

カーボンニュートラル賞

<b>受賞名称</b>
第9回カーボンニュートラル賞 関東支部
<b>カーボンニュートラル賞選考支部名称</b>
第9回カーボンニュートラル賞選考委員会 関東支部
<b>業績の名称</b>
ダイヤゲート池袋
<b>所在地</b>
東京都豊島区南池袋一丁目16番15号

応募に係わる建築設備士の関与

株式会社日建設計	塚見 史郎
	久保 洋香

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	株式会社日建設計				
建築主	西武鉄道株式会社				
建築主	株式会社西武プロパティーズ				
設計者	株式会社日建設計				
施工者	株式会社大林組				
施工者	株式会社九電工				
建物管理者	興和不動産ファシリティーズ株式会社				
検証者	株式会社日建設計総合研究所				
検証者	東京都立大学 一ノ瀬 雅之				
検証者	ものづくり大学 久保 隆太郎				
検証者	千葉大学 林 立也				
延床面積	49,662	m <sup>2</sup>			
階数	地上20階	地下2階	塔屋1階		
主用途	事務所・店舗				
竣工年月日	2019年2月				

支部選考委員長講評

<p>本建物は、都心に建つ延べ床面積 50,000m<sup>2</sup>、高さ100m相当の超高層大型テナントオフィスビルである。本建物の空調設備として、インテリアゾーンに中央熱源を利用した空調機を配置し、ペリメータゾーンを個別熱源で対応した併用方式を採用している。</p> <p>テナントビルとして様々な入居テナントの幅広い要求、要望を満たしながら、高い環境性を確保したいという設計者の考え・思いから、個別熱源機として「排気利用型ウォール・スルー・パッケージ (WTU)」を新たに開発・採用している。省エネルギー化は利用者には“制約”という形で不便・我慢を強いることが多いが、設計者の高い技術と強い意志（思い）で利用者の“自由度・利便性”を満たしつつ、一次エネルギー消費削減率55.5%、ZEB Ready相当の実績をあげていることを高く評価する。</p> <p>また、平時の省エネ技術を災害時のレジリエンスに対応させることで、設備のイニシャルコスト低減を図っている。このような目論見が、今後の大型建築へのカーボンニュートラル化の普及、促進への力添えになるであろう点も評価に値する。</p> <p>①省エネルギーへの取り組み・工夫</p> <p>日射負荷を考慮した南面コア配置、外装ブレースにより庇高架、Low-Eペアガラスの採用などの外部の高断熱化 (1.6W/m<sup>2</sup> K) や日射遮蔽としての太陽追尾型自動制御ブラインドの導入などの環境配慮建築である。また、ペリメータに設置した WTUに調和した外装サッシ・耐震ブレース配置などの設備・構造と一体となった建築計画を行っている。設備的には、空冷モジュールチラー（電気）と吸収式冷温水発生器（都市ガス）に温度成層型水蓄熱槽を組みあわせた多熱源方式とし、電力負荷平準や熱源機器容量の削減を図っている。新型デフューザーを開発し、水蓄熱槽の運転効率の向上を目指し、高い効率を確保している。</p> <p>運営後も、詳細な機器運転データやシミュレーションを基に、コミッションング・チューニングによる運転改善を行い、夏季ピーク時での蓄熱効率 90%程度、蓄熱槽内冷水温 (12℃→14℃) に改善するなど、地に足が着いた着実な技術検証も評価に値する。</p> <p>②再生可能エネルギー利用・工夫</p> <p>室内空気を圧縮機の熱交換に利用する「排熱利用型 WTU」を開発し、部分負荷時の COPが最大 40%程度の向上（標準機比）し、年間を通じて高効率な空調運転を可能としている。なお、屋上に 15kW の太陽光発電を設置している。</p>
---

## 関与した建築設備士の言葉

ダイヤゲート池袋は、鉄道を跨いで建つ超高層テナントオフィスビルであり、計画にあたっては高いレジリエンス性能と環境性能が求められました。入居者ニーズに柔軟な対応が必要なテナントビルにおいて、建築計画と調和した排気利用型ウォールスルー併用空調システムを導入し、窓廻りの快適性向上や、気流分布や換気効率がよい室内環境を創出しつつ、排気熱回収による機器効率の向上を図りました。竣工後は、BIMを活用した設備管理支援ツールによるデジタルツインを構築し、ビル管理者をはじめとする関係者間で設計意図の効率的な共有をしながら、コミッションング会議を定期的に行い、熱源のシミュレーションと実運転の比較結果を運用に反映するなど継続的な改善を実施してきました。コロナ禍では換気量確保の優先など難しい運用でしたが、満室稼働のテナントビルとして非常に高いエネルギー性能となりました。カーボンニュートラルの実現を目指す社会で本成果が役立てれば幸いです。計画から運用に至るまで関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

