

## 6.4 適応策の導入効果の検討

枚方市と高槻市のそれぞれのモデル地区で導入される適応策の効果を検討した。枚方市においては打ち水の試行的取組の効果を実測により把握するとともに数値計算を使って、取り組みの効果を視覚的に把握した。また、高槻市においては霧噴霧装置の噴霧量や、取付高さを検討するため予備的な実験を行い効果を把握した。

### 6.4.1 枚方市

#### 6.4.1.1 打ち水の試行取組

モデル地区（枚方市岡本町の枚方宿街道沿い）において、熱環境を改善する方法として、地域の方々の実施意向が強い手桶を用いた打ち水を試行的に実施し、その効果を測定し、歩行者等の意識をアンケートにより確認した。

#### 1) 時間帯別による打ち水の効果把握

##### (1)実施日時

平成 25 年 7 月 17 日（水） 15 時頃（昼間）、  
18 時頃（夕方）

##### (2)測定項目と測定地点

気温・湿度（強制通風）、表面温度、黒球温度、  
風向・風速・・・2 か所（打ち水実施、打ち水なし）  
日射量・・・1 か所（街路内屋上）  
サーモカメラによる表面温度分布（街路全体）



図 6.32 打ち水実施場所

表 6.7 測定項目の詳細

測定項目		機器	センサー
表面温度	表面温度（連続測定）	赤外線熱電対 (EXERGEN IRt/c-10)	K 熱電対
体感温度	黒球温度	T&D データロガー (RTR52)	サーミスタ
	湿度	T&D データロガー (RTR53)	高分子膜抵抗式
	気温（強制通風方式）	T&D データロガー (RTR52)	サーミスタ
風	風向風速	2次元超音波風向風速計 (PGWS-100)	超音波センサー

以下に打ち水の試行取組の測定地点を示す。

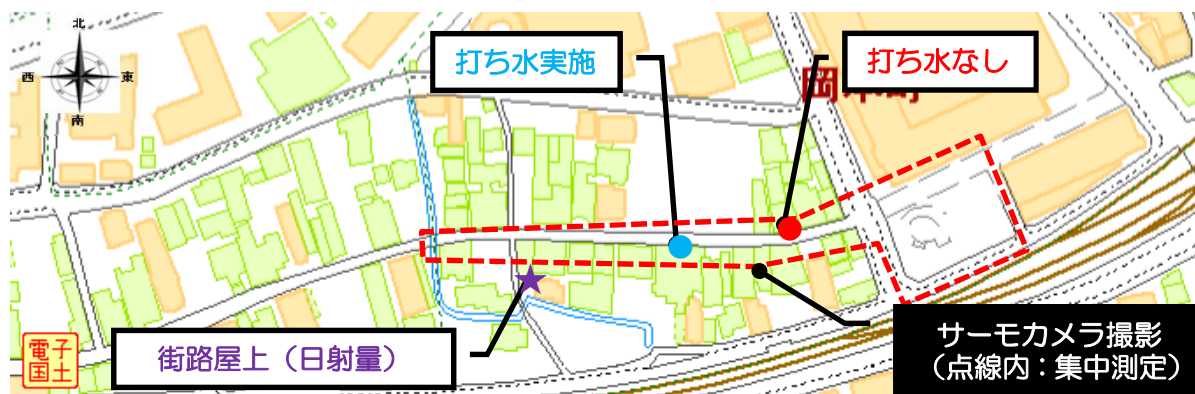


図 6.33 打ち水実施地点、測定地点 (7/17)

(3) 打ち水に用いる水の量

降水量にして 3mm 相当の水量で実施した。1m<sup>2</sup> 当たり 3L に相当する。

(4)測定結果

- ・気温低下は 15 時、18 時の打ち水で共に見られなかった。
- ・表面温度は、15 時には 6℃程度、18 時には 3℃程度低下していた。
- ・15 時の打ち水の表面温度低下の持続効果は 1 時間半程度だったが、18 時の打ち水では測定を終了した 22 時まで、1℃程度の差が維持された。

