

雲南市役所新庁舎におけるZEBの実現

(株)日本設計 環境・設備設計群 竹部 友久

■キーワード／庁舎・ZEB・木質バイオマス・地下水・デシカント空調

1. はじめに

雲南市役所新庁舎は、「水を囲み、剣を纏う」をデザインコンセプトに、豊かな森と斐伊川^{ひいかわ}の恵み、ヤマタノオロチ伝説やたたら製鉄といった地域の歴史・風土・資源を生かした雲南市ならではの雲南市型環境建築を実現することで庁舎のZEB化をめざしている。(写真-1)



写真-1 建物外観

鳥根県雲南市では、たたらに代わる新たな里山活用の地域力向上推進のため「たたら^{たたら}の里山再生プロジェクト」(総合特区指定)に取り組んでおり、その中核となるのが、「森林バイオマスエネルギー利用の推進」である。市民が森林から丸太等を積み込み、集積地まで運搬し、その対価として、現金と地域通貨券をもらい、森林組合と地元企業でつくった合同会社が、木材をチップ化し、公共施設で燃料として活用している。市民参加型の林地残材等の収集運搬システムと地域通貨の利用で里山を整備するとともに、「地産地消」としてのエネルギー活用を推進している。(図-1)



図-1 市民参加型収集運搬による木質バイオマスエネルギー事業

2. 建築概要

建物名称	雲南市役所新庁舎
所在地	鳥根県雲南市木次町里方521-1
建築主	鳥根県雲南市
主用途	庁舎
敷地面積	6,864.49㎡
建築面積	2,347.18㎡
延床面積	7,628.42㎡
構造	鉄骨造(CFT・制震構造)
階数	地上5階
設計監理	日本設計・中林建築設計設計共同企業体
施工	建築 鴻池組・都間土建・スヤマ産業特別共同企業体
電気設備	鳥根電工・内村電機工務店特別共同企業体
機械設備	新和設備・山陰クボタ特別共同企業体
車庫棟・倉庫棟	建築 山根建設
車庫棟・倉庫棟	電気設備 鳥根電工(株)
工期	2014年3月～2015年8月

3. 設備概要

熱源	木質バイオマス+地下水熱直接利用方式
空調	外気処理系統：デシカント空調方式+CO ₂ 濃度による最適外気導入量制御 共用部・ペリメータ系統：放射冷暖房パネル方式(1階のみ床暖房方式) 執務室系統：高顕熱形空気熱源ヒートポンプ空調方式
給水	上水、雑用水 加圧給水方式、雨水・空調ドレン水の再利用、災害時は井水利用

- 排水 汚水・雑排水 合流式，自然流下式(1, 3階は災害用に排水貯留槽経由でポンプアップ排水)
- 受変電 6.6kV本線1回線引込
- 自家発電 ディーゼルエンジン発電機420kVA×1台，地下タンク7,000ℓ(72時間分)
- 太陽光発電 発電能力40kW 屋上設置
- 照明 全館に高効率LED照明，明るさセンサー制御，人感センサー制御など照明省エネ制御
- 昇降機 乗用(トランク付兼車いす用)15人乗 1台

4. 建築計画

新庁舎は，斐伊川と山陰・山陽を結ぶ国道54号線の結節点に位置している。北側にコアを配置し，建物中央のセンターボイドを囲む口の字型プランで，三方に開いたフレキシブルな執務ゾーンが特徴の建物である。センターボイドは，庁舎全体を見渡せる吹抜空間で上部からの太陽光によって庁舎全体を明るくしている。(写真-2)

雲南市の防災拠点として，制振構造による高い耐震性の確保と，バックアップシステムによる災害時の機能保持を行うとともに，災害時に災害対策がスムーズに行えるように機能転換可能な庁舎にもなっている。



写真-2 センターボイド

5. ZEB化の取り組み

5-1 雲南市型環境建築

新庁舎は，熱負荷の低減，自然エネルギーのパッシブ利用，再生可能エネルギーの利用を柱とした雲南市型環境建築となっている。(図-2・3)

