

エネルギー自立型サステナブル研究施設 二次側空調システム及びセンシングシステムの概要

木村健太郎・清水昭浩・柴田克彦
平原美博・羽鳥大輔*1・武藤友香*1

Outline of Secondary Air Conditioning System and Indoor Environmental Sensing System In the Energy Self-Sufficient and Sustainable Innovation Center

Kentaro Kimura・Katsuhiko Shibata・Akihiro Shimizu
Yoshihiro Hirahara・Daisuke Hatori*1・Yuka Mutoh*1

高砂熱学イノベーションセンターでは、環境負荷低減と知的生産性を両立したエネルギー自立型研究施設を実現するため、本建物の空調方式は外皮や照明などのベース負荷に対しては外調機で処理し、個人の行動や好みで負荷が変化する人体負荷に対しては個別空調機で処理する方式を採用した。本報では、二次側空調ゾーニングの考え方や本建物で新たに導入した放射空調や個別空調機などの開発概要、及び室内環境のセンシングシステムについて紹介する。

1. はじめに

本建物は環境負荷低減と知的生産性向上を両立したエネルギー自立型研究施設を目指している。本目的を達成するため、空調方式は外調機で外気を含めたベース負荷を処理し、不足分を放射空調や個別型空調機（タスクデスク空調機、直流ファンコイルユニット（以下 DCFCU））の組合せで処理する方式を基本とし、各室での働き方に合わせてその組合せを決定している（図 1 参照）。本報では、二次側の空調ゾーニングの考え方や二次側空調システムで採用した潜頭分離空調システム、放射パネルや個別空調機の開発概要、及び室内環境センシングシステムについて報告する。

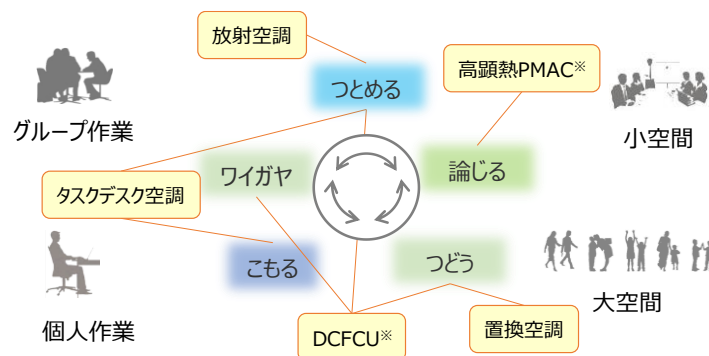


図 1 様々な活動空間と空調方式の組合せのイメージ

※2020 年度空気調和・衛生工学会大会講演論文^{1,2)}を加筆修正したものである。

*1 株式会社三菱地所設計

2. 働き方に呼応した空調ゾーニング

本建物での働き方に呼応した空調ゾーニングの考え方を棟屋や階ごとに以下に示す。

2.1 オフィス棟 1 階の空調ゾーニング

オフィス棟 1 階の空調ゾーニングを図 2 に示す。オフィス棟 1 階は、エントランスホール、カフェレストラン、会議室等、外来者が利用可能な空間となっており、外気処理にはデシカント外調機（詳細は後述）を用いている。

会議室や応接室の個室は、手元で操作可能なように高頭熱型水熱源ヒートポンプユニット（以下 PMAC）を採用し、内部負荷を処理する方式としている。

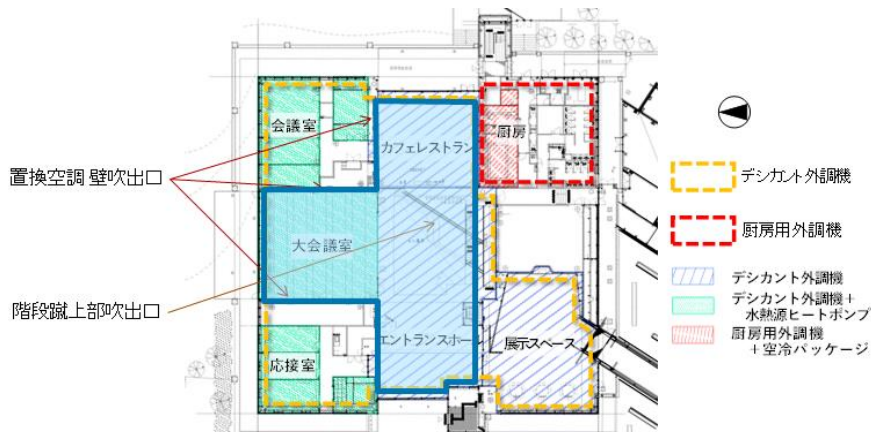


図 2 オフィス棟 1 階の空調ゾーニング

エントランスホールや大会議室、カフェレストランは、一体としての使用が可能であるとともに、中央に吹抜けを有し天井が高いことを考慮して、置换空調を採用し搬送動力の低減を図っている。外調機での処理外気は、壁面に設置した巡回流誘引型置换空調吹出口（SWIT）や階段の蹴上部分に設置した吹出口から給気され、負荷が増加した場合は付設の PMAC で追従運転を行う。大空間であるため温度ムラが懸念されるが、事前に行った夏期ピークでの CFD 解析（図 3 参照）で、居住域（床上 1,100 mm）が有効に冷房されることを確認している。

