

研究施設における水式天井放射冷暖房の運用評価

株式会社類設計室
設備設計部 米澤星矢

1. 施設概要・コンセプト
2. 設備計画の説明
3. 温熱環境の実測
4. シミュレーション検証
5. 社員アンケート結果



■所在地 : 千葉県富津市
■構造 : 1階RC造、2階S造
■延床面積 : 3,717.72m²
■竣工 : 2022年9月

■用途 : 1階 オフィス、応接、食堂
2階 ラボ、大会議室
■環境性能 : BELS☆5



アルギン酸とは

コンブやワカメなどの海藻に特有の天然多糖類。食品・医薬品・化粧品・繊維加工など幅広い分野で活用されています。

パンをふっくらと膨らませたり、ビールの泡をきめ細やかに安定保持させるのに用いられています。

アルギン酸は、幅広い分野で豊かな暮らし作りに貢献しています。

Application



ビールの泡をきめ細やかにを安定・保持させるためにもアルギン酸が用いられています。



化粧品 化粧品にさまざまな機能を満たせるためアルギン酸が利用されています。「落ちない口紅」やクリーム、ファンデーションなどにフィルム形成や増粘の目的で配合されます。



捺染用糊料 服地やスカーフをカラフルにプリントするため、カラーペーストの増粘剤として、特に天然繊維のプリントに欠かせない糊料となっています。



食品 アルギン酸は、増粘剤、ゲル化剤、乳化剤、安定剤、麺質改良剤など食品の品質向上に優れた機能を持っています。アイスクリーム、ゼリー、パン、乳酸菌飲料、ドレッシング、即席麺、ビールなどさまざまな食品に利用されています。アルギン酸はFAO/WHO合同食品添加物専門委員会において最も安全な物質との評価を得ています。



医薬品 錠剤の崩壊剤、消化管内壁の保護材などとしてアルギン酸が使用されています。また、歯の型取りをするアルジネート印象剤はアルギン酸が主成分です。

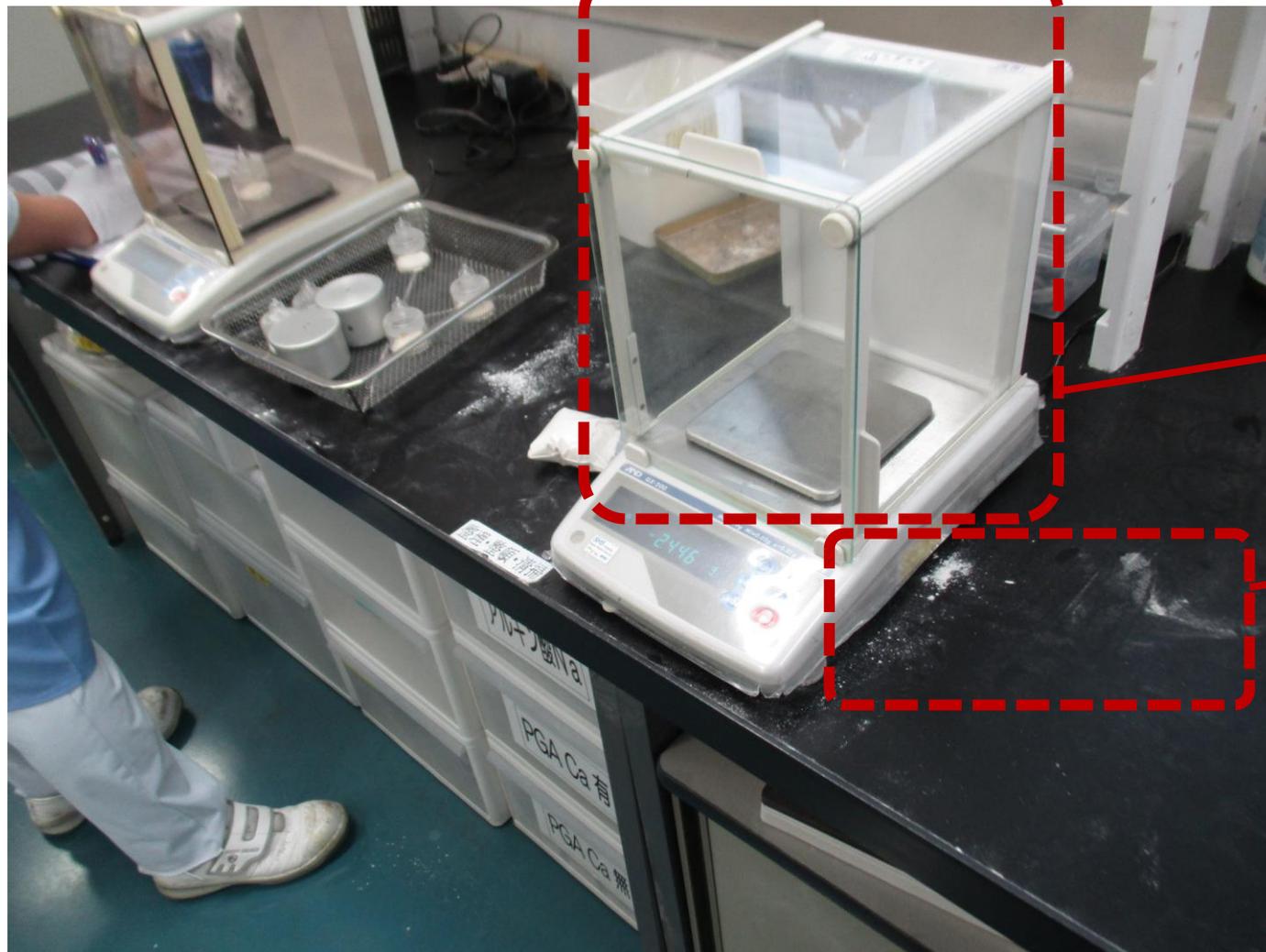


飼肥料 アルギン酸は、ペットフードや養殖魚の餌などに、結着剤や増粘剤として利用されています。



溶接棒 アルギン酸は、溶接棒製造の工程で、フラックスのバインダーとして利用されています。





本館で行う評価・分析業務における
既存施設の課題点

- ①天井カセット型空調の気流から
秤量計を保護する風除けを設置
- ②アルギン酸の粉末が空気中に舞い
作業台にも堆積している



気流を低減することで
①秤量作業の負担を軽減
②アルギン酸の飛散を抑制
できるラボ環境を目指す

“KIMICA One World”

