

カーボンニュートラル賞

受賞名称	第12回カーボンニュートラル賞 関東支部
カーボンニュートラル賞選考支部名称	第12回カーボンニュートラル賞選考委員会 関東支部
業績の名称	理化学研究所本部棟 中規模オフィスの脱炭素を目指した 環境・設備計画と実践
所在地	埼玉県和光市広沢2-1
応募に係わる建築設備士の関与	株式会社竹中工務店 小林 美子

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	株式会社 竹中工務店 東京本店					
建築主	国立研究開発法人 理化学研究所					
設計者	株式会社竹中工務店					
施工者	株式会社竹中工務店					
建物管理者	グローブシップ株式会社					
検証者	工学院大学 野部達夫					
延床面積	14,209	m ²				
階数	地上7階	地下-階	塔屋1階			
主用途	事務所					
竣工年月日	2021年3月31日					

支部選考委員長講評

本件は、埼玉県和光市の理化学研究所（以下、理研）の敷地内に建つ7階建て14,200m²の事務所ビルである。本件は、周辺環境と調和し、利用者に優しく多様なワークスタイルを受入れ、時代や環境の変化に柔軟に対応できる持続可能性を備えた施設を実現し、理研のこれからの100年に向けた更なる発展の礎となることを目指した。竣工時にBELS ZEB Ready (BEI=0.49)、CASBEE Sクラス (BEE=3.7) の認証を取得した。年間の総一次エネルギー消費量が721MJ/m²で、参照値1,953MJ/m²（建築物省エネ法基準エネルギー消費量）に対して63%の削減を達成している。

環境・設備計画として、中規模オフィスにおいて脱炭素と快適性を両立することを目指して計画を行った。事務室の空調方式は、インテリアに水式放射、ペリメータはアクティブチルドビーム方式を採用し、デシカント空調機による潜顕分離空調方式（SAは天井内吹出しで天井パンチングパネル孔から室内に吹出し）を採用した。放射と空気空調の組合せにおいて、等価温度制御を行い快適性の向上をはかった。中温冷水による熱源の高効率運転とデシカント再生熱源に太陽熱、ヒートポンプチャラーの排熱を利用した。

① 省エネルギーへの取り組み・工夫

- 建築の工夫 理研和光地区の北面ファサードを踏襲して、建物4面に3.6m²×4mグリッドの格子状フィンを纏わせた外装とし、各方位の日射条件を精査し、方位ごとに格子フィンの奥行き変え、最適な採光環境と日射遮蔽を実現した。外壁は、Low-E複層ガラスを採用し、北面は日射取得型、東西と南面は日射遮蔽型として、腰壁（FL+800まで）は40mm厚の断熱を施して、高断熱外皮（南北面U値：1.42、東西面U値：1.04）による熱負荷削減を行った。
- 自然換気 執務室の4方位に開閉窓を設置した平面換気と階段室をエコボイドとして重力換気を可能にした。共用部の窓は自動開閉とし事務室内は手動開放にした。コロナ禍には感染対策の一環で積極的に手動開閉が行われていた。実測時に執務室の2.4回の換気回数の自然換気が行われた。

② 再生可能エネルギー利用・工夫

- 太陽熱利用 デシカント再生熱源と冬期の暖房用に屋上に太陽集熱パネルを設置し、再生熱需要に対して7.5%を賄った。
- 井水熱のカスケード利用 トイレの洗浄水に既存の井水利用設備があり、平均17℃の温度の井水を空調機のプレコイルに通して夏季のプレクール、冬期のプレヒートに利用した。
- フリークーリング 中温冷水（12℃供給）に対して中間期の冷水製造にクーリングタワーを利用したフリークーリングを採用した。フリークーリングの有効期間の冷熱需要に対して9.7%の削減をした。

事務室の水放射+デシカント空調方式に工夫がされていて、快適な執務空間になっていそうである。その空調方式の熱源方式が良く考えられている。中温冷水にフリークーリングを採用し、デシカント再生熱源に太陽熱とヒートポンプ排熱を利用している。年間システムCOP4.52はかなりの高効率である。効果は大きくないが井水を空調機のプレクール、プレヒートに利用していることがとても良い。

