

清水建設 四国支店 ～中規模オフィスビルにおけるZEBへの取り組み～

清水建設(株) 関西支店 設計部 太田 昭彦

■キーワード／事務所・自然エネルギー・放射空調・ZEB・見える化

1. はじめに

清水建設四国支店は、その旧社屋の老朽化にともない、当社の総合力をアピールするショールームとして機能するとともに四国地方4県の活動拠点となることを目的として計画された新社屋である。

新社屋は、地域特有の自然エネルギーを最大限活用するとともに、既成省エネルギー技術や当社開発技術である新しい空調システムを組み合わせることで、年間一次エネルギーを60%以上削減することが可能な省エネルギービルとして設計され、さらに災害時には復旧拠点としても機能するようBCP計画を行い、清水建設が提唱する快適な省エネ・節電と非常時の事業継続を両立する『eco・BCP』モデルビルを実現している。(図-1)

本稿では、清水建設四国支店の建物・設備概要とその採用技術、および一次エネルギー消費量実績等を紹介する。

2. 建築概要

本建物は高松市に位置し、支店機能を有するとともに、関連会社事務所を集約したオフィスビルである。建築概要を表-1に示す。

表-1 建築概要

建 物 名 称	清水建設(株) 四国支店
所 在 地	香川県高松市寿町2-4-5
建 築 主	清水建設(株)
構 造	RC造4階建(1階柱頭免震構造)
用 途	事務所
敷 地 面 積	1,072.30㎡
建 築 面 積	759.94㎡
延 床 面 積	2,488.62㎡
設 計・監 理	清水建設(株) 関西支店 一級建築士事務所
施工(建築)	清水建設(株) 四国支店
(空調・衛生)	ダイダン(株)
(電気)	東光電気工事(株)
工 期	2015年4月～2016年2月

3. 建築計画

当ビルは「四国4県の活動拠点」となるように採用技術アピールするショールームを備え、営業活動の支援も行うため、最新の省エネルギー技術とBCP技術を導入した『eco・BCP』モデルビルとすることをめざし、



写真-1 建物全景



図-1 清水建設の『eco・BCP』

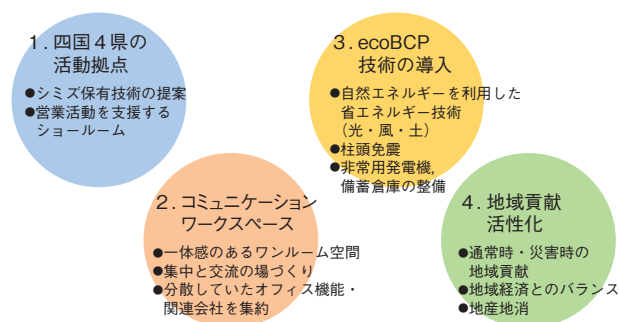


図-2 計画コンセプト

図-1・2に示す4つの視点に基づき建築計画、技術採用を行っている。

この中で『eco』のコンセプトとして、図-3のように「光」「風」「土」を掲げ、ZEBの実現に向けて設計段階で目標値として設定した一次エネルギー消費量削減値60%以上を達成するために、各自然エネルギーをアクティブ・パッシブともに可能な限り利用するよう建築・設備一体となって計画を行った。

