

## 5章 大阪ビジネスパーク（クリスタルタワー）での検証

### 5.1 概要

#### 5.1.1 場所の概要

当該実施場所は、大阪ビジネスパーク（以下、OBP）の最西端に位置するオフィスビルであるクリスタルタワーの南側公開空地に建つ「屋外コミュニティスペース」（以下、屋外CS）である。クリスタルタワーに勤務するワーカーは、JR 東西線の大阪城北詰駅、もしくは大阪市営地下鉄長堀鶴見緑地線の大阪ビジネスパーク駅からアクセスすることが多い。平日のOBPはオフィスワーカーで賑わうが、休日は大阪城および大阪城ホールが南側に位置することから、昼食や休憩などで利用する観光客が多く見られる。

日中の日当たりが良く、舗装用石材仕上げの地表面温度は日射を受けて上昇する。約15m北側には高さ150mのガラスカーテンウォールが屹立しており、ガラスに反射した日射の影響には留意する必要がある。南側に樹木帯はあるが、夏季は当該場所に木陰は形成されない。ただし、超高層建物に近接していることから、大阪の卓越風向である西寄りの風が比較的強くなる。



図 5.1 実施場所位置図（図中の赤枠内）



図 5.2 実施場所

（左：クリスタルタワー，右：屋外CS）

本検証では、環境省「平成 26 年度 CO<sub>2</sub> 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」（補助事業）において設置した屋外 CS の熱環境改善を実施し、タスクアンビエント方式の空調と照明を設置したオフィスに勤務するワーカーを想定し、朝夕の執務時間帯と休憩時間帯での屋外利用を促進することで、室内の滞在者を減らし、室内の冷房および照明負荷を低減させる手法を検討した。

### 5.1.2 実施体制

検証事業は、以下の体制で実施した。なお、業務の一部を再委任することにより効率的に実施し、さらに大学等の研究機関から適切な助言等を得つつ有効な事業の実施に努めた。

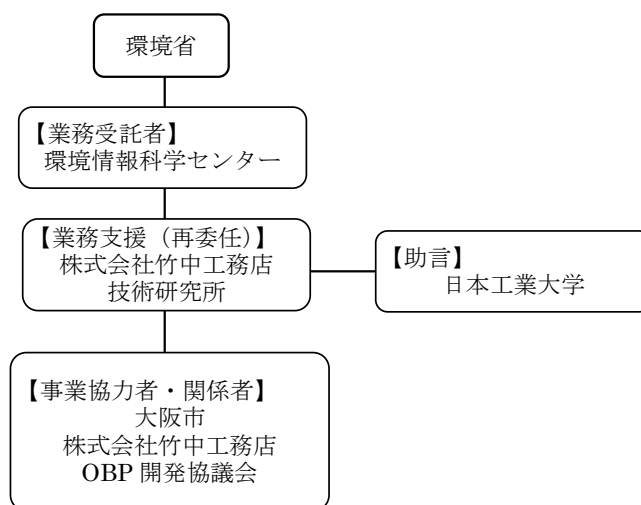


図 5.3 実施体制

### 5.1.3 実施スケジュール

2015 年度（平成 27 年度）に現況把握にもとづき効果的な暑熱対策技術を設置し、2016 年度には効果検証のための計測や利用状況調査等を実施した。2 カ年の実施スケジュールを次に示す。

表 5.1 暑熱対策施設の運用・効果測定スケジュール

		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月		
H27年度	想定CO2削減メカニズムの検討	■											
	導入する暑熱対策技術の検討	■											
	熱環境長期測定(現況把握)	■											
	熱環境集中測定(現況把握)				■								
	利用状況調査(現況把握)				■								
	PR手法の検討											■	
	対策技術の設置											■	
	H27年度とりまとめ											■	
H28年度	PRの実施		■										
	熱環境集中測定(効果検証)			■									
	利用状況調査(現況把握)効果検証			■									
	対策技術の撤去								■				
	検証結果の検討					■							
	結果のとりまとめ										■		

## 5.2 現況把握と技術の選定・導入

対策前の熱環境や利用状況を把握するために、2015年夏季に現地調査を実施した。

- ・暑熱対策設置予定箇所は日射遮蔽物が無く、SET\*は正午頃に40℃以上に達し、WBGTは31℃以上に達する。SET\*は35℃以上、WBGTは28℃以上の環境が9時～15時頃まで続く。
- ・昼から夕方にかけては西寄りの風の頻度が多く、風速は2～5 m/s と比較的強い。
- ・利用者は約5人/日、滞在時間は平均約19分で、12時台に利用が集中している。

### 5.2.1 熱環境測定の実施

#### 1) 実施概要

##### ①長期測定

対策実施場所における夏季の前後を含めた6月～10月の長期的な熱環境測定を行った。測定箇所を図5.4、5.5に、測定項目を表5.2に示す。



図 5.4 測器設置場所（配置図）



図 5.5 測器設置場所（写真）

表 5.2 長期測定項目一覧

測定項目	方法	測定間隔
温湿度	自然通風シェルタ付 温湿度計	2分※
グローブ温度	石川式	2分※
風向風速	超音波式風向風速計	2分※
日射量	日射計	10分

※10秒間隔の測定結果を1分平均化した値を2分間隔で記録

##### ②集中測定

2016年に設置する暑熱対策の効果検証のため、2015年8月3日(月)～2015年8月7日(金)において、温熱環境の短期集中測定を実施した。測定点と測定項目はそれぞれ図5.6、表5.3に示す。なお、暑熱対策技術設置予定場所として選択した屋外CS①と、外部基準の測定は8月3日～8月5日のみ実施し、屋外CS②については全ての日程で測定を実施した。



図 5.6 集中測定測器設置状況

表 5.3 集中測定項目一覧

測定項目	方法	測定間隔
温湿度	自然通風シェルタ付 温湿度計	1分※
グローブ温度	石川式	1分※
風向風速※	超音波式風向風速計	10秒
放射収支※	長短波放射計	1分※
表面温度分布	熱放射カメラ	随時撮影※
形態係数	魚眼カメラ	-

※外部基準、屋外CS①では10秒間隔の測定結果を1分平均化した値を1分間隔で記録  
屋外CS②では1分間隔で測定

※放射収支、風向は暑熱対策導入予定箇所と外部基準点のみで測定

※熱放射カメラは晴天日の午前9時～午後18時に3時間ごとで撮影を行う（1日のみ）

## 2) 測定結果

### ①長期測定

6月1日～8月2日までの気温およびグローブ温度の測定結果を図 5.7、6月1日～6月11日の風向風速の測定結果を図 5.8 に示す。気温は7月上旬までは 20～30℃程度の日変化を示す日が多いが、7月中旬以降は 25～35℃程度の日変化を示す日がみられ、特に厳しい暑熱環境となっていることがわかる。グローブ温度についても上記の気温変動に準じた変化を示している。風向風速の結果からは、昼から夕方にかけて、風速が 2m/s 以上となるときの西寄りの風（大阪での卓越風向）となっていることがわかる。

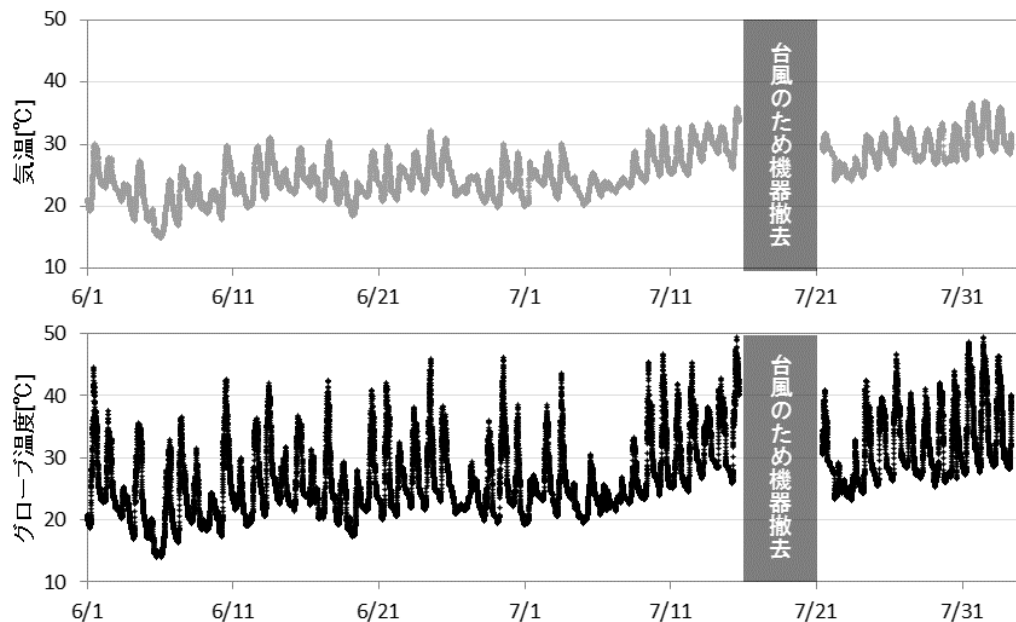


図 5.7 6/1-8/2 における気温・グローブ温度の測定結果

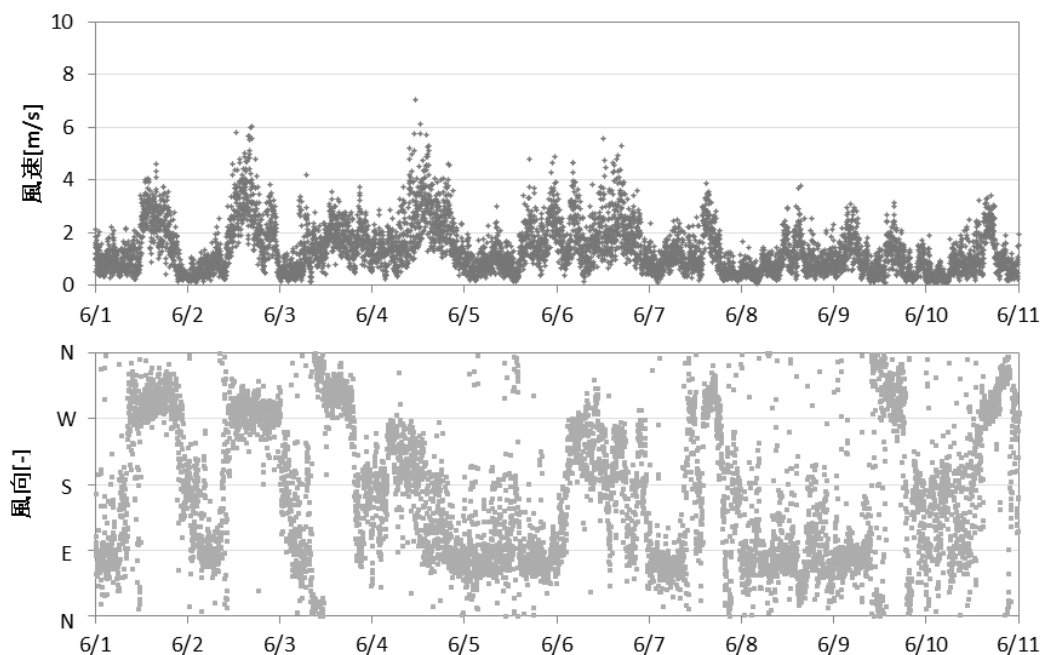


図 5.8 6/1-6/11 における気温・グローブ温度・風速・風向の測定結果



## ②集中測定

3つの測定地点で終日測定できた8月4日の測定結果を図5.9に示す。12～18時に屋外CS②の気温がその他の地点と比較して1～2℃程度高かった。グローブ温度は多くの時間帯でルーバーの陰となりやすい屋外CS②で値が最も小さい。風速は外部基準と比較して屋外CS①が0～0.5m/s程度小さく、ルーバーや鉄骨等の障害物により風速が低減されていると考えられる。