～キミカがひとつになる、世界で1番になる～

World

世界で戦うインターナショナルカンパニーに相応しい新拠点

One

一体感をつくる
挑戦するDNAを継承する

Flexible

将来の拡張性を第一に。
人員増減・レイアウト変更、
工場の連携への柔軟性

Productive

堅実で機能重視・高能率な
執務環境。工場の生産性を
高めるハブとなる

Clean

ナチュラル・ヘルシーな、
一流の食品・医薬品メーカーに
相応しい清潔感と環境配慮

社員ワークショップの様子



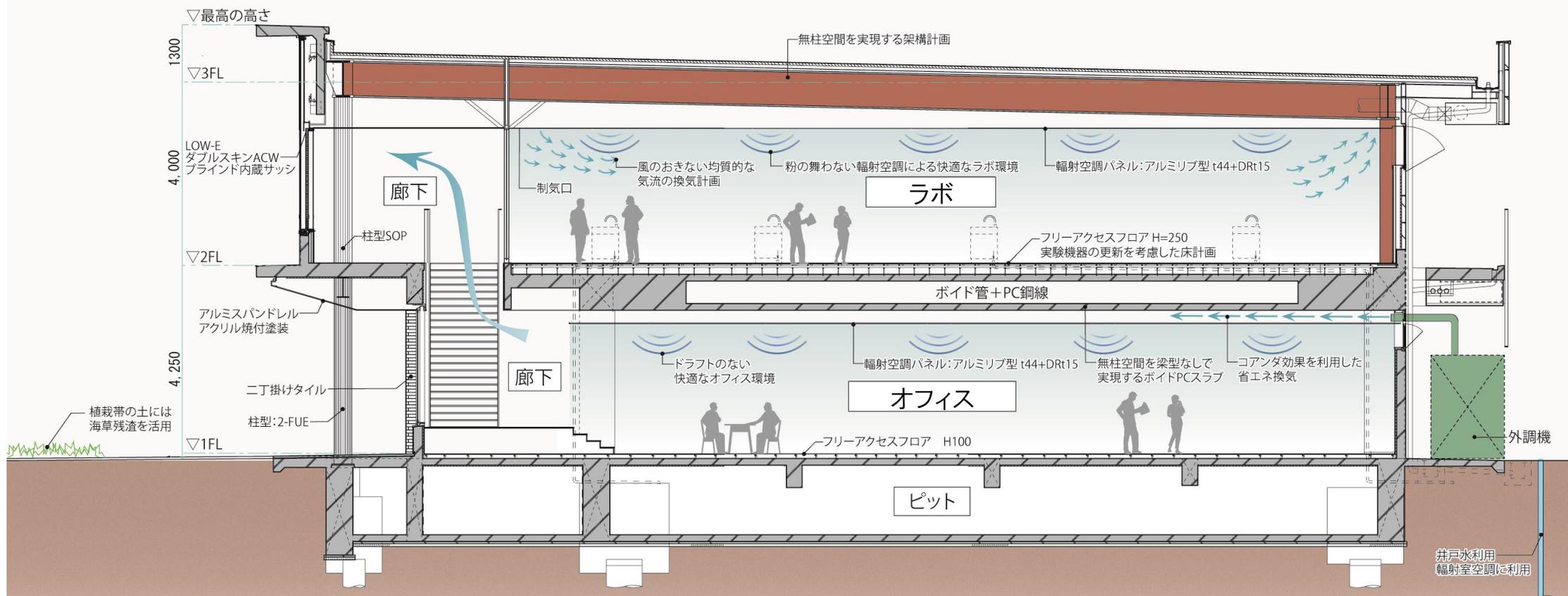
無柱空間のダイナミックな構造架構

2階床はボイドPCスラブとし1階に18mの無柱空間を実現
屋根は軽量の鉄骨架構として柱スパンを24m飛ばしている。



粉が舞わない清潔なラボ

天井放射パネルで気流を防ぎ
エアコンのフィルター清掃も不要とした。



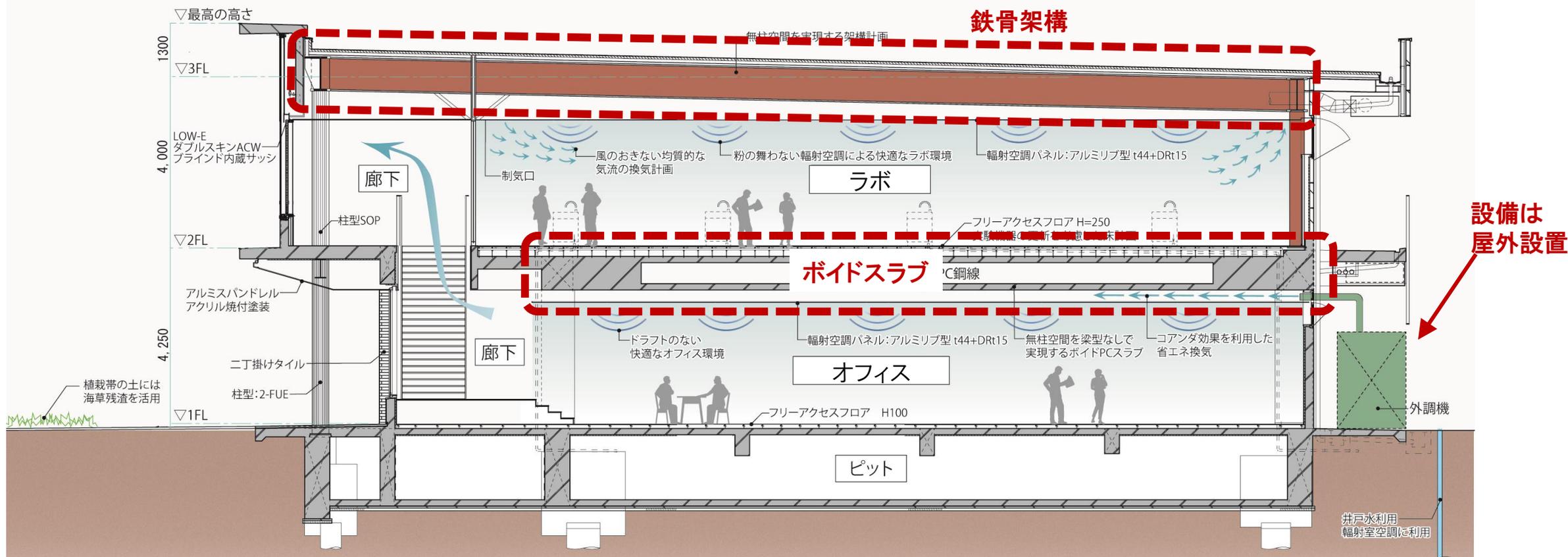
無柱空間のダイナミックな構造架構

2階床はボイドPCスラブとし1階に18mの無柱空間を実現
 屋根は軽量の鉄骨架構として柱スパンを24m飛ばしている。



粉が舞わない清潔なラボ

天井放射パネルで気流を防ぎ
 エアコンのフィルター清掃も不要とした。



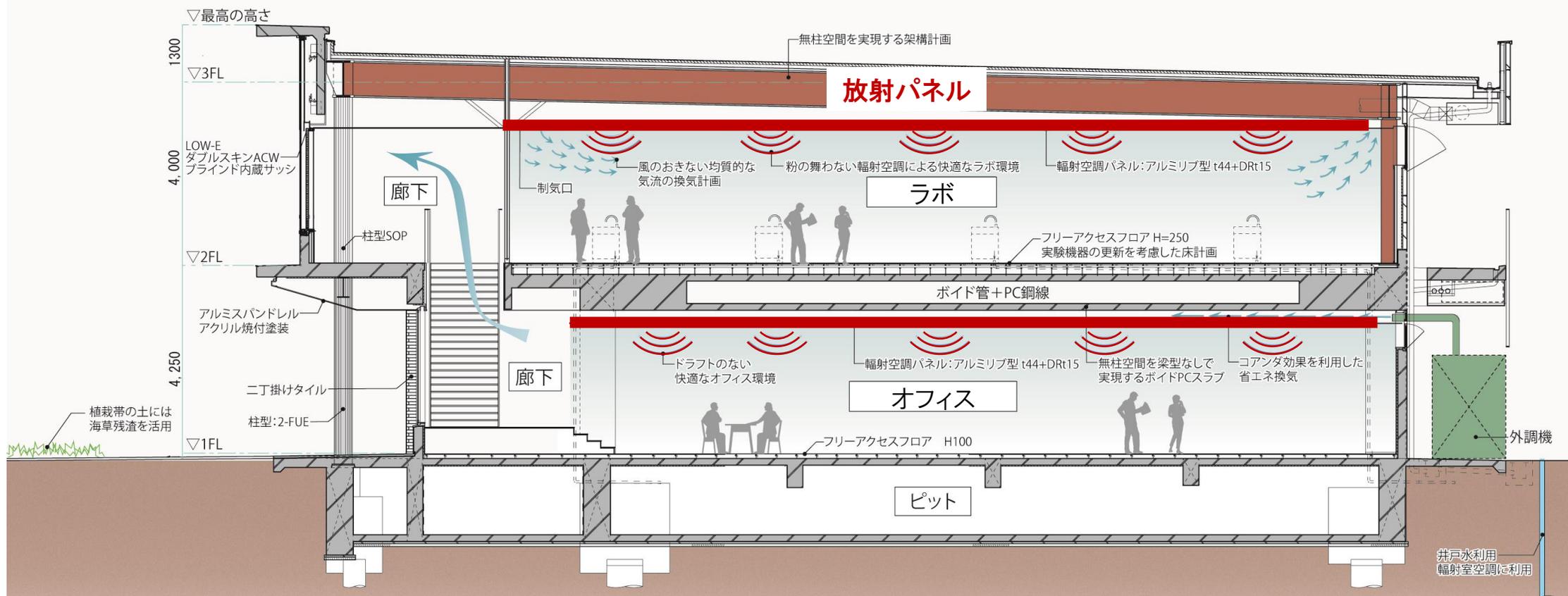
無柱空間のダイナミックな構造架構

2階床はボイドPCスラブとし1階に18mの無柱空間を実現
屋根は軽量の鉄骨架構として柱スパンを24m飛ばしている。



粉が舞わない清潔なラボ

天井放射パネルで気流を防ぎ
エアコンのフィルター清掃も不要とした。



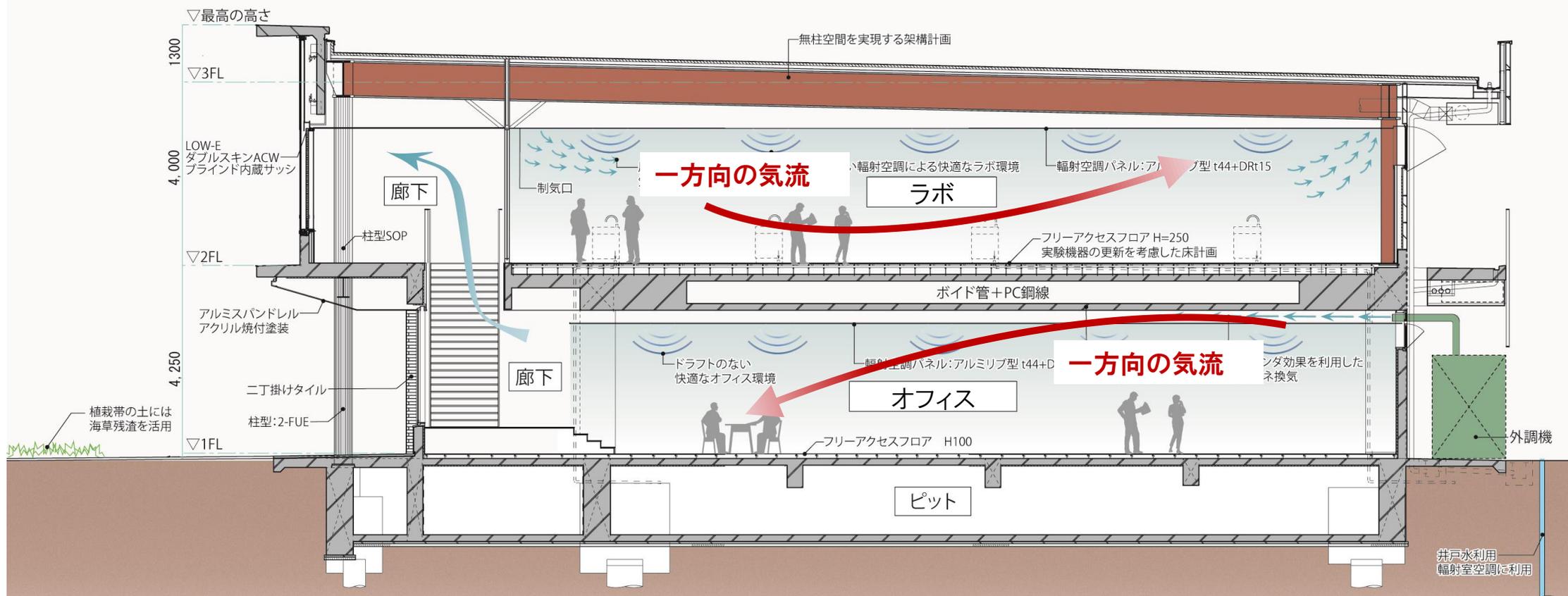
無柱空間のダイナミックな構造架構

2階床はボイドPCスラブとし1階に18mの無柱空間を実現
屋根は軽量の鉄骨架構として柱スパンを24m飛ばしている。



粉が舞わない清潔なラボ

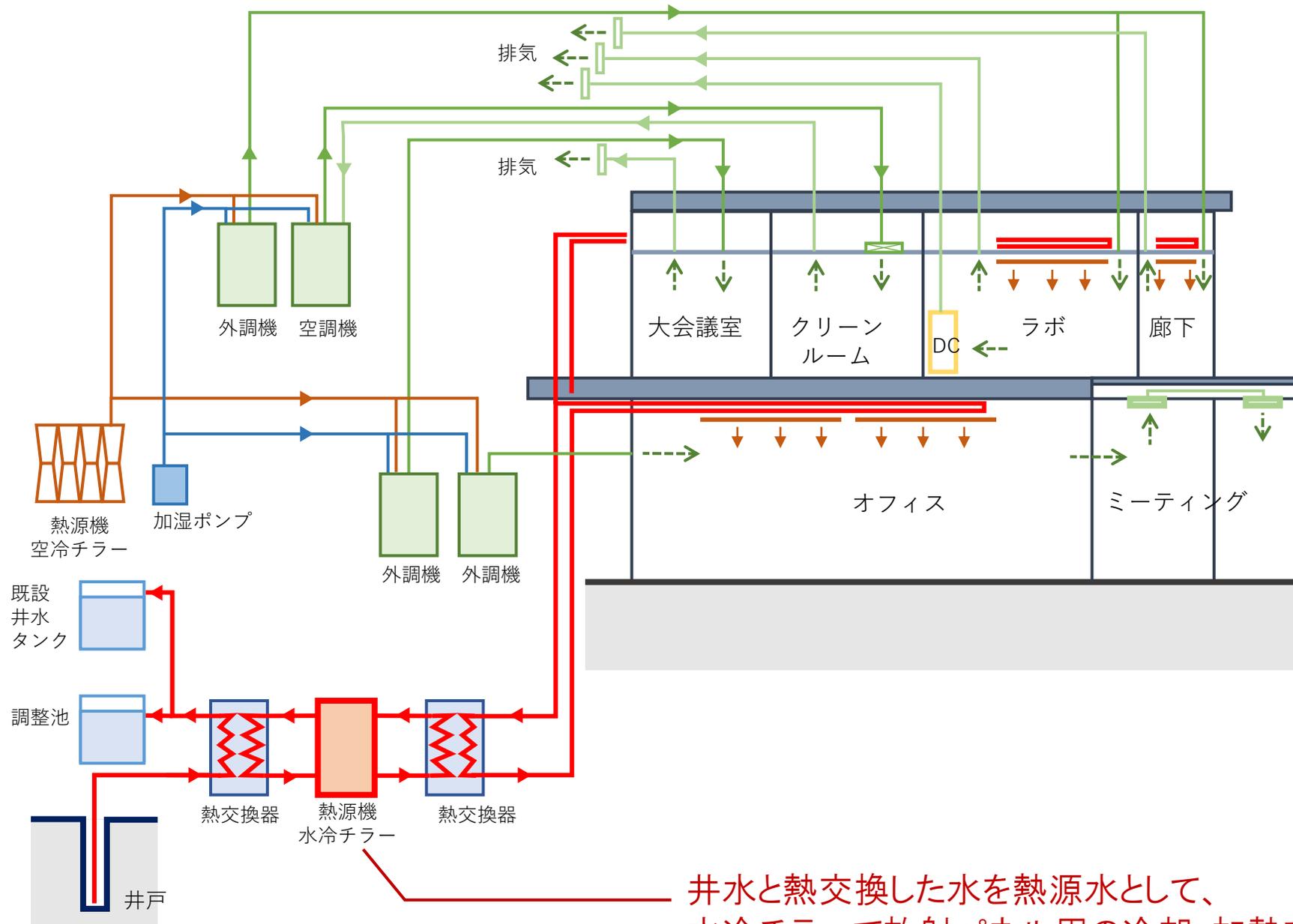
天井放射パネルで気流を防ぎ
エアコンのフィルター清掃も不要とした。



キミカ本館の設備計画

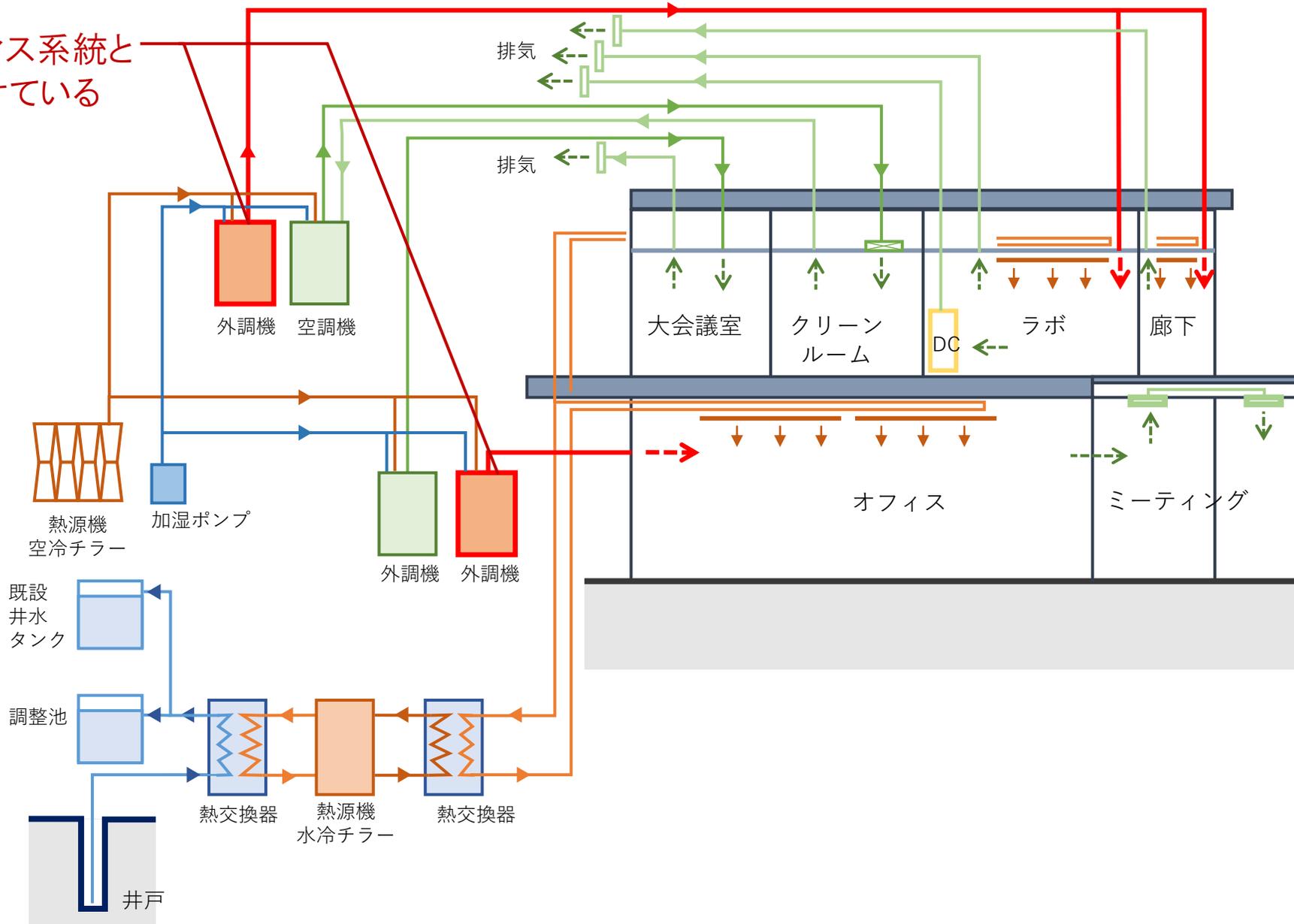
	オフィス、ラボ	大会議室	応接室、食堂	クリーンルーム
空調設備	<p>放射パネル</p> 	<p>エアコン</p> 	<p>エアコン</p> 	
(熱源機)	<p>水冷チラー</p> 	<p>室外機</p> 	<p>室外機</p> 	<p>エアハンドリングユニット</p> 
換気設備	<p>外調機</p> 	<p>外調機</p> 	<p>全熱交換器</p> 	<p>空冷チラー</p> 
(熱源機)	<p>空冷チラー</p> 	<p>空冷チラー</p> 	<p>熱源なし</p>	

オフィスは快適性を重視、ラボは粉の舞わない気流低減を重視して、放射パネルを採用



井水と熱交換した水を熱源水として、
水冷チラーで放射パネル用の冷却・加熱を行う

外調機はオフィス系統と
ラボ系統で分けている





1 階オフィス



2 階ラボ

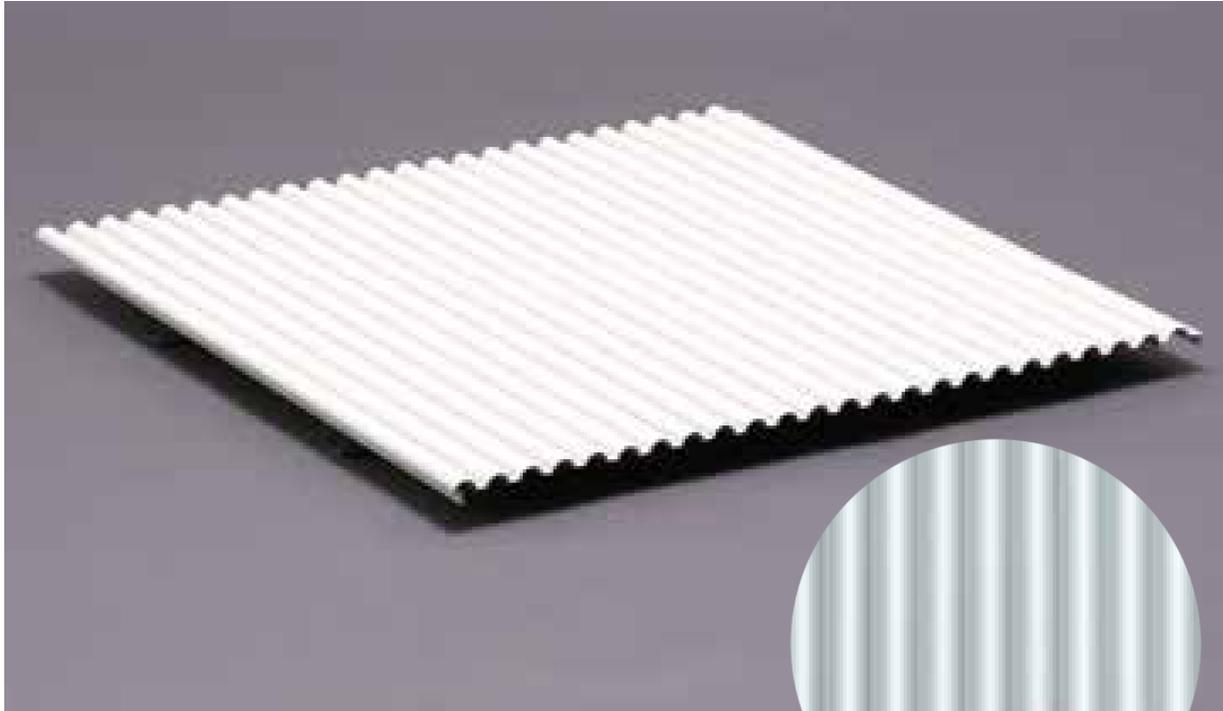
放射パネルとライン照明を交互に配列した天井デザイン



1階オフィス



2階ラボ

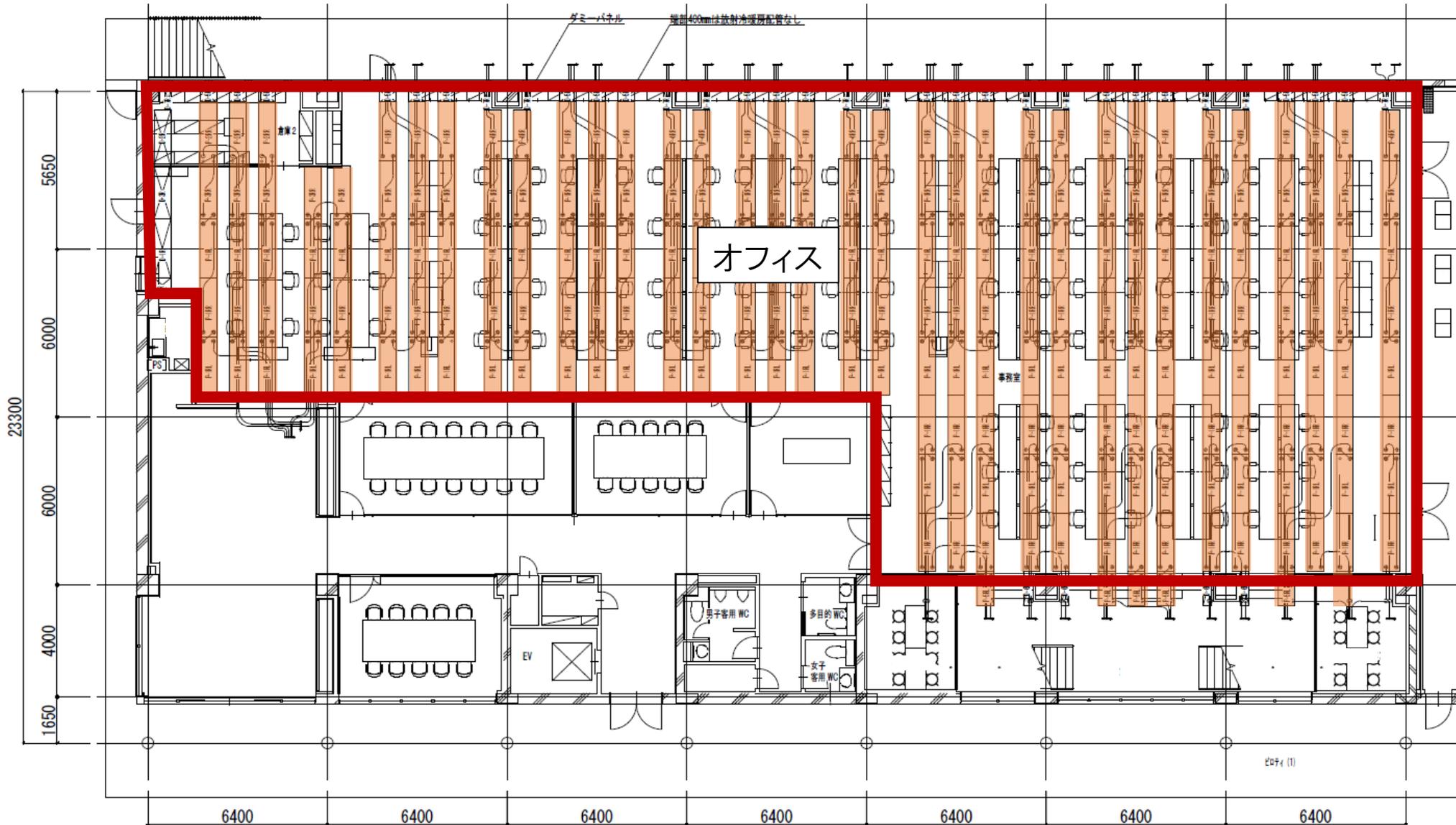


形状：波型スパンドレル

材質：アルミニウムパネル
ポリエチレン・アルミ三層管

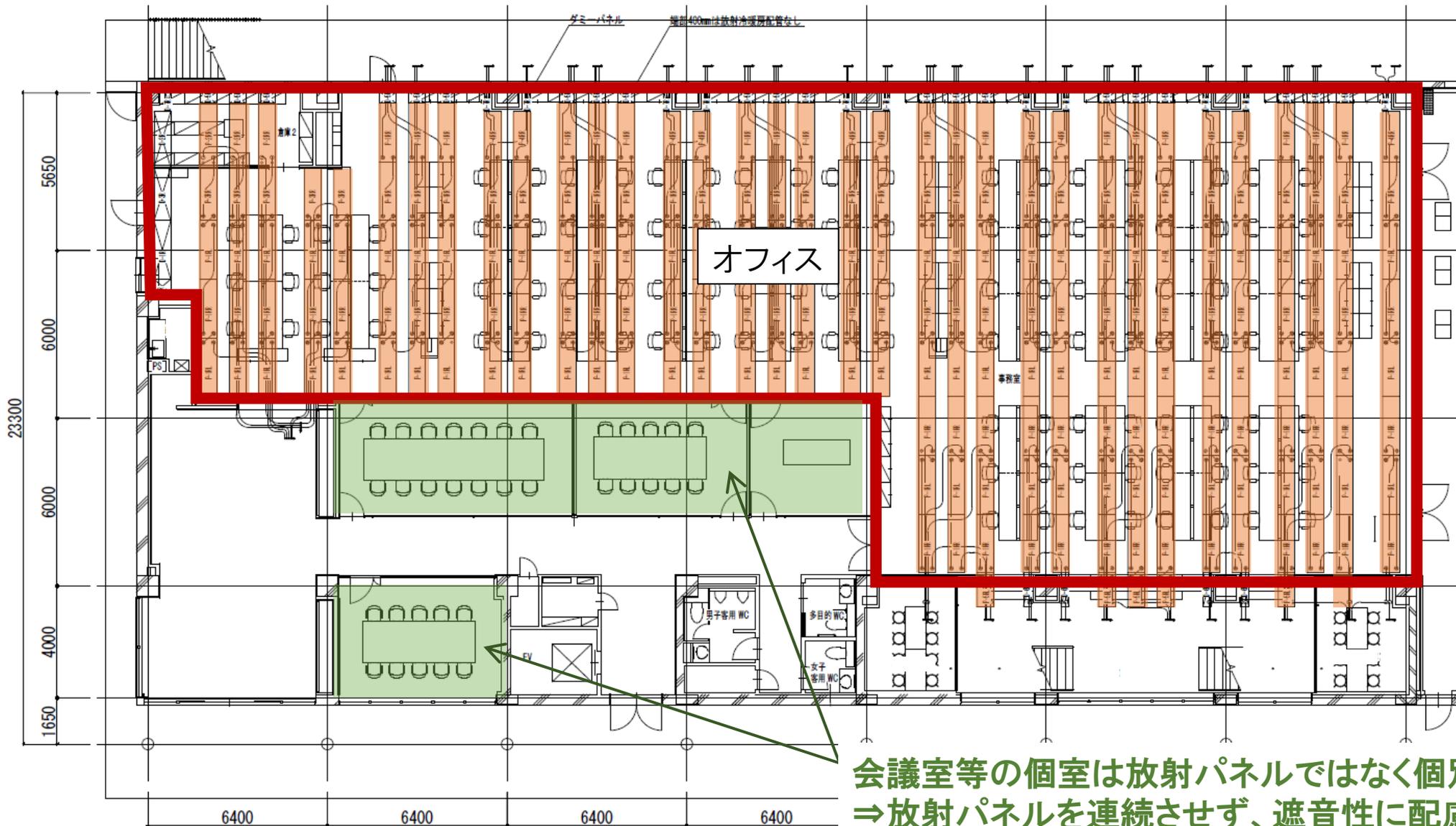
冷房性能：冷房能力 $90\text{W}/\text{m}^2$
往水温度 16°C
還水温度 18°C

