



新菱神城ビル

ダイナミックレンジ放射空調システムの開発

三菱地所設計
機械設備設計部 兼 R&D推進部

平須賀信洋



- 建物紹介

- ファサードシステム
 - 基準階空調システム

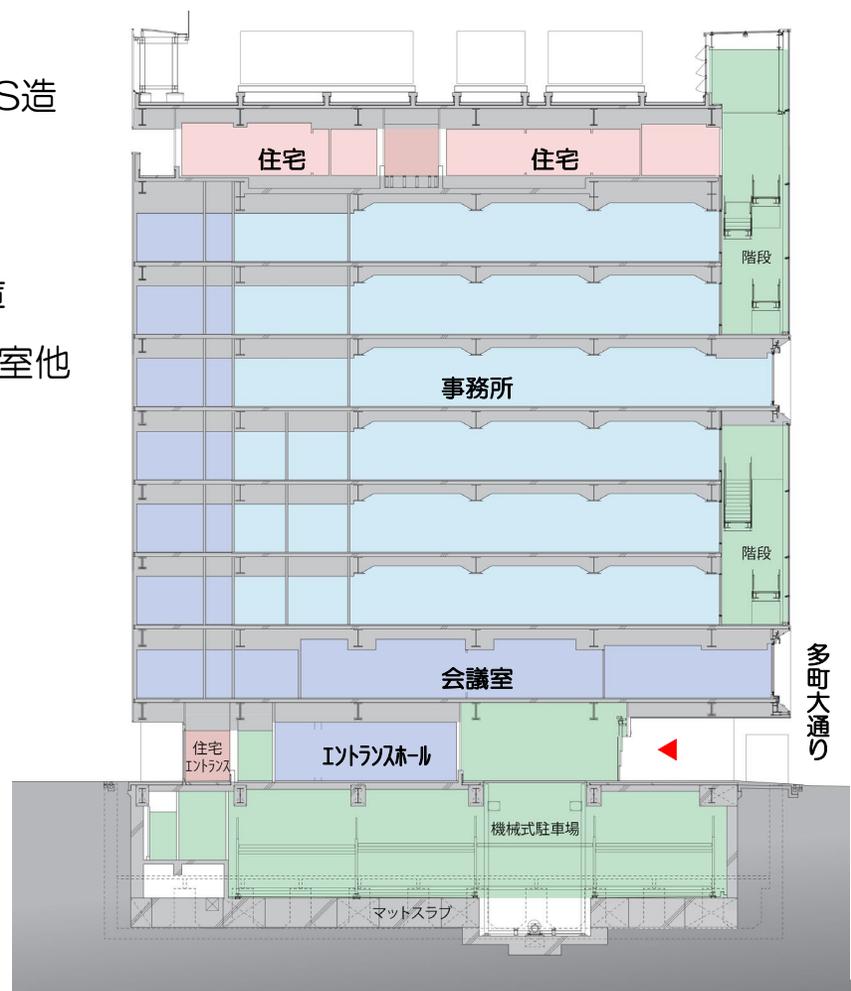
- ダイナミックレンジ放射空調システム

- 放射空調の5つの課題

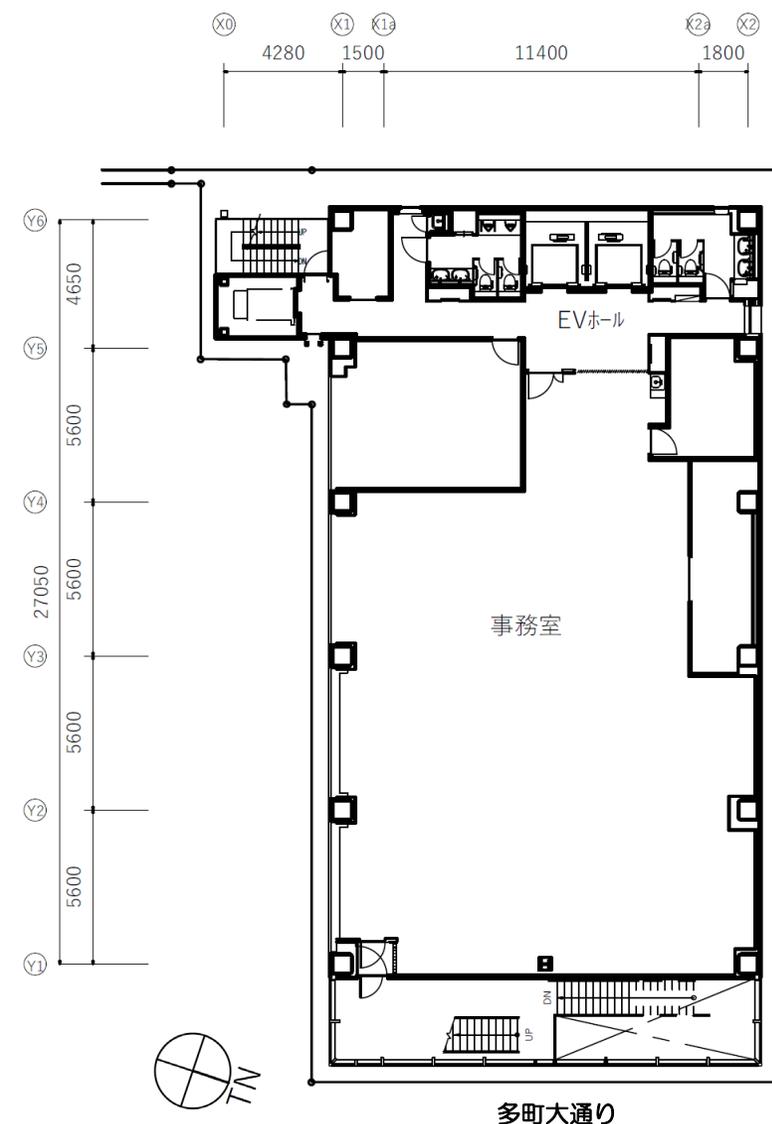
- 課題を解決するダイナミックレンジ放射空調システム

- その他 導入開発新技術の紹介

住 所	千代田区神田多町二丁目9番2
延床面積	4,619.55㎡
建物高さ	36.00m (高さ制限)
規模/構造	地上9階、地下1階、SRC,RC,S造
用 途	事務所、共同住宅、駐車場
竣 工	2020年6月30日
各階用途	地階 機械式駐車場、書庫 1階 エントランス、監視室他 2階 会議室 3～8階 事務所 9階 賃貸住居 (4世帯)
設計監理	(株)三菱地所設計
建 築	(株)大林組
空調設備	新菱冷熱工業(株)
電気設備	大栄電気(株)
衛生設備	(株)城口研究所



断面構成



事務所階平面



省エネ性能は最高ランクの★5を獲得
ZEB Ready



LEED-CS v3 GOLD取得



下町 | N-ZEB

下町らしい自然に配慮した快適環境

×

多様な関わりを生む空間構成

×

中間期にエネルギーネット0

ファサードシステム

環境デバイス×コミュニケーションスペース
としての立体路地

基準階空調システム

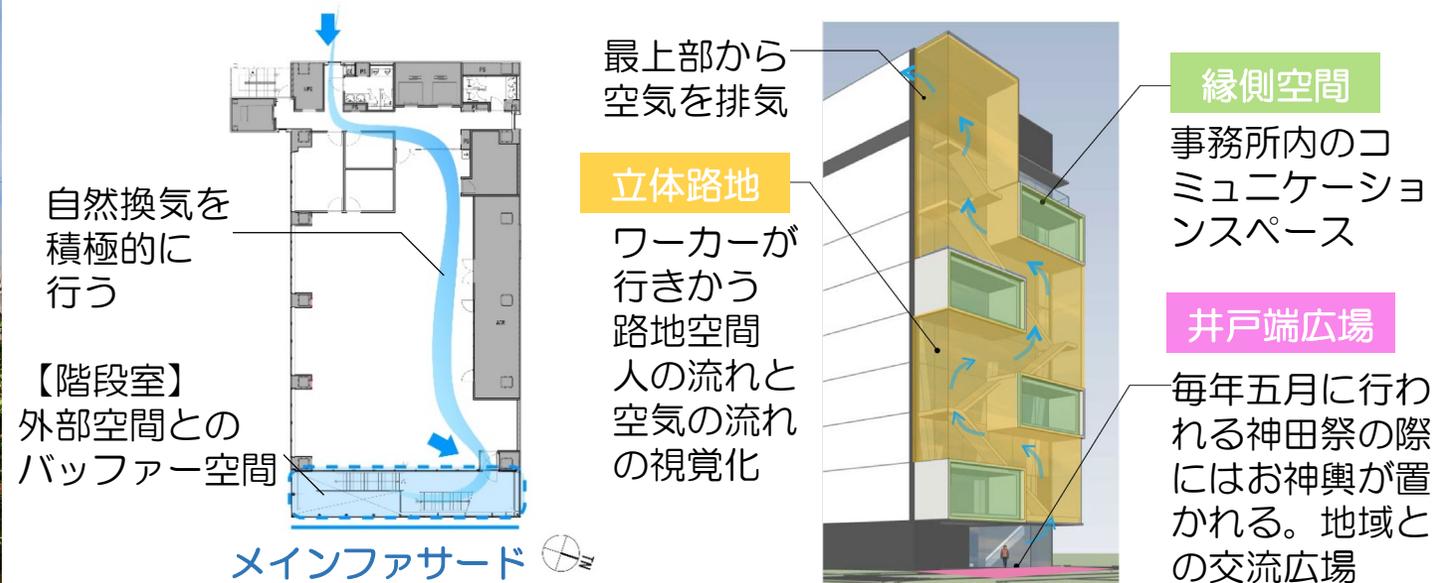
2つの空調方式による
ゆとりの「+1」フロア



ファサードシステム

環境デバイス×コミュニケーションスペースとしての立体路地

- 下町の魅力ある路地空間を、メインファサードに立体的に組み上げ、**ワーカーの積極的な移動・コミュニケーション**を促進する
- 事務所と外部空間とのバッファ空間として、**空調負荷軽減**に寄与する
- 自然換気のチムニーとして、**空気の流れを視覚的にも表現**する

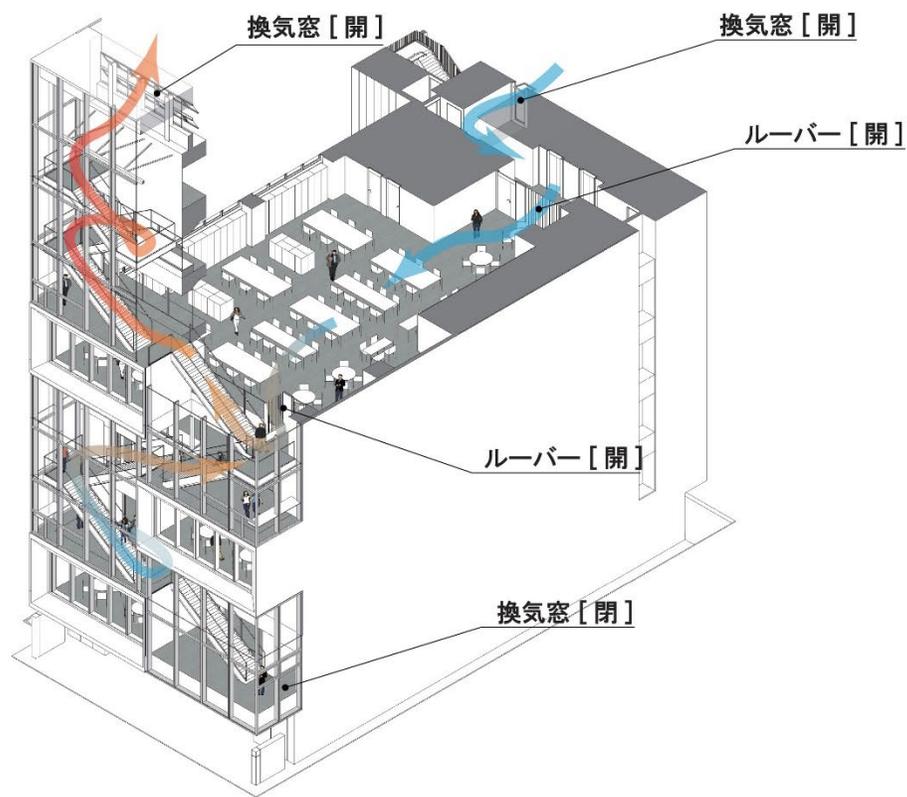


前面吹き抜け階段室を利用した

外部空間と内部空間のバッファースペースとしての避難階段の役割

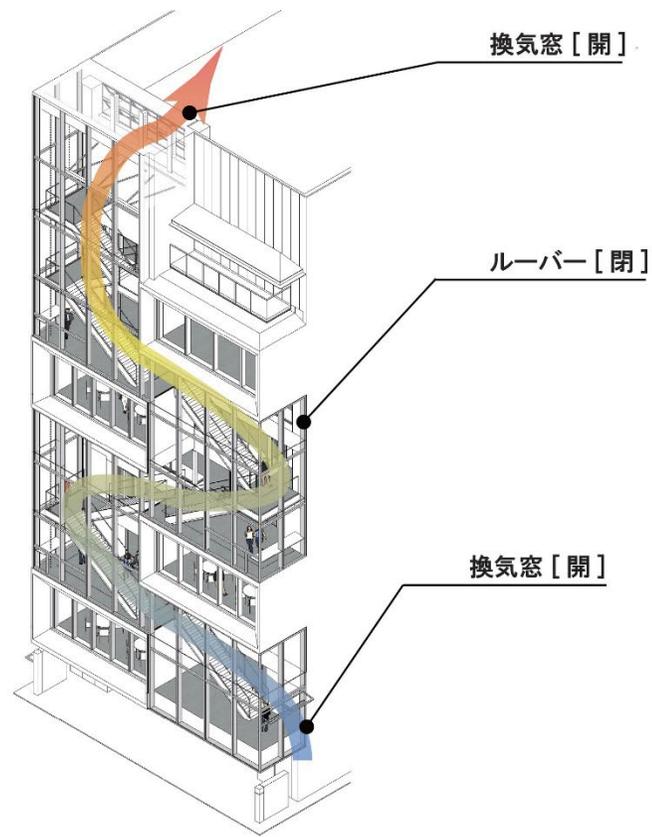
中間期 自然換気のソーラーチムニーとして

冷涼な時期は、階段室内に発生する上下温度差を利用して執務エリアの自然換気を行う



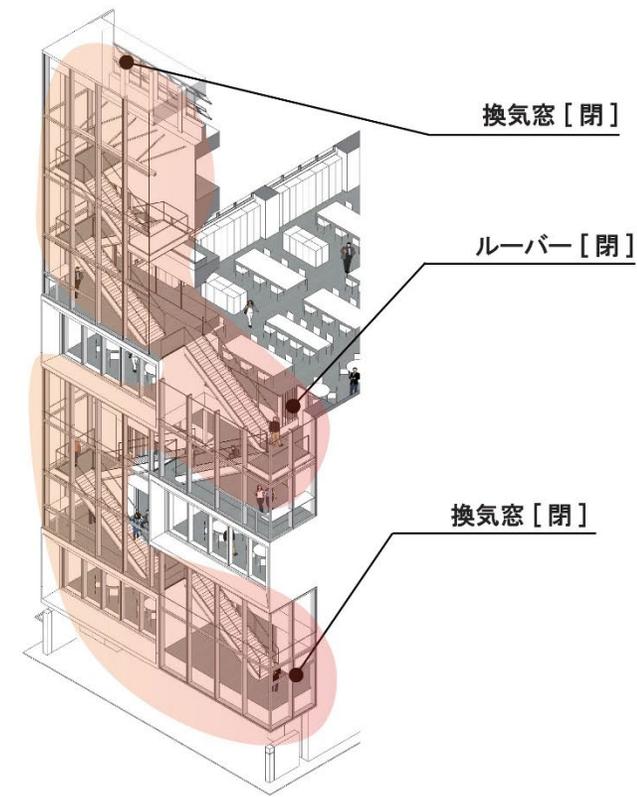
夏期 ダブルスキンとして

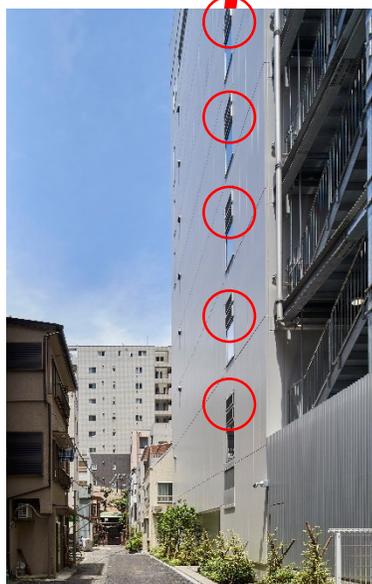
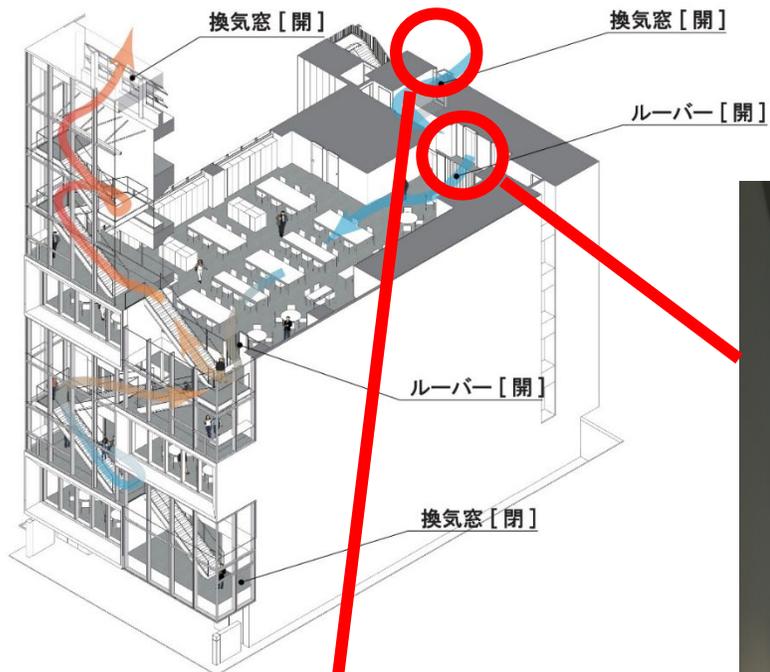
ダブルスキンとして日射熱を除去し、事務室の冷房負荷を抑制



冬期 サンルームとして

サンルームとして日射熱を閉じ込め、事務室の暖房負荷を抑制

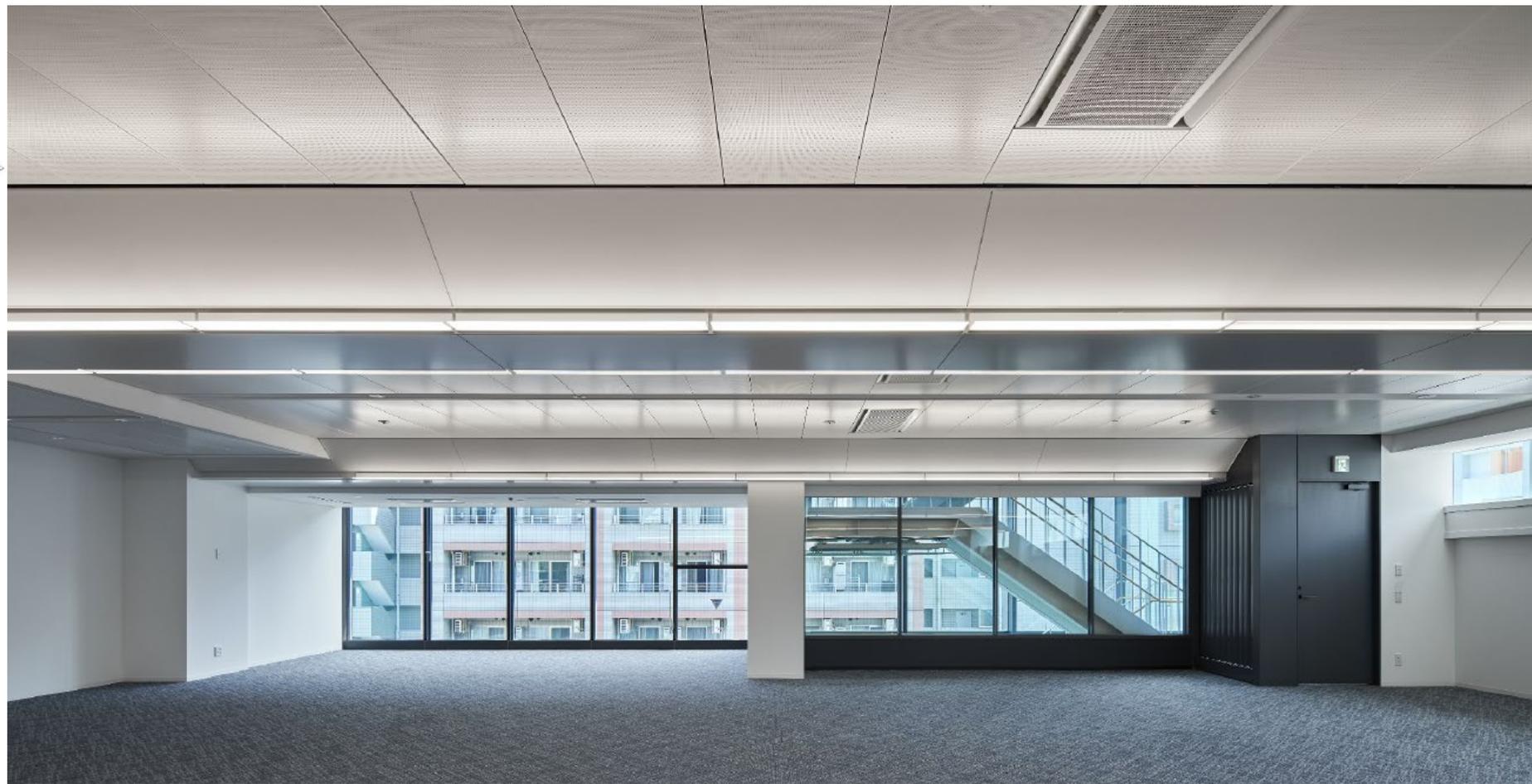
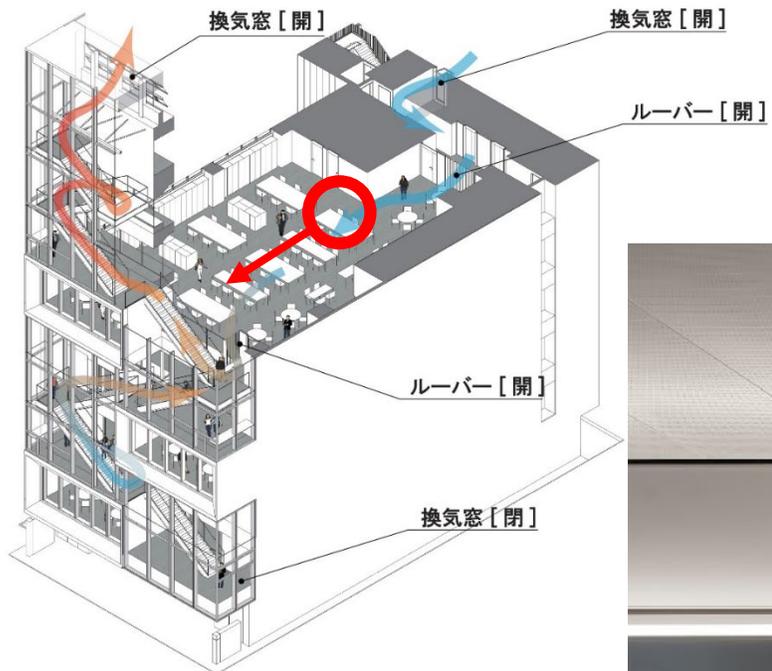




