雲南市役所新庁舎におけるZEBの実現

～地域の歴史・風土・資源を活かしたZEB庁舎～

NIHON SEKKEI　株式会社 日本設計　竹部　友久

Contents

- ✓ ZEB？
- ✓ 島根県雲南市の歴史・風土・資源
- ✓ 雲南市役所新庁舎の建築概要
- ✓ パッシブデザイン ～建築的なZEB化手法～
- ✓ アクティブデザイン ～設備的なZEB化手法～
- ✓ 運用実績とZEB評価
- ✓ まとめ ～これからの公共建築～

ZEB ?

国連によるSDGs　～ 持続可能な開発目標 ～

✓ 2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された2016年から2030年までの国際目標

出典：外務省ホームページ SDGsのロゴ

パリ協定　～ 低炭素から脱炭素へ ～

- ✓第21回気候変動枠組条約締約国会議（COP21）パリにて、2015年12月12日に採択
- ✓我が国は2030年度において2013年度比26.0%減、建築物関連は約40%減

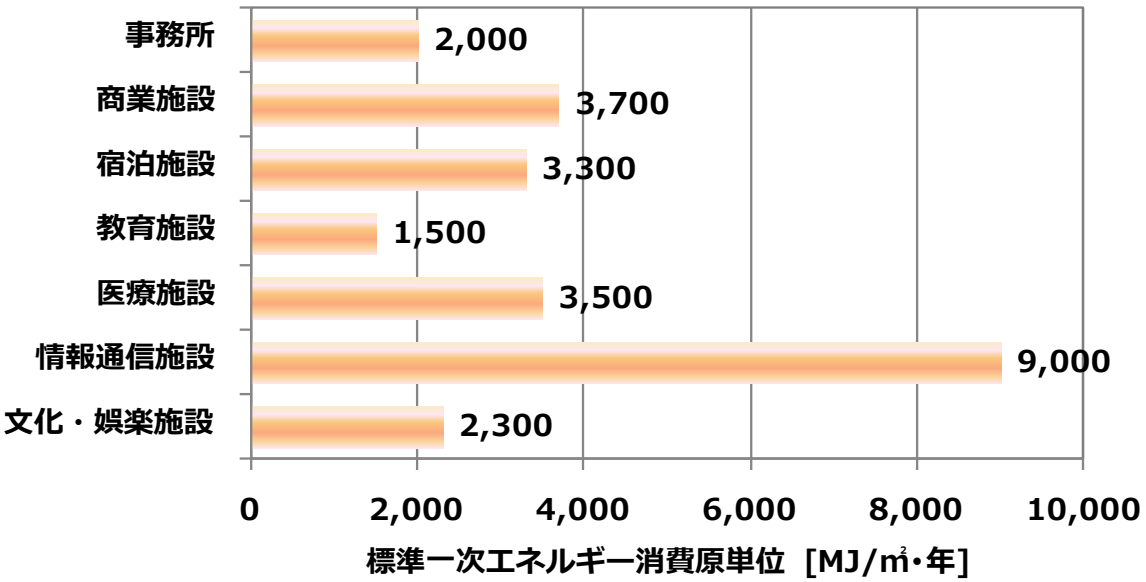
エネルギー起源二酸化炭素の各部門の排出量の目安

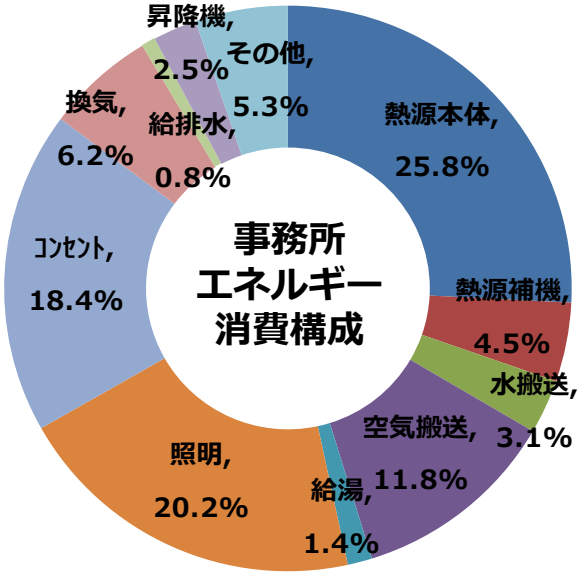
	2005年度実績	2013年度実績	2030年度の各部門の排出量の目安	2013年度比の削減率
エネルギー起源CO_2	1,219	1,235	927	24.9%
産業部門	457	429	401	6.5%
業務その他部門	239	279	168	39.8%
家庭部門	180	201	122	39.3%
運輸部門	240	225	163	27.6%
エネルギー転換部門	104	101	73	27.7%

エネルギー消費量とCO$_2$排出量

一次エネルギー消費量[MJ] ＝電気使用量[kWh]×9.76[MJ/kWh]
＋ガス使用量[m3]×45[MJ/m3]

国内で統一（原油換算 kL、熱量 MJ）
海外では国によって換算係数が異なる（単位はkWh, BTU）





CO$_2$排出量 ＝Σ（エネルギー使用量×排出係数）

電気事業者や地方自治体によって排出係数が異なる

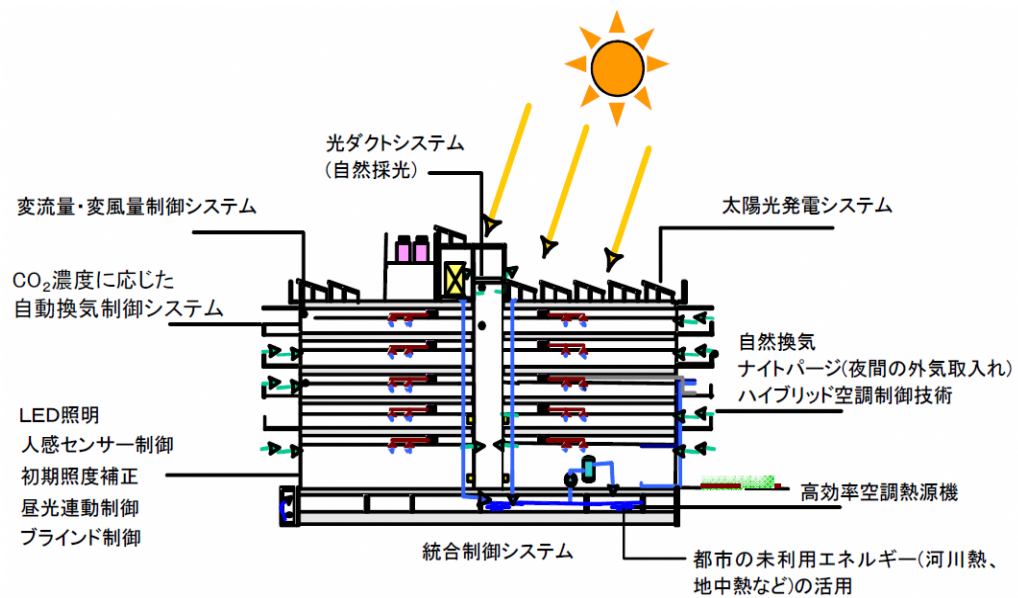
ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）実現へ

✓2009年にZEBの実現と展開に関する研究会で、報告書を作成

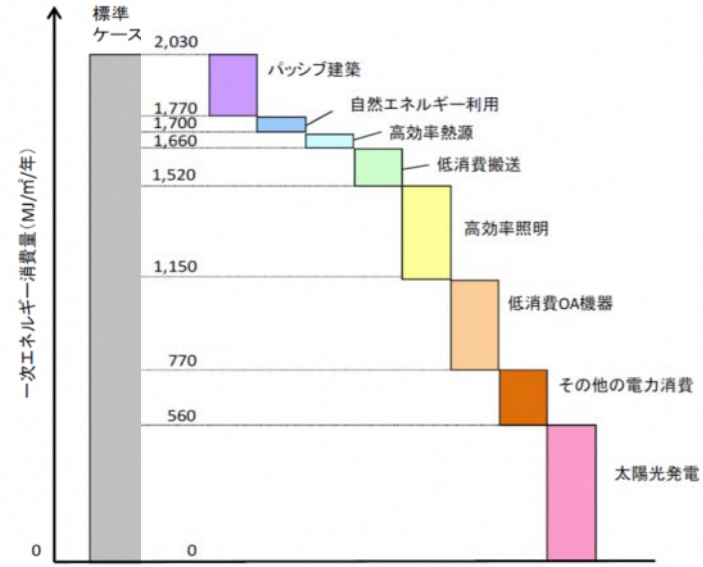
✓エネルギー基本計画（2014年4月）で、ZEBの実現・普及目標が設定

2020年までに、新築公共建築物等でZEBを実現
2030年までに、新築建築物の平均でZEBを実現

✓2012年に空気調和・衛生工学会がZEB定義検討小委員会を設置、2015年に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）を発刊



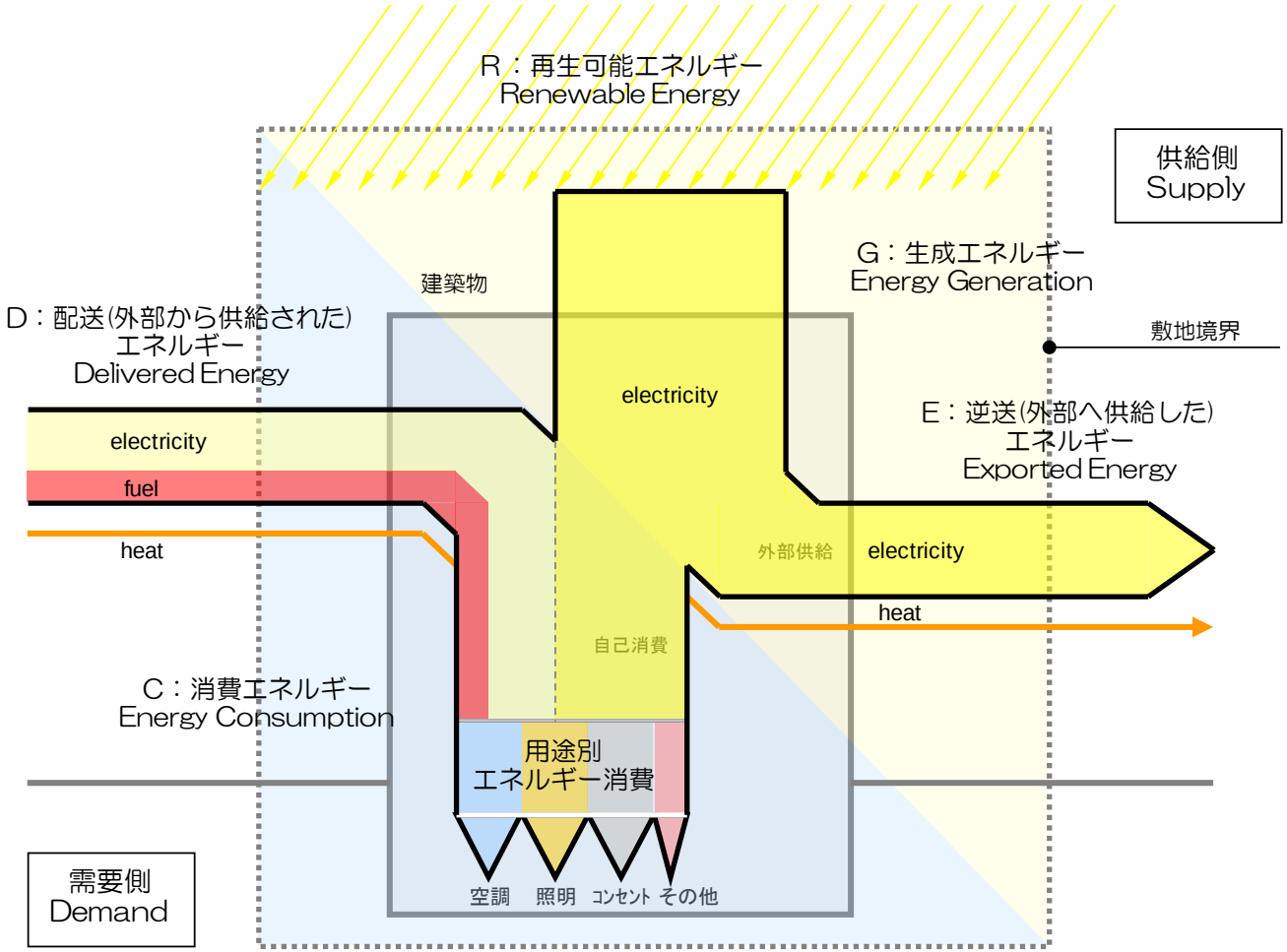
ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）のイメージ



省エネ技術と省エネ量

出典：ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）の実現と展開について（2009年11月）

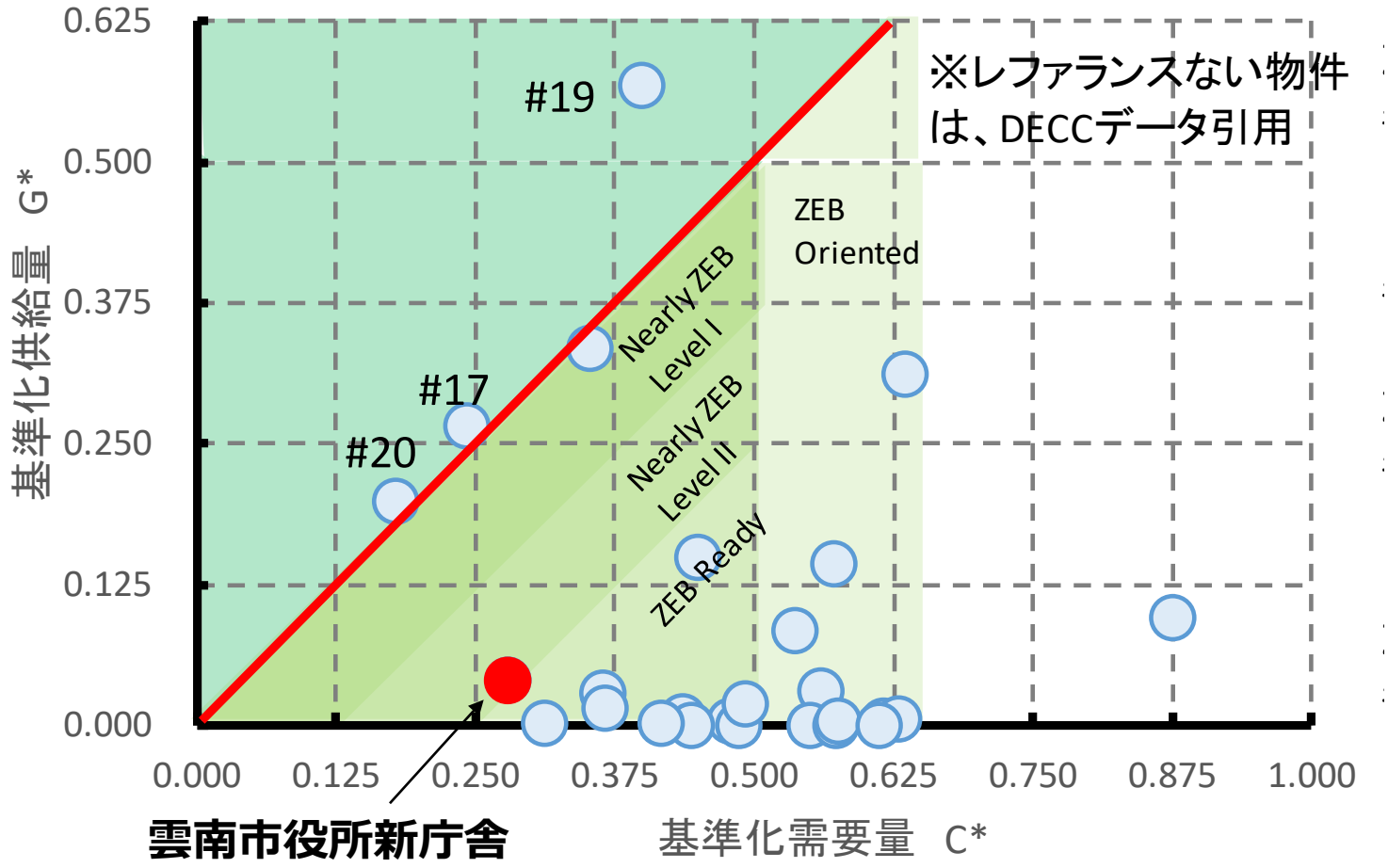
ZEBの需要と供給のバランス（SHASE-G 0017-2015）



- 敷地境界線を物理的な境界とする。
- G（生成エネルギー）／C（消費エネルギー）バランス、
  D（配送(外部から供給された)エネルギー）／E（逆送(外部へ供給した)エネルギー）バランス
- 原則として年間積算値で評価する。
- 消費用途は、空調・照明・コンセント・その他（換気・衛生・EV等）とする。
- コンセントの消費電力については、設計者がコントロールできないこと等から、計量可能な場合、対象消費用途から外してもよい。

ZEB （ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）の需要と供給のバランス

学会のZEBの評価基準と国内先進事例のZEB評価



出典：空気調和・衛生工学会 シンポジウム ZEBの実現に向けて

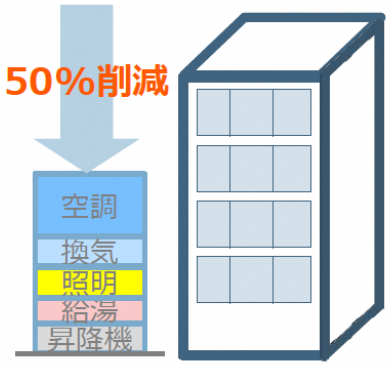
国のZEBの定義・評価方法

- ✓ **2015年に定義・評価方法、実現可能性、普及方策の検討を目的に、ZEBロードマップ検討委員会を設置**
- ✓ **建築物の省エネ基準（コンセントを除く）に対する設計値**

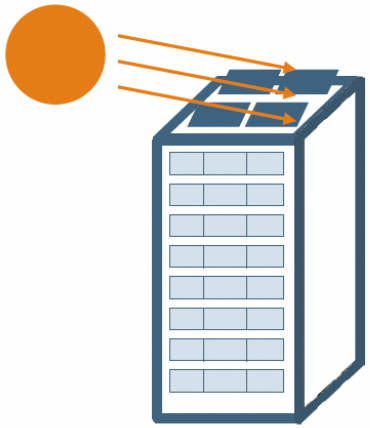
- **50%以上省エネ（ZEB Ready）**を満たした上で、太陽光発電等によりエネルギーを創ることで、正味でゼロ・エネルギーを目指す
- ただし、高層の大規模建築物等では屋上面積が限られ、エネルギーを創ることに限界があるため、評価に考慮することが必要
- 正味で**75%以上省エネ**を達成したものを**Nearly ZEB**
  正味で**100%以上省エネ**を達成したものを**ZEB**

※100%省エネ、75%省エネの判定方法は省エネ基準に従うが、その対象は、空調・給湯・換気・照明・昇降機設備とする。また、再生可能エネルギーはオンサイト（敷地内）を対象とし、ここでは売電分も考慮する。（ただし、余剰売電分に限る）

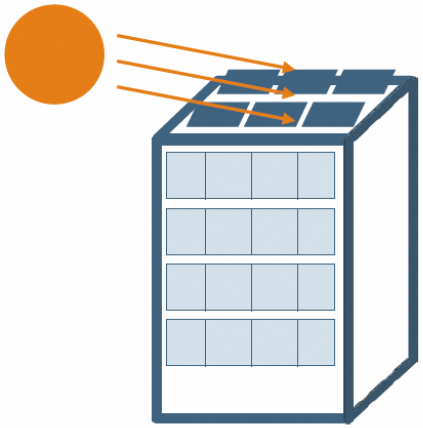
ZEB Ready
（**50%以上**省エネ）



Nearly ZEB
（正味で**75%以上**省エネ）



ZEB
（正味で**100%以上**省エネ）



出典：ZEBロードマップ検討委員会におけるZEBの定義・今後の施策など　経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー対策課

