

本町サンケイビルの環境設備計画

Environmental Facilities Planning for HOMMACHI SANKEI Building

株式会社竹中工務店設計部

TAKENAKA Corporation Design department

原瀬 拓也・前田 龍紀

Takuya Harase ・ Tatsunori Maeda

キーワード：ウェルネスオフィス(Wellness Office)、

水熱源マルチパッケージエアコン(Water Source VRF Systems)、

小型水熱源 HP 給湯器(Compact Water Source Heat Pump Water Heater)

1. はじめに

本町サンケイビルは大阪を代表するオフィス街・本町に位置する超高層テナントオフィスビルである。全国で中規模～大規模テナントオフィスビルを展開している事業者にとって、西日本エリアの新たな拠点として建設された。テナントビルは事業者にとって適正な事業性の確保が必須要件であり、競合ビルに対してあらゆるテナントニーズに対応できるスペックが求められる。環境面でも、ZEB・脱炭素といった社会全体としての課題に向き合うことが必然であり、事業性と環境性を最適化することは現在のオフィスにとって最低条件と言える。さらにこれからのオフィスには、労働人口の減少やワーカーの高齢化に伴い、事業者にとって「働く場の供給」という意味だけでなく、「企業の生産性を高める原動力」としての役割が課せられる。

本計画ではそれらの課題を踏まえ、先導的かつ普及型となりえる都心型超高層ビルのスマートウェルネスオフィスを創出すべく、①レンタル比・フレキシビリティの最大化、②超高層オフィスビルにおける脱炭素計画、③逼迫する作業員不足に対する省人・省力化手法の採用、④知的生産性を高める安心・安全なウェルネスオフィスに取り組んだ(図 1-1)。



写真 1-1 建物外観

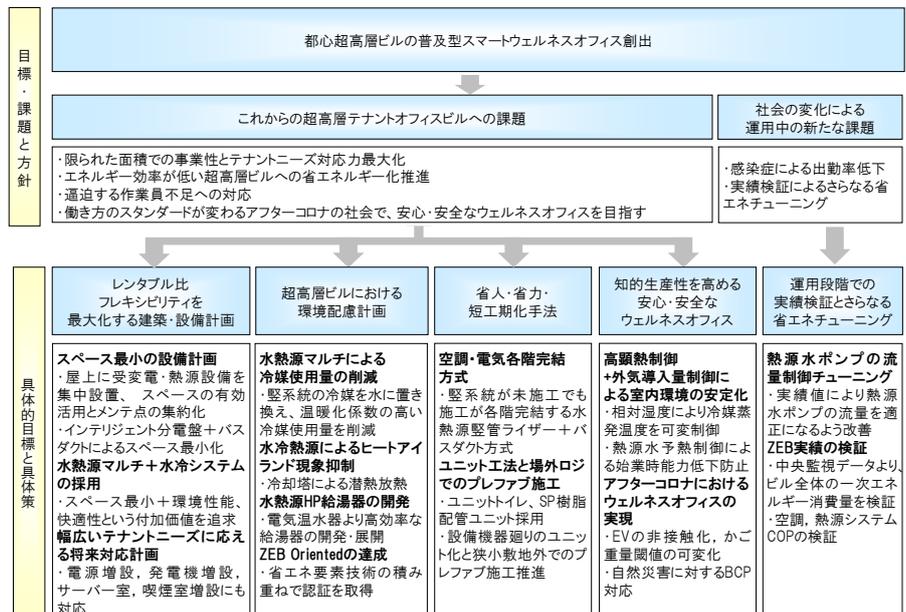


図 1-1 設備計画の方針展開と成果の概要

2. 建築計画概要

本建物の敷地は四面を道路に囲まれており、1階はエントランス及び店舗、3・4階は自走式駐車場、5～21階の17フロアはオフィス階、屋上の一部はテラスとしてテナント執務者に開放されている。図2-1に全体計画の概念図を示す。