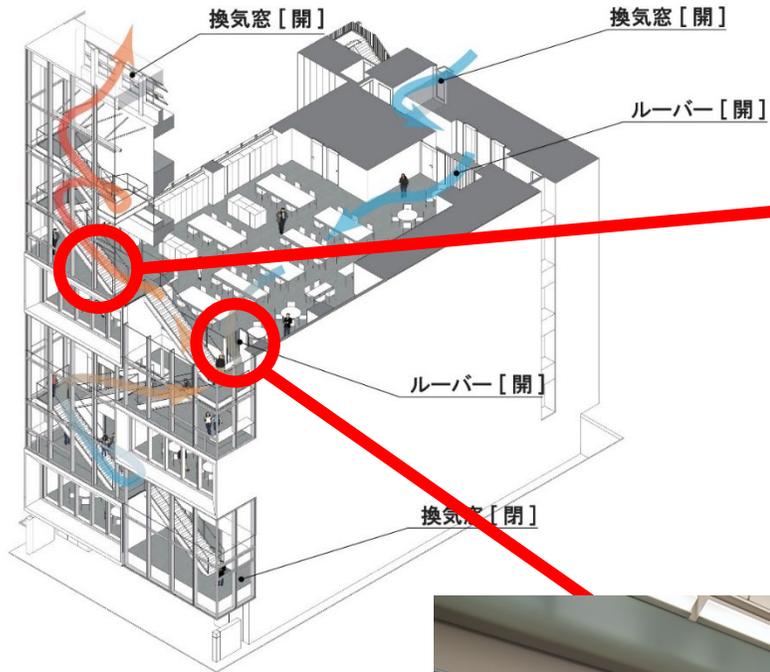
給気窓



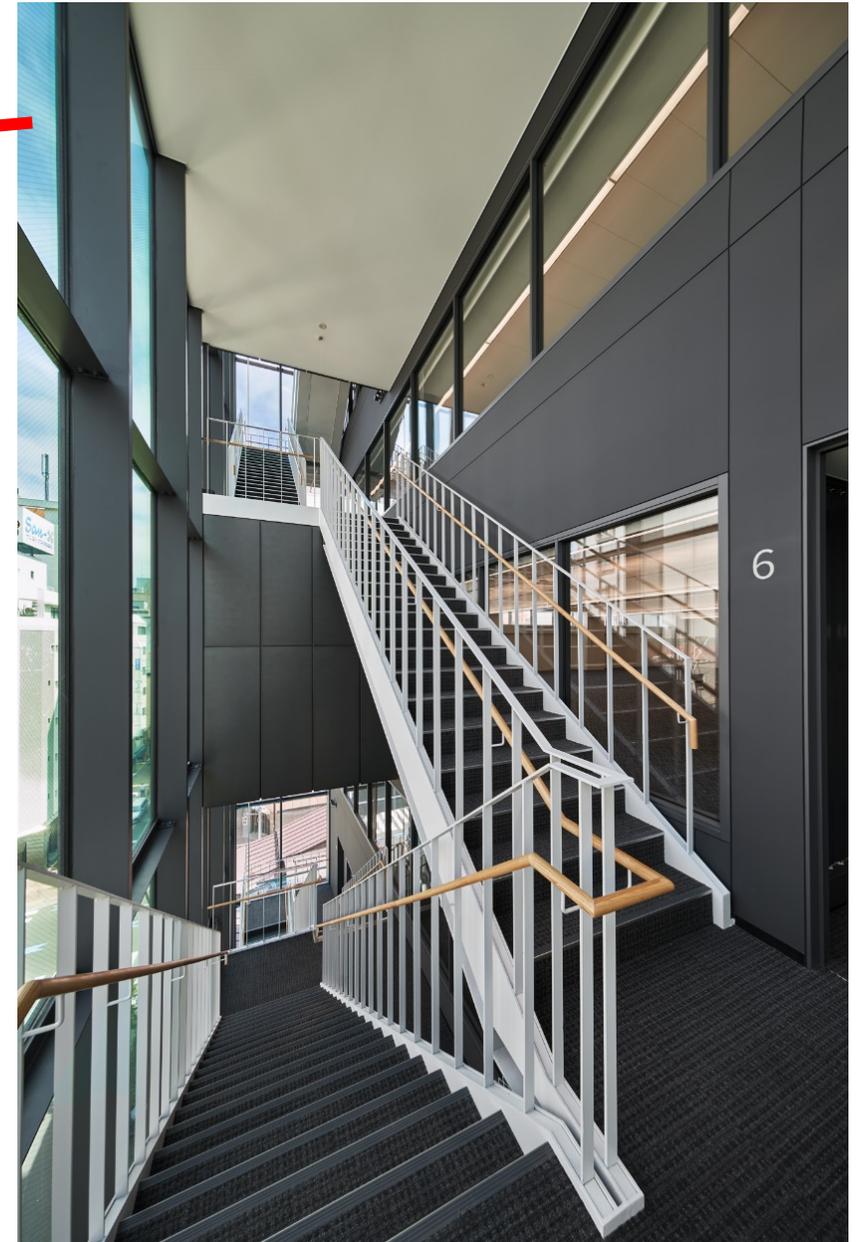
エレベーターホール



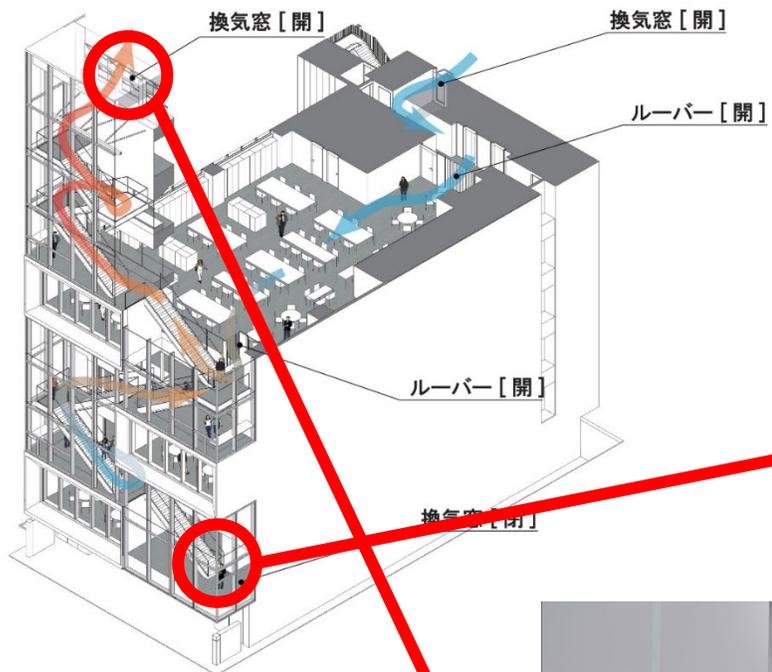
事務室内より階段を眺める



階段室への換気ルーバー



階段室

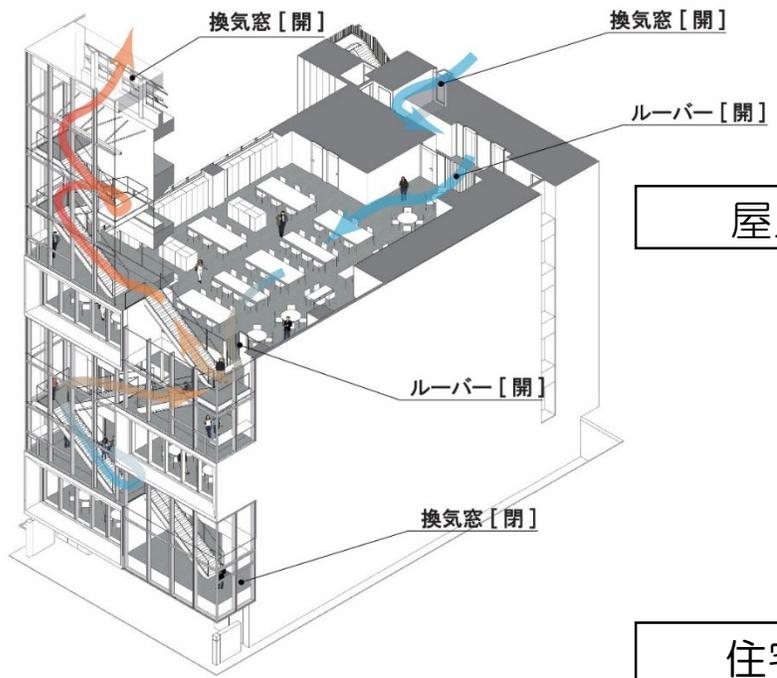


屋上換気窓



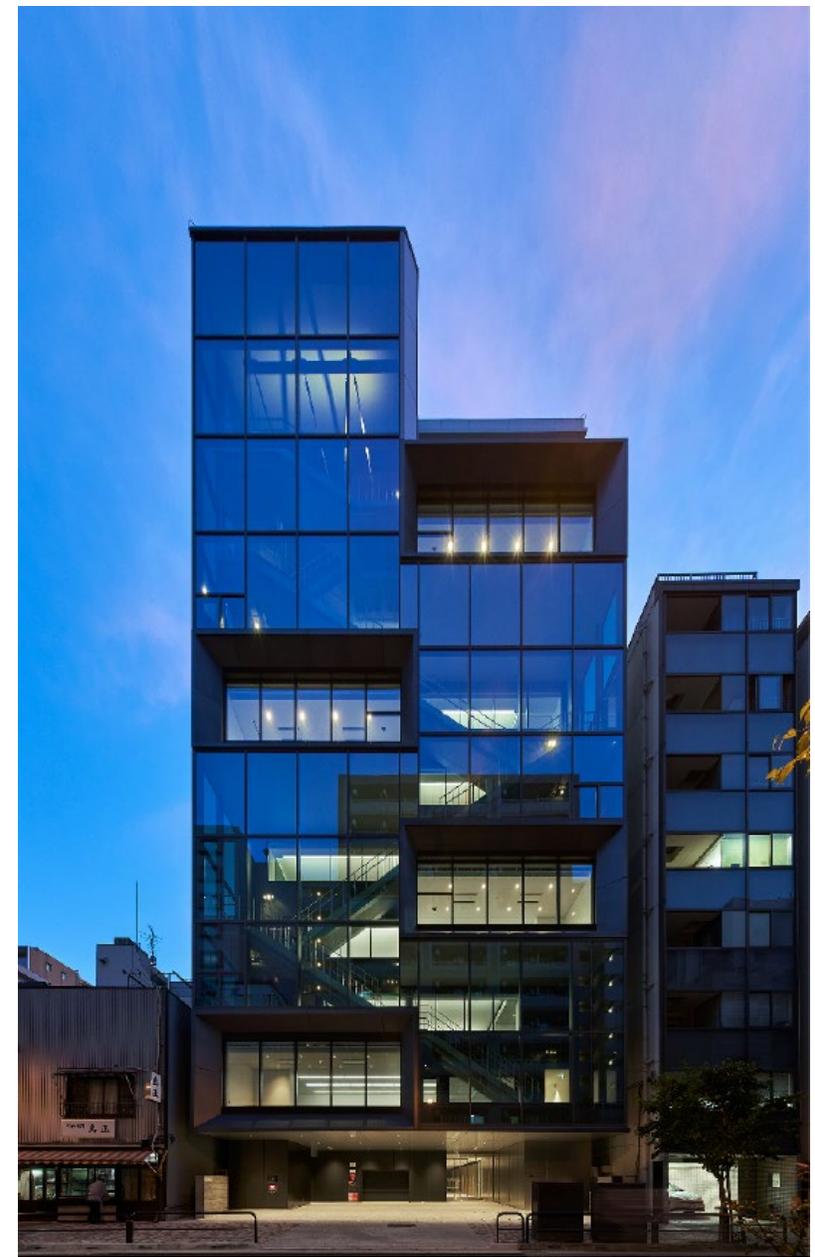
階段室下部換気窓

新菱神城ビル 環境デバイス×コミュニケーションスペースとしての立体路地



屋上階

住宅階
(階段は使用
されない)



基準階空調システム

二つの空調方式による ゆとりの「+1」フロア

▼36m
高さ制限

従来のダクト利用空調

新菱神城ビル



「ダイナミックレンジ放射空調システム」



Air-Soarerによる「変風量コアンダ空調」

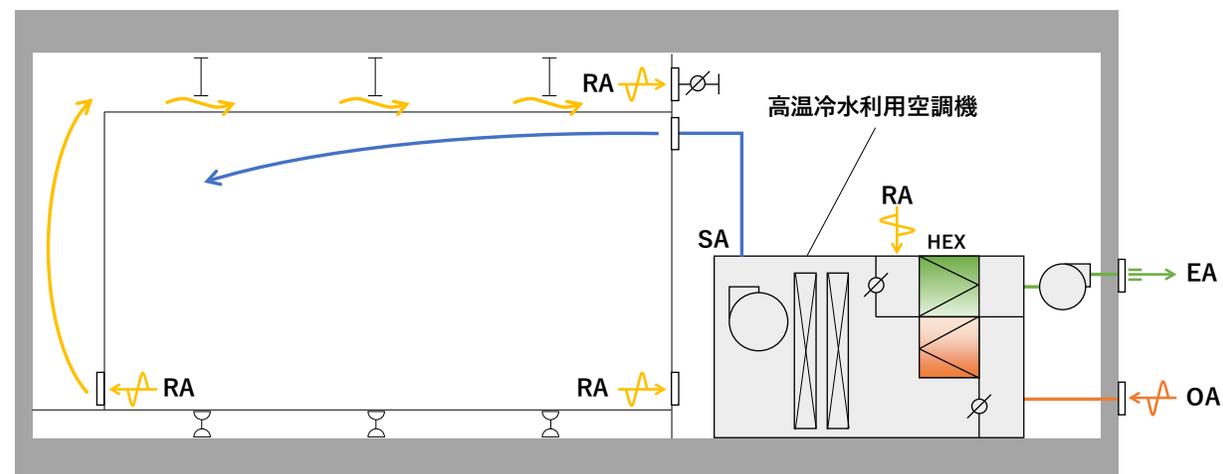
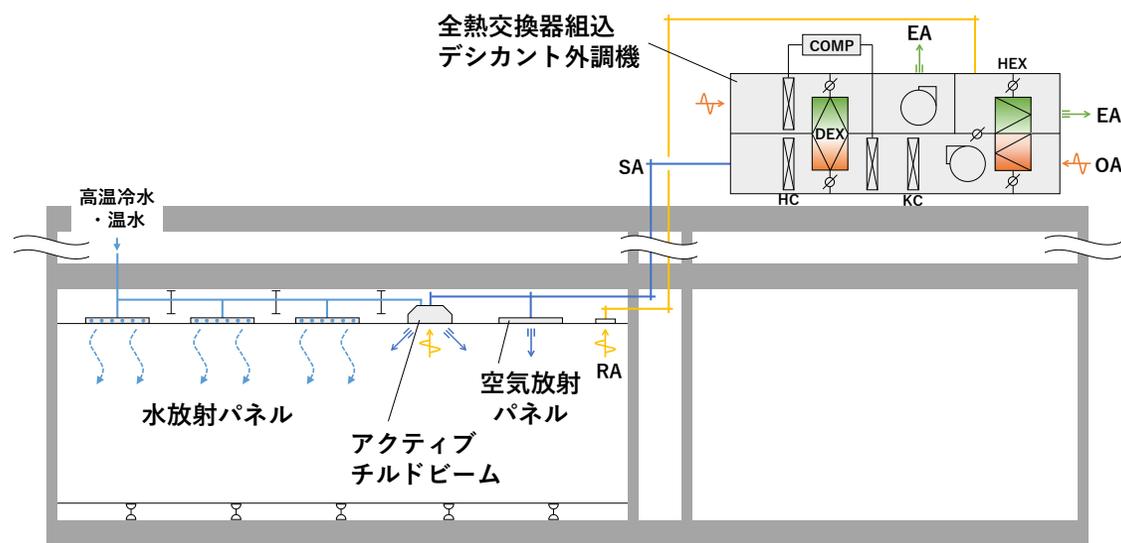


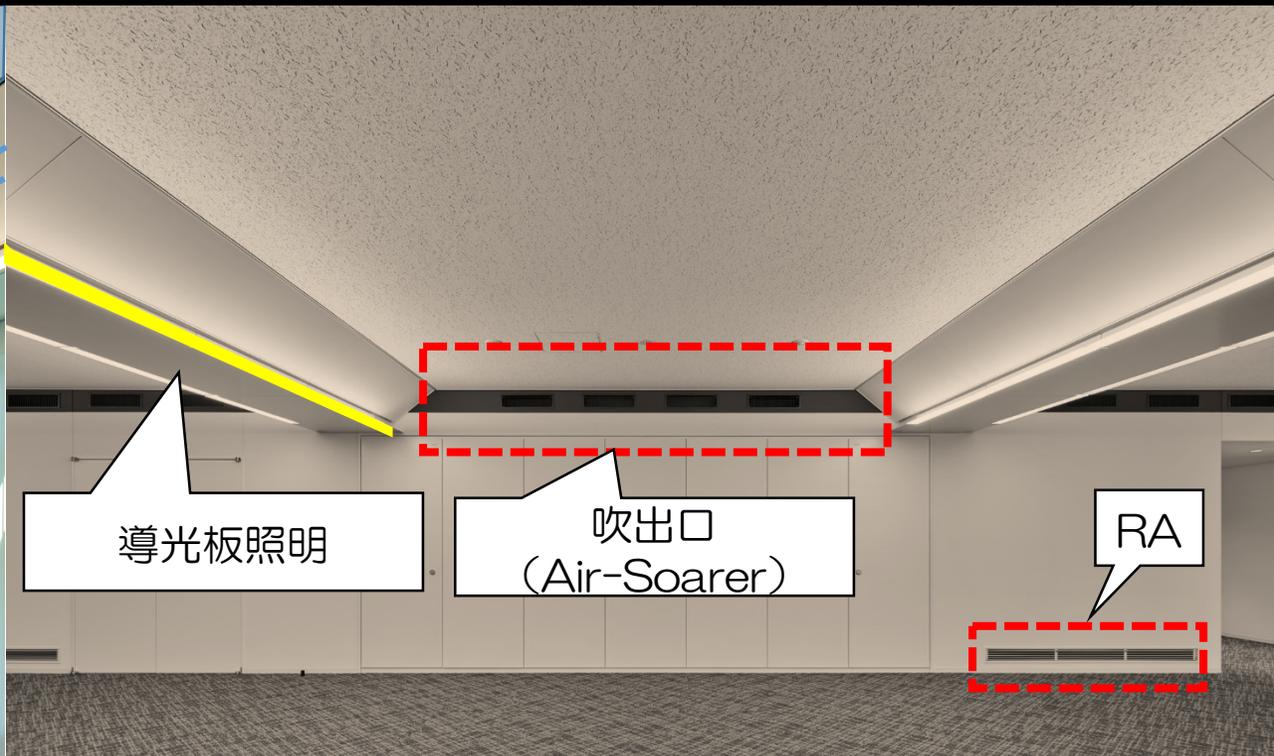
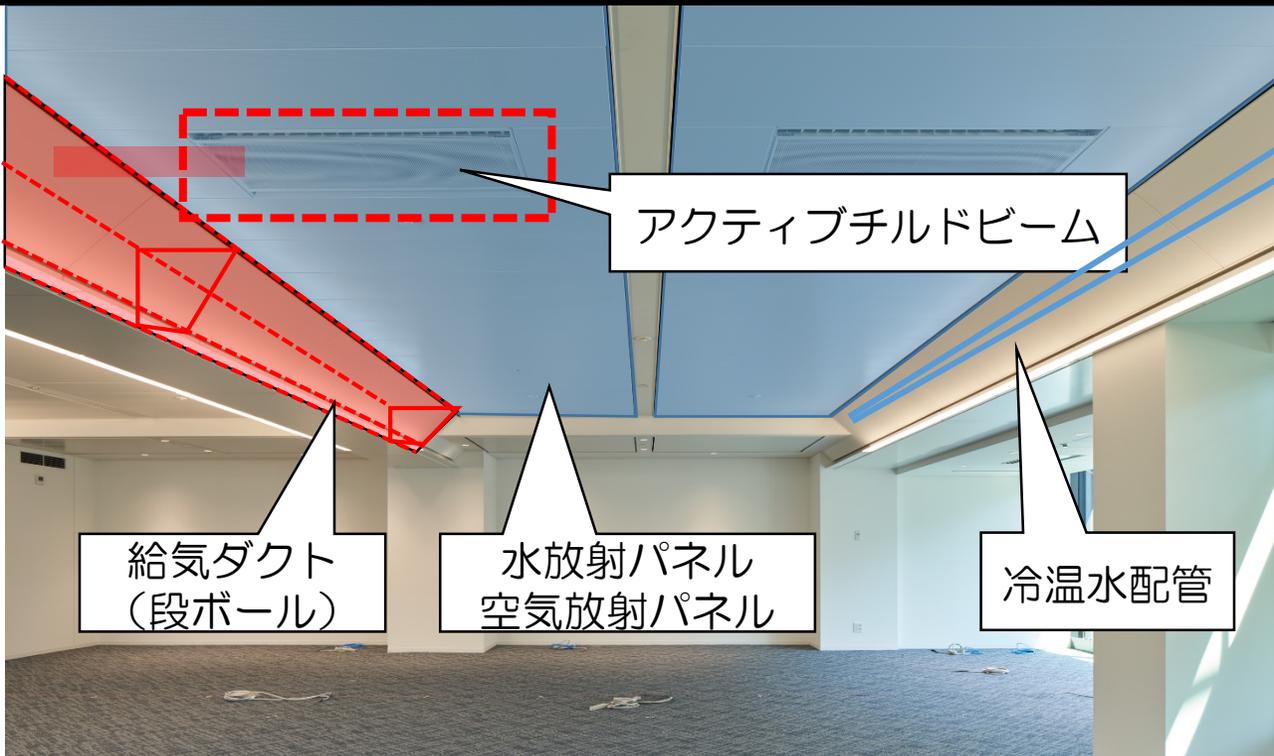
天井高さを確保しながら低階高を実現
高さ制限の中で「+1」フロアが可能に。