エントランスホールは、既報³⁾で報告したように、貯水槽に蓄えられた地下水を利用して床放射空調を行っている。エントランスホール及びカフェレストランでは、中間期に東西面の全面窓を開放することにより、積極的に自然換気を行うことが可能である。また、厨房系統は単独系統とし、専用の外調機と空冷パッケージで負荷を処理する方式としている。

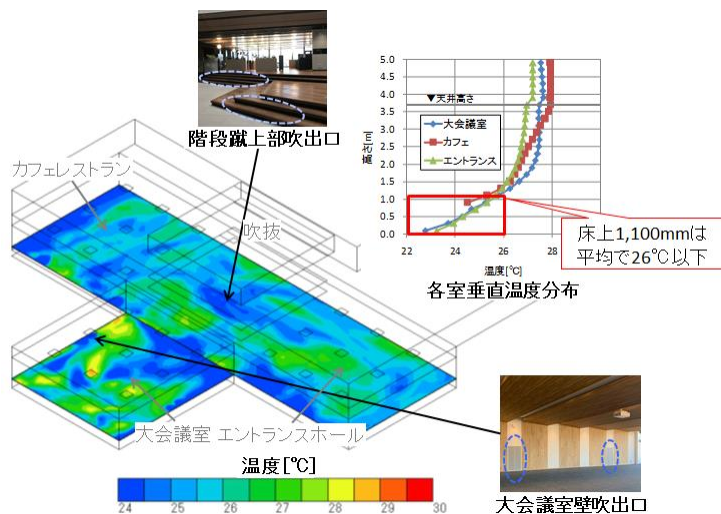


図 3 CFD 解析結果(夏期ピーク、床上 1,100 mm の温度コンタ図)

2.2 オフィス棟 2 階の空調ゾーニング

オフィス棟 2 階の空調ゾーニングを図 4 に示す。オフィス棟 2 階は、主として従業員の執務空間として計画しており、フリーアドレス制を採用している。主執務室である北面の執務室 2-1 は、知的生産性の向上の観点から、快適性を重視し静音で外乱の少ない空間とするために天井放射空調を採用するとともに、個人の好みに応じて機器の発停や環境調整が可能ないようにタスクデスク空調機や DCFCU を併設している。

吹抜けに面する執務室 2-2、2-3 やワイガヤスペースは、より開放的な空間として通常のデスクワークの他にブレンドミーティングや図書コーナーとしての利用を想定しており、空調としては個々人が必要に応じて操作を行うタスクデスク空調機や DCFCU を採用している。また、中間期は換気窓や扉の開放により、積極的に自然換気を行うことで半屋外空間として利用できるようにしている。

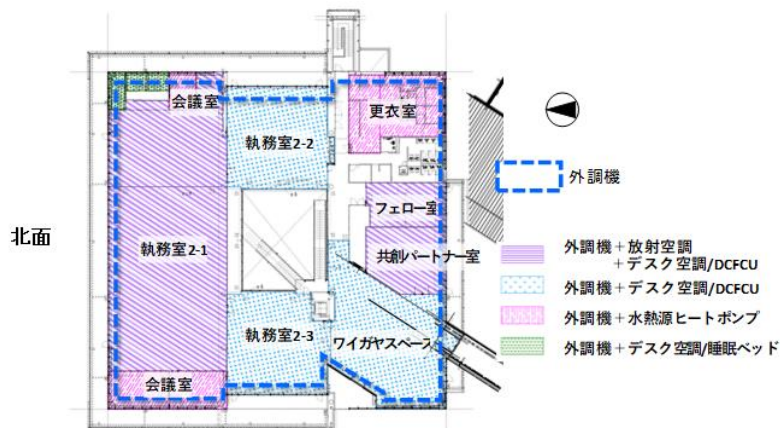


図 4 オフィス棟 2 階の空調ゾーニング

2.3 ラボ棟の空調ゾーニング

ラボ棟の空調方式は、デシカント外調機による負荷処理を基本とし、ユーティリティ設備としての冷水及び温水配管は諸室入口までとしている。将来の実験装置の改装に柔軟に対応するために、内部負荷処理は実験内容に合わせて必要なファンコイルユニットを設置する運用としている。

3. 省エネと快適性の両立を目指した潜熱分離空調

先述したように本建物は、潜熱処理を主体とした外調機と顕熱処理用の放射空調や個別型空調で構成する潜熱分離空調システムを採用している。採用した外調機の概要を以下に示す。

3.1 オフィス棟 1 階システムデシカント外調機

図 5、6 にオフィス棟 1 階システムの全熱交換器組込型デシカント外調機廻りの機器構成と空気線図上での状態変化を示す。冷房運転時のデシカント外調機では、取入外気は全熱交換器を通過した後、予冷コイルで冷却、デシカントロータで除湿、冷却コイルで再冷却される。コイルでの冷却用には地下水を、デシカントロータの再生や暖房用にはバイオマス発電機の排熱を利用することにより、搬送動力以外は化石燃料に頼らないシステムとしている。また、再冷却のコイルでは、地下水で取り出せる最低限の温度まで冷却することにより、室内顕熱負荷の一部が処理可能となっている。

