

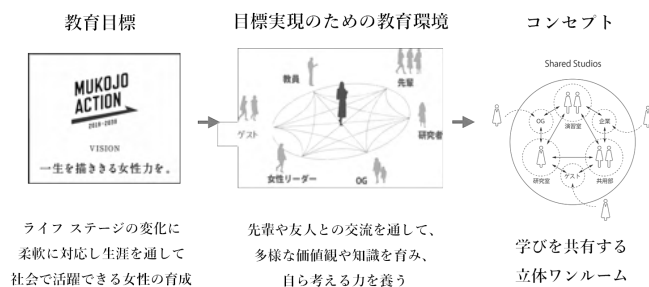
キーワード：立体ワンルーム型空間(Open One-room-plan)、知的生産性(Intellectual Productivity)、アンケート調査(Questionnaire Survey)、画像センサ(Image Sensors)、ZEB(Net Zero Energy Building)

## 1. はじめに

本計画は、創立 80 周年を迎えた日本最大規模の総合女子大学の経営学部の新校舎の計画である。“ライフステージの変化に柔軟に対応し、生涯を通して社会で活躍できる女性の育成”を教育目標に掲げ、新しい学びの場づくりに挑戦した(図 1-1)。本大学では、生涯を通して柔軟に社会で活躍する女性の育成を目指しており、具体的な教育環境として、交流を通じて価値観や知識を育み自ら考える力を養うための場が必要と考えた。それを具現化するため、多様な学びの場(LABとCOLLABO)を積層した吹抜けで繋がる立体ワンルーム型校舎という新しい学びの舎の形を実現した(図 1-2)。

この学舎では、従来の講義型だけではなくワークショップやプレゼンテーションを中心とした能動的かつ創造的な授業が積極的に行われる。そこで、「感性の刺激」と「冗長性の確保」が可能な環境づくりを行った。屋内でありながら、屋外のような開放性と時間の移ろいを感じられる環境とし、学生の創造性を最大限に引き出す空間を目指した。さらに、学生の成長に伴い最適な授業内容を提供するため、授業スタイルの変化に追従できる冗長性の確保を目指した。

近年、執務者が仕事内容に応じて最適な場所を選択して執務することで、知的生産性の向上を図る ABW(Activity Based Working)の概念が提唱されている。また、多くの既往研究で環境満足度や快適性の向上が知的生産性の向上に繋がると示されており、より良い室内環境が学習環境を構築するうえで重要であると考えた。そこで、本計画では学校での ABW(Activity Based Working)の導入及び女子学生



学生が自分の人生をどう生きるかに自律的に向き合う環境を整備したい

図 1-1 計画コンセプト

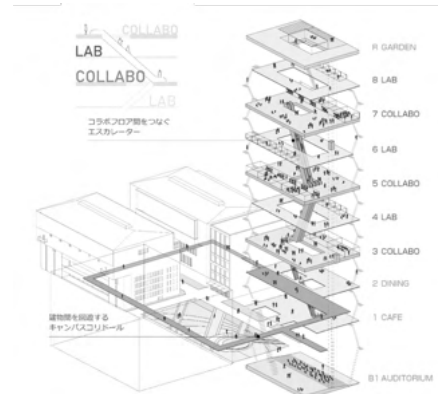


図 1-2 学びを共有する立体ワンルーム計画

## 2. 建築計画概要

従来の大学では、演習室、研究室、共用部ごとに部屋が区切られていたが、本計画ではオープンスペースの中にそれらの機能を包括した。空間を共有することで、学部や学年、学生と先生、在学生と OG など、立場を超えた交流を生み出すことを狙った。学生はオープンな空間で自由に活動内容に適した居場所を選択できる。また、多様な学びの共存を目指し、個人研究のような集中を必要とする作

業を行うために LAB フロア、演習やワークショップ・イベントなどを行うために COLLABO フロアを設置し、これらを交互に積層させた。図 2-1 に建物のフロア構成を示す。B1 階に大講義室、1・2 階はカフェやギャラリー、3・5・7 階は演習室とラウンジからなる COLLABO フロア、4・6・8 階は研究室とゼミスペースからなる LAB フロアである。中央には 1~8 階までの吹抜け空間を設けている。COLLABO フロアと LAB フロアは、2 層吹抜けで繋がる。外郭 PC の 2 層フレームと吊構造の併用により、開放的な無柱空間を実現している。

### 3. 設備計画概要

#### 3-1. 課題の抽出

##### (1) エネルギー

本校舎は、立体ワンルーム型空間として建物一体が大きな吹抜け空間で繋がっているため、空調する際はショッピングモールのように全館空調が想定される。図 3-1 に全館空調を基本としている商業施設と大学・専門学校のエネルギー消費量の平均値を示す。このグラフは、公江記念館の延べ床面積及び立地から同程度の商業施設と大学のエネルギー消費量を平均したものである。図を見ると、3.5 倍ほど商業施設のほうが多いことが分かる。このように本建物を商業施設のように全館空調を基本とした計画とすると、既存の大学よりはるかに多いエネルギー消費量となってしまうことが予想される。さらに、本計画は大学校舎であり、学習環境としての知的生産性や快適性を満足させる空間とする必要がある。このように学習空間としての利用を考慮しつつ、吹抜け空間で繋がった建物のエネルギー消費量を削減する工夫が本空調計画の課題であるといえる。

##### (2) 快適性

本校舎は立体ワンルーム型空間としているが、このような気積の大きな吹抜け空間では、吹抜けを介して空気が上下に流動することから上下温度差が大きくなってしまふことによる室内環境の悪化が課題として挙げられる。2 層吹抜け部分には大開口の窓が設けてあり、夏には日射、冬にはコールドドラフトによるペリメータ環境の悪化が課題として挙げられ、これらの環境悪化に対してどのような空調計画を行うかが本校舎の設備計画の課題点のひとつである。