5-2 鋼製剣ルーバーと水平庇による日射遮蔽

庁舎の東西面には，ヤマタノオロチ伝説やたたら製鉄

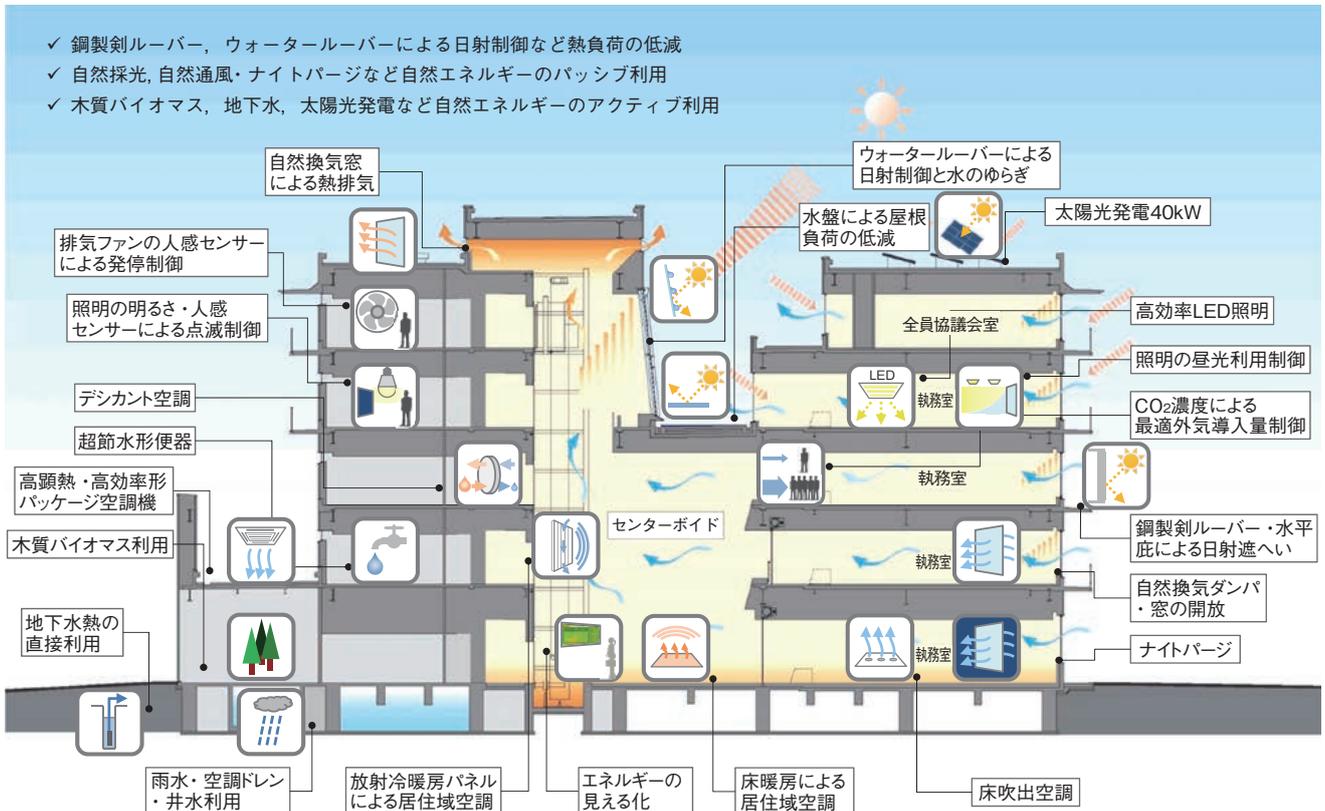
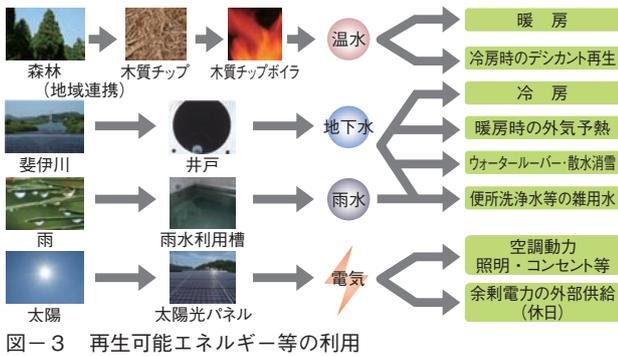


図-2 雲南市型環境建築の全体像



の歴史をモチーフにした地域性のある鉄素材を剣に見立て、長寿命・メンテフリー化した溶融亜鉛めっきリン酸亜鉛処理パネルによる銅製剣ルーバーを採用している。ルーバーに45°の角度を付け、水平庇と組み合わせることで、日射遮蔽と眺望を兼ね備えた効果的な日除けを構成している。標準的なサイドフィン型に比べ、冷房期間の日射面積率を40~70%小さくする効果がある(図-4)。ガラスは、Low-Eガラスを採用し、ルーバーを設置していない西面の一部には、エアーフローウィンドウによる西日対策も施している。

5-3 水流による環境装置のウォータールーバー

センターボイドは、光庭とセンターボイドに面した南面の大きなガラス窓によって非常に明るい空間となっており、日中は照明が不要となっている。ガラス面には雨水を原水とした雑用水を上部から掛け流す水の日除けであるウォータールーバーを設け、ガラス表面温度を下げ、貫流による熱負荷を軽減している。自然光を取り入れながら熱の進入を防ぎ、ガラス面を通して入ってくる太陽