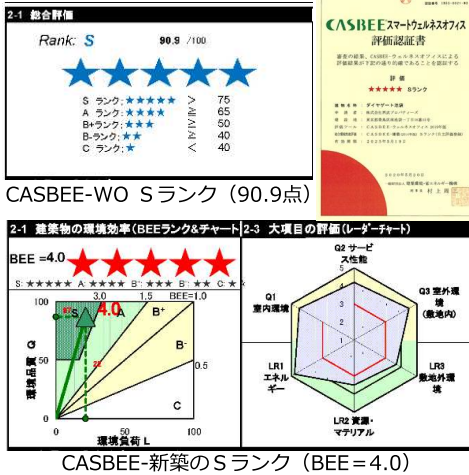
( 塚見 史郎 久保 洋香 : 株式会社日建設計 )

業績の名称： ダイヤゲート池袋

■ 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

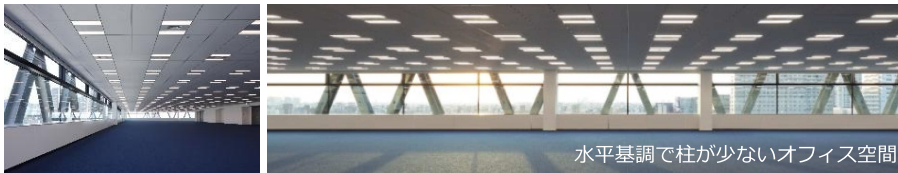
1. ダイヤゲート池袋の計画概要（スマートウェルネスオフィスの実現）

本建物は鉄道を跨いで建つ国内初の100m級の超高層テナントオフィスビルである。西武鉄道を跨いで建設され、大型の基準階オフィスプレートを確保しながら、鉄道上空には日常時の歩行者動線や賑わいに寄与し、災害時の帰宅困難者受入れ等パブリックスペースとなるデッキを構築した。世界有数の乗降客数を誇る池袋駅に近接し、鉄道軌道を跨ぐ本敷地の条件も勘案して、高いレジリエンス性能を目標としつつ、都心のテナントビルとして高い環境性能が求められた。これに対して、建築計画と調和した排気利用ウォールスルー併用空調システムを導入し、省エネルギー性を主軸としつつもレジリエンス性・快適な室内環境の両立、有効面積や入居者対応の柔軟性・運用管理にも配慮したスマートウェルネスオフィスを実現した。CASBEE-新築のSランク及びCASBEE-WOのSランクとなり、CASBEEスマートウェルネスオフィスの総合評価Sランクとなった。