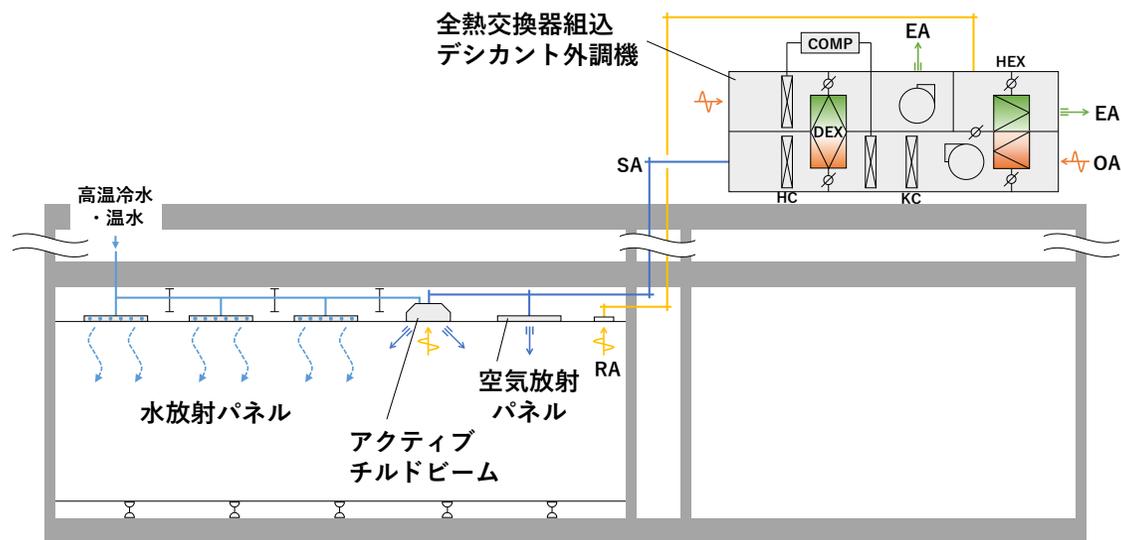
「ダイナミックレンジ放射空調システム」 6F-8F

「変風量コアンダ空調」 3F-5F

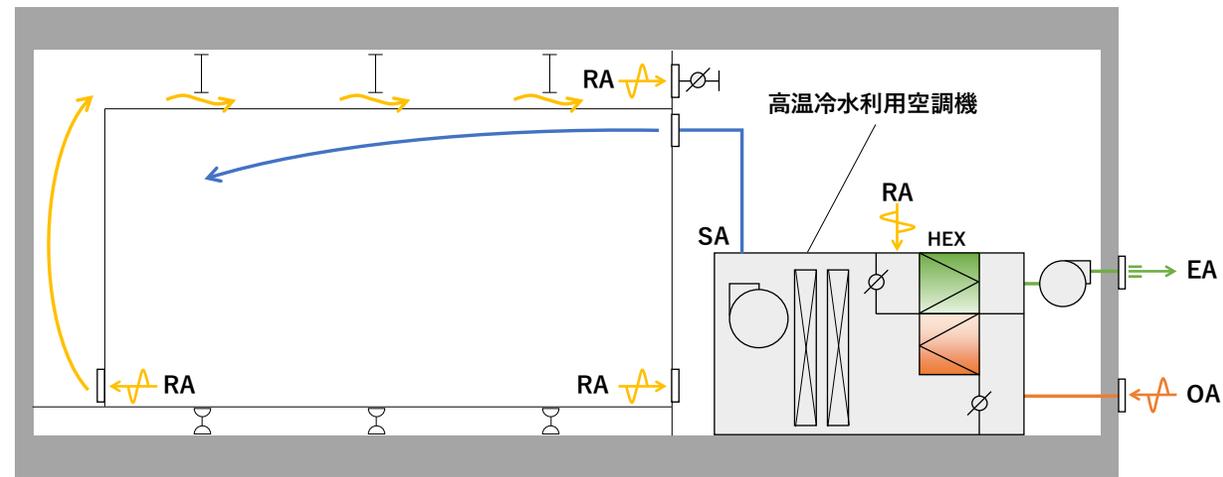


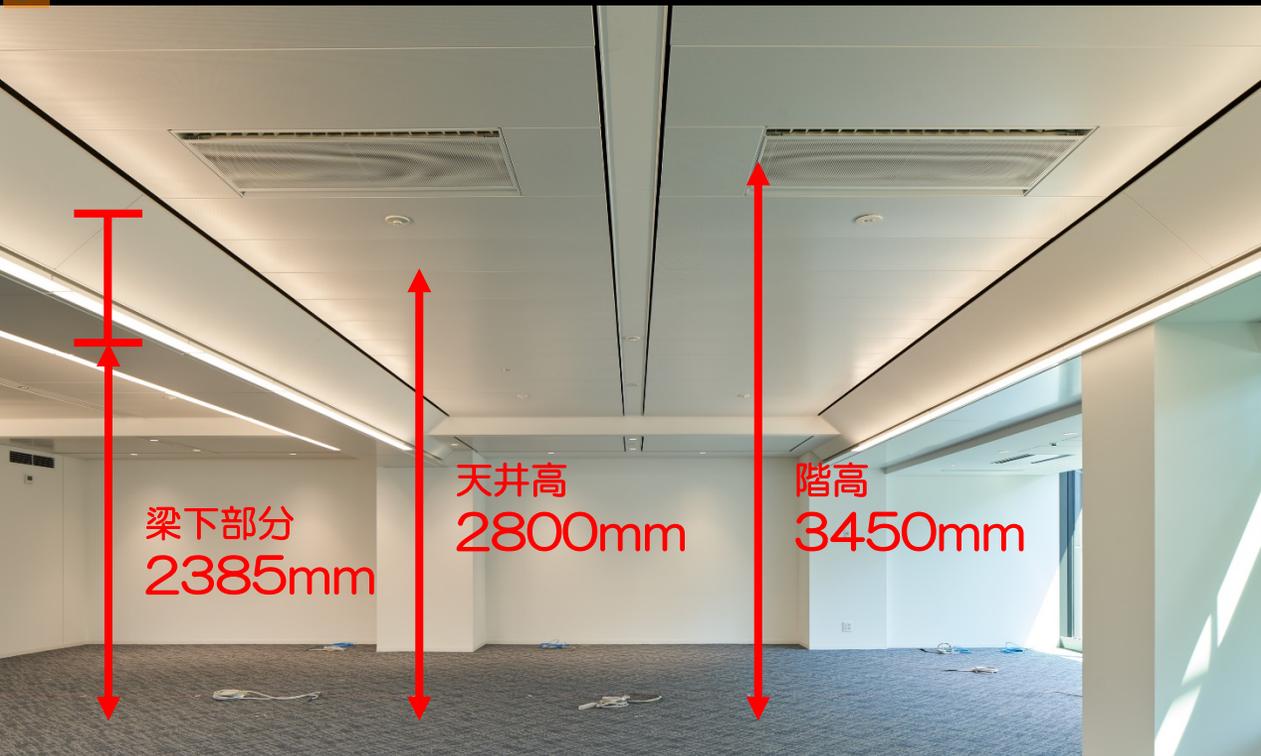


「ダイナミックレンジ放射空調システム」 6F-8F

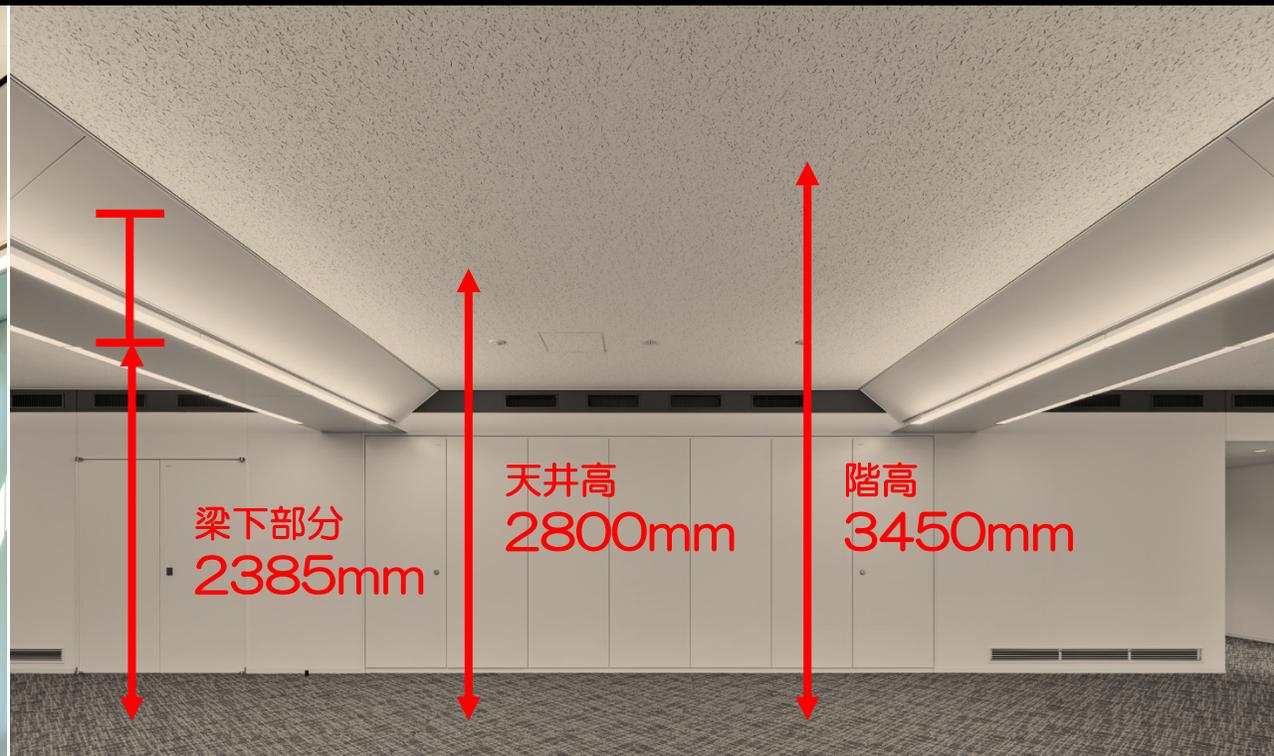


「変风量コアンダ空調」 3F-5F

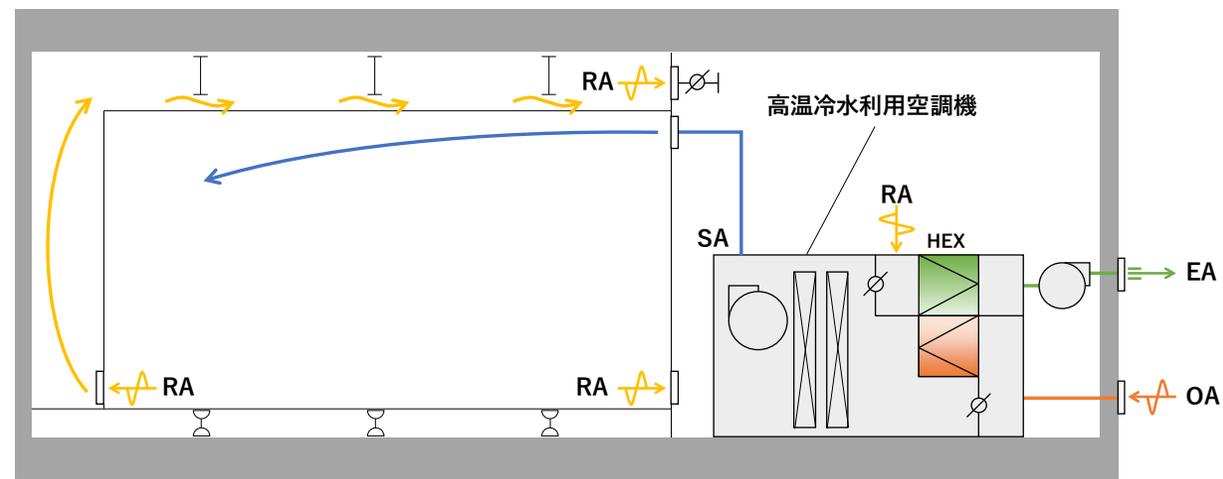
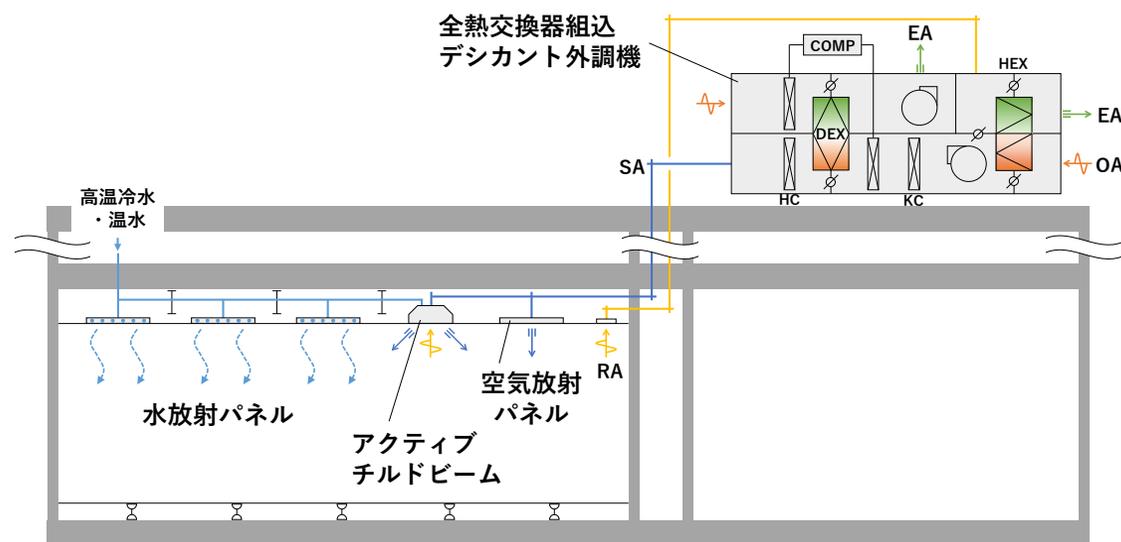




「ダイナミックレンジ放射空調システム」 6F-8F



「変風量コイル空調」 3F-5F



- 建物紹介
- **ダイナミックレンジ放射空調システム**
 - 放射空調の5つの課題
 - 課題を解決するダイナミックレンジ放射空調システム
- その他 導入技術の紹介

放射空調とは・・・

天井面を水で
あたためたり
冷たくしたりして
放射の効果で
人体と熱をやり取りします

風を感じず快適・健康！
ファンの風量が小さく省エネ！
高温冷水使えて省エネ！
ダクトが小さいので高い天井高！

放射空調



対流式空調



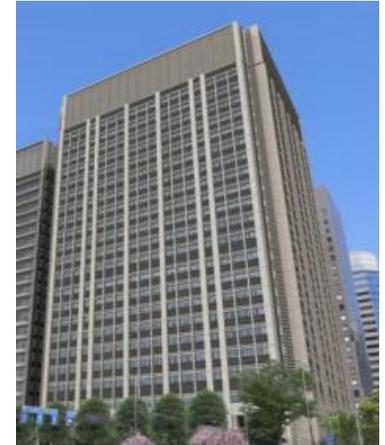
三菱地所設計の放射空調設計



-新丸ビル エコツェリア-
システム天井放射空調の導入

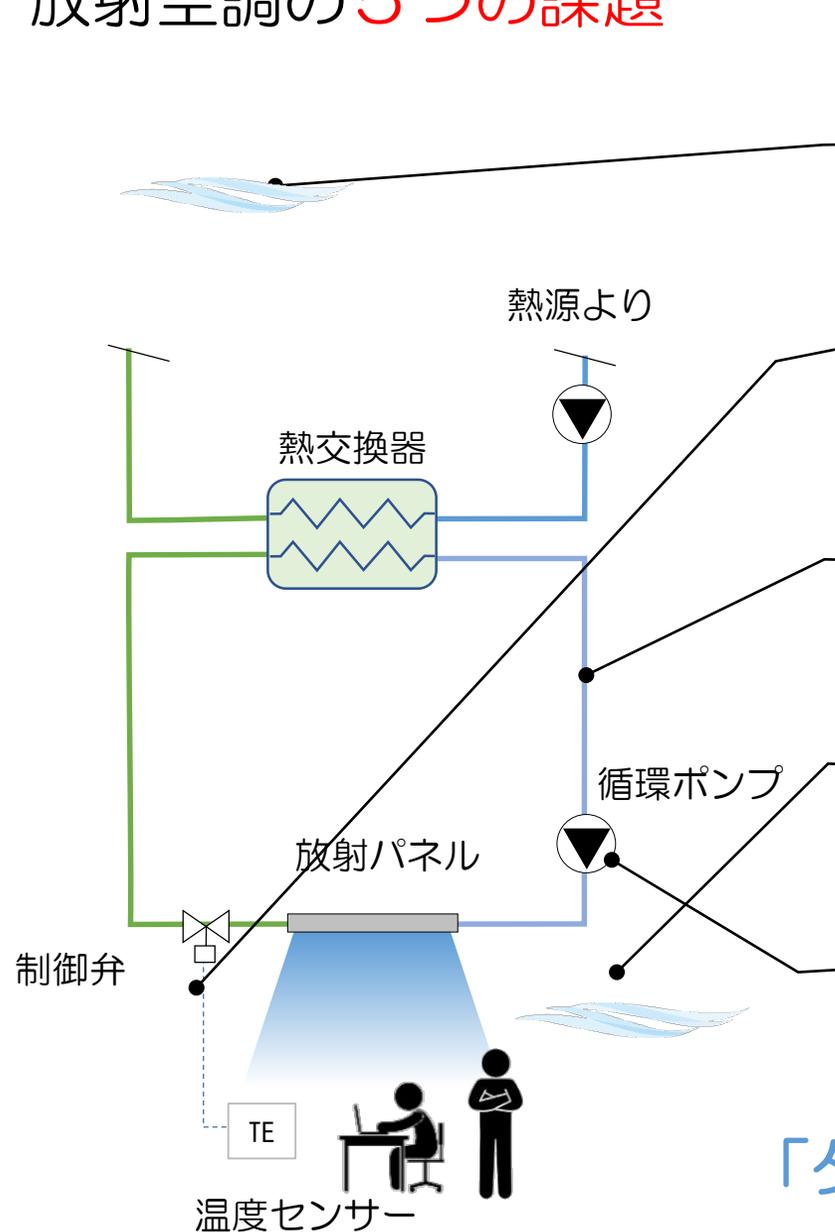


-茅場町グリーンビルディング-
テナントビル全館放射空調



-大手門タワー・JXビル-
放射空調利用超高層テナントビル
全館実測ZEBreadyの達成

放射空調の5つの課題



- ### 外気冷房

・課題① 外気冷房との相性が良くなく、自然エネルギー利用に課題
- ### 制御応答性

・課題② 制御応答性がわるい
- ### 冷暖切替

・課題③ 暖房から冷房への切替えて、配管内の熱量をすべて処理する必要
- ### 自然換気

・課題④ 結露を考慮すると自然換気が困難
- ### 三次ポンプ

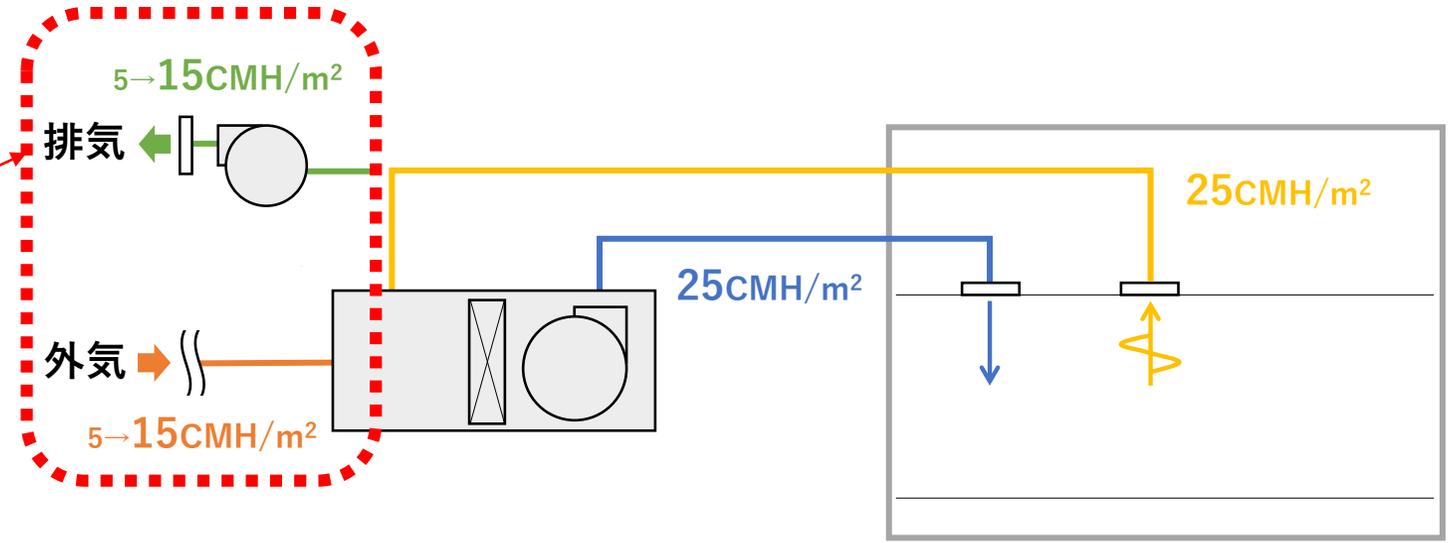
・課題⑤ 熱源と放射パネルの間に熱交換器が必要で三次ポンプが存在

「ダイナミックレンジ放射空調システム」で **解決！！**

課題① 外気冷房との相性

外気冷房実現のために

- 対流式
 ・外気取入れダクト

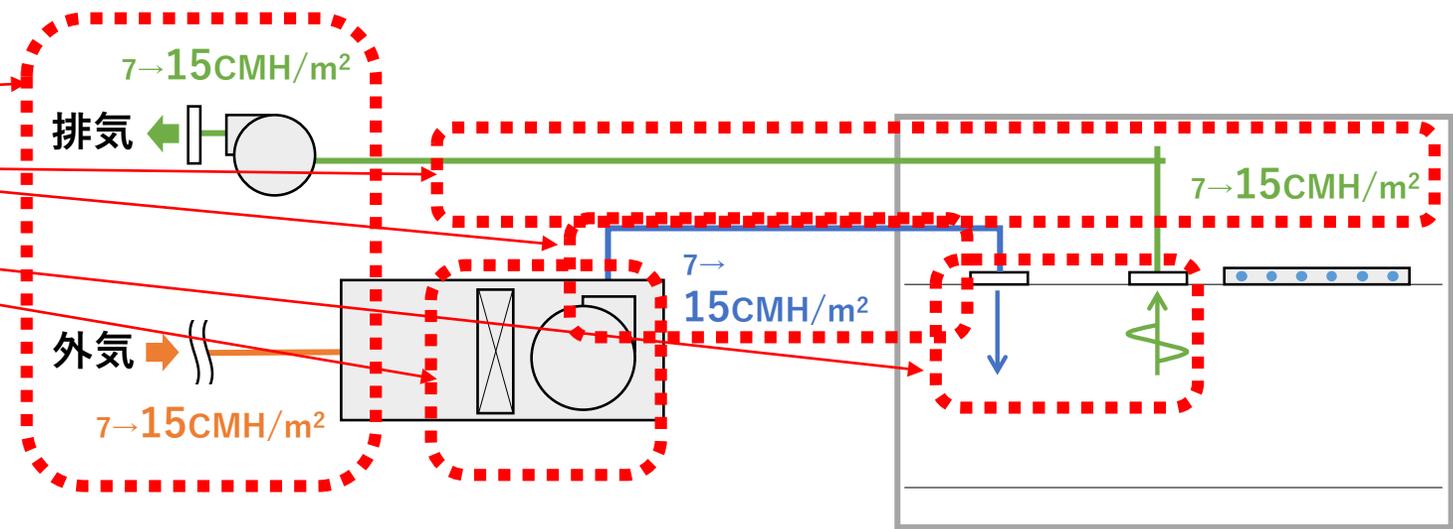


対流式空調の外気冷房の計画イメージ

放射空調

- ・外気取入れダクト以外にも・・・
- ・SA・RAダクト → 階高に影響
- ・天井空気パネル（制気口）
- ・ファン風量の増 → 機器スペースの増

省エネルギーに効果の大きい
 外気冷房の利用と計画上相性が悪く
 自然エネルギーの利用に課題



放射空調で外気冷房の計画イメージ

課題② 制御応答性が悪い

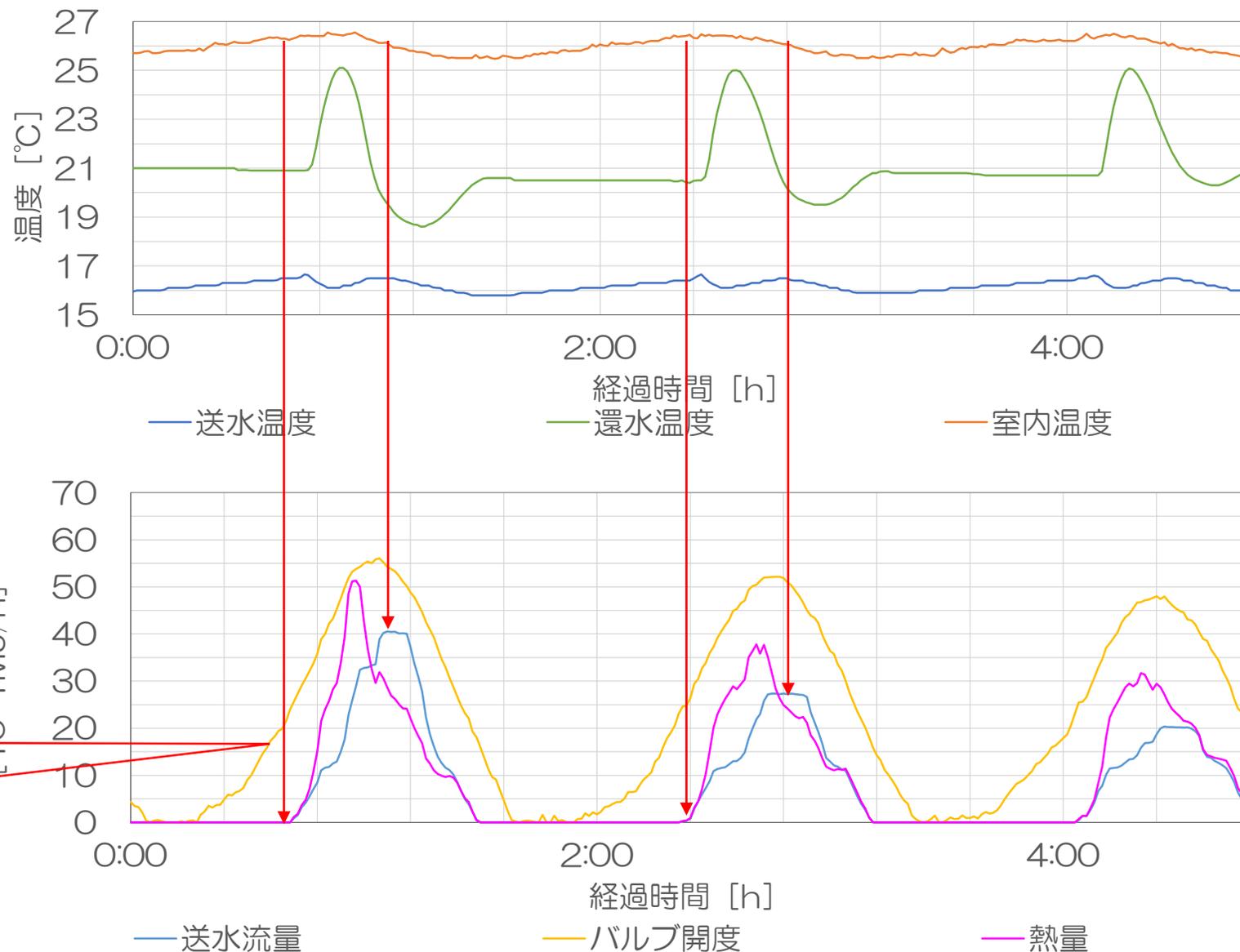
対流式空調に比べ、水量を制御してから実際に室温が変化するまで時間がかかる

→不安定制御は室内環境の不安定や搬送動力安定制御や熱源制御にも悪影響

間欠運転のような制御となってしまう！

バルブ開度 [%]、送水流量 [10-1L/min] 熱量 [10-1MJ/h]