空調方式の特徴をとらえた熱源方式が構成されていてしっかりCO₂削減を達成しているところが素晴らしく、高く値する。

関与した建築設備士の言葉

本建物は、幅広い分野の研究を進める理化学研究所 和光地区の事務機能を集約させた本部棟であり、和光地区再整備計画の第一歩とする計画です。理研のこれからの100年に向けた更なる発展の礎となることを目指しました。

空調負荷を最小化するサステナブルな建築計画、自然エネルギーを最大活用した高効率な熱源システム、快適性と脱炭素を両立する先進的な空調システム、その他の快適性・環境への配慮などにより、中規模オフィスにおいて快適性と脱炭素の両立を実現しました。建物全体で環境認証ZEB Ready (BEI:0.49)を取得すると共に、運用実績においても、1年目 (BEI:0.40)、2年目 (BEI:0.37)とZEB Ready を実現し、カーボンニュートラルに向けてさらなる取組を継続しています。

審査にご尽力いただきました関係者の皆様、計画・施工・運用・検証においてご協力・ご尽力いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。

(小林 美子： 株式会社竹中工務店)

業績の名称： 理化学研究所 中規模オフィスビルの脱炭素を目指した環境・設備計画と実践

■ 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. 計画コンセプト

理化学研究所(以下、理研)は日本唯一の自然科学の総合研究所として幅広い分野の研究を進めている。和光地区での研究活動が50年を経過し、研究分野の広がりに伴い事務機能が敷地内に点在していたため、それらを集約させた「本部棟」を建設し和光地区再整備計画の第一歩とする計画である。周辺環境と調和し、いかなる利用者にも優しく、多様なワークスタイルを受け入れ、時代や環境の変化に柔軟に対応できる持続可能性を備えた施設を実現し、理研のこれからの100年に向けた更なる発展の礎となることを目指した。環境・設備計画として、中規模オフィスにおいて脱炭素と快適性を両立することを目指して計画を行った。

自然エネルギーを最大活用した高効率な熱源システム

熱回収式の高効率熱源の採用、冷水を中温帯とすることでチラーの高効率化を図り、高効率な熱源システムを構築した。さらに、熱源システムと自然エネルギーとを融合することで、更なる高効率化を目指した。冷水を中温帯とすることで、フリークーリングの活用を拡大し、複数の自然エネルギー、太陽熱、井水熱利用などを合わせて活用することで、年間を通じて自然エネルギーを活用することを可能とした。



熱回収式HPチラー



太陽熱利用



井水熱利用

- 高効率熱源 (中温利用・熱回収)
- フリークーリング
- 井水熱利用

- 庇、ルーバー
- 高断熱外装
- Low-E複層ガラス



Low-E複層ガラスと高断熱外壁・庇とルーバーの最適化

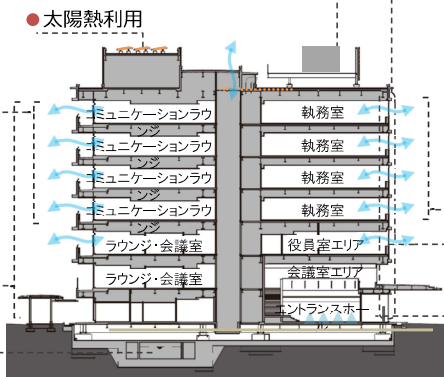
- デシカント空調
- 放射空調
- アクティブチルドビーム
- パーソナルファン
- 等価温度制御
- 外気冷房
- 基準照度500lx
- 照明制御(昼光・在不在)
- 昼光利用

- 空気式放射空調
- 居住域空調 (水式床放射空調)