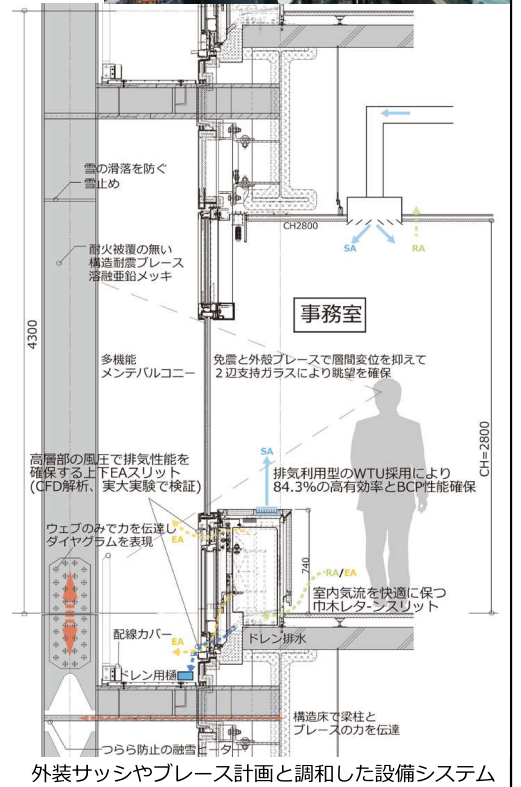
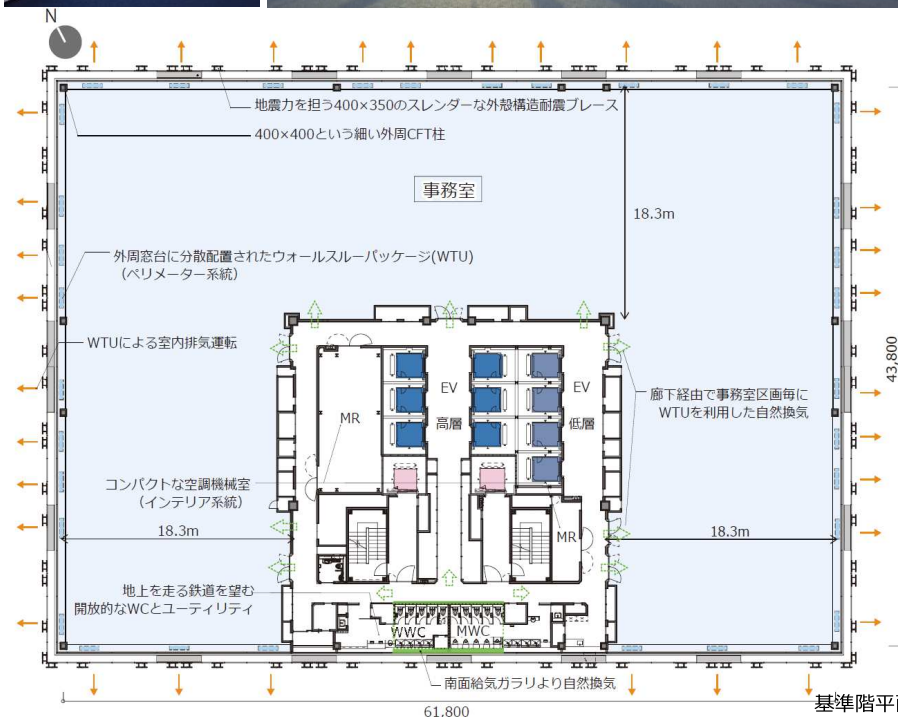


2. 基準階オフィス概要（約2,100㎡の整形無柱空間の快適なオフィス環境）

室内柱が少ないアウトブレース構造と眺望性の良い2辺支持ガラスと調和するように設けたペリカウンター内部にウォールスルーユニット(WTU)を分散配置し、眺望性確保と有効面積率の高いコンパクトなコアを実現した。超高層ビル特有の風圧力の問題を解決するため外装サッシやチャンバー形状の工夫を行い、シミュレーションや実験での技術検証を重ね、排気利用型WTUによるペリメータ空調と室内排気運転を同時に実現した。