国のZEBの定義と評価基準

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="4"></th><th colspan="7">非住宅※1建築物</th></tr>
<tr><th colspan="3">❶建築物全体評価</th><th colspan="4">❷建築物の部分評価
（複数用途※2建築物の一部用途に対する評価）※3</th></tr>
<tr><th colspan="2">評価対象における基準値からの一次エネルギー消費量※4削減率</th><th rowspan="2">その他の要件</th><th colspan="2">評価対象における基準値からの一次エネルギー消費量※4削減率</th><th rowspan="2">その他の要件</th></tr>
<tr><th>省エネのみ</th><th>創エネ※5含む</th><th>省エネのみ</th><th>創エネ※5含む</th></tr>
<tr><td colspan="3">『ZEB』</td><td>50%以上</td><td>100%以上</td><td rowspan="3">–</td><td>50%以上</td><td>100%以上</td><td rowspan="3">・建築物全体で基準値から創エネを除き20%以上の一次エネルギー消費量削減を達成すること</td></tr>
<tr><td colspan="3">Nearly ZEB</td><td>50%以上</td><td>75%以上</td><td>50%以上</td><td>75%以上</td></tr>
<tr><td colspan="3">ZEB Ready</td><td>50%以上</td><td>75%未満</td><td>50%以上</td><td>75%未満</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ZEB Oriented</td><td rowspan="2">建物用途</td><td>事務所等、学校等、工場等</td><td>40%以上</td><td>–</td><td rowspan="2">・建築物全体の延べ面積※1が10,000㎡以上であること
・未評価技術※6を導入すること
・複数用途建築物は、建物用途毎に左記の一次エネルギー消費量削減率を達成すること</td><td>40%以上</td><td>–</td><td rowspan="2">・評価対象用途の延べ面積※1が10,000㎡以上であること
・評価対象用途に未評価技術※6を導入すること
・建築物全体で基準値から創エネを除き20%以上の一次エネルギー消費量削減を達成すること</td></tr>
<tr><td>ホテル等、病院等、百貨店等、飲食店等、集会所等</td><td>30%以上</td><td>–</td><td>30%以上</td><td>–</td></tr>
</table>

※1 建築物省エネ法上の定義（非住宅部分：政令第 3条に定める住宅部分以外の部分）に準拠する。
※2 建築物省エネ法上の用途分類（事務所等、ホテル等、病院等、百貨店等、学校等、飲食店等、集会所等、工場等）に準拠する。
※3 建築物全体の延べ面積が 10,000㎡以上であることを要件とする。
※4 一次エネルギー消費量の対象は、平成 28年省エネルギー基準で定められる空気調和設備、空気調和設備以外の機械換気設備、照明設備、給湯設備及び昇降機とする（「その他一次エネルギー消費量」は除く）。また、計算方法は最新の省エネルギー基準に準拠した計算方法又はこれと同等の方法に従うこととする。
※5 再生可能エネルギーの対象は敷地内（オンサイト）に限定し、自家消費分に加え、売電分も対象に含める。（但し、余剰売電分に限る。）
※6 未評価技術は公益社団法人空気調和・衛生工学会において省エネルギー効果が高いと見込まれ、公表されたものを対象とする。

島根県雲南市の歴史・風土・資源

島根県雲南市とは

平成16年6町村の合併により新しく誕生した島根県雲南市

歴史　ヤマタノオロチ伝説
～ 草薙剣・神話のふるさと
たたら製鉄
～ 映画「もののけ姫」の「たたら場」のモデル
加茂岩倉銅鐸

風土　森林（市域の80%以上）
斐伊川（砂の川・砂鉄・水・桜）
龍頭が滝
山王寺棚田
出雲の気候（雲・雨・雪が多く湿潤）

面　積 553.18㎢
人　口 38,634人
世帯数 13,793戸
（H30/9月末現在）

斐伊川上手の桜
（木次町 日本のさくら百選）

雲母たたらとカツラの木

山王寺棚田
（大東町 日本の棚田百選）

たたらの里山再生プロジェクトの概要

たたらの里山再生特区
（中山間地域における里山を活用した市民による地域再生の挑戦）

［イメージ］

現状・課題

世界

○食料（食料危機）
○環境（温暖化、異常気象、災害）
○エネルギー・水資源（化石燃料依存、外国資本参入）

雲南市　～たたら製鉄で栄えてきた頃の面影はない～

【現状】○森林・農地の荒廃
○里山と暮らしの豊かな関係の消失
【課題】○エネルギー供給機能の消失・食料供給機能の低下
○里山集落の衰退

機能が失われた森林（保安林）と農地

我が国の中山間地域の里山、農地は、このままでは壊滅的な状況

特例・支援措置

○保安林活用の手続き簡素化・指定施業要件等の緩和
⇒ 保安林区域内の積極的な施業
○農地取得に係る下限（別段）面積の緩和
⇒ 小規模・遊休農地の有効活用
○「スーパーコミュニティ法人」制度の創設　○財政上・税制上の支援
⇒ コミュニティビジネスの推進　⇒安定的な地域経営

提案

～持続可能な中山間地域の新たなモデル～
映画「もののけ姫」のモデルとなり、「たたら製鉄」により隆盛を誇った雲南市から、“たたら”に代わる新たな里山活用による地域力向上モデルを提案する。

目標・取組

里山の未利用資源を
地域・市民が総がかりで
最大限活用する
持続可能な地域づくり

地域・市民が「たたらの里山」に戻る

目標値

○新たな雇用者数　100人
○まちづくり活動に参画する市民の割合　66.7%→75%

里山のエネルギー利用の推進

○森林のバイオマスエネルギー等再生可能エネルギー事業の推進（民間企業による合同会社設立、市民参加による木材集積、地域通貨による経済循環）

活動指標　木材生産量　5,273m³→10,000m³（年間）

里山の食料供給機能の復活

○里山放牧の推進
（輸入飼料に頼らない循環型畜産）
○スパイスプロジェクトの推進
（鳥獣被害対策も担う農商工連携による6次産業化）

活動指標　里山放牧面積　138㌶→200㌶

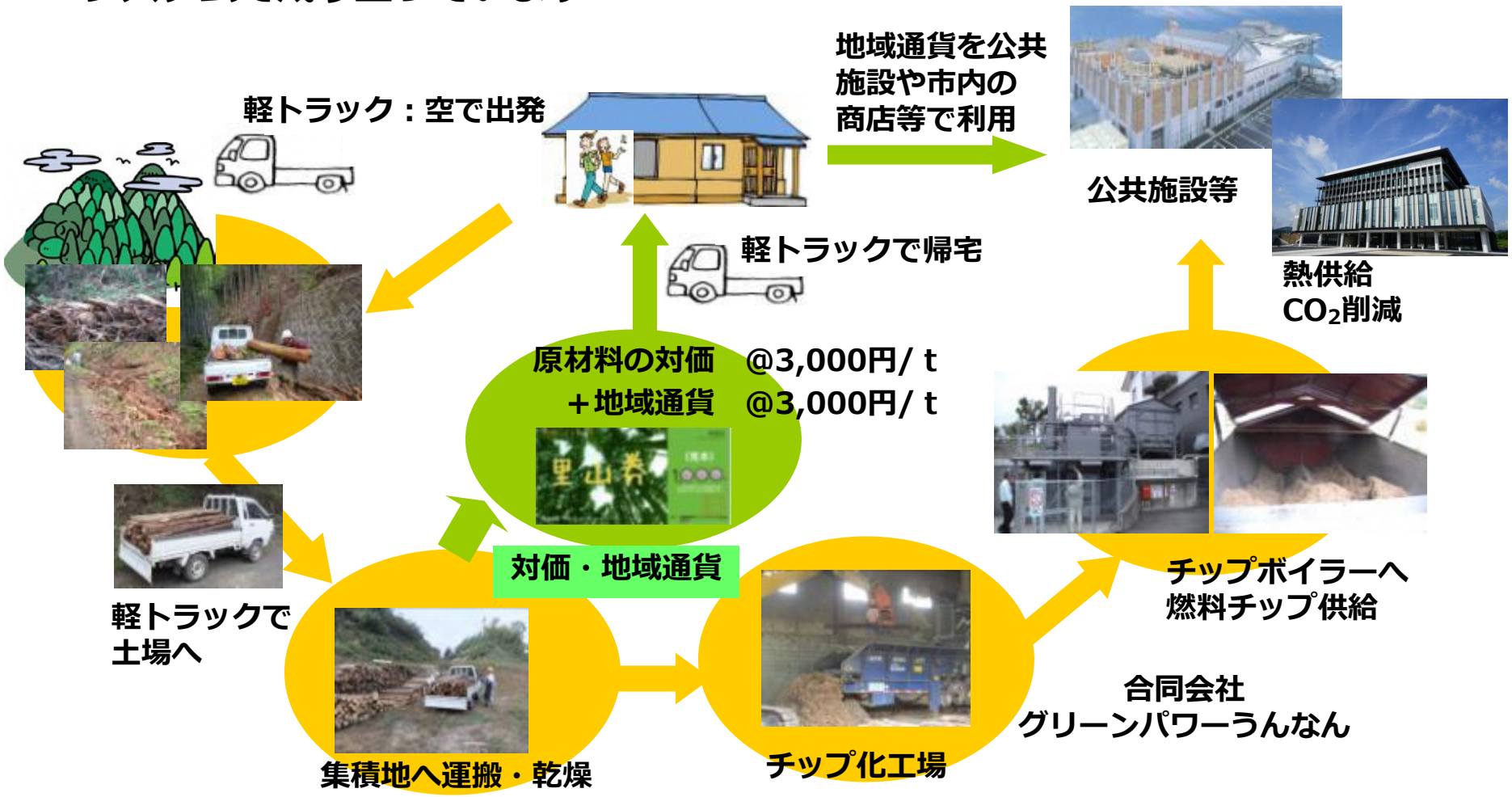
里山の小規模多機能自治への挑戦

○コミュニティビジネスの推進
（市民サービスの提供、たたら製鉄や農村文化を伝える体験観光）
○サポート体制の充実
（里山や農地を守る担い手の育成）

活動指標　コミュニティビジネス売上高
110万円→200万円（42団体平均/年間）

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

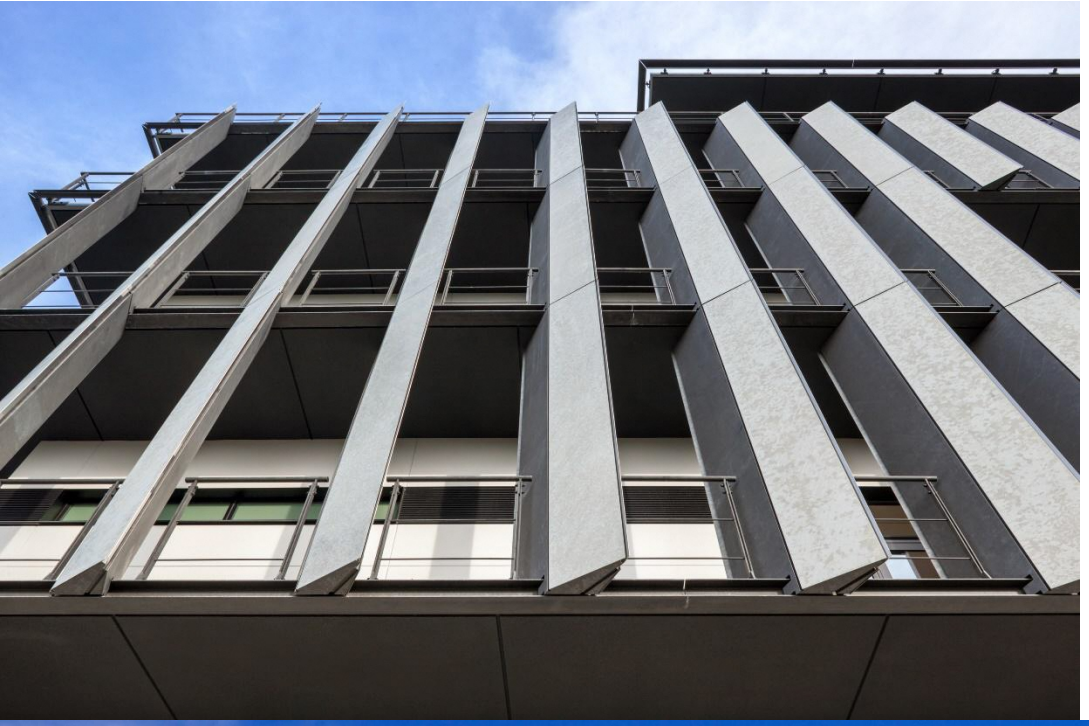
✓ 地産地消の木質バイオマスエネルギー（木質チップ）は、市民参加型収集運搬システムで成り立っています



