

ヤンマー本社ビル “YANMAR FLYING-Y BUILDING” ～ZEB を志向した都市型環境共生建築～
YANMAR Headquarters “YANMAR FLYING-Y BUILDING”
～ZEB-oriented urban environmental symbiosis architecture～

株式会社 日建設計 設備設計部
NIKKEN SEKKEI LTD, M&E Design Section
杉原 浩二
Koji Sugihara

キーワード：コージェネレーションシステム (Cogeneration system)、バイオ燃料 (Biofuel)、空気式放射冷暖房 (Pneumatic radiation cooling/heating system)、自然換気 (Natural ventilation)、壁面緑化 (Green wall)

1. 計画概要と環境コンセプト

1-1. 計画概要と環境コンセプト

大阪梅田の中心部に建つ、ヤンマーの本社機能と商業施設が入居する複合ビルである。特徴的な外観は、200mm ピッチで取付けられた 100φ のアルミルーバーと壁面緑化で構成された外装であり、先進的かつエコロジカルなイメージを表現している。Zero CO₂-Emission Building (以降、ZEB) を志向し、ヤンマー本社エリアにおける年間のエネルギー消費に伴う CO₂ 排出量を 55%以上削減することを目標とした。コージェネレーションシステム (以降、CGS) や高効率ガスヒートポンプエアコン (以降、GHP) などを基幹設備として位置付け、各種パッシブ・アクティブ手法を組合せ、総合効率の高い省エネルギーシステムを構成し、CO₂ 排出量の大幅な削減を目指した。さらに現段階における 55%以上の削減目標を足がかりに、今後の技術革新や新規技術の導入、将来的な太陽光パネル増設やバイオディーゼル CGS 増強などの再生可能エネルギーへの進展により、ZEB の実現を目指していく。

建物のデザインは、ヤンマーグループの事業領域である「都市」「大地」「海」をモチーフとしている。人々がにぎわう交差点に対し、迫り出すように立つ外観は「都市」のエネルギーに呼応する躍動感を、最上階まで達する大きな緑化壁面は緑に覆われた「大地」を、風を受ける帆をイメージした全体の外観は「海」を表現している。外観はできるだけシンプルに、都会の街並みの中でも際立った存在感を示すようにデザインしている。建物全体を覆う円形のルーバーは建物に陰影を与え豊かな表情をつくとともに、地面から幾重にも積層する姿はこの茶屋町で創業以来 100 年以上にわたって顧客とともに積み重ねてきた信頼の歴史を表現している。

1-2. 省 CO₂ の具体策

ヤンマー本社エリアの初年度 CO₂ 排出量実績は、59.7%削減を実現した。以下に、導入技術を簡潔に示す。次頁以降、特徴的な技術群ごとに要点を説明する。

①オンサイト発電と選択可能型排熱利用

ガスエンジン CGS、バイオディーゼル CGS、太陽光発電、風力発電を導入。CGS の排熱はジェネリク/デシカント/暖房/給湯の利用優先順位を自由に設定し、最適モードを選択可能。

②自然エネルギーの活用とリアルタイムの見える化

建築と融合した自然換気計画・自然採光計画・大規模壁面緑化計画、及び太陽熱と地中熱利用システムの導入。CO₂ 削減率のリアルタイム評価と WEB 公開を実施。

③放射モード/対流モード可変型の空気式放射冷暖房

汎用性のある外調機+エアコン方式において放射モードと対流モードの選択可能型空調システムを構築。快適性向上と省エネの両立を、夏・冬・中間期の温熱環境測定を通して実証。



表 1：建築概要

名称	ヤンマー本社ビル (YANMAR FLYING-Y BUILDING)
所在地	大阪府大阪市北区茶屋町 1 番 32 号
建築主	セイレイ興産株式会社
敷地面積	2,500.01 m ²
建築面積	1,553.14 m ²
延べ面積	21,011.40 m ²
構造	鉄骨造、一部 鉄骨鉄筋コンクリート 造、 鉄筋コンクリート 造
階数	地下 2 階、地上 12 階
主用途	事務所、物販店舗
設計 監理	株式会社 日建設計
施工	建築：(株) 竹中工務店 空調：三機工業(株)、東洋熱工業(株) 衛生：三機工業(株)、(株) 三晃空調 電気：東光電気(株)、(株) 関電工
工期	2013 年 2 月～2014 年 9 月

