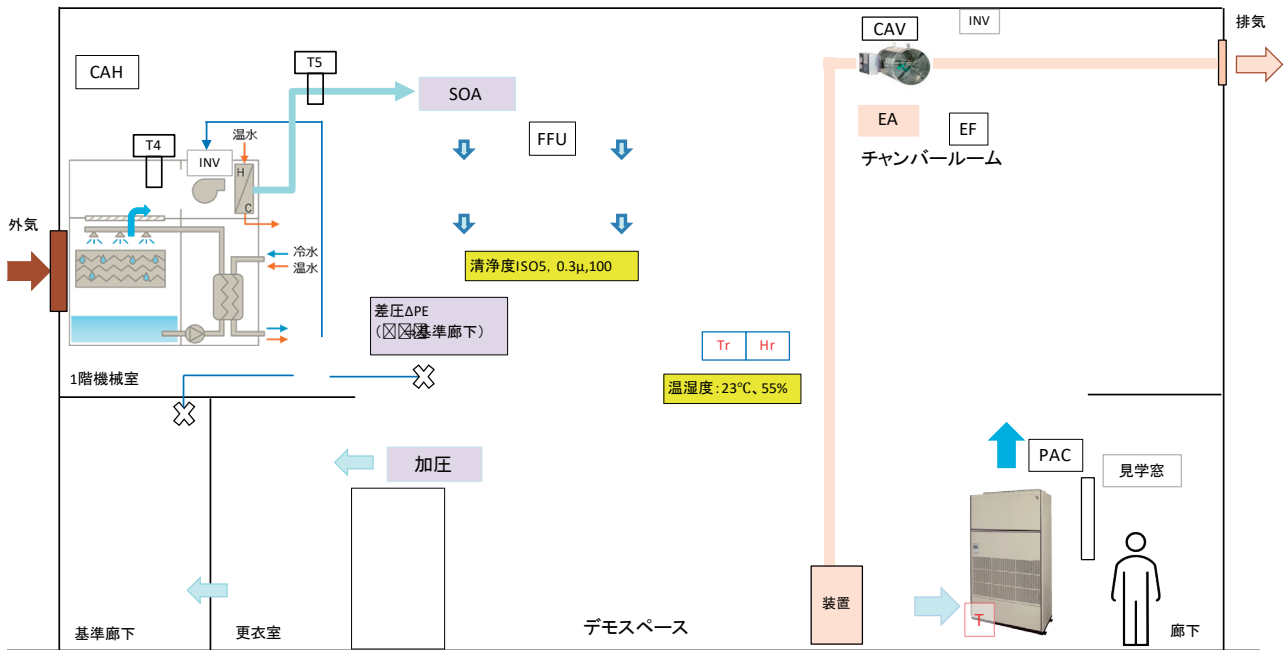


図15 クリーンルーム空調換気システム概要

の短縮に大きな効果を発揮した。

また、ユニット化は現場作業の省力化と安全性向上にも貢献した。工場製作段階で配管の大部分を組み立てておくことで、現場では主に据付と接続作業を行うのみとなり、現場内での複雑な加工作業の割合が大幅に減少した。これにより、作業員の負担軽減や作業環境のリスク低減が実現し、現場の安全性向上につながった。

さらに、工場にて事前に組み上げることで、品質の平準化が実現された。一方で、ユニット化の導入に際して重要となるのが搬入計画の精度である。今回の工事でも、大型ラフタークレーンを用いた屋上搬入や夜間帯での道路使用許可取得が必要となるなど、ユニットのサイズ・重量に応じた綿密な計画立案が不可欠であった。搬入経路の確保、クレーン作業半径の検証、周辺環境との調整など、事前の準備が施工の安全性と効率性を左右することを改めて確認する結果となった。

写真2,3に緩和冷水系統ポンプユニットと空冷モジュールチラー配管ユニットを示す。

## 5.2 縦型蓄熱槽搬入

本物件において主要設備となる縦型蓄熱槽の搬入および据付作業について報告する。縦型蓄熱槽の搬入は2024年10月15日に実施した。北側工区の鉄骨建方の完了後、南側工区の施工へ移行するまでの期間を活用し、夜間作業にて搬入を行った。