##### (3) 立地

武庫川女子大学では、立地の問題から、これまで自然換気を積極的に実施してこなかった。本計画地の北側には国道 43 号線と阪神高速 3 号線が通っているが、国道 43 号線は高度経済成長とともに飛躍的に交通量が増加し、環境の悪化が問題となっていた。平成 7 年には健康被害に関する訴訟も起きている。現在は様々な対策がなされ、二酸化炭素や浮遊粒子状物質などの大気汚染物質も減少傾向ではあるが、学習環境に悪影響を及ぼしかねない。本計画では周辺の問題も考慮に入れ設備計画を行うこととした。

##### (4) 社会の変化がもたらした新たな課題

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)は、2019 年 12 月に中国武漢市で第 1 例目の感染者が報告されて以降、急速に世界中に感染が拡大した。公江記念館が竣工した 2020 年 3 月は、まさに日本における感染症流行の始まりの時期であり、どのように感染症予防をしていくかが、重要な課題となっ



図 2-1 建物断面図

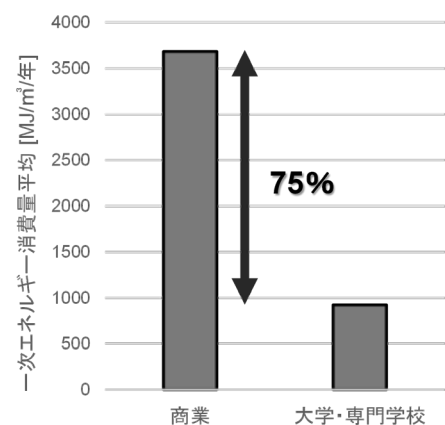


図 3-1 エネルギー消費量の比較

た。武庫川女子大学でもオンライン授業が主となり、対面授業を実施する場合も少人数単位で行うなど、授業形態が大きく変わった。建物利用人数が極端に少ないことによる蓄熱の問題など、新たな課題が出現した。

### 3-2. 設備計画の方針展開

より良い温湿度環境の実現及び満足度の向上は、学生にとって知的生産性の向上を実現させ、人材教育につながる大切な要素と考え、また、グローバルな視点での活躍が期待される学生が学ぶ学舎にふさわしい場を提供するため、エネルギー消費量の削減を意識し、社会貢献をより身近に感じられる学舎を目指した。そこで、「女子学生の教育に適した満足度の高い空間づくりと ZEB 化の実現」を設備計画の重要課題と位置付けた。(図 3-2)。

本計画では、立体ワンルーム型空間という開放的な空間づくりによって、居場所を自由に選択ができるように計画を行った。しかし、先に述べたように、ただ自由に場所を選べるだけでは満足度は上がらない。本計画では、立体的ワンルーム型空間と調和し、かつ快適性と省エネルギー性とを両立させる難題にチャレンジした。

また、快適な空間と感じることに對する男女間の性差を考慮し、女子学生の意見を取り入れることも快適な環境づくりに重要な要素であると考え、アンケートを通して、学生の思いを知り、設備計画に反映させた。