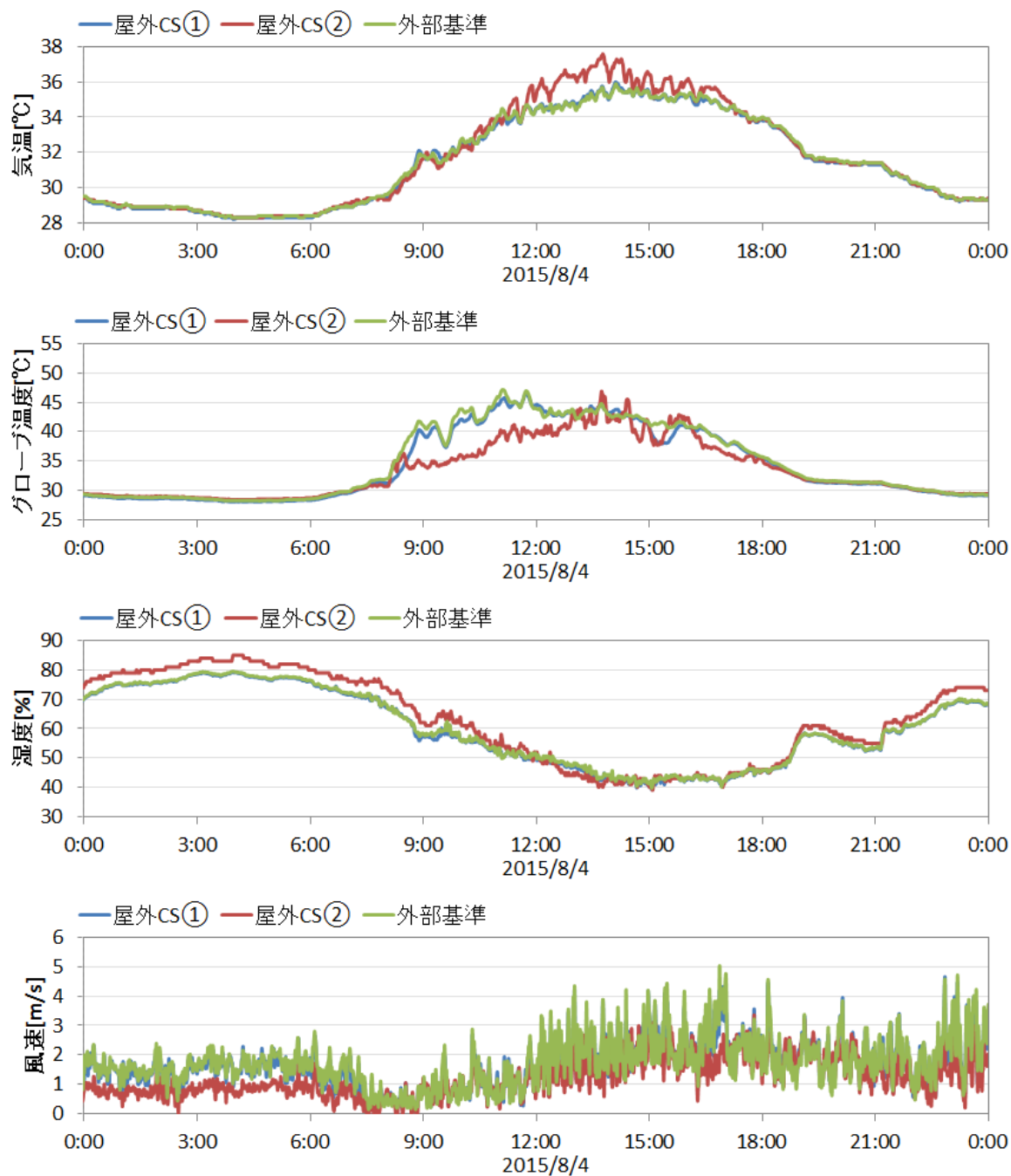


図 5.9 8/4 における各項目の測定結果

次に MRT、SET\*<sup>62</sup>、WBGT の算出結果を図 5.10 に示す。なお、WBGT の算出においては、本測定で得られた石川式のグローブ温度をベルノン式のグローブ温度に換算したものをを用いた。石川式からベルノン式への換算はグローブ球の熱収支に基づき実施した。

MRT、SET\*、WBGT は屋外 CS①と外部基準はほぼ同等の値となっている。また MRT、SET\* はともにグローブ温度の小さい屋外 CS②で小さい。暑熱対策技術の設置を予定している屋外 CS ①は日射遮蔽物が無く、SET\*35℃以上、WBGT28℃以上の環境が9時～15 時ごろまで続いており、屋外 CS の中でも厳しい暑熱環境となる場所であることがわかる。

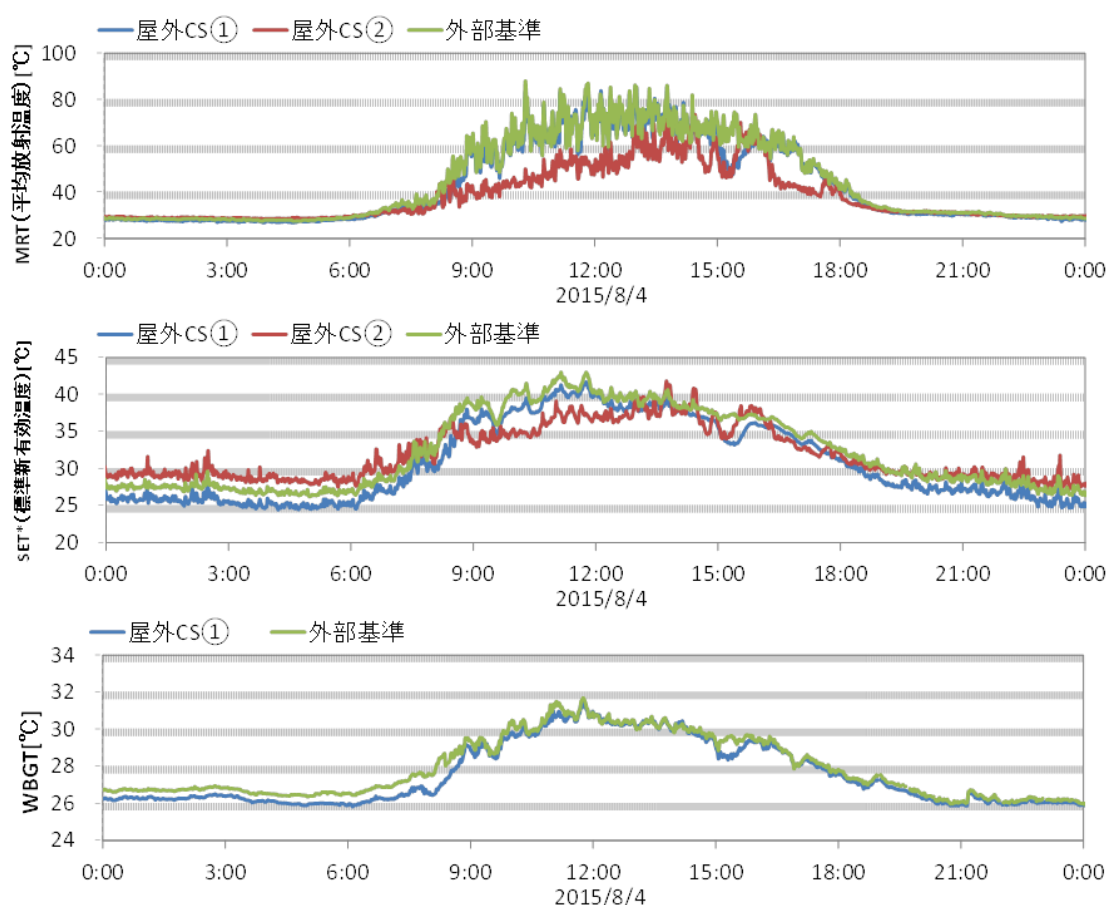


図 5.10 8/4 における MRT・SET\*・WBGT の算出結果

次に、8月4日に撮影した時刻別の熱画像の一部を図 5.11 に示す。9時頃は背後に見える樹林帯の表面温度が全体的に外部基準点の気温以下となっており、冷熱源として暑熱環境を緩和していると考えられる。12 時頃には周囲の舗装用石材の温度が気温+25℃程度まで上昇している。屋外 CS の中からの舗装用石材の形態係数は比較的大きいと考えられるため、舗装用石材の温度上昇は屋外 CS 内の MRT 上昇に寄与していると考えられる。12 時頃は天井ルーバーの下面が約 50℃と表示されているが、ルーバーは放射率の小さいアルミ製であるため、ウッドデッキもしく

<sup>62</sup> 体重 70kg、体表面積 1.8 m<sup>2</sup>、代謝量 64.02W/m<sup>2</sup>、着衣量を 0.68clo として 2-Node-Model により算出した。なお、ここで用いた着衣量は後述の行動観察の際に得られた全利用者の平均値である。

は舗装用石材からの長波長放射が反射しているものと考えられる。17 時においても舗装用石材の表面温度は気温+15℃程度までしか下がっておらず、日射量が落ちても MRT が下がりにくい熱環境となっていることがわかる。

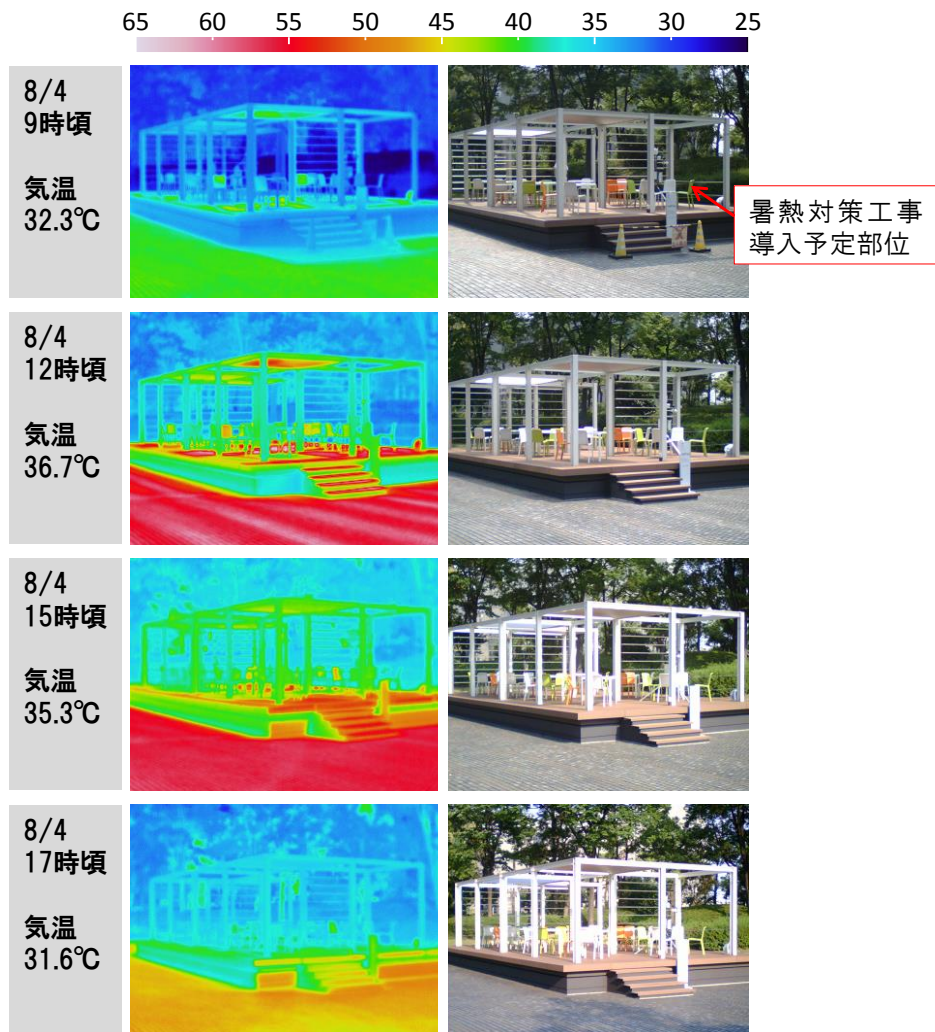


図 5.11 8/4 における時刻別の熱画像



## 5.2.2 利用状況調査

### 1) 実施概要

夏季集中測定の間である 2015 年 8 月 3 日（月）～8 月 7 日（金）の 9 時～17 時、屋外 CS において行動観察調査を実施し、利用者の人数・性別・着席場所・行為・環境調節等や、周囲の歩行者、喫煙人数を記録した。

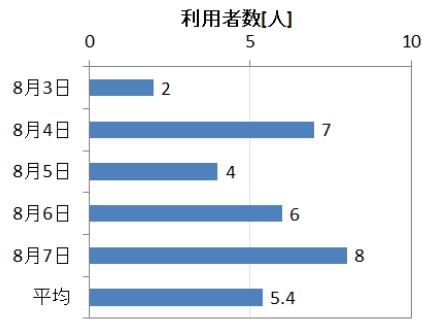
### 2) 結果概要

得られた結果の一部を図 5.12 に示す。一日の利用者は平均 5.4 人であり、8 割近くが 12 時台に利用している。これは利用者の多くがワーカーであり、昼休みに利用しているためであると考えられる。滞在時間は平均約 19 分であり、中には 30 分を超える利用者もいた。利用者の服装として長袖シャツ+長ズボンというパターンがより多くみられたが、これも利用者の多くがワーカーであるためであると考えられる。なお、服装ごとの clo 値は文献<sup>63</sup>を参考に設定した。

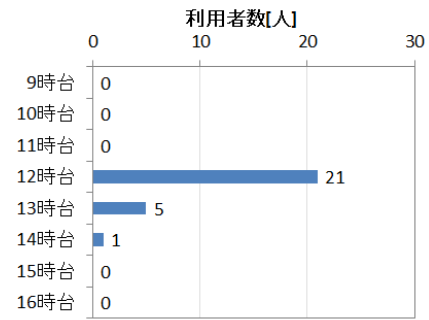
約 9 割の利用者が 3 番または 1 番の机を利用しており、3 番の机の利用が最も多かった。1 番、3 番の両机は共に真上にルーバーが設置されていることから、利用者の多くが 12 時頃に直射日光が当たりにくい環境を好んでいることがわかる。3 番の利用が特に多かったのは西側に垂直ルーバーが設置されており、より周囲の視線を感じにくい場所にあるため、あるいは風が遮られる場所であるためと考えられる。イスの利用はクリスタルタワーを背にした A、D で多く、利用者がクリスタルタワーからの視線を避けている、もしくは緑地の景観を好んでいる傾向が推測される。利用行為としては飲む、食べる、雑談、携帯・スマートフォン操作の順に多くみられ、休憩に類する行為がほとんどであった。仕事利用はほとんどみられなかった。環境調節行為はどの行為に関しても一度も観察されなかった。

---

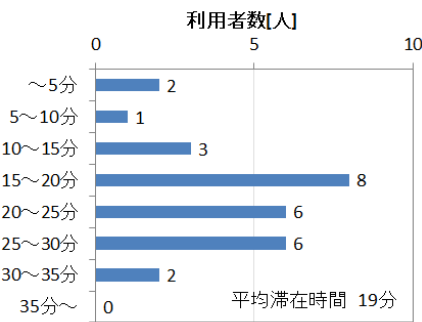
<sup>63</sup> 日本建築学会（編），“建築設計資料集成 1 環境”，丸善(1978),pp. 107