表 2：設備概要

[空調設備] ・ 熱源/ジェネリック (排熱投入型ガス温水発生機) : 350USRT×2 台 GHP(本社エリア : 1700kW、商業エリア : 1500kW) ガスエンジン CGS : 400kW、バイオディーゼル CGS : 25kW 太陽熱集熱器 : 30kW、地中熱交換器 (基礎杭方式×5 本) ・ 空調/外調機+GHP (本社エリアの外調機は排熱利用デシカント方式併用)
[衛生設備] ・ 給水/上水 : 重力方式、雑用水 : 重力方式・雨水利用 ・ 給湯/手洗・湯沸 : 貯湯式電気温水器 社食厨房 : ガス湯沸器 (+CGS 排熱・太陽熱利用) + 貯湯槽 ・ 排水/建物内 : 汚水雑排水分流式、敷地内 : 汚水雨水分流式 厨房排水処理設備 ・ ガス/中圧 B 引込
[電気設備] ・ 受電/高圧 : 6.6kV2 回線受電 ・ 発電機/常用/ガスエンジン : 6.6kV400kW バイオディーゼル : 200V25kW 太陽光発電 : 35kW、風力発電 : 1kW ・ 発電機/非常用/ガスタービン : 6.6kV875kVA ・ 照明 / 本社エリア/LED (タスクアンビエント方式)



図 1：外観・内観・配置図

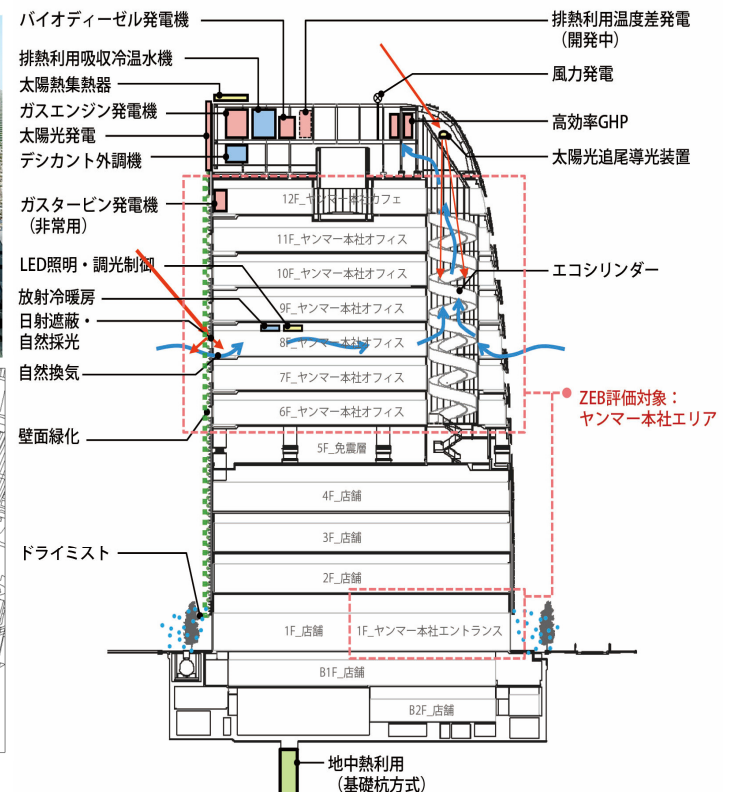


図 2：省 CO2 技術インストールダイアグラム

2. 省 CO2 率のリアルタイム評価と見える化

2-1. ヤンマー本社エリアの CO2 排出量実績評価

本建物では、CGS の導入、エコシリンダーを利用した自然換気、GHP による放射冷暖房を併用したハイブリット空調、太陽熱・地中熱利用と共に太陽光、バイオ燃料を利用した創エネルギー技術など、多岐にわたる環境共生技術を導入し、それら各種システムの計量計測データを用い、BEMS において CO2 排出量の毎時演算を行っている。

また、「ヤンマー本社ビル」における CO2 排出実績値を算出することと合わせて、各種省 CO2 技術を導入していない場合の仮想の「ヤンマー本社ベースモデル」の CO2 排出量を同時演算し、加えてヤンマー旧本社ビルの実績データをもとに設定した「ヤンマー旧本社ベースモデル」とも比較することで、ヤンマー新本社ビルの省 CO2 率をリアルタイムで評価している。

図 3、図 4 に、ヤンマー本社エリアにおける竣工後 1 年間 (2015/4/1～2016/3/31) の CO2 排出量実績評価を示す。年間の CO2 排出量の実績値は 56.8kg-CO2/m²年となり、「ヤンマー本社ベースモデル」比

で 59.7%の削減、「ヤンマー旧本社ベースモデル」比で 55.4%の削減となった。

CO₂ 排出量の内訳は、熱源・空調関連項目が約 60%を占め、照明・コンセントの比率は 20%程度である。ヤンマー本社ビルでは照明の LED 化や省電力機器（ノート PC 等）の全面的導入により照明・コンセントの消費電力が大幅に削減され、相対的に空調関連比率が大きくなったものと考えられる。また、「その他」には、厨房用のエネルギーが含まれている。