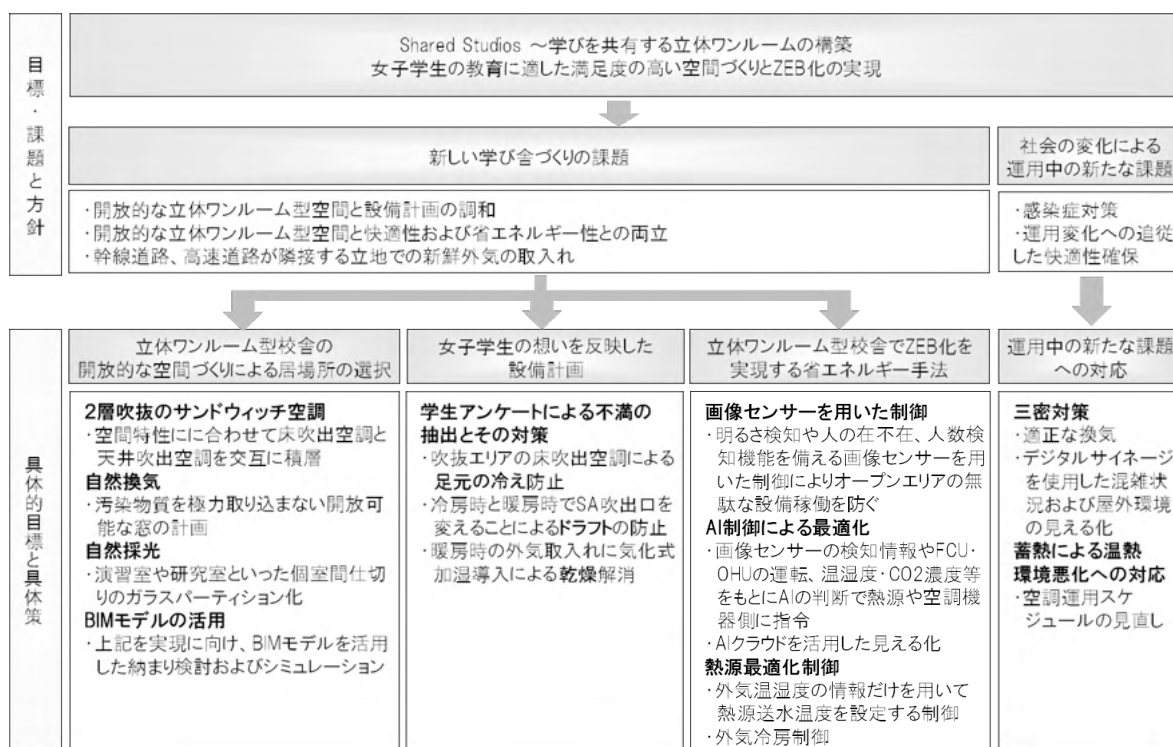


図 3-2 環境・設備計画の取り組み

## 4. 立体ワンルーム型校舎の開放的な空間づくりによる居場所の選択

### 4-1. 2層吹抜のサンドウィッチ空調

本校舎の特徴である COLLABO フロアと LAB フロアの 2 層吹抜け空間に対して、床吹出空調と天井吹出空調を交互に積層する「サンドウィッチ空調」を採用することで、気積の大きい吹き抜け空間に対して効率的な空調を可能にした。図 4-1 に空調概念図を示す。COLLABO フロアを床吹出空調、LAB フロアを天井吹出空調とし、LAB フロアの天井内に 2 層分の空調機を納めたことによって、COLLABO フロアのスケルトン天井部分は、空調機のない開放的な空間を実現している。建築コンセプトと調和した設備計画である。2 層吹抜の窓際には、ペリメータ負荷を処理する床吹出口を設けている。インテリア側は、ドラフトや足元の冷えを感じにくくするため、冷房と暖房とで SA 吹出口

の場所を変えている。冷房時は、人の滞留しない柱際から高風速で吹き上げ、暖房時は人の滞在する中央付近でゆっくりと低温で吹き出している。図 4-2 に実際の熱画像を示す。計画の通り、冷房時に冷気が柱を伝って、天井へと回り、暖房時に足元が温まっていることが分かる。

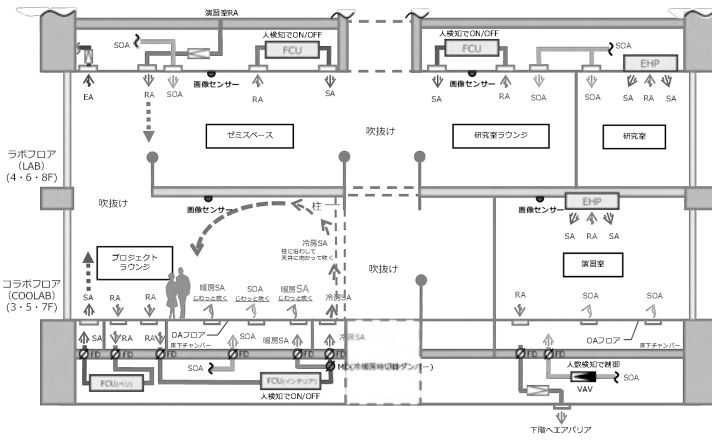
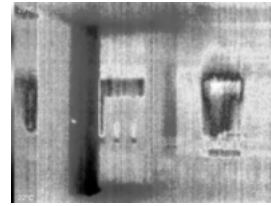


図 4-1 空調概念図



a) 画像対象



b) 冷房時



c) 暖房時

図 4-2 熱画像

## 4-2. 自然換気の導入

### (1) 建物周辺気候の分析

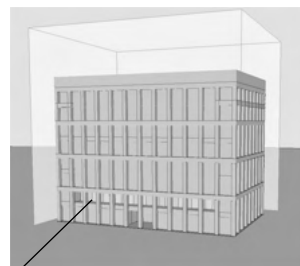
3.1 節で示したように、本キャンパスは国道 43 号線及び阪神高速 3 号神戸線に近接し、外気の取り入れ時に大気汚染物質を多く取り込む恐れがあった。そこで本計画では、STREAM を用いて、前面道路からの汚染物質の流れをシミュレーションにより解析した。結果、本校舎の北側にある国道 43 号線からの汚染質が北東からの風においては南面で取り込まれにくいことを確認した。

### (2) 屋内風環境の把握

日射熱を考慮した非定常解析により、重力換気の状態の把握を行った。外気温度 23 度の無風条件時について、開口を南面とハイサイドライトを開けた時を想定(図 4-3)し、解析を行った。外部がほぼ無風の状態において、外部よりも大きい 0.3~0.6m/s の風が建物内部に生じる結果となり、これは日射により建物上部が暖められ、重力換気が行われているからと考えられる。

建物周辺の卓越風を与えた定常解析により、風力換気の把握を行った。外気温度 23 度で、重力換気

把握時と同様の開口位置での屋内の風環境を把握する。図 4-4 に卓越風が南西時(周辺建物の影響で南東風)、北東時の時の風速分布図を示す。南西面から卓越風を受けた場合、断面を見ると、テラスから風を引き込み 0.4~0.8m/s の風が屋内に流れる。平面図を見ると、テラス部の風速が 1.0m/s と屋内にしてはやや大きく、他階の共用部では風が巡回して



テラスの開口を開ける  
(開口率 100%, 1.4m 間隔)  
ハイサイドライトを開ける  
(開口率 100%)

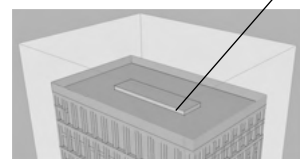
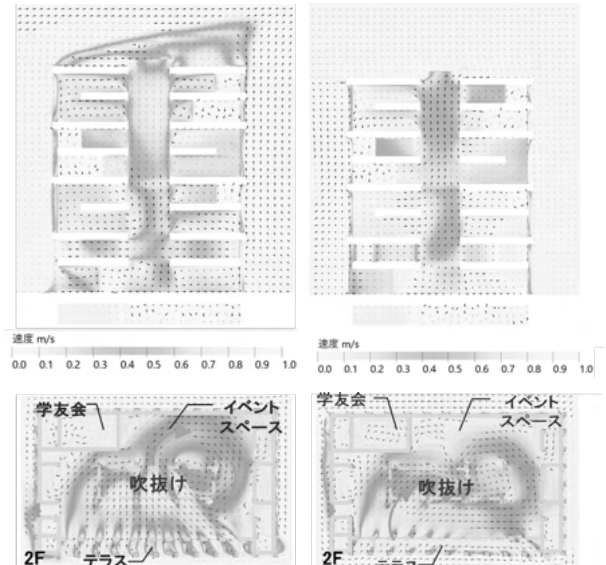


