

環境に配慮した都市開発～あべのハルカス Ecoconscious urban development ~ ABENO HARUKAS

近畿日本鉄道(株) ターミナル開発事業本部 技術部長
KINKI NIPPON RAILWAY Terminal Development Technical Director
安東 隆昭 Ando Takaaki

(株)竹中工務店 大阪本店 設計部
TAKENAKA CORPORATION Osaka Main Office Building Design Department
坂口 佳史 Sakaguchi Yoshifumi

キーワード：立体都市 (Vertical city)、パッシブ環境技術 (Passive eco-technology)、
アクティブ環境技術 (Active eco-technology)
環境コミュニケーション (Eco-communication)、バイオマス (Biomass)

はじめに

阿部野橋地区は天王寺とも呼ばれ、関西空港や奈良、和歌山など周辺都市を結ぶ重要な交通拠点に位置している。様々な史跡や緑豊かな天王寺公園、市立美術館など様々な機能が集積した大阪を代表する歴史ある都市である。

あべのハルカスは都市再生を目的とした省エネ立体都市である。日本最高高さとなるターミナルビルを中心として、地域貢献と都市の活性化という重要な役割を担っている。(図1)

安心して豊かに暮らせる都市開発を行うためには、経済的、社会的及び環境的側面のトリプルボトムラインに立ち、総合的観点からのシステム構築と運営組織作りが重要となる。

取り分け環境配慮を重視する本件は、エネルギーの面的利用、バイオガス設備など都市インフラの負荷低減、調色LED照明など先進的且つ普及性の高い環境技術を探求している。

本件は、国土交通省が支援する平成20年度省CO2推進モデル事業に採択されており、大阪市が進めるCASBEE大阪において、最高となるSランクを取得している。

1. 計画概要

- 延床面積：約 306,000 m²。内、タワー：約 212,000 m²
- 高さ：地上 300m (地下 5階、地上 60階)
- 計画地：大阪市阿倍野区阿倍野筋 1-1-43
- 建築主：近畿日本鉄道(株)、設計：(株)竹中工務店
- 2014年春 グランドオープン (2013年6月 百貨店開業)

1-1 阿部野橋の歴史と再生

「水の都」大阪は、縄文時代には海岸線が東部の生駒山に至り、上町台地を除き、梅田や東部・西部などその多くが海であった。

上町台地には遣隋使・遣唐使が海上安全を祈願した住吉大社など多くの史跡が現存しており、阿部野橋は古来より繁栄してきた歴史的都市である。(図2)

大阪・奈良を結ぶ奈良軌道として創立された近畿日本鉄道は、創業100周年を迎え、都市再生特区の指定を受けたエリアの再生を推進する。天王寺公園から繋がる屋上庭園や美術館など市民が自然や文化に身近に親しめる豊かな都市環境を創出し、社会貢献と環境配慮を果たす先進的なランドマークとして関西から世界に発信していくことを祈念している。



図1 あべのハルカス



図2 縄文時代の阿部野橋

1-2 環境に配慮した都市開発

大阪阿部野橋駅は大正 12 年、大阪鉄道が「大阪天王寺駅」として開業したことに始まる。後に近鉄百貨店となる大鉄百貨店が昭和 13 年に開業し、70 年以上が経過した。(図 3)

近畿日本鉄道は、この地に地球環境から周辺環境までの様々なレベルにおいて調和した豊かなコンパクトシティを開発する。以下に都市開発のコンセプト概要を述べる。

ターミナル駅に直結する大阪南の玄関口

移動手段として省エネルギーな鉄道の主要な拠点である本件は、鉄道 7 路線が乗り入れるハブターミナルである。関西国際空港、大阪国際空港からも約 30 分で接続し、世界との新たな結節点となる。(図 4)

周辺環境と共に成長する あべのハルカス

歴史が醸し出す趣、大規模商業施設、人情味溢れる商店街、活気ある暮らし。広々とした公園の豊かな緑、旧跡の木々、家々がとけ込んだ落ち着いた街並み。本件は、周辺環境に調和し、共に未来を創造する。

人々の効率的な移動を目的として、コンコースを移設し、上空通路を設けて歩車分離を促進するなど動線と回遊性を強化した。(図 5)

調和と共生を果たす最先端の環境技術

光や風を上手に取り込むパッシブ技術、アクティブに制御する環境技術、環境啓発を継続する仕組みを先導的に導入する。

緑のネットワークとして豊かな屋上緑化を高所に配置することで、人と緑の関係を強化し、ヒートアイランド現象が顕著な大阪での暑熱緩和に少しでも寄与したいと考えている。熱源の排熱を潜熱にて高所で放出するために、途中階に冷却塔を集中設置できるスペースをはね出して設け、建築の一要素としてデザインした。地球にやさしく地域と共生する都市開発の在り方を表現している。(図 6)

高さ日本一の超高層ターミナル

高さ 300m のあべのハルカスは、大阪で最も早く朝陽に輝き、始まりを予感させる存在である。最上階の展望台からは、他では見ることのできない眺望を提供する。(図 7)

周辺環境に与える影響を出来る限り最小限とするため、様々な角度からアセスメントを実施して対策を講じた。例えば、風の影響を緩和するために、風洞実験を実施しボリューム検討を実施した。常風向に並行してオフィスやホテルボリュームを配置することやトラス階に開口を設け通風性能を向上するなど、様々な対策を講じている。

先進的な都市機能の集積

ターミナルや周辺施設との平面アクセスから円滑に垂直移動できるようエスカレータやシャトルエレベータを効果的に配置した。新しい近鉄百貨店、最先端オフィス、国際ホテル。気軽に芸術・文化に触れる都市型美術館(図 8)など複数の機能が都市生活を豊かにし、それらの機能が響き合うよう都市を形成する。

以降、その概要について述べる。



図 3 大鉄百貨店



図 4 交通の拠点



図 5 南北動線

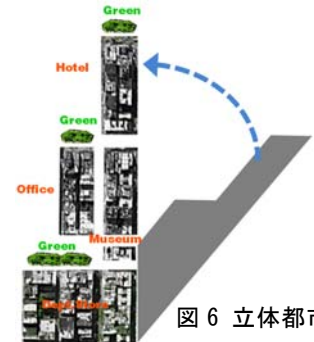


図 6 立体都市



図 7 ハルカス 300



図 8 あべのハルカス美術館

1-3 様々な用途が積層する立体都市

本件は駅、近鉄百貨店、美術館、オフィス、ホテル、展望台が立体的に集積した都市である。日本一の超高層建築として、均質な架構の中にそれぞれの機能を押し込めるのではなく、異なる用途が要求する機能に沿って最適化した架構に特徴がある。