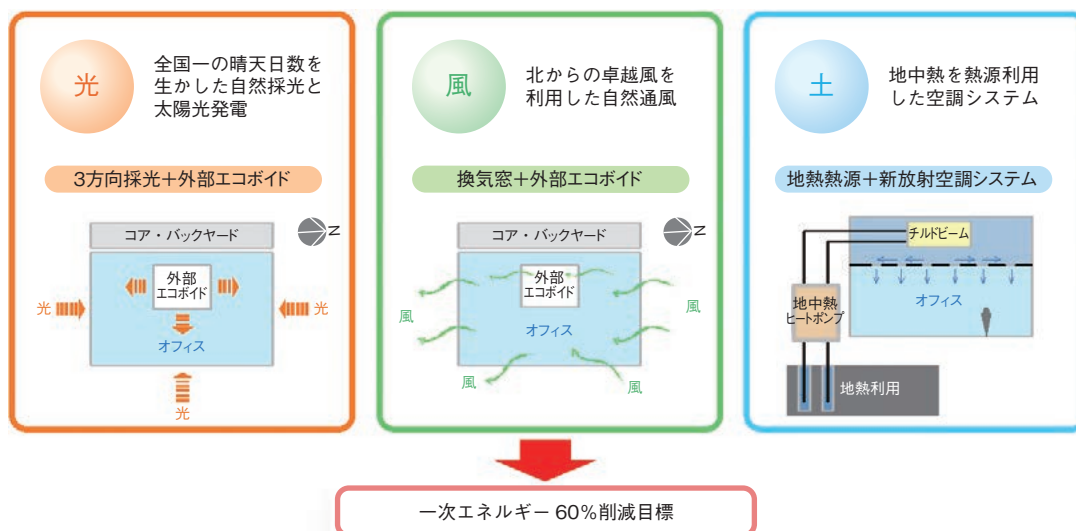


図-3 『eco』コンセプト

また『BCP』対策としては、災害時にも活動拠点として利用できるよう巨大地震・津波対策・高潮対策を行うとともに、エネルギーの自律性確保をはじめとする電気・上下水道のインフラ途絶対策も行い、災害に強い建物をめざした。

4. ZEBをめざした省エネルギー技術

ZEBを実現するにあたっては、自然エネルギーを利用するとともに、既成の省エネルギー技術も最適な組み合わせで採用し、さらには建物ニーズ・規模に応じた最新空調技術の開発にも取り組んだ。採用技術を図-4に示すとともに特徴的な技術について紹介する。

4-1 ペリメータ環境技術

窓面にはLow-Eペアガラスを採用して日射熱の抑制と断熱をはかるとともに、さらなる日射熱対策として、東面においては水平日射を70%削減する有孔パネル(写真-2)を視線制御も兼ねて設置し、南面については夏期に室内に入る直射日光量を抑制するために窓面上部の庇を他面より長い1.5mとした(写真-3)。屋根・外壁の断熱は費用対効果を熱負荷計算とコスト試算により検討し、

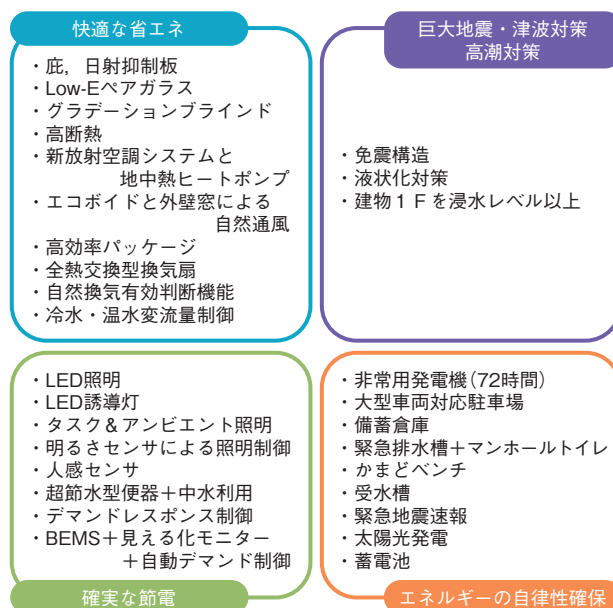


図-4 採用した省エネルギー・BCP技術

おのおの80mm, 55mmのウレタン吹付け断熱とした。このように夏期のペリメータ負荷を建築的に可能な限り削減することで、空調機の運用エネルギーのみならず、機器選定段階から定格容量も最小限としている。