● 自然換気

- 換気のCO₂制御
- LED照明
- 照明制御
- 高効率トランス
- エコケーブル
- 節水型衛生器具

● 井水利用



快適性と脱炭素を両立する先進的な空調システム

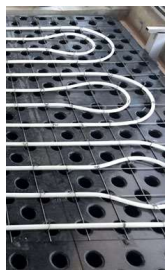
「サステナブルな建築計画」を前提として、複数技術を組み合わせで導入し、等価温度制御することにより省エネルギー性、快適性の高い空調システムを実現。



快適性と省エネルギーを実現する複数の技術を融合させた執務室

その他の快適性・環境への配慮

エントランスの水式床放射空調による居住域空調、役員室のPAC空調機を利用した空気式放射空調の導入や、全館LED照明の採用、基準照度500lxへ最適化、昼光・在不在センサーによる照明制御、高効率トランスによる送電ロス最小化、エコケーブルからできたケーブルの全館採用、共用部換気のCO₂制御、節水型器具の採用、井水の雑用水利用を行った。



式典時に写真撮影を行う吹抜エントランス・床放射空調



空気式放射空調を採用した役員室個別空調と快適性を両立

建築・設備概要

建物名称： 理化学研究所本部棟
 設計： 竹中工務店・佐藤総合計画 設計共同企業体
 施工： 株式会社竹中工務店
 建築地： 埼玉県和光市広沢2-1
 建物用途： 事務所
 敷地面積： 269,352㎡
 構造： S・CFT・RC 基礎免震
 階数： 地上7階/塔屋1階
 建築面積： 2,239㎡
 延床面積： 14,209㎡

受変電： 高圧6.6kV 本・予備2回線受電(電気室:RF)、敷地内既存特高トランスより引込
 トランス モード、主遮断機 VCB、単相550kVA 動力2000kVA スコット200kVA
 発電機： 非常・保安兼用、625kVA(軽油) (72時間)
 照明： 全館LED、DALIによる個別調光制御
 執務室:500lx 明るさ制御・在不在制御+タスクアンビエント方式
 給水： 上水 受水槽+圧送ポンプ方式
 雑用水(井水) 地下ピット+揚水ポンプ、屋上高架水槽+一部加圧給水
 給湯： 局所式(貯湯式電気温水器)
 排水： 汚水・雑排水分流方式
 衛生器具： 節水型器具
 熱源： 空冷チラー、熱回収ヒートポンプ、太陽集熱パネル、フリークーリング用冷却塔、井水熱利用
 空調方式： インテリア…放射空調、デシカント空調(サブライチャンパー方式) ベリメータ…アクティブチルドビーム

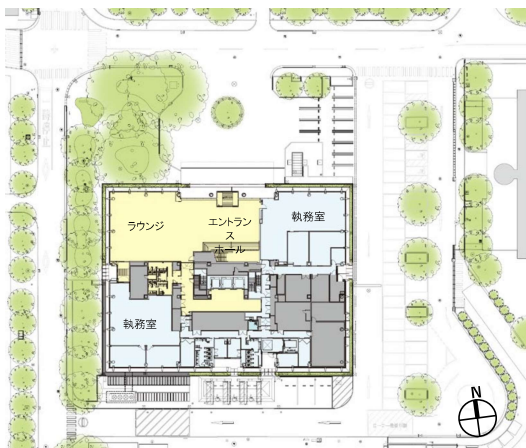
2.空調負荷の最小化

周辺建物との調和と内外の融和を両立する格子状のフィン

理研和光地区は創設時より環境性能の向上を意図し北面ファサードとして計画されてきた。今回もそれに倣うとともに、周辺の既存建物との調和を意図し、3.6m×4mグリッドの格子状のフィンを四面に纏わせた外装とした。東西南北の日射条件を綿密に精査し各面ごとに格子フィンの奥行を変え、最適な採光環境の創出と日射負荷抑制を実現している。北側配置の執務室は優しく安定した日射環境となり、北側に広がる豊かな眺望を享受できるとともに、卓越風向である北側からの自然換気導入を有利に行うことができる。