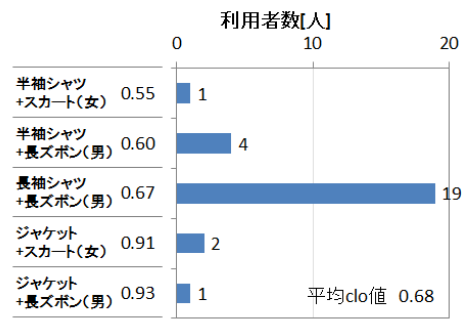
(1) 日別の利用者数



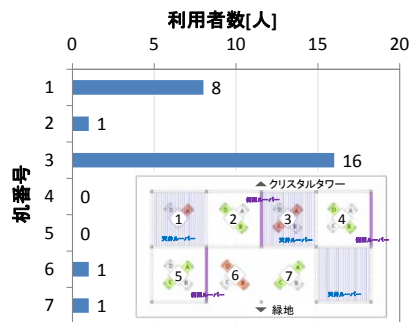
(2) 時間帯の別利用者数※全日合計値



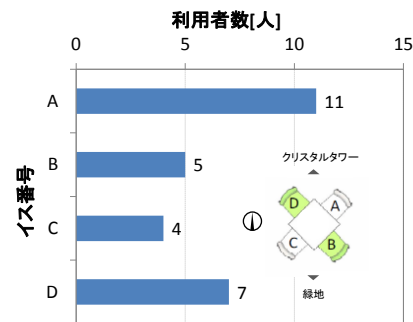
(3) 滞在時間別の利用者数※全日合計値



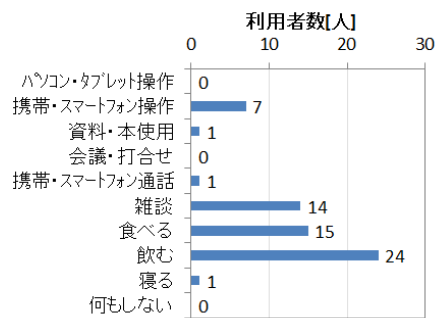
(4) clo 値別の利用者数※全日合計値



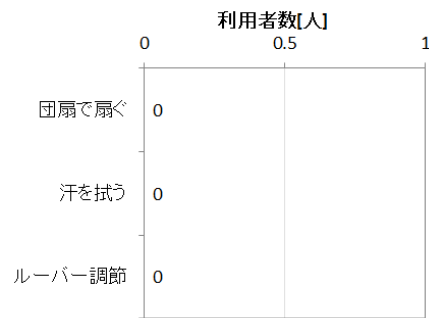
(5) 机別の利用者数※全日合計値



(6) イs番号別の利用者数※全日合計値



(7) 行為別の利用者数※全日合計値



(8) 環境調節行為別の利用者数※全日合計値

図 5.12 8/3～8/7 の利用状況調査結果

### 3) 温熱環境と利用状況の関係

各測定日における 12～13 時の延べ利用時間（全利用者の利用時間の合計値）と 12～13 時の平均 SET\*の比較を図 5.13 に示す。両者の明確な相関は捉えられず、利用者の多くは温熱環境とは別の動機づけにより「屋外 CS を利用する（またはしない）」という意思決定を行っていたことが推測される。これはどの測定日の 12-13 時においても SET\*の平均値が 35～37℃程度の狭い範囲に分布しており、快適感の明確な差がなかったためであると考えられる。

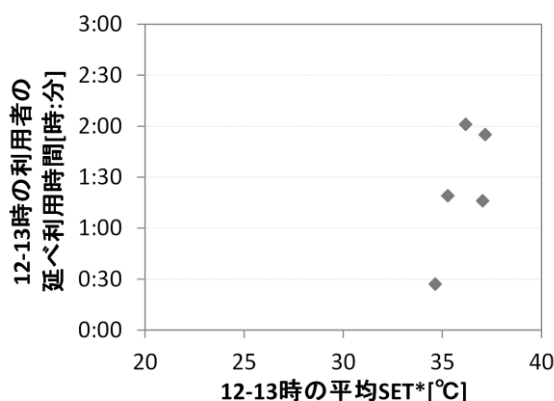


図 5.13 12-13 時の利用者の延べ利用時間と 12～13 時の平均 SET\*

※8/3 の SET\*のみ 12:30～13:00 の平均値  
 ※SET\*は屋外 CS②の測定結果から算出

### 5.2.3 技術の選定と効果予測

対策技術は図 5.14 に示す箇所に設置した。当該箇所において、把握できている環境特性や利用特性、施工上の制約を考慮した上で、暑熱対策技術設計を進めた。

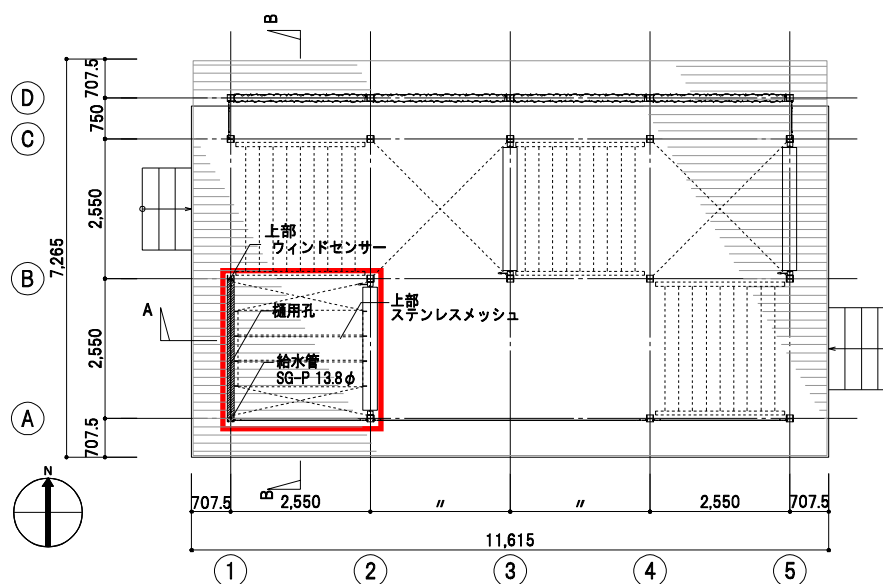


図 5.14 暑熱対策技術導入場所（赤枠部分）

## 1) 設計の考え方

暑熱対策技術の設計にあたっては、まずは、夏季晴天日には熱的快適性に支配的な影響を及ぼし得る直達日射を遮蔽すること、ついで、散水により日射吸収による表面温度上昇を抑制することで、熱放射環境を改善すること、を目標とした。

## 2) 対策技術の選定

前述の設計の考え方を実現するため、対策技術の選定にあたり、日射を遮蔽できる、保水性を有する、長期間の設置を可能とする耐候性を有する、軽量で設置が容易、の4つの条件に留意した。以上を鑑み、選定した対策技術を以下に示す。

### ① 金属メッシュを用いた保水性日除け（以下、メッシュ日除け）へのミスト散水（図 5.15）

上部に金属メッシュの日除けを設置する。ミスト散水し、メッシュの空隙部に保水させる。太陽高度が大きい時の日射を遮蔽でき、さらに蒸発冷却効果により熱放射環境が改善すると想定した。

### ② 冷却ルーバー（図 5.16）

表面に親水加工を施した冷却ルーバーを設置する。上部から滴下散水するとルーバー表面に水が広がる。蒸発冷却効果により熱放射環境を改善できるほか、側面からの日射を遮蔽できる。



図 5.15 対策技術イメージパース①



図 5.16 対策技術イメージパース②

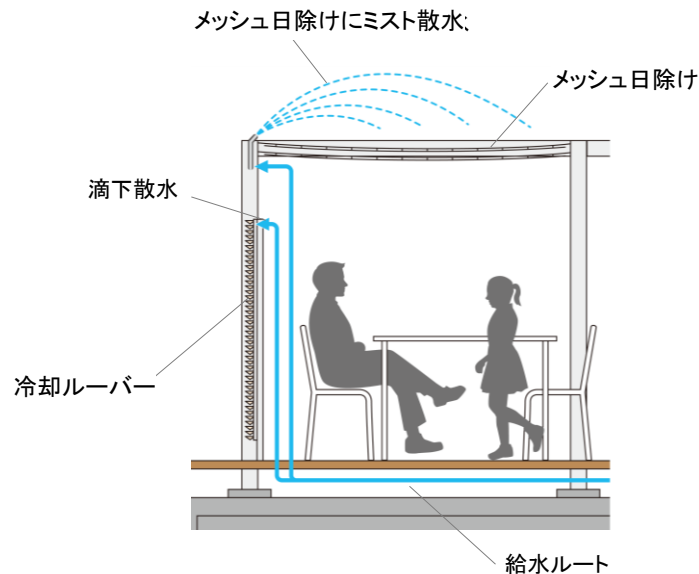


図 5.17 全体イメージ

### 3) 効果の予測

#### ① 予測方法

効果の予測には 2015 年 8 月 4 日正午の実測結果を用い、対策前後の熱放射環境の違いとして推算した。具体的には、図 5.18 に示す計算対象地点において、上下東西南北 6 方向の魚眼写真（例、図 5.19）より得られる周辺事物の形態係数と、熱画像により得られる表面温度分布（例、図 5.20）から対策前後の MRT、SET\*を算出し、その結果を比較した。



図 5.18 計算対象地点

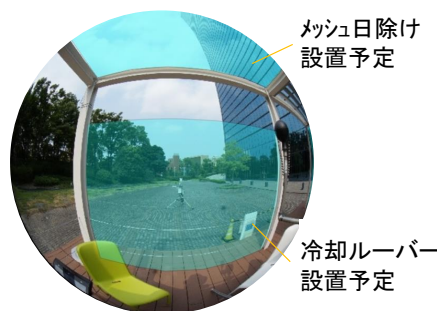


図 5.19 魚眼画像（正射影）

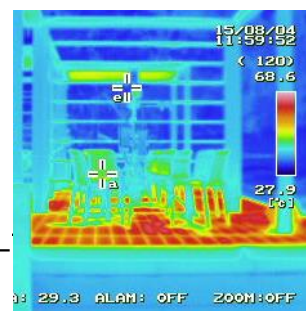


図 5.20 熱画像

#### ② パラメータの設定

計算に用いた各種条件を表 5.4、表 5.5 に示す。また、形態係数や MRT 算出の際は図 5.21 に示す微小直方体<sup>64</sup>を仮定し、人間の形状により決定されている重み係数を用いた。次に算出に用いた気象条件を表 5.6 に示す。

表 5.4 各種要素の遮蔽率

	遮蔽率	備考
メッシュ日除け	0.75	空隙率 0.5 の金属メッシュを 2 枚重ね
冷却ルーバー	0.80	寸法より概算
フラクタル日除け	0.80	メーカー提示値
緑化ルーバー	0.50	画像から概算

表 5.5 人体の放射率・日射吸収率<sup>65</sup>

人体の放射率	人体の日射吸収率
0.98	0.71

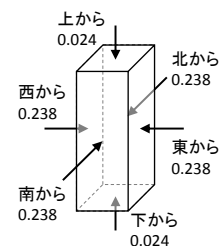


図 5.21 微小直方体各面の重み係数

<sup>64</sup> 中村泰人：建築都市空間内の人体に対する熱放射場の表現について，日本建築学会計画系論文報告集，第 376 号,pp.29-33,1987.06

<sup>65</sup> 鄭梶元，堀越哲美，梅村茂樹，宮本征一，水元彰夫：都市の街路および開放空間における熱放射環境が人体に及ぼす影響，日本建築学会計画系論文集, No.493, pp.77-84, 1997.03



表 5.6 算出に用いた気象条件

日時	気温 (°C)	湿度 ※ (%)	風速 ※ (m/s)	下向き短波 長放射量 (W/m <sup>2</sup> )	上向き短波 長放射量 (W/m <sup>2</sup> )	下向き長波 長放射量 (W/m <sup>2</sup> )	上向き長波 長放射量※ (W/m <sup>2</sup> )
2015/8/4 12:00	34.5	50.6	1.1	870	132	514	623

※算出には用いていないが参考までに記載

MRT の算出の際は下向き短波長放射量を Erbs モデルにより直散分離した値を用いた。また、空の表面温度（空からの長波長放射量を温度換算した値）は“大気の窓”の影響によりサーモカメラによる測定ができないため、下向き長波長放射量を温度換算した値を用いている。

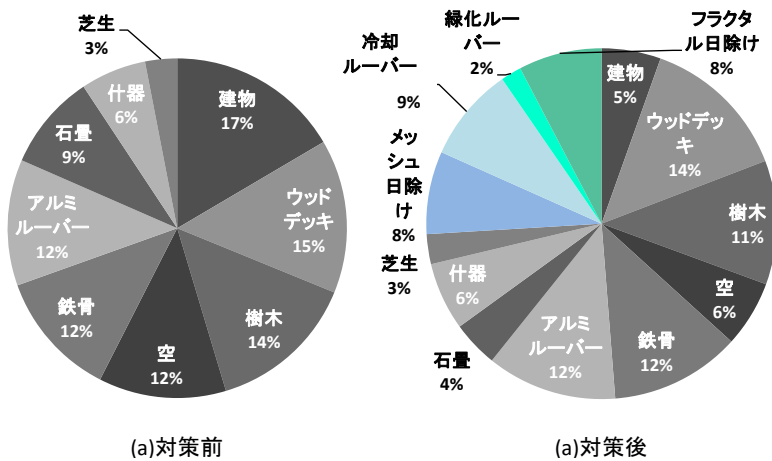
なお、算出に際し、以下の仮定を用いている。

- ・ 対策後において直達日射量はメッシュ日除けにより遮蔽される
- ・ 対策後の天空日射量は対策前の天空日射量に対策前後の天空率の比率を乗じた値となる

### ③計算結果

魚眼画像を基に算出した形態係数の分布を図 5.22 に示す。対策後にはメッシュ日除け等の暑熱対策要素が合計で約 25%程度となっており、放射環境への影響は小さくないと考えられる。建物と空は対策前後で値が大きく減少しており、暑熱対策要素により建物と空からの放射が遮蔽されていることがわかる。