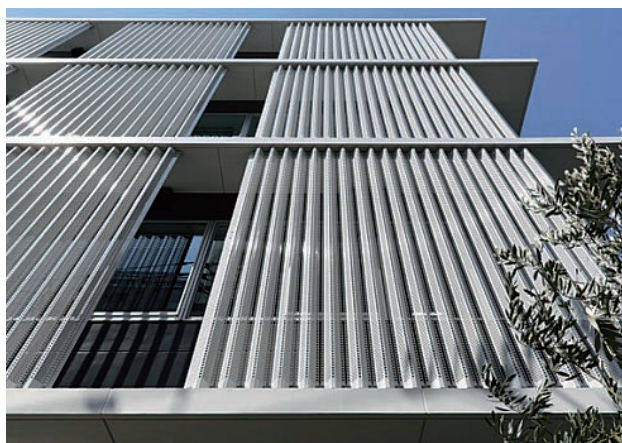


写真-2 東面外部有孔パネル



(室内より望む)



写真-3 建物南東角外観

4-2 自然エネルギー活用

自然エネルギーは「光」「風」「土」おのこの特性を最大限活用している。

「光」は香川県が全国一位である晴天日数をいかし、自然採光利用による照明エネルギー削減と太陽光発電による創エネルギー利用をはかる。自然採光は東南北の三面外壁開口と、採光シミュレーション(図-5)により配置を決定した外部吹抜空間であるエコボイド(写真-4)から執務空間全体に取り込んでいる。

「風」は、北からの卓越風を自然通風として建築・設備一体となって最大限利用する計画としている。具体的には、近隣建物を配慮した通風シミュレーション(図-6)によって換気窓を決定し、「自然換気有効表示灯」(写真-5)を設けて自然換気有効状態の「見える化」を実現、点灯した場合には空調機を停止する仕組みとしている。点灯に従いエコボイドと外部換気窓を手動にて開閉する操作が必要になるが、空調停止のもくろみはこの操作を啓発することにある。点灯には室内外エンタルピー差などの各種条件を満足する必要があるが、これらの工夫により中間期のみならず冷房期間にも積極的な自然通風の利用を促すことで、大幅な空調エネルギー削減をはかっている。

「土」としては再生利用可能エネルギーでもある地中熱をヒートポンプ熱源に間接利用している。当初は井戸水を直接利用する計画としていたが、水質基準を満足しなかったため利用方法を変更した。年間を通じて温度が安定している地中熱を利用する地中熱ヒートポンプチラーを採用することで高COP化による省エネルギーが期待できるとともに、都市部のヒートアイランド抑止にも役立つ。システム概念図を図-7に示す。

地中熱の採用にあたり、建物底盤にコイルを敷設する水平コイル方式と地中100m程度まで掘削してダブルUチューブを敷設するボアホール方式を併用(写真-6)しており、運用状況によっては切り替えにより各方式を選

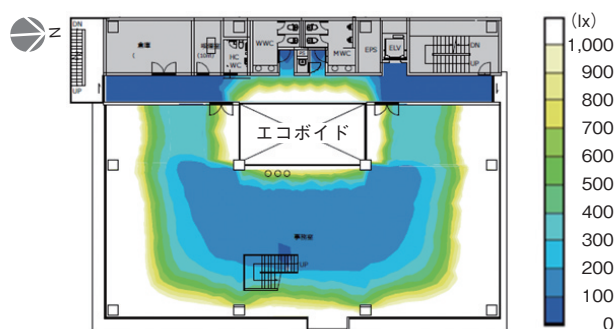


図-5 自然採光シミュレーション

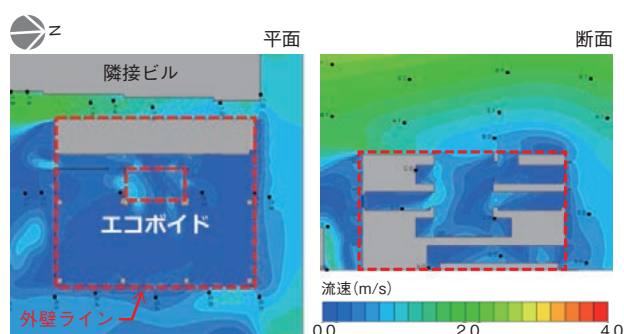


図-6 自然通風シミュレーション



写真-4 エコボイド



写真-5 自然換気有効表示灯

択して利用できる試みを行うとともに、両方式の熱収支比較を可能としている。また、冷房使用時に地中熱源水温度が16℃を下回る場合には直接利用できるような配管ワークとしている。

