

美術館へのデシカント空調の適用に関する調査研究

報 告 書

平成30年7月

一般財団法人 大阪建築技術協会
株式会社 日建設計総合研究所

目 次

1. 研究概要	1
1－1. 研究内容	1
1－2. 研究スケジュール	2
2. 美術館の設備に関する最新事例調査	3
2－1. 美術館の設備に関する動向	3
2－2. 美術館の設備に関する事例調査結果	5
(1) MIZKAN MUSEUM	5
(2) TOTO ミュージアム	9
(3) 鉄道博物館	12
(4) 沖縄県立博物館・美術館	14
(5) 国立新美術館	17
2－3. 現地調査結果	19
(1) あかがねミュージアム	19
3. デシカント空調の概要と導入事例調査	22
3－1. デシカント空調の概要	22
3－2. デシカント空調の導入事例	27
(1) 静岡ガス本社ビル	27
(2) 沖縄県立南部医療センター・こども医療センター	31
(3) 平城宮跡展示館（平城宮いざない館）	34
3－3. デシカント空調に関する現地調査結果	35
(1) ヤンマー本社ビル	35
(2) ホテルオリオンモトブ	42
3－4. その他環境配慮設備の導入に関する現地調査	47
(1) 沖縄科学技術大学院大学（OIST）	47
(2) イオンモール沖縄ライカム	50
(3) 福山市まなびの館ローズコム	53
4. 美術館へのデシカント空調の適用条件の設定	57
4－1. 美術館へのデシカント空調適用条件	57
5. 美術館へのデシカント空調の導入検討	58
5－1. デシカント空調の導入検討	58

6．美術館へのデシカント空調の導入効果の検討.....	72
6－1．検討方法.....	72
6－2．検討条件.....	72
6－3．LCЕМツールの作成.....	76
6－4．年間エネルギー性能.....	82
6－5．エネルギー検討まとめ.....	95
6－6．総合評価まとめ.....	96
7．まとめと今後の課題.....	98
7－1．まとめ.....	98
7－2．今後の課題.....	100
参考資料.....	101
LCЕМ ツール概要.....	101

1. 研究概要

1-1. 研究内容

(1) 美術館の設備に関する最新事例調査

- ・近年に新築および改修された美術館における熱源・空調設備、再生可能エネルギーの導入事例について既往資料を収集やヒアリング等により、最新の設備動向を整理する。
- ・近年に新築あるいは改修された美術館の事例を 1 件視察する。⇒あかがねミュージアム（新居浜市、新築）

(2) デシカント空調の概要と導入事例調査

- ・既往資料の収集やデシカント空調メーカーへのヒアリングなどからデシカント空調の概要を取りまとめる。
- ・これまでデシカント空調を導入した事例について、用途等を問わず広く調査し、取りまとめる。
- ・近県でデシカント空調を導入した事例を 1 件視察する。⇒ヤンマー新本社ビル（大阪）
- ・デシカント空調を導入した施設において、計測や検証を実施した事例を 1 件視察する。⇒ホテルオリオンモトブ（沖縄）

(3) 美術館へのデシカント空調の適用条件の設定

- ・美術館の収蔵庫や展示室における空調条件を設定する。
- ・上記の空調条件をもとにデシカント空調の適用を検討する。

(4) 美術館へのデシカント空調の導入検討

- ・美術館への適用を想定して通常の空調方式とデシカント空調の導入を検討する。
- ・熱源方式としては、通常の熱源方式と BCP を考慮した熱源方式を検討する。

(5) 美術館へのデシカント空調の導入効果の検討

- ・(4) で検討した空調方式と熱源方式の組み合わせ（4 種類）により、環境性（エネルギー消費量、CO₂ 排出量）、社会性（デマンド、BCP 対応）、経済性（概算イニシャル・ランニングコスト）の比較検討を行う。
- ・検討に際しては、国土交通省官庁営繕部より公開されている LCEM シミュレーションツールを活用する。

(6) 今後の課題とまとめ

- ・美術館へのデシカント空調の導入課題を整理する。
- ・本調査まとめを行う。

1-2. 研究スケジュール

2017 年 12 月～2018 年 7 月

図 1-1 研究スケジュール

年度	2017 年度				2018 年度			
月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
(1)美術館の設備に関する最新事例調査							▲事例視察	
(2)デシカント空調の概要と導入事例調査	▲事例視察		事例視察▲					
(3)美術館へのデシカント空調の適用条件の設定								
(4)美術館へのデシカント空調の導入検討								
(5)美術館へのデシカント空調の導入効果の検討								
(6)今後の課題とまとめ								
備考 ●定例打合せ	● ▲事例視察	●	事例▲ 視察	●		●	● ▲事例視察	● 報告書提出▲

2. 美術館の設備に関する最新事例調査

2-1. 美術館の設備に関する動向

美術館の設備に関する事例について、文献やインターネット等による調査を行った。次頁の表2-1に一覧表で示す。

(1) 主要熱源

調査した美術館の主要熱源においては、吸収式冷温水機などのガス熱源機器と空冷チラーなどの電気熱源機器を併用するベストミックスの採用が多いが、近年は空冷ヒートポンプチラーなどの電気熱源のみの採用事例も見られる。また井水熱など、ヒートポンプ熱源に再生可能エネルギーを積極的に利用した事例が見られる。

(2) 空調方式

空調方式は空調機による単一ダクト方式が多く採用されており、放射冷暖房方式が採用されている事例もある。また近年ではデシカント外気処理空調機の採用も見られる。

(3) 省エネルギー手法

設備機器の高効率化や搬送動力の削減等、設備のみによる省エネルギー手法が多くみられるが、近年ではそれらに加えて建築的な手法や地域の特色を生かした省エネルギー手法が採用されている。

表 2-1 美術館の設備に関する事例一覧

名称	所在地	建物概要	工期	設備概要 主要熱源	空調方式	省エネルギー手法	再生可能 エネルギー利用	特徴
MIZKAN MUSEUM	愛知県半田市 中村町	延床面積 5,173㎡ 地上2階 塔屋1階 鉄筋コンクリート造 一部鉄骨造 免震構造	2013年11月 ～2015年9月	井水利用温水熱源・ヒートポンプ (冷温水) 太陽熱温水・パネル (温水)	大空間: AHU + デシカント外気処理 居室系統: 空冷ヒートポンプエアコン + 全熱交換器	・トロンベウォールシステム ・河川冷却風による自然通風システム ・トータルエネルギーシステム (高COP熱源 + デシカント空調) ・光の庭による自然採光システム ・エネルギーの見える化による 地域ネットワークシステム	太陽光発電 18.9kW	過去の風景を再現した煙突による自然換気 従前建屋の外壁を再利用した トロンベウォールシステム 過去に生産用に使われていた井戸水 太陽熱温水を活用した空調
あかがねミュージアム	愛媛県新居浜市 坂井町	延床面積 8,894㎡ 地下1階 地上3階 RC造 SRC造 S造	2013年 ～2015年6月	空気熱源・ヒートポンプ・チラー 井水熱源・ヒートポンプ・チラー パッケージエアコン	展示室: 外調機 + 空調機方式 放射冷暖房 (井水熱源利用) 収蔵庫: 外調機 + 空調機方式 にははまギャラリー・小劇場: 空調機方式	・井水熱利用床放射冷暖房 ・外気冷房、外気量制御 ・ハイサイドライトによる自然採光 ・緑化による地表温度上昇の抑制	太陽光発電 20kW	石鎚山系の伏流水を井戸水として揚水し 放射冷暖房や雑用水として利用 地下ピットをクール・ヒートチューブとして 利用し、外気を予冷・予熱
TOTOミュージアム	福岡県北九州市 小倉北区中島	延床面積 10,797.34㎡ 地上4階 S造一部SRC造 免震構造	2013年12月 ～2015年5月	空冷ヒートポンプ モジュールチラー 空冷ヒートポンプ・ビル用 マルチパッケージ	ジョールーム系統: 単一ダクト空調 + ファンコイルユニット 一部天井放射パネル デシカント外調機 ミュージアム系統: 単一ダクト空調方式、床吹出空調方式 エントランス: 床放射冷暖房方式 事務所系統: 空冷ヒートポンプ・ビル用マルチパッケージ	・ソーラーチムニー ・陶片蓄熱 ・二次側冷水・温水大温度差供給	太陽光発電 20kW	100%の環境手法 CASBEE Sランク
鉄道博物館	埼玉県さいたま市 大宮区大成町	延床面積 27,300㎡ 地上4階 (内中2階有) 鉄骨造	2005年12月 ～2007年7月	ガス熱・冷温水発生機 空冷ヒートポンプ・チラー	ヒストリーゾーン系統: AHU型空調機 + 単一ダクト方式 エントランス系統: AHU型空調機 + 単一ダクト方式 貴重品収蔵庫系統: 空冷パッケージ + 単一ダクト方式 鉄博ホール系統: 空冷パッケージ + 単一ダクト方式 一般展示室・居室系統: 全熱交換機 + 空冷パッケージ方式	・熱源機器のCOP管理 ・冷温水大温度差 ・冷温水および冷却水1次ポンプの INVによる変流量制御 ・空調機のマニュアルINVによる風量調整 ・大空間排熱制御 (頂部温度により空調機へ還気せず 外部へ排熱する)		
沖縄県立博物館 ・美術館	沖縄県那覇市おもろまち	延床面積 23,721.79㎡ 地上4階地下 地下1階 塔屋1階 鉄筋コンクリート造 一部鉄骨造	2004年10月 ～2007年1月	熱回収型空冷型チラー ガス吸収式冷温水発生機 空冷式チラー 氷蓄熱槽 温水蓄熱槽	展示室・収蔵庫・エントランスホール: 単一ダクト方式 県民ギャラリー: 外気処理空調機 + ファンコイルユニット 管理部門、サウナ室、ショップ: 空冷ヒートポンプエアコン 劣化フィルム保管庫: 冷蔵用パッケージ空調機 エントランス、アトリウム、情報センター: 床吹き出し空調 エントランス吹き抜け部: 床放射冷房	・ダブルスキニング ・製氷チラーの回収排熱を 再熱用温熱源として蓄熱 ・居住域空調 ・太陽光採光システム ・BEMS導入		
国立新美術館	東京都港区六本木	延床面積 47,960㎡ 地下1階 地上4階 S造 (一部SRC) 免震構造	2001年6月 ～2003年8月	水冷チラー ガス吸収式冷温水機 真空式温水機 蒸気ボイラ	展示室系統: 床吹出し方式 収蔵庫系統: 単一ダクト方式 エントランスホール系統: 輻射冷暖房方式	・メカニカル・ウェハーと東西二重壁 による高断熱化 ・二重壁を利用した自然排気 ・冷水・温水の大温度差供給	2,000㎡の無柱空間など合計14,000㎡の 展示スペース ①冷水、温水の4管式 ②蒸気による加温 ③化学吸着剤フィルター ④展示域・居住域を対象とした空調	

2-2. 美術館の設備に関する事例調査結果

(1) MIZKAN MUSEUM

①計画概要

MIZKAN MUSEUM は、江戸時代から愛知県半田市を拠点に事業を行っている食品メーカーが、本社地区再整備事業の一環として計画した企業博物館である。景観の継承と合わせてこの地区ならではのポテンシャルを継承した環境施策を取り入れている。過去の風景を再現した煙突による自然換気、従前建屋の外壁を再利用したトロンベウォールシステム、過去に生産用に使わ



れていた井戸水と半田の豊富な日照量による太陽熱温水を活用した空調システムなど、半田の自然や気候・風土とミツカンの歴史を活かしている。この場所ならではの光・水・風といった自然の力を最大限活用した環境施策を展開しており、プロジェクト全体として平成 24 年度（2012 年度）住宅・建築物省 CO2 先導事業に採択されている。

表 2-2 に建物概要を示す。

表 2-2 建物概要

名称	MIZKAN MUSEUM
所在地	愛知県半田市中村町 2-6
延べ面積	5,173 m ²
構造	鉄筋コンクリート造 一部鉄骨造 免震構造
階数	地上 2 階、塔屋 1 階
設計・監理	(株)NTT ファシリティーズ
施工	(株)竹中工務店
工期	2013 年 11 月～2015 年 9 月

②設備概要

熱源設備は、大空間である展示室は水熱源熱ヒートポンプチラーによる中央熱源方式（2 管式）を採用した。冷暖房時の熱源水は、過去の酢の生産に使用していた井戸水を用いて年間を通じて安定した水温を利用し高 COP で熱源の運転を計画している。暖房時の温水は、隣接する棟の屋上に設置された太陽熱温水パネルの温水を利用し、熱源容量が不足する場合にのみヒートポンプチラーによる追いかけ運転を行う方式とした。また冷温水二次ポンプはインバータによる変流量制御とし、搬送動力の低減を図った。

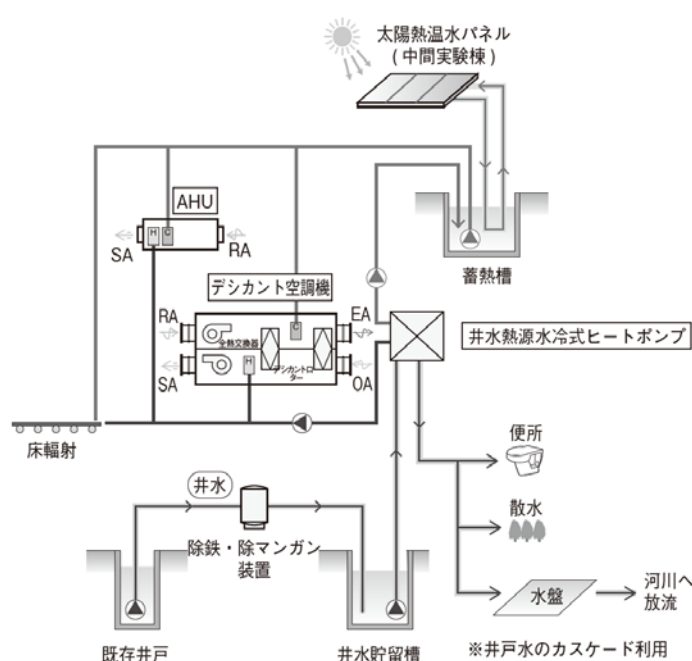
空調換気設備は、中央熱源方式である大空間の展示室は AHU とデシカント空調機を組み合わせた顕熱・潜熱分離空調としている。デシカント空調機は太陽熱温水パネルからの温水を用いデシカントローターの再生を行う計画としている。室内 CO₂ 濃度による風量制御を行うことで省エネルギー化を図っている。展示室以外の居室は、空冷ヒートポンプビル用マルチエアコン＋全熱交

換器とし、熱回収を行っている。一部生産施設等は、オールフレッシュとし外気処理空調機を設置している。

表 2-3 及び図 2-1 に空調設備概要を示す。

表 2-3 空調設備概要

[主要熱源] 井水利用水熱源ヒートポンプ（冷温水） 太陽熱温水パネル（温水） [空調方式] 大空間：AHU + デシカント外気処理 居室系統：空冷ヒートポンプパッケージエアコン＋全熱交換器
--



井戸水と太陽熱温水を利用した空調システム

図 2-1 空調設備概要

③環境配慮技術

次頁の図 2-2 に環境配慮技術の概要を示す。

1) 太陽光発電

光の庭の屋根部分に 18.9kW の太陽光発電パネルを設置し消費電力の削減に寄与している。

2) トロンベウォールシステム

外壁には日射を通過するガラスと日射を蓄熱し再放射することのできる壁を二重化し、太陽熱を季節に応じコントロールしている。この蓄熱性能を持った外壁はトロンベウォールと呼ばれ、換気スペースには 3 つの開閉窓とダンパーを設置した。中間期は換気スペース内の暖められた空気の上昇気流により室内の空気を誘引し、河川からの冷却風を室内に取り込むことで自然換気を誘発させている。冬期は外気に面したダンパーを閉鎖することで暖められ

た空気を室内に戻し、間接的に空調機の還気口に戻すことで空調負荷を低減している。夏期は換気スペース内の熱を単独で排気するシステムとし夏期の外壁負荷の低減を図っている。

3) 河川冷却風による自然通風システム

大空間の展示室には、自然換気を誘発させる装置として二つの煙突を設置した。この煙突の根元はガラスで覆われており、熱せられた空気が根元の穴から煙突内に流入し上昇気流を起こして煙突で空気を誘引し、運河側から河川風を取り込むことで中間期に自然換気を行う仕組みとしている。

4) トータルエネルギーシステム

敷地のポテンシャルを最大限に生かし、熱源システムおよび空調方式、空調換気設備と給排水設備までをトータルに考慮したエネルギーシステムとしている。

5) 自然採光システム

豊富な日射量を太陽光発電に活用するだけでなく、中庭の水盤とテラス上部の底を利用して反射光を光の庭に取り込み、自然採光システムとして利用している。照度センサー付きの照明器具を用いることで適正な照度とし照明用電力の省エネを図っている。また中庭の水盤には安定した温度の井戸水を用いており、室外環境の向上につなげている。

6) エネルギーの見える化による地域ネットワークシステム

建物には BEMS を導入しており建物の消費エネルギーの情報を一元的に把握、管理することができる。得られたエネルギー情報を有効に活用し、感覚ではなかなか達成することが難しい省 CO₂ 目標の達成を強力に推進に寄与する計画としている。

7) その他の環境要素

熱源用として用いた井戸水は雑用水としてトイレ洗浄用・植栽散水用に利用するほか、水盤への供給水源としても利用している。

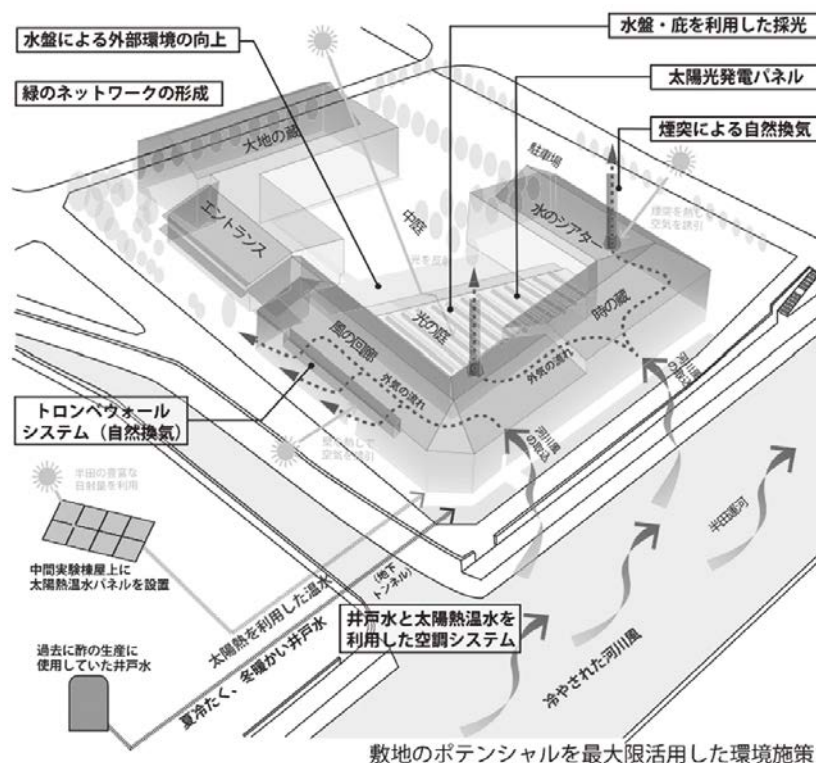


図 2-2 環境配慮技術概要 (1)

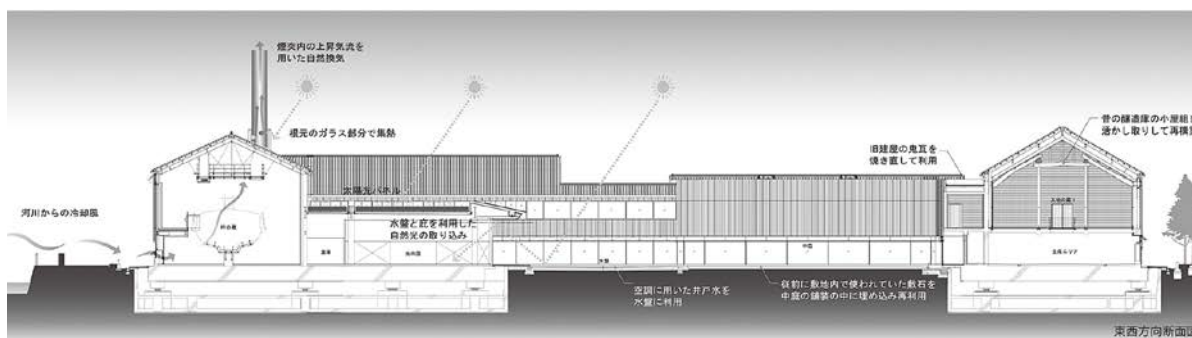


図 2-2 環境配慮技術概要 (2)



図 2-3 地域環境ポテンシャルと省 CO₂ 技術

④運用実績

平成 28 年（2016 年）4 月 1 日から平成 28 年（2016 年）9 月 30 日までの CO₂ 削減量の実績について実測データをもとにとりまとめた結果を示す。

太陽光発電システムによる CO₂ 削減量は、想定年間発電量から算出した数値と比較して目標削減量に対して 72%の達成率であった。

井戸水利用の水熱源空冷ヒートポンプチャラーの COP は、実測値で算定した結果 6 カ月平均値で 3.67 であり、空冷ヒートポンプチャラーの 2.9 と比較して高い数値となっていることが確認できた。

自然採光システムによる CO₂ 削減効果は、照明器具の定格消費電力と実際に測定された消費電力の差から削減電力量を算定した。文献等の値により 10%程度の低減を想定していたが、実際は 40%以上の削減量であった。照度センサーにより照度を適正に制御することができた結果であると考えられる。

(2) TOTO ミュージアム

①計画概要

創立の地である本社・小倉第一工場の一角に TOTO ブランドを世界へ発信するランドマークとなるミュージアム（旧歴史資料館）、北九州ショールーム、研修センター、ホール、事務室などを併設した複合施設として建設された。

ミュージアムの顔となる国道側には生命力あるフォルムで、水滴のようにみずみずしく衛生陶器のように白く滑らかな建築を配置



し、背景には階ごとに異なる白く滑らかなスラブによる緑豊かな大地の様相をつくりだし、創立の地に相応しい景観づくりを行った)。内部空間も衛生陶器のもつ滑らかな三次曲線とダイナミックな吹き抜けを介した立体的なつながりでショールーム、ミュージアムを構成し、出会いの場を演出している。また外部に面して大きく開口部を設け、紫川沿道の桜並木や中庭の木々などを視覚的に享受し、四季を感じる空間づくりを行うと共に、光と風を効果的に取り込んでいる。

水、熱、電力、素材、緑、長もち、空気の7つの視点から「TOTO グローバル環境ビジョン」を実践する100の環境手法を取り入れ、環境と共生する建築を実現した。

表 2-4 に建物概要を示す。

表 2-4 建物概要

名称	TOTO ミュージアム
所在地	福岡県北九州市小倉北区中島 2・1・1
延べ面積	10,797 m ²
構造	鉄骨造 一部鉄骨鉄筋コンクリート造 免震構造
階数	地上 4 階
設計	梓設計
施工	鹿島建設㈱
工期	2013 年 12 月～2015 年 5 月

②設備概要

熱源設備は、独特な建物形状を有し大空間となるホールやショールームを主体とした施設であることから、エネルギーの効率的な運用を考慮し高効率空冷ヒートポンプモジュールチラー 1,200kW（散水有）とした。空調配管は、ショールームやミュージアムの多様なニーズに応えるため 4 管方式とした。搬送動力の削減のため 2 次側送水については、大温度差送水（冷水：7℃→15℃，温水：45℃→37℃ ΔT=8℃）とした。

空調設備は、エントランスは天井高さ最大約 9m の大空間となっていることから床放射冷暖房方式を採用し、ペリメータ部は床吹き出しを用いた。ショールームはデシカント外気処理空調機

およびファンコイルユニットによる空調とした。ショールームの打合せコーナーには気流を感じない空調とするように天井放射冷暖房方式を採用した。ミュージアムは、高い天井を有した大空間で構成され意匠としても独特なデザイン性の高い仕上げとするため、穴開きタイルカーペットからの床吹出し空調方式とした。

表 2-5 に空調設備概要を示す。

表 2-5 空調設備概要

【主要熱源】 空冷ヒートポンプモジュールチラー 空冷ヒートポンプビル用マルチパッケージ 【空調方式】 ショールーム：単一ダクト空調＋ファンコイルユニット 一部天井放射パネル，デシカント外調機 ミュージアム：単一ダクト空調方式，床吹出空調方式 エントランス：床放射冷暖房方式 研修室：空冷ヒートポンプマルチパッケージ＋外気処理空調機 事務室・会議室：空冷ヒートポンプマルチパッケージ＋全熱交換器ユニット
--

③環境配慮技術

次頁の図 2-4 に環境配慮技術の概要を示す。

1) ソーラーチムニー

自然エネルギー利用としてソーラーチムニーを計画し、中間期の室内の自然換気の促進に加え年間を通して太陽熱利用が行えるように付加機能を兼ね備えたシステムとした。夏期はソーラーチムニー内の高温空気をデシカント外調機のローターの再生熱として補助的に利用している。冬期は日射が照射する日中にソーラーチムニー内の暖められた空気で蓄熱し、暖房立ち上がり外気温度が低下する夕方に外気と熱交換させることによって放熱させ、外気負荷の低減を図っている。

2) 陶片蓄熱

蓄熱材には衛生陶器の製造工程で本来破棄される陶片屑を利用している。ソーラーチムニーから得られた熱を陶片屑が効率よく蓄熱・放熱が行えるように蓄熱素性のほか、陶片砕石寸法、載積方法などの検証実験を行った。検証結果から陶片屑が従来の砕石と同程度の蓄熱性能を持つことがわかり、等価直径を 40mm 以上として 32.4t を蓄熱槽内に充填する計画とした。陶片屑は鋼板製パンチングのカゴに入れ、槽内で 3 段に積み込んでいる。ソーラーチムニーから得られた高温空気は槽内の下部に給気し、陶片屑内を通過することによって蓄熱させている。放熱は熱交換器を介して外気と熱交換する計画としている。

3) 自然換気

太陽熱を利用したソーラーチムニーの上昇気流を利用して、動力を用いない自然換気システムを採用した。また、室内温度条件により機械による外気冷房も同時に行うハイブリッド換気システムとして計画した。

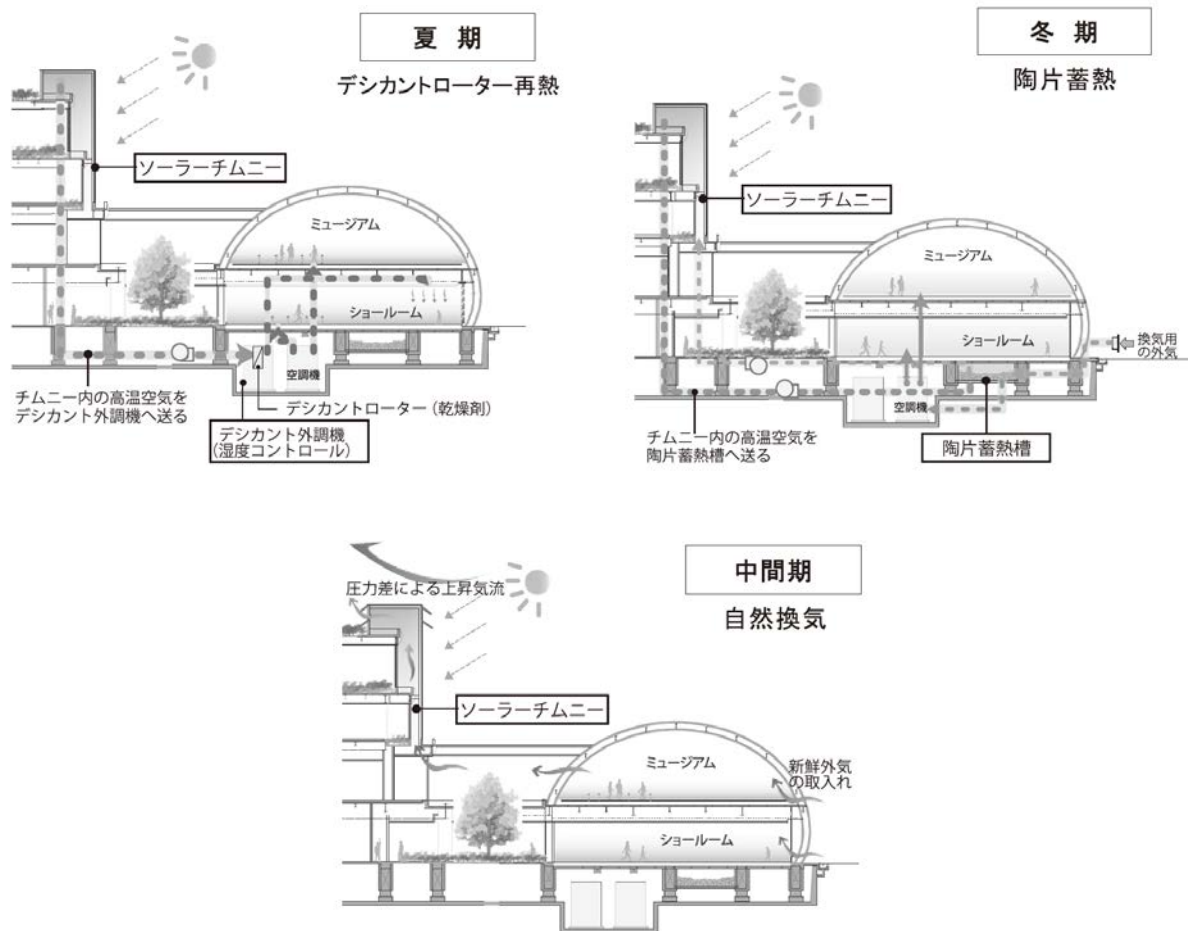
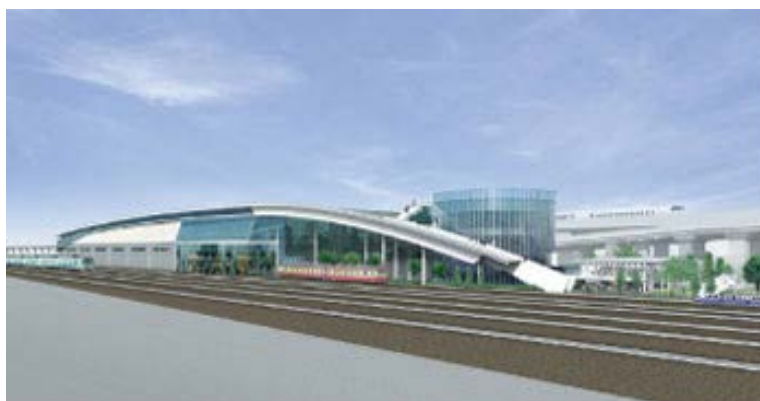


図 2-4 環境配慮技術概要

（３）鉄道博物館

①計画概要

鉄道博物館は、JR 東日本創立 20 周年記念事業のメインプロジェクトとして計画された。老朽化した東京・神田の交通博物館（2006 年 5 月閉館）の代替施設として、また新たに鉄道に特化した鉄道博物館として誕生した。鉄道・歴史・教育の 3 つのコンセプトがあり、エントランスの南側にヒストリー



ゾーン、中央に収蔵庫ゾーン・共同管理部門、北側にラーニングゾーンなどが構成されている。

全館避難安全検証法による大臣認定および行政協議を重ねて 45m×195m、3 層面積区画の無い大空間を実現している。この空間には鉄道車両としての重要文化財である 1 号機関車・初代御料車を含む歴史的な鉄道車両が展示され、中央部の転車台上には C57 型蒸気機関車が設置されている。2 階には展示車両を上から観察できるように見学デッキを設けている。

表 2-6 に建物概要を示す。

表 2-6 建物概要

名称	鉄道博物館
所在地	埼玉県さいたま市大宮区大成町 3 丁目
延べ面積	27,300 m ²
構造	鉄骨造
階数	地上 4 階（中 2 階有）
設計・監理	(株)ジェイアール東日本建築設計事務所
施工	鉄道博物館新築工事共同企業体（鹿島・鉄建・飛島）
工期	2004 年 10 月～2007 年 1 月

②設備概要

空調熱源は、主にヒストリーゾーンへ冷温水を供給するガス焚冷温水発生機と、鉄道模型を運転展示し収容人員による急激な空調負荷変動が予想されるジオラマ系統専用の空冷ヒートポンプチラーにより構成される。熱源機器はヘッダを共有しており、相互のバックアップも可能としている。冷温水発生機は低負荷時運転および信頼性を考慮して台数分割した。ジオラマ空間では、冷暖房の切り替え時期の相違から単独系統とした。また熱源機器はすべて屋外型を採用し、新幹線高架下スペースに設置しレンタブル比の向上を図った。

空調設備は、大空間であるヒストリーゾーン及びエントランスゾーンの空調は、省エネルギーを考慮し居住域のみを対象とする空調方式とした。さらに展示される車両が気流障害となるため、温度ムラのないよう全空気方式を採用した。24 時間の空調が必要となる収蔵庫系統には個別パッケージを設置した。紙類などが保存される貴重品収蔵庫は、空冷パッケージ（電気ヒータ組込）

による恒温恒湿制御としている。外周部に 200mm 程度の空気層を設け、空調負荷となる外乱の影響を低減した。

表 2-7 に空調設備概要、図 2-5 に収蔵庫の空調換気フローを示す。

表 2-7 空調設備概要

[主要熱源] ガス焚冷温水発生機 空冷ヒートポンプチラー [空調方式] ヒストリーゾーン系統：AHU 型空調機（単一ダクト方式） エントランス系統：AHU 型空調機（単一ダクト方式） 貴重品収蔵庫系統：空冷パッケージ（単一ダクト方式） 鉄博ホール系統：空冷パッケージ（単一ダクト方式） 一般展示室・居室系統：空冷パッケージ+全熱交換器
--

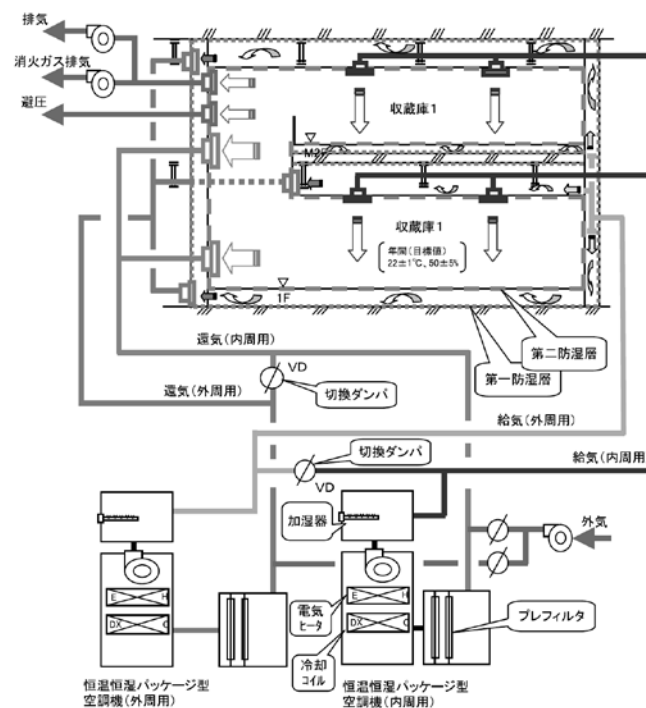


図 2-5 収蔵庫の空調換気フロー

③環境配慮技術

博物館という公共性を考慮し、以下のとおり省エネルギーに配慮した。

- ・熱源機器の COP 管理
- ・冷温水大温度差による搬送動力の低減
- ・冷温水および冷却水 1 次ポンプの INV による変流量制御
- ・空調機のマニュアル INV による風量調整
- ・大空間排熱制御（頂部温度により空調機へ還気せず、外部へ排熱する）

また中央監視装置によりエネルギーの使用状況を把握し、各種機器の最適運転に役立つ情報としている。

（４）沖縄県立博物館・美術館

①計画概要

沖縄県立博物館・美術館は、那覇市の新都心開発地区のほぼ中央に立地する博物館と美術館の複合施設である。施設の外観は新都心天久の丘の中心にそびえるグスク（沖縄の古い言葉で城のこと）をイメージしたデザインで、沖縄の歴史・風土を象徴するものとなっている。



グスクの外観をイメージさせるＰＣ版は、建築本体に斜めに立てかけ、ダブルスキンとすることで沖縄の強烈な日射を遮断し、展示収蔵施設として安定した屋内環境を確保している。また、台風から外壁や開口部、給排気口を保護し、ＰＣ版と建築本体の隙間は雨水配管や屋外機等の設置スペースとして有効利用している。

表 2-8 に建物概要を示す。

表 2-8 建物概要

名称	沖縄県立博物館・美術館
所在地	沖縄県那覇市おもろまち
延べ面積	23,721.79 ㎡
構造	鉄筋コンクリート造 一部鉄骨造
階数	地上 4 階地下、地下 1 階、塔屋 1 階
設計・監理	石本建築事務所・二基建築設計室 JV
工期	2005 年 12 月～2007 年 7 月

②設備概要

空調熱源は施設全体の共用で、電気と都市ガスの併用として氷蓄熱システムの採用によりバックアップ、信頼性の向上を図っている。主要熱源は空冷製氷チラー、直焚冷温水発生機とし、夜間小負荷対応として空冷チラーを設置している。製氷チラーは熱回収型とし、製氷時の排熱を除湿再熱用の温熱源として躯体利用の成層型蓄熱槽へ蓄熱し、システムの高効率化を図っている。再熱源は全て温水蓄熱でまかなう計画としている。空調配管は冷水と温水（主に再熱用）の 4 管式とし、二次側の冷水送水温度は除湿を考慮して 6℃で計画した。

空調設備は収蔵庫、展示室、ギャラリーは空調機単一ダクト方式、定時系統の管理部門は外気処理空調機＋ファンコイルユニット、24 時間系統の管理部門は個別方式の空冷パッケージエアコン＋全熱交換器としている。

収蔵庫はコンクリート躯体の内側に木質系の調湿材で空間を作る二重箱構造としている。その外周部のチャンバー空間も空調し、収蔵庫内の安定した環境を維持している。極小負荷時の対応として、冷水コイルの流量を確保するために空調機には循環ポンプを設置している。

企画ギャラリーは、居住域空調による高効率化、太陽光採光システムのための天井内空間確保のために床吹き出し空調を採用している。太陽光採光システムは、ギャラリーの屋根にトップライトを設け、天井内をライトチャンバとしてギャラリー内に太陽光を導いている。ガラスのトップライトから入射する太陽光は、自動制御されたトップライトルーバーにより、展示壁上部のウォールウォッシュルーバーに常に一定の角度で入射するよう設計されている。ウォールウォッシュルーバー内部には一定の照度を展示壁に供給するために照度センサーと連動した蛍光灯を設置し、太陽光と人工光が同じ光路を通過して混合された光をギャラリーに供給している。

エントランスホールは床吹き出し空調とし、中央吹き抜け部分には、トップライトからの日射の影響を考慮し、放射環境向上を意図して冷水による床冷房を採用した。また風除室にエントランスホール内の空調された空気を送風し、外気の侵入を抑制するシステムを計画した。

各設備の統合管理、温湿度管理を目的とした中央監視装置とともにエネルギー消費量等を管理することを目的としてBEMSを導入した。

表 2-9 に空調設備概要、図 2-6 に収蔵庫空調システム図、次頁の図 2-7 に環境配慮技術概要を示す。

表 2-9 空調設備概要

【主要熱源】
熱回収型空冷製氷チラー（氷蓄熱槽、温水蓄熱槽）
ガス吸収式冷温水発生機
空冷式チラー
【空調方式】
展示室、ギャラリー、収蔵庫、エントランスホール：単ダクト方式
県民ギャラリー、管理部門の一部：外気処理空調機＋ファンコイルユニット
管理部門、サーバー室、ショップ：空冷ヒートポンプエアコン
劣化フィルム保管庫：冷蔵用パッケージ空調機
企画ギャラリー、エントランス、アトリウム、情報センター：床吹き出し空調
エントランス吹き抜け部：床放射冷房