次に各要素の表面温度を表 5.7 に示す。ウッドデッキや舗装用石材の表面温度が約 56°Cと非常に高く、形態係数の大きいウッドデッキは MRT 上昇への寄与が大きいと考えられる。一方で樹木は気温-2°C程度となっており MRT 上昇の緩和に寄与していると考えられる。



(a)対策前 (a)対策後  
図 5.22 対策前後の周辺事物の形態係数

表 5.7  
各要素の表面温度

	表面温度 [°C]
建物	44.8
ウッドデッキ	56.6
樹木	32.7
空	27.0
鉄骨	40.6
アルミルーバー	40.0
石畳	56.9
什器	42.0
芝生	44.3

以上を基に算出した対策前後の MRT, SET\*を表 5.8 に示す。メッシュ日除け、冷却ルーバーの表面温度はその他要素の表面温度を参考に妥当な範囲と推測される値を設定している。なお、構造上の都合により実際に設置するメッシュの面積を当初案から 3/5 に減じているが、当初案のメッシュ面積での効果についても合わせて記載している。現案では case-1→case-2 で MRT は約 14.0℃、SET\*は約 3.7℃低下しており、case-2→case-3 でさらに約 1.0℃、約 0.3℃、case-3→case-4 でさらに約 0.3℃、約 0℃低下している。ここからは、対策としての重要度が高い日射遮蔽だけでなく、散水による表面温度低減を図ることで暑熱緩和効果の向上が可能であると考えられる。

メッシュ面積の大きい当初案では case-1→case-2 でそれぞれ約 21.9℃、約 5.8℃低下、case-2→case-3 でさらに約 1.2℃、約 0.2℃、case-3→case-4 でさらに約 0.4℃、約 0.1℃低下しており、現案と比較して効果が大きいことが確認できる。

表 5.8 対策前後の MRT・SET\*比較

		メッシュ日除け・冷却 ルーバーの表面温度	現案		当初案※	
			MRT	SET*	MRT	SET*
		℃	℃	℃	℃	℃
case-1	対策前	-	77.3	43.0	77.3	43.0
case-2	対策後・散水なし①	気温+10.0	63.3	39.3	55.4	37.2
case-3	対策後・散水あり①	気温± 0.0	62.3	39.0	54.2	37.0
case-4	対策後・散水あり②	気温- 3.0	62.0	39.0	53.8	36.9

※メッシュ面積が現案の 5/3 倍

## 5.2.4 技術の導入

### 1) 設計図と設計の際の留意点

平面図、立面図および断面図を図 5.23～図 5.25 に示す。設計を確定していく上で、留意した点を以下に述べる。

日除けについては、日射遮蔽性能、保水性能、耐候性および施工性を考慮して、金属メッシュを短冊状に、段差を設けて設置した。金属メッシュは開口率約 50%のメッシュ素材を 2 枚重ね合わせており、日除けとしては 20～30%の開口率を有していると考えられる。金属メッシュは既存の屋根梁にワイヤーで取り付けるため、構造安全性を確認した。具体的には、建築基準法に基づく風荷重がワイヤーの張力となって、屋根梁の弱軸方向に作用するため、弱軸の耐力が風荷重を上回るように、メッシュ屋根の面積を決定した。冷却ルーバーについては、着席した利用者への日射を遮蔽しつつ、閉塞感を感じさせないように、高さを 1.8m と決定した。

なお、メッシュ日除けおよび冷却ルーバーともに、「水の動き」や風による「メッシュのゆらぎ」という視覚効果による涼感にも期待し採用した。

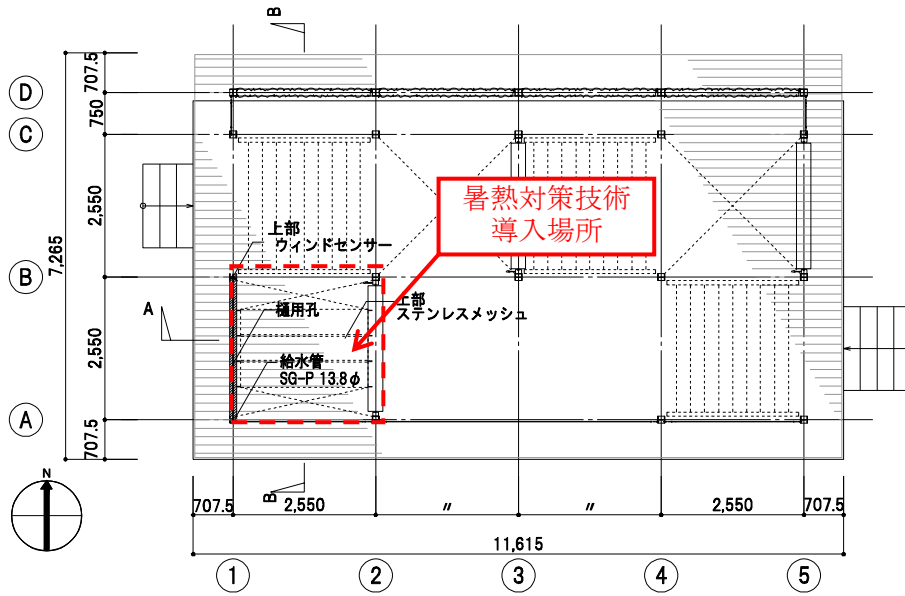


図 5.23 平面図

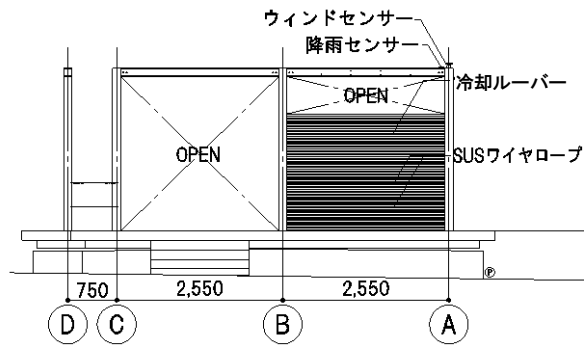


図 5.24 立面図

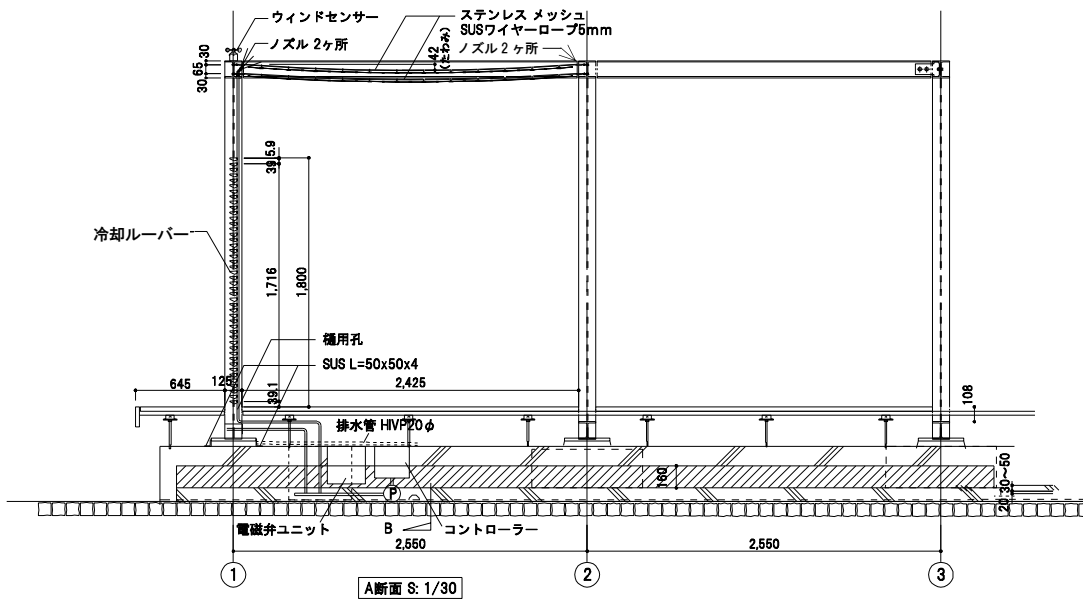


図 5.25 断面図 (暑熱対策技術導入部)

## 2) 設置工程

暑熱対策技術は表 5.9 に示す工程で導入した。施設完成写真を図 5.26 に示す。

表 5.9 技術設置工程表

項目	2月																																				
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月
月日	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	
クリスタルタワー 行事予定																																					
ウッドデッキ		仮囲設置					排水用Lアングル・HVP管取付																									WD復旧・小口キャップ取付					
鉄骨穴あけ・塗装							WD取外し																														
ワイヤー 金属メッシュ取付																																					
ミスト・制御																																					
冷却ルーバー																																					



図 5.26 施設完成写真

## 5.2.5 施設の管理

### 1) 暑熱対策施設運用について

暑熱対策施設は2016年の6月1日より運用を開始した。下記に運用方針を示す。

- ・6月から10月を運用期間（灌水を行う期間）とした。
- ・メッシュ日除けへの散水は、平日9時～17時とし、5秒散水⇒5分停止の繰返しとする。このインターバル散水は、曇天時においても水滴が落下しないことを目安として設定した。ただし、夏季集中測定時には、15秒散水⇒3分停止の繰返しとした。
- ・冷却ルーバーへの給水は、平日9時～17時とした。
- ・施設頂部の風速が5.4m/sを超えるとメッシュ日除けおよび冷却ルーバーへの給水を停止し、3.6m/sを下回ると給水を再開する設定とした。
- ・雨センサーで降雨を感知すると、メッシュ日除けへの散水は停止することとした。
- ・使用水量は流量計（図5.27）によりデータを回収し把握した。
- ・11月10日に撤去工事を完了し、12月13日に環境省立会の下、施設撤去・現状復旧の確認を行った（図5.28）。

### 2) 暑熱対策技術運用に要したエネルギー等使用量

暑熱対策技術運用には上水を使用した。給水条件と使用水量の目安を表5.10に示す。

表 5.10 上水の使用状況

暑熱対策技術	給水条件	使用水量
メッシュ日除け	平日9時～17時（降雨時、強風時は停止） ノズル4ヶ所から、5秒散水⇒5分停止の繰返し 集中観測時のみ15秒散水⇒3分停止の繰返し	1日あたり 1.8ℓ
冷却ルーバー	平日9時～17時（強風時は停止）	1日あたり 75.9ℓ



図 5.27 流量計



図 5.28 撤去工事完了状況写真



## 5.3 対策効果の測定の実施と結果

### 5.3.1 実施概要

#### 1) 長期測定

事業実施場所における微気象の傾向を捉えるため、夏季の前後を含めた2016年6月～10月の長期的な熱環境測定を行った。測定箇所を図5.29、図5.30に、測定項目を表5.11に示す。

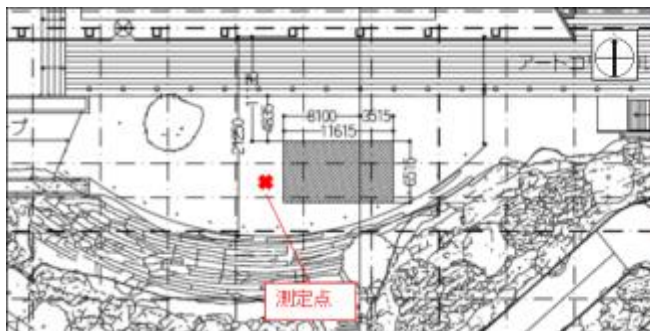


図 5.29 測器設置場所（配置図）



図 5.30 測器設置場所（写真）

表 5.11 長期測定項目一覧

測定項目	方法	測定間隔
温湿度	自然通風シェルタ付温湿度計	2分※
グローブ温度	石川式	2分※
風向風速	2次元超音波風向風速計	2分※
日射量	日射計	10分

※10秒間隔の測定結果を1分平均化した値を2分間隔で記録

#### 2) 集中測定

暑熱対策による効果の把握、さらには暑熱対策技術（メッシュ日除け・冷却ルーバー）における熱収支を把握することを目的とし、2016年8月1日(月)～5日(金)および10月24日(月)～28日(金)において熱環境集中測定を実施した。また暑熱緩和策によるCO<sub>2</sub>削減量の算出に必要な屋外CSの利用者数の傾向や緩和策による主観評価への影響を把握するため、7月25日(月)～29日(金)および10月17日(月)～21日(金)において利用状況調査を実施し、合わせて簡易的な熱環境測定を実施した。測定項目と測定点、機器の設置方法をそれぞれ表5.12、図5.31～図5.33に示す。

なお、8月1日～5日および10月24日～28日には冷却ルーバーへの日射を遮蔽して表面温度上昇を抑制すること、さらに利用者への水の飛散を防止することを目的とし、その西側に植栽を設置した（図5.32右下）。