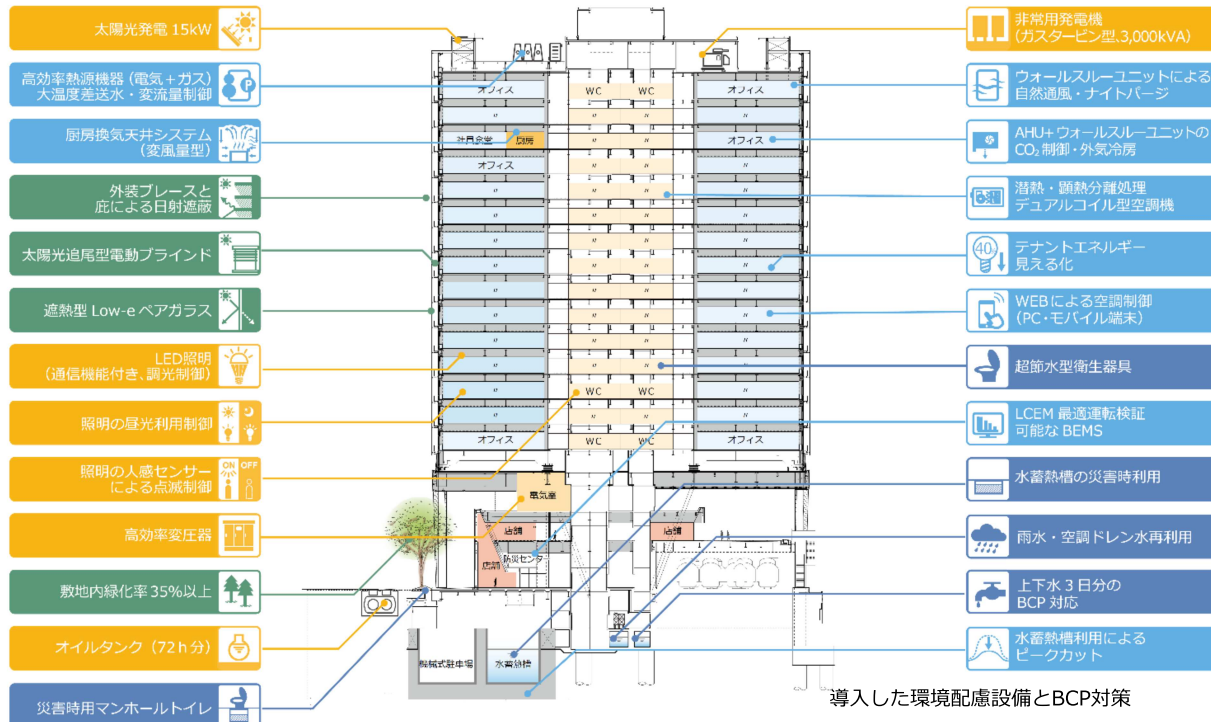
水平基調で柱が少ないオフィス空間



### 3. 省エネルギーとレジリエンスを両立した環境設備計画の概要

大規模テナントビルとして、入居テナントの運用に合わせてフレキシブルな運用が可能な熱源・空調システムを構築し、窓廻りでの個別制御性・室内温熱環境・気流快適性に優れたオフィス空間を目指した。経済的合理性や運用安定性の観点から、日常的な省エネのための設備や環境配慮の設計の工夫がそのまま災害時のレジリエンス機能としても貢献する計画とした。

- ・レジリエンスと省エネルギーを両立させた『水蓄熱槽を利用した複合高効率熱源システム』
- ・室内快適性と機器運転効率の向上を実現させた『排気利用型ウォールスルーパッケージ併用空調』
- ・高性能フィルターとデュアルコイルで空気質や除湿・加湿性能に配慮した『潜熱顕熱分離処理デュアルコイル型空調機』
- ・電力デマンドを抑制した設備システムにより、フルデマンドの大半をバックアップ可能な『非常用発電機』を屋上に設置
- ・計画当初より長寿命化に配慮したライフサイクルデザインを目的とし、設計から施工、運用管理まで一貫してBIMを活用し、運用段階で活用できる『設備機器管理ツール』を開発実装し、ビル管理者による試行運用



#### 年間一次エネルギー消費量の計画値と実績の比較

コンセントを除く年間一次エネルギー消費量実績は、右図に示すとおり、H28年省エネ基準モデルの基準値(BESTプログラムにより試算)に比べて約57%の削減となった。現状、設計値をやや上回っているが、冬期における熱源廻りの運転改善により次年度以降の差は少なくなると考えられる。

#### 年間一次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の位置づけ

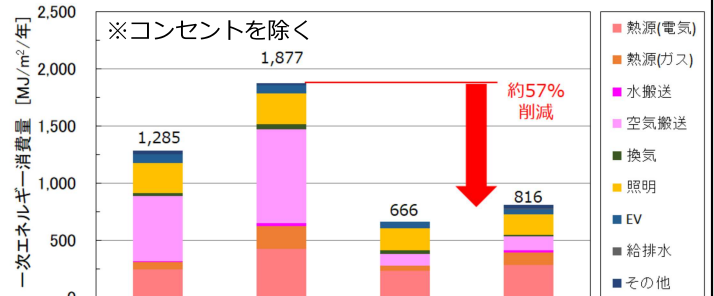
年間一次エネルギー消費量は1,105MJ/m<sup>2</sup>年、CO<sub>2</sub>排出量は50.3kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>年となった。いずれも2017年度事務所用途の平均値に対して約43%の削減となった。基準値と実績値を比較すると基準化需要量は0.48となり、太陽光発電による再生可能エネルギーの基準化供給量は0.003となり、ZEBチャートにあてはめると、大規模テナントビルながらも『ZEB-Ready』相当として位置づけることができる。

#### 月別一次エネルギー消費量の推移

2020年2月以降の新型コロナ発生禍ではテナントの出社人数の調整等があるものの、建物全体が稼働状況にあり、省エネよりも換気量確保を優先とし、CO<sub>2</sub>制御の設定値を従前の900ppmから400ppm等に大きく下げて運用している。冬期の外気負荷処理用のガス熱源の運転が多いが、空調機内でのミキシングロスがあったことがわかり、4月以降に改善を図っている。年間の一次エネルギー割合は、オフィスのペリメーター空調(WTU)のエネルギーは全体の9%程度で、インテリアのセントラル空調・熱源は28%であった。