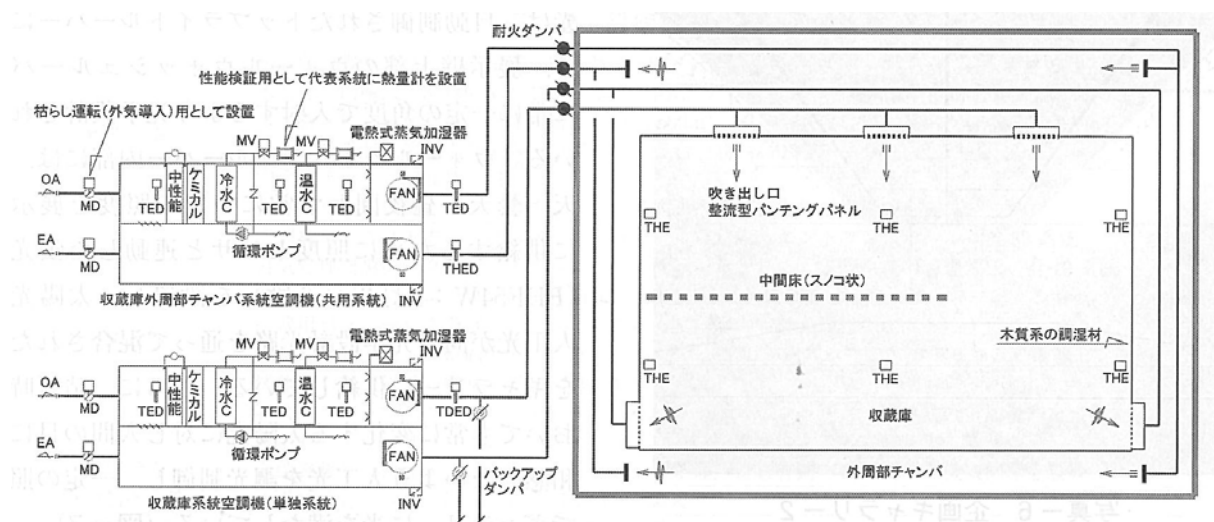


図 2-6 収蔵庫空調システム図

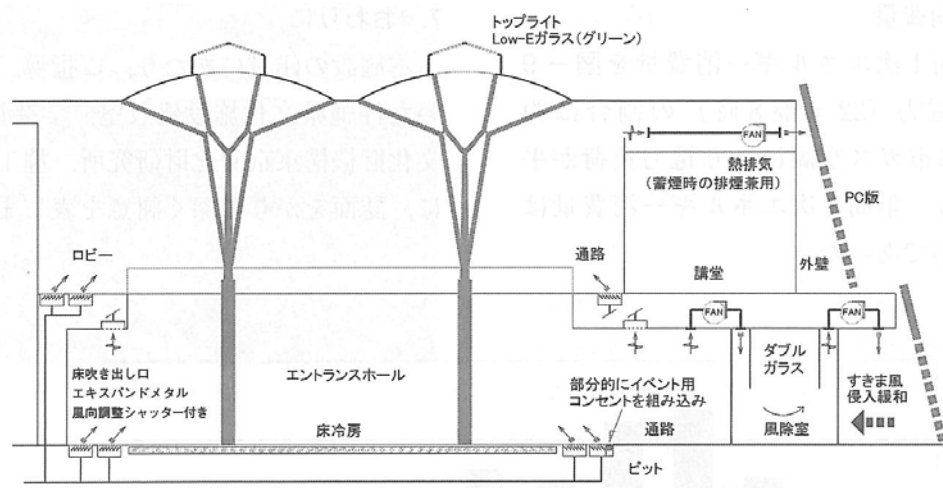


図 2-7 環境配慮技術概要

③エネルギー消費量

2016 年の年間一次エネルギー消費量は $2,453\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{年}$ であった。夜間電力（22 時～翌 8 時）の割合は約 28% であり、都市ガス空調により電力負荷が平準化されている。

（５）国立新美術館

①計画概要

国立新美術館は、独立行政法人国立美術館が設置した５番目の美術館であり新しい美術館のあり方を目指した建物である。作品の収集は行わず巡回展などの多彩な展覧会を開催する美術館であり、美術に関する情報や資料の収集・公開・提供、子どもから大人までを対象とした教育普及活動を展開し、世界への美術情報を発信するアートセンターとして計画された。



南側には４層吹抜けの大きなエントランスホールを配置し、その外装はウェーブのかかった３次元曲面ガラスのカーテンウォールによって青山公園や青山霊園などの周辺の緑地に溶け込む空間となっている。展示ゾーンは、無柱空間の大規模な展示室が７室合計 14,000m² の国内最大級の展示スペースとなっている。

表 2-10 に建物概要を示す。

表 2-10 建物概要

名称	国立新美術館
所在地	東京都港区六本木 7 丁目 22 番
延べ面積	47,960 m ²
構造	鉄骨造 一部鉄骨鉄筋コンクリート造 免震構造
階数	地下 1 階、地上 4 階
設計	黒川紀章・日本設計共同体
工期	2001 年 6 月～2003 年 8 月

②設備概要

空調設備計画の要件を以下に示す。

- 1) 冷水、温水の４管式空調方式
- 2) 蒸気による加湿方式
- 3) 空調機には化学吸着剤フィルタ組込
- 4) 展示域・居住域を対象とした空調方式
- 5) 展示パターンなどの多様性に対応する空調ゾーニングと最適空調設定

空調冷熱源設備は、展示室の稼働状況（空調の稼働状況）に対応できるように、複数の水冷チラーユニットを分散配置した。細分化した熱源機の増減段、容量制御において通常の設定値（ディファレンシャル）よりも幅を狭め、供給温度の安定化を図っている。温熱源設備は、非免震部の 1 箇所集約し、ガス焚冷温水発生機と温水ボイラーで構成した。

空調設備は、展示室には床吹出し空調方式を採用し、室内空気質の清浄化、温湿度環境の安定化のために一般空調よりも多めの換気量（約 $40\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ ）を確保し、床吹出し空調と置換空調の中間的な空調システムとした。エントランスホールは、ガラス面の外皮負荷に対してペリメータ専用の空調機（循環空気処理のみ）、来館者への新鮮外気供給に外調機にてそれぞれ床吹出し空調を行っている。また来館者の快適性を保つために床からの輻射冷暖房を併設している。

表 2-11 に空調設備概要を示す。

表 2-11 空調設備概要

[主要熱源] 水冷チラー ガス吸収式冷温水機 真空式温水機 蒸気ボイラー [空調方式] 展示室系統：床吹出し空調 一時保管室系統：単一ダクト方式 エントランスホール系統：床吹出し空調＋輻射冷暖房
--

③環境配慮技術

図 2-8 に環境配慮技術概要を示す。

展示ゾーンの東西外壁は、日射の影響を大きく受けるため二重壁構造としており、メカニカル・ウェハーと東西二重壁によって水平、垂直ともに層構成によって高断熱化が図られている。東西二重壁の排気ゾーンは地下トラックバースとダクトで接続し、二重壁内が日射で暖められることによる温度差換気と、頂部屋上での外部風による誘引効果を利用した自然排気が可能な計画となっている。また、熱需要箇所と熱源設置場所が近くすることにより、搬送動力の低減と立ち上げの応答性向上に配慮した計画としている。冷水・温水の往還温度を、冷水 $7^{\circ}\text{C} \rightarrow 17^{\circ}\text{C}$ 、温水 $60^{\circ}\text{C} \rightarrow 50^{\circ}\text{C}$ とし、大温度差供給方式による搬送動力の低減を図っている。

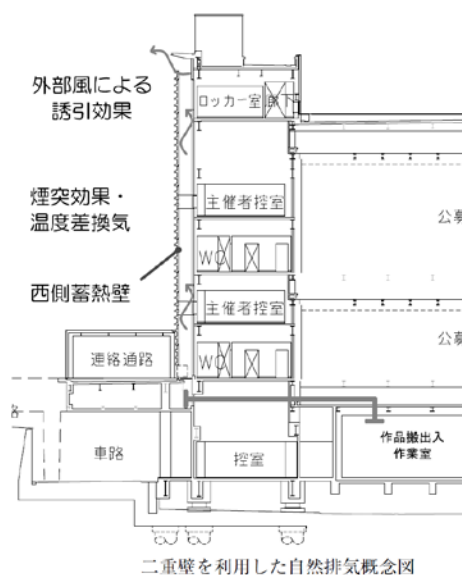


図 2-8 環境配慮技術概要

2-3. 現地調査結果

(1) あかがねミュージアム

①計画概要

あかがねミュージアムは、かつて世界でも有数の産出量を誇り、日本の近代化に寄与した別子銅山のある愛媛県新居浜市が計画した総合文化施設である。遠くからも目を引く特徴的な外観に新居浜市発展の礎となった銅(あかがね)をまとい、表面処理を施さないことで周辺環境を映しとり



ながら風合いを変えていく。来場者にとっては市内外の史跡や産業遺産訪問の道しるべに、また市民にとっては気軽に立ち寄れ、わが街の文化を再発見し、アートと出会い、造形技術や音楽・演劇・地域文化の融合の場となることを目指している。

施設は新居浜市美術館を核として、250席の小劇場あかね座、地元の祭でつかう太鼓台を展示する太鼓台ミュージアムのほか、創作工房や屋内外のステージで構成される。美術館エリアは中央の吹き抜けに面して2階に、また収蔵庫を地下階に配している。過半の躯体外側に銅板や蛇籠(じゃかご)を設けて二重外皮化し、熱負荷を制御して安定した室内空間を作ることに寄与している。

表 2-12 に建物概要を示す。

表 2-12 建物概要

名称	あかがねミュージアム
所在地	愛媛県新居浜市坂井町2丁目8-1
延べ面積	8,894 m ²
構造	鉄筋コンクリート造 鉄骨鉄筋コンクリート造 鉄骨造
階数	地下1階、地上3階
設計・監理	日建設計
施工	三井住友建設・一宮工務店・白石工務店共同企業体
竣工	2015年6月

②設備概要

空調計画では、1) 東予地方の気候風土に適したパッシブな環境手法を取り入れた計画を行うこと、2) 室の用途に合わせ、ライフサイクルコストを意識した空調方式を計画すること、3) 美術館の空気質に着目した計画を行い、運用のための評価を行うこと、の3つをテーマとした。

熱源設備は、高効率で汎用性の高いモジュール型空気熱源ヒートポンプチラー、井水熱源ヒートポンプチラー、パッケージエアコンを採用している。美術館エリアを含む室容積の大きい室や厳しい温湿度管理が求められる系統は、モジュールチラーによる通年の冷水・温水の4管式とし、

展示室では井水ヒートポンプチラーと井水直接利用を併用して放射冷暖房に冷温水を供給している。

空調設備は、展示室では外気調和機と空調機による床吹出方式を採用し、放射空調を併用することで省エネルギーと静穏な空間づくりを目指した。収蔵庫は空気質に加え、特に安定した温湿度が必要となるため二重壁構造にしている。通常時は外気の導入は停止し循環空気のみで空調を行うこととし、状況により4つのパターンから外気導入の有無、吹き出し場所を選ぶことができる。展示室・収蔵庫の空気質の確保は高性能フィルタ+化学吸着式フィルタによって外気由来の不純物、躯体から発生するアルカリ分、内装材や展示物から発生する有機物の除去を行っている。



図 2-9 自然採光

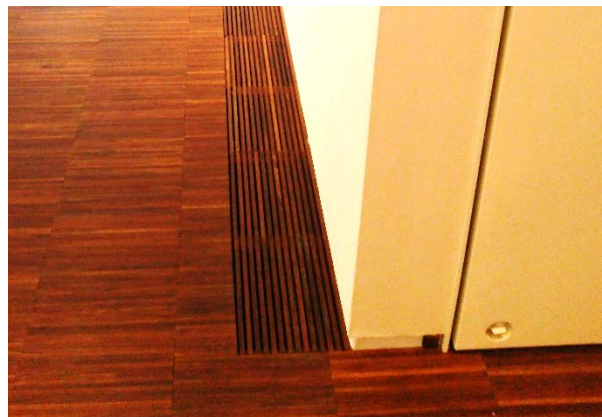


図 2-10 空調床吹き出し

表 2-13 に空調設備概要を示す。

表 2-13 空調設備概要

[主要熱源] 空気熱源ヒートポンプチラー 井水熱源ヒートポンプチラー パッケージエアコン [空調方式] 展示室：外調機＋空調機方式 放射冷暖房（井水熱源利用） 収蔵庫：外調機＋空調機方式 にいはまギャラリー・小劇場：空調機方式

③環境配慮技術

石鎚山系の豊かな伏流水を井戸水として揚水し放射冷暖房や雑用水として利用しており、地下ピットをクール・ピットチューブとして利用して夏は冷たく、冬は暖かい地中の温度で外気を予冷・予熱するなど、温暖で地下水が豊富な東予地方の気候風土に適した各種の手法と取り入れている。

次頁の図 2-11 に環境配慮技術の概要を示す。

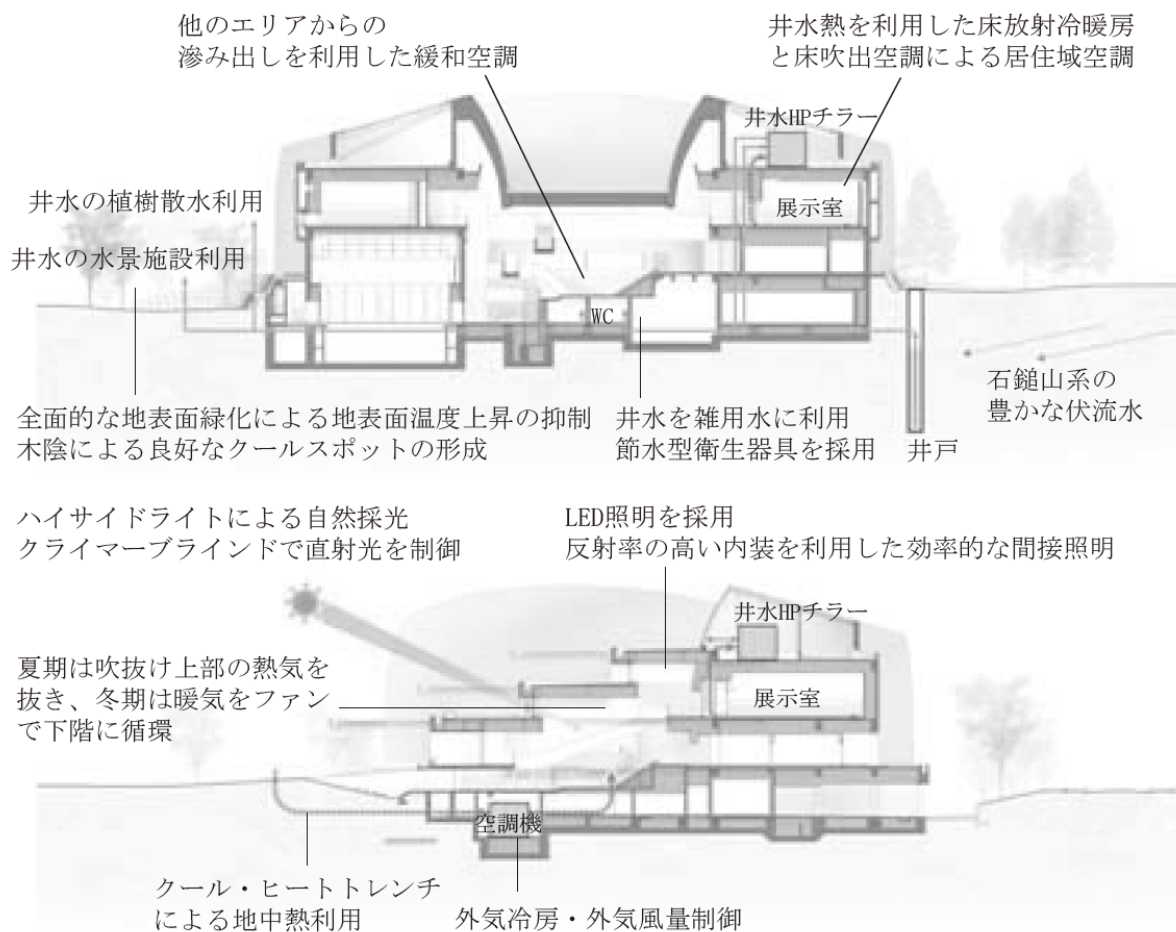


図 2-11 環境配慮技術概要

3. デシカント空調の概要と導入事例調査

3-1. デシカント空調の概要

①空気の性質

地上において、ある温度の空気が持つことのできる水分の量（これを絶対湿度という）は決まっている。図 3-1 に示すとおり、温度 26℃湿度 100%の空気の絶対湿度は $21.4 \times 10^{-3} \text{kg/kg(DA)}$ 、温度 28℃湿度 100%の空気の絶対湿度は $24.1 \times 10^{-3} \text{kg/kg(DA)}$ と、空気の温度が高いほど水分の量を多く持つことができる。

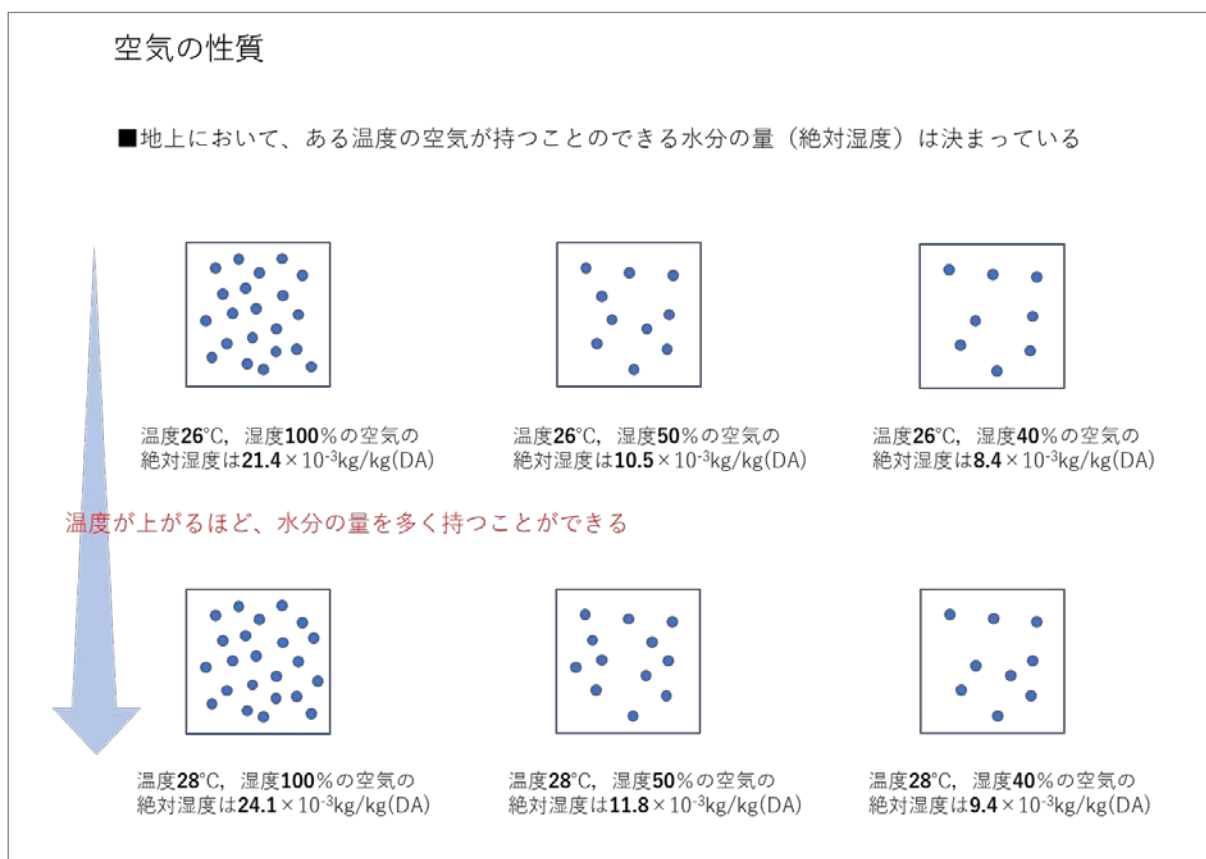


図 3-1 空気の性質

ここで、冷たい水をグラスに入れた際にグラスの周囲で起こる結露の様子について考える。グラスの中の水の温度は 5℃、周囲の空気は温度 26℃絶対湿度 $10.5 \times 10^{-3} \text{kg/kg(DA)}$ （湿度 50%相当）であるとする。絶対湿度 $10.5 \times 10^{-3} \text{kg/kg(DA)}$ というのは温度 14.8℃湿度 100%相当の絶対湿度であるから、グラス周囲の空気の温度が 14.8℃よりも低くなっていくと空気が持ちきれなくなった水分がグラスの周囲につく。これが次頁の図 3-2 に示す結露であり、冷却除湿の原理である。

結露の様子 ⇒ 冷却除湿と同じ



<条件>

ガラスの周囲（空気）

温度26°C 湿度50% 絶対湿度 $10.5 \times 10^{-3} \text{kg/kg(DA)}$

ガラスの表面（中に入った水）

温度5°C

温度が下がるほど、空気中に水分の量を持てなくなり、結露する
⇒ 冷却除湿の原理

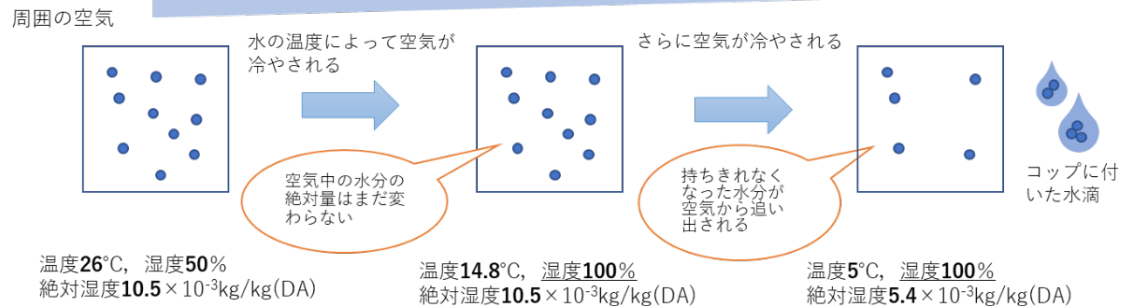


図 3-2 結露の様子

②除湿方式

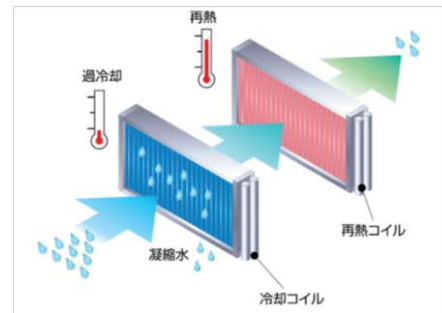
図 3-3 に除湿方式の分類を示す。

除湿方式の分類

◆ 冷却除湿方式

空気を目標露点になるまで冷却し、結露凝縮した水分を除去する方式

- ・ 除湿を行うために露点温度まで冷却する
- ・ 過冷却時の再加熱は無駄なエネルギーを消費



乾燥材を用いて除湿を行う空調システム

◆ 乾式吸着式除湿方式（デシカント空調）

吸湿（収着）剤を塗布（含浸）させたシートでハニカム形状のローターを形成し、これに空気を通風して除湿

- ・ 構造は簡単であるが、デシカントローターの再生に加熱用熱源が必要

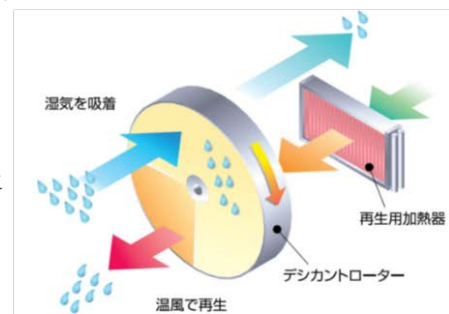


図 3-3 除湿方式の分類

現在主に用いられる除湿方式は大きく二つに分けることができる。一つは冷却除湿方式であり、冷たい水を入れたグラスで起こる結露と同様の原理である。もう一つは吸着式除湿方式であり、これを利用したものがデシカント空調機である。

③除湿方式による必要エネルギーの違い

冷却除湿の場合、必要な湿度を保つためには空気の温度を必要以上に低くする必要がある。ここで、図 3-4 に示す温度 36.7℃湿度 42% (2017 年 8 月 6 日 13 時の温湿度) の空気を温度 26℃湿度 50%にする場合を考える。26℃50%の絶対湿度は $8.2 \times 10^{-3} \text{kg/kg (DA)}$ であり、絶対湿度が $8.2 \times 10^{-3} \text{kg/kg (DA)}$ が湿度 100%となる空気の温度は 11.1℃である。必要な空気の温度は 26℃であるが、11.1℃まで下げなければ絶対湿度 $8.2 \times 10^{-3} \text{kg/kg (DA)}$ とはならないため、36.7℃42%の空気を一度 11.1℃に下げて (冷却する) 絶対湿度を $16.4 \times 10^{-3} \text{kg/kg (DA)}$ から $8.2 \times 10^{-3} \text{kg/kg (DA)}$ に下げる。その後、空気の温度を 11.1℃から 26℃に上げる (加熱する)。このように、冷却除湿においては空気を必要温度よりも低く下げた後、再び加熱するため多くのエネルギーが必要となる。

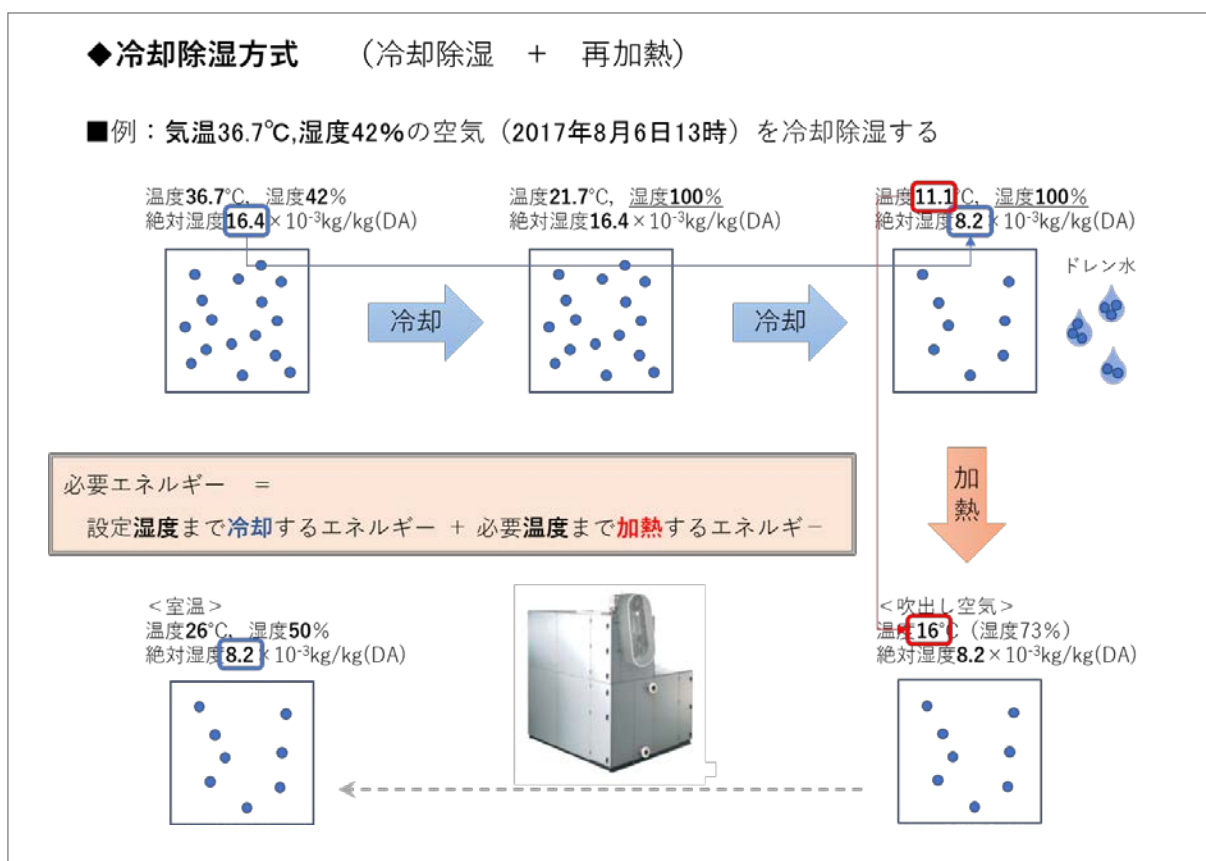


図 3-4 冷却除湿方式

図 3-5 に示すとおり、吸着式除湿方式（デシカント空調）では吸着剤に空気中の水分を吸着させることによって湿度を下げるため、36.7℃42%の空気の絶対湿度を $16.4 \times 10^{-3} \text{kg/kg(DA)}$ を吸着剤によって $8.2 \times 10^{-3} \text{kg/kg(DA)}$ に下げる（除湿する）。この時の空気の温度は 36.7℃である。次に 36.7℃絶対湿度 $8.2 \times 10^{-3} \text{kg/kg(DA)}$ の空気を 26℃まで下げる（冷却する）ことで空気は 26℃50%絶対湿度 $8.2 \times 10^{-3} \text{kg/kg(DA)}$ となる。デシカント空調の場合、空気を必要な温湿度に保つエネルギーに加えて、吸着剤を繰り返し使用する（再生する）ためのエネルギーが必要である。吸着剤を加熱して水分を放出しながら運転する。

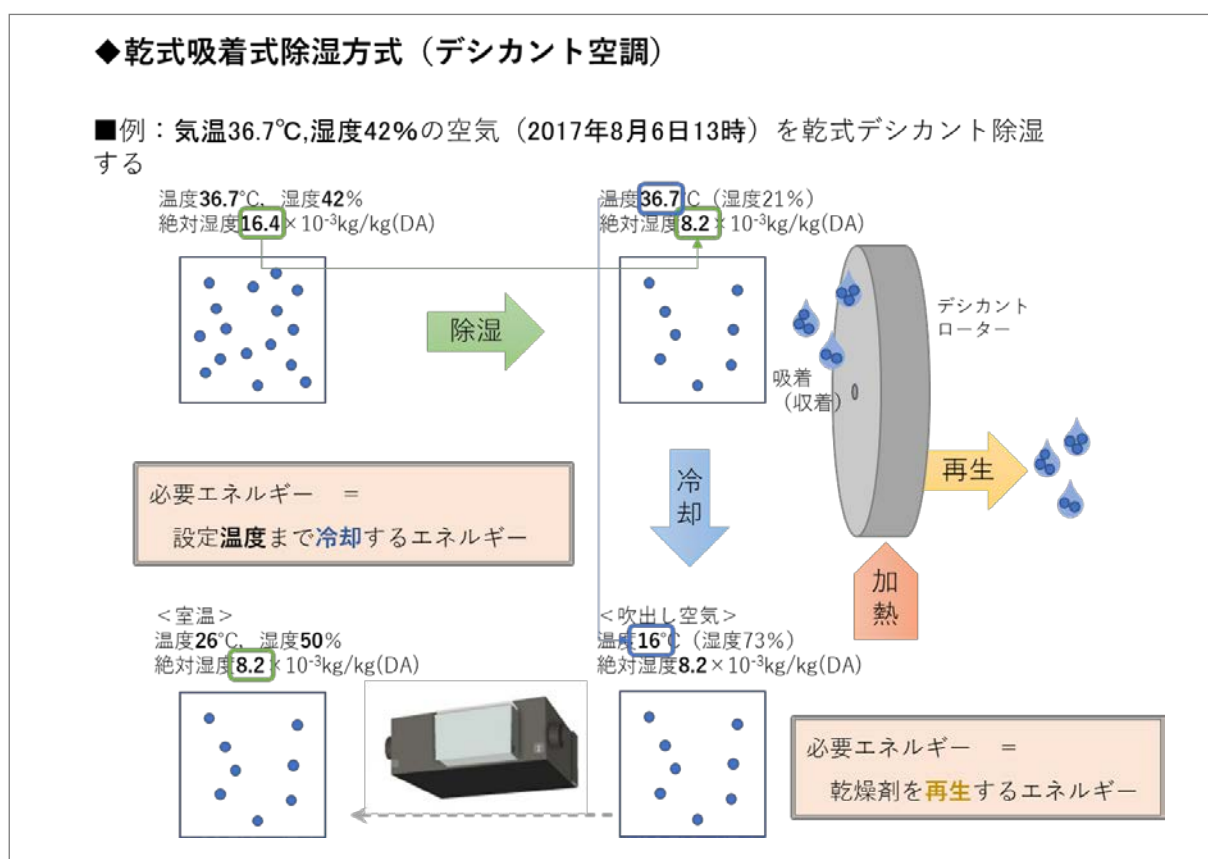


図 3-5 乾式吸着除湿方式

④除湿方式による特徴

冷却除湿方式では必要温度よりも温度を下げた後に加熱するが、冷却によって空気の湿度が非常に高い状態となるため微生物等の温床となる可能性がある。

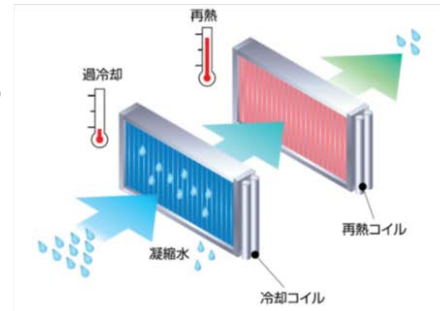
吸着式除湿方式はデシカントローターの再生に加熱源が必要となるが、未利用エネルギーの活用が可能であり、高温低湿な空気の供給には最適である。冷却除湿方式と比較して機器が高価である。

次頁の図 3-6 に除湿方式による特徴を示す。

除湿方式による特徴

◆ 冷却除湿

- ・ 除湿のために必要温度よりも低い温度に冷却し、改めて加熱する
- ・ 空調機の内部で空気湿度が非常に高くなる
 - 微生物等の温床になる可能性



◆ 乾式吸着（収着）式除湿（乾式デシカント空調）

- ・ デシカントローターの再生には加熱が必要だが、未利用エネルギーの活用が可能
- ・ 高温低湿な乾燥空気
 - 乾燥保管倉庫などの空調に最適
- ・ 冷却除湿と比較して機器が高価である

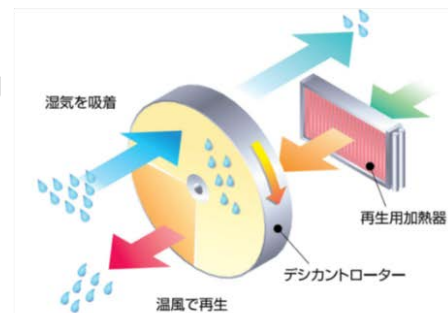


図 3-6 除湿方式による特徴

⑤デシカント空調機の特徴

メリット

- ◆ 排熱、未利用エネルギー利用による省エネ効果
- ◆ 露点から離れた温湿度領域での湿度コントロール
- ◆ 除菌効果がある
- ◆ 高温低湿な乾燥空気の利用
 - ・ 乾燥保管倉庫の空調、超低湿環境用空調、金属腐食防止対策用空調
 - ・ 温水プールなどにおける排熱利用と結露防止
 - ・ スーパーマーケットのショーケース周りのコールドアイル解消

デメリット

- ◆ 通常の空調機より設置面積を要する
- ◆ 通常の空調機より機器の費用（イニシャルコスト）が高い
- ◆ 熱源（排熱・未使用熱源）がない場合は再生用の熱源が別途必要
- ◆ 空調システム全体で評価しないとライニングコストでメリットが出にくい

3-2. デシカント空調の導入事例

(1) 静岡ガス本社ビル

①建築計画・省エネルギーコンセプト

静岡ガス本社ビルは、天然ガスと再生可能エネルギーを高度に利用することで、『エネルギーの未来のかたち』を地域に向けて発信したエネルギー会社の本社ビルである。地域を支えるエネルギー会社の本社として、静岡地区におけるニアリー・ネット・Z E Bの先導的役割を担うことを目的に、3つのコンセプトを掲げて省エネ計画を行った。

- 1) コージェネレーションと再生可能エネルギーによる熱高度利用
- 2) 建築アウトフレームと省エネ設備の融合
- 3) 全館ショールームによる徹底した省エネ啓発活動

表 3-1 に建築概要を示す。

表 3-1 建物概要

名称	静岡ガス本社ビル
所在地	静岡県静岡市駿河区八幡
建築主	静岡瓦斯(株)
敷地面積	8,044.45 m ²
延床面積	7,516.97 m ²
構造	鉄骨鉄筋コンクリート造 一部鉄骨造(制振構造)
階数	地上 6 階
設計・監理	(株)日建設計
施工	清水建設(株)、(株)高砂熱学工業、(株)ジョンソンコントロールズ、 (株)川北電気工業、(株)菱和設備
性能実証	名古屋大学
竣工	2013 年 4 月

②コージェネレーションと再生可能エネルギーによる熱高度利用

1) 太陽熱とコージェネ排熱を組合せたカスケード熱利用システム

年間通して太陽熱を高付加価値に利用可能にするために、従来式の太陽熱利用システムで主たる用途であった暖房と給湯に加え、ソーラークーリング用排熱投入型冷温水機による冷房と低温再生型デシカント空調機による潜熱処理空調も組み合わせ、多段階に熱利用を行うことのできるシステムを構築した。

真空式太陽熱集熱器 (200 m²) とコージェネレーション 75kW (25kW×3 台) を並列に組み合わせ、回収した温水を混合した後に、冷房 (排熱投入型冷温水機)、デシカント再生熱源、暖房、給湯の利用温度が高い順に熱供給を行う。夏季には冷房、デシカント再生熱源、給湯に利用し、冬季には暖房と給湯に利用する。太陽集熱をベースに利用し、太陽集熱だけで賄いきれない場合には、熱負荷に応じてコージェネ発電機 3 台を順次起動する。

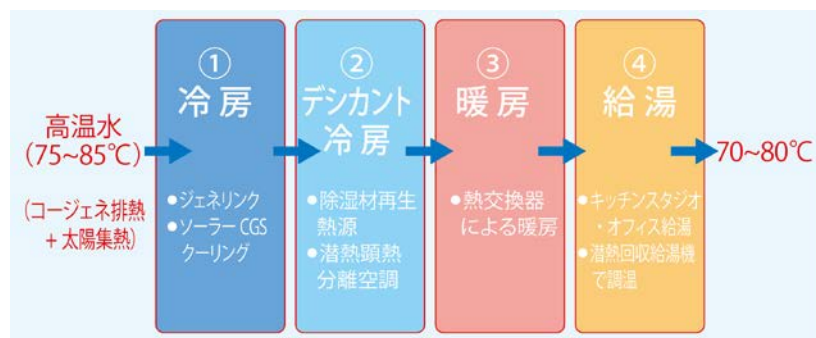
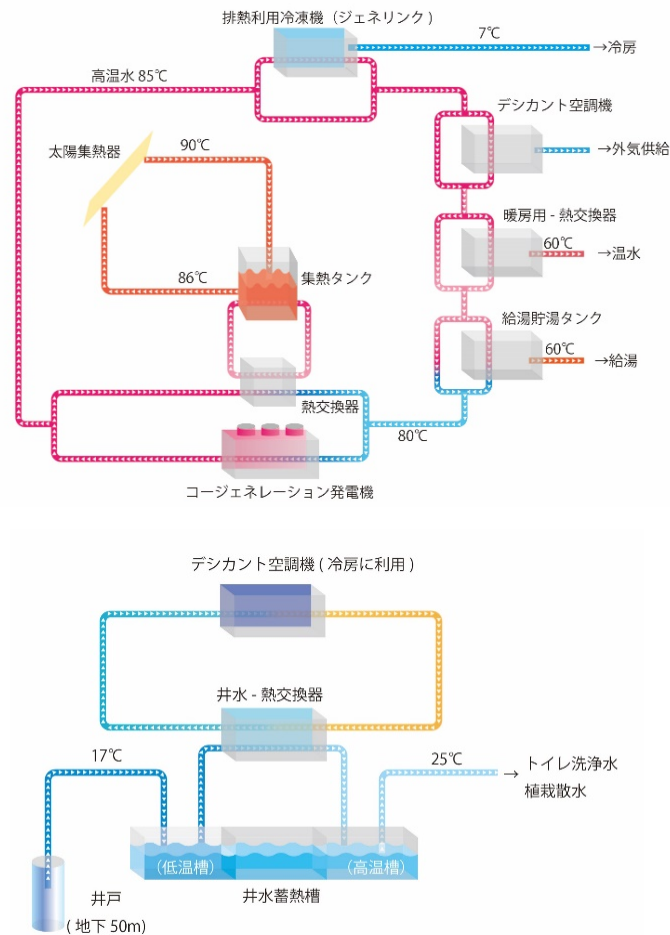


図 3-7 太陽集熱＋コージェネ排熱のカスケード熱利用

太陽集熱パネルには真空ガラス管型ヒートパイプ方式を採用した。冷房利用する場合には暖房や給湯の場合と異なり、75℃～85℃以上の高温水として集熱を行う必要がある。太陽集熱パネルを4ゾーンにエリア分けし、季節に応じて必要な温度で熱回収ができるように、パネル配列を4並列、2並列2直列併用、4直列の3パターンに切り替えて熱回収を行うことで、太陽熱利用温度と回収熱量を任意に調整できる独創的で国内にほぼ事例のないシステムを構築した。

2) 再生可能エネルギー活用型デシカント空調システム

28℃40%の高温で低湿度なオフィス環境を省エネに実現するために潜熱・顕熱分離空調システムを採用した。外気負荷の全熱処理と室潜熱負荷をデシカント外気処理空調機により処理し、室顕熱負荷は床吹出空調により処理する。

特徴は、太陽熱と地中熱（クールチューブ、井水）を利用した再生可能エネルギー活用型のデシカントシステムを採用している点である。デシカントローターの再生熱源に太陽集熱を利用し、プレクーリングにクールチューブと井水熱を、アフタークーリングに井水熱を利用する。プレクーリングでは全長 120mのクールチューブにより外気顕熱負荷をほぼ全て処理した後、井水冷却により予除湿を行う。さらに、顕熱交換ロータ通過後に吹出温度の最終調温に井水を再利用し、設計給気絶対湿度（28℃、30%～35%）の外気を各エリアへ供給する。

各エリア単位で CO₂ 濃度制御による外気導入量制御を行い、外気負荷を徹底して削減している。再生熱源については、太陽集熱だけで熱量が不足する場合には、コージェネレーション排熱を投入することで除湿性能を安定して確保できるようにしている。