百貨店は既存建物のスパンを延長した正方形グリッドとし、オフィスは光に溢れたセンターコアの南北に大スパンの執務空間を、ホテルは中央ヴォイド周りに効率的に室を配した。各機能が最適となる架構とし繋ぎ、全体をネットワーク化させるように立体的にトラスが駆け巡る。トラスは建物を地震や風から守る構造体で、主幹設備を配置した巨大な設備室である一方、採光や換気を担う、環境ヴォイドとしてパッシブ建築を様々な角度からサポートする。多様な活動がガラスのファサードを介して現れる姿は建物の姿というより、都市の風景として新たなダイナミズムを与える。(図 9.10.11)

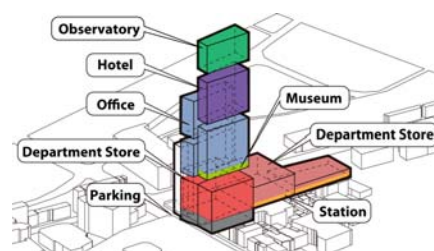


図 9 様々な用途

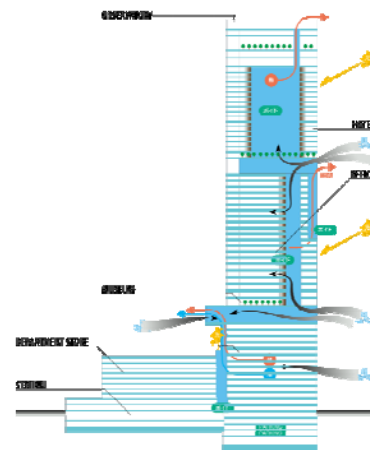


図 10 ボイドストラクチャー

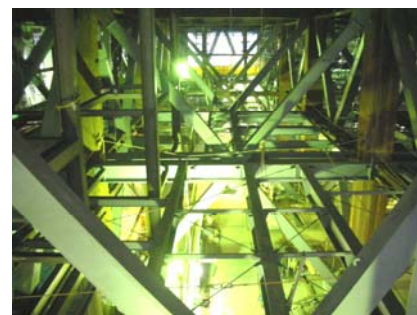


図 11 トラス階（工事中撮影）

1-4 過去の災害から学び、未来を守る総合防災

1995年1月17日、阪神・淡路大震災。人的被害、都市インフラや建築構造物の損壊、交通と事業の停滞、そこにあった風景や思い出。あまりに多くが失われ、その多くを取り戻せていない。

我々は真摯に自然への畏怖の念を新たに、地震や強風、豪雨、氷雪、水害、雷サージ、火災など、人的なものを含めての対策が必要である。近年の事業継続計画（BCP）の観点も付加して、何事にも増して高い総合防災性能を確保しなければならない。

本件は計画初期から、様々な災害に対するリスクの抽出と対応のレベルを策定してきた。構造性能では最高レベルの耐震性能とし、事業継続と人的被害防止の観点から建築設備の耐震性能を設定している。保安用デュアルフェーゼル発電機、瞬時電圧低下に対応できる蓄電池など電源はもちろん、リスクアセスメントに基づいた総合防災性能を確保する。

1-5 総合的環境負荷を低減するパッシブ・アクティブ環境技術とコミュニケーション

サステナブルな社会を構築するためには、これまで以上に総合的で普及性の高い対策を講じる必要がある。都市交通やインフラの在り方、自然との親和性や再生可能エネルギーの活用、既存建物を含めたエリア全体のエネルギーの面的利用、都市生活のライフスタイルの再考など課題は多岐に渡る。

本件では総合的環境負荷の低減について、PDCA サイクルを継続的に推進できることを目指している。そのため現状の課題抽出を行い、普及性の高い対策立案について、様々なステークホルダーとの対話を実施してきた。ターミナルへの機能集積により鉄道利用分担率を高め、パークアンドライドを実施することで自動車利用分担率を軽減することや垂直複合都市の特徴を生かした面的エリアエネルギーマネジメントなどコンパクトシティとして総合的な環境負荷低減を計画している。

光や風を上手に取り込み、豊かな緑を配置したパッシブな環境建築とし、アクティブに建築設備を制御する。様々な情報を ICT を駆使して見える化し、ステークホルダーで共有化することで環境アクションを実践する。トリプルボトムラインが調和し、街区の繁栄と社会貢献が継続し、未来の子供たちが幸福に暮らせるよう最大限の取組みに努める。

- 特徴的な省 CO2 対策
- ・鉄道 → コンパクトシティ
 - ・積層 → ピークシフト・面的利用
 - ・建築 → パッシブ
 - ・百貨店 → 熱回収（ホテル給湯）
 - ・事務所 → 調色 LED
 - ・既存 → 熱融通
 - ・生ごみ → バイオガス
 - ・関係者 → 見える化（A-EMS）

2 パッシブ・アクティブな環境技術

2-1-1 「快適」と「我慢」

谷崎潤一郎の随筆「陰翳礼讃」が記された昭和初期から半世紀が経過し、ワークプレイスや商業空間の照度が高く設定されるなど消費されるエネルギー密度は格段に高くなった。改めて規範や指標、ライフスタイルを再考する必然を痛感する。

一般的に環境負荷の低減(LR)は快適(Q)を「我慢」することと捉えられがちだが、季節軸・時間軸における人の環境適性は変化する。応じて室内環境(照度や色温度、温湿度や音環境など)を変化させて快適性を保ち、省エネを両立する余地がある。

本件ではクールビズ・ウォームビズに加え、ライトビズ(光)などの総合的環境要素を変化させ、快適性が向上し、同時に負荷低減に寄与することを目指している。パッシブ建築において「我慢」でなく、実は心地よい「新しい快適領域」(ゼロエネルギーバンド)を拡大する。(図12)

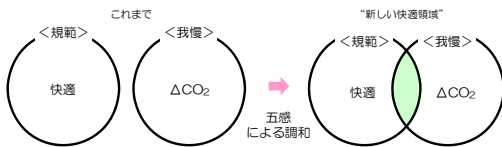


図12 快適領域の拡大

2-1-2 パッシブ・アクティブな環境技術

パッシブ化により生じる環境変化に応じて、設備システムをアクティブに変化させる環境技術の概要を記す。(図13)

PASSIVE ・ ACTIVE ・ COMMUNICATION

ポイドストラクチャー

- ・ダブルスキン、外冷、ナイトパーズ
- ・自然採光、パッシブ建築における空間制御

ヒートアイランド抑制

- ・緑化、集中冷却塔による排熱

再生可能エネルギー

- ・バイオガス、太陽光発電、マイクロ風力発電
- ・落水エネルギー回収装置

中水・雨水・節水

- ・ホテル排水の再利用、湧水など

エリア毎の負荷低減

- ・LED照明、調色LED(オフィス)
- ・外冷、天井裏排熱
- ・FCUによる気流制御(リズミング空調)

既存を含めたエリア省CO2

- ・エリア熱回収
- ・エリア熱融通
- ・インバーターボ冷凍機
- ・コージェネレーション
- ・高効率ガス吸収式冷温水器
- ・蓄熱による低温送水、高効率機器・照明

阿倍野A-EMS(エリアエネルギーマネジメント)