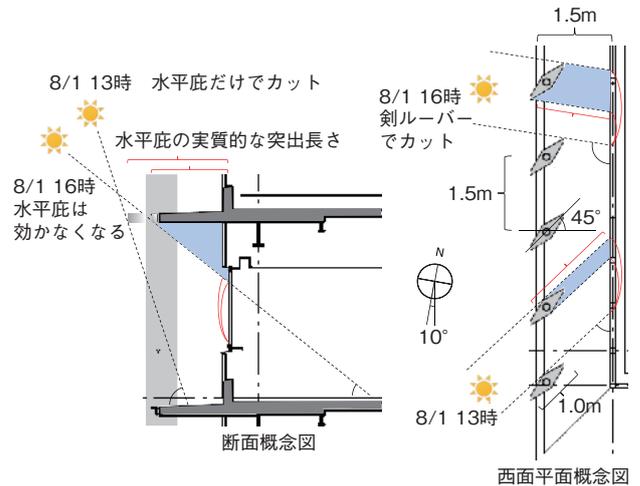


図-4 鋼製剣ルーバーと水平庇による日除け効果

光を水のゆらぎでやさしい光に変えて導いている。水流が視覚や聴覚に働きかけ清涼感も醸す環境装置となっている。(写真-3)

5-4 自然通風・ナイトパーズシステム

センターボイドの煙突効果を利用した自然通風・ナイトパーズシステムは、雨や風で窓が開けられない時でも自然換気が可能なように、自然換気ダンパーを開放し、吹抜上部の自然換気窓から排気することにより、中間期に空調しなくても快適な室内環境が確保できるようになっている。夏期深夜は、自然換気ダンパーを開放してナイトパーズを行い、翌朝の空調の立ち上り時の冷房負荷を低減している。自然換気ダンパーは、1~4階の執務室に各フロア3カ所ずつ設け、自然換気窓は南面と北面にそれぞれ設けている。(図-5)