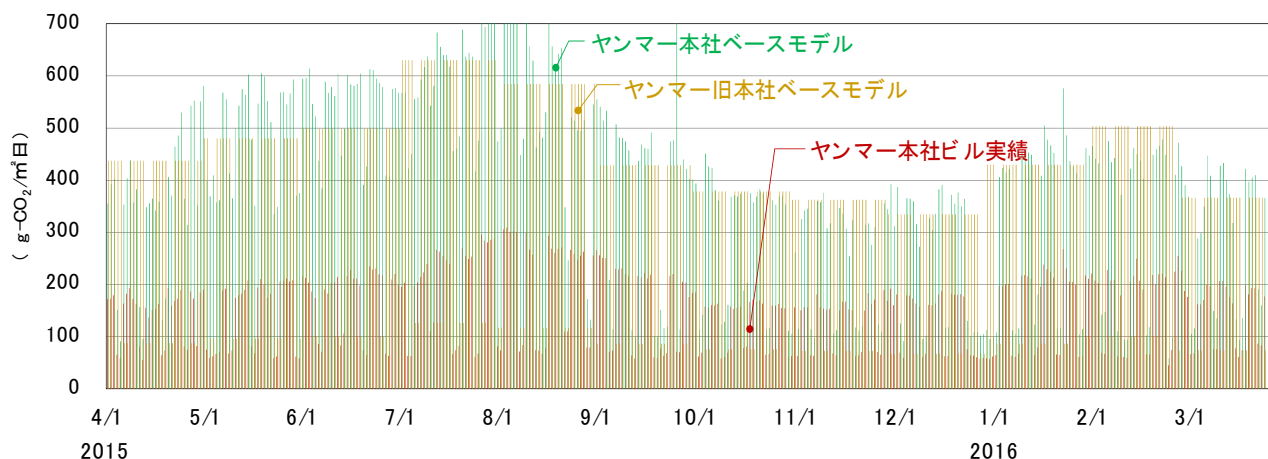


図 3：ヤンマー本社エリアにおける省 CO₂ 実績評価-1

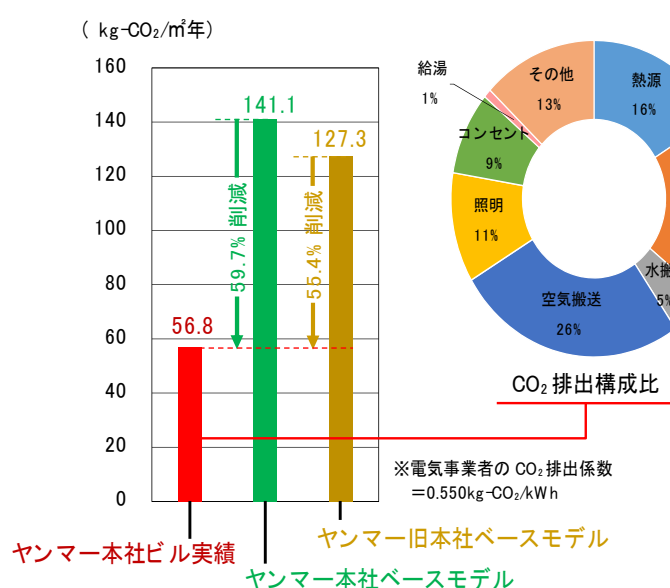


図 4：ヤンマー本社エリアにおける省 CO₂ 実績評価-2

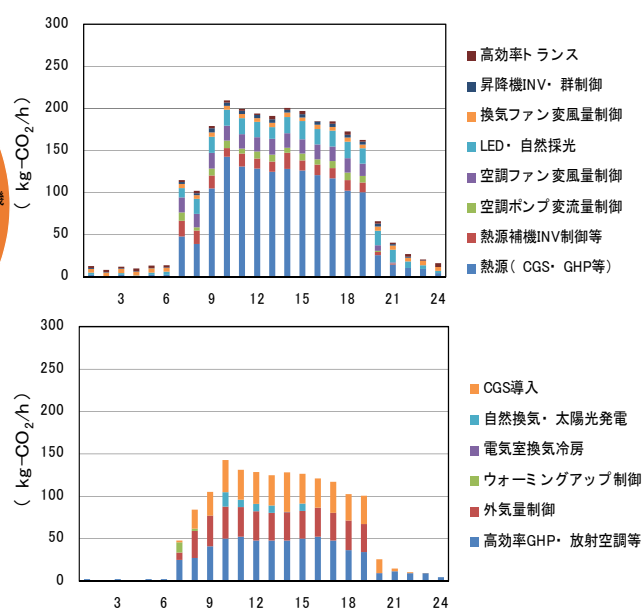


図 5：要素技術毎の CO₂ 削減効果（夏期代表日 2015/8/26）

上段：中項目までの評価

下段：中項目の内、熱源部分の詳細評価

2-2. CO₂ 削減率のリアルタイム評価と見える化

この建物の特長的な性能を端的に表す指標は、CO₂ 削減率と自家発電率である。そこで、2つの数値を極力リアルタイムで表示することで、建物の脈動を感じられるようにした。一つは本社エリア 11 階のレセプションサイネージに、もう一つはインターネット上のホームページで閲覧可能としている。