図 4-3 建物モデルと開口位置



卓越風：南西時時

卓越風：北東時時

図 4-4 風速分布図

いない。これを改善するには、外部開口位置を検討し、テラス部の風速緩和と他階の風確保を狙う必要がある。9月における北東からの卓越風を受けた場合は、南西の場合に比べて屋内への引き込み量が小さく、他方位に開口を設けられないため自然換気には不向きであると考えられる。つまり、逆に言えば幹線道路のある北東からの風・汚染物質は取り込まれにくいことが示唆された。

### (3) 実際の運用状況

企画・計画時点では、ハイサイドライトの開放可能な窓を予定していたが、期中、運用上の観点・利便性の観点から、開放可能な窓が中止となり、吹抜中央に屋上へと上がる階段とそのため塔屋が設けられた。この塔屋から屋外へ出る扉と2Fテラスの窓(写真4-1)を開放することにより、換気を促している。立地の問題から、これまで本学では自然換気を検証・実施することがほとんどなかったが、本校舎では現在、感染症流行の影響もあり、自然換気を積極的に運用している。計画当初より、開口面積が縮小はしているものの、塔屋の扉前では下階から風が通り抜けていることが確認できた。感染症流行の終息後も中間期には自然換気を実施できると良い。



写真 4-1 2階テラスでの自然換気

## 4-3. 自然採光の導入

### (1) Computational Design を活用した照度解析

建築 Rhino データをもとに、Honeybee コンポーネントセットを活用し、特定日時の日照照度解析による屋内のオープン空間における昼光利用の効果を確認し、解析結果をもとに建物内間仕切りのガラスパーティション開口位置の決定等に活用した。自然採光を取り入れることで、照明エネルギーを削減するとともに、感性を刺激する空間を目指した。



写真 4-2 ガラスパーティション(演習室)

### (2) サーカディアンリズム

研究、業務・研究を行う教職員の生体リズムを崩さない(メラトニンを抑制しない)ことも考慮し、「昼は明るく夜は暗く」という考えのもと、シミュレーション結果を参考に、演習室や研究室の個室にガラスパーティションを採用し、自然光を積極的に取り入れた(写真4-2)。ゲストラウンジには、照明の適正配置と画像センサによる自動減光により、通行の少ない夜間には、怖くない程度の暗さを実現し、特に画像センサにて消灯されないスタンド・ペンダント照明を2700lxで計画することにより、メラトニンを抑制しにくい温かみのある空間を演出し、COLLABOフロアの一部には、あえて光輝感のあるペンダント照明を配置することで、視線を惹きつけ、交流を生み出す空間を演出している。

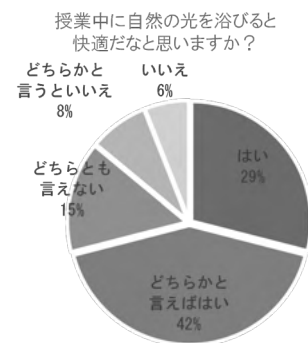


図 4-5 事前アンケート結果

### (3) アンケート結果

図4-6に自然光に関する事前アンケート結果を示す。「授業中に自然の光を浴びると快適だと思うか」と聞いたアンケートでは、「はい」「どちらかと言えばはい」が約70%を占めており、自然光を快適に感じる学生が多い。図4-7に「自然光の影響を感じるか」と聞いた運用時のアンケートを示す。約90%の学生が自然光を「やや感じる」～「非常に感じる」と回答しており、意図通りの実態となっている。

自然光の影響を感じますか？

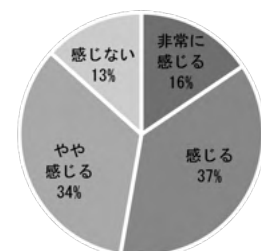
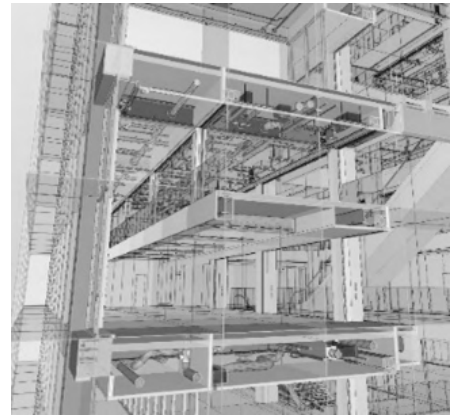


図 4-6 運用時アンケート結果

#### 4-4. BIMモデルの活用

本校舎では、設計段階から BIM モデルを用いた検討を行ってきた。図 4-7 に実際のモデルの画像を示す。2層分の空調機を収める LAB フロアでは、天井内の物量が多く、納まりが厳しいことがわかるが、計画段階から BIM モデルを活用し、ダクトルートを計画し、スリーブや天井高さを検討することで、サンドウィッチ空調を実現した。また、作成した BIM モデルを 4-2 で述べたようなシミュレーションにも活用した。BIM モデルを施工検討だけではなく、計画段階から積極的に活用することで、本校舎の設備計画の実現を図った。



2層吹抜けの空調機の納まり

図 4-7 BIM モデル

### 5. 女子学生の想いを反映した設備計画

#### 5-1. 足元の冷え対策

図 5-1 に足元の冷えについて聞いた事前アンケートと運用時の冬季アンケートの結果を示す。「足元の冷えを不快に感じるか」と聞いた事前アンケートでは、半数近くが“はい”“どちらかと言えばはい”と回答していた。開放的な窓や吹抜けのあるワンルーム型校舎では、既存の従来型校舎より足元の冷えを感じる危険性が高いが、床吹出空調の採用により、不快感の軽減を図った。