従来制御（室温による流量制御）

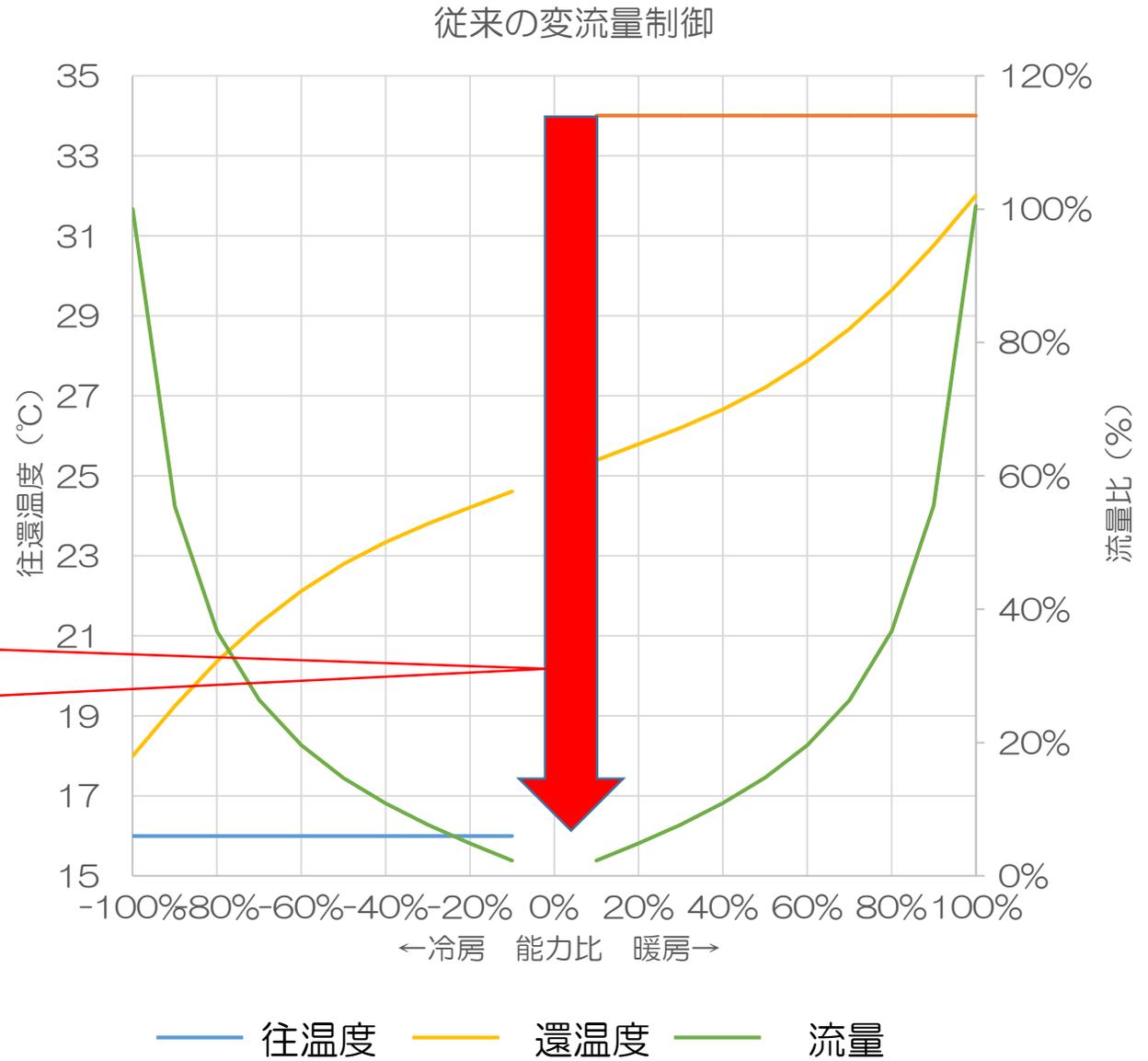


課題③ 暖房から冷房への切り替え

冬季には、朝は暖房負荷で日中に冷房負荷に変わる

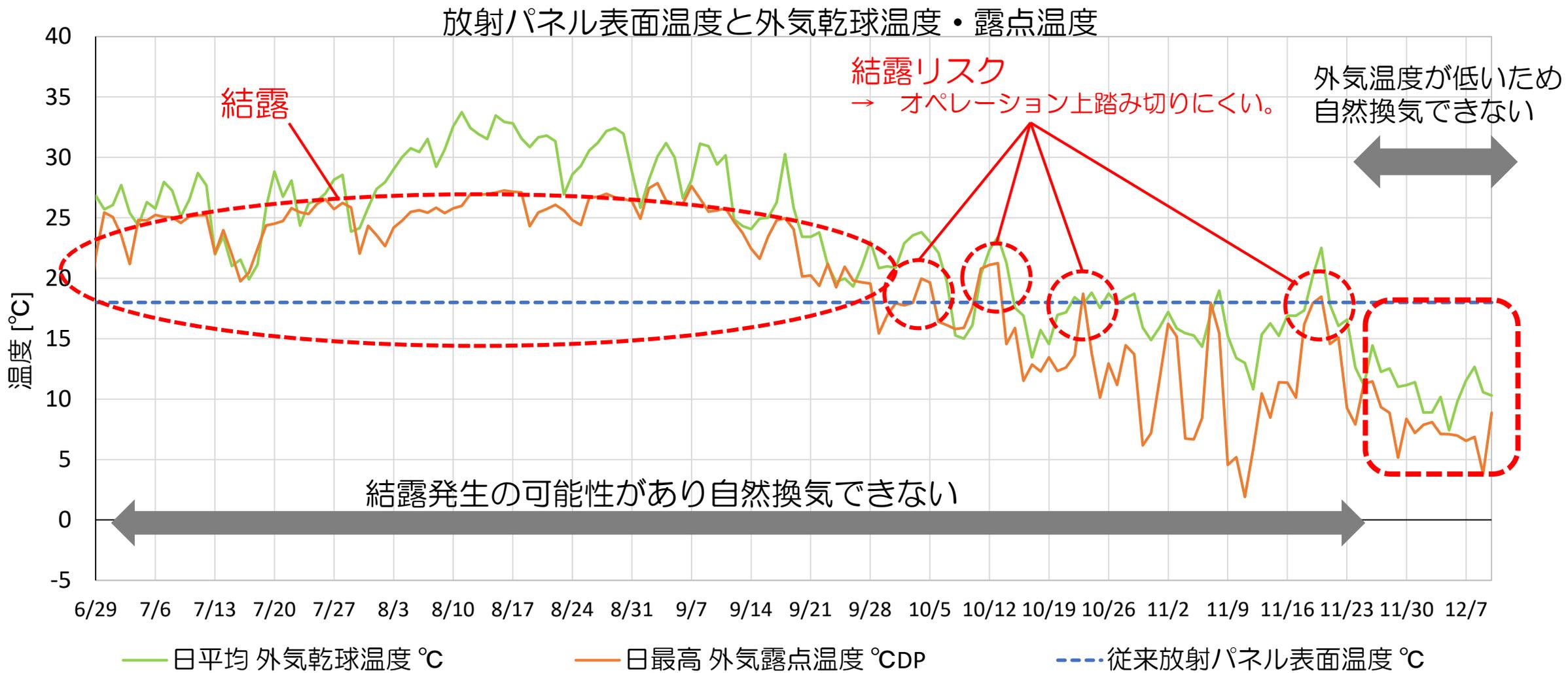
→ 管内のすべての水を温水から冷水に、一気に変える必要がある

温めた水を一気に冷却する
大きなエネルギー消費！



課題④ 自然換気が困難

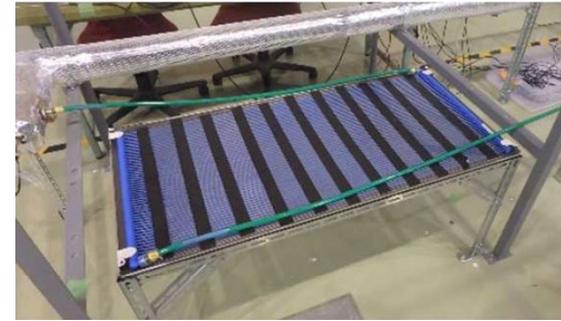
冷房時の天井放射パネルの表面温度が低いために、露点温度が高い際に結露の危険性 → 自然換気との相性が悪い



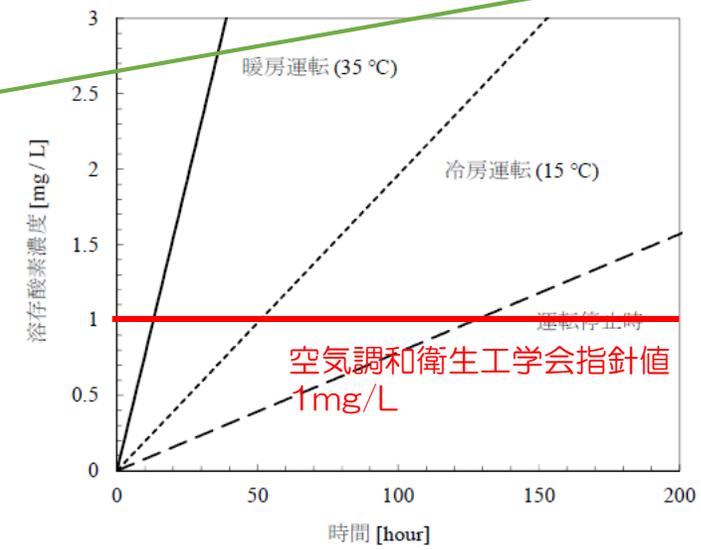
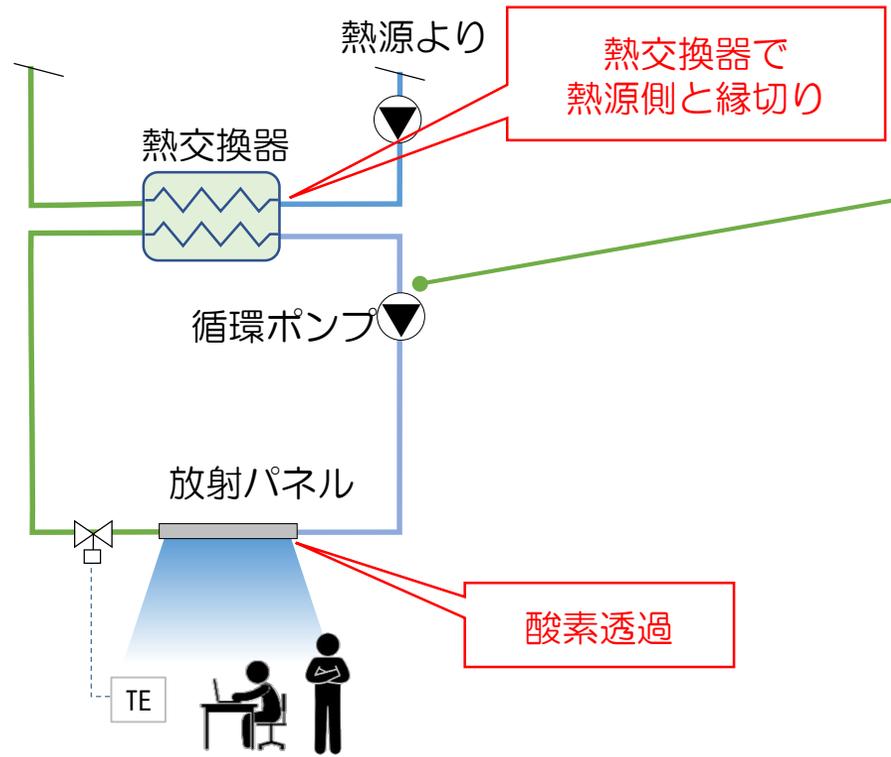
課題⑤ 三次ポンプ利用エネルギー 熱源と放射パネルの間に熱交換器が必要

放射パネルの樹脂配管が酸素を透すため、防食対策が必要
通常は熱交換器の挿入

- 抵抗増
 - 温度アプローチが必要
 - 循環ポンプが必要
- 補器動力が増

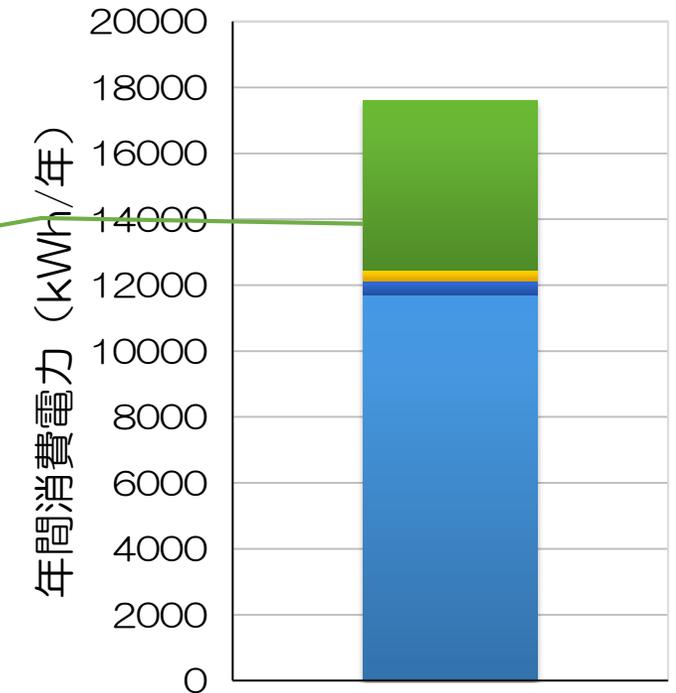


軽量化、能力向上に寄与する樹脂配管パネル



酸素透過量測定実測

従来放射空調システム
年間消費電力量
シミュレーション

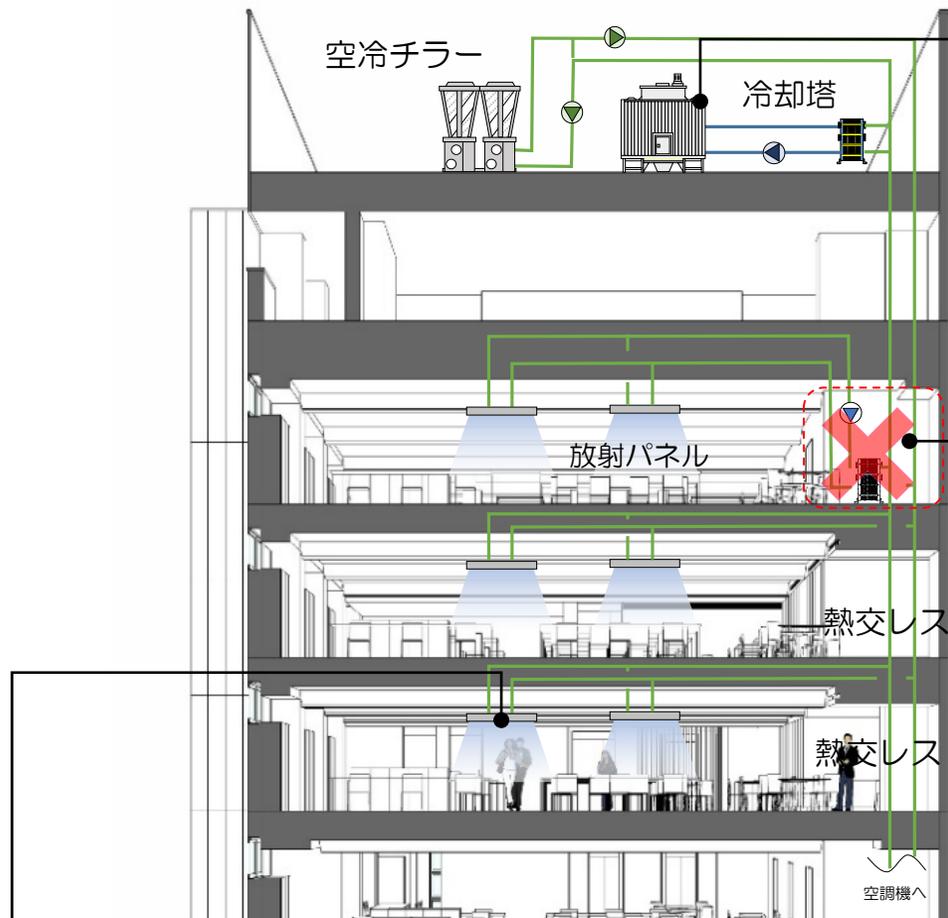


- 冷凍機
- 一次ポンプ
- 二次ポンプ
- 三次ポンプ

従来放射空調方式

- 建物紹介
- ダイナミックレンジ放射空調システム
 - 放射空調の5つの課題
 - 課題を解決するダイナミックレンジ放射空調システム
- その他 導入技術の紹介

5つの課題を解決する「ダイナミックレンジ放射空調システム」を構成する4つの開発技術



自然エネルギーを活用する

プレクール冷却塔

空冷チラーと直列配置した冷却塔で高温冷水を予冷したり、冷却塔だけ冷却します。外気冷房が十分にできないこれまでの放射空調のデメリットを解消します

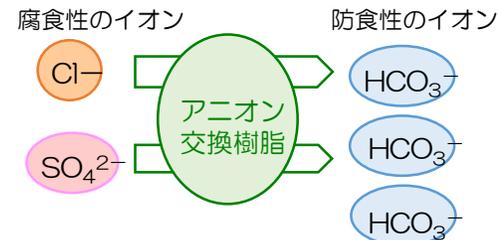


熱交レスを可能にする無薬注防食システム

Corro-Guard + 脱酸素装置

放射パネル樹脂管が酸素透過を透過するため、無薬注型防食システム「Corro-Guard」（特許第6114437号、特許第6329672号）と脱酸素装置による防食システムを構築しました。腐食対策上必要であった熱交換器をなくすことで省エネルギー性能が向上します。

「Corro-Guard」の原理



腐食性イオンをアニオン交換処理により防食性イオンへ



放射能力を安定させ水温可変を可能にする

還水温度可変カスケード制御 (特願第062923号)

安定的に放射能力を制御しながら、往還水温のコントロールにも寄与するこれまでにない新しい制御方式です。

システム全体の消費エネルギー最小化をはかる

VWV-VT (可変流量-可変温度差) 制御 (特願第062923号)

部分負荷時に送水量を抑制しつつ可能な限り高温水温に移行させることで、熱源機のCOPを向上させたり、冷却塔（自然エネルギー）での自然エネルギー利用率を促進します。

自然エネルギーを活用する

プレクール冷却塔

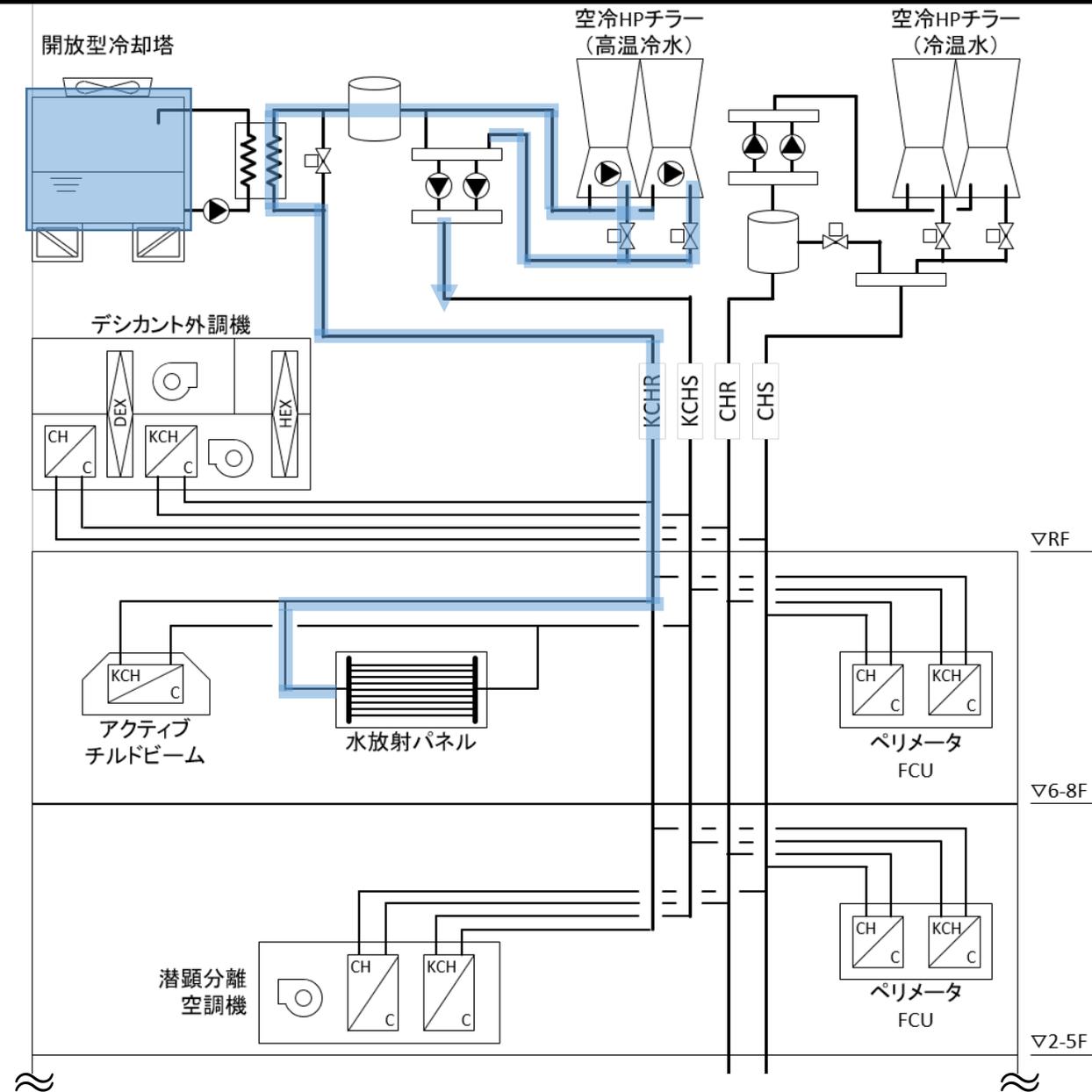
課題① 外気冷房との相性の解決

外気冷房にかわり、放射空調で自然エネルギーの最大利用を目指し、→冷房時の自然エネルギー利用率で上回る

フリークーリング
冷却塔だけで高温冷水を精製

+

プレクール
空冷チラーと直列配置した冷却塔で高温冷水を予冷



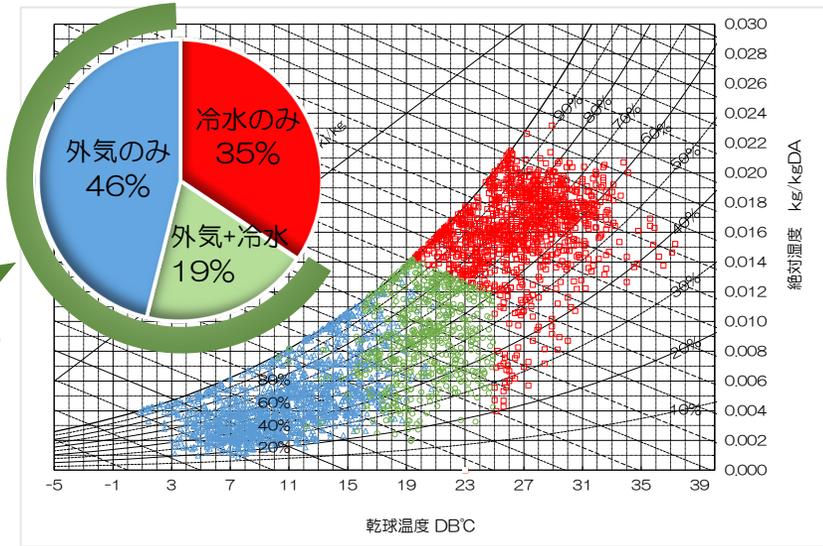
配管系統と熱源構成

課題① 外気冷房との相性 → 外気冷房にかわり、放射空調で自然エネルギーの最大利用を目指し、冷房時の自然エネルギー利用率で上回る

自然エネルギー利用率（年間シミュレーション）

対流式
+外気冷房
(年間シミュレーション)

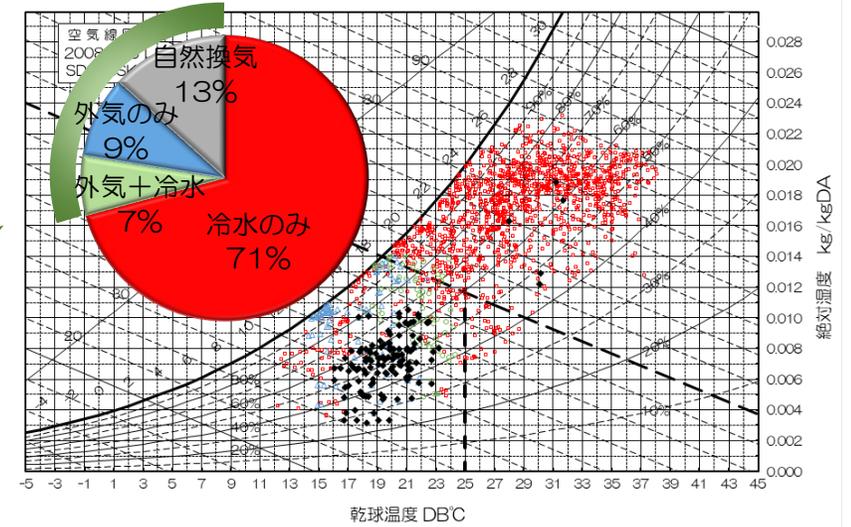
外気冷却
利用率
65%



自然エネルギー利用率（実績値 7月～11月）

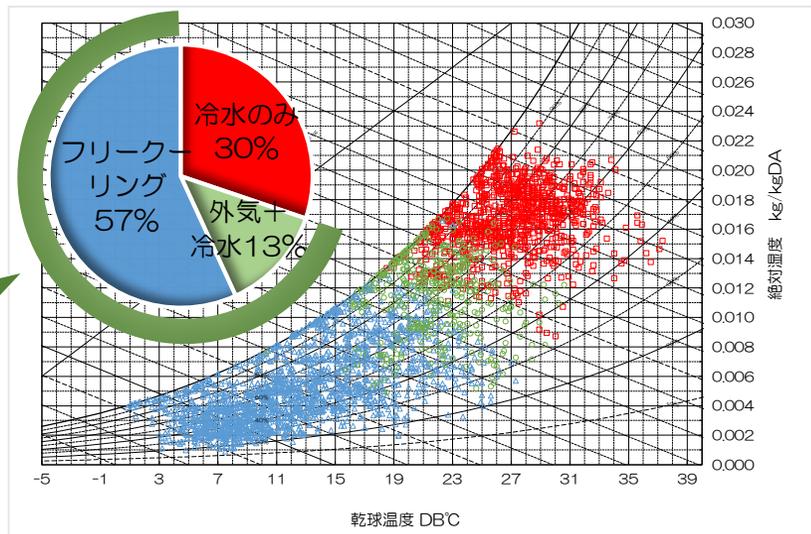
対流式
+外気冷房
(7-11月実績)

外気冷却
利用率
29%



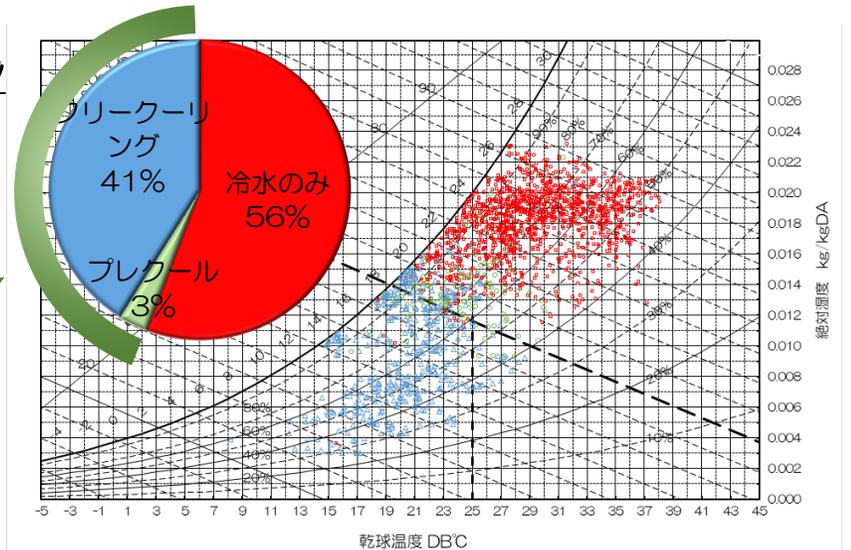
ダイナミックレンジ
放射空調システム
(年間シミュレーション)

外気冷却
利用率
70%



ダイナミックレンジ
放射空調システム
(7-11実績)