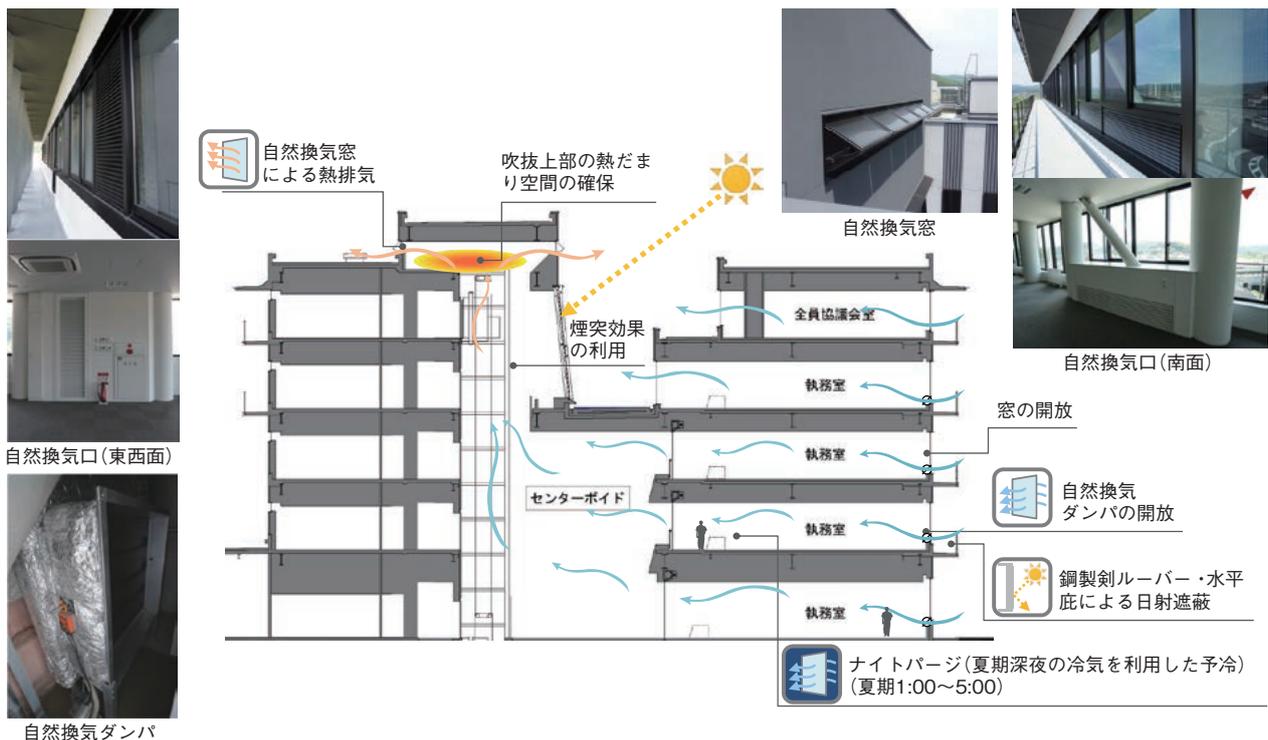


図-5 自然通風・ナイトパーズシステム



写真-3 ウォータールーバー

5-5 地域の資源を生かした熱源・空調システム

熱源・空調システムは、地下水の熱とデシカント空調を併用することで、冷房時でも木質チップでつくった温度レベルの低い温水を効率良く利用できることが大きな特徴となっている(図-6)。冷房時に木質チップでつくった約70℃の温水をデシカントロータの再生熱源として利用し、冷熱源は豊富な地下水を熱交換して利用するデシカント空調システムとしている。暖房時は地下水で外気を予熱した後に排熱回収し、最後に木質チップの温水で加熱している(図-7)。井水は鉄分・マンガンが多く、熱交換器の目詰まりが懸念されたため、毎日運転終了後に雨水・空調ドレンを原水とする雑用水で熱交換器のパージ洗浄と水抜きを自動制御を行っている。

デシカント外調機は、外気導入の全館集中化、室内CO₂濃度による最適外気導入量制御、建築基準法上は執務室を自然換気とすることにより、在館人口に合わせた設備容量の最適化を行い、約50%のコンパクト化を実現している(図-8)。また、便所排気ファン等の人感センサーによる排気量制御と併用することで、排熱回収効率を高めている。