約27haにわたる広大な敷地 建物は北面ファサードとして計画されてきた



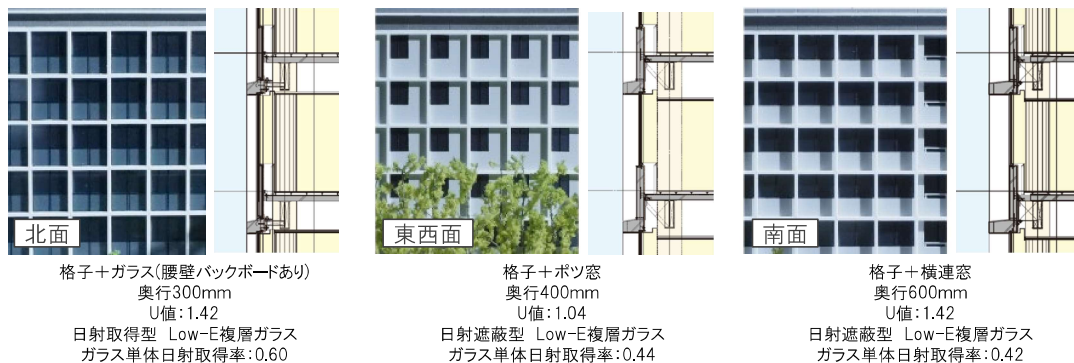
北東面外観

北西面外観

南面外装

高断熱外皮による熱負荷の徹底的な削減

Low-E複層ガラスの採用、北面は日射取得型、東・西・南面は日射遮蔽型とすることで適切に熱を利用する計画とした。また、全方位、FL+800mmまでの腰壁を設け、PC板やガラスのバックボード裏はすべて40mmの断熱材を施し、床スラブとも断熱することで徹底的な熱負荷の削減を行った。



エネルギー消費量の削減に寄与する自然換気計画と運用実績

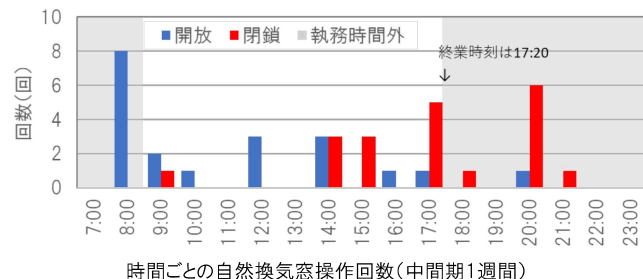
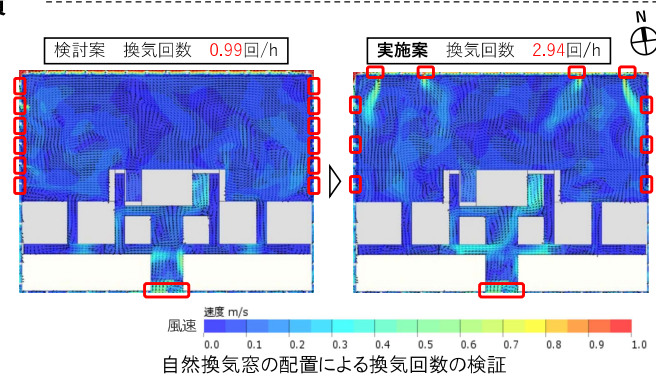
大空間執務室を利用した風力換気と、階段をエコポイドとして利用した重力換気を併用する自然換気システムを構築した。

共用部の窓は屋内外の環境により自動で開閉することで効果的に風を取り込み、執務室と会議室の窓は手動開閉とし、執務者が自由に操作できることで、執務者の好みに合わせた利用や災害時に外気取入が可能な計画とした。執務室内の西・北・東面の窓の有効開口面積は1フロア1.76㎡、南面共用部の有効開口面積は1.32㎡、屋上の排気用窓は2か所で1.39㎡である。窓の配置は設計時に気流解析を行い、卓越風である北面にも配置することで換気回数が大幅に向上することを踏まえ外装4方位に分散配置した。