暖房性能：暖房能力 $62.5\text{W}/\text{m}^2$
往水温度 31°C
還水温度 29°C



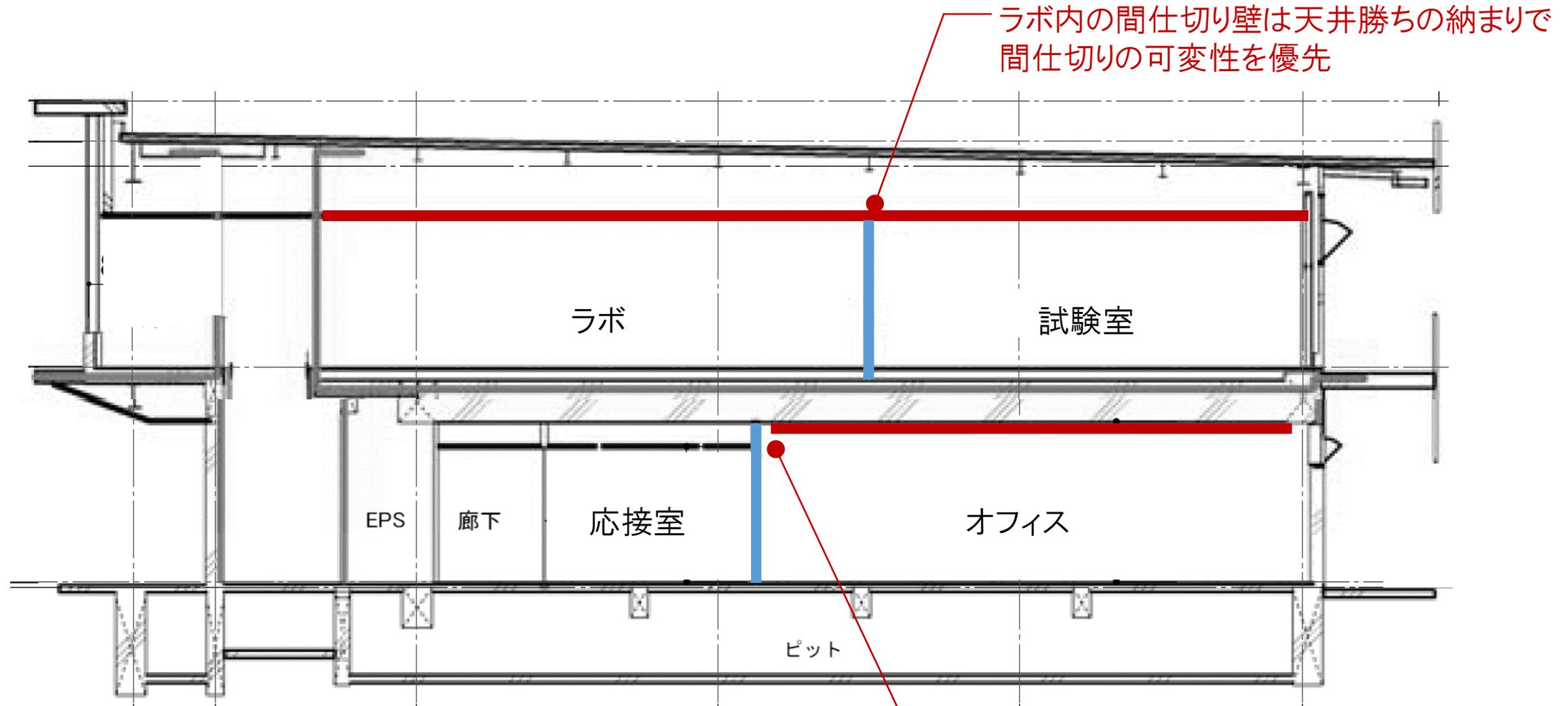
1階オフィス

放射パネル: 225枚
放射面積: 273 m^2
冷房能力: 24.5kW
暖房能力: 17.0kW
送水量: 170L/min
敷設率: 約40%



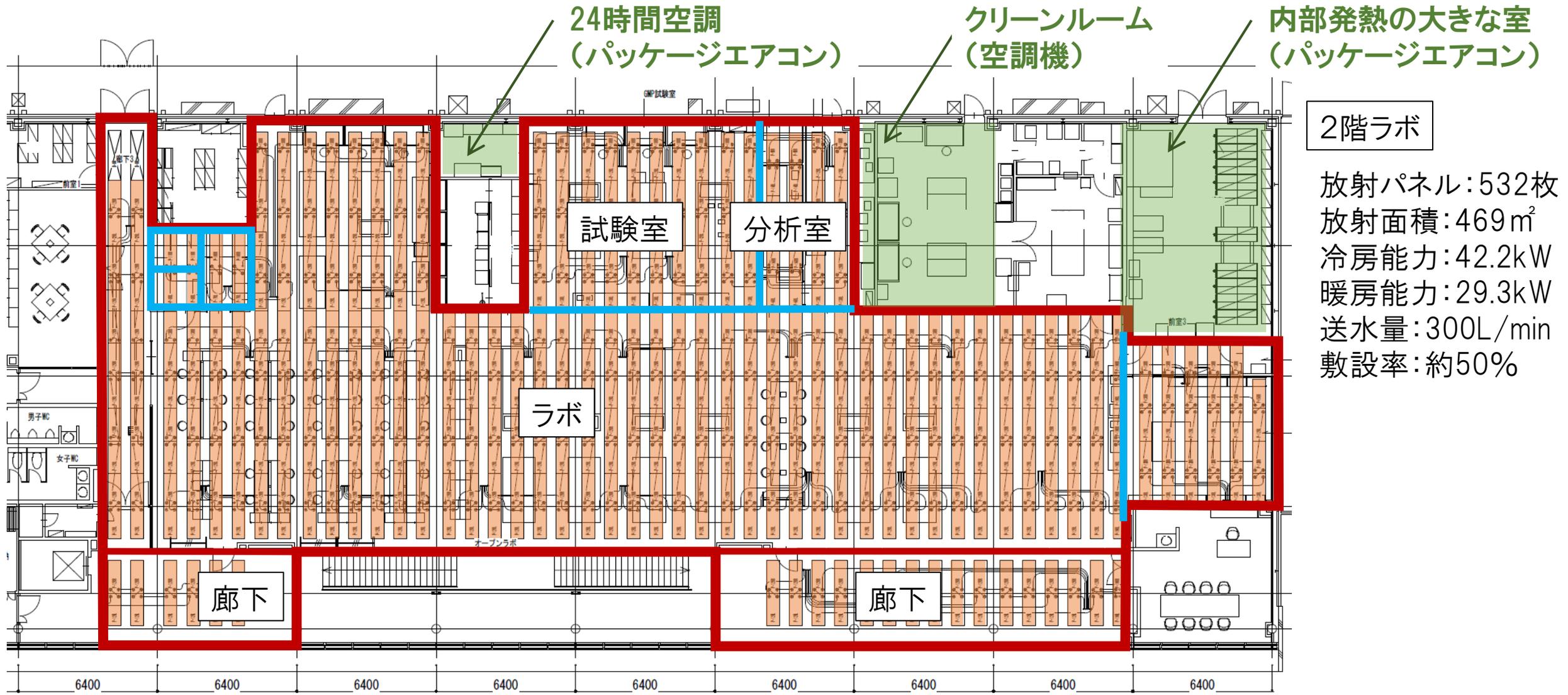
1階オフィス

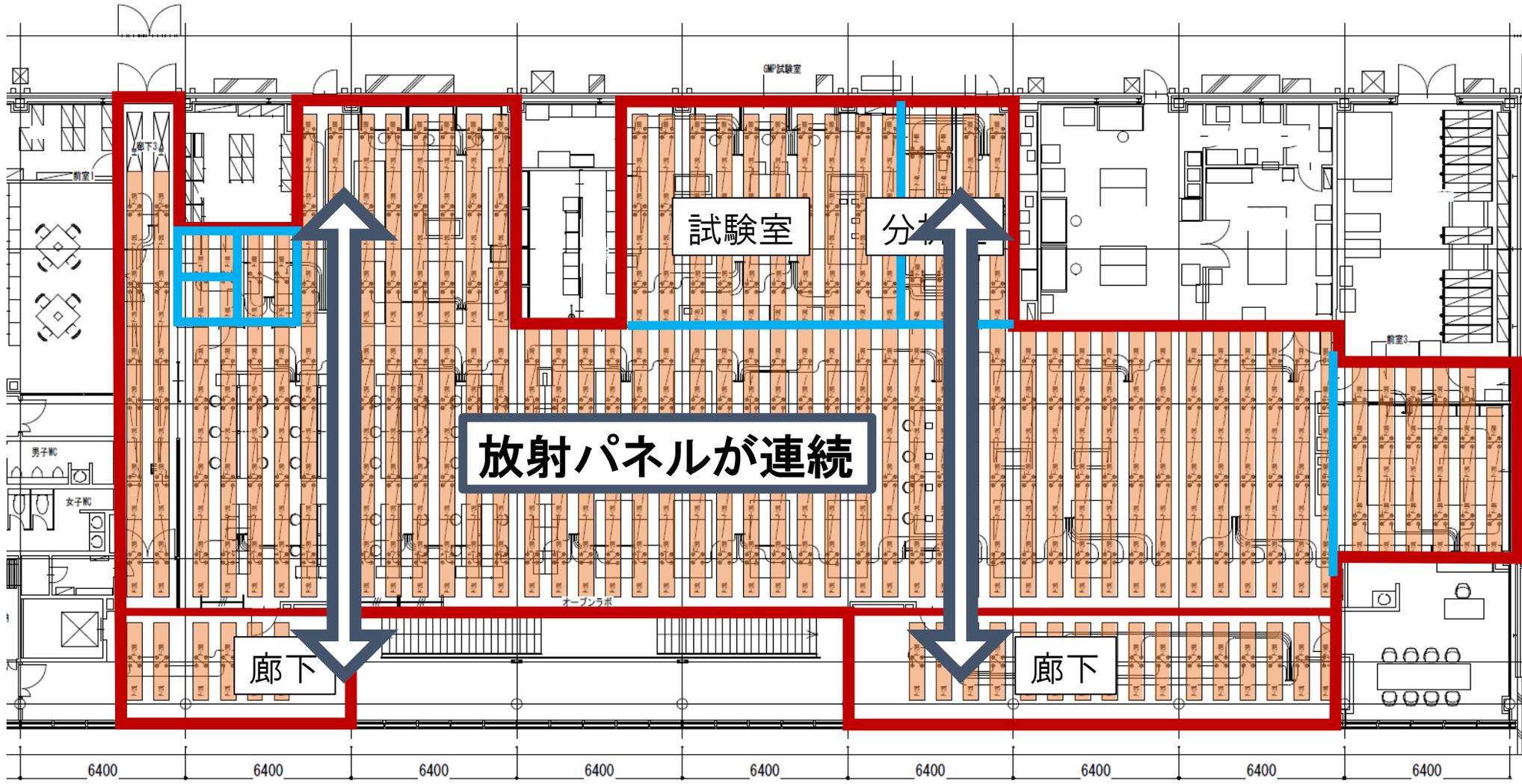
放射パネル:225枚
放射面積;273m²
冷房能力:24.5kW
暖房能力:17.0kW
送水量:170L/min
敷設率:約40%



ラボ内の間仕切り壁は天井勝ちの納まりで
間仕切りの可変性を優先

オフィスと応接室の間仕切り壁は
壁勝ちの納まりで遮音性を優先



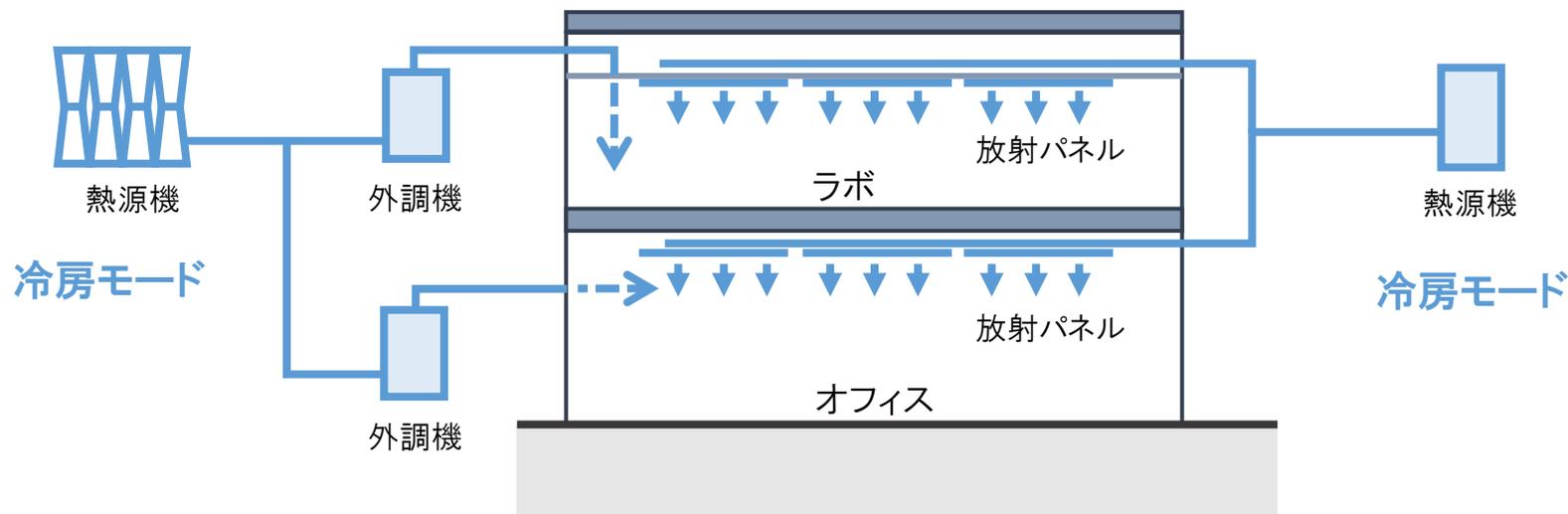


2階ラボ

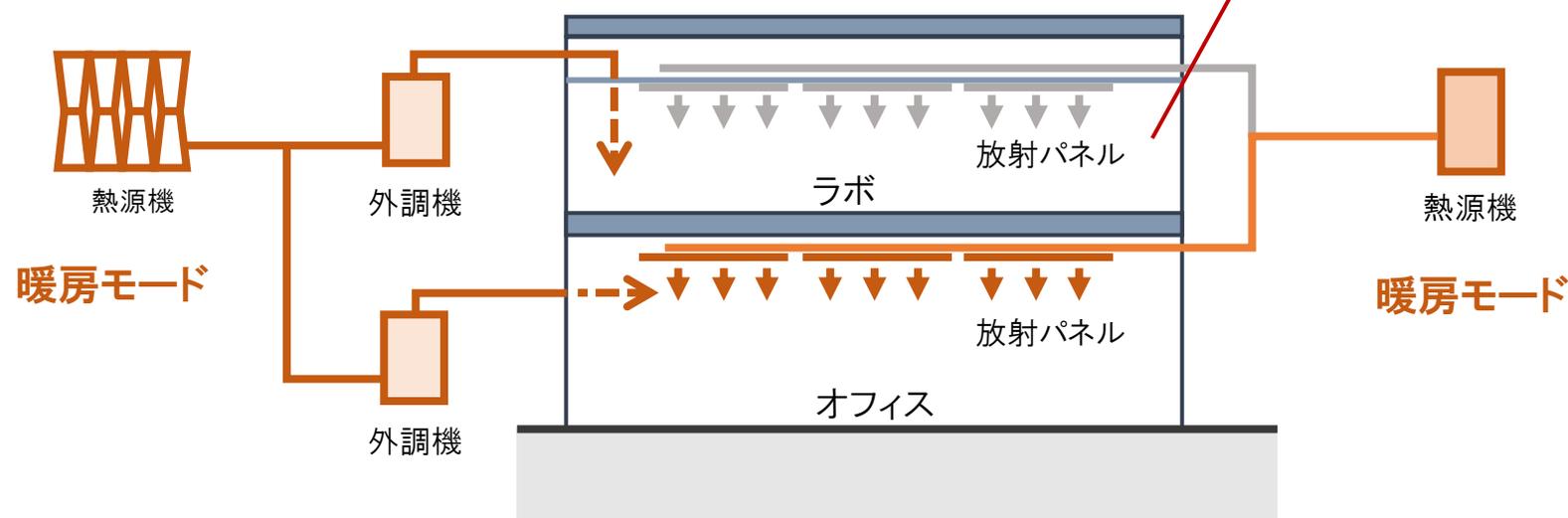
放射パネル: 532枚
放射面積: 469m²
冷房能力: 42.2kW
暖房能力: 29.3kW
送水量: 300L/min
敷設率: 約50%



夏期

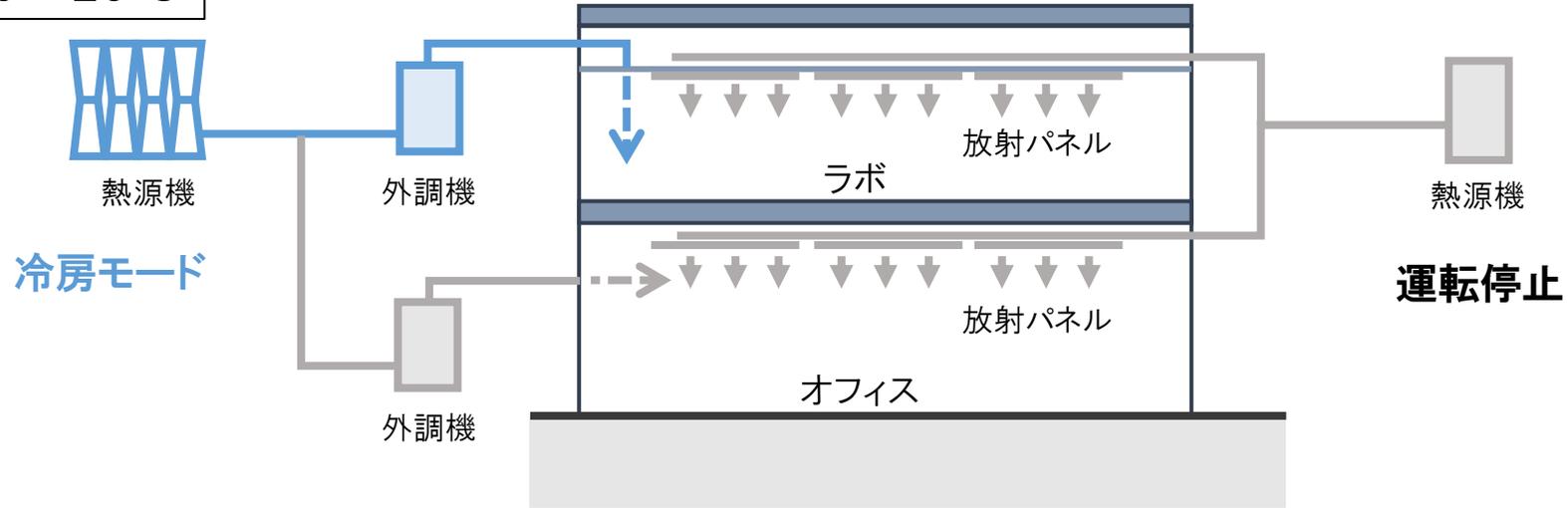


冬期

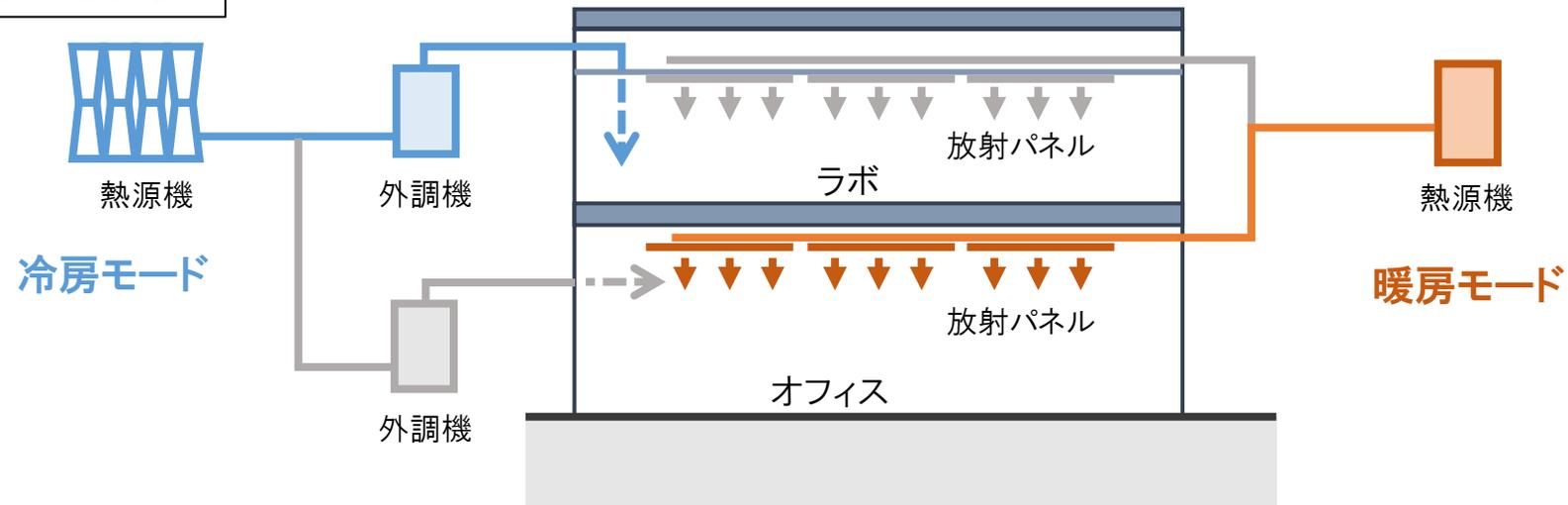


ラボの室温条件
15~25℃
⇒放射暖房を停止

中間期: 外気20~25°C



中間期: 外気16~20°C



竣工後、お施主様に向けて作成した空調設備の運用マニュアル(抜粋)

キミカ千葉プラント本館
空調・換気設備の運用マニュアル

空調・換気設備の種類

	オフィス、ラボ	食品ラボ、セミナー室	応接室、食堂、教護室	クリーンルーム
空調設備	放射パネル 水冷チラー	エアコン 室外機	エアコン 室外機	エアハンドリングユニット
換気設備	外調機 空冷チラー	外調機 空冷チラー	全熱交換器	空冷チラー
			熱源なし	

・ 粉の舞う空間、人が常時滞在している空間に放射パネルを採用しています。
 ・ 不在の多い室は個別で入切できるように個別エアコンを入れています。
 ・ 微生物室は換気と空調を両立するエアハンドリングユニット(空調機)を採用しています。

空調・換気設備の配置

熱源機AHP-3 (放射パネル用) 外調機OHU-1-1 (オフィス系統) 外調機OHU-2-2 (食品ラボ、セミナー室系統) 加温用ポンプ 空調機AHU-2-1 (クリーンルーム系統)

熱源機AHP-1,2 (外調機・空調機用) 外調機OHU-2-1 (オープンラボ系統)

・ 外調機では冷水(温水)コイルを空気を通して温度調整されます。冷水(温水)は熱源機で製造されます。
 ・ 熱源機は冷房運転時に冷水、暖房運転時に温水を製造します。
 ・ 放射パネルの熱源機は井水から取り出した熱を利用しています。

空調・換気設備の操作方法

空調設備	集中管理装置 放射パネル	食品ラボ、セミナー室 エアコン用リモコン 集中リモコン	応接室、食堂、教護室 エアコン用リモコン 集中リモコン
換気設備	集中管理装置	集中管理装置	全熱交換器用リモコン 集中リモコン

・ 放射パネル、外調機は集中管理装置で発停、設定温度、スケジュールを操作できます。
 ・ エアコンと全熱交換器は個別リモコンで操作できます。また集中リモコンによる一括発停も可能です。

空調・換気設備のシステム図

・ AHP-1,2から各外調機に冷水(温水)が供給されます。AHP-1,2は3つの運転パターンに登録されています。
 ・ 外調機から各室に空気が供給されます。排気はそれぞれの排風機により屋外に排気されます。
 ・ AHP-3は井水と熱交換した冷却水から冷水(温水)を製造し、放射パネルに流れる冷水(温水)と熱交換します。

外調機の設定値(案)

	夏期	冬期	中間期	備考
オフィス系統	28°C	22°C	22°C	空気温度に体感温度の差を最小に設定
ラボ系統	20°C	20°C	20°C	空気温度を優先した設定

※放射パネルの設定温度は、その室温になるまで稼働することを示しています。
 流れる水温は冷水:16°C、温水:31°Cで一律になります。

	夏期	冬期	中間期	備考
オフィス系統	16°C, 11°CDDP (13°C, 11°CDDP)	22°C, 6°CDDP (23°C, 6°CDDP)	30°C (※送風)	夏期は除湿のため16°C以下にする
ラボ系統	16°C, 11°CDDP (12°C, 11°CDDP)	16°C, 6°CDDP (23°C, 6°CDDP)	16°C	夏期は除湿のため16°C以下にする
食品ラボ、セミナー室	28°C, 21°CDDP (12°C, 11°CDDP)	16°C, -1°CDDP (23°C, 6°CDDP)	30°C (※送風)	室温相当で吹き、室内発熱はエアコンで対応する
微生物系統	20°C	20°C	20°C	空調機のため室温設定を示す

※ () 内は設定できる最低・最大の数値を示しています。

・ 放射パネルは空気温度+放射温度で冷暖房するため、オフィスは夏は高め、冬は低めの温度設定でも体感温度により快適性が得られる省エネを図ります。ラボは省エネ性よりも必要環境を重視した設定としています。
 ・ 放射パネルのあるオフィス、ラボは夏期に結露を生じさせないよう、外調機による除湿が必要になります。放射パネル運転の2.3時間前を外調機を運転し、室内の温度を下げてから放射パネルを稼働してください。