- ・エコインフォメーション

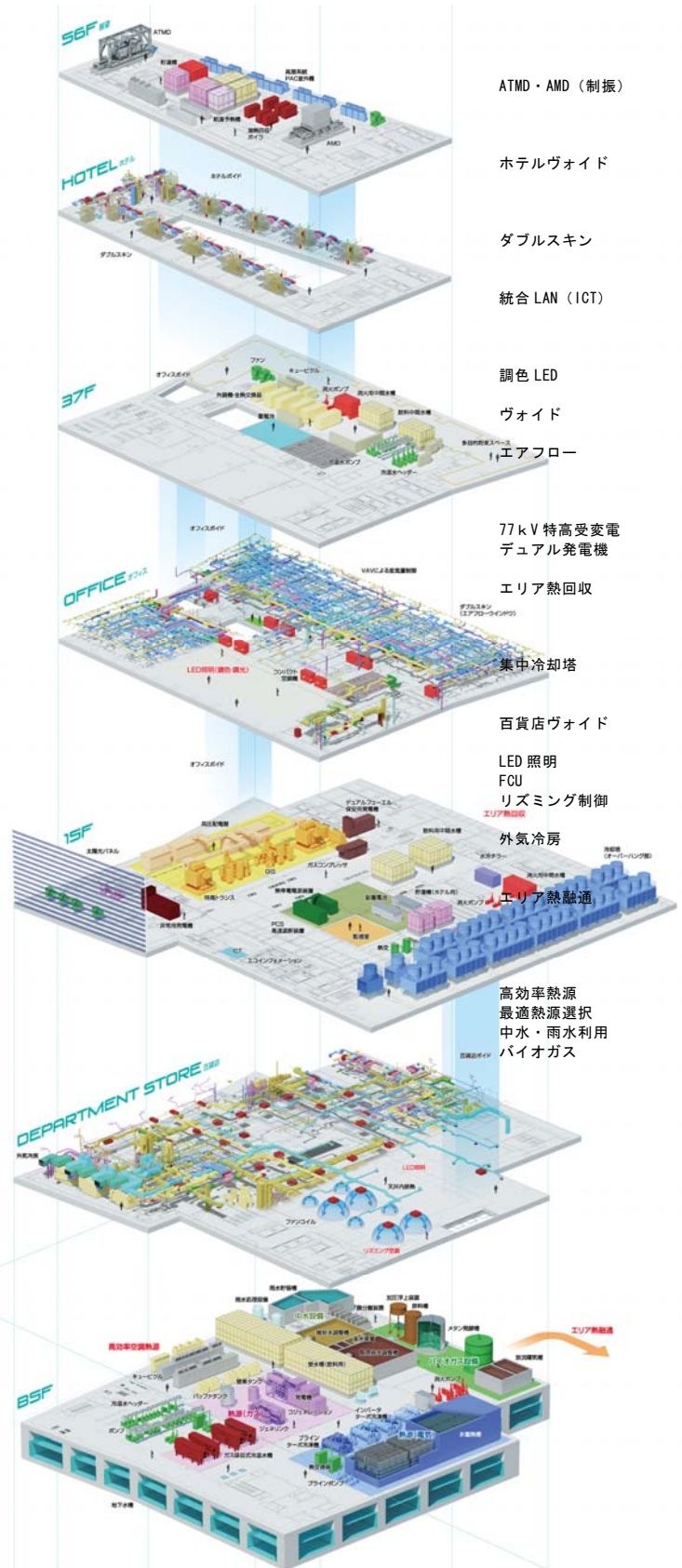


図13 様々な環境技術

2-1 パッシブ環境技術

異なる用途を最適に積層することで、ヴォイドや緑化広場を創出した。高性能なガラスファサードと構造トラスとを関連させ、光や風などの自然エネルギー活用と居住域の親和性を高めている。

百貨店、オフィス、ホテルそれぞれに整合した機能を有するヴォイドを設けた。建築的にも視覚的・感覚的にエリア・フロアに関連性を持たせている。また異なる用途の異なる負荷特性を統合することで、単一用途と比較して負荷を平準化する。

2-1-1 アウターファサードとインナーファサード

超高層ビルにおける耐風圧性能とガラス強度などから外壁仕様を決定し、自然と親和するファサードとしてヴォイドを位置付けている。フロート+Low-e ガラスによるダブルスキンを構築してヴォイドと関係させ、居住者の豊かな眺望と日射遮蔽、高断熱による室内環境向上、採光と換気、外気冷房など多機能化を図っている。(図 14. 15)



図 14 豊かな眺望 (オフィス)

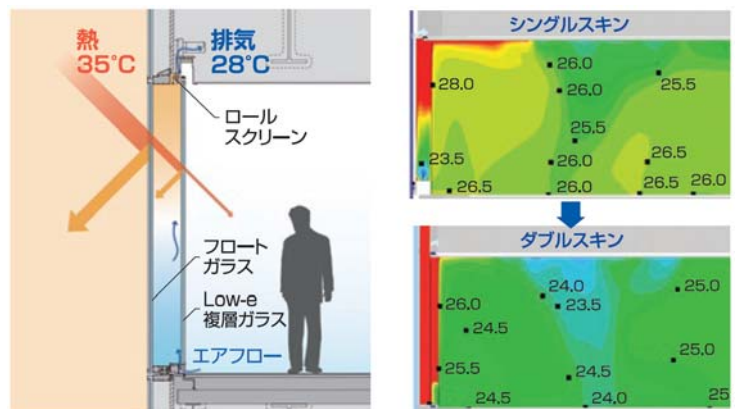


図 15 エアフローウィンドウ

オフィスはエアフローウィンドウである。排気はエンタルピーに応じてトラス階に設置した全熱交換器付外調機で熱回収を行う。またインナーファサードであるヴォイドから外気を取り入れ、冷房負荷低減やナイトパーズを行う。また廊下とヴォイドと接続させることで換気を行う。外部環境と緩やかに接続することで居住者が「外の気配」を感じることを期待している。

ホテルはダブルスキン内の結露防止などから通風を行わない。ヴォイドは中間季に外気導入が可能である。百貨店ヴォイドは天井内排熱を促進し空調負荷を軽減するなど用途別に活用可能である。

2-1-2 再生可能エネルギー

バイオマス、太陽光発電、マイクロ風力発電などの再生可能エネルギーを高効率機器やコージェネレーションなどと複合的に組み合わせる。落水エネルギー回収や昇降機の回生動力利用などの異電源も低圧で連系するなど小規模グリッドシステムを構築する。

・バイオガス設備

業務施設は多種多様な廃棄物が発生する。大規模であれば、広い集積所と搬送・処理エネルギーが多大となる。中でも厨芥類は含水率が高く、重量は大きく全体の2割にもなる。更に厨芥類は腐敗により悪臭を生じる。

国内のメタン発酵による大規模なバイオマス事例として下水処理場があり、処理汚泥をメタン発酵させ、バイオガス(主成分がメタンガス)を電気、蒸気や温水として回収している。他に生ごみを収集して郊外等の専門処理施設にて同様に利用する事例が数件見られる程度と少ない。このように都心部では、そのポテンシャルを有しているが、大規模集約的なものとなっている。