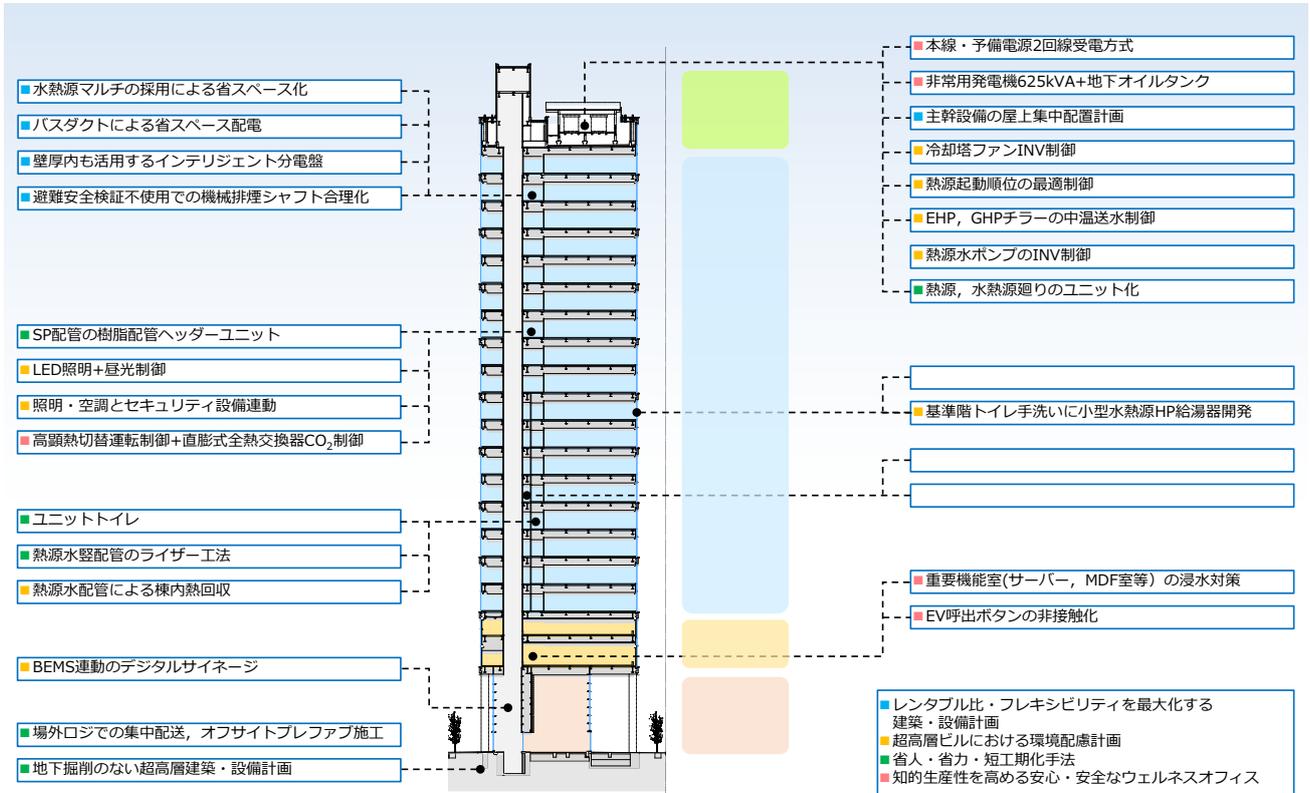


図 2-1 全体計画の概念図

3. レンタブル比・フレキシビリティを最大化する建築・設備計画

3.1 スペース最小の設備計画

本計画では事業性を最大化するべく、総合設計制度をはじめ、大阪独自の制度の環境配慮型容積ボーナス制度等を活用し容積率を最大化している（図 3-1）。この最大化した容積率でオフィス専有部、共用部ともに潤沢なビルを目指すには屋内の設備スペース最小化は必須となる。

そのためには設備スペースを面積発生しない屋外や屋上、容積対象から緩和される地階に集中設置する必要がある。ただし大阪市内は地下水位が高く、地階を設けて設備諸室を納めることは限られた工期では困難であり、本計画では地階のない超高層ビルを実現した。

受変電・発電機・共用熱源は超高層ながらすべて屋上外部に集中設置しており、貸室有効率を最大化するとともにメンテ点の集約化を図った。さらに、屋上はキュービクルを中心に負荷である熱源、発電機を挟んで配置し、相互の距離を最短化し合理化している（図 3-2）。また熱源の合理化により設備スペースを最小化し、屋上庭園を創出してテナントに開放することが可能となった。

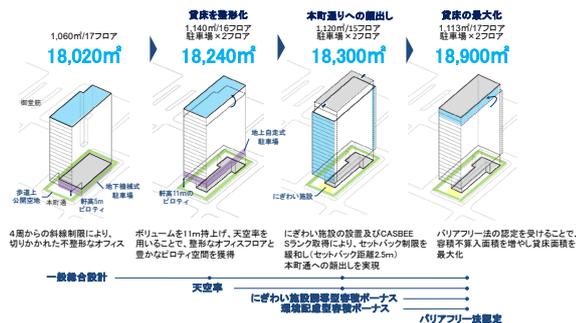


図 3-1 貸床の最大化

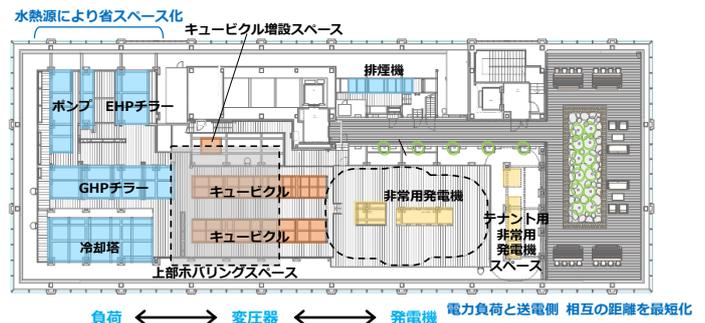


図 3-2 主幹設備の屋上集中配置計画

基準階までの縦幹線は電灯系統にバスダクト方式を採用(写真 3-1)、専有部オフィスの電灯分電盤はスチールパーティション壁厚 80mm 内に納める「インテリジェント分電盤」を新しく開発した。共用部との界壁厚内を有効活用するため、盤内ブレーカの横使いにより極限まで最薄化を実現した(図 3-3)。共用部の EPS 面積は、バスダクト+インテリジェント分電盤の採用により通常配電方式と比較して、全体で 1%以上削減した。



写真 3-1
バスダクト配電



図 3-3 壁厚内に納まる
インテリジェント分電盤

3.2 水熱源マルチ+水冷システムの採用

本計画では、中央熱源と比較して個別制御性が高いことから個別分散型マルチパッケージ方式(以下マルチ方式)の採用を前提に検討した。マルチ方式は空気熱源方式がメジャーであるが、超高層ビルにおいて空気熱源マルチ方式を採用する場合、図 3-4 に示すようにショートサーキット、COP 低下や周囲への騒音対策、冷媒配管長増大による空調能力、COP 低下が課題となる。そこで、空気熱源マルチ方式と水熱源マルチ方式の比較を行い、冷却塔から集中的に放熱を行い冷媒配管長が最小となる「水熱源マルチ方式」を採用した(表 3-1)。

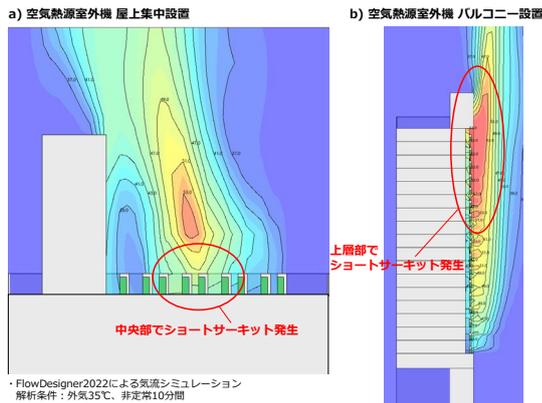


図 3-4 空気熱源マルチパッケージ
室外機ショートサーキットシミュレーション結果

表 3-1 空気熱源マルチと水熱源マルチ方式の比較

	空気熱源マルチ方式	水熱源マルチ方式
システム図		
環境	<ul style="list-style-type: none"> 空気中へ排熱、ヒートアイランド現象の要因△ 空調機周辺のショートサーキット△ 周辺への騒音△ 	<ul style="list-style-type: none"> 冷却塔による潜熱放熱、ヒートアイランド現象の抑制○ ビル内熱回収が可能○ 冷媒使用量の削減○ 熱源水の搬送動力増大△ ポンプINV制御の採用 暖房時のシステムCOP低下△ →事務所用途では年間ほとんどが冷房負荷
運転性能	<ul style="list-style-type: none"> 個別制御性○ 室外機ショートサーキット△ 冬期デフロスト運転△ 	<ul style="list-style-type: none"> 個別制御性○ 冷却塔による安定放熱○ GHPチャラーによる安定暖房○
設備スペース	<ul style="list-style-type: none"> 各階に室外機置場が必要、冷媒スペース大△ テナント有効率△ 増設対応は共用部に予備スペース必要△ 	<ul style="list-style-type: none"> 熱源機器は屋上に集中設置○ 水冷ユニットのみ各階に設置○ テナント内に水熱源ユニット増設も可能○
施工性・省力化	<ul style="list-style-type: none"> 冷媒配管の溶接量△ 狭小シャフトでの作業△ 	<ul style="list-style-type: none"> 室外機系統ごとに冷媒配管は各階完結○ ライザ工法採用可能○
BEI	○ 標準	◎ -0.18