外調機の設定値(案) 中間期の運転パターン

中間期: 外気16~20°C

設定温度を18°Cにし室温が低い場合のみ運転させる

冷房モード 暖房モード

給気温度設定を30°Cにして冷房が働かないように設定

・ 中間期はラボは冷房が必要があるため、外調機を冷房モードにします。
 ・ ラボ以外の外調機は、特に外気を冷やす必要はないため、設定温度を上げ、外気がそのまま室内に入るようにします。
 ・ 外気を温調せずに取り入れることで室温が下がる場合は放射パネルで暖房します。
 ・ 外気20°C以下は少し寒いので、オフィスは放射パネルを暖房運転します。

集中管理装置の操作

【ラボ外調機系統】
 ①外調機の吹出温度を設定できます。冷房は外気温以上13°Cまで、暖房は外気温以上30°Cまで設定可能です。
 ②外調機の露点温度を設定できます。露点温度の設定は前述の設定値を参照ください。

2023/01/28 09:46

放射パネル系統

編集

空調熱源系統 放射パネル系統 事務室系統 オープンラボ 食品ラボ、大 クリーンラ 其他
系統 会議室系統 ム系統

ON	OFF	ON	22.0 °C	ON	22.0 °C
1階放射パネル... 001.01	井水放流弁 指令 002.02	1F 事務室1放射... 011.01	1F 事務室1 放射... 015.01	2F サンプル室放... 013.02	2F サンプル室放... 017.02
ON	31.0 °C	ON	22.0 °C	ON	22.0 °C
2階放射パネル... 001.02	HE-2 2次側温度... 036.01	1F 事務室2放射... 011.02	1F 事務室2放射... 015.02	2F オープンラボ... 014.01	2F オープンラボ... 018.01
ON	正常	ON	22.0 °C	ON	22.0 °C
PCH-1 発停 010.01	PCD-1-1 ポンプ... 006.04	1F 事務室3放射... 012.01	1F 事務室3放射... 016.01	2F GMP試験室... 014.02	2F GMP試験室... 018.02
ON	ON	ON	22.0 °C	ON	22.0 °C
AHP-3 発停 004.02	PCD-1-2 ポンプ... 006.05	1F 事務室4放射... 012.02	1F 事務室4放射... 016.02	2F 2F 廊下放射P... 020.01	2F 廊下放射P温... 019.01
ON	ON	ON	22.0 °C		
AHP-3 冷暖切替 004.01	PCD-1-3 ポンプ... 004.05	1F 事務室5放射... 013.01	1F 事務室5放射... 017.01		

①各系統の設定温度

②放射パネルの送水温度設定

③熱源機の冷暖切替

④外調機の設定(別画面)

適性

- ・研究施設は気流を嫌う傾向にあるため、**気流の発生を抑えられる**放射冷暖房は適している。
- ・ラボ内の部屋は**将来の改修を容易にするため天井までの壁で仕切る**ため、放射パネルの連続した天井を構成しやすい。

課題

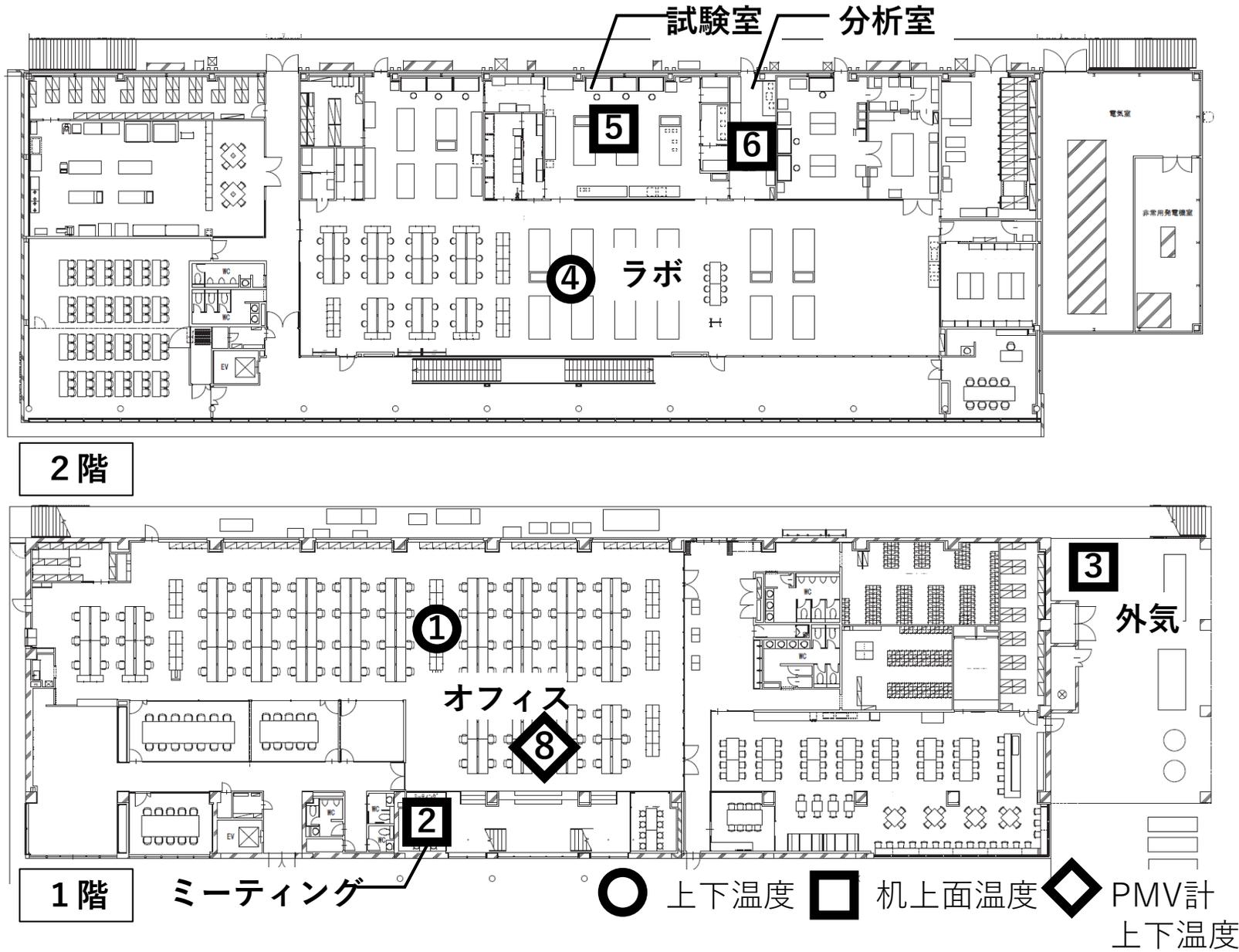
- ・設備を操作を研究者が行うことがあるため、**容易な操作性が求められる。**
- ・**ラボの要求室温が低い**場合、放射暖房だと室温が高くなりすぎてしまう恐れがある。

竣工後に運用マニュアルを作成

冬期は外調機のみで空調

放射パネルの温熱実測

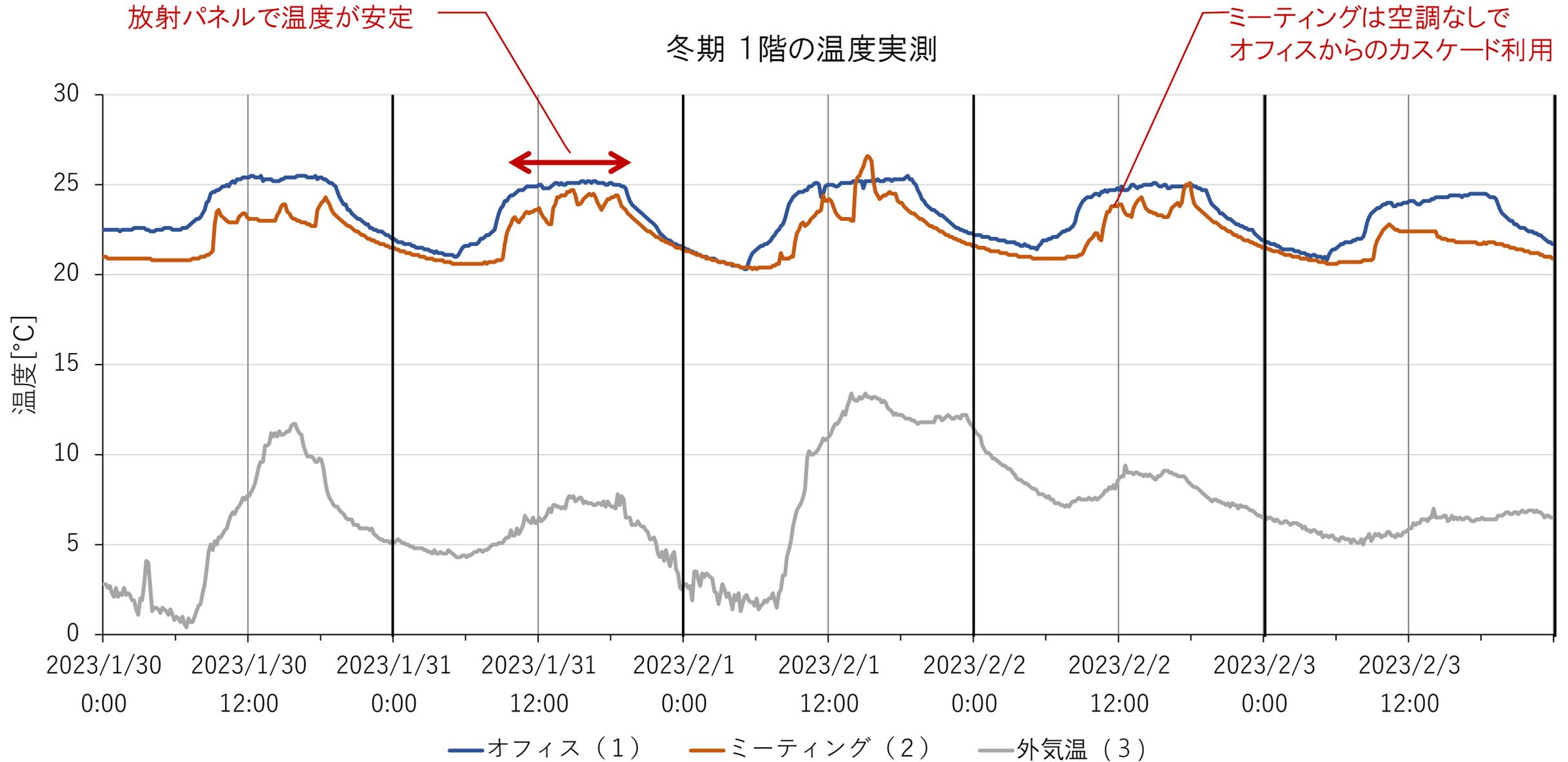
	冬期	夏期	
期間	2023年 1/30～2/4	2023年 8/26	2023年 8/28～9/1
計測内容	<ul style="list-style-type: none">・温湿度・熱画像・パネル表面温度	<ul style="list-style-type: none">・上下温度分布・熱画像	<ul style="list-style-type: none">・温湿度・PMV計・パネル表面温度・冷水温度・外調機温度



温度計設置の様子



冬期実測の結果



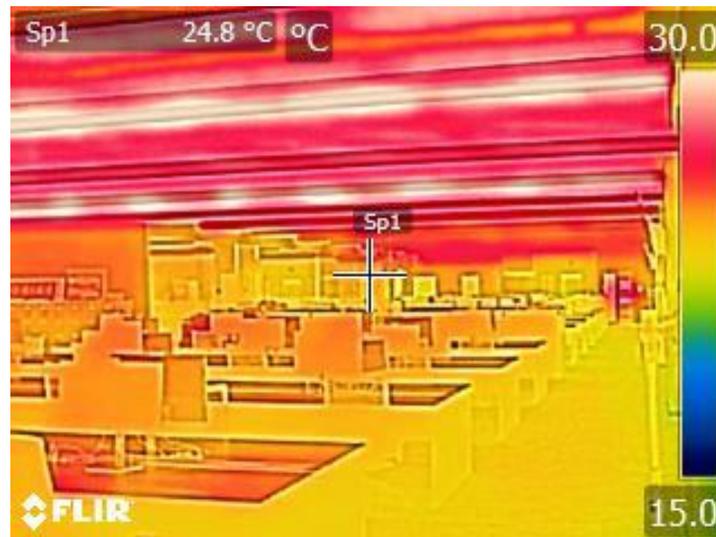
1階 オフィス



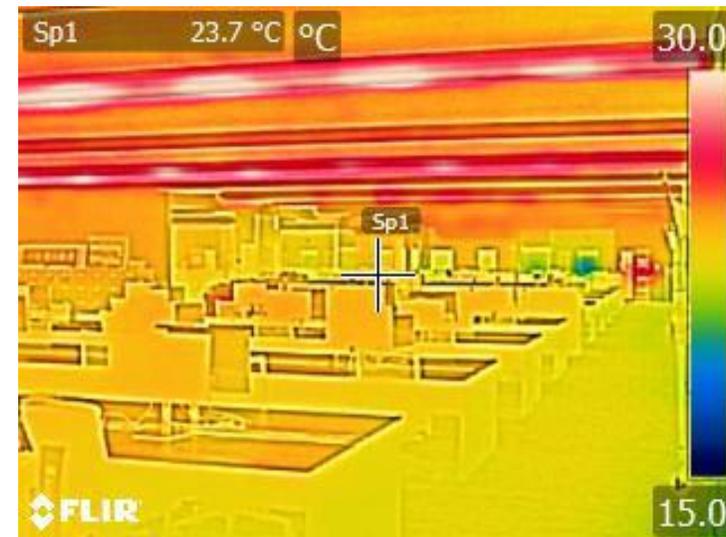
9:00



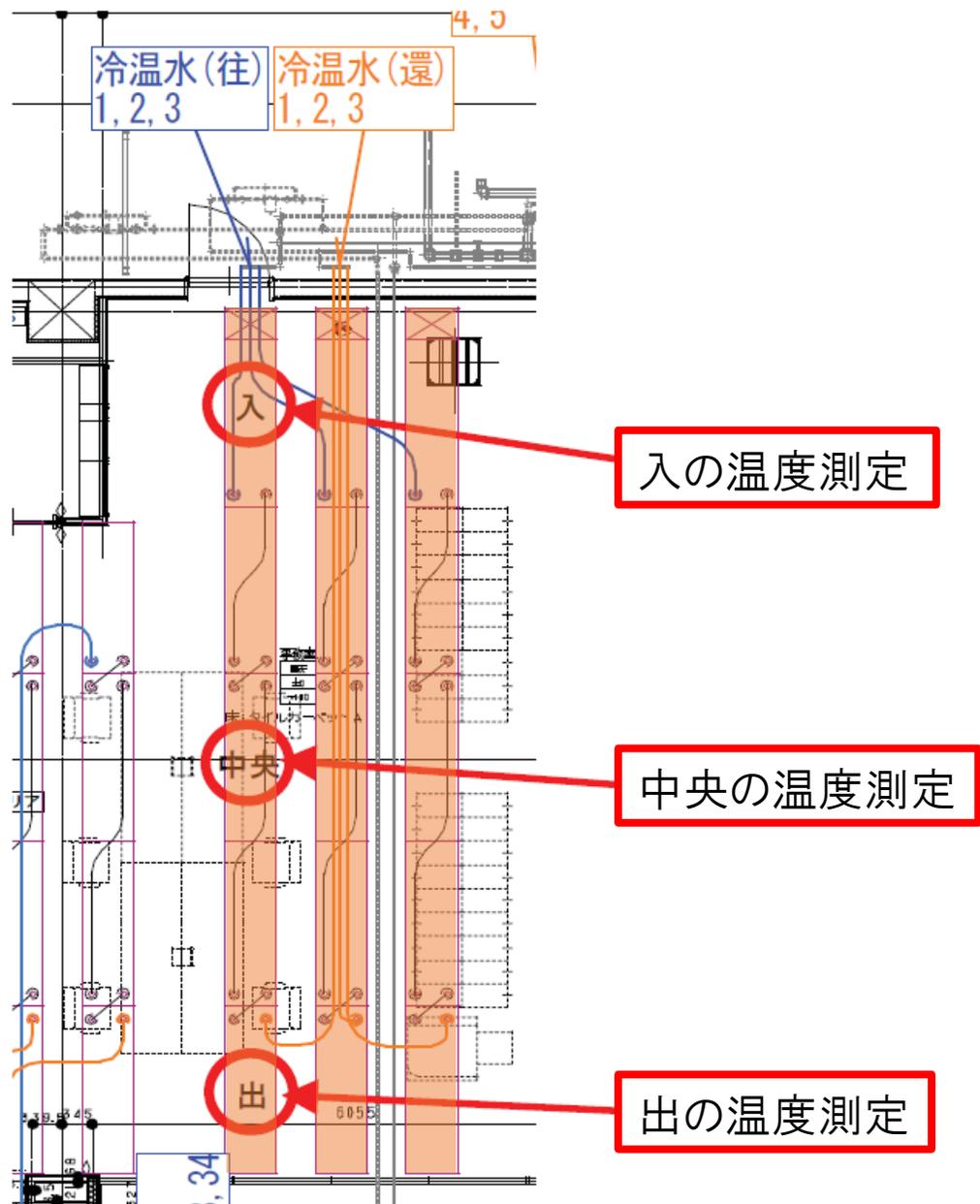
12:00



16:00

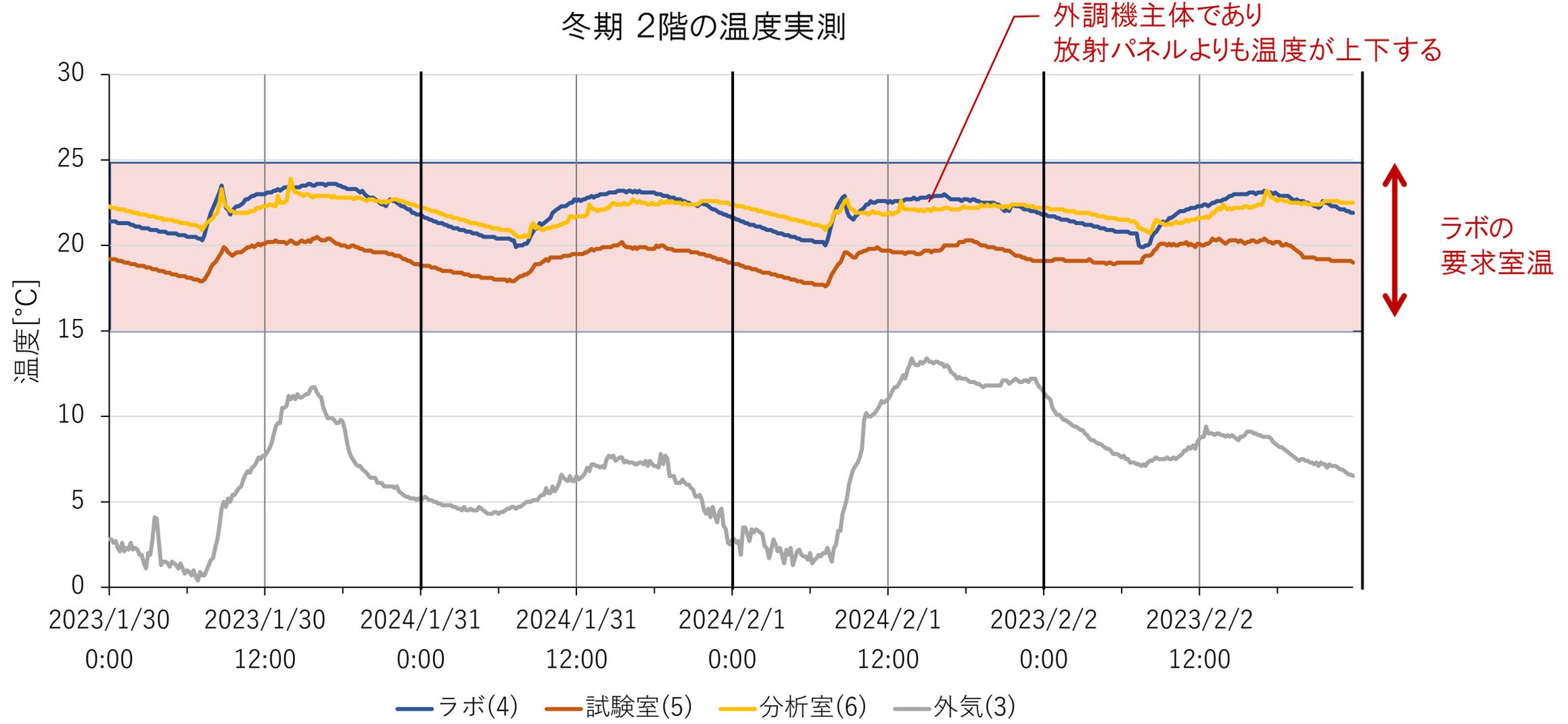


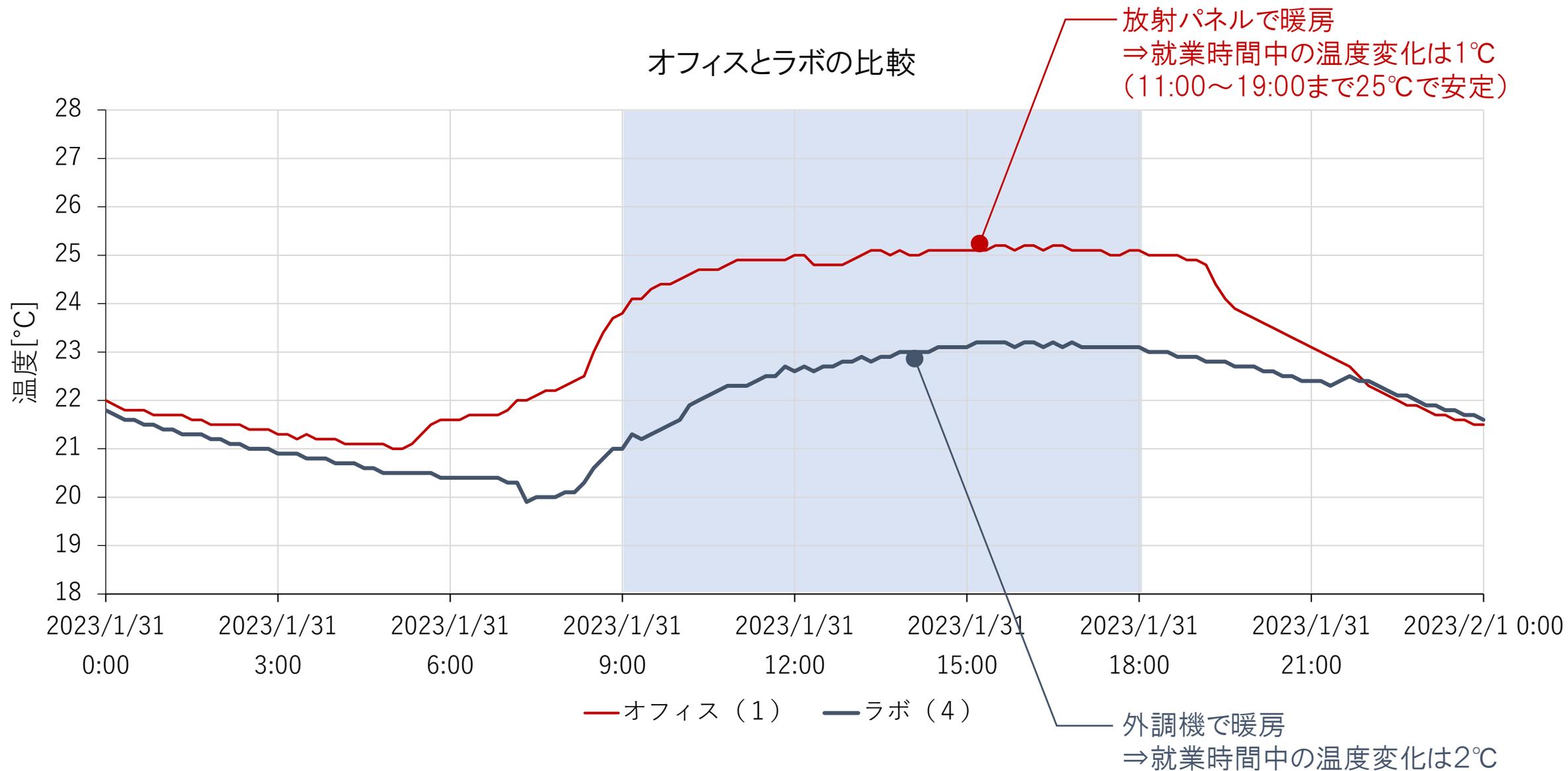
17:30



	オフィス南	オフィス中央	オフィス北
入	32.2°C	31.9°C	29.6°C
中央	31.7°C	31.3°C	28.9°C
出	30.9°C	31.1°C	28.4°C
入と出の温度差	1.3°C	0.8°C	1.2°C