これらの数値はヤンマー本社エリアを対象とした評価数値を表しており、BEMS において計量計測データの詳細管理を行い、要素技術ごと



図 6：省 CO₂ 率の WEB 公開

の CO2 削減効果や自家発電率を算出するための計算ロジックを構築し、逐次バックデータを蓄積している。一方で表示方法は、余計な情報を排した数字だけをシンプルに見せることで、印象的にアピールするようにしている。アーティスティックに動く数値で興味を喚起し、これを契機として、要素技術やその効果のディテールへと議論が積極的に展開されることを期待している。

3. バイオディーゼルや自然エネルギーを連携利用した熱源システム

3-1. オンサイト発電とセレクトブル排熱利用

本建物には多様な常用発電設備を導入している。ガスエンジン発電機、太陽光発電、風力発電、そして、バイオディーゼル発電機である。ガスエンジン発電機とバイオディーゼル発電機による CGS は、電主運転／熱主運転の切換ができるように備え、かつ排熱の多段利用先であるジェネリンク／デシカント／暖房／給湯については、その利用順位を自由に設定可能とした。これにより、【CO2 削減優先モード】や【ランニングコスト低減優先モード】など、優先事項に応じた最適運転モードを選択可能としている。

3-2. バイオディーゼル CGS の導入

バイオディーゼル燃料とは、菜種油やひまわり油など植物由来の油や、てんぷら油などの廃食油から作られる燃料のことである。原料となる植物油脂は、脂肪酸とグリセリンが結合している。植物の油脂にメタノールを混ぜてアルカリ処理などを行うと、植物油脂の構成成分である脂肪酸とメタノールとが結合した化合物ができる。この化合物は FAME (Fatty Acid Methyl Ester：脂肪酸メチルエステル) と呼ばれる。FAME は植物由来の再生可能エネルギーであるため、エンジン燃焼時に CO2 を排出しても、環境中の炭素循環量に対して中立、即ちカーボンニュートラルの特性を持つ。従って、FAME で発電をした場合は、その発電分を電気事業者から購入するとした場合の CO2 排出量をそのまま削減するものと見做すことができ、発電電力は小さいが、ZEB に大きく寄与することが可能である。