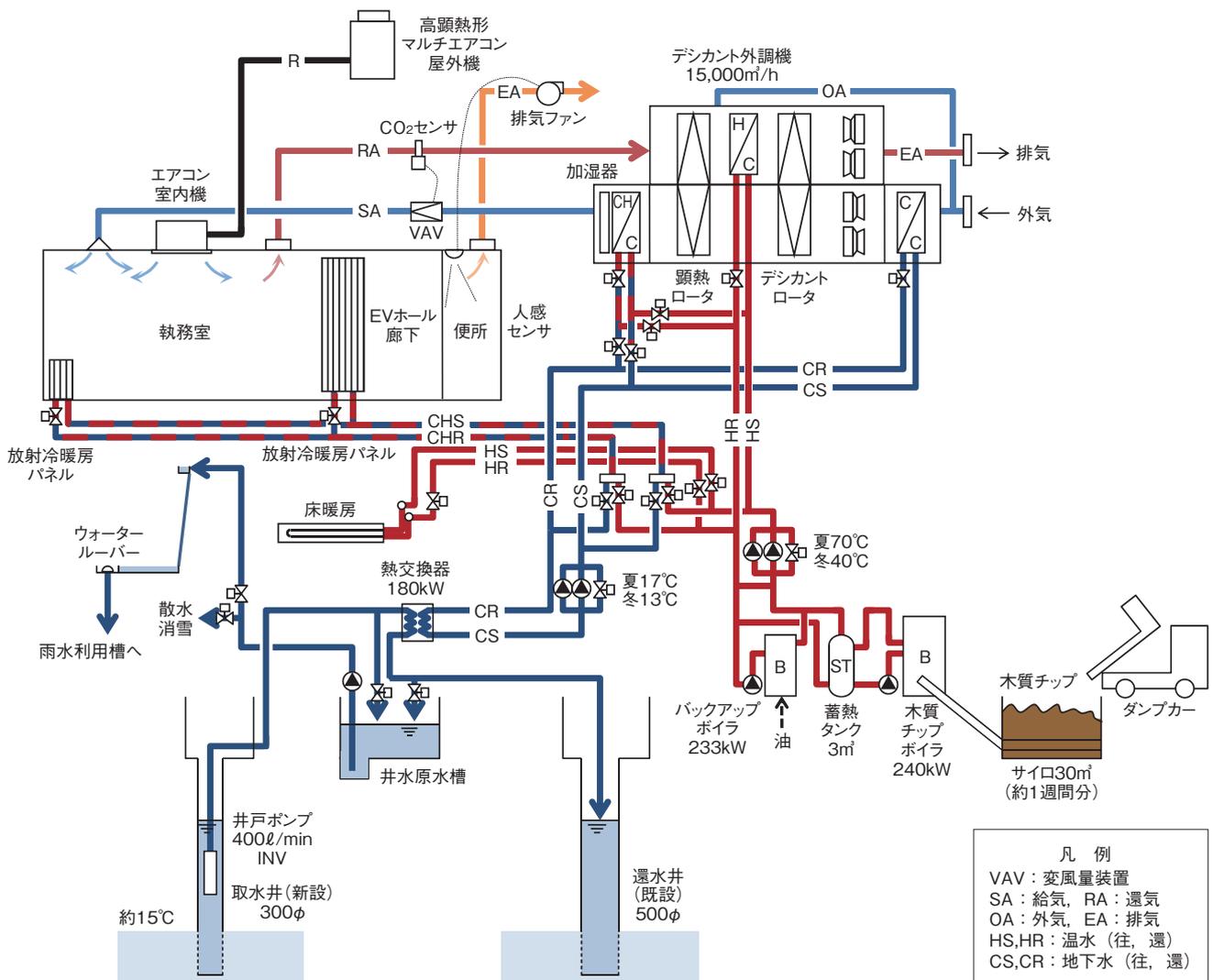


図-6 雲南の豊かな森と斐伊川の恵みを生かした熱源・空調システム

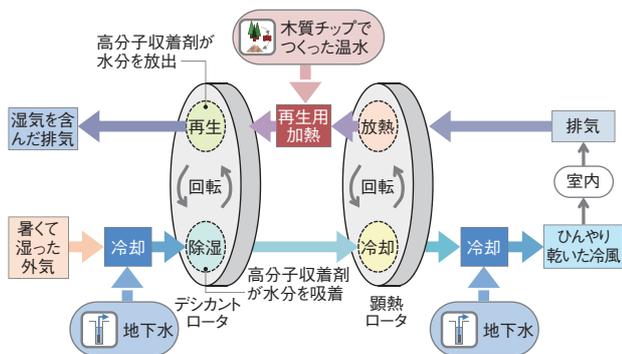


図-7 再生可能エネルギーの熱だけを利用するデシカント空調システム

センターボイドとバリメータの空調は、冬に木質チップでつくった温水、夏に地下水でつくった中温冷水をそのまま利用でき、放射効果で省エネと快適性を両立する放射冷暖房パネルと床暖房による放射空調システムを採用し、木質チップと地下水利用の見える化もはかっている。(写真-4)

執務室の空調は、内部発熱処理と残業時の部分空調対応を考慮して、潜熱顕熱分離処理により高効率運転が可能な高顕熱形空気熱源ヒートポンプ空調システムも併用している。

5-6 空調設備のZEB化設計手法の導入

従来の建築設備設計基準(各室の積み上げに余裕係数を乗じて設備容量を決定)にとられない運用実態に即したZEB化設計手法も導入している。

過大になりがちな設備容量の最適化・コンパクト化として、執務室の熱負荷計算用設計条件の緩和、全館の同時使用率を考慮したデシカント外調機容量の50%コンパクト化、外調機による顕熱処理分、室用途ごとの同時使用率等を考慮したエアコン屋外機容量の83%コンパクト化を行っている。

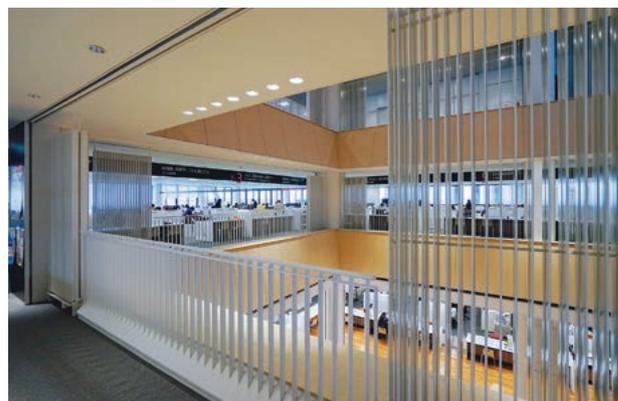


写真-4 放射冷暖房パネルとセンターボイド

また、省エネを考慮した設備機器設置位置の最適化として、ロスを最小限にするために、デシカント外調機は建物中間階に、屋外機は日射の影響がない2階北側に配置し、暖かいものと涼しいものの機械室と配管ルートの明確な分離も行っている。さらに、中間階に大型機器の停止を可能にする設備機器構成の最適化として、相談室など窓のない居室には中間階専用排気ファンを設置している。

設備機器の運用の最適化については、基本設計時から施主との協議により熱源・空調設備の運用・保守計画を策定し、それを基に竣工引渡し前に、施主と協議した上で、全ての熱源・空調設備の最適な運転スケジュールと各種設定値の登録を行っている。

5-7 自然採光・照明システム

センターボイドを利用した自然採光と合わせて、照明はほぼ全館に高効率LED照明を採用し、定格消費電力を低減するとともに、明るさセンサー制御、人感センサー制御などきめ細かい照明省エネ制御を導入している。執務室は設計照度500lx、定格消費電力 7W/m²のスクエア