設計では入温度31°C、出温度29°Cで温度差2°Cで計算。
 実際の暖房負荷が小さいため、温度差が抑えられている。





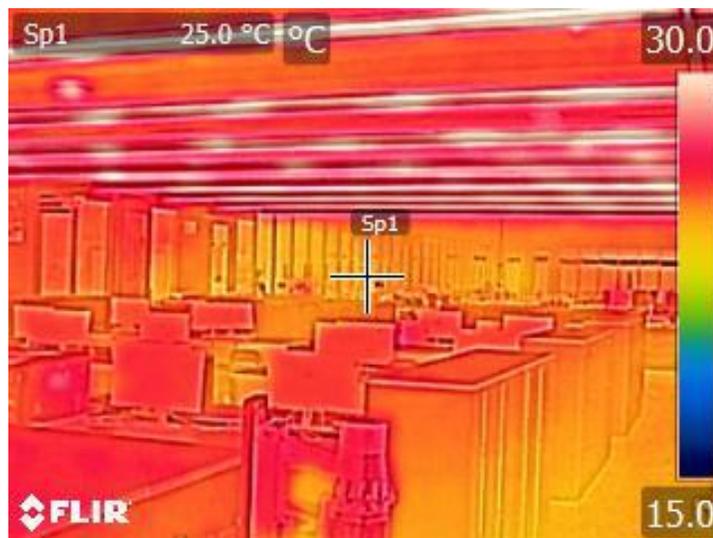
2階 ラボ



9:00



10:30



12:00



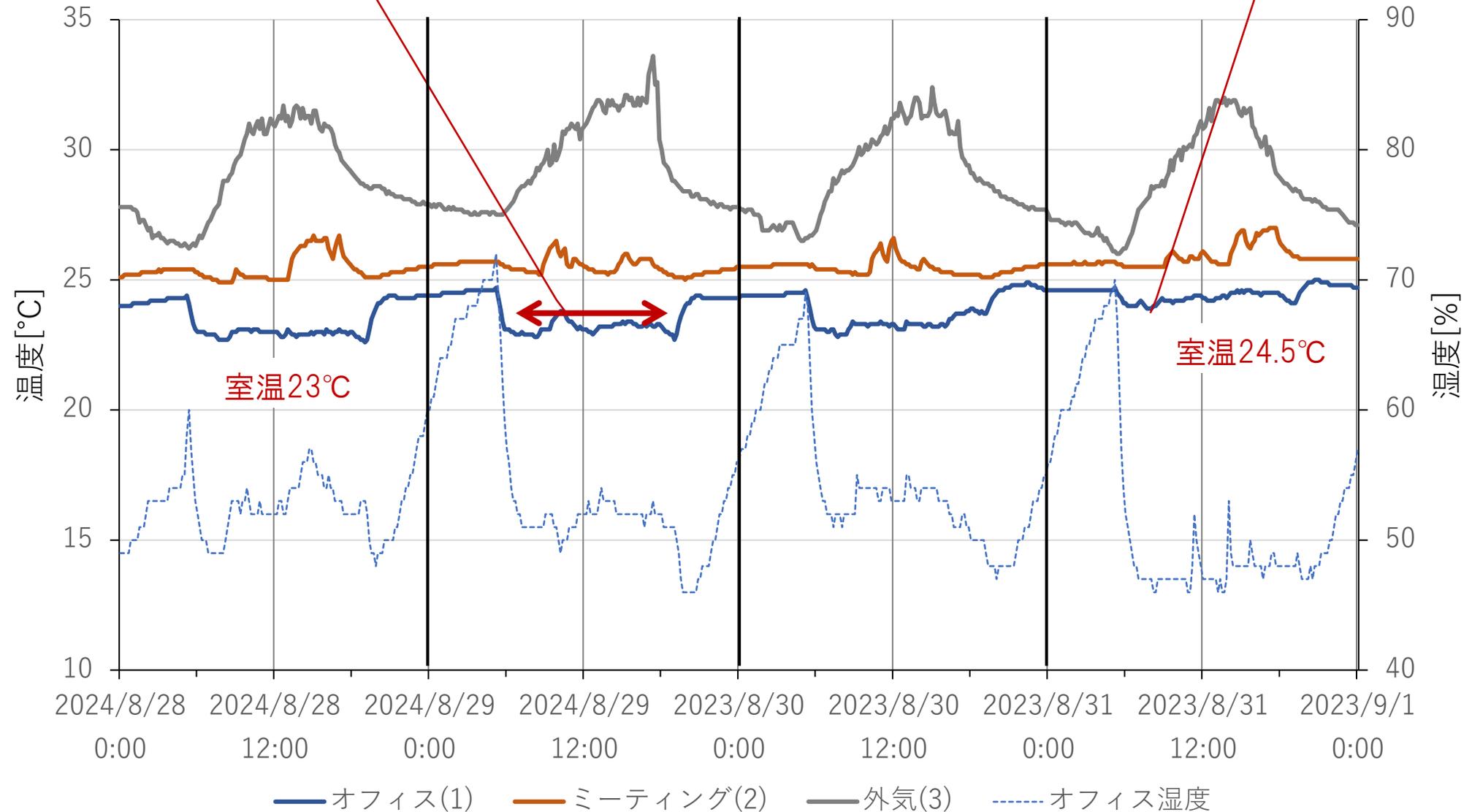
16:00

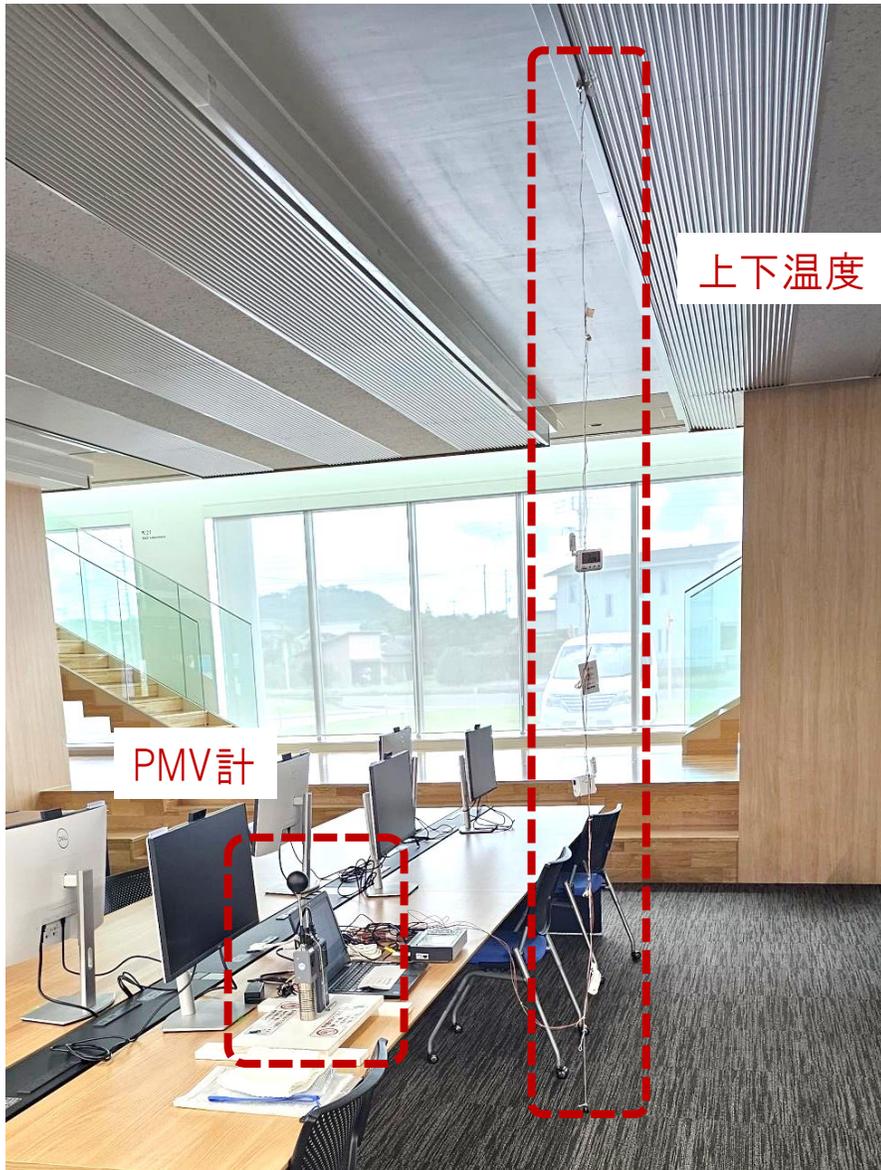
夏期実測の結果

夏期 1階の温度・湿度実測

放射パネルで温度が安定

寒いとの声があがり
放射パネルを停止

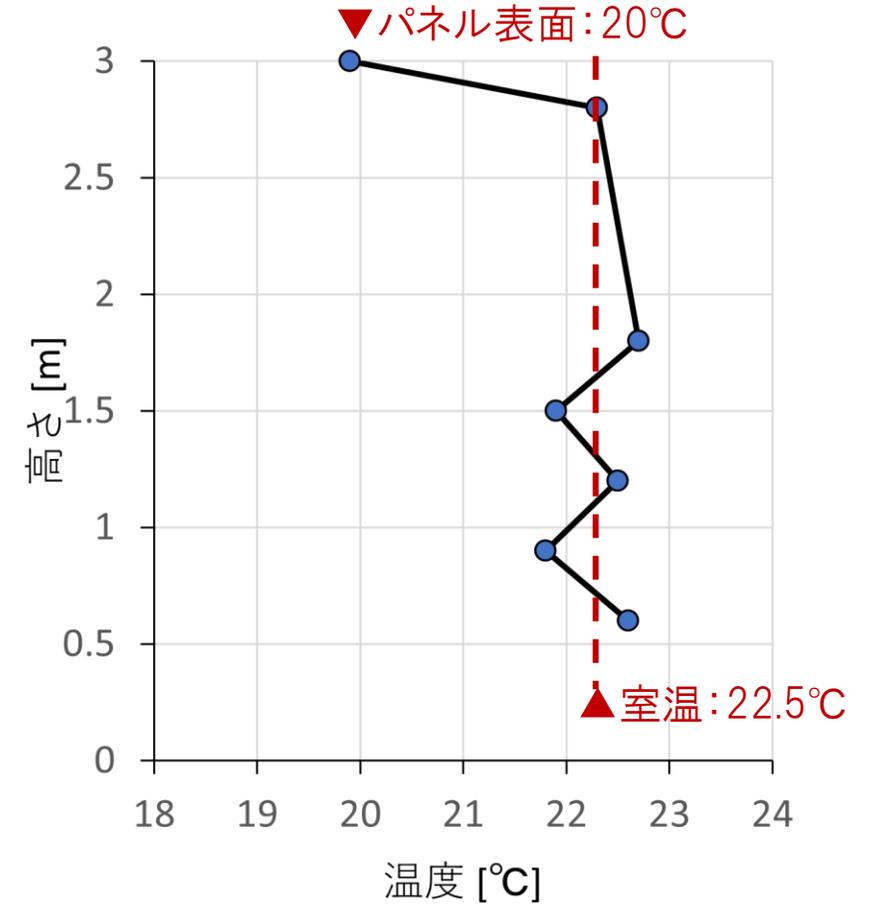




計測ポイント

- 熱電対 : FL+3.0m
(放射パネル表面)
- 熱電対 : FL+2.8m
- おんどとり : FL+1.8m
- 熱電対 : FL+1.5m
- おんどとり : FL+1.2m
- 熱電対 : FL+0.9m
- おんどとり : FL+0.6m