「足元の温冷感」を聞いた運用時のアンケートでは、“暑い”～“暑くも寒くもない”が約 75% を占め、足元の冷えによる不快感が一定程度解消されていると考えられる。また平日代表日の空調時間における階別・計測高さ別の平均室温（図 5-2）を見ると、3F が他のフロアに比べて全体的に低い、感染症対策として 2F のテラスに面する扉を開放していることが要因のひとつと考えられる。5F、7F では、いずれの計測点でもおおよそ 18～22℃ となっており、快適域と言える。このことから、冬季における床吹出空調は快適性向上に有効であり、満足度の向上に寄与したと考えられる。

#### 5-2. ドラフト対策

図 5-3 に空調機からのドラフトについて聞いた事前アンケートと運用時の冬季アンケートの結果を示す。「空調の風を不快に感じるか」と聞いた事前アンケートでは、“はい”“どちらかと言えばはい”がともに過半数を超えていた。暖房時には足元からの吹出し風速を 1m/s 未満に抑え、冷房時には人に当たらないエリアから吹出しとすることで、不快感の軽減を図った。

運用時のアンケートでは、“感じる”“どちらかと言えば感じる”が 22% にとどまっていた。暖房時に床から低速度で吹出す床吹出空調は、ドラフトによる不快感を与えにくいことが示された。

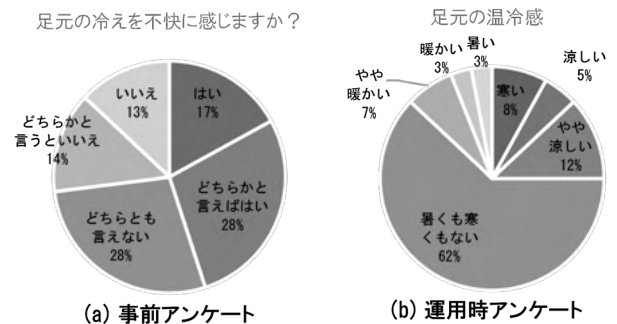


図 5-1 足元の冷えに関するアンケート結果

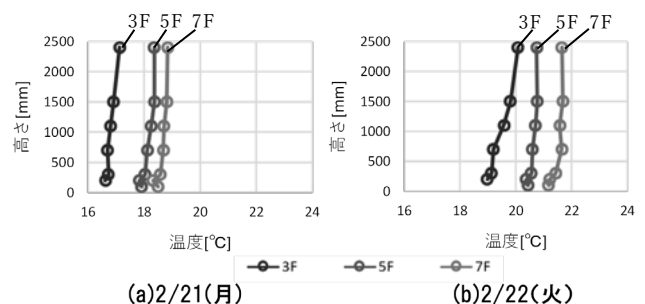


図 5-2 温度分布

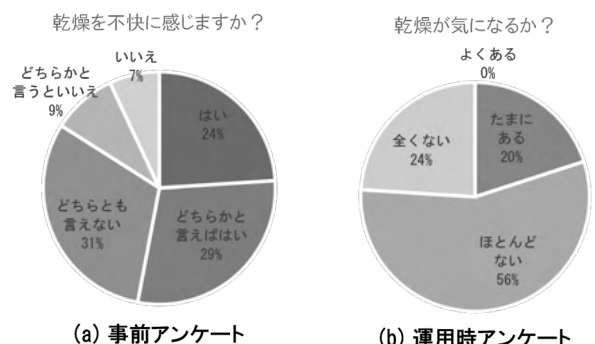


図 5-3 ドラフトに関するアンケート結果

### 5-3. 乾燥対策

図 5-4 に空調機からのドラフトについて聞いた事前アンケートと運用時の冬季アンケートの結果を示す。「乾燥を不快に感じるか」と聞いた事前アンケートでは、“はい”“どちらかと言えばはい”がともに過半数を超えていた。本校舎では、各階に外気処理空調機を設置し、暖房時には気化式加湿を行っている。

「乾燥が気になるか」と聞いた運用時のアンケートでは、約 80%が“まったくない”“ほとんどない”と回答した。開講期間中の 1 週間の湿度変化(図 5-5)を見ると、全体的に 40~50%程度を確保しており、空調機の気化式加湿によって十分に湿度が保たれていることが分かる。オフィスを対象とした既往研究では低湿度がタイピングスピードの低下や疲労感に影響すると示されており、乾燥の気にならないこの空間は学生の知的生産性向上にも寄与すると考えられる。

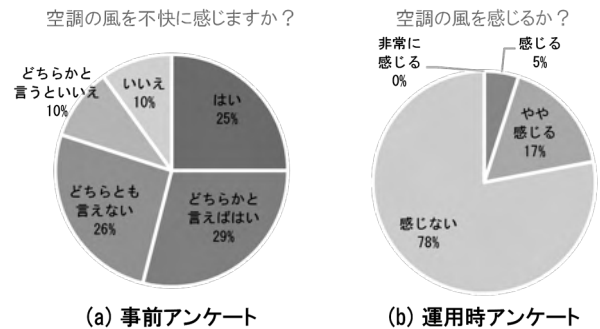


図 5-4 乾燥に関するアンケート結果

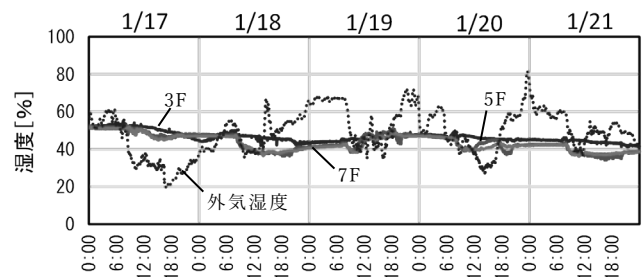


図 5-5 時刻別湿度

## 6. ZEB化を実現する省エネルギー手法

### 6-1. 画像センサを用いた制御

オープンエリアでは、人の操作による小まめな空調・換気機器の操作や照明器具の消灯は難しいため、画像センサによる制御が有効と考えた。そこで、学生が自由に利用できるオープンエリアでは、人数検知機能、人の在不在検知機能、明るさ検知機能を備える画像センサ (Panasonic 社製 NQX12401: 検知範囲は約 7 m 四方) を天井面に設置し、熱源、空調及び照明のエネルギー消費量の削減を図った。また、照明エネルギーについては自然採光の導入により更なる削減を図った (図 6-1)。