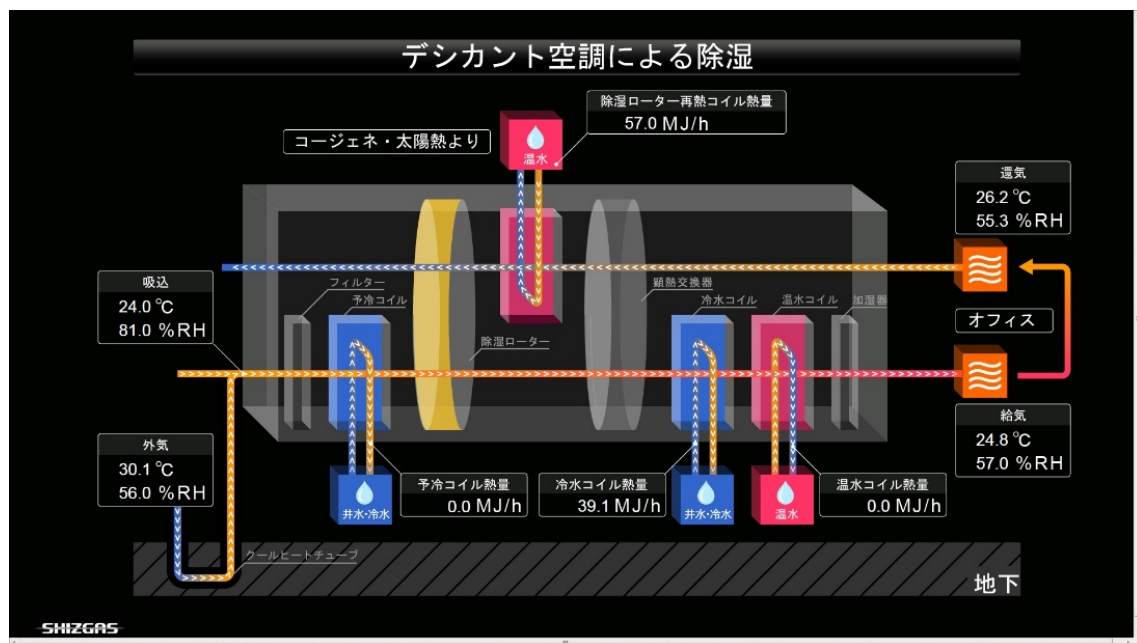


図 3-8 自然エネルギー活用型デシカント空調

3) タスク & アンビエント床吹出空調システム

執務エリアには床吹出空調を採用した。床吹出方式の場合には、天井吹出方式の場合と比べて給気温度を高く設定できることを考慮し、冷水往温度を 10℃程度まで高くすることで排熱投入型ガス冷温水機の効率を向上させている。床吹出口にはアンビエント用の拡散型吹出口とタスク用の指向型吹出口を適宜配置している。

ペリメータには温水パネルヒータを設置してコージェネ排熱温水と太陽熱温水を循環させることで冬季にはコールドドラフトを防止する。

4) 太陽集熱+潜熱回収型ガス給湯器によるハイブリッド給湯

太陽集熱とコージェネ排熱を余さず使い切るため中央給湯方式を採用した。本社に併設したショールームのキッチンスタジオとオフィスの湯沸しや洗面に給湯を利用している。カスケードの最終段階での利用になるため回収熱量を使い切っている場合も多いことから、潜熱回収型ガス給湯機（エコジョーズ）により給湯温度を調温して供給する。

表 3-2 空調設備概要

[主要熱源]

ソーラークーリング用排熱投入型冷温水機（コージェネレーション 75kW）

[空調方式]

デシカント外気処理空調機

床吹出空調

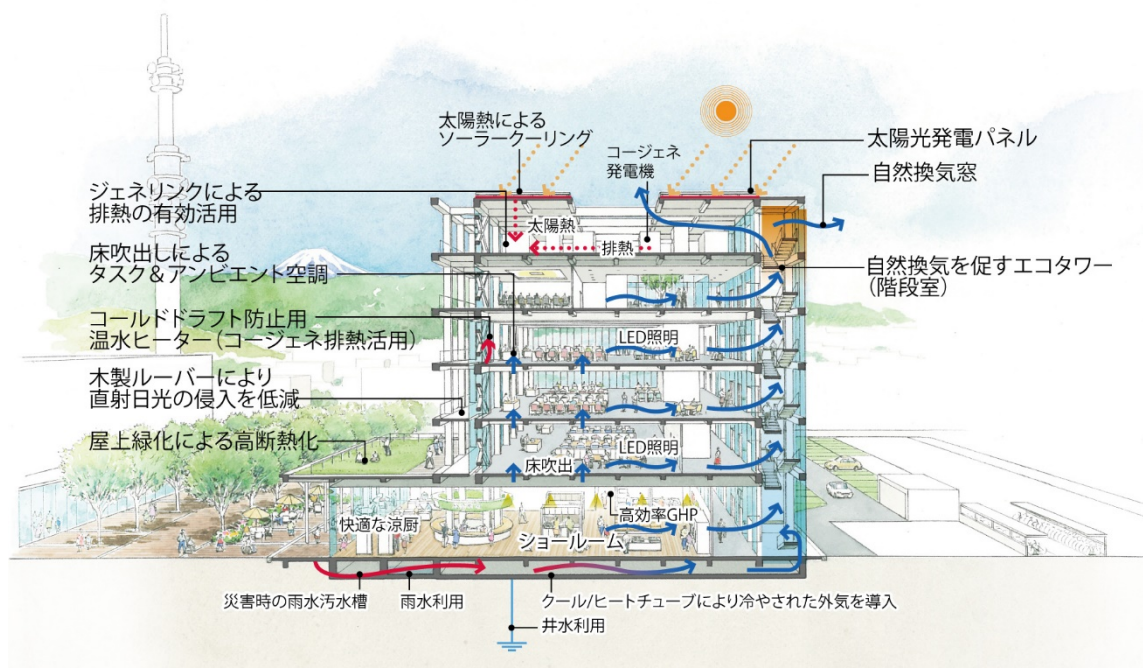


図 3-9 設備計画

(2) 沖縄県立南部医療センター・こども医療センター

①建築概要

本施設の低層部は、院内モール「クサティモール」を中心として 1、2 階の成人外来、小児外来や放射線診断、生理検査などの各診療部門を配置し、サインに頼らなくても分かりやすい空間構成とした。(クサティ：沖縄の原語の「腰当」で、＜信頼し、寄り添い身を任す＞という意味の言葉。)

このモールは「こどもホール」と「おとなホール」を両端に据えて、その間に「総合受付、投薬窓口、メインエレベーター、各外来受付、ボランティア室」などが雁行型の平面形をして取り付き、奥行き深く展開している。

高層部の病棟基準階は、成人東病棟、成人西病棟、小児病棟の 3 つの三角形病棟が中央に寄り添う特徴的な形とし、各棟の間を屋上庭園で囲んだ。外観からも母子医療部門が明確に分かるように、小児病棟、産科病棟を赤瓦色、成人病棟をエメラルドグリーンにバルコニー梁型を塗り分けた。

表 3-3 建物概要

名称	沖縄県立南部医療センター・こども医療センター
所在地	沖縄県島尻郡南風原町字新川
建築主	沖縄県
敷地面積	54,706.39 m ²
建築面積	12,503.46 m ²
延床面積	42,733.90 m ²
構造	鉄骨鉄筋コンクリート造一部鉄筋コンクリート造 免震構造
階数	地上 6 階 塔屋 1 階 (I S S 2 層含まず)
設計・監理	日建・国建・創建設計監理共同企業体
開院	2006 年 4 月

②設備計画

本施設は、沖縄県南部の地域医療、高度・先端医療、災害拠点医療を担う病院である。その計画にあたっては、沖縄の気候特性、地域性を十二分に考慮し、信頼性、柔軟性、環境性、快適性を高い次元で満足する設備システムを構築した。

1) デシカント空調と熱源システムの概要

本施設で採用したデシカント空調機のフロー図を図 3-10 (1) に示す。

外気を、予冷コイルである程度まで冷却・減湿した後、押し込みの給気ファンで除湿ローターに送る。設定する露点温度まで減湿された空気は、顕熱ローターで冷却され、さらに冷却コイルにて必要な温度条件まで冷却されて給気出口に至る。この時の冷却に必要なエンタルピー差は予冷コイルと冷却コイルを合わせて約 32.5kJ/kg である。

再生側過程は、室内からの排気を顕熱ローターで加熱し、さらに加熱コイル(再生コイル)にて 75℃程度まで上昇させた後、除湿ローターを再生させる。顕熱ローターは、減湿過程での冷却負荷の削減と同時に、再生過程での加熱負荷の削減を行う役目を果たしている。なお、本計画では、加熱コイル(再生コイル)の熱源にはコージェネレーションからの排熱を利用している。

一方、従来の冷却除湿で冷却に必要なエンタルピー差は約 52.5kJ/kg である。したがって、沖縄の設計外気条件時において、デシカント空調機による除湿は、冷却除湿に比べて約 38%の冷却コイル負荷を削減できる。

デシカント空調機を採用した空調系統は外気導入量が多く、24 時間空調の必要な系統であり、その省エネルギー性能を十分発揮できるように考慮した。

図 3-10 (2) に、本施設で採用したデシカント空調に関わる部分の熱源フロー図を示す。

デシカント空調の場合、予冷コイルでの出口温度は 23℃程度であり、冷却コイルでは 24℃程度までの顕熱冷却を行えばよく、これらの冷却に必要な冷水温度は 20℃程度である。これにより、熱源側の冷水行き温度条件を上げることができる。本施設では、10℃→20℃の中温大温度差送水を採用することにより、冷凍機の COP 向上と水搬送動力の削減を両立させた。

また、沖縄の気象条件では、外気湿球温度が高く、その変化が外気乾球温度に比べて小さいため、空冷熱源は夜間の COP が向上し、水冷熱源より有利であると考えた。そこで、重要系統に対応し夜間の運転時間の長い冷水デシカント系統の熱源には、空冷チラーを採用した。

2) デシカント空調システム導入効果検証

デシカント空調機の冷熱使用量を冷却除湿の同計算値と比較した。ここで、冷熱使用量の実測値は、冷却コイル前後での空気温湿度から求めた。年間で、約 58%の冷熱使用量削減が確認できた。6～10 月の沖縄における夏期で約 50%、その他の月では 60%以上の削減効果がある。夏期以外の月でその効果が高いのは、予冷にかかるエネルギーが少ないためである。

デシカント空調機の温熱使用量(実測値)と冷却除湿再熱の計算値を行った。ここで、温熱使用量(実測値)は、デシカントローターの再生に必要な温熱量であり、冷熱と同様に、再生コイル前後の空気温湿度(実測値)から求めた。結果として、デシカント空調機の温熱使用量(実測値)は、冷却除湿再熱の温熱使用量計算値に比べて約 28%程度多いことがわかった。

デシカント空調機は、除湿ローター、顕熱ローター、予冷コイルなどによるファン動力増加、ローターの回転動力がある。そこで、これらの電力使用量を加味し、さらに冷熱・温熱を足し合わせた一次エネルギー消費量の比較を行った。その結果、デシカント空調機の一次エネルギー消費量は、冷却除湿再熱のそれと比較して、20.9%の削減効果があり、さらに排温熱利用を行った場合は、39.4%の削減効果があることが分かった。

表 3-4 設備概要

【主要熱源】
炉筒煙管式蒸気ボイラー6.0 t × 2 基
蒸気二重効用吸収式冷凍機 3,165kW (900RT) × 1 基
排熱投入型直焚吸収式冷凍機 1,758kW (500RT) × 1 基
熱回収型空冷チラー1,055kW (300Rt) × 1 基
【空調方式】
一般系統：外気処理空調機＋二次空調ユニット
重要系統、病棟系統：デシカント空調機（外調機）＋二次空調ユニット
待合系統：単一ダクト定風量空調機（外気冷房対応）

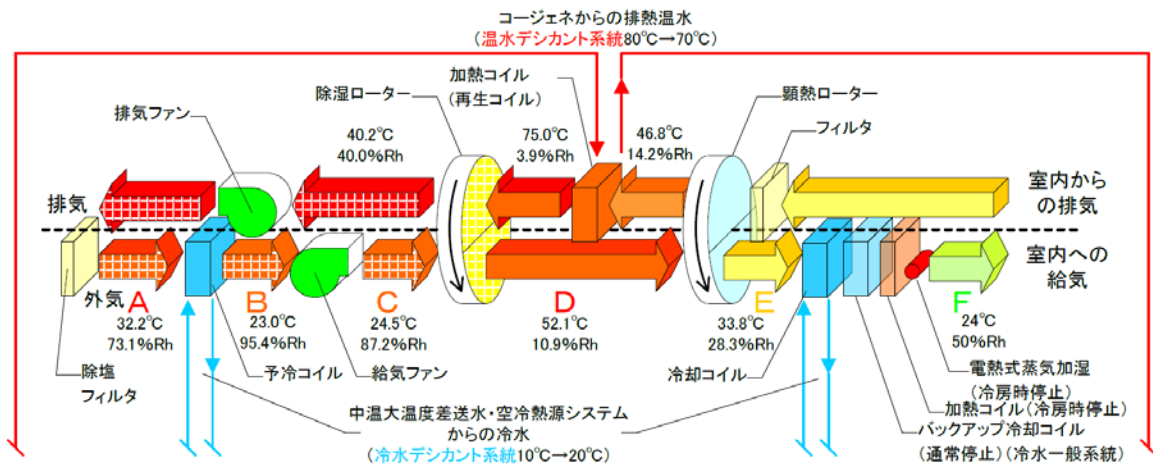


図 3-10 設備計画 (1)

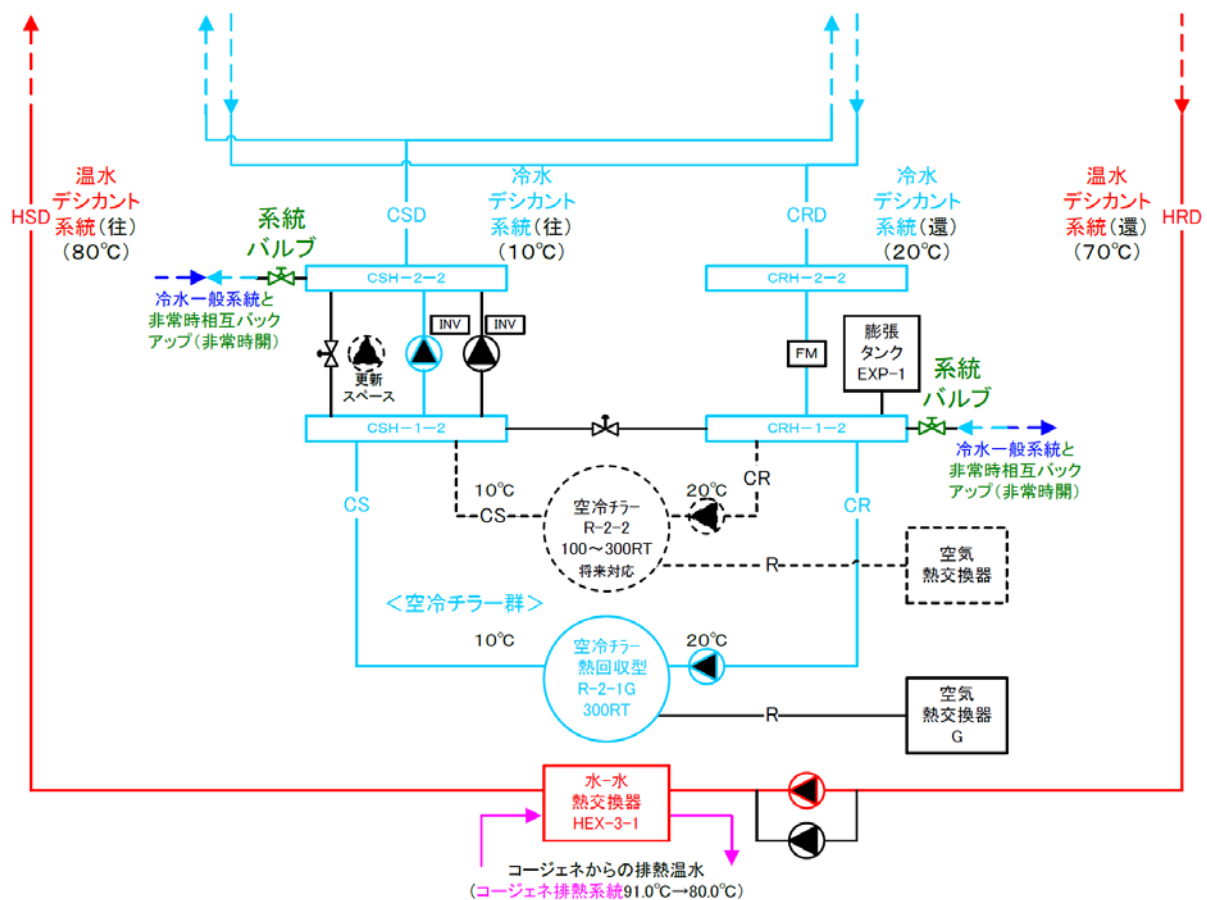


図 3-10 設備計画 (2)

(3) 平城宮跡展示館（平城宮いざない館）

①建築概要

国営平城宮跡歴史公園は、古都奈良の歴史的・文化的景観の中で、平城宮跡の保存と活用を通じて、“奈良時代を今に感じる”空間を創出することを基本理念として平成20年度より整備を進めている。このうち、国営平城宮跡歴史公園の魅力を紹介し、利用の拠点となる平城宮跡展示館は、歴史公園の総合的な利用案内サービスを提供するとともに、平城宮跡について知識と理解を深めるガイダンスなどを行うほか、公園の管理運営を行う施設である。



表 3-5 建物概要

所在地	奈良県奈良市二条大路南3丁目
建築面積	約 7,200 m ²
延床面積	約 6,800 m ²
構造	鉄筋コンクリート造
階数	地上2階
開館	2018年3月

②設備計画

常設展示室はデシカント空調機による温湿度制御を行っている。常設展示室には放射冷暖房があり、マイクロコージェネの排熱が利用可能であるため、4管式空調を設けることと比較して安価であるデシカント空調機を採用した。温湿度の変動許容範囲などの要望や制御性、在室人員の有無による外気量等を考慮し、適した部分にデシカント空調機を用いた。

表 3-6 設備概要

[主要熱源] 吸収式冷温水機×2基 マイクロコージェネレーション×1基 [空調方式] 常設展示室：デシカント空調機＋放射冷暖房
--

3-3. デシカント空調に関する現地調査結果

(1) ヤンマー本社ビル

①計画概要・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る。



表 3-7 建物概要

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
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 3-8 設備概要

[空調設備] ・熱源／ジェネリック（排熱投入型ガス冷温水発生機）：350USRT×2 台 GHP（本社エリア：1,700kW、商業エリア：1,500kW） 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：6.6kV 2 回線受電 ・発電機／常用／ガスエンジン：6.6kV 400kW バイオディーゼル：200V 25kW 太陽光発電：35kW、風力発電：1kW ・発電機／非常用／ガスタービン：6.6kV 875kVA ・照明／本社エリア／LED（タスクアンビエント方式）	

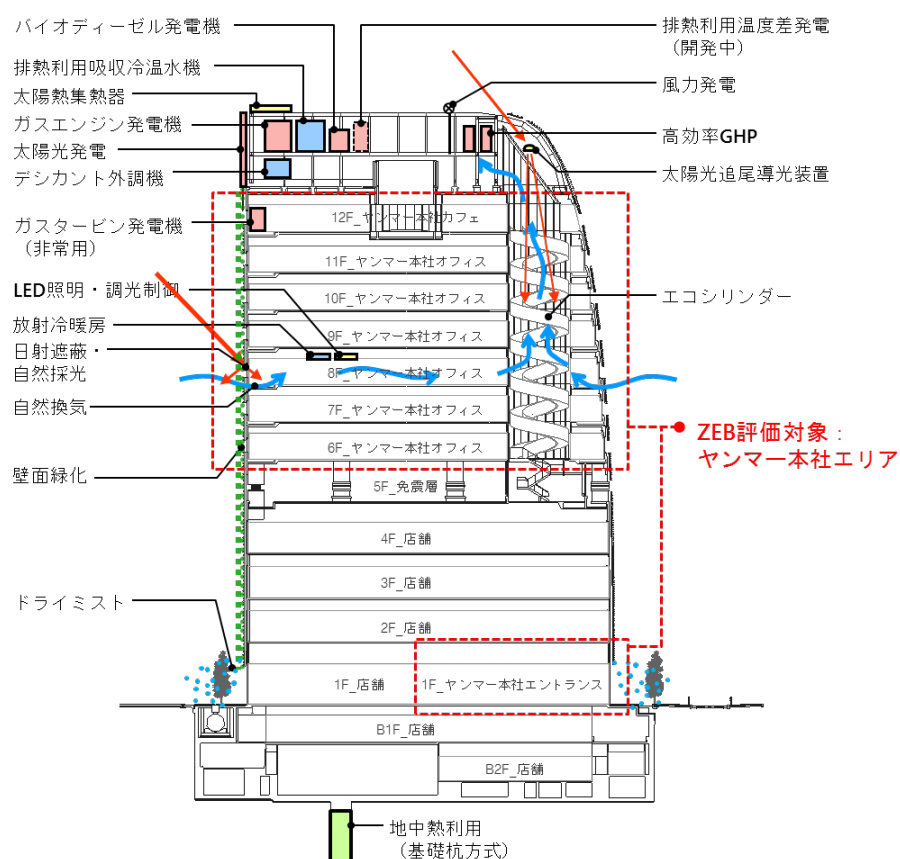


図 3-11 省 CO₂ 技術インストールダイアグラム

②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。

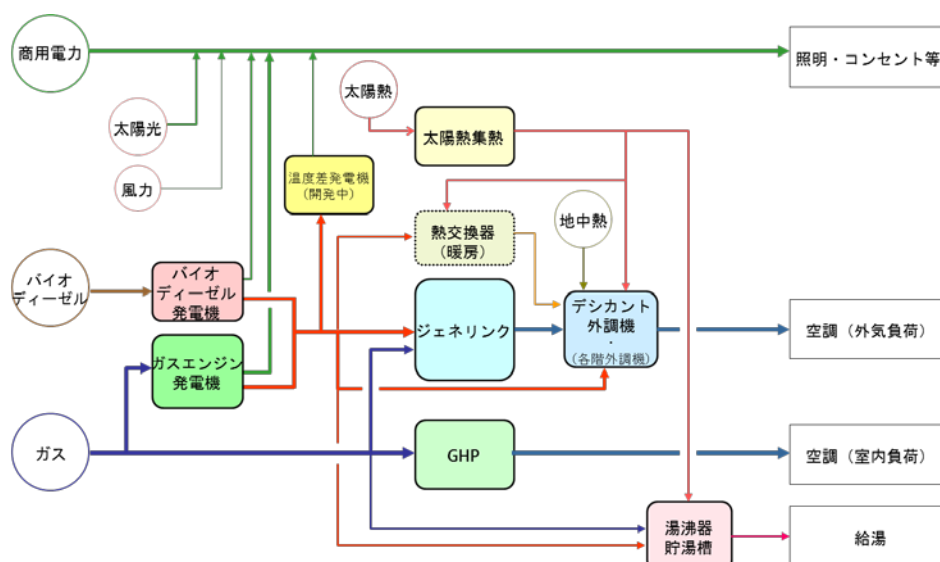


図 3-12 電気と熱のフロー

③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用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。

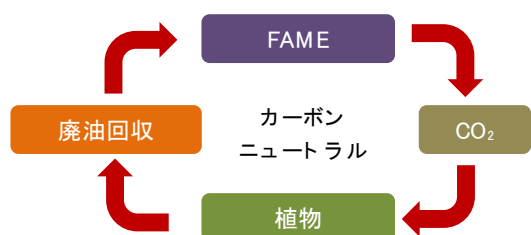


図 3-13 FAME のカーボンニュートラル性



図 3-14 バイオディーゼル CGS

④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入れ、床下のチャンバーを経て窓際の巾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。

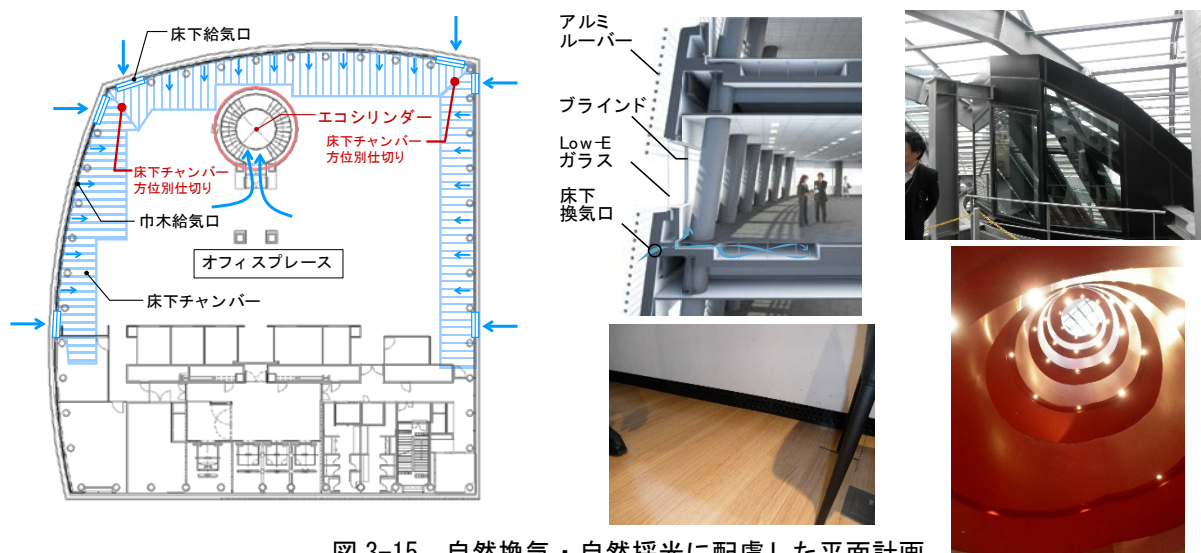


図 3-15 自然換気・自然採光に配慮した平面計画

⑤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、熱劣化が起きにくく、地中熱を安定して利用しやすいことを確認している。



図 3-16 地中熱交換杭施工状況

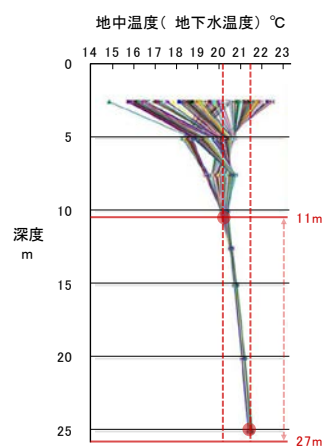


図 3-17 地中温度事前測定結果

⑥空気式放射冷暖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用い、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り替えを行うことで、吹出風量・吹出温度に可変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、冬期の暖房立ち上がり時や、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。

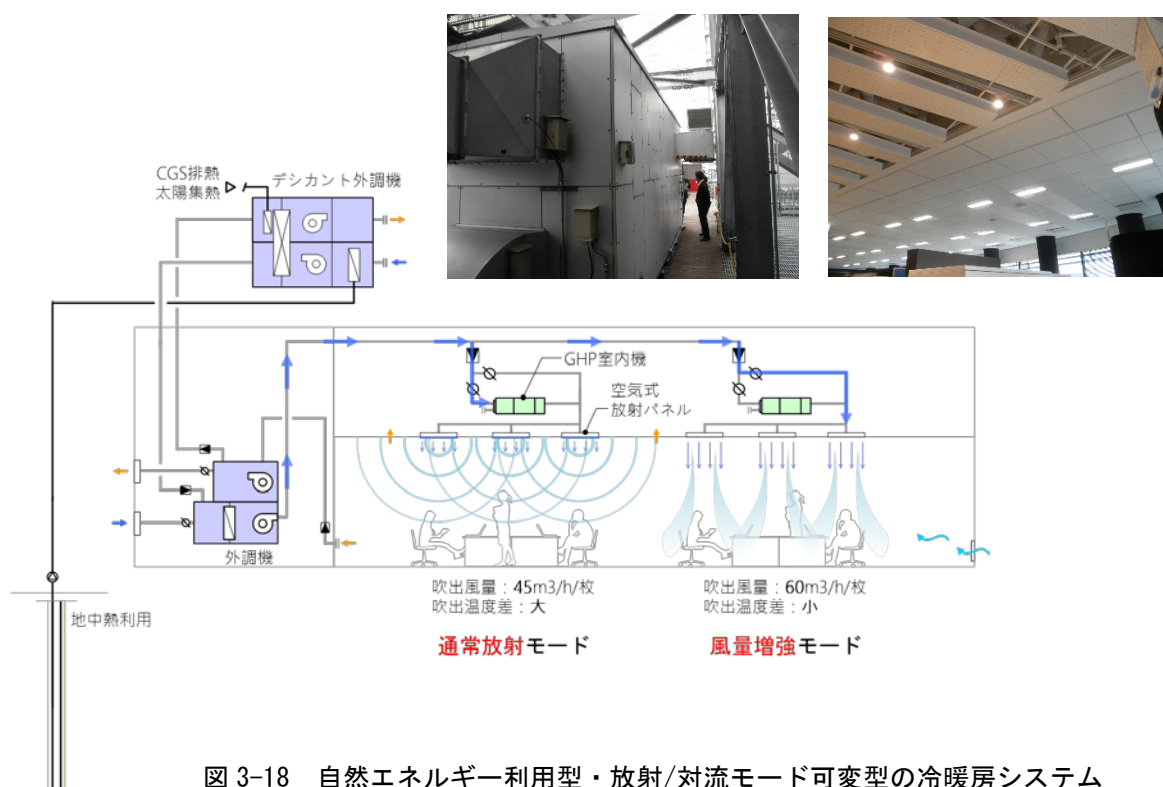


図 3-18 自然エネルギー利用型・放射/対流モード可変型の冷暖房システム

⑦CO₂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。



図 3-19 CO₂削減率と自家発電率の閲覧画面

⑧ヤンマー本社エリアの省 CO₂ 排出量実績評価

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。

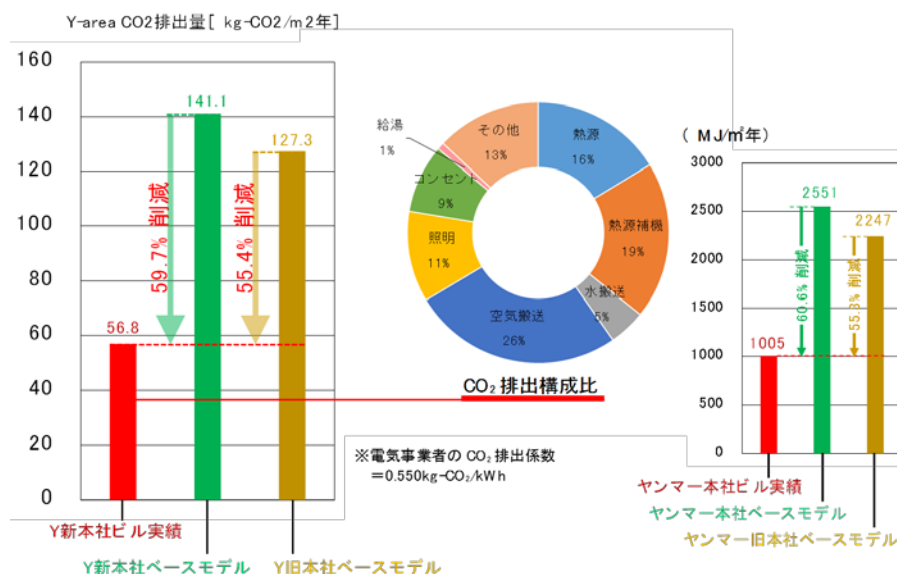


図 3-20 CO₂ 排出量実績比較 (kg-CO₂/m²年) と一次エネルギー消費量実績比較 (MJ/m²年)

⑨デシカント空調の状況

オフィスの空調方式は外気処理空調機+GHP 方式としており、デシカント外調機による除湿とマルチエアコンを用い、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。

デシカント空調機は、屋上に屋外型機器として 1 台設置されている。



図 3-21 デシカント外調機

デシカント空調の再生熱源としては、ガスエンジン発電機とバイオディーゼル発電機の排熱利用を想定している。ただし、排熱利用先は、ジェネリンク、デシカント空調、暖房、給湯と多岐にわたり、その利用順位を自由に設定可能である。

実運転における排熱利用先は、夏季のジェネリンク、冬季の暖房が主であり、デシカント空調に利用されている割合は少ない状況である。

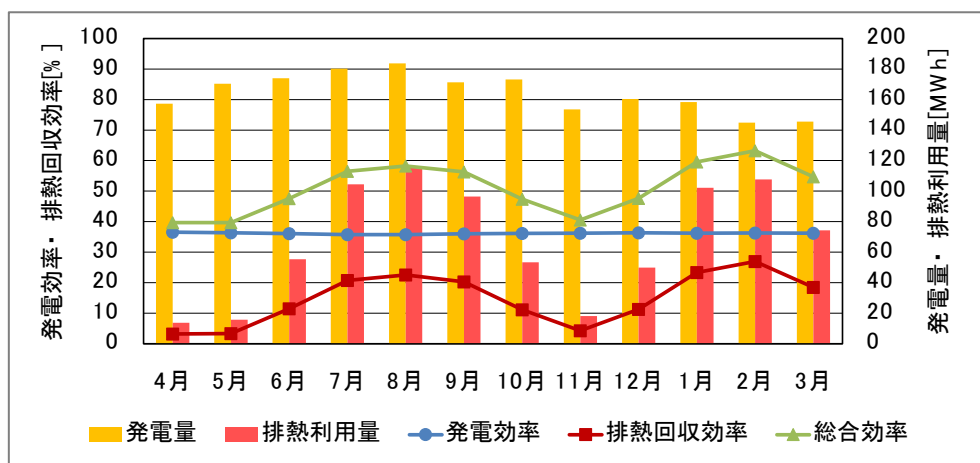


図 3-22 ガスエンジン発電機の発電効率・排熱回収率（ビル全体）

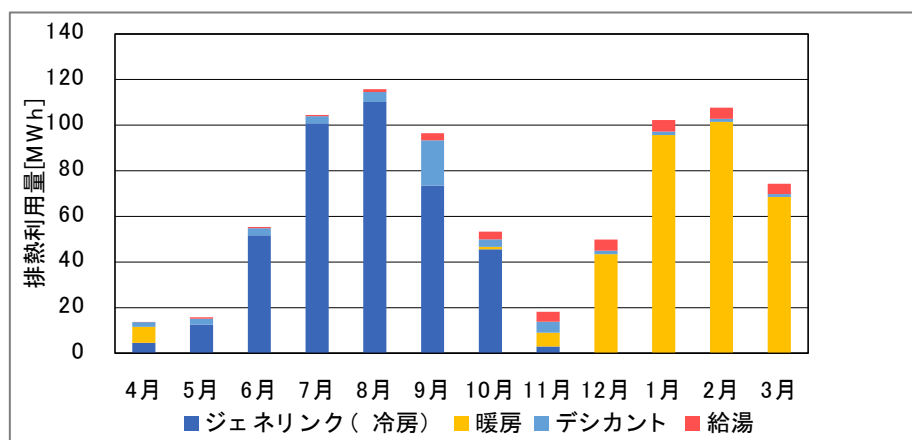


図 3-23 ガスエンジン発電機の排熱利用先（ビル全体）

（２）ホテルオリオンモトブ

①建築概要・計画コンセプト

本プロジェクトは、沖縄の恵まれた水・太陽・地熱、そしてその気候を最大限に生かしながら、先端技術の考え方に地域特性に合った既往技術・設備機器を巧みに組み合わせ、空調設備と衛生設備を融合して各々の技術・設備機器の効率をより高く向上させる「水と空気のトータルエネルギーシステム」を構築することによって、暑熱・温暖地域の省エネルギー技術を先導する環境共生リゾートの創生を目指して計画した。

計画地は、沖縄本島北部の国頭郡本部町に位置し、海洋博記念公園、美ら海水族館に隣接し、眼下にエメラルドビーチ・伊江島を望む立地にある。表 3-9 に建物概要を示す。

沖縄県は、本州地域とは約 10 度の緯度差があり、高い高度からの強い日射と高温多湿な環境を生み出す。特に、沖縄の外気の除湿に必要なエネルギーは、本州に比べて 2.5 倍にもなる。計画地では、地



下約 20m で水温約 23℃ の冷泉、地下約 1,500m で水温約 30℃ の温泉が豊富な水量で得られる。沖縄県には、多数の同種施設があるが、その一次エネルギー消費量は、4,000MJ/m² 近くになる例もあり、エネルギー多消費型施設と言える。また、屋外プール、屋内プール、大浴場、タラソspaを備えるため、水と湯の消費量が非常に多い。

表 3-9 建物概要

名称	ホテル オリオン モトブ リゾート&スパ
所在地	沖縄県国頭郡本部町
建築主	オリオンビール（株）
敷地面積	33,211.06 m ²
延床面積	34,439.40 m ²
構造	鉄筋コンクリート造 一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造
階数	地上 13 階 塔屋 1 階
主用途	ホテル
設計	Team HOM (東急設計コンサルタント・ 国建・日建設計・AMS 設計)
竣工年月	2014 年 6 月

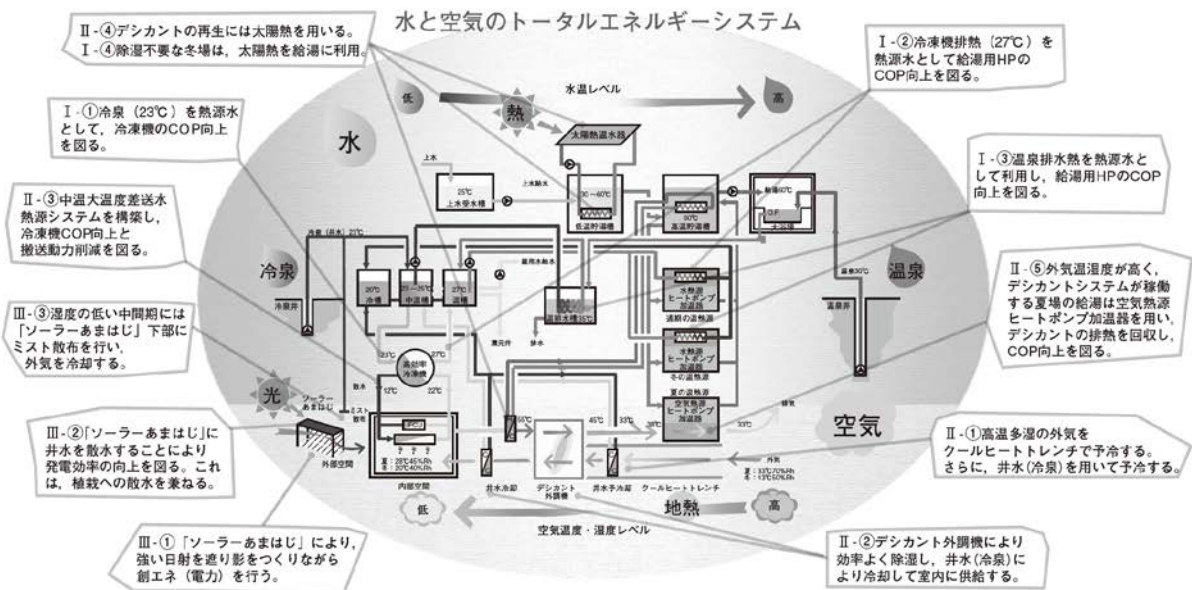


図 3-24 水と空気のトータルエネルギーシステム概念図

②設備計画

夏期のデシカント外調機のフロー図およびこの過程の空気線図上の状態変化を図 3-25、図 3-26 に示す。施設の室内に供給する外気の全てはクールヒートトレンチ／チューブを通して予冷 (S1⇒S2) を行う。さらに、冷槽の水を冷熱として利用し予冷 (S2⇒S3) する。予冷後の外気はデシカント外調機で除湿し、冷槽の水で冷却後、室内に供給する (S3⇒S5)。このため、除湿にかかる冷却エネルギーは非常に小さく、さらに、冷却に必要な冷水の温度レベルは大幅に緩和できる。

一方、室内からの排気 (E1) を、屋上に設置した太陽熱温水器で得られた温熱で昇温 (E3⇒E4) し、デシカントローターの再生に用いる。

また、未利用エネルギーであるデシカントローター再生後の高温排気 (E5) を、空気熱源 HP 加温器の採熱側熱交換器に接触させることで、空気熱源 HP 加温器の COP を向上させている。