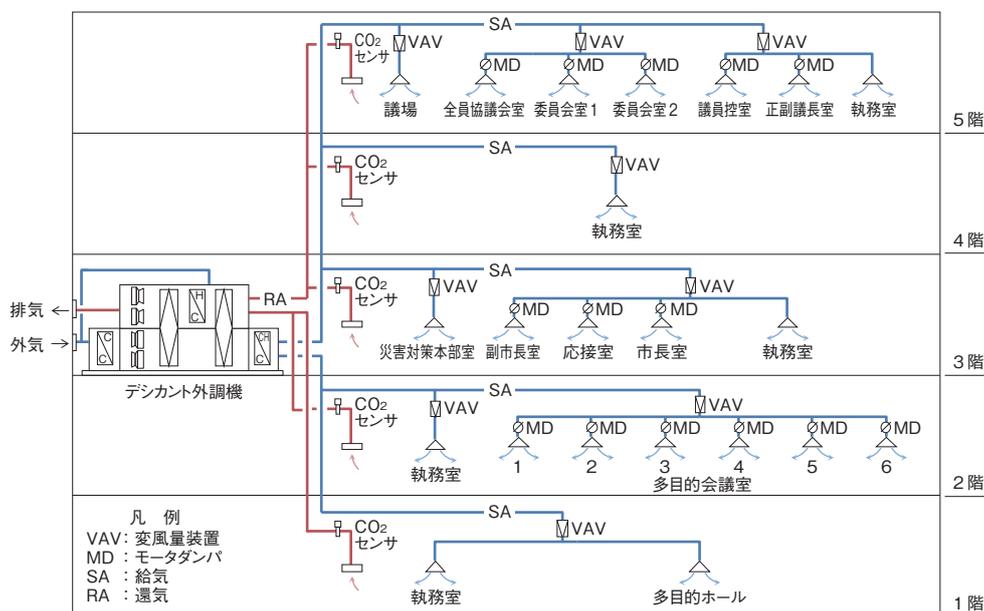


図-8 CO₂濃度による最適外気導入量制御システム

LED照明を導入している。窓のある便所には、明るさ・人感センサーによる照明制御を採用し、日中は照明が点灯しないようになっている。

5-8 雨水利用と節水対策

雑用水の原水は、120㎡の雨水利用槽に溜めた雨水と空調ドレンで、沈砂、沈殿、滅菌をして再利用している。砂ろ過装置、自動制御、排水ポンプがないシンプルな設計となっている。また、超節水型器具を導入して節水もはかっている。

5-9 エネルギーの見える化

木質チップ、地下水、雨水、太陽光発電の再生可能エ

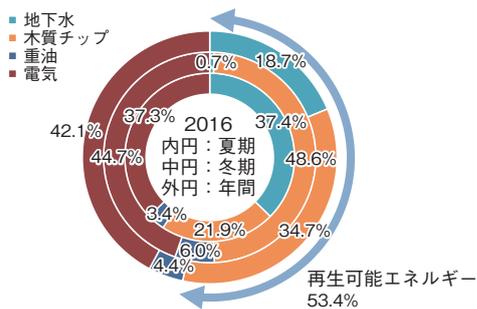


図-9 エネルギー源別熱負荷負担比率

ネルギー等によるZEB化の状況と環境に対する取り組みを市民・職員に対して見える化している。市民用デジタルサイネージは、1階多目的ホールの50インチディスプレイに表示している。職員用は、市民向け情報に加え、詳細なエネルギー消費量の実績、雲南市型環境建築のしくみ、季節ごと・フロアごとの空調の上手な使い方のコンテンツを用意している。フロアごとのエネルギー使用状況の比較、どういうしくみで、どう使ったら省エネできるかなどを職員のパソコン上に見える化することで、省エネ運用をサポートしている。