外調機の風量は $9,000 \text{ m}^3/\text{h}$ の定風量で、単位床面積当たりでは約 $6 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ の外気量を常時確保している。給気及び還気系統に設置した VAV は、系統ごとでの負荷変動に合わせた可変風量制御（室内温度制御と CO_2 制御の 2 モードを用意）としているが、トータル風量は一定となる運転としている。また、トイレ排気等も全量全熱交換器に戻し外気量と排気量を同量とすることにより、全熱交換器の高効率運転を実現している。

なお、ラボ棟にも同様のデシカント外調機を 2 台設置している。

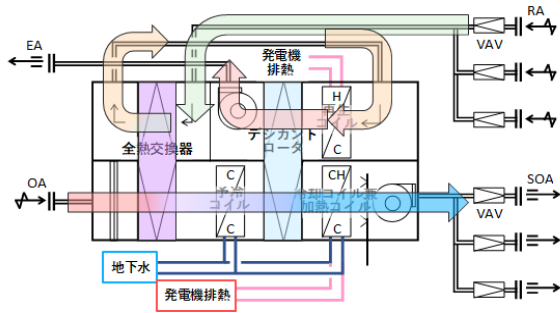


図5 デシカント外調機周りの機器構成

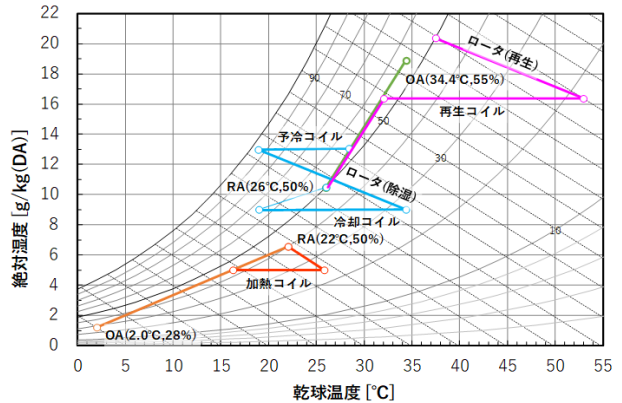


図6 1階デシカント外調機周りの空気状態変化

3.2 オフィス棟2階系統外調機

図7にオフィス棟2階系統の全熱交換器組込型外調機の空気線図上での状態変化を示す。地下水や排熱の供給停止でも稼働できるように通常の冷却除湿方式を採用しているが、再熱及び暖房用の加熱プロセスにはバイオマス発電機の排熱を利用している。

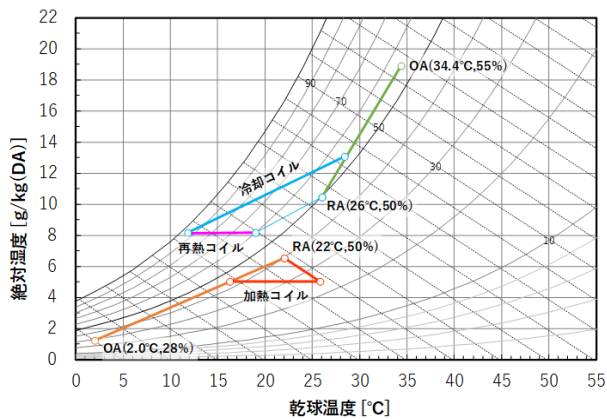


図7 2階外調機周りの空気状態変化

外調機の風量は、6,850 m³/hの定風量で、単位床面積当たりでは約4 m³/(h・m²)の外気量を常時確保している。既報³⁾でも報告したように、事務室系統の人員密度や照明・OA負荷は通常的设计条件より小さく、ピーク時の顕熱の内部発熱原単位は会議室を除くと25~30 W/m²程度(表1参照)である。そのため、冷房時の負荷が小さいときは外調機だけの運転でも負荷処理が可能である。

外調機の制御はデシカント外調機と同様にトータル風量一定のVAV制御を採用しているが、その制御には人位置検知情報システム(図8参照)を用いて在室人数に応じた風量制御を取り入れている。人位置検知情報システムは、在室者の持つ携帯端末からのBluetoothの無線信号をスキャナで検知しその位置を特定するもので、室内の在籍人数を把握することが可能である。なお、トイレ排気については1階デシカント外調機と同様に全量を全熱交換器へ戻している。

表1 オフィス棟の設計内部負荷

室用途	人員密度 [人/m ²]	照明 [人/m ²]	OA [人/m ²]	顕熱負荷 合計 [人/m ²]
会議室	0.4	10	12	48.8
執務室 2-1	0.15	7	12	29.4
執務室 2-2、3	0.11	10	8	25.6
ワイガヤ	0.1	10	12	28.9

