

# 早稲田大学 37号館 早稲田アリーナにおける 低炭素社会の実現に向けた環境配慮の取り組みについて



2020年1月30日(木)

水越英一郎 (株)山下設計 設計本部 部長  
市川 卓也 (株)山下設計 機械設備設計部 部長  
笠原真紀子 清水建設(株) 設計本部 設備設計部 4部 グループ長

# 早稲田大学 37 号館 早稲田アリーナにおける 低炭素社会の実現に向けた環境配慮の取り組みについて

## CONTENTS

1. 建築計画について : 水越英一郎 / 山下設計
2. 環境計画の基本的な考え方 : 市川卓也 / 山下設計
3. 環境計画の実現手法 : 笠原真紀子 / 清水建設

# 建築計画の概要

## ■ 現代社会の課題

**今、世界では SDGs に代表されるよう**

**「 持続可能な開発目標の設定 」 と**

**「 それを実現するための方策の立案 」**

**が求められています。**

## ■ 計画の目標

**大学やキャンパス、さらには、  
地域・社会が抱える様々な課題に対し、  
早稲田大学の未来に向けた理念を示す、  
「持続性に優れた新しい建築像」の模索**



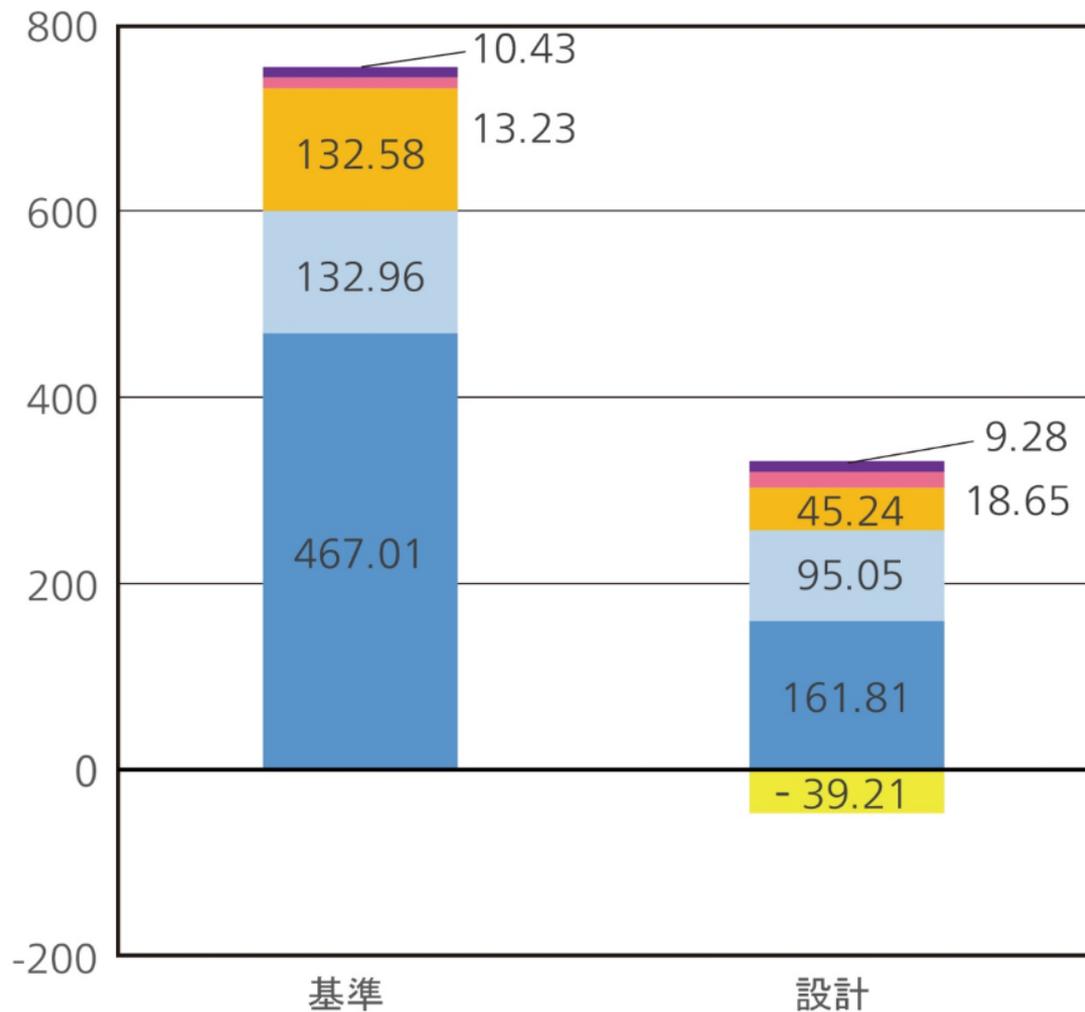
**図 1-1 : 早稲田大学 37 号館 早稲田アリーナ 全景.  
多機能型スポーツアリーナを中心とする複合施設.**



**図 1-2 : 建物の大半を地下に埋設し、屋上部分に「新たな交流・活動拠点」を整備。キャンパスだけでなく、地域環境・地球環境の改善も目指す。**



一次エネルギー消費量 (MJ/㎡年)



**図 1-3 : 削減率 61% (56%削減+創エネ 5%) → ZEB Ready 認証取得.  
延床面積 1 万㎡超の大学施設としては希少な事例.**



図 1-4 : 断面図. 建築面積 :  $5,485.66\text{m}^2$  延床面積 :  $14,028.37\text{m}^2$   
階 数 : 地下2階・地上4階建



**図 1-5 : 地下2・地下1階 メインアリーナ. 最大収容人員 約 6,000 人**



**図1-6：1階・2階レベルを繋ぐ、屋上ひろば「戸山の丘」**



**図 1-7 : 南側からの鳥瞰. 建物全体が「第二の大地」となり地表に新たな広場を構築**



図1-8 : 「戸山の丘」 2階レベル



図1-9 : 「戸山の丘」 2階レベル



図1-10：2階 交流テラス



**図1-11：2階 交流テラス。自然と屋内環境を繋ぐ中間領域となっている**



**図1-12：2階 ラーニングcommons. 自然を身近に感じる環境づくり**



図1-13：2階 ラーニングcommons. バイオフィリックデザインによる知的生産性向上



図1-14：3階 早稲田スポーツミュージアム エントランス



**図1-15：3階 早稲田スポーツミュージアム 展示室**

# 計画の背景



図1-16：旧37号館 記念会堂。大隈講堂に次ぐシンボル施設の老朽化による建替



**図 1-17 : 建替前 : 学生の居場所がない狭隘過密な環境 + 高層校舎 建替で建蔽率が低減**

**次世代の大学キャンパスとは何か…**



**次世代に向けた早稲田大学の理念を  
どのように表出するべきなのか…**



**さまざまな視点で状況を観察してみる**



図 1-18 : リサーチ 1 : 敷地周辺には歴史の痕跡が今も色濃く残っている



**図 1-19 : リサーチ 2 : 敷地はエコロジカルネットワークの中継点** (画像 : google より引用)



**図 1-20 : リサーチ 3 : キャンパス内には高低差があり活動が分断されている**

# 課題の解決



図 1-21 : 条件 1 : 敷地の建蔽率 / 60% → 50% (新宿区絶対高さ制限の緩和)  
条件 2 : 教育環境の改善 / アリーナの規模は従前よりも大きくしたい



**図 1-22 : 課題解決手法 / 建物の大半を地下に配置し、地上も有効活用する**  
**△建設コスト → 地上より高価      ◎エネルギー → 外部からの影響が少ない**



図1-23：人・地域・歴史・生態系・地球環境を繋ぐ、「第二の大地」＝「戸山の丘」



**図 1-24 : 外部からの熱影響を低減する植栽群+平均 100cm の土層**

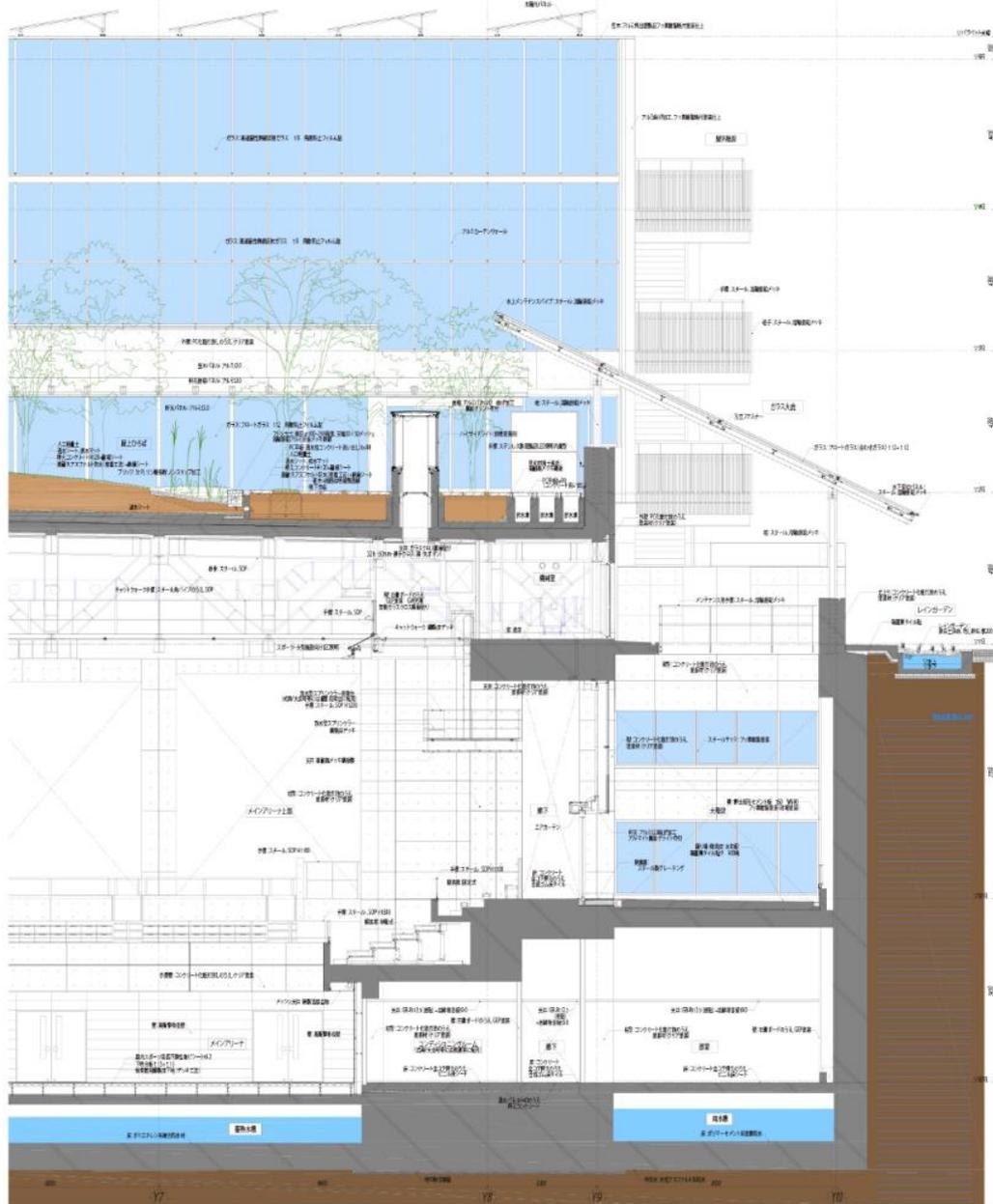


図 1-25 : 部分詳細図. 地上と地下の環境を繋ぐ仕組みをつくる



**図 1-26 : 地上と地下の環境を繋ぐ、大階段とガラス大庇**



**図1-27：地下にありながらも自然光を感じることができるメインアリーナ**

次世代のシンボル性とは、未来に向けたメッセージ

# 「場」の力で多様な価値を繋ぐ」

- 地表を地域に開いて、人・地域を繋ぐ
- 建築を埋設することで、歴史的な風景を繋ぐ
- 豊富な緑量で、地域の生態系を繋ぐ
- バイオフィリックデザインで知的生産性を高める
- ZEB を目指して、地球環境の維持に貢献する…



**図 1 -28 : 未来に向けた早稲田大学の理念を示す環境や風景＝次世代のシンボル性**

# 早稲田大学 37 号館 早稲田アリーナにおける 低炭素社会の実現に向けた環境配慮の取り組みについて

## CONTENTS

1. 建築計画について : 水越英一郎 / 山下設計
2. 環境計画の基本的な考え方 : 市川卓也 / 山下設計
3. 環境計画の実現手法 : 笠原真紀子 / 清水建設