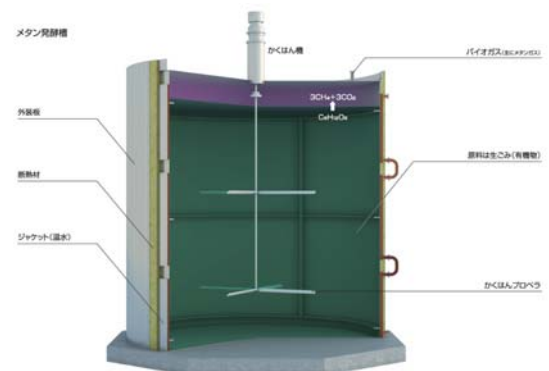


図 16 メタン発酵槽

海外では一部、スウェーデンのマルメ市にてディスポーザ排水を下水道処理施設でエネルギー回収を行っているが、オンサイト処理ではない。

本件は生ごみをオンサイトで処理する。ディスポーザで破碎後、配管を經由し地下プラントまで搬送し、固液分離してメタン発酵させてエネルギー回収する。液体は好気処理して、下水放流する。回収したメタンガスは負荷要求に応じて消化ガスボイラ・混燃ガスエンジン発電機（CGS）で選択して燃焼させる。高さ約5mのメタン発酵槽（図16）を2基設置し、3トン/日の生ごみを処理する。

本システムは、都市部においてエネルギー回収をオンサイトで小規模に行うことが可能な日本初となる独創的な廃棄物処理技術であり、下記の特徴がある。

- ・バイオガス単独もしくは都市ガスと混焼して利用できるため、都市ガス使用量の削減に寄与。
- ・生ごみはエレベータで運搬せず、厨芥置き場での生ごみ貯留が不要で、悪臭が無く衛生的。
- ・中水処理汚泥、厨房除害設備汚泥をメタン発酵槽にて分解でき、汚泥の場外搬出量を削減。

メタン発酵装置を小規模で導入するのは費用面で難しい。そこで厨房除害設備を活用し、外部処理費の大きな排水処理汚泥も含めて嫌気処理を行い、投資回収を短縮した。運搬動力削減、車両運搬回避、汚泥の焼却回避による効果等を見込むと、年間約440tの省CO2効果が期待できる。

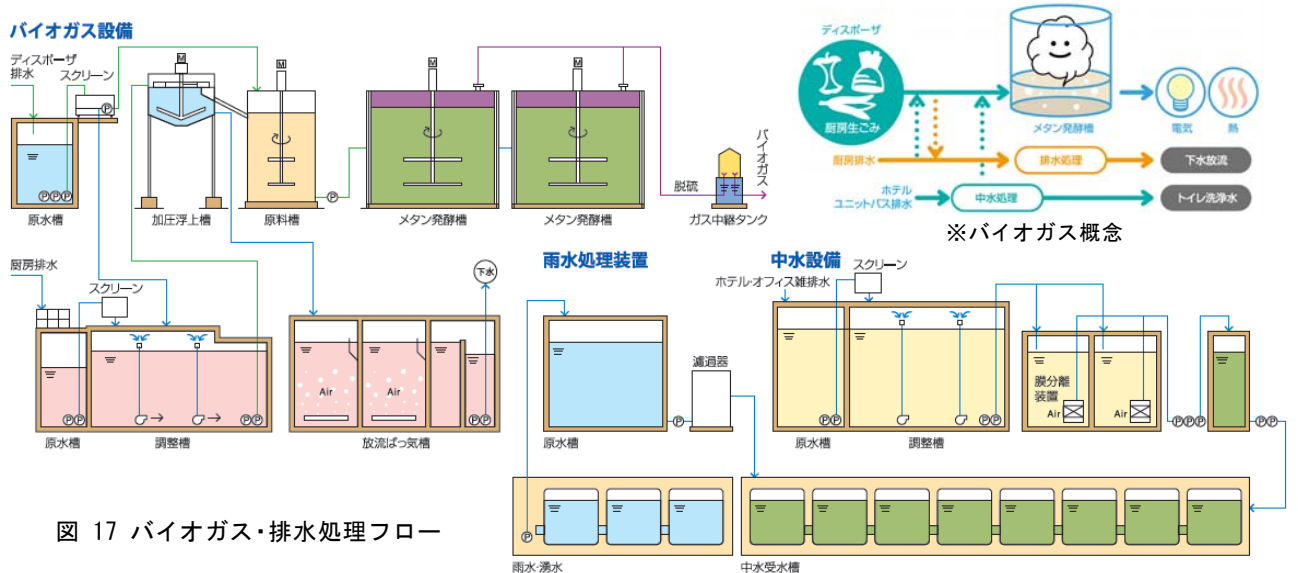


図 17 バイオガス・排水処理フロー

・水処理

ホテルの雑用水を処理し中水利用する。また雨水は地下5階の雨水槽に一時貯留して、周辺下水道への負荷軽減と中水としての利用を行う。（図17.18）

2-2 アクティブ環境技術

インバータ機器やLED照明などの高効率で部分負荷効率の高い機器を積極的に導入し相互に関連できる複合システムを構築する。また、複数用途を積層することと既存施設に隣接することから、用途間や建物間のエネルギーの面的でカスケード的な利用を行う。近年特に重視されているデマンドレスポンスに関して、デマンドサイドにおける弾力運転が非常に重要な要素となるため、アクティブ技術は今後も深耕すべき課題である。

・阿倍野マイクログリッド

電源系統に太陽光発電・マイクロ風力発電・落水エネルギー回収・昇降機の回生電力、バイオガスコージェネレーションを連携する。また、保安用デュアル燃料発電機、非常用ガスタービン発電機、瞬停対応の蓄電池設備を高圧連系して、再生可能エネルギーを含めたマイクログリッドを構築する。（図19.20.21）