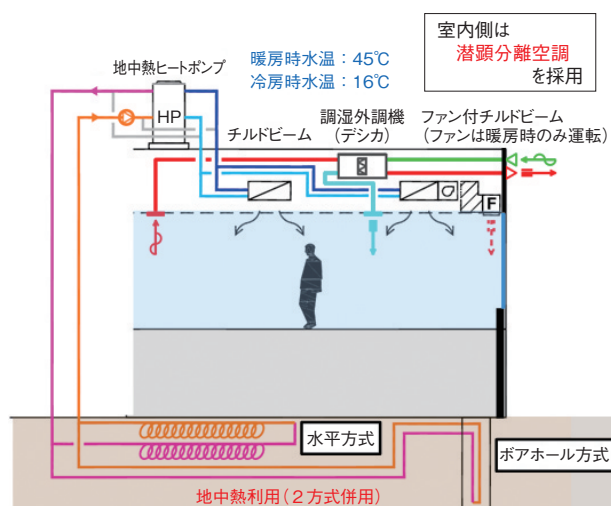


図-7 地中熱利用空調システム概念図



写真-6 地中熱利用(水平コイル方式とボアホール方式)

4-3 新放射空調システム(S-ラジシステム®・ライト)

+デシカント外調機による潜熱・顕熱分離空調

室内の顕熱処理は新放射空調システム(S-ラジシステム®・ライト)に行っている。このシステムは従来の配管付天井放射パネルを利用した放射空調方式における省エネルギー・快適性を維持しつつ、施工性の向上および低コスト化を目的として考案・開発した「天井内冷却式放射空調」である。この方式は中小規模オフィスビルのニーズに合わせて開発を行い今回初導入した。(特許申請中)

S-ラジシステム®・ライトとは、天井内に設置するファンレスの冷却装置(以下“CB”(チルドビーム)と呼ぶ)により下降冷気を発生させ、さらにこの冷気を天井パネル上面に滞流させることで得られる「天井パネル冷却による放射効果」と「有孔天井パネルの微小開口を通じて浸み出す冷気による対流効果」により室内を冷却するシステムである。当該システムの導入メリットは、①省エネルギー(水搬送およびファンレスによる搬送動力の削減)、②快適性(ドラフト感低減、ファンレスによる静穏な室内環境実現)、③低コスト化・施工性改善(冷却装置の集約化によるコスト低減・配管接続箇所数減、建築天井工事との完全分離、コイルと金属パネルという汎用品の利用)、④安全性(配管減による漏水リスクの低減)の4点である。システム概念図を図-8に示す。

なお、この新しいシステムの採用にあたっては、当社技術研究所にある建築環境試験室内に実大モデルルームを作成して、人工太陽灯による日射や外気温、室内発熱等を再現して種々の性能確認実験を行い、有孔天井放射パネルやCBの最終スペックを含む空調計画を決定している。実験時の測定点を図-9、測定温度分布を図-10に示すが、居住域では垂直・水平方向とも温度のバラつきがなくほぼ均一になることが分かる。