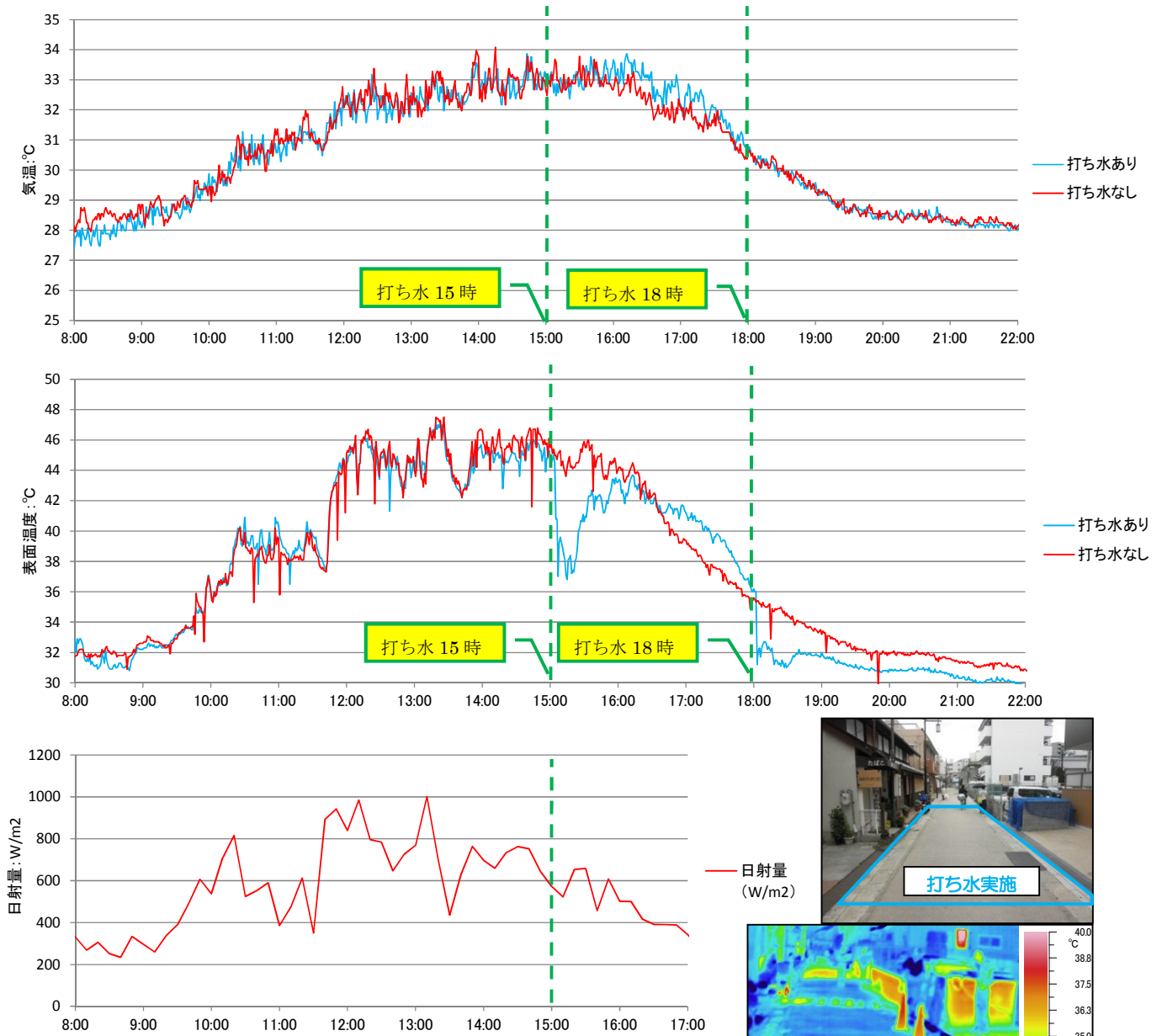


図 6.34 打ち水による気温の変化 (上)、打ち水による表面温度の変化 (中)、日射量 (下) (7/17)

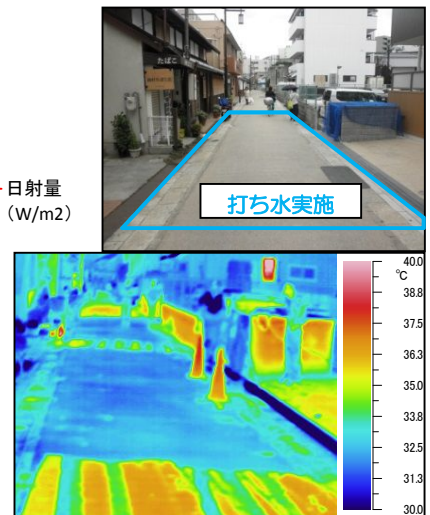


図 6.35 18時打ち水実施直後の熱画像

## 2) 打ち水量の違いによる効果把握

### (1)実施日時

平成 25 年 8 月 7 日 (水) 9 時頃 (朝)、13 時頃 (昼間)  
17 時頃 (夕方)

### (2)測定項目と測定地点

気温・湿度 (強制通風)、表面温度、黒球温度、  
風向・風速・・・3 か所 (降水量 1mm 相当、  
降水量 2mm 相当、打ち水なし)

日射量・・・1 か所 (街路内屋上)

サーモカメラによる表面温度分布 (街路全体)



図 6.36 打ち水実施場所

以下に打ち水の試行取組の測定地点を示す。

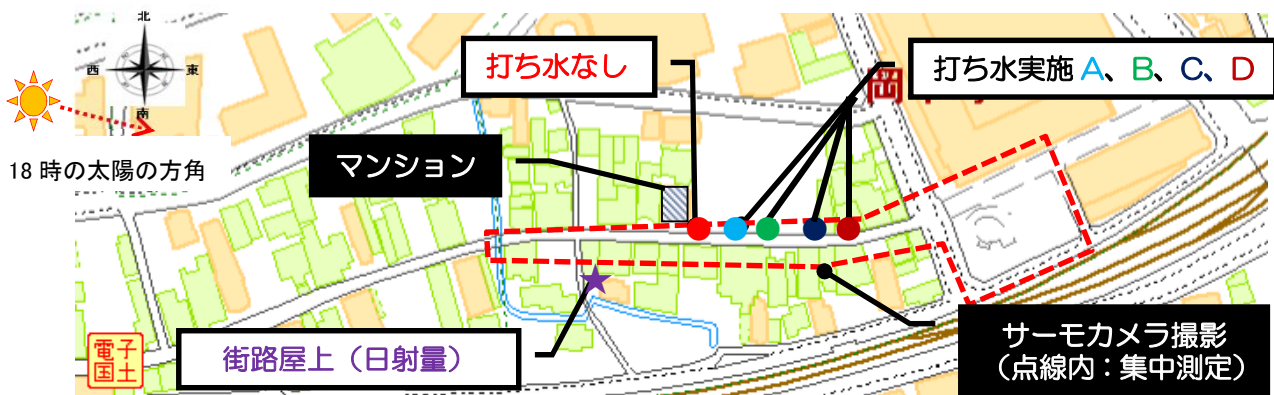


図 6.37 打ち水実施地点、測定地点 (8/7)