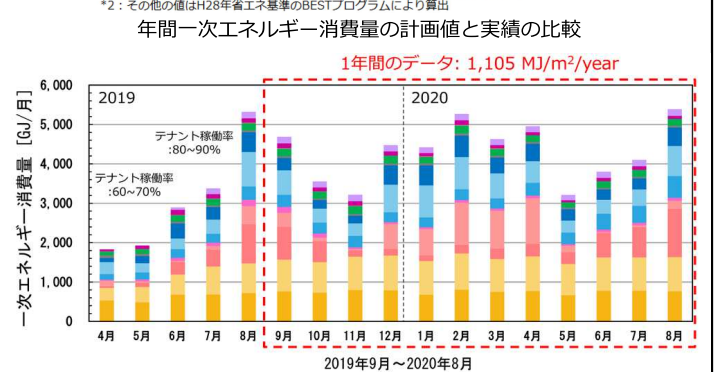
#### 超節水型大便器を採用した節水型オフィスビルの実現

給水使用量原単位の平均は36ℓ/m<sup>2</sup>/月であり、『建築設備情報年鑑』における竣工設備データ(2019年)の給水使用量統計値(55.3ℓ/m<sup>2</sup>/月)と比較すると35%削減となった。上水・雑用水の割合は上水62%、雑用水38%となり、超節水型大便器の全面導入により雑用水使用量が大きく低下した。雨水、空調ドレンをトイレの洗浄水として再利用し、雑用水の約75%を再生水で賄うことができた。



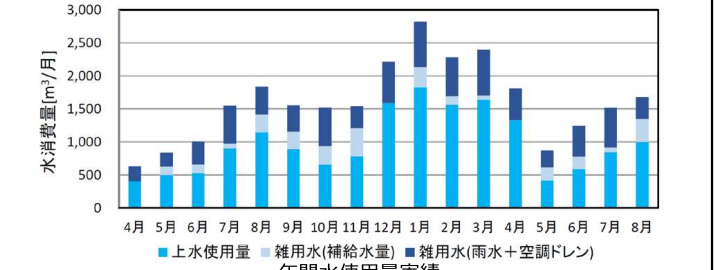
※コンセントを除く

年間一次エネルギー消費量の計画値と実績の比較



1年間のデータ: 1,105 MJ/m<sup>2</sup>/year

月別一次エネルギー消費量の推移



年間水使用量実績

## 4. 排気利用型ウォールスルーユニット併用空調システムによる省エネで快適なオフィスの実現

### 排気利用型WTU導入の背景と目的

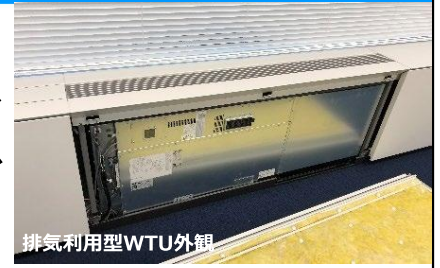
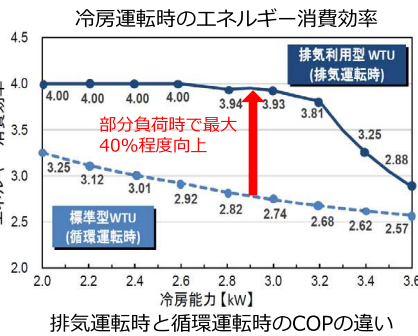
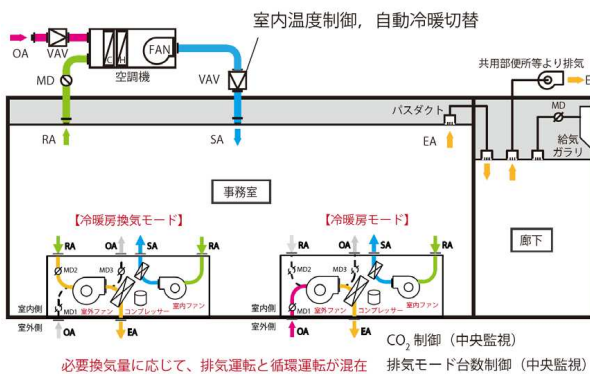
異なる人員密度や小部屋レイアウト等不特定の入居者への対応が必要なテナントビルにおいて、窓廻りの快適性を向上し、気流分布や換気効率がよい室内環境の創出するため、室内空気を圧縮機の熱交換に使用する排気利用型ウォールスルーパッケージ(WTU)を開発、導入した。執務者が自由に操作が可能なWTUの消費電力は従量課金対象であり、執務者運用の工夫がエネルギー低減に反映されやすい空調システムを構築した。