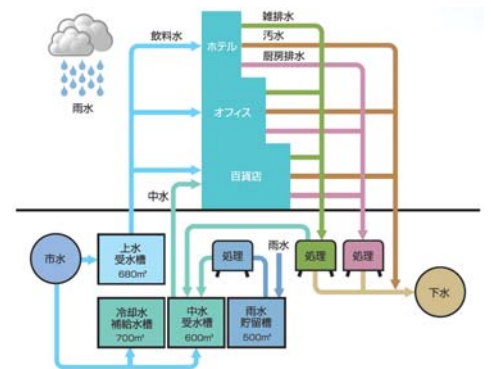


図 18 水資源の再利用

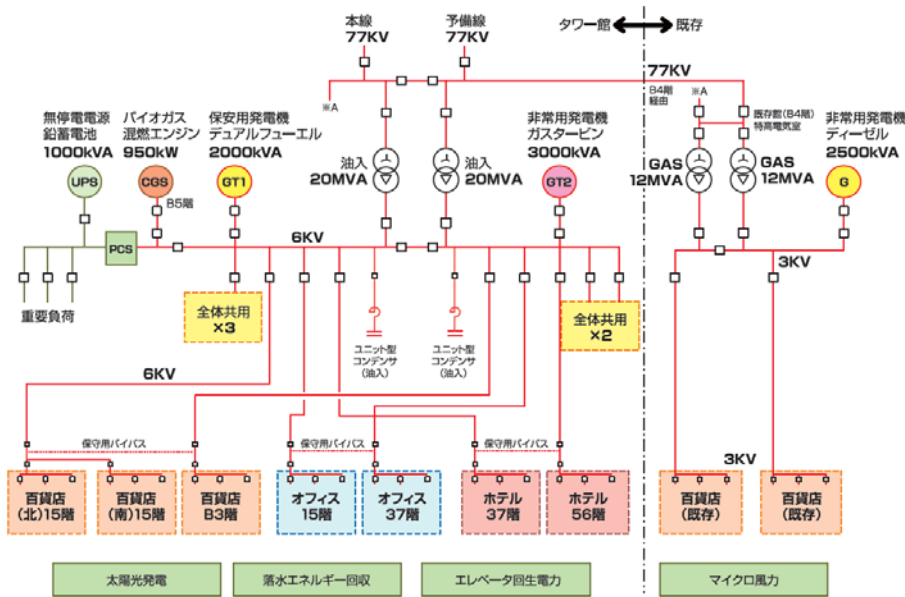


図 19 阿倍野マイクログリッド



図 20 特高トランス外観



図 21 デュアルフューエル発電機

・エリア熱回収

ヒートポンプ（水冷インバータチラー）を導入し排熱の相互利用を行い、用途間のエリア熱回収を行う。年間冷房要求がある百貨店の冷房排熱を年間給湯要求のあるホテルで利用する。（後述）

・エリア熱融通

建設から 20 年以上が経過した既存百貨店と隣接商業施設『Hoop』の省エネを推進するため既存への熱融通を行う。既存ビルの熱源は、蒸気吸収式冷温水機とターボ冷凍機をシリーズ接続したシステムを平行に装備されている。冷水温度も高いなど改善の余地がある。タワー熱源に余裕がある場合に既存および隣接商業施設へ熱融通する。新熱源を既存熱源と比較して搬送動力を判断材料に加えて、総合的に高い COP が期待できる場合に熱融通を行う。（図 22. 23）

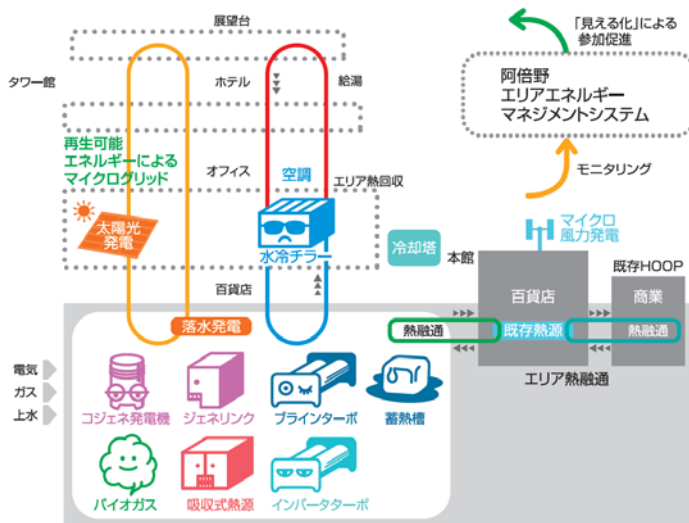


図 22 エネルギーシステム概念

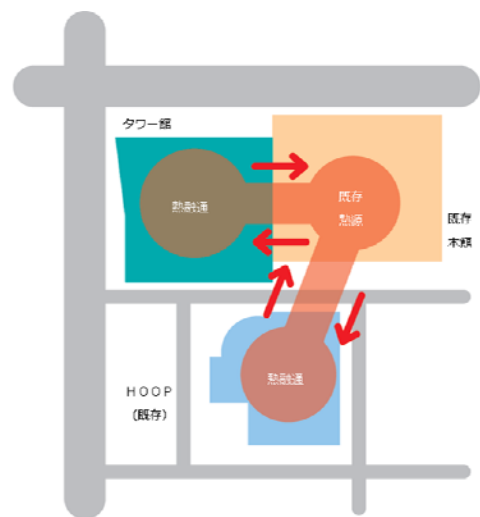


図 23 熱融通

・調色 LED 照明と PLC を用いたデジタル制御

超高層ビルの場合、自然採光を積極的に執務空間に導入すると眺望と共に高い色温度の豊かな光が導かれる。そこで照明発熱の小さい LED 照明に異なる色温度の素子（2700K+6500K）を設け、PLC（Programmable Logic Controller）導入により高機能な制御を可能とした。執務者の要求に合わせた自由度の高い照明を提供することが出来、快適かつ多様な執務空間作りと省エネルギー性を両立できる。テナント入居時の室毎の雰囲気作りを基本照明で出し、廃材を軽減できる。また PLC ロジックは容易に書き換えでき、サーカディアンリズムに対応する。建物ファサードから漏れ出る明かりは、都市景観を改善し、デマンドレスポンスにも対応可能である。（図 24. 25）

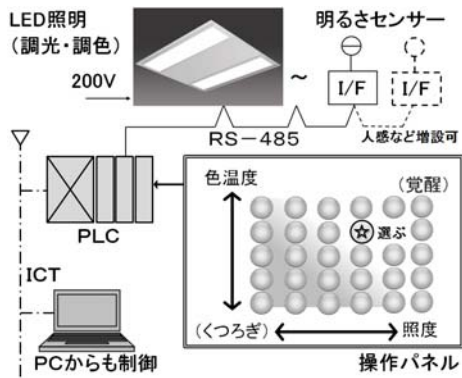


図 24 調色 LED とデジタル制御

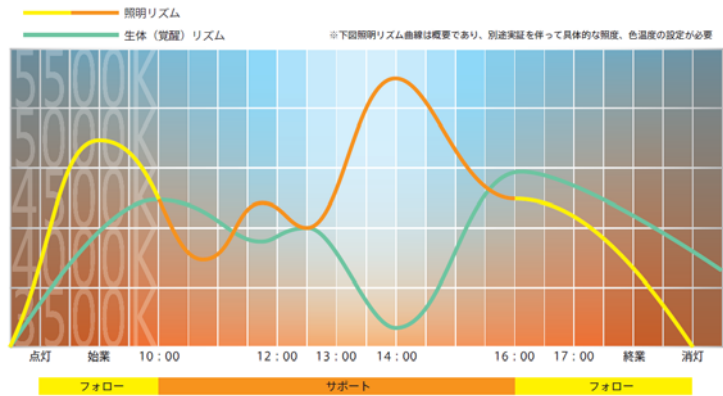


図 25 リズムサポート制御 (PLC)