水熱源マルチはシステム全体として省スペース化が可能であり、レントラブル比の向上にも貢献できる。さらに本計画では図 3-5 のように各階空調機械室内の水熱源ユニットを二段積みの構成とすることで、機械室スペースを通常よりも 40%~50%程度削減した。水熱源マルチ+水冷方式の採用によりオフィスビルのシステム全体としては 21%の省スペース化、設置面積当たり 1.27 倍の機器能力を計画することが出来た(図 3-6)。

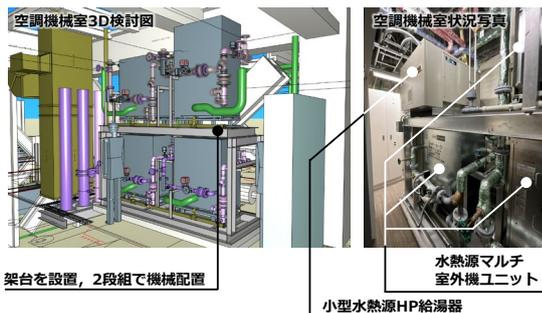


図 3-5 水熱源マルチの省スペース空調機械室検討



図 3-6 空調熱源・水熱源マルチの
面積当たり機器能力比較

3.3 幅広いテナントニーズに応える将来対応計画

基準階オフィスは最小6テナント分割であり、最小区画は約100m²である。メンテナンス性の確保、課金系統の明確化のために電灯回路だけでなく空調室外機系統もテナント系統毎に分割している。一部区画には給排水対応のための排水分岐や給水PSに分岐用バルブを設置し、将来用ガラリスペースを設け、換気量の増強にも対応できるようになっている。パスタクトを採用することで、無停電にて負荷増設が可能である。

4. 超高層ビルにおける環境配慮計画

4.1 強靱かつ省エネルギーの水冷熱源システム

水熱源マルチの熱源水は、冷房時には密閉式の冷却塔により安定した冷房運転が可能となる。暖房熱源には高COPな空冷モジュールチラーと夏季電力デマンド対策・冬季低温時の暖房安定化のためGHPチラーを採用している。

また、冷暖フリー水熱源マルチは分流コントローラーにより系内の冷暖房が混在していると、系内熱回収が可能となる。(図4-1) 加えて、水熱源マルチは熱源水10~45℃の範囲であれば、冷暖房どちらの運転も可能であり熱源水系統で冷暖房運転が混在していれば棟内全体で熱回収を行え、冷却塔や熱源の負荷を部分的に相殺することが可能となる。本計画では、熱源水系統に給湯用の熱源ヒートポンプ給湯器を接続し中間期から冬期にかけてさらなる熱回収を行う計画とした。

水冷システムは電気・ガス・水の蒸発潜熱といった、異なるエネルギー源と特性を持つ熱源で構成しているため、負荷や外気条件により最適な運転モード制御を考案した。(図4-2)

これらの制御により電力デマンドの抑制や外気低温時デフロストに強い構成とし、省エネルギー性と快適性を両立させる計画とした。

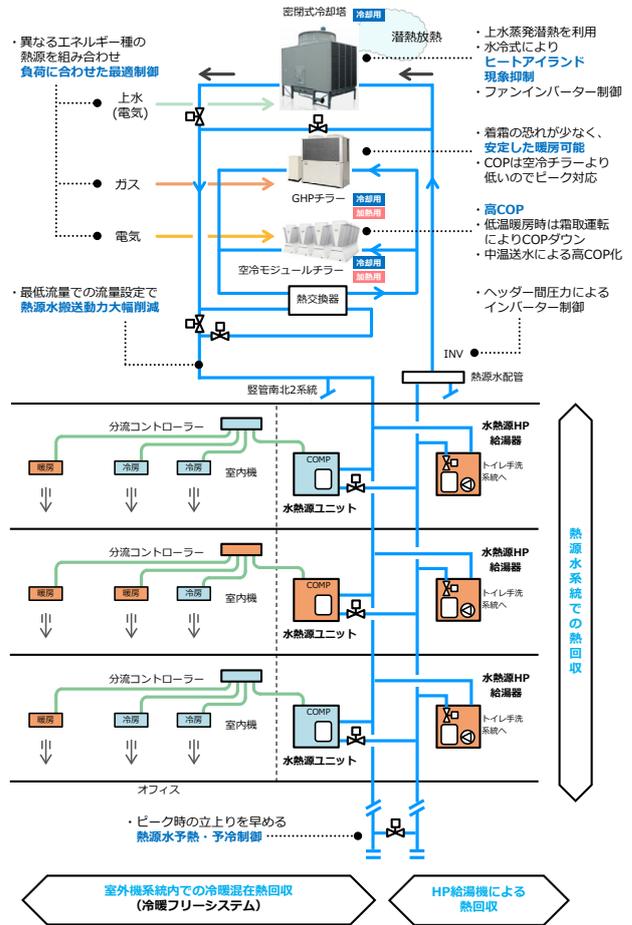


図4-1 水冷熱源システムの構成

4.2 水冷熱源システムの省エネルギー手法

都心部のヒートアイランド現象要因の一つに室外機顕熱放熱が挙げられるが、超高層ビルへの空気熱源HP採用はその熱密度のためよりヒートアイランド現象に寄与してしまう。また、近年の酷暑に対し空冷方式では能力低下が発生しやすくなる。

そこで本計画では蒸発潜熱放熱を行う冷却塔を全面的に採用している。冷却塔の潜熱放熱量実績を分析し、2023年度で5,915GJ/年の顕熱放熱置き換えを確認した。

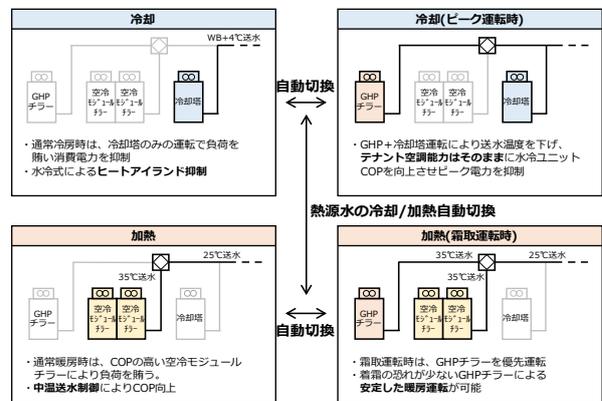


図4-2 熱源の最適起動順序制御概念図

4.3 水搬送動力削減計画

水熱源マルチは、高圧カットや内部の水-冷媒熱交換器凍結保護の観点から、熱源水最低循環流量がメーカーにより規定されている。そのため、年間運転時間の大半を占める低負荷運転時（＝熱源水への放熱が少ない）には熱源水の温度差がつかなくなり熱搬送動力の増大を招く恐れがある。