上下温度分布

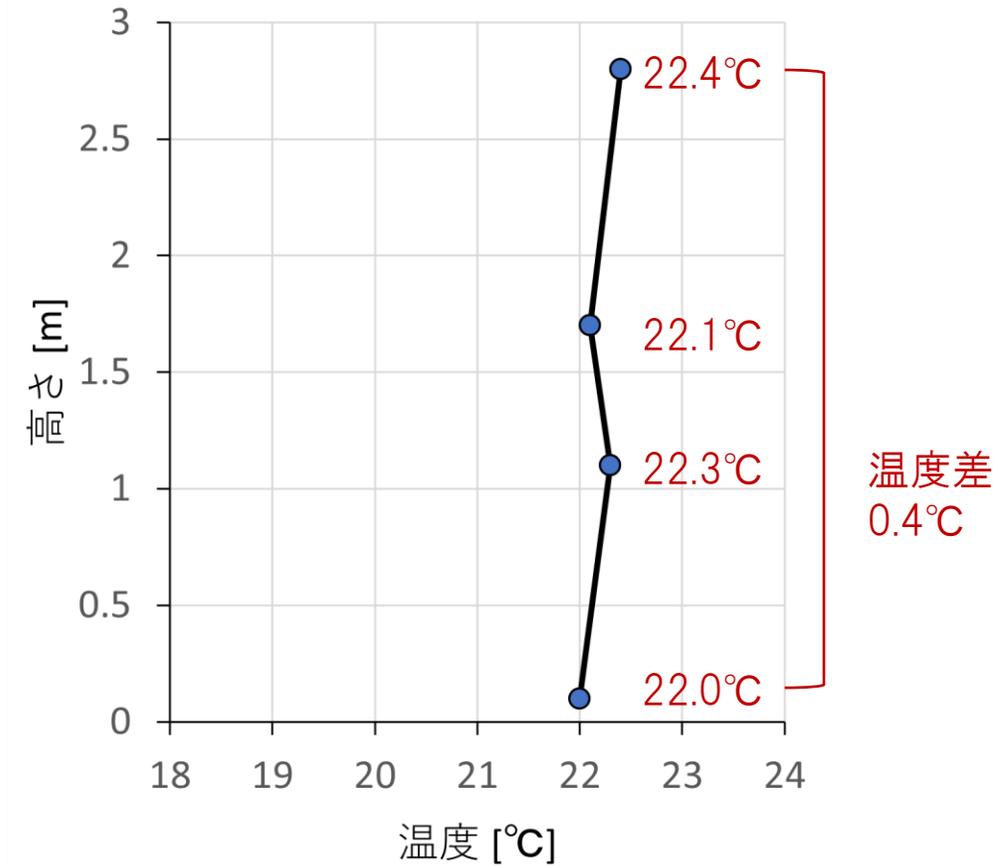




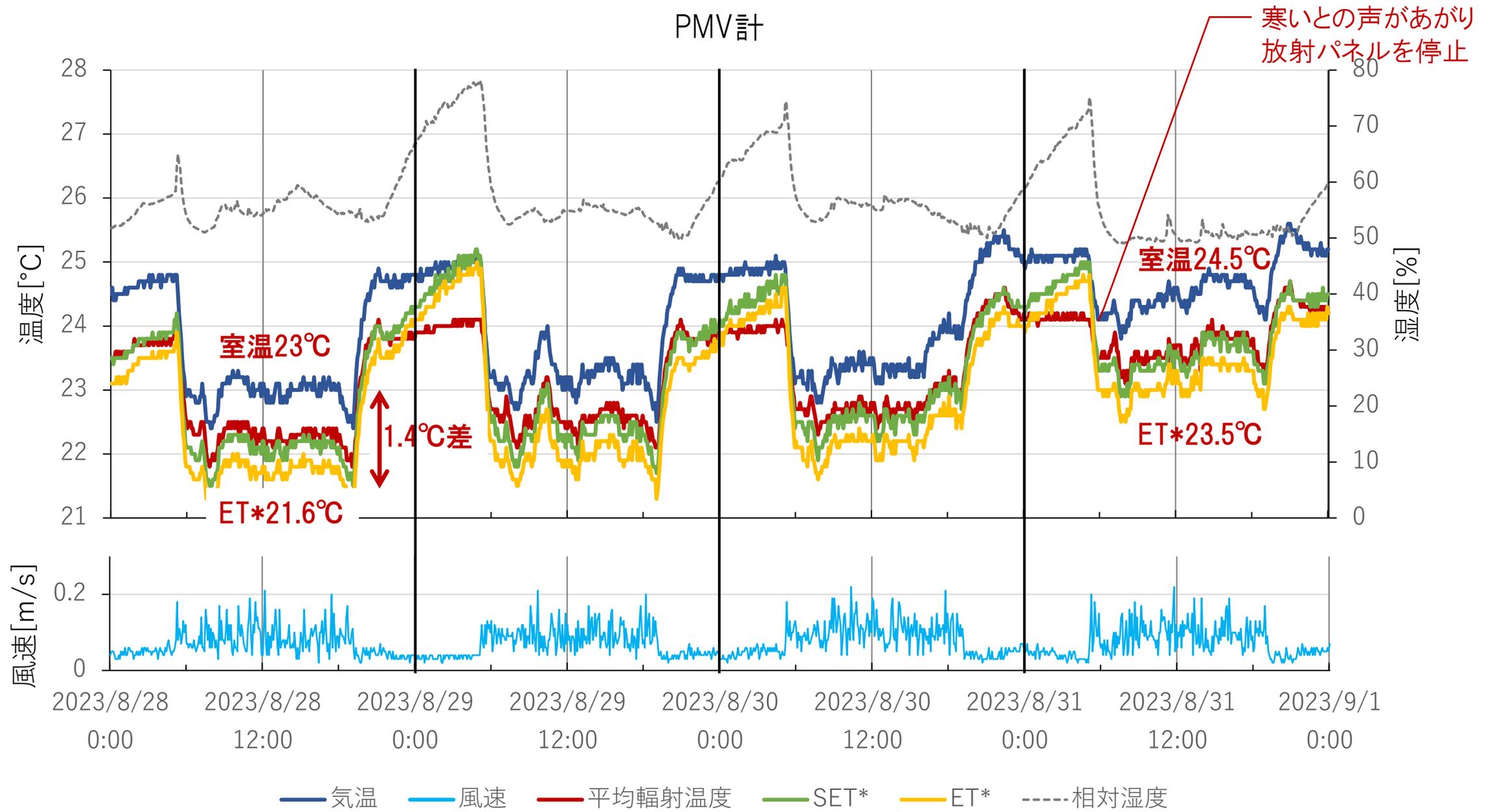
計測ポイント

- おんどとり : FL+2.8m
- おんどとり : FL+1.7m
- おんどとり : FL+1.1m
- おんどとり : FL+0.1m

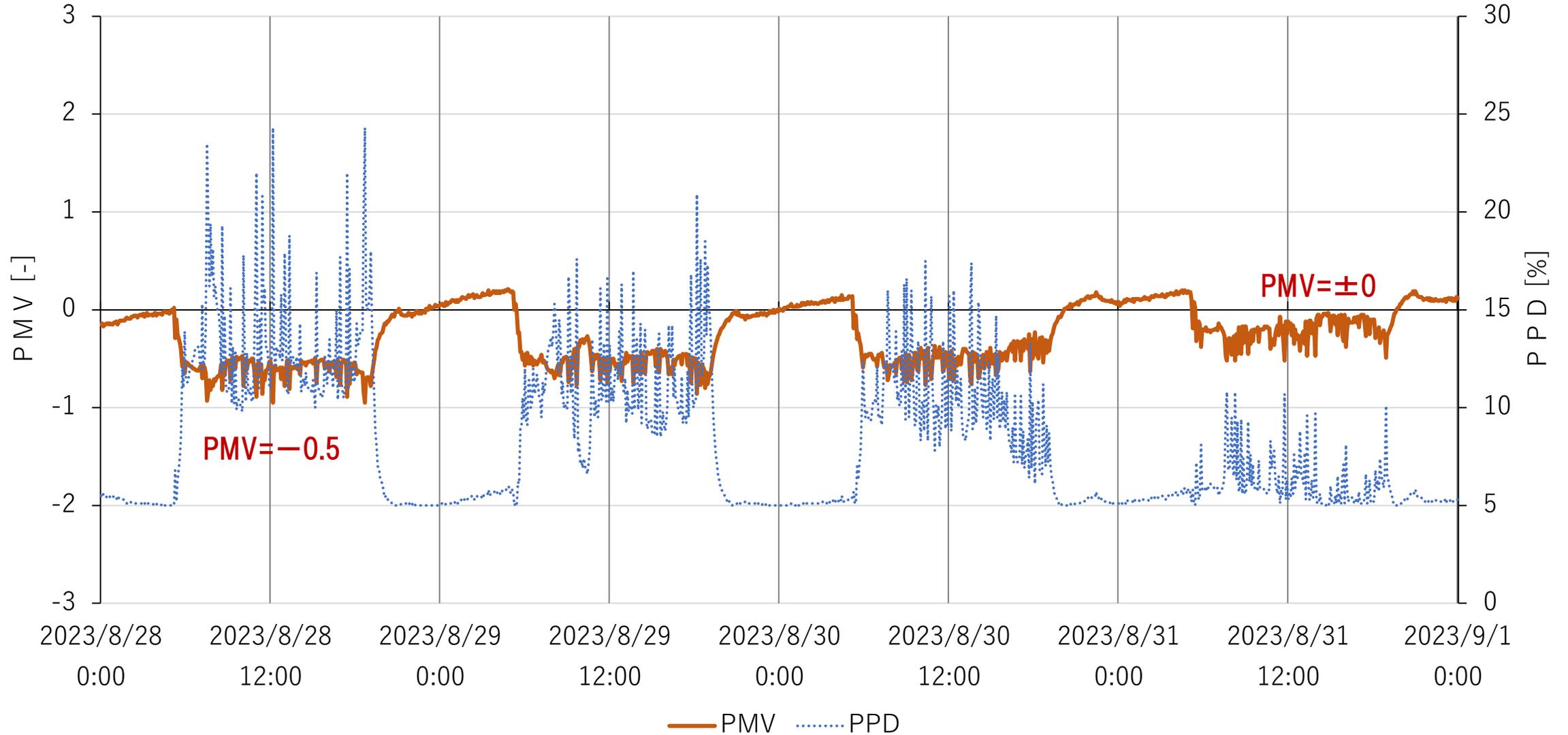
上下温度分布



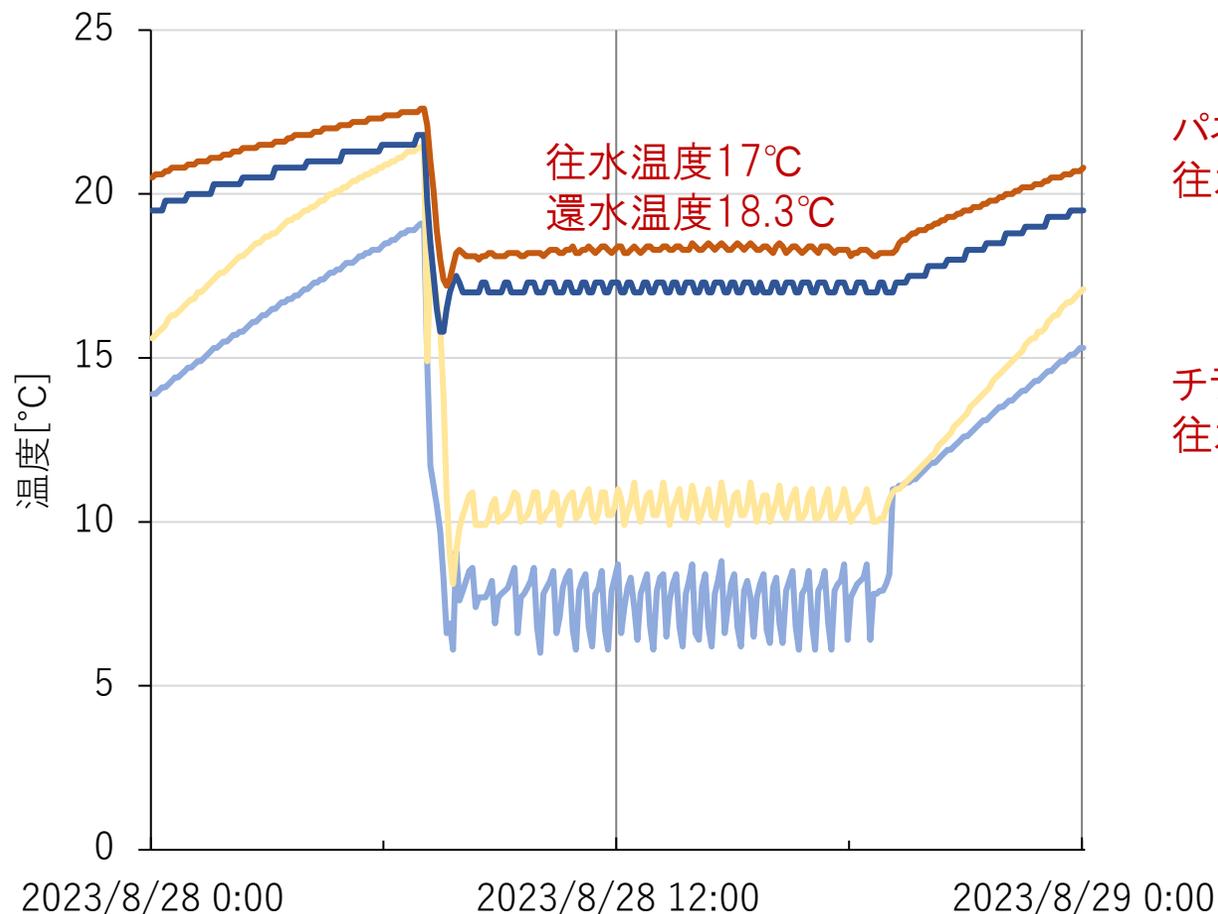
PMV計



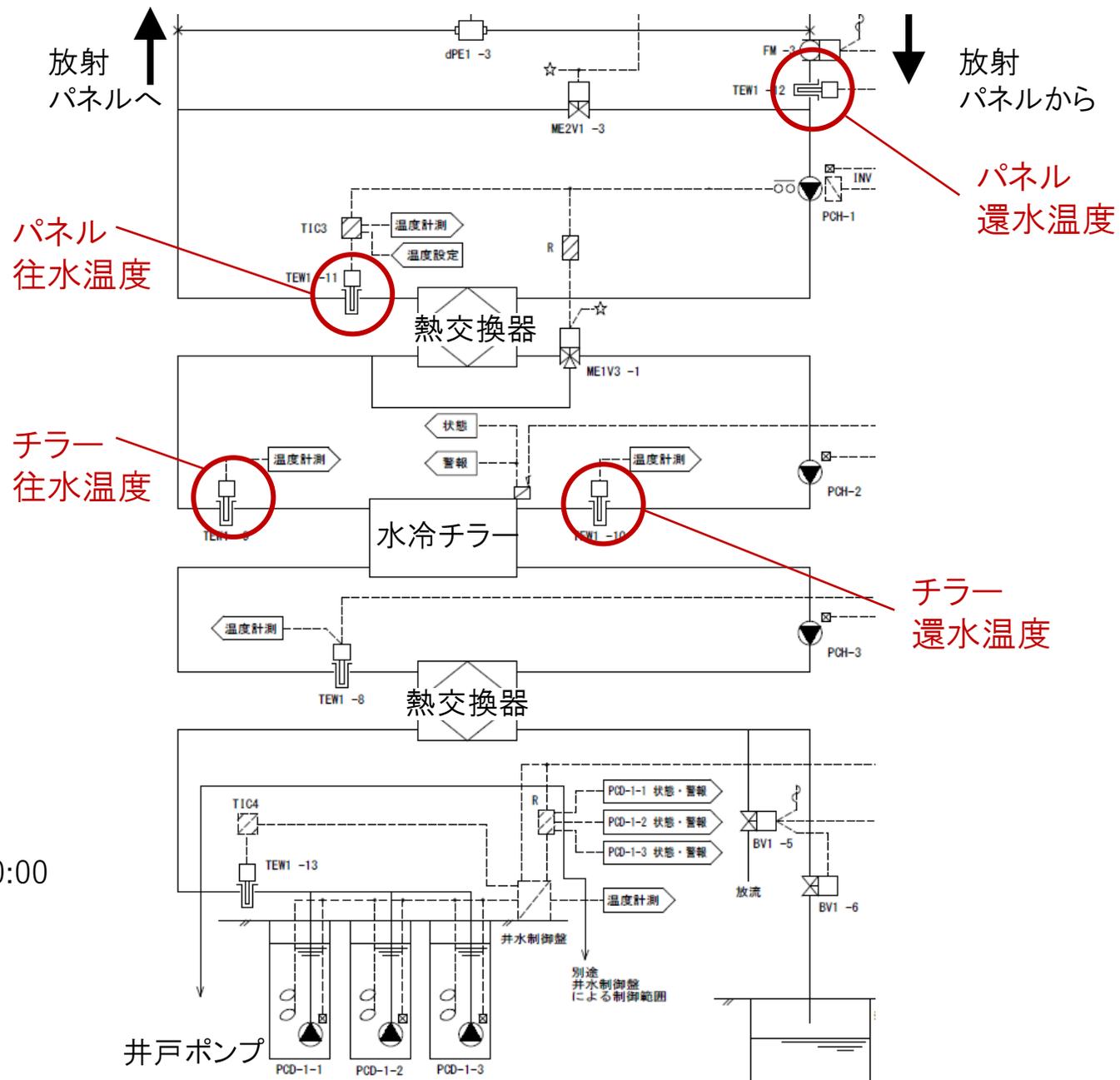
PMV・PPD



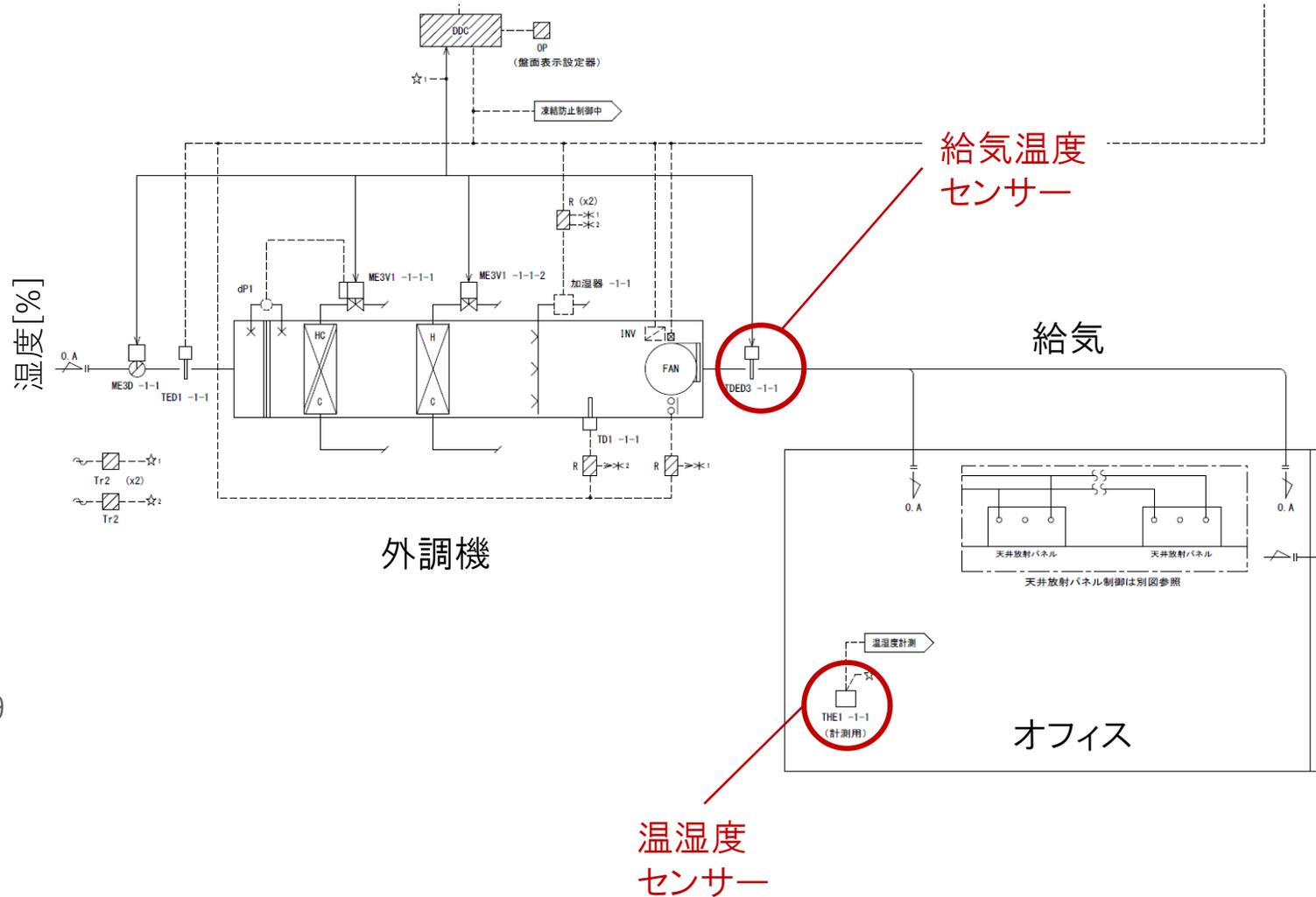
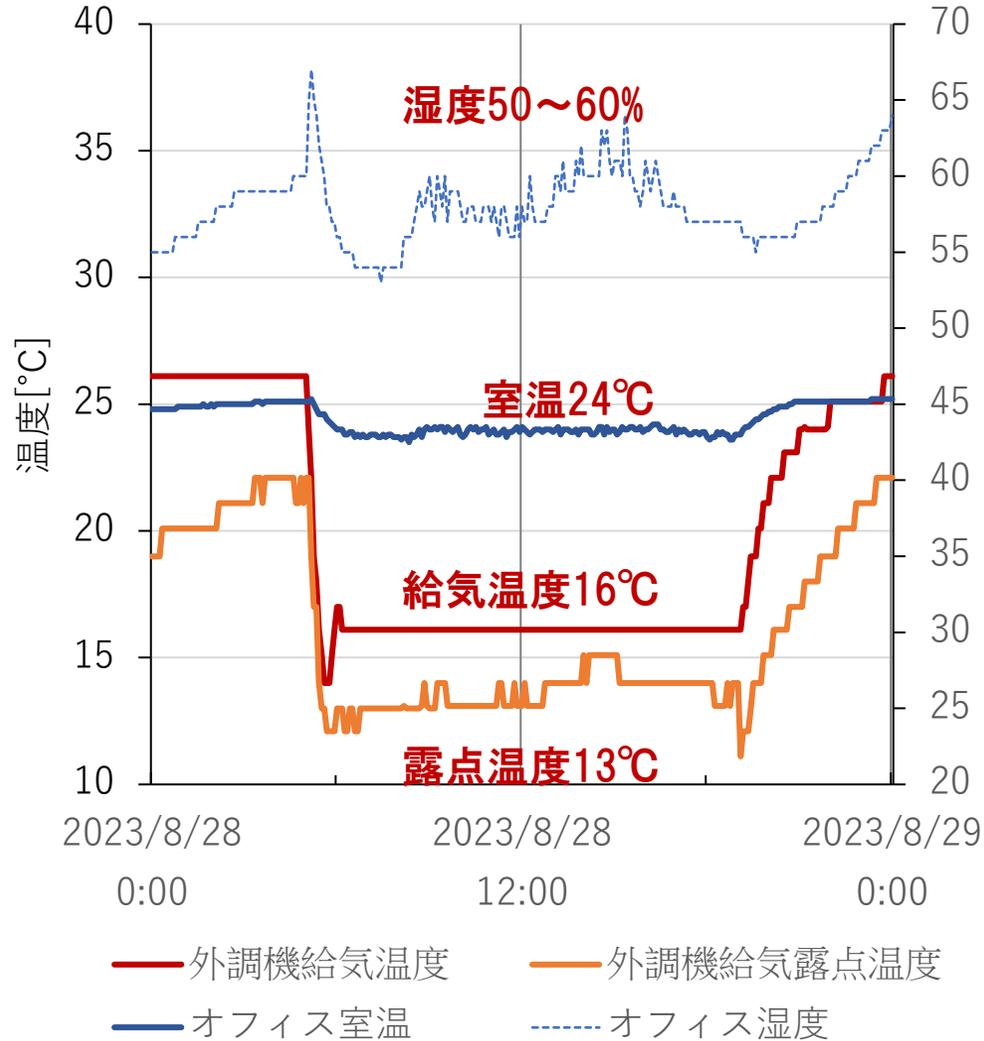
放射パネル水温

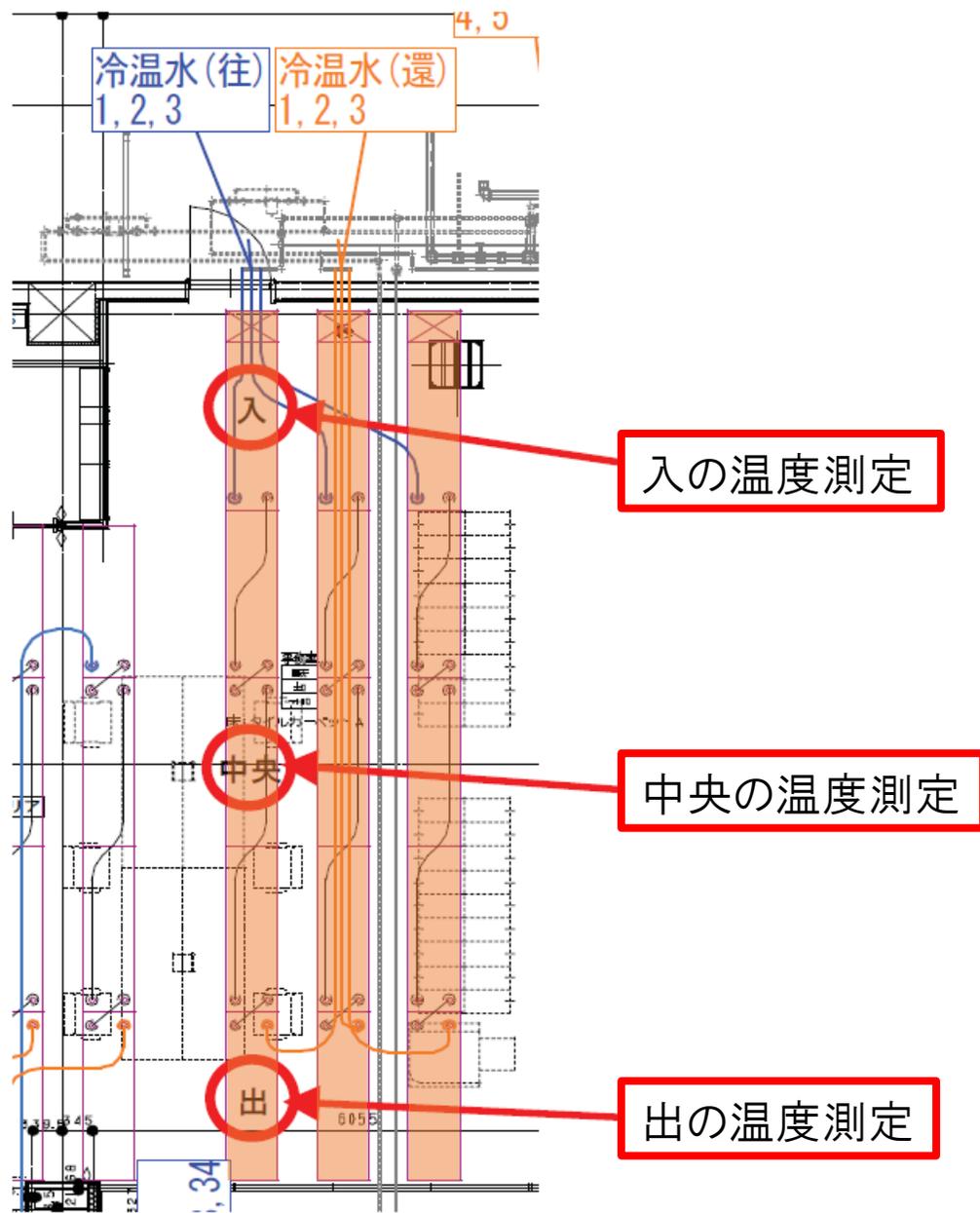


- 水冷チラー往水温度
- 水冷チラー還水温度
- 放射パネル往水温度
- 放射パネル還水温度



外調機(オフィス系統)