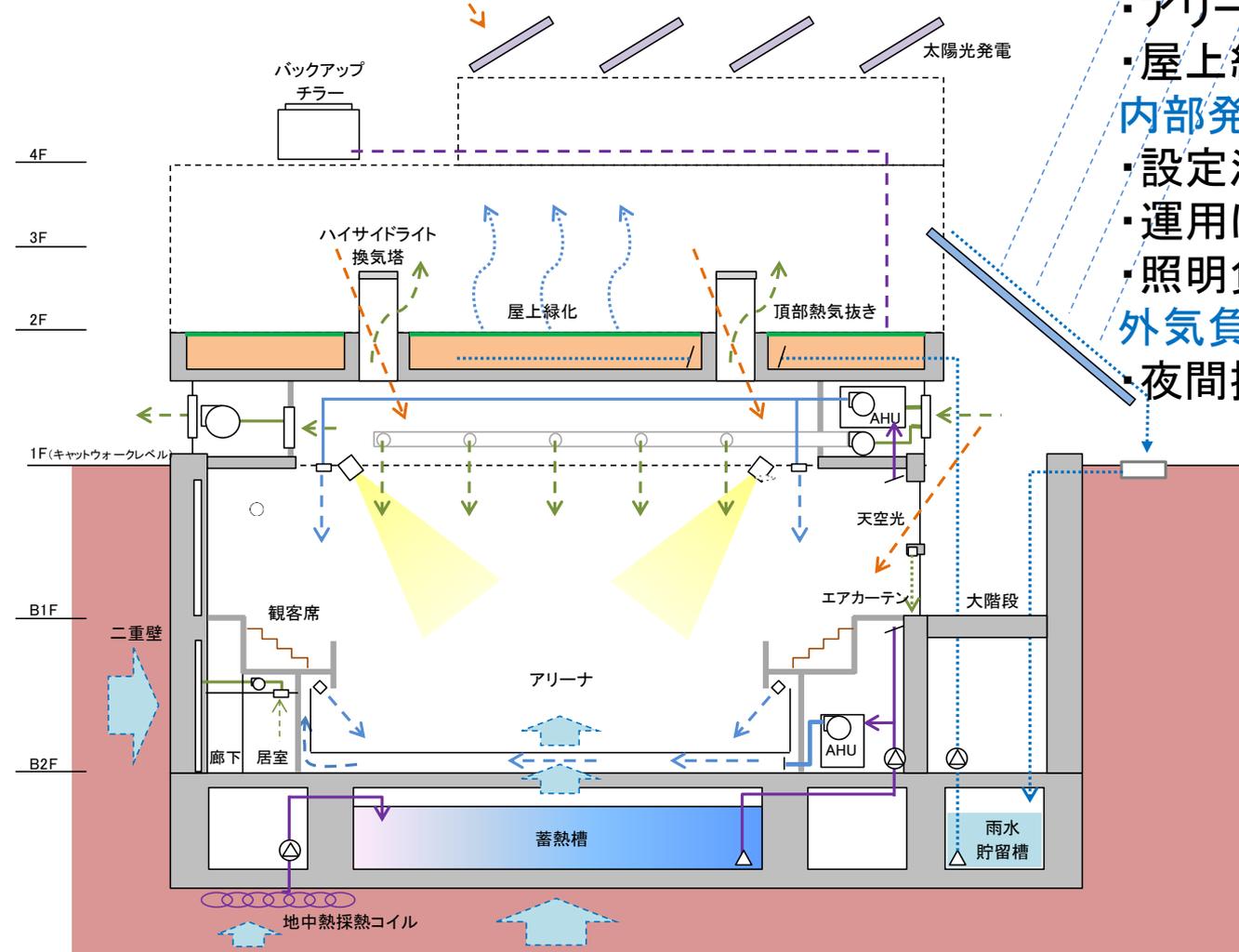
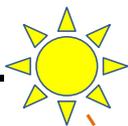
## ■基本理念

「空調設備に頼らなくても快適な環境が維持できること」

➡ ZEB Readyの達成、ゼロエネルギーアリーナの実現

- ・自然のメカニズムを尊重する。
- ・計画特性・運用特性を活かした建築・設備計画を立案する。

# 省エネルギー 概念図



## 外皮負荷の削減

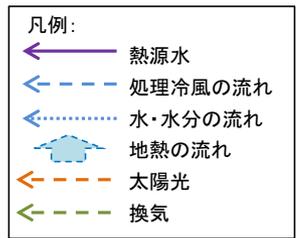
- ・アリーナの地中化
- ・屋上緑化

## 内部発熱の低減

- ・設定温度の緩和
- ・運用に合わせた負荷想定
- ・照明負荷の適正化

## 外気負荷の低減

- ・夜間換気の活用



# 設定温度の緩和

但し、夏期多湿時は空調機の除湿運転を行う

室温条件	一般的な執務室	アリーナ
夏期	26°C	28°C 熱中症対策
冬期	22°C	13°C 身体に負担の少ない温度

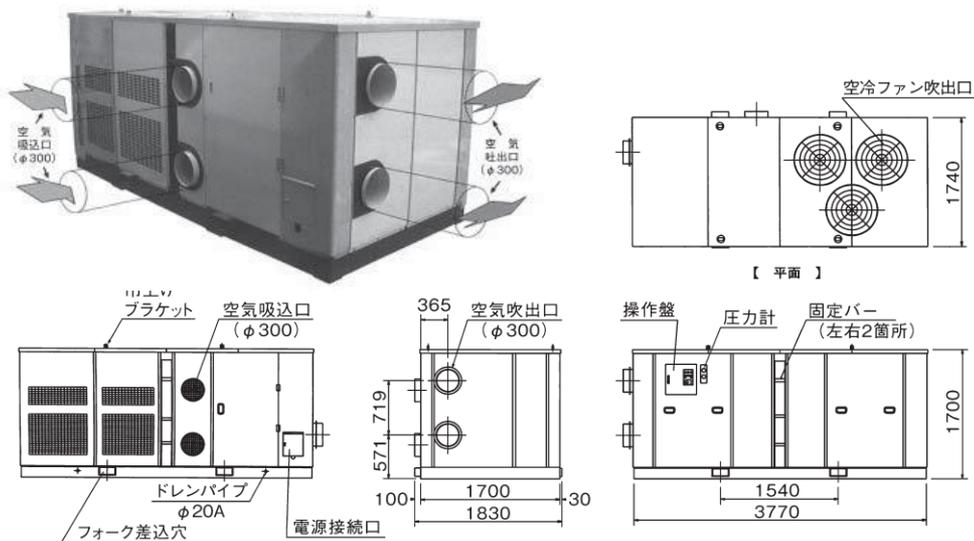
# 運用に合わせた負荷想定

夏期の大会時で空調機能力を決定

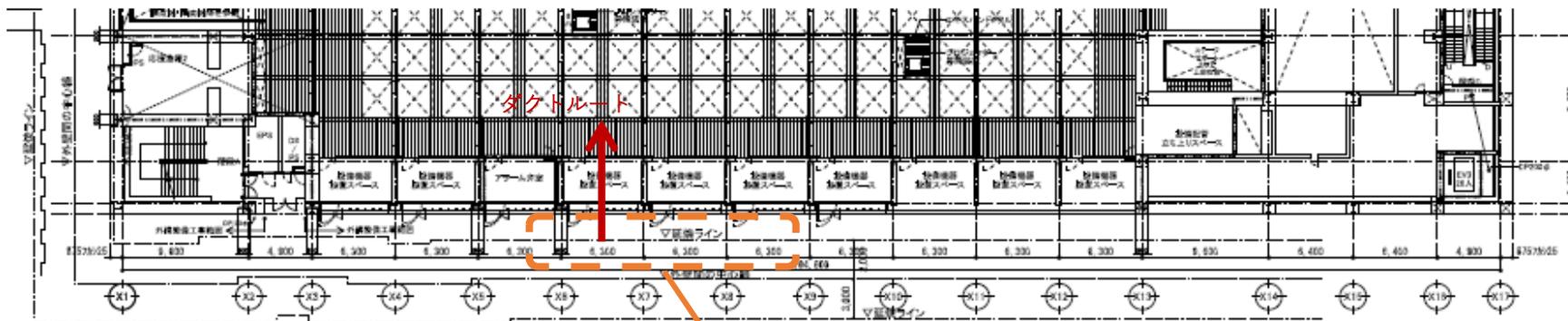
運転モード		時間帯	照度	人員	利用日数
通常時	授業	9:00~12:00	300 Lx	100人	292日/年
		13:00~16:00	300 Lx	100人	
	部活動	18:00~21:00	750 Lx	100人	
大会時		9:00~19:00	1,000 Lx	選手 50人 観客2,400人	2日/年
イベント時		9:00~19:00	式典150 Lx イベント50 Lx	6,000人	6日/年

夏期のイベントは仮設空調の追加で対応

# 仮設空調設置用開口



仮設パッケージ(25HP)の例



仮設空調機・発電機設置想定場所



## 照明負荷の適正化(アリーナ照明)



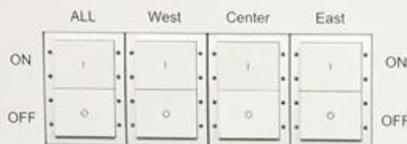
## アリーナ照明器具

Usual  
300Lx

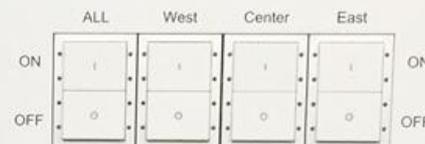


Event

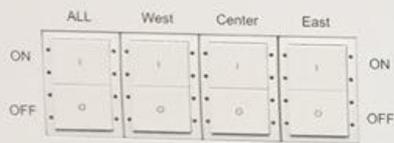
150Lx



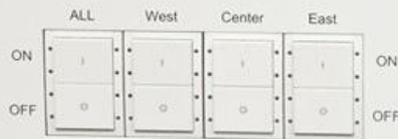
50Lx



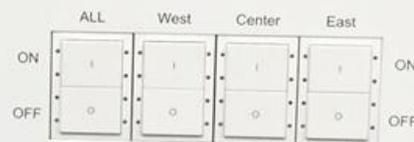
1000Lx



750Lx  
Sports



500Lx



## アリーナ照明の操作パネル

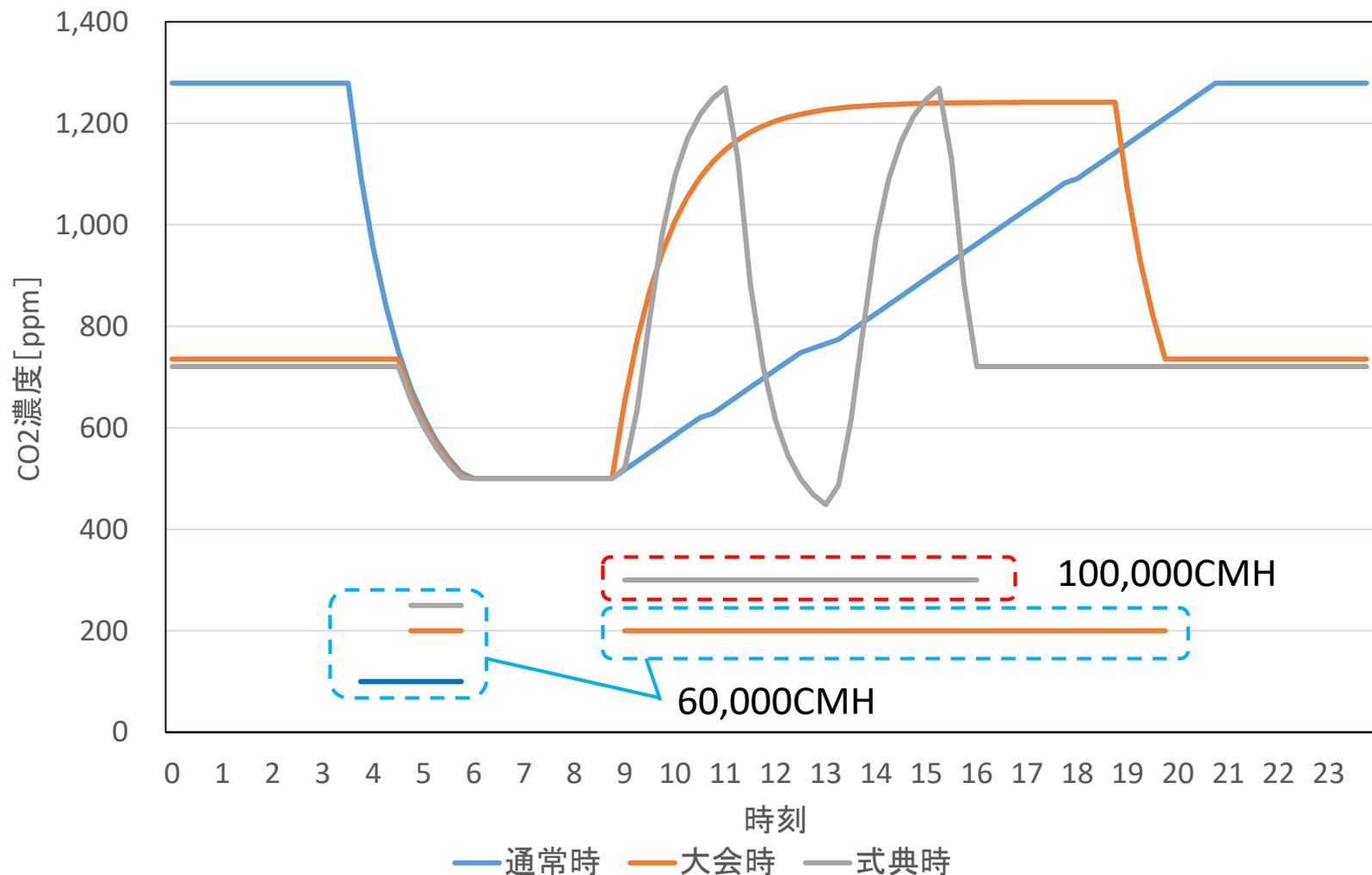
# 夜間換気の活用

## 各運転パターンにおける換気量設定

	人員	日中換気	夜間換気
通常時	100人	停止	60,000CMH × 3時間  日中1,500ppm ↓ 翌朝 500ppm (外気 400ppm)
大会時	2,450人	外調機 60,000CMH	
式典時	6,000人	送排風機 100,000CMH 外調機 60,000CMH	

大きな気積(約73,000m<sup>3</sup>)を有するアリーナの特性を活かし、通常時、特に夏期においては、日中の負荷の大きい外気を導入せずに夜間換気にて室内のCO<sub>2</sub>濃度を下げる。併せて「ナイトパーズ効果」も得られる。