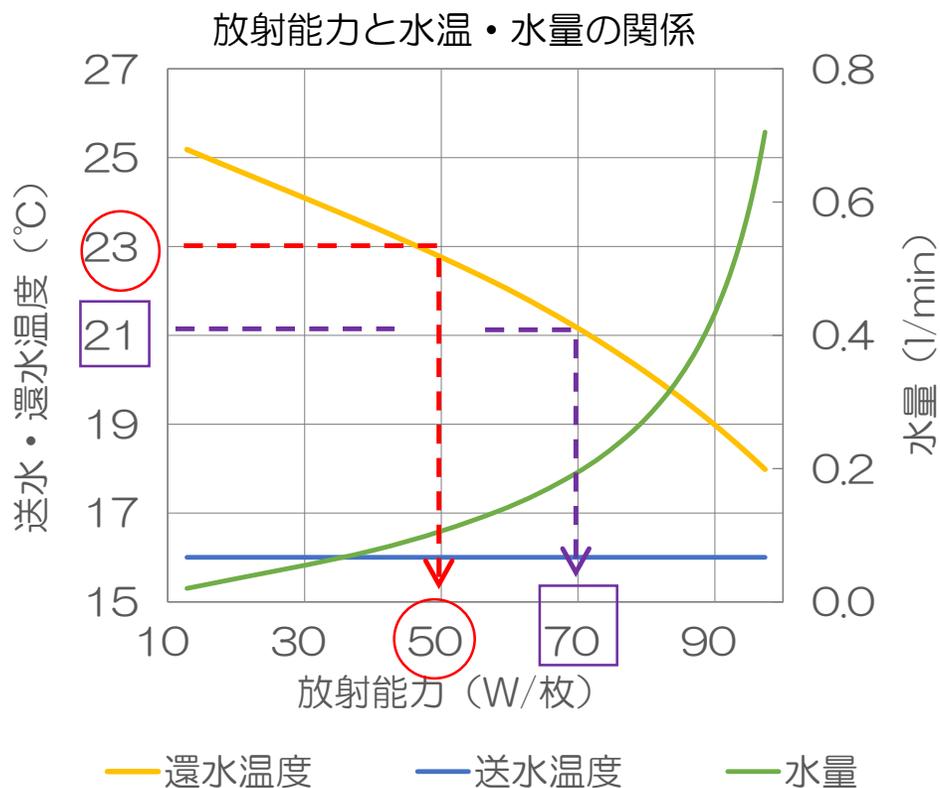
外気冷却
利用率
44%



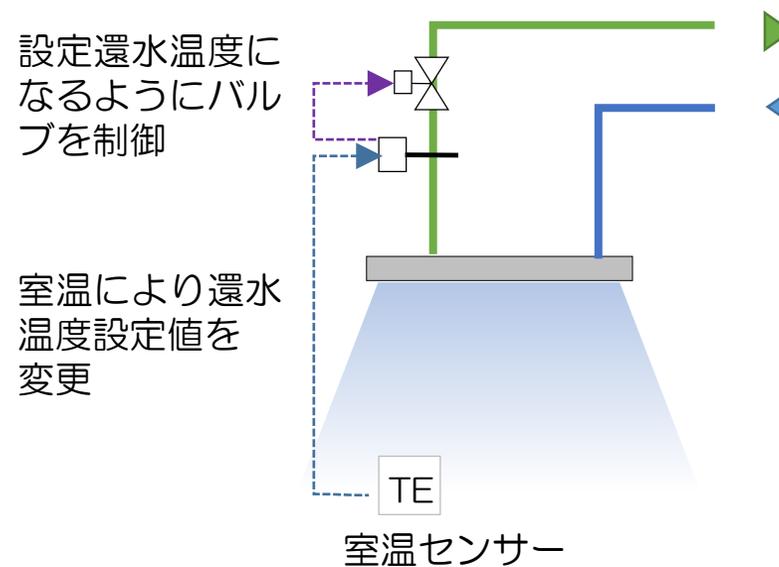
放射能力を安定させ水温可変を可能にする

還水温度可変カスケード制御 (特願第062923号)

課題② 制御応答性が悪い → 従来の室温による放射能力制御では応答時間の遅さから不安定な制御になりがち
 還水温度で放射能力を制御する方法で、オーバーシュートを抑制し制御応答性を改善



例えば還水温度が23°Cになる流量に制御すると能力は50W/枚
 還水温度が21°Cになる流量に制御すると能力は70W/枚



室温変化に応じて還水温度設定値を可変させれば、
 負荷変動に対しても安定して室温を保つことができます。

システム全体の消費エネルギー最小化をはかる

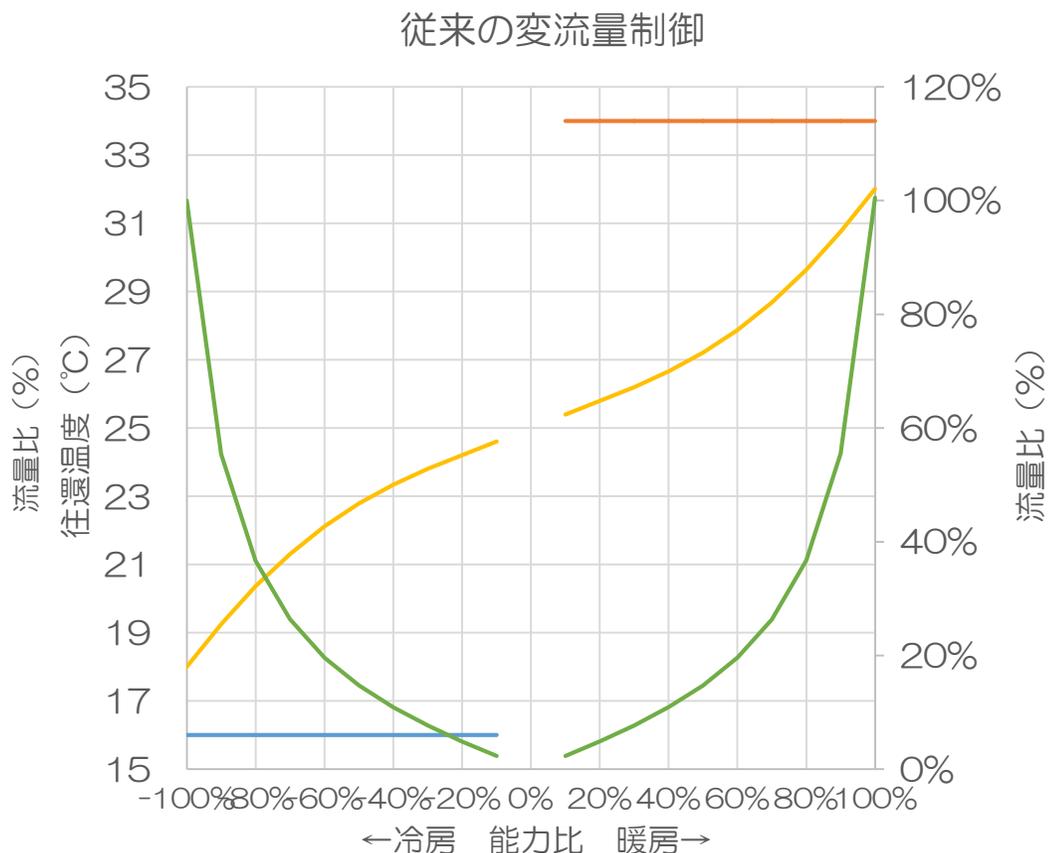
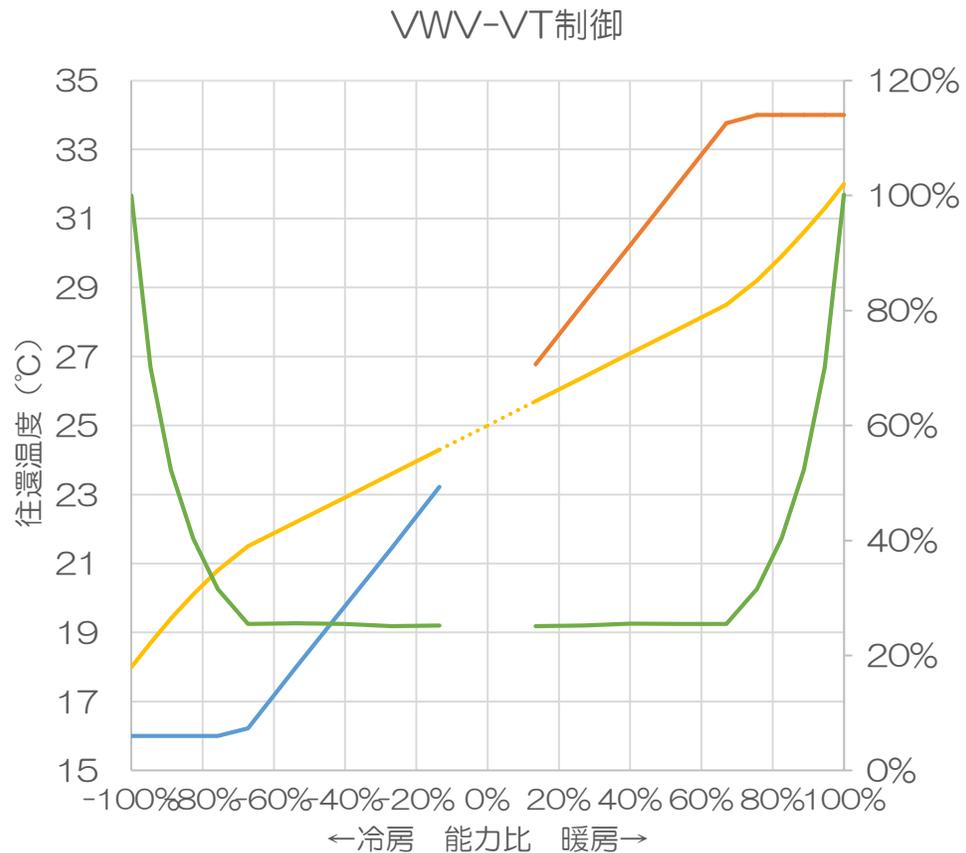
VWV-VT (可変流量-可変温度差) 制御 (特願第062923号)

負荷減少時に上昇する還水温度に送水温度を追従上昇させる。

往還水温の高温化は、冷却塔の利用率拡大、熱源COP向上、配管放熱量低減などシステム全体の省エネルギー性能が向上

課題③ 暖房から冷房への切り替え

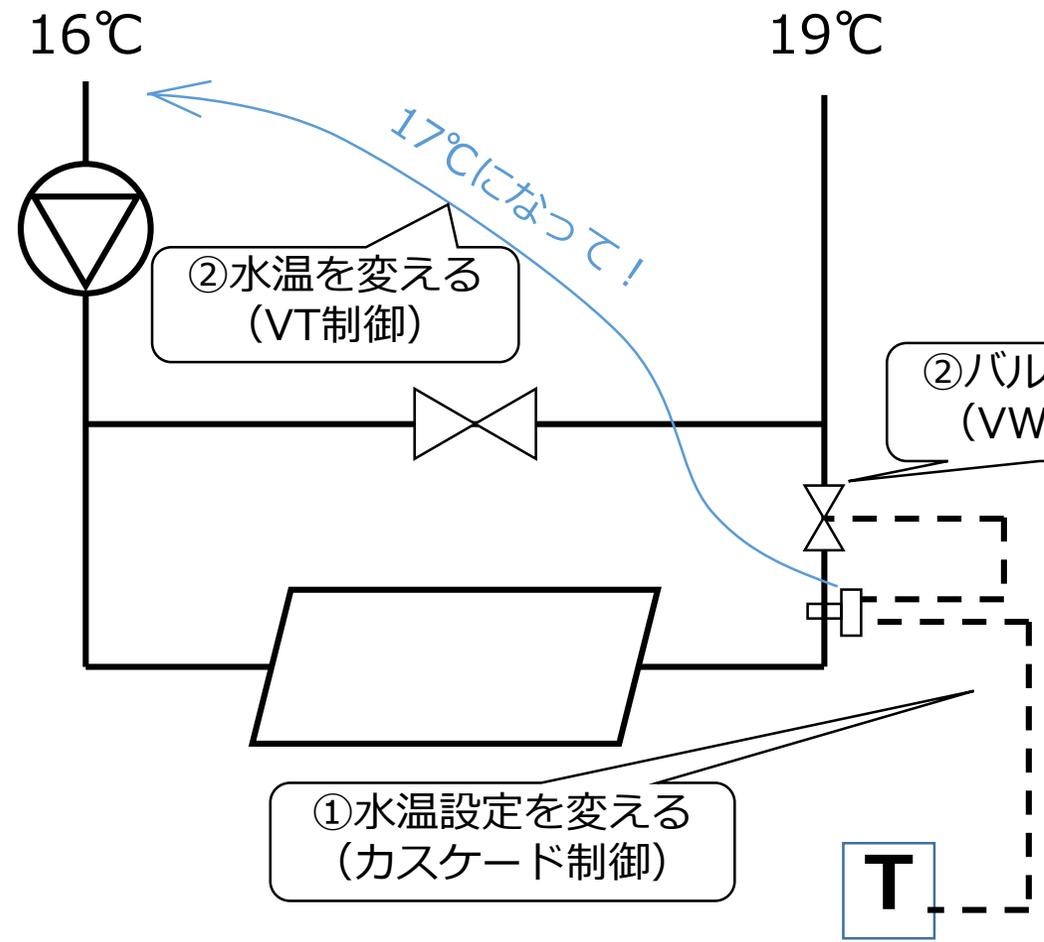
課題④ 自然換気が困難



— 往温度 — 還温度 — 流量

還水温度可変カスケード制御

VWV-VT (可変流量-可変温度差) 制御



室温に応じて
還り温度設定値を変える
(還水温は能力に比例する)

還り温度設定から、送
水温度を変化させる

室温

還り温度設定

バルブを自動制御
(還り温度一定)

送水温度を設定
(実験から導いた関数)