次頁の表 3-10 に、空調設備概要を示す。

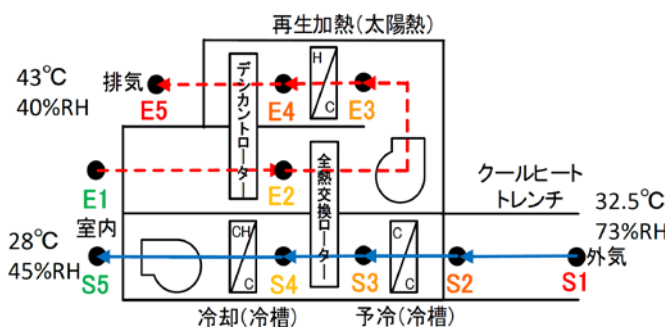


図 3-25 デシカント外調機フロー



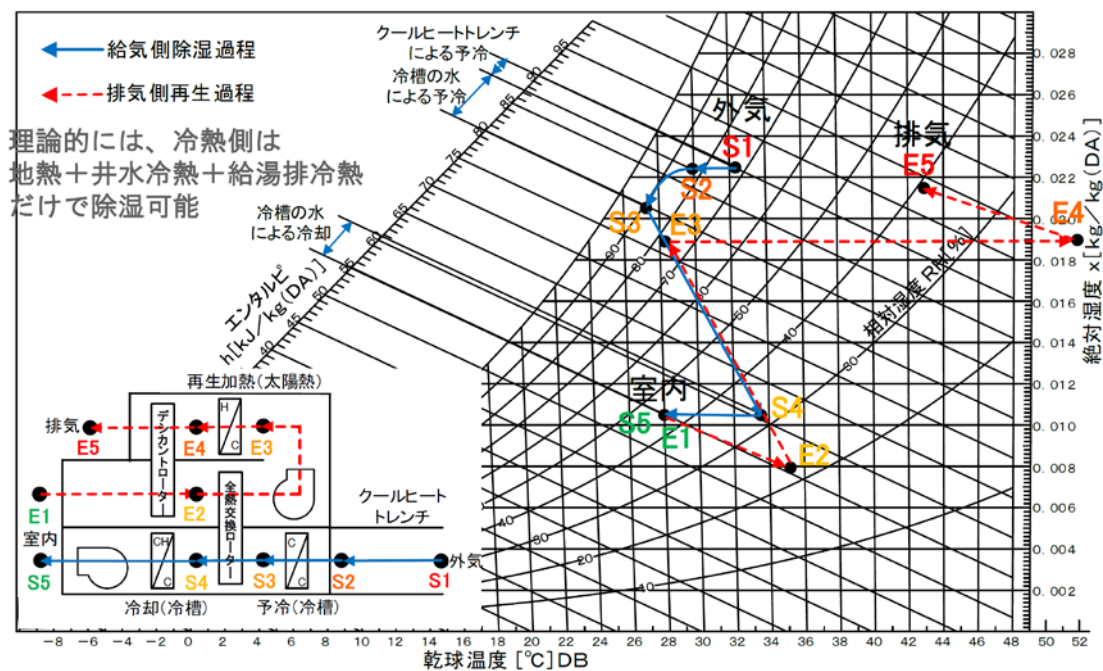


図 3-26 外気処理過程の空気線図上の状態変化

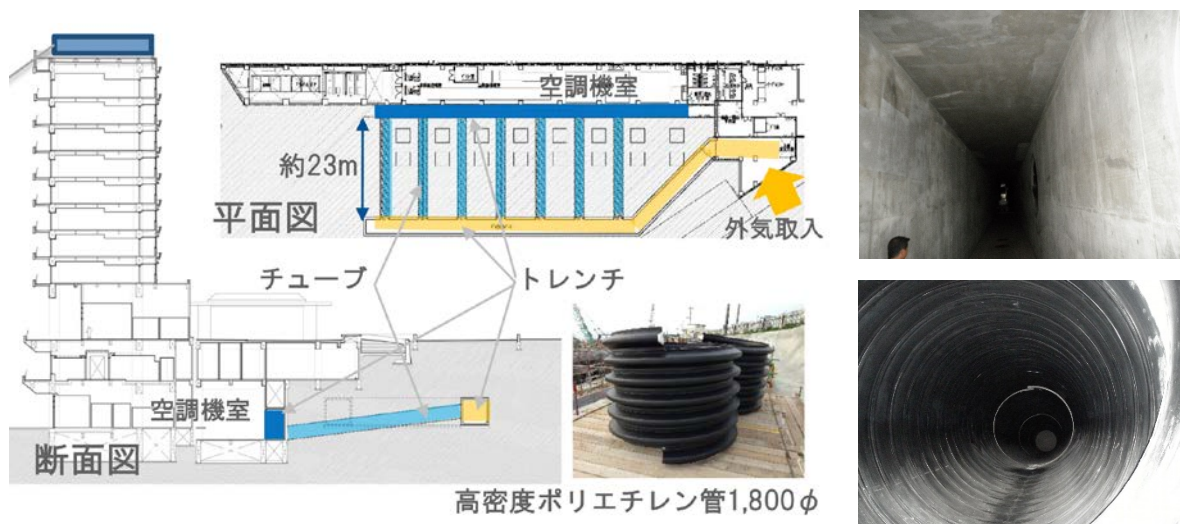


図 3-27 クールヒートトレンチ／チューブ

表 3-10 空調設備概要

[主要熱源]

ターボ冷凍機＋水蓄熱槽 (600 m³)

[空調方式]

デシカント外調機＋二次空調ユニット：FCU (客室)

水熱源 PAC (客室)

AHU (ホール等)

③技術の検証・評価

1) エネルギーマネジメントによる検証

本プロジェクトでは、設計段階から LCEM によるエネルギーマネジメントを開始した。設計段階においては計算負荷を用いて検証し、運用段階においては実負荷を用いて検証を行った。現在も運用改善、技術の検証・評価のツールとして活用している。

設計段階では、2012 年にシステム COP=1.48 を予測し、2013 年に COP=1.53 に修正した。運用段階では、2015 年に温泉の温度が予定より低かったことで目標 COP の下方修正を行っているが、2016 年に温泉排熱利用方法を変更し、現在の目標値を COP=1.55 としている。

LCEM を使った分析や改善効果の予測を行うことで実際の運用の性能は向上しており、LCEM の計算精度についてはエネルギーマネジメントにおいて十分な再現性を確認している。

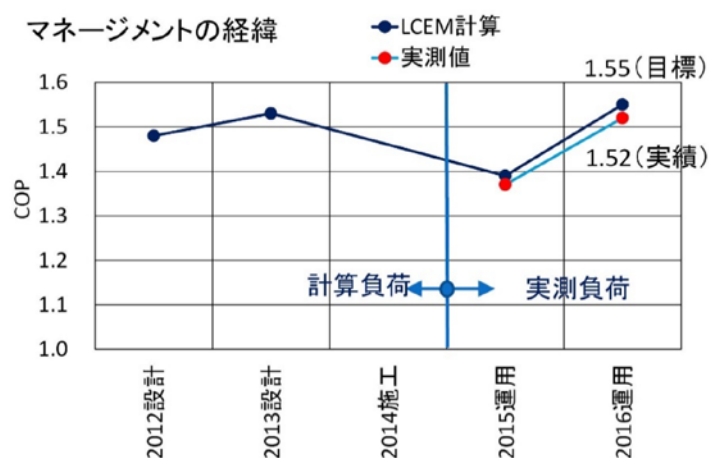


図 3-28 LCEM マネジメントの経緯

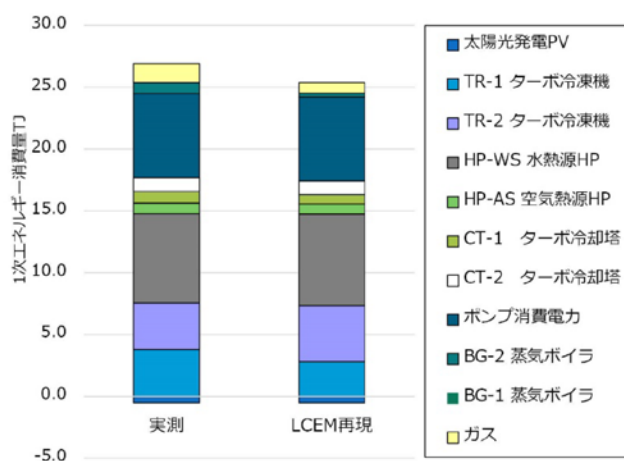


図 3-29 LCEM の再現性

2) 熱源機器 COP の検証

本システムではデシカント外調機の排熱を空気熱源 HP の採熱に利用している。排熱利用を行わずに機器を運転させた場合と比較して、COP が 0.24 向上していることを確認した。

本システムでは水熱源 HP の熱源水（井水）を冷凍機排熱・温泉排熱で昇温している。直接井水を熱源水として利用した場合と比較して、COP が 0.67 向上していることを確認した。

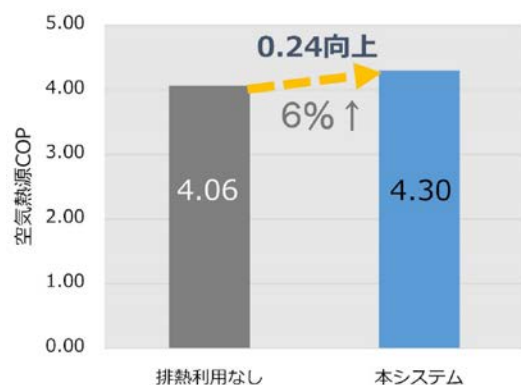


図 3-30 空気熱源 HP の COP 比較



図 3-31 水熱源 HP の COP 比較

3) 従来システムと本システムの比較検証

従来システム（LCEM 計算値）と本システム（実測値）の年間システム COP を比較した。従来システムに比べ本システムは COP が 0.38 高いことを確認した。12 月から 3 月までの温熱需要の割合が高まる期間のシステム COP の低下が少ないのは、排熱利用で COP の高められた空気熱源 HP や水熱源 HP の効果によるものである。

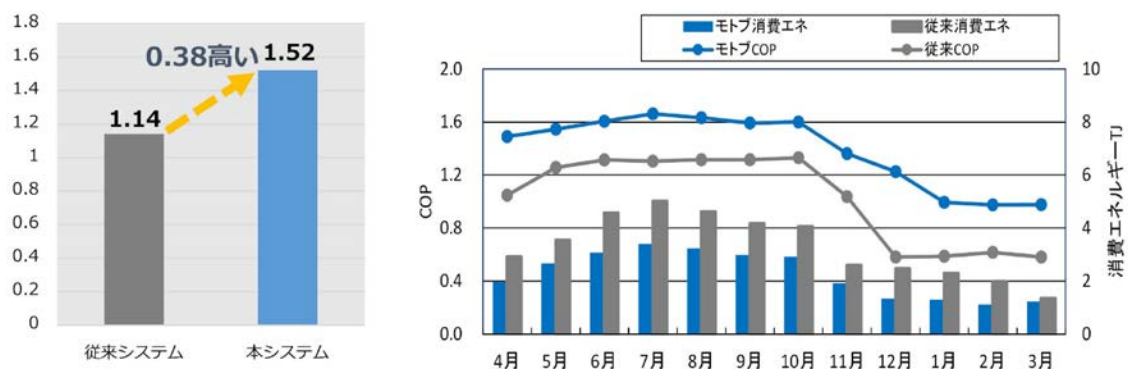


図 3-32 従来システムと本システムの年間システム COP の比較

3-4. その他環境配慮設備の導入に関する現地調査

(1) 沖縄科学技術大学院大学 (OIST)

① 建築概要

沖縄科学技術大学院大学 (OIST) は、世界最高水準の科学技術に関する研究教育を行い、地域発展を促すため、沖縄県恩納村に建てられた。施設は2008年3月から、センター棟・第1研究棟→第2研究棟→第3研究棟と順に建設され、2015年3月に完成した。

野生の動植物が多く生息する水のある谷を避けて施設配置した。各棟は尾根に建て、スカイウォークと呼ぶ3本の空中通路で繋がっている。

窓は、強い日射を遮りながら、海が一望できるように、深い庇を持つ斜め窓を基準とし、外壁に耐久性の高いセラミック、レンガと沖縄本部石灰岩を使っている。

次頁の表 3-11 に建物概要を示す。



図 3-33 配置図

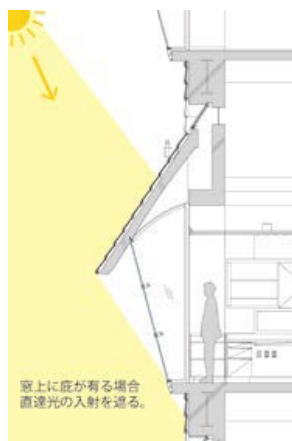


図 3-34 庇付斜め窓

表 3-11 建物概要

名称	沖縄科学技術大学院大学 (OIST)			
所在地	沖縄県国頭郡恩納村字谷茶			
建築主	学校法人沖縄科学技術大学院大学学園			
敷地面積	約 354,000 m ²			
建築面積	1,553.14 m ²			
	センター棟	第 1 研究棟	第 2 研究棟	第 3 研究棟
延べ面積	7,535 m ²	18,010 m ²	14,604 m ²	10,773 m ²
階数	地上 4 階	地上 5 階	地上 4 階	地上 4 階
主用途	教育研究施設			
設計	日建設計/コンバークアソシエーツ/国建共同体			
工期	2008 年 3 月～2015 年 3 月			

②空調概要

米国設計者からのアドバイスも得て世界基準で設備設計を行った。第 2 研究棟以降は完成した棟の利用状況を踏まえて設計を改良した。

センター棟と第 1 研究棟は研究内容および階ごとに空調系統を設けた分散式、第 2 研究棟以降は、全ての新鮮外気を屋上に設けた空調機で処理して供給する集中式とした。当初は日本で一般的な分散式としたが、施設の大部分が 24 時間稼働、建物建設時に研究内容が決まり大きな設計変更が生じる、室圧管理が求められるゾーンが多いなどの理由から、第 2 研究棟からは、米国で多い集中式とした。集中式は、研究内容により二次側（再熱コイル、VAV、CAV、ファンコイル）のみ変えれば対応でき、1 系統なので空調機を複数に分ければ、空調機が 1 台故障しても、風量は減るが全箇所に空調風量を供給できる。ヒュームフードを容易に増やせるように、ヒュームフード排気は、当初から集中式（マニフォールドシステム）とした。

運用実態と、米国での設計例を元に安全性に配慮しながら、空調負荷に大きく影響する外気量を棟ごとに減らした。供給外気のみで負荷を処理できない室は、室ごとにエアコン又はファンコイルを設け、冷暖房を補った。

外気負荷を減らすため、センター棟と第 1 研究棟から、ヒュームフード系統を中心に高速 VAV を採用して、第 2 研究棟以降は、ヒュームフードとオイルミスト以外の全室内排気を回転式全熱交換器に通して新鮮外気との熱交換により熱回収している。第 3 研究棟では、冷暖房負荷と空気搬送を減らすため、各室に人感センサーを設け、昼夜スケジュールと人の在・不在により、設定温度と換気回数を変えた。空調機をコイル面風速 1.27（通常 2.5）m/s 以下で設計した。

表 3-12 空調仕様

空調機	センター棟	第 1 研究棟	第 2 研究棟	第 3 研究棟
系 統 / 台	10 系統/10 台	19/22	1/1	1/1
外気量	50, 475m ³ /h	317, 600	180, 000	160, 000
給気 温度	12. 5～25℃DB 14～℃CWB	12～24 12～17	16/18 12. 8	16/18 14. 6
室内 (代表)	年間 25℃DB 年間 50%RH	25 50	25 50	25 60 以下
外気量	ドライ 12 回/h	12	2	2
	物理 一回/h	—	4	4
	バイ オー 回/h	15	10	6
	化学 一回/h	—	20	20

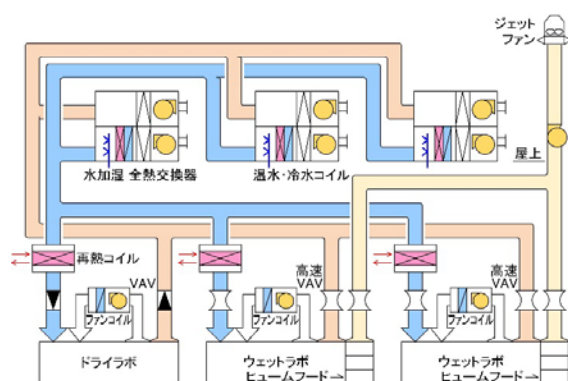


図 3-35 第 2 研究棟の空調システム



③熱源概要

センター棟に氷蓄熱、ターボ冷凍機、ボイラーを主体とした熱源（メインプラント、図 3-36）を設け各棟に冷水、温水、蒸気を送っている。第 2 研究棟建設時に冷熱源にインバータターボ冷凍機を加えた（サブプラント）。

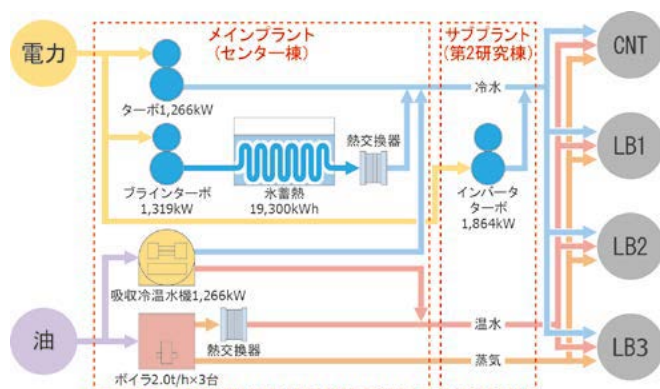


図 3-36 熱源システム



（２）イオンモール沖縄ライカム

①建築計画

本プロジェクトは、沖縄県中部圏に位置する北中城村のアワセ基地返還跡地における大型商業施設の計画である。本プロジェクトは北中城村が沖縄振興特別措置法に基づき策定した「総合整備計画」と連携しており、エネルギー供給者・エネルギーサービス事業者によるエネルギーサービスを中心とした、省 CO₂ と防災の強化を図る取り組みの一環となっている。

敷地北側のイオンモールアライバル通りからの軸線に対して正対するように建物を配置し、軸線上にはお客様を迎えるアライバルゲートと、その内側にはバス・タクシーベイを兼ねたゆとりのある「ライカムウェルカムステーション」を計画し、施設への「到着感」を重視した作りとした。軸線の到達点では、幅 44m 奥行 25m 高さ 29m のグランドスクウェアが内部空間としてお客様を迎え、シースルーエレベーターを取り囲むように配置した約 100 t の観賞用大型水槽と合わせて、商業施設としての驚きとリゾート感をさらに強める工夫を施した。グランドスクウェアから西側は、ゆったりとした通路幅とレストスペースを持つダイナミックな吹き抜け空間で構成し、通路部分の上階をセットバックさせることによって、より開放感あふれるつくりとしている。また吹抜け上部の北側をハイサイドライトとすることで、沖縄の強い日差しから守りながらやわらかな光に包まれる空間とした。グランドスクウェアから東側は、中城湾への眺望を重視した構成とした。接地階には外構と一体となったライカムビレッジを個別配置し、沖縄の自然環境を取り入れた空間を目指した。



表 3-13 建物概要

名称	イオンモール沖縄ライカム
所在地	沖縄県中頭郡北中城村
建築主	イオンモール（株）
敷地面積	173,935 m ²
建築面積	44,866 m ²
延床面積	162,017 m ²
構造	鉄骨造 一部 C F T 造
階数	地上 4 階 地下 1 階
基本計画	LAGUARDA.LOW ARCHITECTS
監修	（株）RYU・建設コンサルタント
設計監理	（株）竹中工務店
施工	竹中工務店・国場組・竹中土木・特定建設工事企業体 [電気]（株）九電工・（株）きんでん [衛生]（株）九電工 [空調]（株）九電工
工期	2014 年 3 月～2015 年 3 月

②熱源システム計画

熱源システムは、LNG サテライトインフラの活用による省 CO₂ と防災機能を兼備したシステムを目指した。

1) 沖縄県初となるガスコージェネレーションの導入

従来、沖縄県は石炭火力を中心とした電源構成であったが、平成 24 年より LNG を輸入し発電用として活用している。本プロジェクトではこの天然ガスを活用し沖縄県初となる天然ガスコージェネレーション（400kW×2 台）を導入した。天然ガスは、沖縄電力吉の浦火力発電所の LNG タンクから LNG ローリー車によりサテライト基地へ輸送し備蓄し、気化後導管網を活用して熱源設備へ供給している。



2) 沖縄特性を考慮した省 CO₂ 熱源システム

導入した熱源システムは、商業施設の負荷特性及び沖縄県の気候特性を考慮したものとなっており、以下にその特徴を述べる。

省 CO₂ 及び BCP 対応のため導入する天然ガスコージェネの排熱を最大限利用可能な排熱投入型吸収式冷温水機（ジェネリンク）と、業界最高クラスの高効率電動ターボ冷凍機の組み合わせにより、各機器の長所を活かしたベストミックス空調熱源を構築した。



熱源の運転制御にあたっては、従来の熱用による増減段制御とは異なり、機器の特性を最大限活かせるよう、外気湿球温度（W.B.）と空調負荷を踏まえた最適運転ポイントをマトリクス化し、ポンプ・冷却塔の補機動力まで含めたシステム COP の高効率化を図る運転制御システムを導入し、省 CO₂ を図るよう配慮した。

沖縄地区は気候上年間冷房が必要となるため、小負荷時に運転・停止の頻発が想定される。これを防止するため、ターボ冷凍機はほぼ『0』までの小負荷対応が可能となるよう仕様変更を行った。



3) 沖縄の気候・水環境に配慮した冷却水管理技術

沖縄地区は高温多湿気候かつ高硬度の水質環境であり、空調用エネルギーの割合が高くなる傾向にある。この気候特性による弊害を抑制することが省 CO₂ につながる事となる。具体的には以下の技術を導入する。

1. 冷却塔ファンの発停は冷凍機下限度付近での設定値固定が一般的である。しかし、外気湿球温度（W.B.）の高い沖縄地区においては、従来制御ではファンが無駄な運転をするため、W.B. に応じて冷却水温度の目標値を変動させる運転制御システムを導入した。
2. 高温多湿な環境により、冷却水系にスライムがより多く発生し、効率の低下が予想される。これを防止するため、非塩素系薬剤による高度処理を実施し、スライム発生抑制と相反する冷凍機熱交換器の腐蝕を低減することにより、長期に渡り熱交換器の初期性能維持を図った。
3. 冷凍機熱交換器内の汚れ具合を判断する目安として、冷媒凝縮温度と冷却水出口温度との差の見える化を図った。これにより適切適宜なメンテナンスをおこなうことが可能となり、熱交換器の汚れの進行を防止し、初期性能維持を図ることができる。

4) 商業施設の省 CO₂ 効果

省 CO₂ 対策の導入により、エネルギーシステム全体で、導入前で年間 5,566 t-CO₂ の排出量が、3,086 t-CO₂ に削減でき、44.5%の削減効果が見込めている。特にガスコージェネレーション導入、コージェネ排熱利用による効果が削減量の 67%と 2/3 を占めている。本土と異なり石炭火力をベースとする沖縄県での特性が反映されたものであるが、汎用性の高い省 CO₂ 対策として沖縄県内での今後の導入促進が期待できるシステムとなっている

表 3-14 空調設備概要

[主要熱源]
ターボ冷凍機 830RT×3 台
排熱利用冷温水発生機 500RT×1 台
[空調方式]
外調機＋ファンコイル
外調機＋EHP

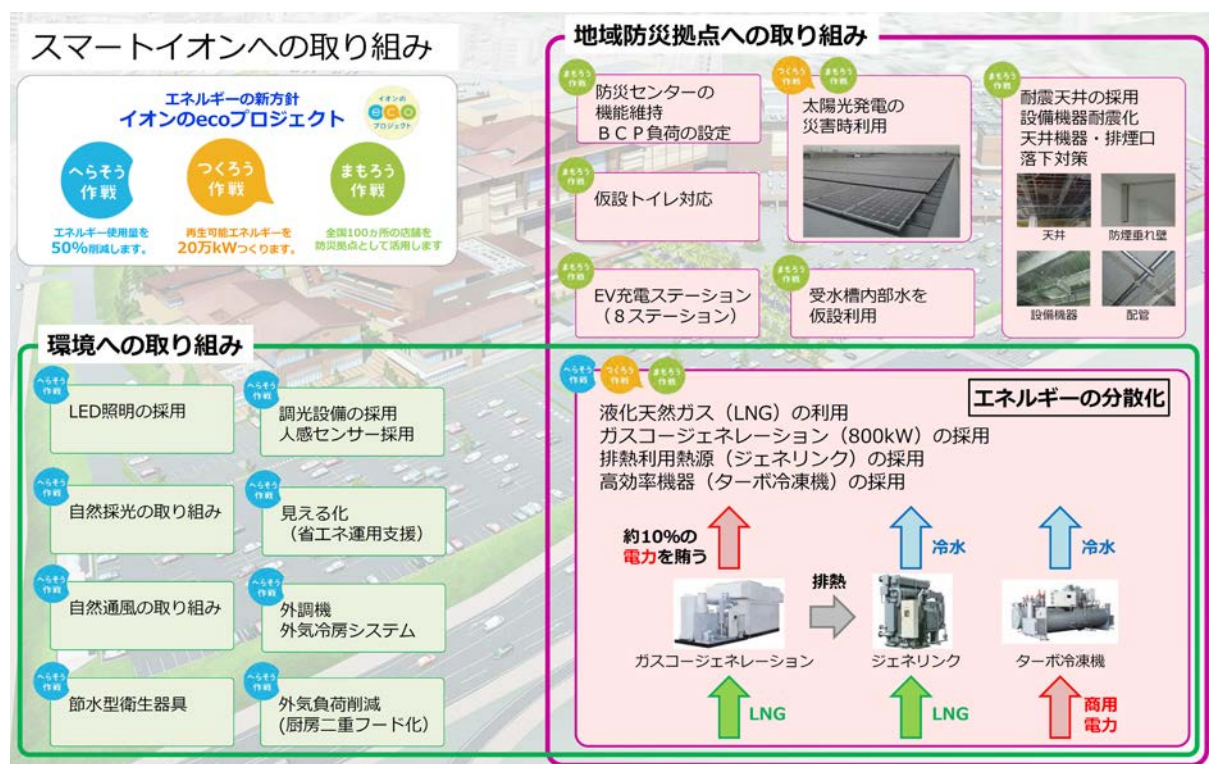


図 3-37 設備計画

(3) 福山市まなびの館ローズコム

①建築計画

福山市まなびの館ローズコムは、市内中心部のかつて福山藩校「誠之館」が置かれた中央公園地区に位置し、「市民の生涯学習及び交流の拠点」となる施設として計画された。市民に開かれた地域図書館としてのネットワーク機能、市民の学習ニーズに対応できる生涯学習機能、地域の



情報拠点としての機能を有し、図書館・公民館・子育て支援・放送大学など、多様な機能を集約した複合施設として、「永く市民に愛される合理的で機能性に優れた建築・設備計画」、「公園や周辺地域ならびに地球環境と調和し、快適で省エネルギーな地域コミュニティ施設の計画」とすることを基本方針とした。

表 3-15 に建物概要を示す。

表 3-15 建物概要

名称	福山市まなびの館 ローズコム
所在地	広島県福山市霞町
建築主	福山市
敷地面積	4,837.89 m ²
建築面積	3,710.13 m ²
延床面積	14,096.72 m ²
構造	SRC 造
階数	地上 4 階、地下 1 階、塔屋 1 階
設計	日建設計
施工	建築：戸田建設・占部建設工業・山陽土建工業 機械：高砂熱学工業・三幸社・丸福設備工業 電気：中電工・タツミ電工・坂本電気工事
工期	2006 年 6 月～2008 年 3 月

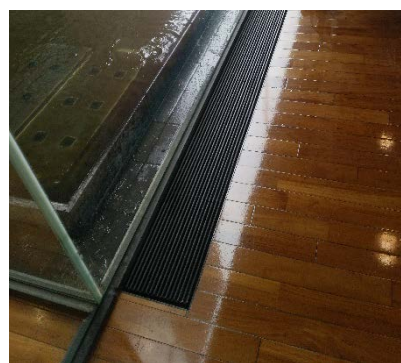
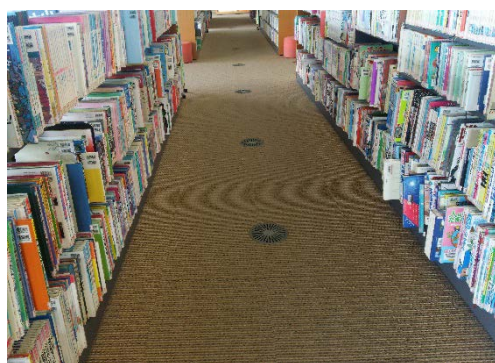


図 3-38 空調床吹き出し

②自然エネルギー利用・負荷削減手法

本建物では、閲覧室大空間の自然換気システムとして、公園に面した窓際の自動制御により開閉する換気口から自然換気を取り入れ、閲覧室中央吹抜けを介して、頂部トップライトを兼用した熱溜り空間から排気する、一連の換気経路を形成し、建築と一体となった自然換気システムを計画した。



図 3-39 窓際自然換気口



図 3-40 頂部トップライト

水盤下部に躯体を利用した地中トレンチを設置し、総延長 100m のクールヒートチューブとしている。盛夏や真冬の空調取り入れ外気を通すことで、外気の予冷・予熱に地中熱を活用する計画としている。

水景について、公園と閲覧室との間に幅 12m、約 1,200 m²の水盤を設け、環境調整機能を持たせている。水盤を渡る際に冷却された外気を自然換気やクールチューブへ取り入れて省エネルギーに資する計画とし、また閲覧室と公園との間に適度な距離感を保つ仕掛けと位置づけ、静粛な落ち着いたある読書環境を計画した。



図 3-41 水盤と庇

長さ 2.7mの大庇を各階に設け、年間を通じて開館時間にブラインドを下ろすことなく直達日射を遮る計画としている。それと同時に、大庇により拡散光を室奥へ導く計画としており、季節を問わず公園との一体感を得る効果と、室内の熱・光環境を穏やかに調整する省エネルギー機能とを両立させる計画となっている。

③周辺水景と共生する水盤計画・水の有効利用計画

1)周辺水景と共生する水盤計画

本施設に設けた水盤は、市民の憩いの場である中央公園に面して敷地周辺の道三川の親水遊歩道と融合した水景設備として計画された。公園の既存井戸から道三川へ補給される井戸水を一旦、水盤へ流し、オーバーフローさせるかたちで道三川へ放流する計画とした。これにより井水の恒温性を活かし、盛夏には公園の緑との相乗効果により涼感を提供することを意図した。夏期に気温測定を行なった結果、8月7日の日中において、アスファルト舗装の東側・西側道路気温と比較して、公園内の緑陰である植え込み内の気温は 2℃程度低く、また水盤に面したデッキ床上の気温は周辺街路の気温よりも 6℃程度低い値を示し、暑熱環境の緩和が見られた。

2)水盤を渡る際の外気冷却効果

井戸水は夏期に外気より低温であることを利用し、図書館閲覧室への自然換気取入れ、ならびにクールチューブへの外気取入れ部を、水盤に面して設けることで、水盤を渡る際に外気が冷やされる、冷却効果を意図した。実測の結果夏期に 1～2℃の気温低下効果が認められた。

表 3-16 に空調設備概要を示す。

表 3-16 空調設備概要

[主要熱源]	
空冷ヒートポンプ氷蓄熱システム	376kW×1 台 氷蓄熱槽 冷熱 8,117MJ
ガス焚吸収式冷温水発生機	317kW×2 台

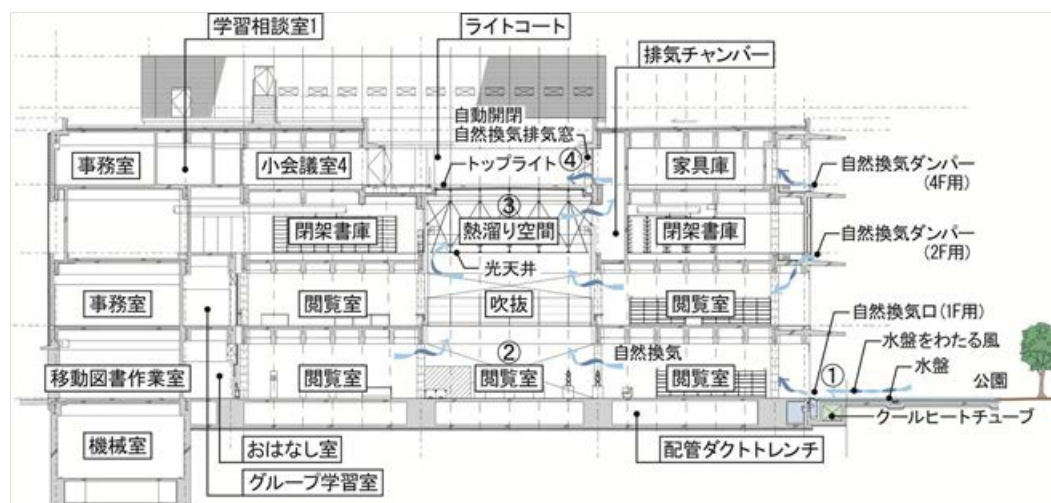


図 3-42 設備計画

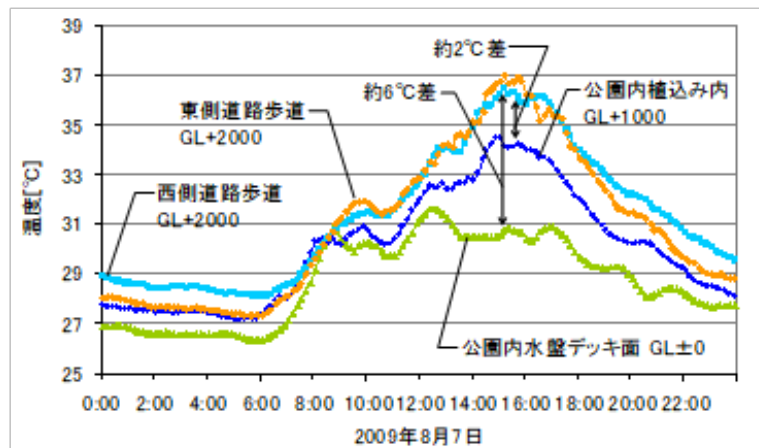


図 3-43 建物外部周辺での夏期気温変動

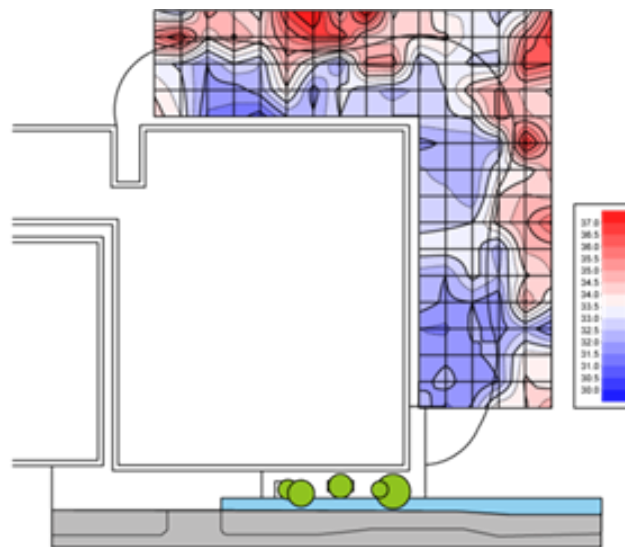


図 3-44 WL+100 の温度分布 (8/20 12:00)

4. 美術館へのデシカント空調の適用条件の設定

4-1. 美術館へのデシカント空調適用条件

大阪にある美術館の空調設備を想定して、デシカント空調機システム方式と従来システム方式のエネルギー性能を検討することを目的として、空調条件を設定した。

表 4-1 に空調適用条件、図 4-1 に空調ダクト系統図を示す。屋上に外調機を設置し、展示室及び収蔵庫用の空調機に外気を送気するフローを想定した。外気量は、展示室と収蔵庫の人員密度と床面積から 48,000 m³/h と想定した。

表 4-1 空調適用条件

項目		条件		備考
外気温湿度（大阪）		夏季	35.3℃DB、53.1%RH	
		冬季	2.2℃DB、48.8%RH	
空調方式		外調機＋空調機		
外調機	吹出温湿度	夏季（6～10月）	24℃DB、55%RH	屋外設置
		中間期（4・5・11月）	23℃DB、55%RH	
		冬季（12～3月）	22℃DB、55%RH	
	風量	12,000m ³ /h　×4台		※展示室 0.4人/m ² 、収蔵庫 0.05人/m ² 、30m ³ /h・人として算出

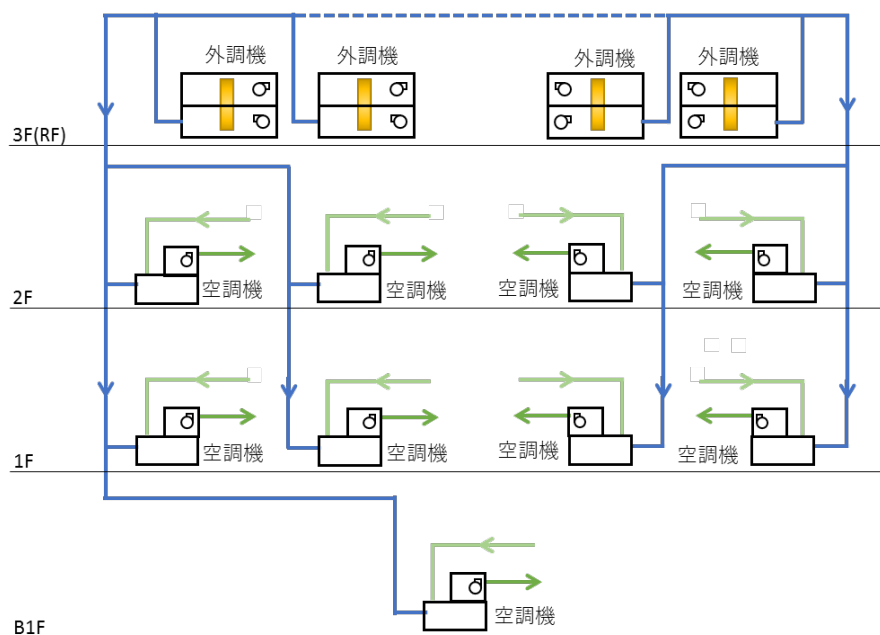


図 4-1 空調ダクト系統図

5. 美術館へのデシカント空調の導入検討

5-1. デシカント空調の導入検討

デシカント空調の美術館への適用を想定して通常の空調方式とデシカント空調の導入を検討した。また、熱源方式としては通常の熱源方式と BCP^{注1)}を考慮した熱源方式を検討した。

検討した熱源方式と空調方式の組合せを検討ケース一覧として表 5-1 に示す。熱源方式は、通常の設計で想定される方式として電気とガスのベストミックス熱源、及び BCP に配慮した方式としてガスコージェネレーション（CGS）の導入を設定した。CGS からの排熱は、デシカント空調の再生用加熱源として有効利用するとともに、発電分は低圧の照明コンセント等への利用を想定した。排熱の有効利用量から CGS 容量を設定することとし、小容量のマイクロ CGS を選定した。なお、マイクロ CGS は、低圧ガス利用となるため、大地震時に供給停止の可能性があることに注意が必要である。空調方式は、通常の設計で想定される空調方式として除湿再熱制御、及びデシカント空調方式を設定した。

想定した空調運転時間を表 5-2 に示す。美術館を想定し、8～17 時の運用で、週 1 日の休館があるものとした。運用時間以外は、熱源及び空調とも停止とした。

各検討ケースにおける空調配管系統図及び主要機器リストを次頁以降の図 5-1～5-4 及び表 5-3～5-6 に示す。熱源容量は、外調機による外気処理負荷及び空調機による室内処理負荷の合計から想定した。

BCP に配慮した熱源方式による地下 1 階・1 階・3 階の平面配置図を図 5-5～5-7 に示す。両熱源方式においても、既存の熱源機械室、冷却塔置場、室外機置場、屋上への設置により、スペース上の問題がないことを確認した。

除湿再熱制御の外調機姿図を図 5-8、デシカント外調機姿図を図 5-9 に示す。通常の外調機と比べてデシカント外調機の寸法は大きい、屋上への設置は可能であることを確認した。

注 1) BCP：事業継続計画（Business Continuity Plan）。自然災害などへの対応を定めた計画。

表 5-1 検討ケース一覧

ケース	熱源方式	空調方式
A-1	【通常想定される熱源方式】 ・ガス吸収式冷温水機 ・空冷ヒートポンプチラー	【通常想定される空調方式】 ・外調機（除湿再熱制御）※1 ・室内側空調機
A-2	【通常想定される熱源方式】 ・ガス吸収式冷温水機 ・空冷ヒートポンプチラー	【デシカント空調方式】 ・デシカント外調機※2 ・室内側空調機
B-1	【BCP に配慮した熱源方式】 ・ガスコージェネ（マイクロ） ・ガス吸収式冷温水機 ・空冷ヒートポンプチラー	【通常想定される空調方式】 ・外調機（除湿再熱制御）※1 ・室内側空調機
B-2	【BCP に配慮した熱源方式】 ・ガスコージェネ（マイクロ） ・ガス吸収式冷温水機 ・空冷ヒートポンプチラー	【デシカント空調方式】 ・デシカント外調機※2 ・室内側空調機