8 月の打ち水の効果測定では、実施時間帯毎に打ち水の実施地点を変化させた。これは、前の時間帯に行った打ち水により、街路の蓄熱量が低下する事を懸念したためである。

表 6.8 打ち水の実施地点の変化

	降水量 1mm 相当	降水量 2mm 相当
9 時	地点 C	地点 A
13 時	地点 D	地点 B
17 時	地点 A	地点 C

※降水量 1mm、2mm 相当は、1m<sup>2</sup> 当たり 1L、2L の散水量に相当する。

### (3)測定結果

表面温度の低下は、降水量 1mm 相当と 2mm 相当で大きな差は見られなかった。



図 6.38 打ち水による気温の変化 (上)、打ち水による表面温度の変化 (中)、日射量 (下) (8/7)

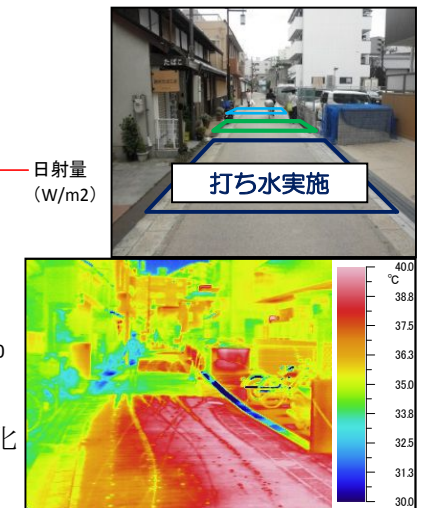


図 6.39 17時打ち水実施直後の熱画像

### 3) アンケートの実施

#### (1) 実施時期

平成 25 年 7 月 14 日 (日) 15 時頃 (7 月の五六市)

#### (2) アンケートの実施場所

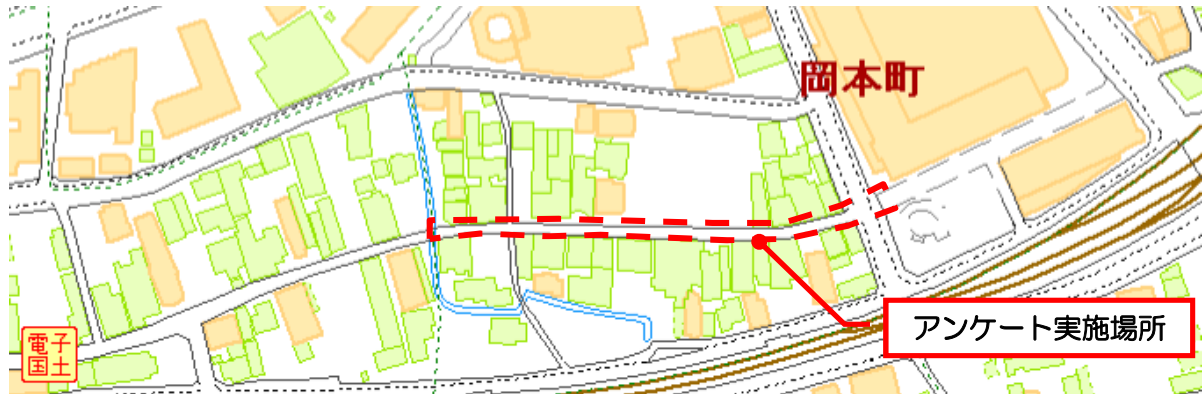


図 6.40 アンケートの実施地点 (8/7)