表 5.12 集中測定項目一覧

測定項目	方法	測定間隔	点数	位置
温湿度	自然通風シェルタ付温湿度計	1分	4	外部基準、屋外CS① ②③
グローブ温度	石川式・ベルノン式 屋外CS①②③:石川式 外部基準:ベルノン式	1分	4	
風向風速	超音波式風向風速計	10秒	4	
放射収支	長短波放射計	1分	2	外部基準、屋外CS①
照度	照度計	1分	7	屋外CS各機
表面温度	熱電対	1分	20	図 5.33 参照
表面温度分布	熱放射カメラ	定点: 5分 ※8/5のみ 1分	定点×1、 トラバース ×10※1	定点: 屋外CS①、 トラバース: 図 5.33 参 照
形態係数	魚眼カメラ	-	-	屋外CS①

※1: 熱放射カメラのトラバース測定は 9:00~18:00 に 3 時間ごとで撮影

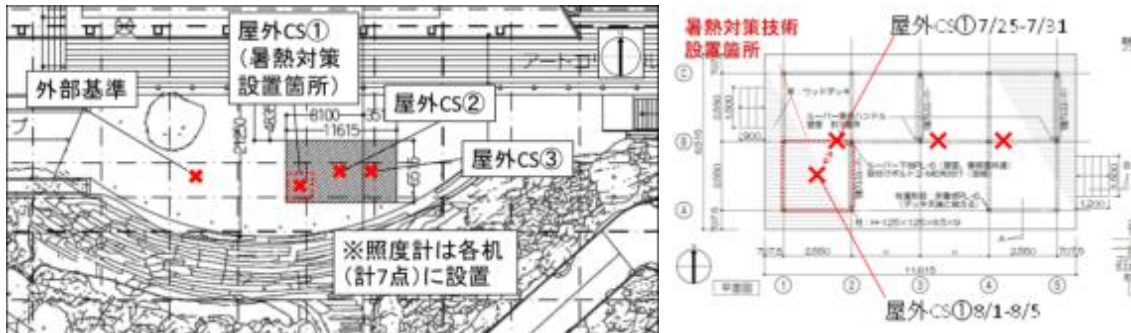


図 5.31 測定点見取り図



図 5.32 気温・湿度・風向風速・長短波放射計の設置方法



図 5.33 熱電対の設置方法

また、各暑熱対策技術の効果を多角的に把握するため、表 5.13 に示すように給水条件を変えて測定を実施した。

表 5.13 給水条件

給水条件	散水・給水有無 (○:あり、×:なし)		備考	実施日
	メッシュ 日除け	冷却ルー バー		
①	○	○	散水インターバル：7/25～7/29→5秒/5分※ ※5秒散水⇒5分停止、を繰り返し 8/1～8/3→15秒/3分 10/17-10/28→5秒/5分	7/25-7/29 8/1-8/3 10/17-10/28
②	○	○	①に加え人力散水でメッシュ全体を含水状態に ※9時、12時、15時に実施	8/5
③	×	×	-	8/4

### 5.3.2 測定結果と効果の評価

#### 1) 2016年の夏季気象概要

6月1日～10月28日における気温・風速の測定結果の一時間平均値の推移を図 5.34 に示す。昨年と同様、気温は6～8月にかけて10℃程度上昇し、8～10月にかけて10℃程度低下した。風速は多くの日で0.5～3.5m/sの範囲を推移し、最大で約5.0m/sであった。

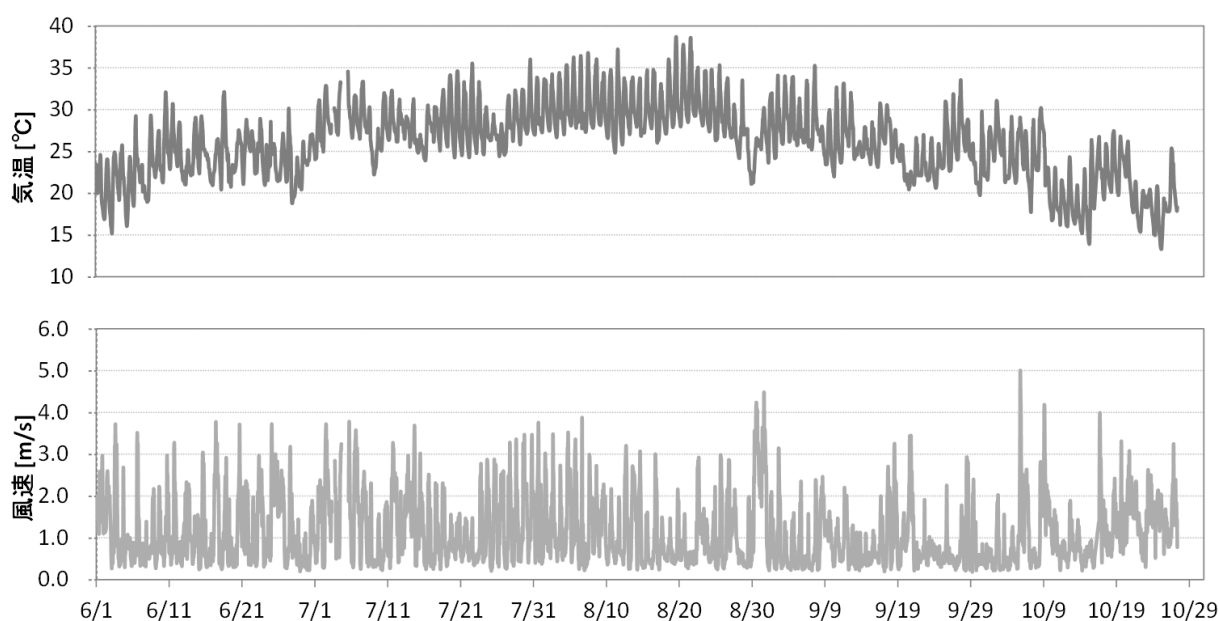


図 5.34 6/1～10/28 の気温・風速（1時間平均値の推移）

8月1日～8月10日における気温・風速の測定結果を例に夏季の日変動傾向をみた(図 5.35)。気温は 14～15 時をピークとする山なりの日変動傾向となった。風速は正午過ぎまでは 1.0m/s 以下で推移し、13 時頃から風速が上昇し、16 時頃に 2～3 m/s 程度まで増加する日が多かった。

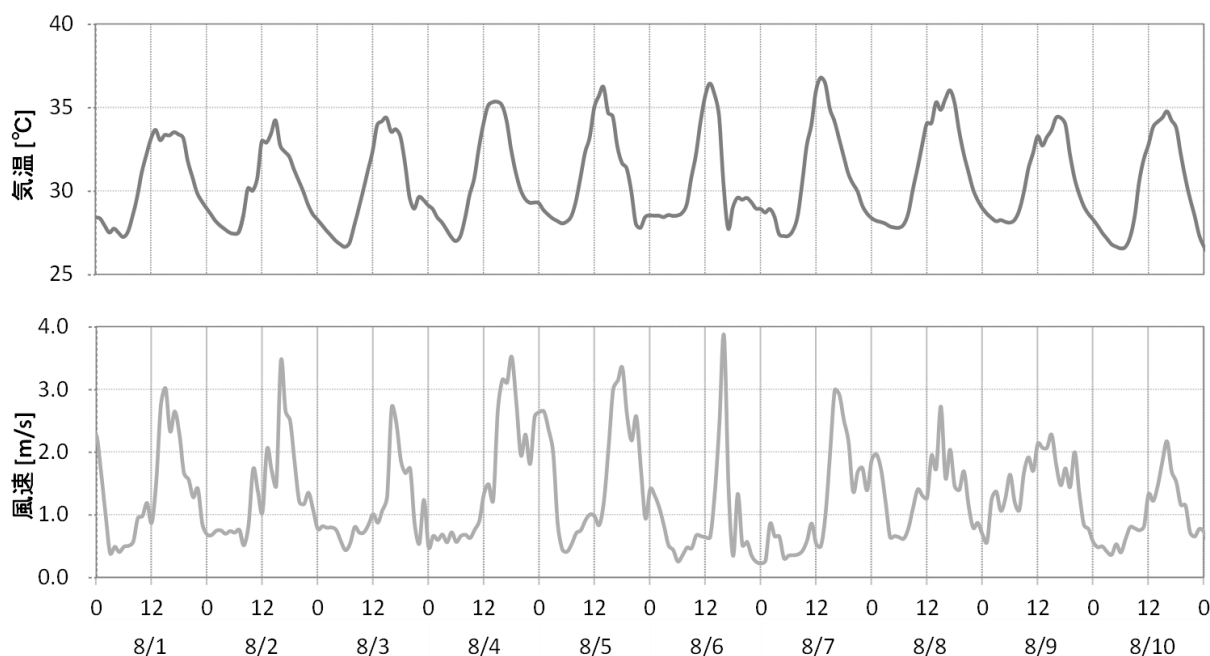


図 5.35 8/1～8/10 の気温・風速（1 時間平均値の推移）

## 2) 総合評価

それぞれ給水条件の違う 8月3・4・5日における気温、風速、黒球温度の測定結果を図 5.36 に示す。

気温は給水のあった 8月3・5日ではどの地点でもほぼ同等であるが、給水のなかった 8月4日では屋外 CS の 3 点が外部基準点と比較して 1°C 程度高かった。給水により気温が低減されていた可能性が考えられる。

風速は多くの時間帯で外部基準点よりも屋外 CS 内が小さく、屋外 CS①が最も小さい。屋外 CS①に設置されていた冷却ルーバーと植栽による抵抗が大きいためと考えられる。

黒球温度はどの測定日においても屋外 CS 内が外部基準点と比較して 10°C 程度低く、屋外 CS ③の値が最も低かった。屋外 CS③の周囲の天井面にはより日射遮蔽率が高いアルミルーバーが多く配置されているため、測定点に到達する日射量がより小さかったためであると考えられる。

湿度には大きな差はなく、給水による顕著な湿度上昇はみられなかった。



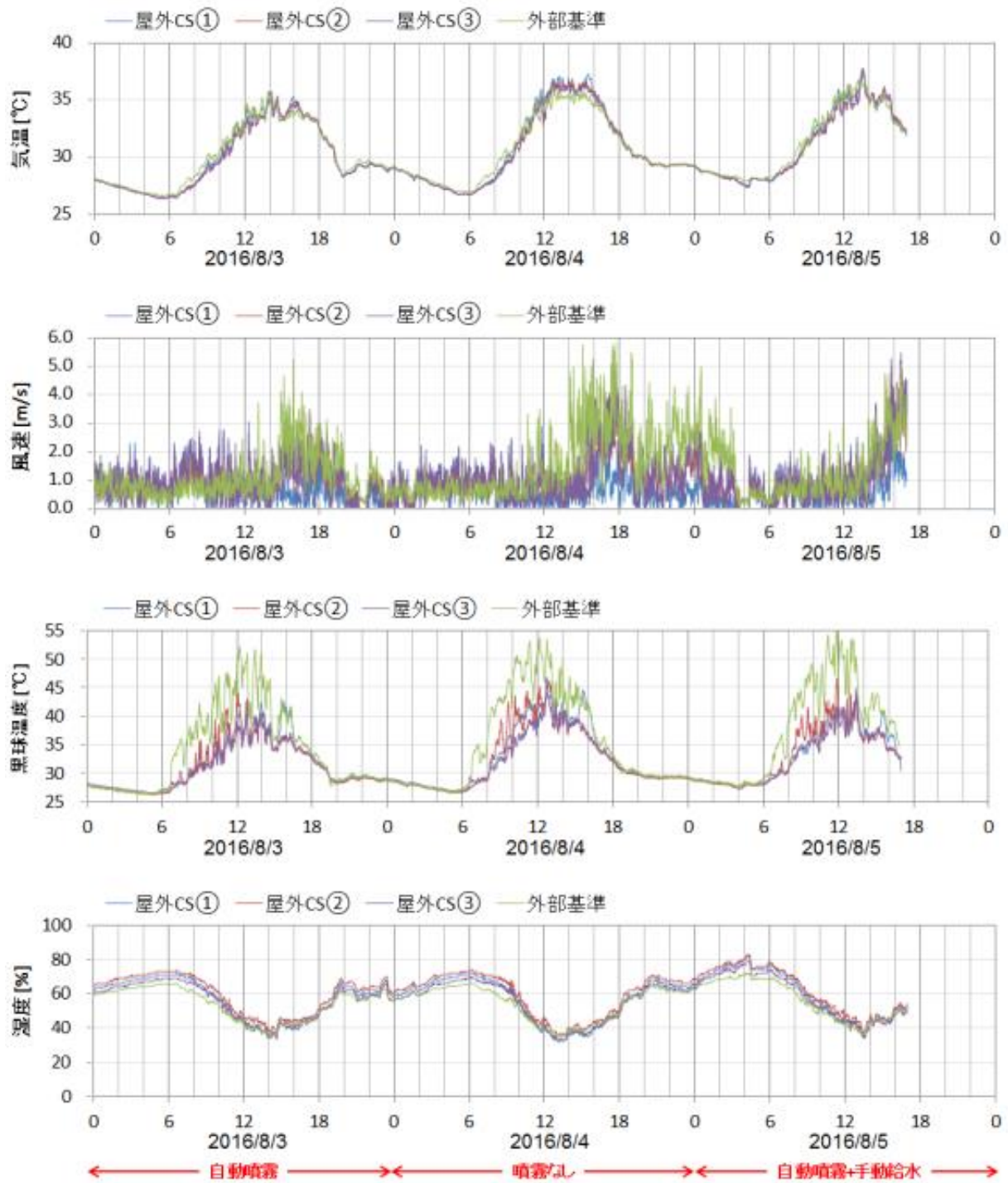


図 5.36 8/3～8/5 の気温・風速・黒球温度・湿度の推移

次に MRT、SET\*<sup>66</sup>、WBGT の算出結果を図 5.37 に示す。

MRT は屋外 CS 内が外部基準点と比較して 30℃程度低く、屋外 CS①の値が最も低かった。

<sup>66</sup> SET\*は体重 70kg、体表面積 1.8 m<sup>2</sup>、代謝量 64.02W/m<sup>2</sup>、着衣量を 0.59clo として 2-Node-Model により算出した。