# 換気シミュレーション（外気CO2濃度：400ppm）



# 地中熱利用を中心とした熱源システム

## 地中熱(18°C)の取得

- ・採熱コイルによる取得
- ・蓄熱槽底面からの取得
- ・二重壁からの取得

## ヒートポンプ給湯機の冷排熱利用

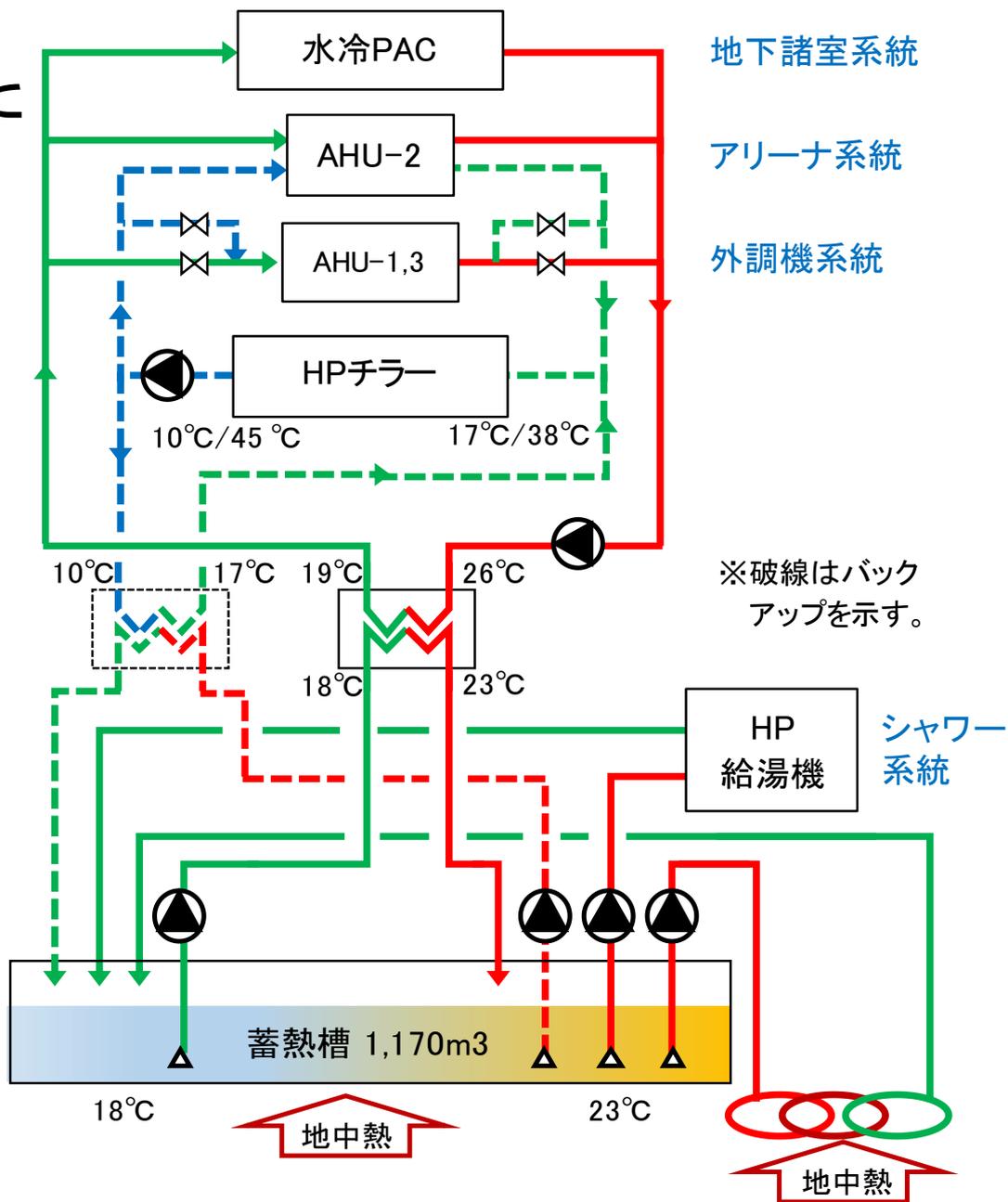
## 二次側システム

### 地中熱系統(19°C送水)

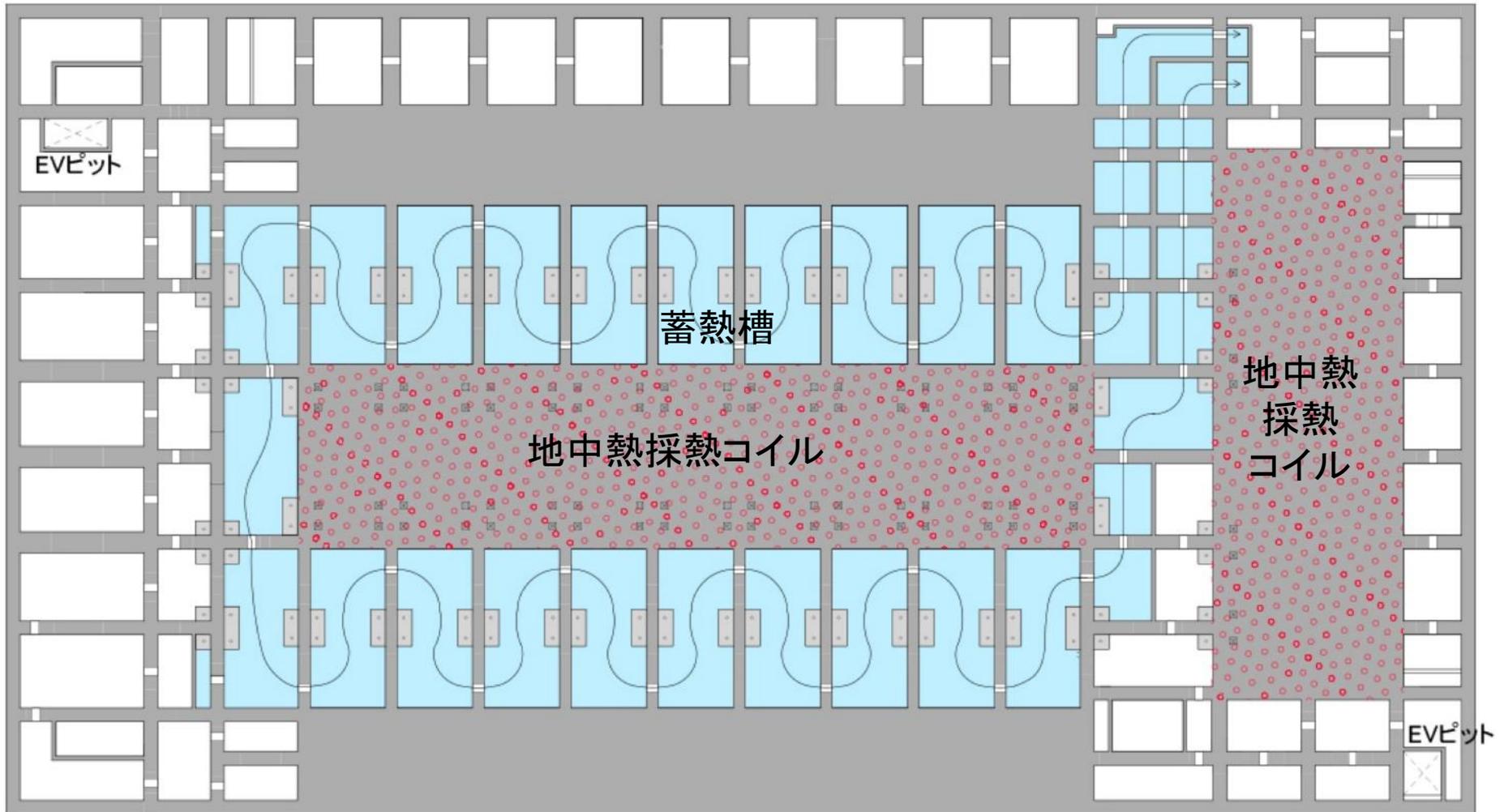
- ・水冷PAC
- ・空調機・外調機

### 空冷チラー系統(10°C送水)

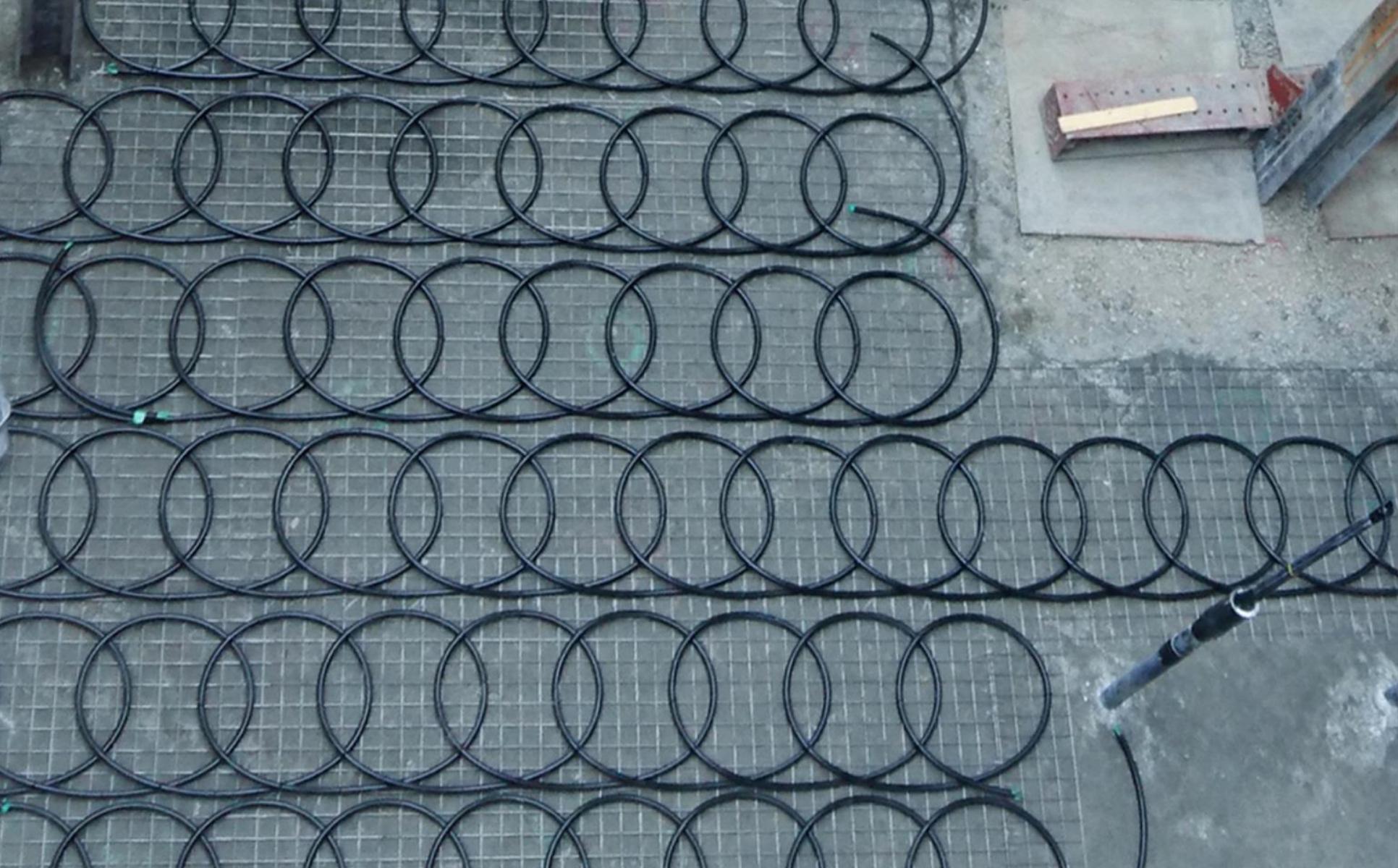
- ・空調機の除湿運転
- ・多数観覧時の外気処理用