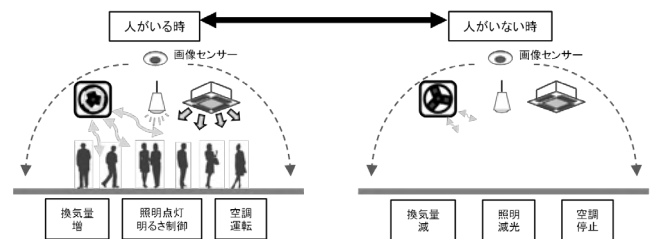


図 6-1 画像センサ制御の概要

### 6-2. AI 制御による最適化

#### (1) AI 制御との連携

さらなる運用段階における省エネを目指し、株式会社 Mutron の AI 制御システムを導入し、計画の制御システムと連携している。導入支援を東京大学生産技術研究所馬郡研究室 (2020 年 3 月時) に行った。AI 制御は、省エネルギーと最適化を人に代わって行う。自動車に例えると安全な無人運転であり、目的は省エネルギー、快適性とエネルギー使用の最適化である。計画された ZEB の基本性能を満たすよう最適化を目指す。本建物は、オープンな共用空間もあり、施設利用者数と滞在エリアの分布によって環境が変化する。創エネなしに Nearly ZEB の領域 (75% 削減) に入るためには室内環境のセンシングを駆使したこまめな運用が必要不可欠である。そこで、本来であれば専門知識を有する管理者が常時滞在する代わりに人工知能がその運用の最適化制御を実施する。既往制御システムとは BAC-net で通信し、AI からの監視制御を可能としている。つまり FCU の運転状況・OHU 運転状況・画像センサの検知情報・温湿度データ等、さらに追加されたセンサにより建物側の情報にアクセスし、最適化を行う。また、蓄積されたデータは、さまざまなコミッションング、エネルギーの最適化、快適性の確認に利用され、かつ日常的には、サイネージともクラウド情報連携をしているため、館内の混雑状況、エネルギーの利用評価などにも利用されている。

## (2) 見える化

AIクラウドを活用して、デジタルサイネージによる見える化を行った。図6-2は画像センサーの人検知情報から各エリアの混雑度を表示している。学生は、1Fまたは2Fにある出入口から入館するが、上階の混雑度が直観的にわかりやすい表現で表示されていることで、学生の居場所選びを助けている。また、屋外の過ごしやすさを見える化することによって、2Fや屋上に設けたテラスの利用促進を図っており、さらに、さらに、7.1節でも述べるが、密を避ける感染症対策にも有効となる。

### 6-3. 熱源最適化制御

#### (1) 中央熱源と個別熱源のベストミックス

契約電力、一次エネルギー消費量、インシヤル・ランニング・ライフサイクルコスト等の面から比較検討した上で、熱源のベストミックス案を決定した。図6-3に熱源系統概要図を示す。オープンエリアは中央熱源方式で、空冷モジュールチラーおよびGHPチラーを採用し、熱源を二重化している。空冷モジュールチラーをベースで稼働させ、GHPチラーでピークカットを行う。研究室・演習室等の個室は、空冷パッケージによる個別方式を採用しており、各室の用途に応じて、中央熱源・個別熱源を使い分けている。

#### (2) 熱源送水温度制御 (VWT 制御)

外気温湿度と外気処理空調機の特長から熱源送水温度を自動演算する熱源送水温度制御(竹中工務店特許技術第6577760号)を行っている。これは空気線図上にマッピングを作成し、外気温湿度の情報だけで、空調機が能力を満足させることができる熱源送水温度を設定できるものである。その結果、従来は熱源送水温度を一定で運用、あるいは運転管理者の経験で送水温度を都度変更していたが、自動で無駄のない高COP領域での運用が可能になる。(図6-4)

#### (3) 送水温度の出現頻度の計画値と実績値比較

図6-5に標準気象データ(各月8~20時:13h×12月=156データ)から算出した熱源送水温度の出現頻度の計画値を示す。図6-6の実績値から6°C未満の出現頻度が高い。これは、4月から7月中旬まで、AI制御との連携不具合にて熱源出口温度設定値が0°Cに固定されていたことが原因である。一方、これを除けば、計画値と比べると冷水は12°C程度の出現頻度が高くなっている。また、温