そこで本計画では、通常定格約 5℃差で計画する熱源水システムを、あらかじめ最低流量の約 10℃差で設定し、循環流量の約 50%削減を計画、ポンプ動力と配管径の削減を実施した。一方で熱源水が大温度差となることにより水熱源マルチ側の COP が低下することが予想されるが、図 4-3 に示す通り、冷房時熱源水入口温度 30℃条件での COP は約 6%の低下であり、大幅な COP 低下とならないことを確認した為、熱源水流量削減を優先することとした。

熱源水ポンプと水熱源マルチ廻りの熱源水制御は、表 4-1 に示すように最低流量を担保できるシステム数パターンを比較検討し、水熱源マルチ運転・サーモ ON 信号から ON-OFF 弁の開閉により、熱源水搬送動力の低減を図っている。

4.4 空気搬送動力削減計画

オフィス内空調室内機は、内装間仕切り変更によりダクトワークで対応可能なように天井隠ぺいダクト接続型を採用しているが、通常の「天井隠ぺいダクト接続型」は機外静圧が高い(100Pa)分、ファン消費電力も大きい。そこで基準階ダクトワークを施工図レベルで見直し圧力損失を最小とし、消費電力の低い「DC モーター天井ビルトイン型」を全面的に採用した。機外静圧は 30Pa であり、冷房時の室内機定格消費電力合計は、天井隠ぺい型から 45%削減、定格電力 4.11W/m²となり大幅なファン動力のカットに成功している(図 4-4, 4-5)。

4.5 水熱源マルチによる冷媒使用量の削減

水熱源マルチは、図 4-6 に示すように各階に室外機ユニットを配置して縦系統の冷媒配管を熱源水化することで、空気熱源マルチを屋上集中設置した場合と比較して、温暖化係数(GWP)の高い冷媒使用量削減が実現できる。

国内におけるフロン類の回収量は 2022 年度で推計約 44%であり、高い水準ではない¹⁾。試算では堅配管の熱源水化により、CO₂換算で 543t の温暖化物質の削減に寄与しており、省スペース化のみならず脱炭素手法の一つとしても有効と言える。

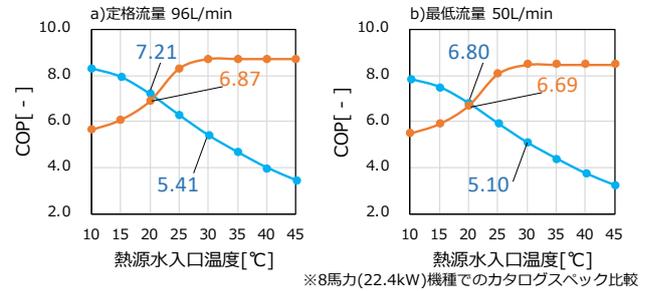


図 4-3 水熱源マルチの熱源水-COP 特性 (定格・最低流量)

表 4-1 水熱源マルチ廻りの熱源水制御方式比

	定流量弁+ ON/OFF弁	流量調整弁+ ON/OFF弁 採用	比例弁 (流量計測機能付)
ポンプ制御方式	水熱源マルチ 定流量弁 電動ON-OFF弁 フロースイッチ ヘッダー間圧力制御	水熱源マルチ 流量調整弁 フロースイッチ 電動ON-OFF弁 ヘッダー間圧力制御	水熱源マルチ 比例弁(流量計測機能付) 流量制御
制御性 (最低流量担保)	最低流量担保のためフロースイッチ等が必要	最低流量担保のためフロースイッチ等が必要	流量設定によりバルブ内で最低流量担保可能
水熱源ユニットとの協調	水熱源マルチからON/OFF弁に接点出力	水熱源マルチからON/OFF弁に接点出力	DDC等で水熱源ユニットと接続変換必要あり
圧力損失	動作には30kPa程度が必要	電動ボールバルブ 流量調整弁	バルブ本体10kPa程度 ただしフロースイッチ不要
コスト	機械的に流量調整するため定期的な交換(メンテバルブ)必要	ただし現地流量調整が必要	機器+システム費は高価 流量調整は自動制御可能

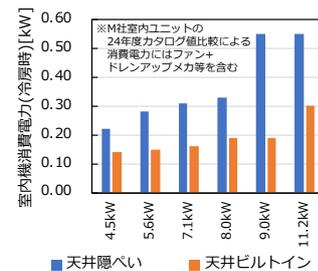


図 4-4 室内機能力別消費電力比較

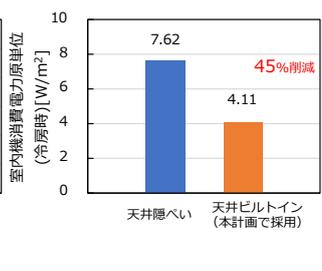


図 4-5 室内機能力別消費電力比較

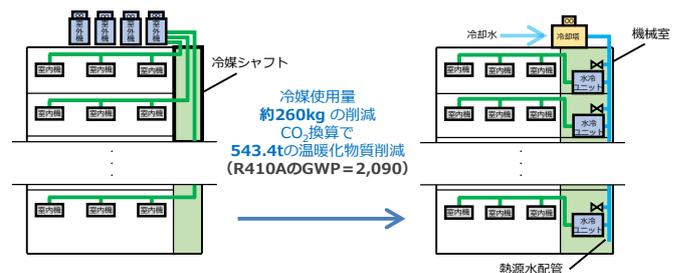


図 4-6 冷媒縦配管の熱源水置換による温暖化物質削減効果

4.6 新しい小規模給湯システム計画

トイレ手洗いの小規模給湯は建物全体負荷の数%ではあるが、一般的に個別分散方式で洗面台下に設置できる電気温水器が用いられている。一方で電気温水器はジュール熱で加熱する方式である以上、効率 1.0 を超えることは原理的に不可能であり、省エネルギーであるとは言えない。