これは対策技術の効果による差と考えられる。しかし、給水のない8/4においても同様の傾向を示したため、給水による効果はここでは捉えられなかった。

SET\*は屋外CS内が外部基準点と比較して5℃程度低く、屋外CS③の値が最も低かった。屋外CS①（対策箇所）のSET\*は外部基準に比べて、12時台には自動噴霧のみの8/3には3.1℃～5.6℃、手動給水も行った8/5には3.2℃～6.1℃程度低い値となった。MRTが低い屋外CS①よりも屋外CS③が低くなっているのは、屋外CS①の風速がより小さいためと考えられる。屋外CS①のSET\*が夕方上昇するが、太陽高度が下がることで測定点がメッシュの陰に入らなくなったためと考えられる。

WBGTは屋外CS内が外部基準点と比較して2℃程度低く、各地点の関係はSET\*とほぼ同様の傾向を示した。

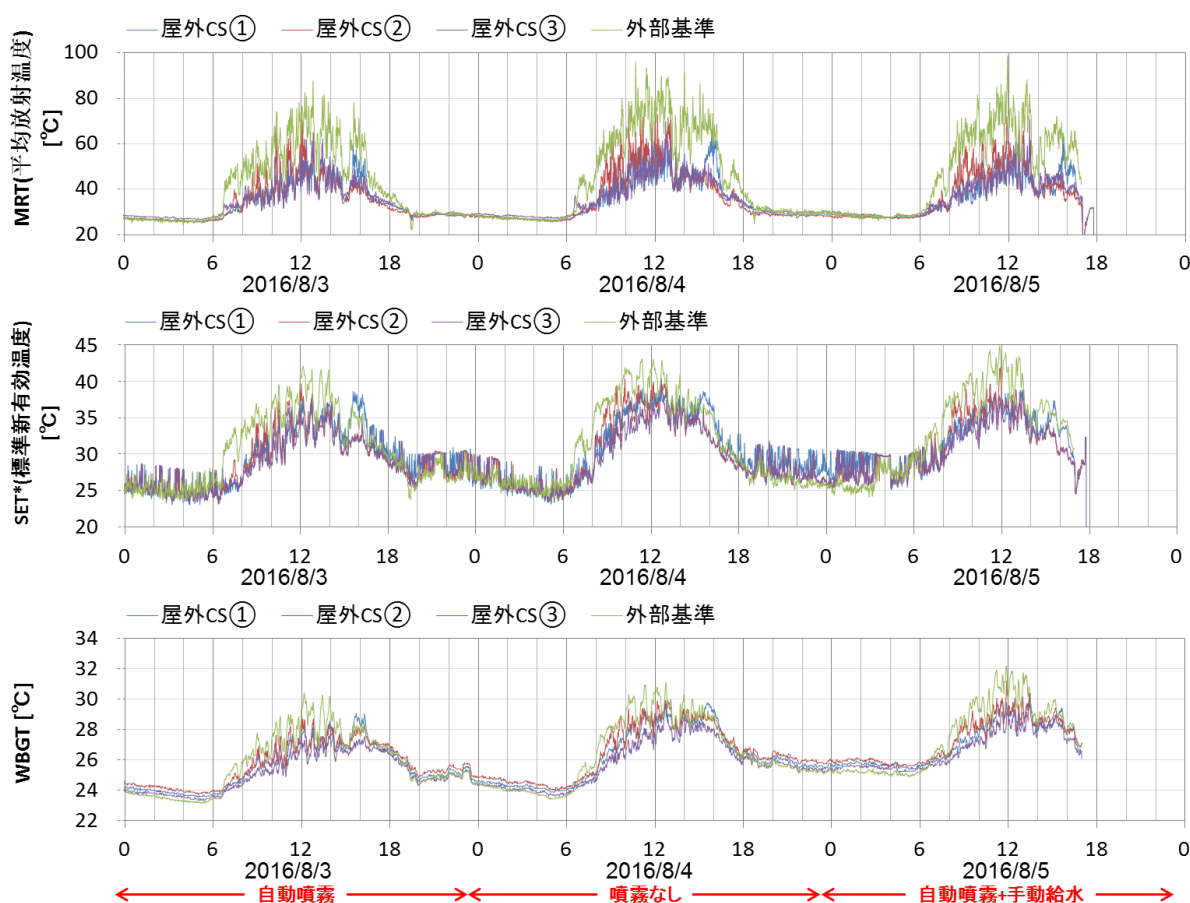


図 5.37 8/3～8/5 の MRT・SET\*・WBGT の推移

### 3) 技術別性能評価

#### (1) 評価対象技術

メッシュ日除け、冷却ルーバーの2種類の技術を対象に評価した。各技術が影響を及ぼす熱環境要素の変化と体感温度としてSET\*とWBGTの変化を示した。それぞれの技術が影響を及ぼす熱環境要素を表5.14に示した。

表 5.14 技術性能評価の一覧（大阪ビジネスパーク）

対象技術	気温	湿度	風速	放射
メッシュ日除け				○
冷却ルーバー	○	○	○	○

(2) 評価方法

各技術の評価方法を表 5.15 に、算出に用いた気象条件を表 5.16 に示した。

表 5.15 評価方法

対象技術	評価方法	
メッシュ日除け	放射	MRT は仮想のグローブ球の短波・長波放射吸収量から算出している。その際、メッシュ以外の周辺事物のうち 50%の表面温度が下向き長波長放射量の温度換算値、50%の表面温度が上向き長波長放射量の温度換算値相当であるとした。
冷却ルーバー	気温	実測結果より気温への影響は確認できなかったため、ここでは評価しなかった。
	湿度	実測結果より湿度への影響は確認できなかったため、ここでは評価しなかった。
	風速	2次元超音波風速計、3杯式風速計を冷却ルーバーの影響下（屋外 CS①）と影響が小さいと考えられる場所（外部基準点）それぞれに設置し、2点の風速の関係を把握した。
	放射	メッシュ日除けと同様

表 5.16 算出に用いた気象条件

日時	気温 [°C]	湿度 [%]	風速 [m/s]	下向き短波 長放射量 [W/m <sup>2</sup> ]	上向き短波 長放射量 [W/m <sup>2</sup> ]	下向き長波 長放射量 [W/m <sup>2</sup> ]	上向き長波 長放射量※ [W/m <sup>2</sup> ]
2016/8/3 12:00	33.1	41.5	0.8	1043.1	97.9	481.4	622.3

### (3) 評価結果

前述の評価方法を用い、各対策の効果を算出した。

#### ①メッシュ日除け

メッシュ日除けへのミスト散布の運用時、部分的に水の付着がない乾燥部分が観察され、そのためメッシュに設置した計 15 点の熱電対はそれぞれ含水状態に応じた異なる値を示した。そこで、15 点の平均値を(a)含水・乾燥が混合した表面温度、15 点の最低値を(b)十分に含水部分の表面温度であると仮定し、それぞれの値の相対湿度との関係と比較した (図 5.38)。(b)含水は(a)含水・乾燥と比較して 8～9℃程度表面温度が低いことがわかった。

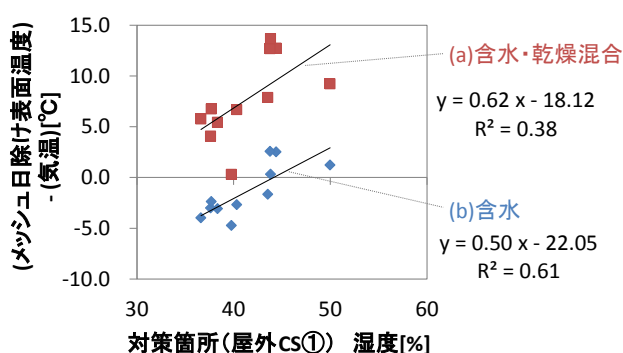


図 5.38 メッシュ日除けの表面温度と湿度の関係

上述の (a)の含水・乾燥混合における表面温度と相対湿度の関係を基に、基準気象条件におけるメッシュ日除けの暑熱緩和効果を評価した (表 5.17)。

表 5.17 メッシュ日除けの評価結果

気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	MRT (°C)	SET* (°C)	WBGT (°C)
-	-	-	-16.5	-5.0	-1.6

メッシュ日除けの評価結果

		気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	MRT (°C)	SET* (°C)	WBGT (°C)
効果		0	0	0	-16.5	-5.0	-1.6
【参考】	日向	33.1	41.5	0.8	83.2	42.6	30.0
	メッシュ日除け	33.1	41.5	0.8	66.7	37.6	28.4

含水部分が多いほど効果向上に寄与するため、よりまんべんなくメッシュ日除けに給水できる

ような方法を採用することが望ましいということがわかった。また長期の屋外暴露が可能な耐候性を確保できる範囲内で、より親水性の高い材料を採用すること、表面親水加工を実施することが有効であると考えられる。

## ②冷却ルーバー

冷却ルーバーに設置した熱電対4点の平均値を基に相対湿度と表面温度-気温差の相関をみた結果、両者には図 5.39 のように正の相関があることがわかった。

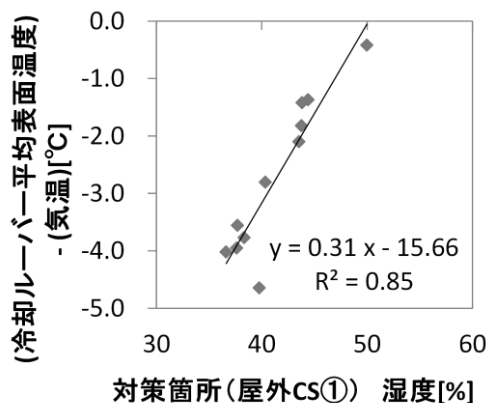


図 5.39 冷却ルーバーの表面温度と相対湿度の関係

また、ルーバーによって遮蔽される敷地の種類によって効果が異なる。例えば、遮蔽する敷地が日向のアスファルト等の人工被覆であれば、ルーバーによる遮蔽効果は高くなると考えられる。そこで、人工被覆と緑地の2種類の敷地を想定して評価した。上述の表面温度と相対湿度の関係を基に基準気象条件下における冷却ルーバーの表面温度を算出し、周辺の表面被覆の種類毎にその暑熱緩和効果を評価した。周囲が緑地である条件に比べ人工被覆の条件ではMRT、SET\*、WBGTの低減量が約0.3°C、0.1°C、0.2°C大きいことがわかった。これは人工被覆の場合、周囲からの長波長放射が大きく、冷却ルーバーにより遮蔽される長波長放射量が大きくなるためである。

表 5.18 冷却ルーバーの評価結果（周辺の表面被覆種別）

気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	MRT (°C)	SET* (°C)	WBGT (°C)
-	-	-	-3.2	-0.6	-0.2
-	-	-	-2.2	-0.6	-0.2

※上段が遮蔽する敷地が人工被覆の場合、下段が遮蔽する敷地が緑地の場合  
 ※緑地は表面温度が気温+3°C、人工被覆は気温+25°Cであると仮定した。



冷却ルーバーの評価結果（人工被覆の道路に囲まれた敷地）

		気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	MRT (°C)	SET* (°C)	WBGT (°C)
効果		0	0	0	-3.2	-0.6	-0.2
【参考】	道路面	33.1	41.5	0.8	69.9	38.3	28.8
	冷却ルーバー	33.1	41.5	0.8	66.7	37.7	28.6

冷却ルーバーの評価結果（緑地に囲まれた敷地）

		気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	MRT (°C)	SET* (°C)	WBGT (°C)
効果		0	0	0	-2.2	-0.6	-0.2
【参考】	道路面	33.1	41.5	0.8	60.2	36.2	28.0
	冷却ルーバー	33.1	41.5	0.8	58.0	35.6	27.8

また、外部基準点（図 5.6 参照）と対策箇所（図 5.6 参照）の風速の測定結果を比較した結果、冷却ルーバーが対策箇所の風上となる西風向時には、冷却ルーバーの気流抵抗により対策箇所の風速が外部基準点と比較して約 4 分の 1 まで小さくなることがわかった（図 5.40）。

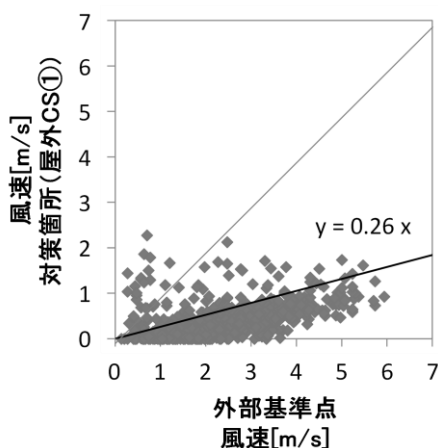


図 5.40 冷却ルーバーが対策箇所の風上にあるときの外部基準点、対策箇所の風速の関係

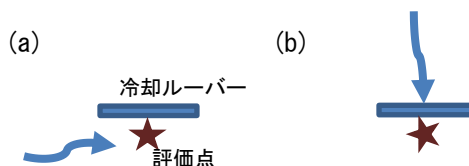
上述の外部基準点と対策箇所の風速の関係を用い、評価点から見た冷却ルーバーの設置方向が異なる(a)ルーバーと風向が平行（風速の減衰が生じない）、(b)ルーバーが風上（風速の減衰が生じる）、それぞれの条件における暑熱緩和効果を比較した。基準気象条件では風速が約 0.8m/s であるが、冷却ルーバーが風上にあるとき約 0.2m/s まで小さくなる。その風速低減により SET\*、WBGT の値は大きくなり、冷却ルーバーの設置によりそれぞれ 4.3°C、1.0°C 程度上昇してしまうという結果となった。この結果からは冷却ルーバーを設置する際は主風向とな