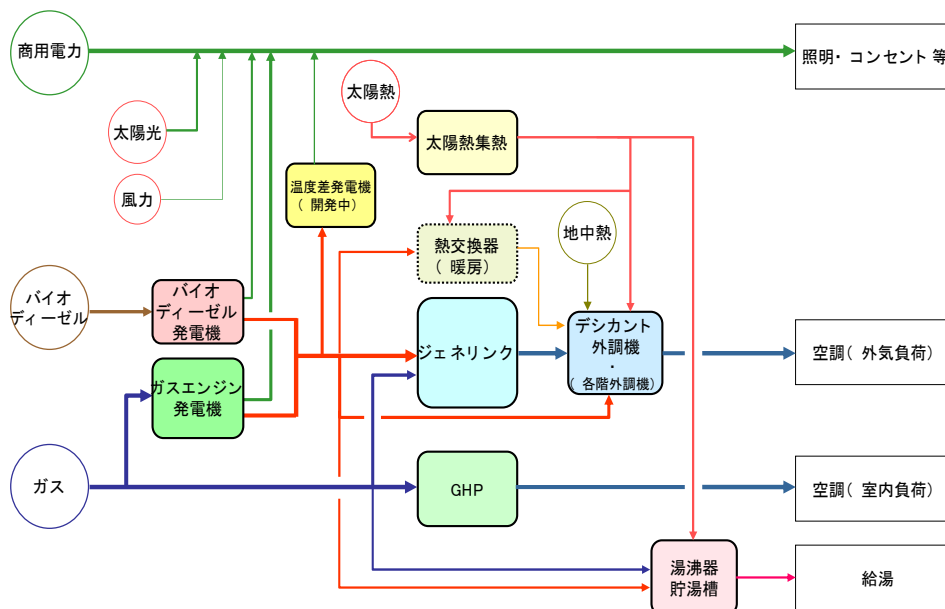


図7：電気と熱のフロー図

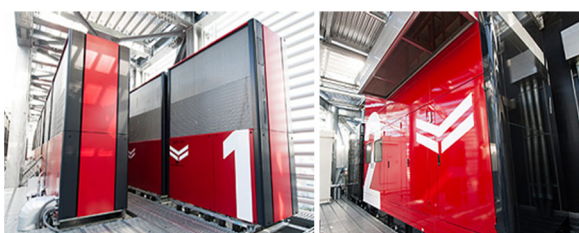


図8：設備機器にデザインによる波及性をもたせる試み

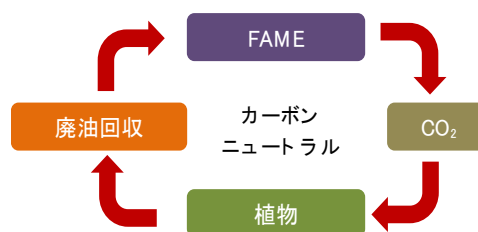


図9：FAME のカーボンニュートラル性

3-3. 自然換気・自然採光計画

オフィスの中央に位置する、エコシリンダーと呼ぶ吹抜けの螺旋階段室を利用して、自然の風と光の積極的な導入を図っている。本計画における自然換気は、西・北・東の3方位6箇所に設けた床下給気ダンパーより外気を取り入れ、床下のチャンバーを経て窓際の中木スリットより室内に供給され、エコシリンダーへと流れ、温度差駆動力を利用しながら頂部排気窓より排気される計画である。自然採光に関しては、3面採光の確保に加えてエコシリンダー頂部の太陽光追尾型導光装置によってオフィス中央部にも柔らかな自然光を取り込むこととしている。

3-4. 地中熱と太陽熱の利用

都心部における再生可能エネルギー利用手法として、地中熱利用と太陽熱利用を採用した。太陽熱利用については、太陽熱温水器を設置し、CGS 排熱と並行した熱利用を行う。また地中熱利用においては、基礎杭方式による地中熱交換器を設置し、外気のプレクール・プレヒートに直接利用する。デシカント外調機における夏期の外気処理工程に注目すれば、地中の熱で冷やし、太陽の熱で除湿するという連係利用方式となっている。なお地中熱について、本敷地は地下水位が高く地盤の有効熱伝導率が比較的高いため、熱劣化が起こりにくく、地中熱を安定して利用しやすいことを確認している。

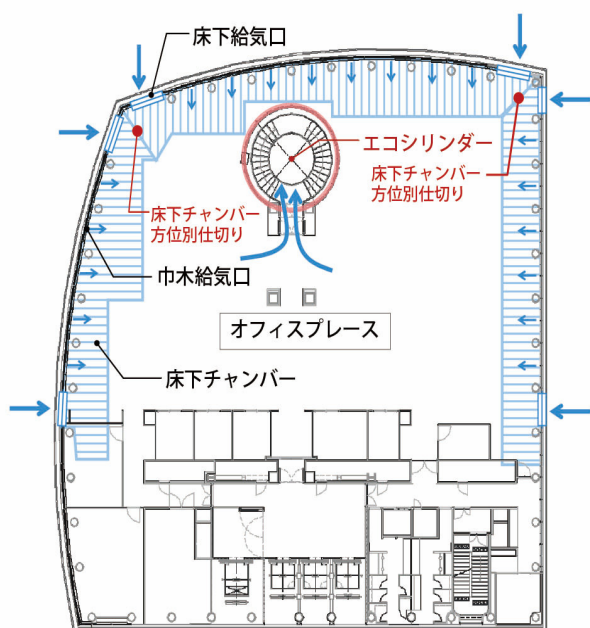


図 10：自然換気・自然採光に配慮した平面計画

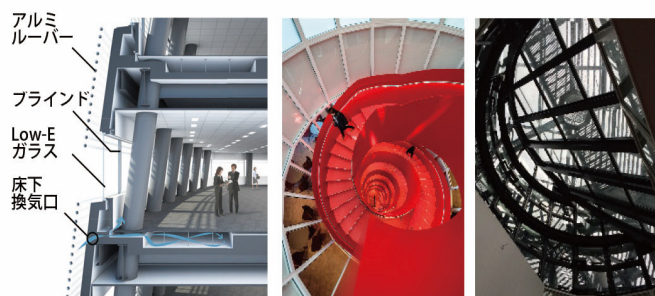


図 11：自然の風と光を導く仕組み
(窓廻り断面/エコシリンダー/排気窓と導光装置)