窓開閉状況の実績

中間期の1週間における時間ごとの手動開閉窓操作回数は、合計64枚の窓(各階16枚の4フロア分)に対して40回であり、早朝、夜間に操作回数が多い結果であった。理由として、執務時間外に開閉することで他人に気を使う機会が少なくなること、出勤時に窓を開け、退勤時に窓を閉めるといった習慣が推測された。

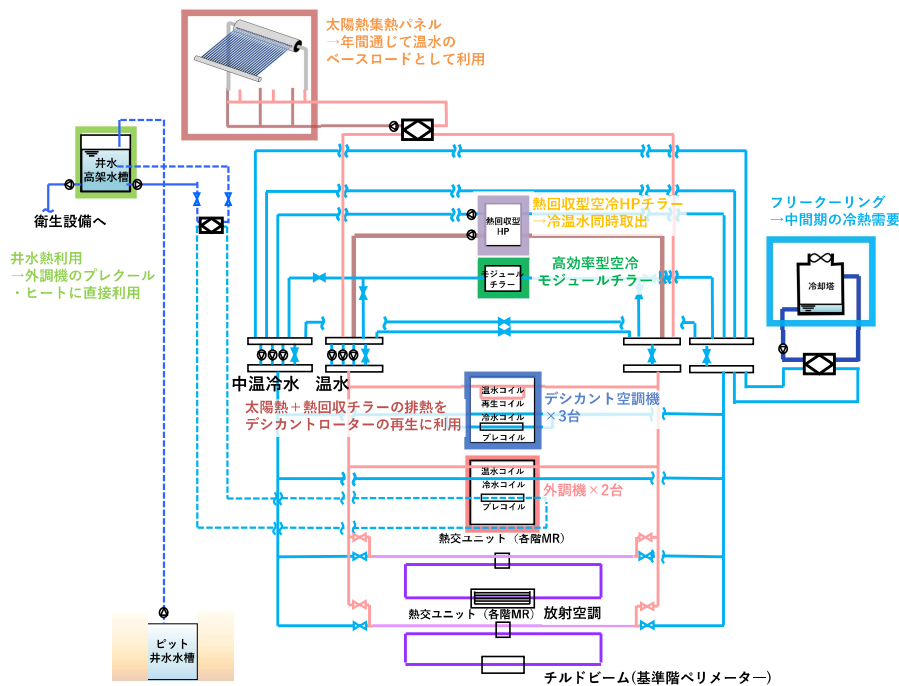
執務者へのアンケートによると、自然換気に対して肯定的な理由として「外気が入り空気がよさそう」「感染症対策の一環となる」と考える執務者が多く、時代背景から空気質の改善を期待して開閉が行われた可能性が高いと考えられた。



3.再生可能エネルギー、自然エネルギーの利用

中温帯冷水を利用した高効率な熱源計画

建物全体のCOP向上を図るため、**中温帯冷水の利用を熱源計画の柱とした**。熱源は、冷温同時取り出しの熱回収型空冷ヒートポンプチラーおよび高効率型空冷モジュールチラーを主とした。**夏期の冷水は12℃とすることで、システムCOPを向上している。運用2年目の熱源のシステムCOPは4月～10月は4.8～5.8、11月～3月は3.0～4.4となり、年間平均は4.52となった。**

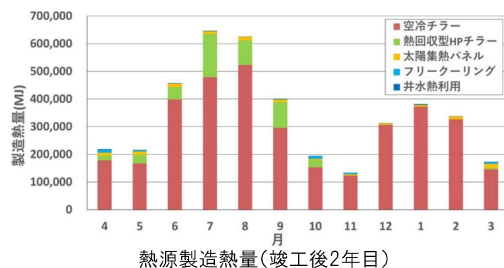


熱源システム概略図

設備	容量
空冷チラー	720 kW (180kW×4台)
熱回収型HPチラー	100 kW 程度 (温熱115kW,冷熱成行)
太陽集熱	50.4 kW
フリークーリング	82 kW (フリークーリング利用時)
井水熱設備	60 kW (熱交換器容量126kW)