※人体の顕熱負荷は、会議室は67W/人、その他は69W/人で計算

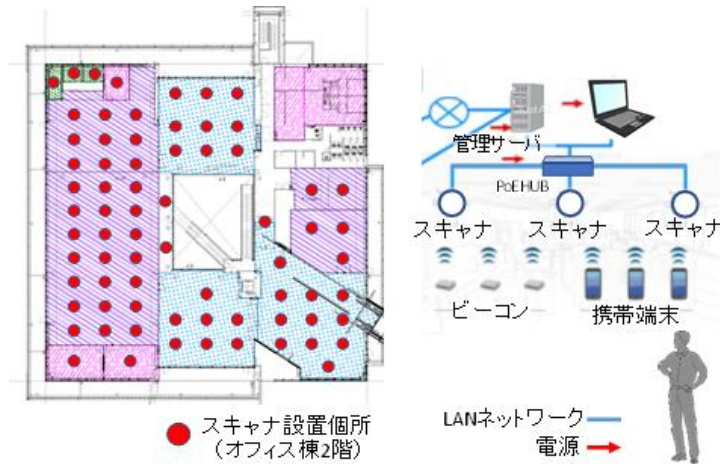


図8 人位置検知情報システムの概要

4. 執務室の放射空調

4.1 従来の放射空調

放射空調は、地下水などの高温冷水を利用でき、かつ気流感を抑えながら室内の温度均一化を図ることができるため、省エネルギー性の高いシステムとして多くの ZEB 建築に採用されている。本建物で採用した水方式は、空気搬送動力は低減するが、水側の往還温度差を 2℃程度で運用することが一般的であるため、更なるエネルギー削減には水搬送動力の削減が課題となっている。

4.2 放射パネルの開発

放射パネルは、一般的にシステム天井 2 枚分 (600 mm×1,200 mm) の大きさであるが、本建物では、新たに 600 mm 角グリットの放射パネルを開発し導入した。このサイズ変更により、パネル間の継ぎ手数は増えるもののシステム天井の下地検討が不要となり、新築だけでなく改修工事でも既存天井への適用が可能となる。また、ブランクパネルと放射パネルの入れ替えも容易なことから、レイアウト変更にも容易に対応が可能となる。

4.3 流量検討

デスク 1 席分に相当するパネル 6 枚 (3 枚×2 列) を直列に接続した時の適正な流量を検討した。図 9 に放射パネルの表面温度分布、図 10 に流量と温度差、流量と冷却能力の関係を示す。検証は断熱された環境試験室で行い、室温 24℃、冷水往 17℃を一定とし、熱電対により 10 秒ピッチで計測して温度が安定した 2 分間の平均値とした。この結果、流量が多いほどパネル間の温度差は小さくなるが、冷却能力はある流量を超えると横ばいとなる。冷却能力とパネル温度差、搬送動力を総合的に判断して 2 L/min を定格流量とした。

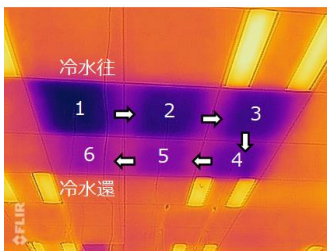


図9 放射パネルの表面温度分布

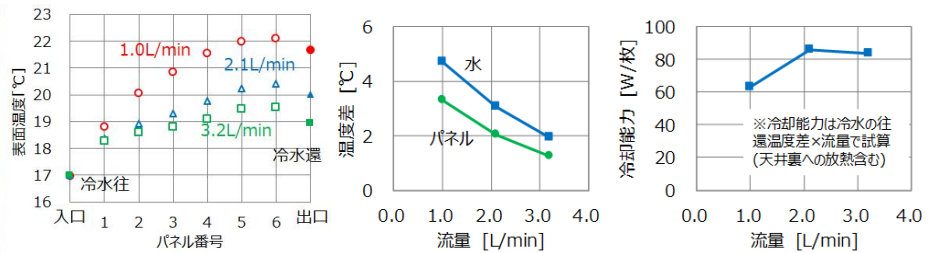


図10 放射パネルの流量と温度差、冷却能力の関係

4.4 導入システム概要

執務室 2-1 等に設置した天井放射パネルの設計仕様及び設置状況を表 2 に示す。パネルの設置面積は、各室の天井の面積の約半分を占めており、冷却能力としては床面積当たりでは約 35 W/ m²に相当し、冷房ピーク時の室内内部発熱と外壁からの貫流負荷を合わせた顕熱負荷を処理できる能力となっている。

放射パネルの制御は、隣り合うデスク 2 席分に相当するパネル 12 枚毎に電動弁を設け、パネルの表面温度が設定値となったとき ON/OFF する。従来よりも細かいゾーニングによる流量制御を行うことで負荷に応じて通水するシステムとなり、パネル表面温度の均一化と水搬送動力低減の両立を図ることができる。パネル表面温度の設定値は今後の運用により決定する。

表 2 天井放射パネルの設計仕様及び設置状況

仕様		室名	パネル枚数	設置面積
サイズ	600mm×600mm(パネル 1 枚あたり)	執務室 2-1	872 枚	314 m ²
重量	保有水量 0.3L/枚 運転重量 2.0 kg/枚	フェロー室	90 枚	32 m ²
能力	69 W/m ² (夏期、送水温度 18~20℃)	共創パートナー室	140 枚	50 m ²
流量	1.0~2.0 L/min(1set パネル 6 枚あたり)			