搬入対象は、冷温水槽および温水槽の計2基であり、いずれも乾燥重量6,570kg、直径約1.7m、全長約16.5mの大型機器であった。今回の蓄熱槽吊り込みには、JPI（日本石油学会）規格に基づくトラニオン型吊治具を採用した。トラニオン型吊治具は石油プラント分野で一般的に使用されており、大型円筒機器の姿勢保持・吊り回しが容易で、安全性と安定性の高い吊り方法である。

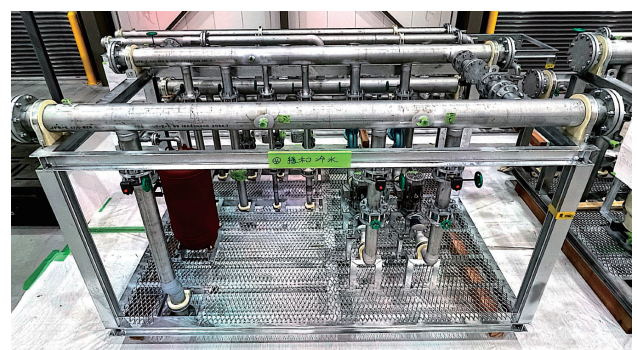


写真2 緩和冷水系統ポンプユニット

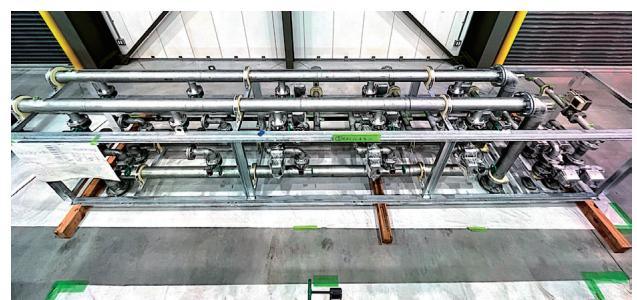


写真3 空冷式モジュールチラー配管ユニット

また、搬入時にはドローンによる空撮記録を実施し、吊り込み経路・クレーン作業状況・据付位置決めの様子を映像として記録した(写真4)。これにより、施工後の検証資料として活用できるとともに、安全管理に関する振り返り資料としても有効なデータを確保することができた。



写真4 縦型蓄熱層 搬入状況

### 5.3 壁放射空調配管施工

本物件では、壁放射空調配管の施工を実施した。

まず、設計者との協議を経て、ヘッダー設置位置を当初計画から変更し、1階から2階に配置することとした。これにより、放射面積を従前の約1.5倍に拡大し、放射性能の向上を図った。

壁放射空調配管は、床放射空調配管と比較して施工難易度が高く、壁内部にはワイヤーメッシュに加えて鉄筋も密に配置されており、配管作業には通常以上の時間と労力を要した。また、壁内の鉄筋間隔が約300mmと狭く、コンクリート打設時にバイブレータを使用すると、埋設した架橋ポリエチレン管が振動による摩擦熱等で損傷する可能性が懸念された。そのため、長尺の竹を用いて手作業で突きながら、コンクリートを細部まで確実に流し込む方法を選択した。写真5に壁のコンクリート打設状況を示す。



写真5 RC壁打設状況

### 5.4 高天井の中間鉄骨ピース要望

本施設には、1階2階吹き抜けの階高9.8mの大実験室があり、任意の位置から冷水と温水が取り出せるように、1階天井レベルにループ配管と電気ラックを敷設する計画としていた。そのため設計段階から1階天井レベルにある中間鉄骨にピースの設置を要望し、冷水配管と温水配管、電気ラック、置換空調吹出し口とダクトを支持する共通架台を設置した。写真6に共通架台、写真7に配管・ダクト・ラックの施工後の様子を示す。



写真6 大実験室の共通架台



写真7 大実験室配管・ダクト・ラック施工後

## 6. 施工パーク

施工パークとは、現地で施工状況を実際に体験できる専用エリアであり、施工技術・設備構成・材料特性を理解するための教育フィールドである。現物を見ながら体験することで、図面や座学では得にくい理解を促進し、施工品質の向上につながる。施工パークの特徴的な運用として、QRコードを用い当社施工技術資料(ACマン集)などの技術資料をその場で確認することが可能となっている。