※1 冷水+温水の2コイル
給気温度制御 外気露点温度による冷却除湿・加湿制御
気化式加湿 冷水温度：7→14℃ 温水温度：45→38℃

※2 デシカントローター方式
冷水温度：7→14℃
温水温度：50→43℃

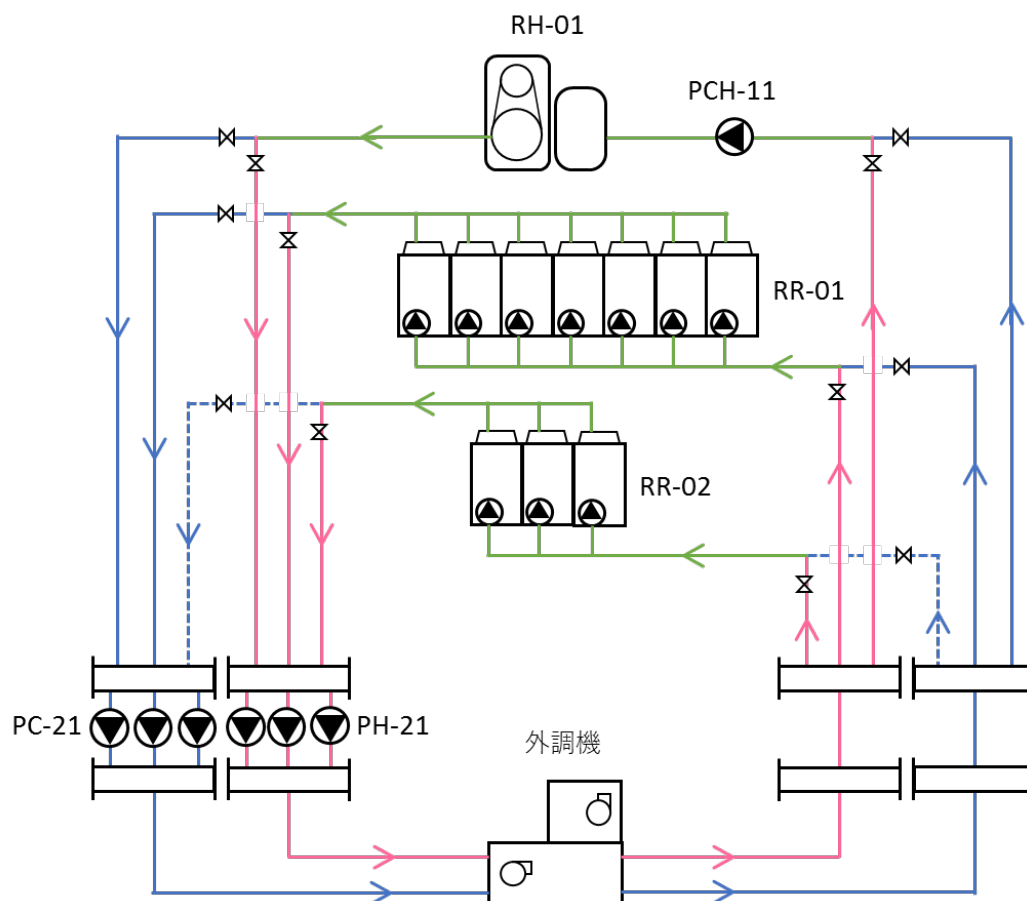
表 5-2 空調運転時間

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
運転 日数	23	24	27	25	27	26	26	27	26	26	26	23

運転時間 8 : 00～17 : 00

運転日数 306 日/年（休館：週 1 日及び年末年始）

→ 運転時間 2,754 時間/年



熱源運転方法

凡例 冷：冷房、温：暖房、番号は運転順位

記号	名称	夏季（通常）	夏季（ピーク）	中間期	冬季
		6・10月	7～9月	4・5・11月	12～3月
RH-01	ガス吸収式冷温水機	冷 2	冷 1	—	温 1
RR-01	空冷ヒートポンプチラー	冷 1	冷 2	冷 1	温 2
RR-02	空冷ヒートポンプチラー	温 1	温 1	温 1	温 3

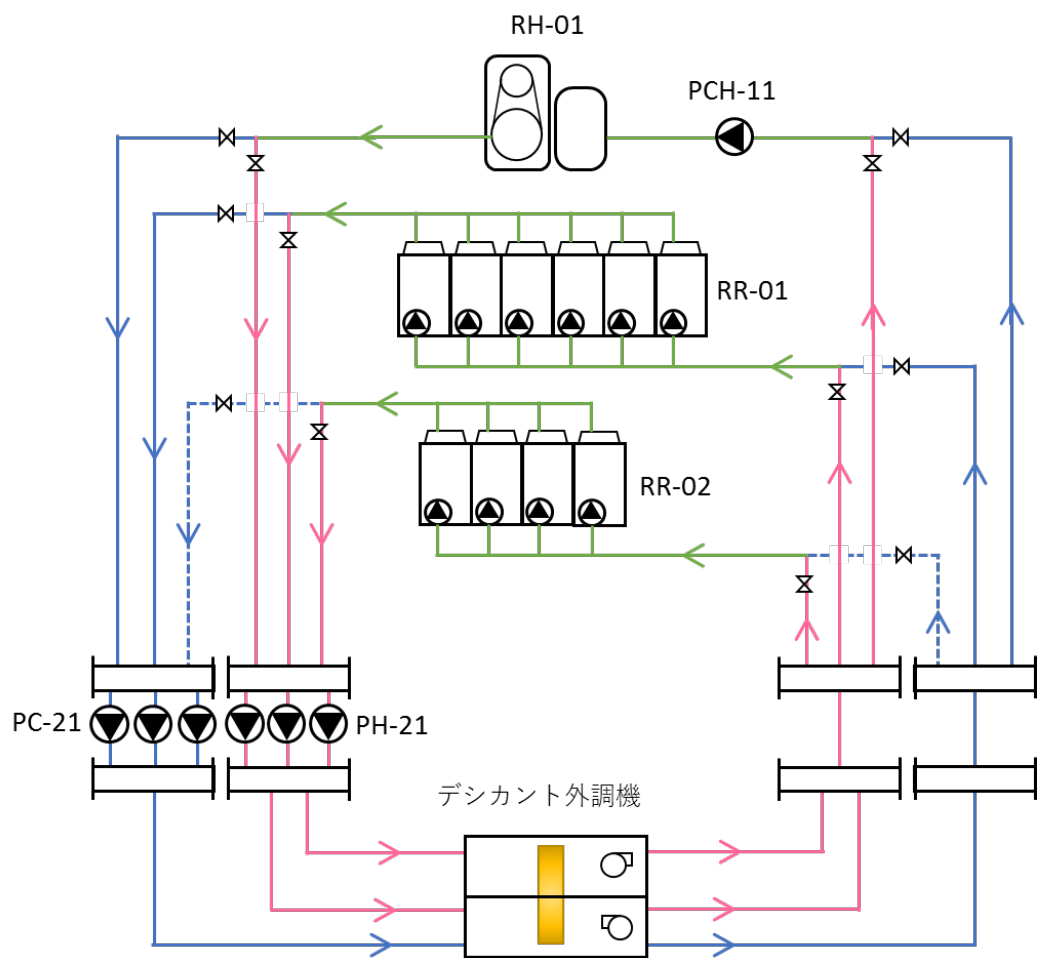
図 5-1 空調配管系統図（検討ケース：A-1）

表 5-3 主要機器リスト（検討ケース：A-1）

記号	名称	仕様	台数
RH-01	吸収式冷温水機	ガス焚 二重効用 高効率・高期間効率型 180RT 冷却能力 633kW 加熱能力 424kW 冷水量 1,296ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 868ℓ/min (38℃→45℃) 燃料消費量 39.0Nm ³ /h 消費電力 5.1kW (冷却) 4.3kW (加熱)	1
RR-01	空冷 ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×7 ポンプ内蔵型 冷却能力 595kW 加熱能力 512kW 冷水量 1,218ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 1,048ℓ/min (38℃→45℃) 消費電力 93.1kW (冷却) 147.7kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×7 圧縮機 5.5kW×4 ×7 送風機 1.0kW×4 ×7 クランクケースヒーター 37W×4 ×7	1
RR-02	空冷 ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×3 ポンプ内蔵型 冷却能力 255kW 加熱能力 219kW 冷水量 522ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 449ℓ/min (38℃→45℃) 消費電力 39.9kW (冷却) 63.3kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×3 圧縮機 5.5kW×4 ×3 送風機 1.0kW×4 ×3 クランクケースヒーター 37W×4 ×3	1
CT-01	冷却塔	開放式 二重効用吸収式用 冷却能力 1,177kW 冷水量 3,068ℓ/min (37.5℃→32℃) 送風機 3.7kW×2	1
PCD-11	冷却水ポンプ	3,068ℓ/min × 25m 定格電力 18.0kW (INV)	1
PCH-11	冷温水一次ポンプ	1,296ℓ/min × 20m 定格電力 7.5kW (INV)	1
PC-21	冷水二次ポンプ	790ℓ/min × 30m 定格電力 7.5kW (INV)	3
PH-21	温水二次ポンプ	510ℓ/min × 30m 定格電力 5.5kW (INV)	3

※空冷ヒートポンプチラー外気条件 冷却：35°CDB,24°CWB 加熱：2°CDB,1°CWB

名称	仕様	台数
外調機	冷房能力 174kW 冷水量 357ℓ/min (7℃→14℃) 暖房能力 151kW 温水量 310ℓ/min (45℃→38℃) (再熱能力 36kW) 加湿能力 100kg/h (水気化式加湿器) 給気風量 12,000m ³ /h 機外静圧 200Pa ファン 5.5kW 還気風量 12,000m ³ /h 機外静圧 200Pa ファン 3.7kW	4



熱源運転方法

凡例 冷：冷房、温：暖房、番号は運転順位

記号	名称	夏季（通常）	夏季（ピーク）	中間期	冬季
		6・10月	7～9月	4・5・11月	12～3月
RH-01	ガス吸収式冷温水機	冷 2	冷 1	－	温 1
RR-01	空冷ヒートポンプチラー	冷 1	冷 2	冷 1	温 2
RR-02	空冷ヒートポンプチラー	温 1	温 1	温 1	温 3

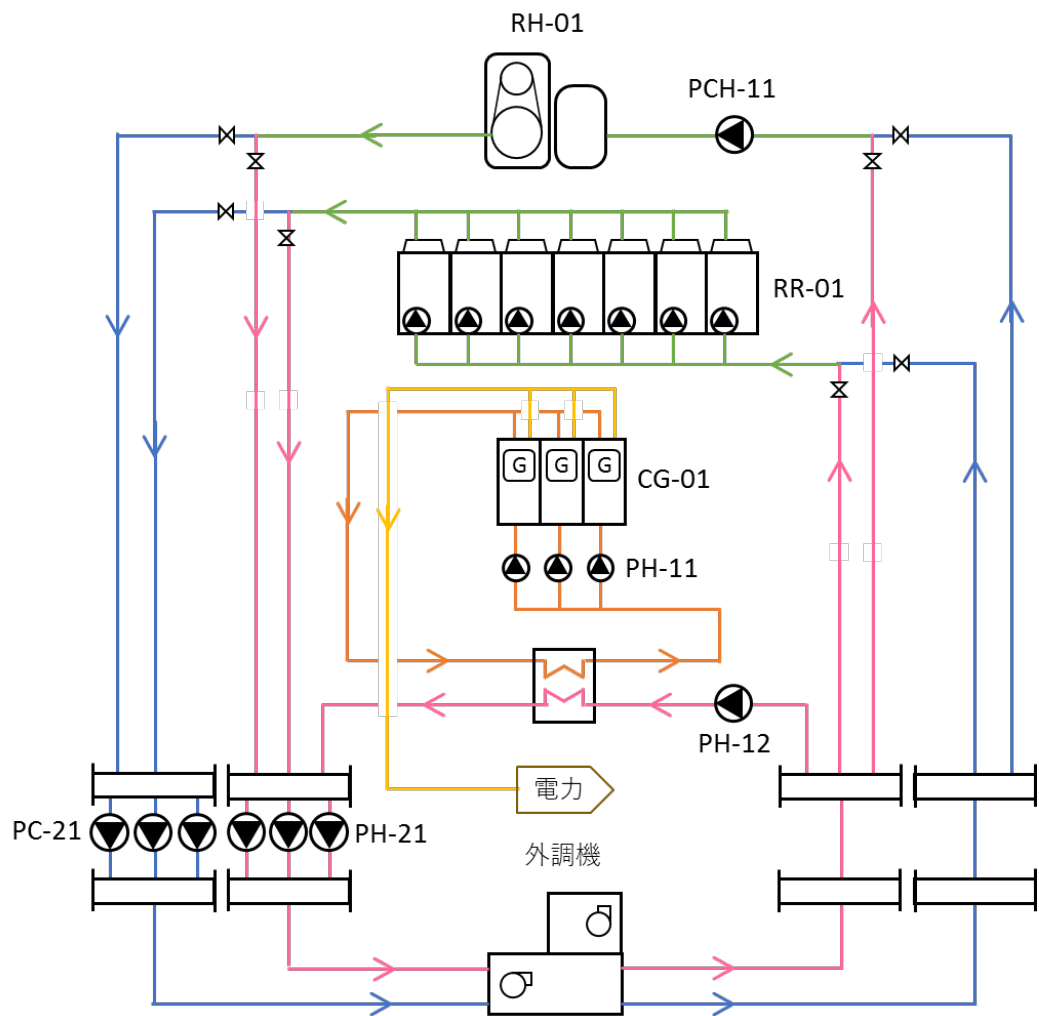
図 5-2 空調配管系統図（検討ケース：A－2）

表 5-4 主要機器リスト（検討ケース：A-2）

記号	名称	仕様	台数
RH-01	吸収式冷温水機	ガス焚 二重効用 高効率・高期間効率型 180RT 冷却能力 633kW 加熱能力 424kW 冷水量 1,296ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 868ℓ/min (43℃→50℃) 燃料消費量 39.0Nm ³ /h 消費電力 5.1kW (冷却) 4.3kW (加熱)	1
RR-01	空冷ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×6 ポンプ内蔵型 冷却能力 510kW 加熱能力 432kW 冷水量 1,044ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 885ℓ/min (43℃→50℃) 消費電力 79.8kW (冷却) 137.4kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×6 圧縮機 5.5kW×4 ×6 送風機 1.0kW×4 ×6 クランクケースヒーター 37W×4 ×6	1
RR-02	空冷ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×4 ポンプ内蔵型 冷却能力 340kW 加熱能力 288kW 冷水量 696ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 590ℓ/min (43℃→50℃) 消費電力 53.2kW (冷却) 96.1kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×4 圧縮機 5.5kW×4 ×4 送風機 1.0kW×4 ×4 クランクケースヒーター 37W×4 ×4	1
CT-01	冷却塔	開放式 二重効用吸収式用 冷却能力 1,177kW 冷水量 3,068ℓ/min (37.5℃→32℃) 送風機 3.7kW×2	1
PCD-11	冷却水ポンプ	3,068ℓ/min × 25m × 18.0kW (INV)	1
PCH-11	冷温水一次ポンプ	1,296ℓ/min × 20m × 7.5kW (INV)	1
PC-21	冷水二次ポンプ	750ℓ/min × 30m × 7.5kW (INV)	3
PH-21	温水二次ポンプ	490ℓ/min × 30m × 5.5kW (INV)	3

※空冷ヒートポンプチラー外気条件 冷却：35°CDB,24°CWB 加熱：2°CDB,1°CWB

名称	仕様	台数
デシカント外調機	予冷能力 118kW 冷水量 242ℓ/min (7℃→14℃) 冷房能力 47kW 冷水量 97ℓ/min (7℃→14℃) 暖房能力 151kW 温水量 310ℓ/min (50℃→43℃) 再生能力 80kW 温水量 164ℓ/min (50℃→43℃) 加湿能力 100kg/h (水気化式加湿器) 給気風量 12,000m ³ /h 機外静圧 200Pa ファン 7.5kW 排気風量 12,000m ³ /h 機外静圧 200Pa ファン 5.5kW	4



熱源運転方法

凡例 冷：冷房、温：暖房、番号は運転順位

記号	名称	夏季（通常）	夏季（ピーク）	中間期	冬季
		6・10月	7～9月	4・5・11月	12～3月
RH-01	ガス吸収式冷温水機	冷 2	冷 1	—	温 2
RR-01	空冷ヒートポンプチャラー	冷 1	冷 2	冷 1	温 3
CG-01	マイクロコージェネレーション	温 1	温 1	温 1	温 1

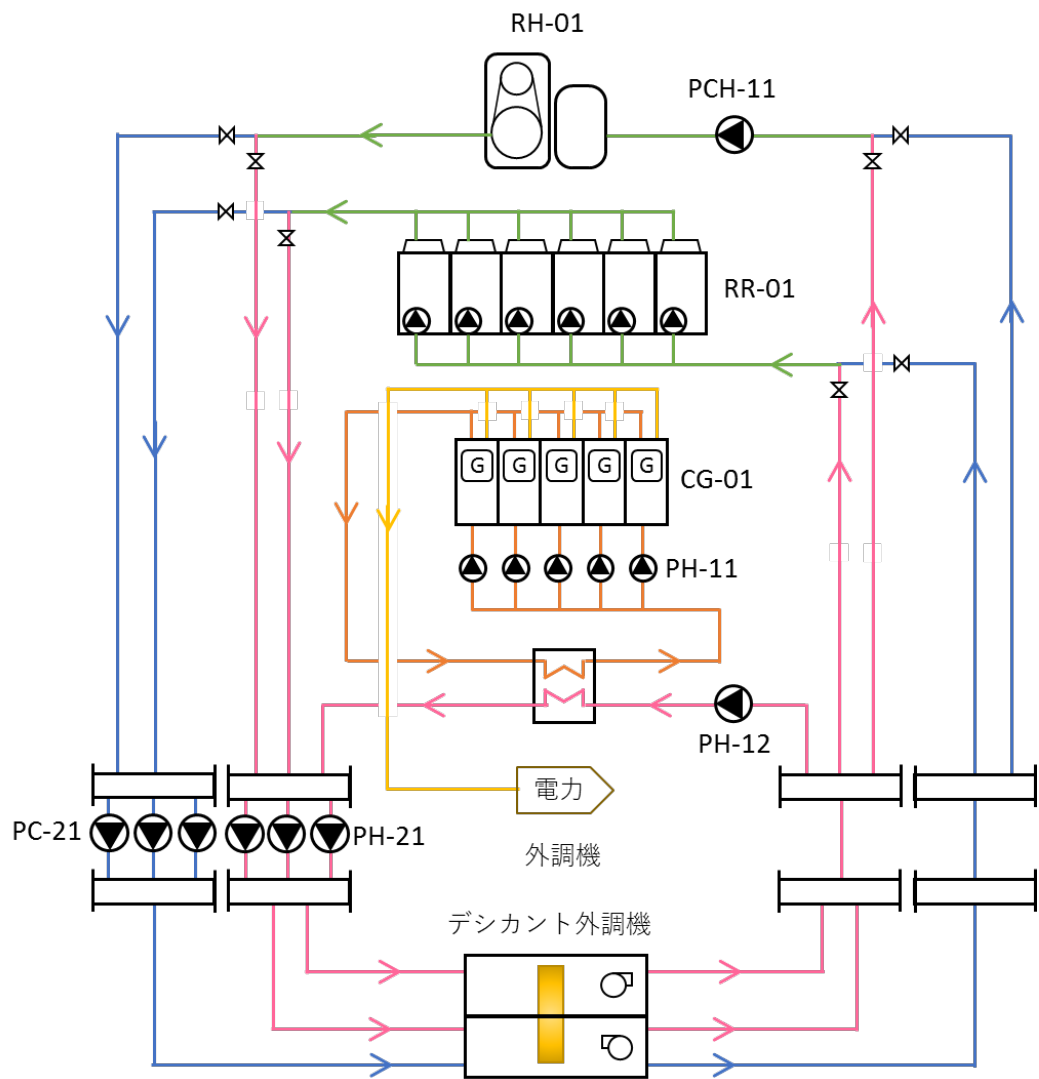
図 5-3 空調配管系統図（検討ケース：B－1）

表 5-5 主要機器リスト（検討ケース：B-1）

記号	名称	仕様	台数
RH-01	吸収式冷温水機	ガス焚 二重効用 高効率・高期間効率型 180RT 冷却能力 633kW 加熱能力 424kW 冷水量 1,296ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 868ℓ/min (38℃→45℃) 燃料消費量 39.0Nm ³ /h 消費電力 5.1kW (冷却) 4.3kW (加熱)	1
RR-01	空冷ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×7 ポンプ内蔵型 冷却能力 595kW 加熱能力 512kW 冷水量 1,218ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 1,048ℓ/min (38℃→45℃) 消費電力 93.1kW (冷却) 147.7kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×7 圧縮機 5.5kW×4 ×7 送風機 1.0kW×4 ×7 クランクケースヒーター 37W×4 ×7	1
CG-01	マイクロコージェ ネレーション	高効率ガスエンジン 35kW×3 定格電力出力 105kW 排熱回収量 170.7kW 発電効率 33.5% 熱回収率 54.5% 温水量 163ℓ/min ×3 (75℃→80℃) 燃料消費量 9.3Nm ³ /h ×3 消費電力 0.97kW ×3	1
CT-01	冷却塔	開放式 二重効用吸収式用 冷却能力 1,177kW 冷水量 3,068ℓ/min (37.5℃→32℃) 送風機 3.7kW×2	1
PCD-11	冷却水ポンプ	3,068ℓ/min × 25m × 18.0kW (INV)	1
PCH-11	冷温水一次ポンプ	1,296ℓ/min × 20m × 7.5kW (INV)	1
PH-11	温水一次ポンプ	163ℓ/min × 20m × 1.5kW	3
PH-12	温水一次ポンプ	350ℓ/min × 20m × 2.2kW (INV)	1
PC-21	冷水二次ポンプ	790ℓ/min × 30m × 7.5kW (INV)	3
PH-21	温水二次ポンプ	510ℓ/min × 30m × 5.5kW (INV)	3

※空冷ヒートポンプチラー外気条件 冷却：35°CDB,24°CWB 加熱：2°CDB,1°CWB

名称	仕様	台数
外調機	冷房能力 174kW 冷水量 357ℓ/min (7℃→14℃) 暖房能力 151kW 温水量 310ℓ/min (45℃→38℃) (再熱能力 36kW) 加湿能力 100kg/h (水気化式加湿器) 給気風量 12,000m ³ /h 機外静圧 200Pa ファン 5.5kW 還気風量 12,000m ³ /h 機外静圧 200Pa ファン 3.7kW	4



熱源運転方法

凡例 冷：冷房、温：暖房、番号は運転順位

記号	名称	夏季（通常）	夏季（ピーク）	中間期	冬季
		6・10月	7～9月	4・5・11月	12～3月
RH-01	ガス吸収式冷温水機	冷 2	冷 1	－	温 2
RR-01	空冷ヒートポンプチラー	冷 1	冷 2	冷 1	温 3
CG-01	マイクロコージェネレーション	温 1	温 1	温 1	温 1

図 5-4 空調配管系統図（検討ケース：B－2）

表 5-6 主要機器リスト（検討ケース：B-2）

記号	名称	仕様	台数
RH-01	吸収式冷温水機	ガス焚 二重効用 高効率・高期間効率型 180RT 冷却能力 633kW 加熱能力 424kW 冷水量 1,296ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 868ℓ/min (43℃→50℃) 燃料消費量 39.0Nm ³ /h 消費電力 5.1kW (冷却) 4.3kW (加熱)	1
RR-01	空冷ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×6 ポンプ内蔵型 冷却能力 510kW 加熱能力 432kW 冷水量 1,044ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 885ℓ/min (43℃→50℃) 消費電力 79.8kW (冷却) 137.4kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×6 圧縮機 5.5kW×4 ×6 送風機 1.0kW×4 ×6 クランクケースヒーター 37W×4 ×6	1
CG-01	マイクロコージェ ネレーション	高効率ガスエンジン 35kW×5 定格電力出力 175kW 排熱回収量 284.5kW 発電効率 33.5% 熱回収率 54.5% 温水量 163ℓ/min ×5 (75℃→80℃) 燃料消費量 9.3Nm ³ /h ×5 消費電力 0.97kW ×5	1
CT-01	冷却塔	開放式 二重効用吸収式用 冷却能力 1,177kW 冷水量 3,068ℓ/min (37.5℃→32℃) 送風機 3.7kW×2	1
PCD-11	冷却水ポンプ	3,068ℓ/min × 25m × 18.0kW (INV)	1
PCH-11	冷温水一次ポンプ	1,296ℓ/min × 20m × 7.5kW (INV)	1
PH-11	温水一次ポンプ	163ℓ/min × 20m × 1.5kW	5
PH-12	温水一次ポンプ	583ℓ/min × 20m × 3.7kW (INV)	1
PC-21	冷水二次ポンプ	750ℓ/min × 30m × 7.5kW (INV)	3
PH-21	温水二次ポンプ	490ℓ/min × 30m × 5.5kW (INV)	3

※空冷ヒートポンプチラー外気条件 冷却：35°CDB,24°CWB 加熱：2°CDB,1°CWB

名称	仕様	台数
デシカント外調機	予冷能力 118kW 冷水量 242ℓ/min (7℃→14℃) 冷房能力 47kW 冷水量 97ℓ/min (7℃→14℃) 暖房能力 151kW 温水量 310ℓ/min (50℃→43℃) 再生能力 80kW 温水量 164ℓ/min (50℃→43℃) 加湿能力 100kg/h (水気化式加湿器) 給気風量 12,000m ³ /h 機外静圧 200Pa ファン 7.5kW 排気風量 12,000m ³ /h 機外静圧 200Pa ファン 5.5kW	4

[illegible]

B 1 階 平面図

Architectural floor plan of the 1st floor. The plan shows a large central hall (中央ホール) surrounded by various rooms and corridors. Key areas include: 第12号教室 (Room 12), 第11号教室 (Room 11), 第10号教室 (Room 10), 第9号教室 (Room 9), 第8号教室 (Room 8), 第7号教室 (Room 7), 第6号教室 (Room 6), 第5号教室 (Room 5), 第4号教室 (Room 4), 第3号教室 (Room 3), 第2号教室 (Room 2), 第1号教室 (Room 1), 第0号教室 (Room 0), 第-1号教室 (Room -1), 第-2号教室 (Room -2), 第-3号教室 (Room -3), 第-4号教室 (Room -4), 第-5号教室 (Room -5), 第-6号教室 (Room -6), 第-7号教室 (Room -7), 第-8号教室 (Room -8), 第-9号教室 (Room -9), 第-10号教室 (Room -10), 第-11号教室 (Room -11), 第-12号教室 (Room -12). Other labeled areas include: 中央ホール (Central Hall), 美術ホール (Art Hall), 音楽ホール (Music Hall), 体育館 (Gymnasium), 図書室 (Library), 視聴覚室 (Audio-Visual Room), 実験室 (Laboratory), 工作室 (Workshop), 演習室 (Seminar Room), 会議室 (Meeting Room), 研修室 (Training Room), 展示室 (Exhibition Room), 多目的室 (Multi-purpose Room), 大ホール (Grand Hall), 小ホール (Small Hall), 中ホール (Middle Hall), 大階段 (Grand Staircase), 小階段 (Small Staircase), 中階段 (Middle Staircase), 大エレベーター (Grand Elevator), 小エレベーター (Small Elevator), 中エレベーター (Middle Elevator), 大ロビー (Grand Lobby), 小ロビー (Small Lobby), 中ロビー (Middle Lobby), 大入り口 (Grand Entrance), 小入り口 (Small Entrance), 中入り口 (Middle Entrance), 大出口 (Grand Exit), 小出口 (Small Exit), 中出口 (Middle Exit). The plan also shows various corridors (廊下), restrooms (トイレ), and service areas (サービスエリア). The building is surrounded by a parking lot (駐車場) and a road (道路). A north arrow is located in the top right corner.

図 5-6 1 階平面図

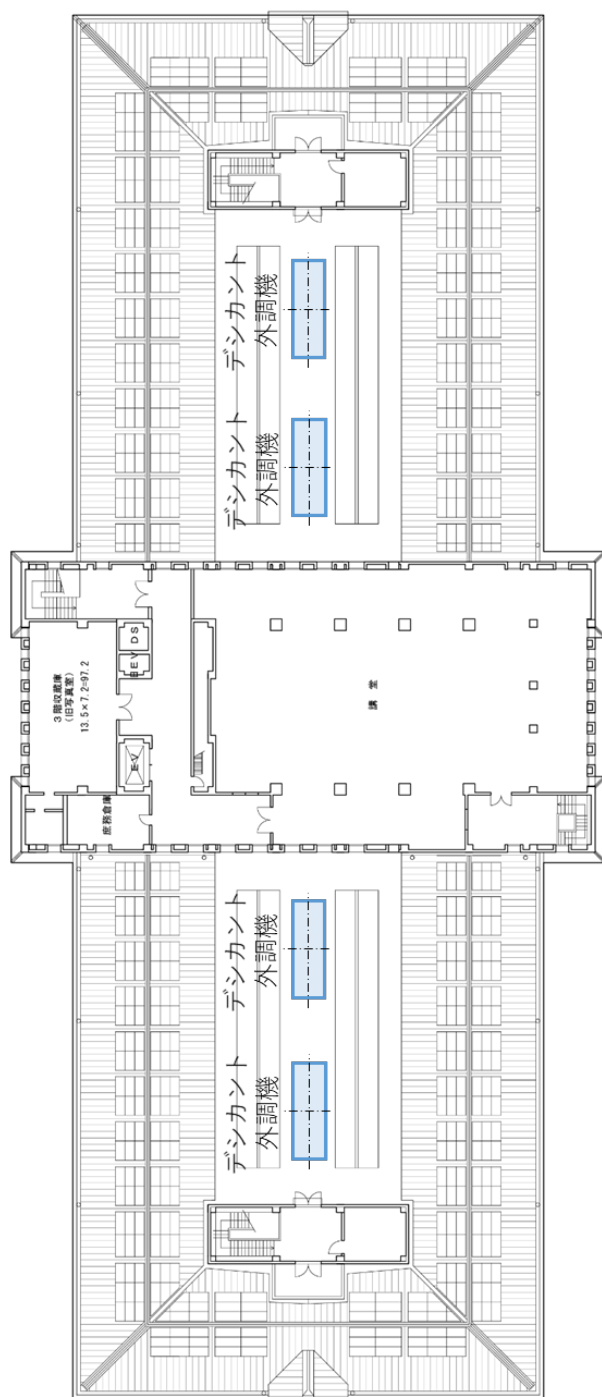
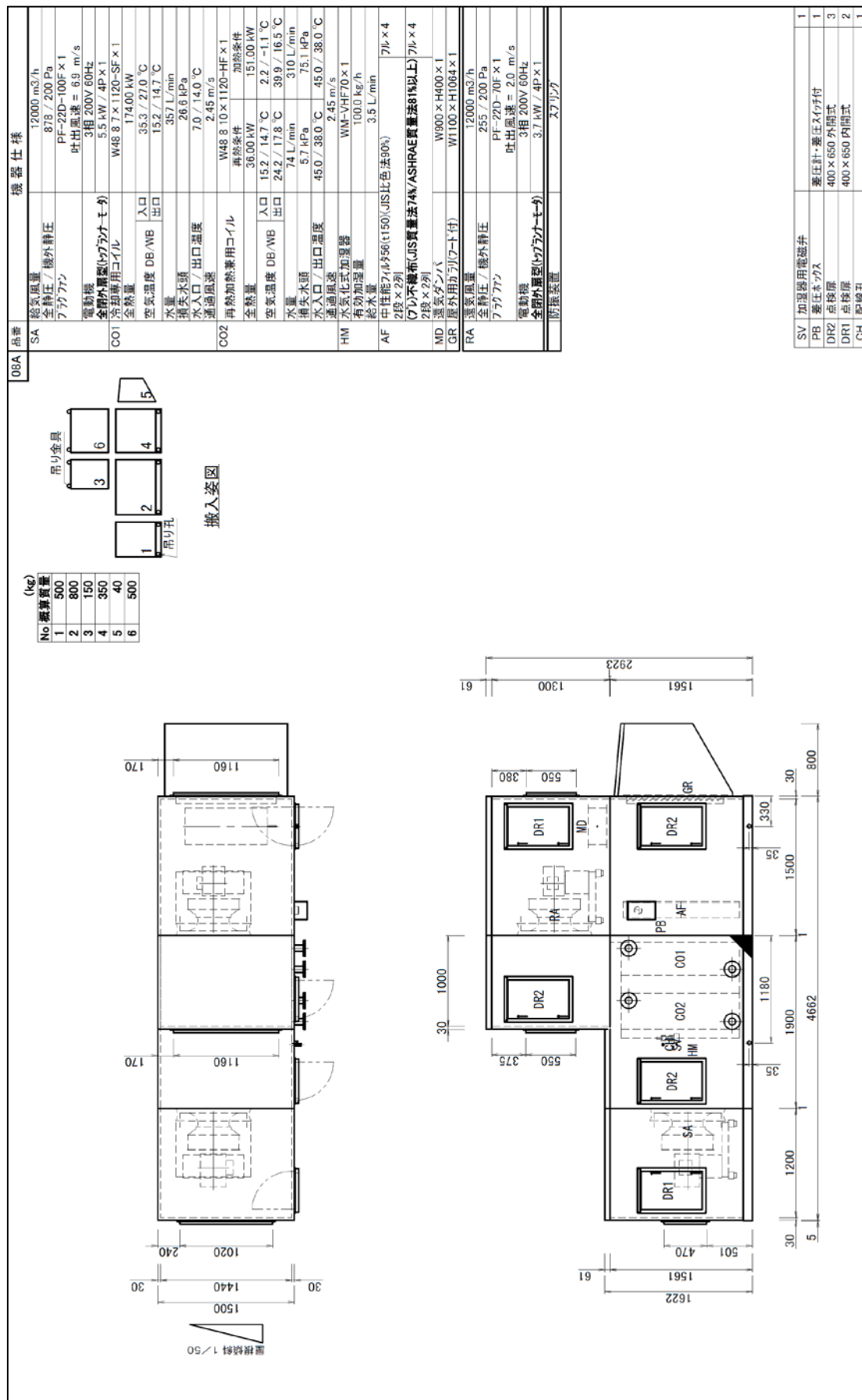


図 5-7 3階平面図



08A		品番	機器仕様
1 2 3 4 5 6 7 8 搬入姿図 2260 2200 1000 630 30 1000 630 30 屋根傾斜 1/60		SA	結露風量 12000 m ³ /h 全静圧 / 室外静圧 1023 / 200 Pa フラグ777 電動機 3相 200V 60Hz 全機外置型(プラグファーマー) 7.5 kW / 4P × 1 W36 4 10 × 1500-HF × 1 予冷専用コイル 118.00 kW 全熱量 35.3 / 21.0 °C 空気温度 DB/WB 入口 出口 19.9 / 19.3 °C 水量 242 L/min 58.6 kPa 損失水頭 7.0 / 14.0 °C 水入口 / 出口温度 244 m/s 通過風速 W36 6 10 × 1500-SF × 1 全熱量 151.00 kW 空気温度 DB/WB 入口 出口 22 / -1.1 °C 39.9 / 16.5 °C 水量 310 L/min 22.7 kPa 損失水頭 50.0 / 43.0 °C 水入口 / 出口温度 244 m/s 通過風速 W36 3 7 × 1500-OF × 1 全熱量 47.00 kW 空気温度 DB/WB 入口 出口 35.7 / 21.2 °C 23.9 / 17.5 °C 水量 97 L/min 71.0 kPa 損失水頭 7.0 / 14.0 °C 水入口 / 出口温度 244 m/s 通過風速 WM-VHF70 × 1 有効加湿量 100.0 kg/h 給水量 3.8 L/min AF 中性能力 956(t) 150(JIS比色法60%) 1.5段 × 3列 7L × 3 (7L) 不織布 (JIS質量法74% / ASHRAE質量法81%以上) 7L × 3 1.5段 × 3列 7L × 3 HE 除湿ロータ SE-C-1730H20 × 1 外気風量 12000 m ³ /h GR 屋外用材(フット付) W1700 × H692 × 1
		EA	結露風量 12000 m ³ /h 全静圧 / 室外静圧 726 / 200 Pa フラグ777 電動機 3相 200V 60Hz 全機外置型(プラグファーマー) 5.5 kW / 4P × 1 W36 6 10 × 1500-HF × 1 加熱専用コイル 80.00 kW 全熱量 24.0 / 17.8 °C 空気温度 DB/WB 入口 出口 44.0 / 23.7 °C 水量 164 L/min 64.4 kPa 損失水頭 50.0 / 43.0 °C 水入口 / 出口温度 244 m/s 通過風速 W610 × H610 × T20 × 3 不織布 (JIS質量法74% / ASHRAE質量法81%以上) 1.5段 × 3列 AF 1.5段 × 3列 W610 × H305 × T20 × 3 (H-E) 結露風量 12000 m ³ /h 防振装置 37J/P

図 5-9 デシカント外調機姿図

6. 美術館へのデシカント空調の導入効果の検討

6-1. 検討方法

検討ケースに応じたエネルギーシミュレーターを LCEM[※]ツールで作成し、与えた負荷、運転、気象条件のもと年間のエネルギー量を算出する。

※LCEM (Life Cycle Energy Management) 参考資料を参照 (開発初期の説明資料)

現在は国交省、営繕部の HP からツールをフリーで DL 可能

6-2. 検討条件

(1) 想定建物

大阪の美術館

延床面積：約 7,000 m²

(2) 気象および運転条件および熱負荷 (再掲)

外気温湿度 (大阪)：夏季 35.3°CDB、53.1%RH

冬季 2.2°CDB、48.8%RH

外調機 吹出温湿度：夏季 (6～10 月) 24 °CDB、55%RH

中間期 (4・5・11 月) 23 °CDB、55%RH

冬季 (12～3 月) 22 °CDB、55%RH

空調時間 8:00～17:00 週一日休館 年間 306 日、2,754 時間稼働 (表 6-1)

内部負荷と外気条件の時間履歴 図 6-1、図 6-2 参照

取り入れ外気量 48,000 m³/h

表 6-1 稼働日

	月												
	夏期 ピーク	冬期 ピーク	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
稼働日	23	27	23	24	27	25	27	26	26	27	26	26	26

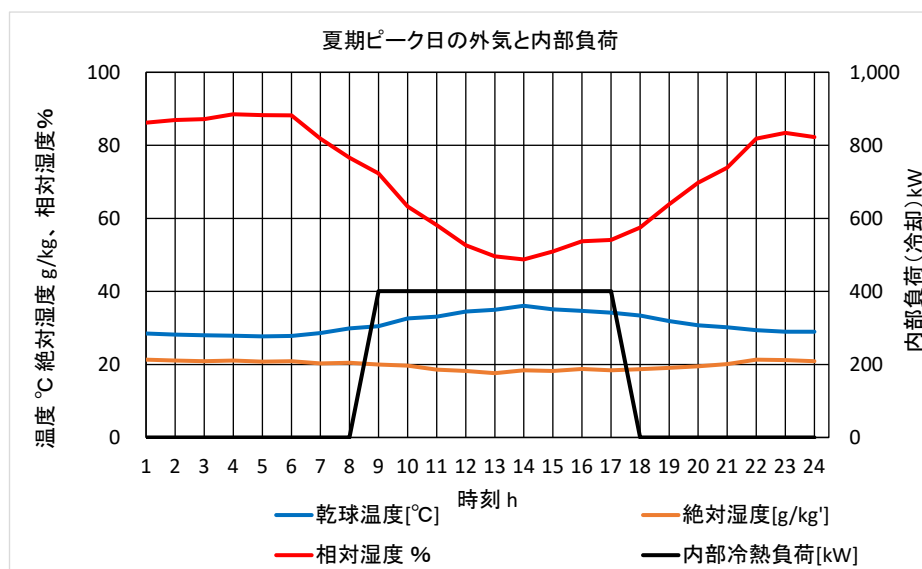


図 6-1 夏期ピーク日の外気と内部負荷

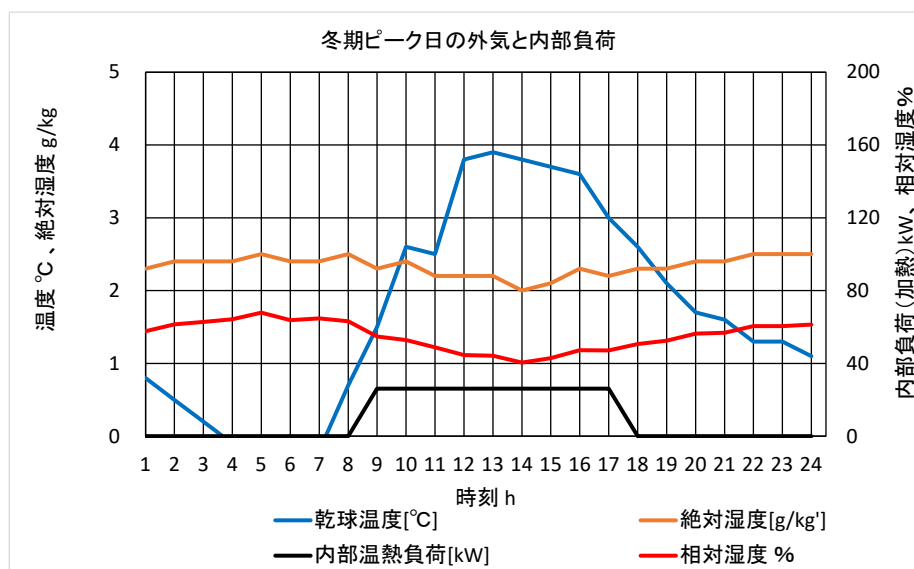


図 6-2 冬期ピーク日の外気と内部負荷

(3) 検討ケースと機器仕様（再掲）

表 6-2 検討ケース

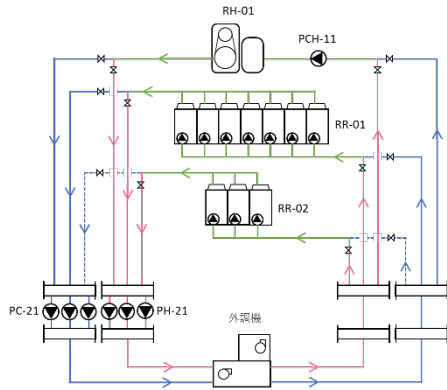
ケース	熱源方式	空調方式
A-1 通常熱源＋通常空調	・ガス吸収式冷温水機 ・空冷ヒートポンプチャラー	・外調機(除湿再熱制御) ・室内側空調機
A-2 通常熱源＋デシカント空調	・ガス吸収式冷温水機 ・空冷ヒートポンプチャラー	・デシカント外調機 ・室内側空調機
B-1 BCP 熱源＋通常空調	・ガスコージェネ(マイクロ) ・ガス吸収式冷温水機 ・空冷ヒートポンプチャラー	・外調機(除湿再熱制御) ・室内側空調機
B-2 BCP 熱源＋デシカント空調	・ガスコージェネ(マイクロ) ・ガス吸収式冷温水機 ・空冷ヒートポンプチャラー	・デシカント外調機 ・室内側空調機