5. DCFCU

5.1 装置概要

4 章で説明した天井放射空調は、細かいゾーニングでタスク負荷に応じたシステムであるものの、水の熱容量で時間遅れが生じること、また放射だけでは時々刻々変化する個人の快適感を満足させることは困難である。そこで、システム天井に組み込むことができ、消費エネルギーが微小でありながら個人の好む空気を瞬時に得られる DCFCU を開発した。

5.2 DCFCU の仕様検討

要求仕様を以下に示す

- 1)システム天井に対応 (照明器具と同サイズ)
- 2)ドレンレス (顕熱負荷のみ処理)
- 3)冷却能力 200 W 以上
- 4)低消費電力 (DC ファン使用)
- 5)吹出し気流の変更が可能

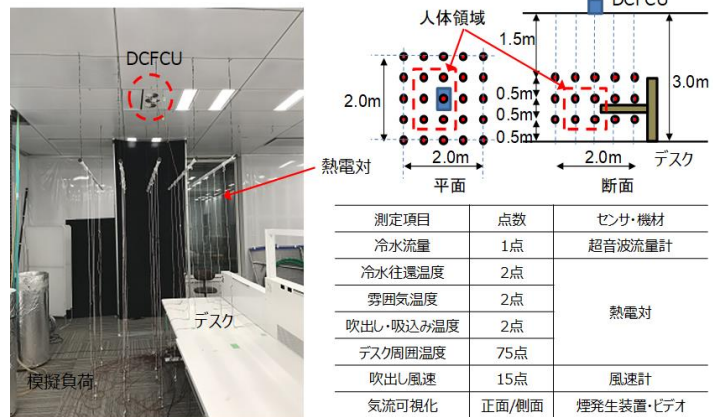


図 11 実験条件

上記を満足させるため、冷却能力や発生騒音、PMV、コンパクト化などを評価項目としてコイルやファンなどを選定した。実験条件を図 11、外観と構成を図 12、実験により最適化した最終仕様を表 3 に示す。検証は断熱された環境試験室で行い、室温は夏期を想定した 26℃、冷水往温度は地下水を想定した 17℃で固定し、各パラメータを変えた時の値を比較した。温度測定には熱電対を用い、DCFCU 下部を中心に、0.5 m グリッドの温度を測定した。

表 4 にファンをパラメータとした実験結果を示す。残風速は、DCFCU 直下の FL+1.0 m とする。評価に用いる PMV と PPD では、放射温度は乾球温度+1℃、相対湿度 50 %、代謝量 1.1 met、着衣量 0.7 clo と仮定した。ここで、局所冷却効果とは、図 11 に示す人体領域と周囲との平均温度差とし、スポット的に効率よく冷却しているかの指標とした。最終仕様を赤字で示す。DCFCU は、システム天井に設置できる小型顕熱処理機でありながら、消費電力約 3 W に対し顕熱 400 W 以上を処理でき、省エネルギー性の高い仕様となっている。

写真 1 にフェース形状と気流可視化を示す。パンチングのフェースは乱れの少ない気流の為、スポット的な冷却効

果が高い環境となる。また、旋回翼を複数配置したフェースは、周囲の空気を誘引しながら下降する気流となり、スポット的な冷却効果は低下するが、気流感の少ない環境となる。フェースは室内側から簡単に交換できるようになっており、異なるフェースを配置することで執務者は好みの環境を選択できる。

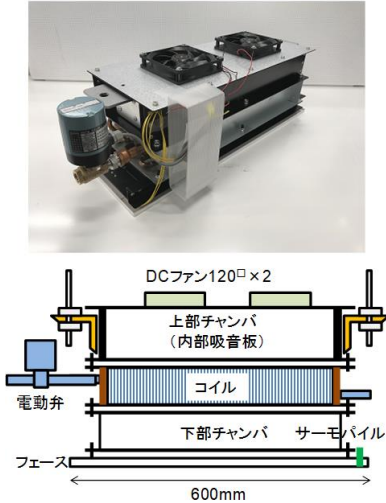


図 12 DCFCU 外観と構成

表 3 最終仕様

部材	項目	仕様
コイル	流路	単管(一筆書き)
	流量	2 L/min
ファン	配置	コイル上流側
	外形	120 mm
	個数	2 個
上部チャンバ	風量	4 種類(F、H、M、L)
	高さ	75 mm
	消音	吸音板有/バツフル板無
フェース	形状	パンチング・旋回翼

表 4 ファンをパラメータとした実験結果

項目 (フェース)	ファン 型番 [-]	風量 [m³/h]	定格 電力 [W]	冷却 能力 [W]	残風速 [m/s]	局所冷 却効果 [°C]	発生 騒音 [dB]	PMV [-]	PPD [%]
パンチング	F	250	4.6	586	0.35	1.28	83.3	-0.10	5.2
	H	378	9.3	684	0.56	1.37	76.1	-0.36	7.7
	M	236	3.1	469	0.26	1.38	37.7	-0.05	5.1
	L	190	1.9	394	0.20	1.34	35.9	0.08	5.1
旋回翼	M	130	3.1	303	0.03	0.41	38.7	0.62	13.2