そこで本計画では、熱源水系統と接続できる小型水熱源ヒートポンプ給湯器を中心とした小規模給湯システムを新規開発し、商品化まで取り組んだ(図 4-7)。運用時実績を図 4-10 に示すように、2024 年の測定期間における平均 COP(給湯ポンプ動力含)は 2.66 となり、電気温水器より効率が 2 倍以上という結果となった。

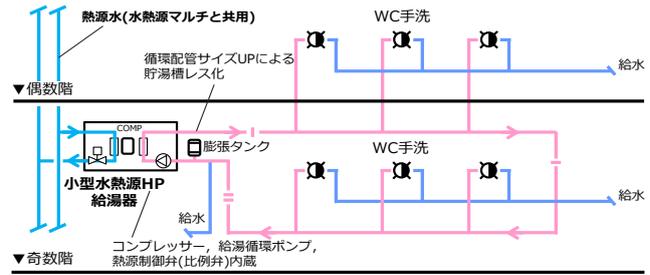


図 4-7 小型水熱源 HP 給湯器による新しい小規模給湯システム

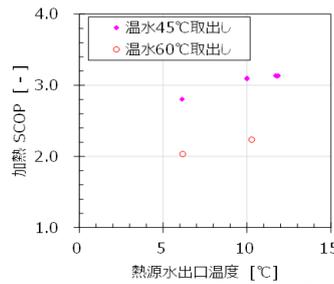


図 4-8 性能試験結果 (SCOP)

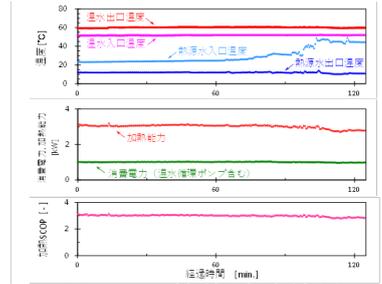


図 4-9 性能試験結果 (温度条件)

4.7 超高層ビルで ZEB Oriented を実現

本計画では、エネルギー密度の高い超高層ビルとして難易度の高いBELS 認証取得を目指し、設計段階で BEIm=0.60 を達成、BELS ZEB Oriented を取得した(図 4-11)。BEI の向上に貢献している省エネ要素技術を図 4-11 に示す。

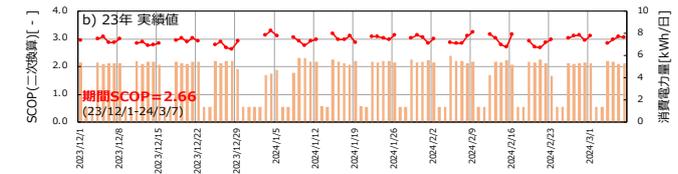


図 4-10 代表系統の水熱源 HP 給湯器 SCOP 実績

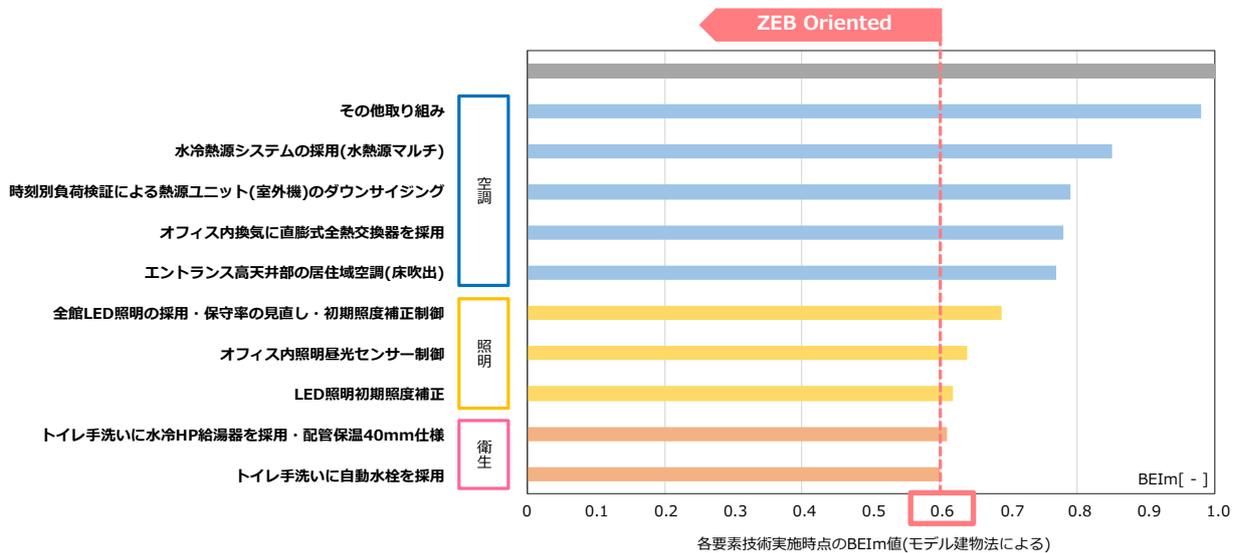


図 4-11 省エネ要素技術の BEI 貢献度

5. 省人・省力・短工期化手法

5.1 空調・電気各階完結方式

超高層ビルの施工において、屋上に主幹設備(受変電、熱源、室外機等)があるレイアウトの場合、屋上設備機器の据え付けが完了するまで基準階設備との接続ができず、施工・試運転が完了しない。そこで図 5-1 に示すように、主幹設備の縦系統と横系統配管・配線を分割することで、主幹設備は基準階ごとに工事を完結でき、屋上機器施工を待たずに配管圧力試験やケーブル導通試験等まで実施することが可能となる。

5.2 ユニット工法と場外ロジでのプレファブ施工

狭小建設地での現地作業を極力削減するため、ライザー工法(写真5-1)、熱源・ポンプ廻りの配管ユニット化、基準階トイレの面台一体化ユニット搬入、スプリンクラー樹脂プレファブ配管の採用を行った。現地での接手施工が最小となるため、省力化だけでなく漏水リスクの削減にも寄与する。

さらに施工段階において、場外ロジスティクスセンターを確保し、資材を一時仮置きすることでトータルの運送車両を削減し、運送に関わるCO₂排出量を試算上16%削減した(図5-2)。また、場外ロジ内に作業ヤードを設置し、マルチエアコン室内機廻りの部材をロジ内で地組、ユニット化することで現地での高所作業を54%削減した(写真5-2)。