表 6-3 機器仕様

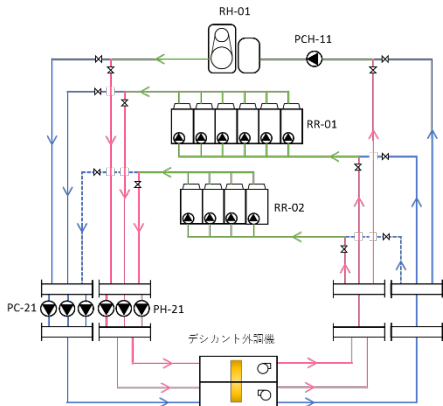
名称	仕様	台数
外調機	冷房能力 174kW 冷水量 357ℓ/min (7℃→14℃) 暖房能力 151kW 温水量 310ℓ/min (45℃→38℃) (再熱能力 36kW) 加湿能力 100kg/h (水気化式加湿器) 給気風量 12,000m³/h 機外静圧 200Pa ファン 5.5kW 還気風量 12,000m³/h 機外静圧 200Pa ファン 3.7kW	4

名称	仕様	台数
デシカント外調機	予冷能力 118kW 冷水量 242ℓ/min (7℃→14℃) 冷房能力 47kW 冷水量 97ℓ/min (7℃→14℃) 暖房能力 151kW 温水量 310ℓ/min (50℃→43℃) 再生能力 80kW 温水量 164ℓ/min (50℃→43℃) 加湿能力 100kg/h (水気化式加湿器) 給気風量 12,000m³/h 機外静圧 200Pa ファン 7.5kW 排気風量 12,000m³/h 機外静圧 200Pa ファン 5.5kW	4

ケース A-1



ケース A-2

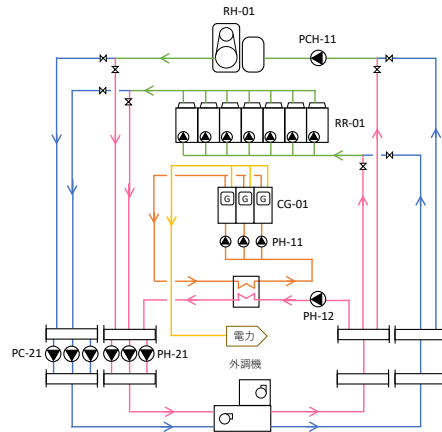


記号	名称	仕様	台数
RH-01	吸収式冷温水機	ガス焚 二重効用 高効率・高期間効率型 180RT 冷却能力 633kW 加熱能力 424kW 冷水量 1,296ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 868ℓ/min (38℃→45℃) 燃料消費量 39.0Nm³/h 消費電力 5.1kW (冷却) 4.3kW (加熱)	1
RR-01	空冷ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×7 ポンプ内蔵型 冷却能力 595kW 加熱能力 512kW 冷水量 1,218ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 1,048ℓ/min (38℃→45℃) 消費電力 93.1kW (冷却) 147.7kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×7 圧縮機 5.5kW×4 ×7 送風機 1.0kW×4 ×7 クランクケースヒーター 37W×4 ×7	1
RR-02	空冷ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×3 ポンプ内蔵型 冷却能力 255kW 加熱能力 219kW 冷水量 522ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 449ℓ/min (38℃→45℃) 消費電力 39.9kW (冷却) 63.3kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×3 圧縮機 5.5kW×4 ×3 送風機 1.0kW×4 ×3 クランクケースヒーター 37W×4 ×3	1
CT-01	冷却塔	開放式 二重効用吸収式用 冷却能力 1,177kW 冷水量 3,068ℓ/min (37.5℃→32℃) 送風機 3.7kW×2	1
PCD-11	冷却水ポンプ	3,068ℓ/min × 25m 定格電力 18.0kW (INV)	1
PCH-11	冷温水一次ポンプ	1,296ℓ/min × 20m 定格電力 7.5kW (INV)	1
PC-21	冷水二次ポンプ	790ℓ/min × 30m 定格電力 7.5kW (INV)	3
PH-21	温水二次ポンプ	510ℓ/min × 30m 定格電力 5.5kW (INV)	3

記号	名称	仕様	台数
RH-01	吸収式冷温水機	ガス焚 二重効用 高効率・高期間効率型 180RT 冷却能力 633kW 加熱能力 424kW 冷水量 1,296ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 868ℓ/min (43℃→50℃) 燃料消費量 39.0Nm³/h 消費電力 5.1kW (冷却) 4.3kW (加熱)	1
RR-01	空冷ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×6 ポンプ内蔵型 冷却能力 510kW 加熱能力 432kW 冷水量 1,044ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 885ℓ/min (43℃→50℃) 消費電力 79.8kW (冷却) 137.4kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×6 圧縮機 5.5kW×4 ×6 送風機 1.0kW×4 ×6 クランクケースヒーター 37W×4 ×6	1
RR-02	空冷ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×4 ポンプ内蔵型 冷却能力 340kW 加熱能力 288kW 冷水量 696ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 590ℓ/min (43℃→50℃) 消費電力 53.2kW (冷却) 96.1kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×4 圧縮機 5.5kW×4 ×4 送風機 1.0kW×4 ×4 クランクケースヒーター 37W×4 ×4	1
CT-01	冷却塔	開放式 二重効用吸収式用 冷却能力 1,177kW 冷水量 3,068ℓ/min (37.5℃→32℃) 送風機 3.7kW×2	1
PCD-11	冷却水ポンプ	3,068ℓ/min × 25m × 18.0kW (INV)	1
PCH-11	冷温水一次ポンプ	1,296ℓ/min × 20m × 7.5kW (INV)	1
PC-21	冷水二次ポンプ	750ℓ/min × 30m × 7.5kW (INV)	3
PH-21	温水二次ポンプ	490ℓ/min × 30m × 5.5kW (INV)	3

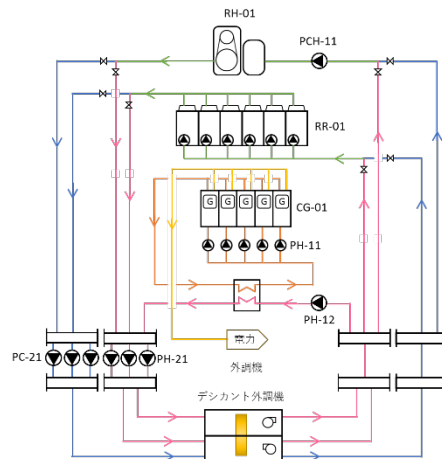
表 6-4 機器仕様

ケース B-1



記号	名称	仕様	台数
RH-01	吸収式冷温水機	ガス焚 二重効用 高効率・高期間効率型 180RT 冷却能力 633kW 加熱能力 424kW 冷水量 1,296ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 868ℓ/min (38℃→45℃) 燃料消費量 39.0Nm ³ /h 消費電力 5.1kW (冷却) 4.3kW (加熱)	1
RR-01	空冷ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×7 ポンプ内蔵型 冷却能力 595kW 加熱能力 512kW 冷水量 1,218ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 1,048ℓ/min (38℃→45℃) 消費電力 93.1kW (冷却) 147.7kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×7 圧縮機 5.5kW×4 ×7 送風機 1.0kW×4 ×7 クランクケースヒーター 37W×4 ×7	1
CG-01	マイクロコージェ ネレーション	高効率ガスエンジン 35kW×3 定格電力出力 105kW 排熱回収量 170.7kW 発電効率 33.5% 熱回収率 54.5% 温水量 163ℓ/min ×3 (75℃→80℃) 燃料消費量 9.3Nm ³ /h ×3 消費電力 0.97kW ×3	1
CT-01	冷却塔	開放式 二重効用吸収式用 冷却能力 1,177kW 冷水量 3,068ℓ/min (37.5℃→32℃) 送風機 3.7kW×2	1
PCD-11	冷却水ポンプ	3,068ℓ/min × 25m × 18.0kW (INV)	1
PCH-11	冷温水一次ポンプ	1,296ℓ/min × 20m × 7.5kW (INV)	1
PH-11	温水一次ポンプ	163ℓ/min × 20m × 1.5kW	3
PH-12	温水一次ポンプ	350ℓ/min × 20m × 2.2kW (INV)	1
PC-21	冷水二次ポンプ	790ℓ/min × 30m × 7.5kW (INV)	3
PH-21	温水二次ポンプ	510ℓ/min × 30m × 5.5kW (INV)	3

ケース B-2



記号	名称	仕様	台数
RH-01	吸収式冷温水機	ガス焚 二重効用 高効率・高期間効率型 180RT 冷却能力 633kW 加熱能力 424kW 冷水量 1,296ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 868ℓ/min (43℃→50℃) 燃料消費量 39.0Nm ³ /h 消費電力 5.1kW (冷却) 4.3kW (加熱)	1
RR-01	空冷ヒートポンプ チラー	高COP・モジュールタイプ 30HP×6 ポンプ内蔵型 冷却能力 510kW 加熱能力 432kW 冷水量 1,044ℓ/min (14℃→7℃) 温水量 885ℓ/min (43℃→50℃) 消費電力 79.8kW (冷却) 137.4kW (加熱) 冷温水ポンプ 1.5kW (INV) ×6 圧縮機 5.5kW×4 ×6 送風機 1.0kW×4 ×6 クランクケースヒーター 37W×4 ×6	1
CG-01	マイクロコージェ ネレーション	高効率ガスエンジン 35kW×5 定格電力出力 175kW 排熱回収量 284.5kW 発電効率 33.5% 熱回収率 54.5% 温水量 163ℓ/min ×5 (75℃→80℃) 燃料消費量 9.3Nm ³ /h ×5 消費電力 0.97kW ×5	1
CT-01	冷却塔	開放式 二重効用吸収式用 冷却能力 1,177kW 冷水量 3,068ℓ/min (37.5℃→32℃) 送風機 3.7kW×2	1
PCD-11	冷却水ポンプ	3,068ℓ/min × 25m × 18.0kW (INV)	1
PCH-11	冷温水一次ポンプ	1,296ℓ/min × 20m × 7.5kW (INV)	1
PH-11	温水一次ポンプ	163ℓ/min × 20m × 1.5kW	5
PH-12	温水一次ポンプ	583ℓ/min × 20m × 3.7kW (INV)	1
PC-21	冷水二次ポンプ	750ℓ/min × 30m × 7.5kW (INV)	3
PH-21	温水二次ポンプ	490ℓ/min × 30m × 5.5kW (INV)	3

6-3. LCEMツールの作成

(1) 2次側空調設備

① デシカント空調機

①-1 デシカントローター

メーカー資料の定格点で LCEM ツールのデシカントローター単体について、特性をチューニングした。次にメーカーの特性曲線の再現計算を行い、全域にわたってエネルギー検討に必要な精度を有していることを確認した。

図 6-3 にメーカーから受領した特性曲線を示す。これをチューニングし再現計算したのが図 6-4 である。エネルギー検討に必要な精度を確認した。

デシカントロータ 特性曲線

2018/4/18
新晃工業株式会社

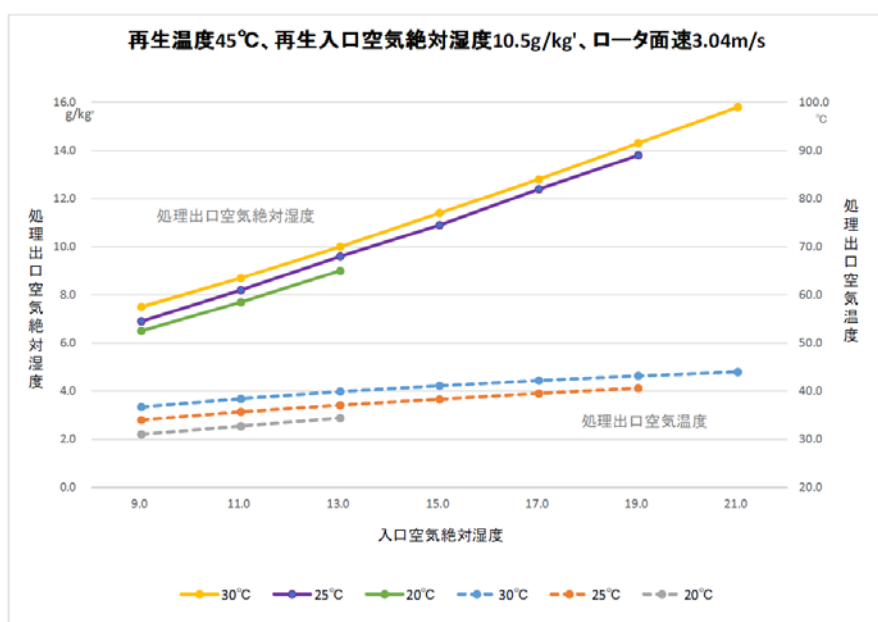


図 6-3 メーカーのデシカントローター特性曲線

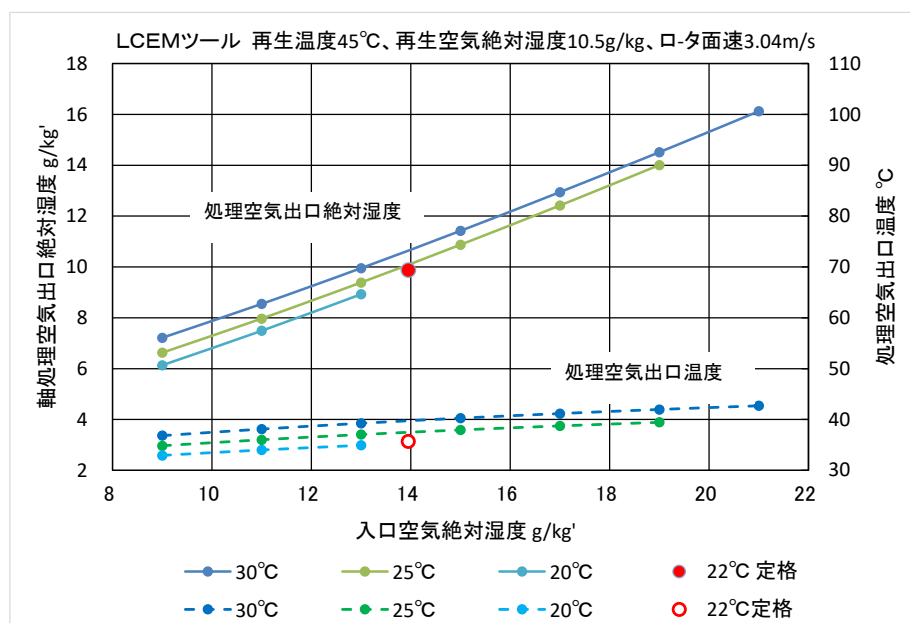


図 6-4 LCEMツールで再現したデシカントローター特性曲線

①-2 デシカント空調機の LCEM ツール

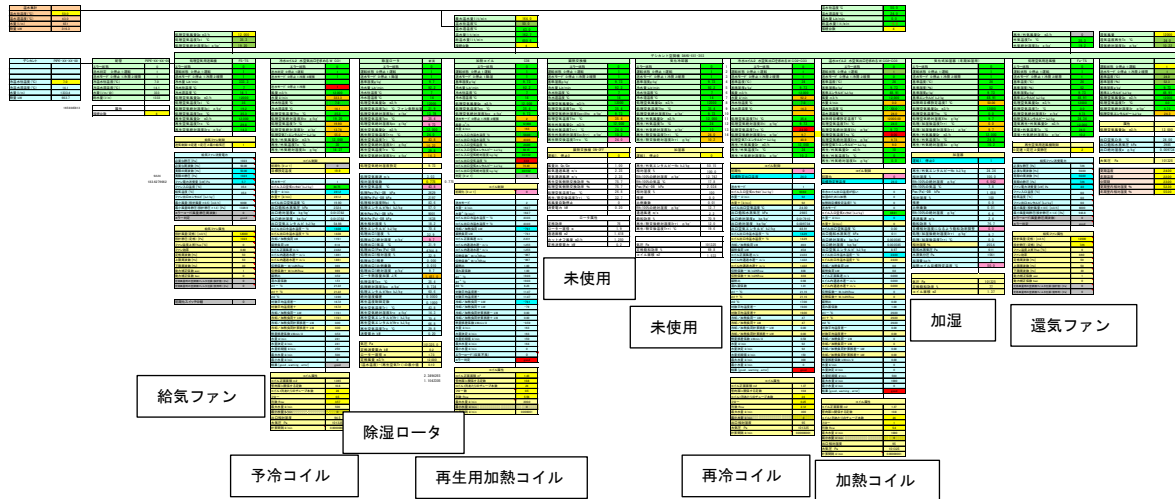


図 6-5 LCEM ツールによるデシカント空調機

夏期の温湿度変動は除湿ロータで吸収するため、内部の動作点は一定となる。
 中間期は図 6-6 下段のように内部の動作点変動するため、手計算では解析が困難である。

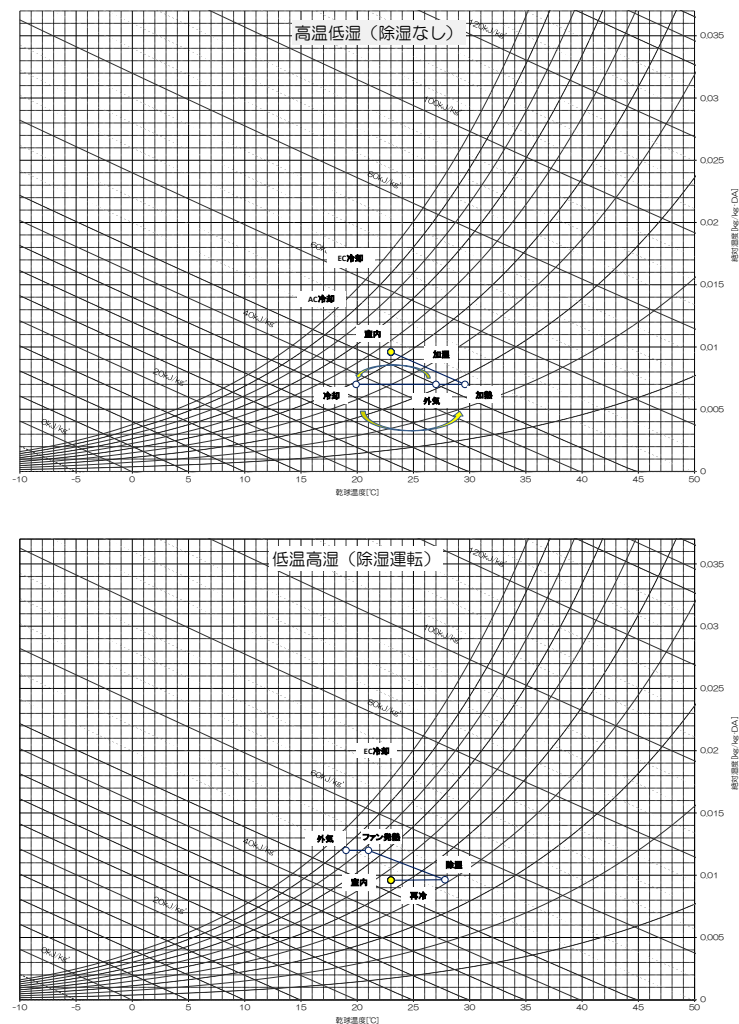


図 6-6 デシカント空調機 中間期の動作確認

②通常の外調機の LCEM ツール

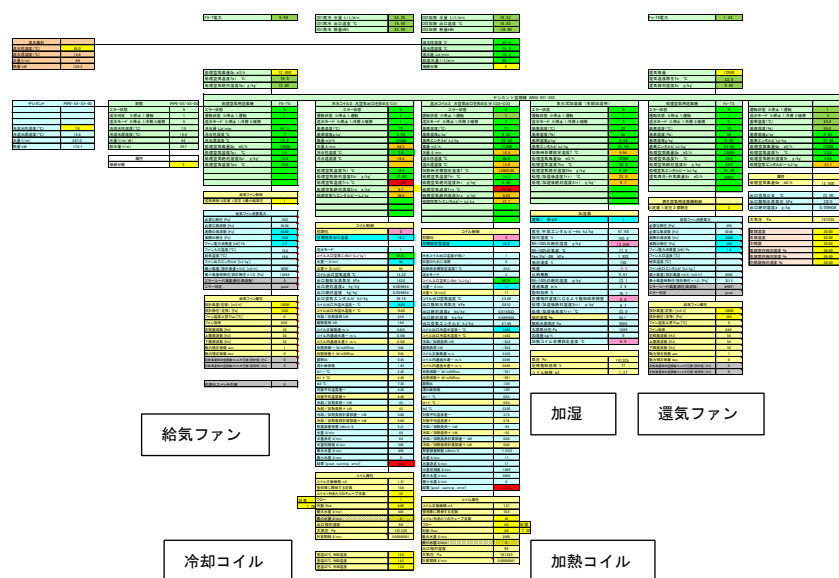


図 6-7 LCEM ツールによる通常の外調機

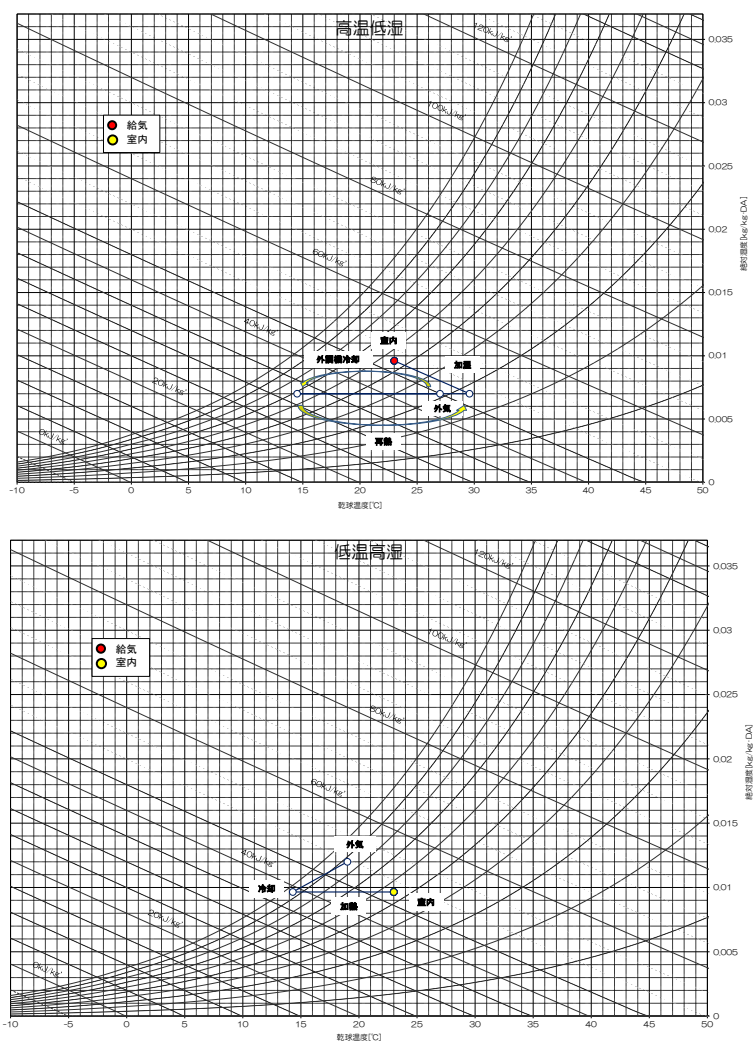


図 6-8 通常の外調機 中間期の動作確認

デシカント空調機と通常の外調機（除湿再熱制御）の負荷性状は、次のとおりである。

- ・夏期：冷水+温水の熱量は通常の外調機よりデシカント空調機の方が大きい。
- ・冬期：どちらも外気を加熱して加湿するので同じ熱量となる。
- ・中間期：デシカント空調機の方が無駄な冷却をしないため、通常の外調機より冷水+温水の負荷が小さい。（図 6-6、図 6-8、表 6-5）

表 6-5 中間期における消費エネルギーの例 4 台分 （kWh）

外気	デシカント空調機			通常の外調機		
	冷熱	温熱	合計	冷熱	温熱	合計
27℃、7g/kg'	116	155	271	203	241	444
19℃、12g/kg'	164	79	243	139	172	311

(2) 1次側熱源設備

LCEM ツール用の熱源系統図を図 6-9 に示す。

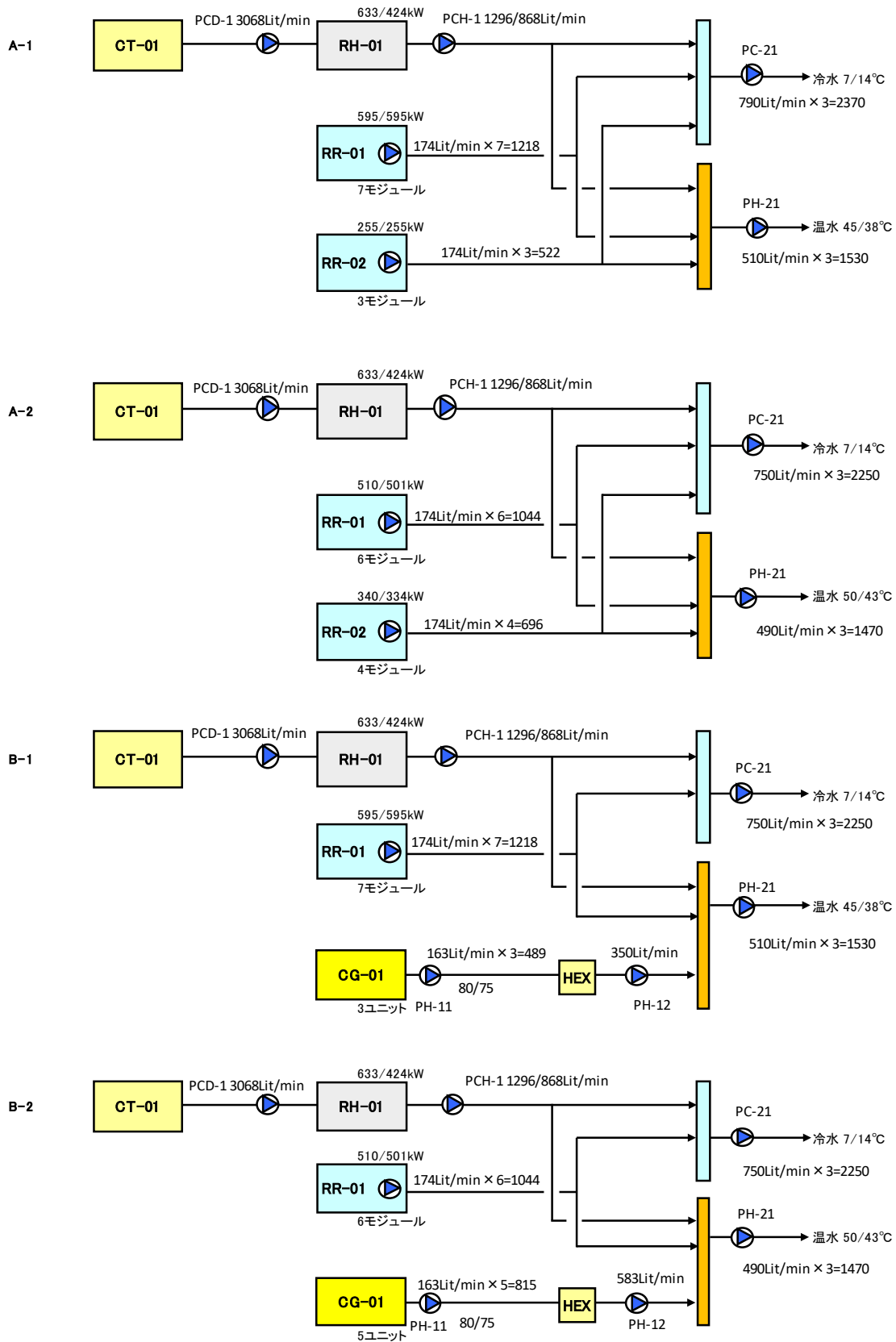


図 6-9 LCEM ツール用熱源系統図

図 6-10 に熱源設備（温水）の LCEM ツールを示す。

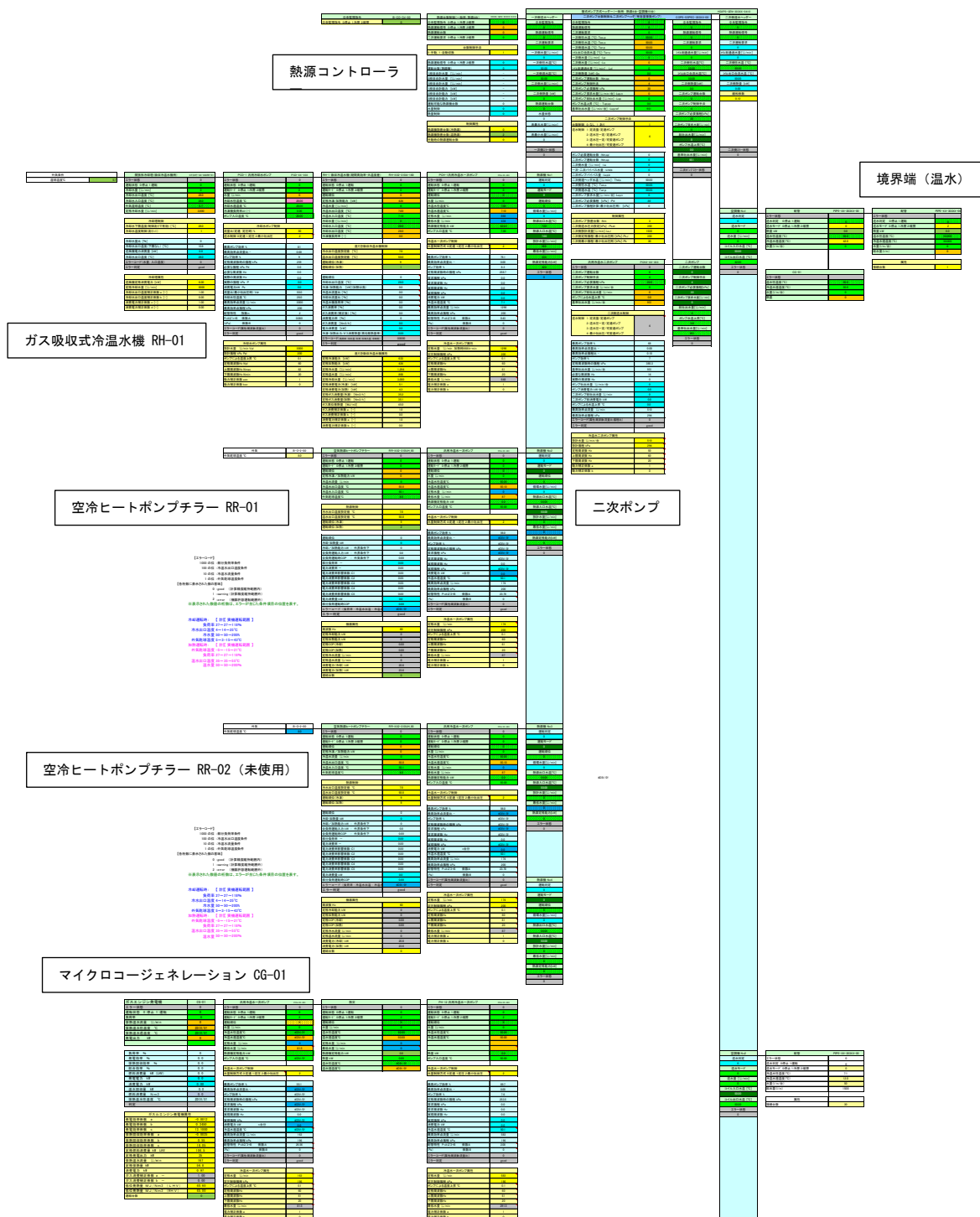


図 6-10 ケース B-1 LCEM 温水設備のイメージ

6-4. 年間エネルギー性能

(1) 二次側空調設備

デシカント空調機と通常の外調機（除湿再熱制御）の冷却負荷、加熱負荷を算出し比較する。

計算は各月代表1日を1時間毎に計算し、各月の営業日に乗じて年間の負荷を求めた。

図6-11、表6-6、表6-7に結果を示す。冷却・加熱負荷の合計は、1～3月は両方式とも加熱負荷のみで同様、4～7・10・11月は通常の外調機＞デシカント空調、7～9月は通常の外調機＜デシカント空調、年間では通常の外調機＞デシカント空調となった。

一般的に、通常の外調機（除湿再熱制御）に比べ、デシカント空調の負荷は大きくなるといわれるが、中間期には逆にデシカント空調の負荷が小さくなり、年間合計でもデシカント空調の負荷が小さくなることが判明した。これは通常の外調機の場合、前述のとおり中間期であっても所定の除湿再熱制御を行うために、無駄な負荷が増えるものと考えられる。

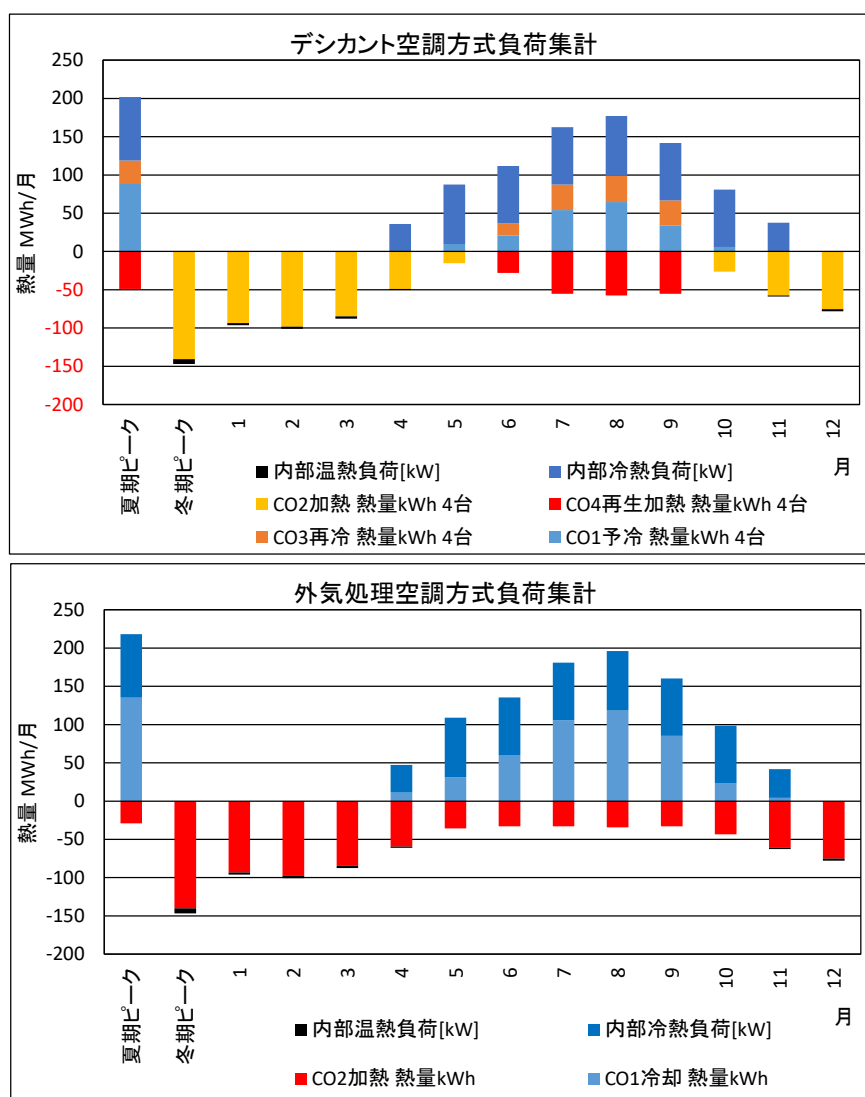


図 6-11 方式別消費エネルギーの比較

表 6-6 デシカント空調機の消費エネルギー

	CO1予冷 熱量kWh 4 台	CO3再冷 熱 量kWh 4台	CO4再生加 熱 熱量kWh 4台	CO2加熱 熱 量kWh 4台	内部冷熱 負荷[kW]	内部温熱負 荷[kW]	MWh 冷温合計
夏期ピーク	89	29	-49	0	83	0	
冬期ピーク	0	0	-0	-140	0	-6	
1	0	0	-0	-93	0	-3	96
2	0	0	-0	-98	0	-3	101
3	0	0	-0	-84	0	-3	88
4	0	0	-0	-49	36	-1	86
5	10	0	-0	-15	78	0	103
6	21	16	-28	0	75	0	140
7	54	33	-55	0	75	0	218
8	65	34	-57	0	78	0	234
9	34	33	-55	0	75	0	197
10	6	0	-0	-26	75	0	107
11	0	0	-0	-57	38	-2	96
12	0	0	-0	-75	0	-3	78
合計	189	117	-199	-497	529	-14	1,545

表 6-7 通常の外調機の消費エネルギー

	CO1冷却 熱 量kWh	CO2加熱 熱 量kWh	内部冷熱負 荷[kW]	内部温熱負 荷[kW]	MWh 冷温合計
夏期ピーク	135	-29	83	0	
冬期ピーク	0	-140	0	-6	
1	0	-93	0	-3	96
2	0	-98	0	-3	101
3	0	-84	0	-3	88
4	11	-60	36	-1	108
5	31	-36	78	0	145
6	60	-33	75	0	168
7	106	-33	75	0	214
8	118	-34	78	0	230
9	85	-33	75	0	193
10	24	-43	75	0	142
11	4	-61	38	-2	104
12	0	-75	0	-3	78
合計	440	-683	529	-14	1,667

（２）一次側熱源システム

（１）で求めた１時間毎の冷却負荷、加熱負荷を図 6-10 のツールに与え、電力、ガスの消費量を算出した。

計算は各月代表１日を１時間毎に計算し、各月の営業日に乗じて年間の消費量を求めた。

結果の集計を表 6-8 に示す。ケース A-1（通常熱源＋通常空調）と比べて、ケース B-1（BCP 熱源＋デシカント空調）は、一次エネルギー消費量で 15%、CO₂ 発生量で 13%の削減となった。

詳細は、P.91 からの図 6-12～6-17、表 6-9～6-12 に示す。

表 6-8 ケース別エネルギー消費量と CO₂ 発生量

ケース	一次エネルギー消費量		CO ₂ 発生量	
	GJ	比率 %	t-CO ₂	比率 %
A-1	4,881	100	245	100
A-2	5,035	103	252	103
B-1	4,627	95	237	97
B-2	4,135	85	214	87

注）２次側空調設備 ＋ １次側熱源設備を含む

なお、CGS による発電量を考慮して下記式にて加算した。

・一次エネルギー消費量

$$(\text{一次エネルギー消費量}) = K_{E1} \times \{ (\text{電力消費量}) - (\text{発電量}) \} + K_{E2} \times (\text{ガス消費量})$$