熱源運用実績

冷熱・温熱両方の負荷がある3月～10月に熱回収型HPチラーを稼働、その他の期間は、自然エネルギーによる製造熱量以外は空冷チラーで製造した。計画時の試算通り、冷熱負荷は冬期には殆どなく、温熱負荷はデシカント材の再生と暖房のため年間を通して一定量あることを確認した。**年間の冷熱製造熱量は2,073,172 MJ、温熱製造熱量は2,015,367 MJであった。**

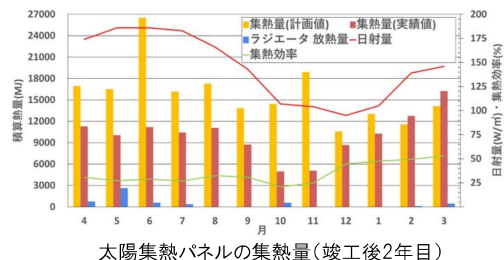


再生可能エネルギーと自然エネルギーの積極的な活用

太陽熱や、敷地内で豊富に得られる井水熱、冷却塔によるフリークーリング等、再生可能エネルギーと自然エネルギーを積極的に活用した。

太陽熱の年間利用

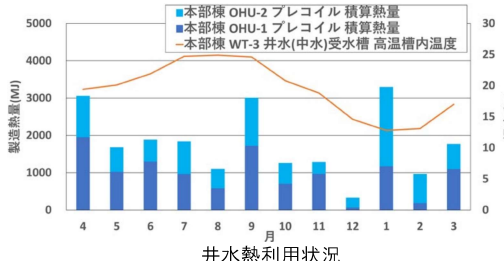
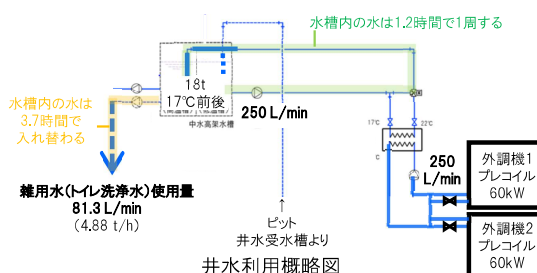
定格50.4kWの太陽集熱パネルを設置し、温熱のベースを賄う計画とした。冬期の暖房のほか、夏期も定格141.8kWのデシカント材の再生熱源として年間を通して活用する。**竣工後2年目の年間の太陽集熱利用量は114,306MJであった。デシカント材の再生熱需要のある6～10月において、再生熱需要に対して太陽熱が7.5%、熱回収型空冷ヒートポンプチラーの排熱が36.0%の割合で供給しており、高効率に快適性の高い空調を運用できた。太陽集熱量は計画時の予測と比べ少ない実績値であったが、4～12月にかけて運用調整のため一部の集熱パネルを稼働停止させたためであり、すべての集熱パネルを稼働させることでより高い効果が期待される。**



太陽熱集熱パネルの集熱量 (竣工後2年目)

既存設備を利用した井水のカスケード利用

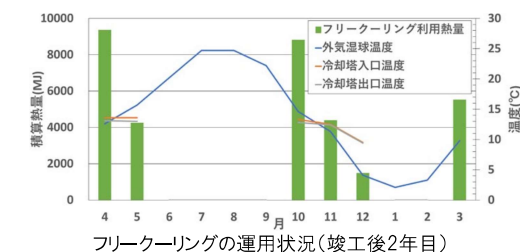
本建物の敷地では既存の井水利用設備があり、周囲の既存施設においても利用していたことから、**トイレ洗浄水へ雑用水を利用する計画とした。さらに、井水温度が安定していることを確認し、熱利用することとした。**井水熱利用を計画するにあたり、井水使用量は雑用水の1日使用量40m³/日程度に限定し、夏期・中間期は75kW程度、冬期50kW程度の利用を想定し、**外調機のプレクールに用いる計画とした。2槽式の屋上高架水槽を低温槽、高温槽に分けることでプレクールでの熱利用を効率的に行うことを意図した。竣工後2年目の年間の井水熱利用量は21,518MJであった。夏期は井水温度が貯留する間に外気温度に近づいたことから計画より少ない利用量であったが、冬期も井水がプレヒートに有効に活用できていることを確認した。**