る風を遮蔽しないような向きで設置することが重要であることがわかった。

表 5.19 冷却ルーバーの評価結果（風向の条件別）

気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	MRT (°C)	SET* (°C)	WBGT (°C)
-	-	0	-2.8	-0.6	-0.2
		-0.6	-2.8	4.3	1.0

※上段がルーバーと風向が平行（下図(a)）の場合、下段がルーバーが風上の場合（下図(b)）



冷却ルーバーの評価結果（ルーバーと風向が平行）

		気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	MRT (°C)	SET* (°C)	WBGT (°C)
効果		0	0	0	-2.8	-0.6	-0.2
【参考】	道路面	33.1	41.5	0.8	66.4	37.6	28.5
	冷却ルーバー	33.1	41.5	0.8	63.6	37.0	28.3

冷却ルーバーの評価結果（ルーバーが風上）

		気温 (°C)	湿度 (%)	風速 (m/s)	MRT (°C)	SET* (°C)	WBGT (°C)
効果		0	0	-0.6	-2.8	4.3	1.0
【参考】	道路面	33.1	41.5	0.8	66.4	37.6	28.5
	冷却ルーバー	33.1	41.5	0.2	63.6	41.9	29.5

## 5.4 利用状況及びヒアリング調査の実施と結果

### 5.4.1 利用状況調査

#### 1) 実施概要

5.3.1 で述べた集中測定実施日と同等の気象条件と想定された前週の平日5日間を対象として、利用状況調査を実施した。7:00～19:00に屋外CSの滞在者（暑熱対策施設なしの場所も含む）について、表5.20に示す項目を記録した。

また、屋外CS周囲の歩行者数もあわせて記録した。

表 5.20 利用状況調査の記録項目

項目	記録内容
滞在時間	1分単位の着席時刻/離席時刻
着席場所	着席している机・椅子の位置
着座環境	日向/日陰/中間
性別	男/女
年代	10代以下/各20-50代/60代以上
属性	ワーカー/その他
着席人数	同時に利用していた人数
服装	上衣/下衣/小物
行動	食事・打合せ・スマホ・電話・読書等

#### 2) 調査結果

夏季の調査結果の一部を図5.41に示す。一日の利用者は平均14.8人であり、昨年との5.4人と比較して約3倍までに増加した。暑熱対策や、本事業以外で行われた各種リニューアルによる効果や、1年間で屋外CSの存在がより認知されるようになったためと考えられる。利用は12時台に集中しており、滞在時間は平均約16分であった。利用者の服装として0.5～0.6clo(半袖シャツ+長ズボンに相当)がより多くみられた。

どの机にも一定の利用がみられ、昨年の約9割の利用者がアルミルーバー下の3番または1番の机を利用していたという結果からの変化がみられた。暑熱対策技術の設置による変化と考えられる。利用行為としては飲む、食べる、雑談、携帯・スマートフォン操作の順に多く、休憩に類する行為がほとんどであった。仕事利用はほとんどみられなかった。

秋季の調査結果の一部を図5.42に示す。夏期の結果と比較すると、利用人数が増加、平均利用時間の増加、平均着衣量の増加、といった変化が確認された。ここから、気象条件の季節変化により、秋季の環境が利用者にとってより滞在しやすいものとなっていたことが推測される。

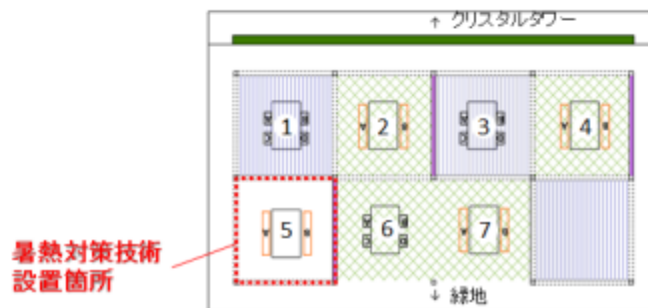
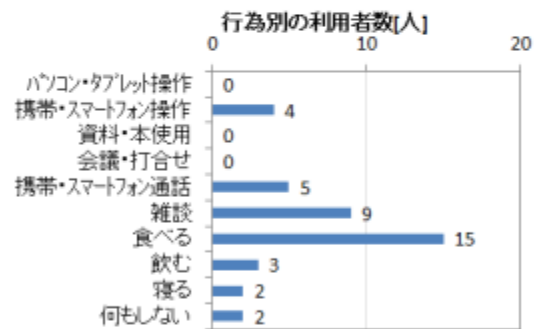
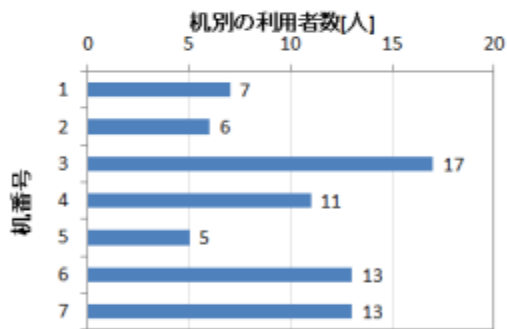
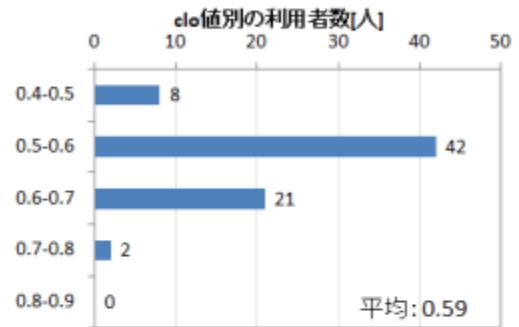
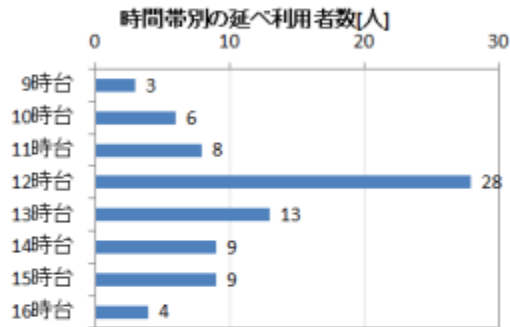
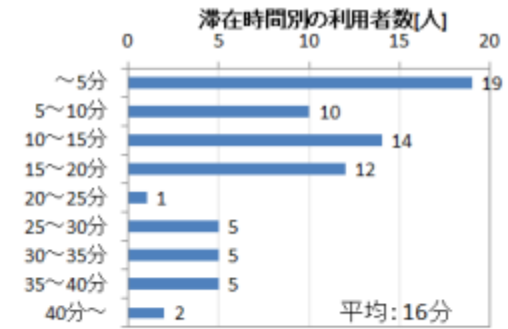
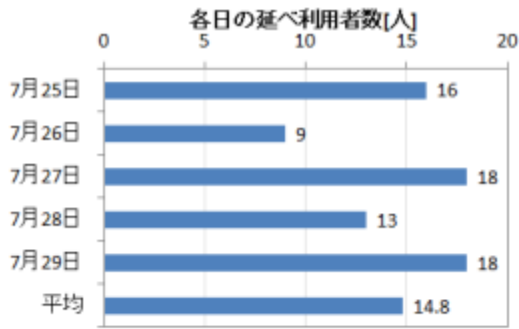


図 5.41 7/25～7/29 の利用状況調査結果

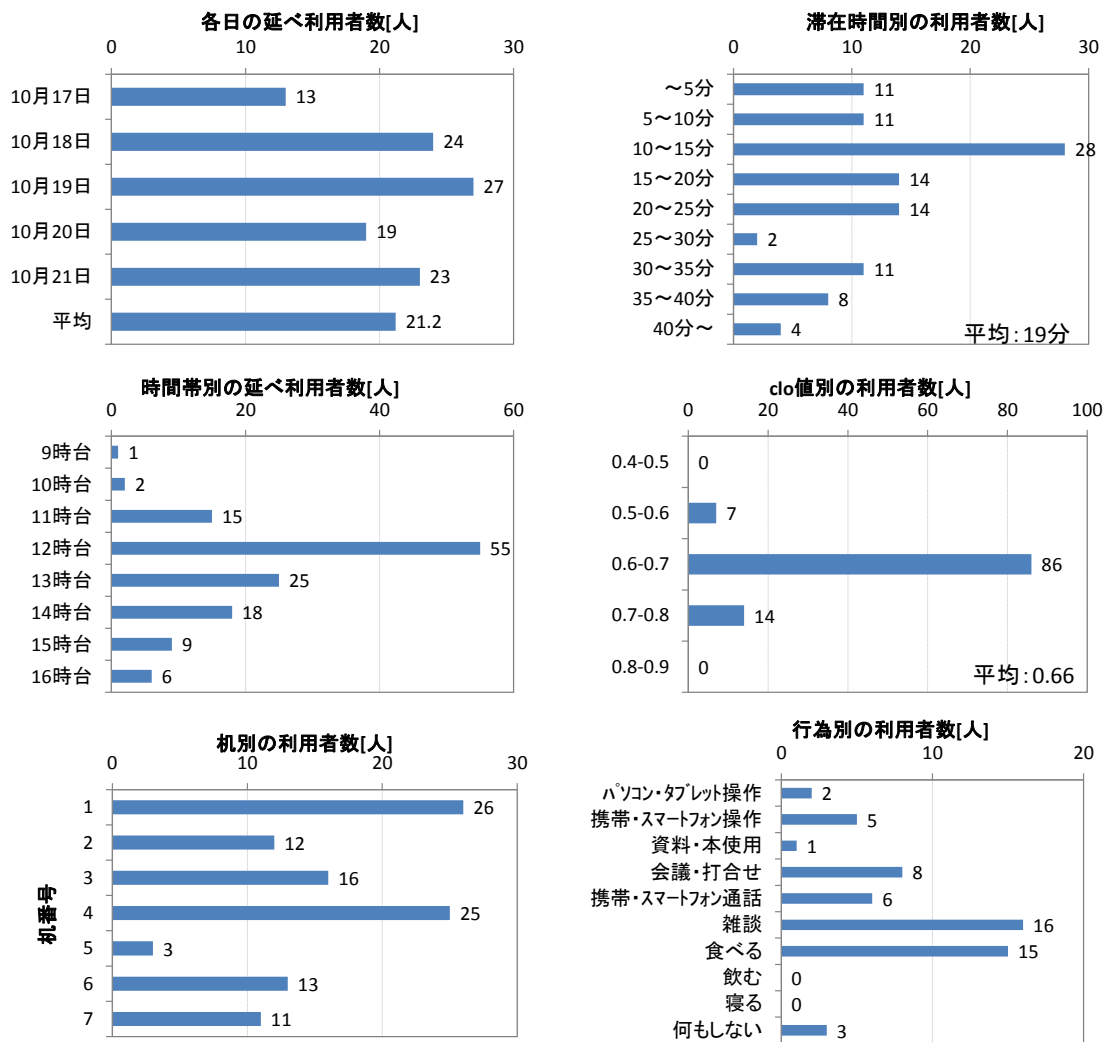


図 5.42 10/17～10/21 の利用状況調査結果

夏季・秋季の行動観察により得られた利用者数から、2℃刻みの SET\*域毎の平均基準化利用者数を算出した結果を図 5.43 に示す。夏季・秋季どちらも SET\*27～30℃付近をピークとする山なりの傾向を示し、ピーク付近の熱環境が利用者に選好されていたと考えられる。なお、各時刻における SET\*の算出には行動観察により得られた着衣量を用いた。



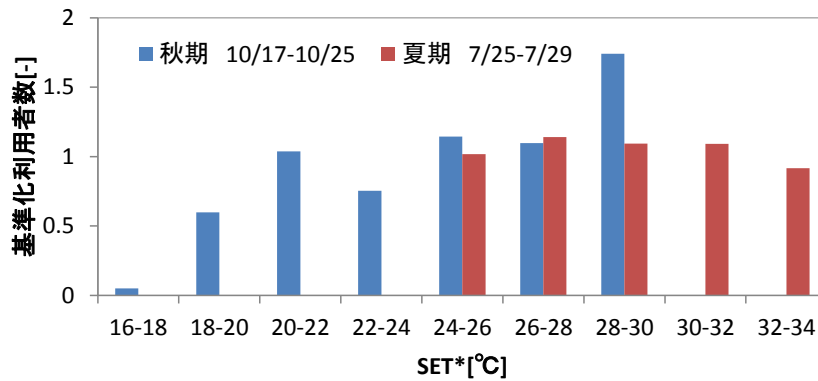


図 5.43 SET\*と標準化利用者数の関係（夏季・秋季）

夏季、秋季で統合した測定結果から 2°C 刻みの SET\* 域毎の平均標準化利用者数を算出した結果を図 5.44 に示す。28~30°C がピークとなる山なりの傾向となったが、20~30°C の間では明確な傾向はみられなかった。