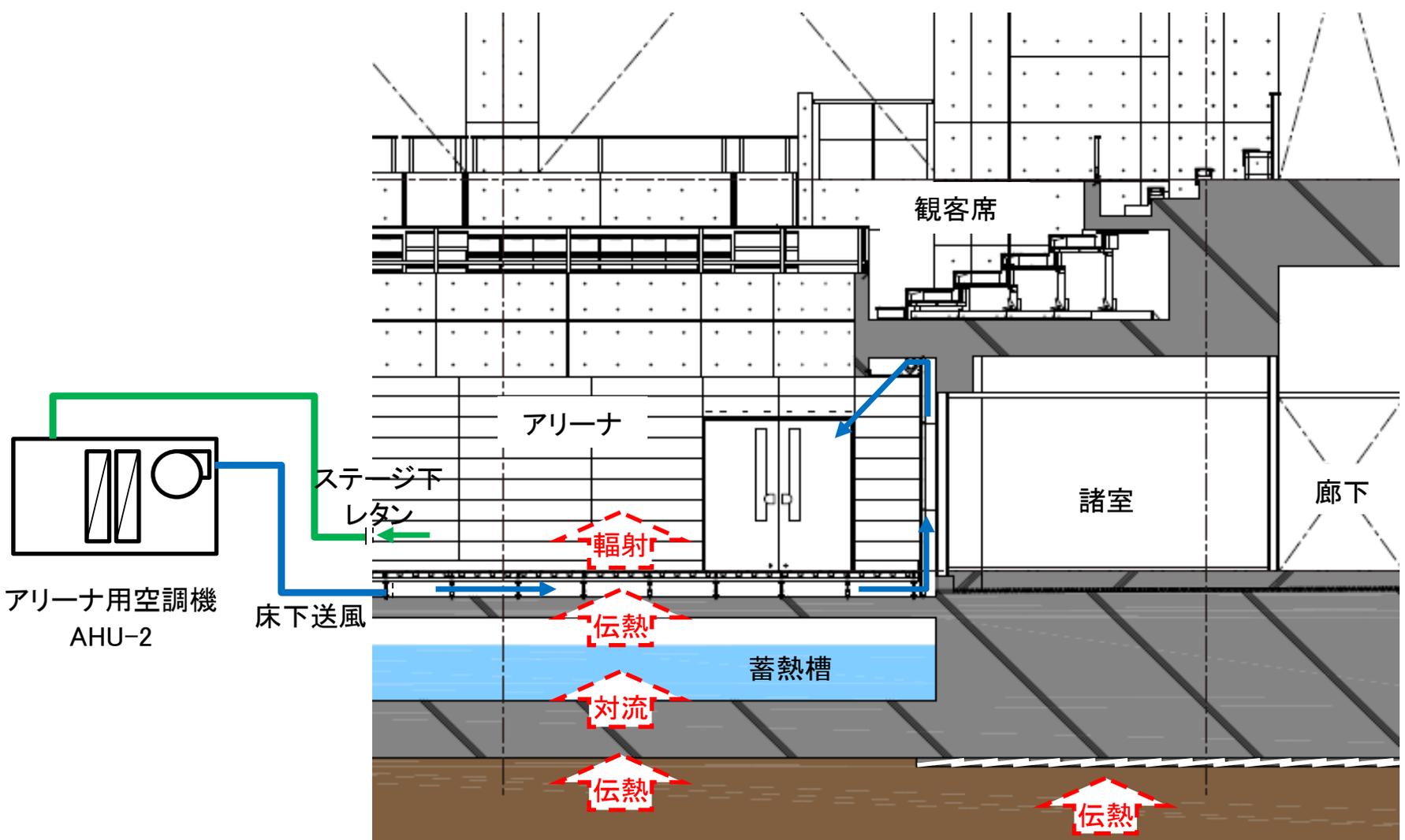
# ピット平面図



蓄熱槽: 1,170m<sup>3</sup>、水深650mm

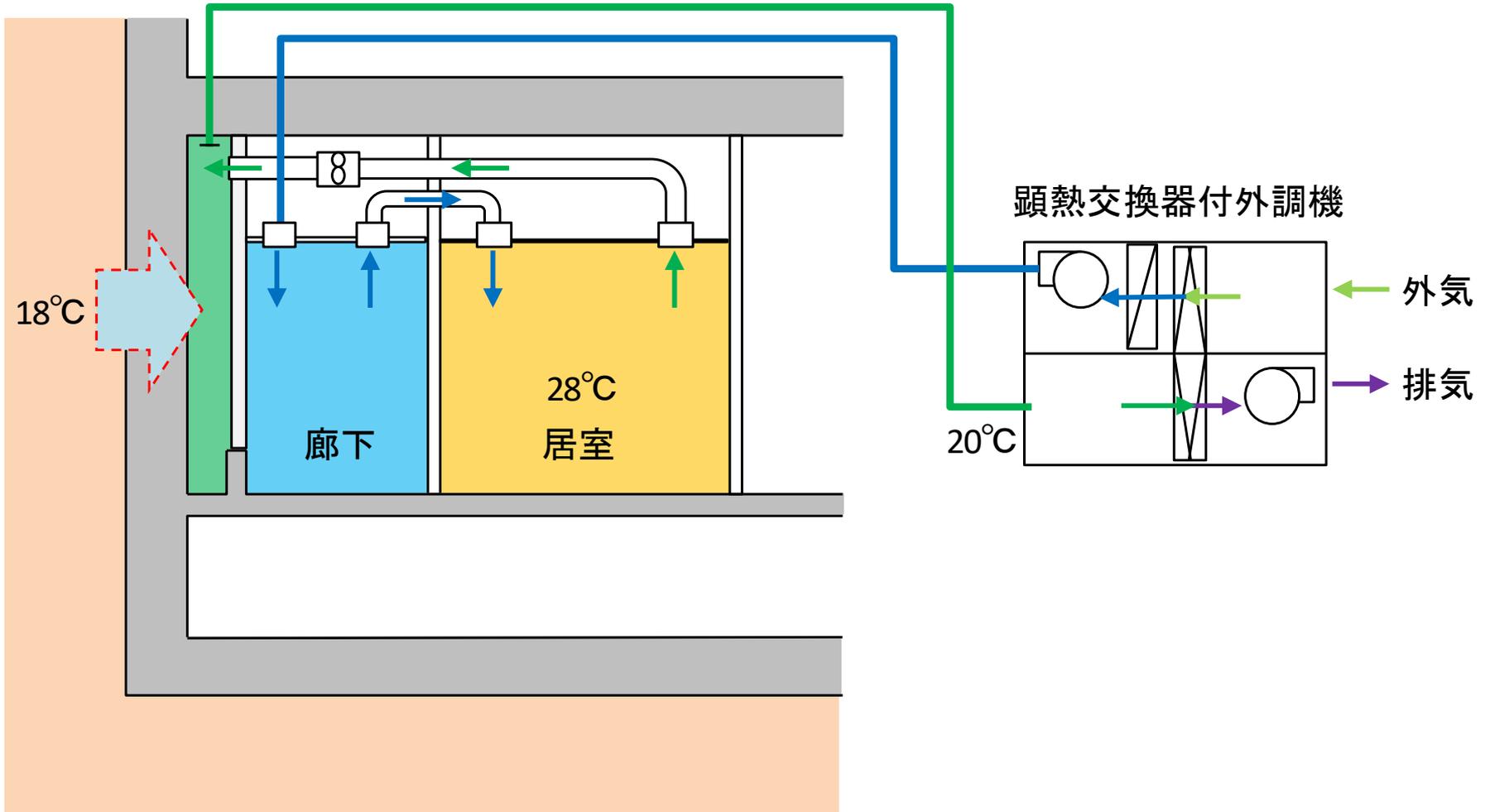


## 地中熱採熱コイル(スリンキー式)

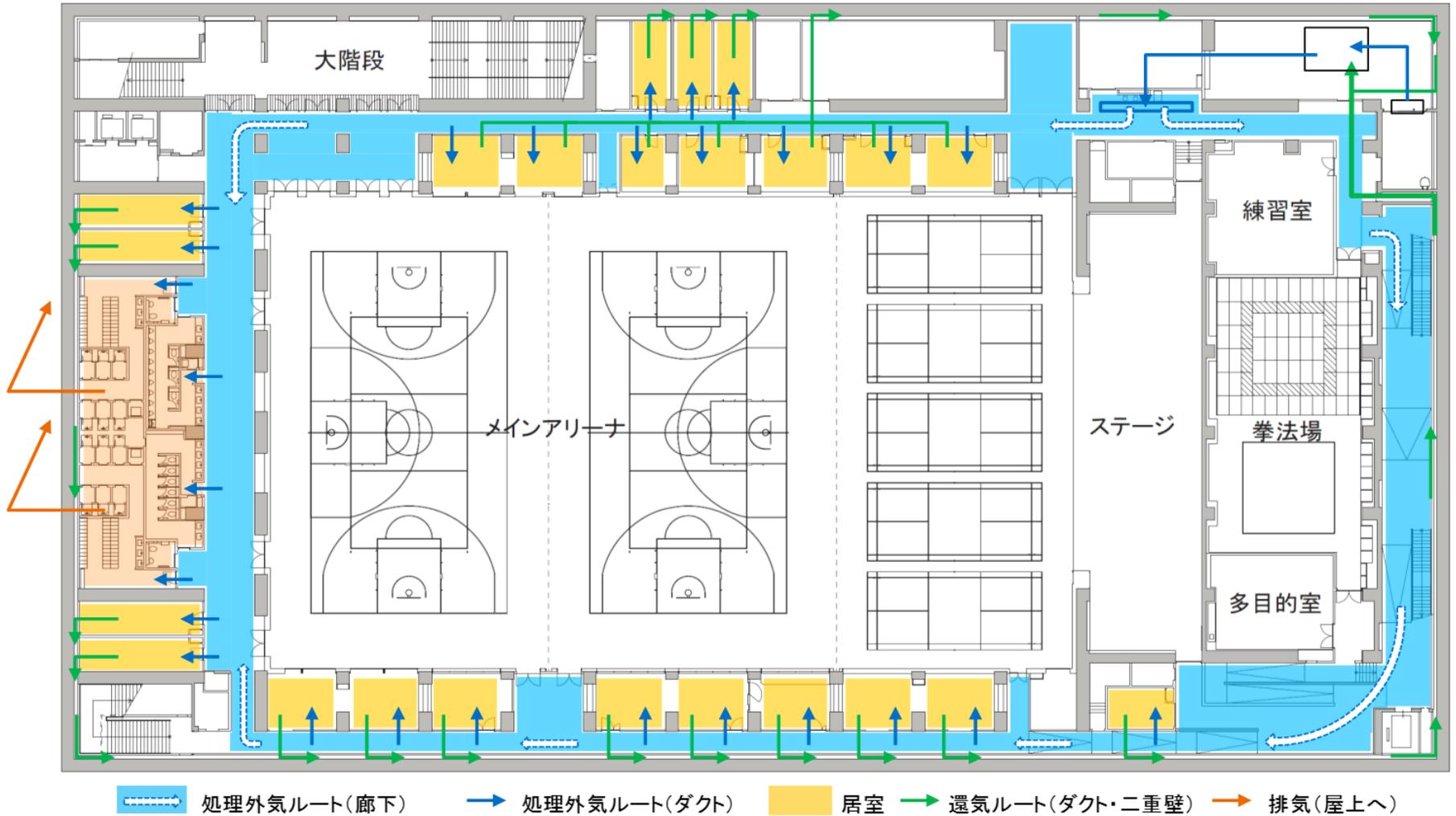


地中熱採熱コイル

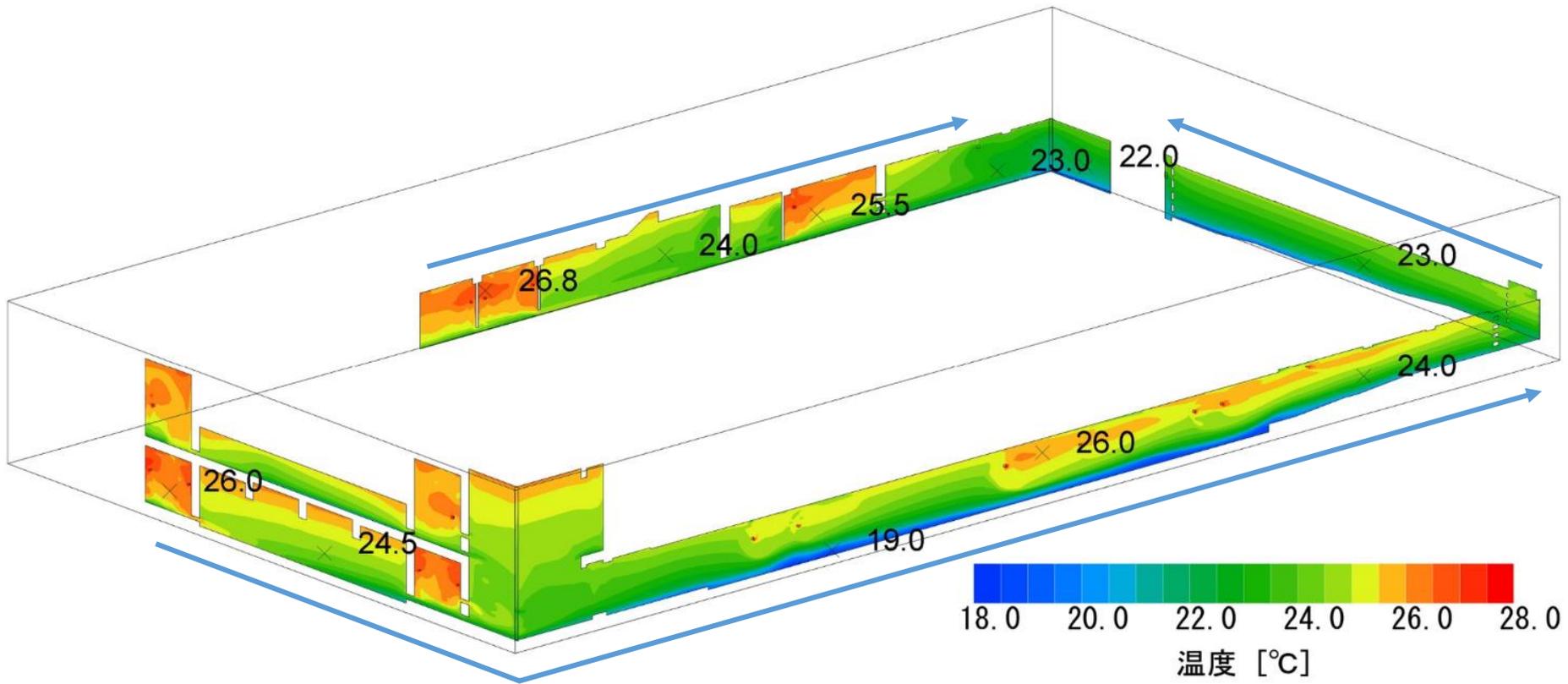
## アリーナ・蓄熱槽部分 断面詳細図



二重壁廻り概念図



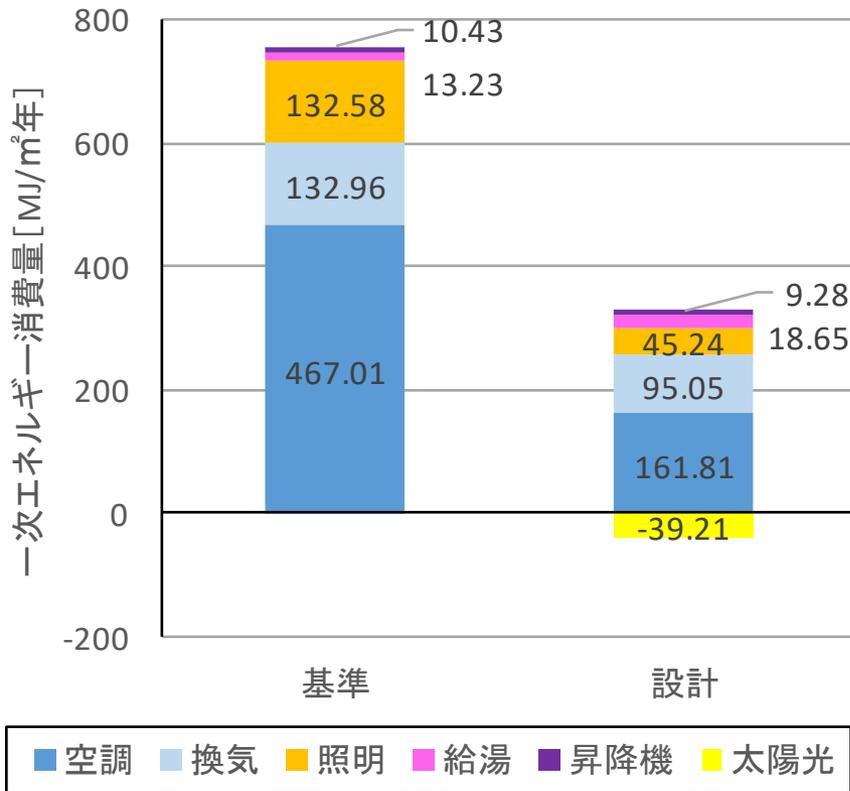
地下2階平面図



## 地下二重壁内の温度分布シミュレーション



太陽光発電パネル(50kW相当)