井水熱利用状況

中間期におけるフリークーリングの導入

フリークーリングによる空調消費エネルギー低減量がフリークーリング用ポンプの搬送動力を超える**3～5月と10～12月の6か月をフリークーリング有効期間とし稼働させた。**中間期にあわせ、外気湿球温度10℃、冷水入口温度16℃、出口温度(成行)13.9℃として冷却能力82kWで容量を設定した。**竣工後2年目の年間のフリークーリングによる消費エネルギー低減量は33,863MJ、フリークーリング有効期間の冷熱需要に対して9.7%であった。**中間期は冷水温度を上げるなどの運用調整を行うことで、今後より大きな効果が得られると考えられる。



フリークーリングの運用状況 (竣工後2年目)

4. 快適性と脱炭素の両立

サステナブルな建築計画が実現する先進的な執務室の空調システム



間口50m奥行15mの無柱空間をもつ見通しの良い開放的な執務室

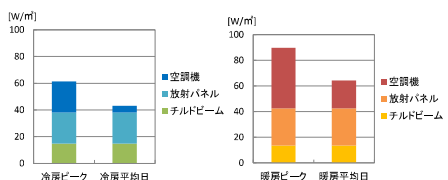
執務室はインテリアの天井に水式放射パネル、ペリメータの天井にアクティブチルドビームを設置し、デシカント空調機による潜顕熱分離空調とパーソナルファンを組み合わせ導入し、等価温度による制御で省エネルギーで、最適な温湿度と気流環境を形成している。デシカント空調は中温帯冷水と太陽熱、HPチャラーの排熱にて構築し、中温帯冷水に適した放射空調、アクティブチルドビームを組み合わせ、熱源システムと2次側空調システムを一体的に計画することで高効率化を図った。

室内負荷は、冷房ピークで62W/m²、暖房ピークで90W/m²と設定した。北面ファサードの配置計画、庇やルーバーの方位毎の最適化、高断熱な外装により、一般的な事務所より低い想定となった。そのうち、放射パネルで冷房時23W/m²、暖房時29W/m²、チルドビームで冷房時15W/m²、暖房時13W/m²程度賄い、残りを空調機で負荷追従する負荷分担割合とした。

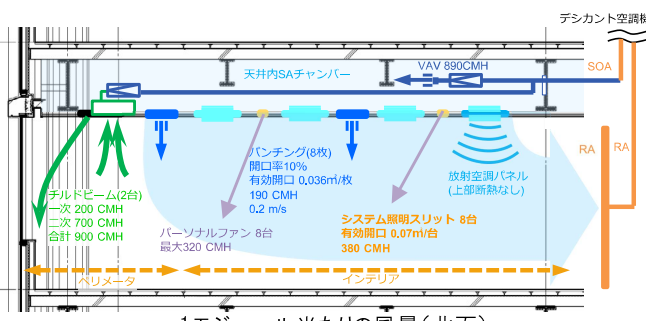
インテリアは微気流で静穏な環境を意図し、ペリメータは外皮と日射負荷をインテリアに影響させないため、1モジュールあたりの各設備の風量は下図の風量バランス概念図の通りとした。天井サプライチャンバーとすることで、給気を執務室全体へ均一に吹出し、居住域のレターングラリーへ流れる一様な空気の流れを形成した。当初の目的は気流感を抑えて快適性の向上を目指したが、時代的にはウイルスの拡散なども抑えることができる計画になっており、居住者の健康や安全性に寄与すると考えられる。

室内負荷条件

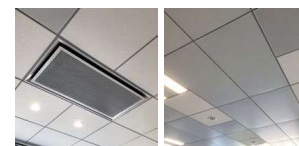
室内	構造体負荷	8.0 W/m ² 程度
冷房負荷	照明負荷	10 W/m ²
	人体負荷 ※	11W/m ² (顕熱) 8 W/m ² (潜熱)
	0.15人/m ²	
	機器発熱	25 W/m ²