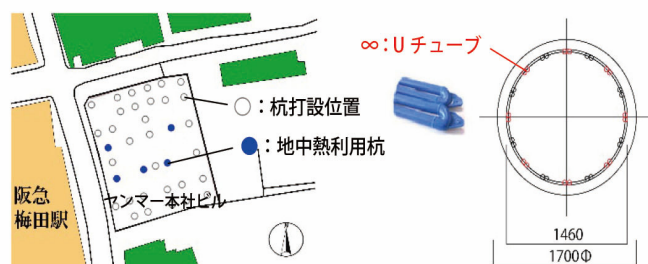


図 12：杭配置図

図 13：杭詳細図

表 3：地中熱交換杭仕様

- ・基礎杭方式／計 5 本／杭径 1700Φ／1 本当り U チューブ 8 本／杭深さ 11m～27m
- ・サーマルレスポンステスト結果
地盤の熱伝導率 $\lambda = 3.59 \text{ W/mK}$ (周辺敷地参考値 $\lambda = 1.80 \text{ W/mK}$)



図 14：地中熱交換杭施工

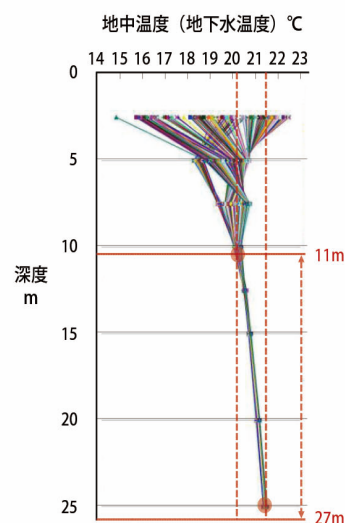


図 15：地中温度事前測定結果
(測定：2012/7/5～2013/3/14)

4. 自然エネルギー利用型・放射/対流モード可変型の冷暖房システム

4-1. 空気式放射冷暖房システムの概要

オフィスの空調方式は外気処理空調機＋GHP 方式としている。図 16 に示すように、デシカント外調機による除湿とマルチエアコンを組合せ、空気式放射パネルを併用した潜熱・顕熱分離空調とし、快適性と省エネルギーの両立を図っている。また同図に示すように、外調機からの給気と GHP 室内機の接続箇所においてダンパー切替を行うことで、吹出風量・吹出温度に変異性を持たせる空調システムとしており、通常時の放射空調モード（以下【通常放射モード】）と、給気風量を通常時の 4 割増しにするモード（以下【風量増強モード】）を選択可能としている。これにより、冬期の暖房立上り時や、盛夏の設定温度緩和時などに、オプションとして気流を付加できる計画としている。冷房時には、室温 28℃でも PMV $\leq +0.5$ となる快適な温熱環境を、従来の天井吹出し空調に比べて省エネルギーで実現することを意図している。