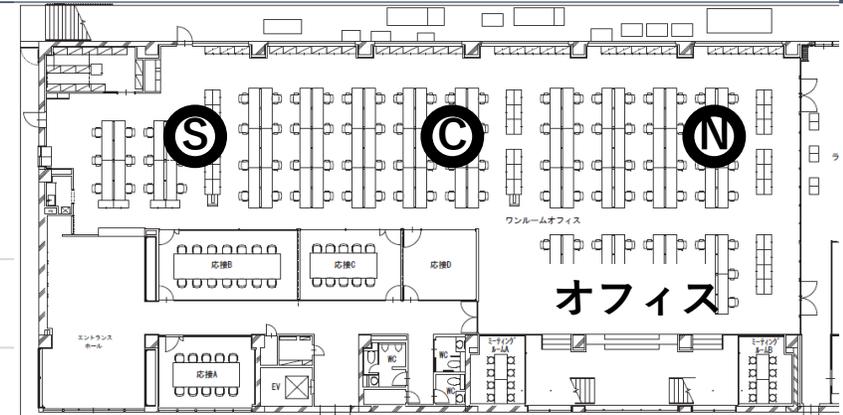
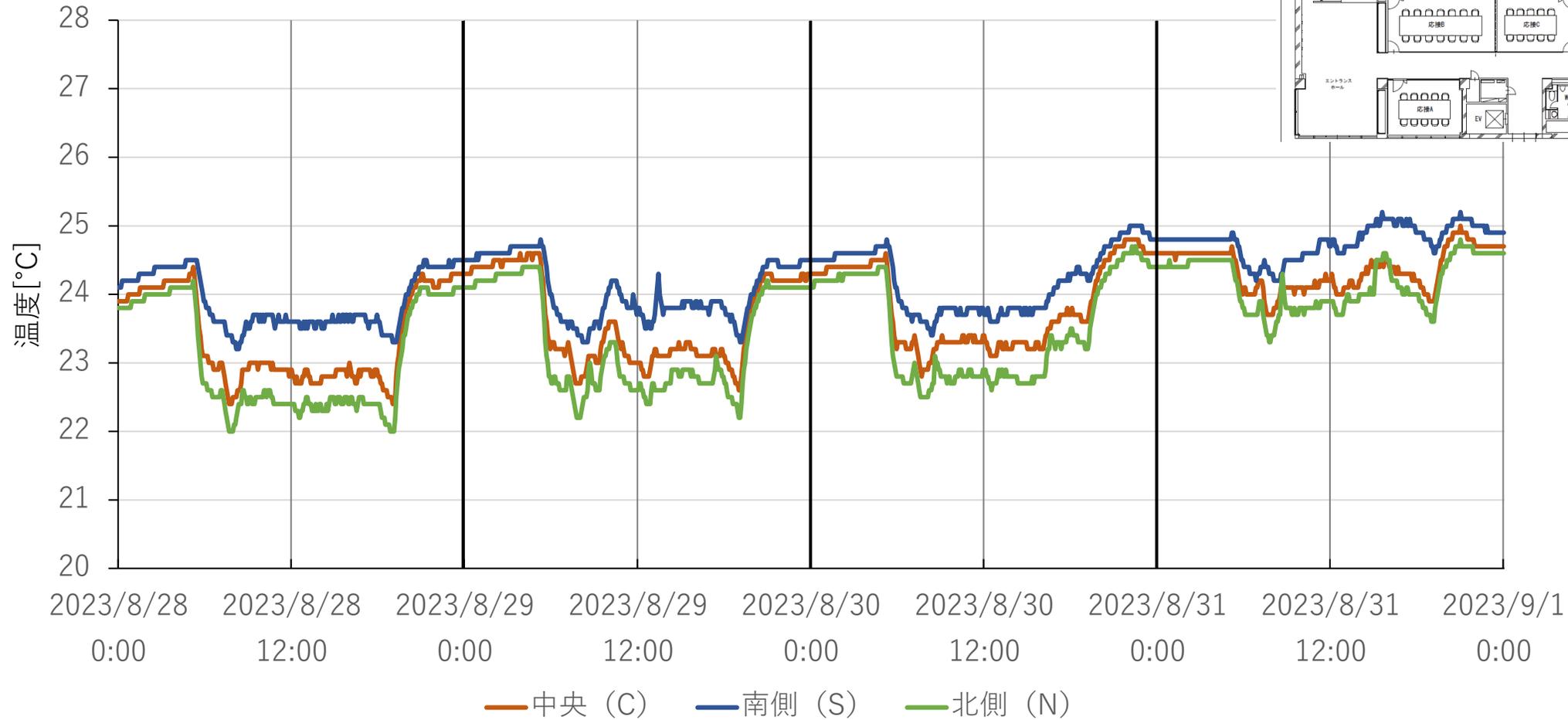




	オフィス南	オフィス中央	オフィス北
入	16.9°C	17.6°C	16.6°C
中央	17.4°C	17.9°C	17.2°C
出	17.6°C	18.8°C	18.1°C
入と出の温度差	0.7°C	1.2°C	1.5°C

設計では入温度16°C、出温度18°Cで温度差2°Cで計算
休日の計測で内部発熱が小さいため、温度差が抑えられている。

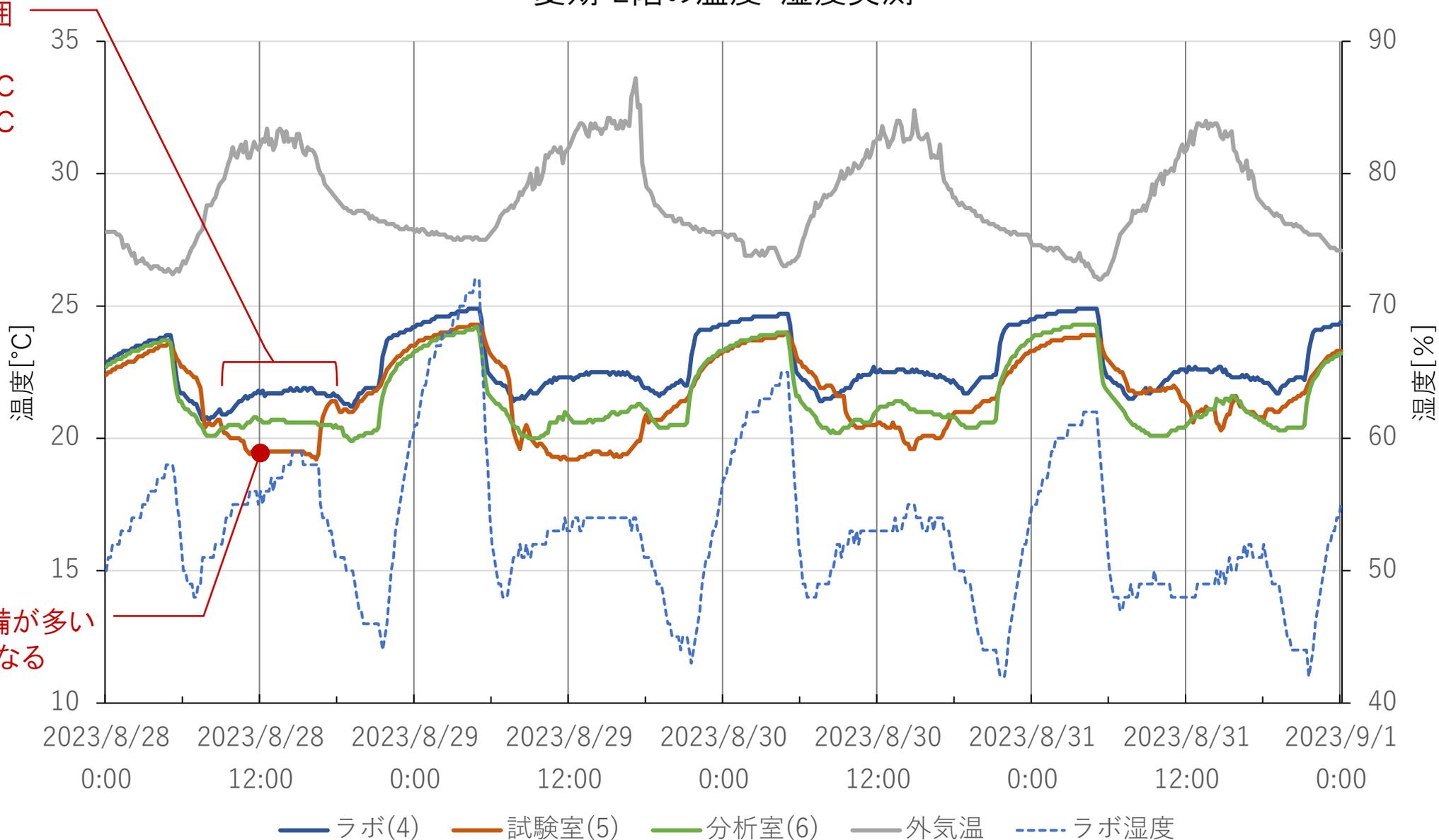
水平温度分布



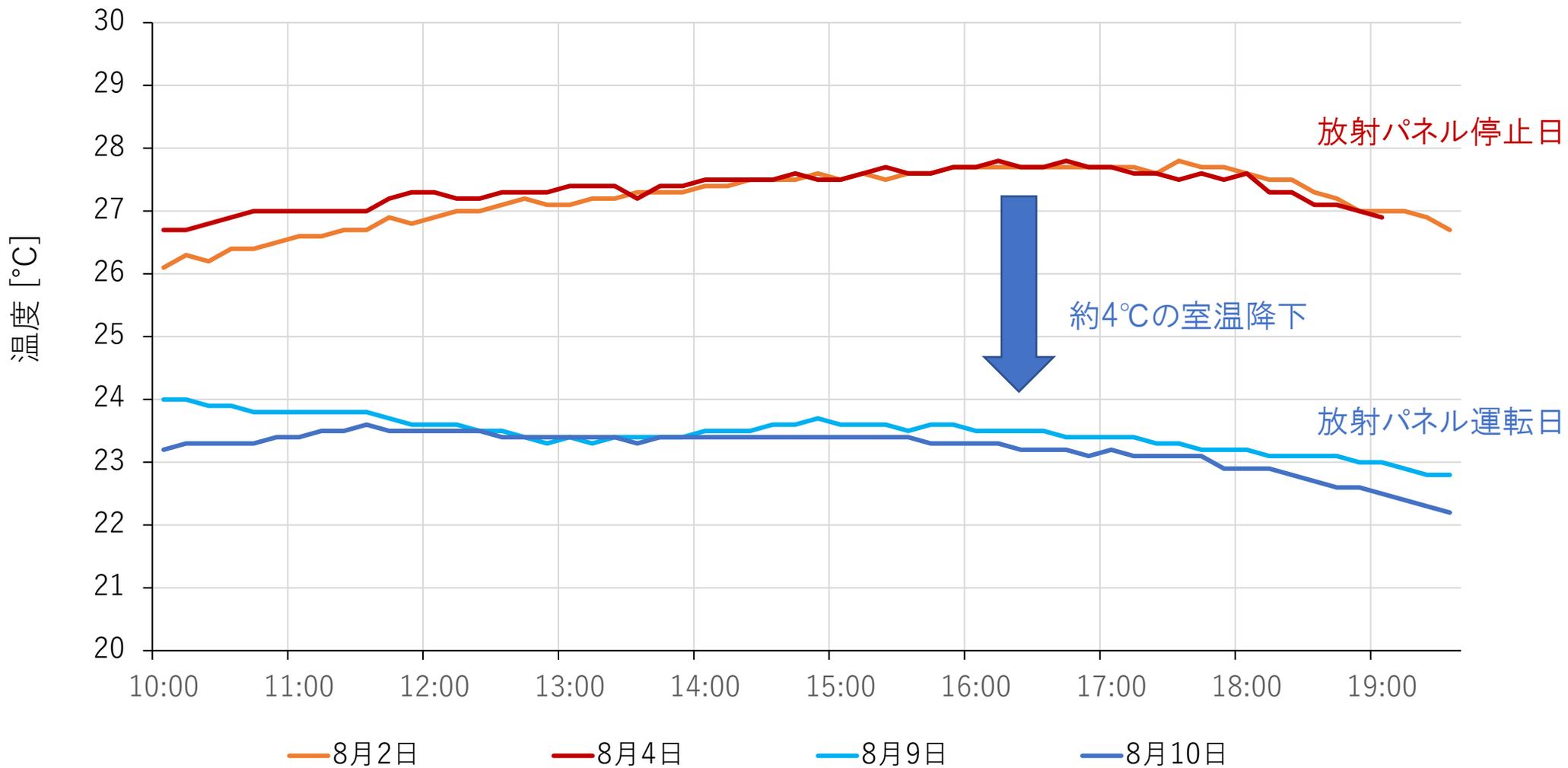
夏期 2階の温度・湿度実測

9:00-18:00の温度範囲
・ラボ 20.9~21.9℃
・試験室 19.2~21.4℃
・分析室 20.0~20.8℃

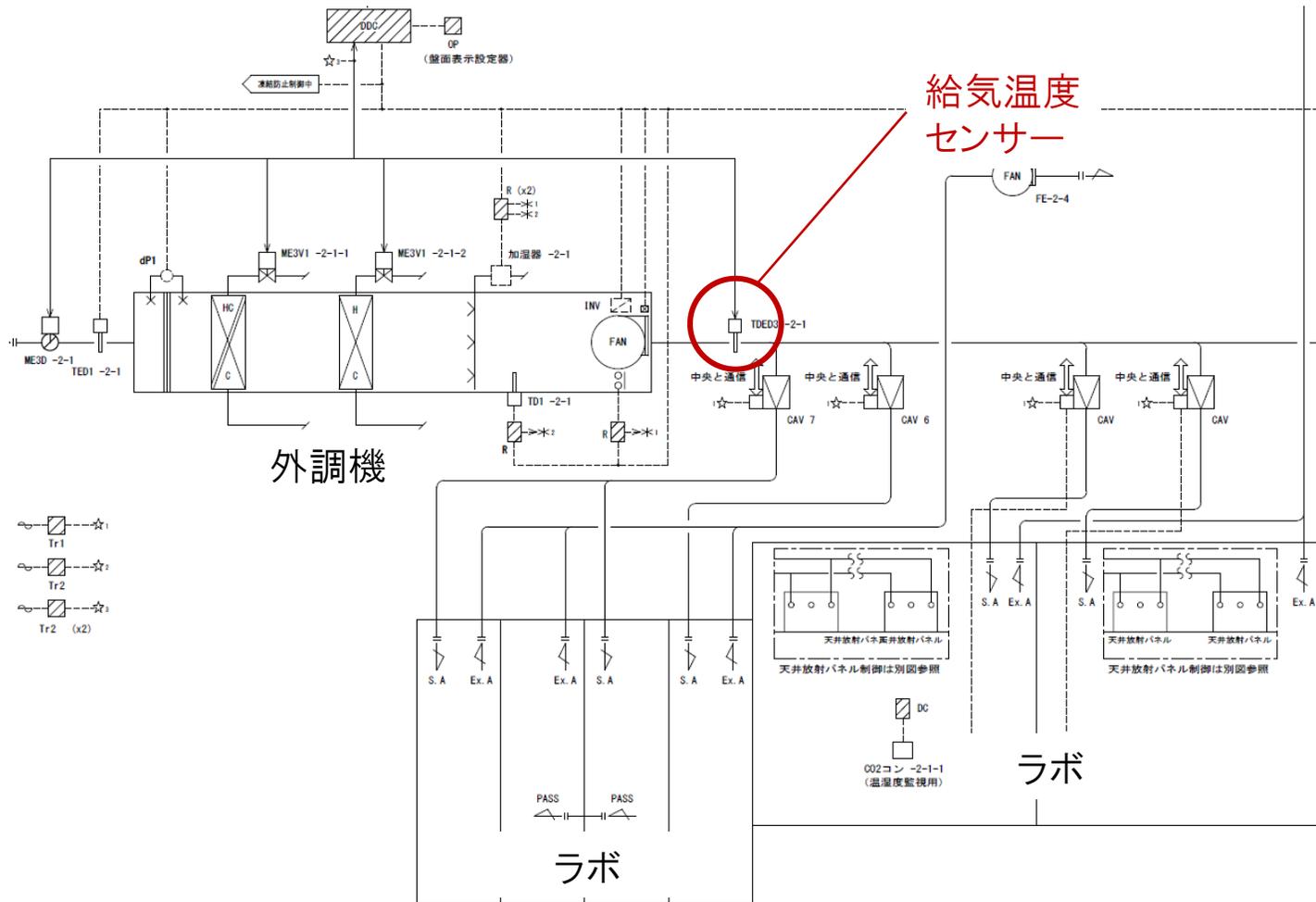
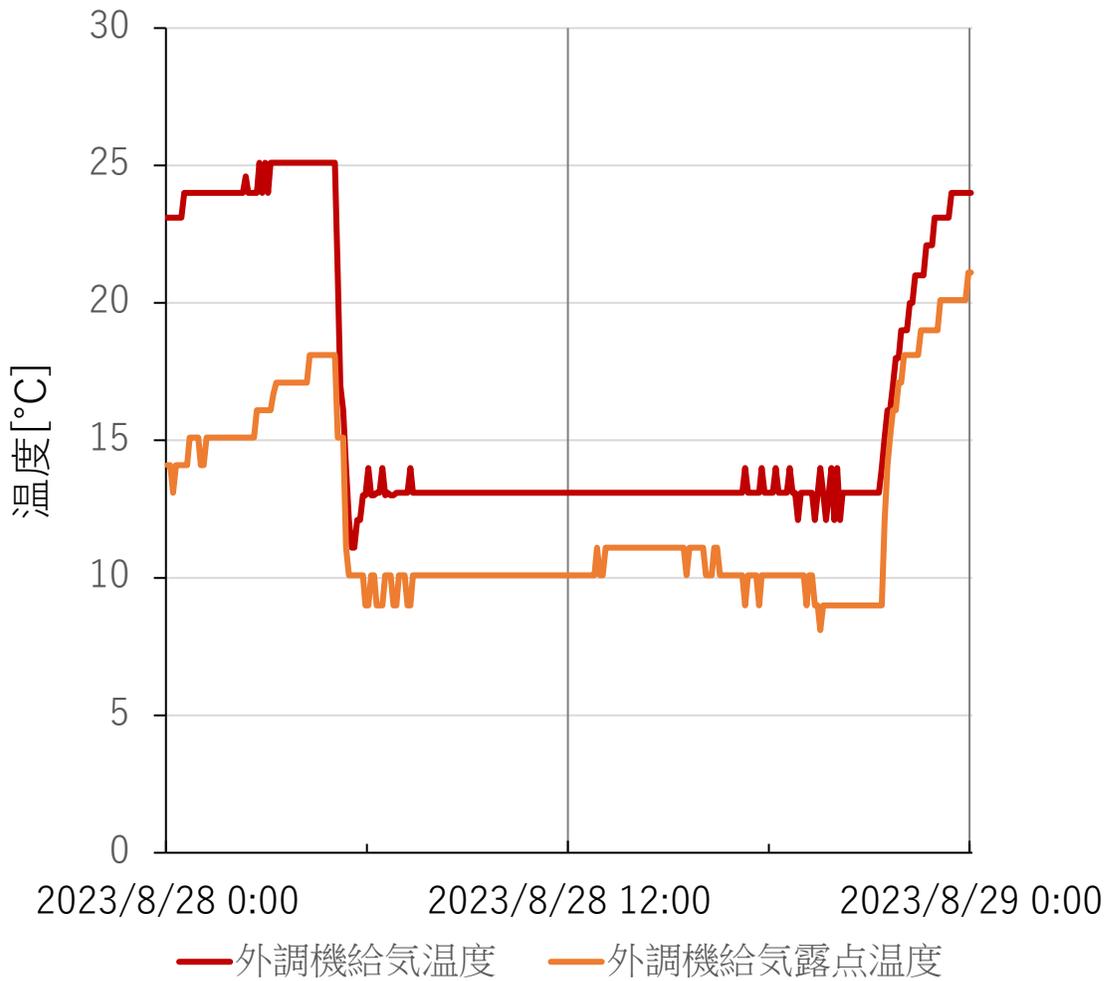
分析室は局所排気設備が多い
⇒外調機で温度が低くなる



放射冷暖房前後の室温比較

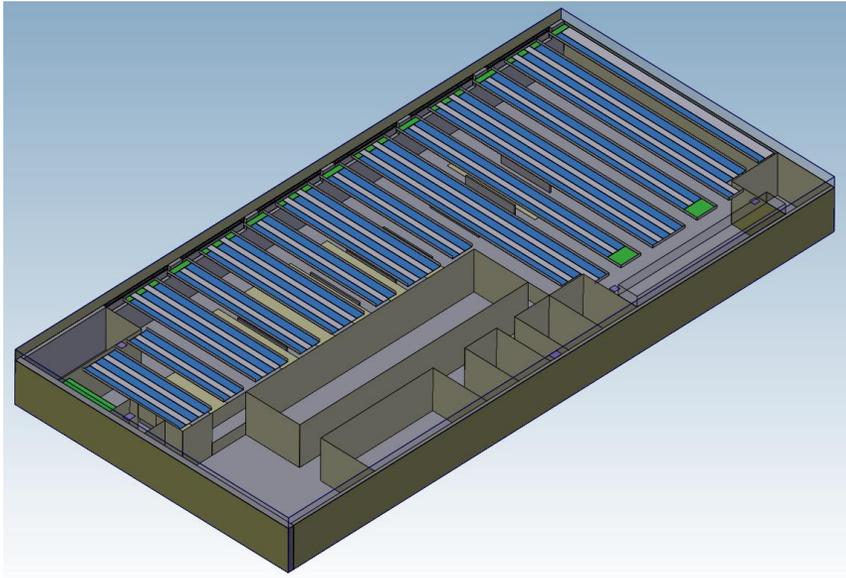


外調機(ラボ系統)