一次エネルギー消費量換算係数 K

$$K_{E1} \quad \text{電気} \quad \text{昼} \quad 9.97 \text{ MJ/kW}$$

$$\text{夜} \quad 9.28 \text{ MJ/kW}$$

$$K_{E2} \quad \text{ガス} \quad 45.0 \text{ MJ/Nm}^3$$

・CO₂ 発生量

$$(\text{CO}_2 \text{ 発生量}) = K_{C1} \times \{ (\text{電力消費量}) - (\text{発電量}) \} + K_{C2} \times (\text{ガス消費量})$$

$$K_{C1} \quad \text{電気} \quad 0.493 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh}$$

$$K_{C2} \quad \text{ガス} \quad 0.0509 \text{ t-CO}_2/\text{GJ}$$

ただし、0.045GJ/Nm³（高位発熱）

次ページ以降、各ケースの月別一次消費エネルギー、計算結果の内訳、機器運転マップを示す。

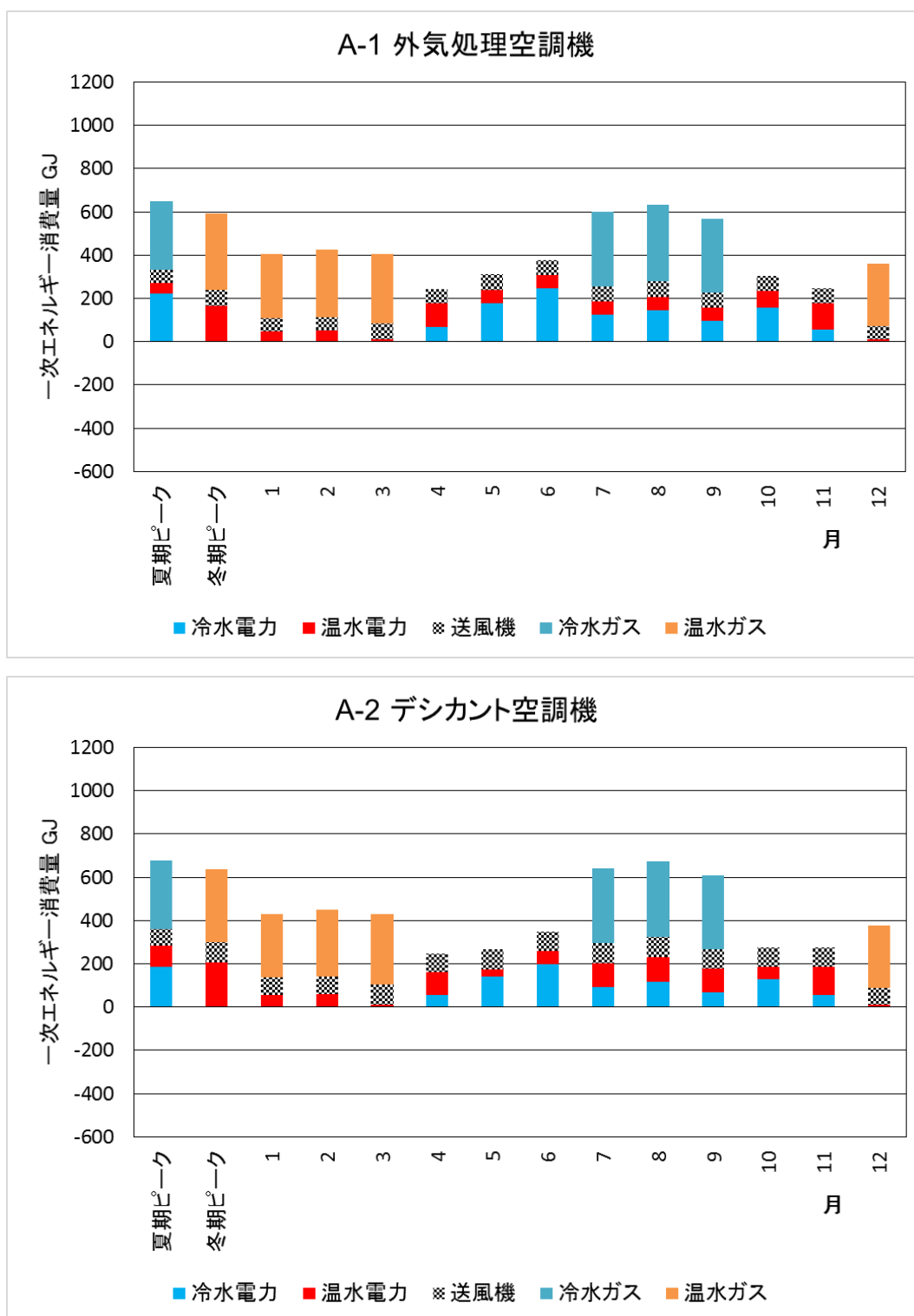


図 6-12 一次エネルギー消費量（1）

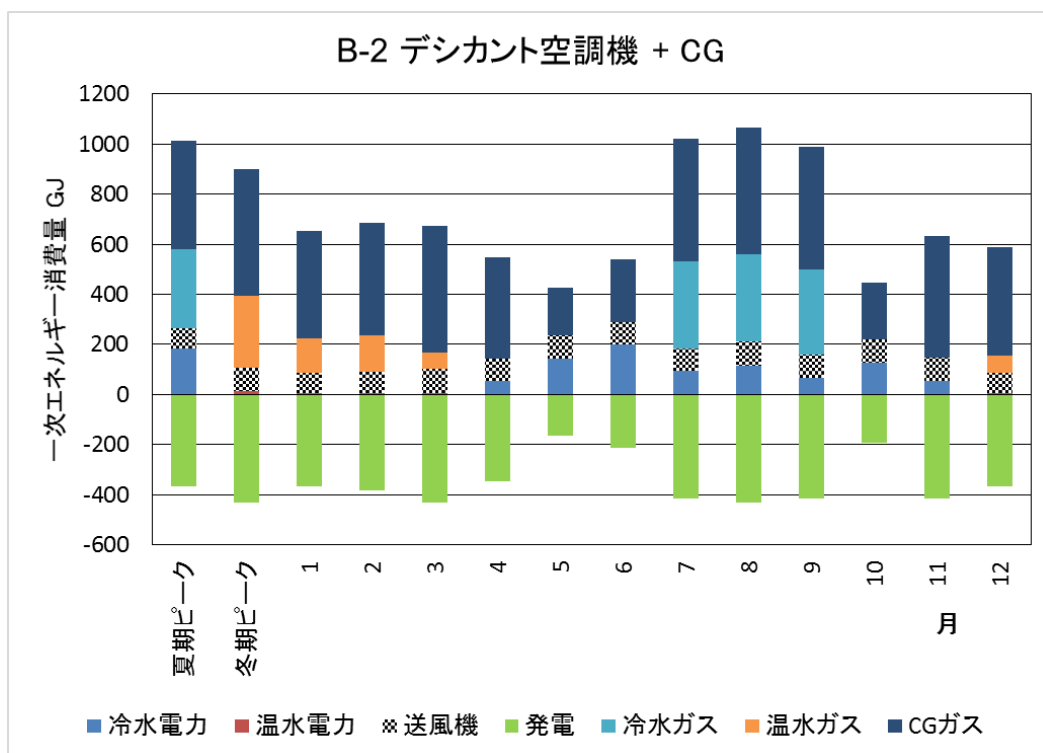
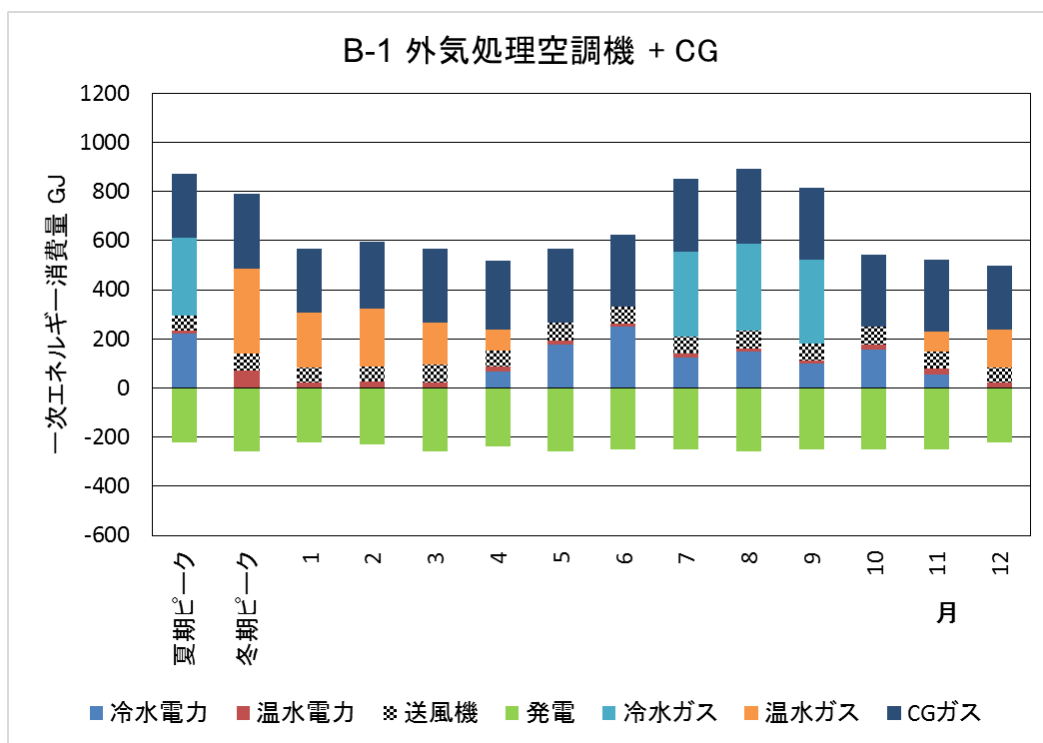


図 6-13 一次エネルギー消費量 (2)

表 6-9 A-1 計算結果内訳

1次エネルギー消費量

GJ

A-1	冷水電力	温水電力	送風機	冷水ガス	温水ガス	冷温合計
夏期ピーク	221	51	61	318	0	651
冬期ピーク	0	167	72	0	354	593
1	0	48	61	0	296	406
2	0	51	64	0	310	425
3	0	11	72	0	323	407
4	67	111	67	0	0	245
5	178	62	72	0	0	312
6	248	58	69	0	0	376
7	127	58	69	348	0	602
8	147	60	72	353	0	633
9	98	58	69	341	0	566
10	157	77	69	0	0	304
11	57	121	69	0	0	247
12	0	10	61	0	288	359
合計	1,079	724	818	1,043	1,217	4,881

エネルギー消費量

A-1	冷水電力 kWh	温水電力 kWh	送風機 kWh	冷水ガス Nm3	温水ガス Nm3
夏期ピーク	22,160	5,114	6,165	7,068	0
冬期ピーク	0	16,757	7,238	0	7,862
1	0	4,862	6,165	0	6,568
2	0	5,088	6,434	0	6,890
3	0	1,150	7,238	0	7,188
4	6,745	11,112	6,702	0	0
5	17,868	6,230	7,238	0	0
6	24,915	5,781	6,970	0	0
7	12,694	5,781	6,970	7,739	0
8	14,771	6,003	7,238	7,850	0
9	9,852	5,781	6,970	7,580	0
10	15,729	7,749	6,970	0	0
11	5,675	12,126	6,970	0	0
12	0	1,002	6,165	0	6,394
合計	108,249	72,663	82,027	23,170	27,040

ガス 発熱量: 45.0[GJ/千m3N] CO2排出係数: 0.0509[t-CO2/GJ]

電力 0.493kg-CO2/kWh

	Nm3		GJ/Nm3		[t-CO2/GJ]		t-CO2
ガス	50,210	×	0.0450	×	0.0509	=	115
電力	262,939	×	kg-CO2/kWh	÷	1000	=	t-CO2
			0.493				130
合計							t-CO2
							245

表 6-10 A-2 計算結果内訳

1次エネルギー消費量

GJ

A-2	冷水電力	温水電力	送風機	冷水ガス	温水ガス	冷温合計
夏期ピーク	185	97	80	315	0	677
冬期ピーク	0	206	94	0	338	638
1	0	56	80	0	296	431
2	0	58	84	0	310	452
3	0	11	94	0	323	429
4	56	106	87	0	0	249
5	141	33	94	0	0	269
6	199	60	91	0	0	349
7	94	110	91	349	0	643
8	117	114	94	348	0	672
9	67	110	91	342	0	609
10	128	57	91	0	0	276
11	56	131	91	0	0	277
12	0	10	80	0	288	378
合計	858	855	1,067	1,038	1,217	5,035

エネルギー消費量

A-2	冷水電力 kWh	温水電力 kWh	送風機 kWh	冷水ガス Nm3	温水ガス Nm3
夏期ピーク	18,560	9,717	8,045	7,008	0
冬期ピーク	0	20,635	9,445	0	7,511
1	0	5,579	8,045	0	6,568
2	0	5,837	8,395	0	6,890
3	0	1,150	9,445	0	7,186
4	5,571	10,666	8,745	0	0
5	14,163	3,348	9,445	0	0
6	19,967	5,977	9,095	0	0
7	9,412	10,984	9,095	7,745	0
8	11,712	11,407	9,445	7,728	0
9	6,756	10,984	9,095	7,598	0
10	12,844	5,696	9,095	0	0
11	5,599	13,136	9,095	0	0
12	0	1,002	8,045	0	6,394
合計	86,023	85,769	107,039	23,071	27,038

ガス 発熱量: 45.0[GJ/千m3N] CO2排出係数: 0.0509[t-CO2/GJ]

電力 0.493kg-CO2/kWh

	Nm3		GJ/Nm3		[t-CO2/GJ]		t-CO2
ガス	50,109	×	0.0450	×	0.0509	=	115
電力	278,831	×	kg-CO2/kWh 0.493	÷	1000	=	137
合計							t-CO2 252

表 6-11 B-1 計算結果内訳

1次エネルギー消費量

GJ								
B-1	冷水電力	温水電力	送風機	発電	冷水ガス	温水ガス	CGガス	冷温合計
夏期ピーク	221	12	61	-220	318	0	259	652
冬期ピーク	0	70	72	-258	0	343	304	530
1	0	24	61	-220	0	223	259	347
2	0	25	64	-230	0	235	270	364
3	0	23	72	-258	0	169	304	310
4	67	20	67	-239	0	82	281	278
5	178	15	72	-258	0	0	304	310
6	248	14	69	-249	0	0	293	376
7	125	14	69	-249	348	0	293	601
8	147	15	72	-258	353	0	304	632
9	98	14	69	-249	341	0	293	567
10	157	22	69	-249	0	0	293	292
11	57	21	69	-249	0	82	293	273
12	0	20	61	-220	0	156	259	277
合計	1,078	227	818	-2,930	1,042	947	3,445	4,627

エネルギー消費量

B-1	冷水電力 kWh	温水電力 kWh	送風機 kWh	発電 kWh	冷水ガス Nm3	温水ガス Nm3	CGガス Nm3
夏期ピーク	22,160	1,249	6,165	-22,086	7,068	0	5,754
冬期ピーク	0	7,005	7,238	-25,927	0	7,623	6,755
1	0	2,370	6,165	-22,086	0	4,955	5,754
2	0	2,484	6,434	-23,046	0	5,213	6,004
3	0	2,351	7,238	-25,927	0	3,759	6,755
4	6,745	2,033	6,702	-24,006	0	1,820	6,255
5	17,868	1,466	7,238	-25,927	0	0	6,755
6	24,915	1,412	6,970	-24,967	0	0	6,505
7	12,582	1,412	6,970	-24,967	7,727	0	6,505
8	14,732	1,466	7,238	-25,927	7,846	0	6,755
9	9,852	1,412	6,970	-24,967	7,580	0	6,505
10	15,729	2,184	6,970	-24,967	0	0	6,505
11	5,675	2,109	6,970	-24,967	0	1,831	6,505
12	0	2,038	6,165	-22,086	0	3,472	5,754
合計	108,098	22,737	82,027	-293,839	23,154	21,050	76,556

ガス 発熱量: 45.0[GJ/千m3N] CO2排出係数: 0.0509[t-CO2/GJ]

電力 0.493kg-CO/kWh

Nm3							t-CO2
ガス	120,759	×	GJ/Nm3 0.0450	×	[t-CO2/GJ] 0.0509	=	277
kWh							t-CO2
電力	-80,977	×	kg-CO2/kWh 0.493	÷	1000	=	(40)
合計							t-CO2 237

表 6-12 B-2 計算結果内訳

1次エネルギー消費量

GJ								
B-2	冷水電力	温水電力	送風機	発電	冷水ガス	温水ガス	CGガス	冷温合計
夏期ピーク	185	0	80	-367	315	0	432	
冬期ピーク	0	13	94	-431	0	286	507	
1	0	7	80	-367	0	136	432	288
2	0	8	84	-383	0	144	450	303
3	0	7	94	-431	0	66	507	243
4	56	0	87	-346	0	0	407	204
5	141	0	94	-163	0	0	191	264
6	199	0	91	-212	0	0	249	327
7	94	0	91	-415	349	0	488	606
8	117	0	94	-431	348	0	507	634
9	67	0	91	-415	342	0	488	573
10	128	0	91	-194	0	0	228	253
11	56	0	91	-415	0	0	488	219
12	0	6	80	-367	0	69	432	220
合計	858	28	1,067	-4,137	1,038	416	4,865	4,135

エネルギー消費量

B-2	冷水電力 kWh	温水電力 kWh	送風機 kWh	発電 kWh	冷水ガス Nm3	温水ガス Nm3	CGガス Nm3
夏期ピーク	18,560	0	8,045	-36,810	7,008	0	9,590
冬期ピーク	0	1,295	9,445	-43,212	0	6,359	11,258
1	0	726	8,045	-36,810	0	3,029	9,590
2	0	761	8,395	-38,410	0	3,204	10,007
3	0	710	9,445	-43,212	0	1,474	11,258
4	5,571	0	8,745	-34,676	0	0	9,034
5	14,163	0	9,445	-16,324	0	0	4,253
6	19,967	0	9,095	-21,268	0	0	5,541
7	9,412	0	9,095	-41,611	7,745	0	10,841
8	11,712	0	9,445	-43,212	7,728	0	11,258
9	6,756	0	9,095	-41,611	7,598	0	10,841
10	12,844	0	9,095	-19,419	0	0	5,059
11	5,599	0	9,095	-41,611	0	0	10,841
12	0	617	8,045	-36,810	0	1,527	9,590
合計	86,023	2,813	107,039	-414,974	23,071	9,234	108,116

ガス 発熱量: 45.0[GJ/千m3N] CO2排出係数: 0.0509[t-CO2/GJ]

電力 0.493kg-CO/kWh

ガス	Nm3	×	GJ/Nm3	×	[t-CO2/GJ]	=	t-CO2
	140,422	×	0.0450	×	0.0509	=	322
電力	kWh	×	kg-CO/kWh	÷	1000	=	t-CO2
	-219,099	×	0.493	÷	1000	=	(108)
合計							t-CO2
							214

月	時	RH-01冷 水	RR-01冷 水	RH-01温 水	RR-01温 水	CG-01
夏期ピーク	1	0	0	0	0	0
夏期ピーク	2	0	0	0	0	0
夏期ピーク	3	0	0	0	0	0
夏期ピーク	4	0	0	0	0	0
夏期ピーク	5	0	0	0	0	0
夏期ピーク	6	0	0	0	0	0
夏期ピーク	7	0	0	0	0	0
夏期ピーク	8	0	0	0	0	0
夏期ピーク	9	1	5	0	0	3
夏期ピーク	10	1	5	0	0	3
夏期ピーク	11	1	5	0	0	3
夏期ピーク	12	1	5	0	0	3
夏期ピーク	13	1	5	0	0	3
夏期ピーク	14	1	5	0	0	3
夏期ピーク	15	1	5	0	0	3
夏期ピーク	16	1	5	0	0	3
夏期ピーク	17	1	5	0	0	3
夏期ピーク	18	0	0	0	0	0
夏期ピーク	19	0	0	0	0	0
夏期ピーク	20	0	0	0	0	0
夏期ピーク	21	0	0	0	0	0
夏期ピーク	22	0	0	0	0	0
夏期ピーク	23	0	0	0	0	0
夏期ピーク	24	0	0	0	0	0
冬期ピーク	1	0	0	0	0	0
冬期ピーク	2	0	0	0	0	0
冬期ピーク	3	0	0	0	0	0
冬期ピーク	4	0	0	0	0	0
冬期ピーク	5	0	0	0	0	0
冬期ピーク	6	0	0	0	0	0
冬期ピーク	7	0	0	0	0	0
冬期ピーク	8	0	0	0	0	0
冬期ピーク	9	0	0	1	1	3
冬期ピーク	10	0	0	1	1	3
冬期ピーク	11	0	0	1	1	3
冬期ピーク	12	0	0	1	1	3
冬期ピーク	13	0	0	1	1	3
冬期ピーク	14	0	0	1	1	3
冬期ピーク	15	0	0	1	1	3
冬期ピーク	16	0	0	1	1	3
冬期ピーク	17	0	0	1	1	3
冬期ピーク	18	0	0	0	0	0
冬期ピーク	19	0	0	0	0	0
冬期ピーク	20	0	0	0	0	0
冬期ピーク	21	0	0	0	0	0
冬期ピーク	22	0	0	0	0	0
冬期ピーク	23	0	0	0	0	0
冬期ピーク	24	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0
1	3	0	0	0	0	0
1	4	0	0	0	0	0
1	5	0	0	0	0	0
1	6	0	0	0	0	0
1	7	0	0	0	0	0
1	8	0	0	0	0	0
1	9	0	0	1	1	3
1	10	0	0	1	1	3
1	11	0	0	1	1	3
1	12	0	0	1	1	3
1	13	0	0	1	1	3
1	14	0	0	1	1	3
1	15	0	0	1	1	3
1	16	0	0	1	1	3
1	17	0	0	0	0	0
1	18	0	0	0	0	0
1	19	0	0	0	0	0
1	20	0	0	0	0	0
1	21	0	0	0	0	0
1	22	0	0	0	0	0
1	23	0	0	0	0	0
1	24	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0
2	4	0	0	0	0	0
2	5	0	0	0	0	0
2	6	0	0	0	0	0
2	7	0	0	0	0	0
2	8	0	0	0	0	0
2	9	0	0	1	1	3
2	10	0	0	1	1	3
2	11	0	0	1	1	3
2	12	0	0	1	1	3
2	13	0	0	1	1	3
2	14	0	0	1	1	3
2	15	0	0	1	1	3
2	16	0	0	1	1	3
2	17	0	0	0	0	0
2	18	0	0	0	0	0
2	19	0	0	0	0	0
2	20	0	0	0	0	0
2	21	0	0	0	0	0
2	22	0	0	0	0	0
2	23	0	0	0	0	0
2	24	0	0	0	0	0

月	時	RH-01冷 水	RR-01冷 水	RH-01温 水	RR-01温 水	CG-01
3	1	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0
3	3	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	0	0
3	5	0	0	0	0	0
3	6	0	0	0	0	0
3	7	0	0	0	0	0
3	8	0	0	0	0	0
3	9	0	0	1	1	3
3	10	0	0	1	1	3
3	11	0	0	1	1	3
3	12	0	0	1	1	3
3	13	0	0	1	1	3
3	14	0	0	1	1	3
3	15	0	0	1	1	3
3	16	0	0	1	1	3
3	17	0	0	1	1	3
3	18	0	0	0	0	0
3	19	0	0	0	0	0
3	20	0	0	0	0	0
3	21	0	0	0	0	0
3	22	0	0	0	0	0
3	23	0	0	0	0	0
3	24	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	0
4	3	0	0	0	0	0
4	4	0	0	0	0	0
4	5	0	0	0	0	0
4	6	0	0	0	0	0
4	7	0	0	0	0	0
4	8	0	0	0	0	0
4	9	0	3	1	1	3
4	10	0	3	1	1	3
4	11	0	3	1	1	3
4	12	0	3	1	1	3
4	13	0	3	1	1	3
4	14	0	3	1	1	3
4	15	0	3	1	1	3
4	16	0	3	1	1	3
4	17	0	3	1	1	3
4	18	0	0	0	0	0
4	19	0	0	0	0	0
4	20	0	0	0	0	0
4	21	0	0	0	0	0
4	22	0	0	0	0	0
4	23	0	0	0	0	0
4	24	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0
5	2	0	0	0	0	0
5	3	0	0	0	0	0
5	4	0	0	0	0	0
5	5	0	0	0	0	0
5	6	0	0	0	0	0
5	7	0	0	0	0	0
5	8	0	0	0	0	0
5	9	0	5	0	0	3
5	10	0	6	0	0	3
5	11	0	6	0	0	3
5	12	0	6	0	0	3
5	13	0	6	0	0	3
5	14	0	6	0	0	3
5	15	0	6	0	0	3
5	16	0	6	0	0	3
5	17	0	6	0	0	3
5	18	0	0	0	0	0
5	19	0	0	0	0	0
5	20	0	0	0	0	0
5	21	0	0	0	0	0
5	22	0	0	0	0	0
5	23	0	0	0	0	0
5	24	0	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0
6	2	0	0	0	0	0
6	3	0	0	0	0	0
6	4	0	0	0	0	0
6	5	0	0	0	0	0
6	6	0	0	0	0	0
6	7	0	0	0	0	0
6	8	0	0	0	0	0
6	9	0	7	0	0	3
6	10	0	7	0	0	3
6	11	0	7	0	0	3
6	12	0	7	0	0	3
6	13	0	7	0	0	3
6	14	0	7	0	0	3
6	15	0	7	0	0	3
6	16	0	7	0	0	3
6	17	0	7	0	0	3
6	18	0	0	0	0	0
6	19	0	0	0	0	0
6	20	0	0	0	0	0
6	21	0	0	0	0	0
6	22	0	0	0	0	0
6	23	0	0	0	0	0
6	24	0	0	0	0	0

月	時	RH-01冷 水	RR-01冷 水	RH-01温 水	RR-01温 水	CG-01
7	1	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	0	0
7	3	0	0	0	0	0
7	4	0	0	0	0	0
7	5	0	0	0	0	0
7	6	0	0	0	0	0
7	7	0	0	0	0	0
7	8	0	0	0	0	0
7	9	1	2	0	0	3
7	10	1	2	0	0	3
7	11	1	2	0	0	3
7	12	1	2	0	0	3
7	13	1	2	0	0	3
7	14	1	2	0	0	3
7	15	1	2	0	0	3
7	16	1	2	0	0	3
7	17	1	2	0	0	3
7	18	0	0	0	0	0
7	19	0	0	0	0	0
7	20	0	0	0	0	0
7	21	0	0	0	0	0
7	22	0	0	0	0	0
7	23	0	0	0	0	0
7	24	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0
8	2	0	0	0	0	0
8	3	0	0	0	0	0
8	4	0	0	0	0	0
8	5	0	0	0	0	0
8	6	0	0	0	0	0
8	7	0	0	0	0	0
8	8	0	0	0	0	0
8	9	1	2	0	0	3
8	10	1	3	0	0	3
8	11	1	3	0	0	3
8	12	1	3	0	0	3
8	13	1	3	0	0	3
8	14	1	3	0	0	3
8	15	1	3	0	0	3
8	16	1	2	0	0	3
8	17	1	2	0	0	3
8	18	0	0	0	0	0
8	19	0	0	0	0	0
8	20	0	0	0	0	0
8	21	0	0	0	0	0
8	22	0	0	0	0	0
8	23	0	0	0	0	0
8	24	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0
9	2	0	0	0	0	0
9	3	0	0	0	0	0
9	4	0	0	0	0	0
9	5	0	0	0	0	0
9	6	0	0	0	0	0
9	7	0	0	0	0	0
9	8	0	0	0	0	0
9	9	1	1	0	0	3
9	10	1	1	0	0	3

月	時	RH-01冷水	RR-01冷水	RH-01温水	RR-01温水	CG-01
夏期ピーク	1	0	0	0	0	0
夏期ピーク	2	0	0	0	0	0
夏期ピーク	3	0	0	0	0	0
夏期ピーク	4	0	0	0	0	0
夏期ピーク	5	0	0	0	0	0
夏期ピーク	6	0	0	0	0	0
夏期ピーク	7	0	0	0	0	0
夏期ピーク	8	0	0	0	0	0
夏期ピーク	9	1	4	0	0	5
夏期ピーク	10	1	5	0	0	5
夏期ピーク	11	1	4	0	0	5
夏期ピーク	12	1	4	0	0	5
夏期ピーク	13	1	4	0	0	5
夏期ピーク	14	1	5	0	0	5
夏期ピーク	15	1	5	0	0	5
夏期ピーク	16	1	5	0	0	5
夏期ピーク	17	1	4	0	0	5
夏期ピーク	18	0	0	0	0	0
夏期ピーク	19	0	0	0	0	0
夏期ピーク	20	0	0	0	0	0
夏期ピーク	21	0	0	0	0	0
夏期ピーク	22	0	0	0	0	0
夏期ピーク	23	0	0	0	0	0
夏期ピーク	24	0	0	0	0	0
冬期ピーク	1	0	0	0	0	0
冬期ピーク	2	0	0	0	0	0
冬期ピーク	3	0	0	0	0	0
冬期ピーク	4	0	0	0	0	0
冬期ピーク	5	0	0	0	0	0
冬期ピーク	6	0	0	0	0	0
冬期ピーク	7	0	0	0	0	0
冬期ピーク	8	0	0	0	0	0
冬期ピーク	9	0	0	1	0	5
冬期ピーク	10	0	0	1	0	5
冬期ピーク	11	0	0	1	0	5
冬期ピーク	12	0	0	1	0	5
冬期ピーク	13	0	0	1	0	5
冬期ピーク	14	0	0	1	0	5
冬期ピーク	15	0	0	1	0	5
冬期ピーク	16	0	0	1	0	5
冬期ピーク	17	0	0	1	0	5
冬期ピーク	18	0	0	0	0	0
冬期ピーク	19	0	0	0	0	0
冬期ピーク	20	0	0	0	0	0
冬期ピーク	21	0	0	0	0	0
冬期ピーク	22	0	0	0	0	0
冬期ピーク	23	0	0	0	0	0
冬期ピーク	24	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0
1	3	0	0	0	0	0
1	4	0	0	0	0	0
1	5	0	0	0	0	0
1	6	0	0	0	0	0
1	7	0	0	0	0	0
1	8	0	0	0	0	0
1	9	0	0	1	0	5
1	10	0	0	1	0	5
1	11	0	0	1	0	5
1	12	0	0	1	0	5
1	13	0	0	1	0	5
1	14	0	0	1	0	5
1	15	0	0	1	0	5
1	16	0	0	1	0	5
1	17	0	0	1	0	5
1	18	0	0	0	0	0
1	19	0	0	0	0	0
1	20	0	0	0	0	0
1	21	0	0	0	0	0
1	22	0	0	0	0	0
1	23	0	0	0	0	0
1	24	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0
2	4	0	0	0	0	0
2	5	0	0	0	0	0
2	6	0	0	0	0	0
2	7	0	0	0	0	0
2	8	0	0	0	0	0
2	9	0	0	1	0	5
2	10	0	0	1	0	5
2	11	0	0	1	0	5
2	12	0	0	1	0	5
2	13	0	0	1	0	5
2	14	0	0	1	0	5
2	15	0	0	1	0	5
2	16	0	0	1	0	5
2	17	0	0	1	0	5
2	18	0	0	0	0	0
2	19	0	0	0	0	0
2	20	0	0	0	0	0
2	21	0	0	0	0	0
2	22	0	0	0	0	0
2	23	0	0	0	0	0
2	24	0	0	0	0	0

月	時	RH-01冷水	RR-01冷水	RH-01温水	RR-01温水	CG-01
3	1	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0
3	3	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	0	0
3	5	0	0	0	0	0
3	6	0	0	0	0	0
3	7	0	0	0	0	0
3	8	0	0	0	0	0
3	9	0	0	1	0	5
3	10	0	0	1	0	5
3	11	0	0	1	0	5
3	12	0	0	0	0	5
3	13	0	0	1	0	5
3	14	0	0	1	0	5
3	15	0	0	1	0	5
3	16	0	0	0	0	5
3	17	0	0	1	0	5
3	18	0	0	0	0	0
3	19	0	0	0	0	0
3	20	0	0	0	0	0
3	21	0	0	0	0	0
3	22	0	0	0	0	0
3	23	0	0	0	0	0
3	24	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	0
4	3	0	0	0	0	0
4	4	0	0	0	0	0
4	5	0	0	0	0	0
4	6	0	0	0	0	0
4	7	0	0	0	0	0
4	8	0	0	0	0	0
4	9	0	2	0	0	5
4	10	0	2	0	0	5
4	11	0	2	0	0	4
4	12	0	2	0	0	4
4	13	0	2	0	0	4
4	14	0	2	0	0	4
4	15	0	2	0	0	4
4	16	0	2	0	0	4
4	17	0	2	0	0	5
4	18	0	0	0	0	0
4	19	0	0	0	0	0
4	20	0	0	0	0	0
4	21	0	0	0	0	0
4	22	0	0	0	0	0
4	23	0	0	0	0	0
4	24	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0
5	2	0	0	0	0	0
5	3	0	0	0	0	0
5	4	0	0	0	0	0
5	5	0	0	0	0	0
5	6	0	0	0	0	0
5	7	0	0	0	0	0
5	8	0	0	0	0	0
5	9	0	4	0	0	1
5	10	0	5	0	0	2
5	11	0	5	0	0	2
5	12	0	5	0	0	2
5	13	0	5	0	0	2
5	14	0	5	0	0	2
5	15	0	5	0	0	2
5	16	0	5	0	0	2
5	17	0	5	0	0	3
5	18	0	0	0	0	0
5	19	0	0	0	0	0
5	20	0	0	0	0	0
5	21	0	0	0	0	0
5	22	0	0	0	0	0
5	23	0	0	0	0	0
5	24	0	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0
6	2	0	0	0	0	0
6	3	0	0	0	0	0
6	4	0	0	0	0	0
6	5	0	0	0	0	0
6	6	0	0	0	0	0
6	7	0	0	0	0	0
6	8	0	0	0	0	0
6	9	0	6	0	0	3
6	10	0	6	0	0	3
6	11	0	6	0	0	3
6	12	0	6	0	0	3
6	13	0	6	0	0	2
6	14	0	6	0	0	2
6	15	0	6	0	0	2
6	16	0	6	0	0	2
6	17	0	6	0	0	3
6	18	0	0	0	0	0
6	19	0	0	0	0	0
6	20	0	0	0	0	0
6	21	0	0	0	0	0
6	22	0	0	0	0	0
6	23	0	0	0	0	0
6	24	0	0	0	0	0

月	時	RH-01冷水	RR-01冷水	RH-01温水	RR-01温水	CG-01
7	1	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	0	0
7	3	0	0	0	0	0
7	4	0	0	0	0	0
7	5	0	0	0	0	0
7	6	0	0	0	0	0
7	7	0	0	0	0	0
7	8	0	0	0	0	0
7	9	1	1	0	0	5
7	10	1	1	0	0	5
7	11	1	1	0	0	5
7	12	1	1	0	0	5
7	13	1	1	0	0	5
7	14	1	1	0	0	5
7	15	1	1	0	0	5
7	16	1	1	0	0	5
7	17	1	1	0	0	5
7	18	0	0	0	0	0
7	19	0	0	0	0	0
7	20	0	0	0	0	0
7	21	0	0	0	0	0
7	22	0	0	0	0	0
7	23	0	0	0	0	0
7	24	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0
8	2	0	0	0	0	0
8	3	0	0	0	0	0
8	4	0	0	0	0	0
8	5	0	0	0	0	0
8	6	0	0	0	0	0
8	7	0	0	0	0	0
8	8	0	0	0	0	0
8	9	1	1	0	0	5
8	10	1	2	0	0	5
8	11	1	2	0	0	5
8	12	1	2	0	0	5
8	13	1	2	0	0	5
8	14	1	2	0	0	5
8	15	1	2	0	0	5
8	16	1	2	0	0	5
8	17	1	1	0	0	5
8	18	0	0	0	0	0
8	19	0	0	0	0	0
8	20	0	0	0	0	0
8	21	0	0	0	0	0
8	22	0	0	0	0	0
8	23	0	0	0	0	0
8	24	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0
9	2	0	0	0	0	0
9	3	0	0	0	0	0
9	4	0	0	0	0	0
9	5	0	0	0	0	0
9	6	0	0	0	0	0
9	7	0	0	0	0	0
9	8	0	0	0	0	0
9	9	1	0	0	0	5
9	10	1	0	0	0	5
9	11	1	0	0	0	5
9	12	1	0	0	0	5

6-5. エネルギー検討まとめ

美術館の空調熱源システムについて、通常の熱源と BCP 熱源、通常の空調とデシカント空調の組み合わせによるエネルギー性能を検討した。

- ・ 夏期の処理負荷は **デシカント空調機方式** > **通常の空調方式** であるが、年間の処理負荷は **デシカント空調方式** < **通常の空調方式** となった。
- ・ 通常の熱源と空調方式と比べて、BCP 熱源とデシカント空調方式は 15%省エネ、13%CO₂ の発生を削減する結果となった。

なお、マイクロコージェネ（CG-01）採用の場合、排熱を有効利用するには次の点に注意する。

- ・ 温熱負荷に応じて CGS の台数を決め、足りないと RH-01 が起動するシーケンスとなるが、単純に CGS と RH-01 が並列になると 1 次側の循環水量が跳ね上がり、CGS と RH-01 の入口温水温度が上昇する。そうすると CGS は温水に排熱できなくなるため、自己放熱を始める。
- ・ CGS の排熱不足分だけを RH-01 が補うようにする。

消費電力の内訳より、送風機動力の比率の高いことがわかった。これを含め、実施に当たっては省エネルギー効果を高めるため、次の検討が望ましい。

- ・ CO₂ 制御で送風機、送風機動力、冷熱負荷、温熱負荷の削減
- ・ B-1 と B-2 において、デシカント空調機の加熱コイル CO₂ は冬期専用のため外気処理機と同じ 45℃仕様とする。状況によりマイクロコージェネを停止した場合、ヒートポンプチラー RR-01 の温水温度を夏期は 50℃、冬期は 45℃に変更して、冬期の運転効率を高める。（夏期の冷水温度緩和より効果大、遠方信号で設定変更）

なお、本報告書の機器と熱負荷において 1 月～12 月の温水負荷は RH-01 と CG-01 で供給されるため、RR-01 を 45℃にした効果は表れない。

- ・ RR-01 のカタログ上、45℃送水で COP=2.61、50℃送水で COP=2.36 であり、10%の向上が期待できる。
- ・ 酷暑日以外の冷水温度は 7℃を緩和する。

6-6. 総合評価まとめ

美術館へのデシカント空調の導入について、環境性、社会性、経済性の面から各検討ケースを比較して評価を行った。評価項目は、環境性としてエネルギー消費量とCO₂排出量を、社会性として空調のピーク電力とBCP対応としての発電量、経済性としてイニシャルコストに15年分のランニングコストを加えた値とし、それぞれの項目を3点満点で評価した。表6-13に検討ケース比較と総合評価を示す。

環境性評価においては、エネルギー消費量とCO₂排出量ともにBCPに配慮した熱源方式とデシカント空調方式の組合せであるケースB-2が高評価となった。具体的には、ケースA-1と比べて、B-2はエネルギー消費量で15%削減、CO₂排出量で13%削減となった。一方、通常想定される熱源方式とデシカント空調方式の組み合わせであるケースA-2は、ケースA-1よりやや低評価となり、熱源方式との組み合わせが重要であることが判明した。

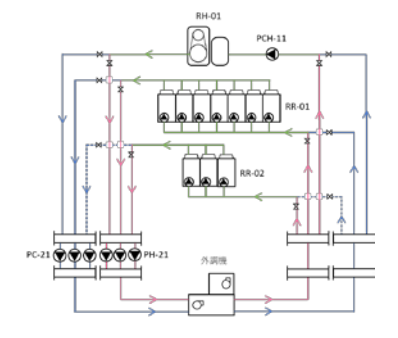
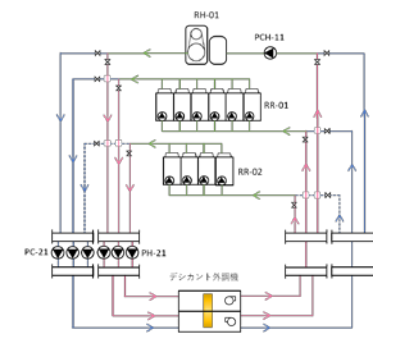
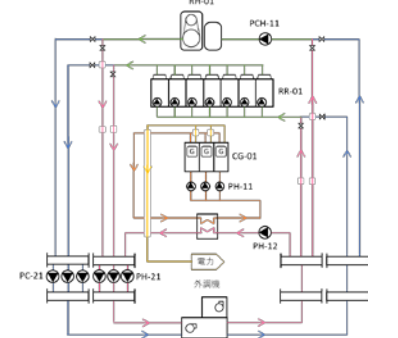
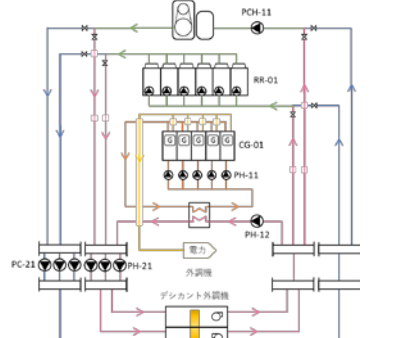
社会性評価において、電力デマンドに着目して空調ピーク電力を確認した。その結果、BCPに配慮した熱源方式が発電効果によりケースB-1とケースB-2が高評価となった。同様にBCP対応としての発電量では、BCPに配慮した熱源方式とデシカント空調方式の組合せであるB-2の発電量が大きいため高評価となった。但し、ケースB-1・B-2とも、小容量のマイクロコージェネのため、低圧ガス供給となり大地震時に供給停止の可能性があるとともに、低圧の照明コンセント等への利用に制限されることの考慮が必要である。

経済性評価は、15年ライフサイクルコストとして、イニシャルコストと15年間のランニングコスト（電気代+ガス代+メンテナンス費）の合計を比較した。ケースA-1と比べて、ケースB-1は6%低減、反対にケースA-2とB-2はコストが高くなった。これは、デシカント空調方式とコージェネの導入によるイニシャルコストの増額をランニングコストでカバーできなかったためである。

総合評価は、5つの評価点を環境性、社会性、経済性の各項目で平均したものを合計して行った。一番評価が高かったケースはBCPに配慮した熱源方式とデシカント空調方式の組合せであるB-2の7点、次いでBCPに配慮した熱源方式と通常想定される空調方式の組合せであるB-1の6.5点、通常想定される熱源方式と通常想定される空調方式の組合せであるA-1の5点、通常想定される熱源方式とデシカント空調方式の組合せであるA-2の4点という順となった。