### 6.1 ダクト・配管等の見える化

建物の約8割が直天井となっており、普段は天井のボードで隠れているダクトや配管を目視により確認できる計画となっている。また、1階の来客用会議室「エール」および「アエラス」では、各ダクト系統を施工図と同一の色分けで施工し、用途別系統の識別性を高めた。これにより、訪問者や利用者が空調設備の構成を直感的に理解できる環境を実現している。(写真8)



写真8 来客用会議室（アエラス）

### 6.2 配管ルーバー

設備だけでなく意匠性にも配慮した展示として、配管の比較展示（配管ルーバー）を計画した。28種類の配管を実際に手で触れられるようにしており、さらに各配管内部に軸を挿入し持ち上げられるようにすることで、種類ごとの重量差を体感できるよう工夫した。また、配管ごとに使用される継手も併せて配置し、その高さを背面の手摺と揃えることで、展示全体のラインを整え、視覚的な一体感を高めている。加えて、各配管にはQRコードを貼付し、配管および継手の名称や使用用途をその場で確認できるようになっている。写真9に配管ルーバーを示す。



写真9 配管ルーバー

### 6.3 天井内制気口脱着エリア

3階スカイラボには一部に天井仕上げを施した区域を設け、アネモ、ブリーズライン、排煙口などの制気口について、納まりや施工状態を確認できるよう計画している。実際に取り外して構造や施工方法を確認することが可能となっている。また、これらの機器にもQRコードを貼付し、名称や仕様、関連情報を即時に参照できる仕組みを構築している。写真10に天井内制気口脱着エリアを示す。



写真10 天井内制気口脱着エリア

### 6.4 公共建築とSHASEの保温仕様比較

1階機械室には、同一形状の放射空調設備配管ユニットを2台設置している。この2台を用いて、公共建築仕様とSHASE仕様における保温施工の違いを実物により比較できるようにしている。これにより、両仕様の保温厚、仕上げ方法などの違いを視覚的かつ具体的に確認でき、施工教育および技術的理解の向上に寄与している。写真11に公共建築仕様とSHASE仕様の放射空調設備配管ユニットを示す。

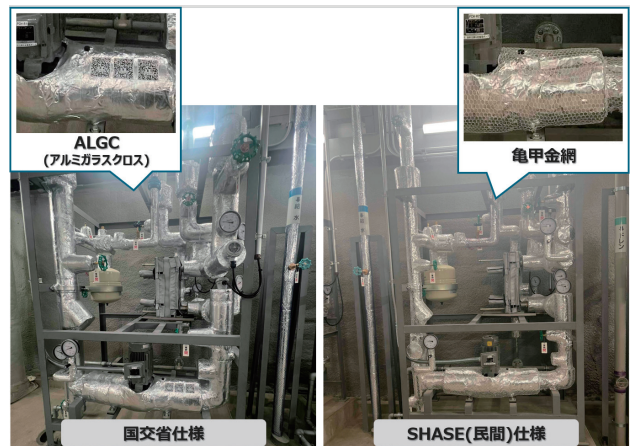


写真11 放射空調設備配管ユニット

### 6.5 4種類の大便秘器・透明污水配管

2、3階のトイレには、ネオレストやフラッシュバルブ式を含む4種類の大便秘器を男女共用で設置しており、各大便秘器の仕様・機能の違いを実際に比較できる構成としている。また、3階トイレの污水配管については透明配管を採用しており、汚水流下状況を視覚的に確認することが可能である。さらに、通気配管にはバルブを設置し、バルブの開閉によって通気状況がどのように変化するかを確認できるようにしている。写真12に透明の污水配管を示す。