2-3 環境コミュニケーション A-EMS

運用段階においてテナントなど様々な事業主体が、責任を持って省エネルギーに取り組む仕組み作りが重要となる。そのためモニタリングを実施することで総合的に状況把握を行い、システムの最適化を図る。使用実績はリアルタイムに見える化を行うことで、アクションを円滑に実施できるよう A-EMS (阿倍野エリアエネルギーマネジメントシステム) を構築する。(図 26)

特に空調で消費されるエネルギーを最少化することは重要となるため、オーソリティとして(株)関電エネルギーソリューション (Kenes) が参加し、事業主と共に管理の統括を行う。

電力やガスなど貴重なエネルギー使用を削減し、低位な自然エネルギーを活用し、生産性を向上しながら無駄なエネルギーロス (ミキシングロスの低減やスーパークールビズなどライフスタイルの変革) を実現することを祈念している。

・エコインフォメーション

見える化を通じて、様々な関係者に対して、実施すべき必要な省エネ活動が何か理解し易くするためエコインフォメーションを構築する。

テナント等に環境啓発を行い、直接的・間接的にインセンティブを与える仕組みを模索する。省エネルギーの PDCA サイクルを継続することで、ライフスタイルの変化を促す。

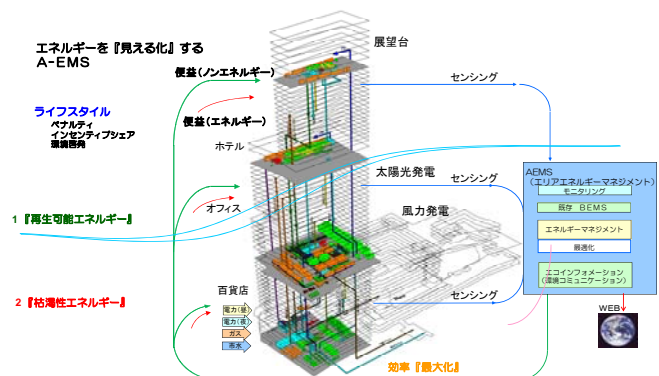


図 26 A-EMS

3 空気調和設備

超高層建築における空調負荷は、気象変動の影響 (日射・風・放射など) を受けやすい特徴があり、冷暖房要求の変化に十分追従できることが求められる。中間期や深夜などの部分負荷時には、時刻に応じて敏感に変化し、局所で冷房要求と温水要求の混在が生じる。また異なる業務施設が積層する本件は、各エリアともエネルギー密度が高く、年間に渡り比較的大きな負荷要求があり、垂直な立体都市であるゆえ、重力に大きく影響を受けることなどが特徴として挙げられる。

既存百貨店部は熱源を有し、隣接する商業施設『H00P』に冷温水を供給している。我が国では「エネルギーの使用の合理化に関する法律」が強化され、継続的なエネルギー削減が強く求められ、スマートな都市再生の意義などからも、既存の省エネ手法として熱融通の可能性を追求している。またヒートアイランド現象抑制の観点からは、エネルギー削減はもちろん、排熱の方法も社会的意義が大変大きい。本件は、高効率で部分負荷に容易に対応でき、省スペースで保守性に優れ、冗長性と安全性に配慮した安心できる簡易なシステム構築を目指している。ライフサイクルコストを低減するため、廉価で実現することに配慮した普及性の高い先進的なシステム構築を目指している。

3-1-1 百貨店

低層部 B2F～14F に日本最大の売場面積となる近鉄百貨店の旗艦店である。百貨店エリアのフロア構成は、B2F・B1F に食料品売場、1F～3F に特選売場、4F～11F に一般売場、12F～14F には高級レストランが入居した本件は、本年 2013 年 6 月オープンを迎えた。

負荷の特徴として、照明負荷や人体による顕熱が著しく大きく、夏季だけでなく中間期・冬季も含め年間を通じて冷房負荷が生じる。同時に外気導入量も大きく、処理負荷も他用途と比べて大きい。

空調方式は、有効率を最大限に上げるため、機械室スペースを低減することができる外調機+FCU方式とした。FCU方式の採用により従来の単一ダクト方式と比較してファン動力が小さくなり、搬送動力を低減した。保守性が低下しないよう、自動ロール式のフィルタを実装している。

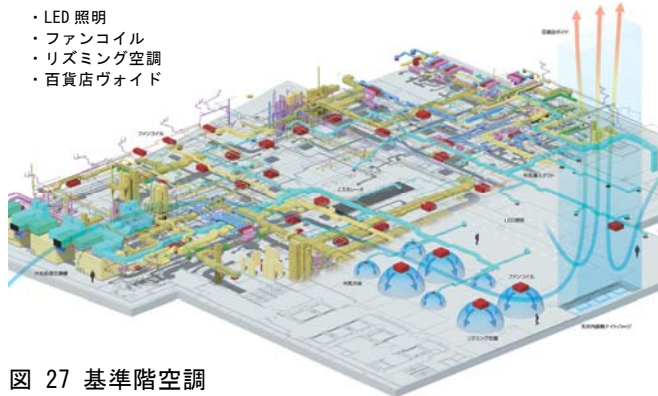


図 27 基準階空調

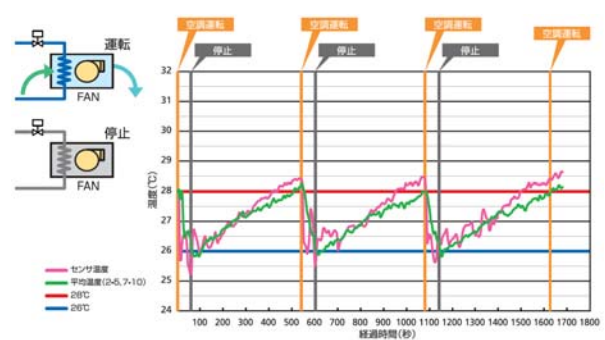


図 28 リズミング空調

天井内発熱が空調負荷とならないため、効果的にエントロピーを外部に排出できるように通風経路を設けている。導入外気量は、CO2 モニタリングにより最少となるように制御する。また条件に応じて、冷房を行う。(図 27)

更に涼風効果を含めたリズミング空調を実施する。空調機を時間と状況に応じて一定時間停止させるリズミング空調は他事例がある。ここでは FCU の送風運転により気流感を与え、設定温度が上がっても快適感を損なわず、省エネルギー性能を高める。室温と送冷温度を緩和し、熱源機器の効率向上にも貢献する。(図 28)

3-1-2 オフィス

17F にロビー、オフィスの低層はサービス性の高いテナントを誘致し、36F までが執務フロアである。クリニックフロアなど様々な都市機能をエリアに配置している。

豊かな眺望を確保し、日射遮蔽と高断熱による安定した室内環境を確立するためのエアフロー風量は、30～50m³/hm 程度とした。(図 29)