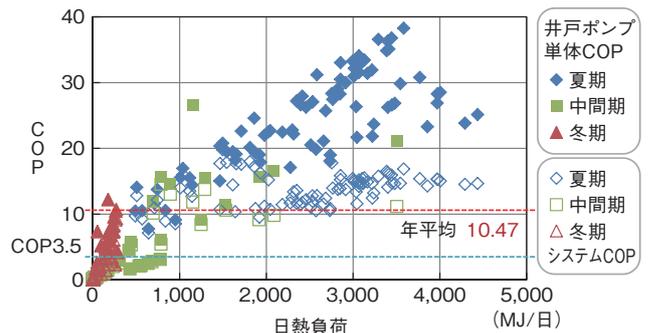


図-11 地下水熱直接利用システムの運転効率

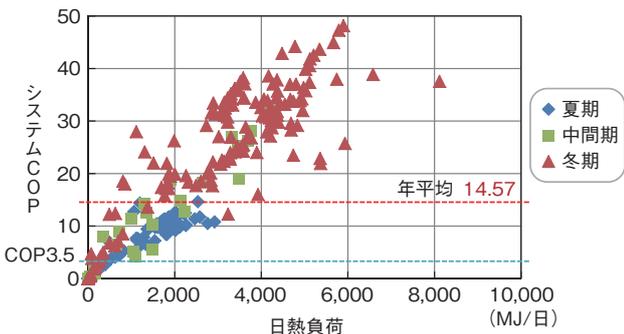


図-10 木質バイオマス利用システムの運転効率

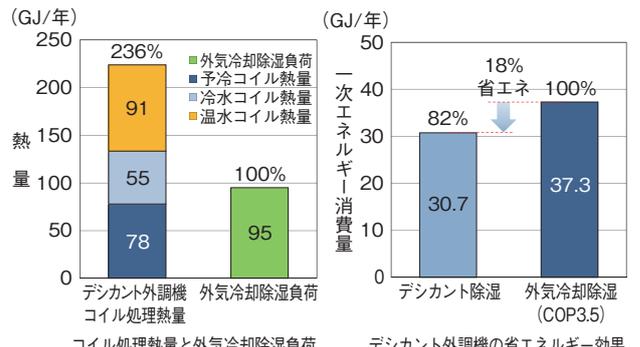


図-12 デシカント外調機の熱負荷と省エネルギー効果

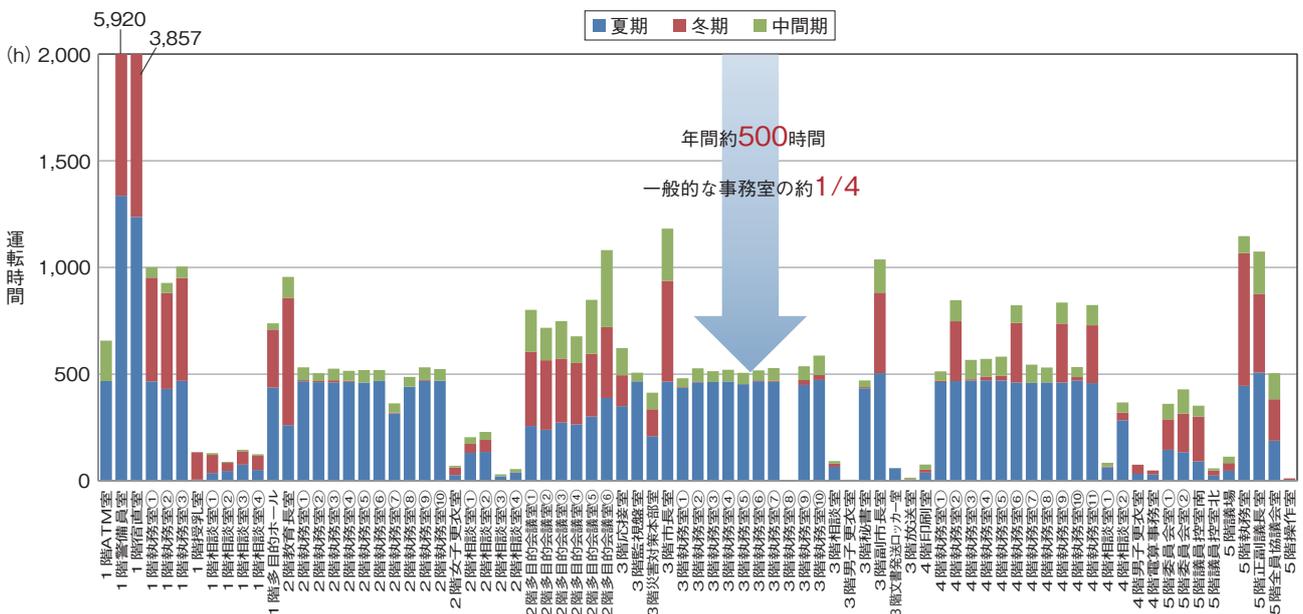


図-13 パッケージ形空調室内機の年間運転時間

6. 開庁後の運用実績とZEB評価

6-1 熱源・空調システムの運用実績

2016年の年間熱負荷に対するエネルギー源別の内訳は、地下水が夏期37.4%、年間18.7%、木質チップが冬期48.6%、年間34.7%で、2つの再生可能エネルギーで年間53.4%を賅っている。(図-9)

木質バイオマス利用システムのシステムCOPは、冬期はCOP15~50、夏期はCOP5~15の範囲に分布しており、熱量が大きいほどCOPも高く、冬期平均25.68、年平均14.57であった(図-10)。なお、木質チップは一次エネルギー消費量0としているが、燃料搬送装置などシステムの補機電力と温水一次ポンプを二次エネルギーで評価した。