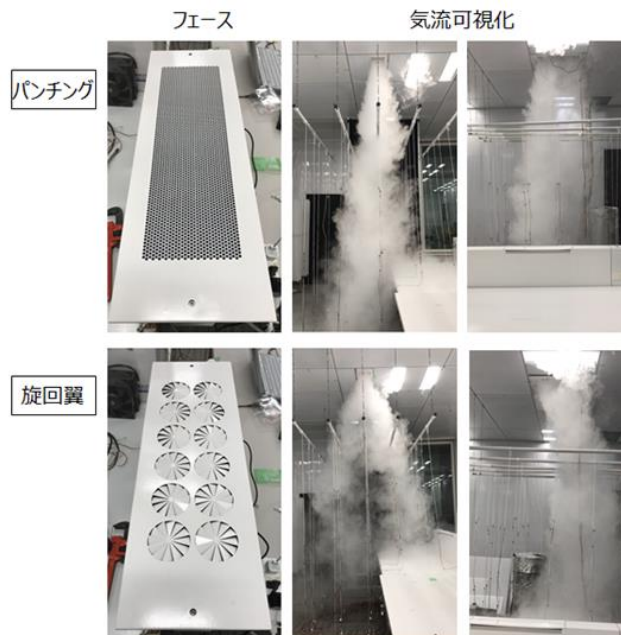


写真 1 フェース形状と気流可視化

5.3 導入状況

写真 2 に各執務室の DCFCU 設置状況を示す。DCFCU は、天井の異なる執務エリア全体に 1.8 m ピッチで配置した。これにより、執務室内であればどこにいても自分の好む空気を得られる。また、DCFCU 用には専用の受信基板と操作アプリを開発し、個人のスマートフォン端末で個別操作し、消し忘れ防止のため 30 分で自動停止する仕様としている。フリーアドレスであっても機器毎の操作履歴を確認することが可能なため、執務者の性別や年齢層の違いなど、空調の使用状況を関連付けた特性を把握し今後の空調方式の研究に役立つデータを収集することができる。なお、次章で紹介するタスクデスク空調機も同じアプリで操作する。

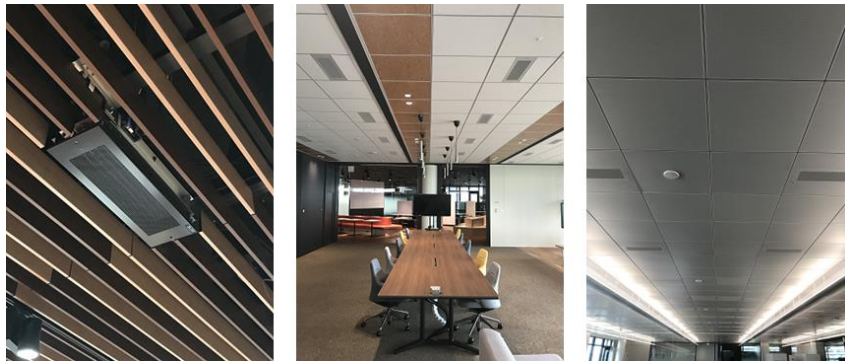


写真 2 執務室の DCFCU 設置状況
(左:ルーバ天井、中:在来天井、右:システム天井)

6. タスクデスク空調機

6.1 装置概要

これまで当社が製作したタスクデスク空調機は、空調装置とデスクが一体化されており、立位作業ができる上下昇降デスクなど、ユーザの要望に対応することが困難となっていた。そこで、汎用デスクにも対応可能なオフィス向けタスクデスク空調機を開発することとした。

6.2 衝立型タスクデスク空調機

図 13 に衝立型タスクデスク空調機の外観と構成を示す。膝元からフィルタを通して吸込まれた空気は、コイルを通してデスク上部より吹出す。ファンと電動弁の電源は DC12 V を利用し、搬送動力の小さいシステムとなっている。衝立型タスクデスク空調機は自立が可能で、両面それぞれから空調空気を出すことができるため、衝立型デスク空調を汎用の什器で挟むように設置することで、個人用空調として使用することができる。また、手で風量を可変することができるので、個人の好みに合わせた気流を作り出すことができ満足感を得られるシステムとなっている。



図 13 衝立型タスクデスク空調機の外観と構成

表 5 衝立型タスクデスク空調機の仕様

表 5 衝立型タスクデスク空調機の仕様	
サイズ	高さ固定 1,200mmW・100mmD・1,200mmH 上下昇降 1,200mmW・100mmD・1,400mmH
冷却能力	約 150 W
消費電力	2.3~6.6 W
風量	約 130 m ³ /h

6.3 後付型タスクデスク空調機

フリーアドレスを想定して開発した後付型タスクデスク空調機は、天板下に引き出しが無いデスク向けのタスク空調機である。写真3に後付型タスクデスク空調機の外観とコイル配管接続口を示す。既存デスクに後からでも取り付け可能なタイプとなっており、腰から上半身にかけて気流を与えることができ、好みによって手で風向を変えることができる。フレキシブル配管にて床下のメイン配管と接続することを想定しているが、上下昇降デスクへの接続にはコイル配管でカプラー接続する。これにより、空調機の取り外しが容易となっており、デスクやレイアウト変更時にも対応が可能である。