	基準	設計	BPI/BEI
	[MJ/m²年]		
外皮			0.85
空調	467.01	161.81	0.35
換気	132.96	95.05	0.71
照明	132.58	45.24	0.34
給湯	13.23	18.65	1.41
昇降機	10.43	9.28	0.89
計	756.21	330.03	0.44
太陽光		-39.21	
計	756.21	290.82	0.39

61%削減

## 一次エネルギー消費量

# 早稲田大学 37 号館 早稲田アリーナにおける 低炭素社会の実現に向けた環境配慮の取り組みについて

## CONTENTS

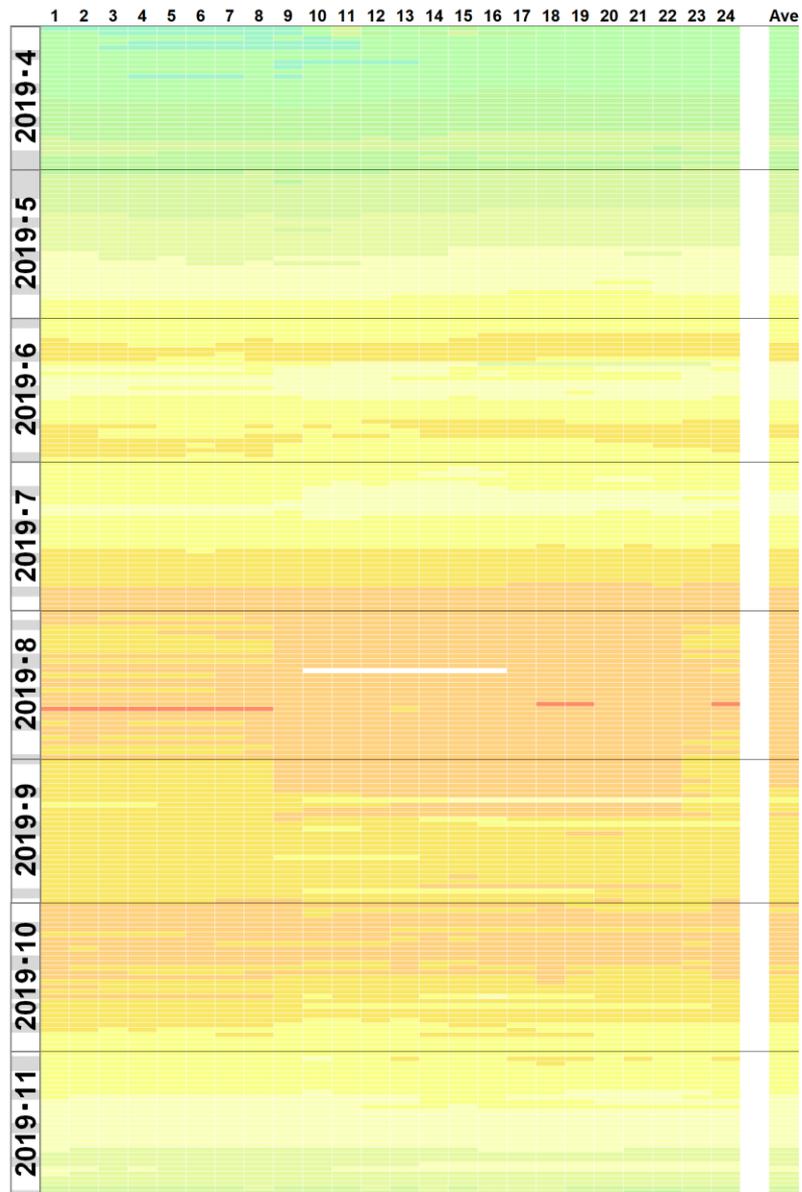
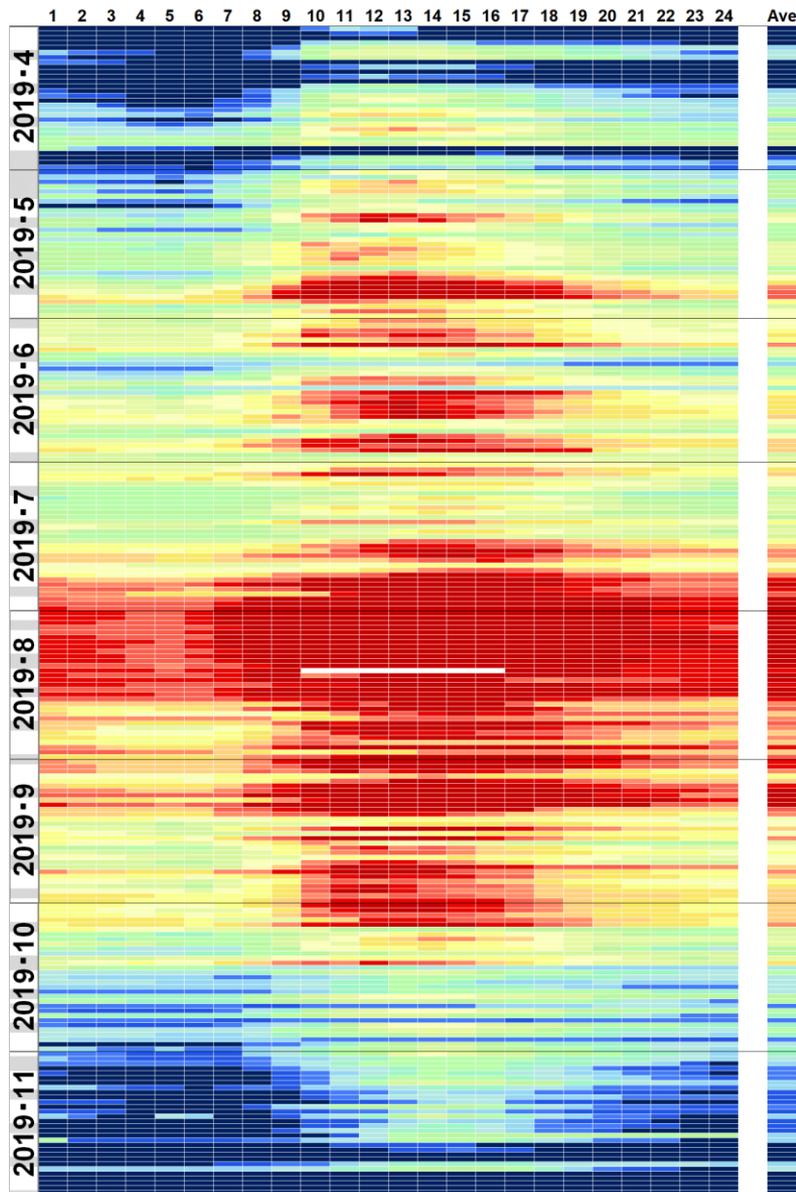
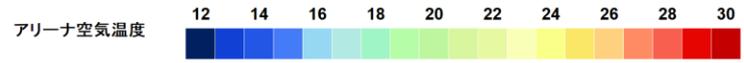
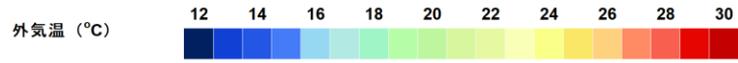
1. 建築計画について : 水越英一郎 / 山下設計
2. 環境計画の基本的な考え方 : 市川卓也 / 山下設計
3. 環境計画の実現手法 : 笠原真紀子 / 清水建設

# アリーナの運用 <アリーナの空調想定運用>

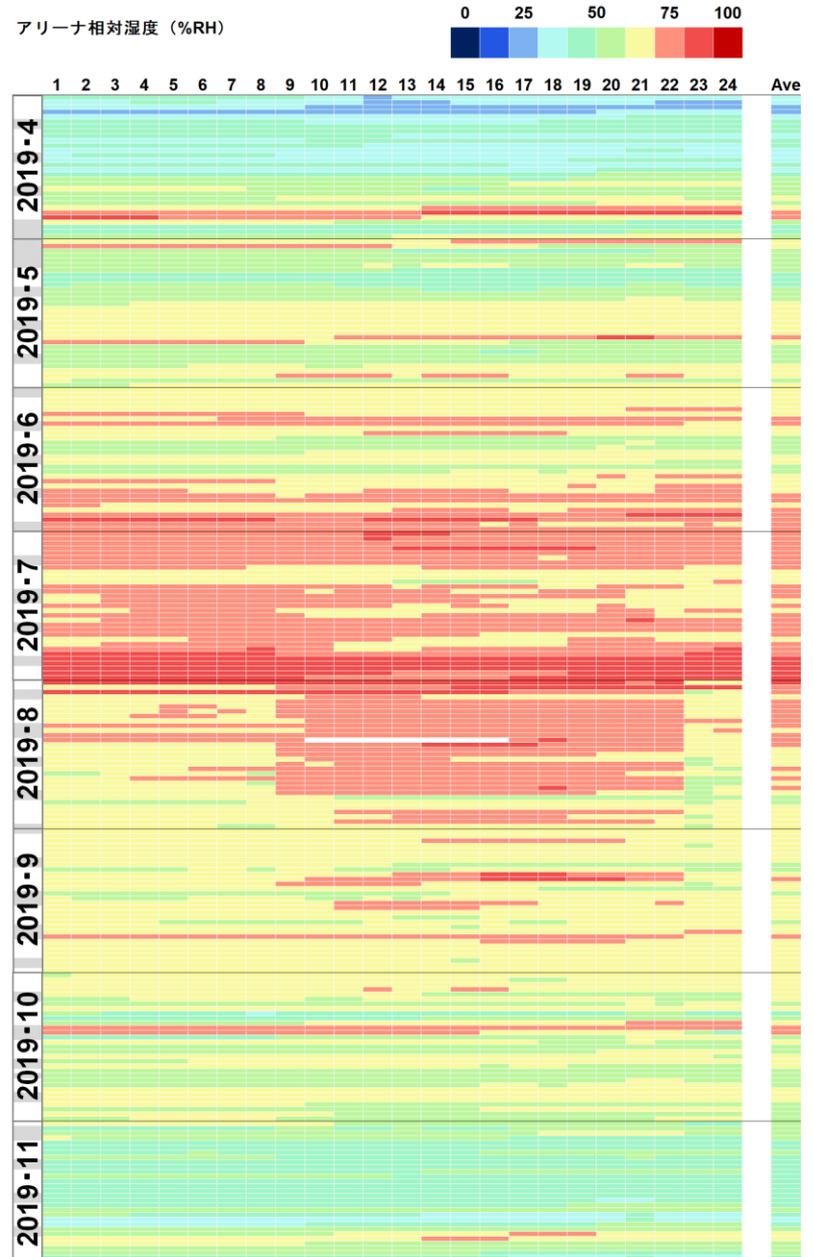
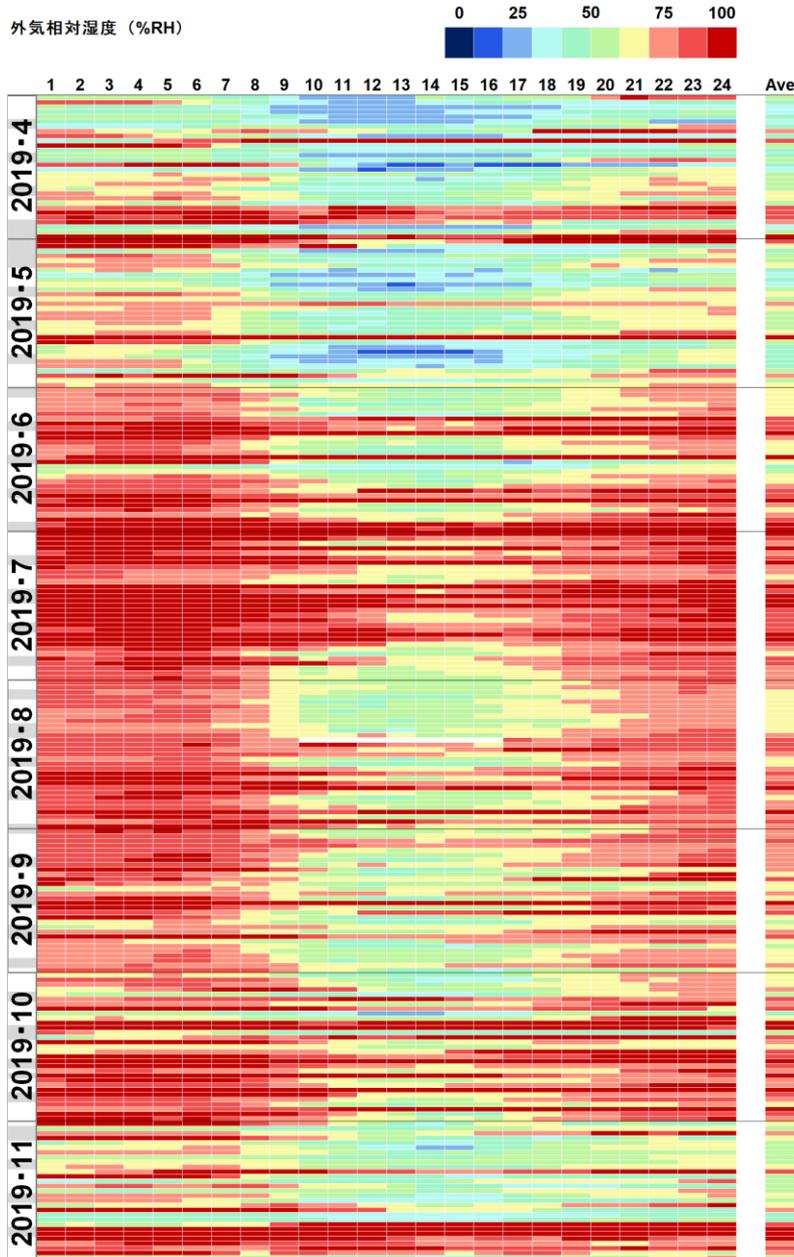
○;運転 ×;停止 △条件により運転