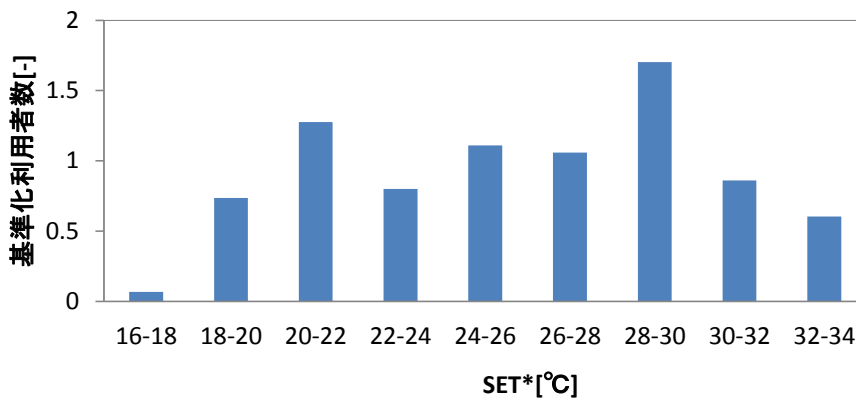


図 5.44 SET\*と標準化利用者数の関係（夏・秋季統合）

#### 5.4.2 利用者ヒアリング

利用状況調査と同一の時期に、調査票による利用者ヒアリング調査を実施した。

（夏季）

- ・ほとんどの利用者が OBP にほぼ毎日出勤する会社員で、月に複数回屋外 CS を利用している
- ・利用者は屋外 CS の環境を肯定的に捉えている（満足側が 70%）
- ・暑熱対策技術を導入したブースの滞在者は、メッシュ日除けへの散水および冷却ルーバーへの給水を「体感的に涼しい」と感じている
- ・暑熱対策施設のないブースでも、給水の視覚的な効果や散水の体感効果を感じるという回答も見られた
- ・このようなスペースは、オフィス街や公園等にあると良い、という意見が見られた

(秋季)

- ・屋外 CS 調査票回答者の基本的な属性、利用状況は夏季とほぼ同じであった
- ・用途としては、打合せや気持ちの切り替えという回答も見られ、机があることにより行為の幅が広がった可能性も考えられる
- ・秋季の温熱環境は寒い側の申告も見られたが「ちょうどよい」が約 80%であり、環境の総合的な満足度は満足側の回答が約 90%であった
- ・暑熱対策技術の散水の効果は、夏季よりも「体感的に涼しい」と回答した割合が増加した
- ・このようなスペースは「オフィス街にあるとよい」という意見が 30%あり、「気軽に使えること」や「清潔さ」など管理運用のポイントとなるキーワードも挙がった

## 5.5 CO<sub>2</sub> 排出削減量の試算

暑熱対策技術導入による CO<sub>2</sub> 排出量削減効果について 3 章で述べた手順に沿って削減量を求めた。

### 5.5.1 2010 年の気象条件における熱環境改善効果

2010 年 6 月 1 日～9 月 30 日の東京気象データを入力条件として放射輸送・熱伝導計算を実施し、それを基に SET\* を算出した。放射輸送計算には Radiosity 法を用い、それにより得られる各表面メッシュの吸収放射量を基に 1 次元非定常熱伝導計算を実施することで表面温度を算出した (図 5.45)。表面温度を基に図 5.45 に示す各地点において MRT、SET\* を算出し、両地点の算出値の差を対策の効果と捉えた。CFD 解析は実施せず、SET\* 算出の際は気象データの気温、風速、湿度をそのまま用いた。

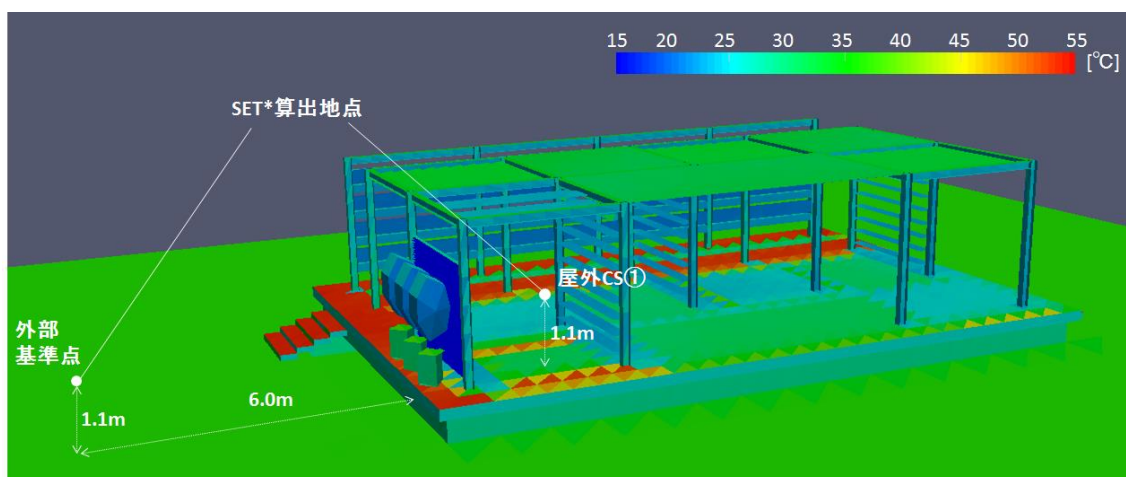


図 5.45 SET 算出地点と表面温度の算出例

例として 2010 年 7 月 29 日～8 月 7 日における SET\* の算出結果を図 5.46 に示す。SET\* の 2 地点での差は最大で 5℃程度となっており、前述の実測結果と対応している。夕方に屋外 CS① の SET\* が上昇する傾向も実測結果と対応している。

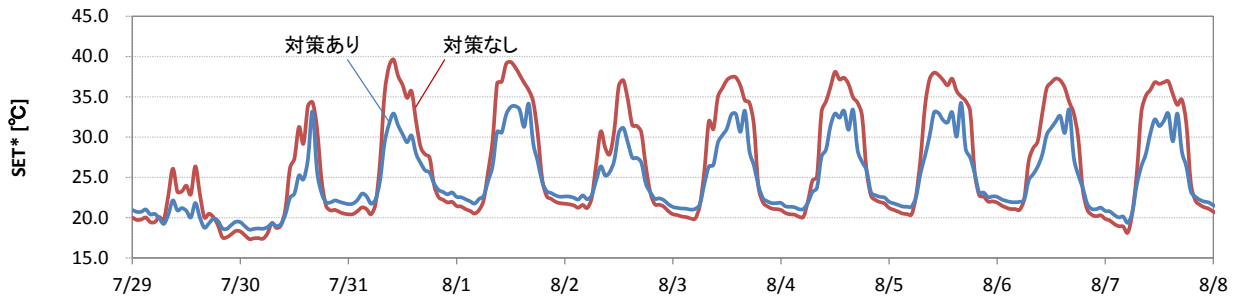


図 5.46 2010/7/29～8/7 における SET\*の算出結果

### 5.5.2 空調利用代替型を適応した場合の CO<sub>2</sub> 削減

温熱環境の受容限度を SET\*32°Cと設定し、5.5.1 で求めた SET\*が受容限度を下回る時間数を求めた。7月と8月の暑熱対策により空調を代替できた時間を表 5.21 に示した。6月の空調代替時間数が他の月と比較して大きい、太陽高度がより大きい6月はより多くの時間帯で対策箇所の算出点がメッシュの陰に入り、にメッシュ日除けの効果が比較的大きく算出されるためであると考えられる。

表 5.21 暑熱対策による空調代替時間数

	空調稼働時間 (時間)	空調代替時間数 (時間)	代替できた時間の 割合 (%)
6月	231	220	95.6
7月	248	160	64.5
8月	248	136	54.8
9月	193	95	49.2

※空調稼働時間は空調室内が設定温度 (28°C) を下回る場合を除いた時間

代替できた時間毎に空調室の電力消費量を乗じて、空調利用代替時間分の電力量から削減量を求めた。

表 5.22 削減電力量 (1 m<sup>2</sup>あたり)

	空調室の 電力消費量 (kWh)	空調利用代替による 削減電力量 (kWh)	削減率 (%)
6月	23.1	22.4	97.1
7月	32.3	18.6	57.6
8月	37.5	18.1	48.1
9月	22.7	9.3	40.9

一方、暑熱対策施設稼働に上水を使用する際の CO<sub>2</sub> 排出量 (施設面積を約 6.5 m<sup>2</sup>として平米あたりの値を算出) を考慮すると、各月、対策施設面積 1 m<sup>2</sup>あたり 0.1(kg-CO<sub>2</sub>)が暑熱対策稼働により排出されていると計算された。この分を上水使用に係るエネルギーとして削減量から減じることで対策による実質的な CO<sub>2</sub> 排出削減量を算出した。

表 5.23 空調利用代替による CO<sub>2</sub> 排出削減量（1 m<sup>2</sup>あたり）  
（暑熱対策稼働に上水を使用した場合）

	空調室での CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )	空調利用代替による CO <sub>2</sub> 排出削減量 (kg-CO <sub>2</sub> )	上水使用によ る CO <sub>2</sub> 排出 量 (kg-CO <sub>2</sub> )	暑熱対策による CO <sub>2</sub> 排出削減量 (kg-CO <sub>2</sub> )	削減率 (%)
6月	12.7	12.3	0.1	12.2	96.2
7月	17.8	10.2	0.1	10.1	56.8
8月	20.6	9.9	0.1	9.8	47.5
9月	12.5	5.1	0.1	5.0	40.0
合計	63.6	37.5	0.4	37.1	58.3

また、暑熱対策施設稼働に地下水を利用することを想定して CO<sub>2</sub> 排出削減量を算出したところ、上水を使用した場合と同程度の CO<sub>2</sub> 排出削減量となることがわかった。

表 5.24 空調利用代替による CO<sub>2</sub> 排出削減量（1 m<sup>2</sup>あたり）  
（暑熱対策稼働に地下水を使用した場合）

	空調室での CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )	空調利用代替による CO <sub>2</sub> 排出削減量 (kg-CO <sub>2</sub> )	地下水使用に よる CO <sub>2</sub> 排出 量 (kg-CO <sub>2</sub> )	暑熱対策による CO <sub>2</sub> 排出削減量 (kg-CO <sub>2</sub> )	削減率 (%)
6月	12.7	12.3	0.1	12.2	96.2
7月	17.8	10.2	0.1	10.1	56.8
8月	20.6	9.9	0.1	9.8	47.5
9月	12.5	5.1	0.1	5.0	40.0
合計	63.6	37.5	0.4	37.1	58.3

※地下水揚水による電力消費量は、熊谷市役所前の検証で使用した地下水揚水ポンプの電力消費量を参考に求めた。

### 5.5.3 屋外利用促進型を適応した場合の CO<sub>2</sub> 削減

SET\*の算出結果と SET\*と利用者数の関係式から対策による利用者数増加を算出した。その際に用いた時間帯別の平均利用者数を表 5.25 に、月ごとの合計増加利用者数を表 5.26 に示す。

表 5.25 暑熱環境改善による増加利用人数

時間帯	平均利用者数（人・時）
9時台	0.02
10時台	0.03
11時台	0.47
12時台	2.32
13時台	0.65
14時台	0.86
15時台	0.49
16時台	0.23

表 5.26 暑熱環境改善による増加利用人数

	暑熱対策施設稼働時間 (時間)	暑熱環境改善により利用者が増加した時間 (時間)	増加利用人数 (人・時)
6月	224	139	56.7
7月	232	186	68.3
8月	248	224	75.5
9月	192	148	26.5

※暑熱対策施設稼働時間は雨の日を除く各日9時-17時の全時間

※暑熱環境改善により利用者が増加した時間は、対策前から対策後のSET\*の変化により利用者数が減少してしまう時間帯を除いている。

得られた値から、オフィスから一人退出あたりの電力消費量を乗じ、さらに、上水使用に係るエネルギーとして、使用水量から求めたCO<sub>2</sub>排出量を削減量から減じた。

表 5.27 暑熱環境改善による利用人数増加から削減されるCO<sub>2</sub>排出量  
(暑熱対策稼働に上水を使用した場合)

	オフィス退出による電力削減量 (kWh)	オフィス退出によるCO <sub>2</sub> 排出削減量 (kg-CO <sub>2</sub> )	上水使用によるCO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )	暑熱対策によるCO <sub>2</sub> 排出削減量 (kg-CO <sub>2</sub> )
6月	4.5	2.5	0.8	1.7
7月	6.7	3.7	0.8	2.9
8月	7.8	4.3	0.8	3.4
9月	2.4	1.3	0.6	0.7
合計	21.4	11.8	3.0	8.7

※上水使用によるCO<sub>2</sub>排出量は、雨の日を除く時間数分上水を使用したとして計算している。

また、暑熱対策施設稼働に地下水を利用することを想定してCO<sub>2</sub>排出削減量を算出したところ、上水を使用した場合と同程度のCO<sub>2</sub>排出削減量となることがわかった。なお、このときの地下水使用によるCO<sub>2</sub>排出量は揚水に必要な電力量(熊谷での測定値)を基に算出した。

表 5.28 暑熱環境改善による利用人数増加から削減されるCO<sub>2</sub>排出量  
(暑熱対策稼働に地下水を使用した場合)

	オフィス退出による電力削減量 (kWh)	オフィス退出によるCO <sub>2</sub> 排出削減量 (kg-CO <sub>2</sub> )	地下水使用によるCO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )	暑熱対策によるCO <sub>2</sub> 排出削減量 (kg-CO <sub>2</sub> )
6月	4.5	2.5	0.7	1.7
7月	6.7	3.7	0.8	2.9
8月	7.8	4.3	0.8	3.5
9月	2.4	1.3	0.6	0.7
合計	21.4	11.8	2.9	8.8

※地下水揚水による電力消費量は、熊谷市役所前の検証でを使用した地下水揚水ポンプの電力消費量を参考に求めた。