どの項目を重視するかで重み係数を考慮することで、順位は変わることとなるが、各項目が同じ重み係数の場合、ケースB-2が最も評価が高い結果となった。

表 6-13 検討ケース比較と総合評価

ケース	A－1				A－2				B－1				B－2				備 考		
熱源方式		【通常想定される熱源方式】				【通常想定される熱源方式】				【BCPに配慮した熱源方式】				【BCPに配慮した熱源方式】				稼働時間 2,754時間/年	
主要機器		ガス吸収式冷温水機 180RT ×1 空冷ヒートポンプチラー 30HP ×7 空冷ヒートポンプチラー 30HP ×3				ガス吸収式冷温水機 180RT ×1 空冷ヒートポンプチラー 30HP ×6 空冷ヒートポンプチラー 30HP ×4				ガスコージェネ（マイクロ） 35kW ×3 ガス吸収式冷温水機 180RT ×1 空冷ヒートポンプチラー 30HP ×7				ガスコージェネ（マイクロ） 35kW ×5 ガス吸収式冷温水機 180RT ×1 空冷ヒートポンプチラー 30HP ×6				運転時間 8：00～17：00 運転日数 306日/年（休館：週1日及び年末年始）	
空調方式		【通常想定される空調方式】				【デシカント空調方式】				【通常想定される空調方式】				【デシカント空調方式】				外調機 吹出温湿度	
主要機器		外調機（除湿再熱制御） ×4 室内側空調機 ×9				デシカント外調機 ×4 室内側空調機 ×9				外調機（除湿再熱制御） ×4 室内側空調機 ×9				デシカント外調機 ×4 室内側空調機 ×9				夏季（6～10月） 24°CDB、55%RH 中間期（4・5・11月） 23°CDB、55%RH 冬季（12～3月） 22°CDB、55%RH	
系統図																			
環境性																			
エネルギー消費量		○	4,881 GJ/年 (100%)			○	5,035 GJ/年 (103%)			○	4,627 GJ/年 (95%)			◎	4,135 GJ/年 (85%)			換算係数 電力 9.97 MJ/kWh(昼) 9.28 MJ/kWh(夜) ガス 45.0 MJ/Nm3	
CO ₂ 排出量		○	245 t-CO ₂ /年 (100%)			○	252 t-CO ₂ /年 (103%)			○	237 t-CO ₂ /年 (97%)			◎	214 t-CO ₂ /年 (87%)			換算係数 電力 0.49 kg-CO2/kWh ガス 0.0509 kg-CO2/MJ	
社会性																			
空調電力ピーク (発現時期)		○	173 kW (夏期)			○	187 kW (夏期)			◎	48 kW (夏期)			◎	57 kW (中間期)			空調電力ピーク = 熱源電力＋外調機電力－発電電力 ※中間期の熱源は空冷ヒートポンプチラーのみ運転	
BCP対応（発電量）		—	— kW			—	— kW			○	105 kW			◎	175 kW			B-1とB-2の発電分は、低圧箇所（例：照明、コンセント等）に活用。通常の非常用発電機は、各ケースとも別途設置。	
経済性																			
イニシャルコスト		218,000 千円 (100%)				258,000 千円 (118%)				234,000 千円 (107%)				291,000 千円 (133%)				熱源機器、外調機、熱源～外調機廻り配管、自動制御	
ランニングコスト		11,951 千円/年 (100%)				12,445 千円/年 (104%)				9,274 千円/年 (78%)				9,345 千円/年 (78%)					
電力		7,122 千円/年				7,622 千円/年				-77 千円/年				-1,749 千円/年					
ガス		4,021 千円/年				4,015 千円/年				7,997 千円/年				9,376 千円/年					
メンテナンス		808 千円/年				808 千円/年				1,354 千円/年				1,718 千円/年				吸収式、ガスコージェネ（11年目以降一部有償）	
15 年ライフサイクル																			
エネルギー消費量		73,214 GJ/15年 (100%)				75,523 GJ/15年 (103%)				69,402 GJ/15年 (95%)				62,018 GJ/15年 (85%)					
CO ₂ 排出量		3,670 t-CO ₂ /15年 (100%)				3,784 t-CO ₂ /15年 (103%)				3,550 t-CO ₂ /15年 (97%)				3,204 t-CO ₂ /15年 (87%)					
ランニングコスト		179,272 千円/15年				186,673 千円/15年				139,107 千円/15年				140,177 千円/15年					
イニシャルコスト ＋ ランニングコスト15年		○	397,272 千円 (100%)			△	444,673 千円 (112%)			○	373,107 千円 (94%)			△	431,177 千円 (109%)				
評価		③	5 点			④	4 点			②	6.5 点			①	7 点			△＝1点、○＝2点、◎＝3点 項目ごとに平均化して合計	
備考		電力 高圧電力AL 基本料金 (税込) 1,733.40 円/kW・月 電力量料金 夏季 14.13 円/kWh 7月から9月 その他季 13.08 円/kWh 10月から6月 ガス 空調用A契約 夏期 定額基本料金 9,496.00 円/月 5月から12月 料金表2 流量基本料金 1,131.42 円/m3・月 単位料金 63.24 円/m3 冬期 定額基本料金 9,496.00 円/月 1月から4月 流量基本料金 2,322.51 円/m3・月 単位料金 67.45 円/m3				電力 高圧電力AL 基本料金 (税込) 1,733.40 円/kW・月 電力量料金 夏季 14.13 円/kWh 7月から9月 その他季 13.08 円/kWh 10月から6月 ガス コージェネB契約 夏期 定額基本料金 8,650.00 円/月 5月から11月 流量基本料金 938.52 円/m3・月 単位料金 59.49 円/m3 冬期 定額基本料金 8,650.00 円/月 12月から4月 流量基本料金 939.88 円/m3・月 単位料金 59.49 円/m3													

7. まとめと今後の課題

7-1. まとめ

本研究では、美術館の設備に関する事例及びデシカント空調の導入事例についての調査を行うとともに、美術館へのデシカント空調の導入検討を行った。

(1) 美術館の設備に関する最新事例調査

- ・主要熱源において、ガス熱源機器と電気熱源機器を併用するベストミックスの採用から、電気熱源のみの採用となっており、再生可能エネルギーの積極的な利用も見られた。
- ・空調方式は空調機による単一ダクト方式が多く採用されており、放射冷暖房方式、デシカント外気処理空調機の採用も見られた。
- ・設備機器の高効率化や搬送動力の削減等、設備のみによる省エネルギー手法が多くみられたが、加えて建築的な手法や地域の特色を生かした省エネルギー手法が採用されていた。

(2) デシカント空調の概要と導入事例調査

- ・デシカント空調の概要を整理した。
- ・デシカント空調の導入事例としては、オフィスビル、病院、ホテル、博物館など多岐にわたる。

(3) 美術館へのデシカント空調の適用条件の設定

- ・美術館の空調設備において、デシカント空調機システム方式と従来システム方式のエネルギー性能を調査することを目的として、外気温湿度（大阪）、空調方式（外調機＋空調機）、外調機吹出温湿度及び風量を設定した。

(4) 美術館へのデシカント空調の導入検討

- ・デシカント空調の美術館への適用を想定して、通常の設計で想定される空調方式として除湿再熱制御、及びデシカント空調方式を設定した。
- ・熱源方式は、通常の設計で想定される方式として電気とガスのベストミックス熱源、及びBCPに配慮した方式としてCGSの導入を設定した。CGSからの排熱は、デシカント空調の再生用加熱源として有効利用するとともに、発電分は低圧の照明コンセント等への利用を想定した。

(5) 美術館へのデシカント空調の導入効果の検討

- ・美術館の空調設備において、デシカント空調機方式と従来方式のエネルギー性能を調査した。
- ・検討ケースに応じたエネルギーシミュレーターをLCEMツールで作成し、与えた負荷、運転、気象条件のもと年間のエネルギー量を算出した。
- ・LCEMツールの作成において、まずデシカントローター単体について特性をチューニングした。次にメーカーの特性曲線の再現計算を行い、全域にわたってエネルギー検討に必要な精度を有していることを確認した。

- ・デシカント空調機の LCEM ツール作成において、夏期の温湿度変動は除湿コイルで吸収するため内部の動作点は一定であるが、中間期は内部の動作点が変動するため手計算では解析が困難であることが判明した。
- ・負荷の性状について、夏期の冷水+温水の熱量は通常の外調機（除湿再熱制御）よりデシカント空調機の方が大きい、中間期はデシカント空調機の方が無駄な冷却をしないため、通常の外調機より小さいことが判明した。
- ・一次側空調設備の年間エネルギー性能について、デシカント空調機と通常の外調機の冷却負荷、加熱負荷を算出し比較したところ、
夏期の処理負荷は、デシカント空調機方式 > 通常の空調方式 であるが、
年間の処理負荷は、デシカント空調機方式 < 通常の空調方式 となった。
- ・通常の熱源と空調方式と比べて、BCP 熱源とデシカント空調方式は 15%省エネ、13%CO₂ の発生を削減する結果となった。
- ・美術館へのデシカント空調の導入について、環境性、社会性、経済性の面から各検討ケースを比較して評価を行った。
- ・環境性評価においては、エネルギー消費量と CO₂ 排出量ともに BCP に配慮した熱源方式とデシカント空調方式の組合せであるケース B-2 が高評価となった。一方、通常想定される熱源方式とデシカント空調方式の組み合わせであるケース A-2 は、ケース A-1 よりやや低評価となり、熱源方式との組み合わせが重要であることが判明した。
- ・社会性評価において、空調ピーク電力は、BCP に配慮した熱源方式が発電効果によりケース B-1 とケース B-2 が高評価となった。同様に BCP 対応としての発電量では、BCP に配慮した熱源方式とデシカント空調方式の組合せである B-2 の発電量が大きいため高評価となった。
- ・経済性評価は、15 年ライフサイクルコストとして、イニシャルコストと 15 年間のランニングコスト（電気代+ガス代+メンテナンス費）の合計を比較した。ケース A-1 と比べて、ケース B-1 は 6%低減、反対にケース A-2 と B-2 はコストが高くなった。
- ・総合評価は、5 つの評価点を環境性、社会性、経済性の各項目で平均したものを合計して行った。その結果、BCP に配慮した熱源方式とデシカント空調方式の組合せである B-2 の 7 点、次いで BCP に配慮した熱源方式と通常想定される空調方式の組合せであるケース B-2 が最も評価が高い結果となった。

7-2. 今後の課題

- ・自然エネルギー利用による負荷削減手法や水の有効利用などの環境配慮設備の適用については、敷地の状況や建物条件に合わせた検討が必要であると考えられる。例えば、福山市まなびの館ローズコムにおける周辺の水景や水盤を利用した環境緩和などはヒントになると考えられる。
- ・マイクロコージェネ採用の場合、排熱を有効利用するには次の点に注意を要する。
 - ✓ 温熱負荷に応じて CG-01 の台数を決め、足りないと吸収式冷温水機 RH-01 が起動するシーケンスとしがた、単純に CG-01 と RH-01 が並列になると一次側の循環水量が跳ね上がり、CG-01 と RH-01 の入口温水温度が上昇する。そうすると CG-01 は温水に排熱できなくなるため、自己放熱を始めるため、CG-01 の排熱不足分だけを RH-01 が補うようにする。
- ・消費電力の内訳より、送風機動力の比率の高いことが分かった。これを含め、実施にあたっては省エネルギー効果を高めるため、次の検討が望ましい。
 - ✓ CO₂濃度制御で送風機、送風機動力、冷熱負荷、温熱負荷の削減
 - ✓ ケースB-1とB-2において、デシカント空調機の加熱コイル CO2 は冬期専用のため外気処理機と同じ 45℃仕様とする。状況によりマイクロコージェネを停止した場合、ヒートポンプチラーの温水温度を夏期は 50℃、冬期は 45℃に変更して、冬期の運転効率を高める。(夏期の冷水温度緩和より効果大、遠方信号で設定変更)
 - ✓ 本報告書の機器と熱負荷において 1 月～12 月の温水負荷は RH-01 と CG-01 で供給されるため、RR-01 を 45℃にした効果は表れない。RR-01 のカタログ上、45℃送水で COP=2.61、50℃送水で COP=2.36 であり、10%の向上が期待できる。
 - ✓ 酷暑日以外の冷水温度は 7℃を緩和する。

LCEM ツール概要

LCEM(ライフサイクルエネルギーマネージメント) ツールのための空調システムシミュレーション

概要

日建設計総合研究所

LCEM(ライフサイクルエネルギーマネージメント) 検討委員会

(社)公共建築協会／LCEM検討委員会
(委員長:村上周三(慶應義塾大学))

LCEM(Life Cycle Energy Management ; ライフサイクルエネルギーマネージメント)について、

- ①基本的な枠組みを確立するとともに、
- ②空気調和システムを対象とした
エネルギーシミュレーションツールのプロトタイプ開発
を目的としている。

LCEMにおけるシミュレーションツールの位置づけ

		マクロな性能評価ツール	マクロとミクロを繋ぐ性能評価ツール	ミクロな性能評価ツール
評価対象	建物全体	建築物性能評価ツール 建築物総合環境性能評価ツール (CASBEE等) ・建物全体の環境性能効率を定性評価 ・容易に扱える ・主に計画・設計段階で利用	LCEMの観点から必要なシミュレーションツール 空調システムを対象としたエネルギーシミュレーションツール ・エネルギー性能を定量的に評価 ・機器・サブシステムの挙動確認 ・オフピークの機器挙動確認 ・設計段階でも運用段階でも利用できる ・容易に扱えること	既存のシステムシミュレーションツール 静的システムシミュレーションツール (AOSS、DOE2など) ・エネルギー消費量の予測評価 ・サブシステムの詳細挙動解析 ・扱いがやや高度 ・主に詳細設計段階で利用
	システム			
	機器			静的システムシミュレーションツール (HVACSIM+など) ・機器レベルの詳細挙動確認 ・室内環境の動的な評価 ・扱いが極めて高度 ・現状では主に研究レベルで利用

LCEMにおけるシミュレーションツールの位置づけ

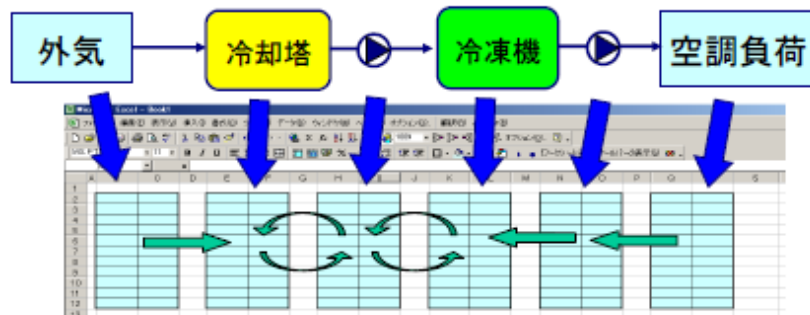
LCEMのための空調シミュレーションツールの特徴

- ・ **オブジェクト化セルズ法**
- ・ システムの部分、全体が構築可能
- ・ 機器単位でのモデル化
- ・ 年間・期間計算はマクロ機能を利用
- ・ **汎用表計算ソフト**を利用
- ・ 定常計算
- ・ 収束計算は「**反復計算機能**」を利用
- ・ システム構築はコピー～貼付機能を利用



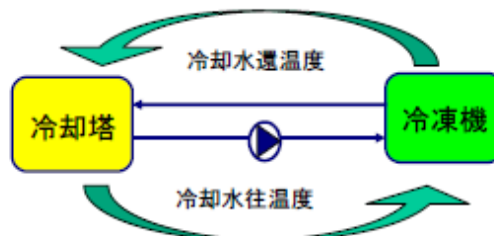
オブジェクト化セルズ

オブジェクト化セルズ法

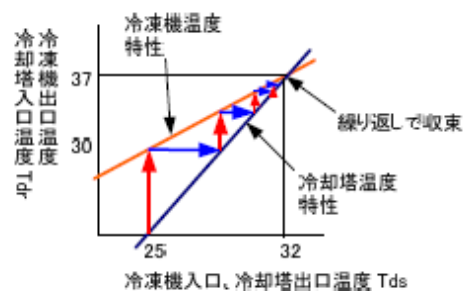


- ・1つの機器を複数のセルで定義 ⇒ オブジェクト
- ・オブジェクト間で参照し合い解を得る

反復計算機能の利用 冷却塔と冷凍機の関係



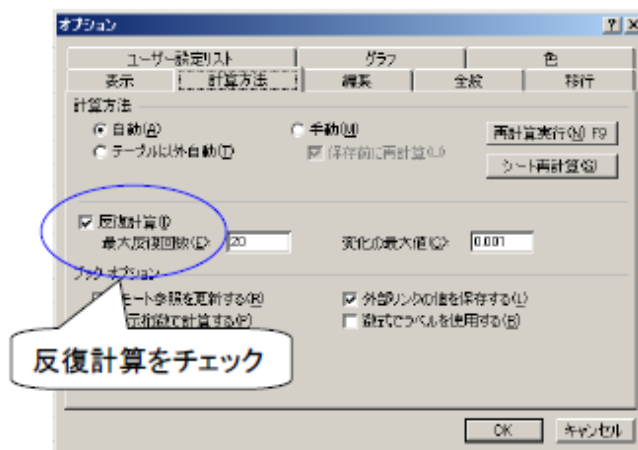
- ・お互いが参照しあう
- ・収束計算が必要



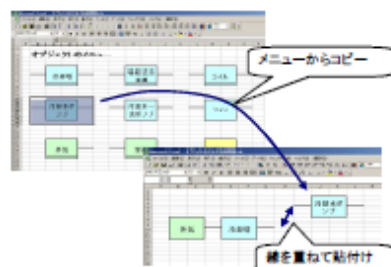
汎用表計算ソフトの「反復計算機能」を利用

反復計算で収束解を求める方法

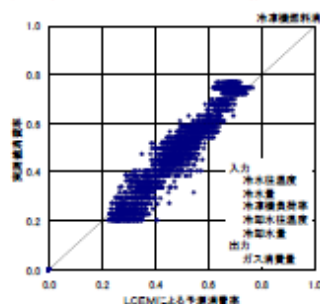
「ツール」⇒「オプション」⇒「計算方法」を選択し、
「反復計算」のチェックボックスをオン



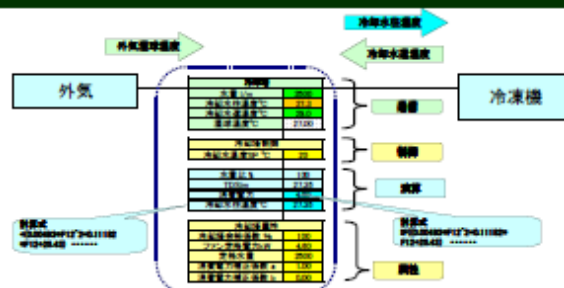
オブジェクトセルズ法によるシステム構築



表計算ソフト上でのシステム構築イメージ



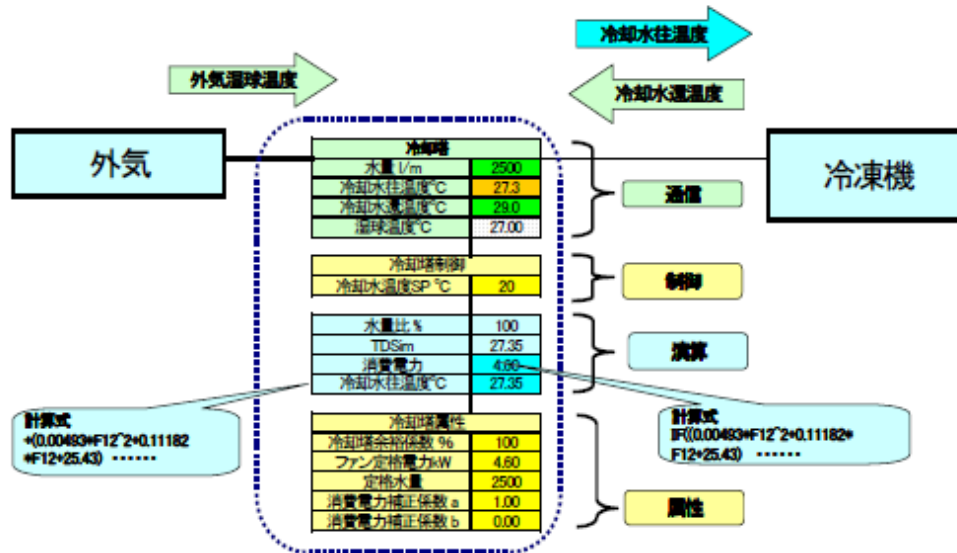
モデルの計算精度の確認 吸収冷凍機ガス消費量



オブジェクトの例 冷却塔

熱源サブシステムの構築例

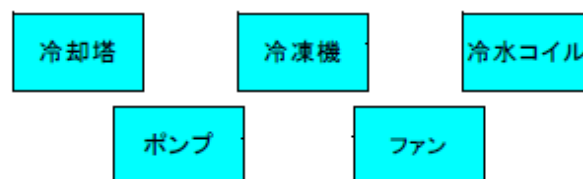
オブジェクトの構成 冷却塔の例



機器のモデル化とシステムの構築

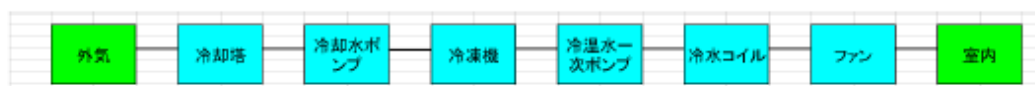
機器のモデル化

機器単位でモデル化



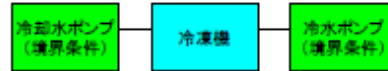
システムの構築

機器を接続してシステムを構築

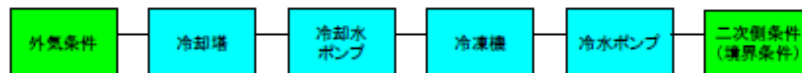


システムの構築方法

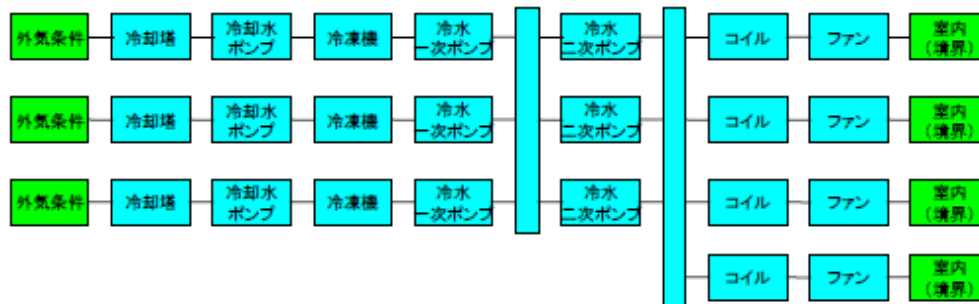
機器単体の構築例



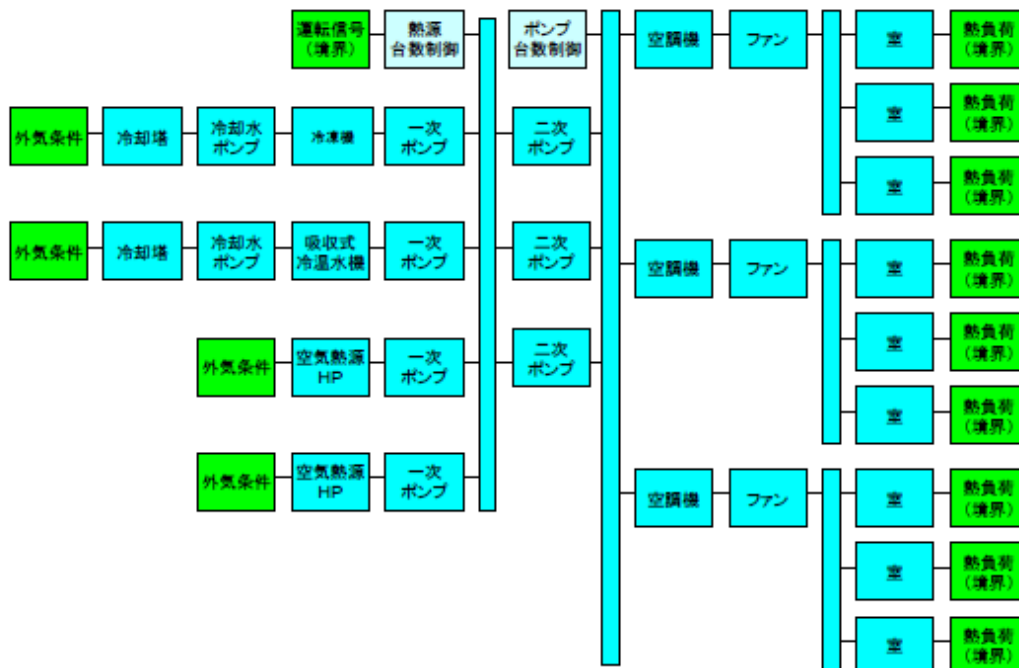
サブシステムの構築例



空調システム全体の構築例 (1)



空調システム全体の構築例 (2)



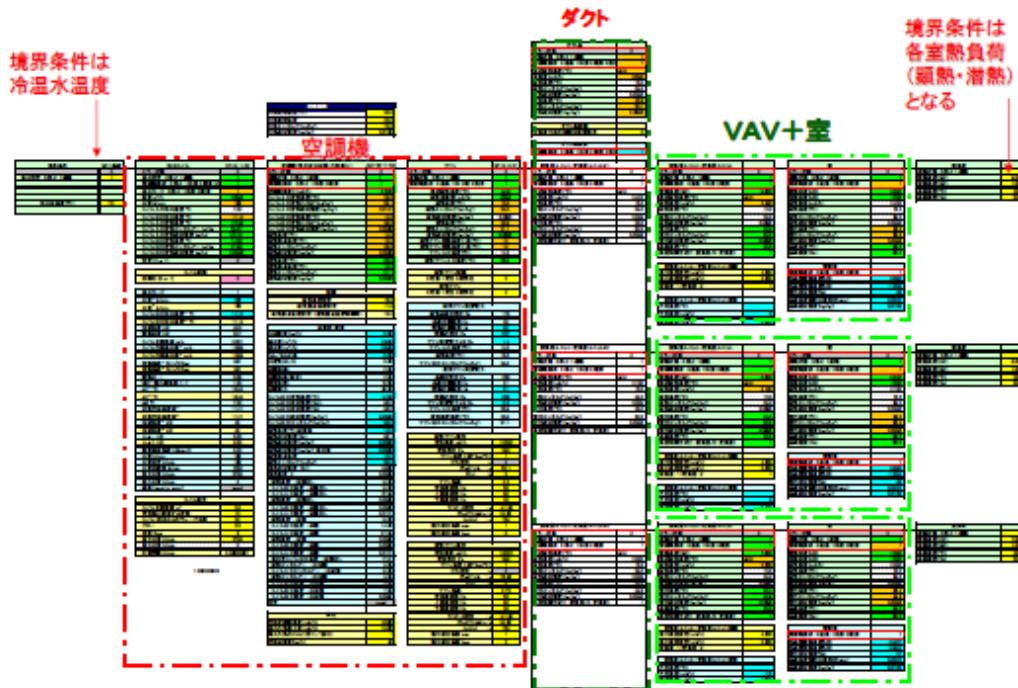
オブジェクトによる熱源サブシステム構築例

オブジェクトの構成 と属性	
名称	
水量 (L/m ²)	1000
汚染水水温度 (°C)	30.00
熱源区分	
汚染水水温度 (°C)	25
減衰率	
水量比 (%)	100.0
汚染水水温度 (°C)	30.0
資料名	
汚染水量 (L/min)	2430
汚染濃度 (ppm)	250

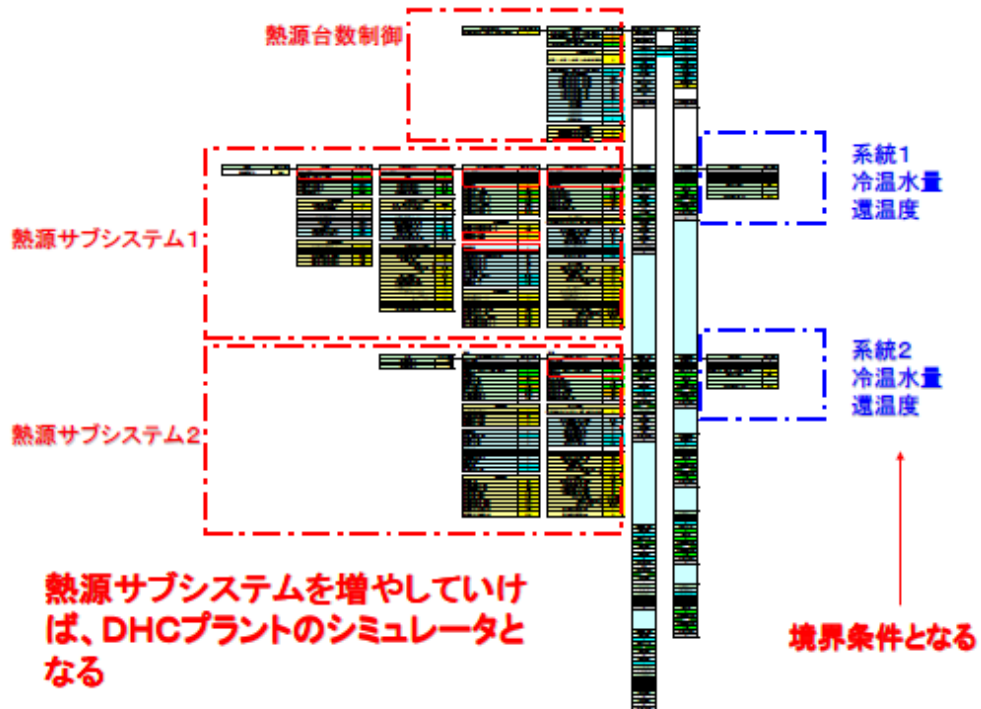
オブジェクトによるシステム構築例 空調機サブシステム



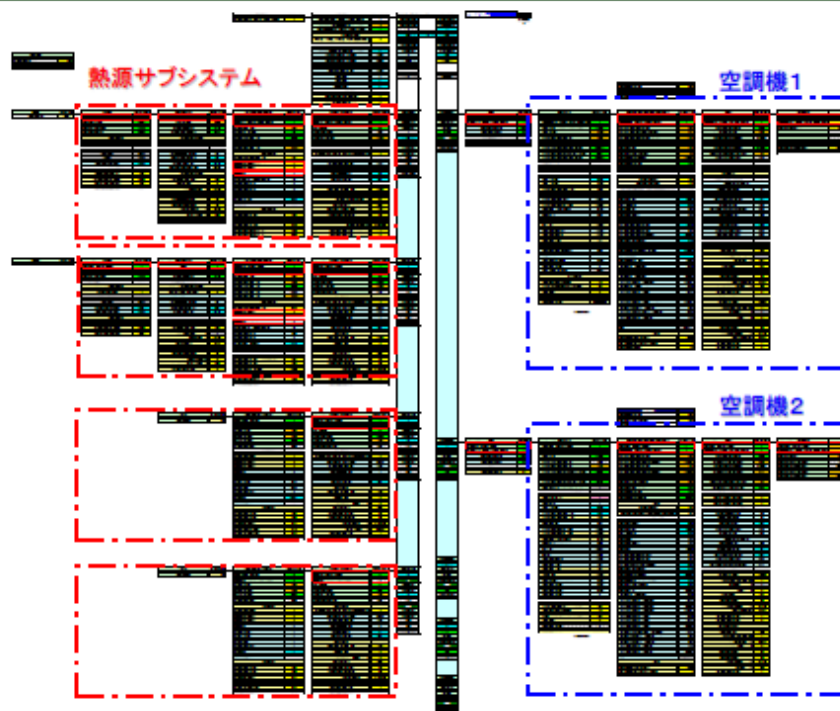
オブジェクトによるシステム構築例 二次側サブシステム



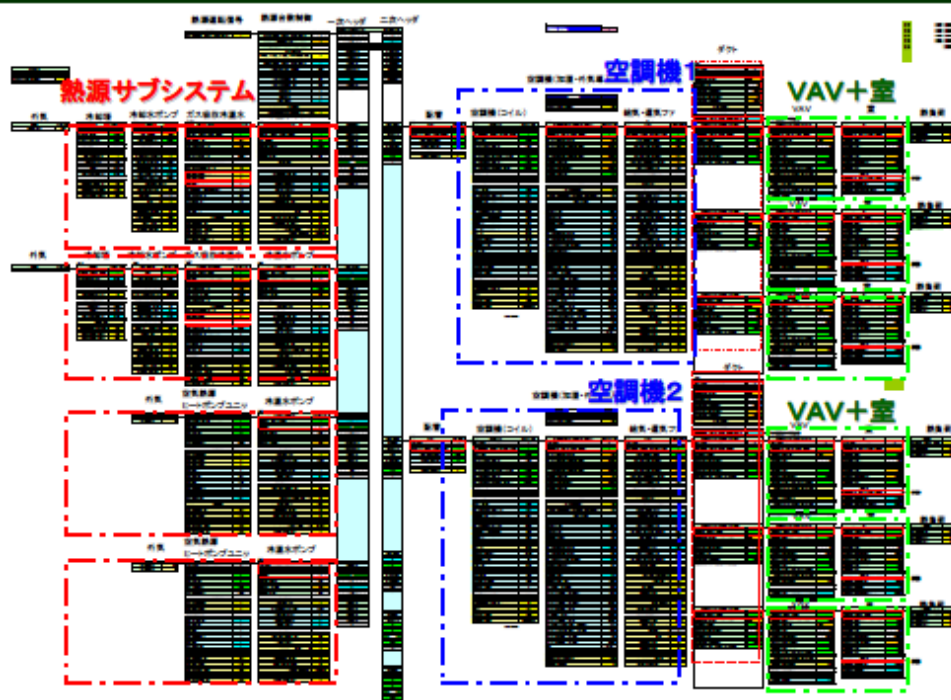
オブジェクトによるシステム構築例 一次側サブシステム



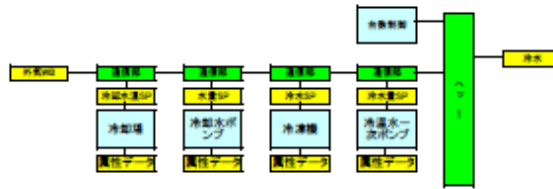
オブジェクトによるシステム構築例 熱源システム+空調機



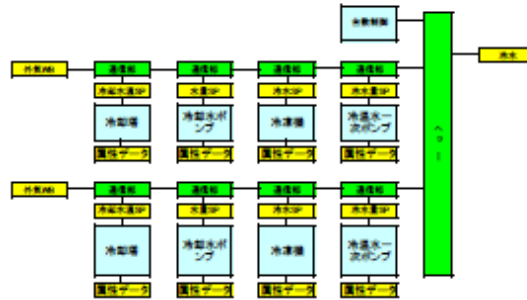
オブジェクトによるシステム構築例 空調システム全体



台数



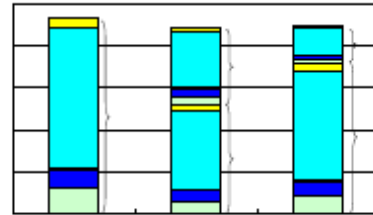
機 台



機 台

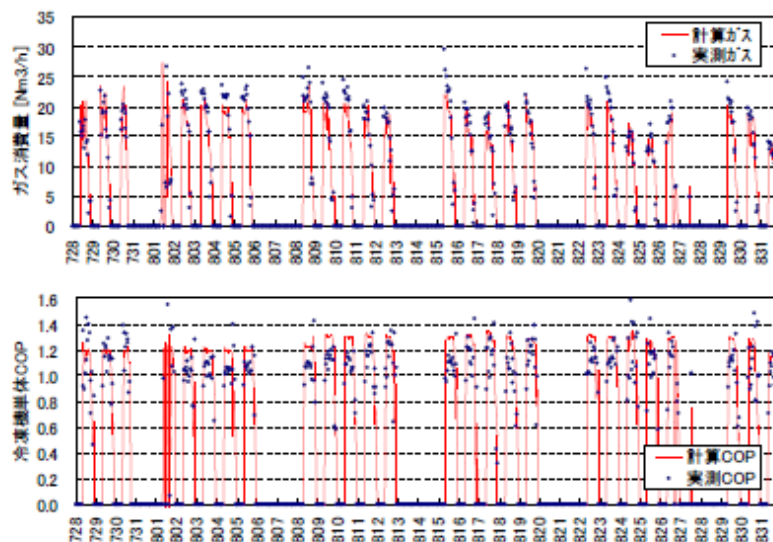
計算結果

- 冷凍水 次
- 冷凍水 機
- 冷凍水 機
- 冷凍水
- 冷凍水



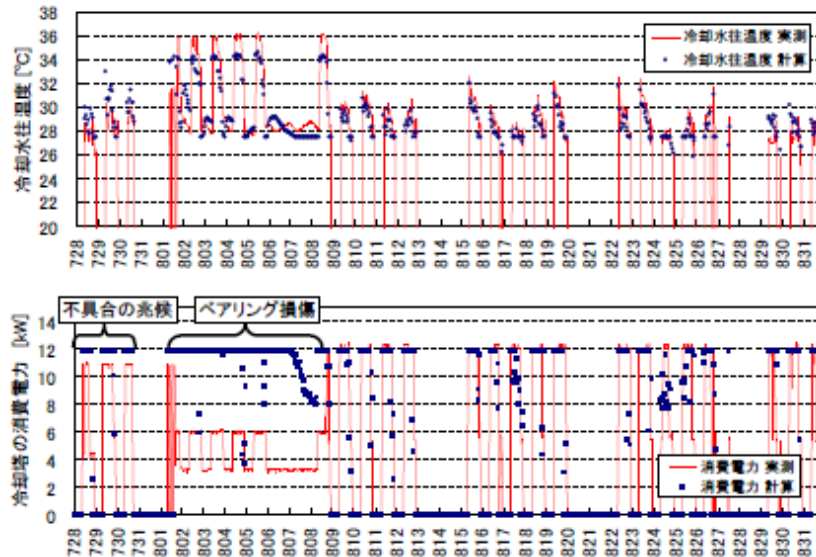
機 台 機 台 機 台

試運転調整段階における適用事例 熱源性能の検証



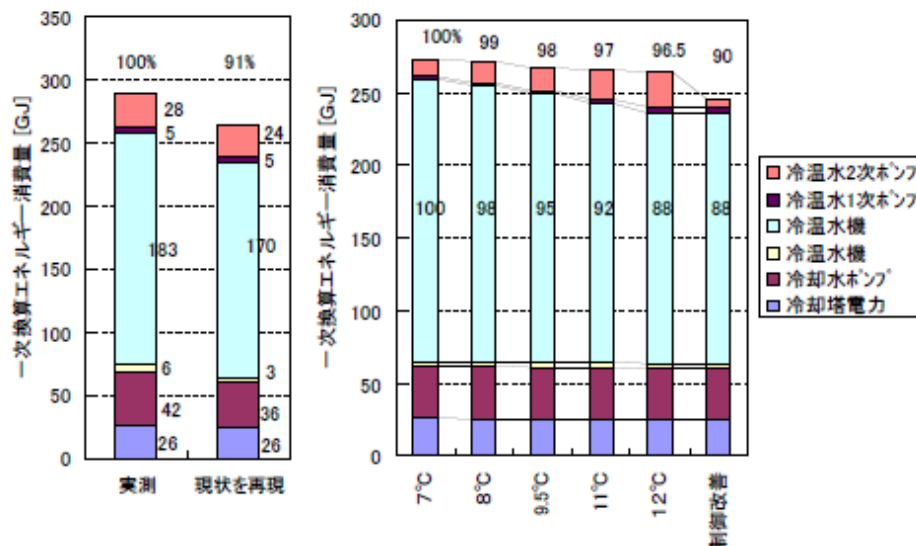
実測値と計算値比較 実測ガス消費量及び機器単体COP

運用段階における適用事例(1) 運転管理・不具合検知への適用



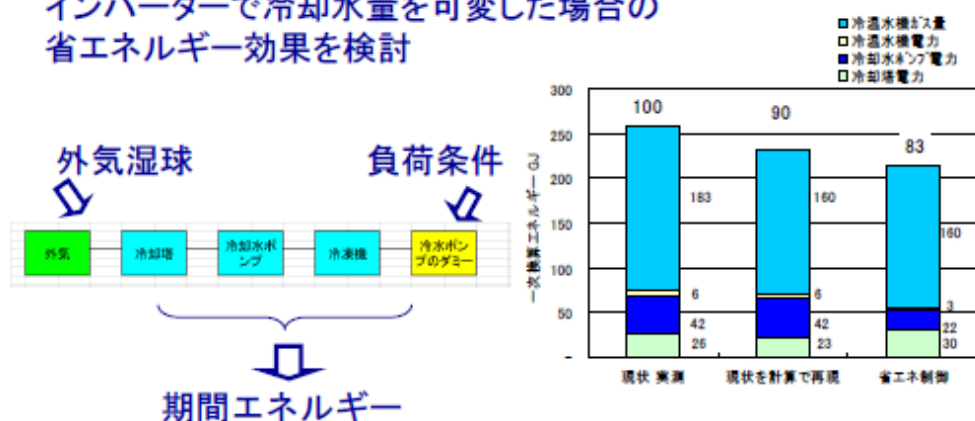
実測値と計算値比較 冷却水温度と冷却塔電力消費量

運用段階における適用事例(2) 制御設定値(送風温度設定)の検討



運用段階における適用事例(3) 冷却水温度適正化の検討

運転実績を基に、冷却水温度を適正化し、
インバーターで冷却水量を可変した場合の
省エネルギー効果を検討



結果:8月の高負荷月でも
90→83の8%低減できる見通し