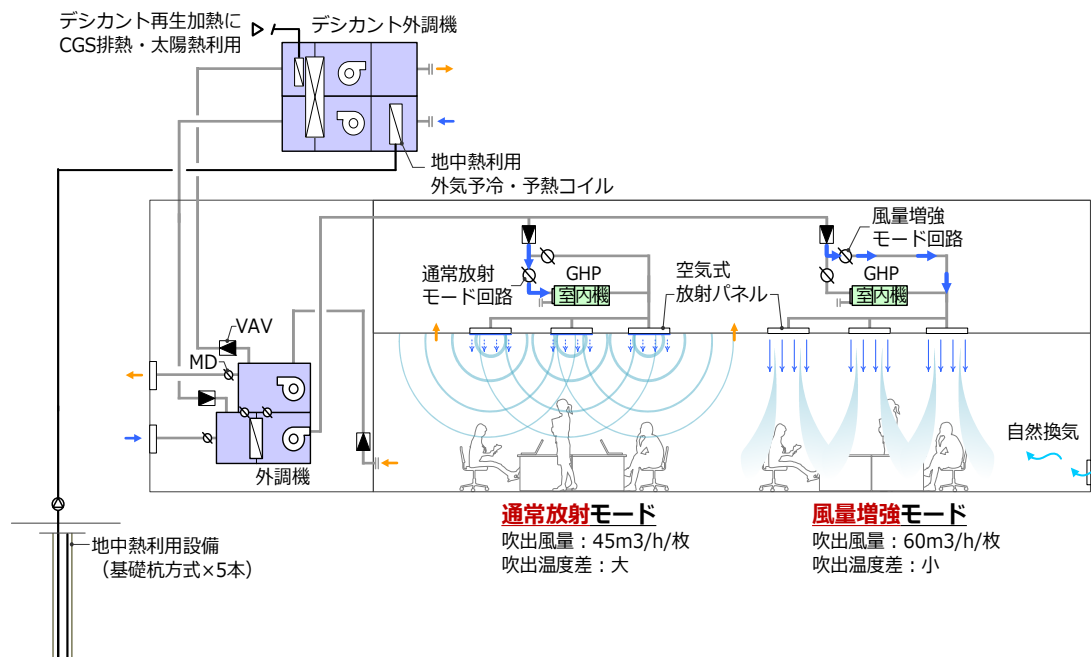


図 16：自然エネルギー利用型・放射/対流モード可変型の冷暖房システム

4-2. 冷房時の各モードの基本性能

両モードの気流特性について、上下方向気流測定結果を図 18 に示す。FL+1700mm においては通常放射モード：風量増強モード=0.13m/s:0.30m/s であり、FL+1100mm においては同比較=0.11m/s:0.16m/s となっており、居住域部分において、不快なドラフトのない範囲で、風量増強モードの方が気流感が増す結果となった。また、サーモカメラの熱画像においては、通常放射モードの方がパネル表面温度は低く、冷放射効果が大きくなっていることが確認できた。

4-3. 自然換気時の室内温熱環境と省エネ効果

自然換気が ON となったハイブリッド空調時の温熱環境測定結果（FL+1100mm）を図 20 に示す。自然換気 ON 時、室温や PMV は、自然の外気が流入してきていることを示唆するように微変動を示しながら、快適域内で推移していることが分かる。

また、図 21 に、自然換気除去熱量と GHP ガス消費量の関係を、外気温と日射量と共に示す。自然換気が発動し、室内発熱の除去熱量が計上されている時間は、ガス消費量が顕著に削減されている。室内外温度差が大きく煙突効果が促進される時は、ガス消費量はゼロになっており、室内外温度差が小さい時も、ガス消費量は少なく抑えられている。