VWV

水量の制御

VT

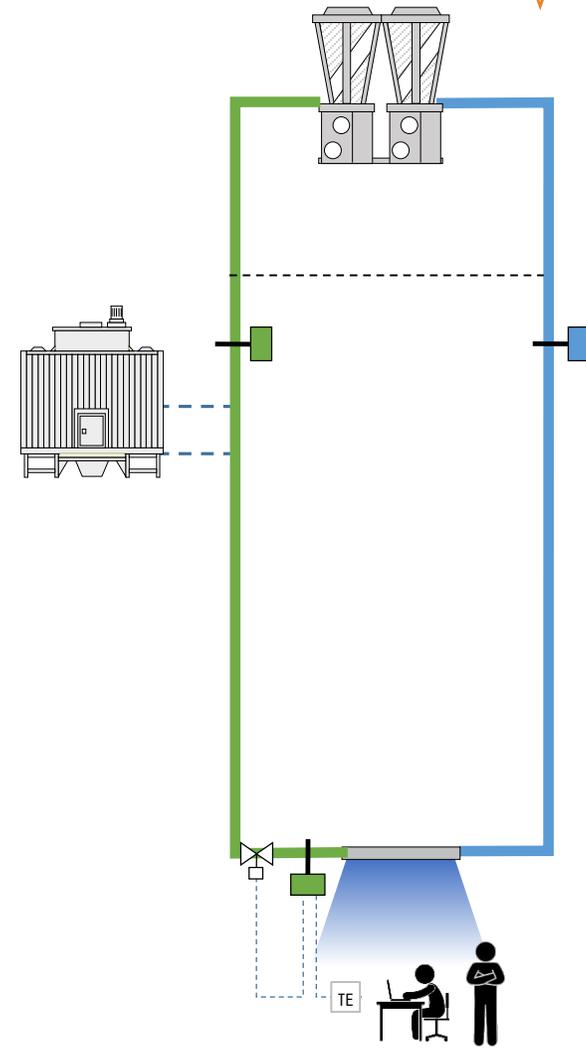
水温の設定

水温度 (還)
が一定になる
ようにバルブ
を制御

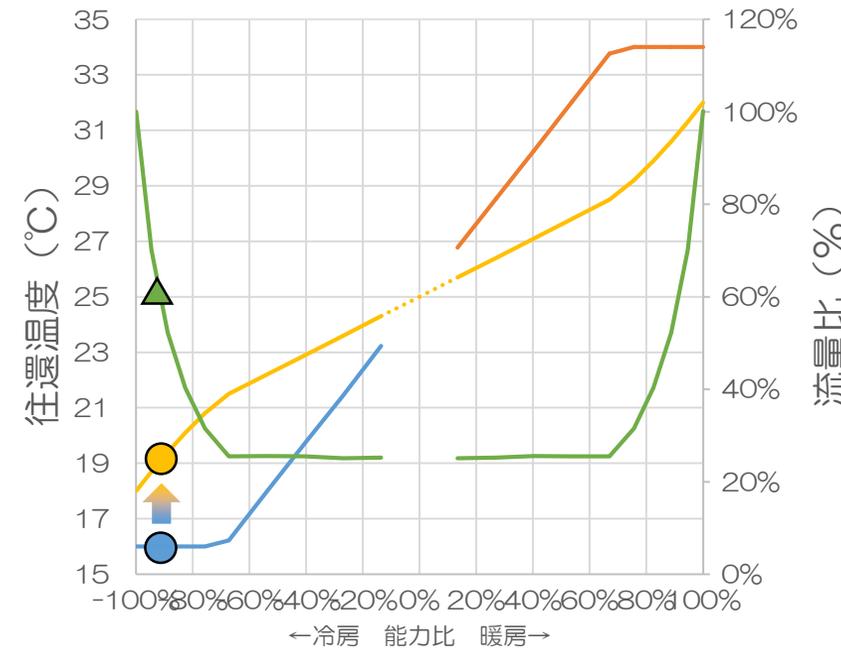
送水量・送水温度の両方を制御



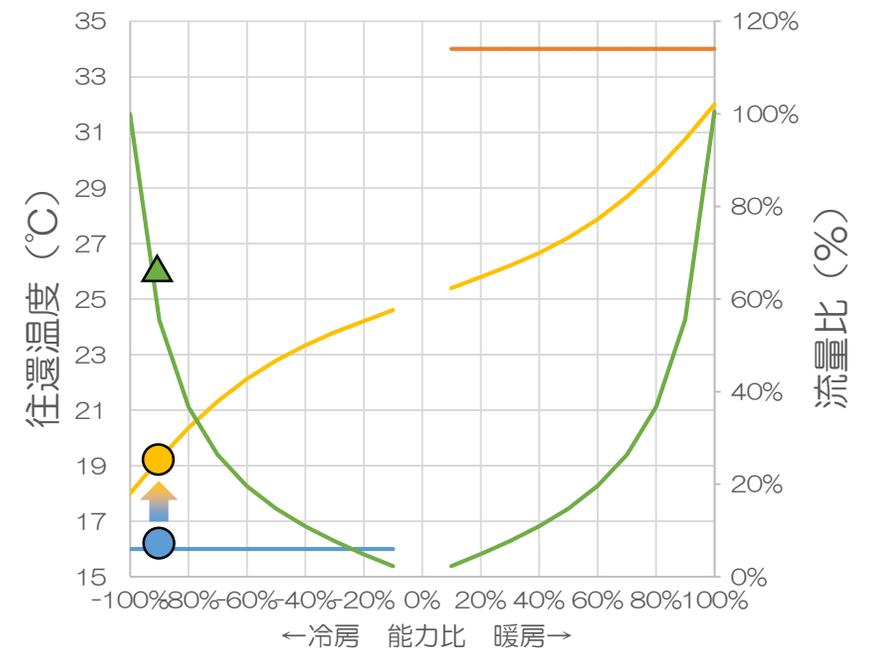
盛夏期 強冷房負荷



VWV-VT制御



従来の変流量制御

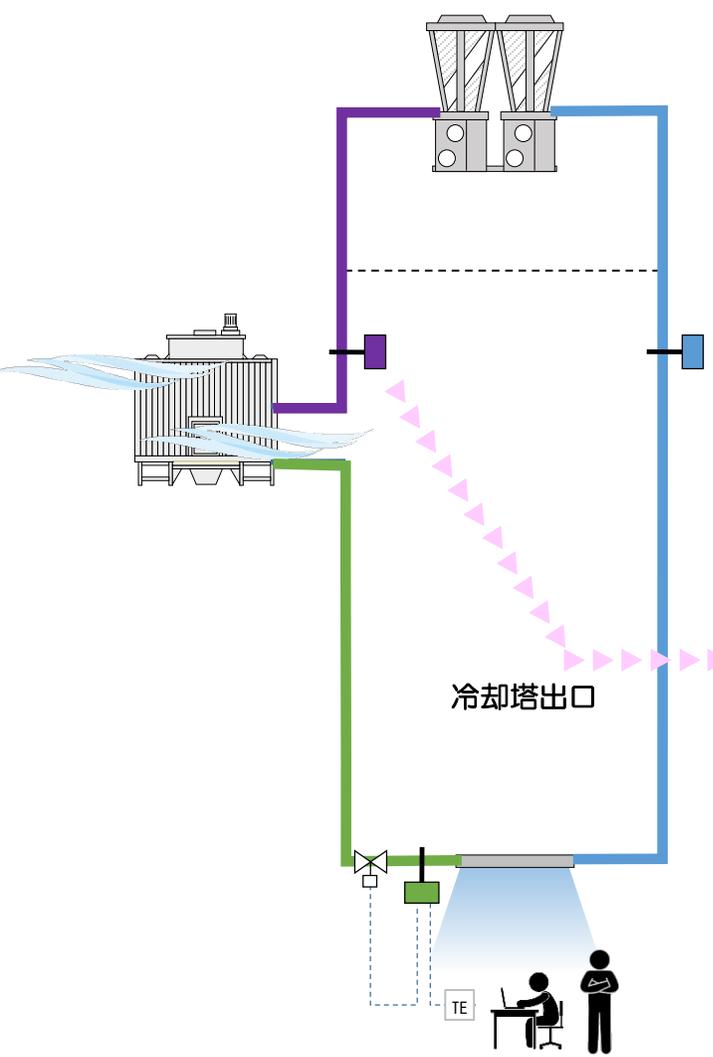


— 往温度 — 還温度 — 流量

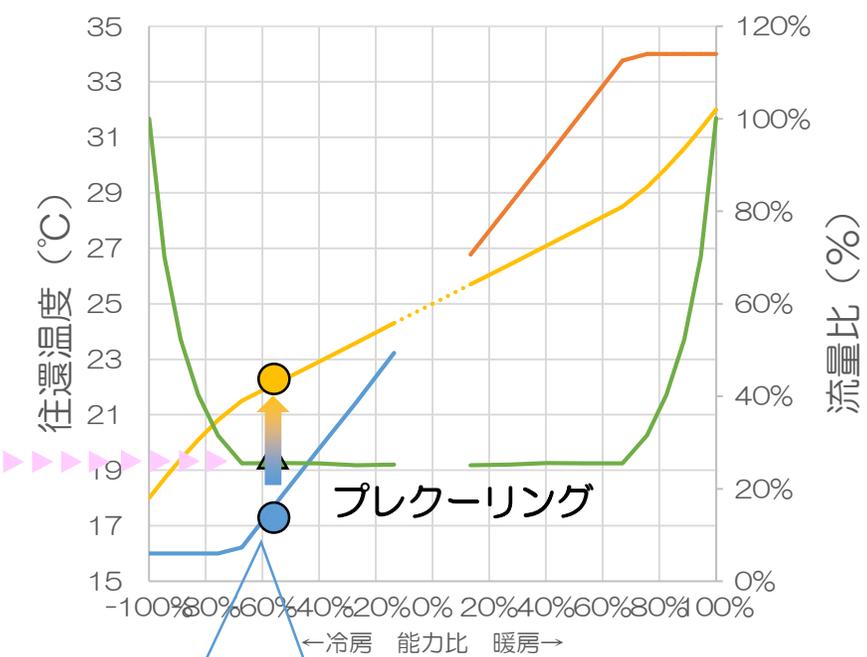
制御状態は等しい



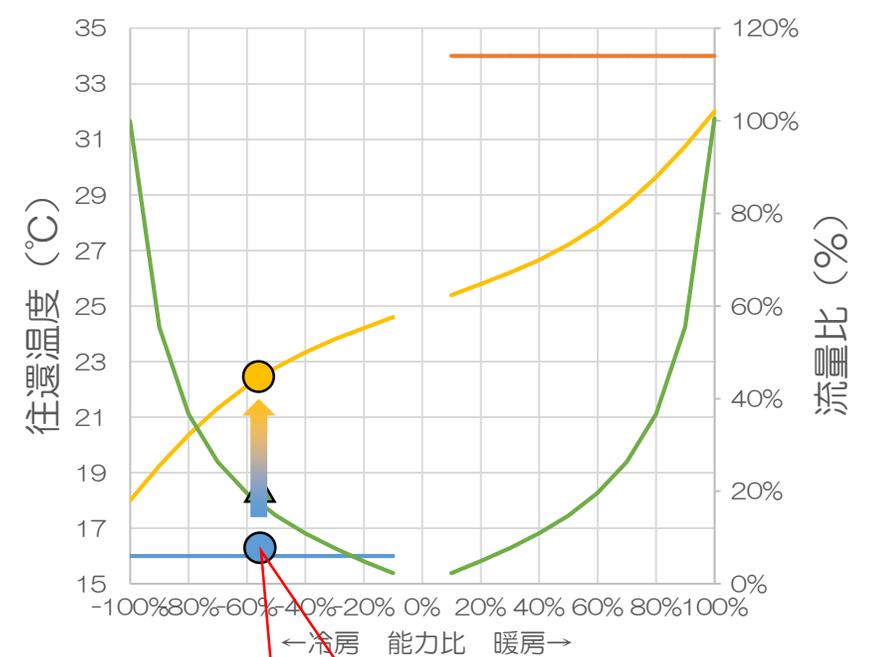
初秋 冷房負荷



VWV-VT制御



従来の変流量制御

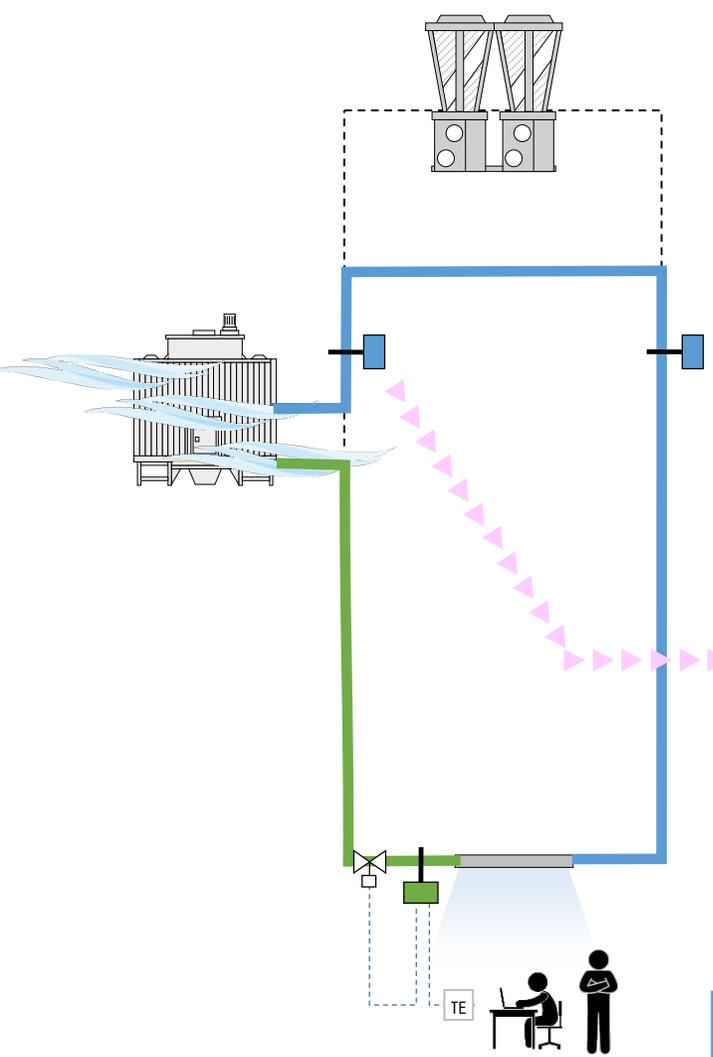


外気温が少し下がった時点でプレクールが可能になり、自然エネルギー利用時間の拡大

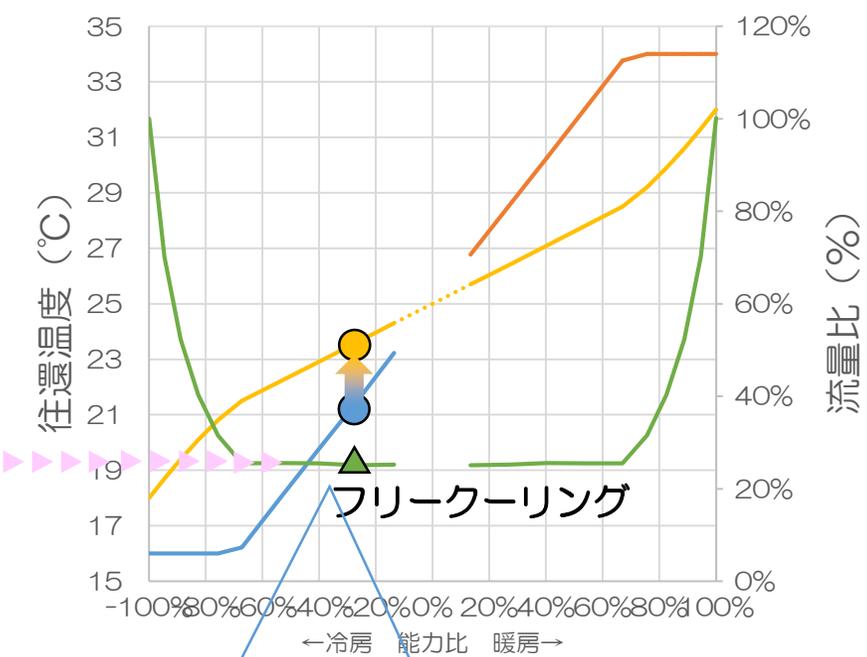
全冷房負荷を冷却塔で処理できないのでフリークーリングモードに入らない

— 往温度 — 還温度 — 流量

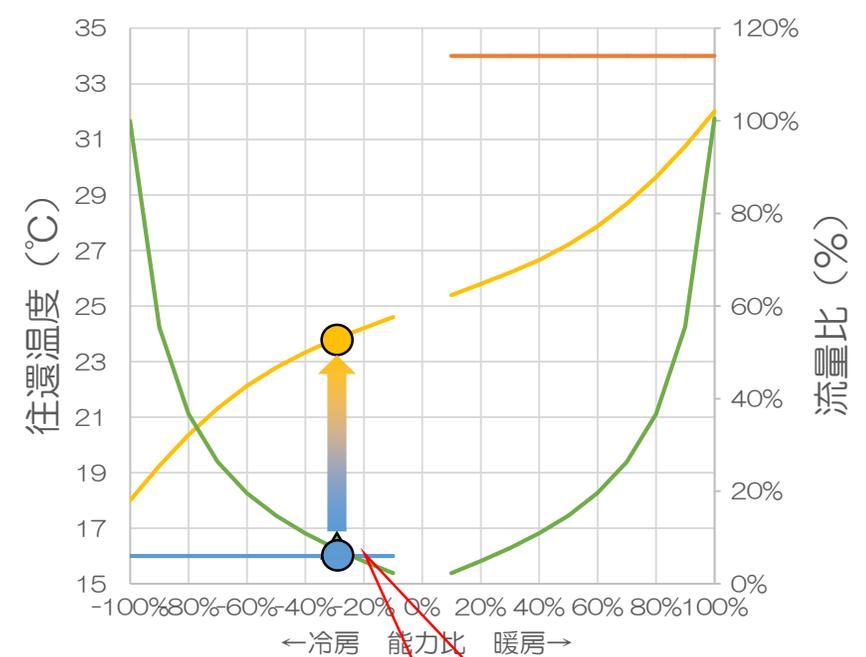
秋 弱冷房負荷



VWV-VT制御



従来の変流量制御

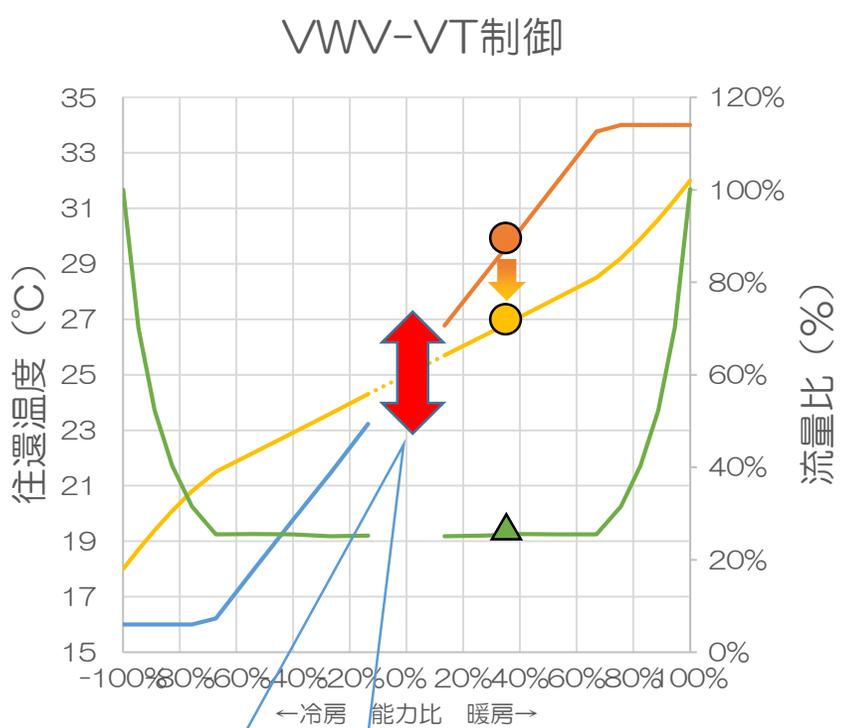
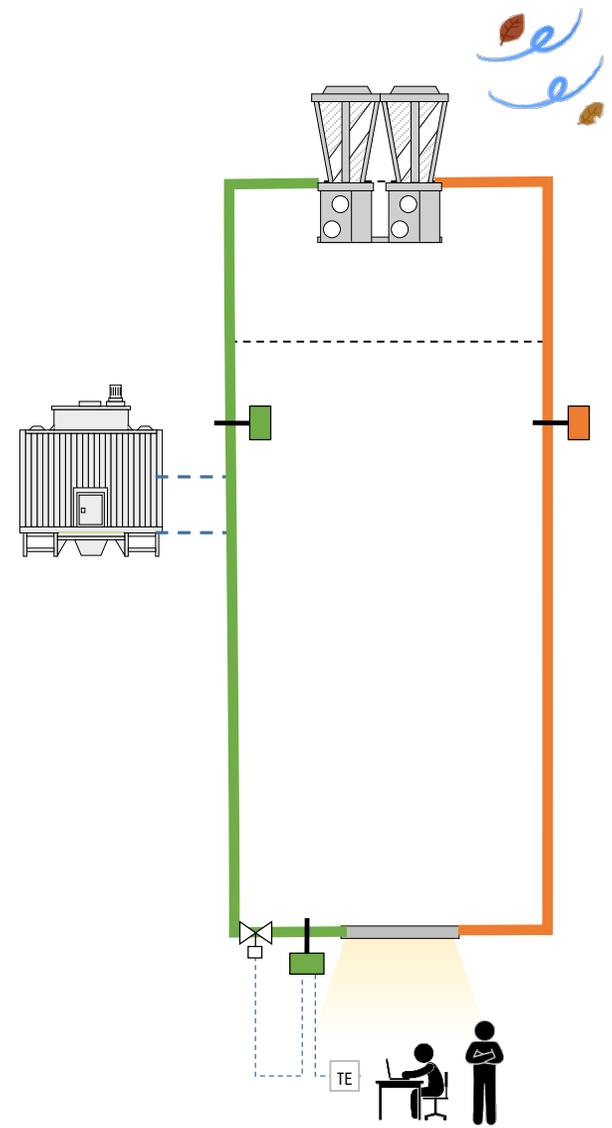


— 往温度 — 還温度 — 流量

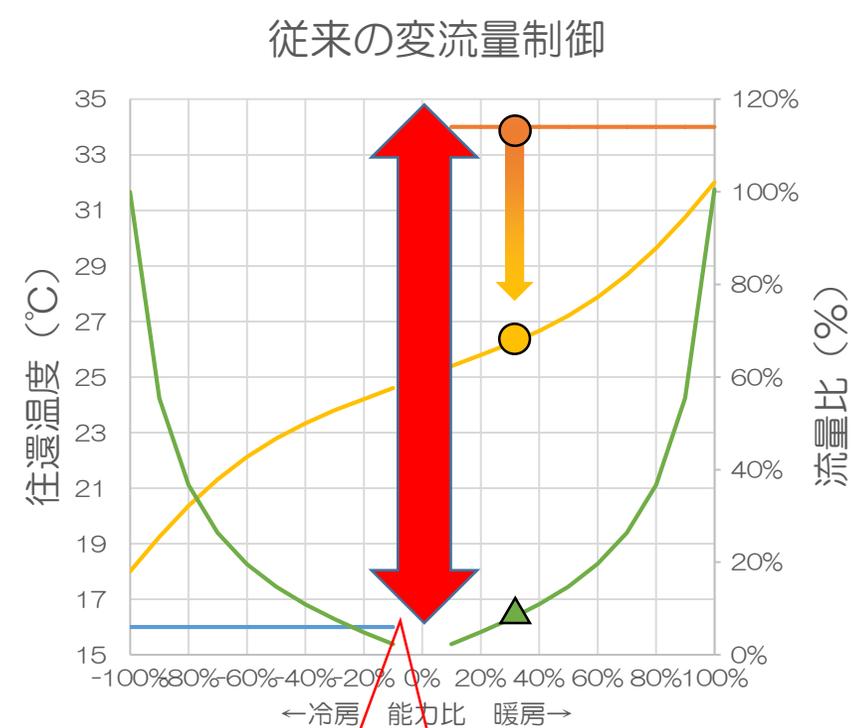
冷水温度が安定して上がるので自然換気も可能に。
流量は上がるがすでに小さいので、これ以上の効果は限定的

流量が小さくなり、
コントロールが難しい。

初冬 暖房のち冷房へ



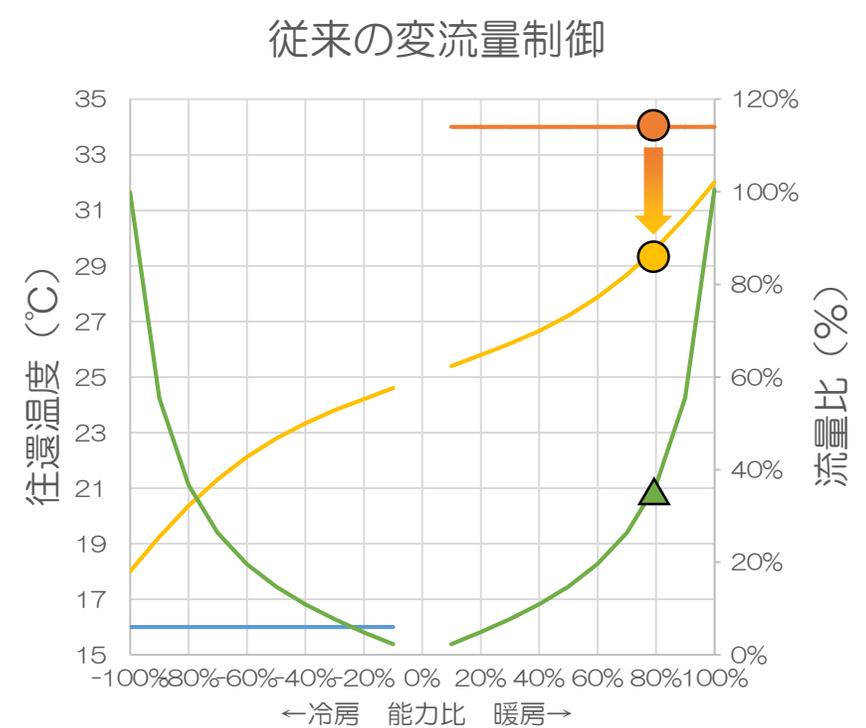
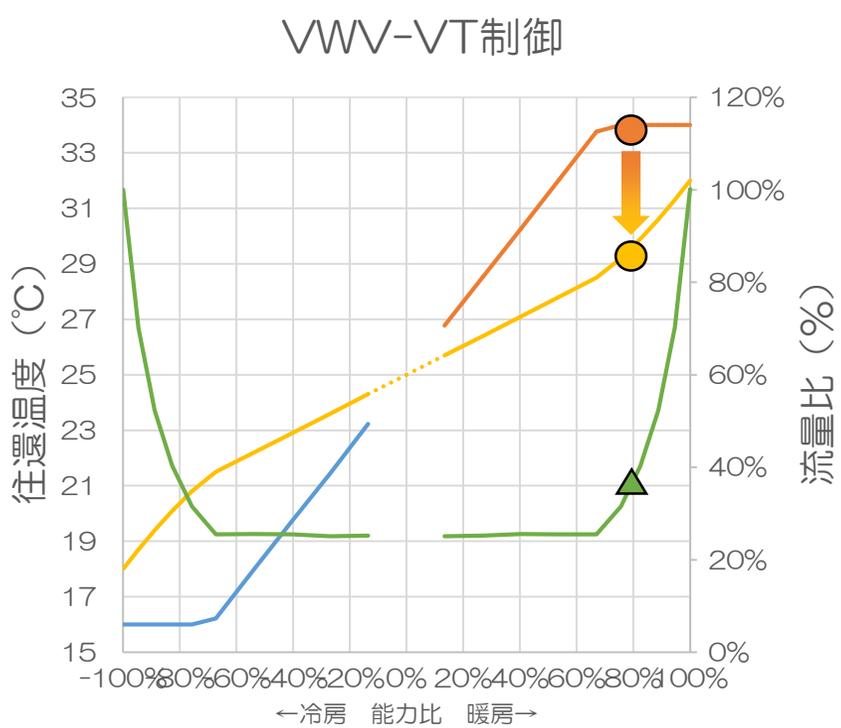
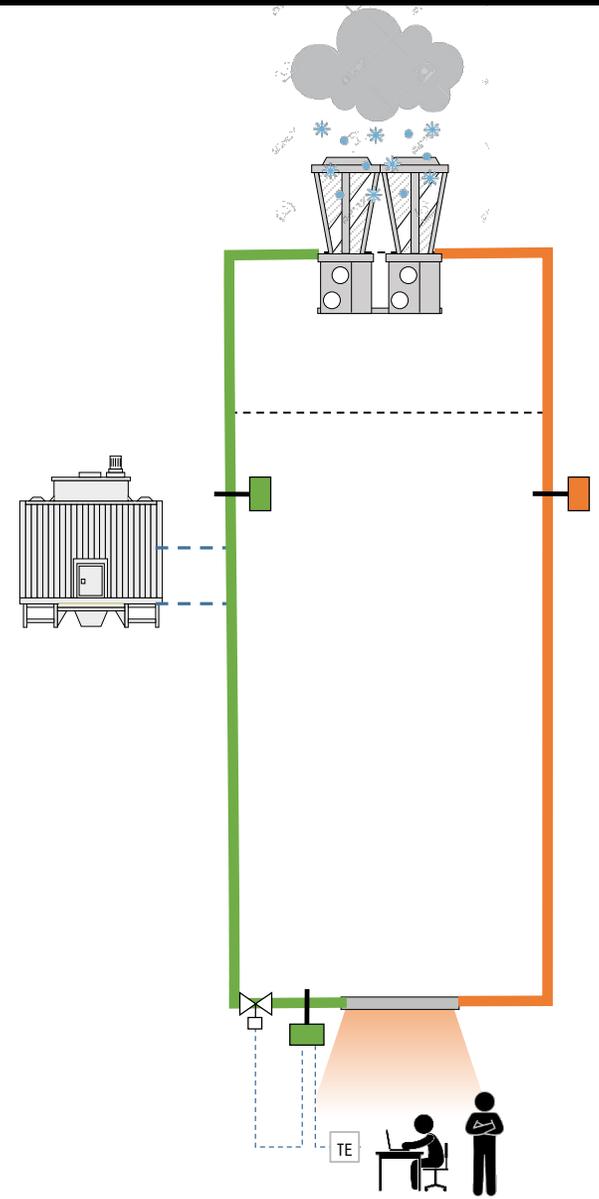
シームレスに暖房モードに入り
冷暖切替のエネルギーロスが小さい



熱源が一気に切り替わり
配管内の冷水をすべて温める必要

往温度 還温度 流量

厳寒期 暖房負荷大



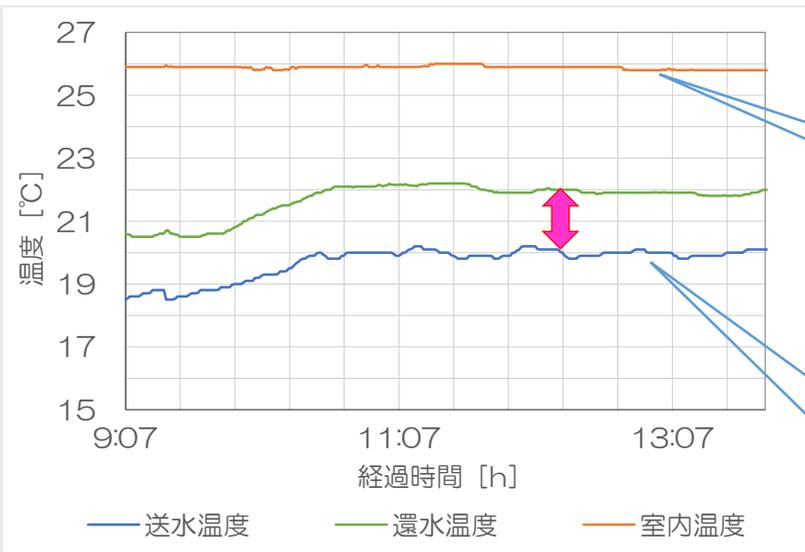
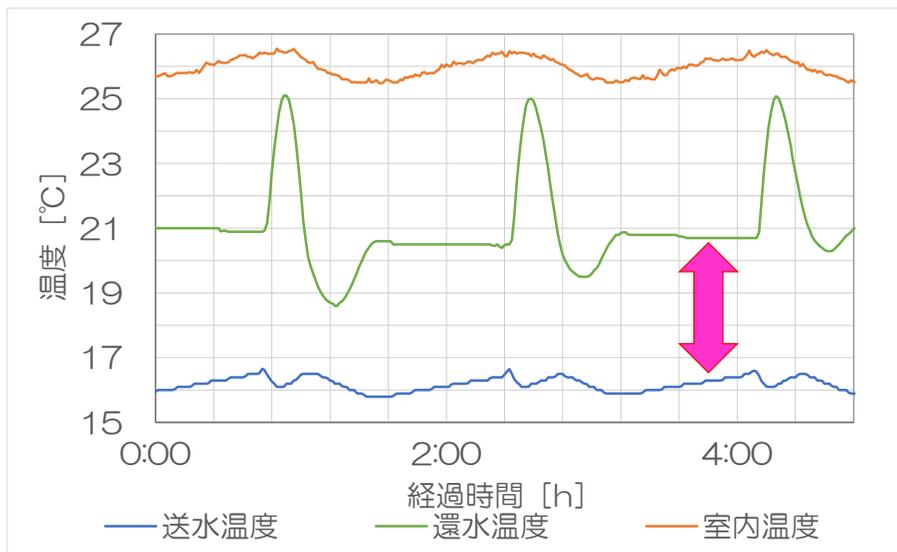
— 往温度 — 還温度 — 流量

制御状態は等しい

実大実験室での開発制御の効果を検証

従来制御（室温による流量制御）

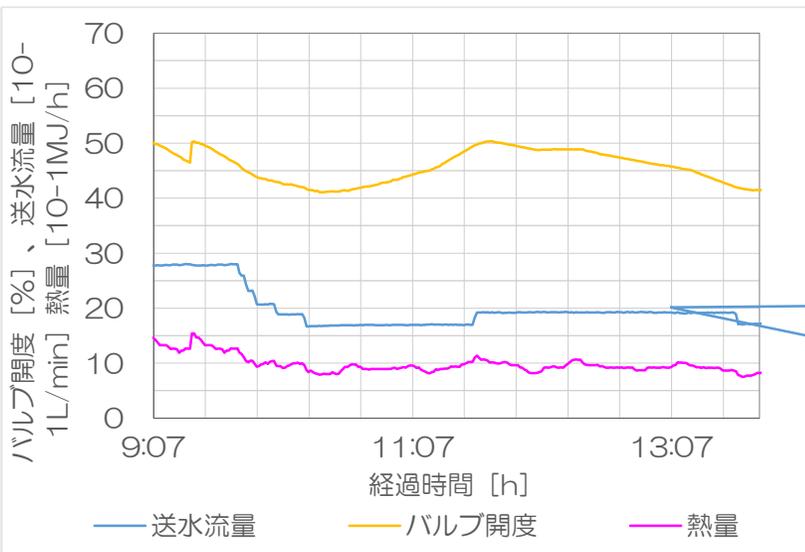
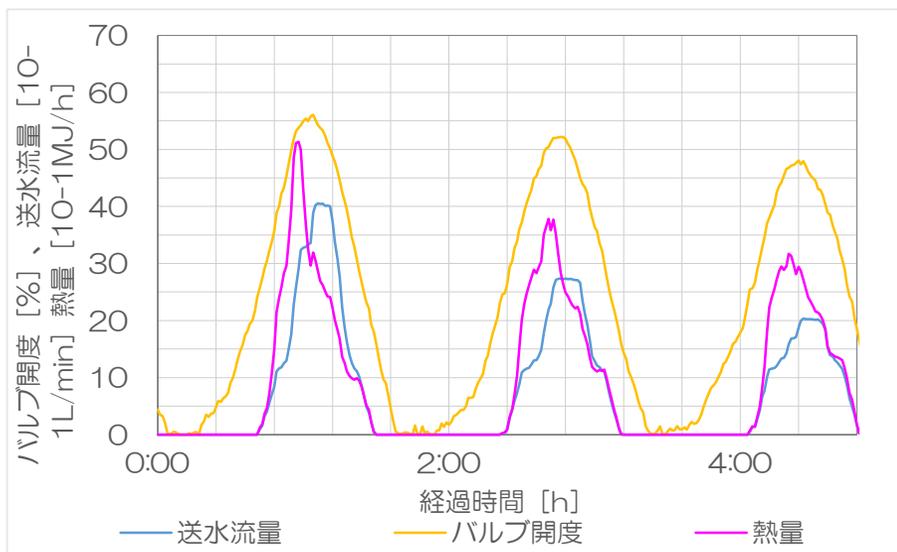
VWV-VT制御 + 還水カスケード