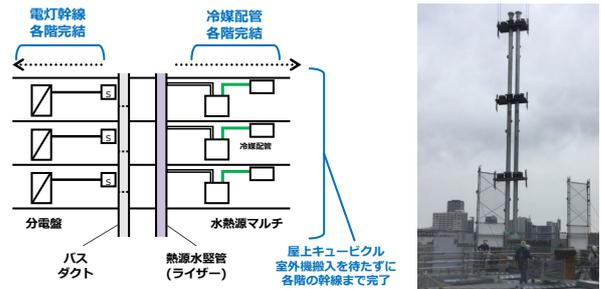


図 5-1 各階独立した配電・空調計画

写真 5-1 ライザー工法

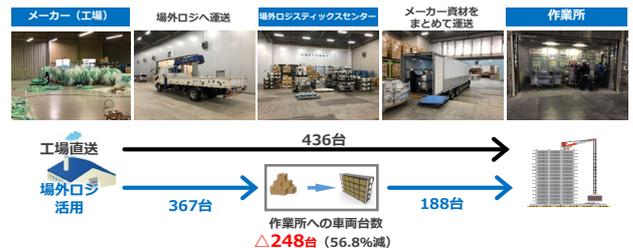


図 5-2 場外ロジスティクスセンターによる集中搬送

6. 知的生産性を高める安心・安全な

ウェルネスオフィス

6.1 直膨型全熱交換器+高顕熱切替制御による オフィス内環境安定化

オフィス内の換気は、水熱源マルチ系統に直膨式全熱交換機を組み込み、全熱交換機による室内全熱回収と直膨コイル、加湿器による確実な除湿・加湿を行う方式としている。

通常マルチエアコンは、顕熱である温度と、潜熱である湿度を同時に処理するが、潜熱処理が不要な条件でも、マルチエアコンの冷媒蒸発温度が殆ど一定のため潜熱処理をしてしまう現象が発生する。本計画では室内機と外気負荷処理用の直膨型全熱交換器を同一室外機系統に組み込んでおり、高顕熱切替制御を実装した(図6-1)。この制御は、夏期のピーク時は通常のエアコンと同様に運転するが、中間期など、全熱交換機還気側センサーにて低負荷・低湿を判断すると、冷媒蒸発温度=吹き出し温度を上げることによって、温度処理モードに移行する。

これによって室外機圧縮機の負荷率を低減させ、省エネルギーとなるばかりでなく、吹き出し温度もマイルドになるため、吹き出し口近くの冷えすぎを防止できるなど、室環境も改善できる。



写真 5-2 場外ロジ内での室内機廻りのオフサイトユニット化

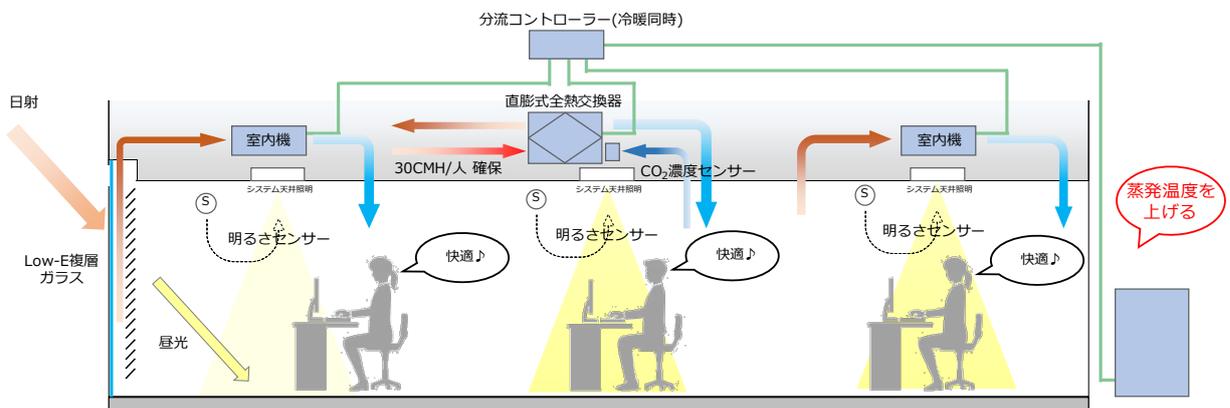


図 6-1 オフィス内の空調・照明制御概念図

室外機が極力高顕熱モードに切り替えられるように、主に潜熱処理が必要な外気処理用の直膨式全熱交換機ユニットに CO2 濃度による外気導入量制御を実装した。これにより、人員密度が低い場合は外気量を抑え、湿度処理を避けて高顕熱モードに切り替える事が可能となる。

基準階代表フロア系統の高顕熱切替積算運転時間を集計した(図 6-2)。実績値としては中間期だけでなく夏期にも高顕熱切替時間は多く発生し、夏期運転中の蒸発温度 2℃以上の時間割合は 69%となっている。全熱交換器の外気導入量制御により、潜熱負荷が低下しているためであると考えられる。

6.2 熱源水立上予熱・予冷制御

休み明け冬期の始業立上時は、躯体蓄熱と熱源水温度低下により、一時的に水熱源マルチ能力が低下する恐れがある。そこで本計画では、図 6-3 に示すように熱源水配管に予熱・予冷用バイパス電動弁を設け、始業前にあらかじめ熱源水を加熱する制御を計画している。代表日の運転データより、あらかじめ熱源水予熱により、始業時にも殆ど熱源水温度を低下させずに運転が可能となった(図 6-4)。

6.3 オフィス内環境実測調査とアンケート調査

空調システムは省エネルギーであることに加えて、執務者が快適に過ごすことができる温湿度環境に執務室を制御する必要がある。本計画では汎用的なマルチパッケージ室内機を用いてその温湿度環境実現を目指しているが、代表フロア内のテナントオフィス内環境調査・性能検証を実施した。

業務時間内の執務室空調の温度・湿度がほぼ一定に保たれていたこと、執務室内では場所によらず温湿度は一様であることが確認できた。上下温度の分布に関しては、ペリメータ・インテリアの両方ともに着席者に推奨される温度差が ASHRAE Standard 55²⁾ 推奨の 3℃以内となっている(図 6-5)。

表 6-1, 図 6-6 に示すように、執務者へのアンケート結果からも、執務室の温度満足度と、時間的変動に関する満足度・上下温度に関する満足度は相関がみられ、温度が時間・場所によって安定していることは執務者の快適性を向上すると考えられる。就業時間中の PMV については、冬期は 0~0.5、夏期は-0.5~0 の値を取り、冬期にやや暖かく夏期にやや涼しいことが確認できた。