運転モード		時間帯	照度	人員	空調想定運用				
			(Lx)	(人)	地中熱システム	アリーナ空調機	観客席外調機 (合計 62,500 CMH)	式典用換気ファン (合計 100,000 CMH)	空冷ヒートポンプ チラー
通常時	授業	9:00 ~16:00	300	100	○	○	△ (CO2濃度により外気取入)	×	△ (高温・高湿度時)
	部活動	18:00 ~21:00	750	100					
大会時		9:00 ~19:00	1,000	選手 50 観客2,400	○	○	○	×	△ (高温・高湿度時)
イベント時		9:00 ~19:00	式典150 イベント50	6,000	○	○	○	○	△ (高温・低温・高湿度時)

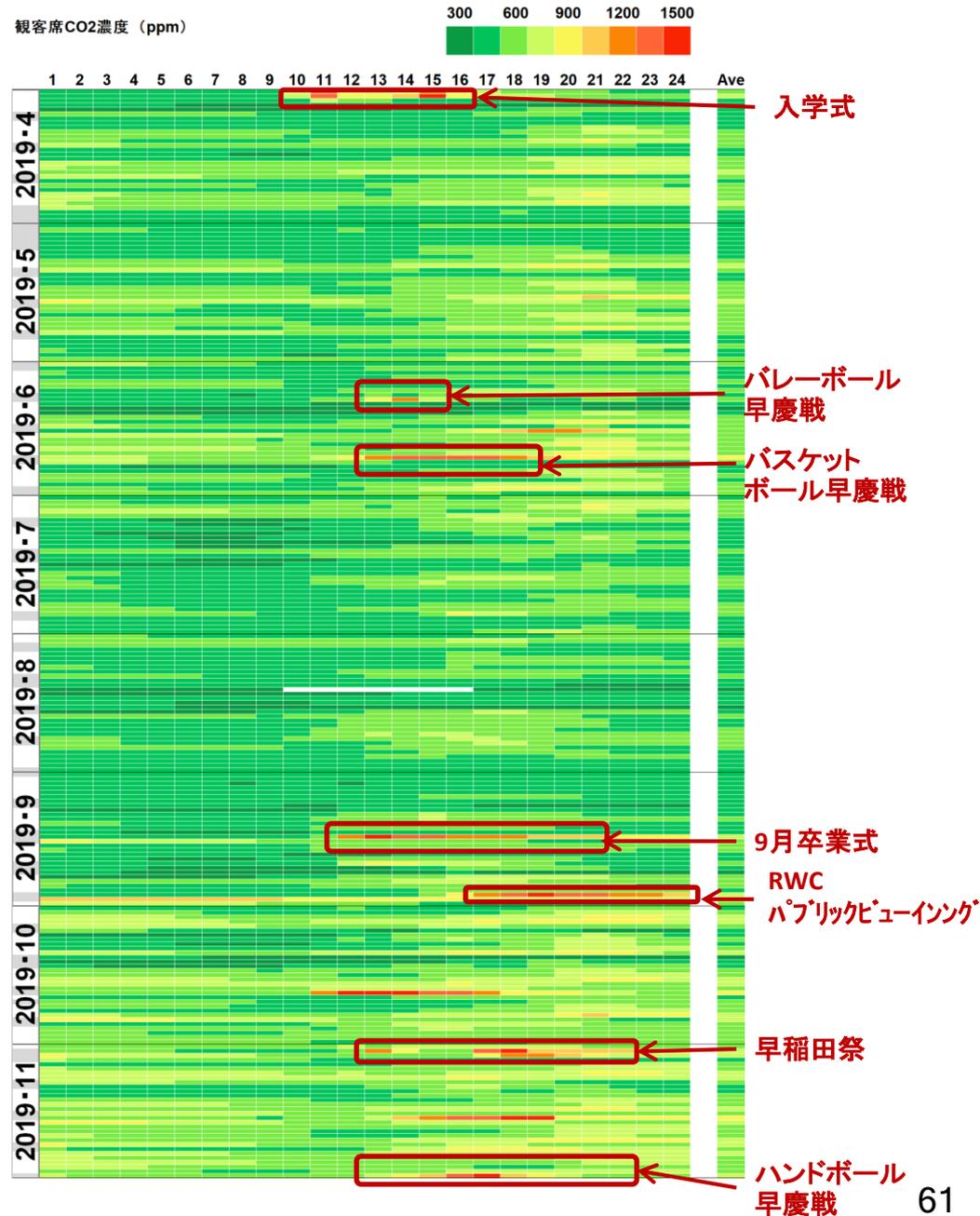
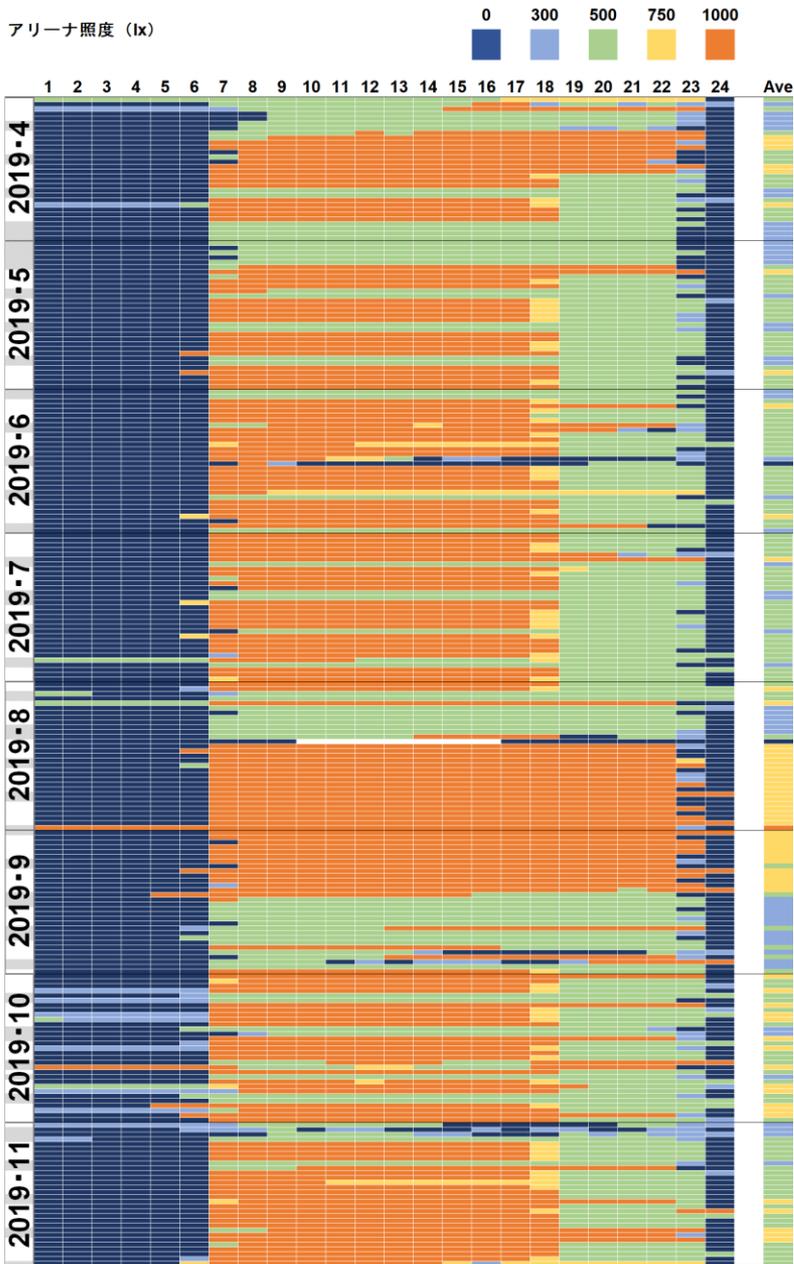
# アリーナの運用 <アリーナの温度>