地下水熱直接利用システムのCOPは、夏期は井戸ポンプ単体COPが15~40、システムCOPが10~18の範囲に分布している。冬期は夏期に比べ効率は低いですが、ヒートポンプ方式より効率が高い。井戸ポンプ単体COPが夏期平均24.06、年平均16.66で、システムCOPは夏期平均13.45、年平均10.74であった(図-11)。なお、3シーズン目の夏に送水温度が下がらない現象が発生し、地下水熱交換器の分解洗浄を実施した。鉄分が付着し閉塞していたことが原因であり、今後は2年に1回、4~5月ごろに分解洗浄を行う計画である。

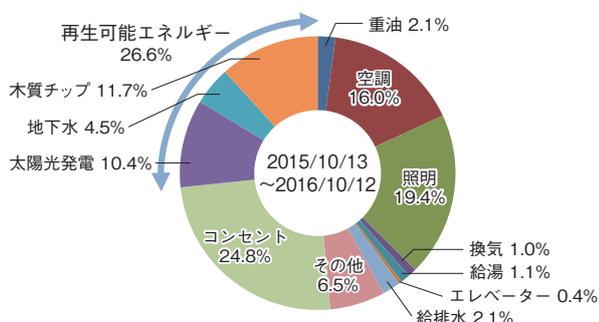


図-14 年間一次エネルギー消費構成比率

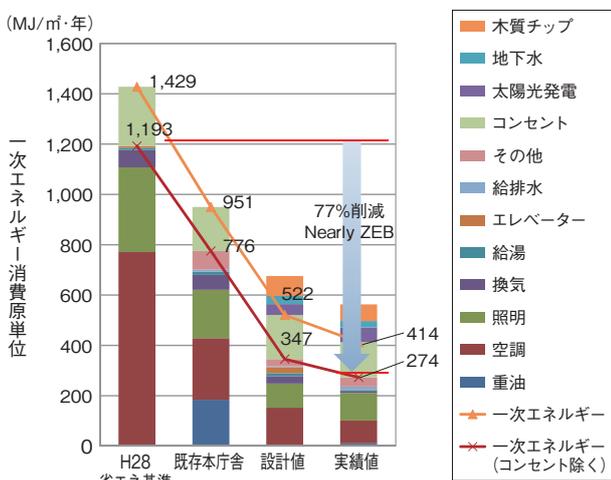


図-15 一次エネルギー消費原単位の比較

デシカント空調は、一般的な事務室で採用される外気冷却除湿方式の熱負荷に比べ、処理熱量は約2.4倍に増加しているが、再生可能エネルギー(木質チップ、地下水)利用による高効率熱源システムのため、約18%の省エネになっている(図-12)。また、各室のエアコンの年間運転時間は、全般的に年間1,200時間以下で、放射冷暖房パネルを併用している2~4階の執務室は、年間500時間程度になっている。(図-13)

6-2 年間一次エネルギー消費量

開庁後1年間の一次エネルギー消費構成比率は、木質チップが11.7%(66MJ/m²·年)、地下水が4.5%(26MJ/m²·年)、太陽光発電が10.4%(59MJ/m²·年)、再生可能エネルギー合計で26.6%(150MJ/m²·年)となっている(図-14)。太陽光発電(40kW)は、電気使用量の12.7%を賅っている。一次エネルギー消費原単位は414MJ/m²·年、コンセント分を除くと274MJ/m²·年であった。(図-15)

6-3 ZEB評価

国のZEB評価は、WEBプログラムによる省エネルギー計算の設計値のみで、実績値による評価ができないため、公益社団法人 空気調和・衛生工学会のZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の定義と評価方法に関するガイドライン(SHASE-G 0017-2015)により評価した。レファレンスの平成28年省エネルギー基準(コンセント除き1,193MJ/m²·年)に対して、72%省エネ、5%創エネ、合わせて77%削減で、Nearly ZEBレベルIIを達成している(図-15)。なお、省エネルギー計算の設計値は、WEBプログラムの未評価技術が多く、削減効果が計算に反映されないため、BEIm0.72、BEI0.77になっている。

7. おわりに

雲南市役所新庁舎に導入されているヒートポンプ技術は、高顕熱形空気熱源ヒートポンプ空調機しかないため、本誌の執筆内容としては物足りないかもしれないと感じている。ヒートポンプ技術は、今後のZEBの普及・促進には大変有効な技術であることは間違いないが、単にヒートポンプを入れればよいという訳ではない。地中熱利用ヒートポンプが空気熱源ヒートポンプよりシステムCOPで劣っていたという事例も経験している。より高効率な機器の選定、より有利な条件の熱源水や空気温度の利用のための工夫、送水温度や蒸発温度の緩和など、ヒートポンプの優位性を最大限発揮できる組み合わせとすることが重要である。また、本事例のように、空調システム全体で、ヒートポンプと再生可能エネルギーを上手に併用する方法は、今後のZEB設計のポイントになるのではないかと思う。ZEB実現の参考になれば幸いである。