課題② 制御応答性が悪い

↓

室温安定



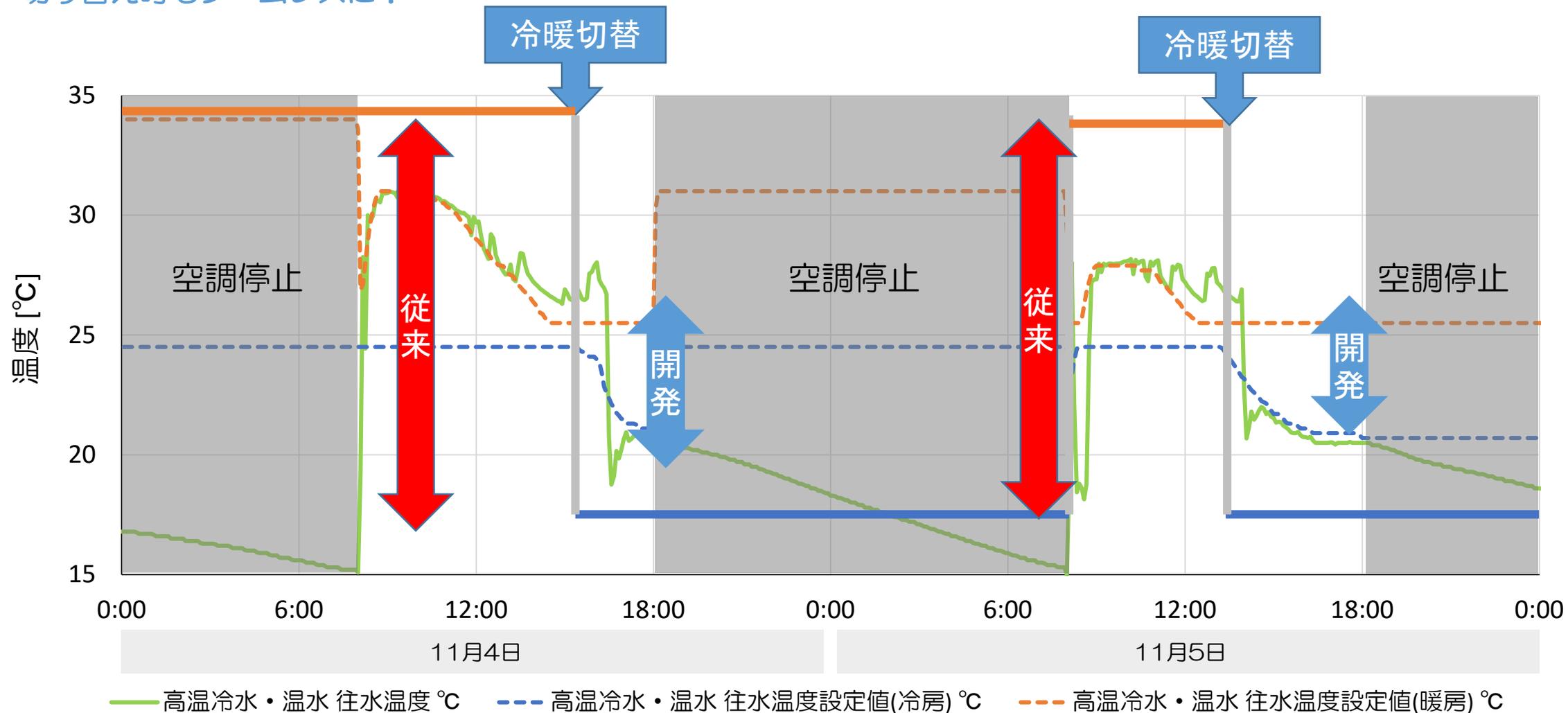
温度レンジを高く安定維持

バルブ開度も流量も安定化

課題③ 暖房から冷房への切り替え

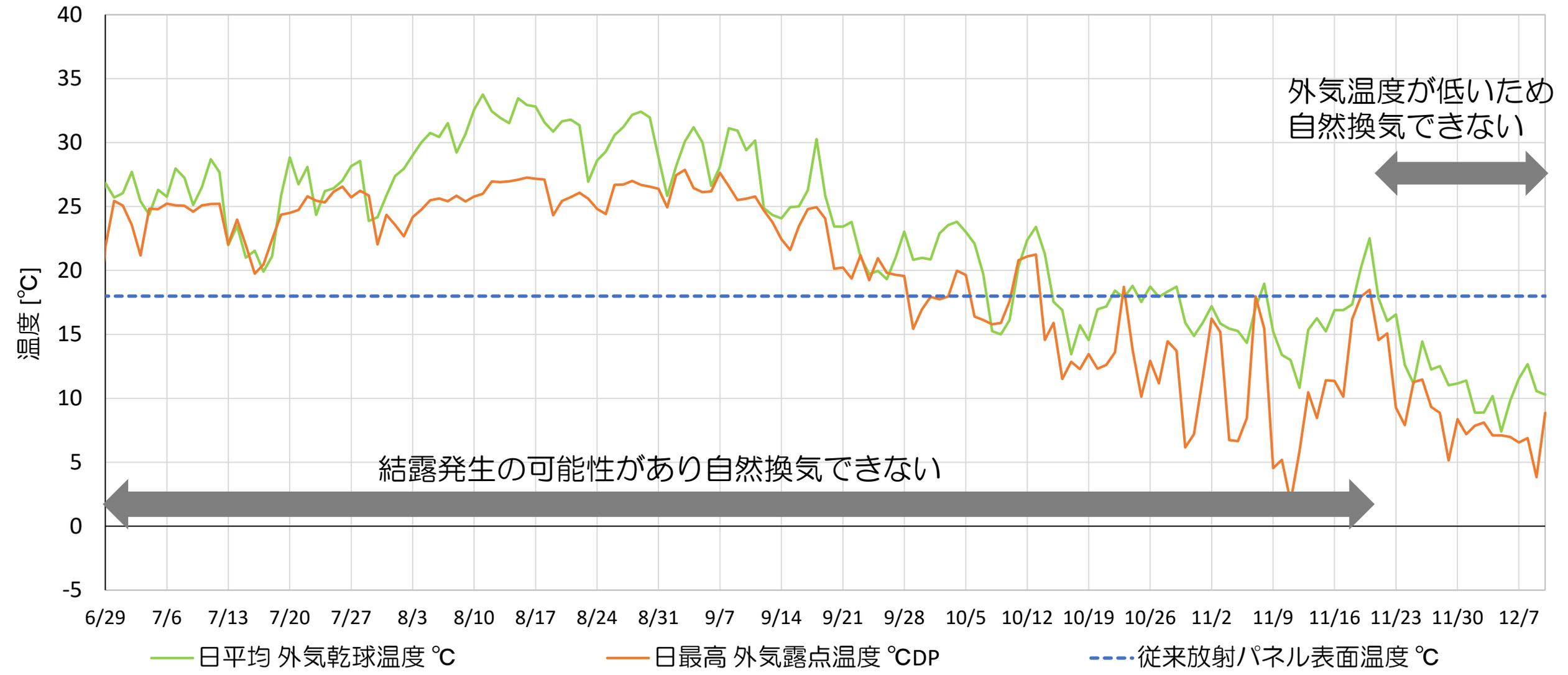
従来、冬季には、朝は暖房負荷で日中に冷房負荷に変わる際は管内の水を高温から低温に一斉、一気に変える必要があった

→切り替え時もシームレスに！



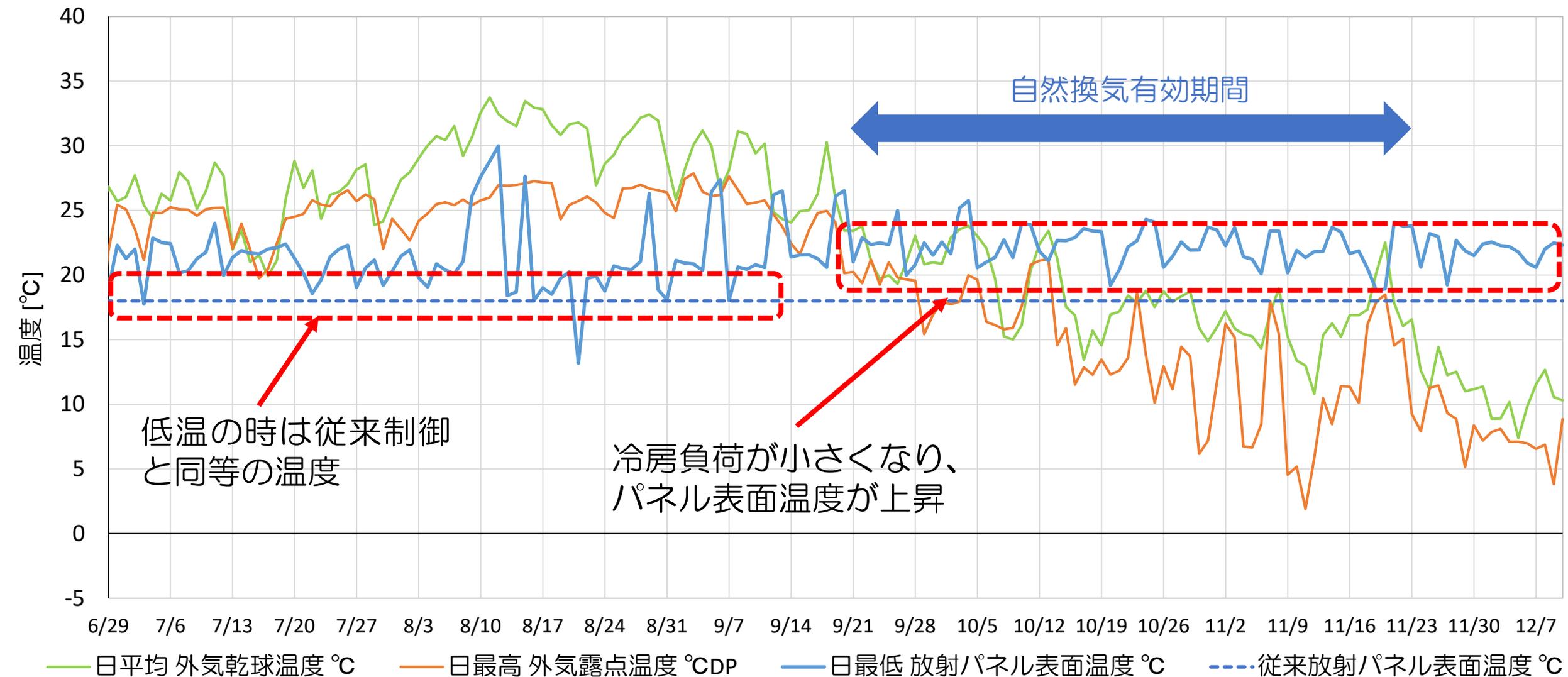
課題④ 自然換気が困難? → 放射空調で自然換気の可能性

放射パネル表面温度と外気乾球温度・露点温度



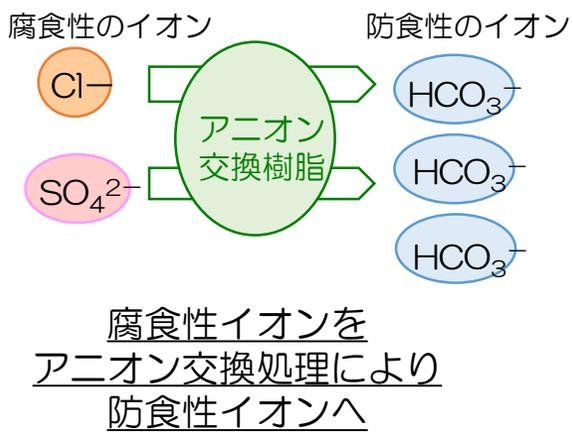
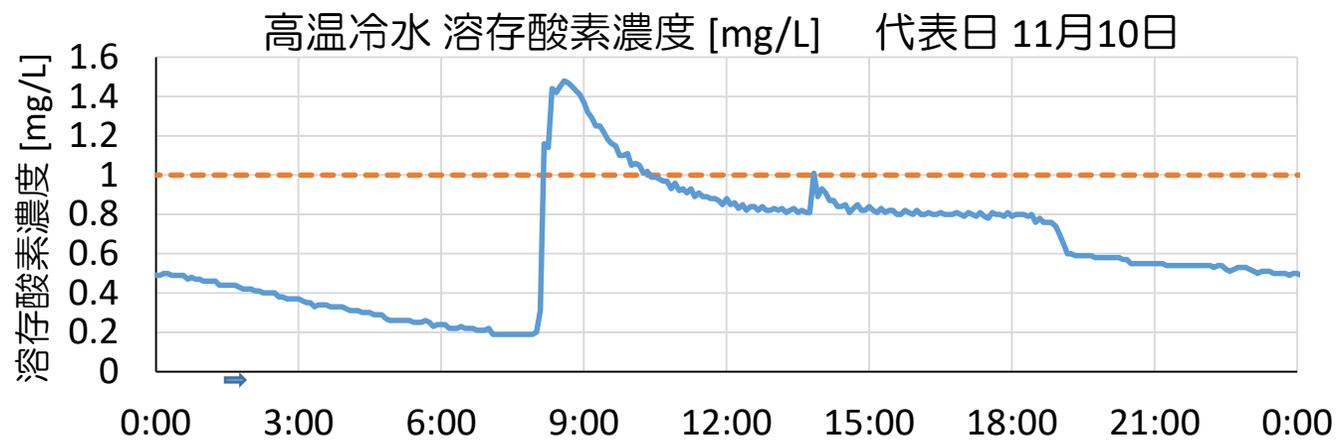
課題④ 自然換気が困難? → 放射空調で自然換気の可能性

放射パネル表面温度と外気乾球温度・露点温度



課題⑤ 熱源と放射パネルの間に熱交換器が必要（三次ポンプ利用エネルギー）

→溶存酸素量コントロールとCorro-Guard で三次ポンプ分の消費電力削減

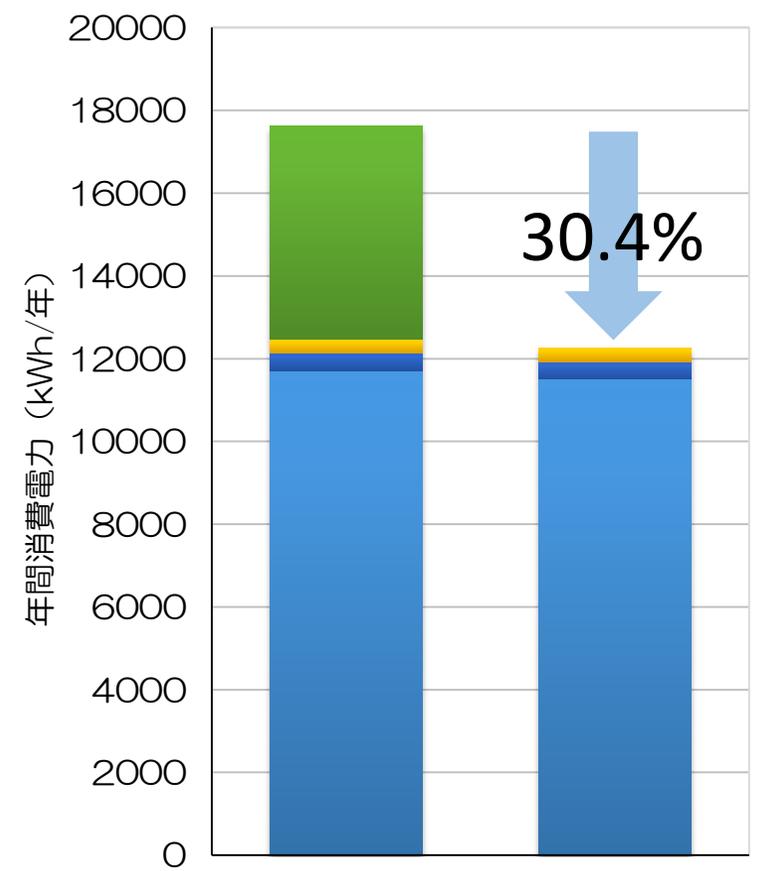


試験後の金属表面の外観 (試験期間約10ヵ月、流速0.5 m/s)

項目	炭素鋼	純亜鉛	銅
非(東京都水)処理水			
処理水			



放射空調システム 年間消費電力量の比較



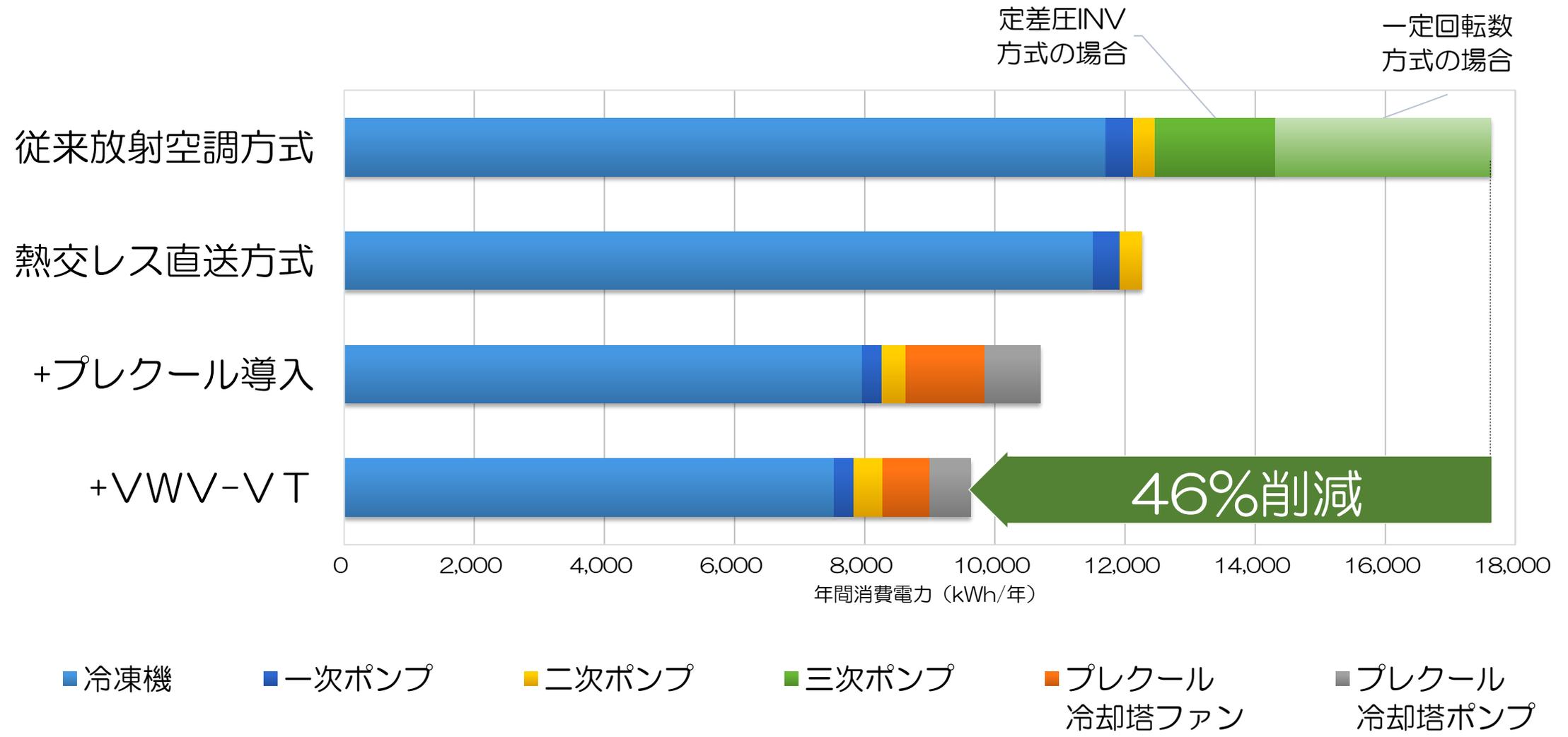
従来放射空調方式 熱交レス直送方式

■ 冷凍機 ■ 一次ポンプ ■ 二次ポンプ ■ 三次ポンプ

「Corro-Guard」の原理

実験室での試験体

現地での試験体

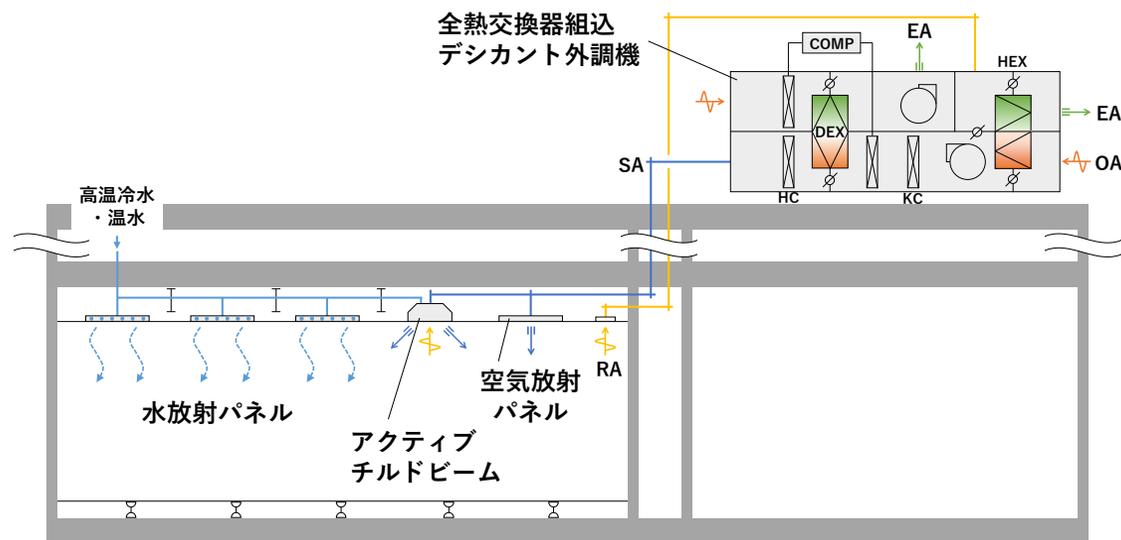


ダイナミックレンジ放射空調システムで **5つの課題を解決**
+
従来放射空調から**46%**の消費エネルギー削減予想

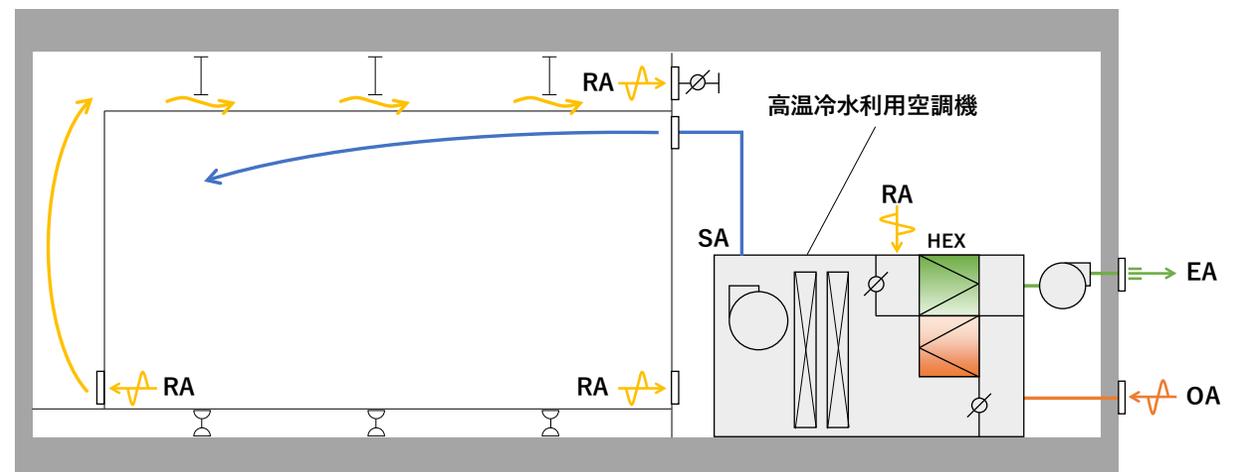
- 建物紹介
- ダイナミックレンジ放射空調システム
 - 放射空調の5つの課題
 - 課題を解決するダイナミックレンジ放射空調システム
- その他 導入技術の紹介