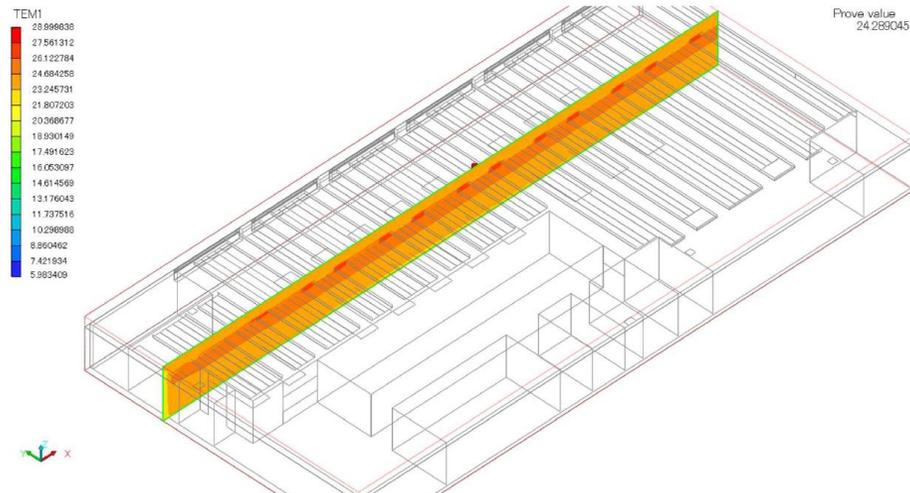
温熱シミュレーション

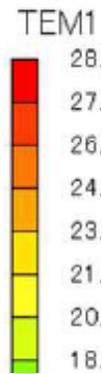
解析モデル(1階オフィス)



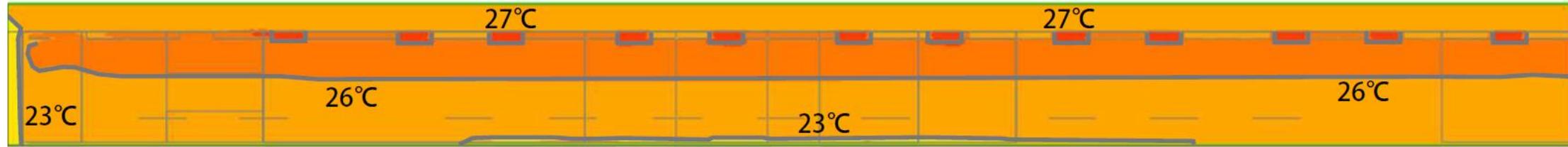
解析条件	
ソフトウェア	CHAM/Phoenics(ver2021)
要素分割数	約100万
乱流モデル	標準k-εモデル
重力(浮力)	ブシネスク近似
移流項スキーム	有限体積法
解法	Simplest法
放射解析	immersolモデル

解析結果

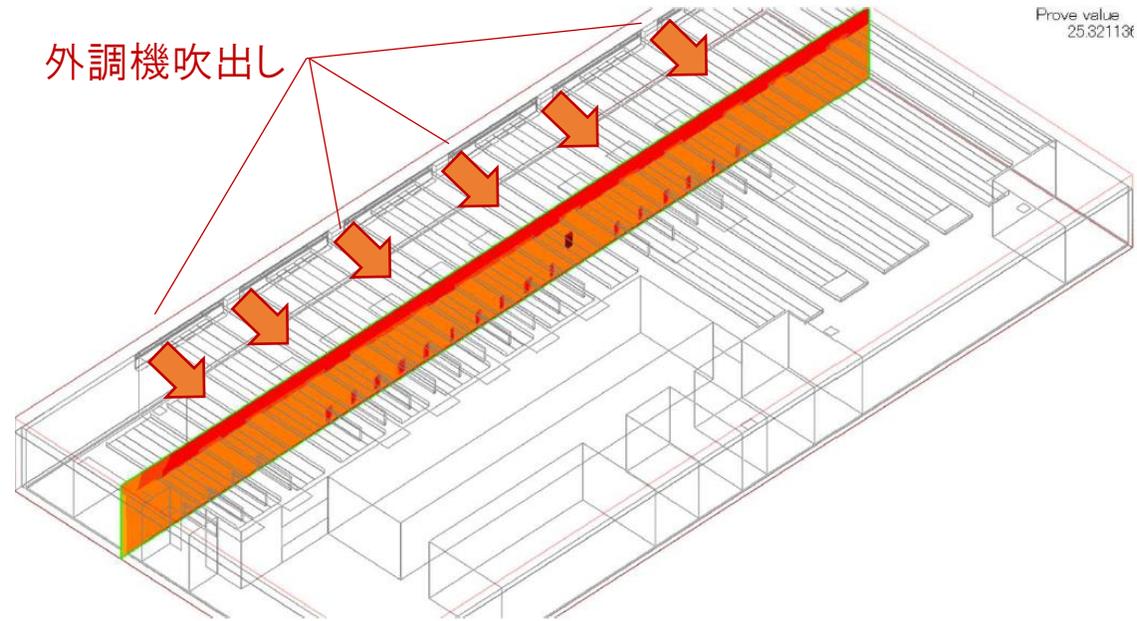




解析結果(放射パネル温度24°Cの場合)



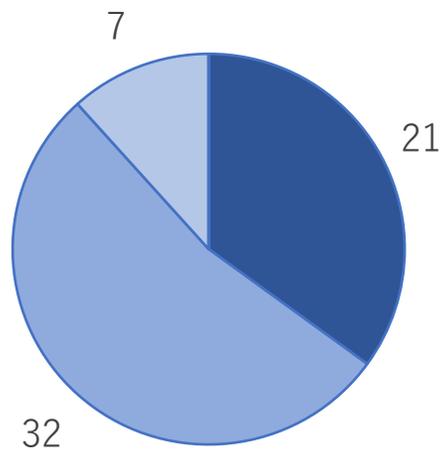
高さ	実測結果 (16時)	解析結果			
		パネル24°C	パネル25°C	パネル26°C	パネル27°C
FL+0.1m	23.6°C	23.2°C	23.8°C	24.4°C	25.0°C
FL+1.0m	24.3°C	24.2°C	24.8°C	25.3°C	25.9°C
FL+1.7m	24.6°C	24.6°C	25.2°C	25.7°C	26.3°C
FL+2.8m	25.5°C	26.1°C	26.6°C	27.0°C	27.4°C



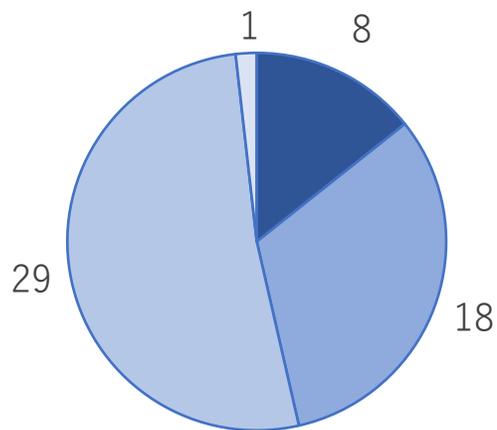
高さ	解析結果			
	吹出23℃	吹出24℃	吹出25℃	吹出26℃
FL+0.1m	24.9℃	25.2℃	25.5℃	25.7℃
FL+1.0m	25.0℃	25.3℃	25.7℃	26.1℃
FL+1.7m	25.1℃	25.4℃	25.8℃	26.2℃
FL+2.8m	25.4℃	25.7℃	25.8℃	26.2℃

社員アンケート

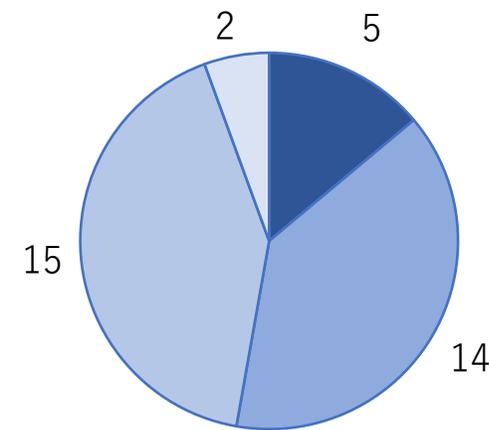
外観のデザイン性



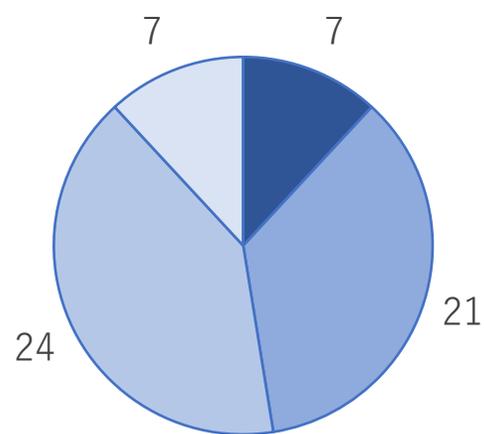
部屋の配置・動線



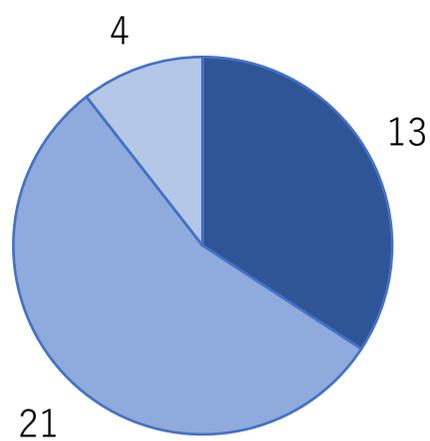
コミュニケーション



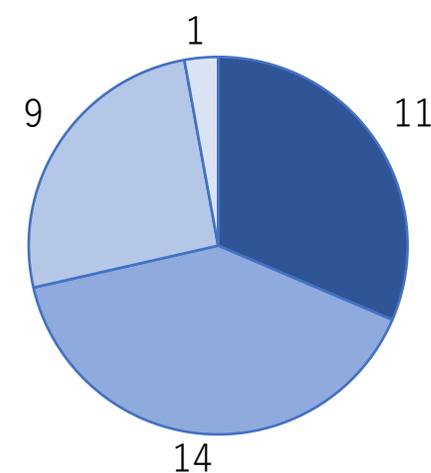
温度・湿度



オフィス環境

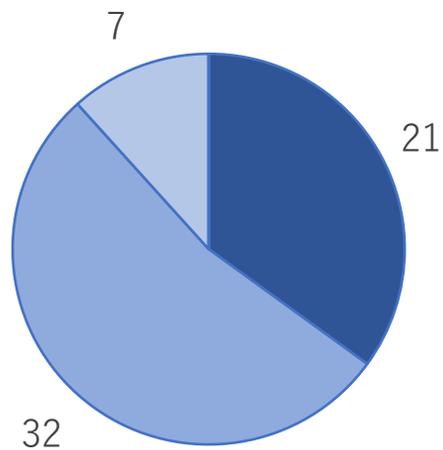


ラボ環境

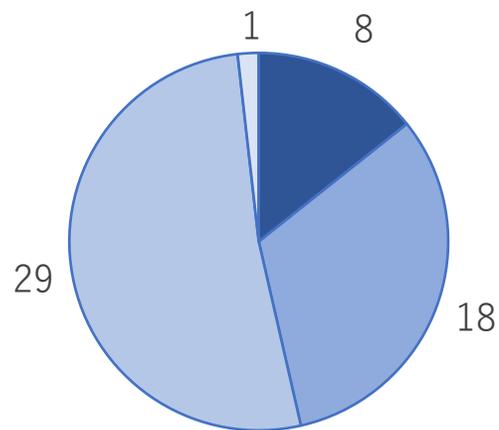


とても良い
 良い
 どちらともいえない
 悪い
 非常に悪い

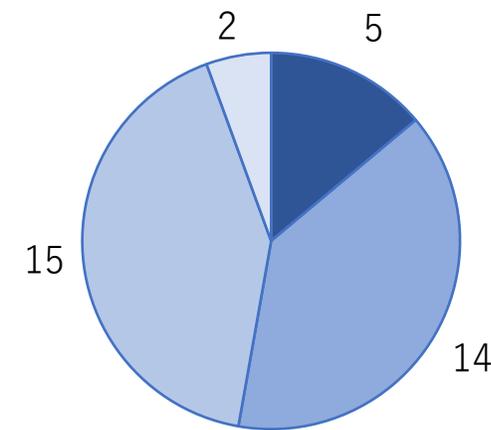
外観のデザイン性



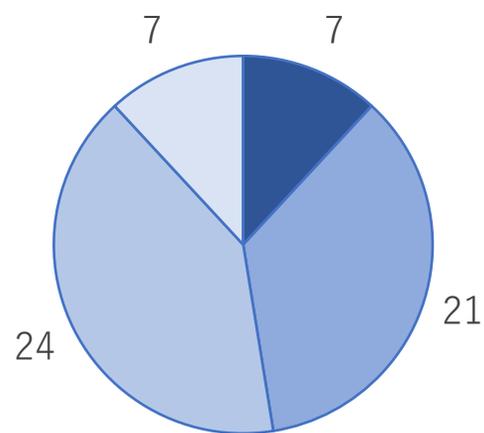
部屋の配置・動線



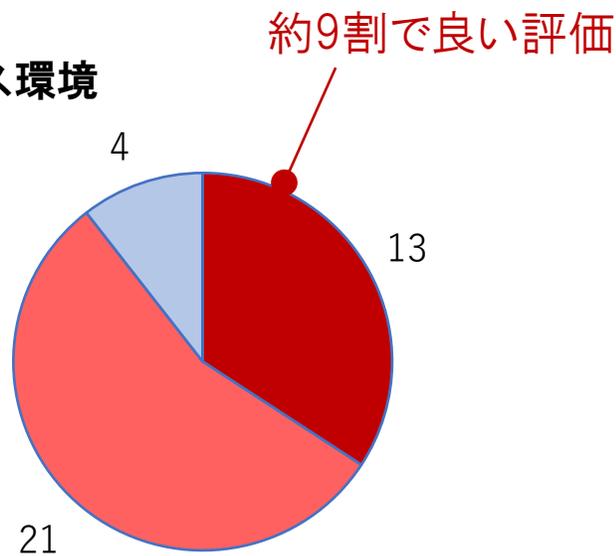
コミュニケーション



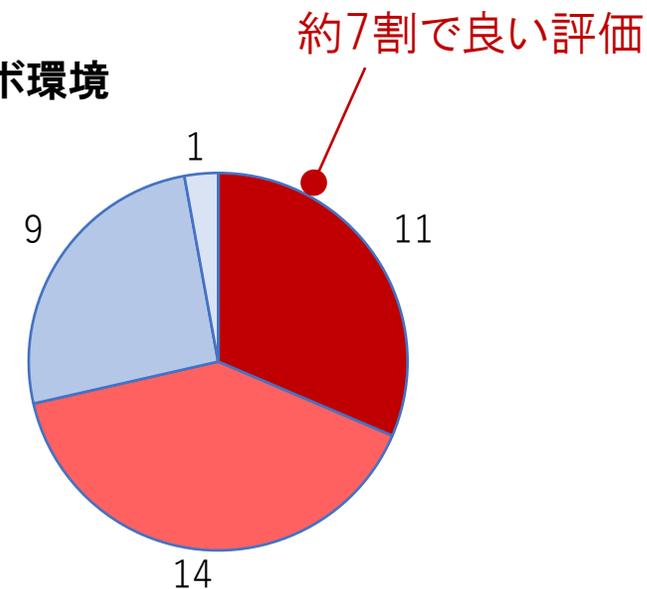
温度・湿度



オフィス環境

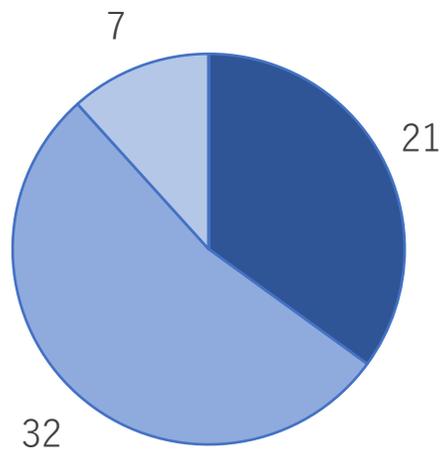


ラボ環境

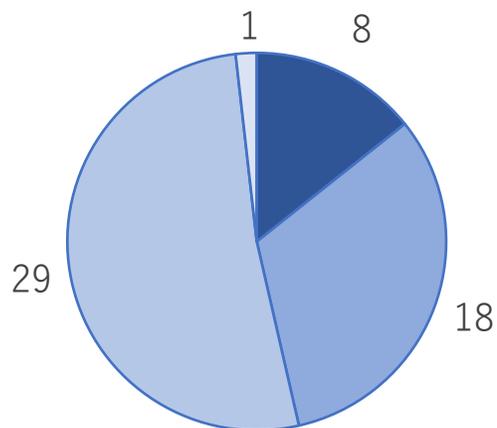


■ とても良い
 ■ 良い
 ■ どちらともいえない
 ■ 悪い
 ■ 非常に悪い

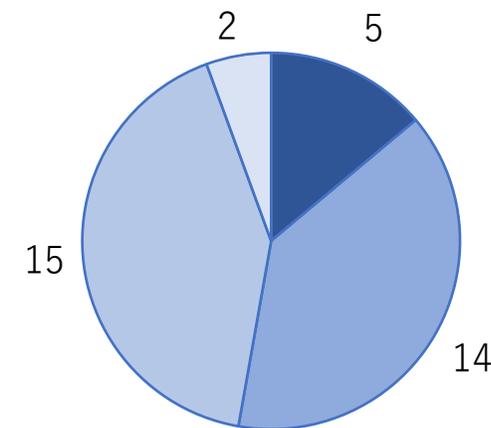
外観のデザイン性



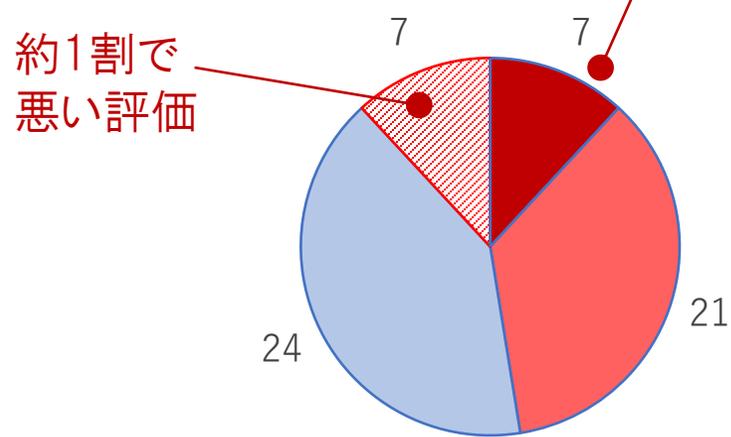
部屋の配置・動線



コミュニケーション



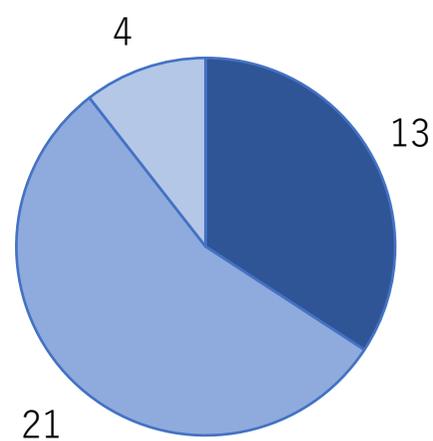
温度・湿度



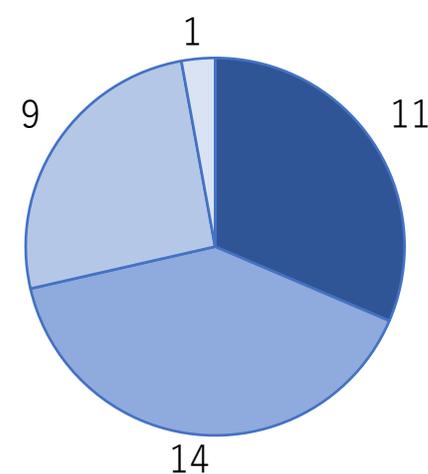
約半数で良い評価

約1割で悪い評価

オフィス環境



ラボ環境



■ とても良い
 ■ 良い
 ■ どちらともいえない
 ■ 悪い
 ■ 非常に悪い

適性

- ・研究施設は気流を嫌う傾向にあるため、**気流の発生を抑えられる**放射冷暖房は適している。
- ・対流式の空調に比べて**温度の安定性が高く**、室温管理が重要な研究施設には適した空調方式と考えられる。
- ・ラボ内の部屋は**将来の改修を容易にするため天井までの壁で仕切る**ため、放射パネルの連続した天井を構成しやすい。
- ・ラボ内の部屋同士で**高い遮音性が求められることは少なく**、放射パネルの連続した天井を構成しやすい。

課題

- ・設備を操作する担当が施設担当ではなく、研究者であることがあるため、**容易な操作性が求められる**。
- ・**実験機器などの内部発熱が大きい**傾向にあるため、冬期の暖房負荷は小さくなる。
内部発熱が大きい場合は放射暖房が不要となる場合がある。
- ・局所排気設備等で換気風量が大きくなる傾向にあるため、**外調機で室内負荷がとれてしまう恐れ**がある。外調機の吹出温度と放射パネルの送水温度のバランスが重要になる。

竣工後に運用マニュアルを作成

冬期は外調機のみで空調

〔ラボ用に専用の熱源機を設けることも考えられるが、イニシャルコストがあがるため、本件規模では不採用〕

シミュレーションで放射と外調機のバランスを検討

ご清聴ありがとうございました。