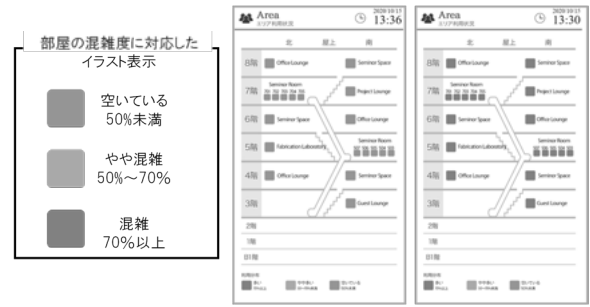


図6-2 各エリアの混雑度表示

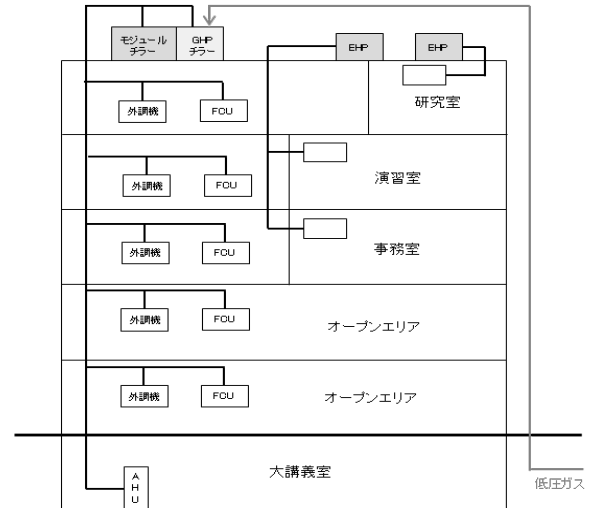


図6-3 熱源系統概要図

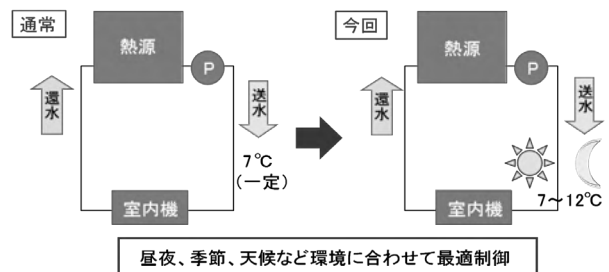


図6-4 熱源送水温度制御(冷房時)

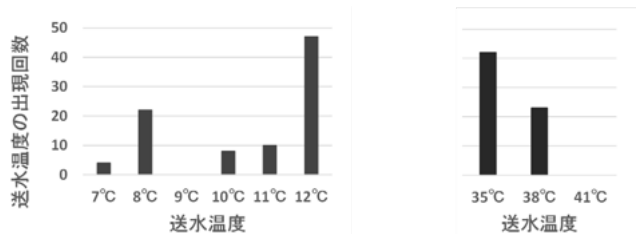


図6-5 送水設定温度の出現頻度の計画値(標準気象データにて作成:24h×12月)

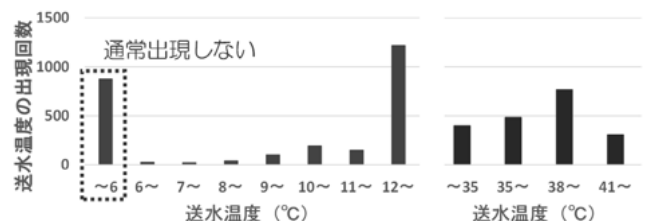


図6-6 月ごとの中央熱源負荷の実績値



水も実績値の方が 41℃の出現頻度が高くなっているが、大半が 40℃程度以下の比較的低い温水で送水されている。このことから、一般的な固定値である冷水 7℃、温水 50℃で送水した場合に比べ熱源 COP の向上に加え、配管からの放熱熱ロスも低減させ、省エネと簡易制御による省力化をさせていると言える。

(4) 熱源システム COP

図 6-7 に 2021 年度における月毎の二次側負荷熱量とシステム COP を示す。冷房時 1.64、暖房時 1.23、年間 1.46 となった。4 月から 7 月中旬まで熱源送水温度設定値が 0℃固定になっていた不具合を加味すると、今後はさらなる COP の向上が期待できる。

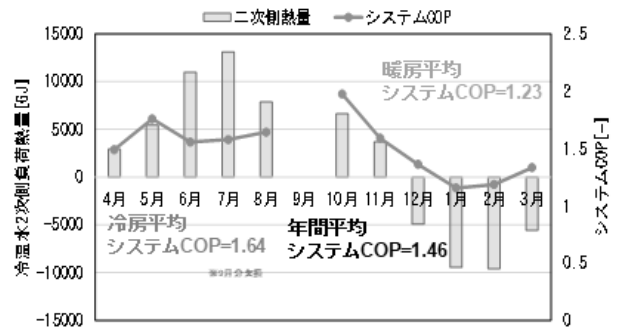


図 6-7 月毎のシステム COP の実績値

7. 運用中の新たな課題への対応

7-1. 三密対策

画像センサーの人数検知機能による換気量制御及び自然換気を行うことで、「密閉」空間を避けている。在室者数が多いエリアにおいてもピークで 500~600ppm 程度となっており、省エネ化を図りながらも適正な CO2 濃度を維持することができている。

画像センサーで検知した人数情報の取り込みによる混雑状況の見える化や外気温湿度情報取り込みによる屋外の過ごしやすさの見える化によって、「密集」場所を避けることができる。混雑状況の見える化によって、混雑を避けながら、学生の自習やグループワークなど、活動内容に適した居場所の選択を積極的に行うことができる。外気温湿度情報取り込みによる屋外の過ごしやすさの見える化で、テラスや屋上デッキの利用を促進する。建屋の出入口は 1、2F のみのため、通常であれば低層階の利用に偏りが生じることも考えられるが、見える化によって、学生が適切に場所を選択することで、建物全体の利用促進ができる。

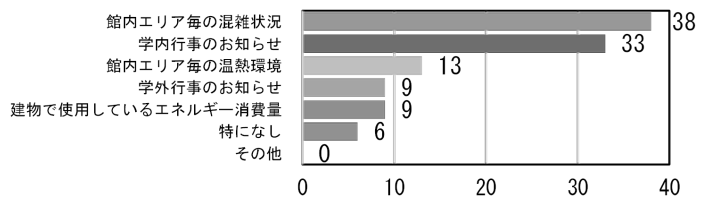


図 7-1 興味深いと感じるデジタルサイネージの掲載

実際に、運用時アンケートで、自習場所を選択する時に重視したことを聞いたところ、密集・密接を避けやすいと思われる、静かな場所や広い空間を重視していることがわかった。また、興味深いデジタルサイネージのコンテンツを聞いた設問では、131 人中 39 人が「館内エリア毎の混雑状況」を選択している。これは選択項目の中で最も多い結果であり、学生の関心が高いことがわかる (図 7-1)。このように見える化が積極的に「密集」場所を避けることに繋がっていると考えられる。