#### (3) アンケート結果

##### ① アンケート対象者

アンケートの対象は、打ち水を実施した方と来街した歩行者の合計 29 人であった。

打ち水実施者	歩行者	合計
11 人	18 人	29 人

アンケート対象者の属性は、女性が 7 割と多く、年代別では 40 代が 4 割を占めた。また、職業としては会社員と主婦が多く、合計で 7 割となった。

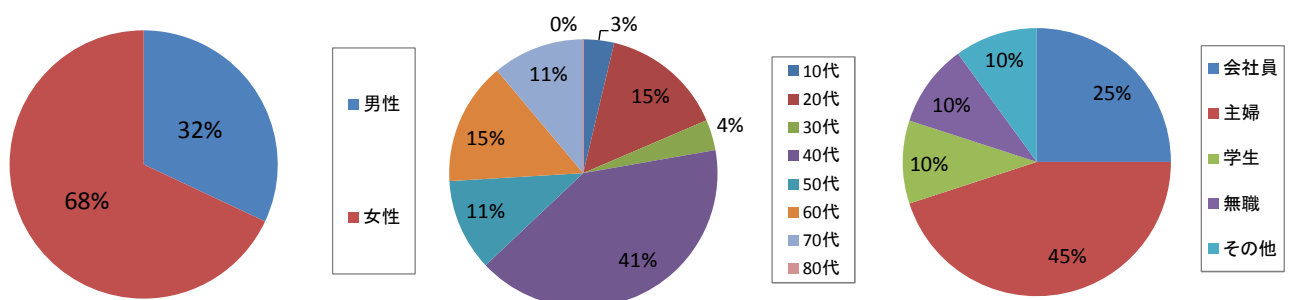


図 6.41 アンケート対象者の属性

②アンケート実施時の熱環境

●暑さ涼しさ

打ち水実施時に急速に雲が発生したためか、「やや涼しい」、「どちらでもない」と回答した方が合計で約8割となった。

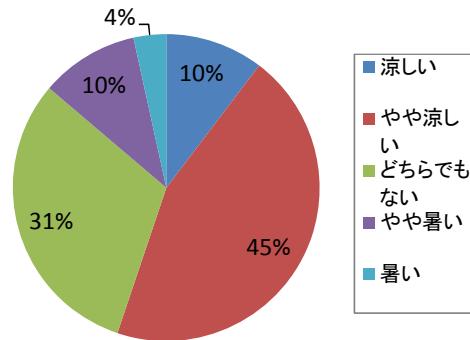


図 6.42 打ち水実施時の暑さ涼しさ

●乾湿感

乾湿感については、「どちらでもない」と回答した方が最も多く、7割以上であった。

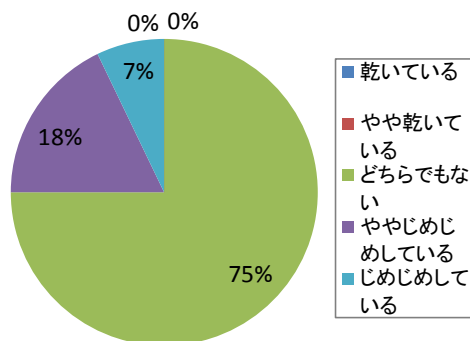


図 6.43 打ち水実施時の乾燥感



### ③打ち水による快適感

全体では、打ち水によって「快適」「やや快適」と回答した方が最も多く、打ち水が暑熱を改善すると認識していることが分かった。ただし、その傾向は歩行者よりも打ち水を実施している者の方が強く、歩行者では2割以上の方が「どちらでもない」と回答している。