CBはファンレスのため温水を流した場合は暖気がCB上部に溜まるだけなのでそのままでは暖房利用ができない。そのため暖房負荷が発生するペリメータについては

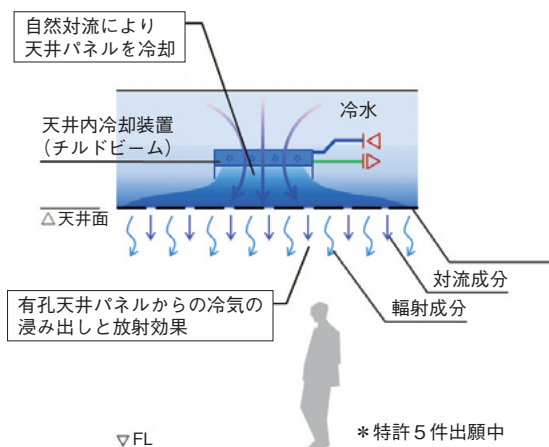


図-8 天井内冷却式放射空調概念図

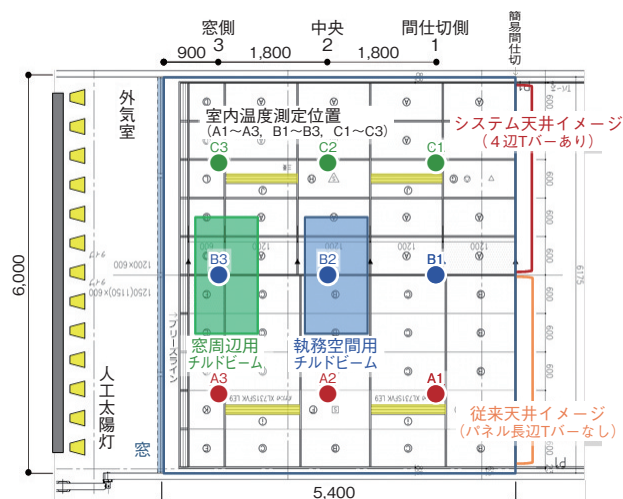


図-9 モデルルーム測定点平面図

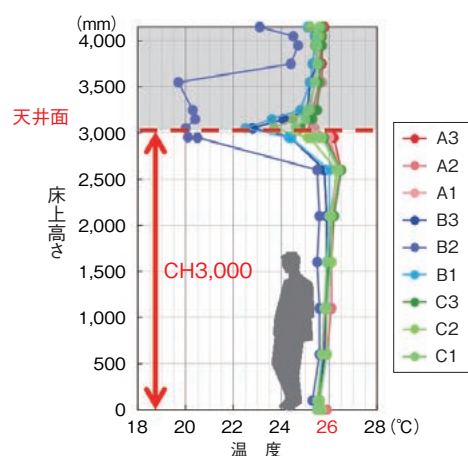


図-10 垂直温度分布

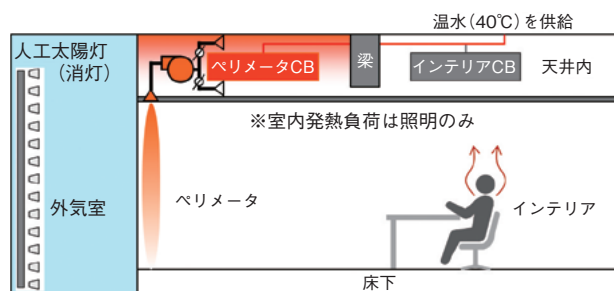


図-11 CBを使用した暖房システム

暖房機の設置が必要となる。ペリメータ処理については従来型空調での処理も可能であるが機器が二重設置となるため、本計画ではCBを活用した処理について検討・実験を行い採用した(図-11)。

ペリメータ処理へのCB活用方式の採用にあたっては、実験的な要素を取り入れ、負荷の大きさによって2種類の方式を採用している。具体的には、負荷が小さい部分についてはCBで生成される天井内暖気をペリメータ部分で室内に押し下げる役割を有する“クロスフローファン(cf)”をCBに併設する方式を採用としたが、負荷が大きい部分については“ファン付きチルドビーム(fCB)”を開発し、これとcfを併設する方式としている。fCBは“付

属ファン”を负荷に応じて運転し、コイルを通過する風量を増やすことでコイル面積を増やさずに冷暖房能力の増強を可能としている。一方、cfについては负荷に応じて強弱運転を可能とし省エネルギーに配慮するとともに、納まり・施工性を考慮し今回は吹出口と一体のユニット型を製作した。

2種のCBとcfの組み合わせ概要を図-12に、実際に設置した実機写真を写真-7に示す。

潜熱処理はデシカント処理が可能な汎用品である水配管レス調湿外気処理機にて行っている。

4-4 照明制御による確実な節電

執務空間には明るさセンサと画像人感センサの2種類のセンサ(写真-8)を用いたタスク&アンビエント照明(写真-9)を採用している。アンビエント照明は、明るさセンサを用いて自然光を最大限に活用しつつ、全体の照度を300lxに抑える調光を行っている。また、画像人感センサを併用して、感知エリアの人員有無に応じて300lx調光～100lx調光の切り替えを行い確実な節電と空調負荷低減を行っている。さらに機械警備と連動した完全退室時の消灯も行っている。