6.4 後付型デスク放射パネル

写真4に後付型デスク放射パネルの外観と設置状況を示す。デスクに後からでも取り付け可能なタイプとなっており、手で冷温水流量を変えることで好みの温度に変更できる。本パネルは、駆動部が無い構成のため壊れにくく、暖房時は炬燵のような温かさを感じられる。



写真3 後付型タスクデスク空調機の外観とコイル配管接続口

サイズ	700mmW・300mmD・80mmH
冷却能力	約 70 W
消費電力	1.9 W
風量	約 50 m ³ /h



写真4 後付型デスク放射パネルの外観とコイル配管接続口

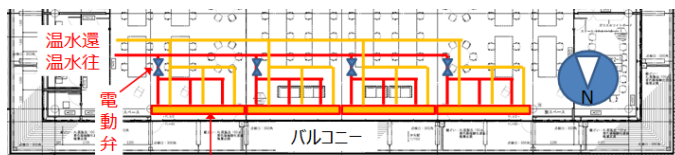
7. 局所空調用機器

7.1 OAフロア対応パネル空調

写真5にOAフロア対応パネル空調の外観と内部、図14に本建物の設置位置を示す。OAフロアに必要な強度確保と熱伝導性を考慮して外板は鋼材で構成し、裏面に水放射パネルを貼り付け、バイオマス CHP の排熱で作った温水を流すことで局所の暖房要求に対応できる。静荷重試験や衝撃試験は、JIS A1450（フリーアクセスフロア試験方法）に準じて行い、ともに载荷点の変位は基準値以下となるように補強した。温熱性能試験において、パネル上部にカーペットを敷設する場合には温度低下するが、室温 26℃、温水 55℃とした場合でもカーペット表面温度は 38℃程度であり、直接素足で触れても火傷の恐れは少ない。なお、本センターでは、直達日射を避けるために主執務室が北面配置されており、冬期のコールドドラフト防止を主目的としてOAフロア1列分に床暖房パネルを設置している。今回は暖房用での使用であるが、直達日射の当たる箇所に設置することにより、負荷を吸収する冷房パネルとしての適用も期待される。



写真 5 OAフロア対応パネル空調の外観と内部



OAフロア対応パネル
4スパン分 (7.5m×4=30m) 500mm×500mmOAフロア×60個分

図 14 本物件の設置位置と系統図

7.2 カウンター空調

吹抜けに面した2階カウンターの足元には、アルミ三層管で構成されたカウンター空調を設置した。図15にカウンター空調の外観とイメージを示す。吹抜けの周辺部は開放感があり気持ちよい反面、1階は置換空調を行っているため温熱環境をコントロールすることが難しい。そこで、人の近傍で放射による空調を行うことで、夏期の冷涼感や冬期の足元暖房により快適性を向上させる計画とした。また、タスクデスク空調システムの還水をカスケード熱利用することで水搬送動力の削減を図った。



図 15 カウンター空調の外観とイメージ

7.3 クールスポット

写真6にクールスポットを示す。執務者がスイッチを押すと3台のDCファンが稼働し、給気チャンバ内の低温冷風を供給して即座にクールダウンを図る。消し忘れが無いようにタイマー機能を持たせている。従業員出入口から執務室までの導線上に壁面設置できるよう奥行を200mmに薄型化した。

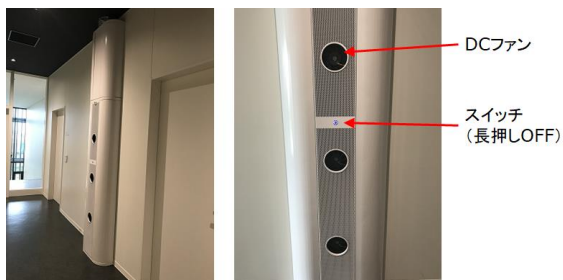


写真 6 クールスポットの外観



写真 7 空調ソファ(左:送風タイプ、右:接触タイプ)

7.4 空調ソファ

写真 7 に 2 種類の空調ソファを示す。いずれも水冷式で、ファンコイルによる送風タイプと冷温水マットを座面の裏面に設置した接触タイプの 2 種類を構築し、それぞれ冷水と温水を供給する。今後は 4 つの異なるタイプを運用することで、年齢や性別の違いだけでなく、季節に応じて快適なソファが何かを検証していく。

8. 室内環境センシングシステムの概要

本建物では室内環境や人の行動履歴を詳細に把握するために、通常の建物での計測ポイント以外により細かく室内環境情報等の収集を行っている（図 16 参照）。無線計測の詳細については別報⁴で記載するが、無線計測を含めた室内の主要な計測ポイントを表-7 に示す。この中で代表的なものを以下で説明する。なお、今後はこれらのデータを用いて室内環境の評価を行うとともに、空調設備を含めた運用方法の改善につなげていく予定である。