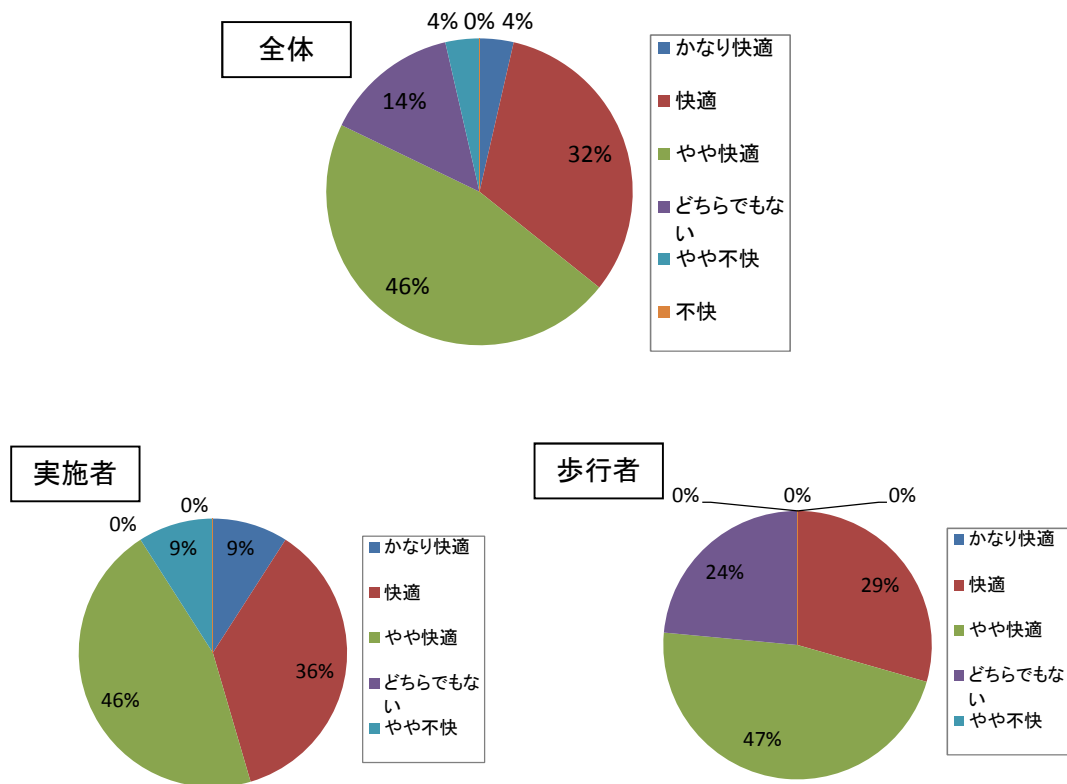


図 6.44 打ち水による快適感

### ④打ち水に対する歩行者の意識

#### ●これからも打つ水を続けて欲しいと思うか？

打ち水を続けて欲しいかをたずねたところ、「とても思う」「そう思う」「ややそう思う」の合計で8割以上となった。

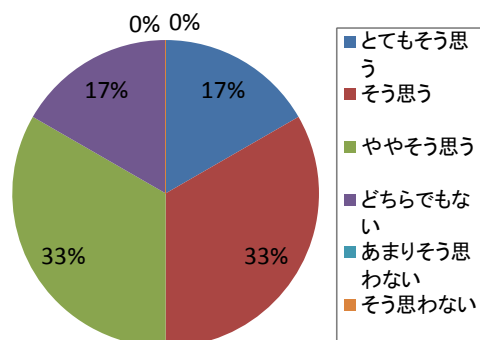


図 6.45 打ち水に対する歩行者の意識



●打ち水が通行の妨げになるなど、迷惑に感じたか？

打ち水が迷惑に感じるかをたずねたところ、9割以上が迷惑とは感じないと答えた一方、1割未満の方が「やや迷惑」と回答した。

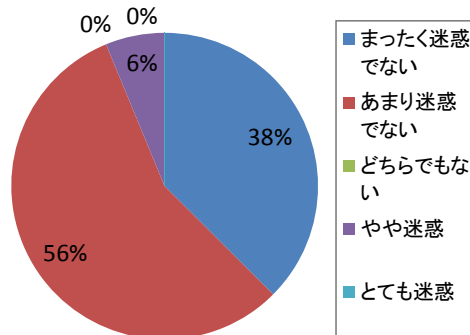


図 6.46 打ち水が迷惑に感じるか

●打ち水は、商店街の風情・景観になじんでいると思うか？

街道における木桶による打ち水については、「なじんでいる」との回答が8割を超えていた。

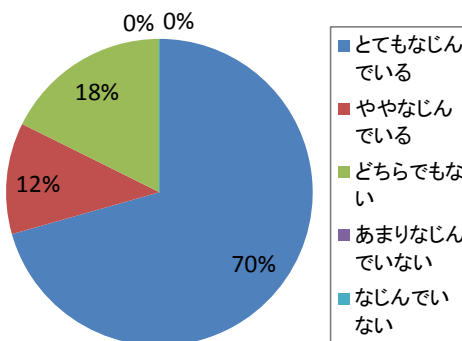


図 6.47 打ち水が商店街になじんでいるか

⑤打ち水に対する実施者の意識

●これからも打ち水を続けようと思うか？

「そう思う」と答えた方が最も多く、「とてもそう思う」「ややそう思う」を含めると9割にのぼった。

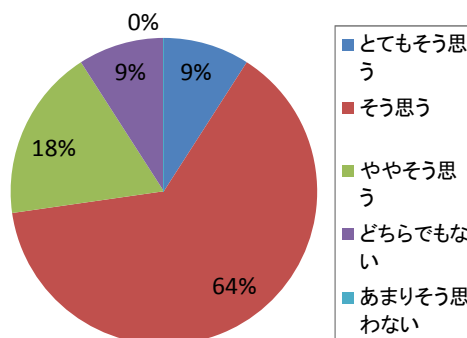


図 6.48 打ち水を続けようと思うか

●打ち水をして楽しかったか？

「どちらでもない」の回答が7割以上と最も多かったが、「やや」を含め「楽しかった」という回答も3割程度見られた。

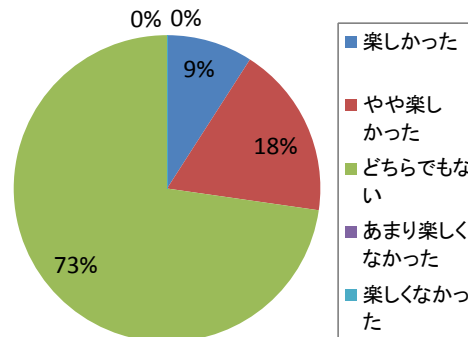


図 6.49 打ち水をして楽しかったか

●打ち水は大変でしたか？

「大変だった」という回答は見られず、「どちらでもない」が5割以上を占めた。

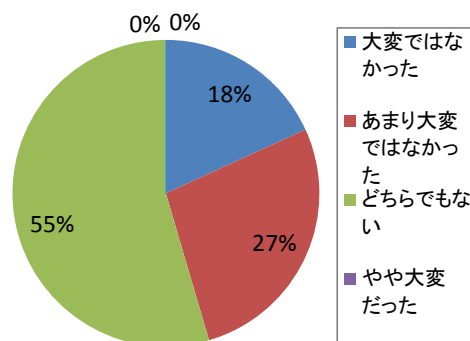


図 6.50 打ち水をして楽しかったか

⑥打ち水に使った水は何ですか？

使った水源は、「水道水」がもっとも多く、8割以上を占めた。

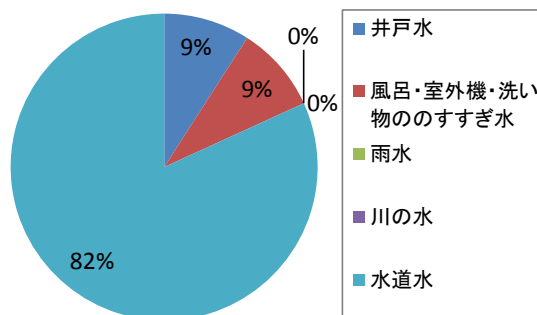


図 6.51 打ち水に使った水は何か

#### 4) まとめ

打ち水の試行取組から、以下の点が明らかになった。

- 夕方に打ち水を行うと、路面の温度低下効果が夜間まで持続する。
- 打ち水量としては、降水量にして 1mm 相当、1m<sup>2</sup> 当たり 1L まけば十分である。