在席感知制御には熱線センサを用いることが一般的であるが、この場合、在席していても小さな動きを感知することができず不在と認識して減光してしまう、あるいは感知エリアを通過するだけでも点灯してしまうなどの問題がある。この問題を解決するために当ビルでは画像人感センサを採用している。このセンサにより在・不在・通過の3概念(図-13)による制御を行うことで、不在時の減光だけでなく、執務活動時の小さな動きに対しての不要な減光を防止するとともに、通過時の無駄な点灯も防止することで、執務者にストレスを与えずにきめ細やかな省エネルギー化をはかっている。

4-5 創エネルギー

太陽光発電パネルは多結晶パネルを採用し容量は20kWとしている。太陽光発電はリチウムイオン蓄電池に蓄電することで、電力ピークカット制御による電力エネルギー削減にも寄与するとともにインフラ途絶時の電源利用も可能とした。蓄電池容量は建物規模と災害時使用量を鑑み16.8kWhとしている。

4-6 エネルギーの見える化

当ビルではBEMSに清水建設が保有するクラウドサービスを導入し、「エネルギーの見える化」を行っている。概念図を図-14に示す。このサービスにより、ショールームと執務空間にデジタルサイネージパネルを設置して、採用した主な省エネルギーシステムを分かりやすく紹介するとともに、「実際のエネルギー消費量」を、「一般ビルの消費値」と「当ビルのシミュレーション値」と比較表示することで、在館者に対して省エネルギー意識の啓発を行っている(図-15)。

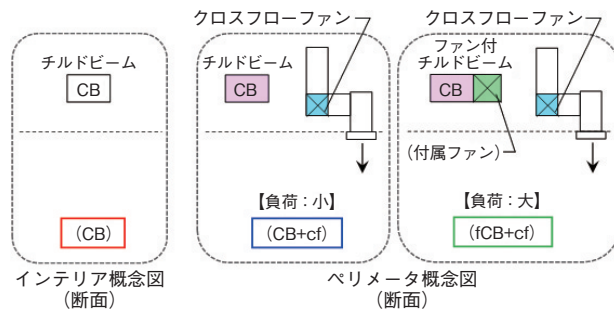


図-12 CB・cf組み合わせ概念図

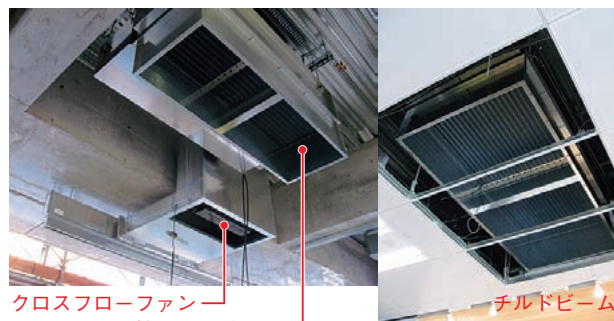


写真-7 チルドビーム・クロスフローファン



写真-8 照明制御用センサ



写真-9 タスク&アンビエント照明の執務空間

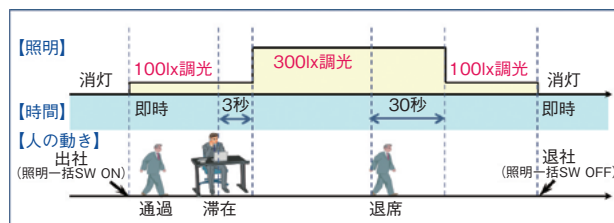


図-13 在席感知制御概念図(在・不在・通過: 3概念)