図 29 ヴォイドとダブルスキン

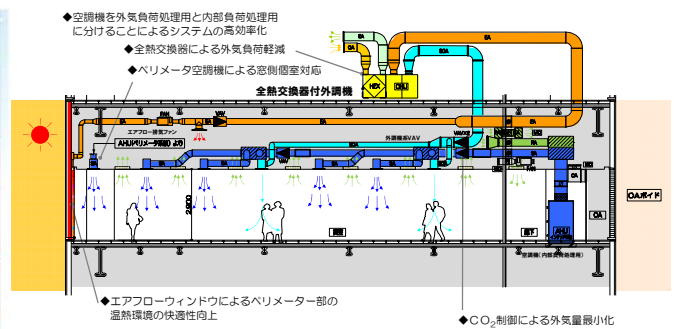


図 30 システム概念図

インテリア部は照明、PC 等機器から発せられる負荷、人体負荷を主体とした年間を通じた冷房負荷が発生する。ペリメータは冬季の暖房負荷も比較的小さくなるようペリメーターレス化を図り、インテリアとのミキシングロス最小化を目指している。(図 30)

レントラブル比を向上するため、トラス階へ集中外調機を設置する。フロアあたり想定テナント標準間仕切は7ゾーンで、7台のインテリア空調機を配置した。単一ダクト+VAV（可変風量装置）方式で、眺望性の高いペリメータ部に個室形成がなされる可能性も考慮し、ペリメータ空調機を設ける。

3-1-3 美術館 展望台

その他、美術館は、財）東京文化財研究所との協議や学芸員の要求に応えるよう、高品質な空調を行う。室内条件は 22°CDB、60%RH（年間）程度で空調機はケミカルフィルター対応である。

展望エリアは空中回廊と屋外イベント広場から構成される。眺望性を重視して透明性の高いフロートガラスなので気候変動による負荷変動が想定される。人員の急激な変動も予想できる。またイベント等での夜間や深夜を含めた負荷も考えられるため、個別制御や冷・暖房の切り替えに優れた空冷パッケージビルマルチエアコンを採用している。

3-2 熱源設備

気候区分IV地域に立地する本件は複合用途（百貨店・オフィス・百貨店・美術館・展望台・サービス・駐車場・共用など）であり、冷水要求が大きく、年間を通じて小さな部分付加が生じる。（図 31）

そのため冷熱源はCOP並びにIPLVが高いインバーターボ冷凍機とブライントーボの冷水運転をベースとする。業務施設である本件の空調エネルギー消費量は全体のエネルギー消費量に対し、4割程度を占める可能性がある。

熱源選定は、高効率なシステムを複合的に構成することで負荷に追従できることが重要となる。そのためこれまで安定的に運転出来ているものからトップランナーを選定した。

単機容量は経済効率性と成績係数の高いもので、多く流通している冷凍機を複数台設置することで、保守性・更新性に配慮している。

少資源国である日本では、1次エネルギーは、エネルギーセキュリティなどの観点から、その選定は重要なテーマとなる。長期的に安定して安価で、環境負荷が少ないエネルギー（電力、ガス、自然エネルギー）を選択して使用することを前提としている。（図 32）

建物高低差は300m以上となるため、耐圧を考慮したプレート熱交（HEX）を設ける。ピーク負荷容量の約半分を占める百貨店は、熱源から直接送水する。送水温度設定を上げることと解氷熱交換器の処理熱量を関連付けている。氷蓄熱は大規模な蓄熱槽を設置する。

コージェネレーションは、排ガス排温水投入型ジェネリック吸収式冷温水機を設け、総合効率85%を目指している。ホテルや外気処理空調機の温水要求も比較的多い本件の熱源は、高層階に効率のよいボイラを設置する。建物の特性上、熱源など機械室スペースも制約があるため、冷水と温水が比較的容易に取り出せるガス吸収式冷温水発生機を併設する。暖房や給湯が局所に発生するため分散配置した熱源（熱回収チラー・潜熱回収ボイラなど）と、高効率ガス吸収式冷温水機に組み合わせることにより温水要求に対応する。

主要な機器構成

- | | | | | |
|---|------------|-------|------|---------------------|
| ① | インバーターボ冷凍機 | 1500 | USRT | 2台 |
| ② | ブライントーボ冷凍機 | 1500 | USRT | 1台（冷水運転時） |
| ③ | 氷蓄熱（内融式） | 11100 | RTh | 1基（CON水槽は2槽に分離） |
| ④ | コージェネレーション | 600 | USRT | 1台（排ガス排温水投入型ジェネリック） |
| ⑤ | 高効率吸収式冷温水機 | 1200 | USRT | 2台 |