また、アンケートの実施により、以下の事が分かった。

- 打ち水による快適性に関しては「快適」「やや快適」と回答した方が最も多く、打ち水が暑熱を改善すると認識していることが分かった。ただし、その傾向は歩行者よりも打ち水を実施している者の方が強く、歩行者では 2 割以上の方が「どちらでもない」と回答している。
- 打ち水は、商店街の風情・景観になじんでいると思った方が 8 割を超えていた。
- これからも打ち水を続けたいと思った方が、「ややそう思う」を含めると 9 割にのぼった。
- 打ち水には 8 割の方が水道水が使われた。

#### 6.4.1.2 実施する適応策効果の検討と視覚化

実施が予定されている2つの適応策である街道での打ち水と、街道沿いの駐車場との境界フェンスの緑化について、その期待される効果を定量的に検討し、視覚的に表現した。

##### 1) 検討方法

モデル地区における適応策の効果を熱環境シミュレーションツール (ThermoRender 4 Pro : A & A 社) を用いて予測、評価した。そのため、道路や敷地、建物などを CAD ソフトウェア (Vectorworks 2013 : Nemetschek Vectorworks 社) 上において3次元でモデル化し、それぞれの素材の熱容量や日射反射率などの熱的な特性や、実際の現地における気象データ等を測定・入力し、シミュレーションを実施した。

##### 2) 計算領域とモデル化

モデル地区の一部を計算領域とし、道路、駐車場や宅地などの敷地、建物7棟、駐車場のブロック塀などの構造物について3Dモデル(縮尺:100分の1)を作成した。以下に計算領域とモデル化した街路を示す。

計算領域は、岡本町会館周辺の街道を中心とした約53m×36mの領域である。



図 6.52 計算領域

各モデルの寸法は、現場での実測に基づき設定した。

また、熱的特性の反映のため、モデルの全部位（建物部材、土地被覆など）について ThermoRender のデータベースから適切な「部位仕様（材料、断面仕様など）」を設定した。



図 6.53 モデル化した街路（街道東側から高さ 1.5m の視点）



図 6.54 モデル化した街路

### 3) 気象条件

計算に用いた気象条件は、現地で実際に測定したものをを用いた。測定は、五六市が開催された2013年8月11日(日)に実施した。気象観測は、街道沿いの2階建て建物の屋上で実施した。風向風速計等の設置高さは地上約6mである。