雲南市役所新庁舎の建築概要

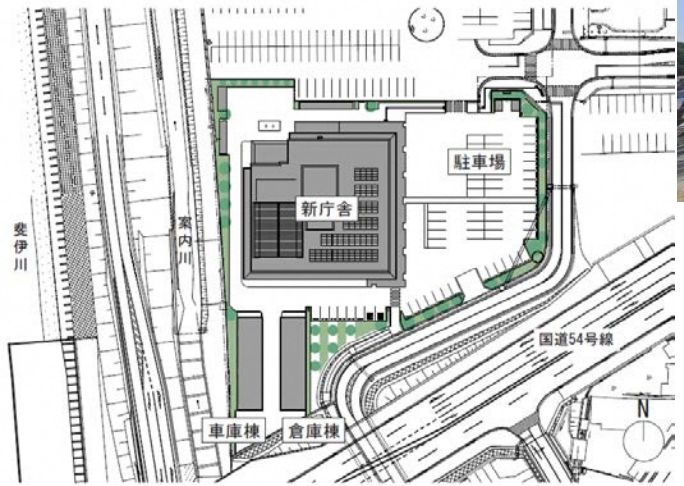
水を囲む

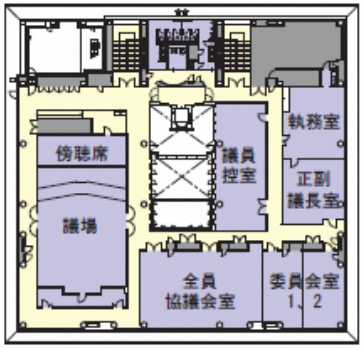
ウォータールーバーと水盤



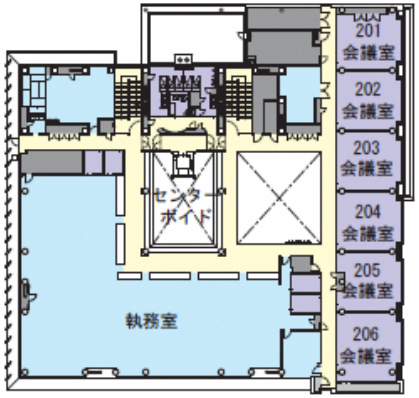
剣を纏う

鋼製剣ルーバー

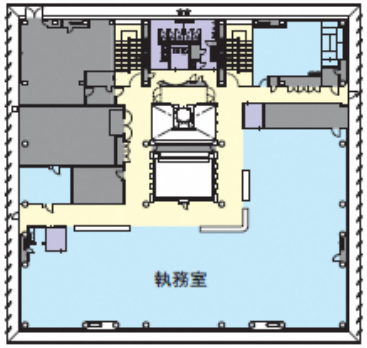




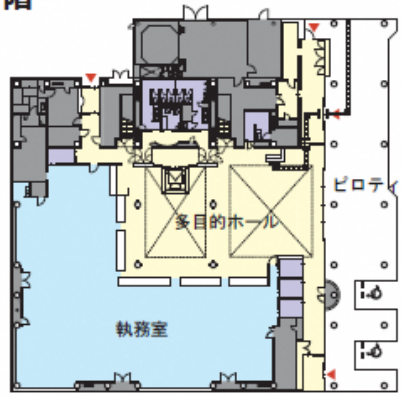
5 階



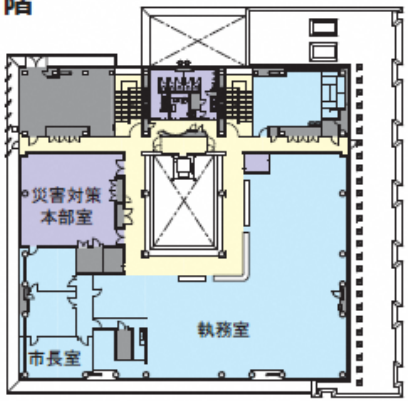
2 階



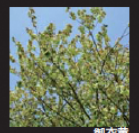
4 階



1 階



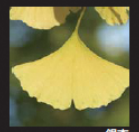
3 階



5 御衣黄

5 市議会の事務のこと
議会事務局

監査委員・公平委員会の事務のこと
監査委員事務局・公平委員会事務局



銀杏

4-1 建築確認・市営住宅・住まいづくりのこと
都市建設課

4-2 市道と河川の改良や維持・土木災害のこと
建設事業課

4-3 市道と河川の占用・工事承認・通行規制のこと
農林管理課

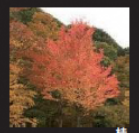
団地の造成・分譲のこと
雲南市土地開発公社

土地改良・農林道・治山・農林災害のこと
農林土木課・雲南市土地改良区

4-4 農業・畜産・林業振興のこと
農林振興課

4-5 商工振興・観光振興のこと
商工観光課

雇用就労・企業立地・起業創業のこと
産業推進課・産業振興センター



桂

3-1 農地の権利移動・転用・農業者年金のこと
農業委員会事務局

3-2 移住・定住相談のこと
うんなん暮らし推進課

3-3 地域振興・地域自主組織・公共交通・国際交流のこと
地域振興課

広報・ホームページ・情報発信・統計のこと
情報政策課

まちづくりの計画・若者チャレンジのこと
政策推進課

3-4 入札・工事検査・財産管理のこと
管財課

行財政改革・財政のこと
行財政改革推進課・財政課

3-5 消防・防災・危機管理のこと
危機管理室

総務・秘書・選挙事務のこと
総務課

職員人事のこと
人事課

染井吉野

2-1 学校施設の管理・学校給食・社会教育のこと
教育総務課・社会教育課

2-2 小学校・中学校のこと
学校教育課

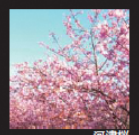
幼稚園・保育所・こども園のこと
子ども政策課

2-3 子育て・家庭の相談・支援のこと
子ども家庭支援課・子ども家庭支援センター

地域福祉・生活福祉のこと
健康福祉総務課

2-4 税金の支払い・納付相談のこと
債権管理対策課

2-5 税金・保険料のこと
税務課



河津桜

1-1 戸籍・住民登録・印鑑登録・証明交付のこと
市民生活課

1-2 国保・国民年金・福祉医療・児童手当のこと
市民生活課・消費生活センター

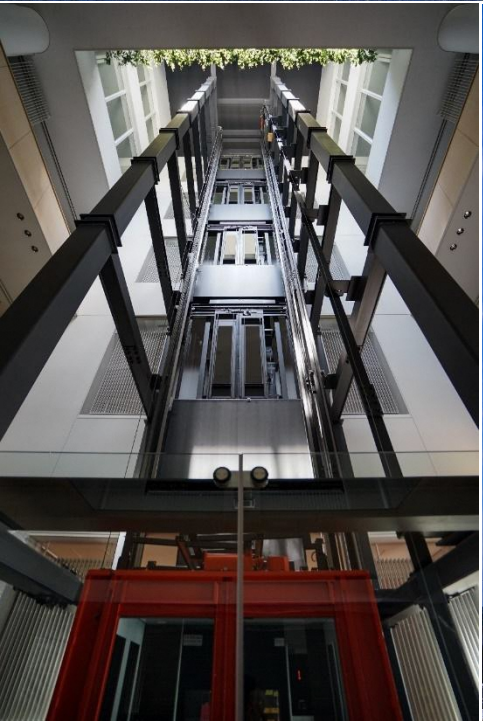
環境・廃棄物・犬の登録のこと
環境政策課

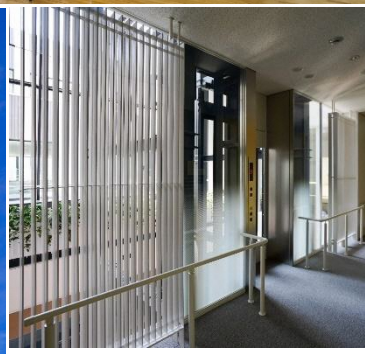
1-3 健康づくり・母子保健・予防接種のこと
健康推進課

1-4 高齢者・障がい者の福祉のこと
長寿障がい福祉課・地域包括支援センター

1-5 会計課

※雲南市の特徴ある樹木のカラーイメージによって各階をわかりやすく案内しています。



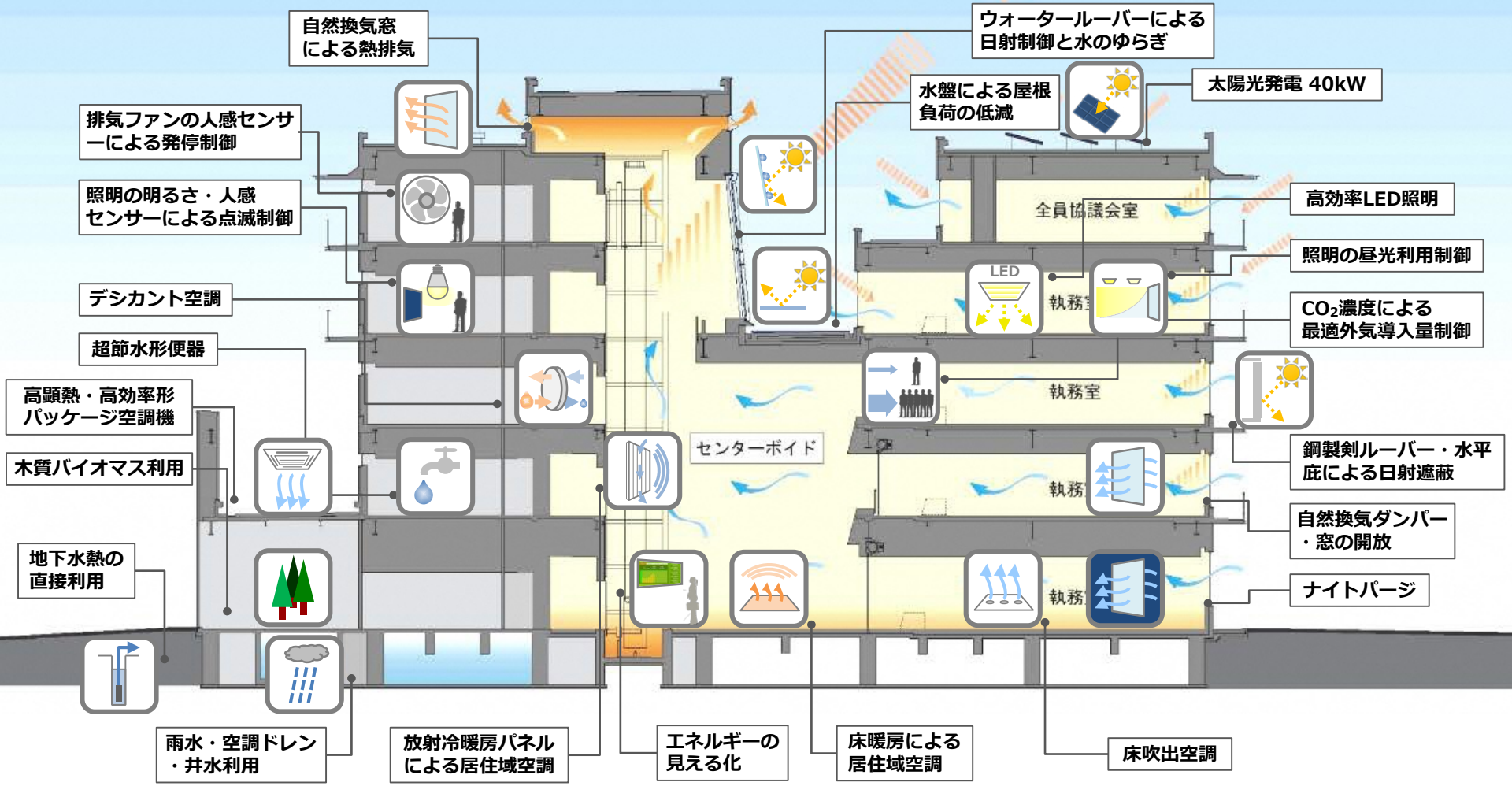


建築概要

名　　称	雲南市役所新庁舎
所 在 地	島根県雲南市木次町
敷地面積	6,864.49㎡
延床面積	7,628.42㎡
構　　造	鉄骨造（CFT・制震）
階　　数	地上5階、塔屋1階
竣　　工	2015年8月

雲南市型環境建築の全体像

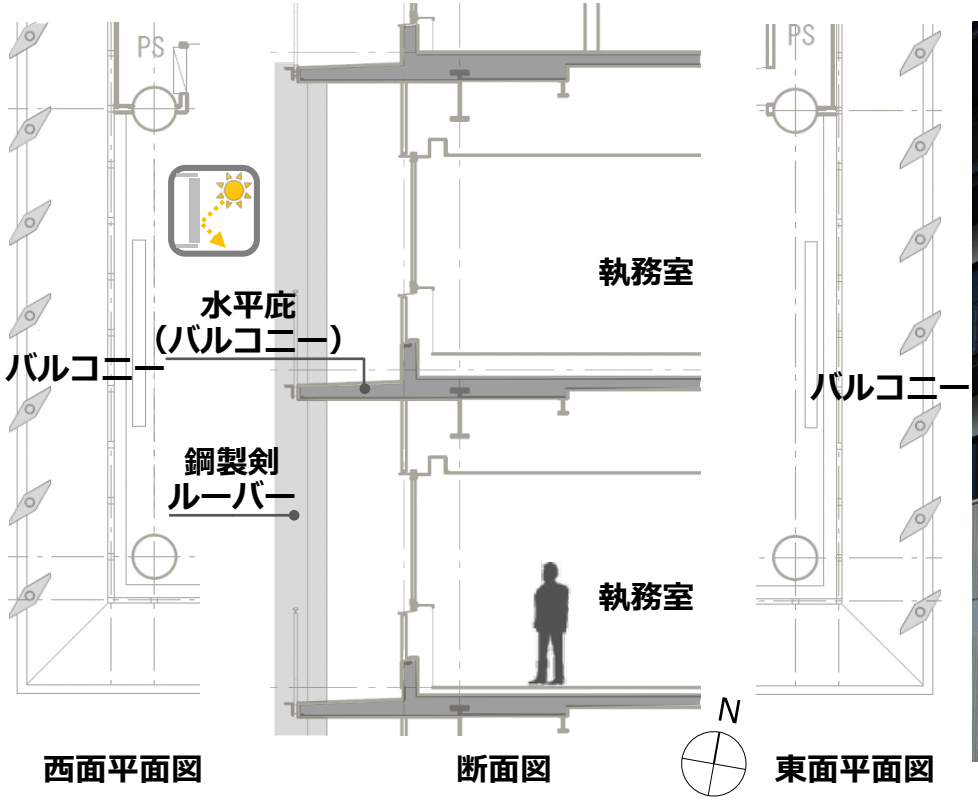
✓鋼製剣ルーバー、ウォータールーバーによる日射制御など 熱負荷の低減
✓自然採光、自然通風・ナイトパージなど 自然エネルギーのパッシブ利用
✓木質バイオマス、地下水、太陽光発電など 再生可能エネルギーの利用



パッシブデザイン
～建築的なZEB化手法～

鋼製剣ルーバーと水平庇による日射遮蔽と眺望確保の両立

- ✓ ヤマタノオロチ伝説・たたら製鉄の歴史をモチーフにした鉄素材を剣に見立てた鋼製剣ルーバーを採用し、ルーバーに45°の角度を付け、水平庇と組合せることで、日射遮蔽と眺望を兼ね備えた効果的な日除けになっています



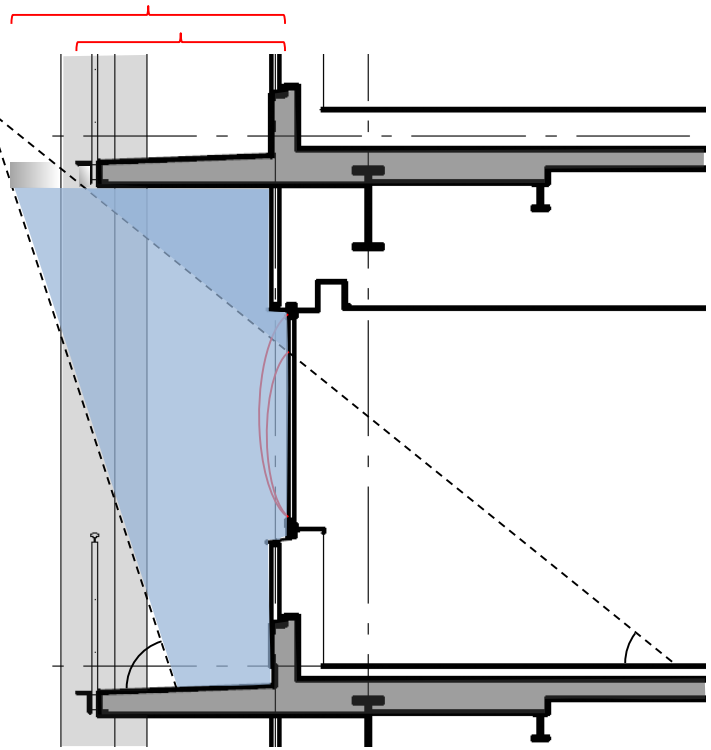
鋼製剣ルーバーと水平庇の日除け効果

8/1 13時　水平庇だけでカット

水平庇の実質的な突出長さ

8/1 16時

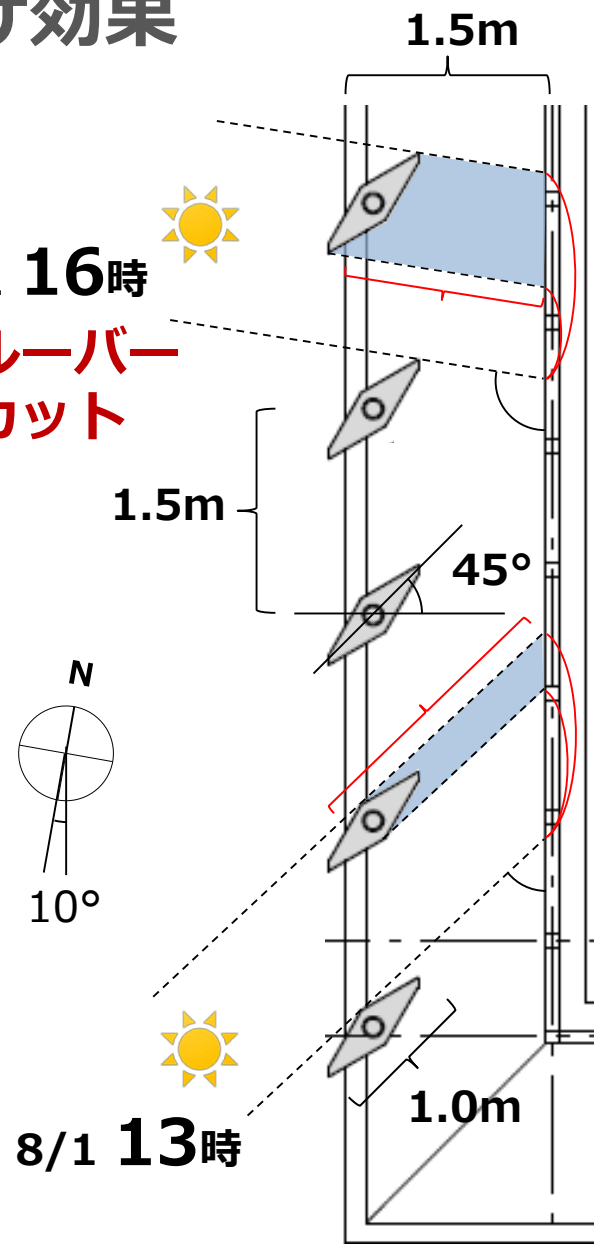
水平庇は
効かなくなる



断面概念図

8/1 16時

剣ルーバー
でカット

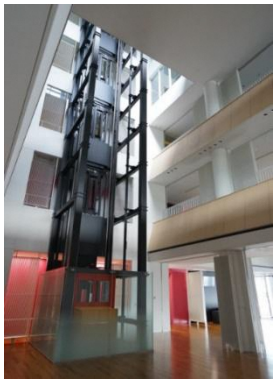


8/1 13時

西面平面概念図

センターボイドを利用した自然採光と省エネ照明システム

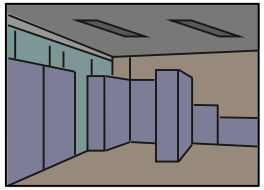
✓ センターボイドからの自然採光や、明るさ・人感センサーによる照明の昼光利用制御システムによって照明エネルギーの縮減を図っています



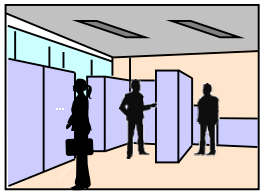
センターボイド

ウォータールーバー

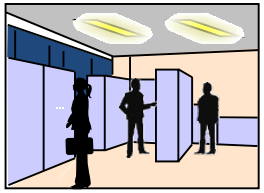
鋼製剣ルーバー



不在時

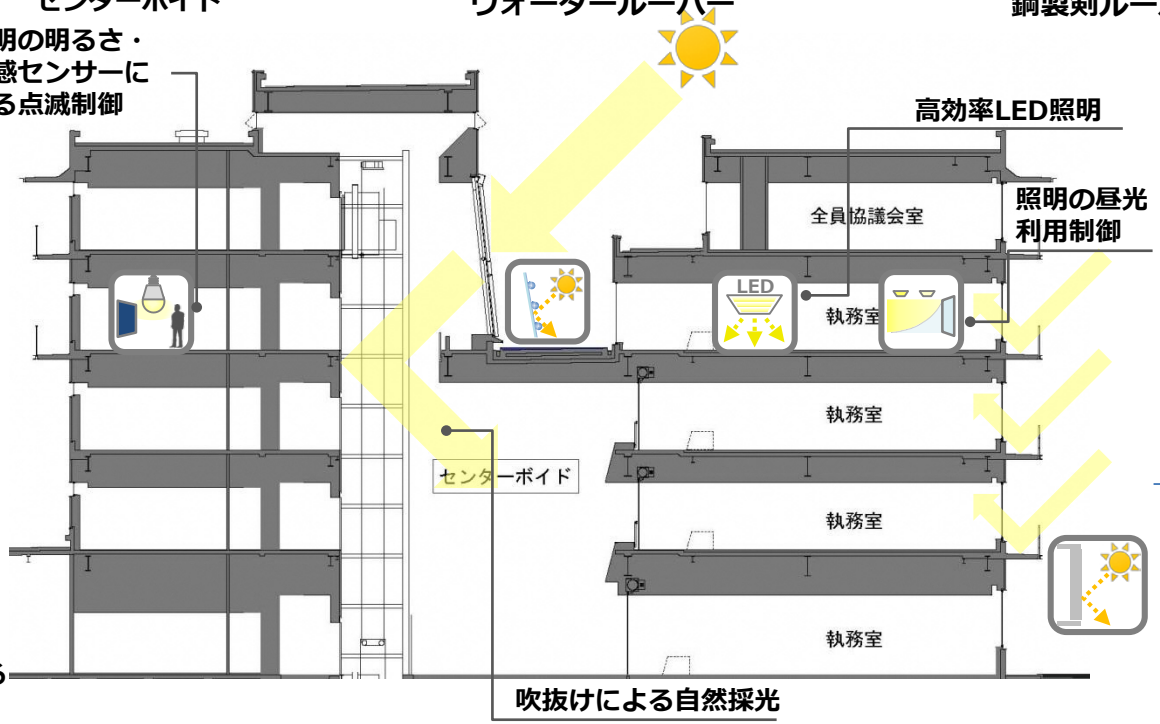


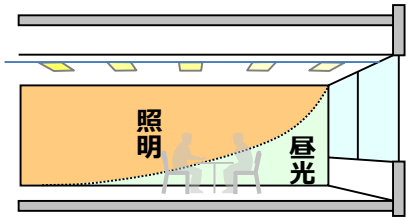
昼間・在室時



夜間・在室時

明るさ・人感センサーによる照明制御のイメージ





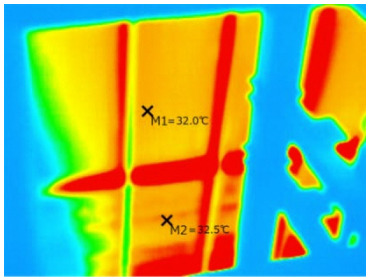
昼光利用制御のイメージ

水流による環境装置 ウォータールーバー

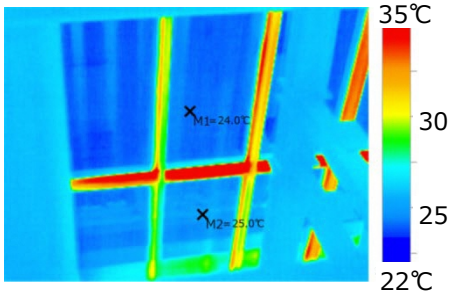
✓ 吹抜けに面した大きなガラス窓には、雨水や井水を流して、日射制御と水のゆらぎを感じる自然採光の機能を兼ね備えたウォータールーバーを採用しています