「ダイナミックレンジ放射空調システム」



「変风量コアンダ空調」



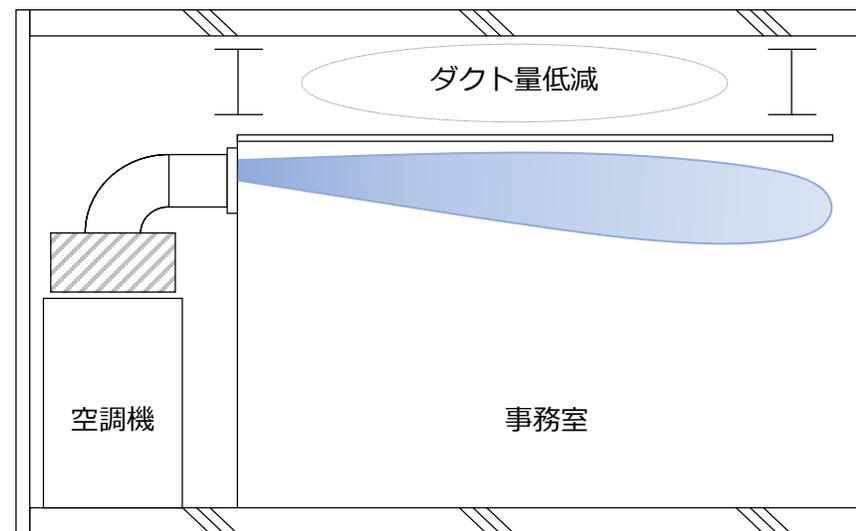
コアンダ空調とは？

変風量コアンダ空調システム



コアンダ効果

気体や液体の噴流の軌道が、近くの面に吸い寄せられる現象



室奥まで風を届け、攪拌し、空間の均一な空調をする。

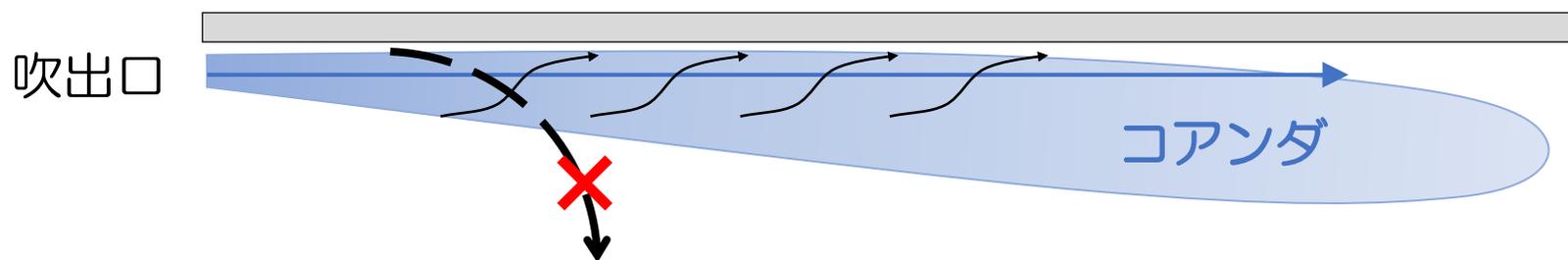
コアンダ空調とは？

変风量制御ができない！？

$$E = \alpha Q^3$$

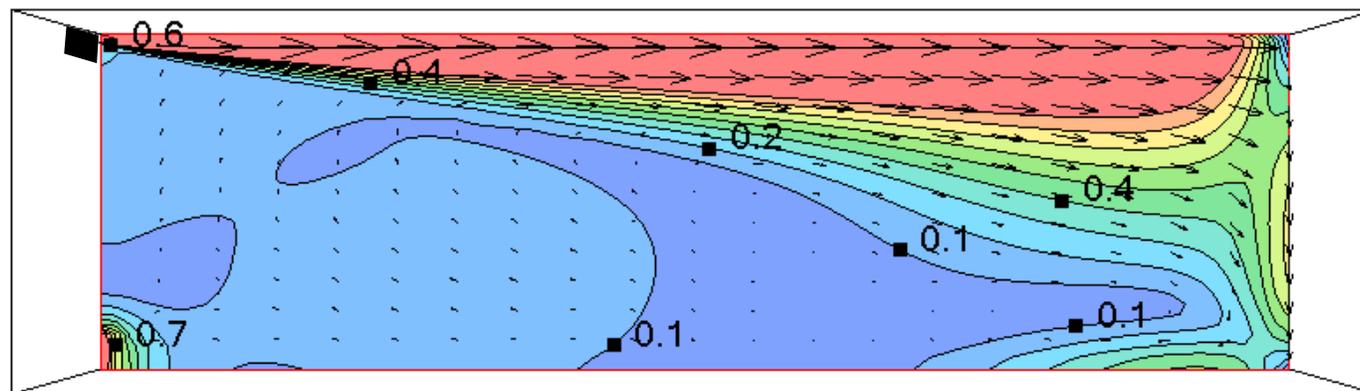
E : 消費電力 Q : 吹出风量

変风量制御のメリットは
⇒风量が1/2=電力は1/8！

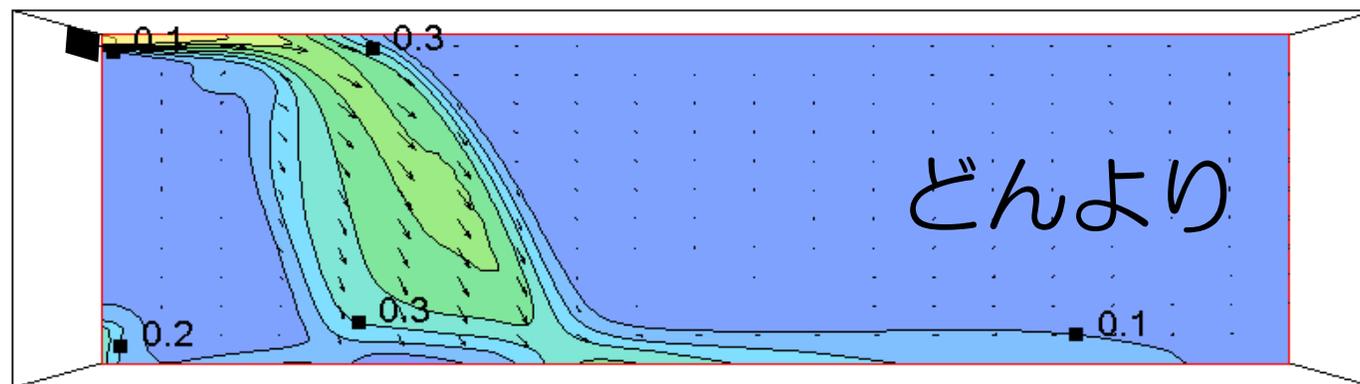


风量が小さいと
风速が下がって
冷気が落下してしまう！

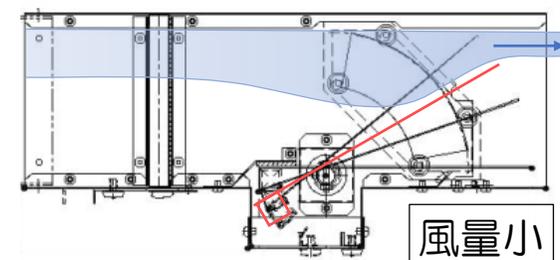
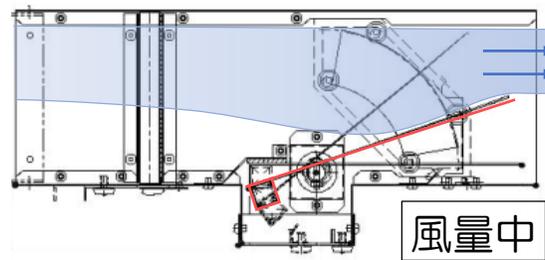
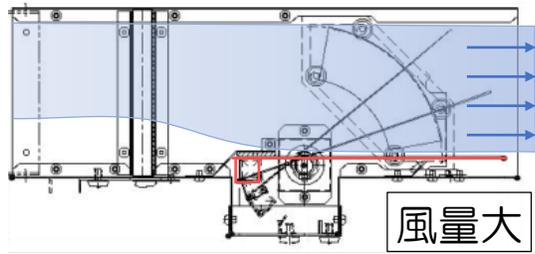
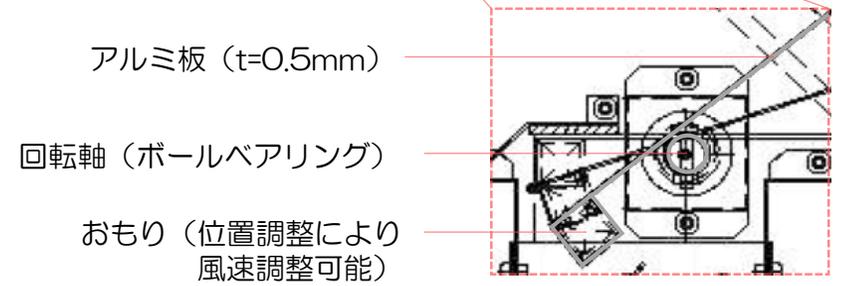
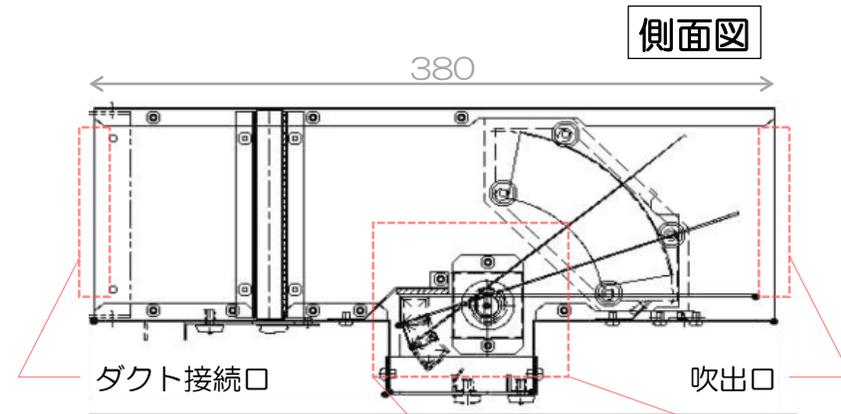
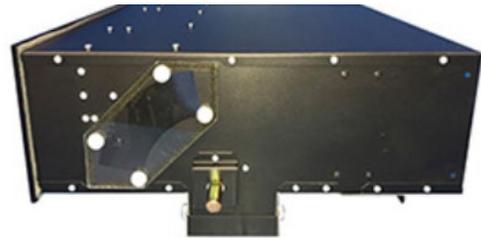
風量大



風量小



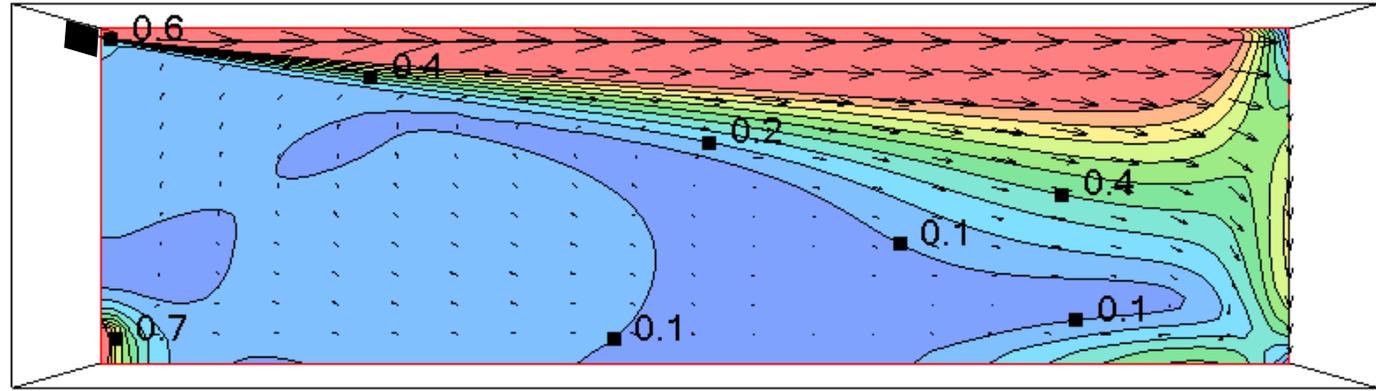
自律式風速一定吹出口
Air-Soarer



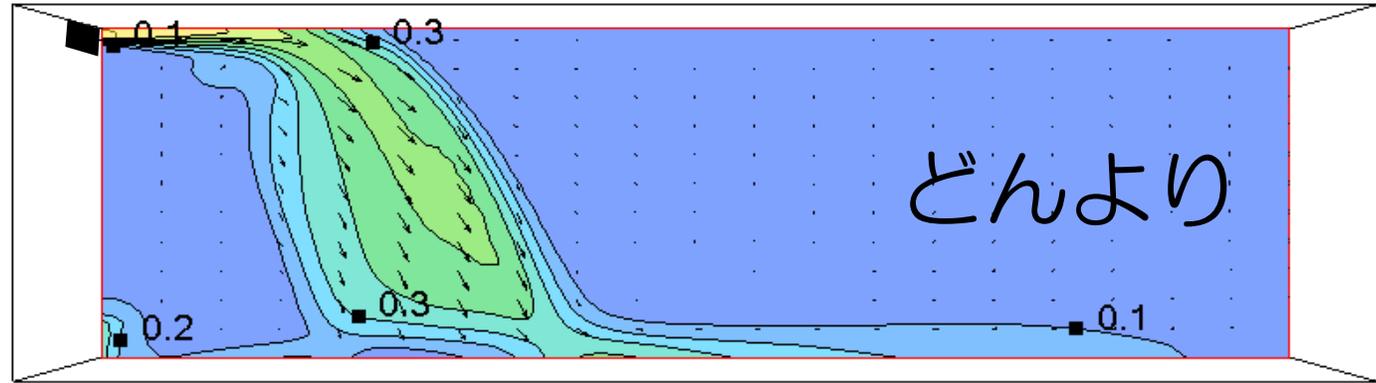
風量に応じて、羽を風圧で開閉。小風量時は羽が閉じて開口を絞り、吹出風速を維持

一般
吹出口

風量大

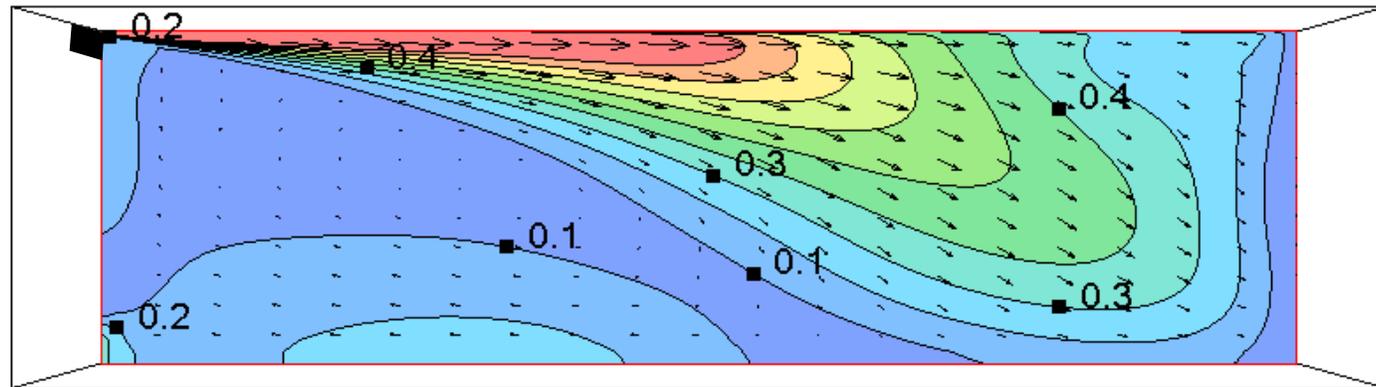


風量小

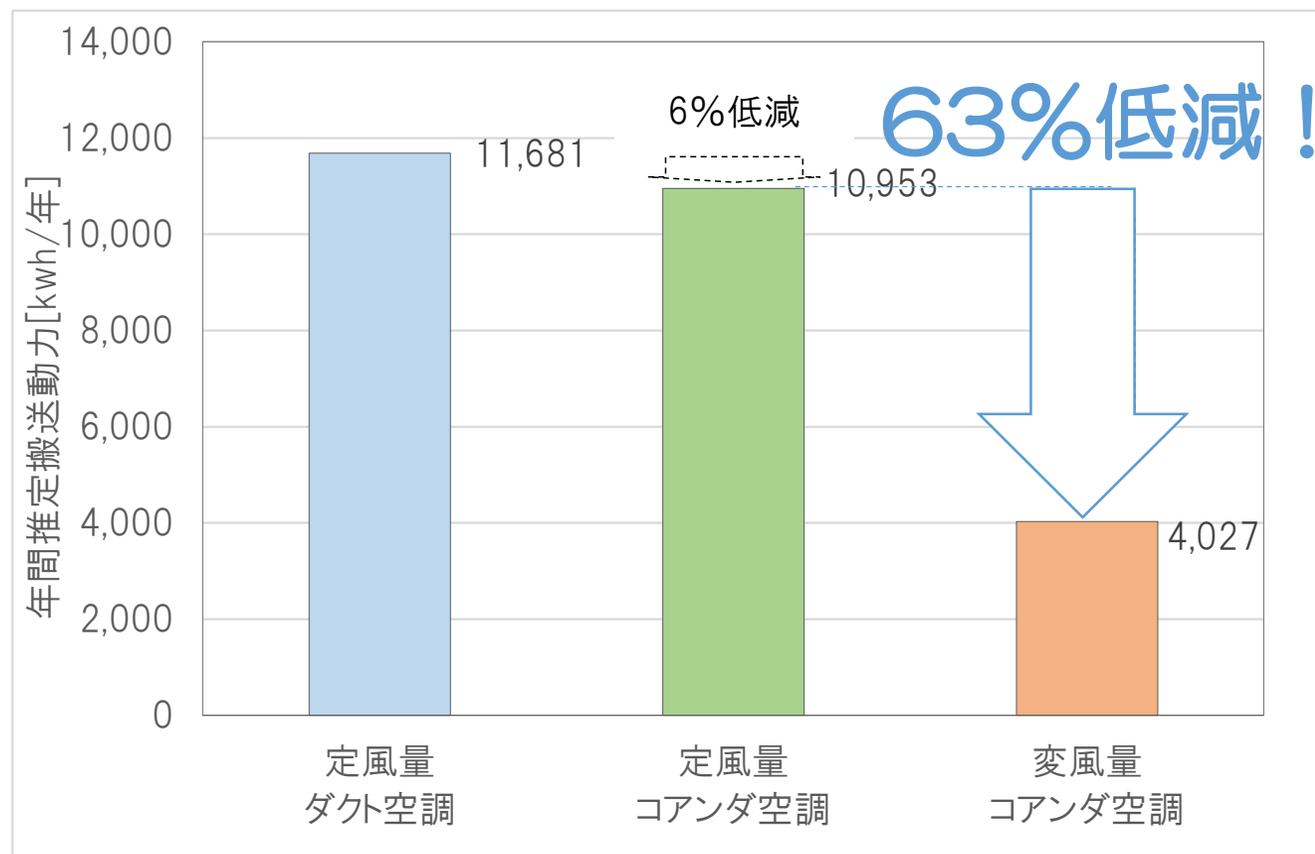


Air-Soarer

風量小



年間搬送動力の比較 定风量のダクトレス空調に比べて、63%低減！



【試算条件】

- 某オフィスビルの年間実負荷熱量を使用
- 熱量から必要风量を算定
- 動力は风量の三乗に比例
- 风量変動幅
冷房時：40～100%
暖房時：90～100%

羽鳥ら ZEBを目指した中規模事務所ビルの計画と検証
空気調和衛生工学会より

実大実験室の作成 温熱環境と快適性の検証

@新菱冷熱工業(株) 中央研究所



設計者 三菱地所設計

企画・設計・オーガナイザー

施工者 新菱冷熱工業

実大実験・シミュレーション

学術 芝浦工業大学 建築工学科
秋元研究室

被験者実験・快適性の知見

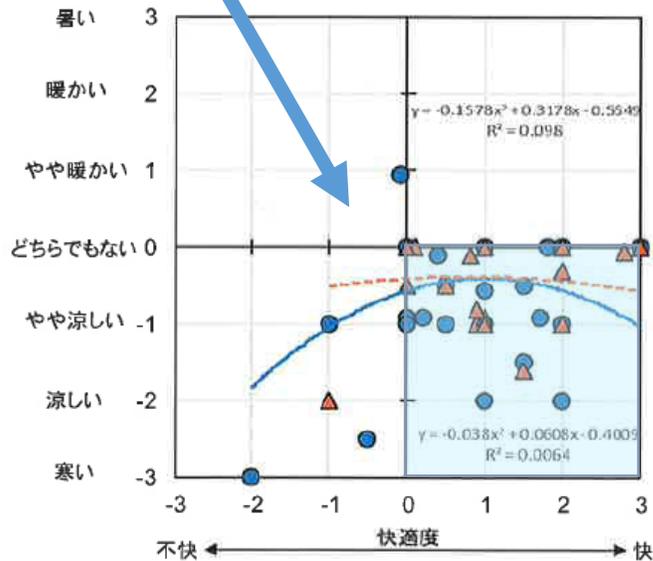
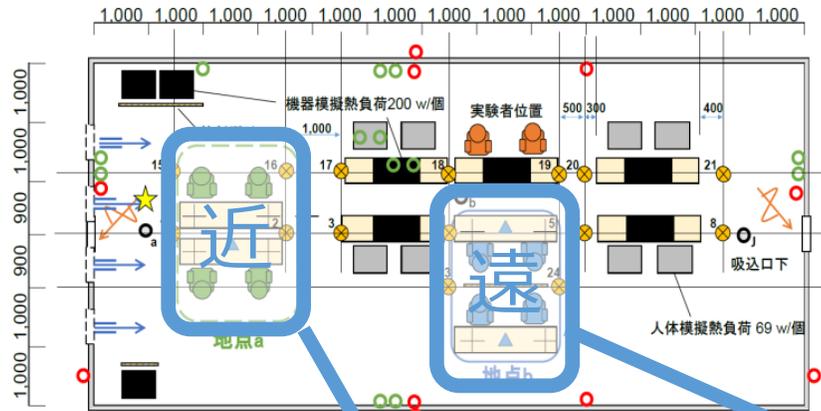
メーカー 協立エアテック

実機製作・挙動の調整

実測、被験者実験で快適性の確認

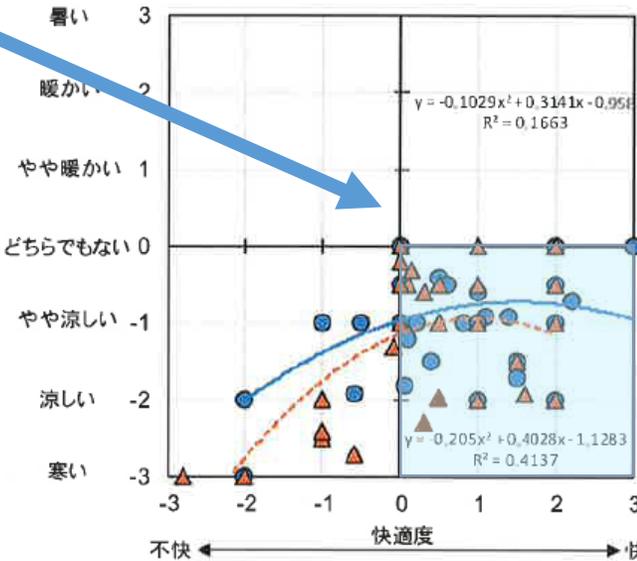
被験者は20~60歳の男女50人が参加する被験者実験（冷房）

みんなどこでも快適！



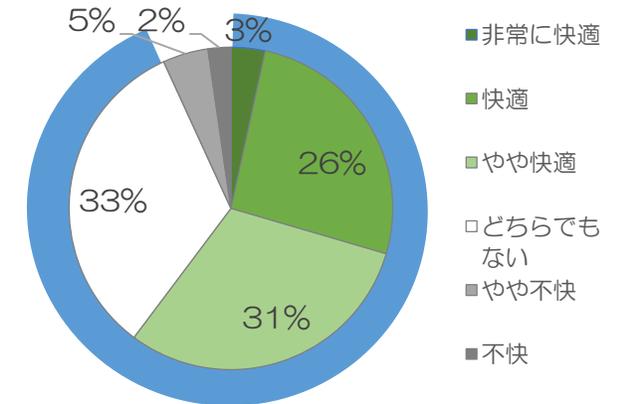
すずしい

かいてき



すずしい

かいてき



93%以上が受け入れられる回答 (被験者のべ100名)

ICT・IoT技術の活用

環境ビジュアライザー

多機能センサーを分散設置し、リアルタイムに環境状態をビジュアル化します。執務者への開示やインターネット経由でWEB閲覧も可能です。



WEB空調操作画面

申請 | 会議室予約 | 空調延長申請 | MYグラフ | 詳細 | 事業所情報 | 書類

フローア・エリア選択
あなたのフローアとエリアを選択してください

現在の温度分布図表示

空調・換気の状態と操作

外気環境

- 外気温度 20.5 °C
- 外気湿度 50 %
- 風速 20 m
- 日射量 205

フロア換気状態

- 換気回数 5 回
- 自然換気 OFF
- 自然換気設定 ●許可 ○禁止
- CO2濃度 50 ppm
- CO2制御 ●許可 ○禁止
- CO2濃度設定 50 ppm

選択エリア : 3F 事務室①

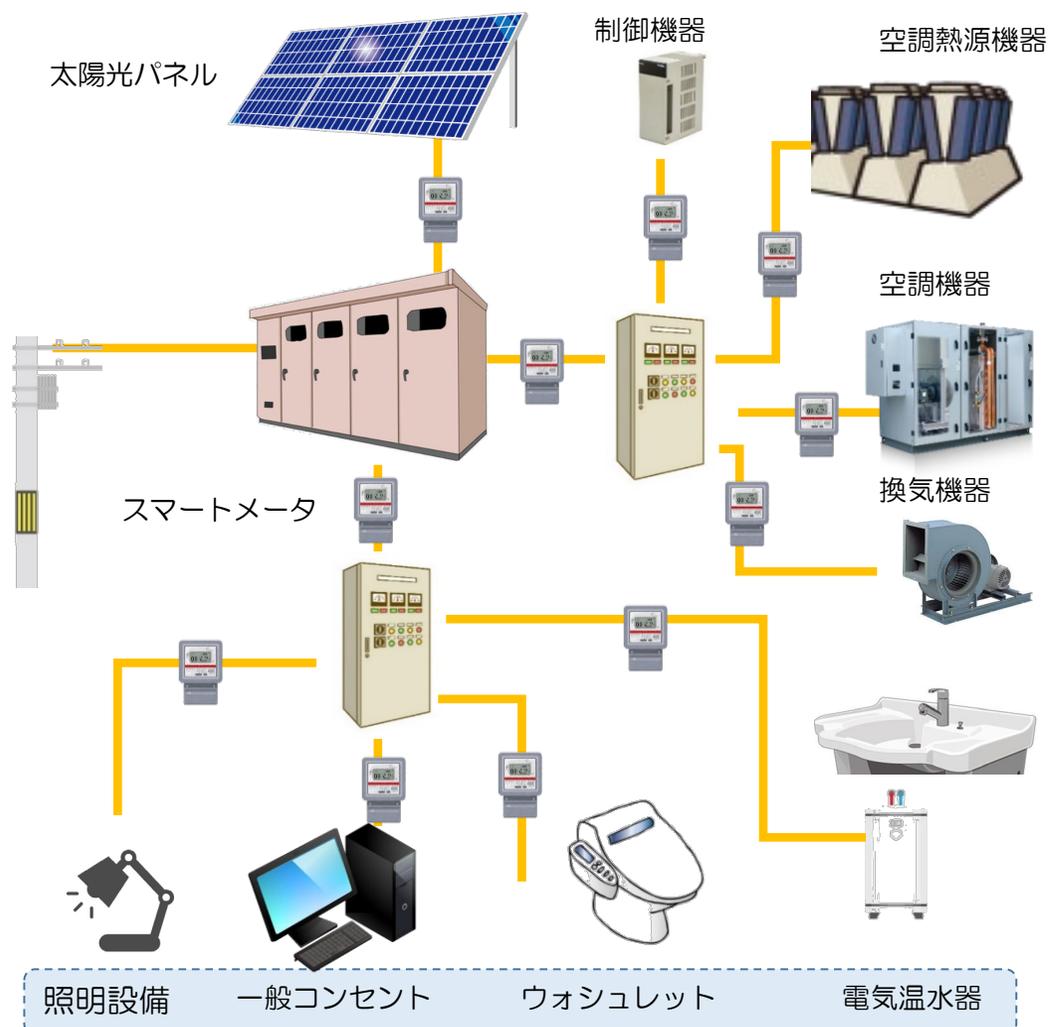
空調運転 ON

- 室内温度 20.5 °C
- 室内湿度 50 %
- 涼しく (blue arrow down)
- 暖かく (orange arrow up)

空調延長申請

詳細電力モニタリングシステム

スマートメータを末端まで設置し、エネルギー消費動向をモニタリングしています。





ご清聴どうもありがとうございました。