図 6.55 気象観測状況

測定日は、最高気温が38℃を超える猛暑日であった。日中の風速は1.5m/s程度の弱風であった。

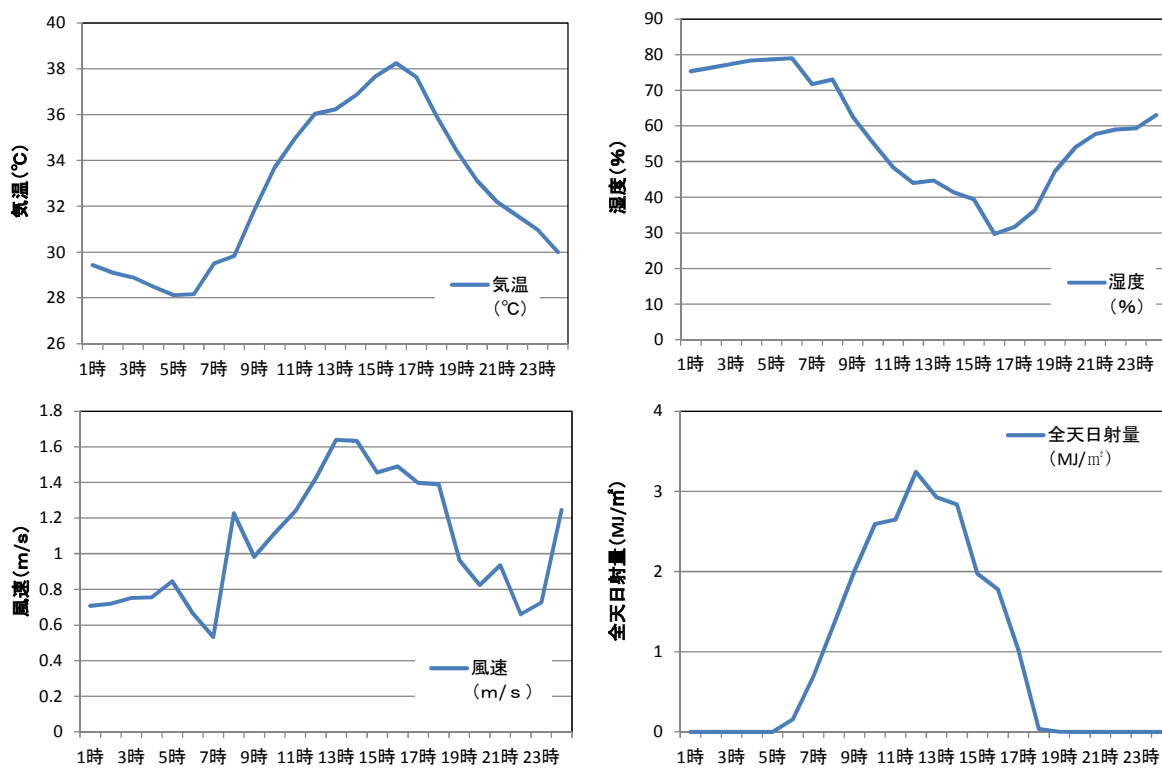


図 6.56 気象条件



また、街道の路面の表面温度は、最高で 52℃程度まで上昇した。

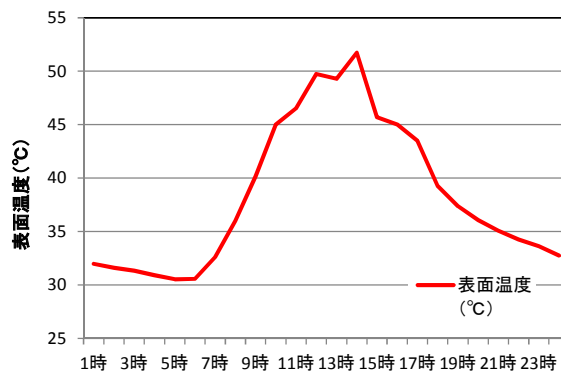


図 6.57 路面の表面温度

#### 4) シミュレーションケース

実施ケースは、適応策の導入場所を 2 箇所設定し（街道の路面、街道と駐車場を隔てるフェンス）、それぞれに異なる 2 つの適応策（打ち水、フェンスの緑化）を実施した場合のケースを実施した。そのため、適応策を実施しないケース、2 つの適応策の複合実施のケースを含め、合計 4 ケースを実施した。また、それぞれのケースについて日中（12 時）を対象として実施した。

表 6.9 シミュレーション実施ケースと計算気象条件（平成 25 年 8 月 11 日）

ケース名	導入場所	導入した適応策
基本ケース	—	—
フェンス緑化 ケース	フェンス	緑化
打ち水ケース	街道	打ち水
打ち水 & 緑化ケース	街道とフェンス	街道への打ち水とフェンス への緑化



## 5) シミュレーション結果

### (1)基本ケース

基本ケースとして現況を再現したところ、12時のケースでは、街道の路面温度は約54℃と実測に近い値となった。ただし建物の陰になっているところはほぼ気温相当であった。また、街道沿いの駐車場のアスファルトは、街道よりも表面温度が高く、61℃程度となった。