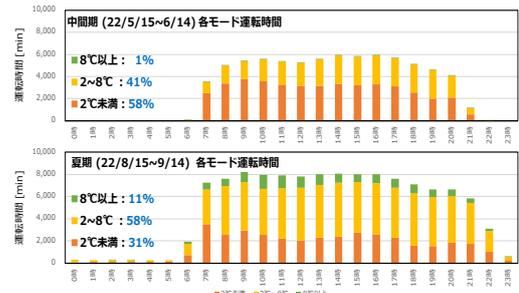


図 6-2 代表フロアの水熱源マルチ 6 系統における冷媒目標蒸発温度毎の運転時間

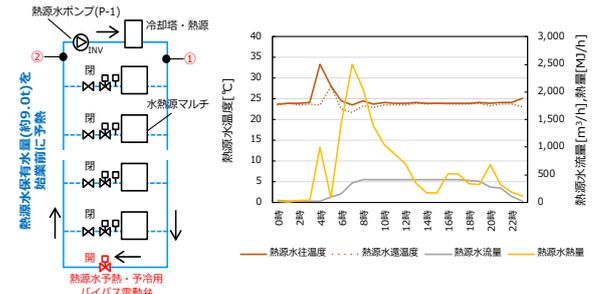


図 6-3 熱源水予熱制御



図 6-4 代表日(23/1/12)熱源水予熱運転実績

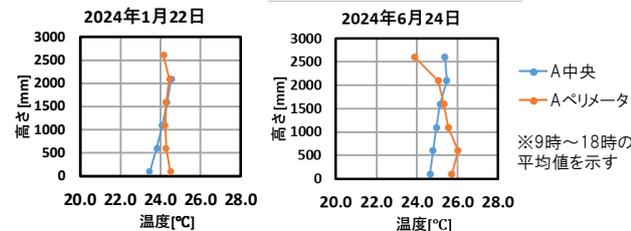


図 6-5 オフィス環境の実測調査の結果

表 6-1 環境要素別満足度の平均と室内環境満足度との相関係数

	総合	夏期温度	冬期温度	光	音	空気質	空間デザイン
平均値	4.94	4.27	4.33	4.94	5.05	4.78	5.15
相関係数		0.547	0.687	0.723	0.577	0.683	0.642

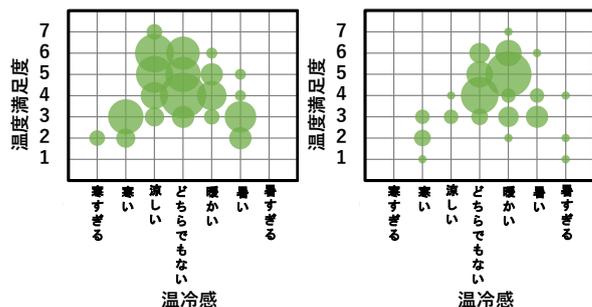


図 6-6 温冷感と温度満足度の関係

UWES³⁾の3項目版の回答結果を図6-7に示す。各回答者の3項目の合計点は10.4点であり、これは既往研究⁴⁾のCASBEE-WO Sランクのビルと同程度の値である。執務者のワークエンゲージメントは高い水準であり、本建物に勤務する執務者は活力より熱心さ、没頭を高く評価する傾向にあることが分かった。

本計画では、前述の取り組みとCASBEE大阪みらいSランク取得により、環境性能とウェルネス性能評価認証であるCASBEEスマートウェルネスオフィスS認証を関西初取得した(スコア=80.4)。

オフィス内環境やアンケート結果と照らし合わせても、まったく遜色のないスコアとなっている。

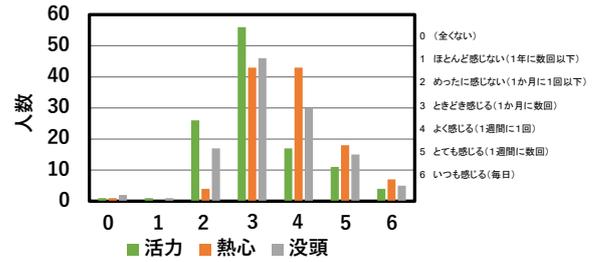


図 6-7 UWES (3項目版) の回答結果

7. 熱源水の流量チューニング

7.1 竣工後のエネルギーモニタリングと熱源水流量チューニング

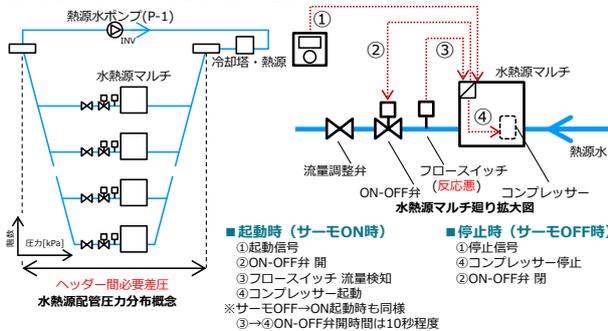
本計画では建物竣工後も中央監視データを定期的に分析し、21年8月の竣工後から3年間に渡りエネルギー消費量の推移をモニタリングしている。竣工初年度のデータを分析すると、熱源水流量が本来必要な流量よりも底上げして搬送されていることが判明した。熱源水ポンプは変流量制御(ヘッド間差圧制御)としているが、ポンプ動力が増大している要因としては、水熱源マルチの熱源水流量検知用フロースイッチが、規定流量でも反応せず流量を底上げする必要があった事などが挙げられる。

そこで熱源水ポンプ搬送効率向上を図り、23年7月に熱源水流量チューニングを行い、図7-1に示すように水熱源廻りの流量検知設定の変更、流量調整バルブと差圧設定値の変更を行った。熱源水流量はチューニング前より22.7%削減され、問題なく運転が行われている。

1) チューニング前

■課題

- 1.熱源水検知用のフロースイッチの検知に必要な流量を送水
- 2.フロースイッチが規定流量でも検知せず
- 3.実際に水熱源マルチが必要な流量より底上げして流量・圧力調整



2) チューニング後

■改善点

- 1.熱源水検知はフロースイッチから熱源水ポンプ運転信号に変更
- 2.流量調整バルブとヘッド間差圧設定を再調整

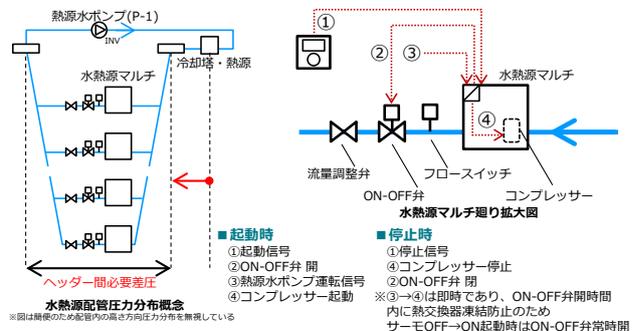


図 7-1 熱源水流量チューニングの概要

7.2 熱源水流量チューニングによる効果検証

チューニングによる効果検証として、熱源水ポンプ(P-1)熱搬送効率(WTF)を評価した。チューニング前熱源水温度差は、水熱源マルチ最低流量規定により夏期最大でも1.6℃程度であったが、チューニング後は最大3℃程度まで向上した(図7-2)。WTFもチューニング前と比較し、夏期最大で2倍以上の向上が確認できている。ただし水熱源マルチの熱源水最低流量は定格流量の50%程度と高く、低負荷時のさらなる最低流量の削減が熱源水ポンプWTF向上に必須となる。