ウォータールーバー（外部）

ウォータールーバー（内部）



流水前（窓表面温度：32℃程度）



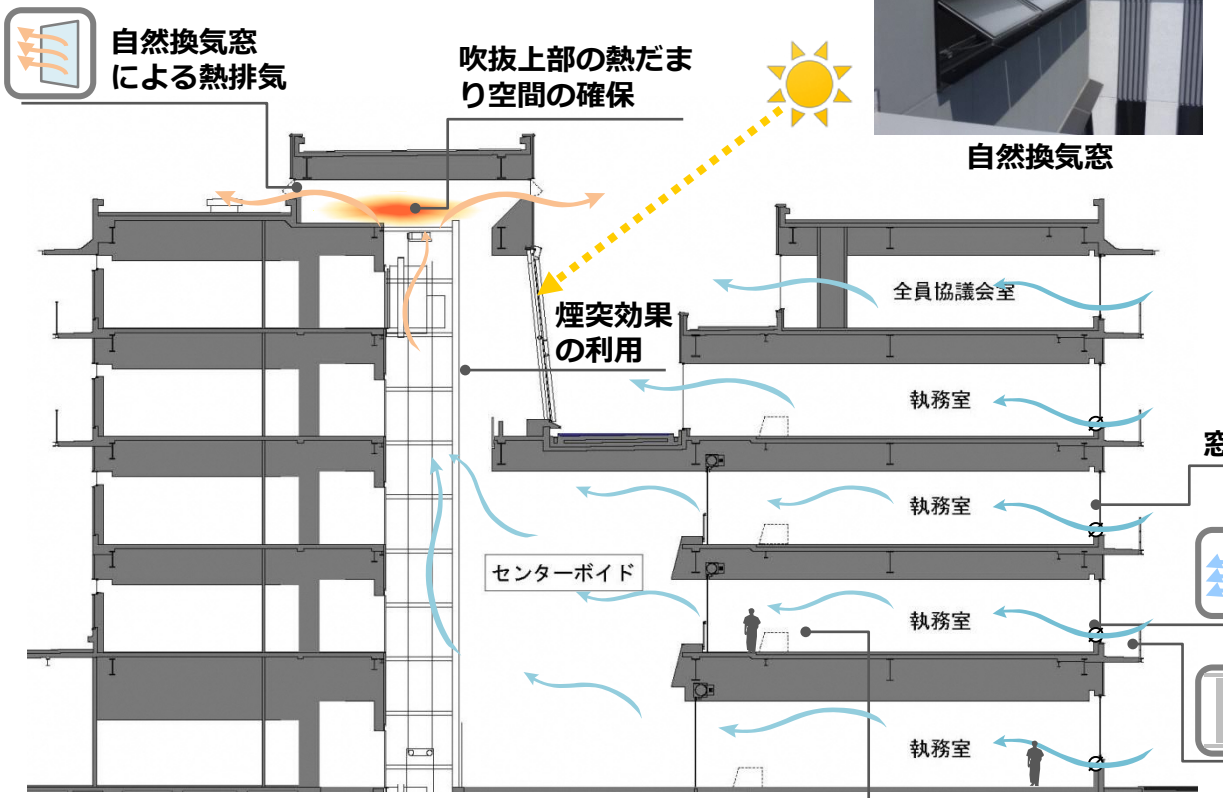
流水後（窓表面温度：25℃程度）

中間期の非空調化を実現する自然通風・ナイトパージシステム

✓ 吹抜けを利用して自然通風を促進させ、夏の深夜・春・秋に外気で建物を冷やします（地下水の熱を利用した放射冷暖房パネルとの併用も可能）

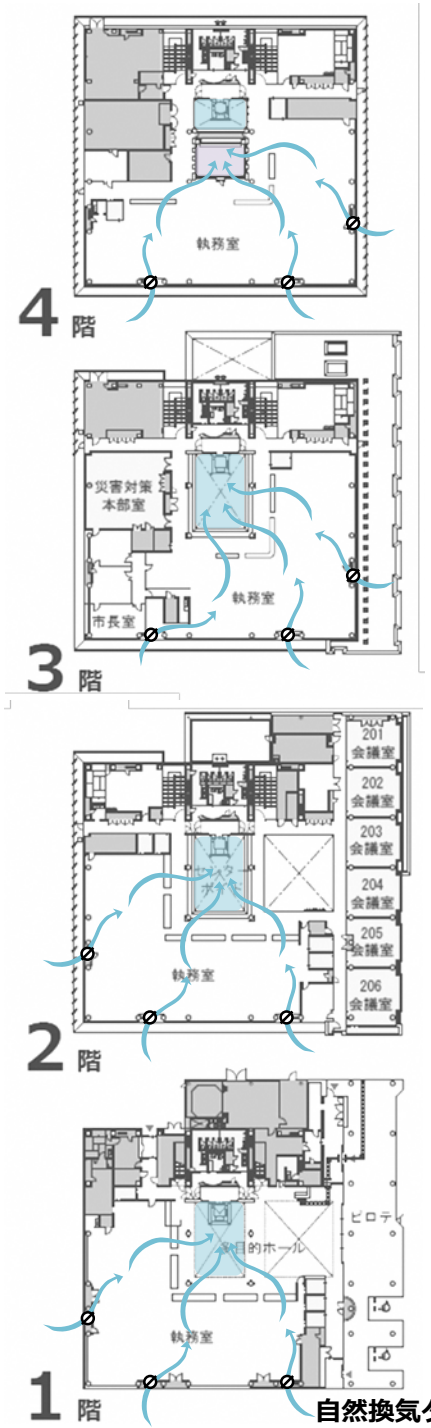
自然換気口（東西面）

自然換気ダンパー



自然換気窓

自然換気口（南面）


4 階
執務室
3 階
災害対策本部室
市長室
執務室
2 階
201 会議室
202 会議室
203 会議室
204 会議室
205 会議室
206 会議室
執務室
1 階
ロビー
執務室

自然換気ダンパー

アクティブデザイン
～設備的なZEB化手法～

従来の設計基準に捕らわれない運用実態に即したZEB化設計手法

過大になりがちな**設備容量**の最適化・コンパクト化

- ✓ デシカント外調機容量を50%低減、エアコン屋外機合計容量を17%低減

省エネを考慮した設備機器**設置位置**の最適化

- ✓ デシカント外調機を最も効率の良い建物中間階へ配置
- ✓ エアコン屋外機をロスが小さく、日射の影響がない2階北側へ配置
- ✓ 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

中間期に大型機器の停止を可能にする設備**機器構成**の最適化

- ✓ 相談室など窓の無い居室に中間期専用排気ファンを設置

基本設計時から施主とともに始める設備機器の**運用**の最適化

- ✓ 基本設計時に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

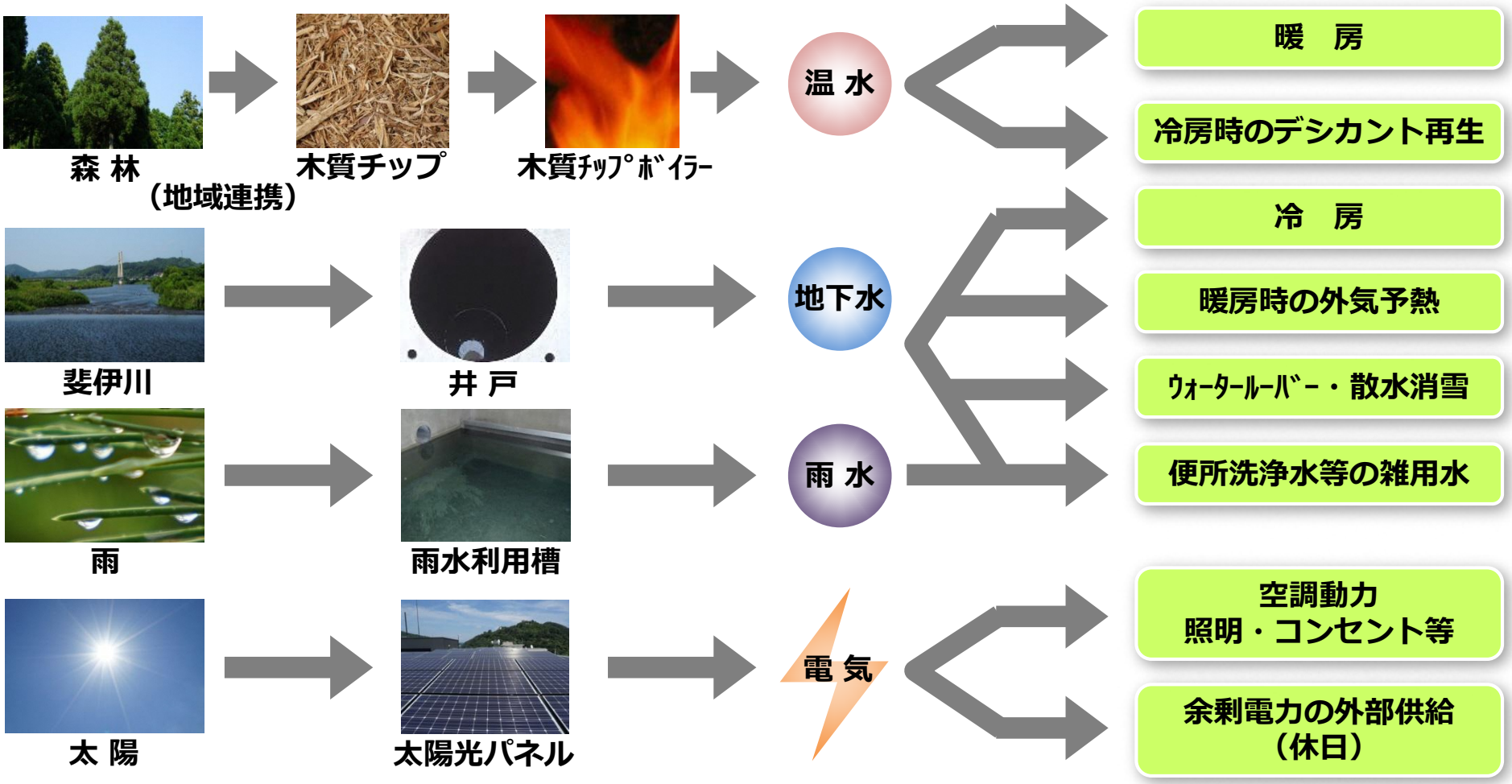
建物真ん中から展開するデシカント外調機

日射が当たらない2階北側の屋外機

暖かいものだけを集めたボイラー室

地域資源を活かした再生可能エネルギー等利用システム

✓ 地産地消の木質チップ、地下水、雨水、太陽光発電など再生可能エネルギー等を利用したシステムを採用しています

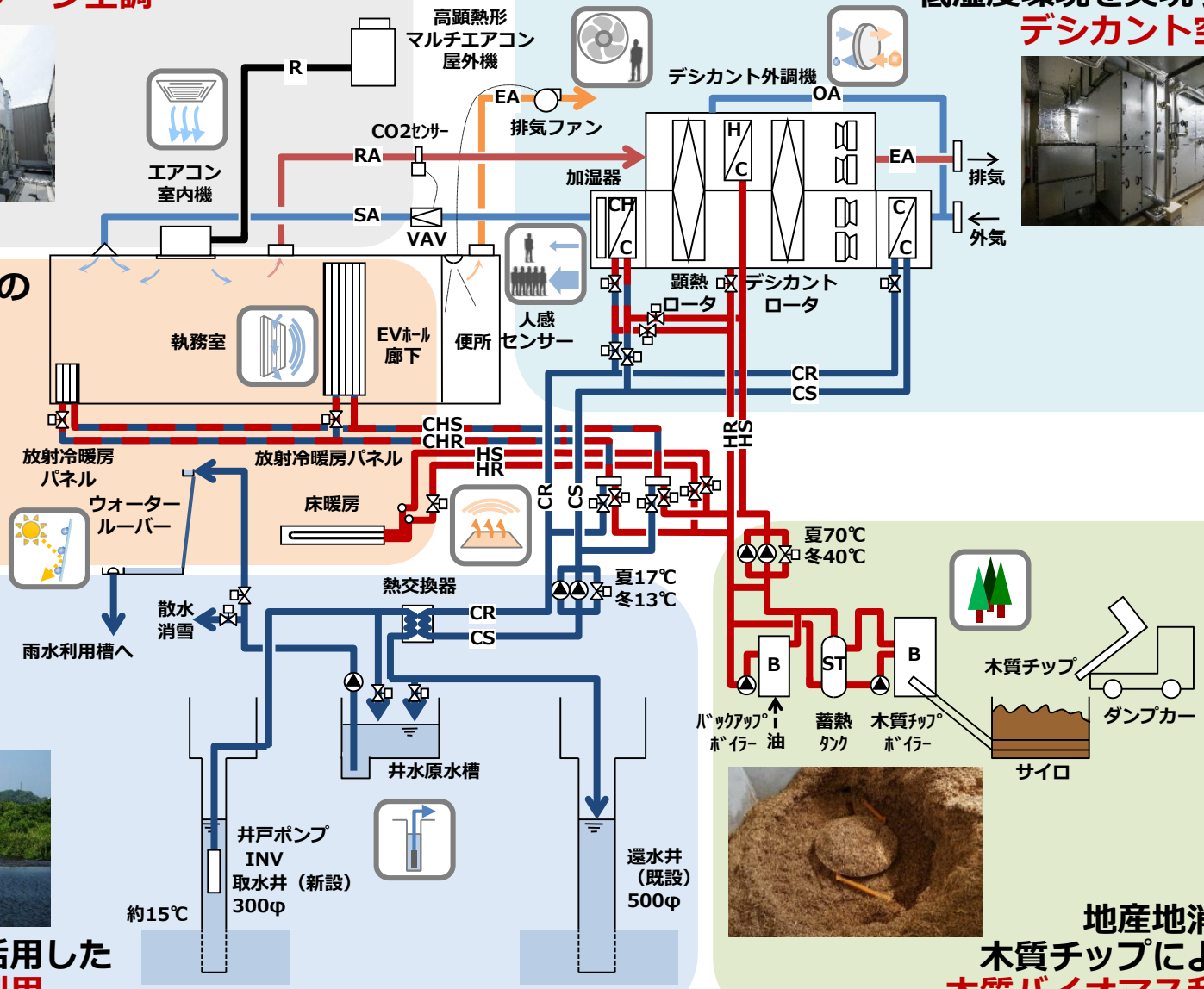


雲南の豊かな森と斐伊川の恵みを活かした熱源・空調システム

低湿度環境で高効率運転可能な 高顕熱形パッケージ空調

木質チップと地下水で 低湿度環境を実現する デシカント空調

木質チップと地下水の 利用を見える化する 放射空調



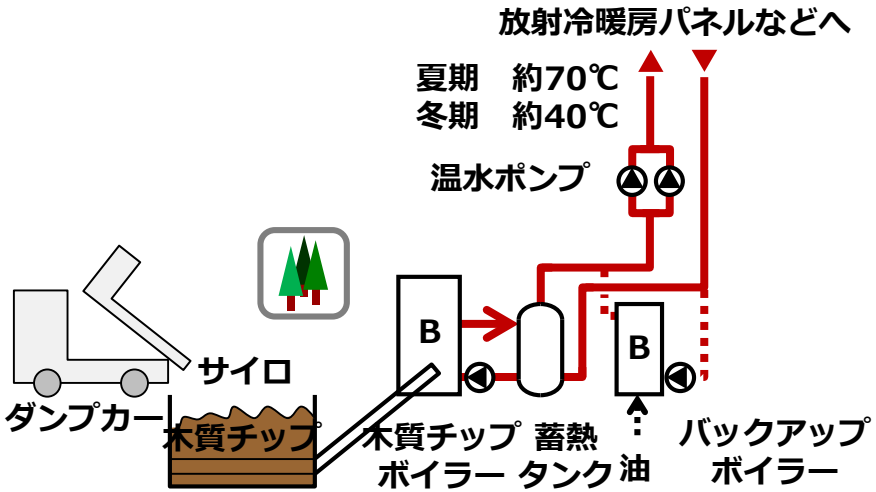
既存の井戸を活用した 地下水熱直接利用

地産地消の 木質チップによる 木質バイオマス利用

季節による温度可変の木質バイオマス利用システム

✓ 雲南市産の木質チップを燃やして温水をつくり、デシカント外調機、放射冷暖房パネル、床暖房で利用しています

木質チップ（雲南市産）



煙突（屋上）

サイロ室搬入口

サイロ室内部

燃料搬送装置（下部）

燃料搬送装置（上部）

木質チップボイラーとボイラー室内部

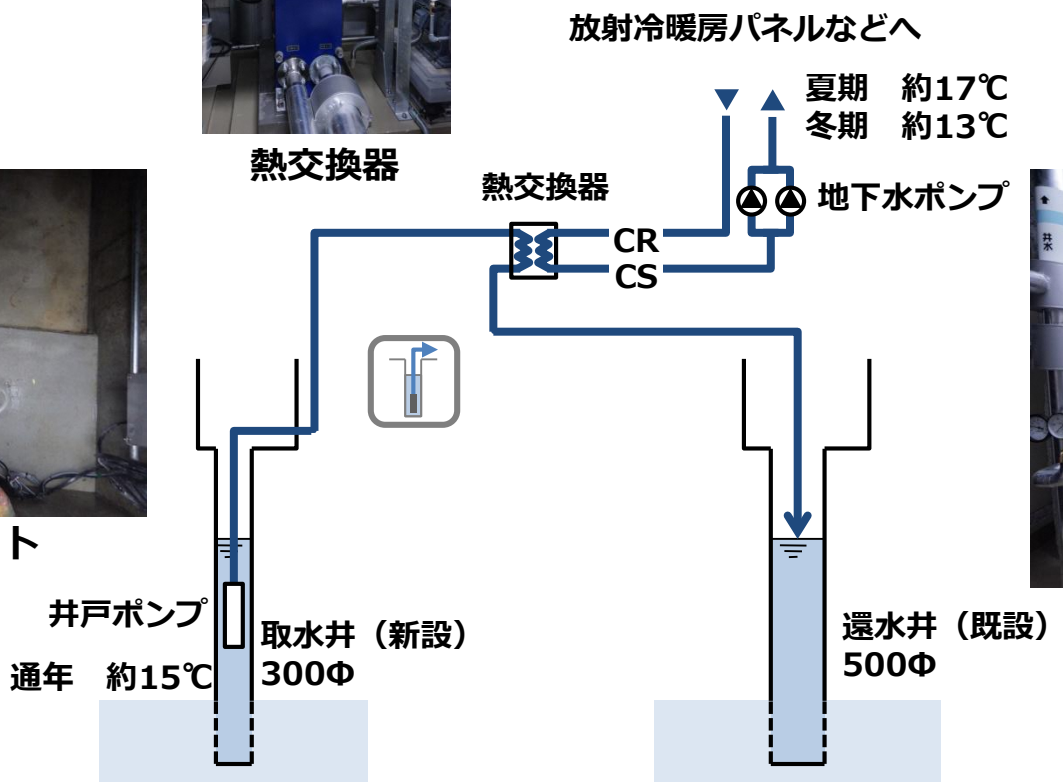
地下水の熱で空調する地下水熱直接利用システム

✓ 斐伊川の恵みである豊富な地下水の熱を熱交換して、デシカント外調機、放射冷暖房パネルで利用しています

※ 鉄分・マンガンが多い井水による熱交換器の目詰まり対策として、**磁気活水水処理装置**を設置、毎日運転終了後に雨水を原水とする雑用水で**パージ洗浄**（60s）と**水抜き**（120s）の自動制御を実施