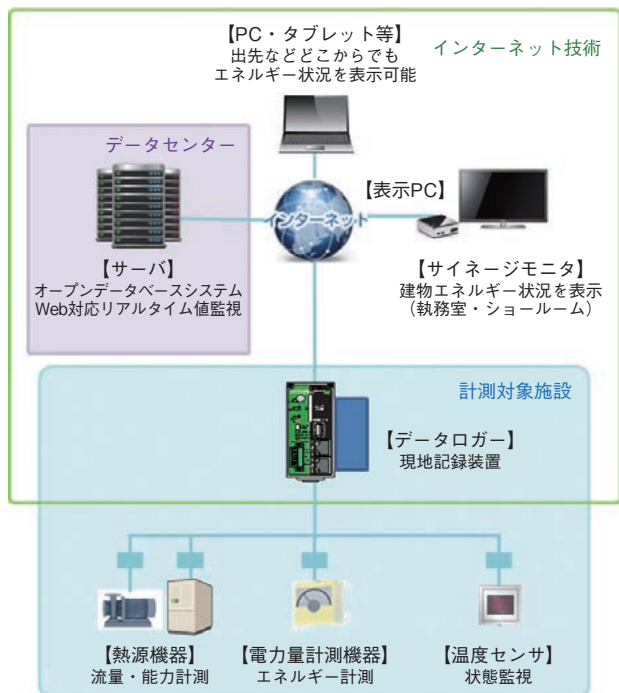


図-14 エネルギーの見える化概略図

このシステムでは、温湿度やエネルギー使用量などのデータ保存にクラウドサーバを利用するので、インターネットを介して手持ちパソコンでのリアルタイム閲覧が可能であり、それにより遠方でのエネルギー分析や省エネルギー検討も可能となっている。実際にこのシステムを使って大阪の設計部にて各種エネルギー分析を毎月行い、その都度四国支店管理者とテレビ会議を開催して、設計意図と運用の差異に対する解決策を話し合い、その結果を運用にフィードバックすることで、迅速なエネルギーロスの削減に役立っている。

5. 一次エネルギー消費量

5-1 計画値について

各諸策の採用により、計算ツール「The BEST Program」(以下BESTと呼ぶ)を用いた試算においては、一般オフィスビルに比べて、空調・換気で33.8%、照明で21.4%、太陽光発電で8.0%、合計63.2%の一次エネルギー削減(数値はZEBロードマップ検討委員会とりまとめ(案)準拠)となった。計画当時は建築物省エネ法制定前だったため、比較対象の基準値としては、空調・換気システムを電気式空気熱源ヒートポンプエアコン+全熱交換器方式としたBEST計算を別に行って算出されたエネルギー値を用いている。なお、BESTでの計算においては休店日である土日祝や夏期・年末年始の特別休暇日を除き、建物使用時間を8:00~21:00までとした。

この試算結果により、経済産業省の「住宅・ビルの革新的省エネルギー技術導入促進事業」に係る補助金を取得することができ、ZEB化の付加価値を印象づける事業モデルとなった。



図-15 エネルギーの見える化(実際の画面の一部)