# アリーナの運用 <アリーナの相対湿度>

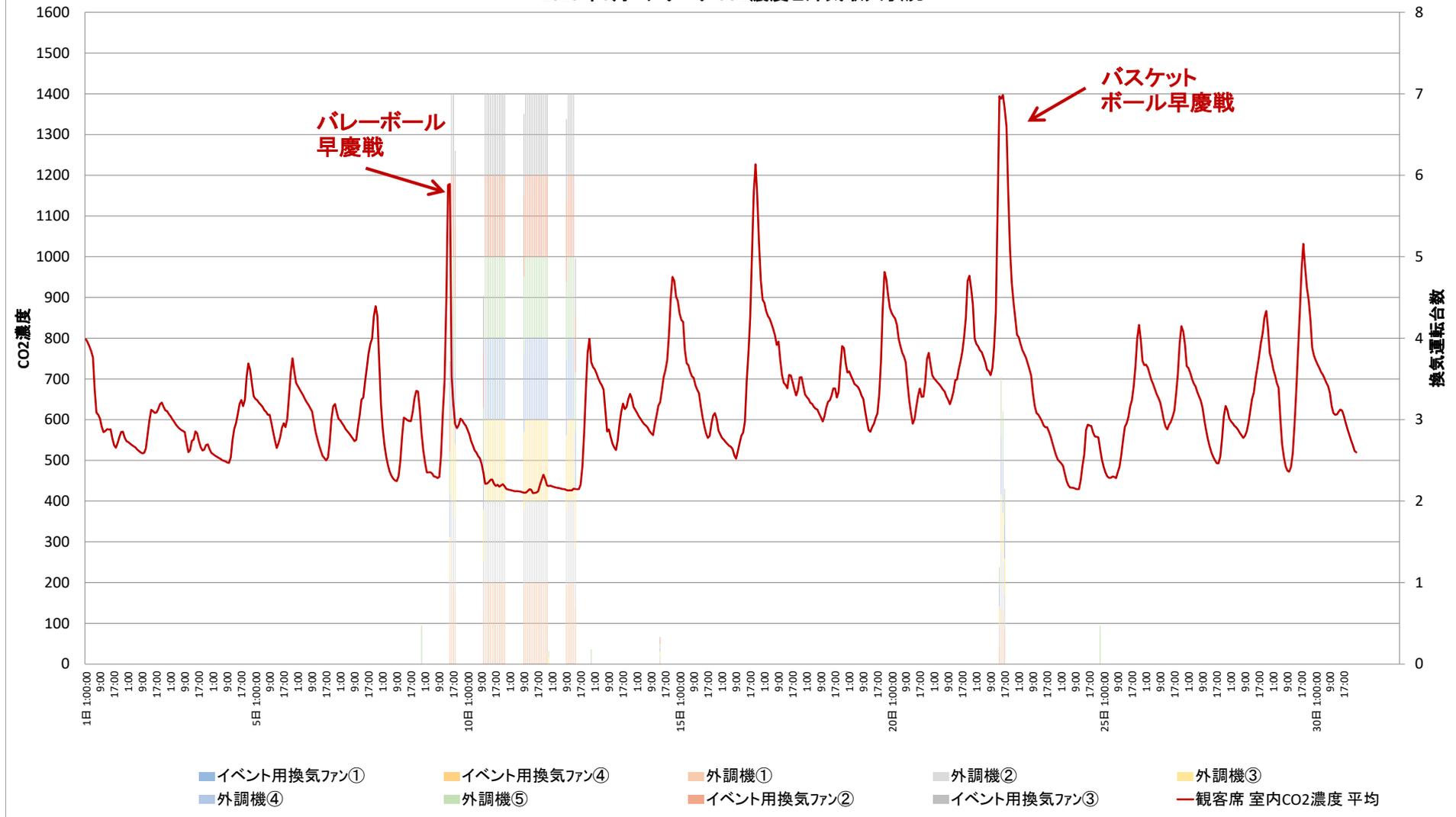


# 3-1 アリーナの運用 <アリーナの照明・CO2濃度>

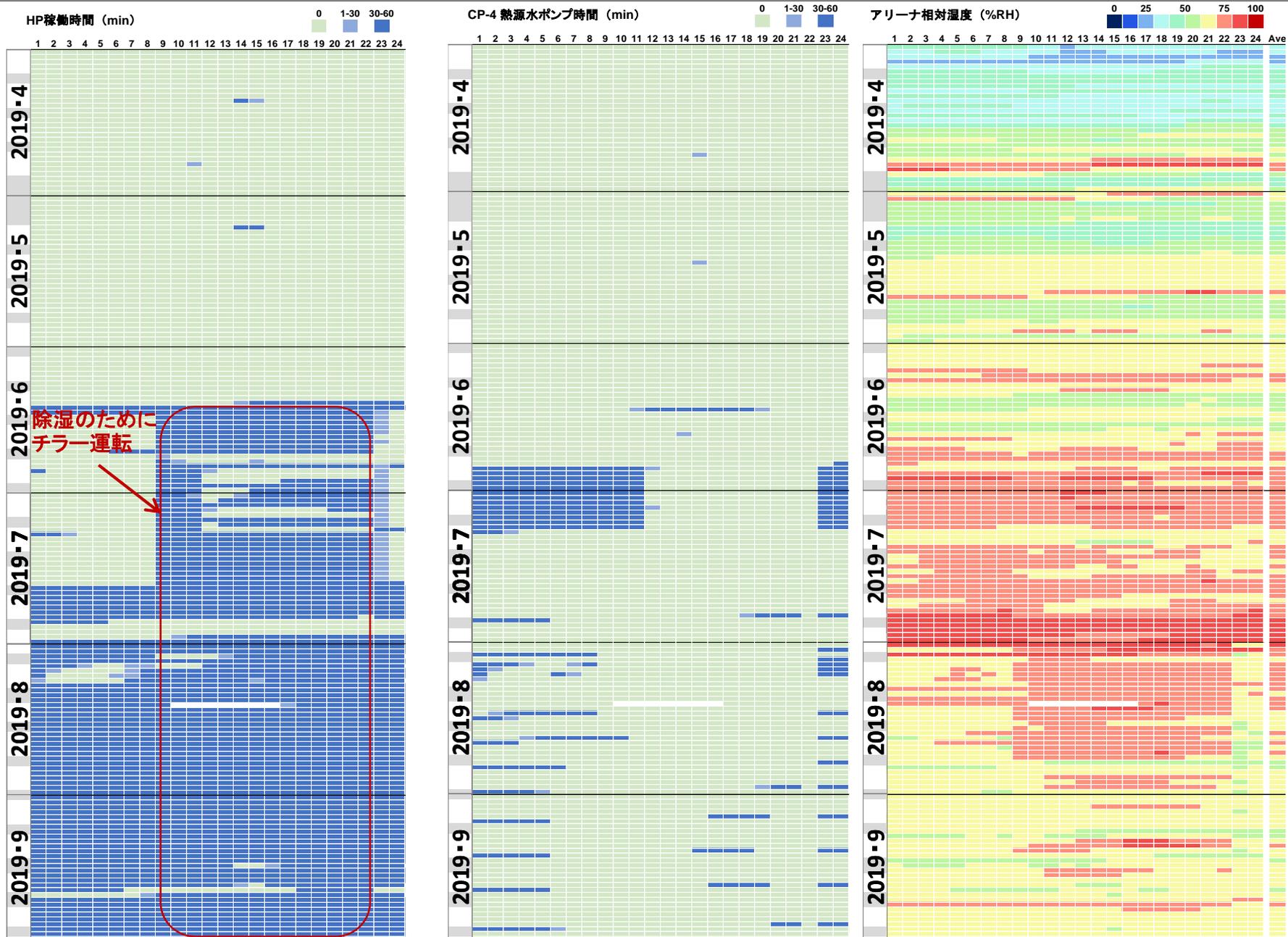


# アリーナの運用 <アリーナのCO2濃度 6月>

2019年6月 アリーナCO2濃度と外気取入状況

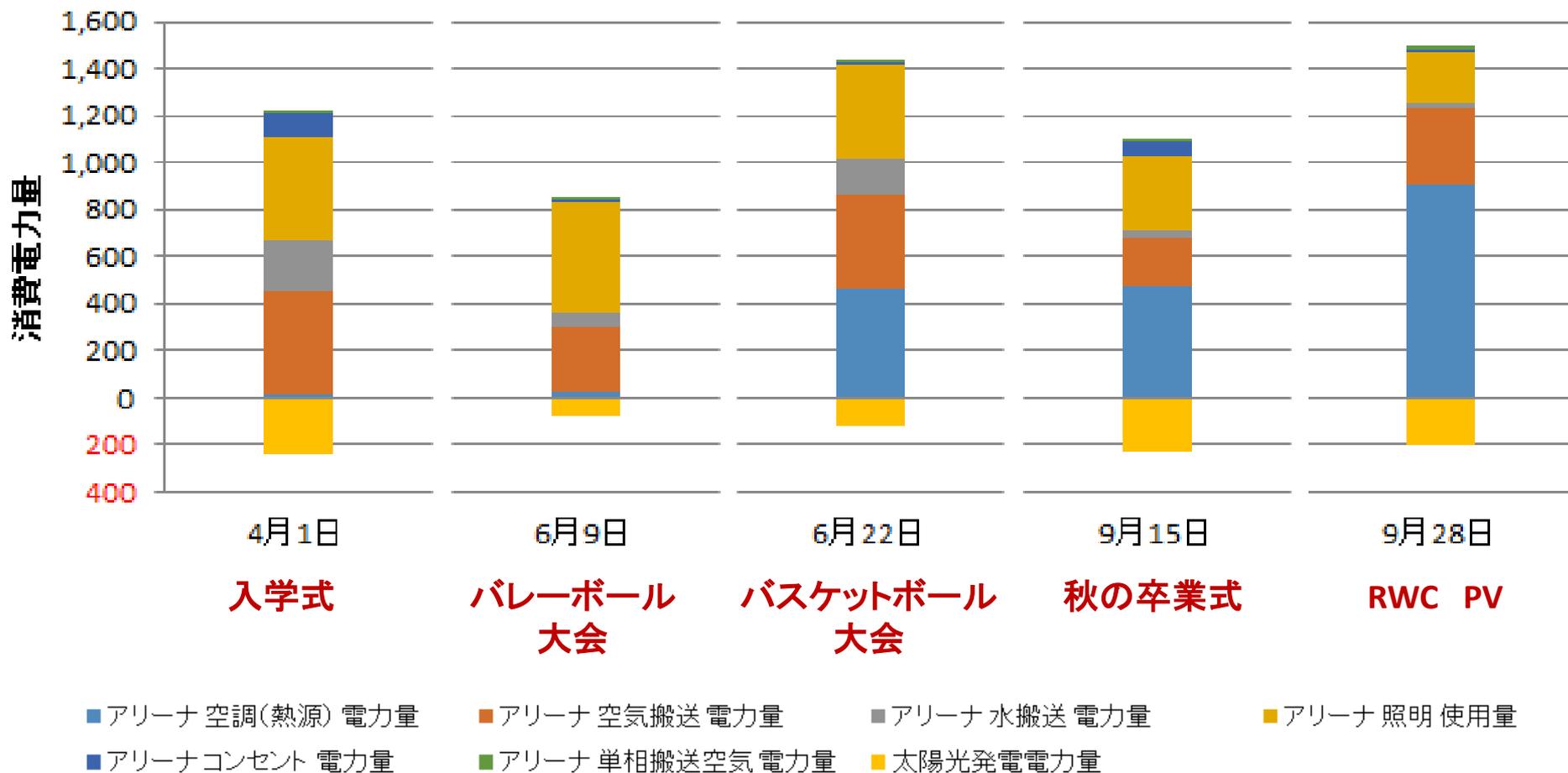


# アリーナの運用 <空冷ヒートポンプチラーと地中熱取得ポンプ稼働時間>





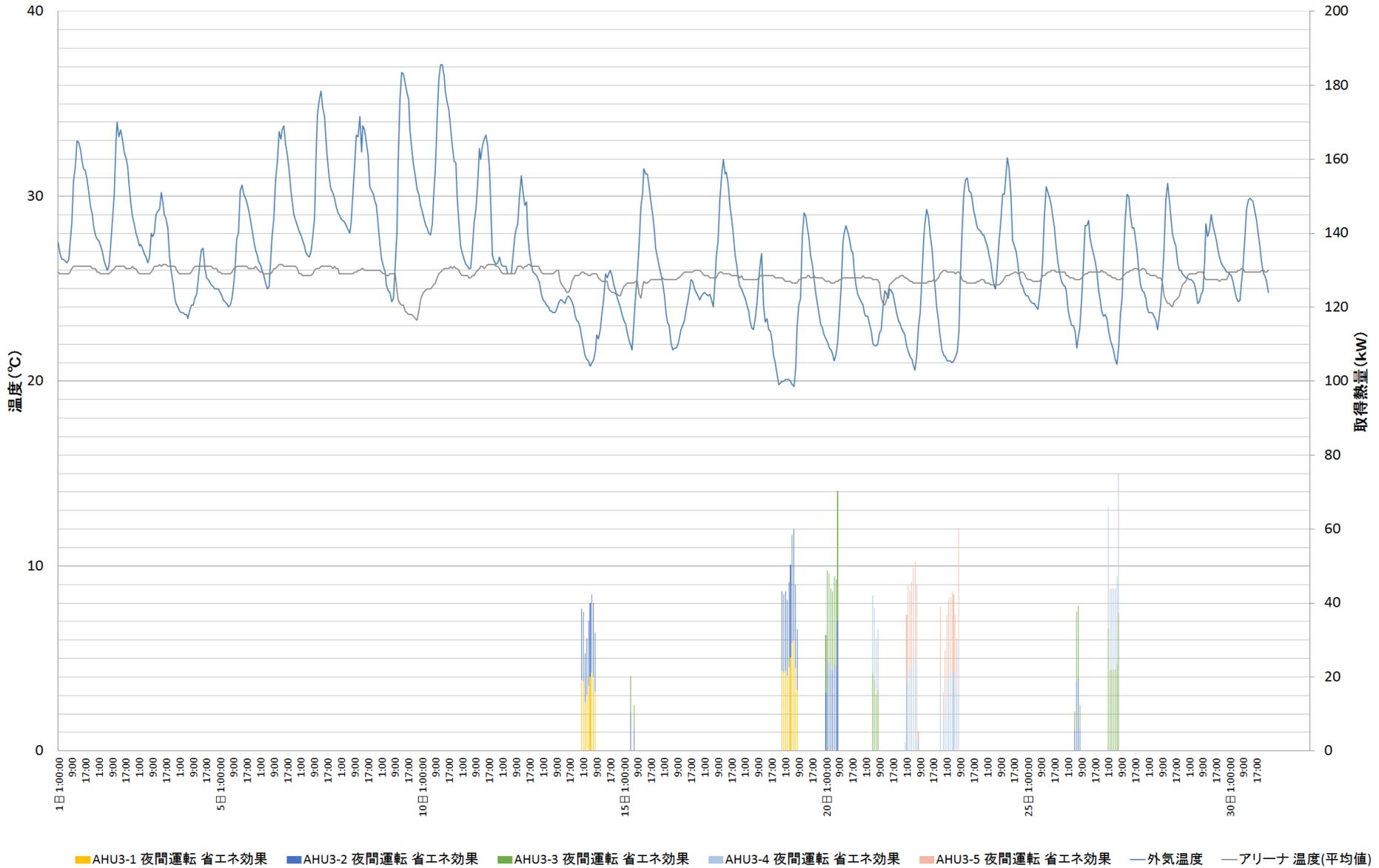
# アリーナの運用 <アリーナイベント日 消費電力量グラフ>



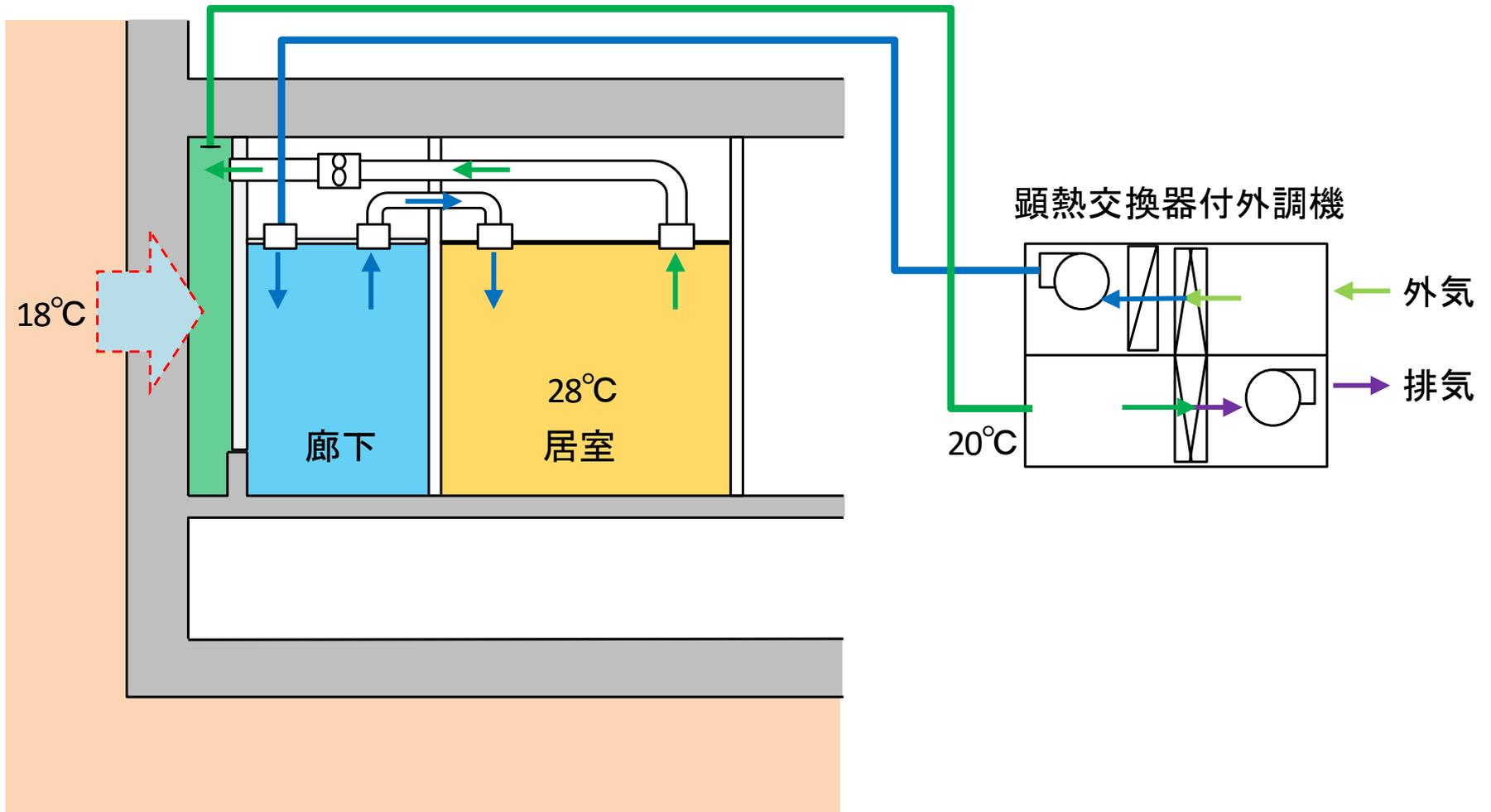
※アリーナの空調(熱源)及び水搬送電力量は、地下諸室外調機及び水熱源パッケージとの利用熱量にて按分を行った。