熱交換器

井戸ピット

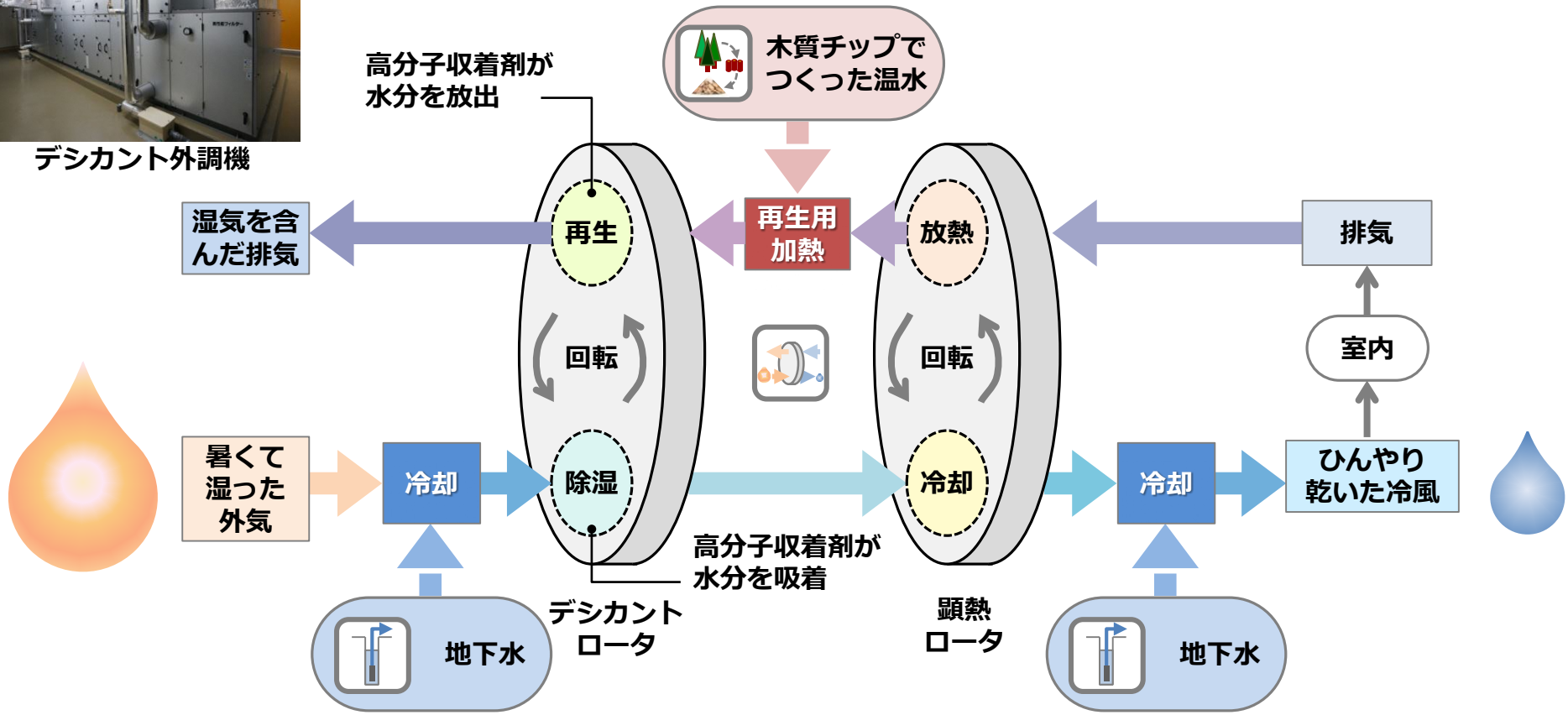


ポンプ室内部

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

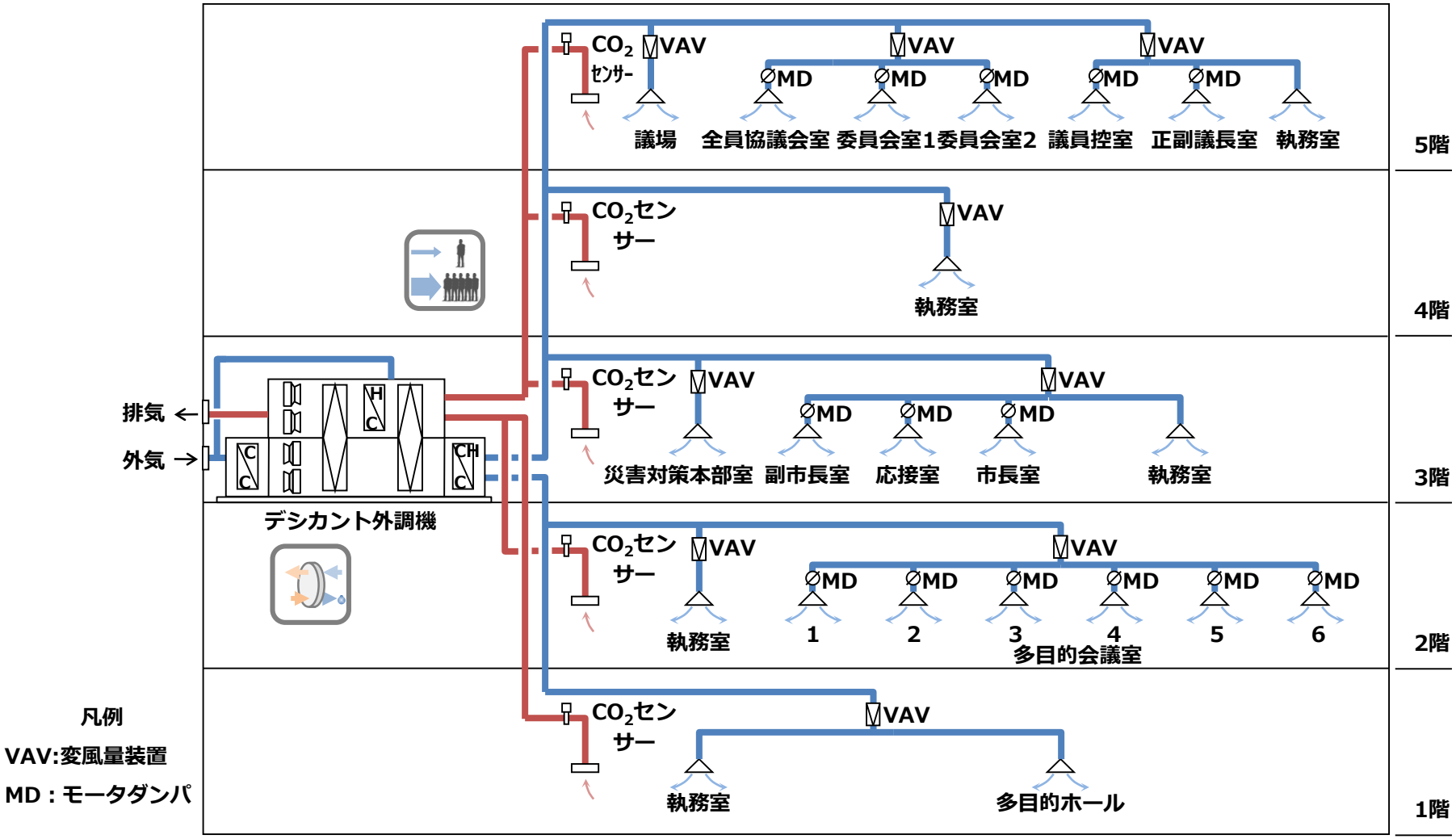
✓ 木質チップと地下水の熱を利用して、夏期の暑くて湿った外気をひんやり乾いた冷風にして、室内に供給しています

デシカント外調機



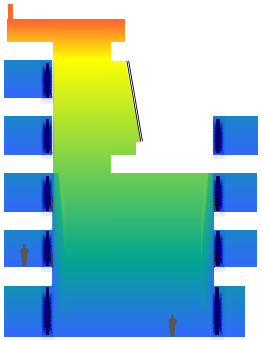
在室人数に合わせて最適な外気導入量に制御するシステム

✓ 在室人数で変動するCO_2濃度によって最適な外気導入量に制御し、外気による空調エネルギーを低減しています



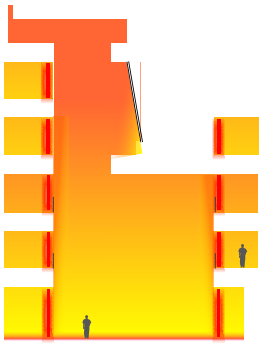
木質チップと地下水の利用を見える化する放射冷暖房パネル

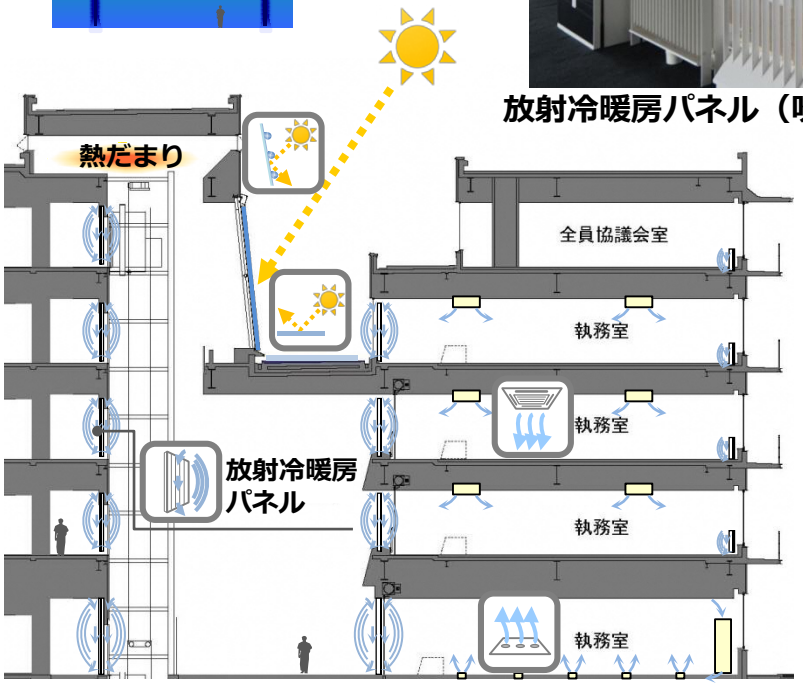
✓ 吹抜と窓際の空調には、木質チップと地下水の熱を利用し、放射効果と合わせて省エネと快適性を両立する放射冷暖房パネルを採用しています



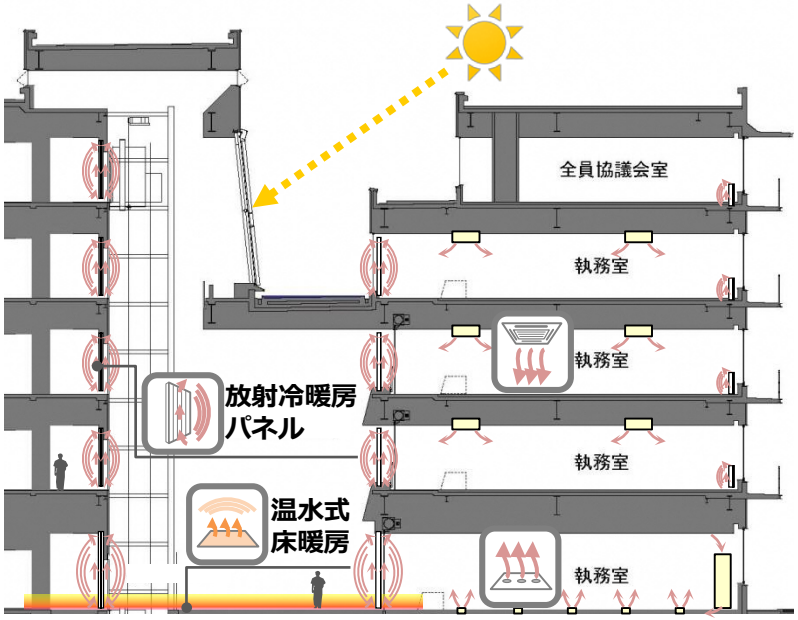
放射冷暖房パネル（吹抜）

放射冷暖房パネル（窓際）





夏期（冷房時）



冬期（暖房時）

幼稚園・保育所・こども園のこと
子育て・家庭の相談・支援のこと

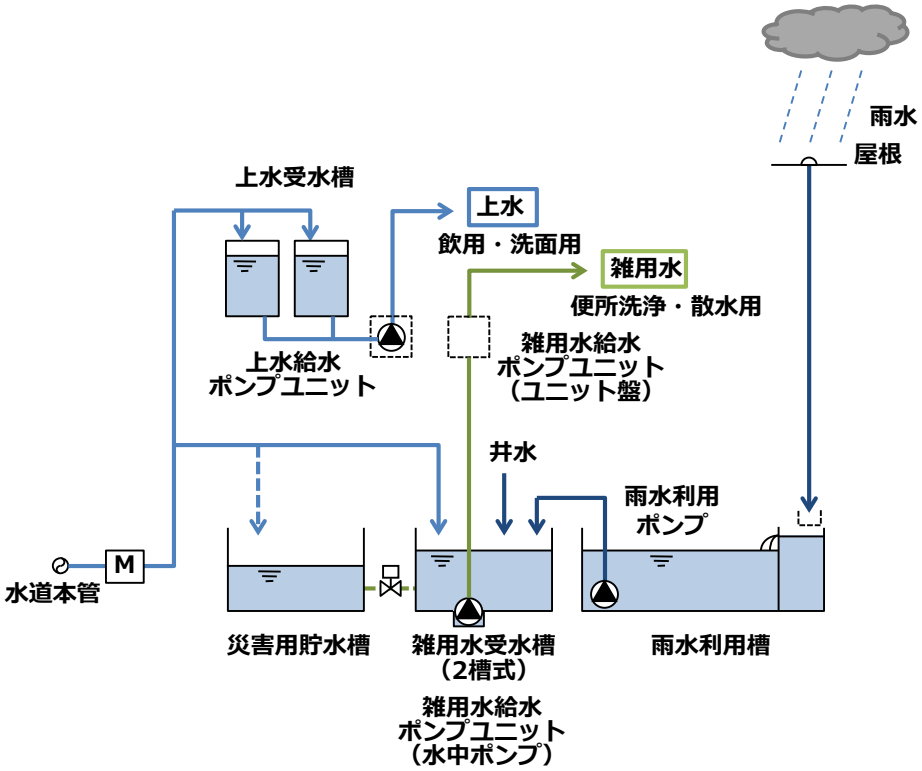
超節水と雨水・空調ドレンの再利用

超節水型器具

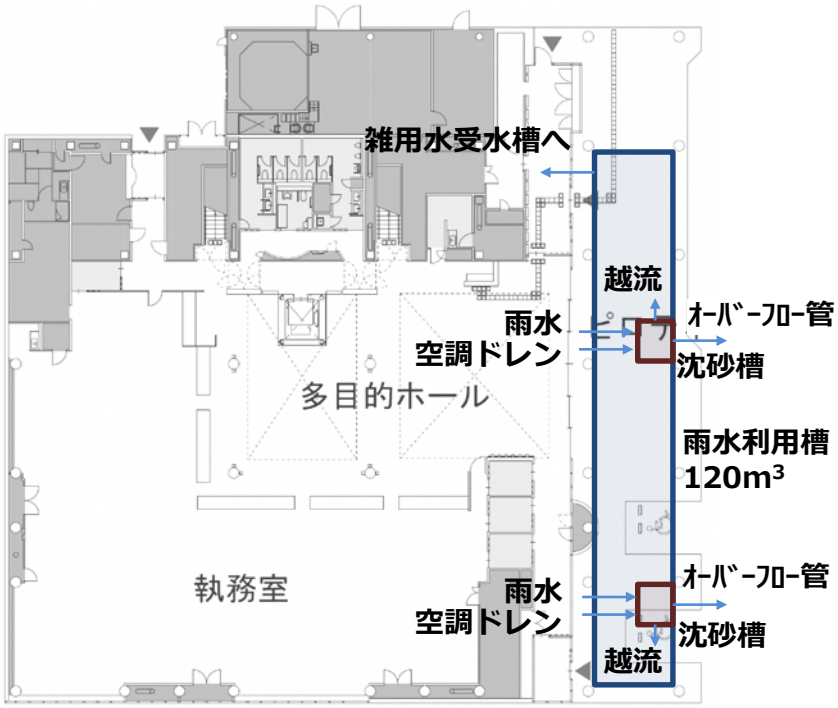
✓大便器は洗浄水量4.8Lの超節水型器具、小便器は尿流時間を検知して尿量に応じた洗浄を行うことで節水が可能なマイクロ波センサーを導入しています