次に密閉式冷却塔の性能実績を評価した。冷却塔は外気湿球温度と熱源水(冷却水)入口温度アプローチ差が大きいほど、冷却効率が向上する。チューニングにより夏期熱源水還り温度上昇することにより、冷房期間効率は約60%向上した(図7-3)。

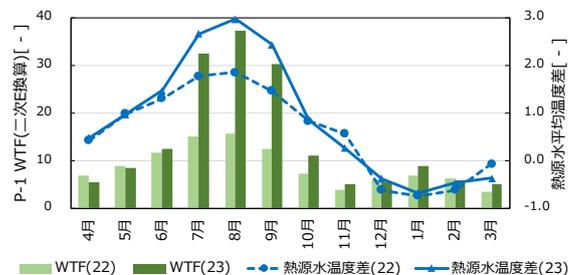


図 7-2 熱源水ポンプ(P-1)WTFと熱源水平均温度差推移

7.3 空調システム COP とビル全体のエネルギー

水熱源マルチと水冷システム全体（熱源・ポンプ補機）のシステム COP を評価した（図 7-4）。23 年 7 月の熱源水流量チューニングにより、23 年の水熱源マルチ合計 COP は 12% 低下したが、システム COP はポンプ動力減と冷却塔効率向上により 5% 向上（チューニング後 23 年 8 月以降の冷房期間では 15% 向上）し、システム COP 向上が確認できた。

暖房期間 COP はどちらも低下しているが、これは暖房期間に発生する局所的な冷房負荷を COP 算定に含めていないことが要因と考えられる。

また、日製造熱量と COP の散布図より水熱源マルチは中程度の負荷帯で COP ピークが発生している一方、システム COP はピーク時が最も高 COP であり負荷減少と比例して COP が低下している。これは低負荷時に各系統の熱源水流量をメーカー規定値以下に絞れないための搬送動力増大分であり、本計画だけでなく水熱源システム全般の課題である。水熱源マルチ側の最低流量緩和、制御性の改善が望まれる。

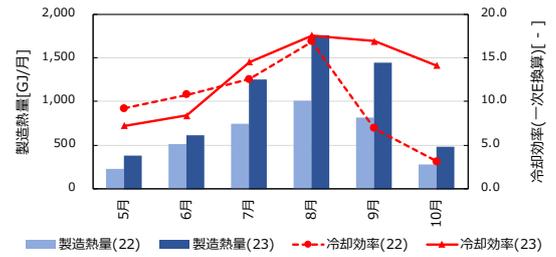


図 7-3 密閉式冷却塔の製造熱量と製造効率推移

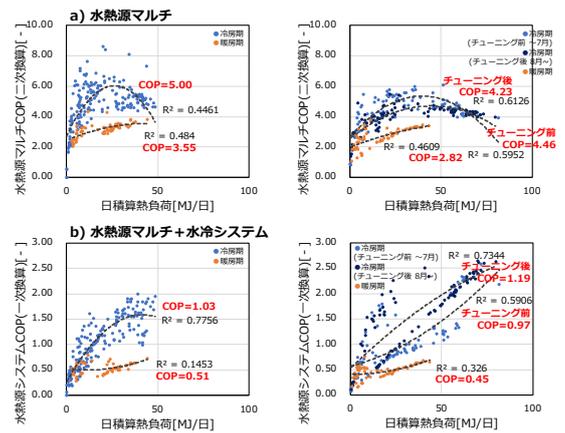


図 7-4 日製造熱量-COP 散布図

7.4 ビル全体の消費量実績検証

ビル全体の年間一次エネルギー消費量を図 7-5 に示す。ビル全体の一次エネルギー消費量は基準値⁵⁾より 22 年度で 56.0%削減、熱源水流量チューニングを行った 23 年度で 39.8%削減となった。22 年度から 23 年度にかけてテナント稼働率に比例する照明・コンセント負荷が 60%増加している一方、熱源・補機・水搬送・空気搬送用途の合計は 32%の増に留まっている。ビル全体としては稼働率・負荷が増加している一方で、熱源水流量チューニングによりシステム全体としてのエネルギー消費の全体量増加が少なくなっていることを確認した。

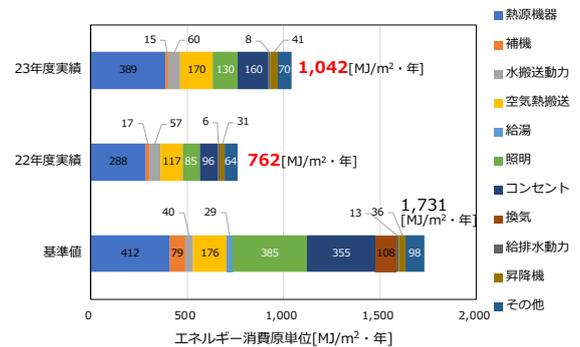


図 7-5 年間一次エネルギー消費原単位の基準値比較

8. まとめ

本計画では、都心部における超高層スマートウェルネスオフィス実現にあたり、事業性を確保した上で高い環境性能とウェルネス性能を達成。汎用性・普及性の高い技術を用い BELS ZEB Oriented 認証、CASBEE スマートウェルネスオフィス S ランク認証を取得した。実績値としても認証結果と相反しない結果を検証し、第三者認証と運用時の実績値の両方において、本計画の成果を確認した。

参考文献

- 1) 環境省, フロン排出抑制法に基づく令和 4 年度のフロン類の充填量及び回収量等の集計結果
- 2) ASHRAE Standard 55-2020: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, pp.18, 2021.
- 3) ワークエンゲージメント (UWES-3) - 慶應義塾大学総合政策学部島津明人研究所
- 4) 鶴飼・千本・村上・鈴木・田辺, 「建物のウェルネス性能とワーク・エンゲージメントに関する研究」, 日本建築学会環境系論文集, 第 86 巻 第 781 号, pp.271-278, 2021 年 3 月
- 5) (一財)省エネルギーセンター: オフィスビルの省エネルギーパンフレット オフィスビルの形態別エネルギー消費原単位