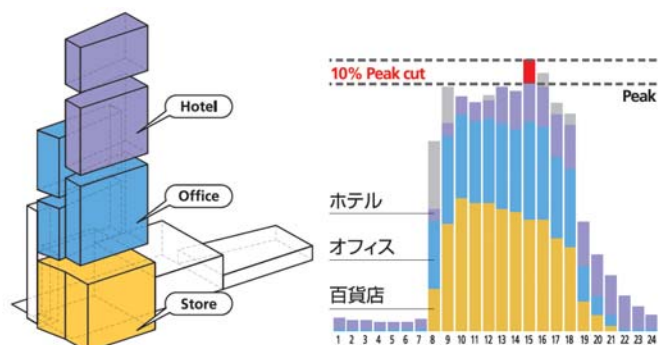


図 31 複合による負荷平準

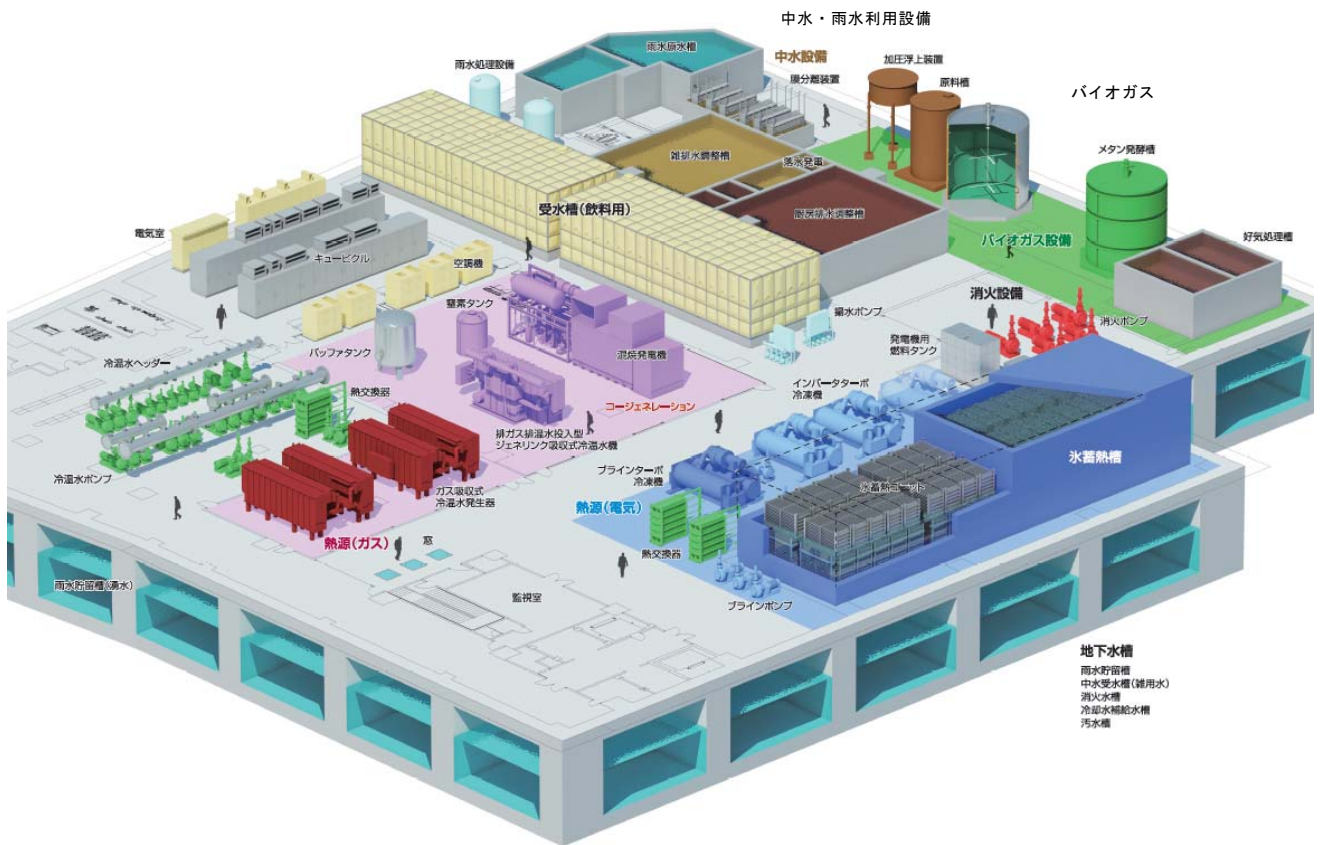


図 32 設備機器の配置

主な機械室は地下5階に計画している。搬出入ルートは百貨店の一部を経由するマシンハッチとエレベータである。その他、15階へは外部経由のルートと非常用エレベータ、更に上階へは非常用エレベータを使用する。冷却塔は15階トラス階に跳ねだした構造架構に設置した。エリア熱回収用水冷チラーと高層用熱交換器、補機も15階に設置している。



図 33 インバーターボ冷凍機



図 34 混焼エンジンエンクロージャー

電気熱源は、インバーターボ冷凍機を2台、ブライントーボ冷凍機を1台設置する。将来スペースを1台分設ける。蓄熱槽はコンクリート製を地下5階に設ける。スタティック型の蓄熱槽は保守性を考慮して2槽に分離した。ブライントーボ冷凍機は、蓄熱と冷水の2モード運転を行う。送水温度は水蓄熱システム保守時にも対応できるように5℃運転可能である。少負荷、部分負荷には IPLV の高いインバーターボ冷凍機を対応させる。(図 33)

ガス熱源としては、ガス吸収式冷温水機は1200USRT (600USRT ツイン) を2基設置し、600USRT でも運転可能とする。2重効用式を採用し温熱源と冷熱源としてフレキシブルな運転を可能とする。ボイラは潜熱回収型温水器を適所に設置し、温熱負荷への追従性向上と搬送動力を削減する。

コージェネレーションは、総合効率が高く、パッケージングされた運転と保守が容易なシステムとした。ミラーサイクルガスエンジンは、40%LHV を超える混焼エンジンを採用した。(図 34)

・エリア熱回収

熱回収用ヒートポンプチラーとしてコンパクトで、幅広い冷却水温度帯に対し COP が高く安定した効率が得られる水冷スクリーチャーを採用した。主に、百貨店への冷水供給を想定している。冷却水側(温水取出側)の水温は冷却水として利用可能な水温域である程度の成り行きとし、熱回収を行う。冷却水は低温であるほど高い COP が期待できるので、水冷チラー(519USRT)の台数制御、給湯予熱を行う熱回収運転と冷却塔排熱による運転を各種パラメータにより判断する。(図 35)

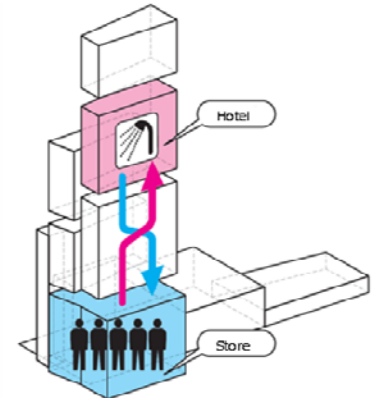


図 35 エリア熱回収

・配管と制御

熱源は、夏季のピーク負荷時に出口温度を 7℃にて運転する。後段の解氷熱交換器にて 2℃低下させることで 5℃送水とする。

運転状況を十分把握するため、A-EMS でモニタリングを行う。ローカルで適正流量、適正圧力になるようフィードバック制御を行う。これまでのポンプ制御は過流量になることが多く、還り温度が低くなることが課題であった。本件は過流量を出来る限り抑制し、十分な温度差を確保する。

熱源の選定は、年間を通して高いシステム COP とするため、上位の A-EMS にて実施する。最適運転を演算し、空調 ICONT に対し指令する。最適化エンジン(日立製作所『OH セイバー』)を搭載しガイダンスを行い、エネルギー管理者による最適運転を実施する。図の例の場合、エネルギー消費量が最も少なくなる点が最適ポイントである。OH セイバーは各々のパラメータを組み合わせ、複数の運転条件を PC で仮定して運転の最適点を演算する。(図 36)

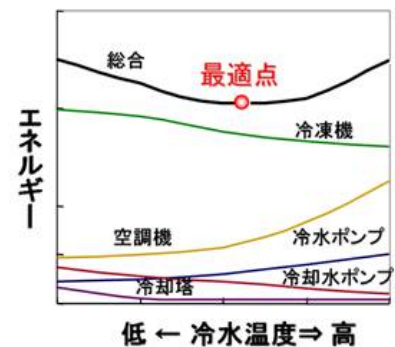


図 36 最適運転ポイントの演算

総合的見地からの極めて有能なオペレーティングを目指している。

おわりに

あべのハルカスは 2014 年春、グランドオープンいたします。本事業が環境に配慮した都市開発のモデルケースとしまして、社会に貢献できるよう今後とも努めて参りたいと考えております。

これまで、様々な方々より心あるご指導を頂戴して参りました。環境配慮の分野では、国土交通省をはじめ、早稲田大学 田辺新一教授、生ごみ搬送につきましては関東学院大学 大塚雅之教授、その他多くの方々に支えられ、ここまで参ることが出来ました。

関係頂きました皆様のご指導、ご協力に心から感謝いたしますと共に、変わらぬご指導を何卒、宜しくお願い申し上げます。

以上