エネルギーを使わない雨水・空調ドレンの再利用

✓建物の屋根面（約1,200㎡）に降った雨水と空調ドレンは、ピロティ下の120m³の雨水利用槽に貯留、沈殿後、雑用水として再利用しています



災害時の給排水対応フロー図

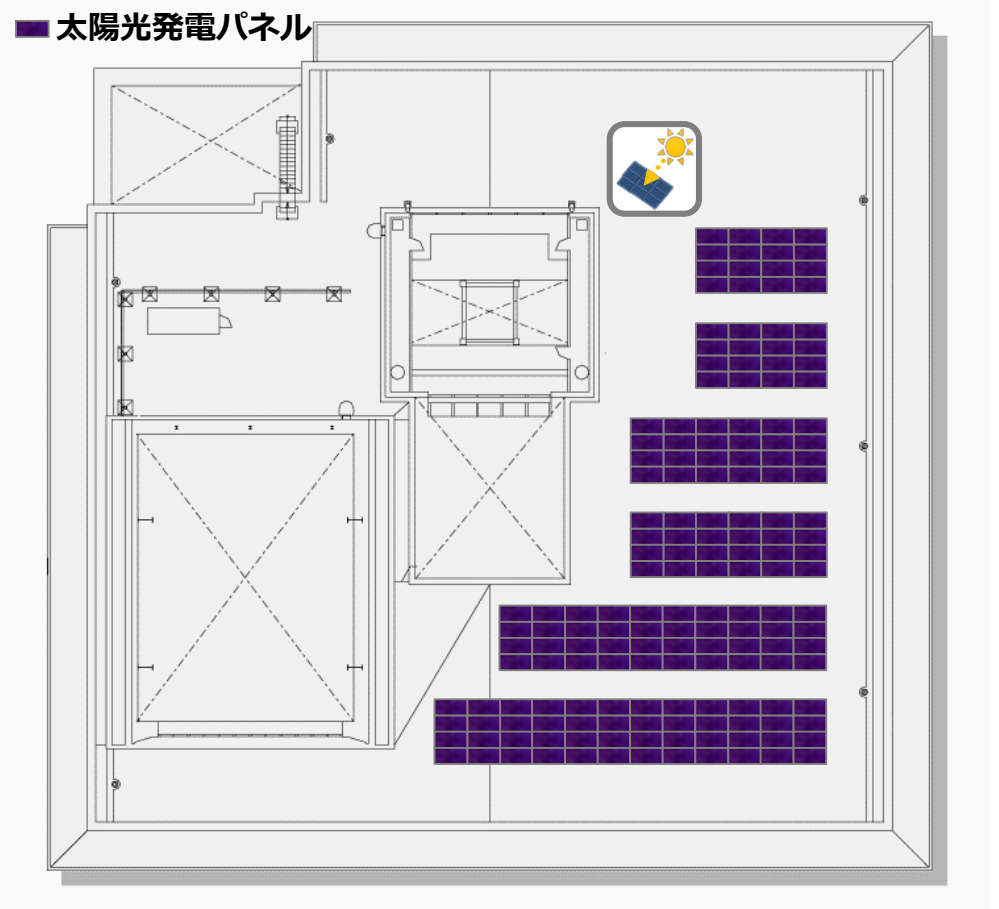


雨水利用槽平面計画

太陽光発電システム

- ✓ 屋上に設置した発電能力40kWの太陽光発電システムにより、建物全体の電気使用量の約12%を賄っています

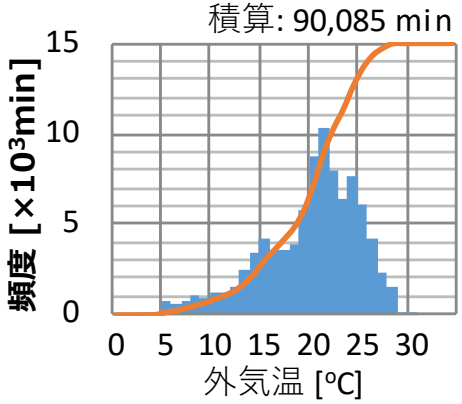
太陽光発電パネル



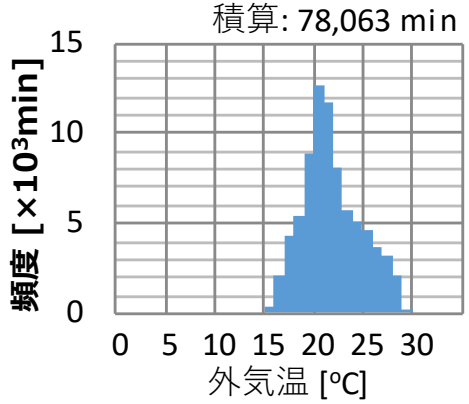
屋上太陽光発電パネル配置図

運用実績とZEB評価

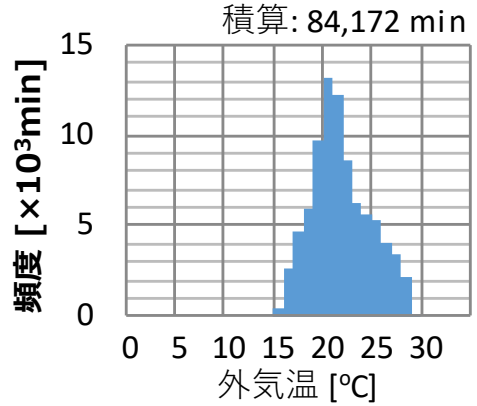
自然換気システム開放実態とナイトパージの効果



自然換気窓

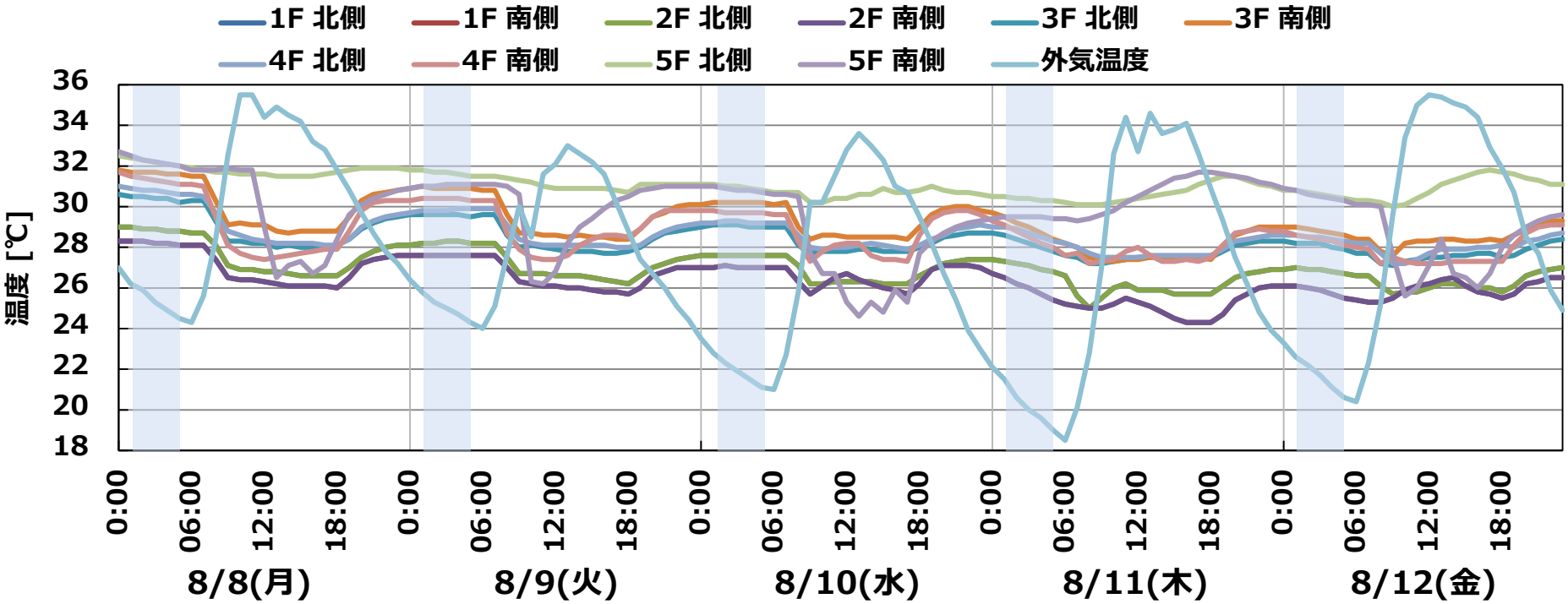


1F南面西側自然換気ダンパ



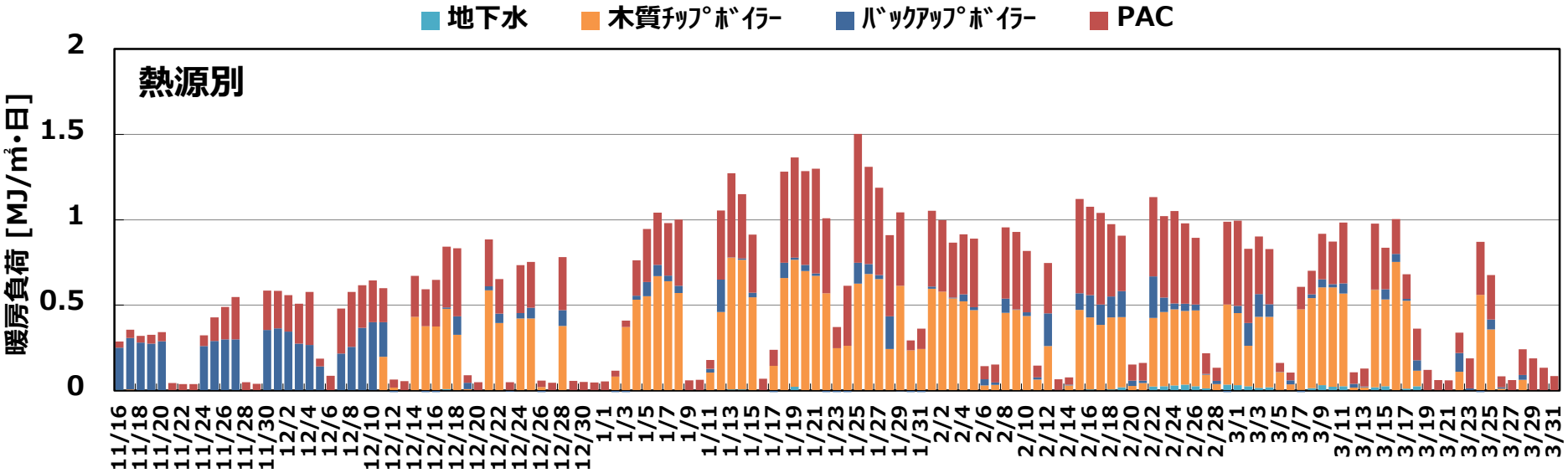
3F東面自然換気ダンパ

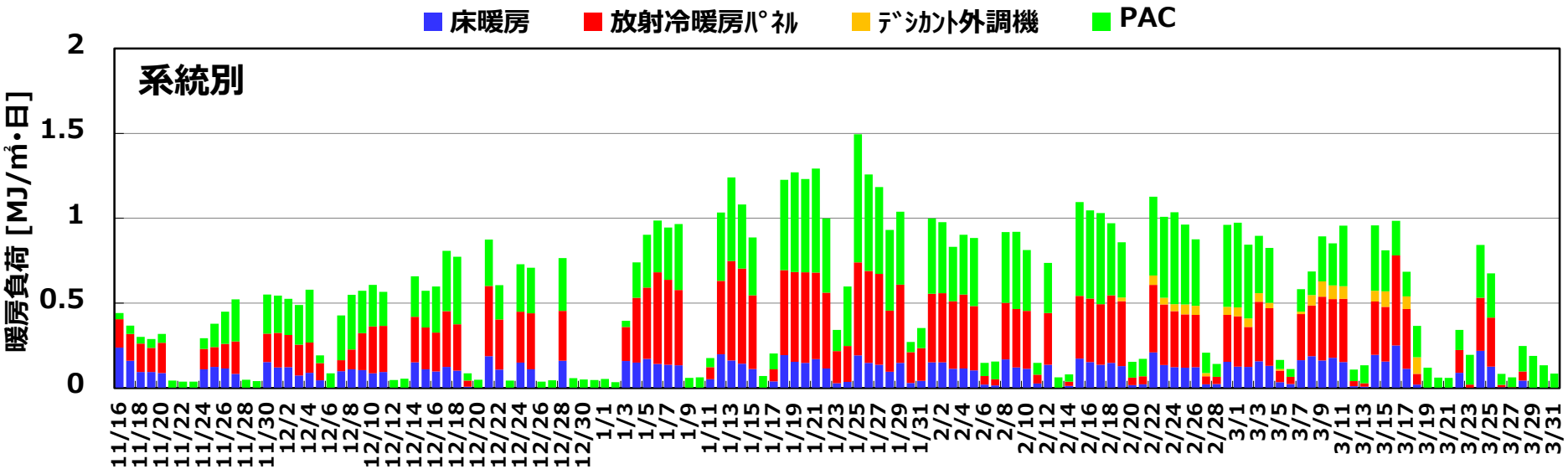
外気温度と自然換気口の開放頻度分布



夏期代表週の外気温度とナイトパージによる室内温度変化

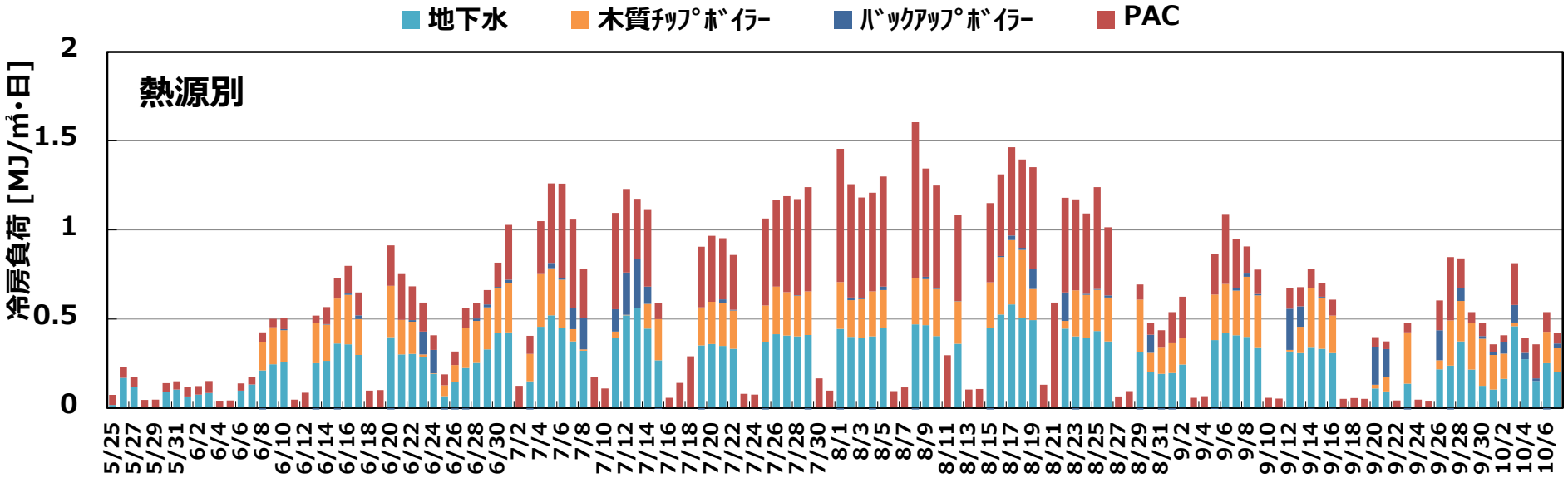
冬期の日暖房負荷

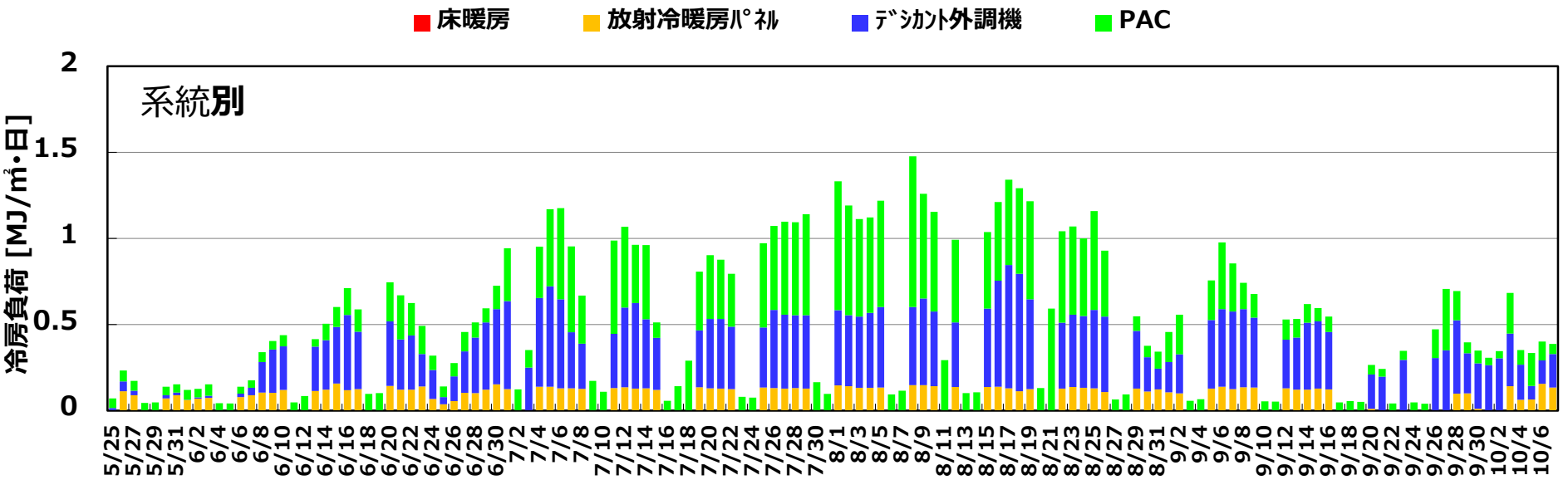




日暖房負荷

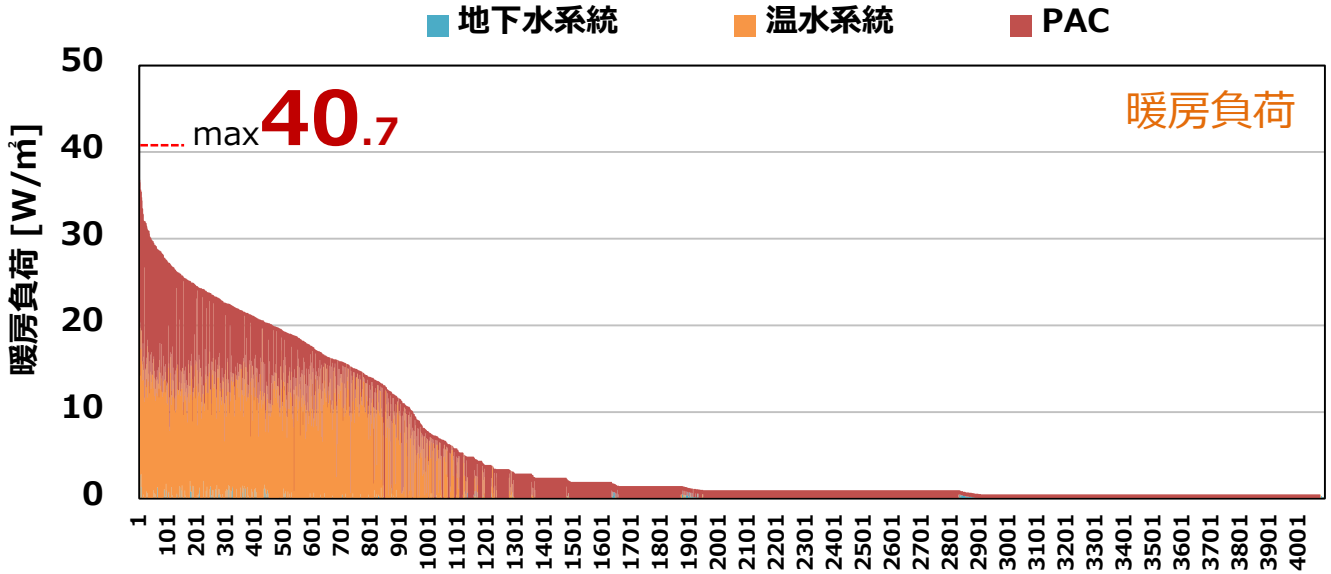
夏期の日冷房負荷

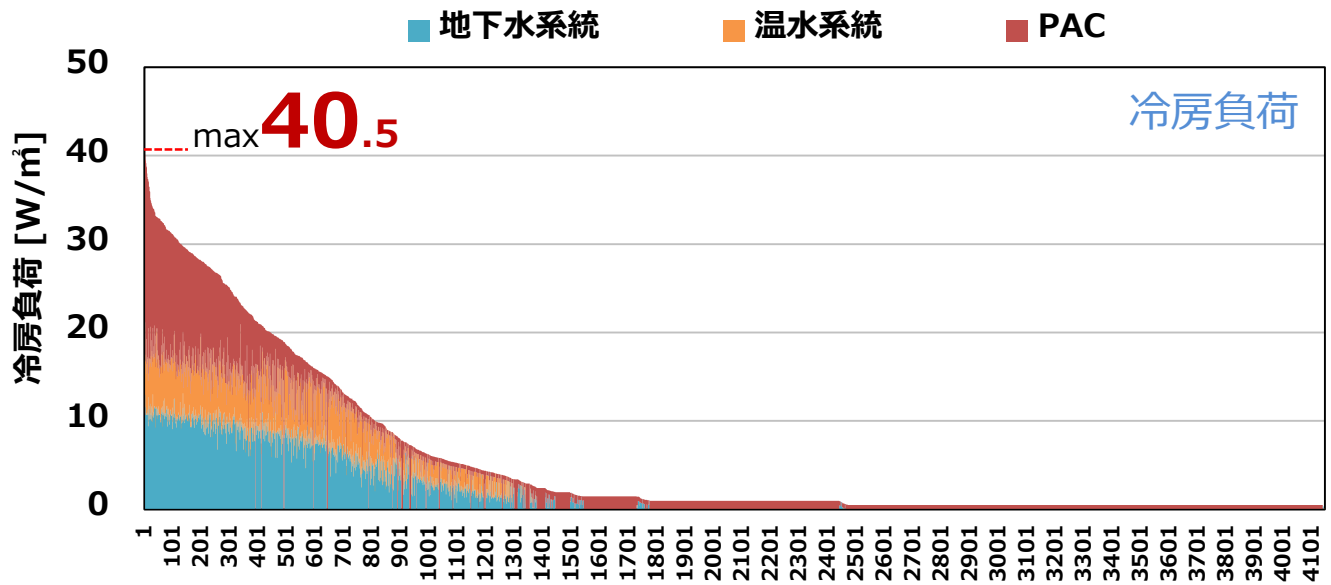




日冷房負荷

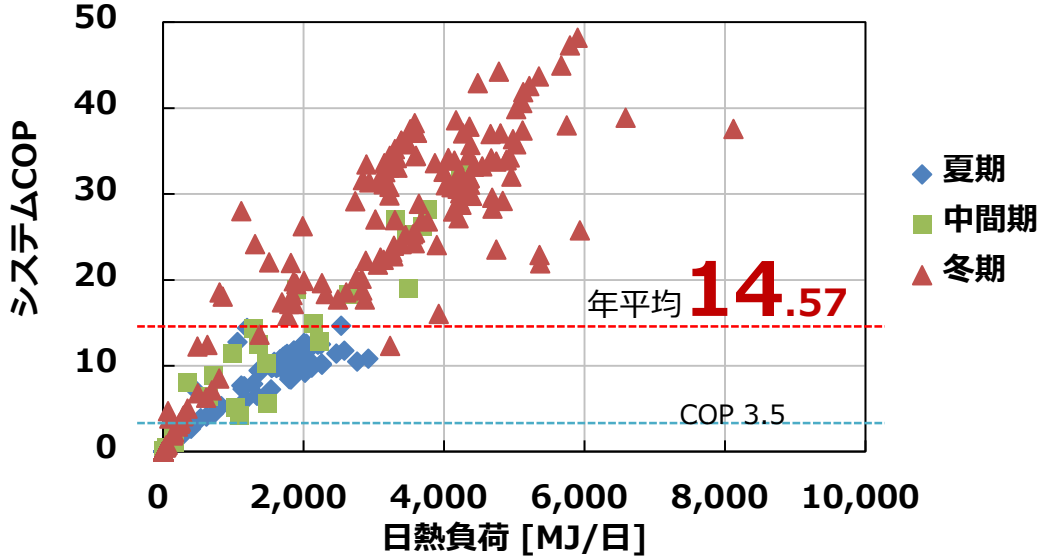
熱負荷デュレーションカーブ



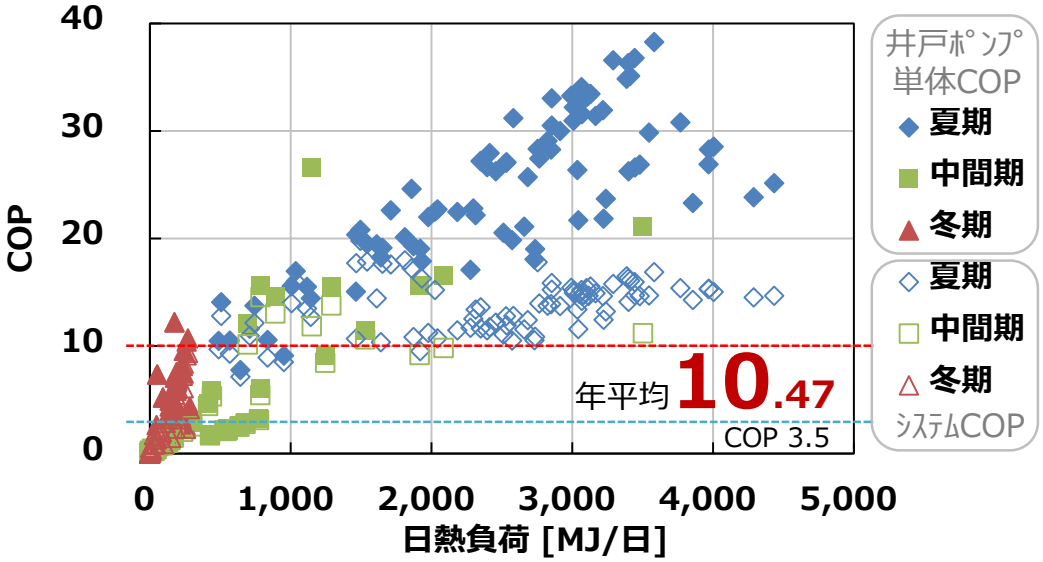


熱負荷デュレーションカーブ

超高効率な熱源システムの運転効率



木質バイオマス利用システムの運転効率