図 17：オフィス内観

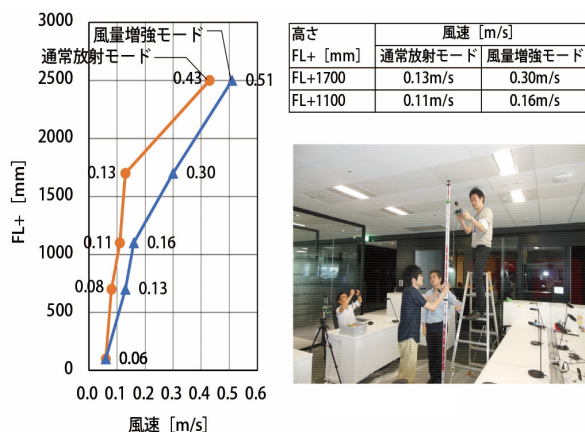


図 18：上下方向気流測定結果（冷房時）

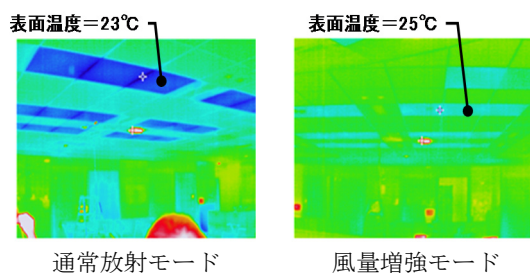


図 19：各モードの熱画像

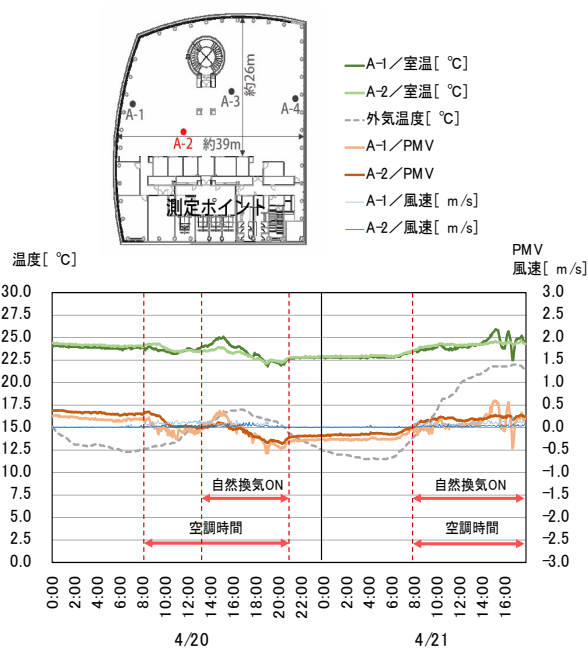


図 20：自然換気時の温熱環境測定結果

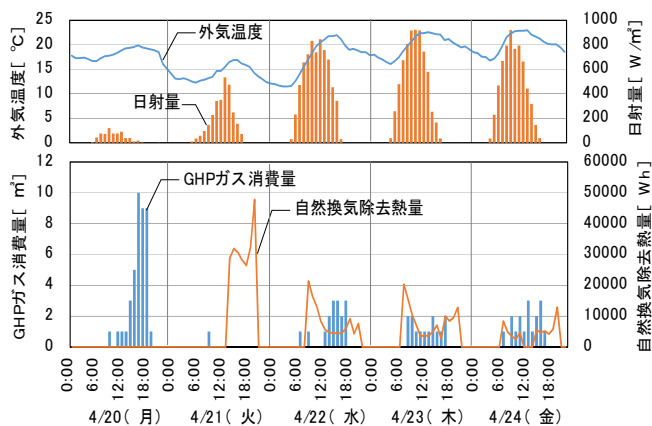


図 21：自然換気時の除去熱量と GHP ガス消費量

5. 都市環境への貢献—大規模壁面緑化と外構ドライミスト—

南側外壁の高さ 55m に及ぶ大規模壁面緑化は、都市環境に貢献する意図を象徴するデザインであり、緑が少ないと言われる梅田の地において、実質的なヒートアイランド抑制手法として寄与する。また、外構にはドライミストを設置し、気化冷却によって周囲の気温を下げることで、ヒートアイランドを低減し、通行人に涼感を与えるクールスポットを創出する。

壁面緑化、外構植栽、ドライミスト、及び高さ方向にセットバックした建物形状は、複合的に都市の環境と温熱環境改善に寄与し、その効果をシミュレーションによって検証した。風環境解析においては、風環境評価指標によるランク評価を行い、今回立地において条件付けされる風環境ランクより、敷地周辺全箇所において上位のランクとなることが確認された。ヒートアイランド解析においては、図 22 に示す通り、風向・風速や日射の強度・角度などの条件にもよるが、周囲に比べ、約 3℃程度の温度低下が見られ、壁面緑化やドライミストの有効性が確認できた。

図 23 に隣接建物から撮影した壁面緑化の熱画像を示す。植栽の葉による表面温度抑制の効果が確認され、植栽や土壌による蒸散効果が期待でき、ヒートアイランド現象緩和に有効な手法といえる。また、図 24 にドライミスト噴霧中に撮影した熱画像を示す。気化冷却による周辺温度の低減効果が確認され、クールスポットを創出し、またヒートアイランド現象を有効に緩和していることが分かる。

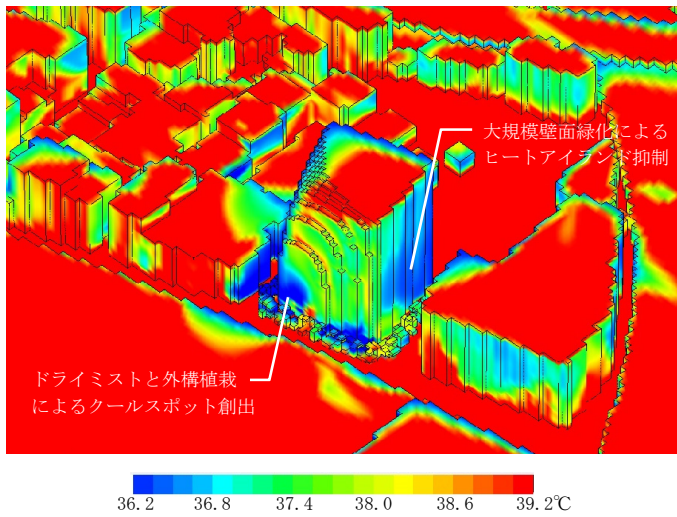


図 22：都市温熱環境シミュレーション結果

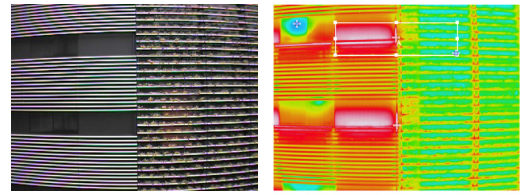


図 23：壁面緑化ローバーの熱画像（2015/8/18）

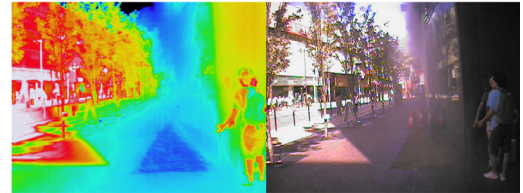


図 24：外構ミスト散布中の熱画像（2015/8/18）

〔謝辞〕

本建物の設計・監理・施工にあたり，建築主であるセイレイ興産株式会社、ヤンマー株式会社の方々をはじめ，多大なるご協力をいただきました関係者の皆様に深く感謝申し上げます。