### 排気利用型WTU併用空調システム

室内・外気負荷を処理する空調機(AHU)とペリメータ外皮負荷を処理する排気利用型WTUを併用した空調システムとした。空調運転時は事務室内のCO<sub>2</sub>濃度によりWTUの必要な排気運転台数を自動制御し、新鮮外気が外周部のWTUを通して窓廻り足元からファサード全体で排気するシステムとした。鉄道騒音の影響を緩和した外気冷房や涼風換気を実現し、上下温度差が少なく、換気効率がよい室内環境を創出した。また、電力供給逼迫時等は「災害時給気モード」に切替えることで成行で外気取入れも可能である。

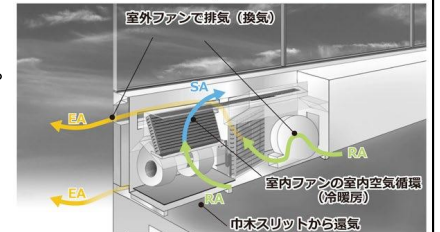
### 排気用型WTUのエネルギー消費効率の向上

室内温度は外気に比べ、夏は温度が低く冬は高いため、排気利用型WTU(排気運転時)は標準型WTU(循環運転時)より、部分負荷時のCOPが最大40%程度向上した。排熱を回収する排気機能の追加により年間を通じて高効率な運転を実現できる。

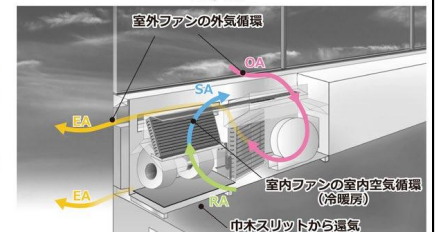


排気利用型WTU外観

排気運転 (本計画で開発)  
冷暖房換気モード 消費電力: 1.3kW/台  
窓際空調 ON/OFF  
換気モード 消費電力: 0.1kW/台



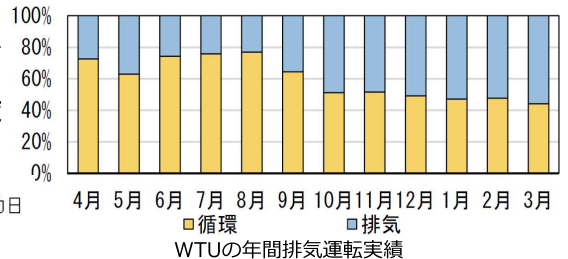
循環運転  
冷暖房モード 消費電力: 1.7kW/台  
窓際空調 ON/OFF  
運転停止



WTUの運転モード(排気運転と循環運転)

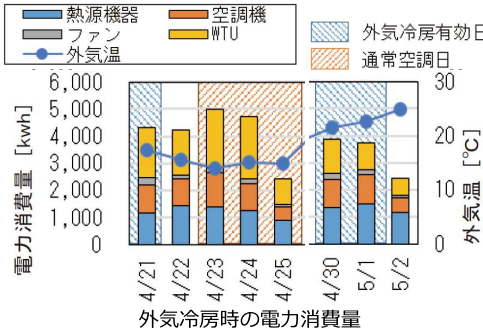
### WTUの排気運転時間割合

必要換気量の想定人員密度0.2人/m<sup>2</sup>(6m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>, 30m<sup>3</sup>/h/人)に対して、分析該当エリアの在室人員は0.12人/m<sup>2</sup>程度であるが、冷房ピーク時で約30%、外気冷房のため排気運転が長くなる傾向のある中間期で約50%程度が排気運転であった。年間を通じて排気運転によるCOP向上が見込まれる。



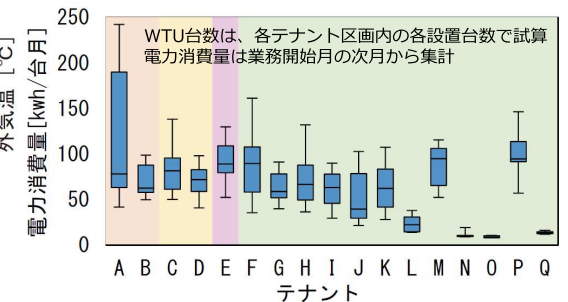
### 外気冷房運転時の消費電力量

中間期など外気冷房モード時は、WTUが全数排気運転を行う。通常空調モード時より導入外気量が増えるため、外気ファン動力は増えるが、熱源機器の動力減少とWTUの消費電力減少により、外気冷房稼働時は建物全体で500kWh程度の動力削減効果がある。