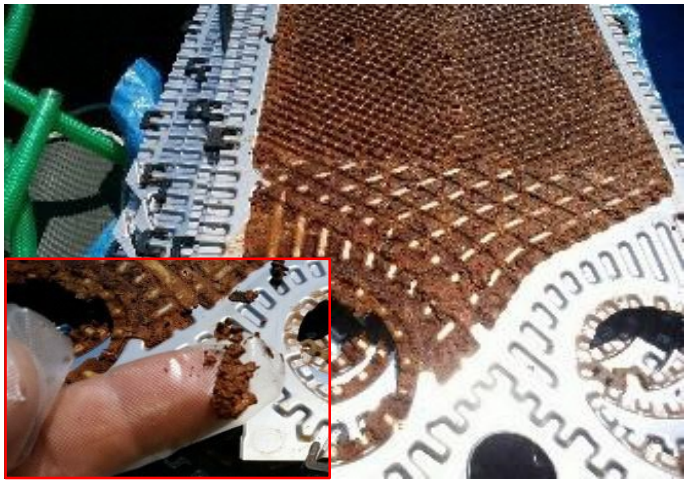


地下水熱直接利用システムの運転効率

地下水熱交換器・井戸ポンプの洗浄

鉄分・マンガンが多い井水による熱交換器の目詰まり対策として磁気活水水処理装置を設置

毎日運転終了後に自動制御で雨水を原水とする雑用水でパージ洗浄と水抜きを実施



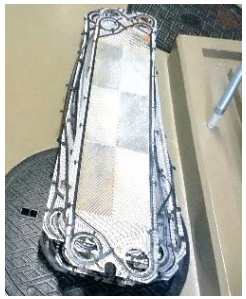
洗浄前の伝熱板と付着物の状況

2019年5月11日（土）（開庁後約3年半）熱交換器・井戸ポンプの洗浄作業を実施

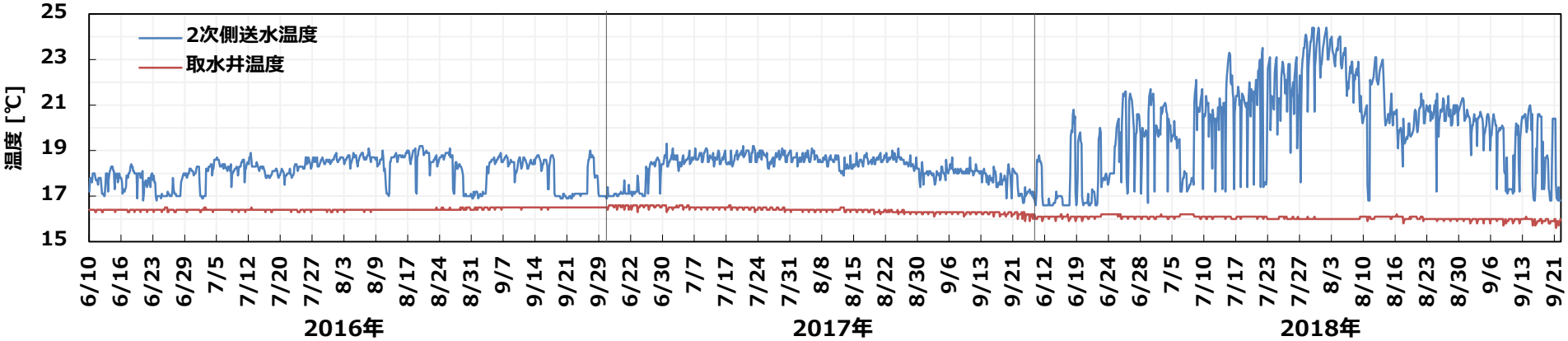
洗浄前の井戸ポンプと付着物の状況

酸性溶液掛洗い

水洗い

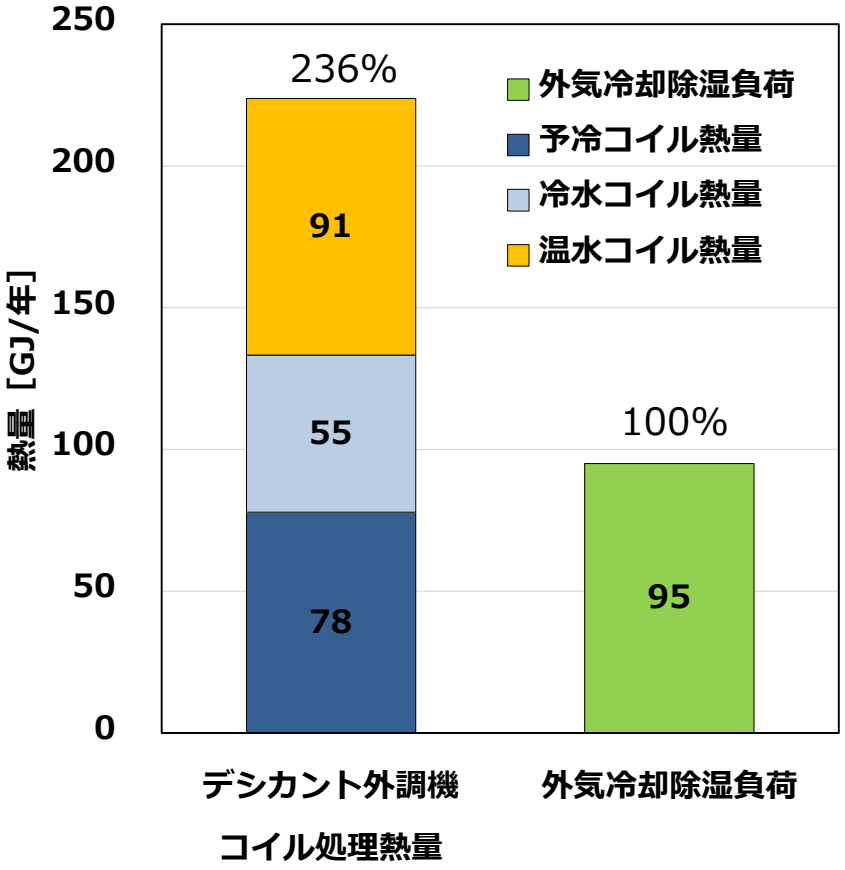


洗浄後の伝熱板

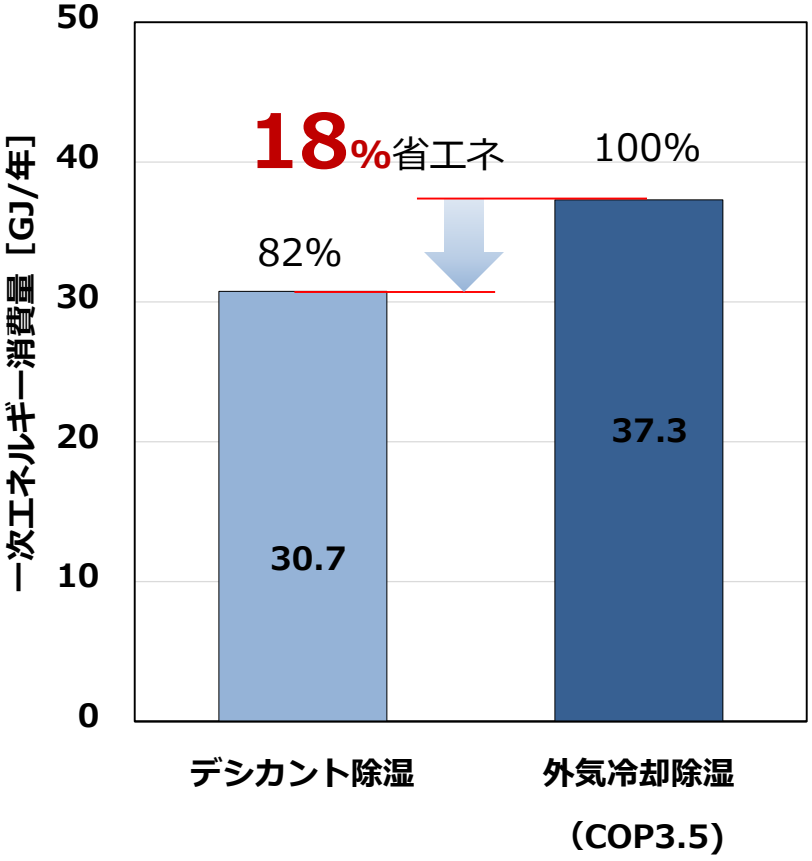


夏期の熱交換器2次側送水温度の経年変化

デシカント外調機の熱負荷と省エネルギー効果

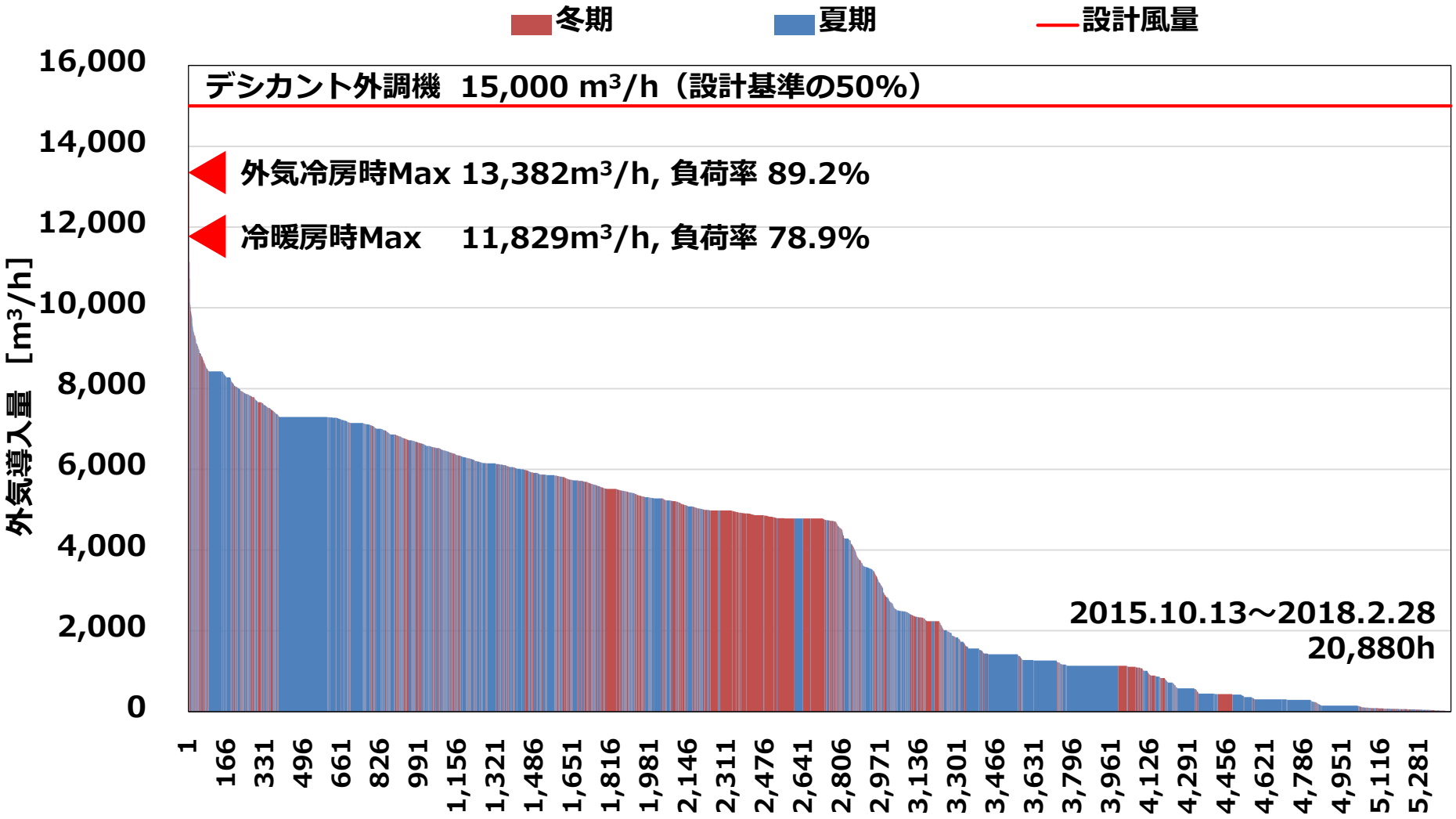


コイル処理熱量と外気冷却除湿負荷



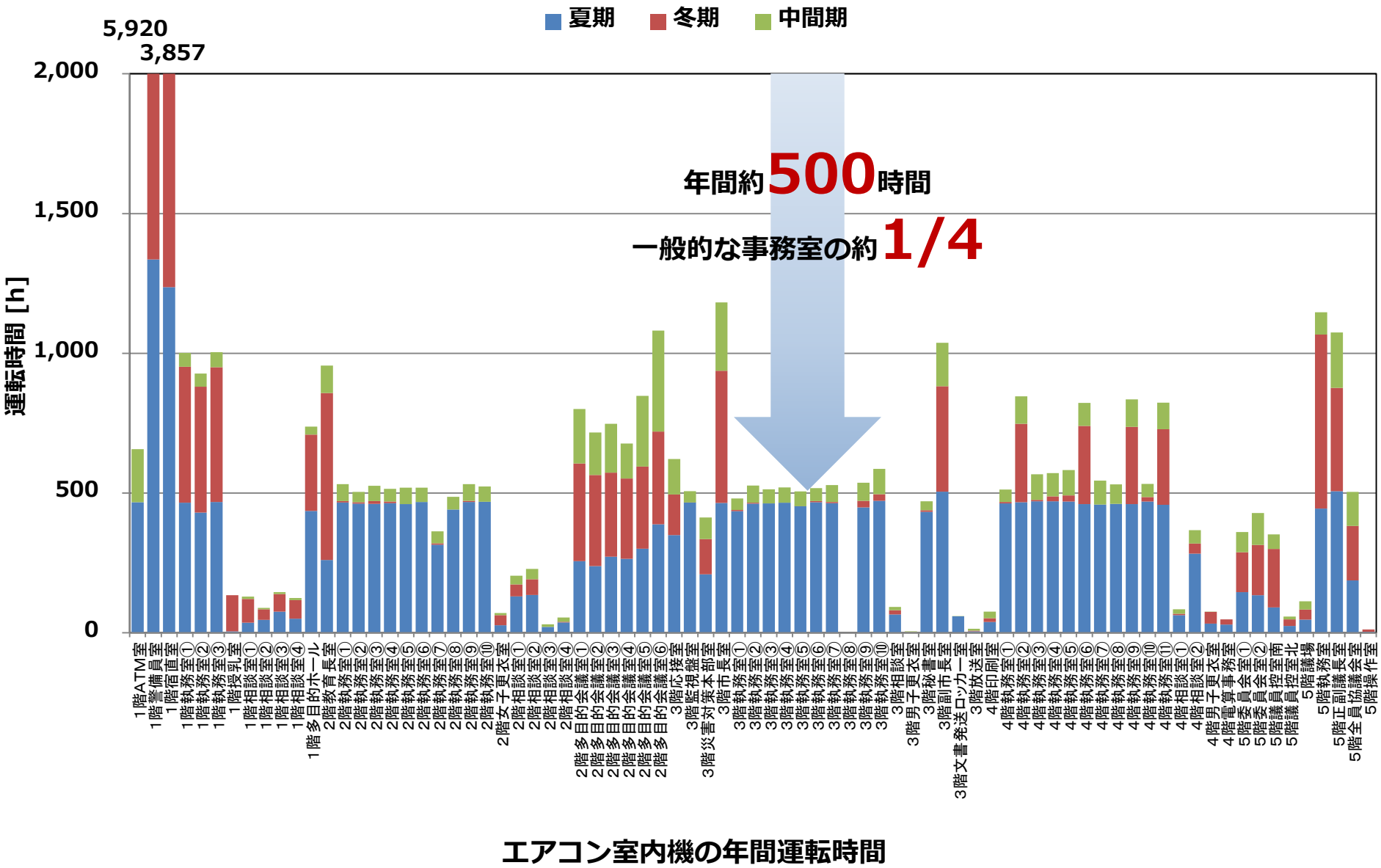
デシカント外調機の省エネルギー効果

デシカント外調機のコンパクト化と外気導入量



デシカント外調機の外気導入量のデュレーションカーブ

エアコン年間運転時間

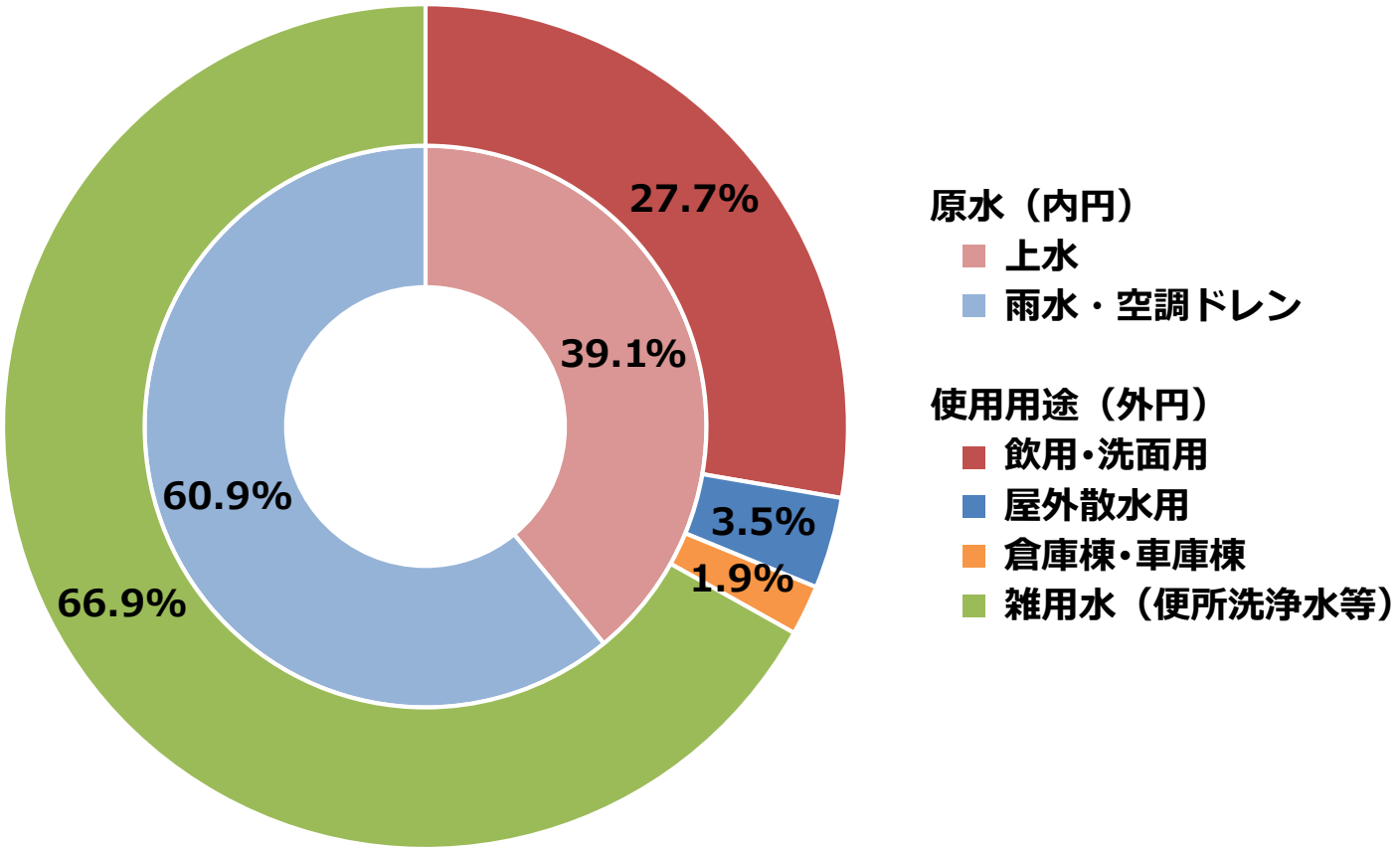


エアコン室内機の年間運転時間

原水別・使用用途別の年間水使用量比率

✓ 雨水・空調ドレンは、年間1,080m³を再利用し、全体給水量の約61%、雑用水（便所洗浄水等）の約91%を賄っています

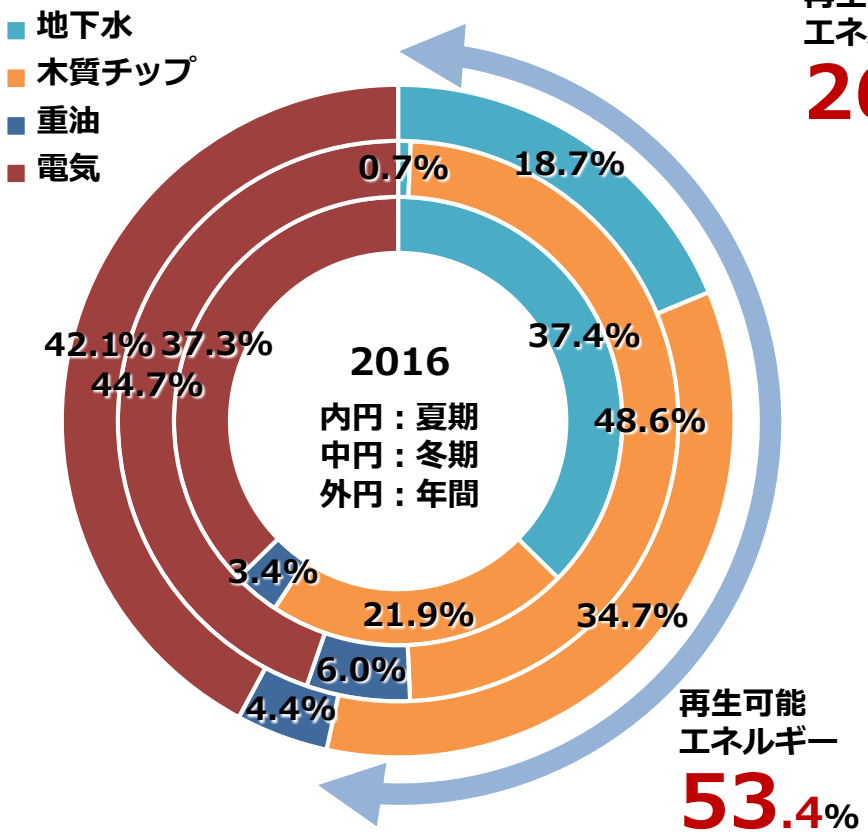
雨 水 ＋空調ドレン　年間 約1,080m³



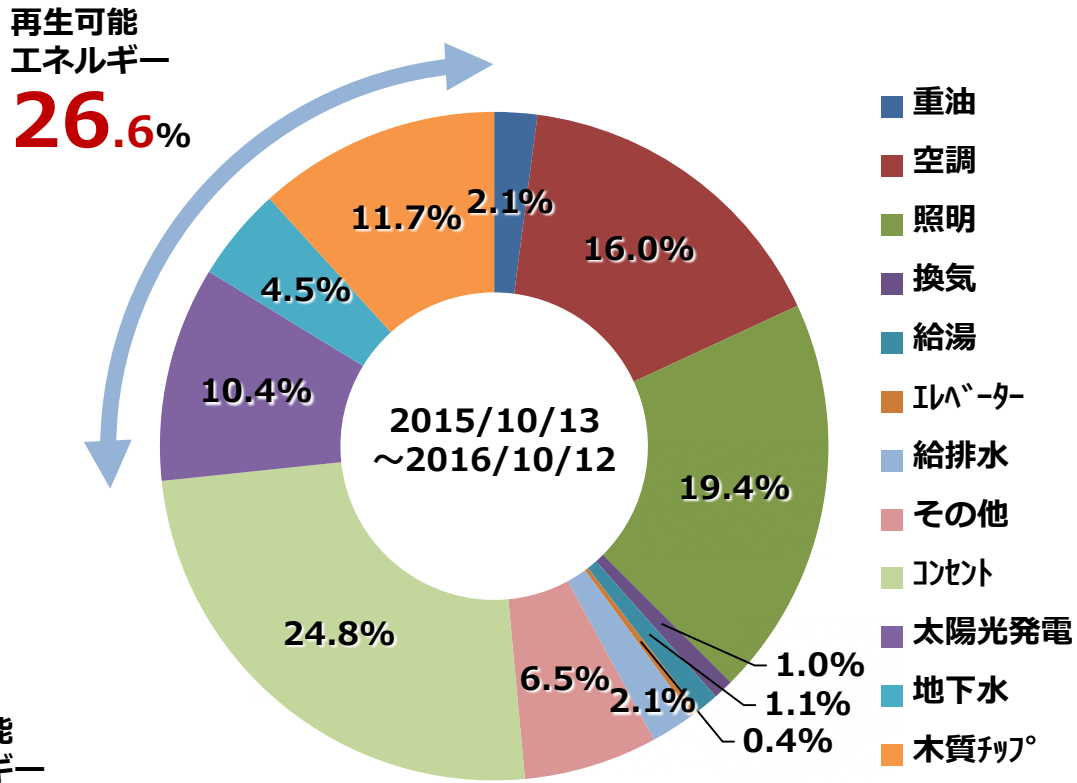
原水別・使用用途別の年間水使用量比率

地産地消の再生可能エネルギー利用率

地下水 年間 約29,000m³　木質チップ 年間 約67ton　太陽光発電 年間 約44,400kWh