# アリーナの運用 <夜間換気効果>

2019年9月 アリーナ夜間換気効果グラフ



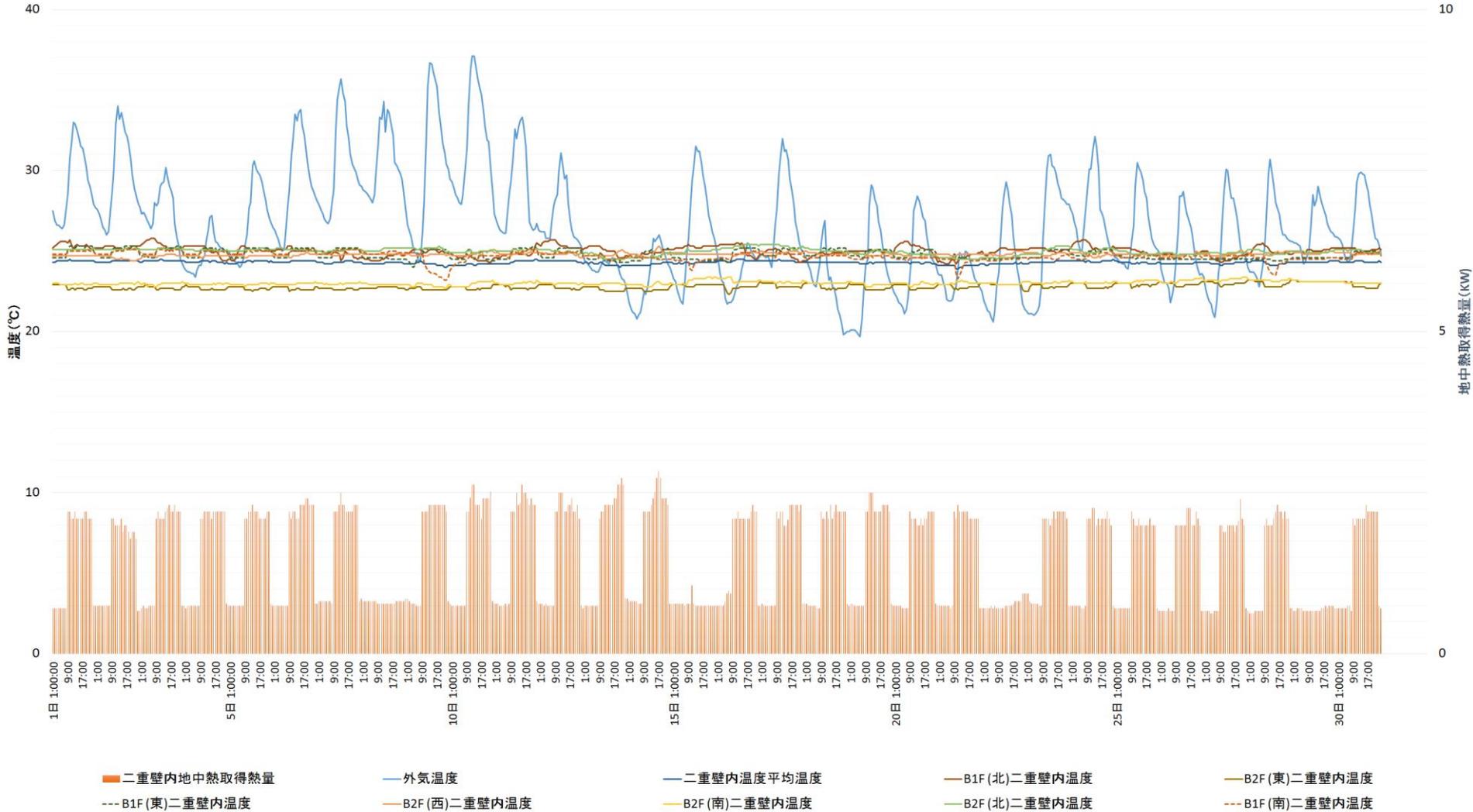
# アリーナの運用 <二重壁まわり概念図>





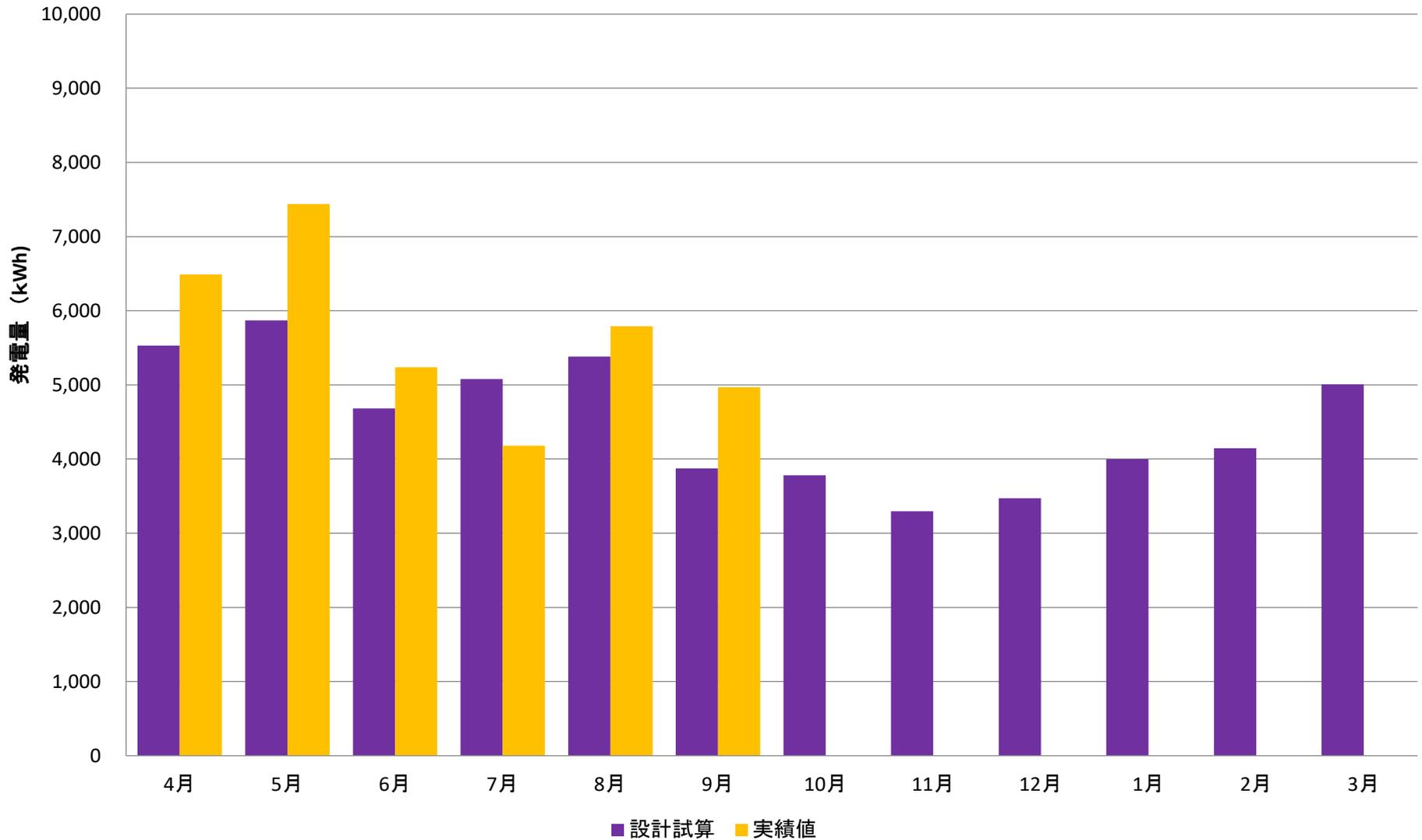
# アリーナの運用 <二重壁通風効果>

2019年9月 二重壁温度グラフ

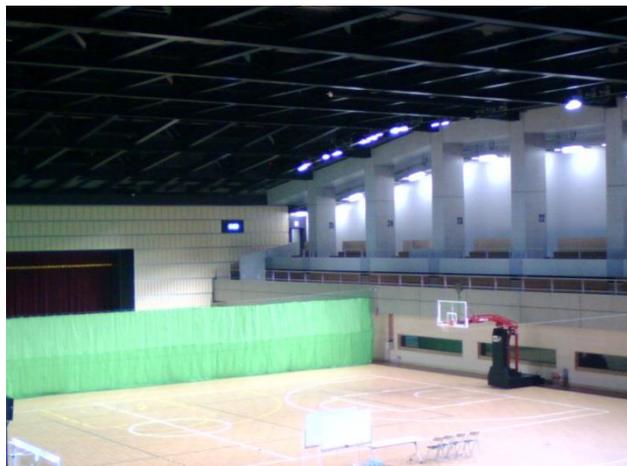


# アリーナの運用 <太陽光発電量グラフ>

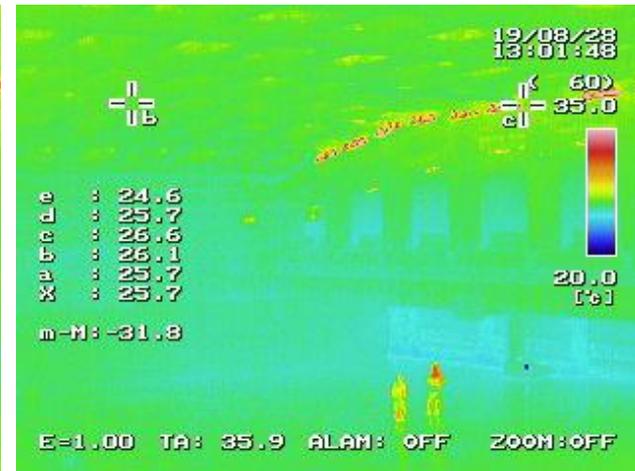
太陽光発電量 設計段階と実績値比較グラフ



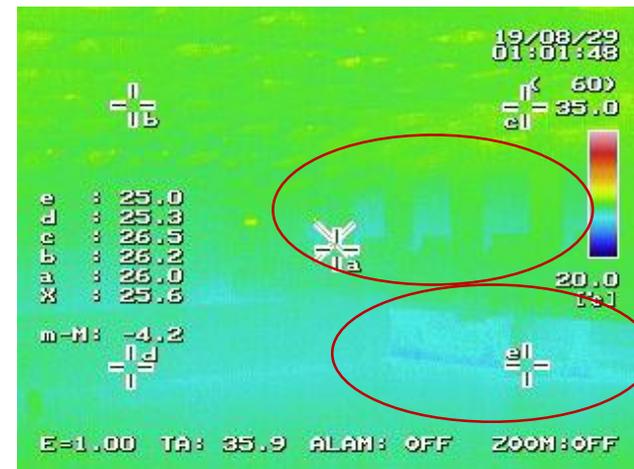
# 地下に埋設されている効果 <夏期におけるアリーナの表面温度実測結果>



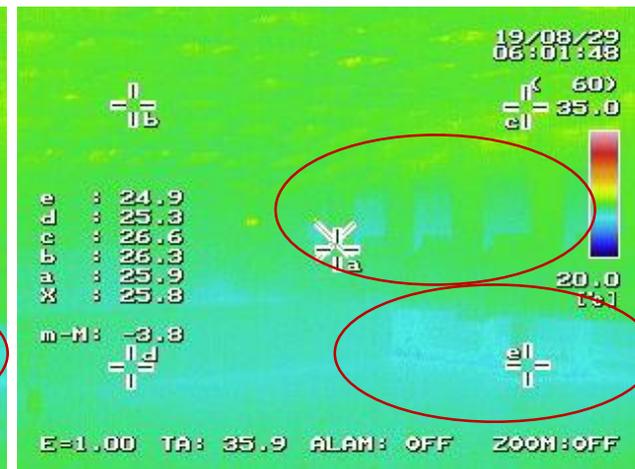
2019.08.28 8:00 空調運転  
外気温度26.6°C



2019.08.28 13:00 空調運転  
外気温度30.8°C



2019.08.29 1:00 空調停止  
外気温度24.9°C



2019.08.29 6:00 空調停止  
外気温度24.7°C

## ●早稲田アリーナにおける

### ZEB達成に向けての課題とポイント

- ①「設計時点で設定した運用方法」と「実際の運用実績の乖離」の解消  
→設計段階のアリーナの照度はJIS基準で300lx↔一時期1000lxで運用。

その使い方をどのようにコントロールするか

- ②長期間にわたる設計者・施工者のフォロー体制の確立  
→設計時点での考えを長期間引き継いで頂くためのフォロー体制の確立や施設管理者が問題意識を持つ仕組みづくり

An aerial photograph of a modern university campus. On the left, a tall, grey, multi-story building with a grid of windows stands prominently. In the center, a large, modern building features a prominent green roof. The campus is surrounded by lush green trees and a paved walkway where several people are seen walking. A road with a yellow curb and a street sign is visible on the right side. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

**ご清聴ありがとうございました。**