### テナント種別別のWTU負荷パターン

原則インテリアAHUとスケジュール連動でWTUによるペリメータ空調を開始するが、一部テナント(L,N,O)では始業時にWTU空調は停止状態で、執務者の手動操作で空調運転を開始する運用としている。これは、WTUのコンプレッサの停止時間が増加し大幅な消費電力削減が図れるため、他に比べ電力消費量が著しく少ないことがわかった。



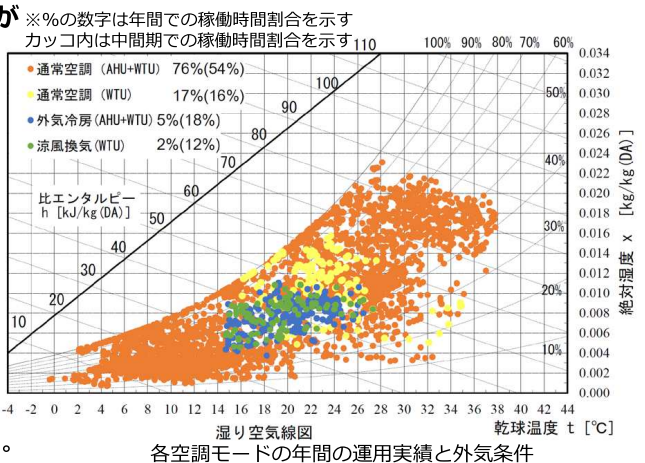
テナント種別ごとのWTU電力消費量(月ごと1台あたり)

### 各空調モードの年間の運用実績と外気条件

代表として14階西側系統空調機の1年間の空調モード稼働実績を図に示す。中間期は外気冷房モードが18%、涼風換気モードが12%の運転時間で、残りは通常空調モードであった。運用初年度は外気冷房範囲の安全側の設定(下限15℃)としていたが、温熱環境測定やアンケート評価を経て、運用2年目は外気冷房期間の拡大を図っている。

### 空調による消費電力改善のためのコミショニング

室内実測・アンケート結果及びエネルギーデータを総合的に分析し、快適性を保ちつつペリメータとインテリアのミキシングロスが極力少なくなるように、2020年度よりVAV基準温度は26℃で年間一定、WTUは冷暖自動モード固定、設定温度を季節で変更する運用とした。

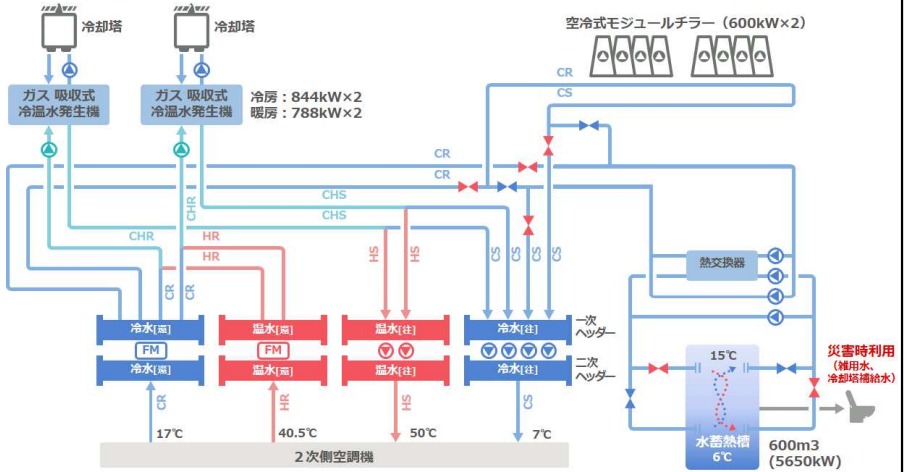


各空調モードの年間の運用実績と外気条件

## 5. 電気・ガス併用による電力負荷平準化の効率熱源システムの構築

### 熱源システムの概要

熱源は冗長性に配慮して空冷モジュールチラー（電気）+吸収式冷温水発生機（ガス）+温度成層型の水蓄熱槽の多熱源構成とし、ピークカット運転による電力負荷平準化及び熱源機器容量の合理化を図った。また、水蓄熱槽は災害時にトイレ洗浄水や冷却塔補給水に利用可能な計画とした。冷房負荷は水蓄熱槽+空冷チラーをベースとし、冷温水発生機による追掛運転とする計画とした。暖房負荷は吸収式冷温水発生機にて計画した。夜間の少量のテナント残業負荷に対応するため、蓄熱運転時に一定の低流量を2次側空調機に送水するモードも設けた。