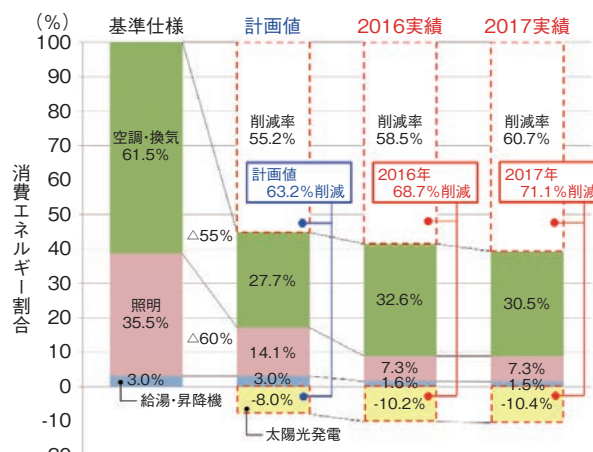


図-16 一次エネルギー消費量実績

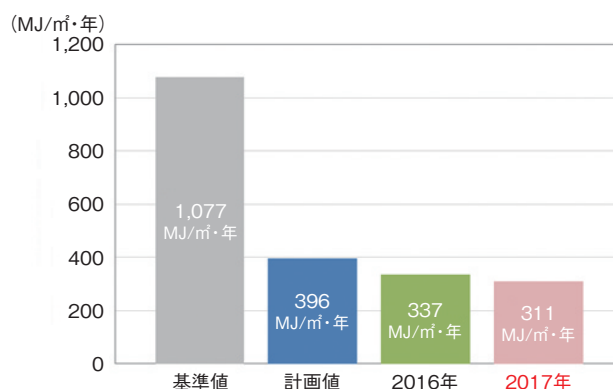


図-17 単位面積当たり一次エネルギー消費量比較

5-2 実績値について

一次エネルギー消費量について、基準仕様・計画値・実績値の比較を図-16に、単位面積当たりの同様の比較を図-17に示す。

実績値については、当ビルに導入したクラウド方式のBEMSからデータを抽出し算出を行った。なお、計画値となるBESTでの計算においては、建物使用時間を休店

日である土日祝や夏期・年末年始の特別休暇日を除いた8:00~21:00までとしているため、実績値においても休店日のエネルギー消費はノーカウントとしているが、稼働日の時間については予冷・予熱運転等も行うため24時間を実績値の対象としている。

基準仕様に対する一次エネルギー消費量削減率の実績は、運用初年度の2016年度で68.7% (創エネルギーを除き58.5%) と計画値を上回り計画どおり『ZEB Ready』を達成した。さらに2017年度は71.1%となり、2016年度に対して24ポイント、計画値よりも7.9ポイント向上している。また、コンセントを除く単位面積当たりの一次エネルギー消費量は311MJ/m²・年となり、2016年度よりさらに約5% (26MJ/m²・年) 減となった。

当ビルでは運用当初より設計・ビル設備管理者・総務部から組織される省エネルギー委員会を立ち上げ、毎月会議を開いてBEMSを活用して前月までの消費エネルギー実績と運用状況を分析し、その後の運用にフィードバックを行うプロセスを踏んでいる。2017年度に省エネルギー率が向上したのは、2016年度の実績から運用改善を行った結果である。

6. BCPとエネルギー自立への取り組み

BCP対応としては、まず地震対策として柱頭免震構造を採用し、高潮・津波対策として建物1階床レベルを浸水レベルより高くしている。

また、インフラ枯渇時の事業継続期間を3日間と想定しているため、受水槽、備蓄庫の飲料水・食料、緊急排

水槽、マンホールトイレ、非常用発電機、太陽光パネル、蓄電池などを具備し、建物のエネルギー自立性確保をはかっている。非常用発電機用には72時間連続運転可能な燃料を常備し、主に災害対策室となる4F大会議室の照明・コンセント・空調負荷と防災負荷への電力供給を想定している。さらに、太陽光パネルと蓄電池の組み合わせにより非常用発電機の燃料枯渇時も非常電源の一部を確保している。

なお、大型緊急車両に対応するピロティに設置したかまどベンチやマンホールトイレについては、災害時の地域貢献にも活用する予定である。(写真-10)

7. おわりに

中規模オフィスビルにおけるZEBへの取り組みを行った当ビルでは、建築と設備を総合的に設計することで『eco・BCP』モデルビルを実現し、さらに、毎月のエネルギー消費についての検証と運用改善を行い、その結果をフィードバックすることで省エネルギー性能の維持・向上に努めることで『ZEB Ready』を実現することができた。その業績が認められ、第33回空気調和衛生工学会振興賞技術振興賞の受賞となった。その荣誉に応えるべく今後もハード面・ソフト面の両面から、一次エネルギー消費量の削減施策を考案、実施を行ってさらなる省エネルギー化をはかっていく。

最後に、本プロジェクトの計画・施工にあたり、ご指導、ご協力をいただきました関係者の皆さまには誌面をお借りして厚く御礼申し上げます。



高減衰ゴム免震装置
(黒い部分は耐火被覆カバー)



60kVA非常用発電機
(72時間連続運転可)



太陽光発電パネル
(20kW)



リチウムイオン蓄電池
(16.8kWh)



受水槽+給水栓
(3日分)



マンホールトイレ
(緊急排水槽貯留: 3日分)



かまどベンチ
(非常時の炊き出し用: 2基設置)

写真-10 各種BCP対応設備