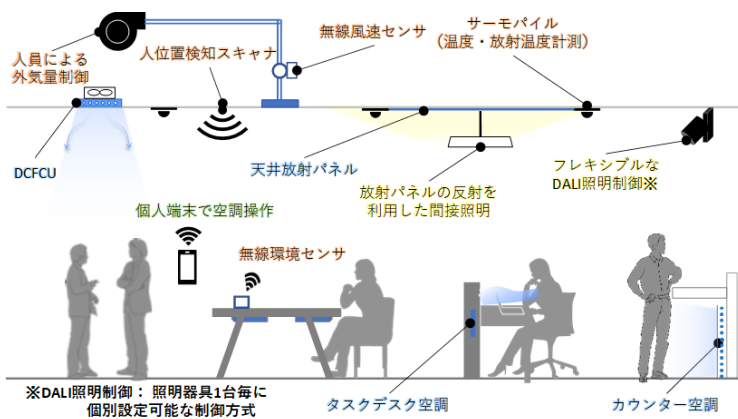


図 16 センシングシステムの概要

表 7 センシング項目

センサ等種別	計測項目	点数
無線環境 センサ	室内温度、湿度	200
	CO ₂ 濃度、照度	
サーモ パイル	天井近傍温度 放射温度	1,100
無線風速 センサ	制気口風量 (SA、RA 各制気口)	310
状態信号他	DCFCU 発停	200
	タスクデスク 空調機発停	100
	放射パネル往還温度 2 方弁開閉	700
人位置検知 スキャナ	在室者の位置情報 検知用	106

8.1 サーモパイル

室内の温熱環境をリアルタイムで把握する仕組みとして、赤外線センサにより表面温度を測定するサーモパイルを活用した。天井に設置した本センサ（日本セラミック社製）は、天井近傍の空気温度とともに視野角 22 度で下面の放射温度を計測するため、天井高さ 3 m の執務室では床面レベルで直径約 1.2 m の範囲の放射温度を計測できる。本センサはオフィス棟の小部屋を除く部屋の天井に 1.8 m 間隔で、550 個（計測ポイントで 1,100 点）設置している。

図 17 にサーモパイルで計測された放射温度分布の一例を示す。天井面に設置されたセンサで計測される放射温度は、床表面温度だけでなく人体や OA 機器等の発熱体の影響を受けるためその部分は周囲に比べて高温となる。今後は、得られた温度分布をもとに負荷の偏在を特定し空調の運転方法の改善につなげていく予定である。

8.2 無線風速センサ

外調機の制気口全てに無線風速センサを設置している。センサ設置の主目的は、施工時の試運転での風量調整用であるが、運用開始後も引き続き風速を計測し、中央監視装置に取り込んでいる。

8.3 人位置検知情報システム

2 章で述べたように外調機の外気量制御用に人位置検知情報システムを採用しているが、これらのデータの時系列データを解析することにより、個々人の移動履歴や特定の空間での滞在時間等を把握することが可能となる。今後は、室内の物理環境情報だけでなく人の位置情報や個別の空調機の操作履歴等のデータと合わせて解析し、空調制御にフィードバックすることにより、更なる省エネ性や快適性の向上につなげていく予定である。

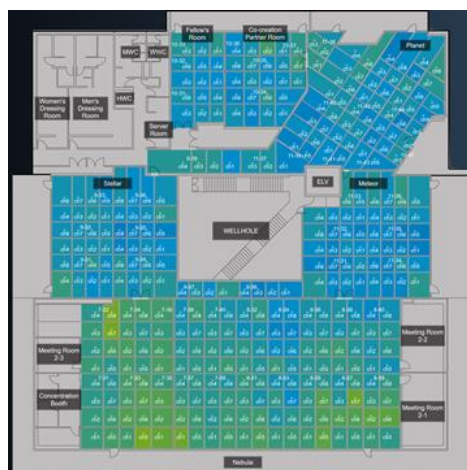


図 17 サーモパイルでの計測結果の一例
(オフィス棟 2 階床表面温度分布)

9. おわりに

本報では、二次側空調システムにおける働き方に呼応した空調ゾーニングの考え方や省エネと快適性の両立を目指した潜顕分離空調システム、空調機器の開発経緯と設置状況、及び室内環境評価と居住者の行動把握のためのセンシングシステムについて報告した。今後は、中央監視装置に蓄積されたデータの解析や季節ごとの環境実測、アンケート調査により、運用段階でのシステム検証を行っていく予定である。

文 献

- 1) 清水ほか:エネルギー自立型サステナブル研究施設の計画と実証評価(第4報)二次側空調システム及びセンシングシステムの概要, 2020年度空衛学会大会(オンライン), J-33, pp.157-160(2020)
- 2) 木村ほか:エネルギー自立型サステナブル研究施設の計画と実証評価(第5報)二次側空調機器の開発, 2020年度空衛学会大会(オンライン), J-34, pp.161-164(2020)
- 3) 清水ら:エネルギー自立型サステナブル研究施設, 2020年度イノベーションセンター報, pp.5~16(2021)
- 4) 柴田ら:エネルギー自立型サステナブル研究施設, 2020年度イノベーションセンター報, pp.37~47(2021)

ABSTRACT

This building aims to be an energy self-sufficient innovation center that achieves both reduction of environmental impact and improvement of intellectual productivity. In the secondary air conditioning system as well, we plan not only to actively utilize renewable energy, but also to improve the indoor environmental comfort, working style and intellectual productivity. In this report, we describe the leading secondary air conditioning system, air conditioning equipment, and indoor environmental sensing technology adopted to achieve these objectives.