### 熱源システムの基本性能検証

空冷チラーの蓄熱運転時の平均COPは、夜間の気温が低い時間帯であるため、定格COPを上回り高効率な運転をしていた。水蓄熱槽の蓄熱効率は、テナントフル稼働の2020年夏期ピーク時に90%程度となり、約20GJの蓄熱容量のうち約9割の蓄熱が利用できていることが確認された。夜間移行率は中間期で約70%、夏期で約33%であった。

### 蓄熱システムによる電力デマンドの抑制

電力デマンド抑制のため、蓄熱式の熱源システムとともにガス熱源も併用している。電力デマンドの実績は、1,880kW（38W/m<sup>2</sup>）となり、デマンド抑制を行わないシステムの場合の想定電力デマンド値2,500kW（50W/m<sup>2</sup>）に比べて、約24%の抑制となった。

### 運転順位を考慮した熱源運転のケーススタディ

LCEMツールを用いて熱源の運転順位や放熱時間を変えた6ケースをシミュレーションし、低負荷時及び高負荷時の効率的な運転方法の検討、ピークカット効果を分析した。低負荷時における一次エネルギーは、日中の追掛運転をガス熱源優先で行うCase-4の方が多く、日システムCOPは電気熱源による追掛運転を採用するCASE-3の方が高い結果であった。日中の運転は電気熱源による追掛け運転、蓄熱槽の放熱運転はピークカット時間において集中的に実施することで、日システムCOPは約2%程度向上することが分かり、実際の運用にフィードバックした。

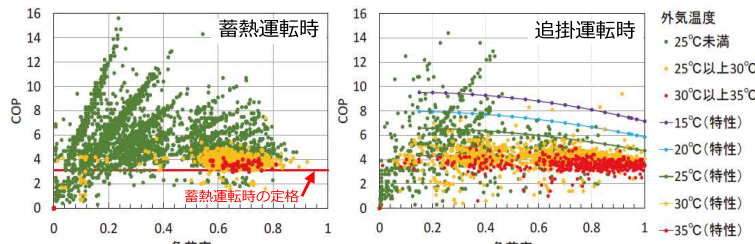
### コミショニングによる運転の改善効果

実運転とLCEMの比較の結果、実運転での製造熱量が小さく、熱源機能力が十分に発揮おらず、熱交換器の放熱量が設計想定値よりも小さいことがわかった。また、槽内温度が放熱完了条件の14℃まで到達せず12℃付近で平衡状態となっていた。竣工2年目の2020年度の運転は、熱源の台数制御ロジックの変更、冷水2次ポンプの差圧下限値の調整を行った。熱源台数制御は、変更前は2次側の要求流量と要求負荷のハイセレクトで熱源増段を行っていたが、要求熱量ベースで制御することにより熱源増段のタイミングを遅らせる調整を行った。また、冷水2次ポンプの差圧下限値は、差圧を調整することにより流速を落とし2次側の温度差をつけることを狙った。これらのチューニングにより、竣工2年目の運転は、1台あたりの熱源機能力の増加と蓄熱槽からの放熱量の増加を図ることが可能となった。

### 熱源空調の一次エネルギー分析（DECC比較）

月別の空調設備の一次エネルギー実績値と非住宅建築物の環境関連データベース（DECC統計値）との比較を行った。前述の熱源や空調設備の省エネの取組みと運用改善により、統計値より年間平均約46%の削減となった。冷房主体の夏期は約55%、中間期は約65%の削減となったが、冬期は外気負荷処理のガス消費量が大きく、削減率は約30%であった。運用2年目はWTUとインテリア空調のミキシングロスが少なくなるような設定温度に変更し、2020年冬期のガス熱源の運転時間を低減するための運用改善を図っている。

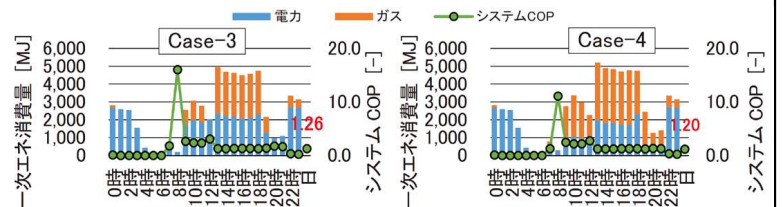
電気・ガス併用熱源+水蓄熱槽の熱源フロー図



空冷チラーの定格性能と実運転性能



夏期代表日における電力量の時刻別推移



LCEMによる高負荷時における一次エネルギー消費量とシステムCOPの比較