1モジュール当たりの負荷負担



1モジュール当たりの風量(北面)
各設備の処理負荷と風量バランスの概念図



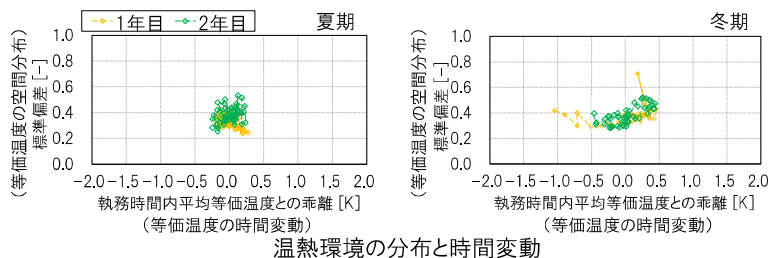
アクティブチルドビーム 放射空調



アルミ
パンチングパネル パーソナルファン

運用開始後2年間の執務室空調の検証を行い、運用改善を実施した。室内等価温度の空間分布と時間変動において、夏期、冬期共に、1年目から空間的なばらつきが非常に小さい静穏な執務空間を実現した。

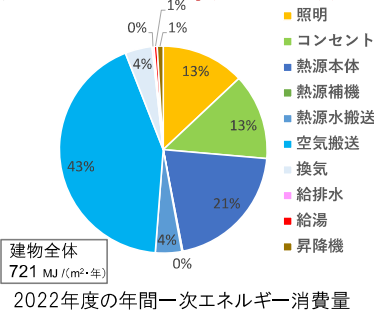
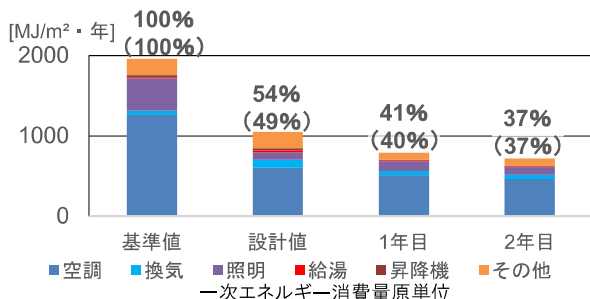
CASBEE-OHC簡易版においては2年目の夏期33.8点、冬期33.2点、と高い評価となった。



温熱環境の分布と時間変動

年間一次エネルギー消費量と環境認証の取得

一次エネルギー消費量は基準値1,952.95 MJ/(m²・年)に対し、設計値1,056.32 MJ/(m²・年)、2年目の実績値651 MJ/(m²・年)(その他除)となり、基準値に対し63%削減となった。竣工時、BELS ZEB Ready(BEI=0.49)、CASBEE Sクラス(BEE=3.7)認証を取得した。



環境認証の取得

5. 実績のまとめ 先進性・独創性

- ・空調負荷を最小化するサステナブルな建築計画、再生可能エネルギーと自然エネルギーを最大活用した高効率な熱源システム、先進的な空調システム、その他、全館LED照明の採用、基準照度の最適化、センサーによる照明制御、送電ロスの最小化、エコケープルの全館採用、共用部換気のCO2制御等の取り組みにより、中規模オフィスビルにおいて快適性と脱炭素の両立を試みた。
- ・中温帯冷水により高効率熱源システムを構築したうえで、熱源システムと自然エネルギーとを融合し、更なる高効率化を実現した。
- ・複数の自然エネルギー(太陽熱、井水熱等)を合わせ年間を通じて自然エネルギーを活用することを可能とした。
- ・執務室内の空調システムを中温帯の熱源システムと一体として構築することで、更なる省エネ化と快適性を両立した。
- ・熱源のシステムCOPは年間平均で4.52となった。
- ・一次エネルギー消費量の実績値は651 MJ/(m²・年)(その他除)となり、基準値に対し63%削減となった。