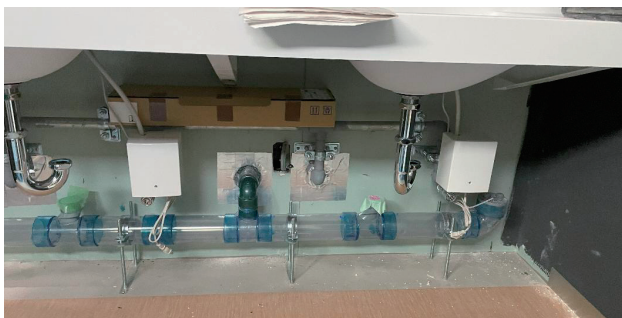


写真12 透明の污水配管

## 7. 施工品質管理のペーパーレス化

本物件における重点管理項目である「確実な施工品質管理」と「ペーパーレス化」について、実施内容を以下に報告する。

まず、Spiderplus<sup>注1)</sup>を活用した施工記録のデジタル管理体制を構築した。アカウントは東熱担当者のみならず、計装工事・衛生工事を担当する協力会社にも発行し、同一フォルダ上で記録の一元管理を行った。また、監理者にもアカウントを付与することで、現場へ来訪できない場合であっても、遠隔からPCにて随時確認可能な体制を整備した。

配管試験の記録では、系統図上で検査範囲を色分けし、試験者名および試験日をシステム上へ直接記入する運用とした。さらに、各検査箇所にアイコンを配置し、写真データを紐づけることで、記録の視認性と検索性が向上した。

区画貫通処理の記録については、直天箇所を記録対象外とする運用へ変更し、記録作成工数の削減を達成した。

スリーブ検査記録では、従来使用していた巻尺やロッドを用いた寸法確認を廃止し、アプリによる測定を採用したことで、検査時間を大幅に短縮できた。さらに、監理者立会いは原則として1フロアにつき1箇所に

限定し、立会い負担の軽減と効率化を図った。写真13にスリーブ検査アプリで撮影した検査写真を示す。

以上の取り組みにより、施工記録のペーパーレス化および省力化を実現し、施工品質管理の精度と効率の双方を向上させる成果が得られた。

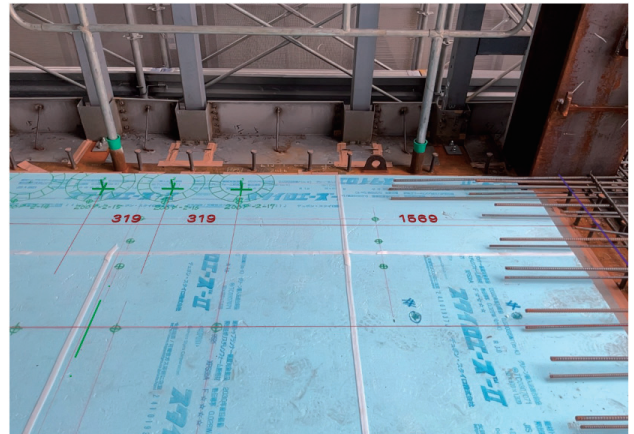


写真13 スリーブ検査アプリ検査写真

## 8. おわりに

プロジェクト中の物価上昇による建設コスト増大を抑制しつつ、今後の研究を見据えた施設構築を諦めることなく実現できた。今後の技術統轄本部、エアロニック事業部の研究・開発・製造に期待したい。

## 謝 辞

設計キックオフから竣工までの長期間、予算にあわせて幾度となく縮小変更が発生し協力会社や鹿島建設の皆様には多大なる御迷惑をお掛けしましたが、最後まで寄り添って頂いたこと、厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 荻田俊輔、柳原茂、青木大輔：東熱技術研究開発センターのプロジェクト報告、東熱技報、No.105、2025年
- 2) 柳原・村澤・荻田・伊藤・立岩・斎川・大澤・林・小川:立体的な環境場を持つワークプレイスの計画と検証（第1報）全体計画概要と設計段階の環境性能、空気調和衛生工学会大会、2025年9月
- 3) 松永・小川・福庭・高橋・柳原 他: 立体的な環境場を持つワークプレイスの計画と検証（第2報）ワー

クプレイスのコンセプトと空調計画の概要, 空気  
調和衛生工学会大会, 2025年9月

## 注 釈

- 1) Spiderplus:スパイダープラス(株)が提供している  
図面や写真をタブレット端末上で管理し、現場の  
検査・記録・情報共有を効率化する施工管理支援  
システムである。