7-2. 温熱環境の改善

運用時の冬季アンケート結果より自由意見の 29 件中 9 件で「夏季にオープンエリアが暑い」という意見があった。図 7-2 に 2021 年の夏休みの空調停止中、降雨がなく外気温度も同等の期間における室



図 7-2 夏季休暇中の外気、室内温度と降雨量の経時変化

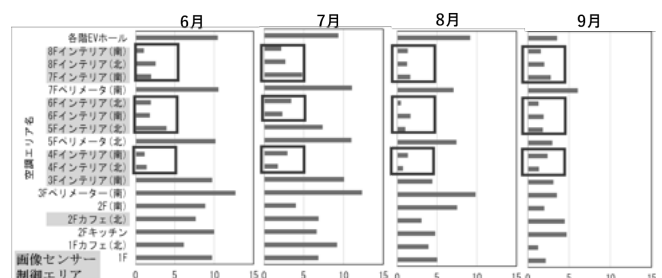


図 7-3 FCU 一台当たりの運転時間 (2021 年)

内温度の経時変化を示す。この結果より、本建物は、空調停止中は貫流熱や日射取得熱によりどんどん蓄熱され室内温度が上昇することが分かった。さらに図7-3に各階ゾーンごとのFCUの日平均運転時間を示す。この結果から、感染症拡大による影響で利用者が想定以上に少なく、画像センサ制御にて空調の運転時間が短くなり、建物各所に蓄熱されてしまったことが暑さの原因と推察した。そこで、6月から9月において、FCUを8時から20時までの運用中、常時運転に切替える改善提案について学院と協議したところ、昨今のエネルギー価格の高騰や節電要請の観点から、屋上からの貫流熱が発生する7、8階のみ常時運転する改良改善策にて実施した。

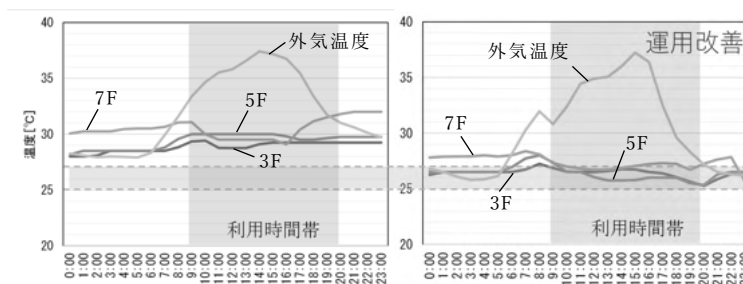


図 7-4 外気温と室内温度  
(左：2021年8月6日 右：2022年7月1日)

図 7-4 に 2022 年 7 月 1 日と同様の外部状況であった 2021 年 8 月 6 日における外気温と室内温度（3、5、7 階）の経時変化の比較を示す。運用改善策では利用時間の 9 時から 20 時において、各階の室温が 25～27℃と冷房時の快適温度域に入っており、「暑さ」が改善されている。

なお、7 月と 8 月において、常時運転に切替える改善提案での熱源・空調換気 1 次エネルギー消費量の予測値 44.46 (MJ/m<sup>2</sup>・月) に対して、7、8 階のみ常時運転とした実績値は、33.30 (MJ/m<sup>2</sup>・月) となり、温熱環境の改善と省エネルギーの両立が実現できた。

図 7-4 に 2022 年 7 月 1 日と同様の外部状況であった 2021 年 8 月 6 日における外気温と室内温度（3、5、7 階）の経時変化の比較を示す。運用改善策では利用時間の 9 時から 20 時において、各階の室温が 25～27℃と冷房時の快適温度域に入っており、「暑さ」が改善されている。

## 8. ZEB の実現

「快適性の向上」と「エネルギー消費量の削減」の両立を目指し、コストパフォーマンスの高い技術を採用することで BEI 値は WEBPRO の標準入力法による計算で 0.41 (コンセントを含むと 0.42) の ZEB Ready を取得している。

実績値では BEI 値が 0.23 と予測値の 0.41 に比べて小さくなっているが、これは熱源送水温度制御、冷温水変流量制御、画像センサによる在室者検知による空調・換気制御などの WEBPRO 未評価技術の効果が実績に現れたためと考えられる。一方、AI システムはパンデミックにより通常利用ではないこと等から、現状学習中でのため効果が十分に発揮できていない。今後も AI システムと組合せ、通常運用時でも「Nearly ZEB」を目指す。(表 8-1)

表 8-1 単位床面積当りの 1 次エネルギー消費量の

	WEBPRO基準値	WEBPRO設計値 (予測値)	竣工1年目 2020.4～2021.3	竣工2年目 2021.4～2022.3
	1次エネルギー消費量 [MJ/ (m <sup>2</sup> ・年)]			
熱源・空調・換気設備	1238.49	474.49	188.58	212.14
照明設備	252.96	101.21	102.50	89.30
給湯・昇降機設備	37.32	42.79	65.09	46.35
その他	46.17	46.17	52.95	77.43
合計	1574.94	664.66	409.12	425.22
合計(その他抜き)	1528.77	618.49	356.17	347.79
BEI値	1.00	0.42	0.26	0.27
BEI値(その他抜き)	1.00	0.41	0.23	0.23

## 9. おわりに

快適性・省エネルギー性ともに両立が困難で、立地にも課題のあった、立体ワンルーム型校舎において、自習環境の満足度約 90% (アンケートによる)、CASBEE S ランク、ZEB Ready 認証を達成した。女子学生の教育に適した満足度の高い空間と ZEB 化を実現した。また、新しい学びの場の在り方に挑戦した柔軟性のあるこの計画によって、感染症流行という不足の事態にも対応することができた。



写真 9-1 外観写真