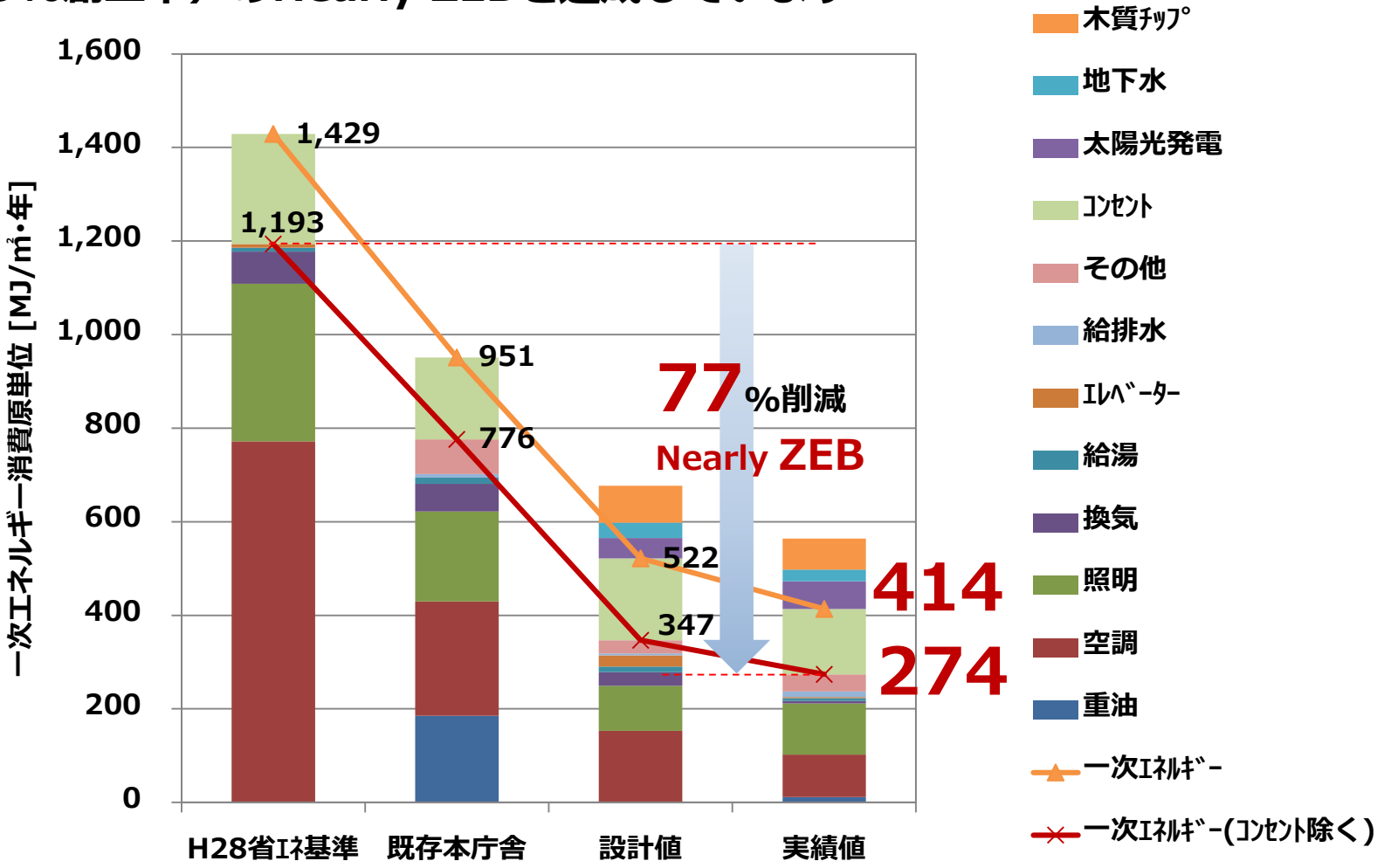
エネルギー源別熱負荷負担比率



年間一次エネルギー消費構成比率
（再生可能エネルギーを含む）

一次エネルギー消費原単位とZEB評価

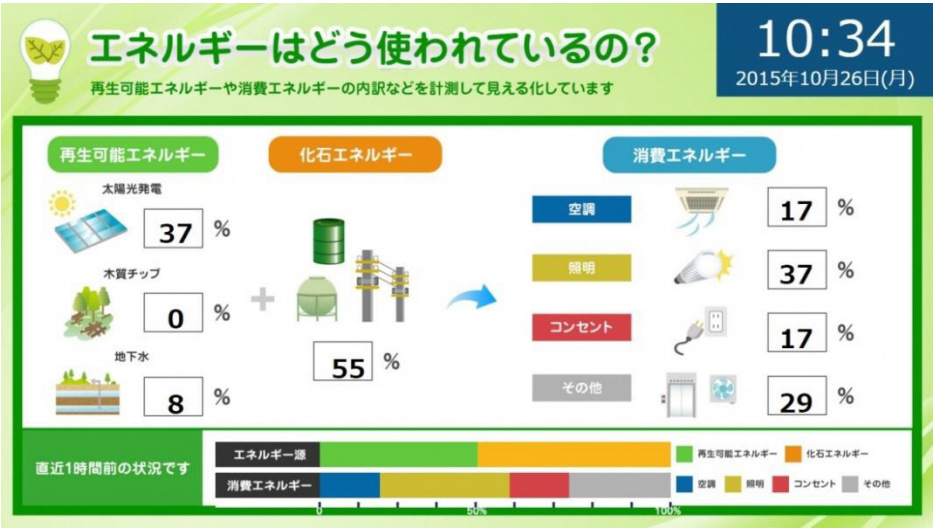
✓ 一次エネルギー消費原単位の実績値は、414MJ/㎡・年、コンセント分を除くと 274MJ/㎡ ・年で、平成28年省エネルギー基準比 77%削減（72%省エネ＋5%創エネ）のNearly ZEBを達成しています

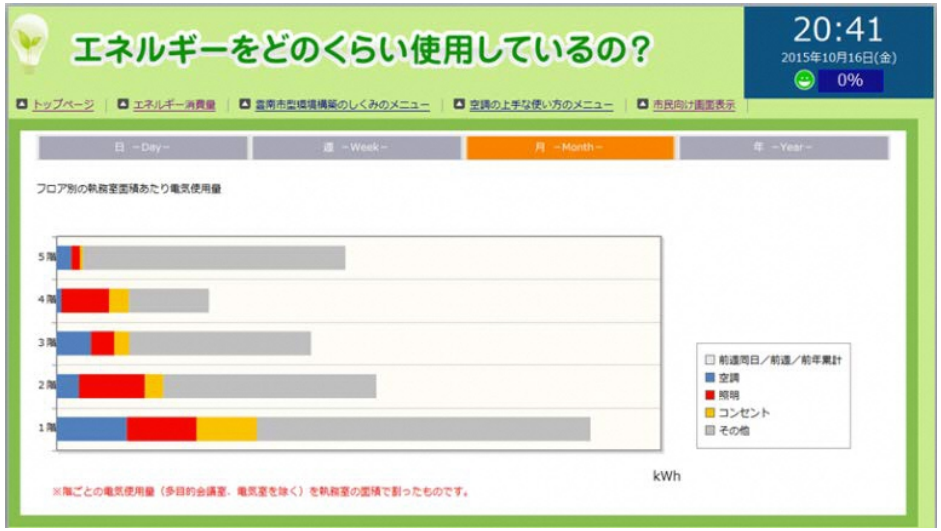


一次エネルギー消費原単位の比較

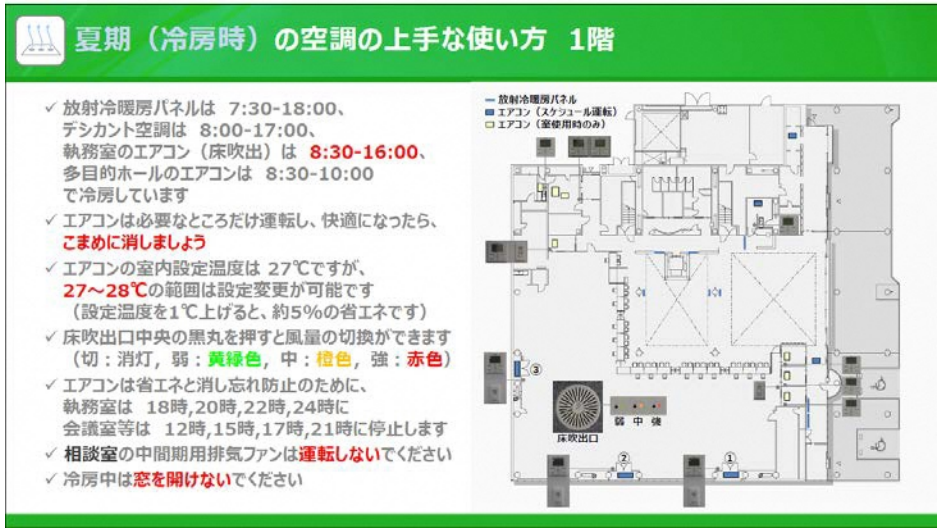
エネルギーの見える化

✓ 太陽光発電、木質バイオマス、地下水の再生可能エネルギーによるZEB化の状況と環境に対する取組みを市民・職員に対して見える化しています





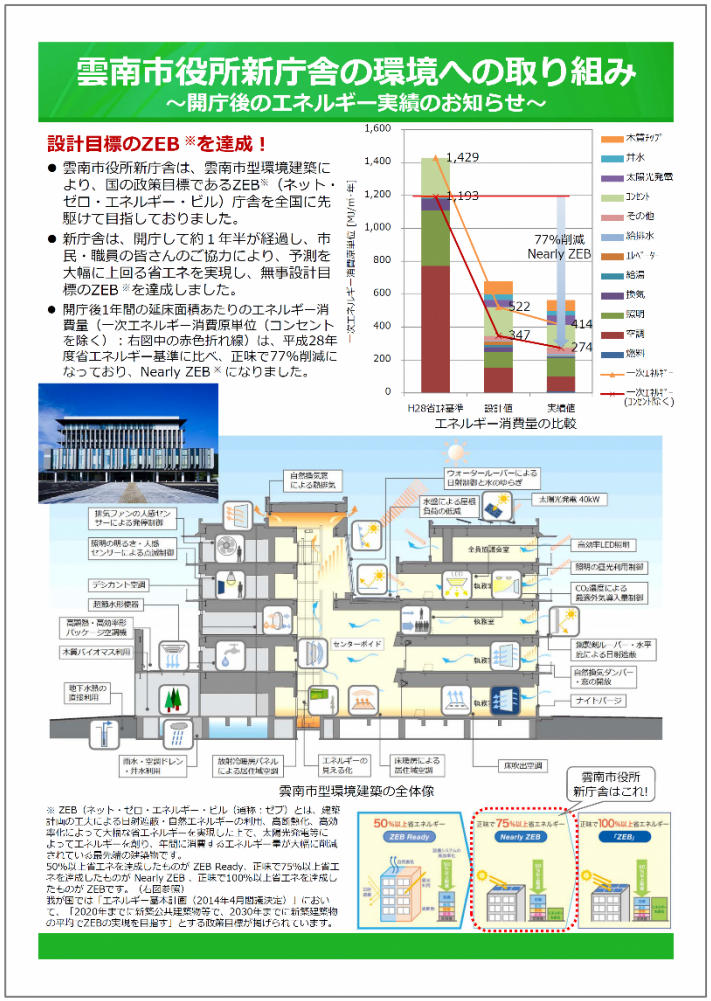
市民用デジタルサイネージ画面例

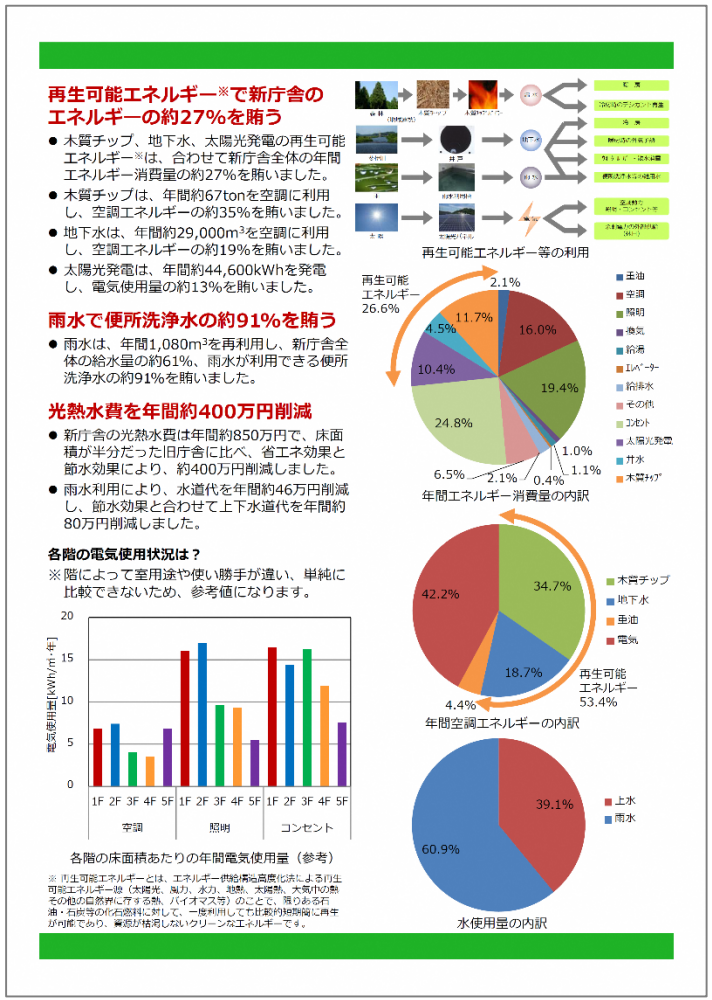


職員用デジタルサイネージ画面例

職員への環境啓発活動

- ✓ 職員への環境啓発活動の一環として、“新庁舎の環境への取り組み～開庁後のエネルギー実績のお知らせ～”という環境レポートを職員に情報提供しています
- ✓ 一般的にはなかなか認識されていない庁舎での環境への取り組み、エネルギー使用実態、光熱水費の削減効果、各階の電気使用状況などを盛り込んでいます





まとめ ～これからの公共建築～

- ✓公共建築がZEBを牽引すべき時代に
  （我慢の公共建築、ダメな公共建築はつくれなくなる）
- ✓吹抜けやルーバーなどパッシブ建築（設備に頼らない建築）の思想が鍵に
- ✓設計基準や過去の常識だけでなく運用実態に即した設計の考え方を取り入れる柔軟な発想が大事に
- ✓建設予算をメリハリのある使い方に
- ✓運用時のデータ分析・検証を行うコミッショニングを実施するなど建築をつくった後も重要に
- ✓地方自治体のアイデンティティを大切にその地域の特徴を活かした公共建築に