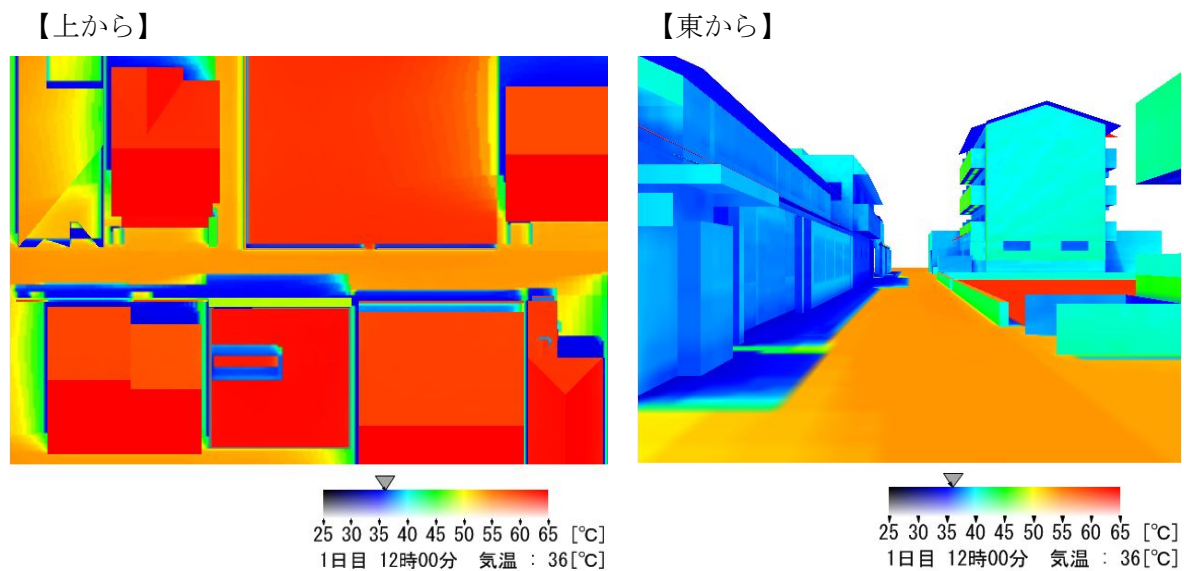


図 6.58 基本ケースの表面温度\_12時

体感温度として、街路上 1.5m の平均放射温度 (MRT) を計算した。一部の日陰部分を除き、50~60℃程度と暑くなっていた。

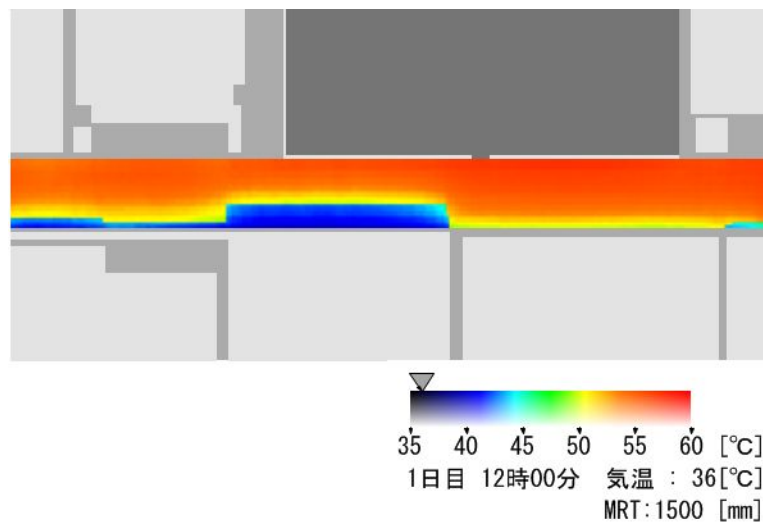


図 6.59 基本ケースの平均放射温度 (MRT) \_12時

## (2)フェンス緑化ケース

フェンス緑化ケースでは、駐車場の街道沿いのブロック塀とフェンス(全高 1.45m)について、全体を植物で覆った場合を設定した。

街道や駐車場の表面温度分布は、基本ケースとほとんど変わらず、街道と駐車場の境界に気温相当の壁ができた。

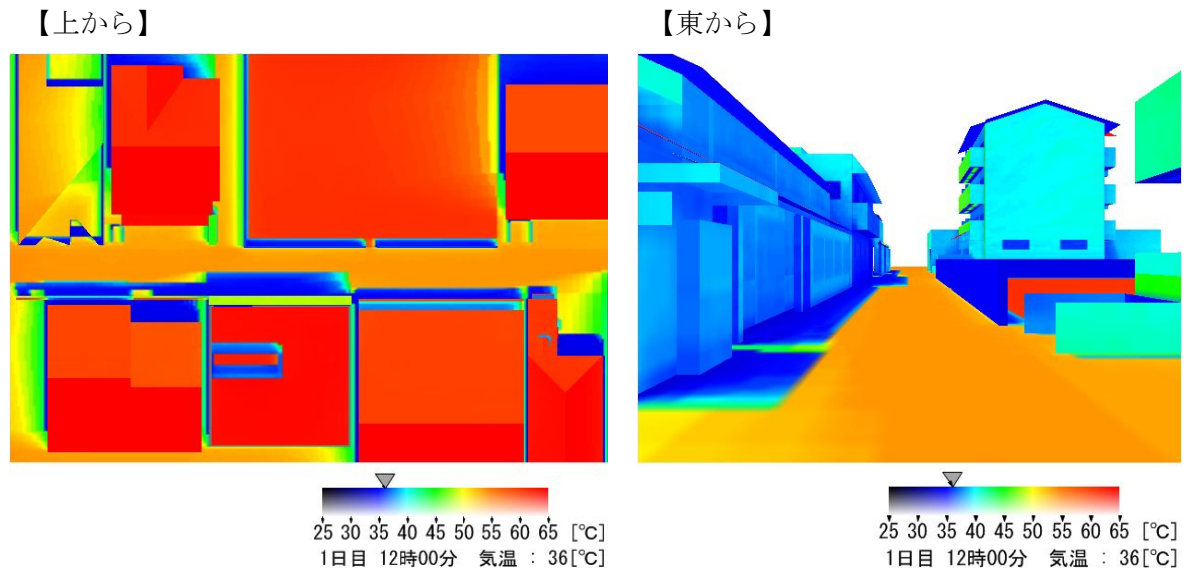


図 6.60 フェンス緑化ケースの表面温度\_12時

街道と駐車場の境界に気温相当の壁ができたことで、街道の駐車場近傍の体感温度が約 2°C程度、基本ケースより低下した。

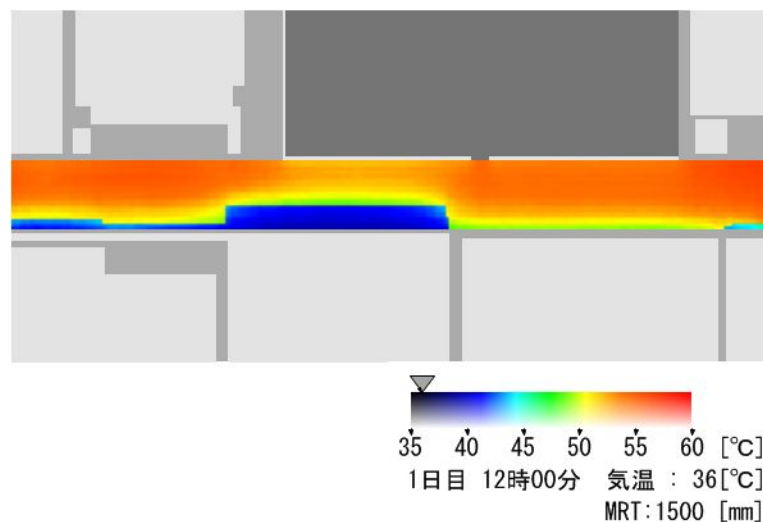


図 6.61 フェンス緑化ケースの平均放射温度 (MRT) \_12時

### (3) 打ち水ケース

打ち水ケースでは、路面全体へ散水した場合を設定した。

打ち水によって、路面の表面温度が基本ケースから 12℃程度冷えた。

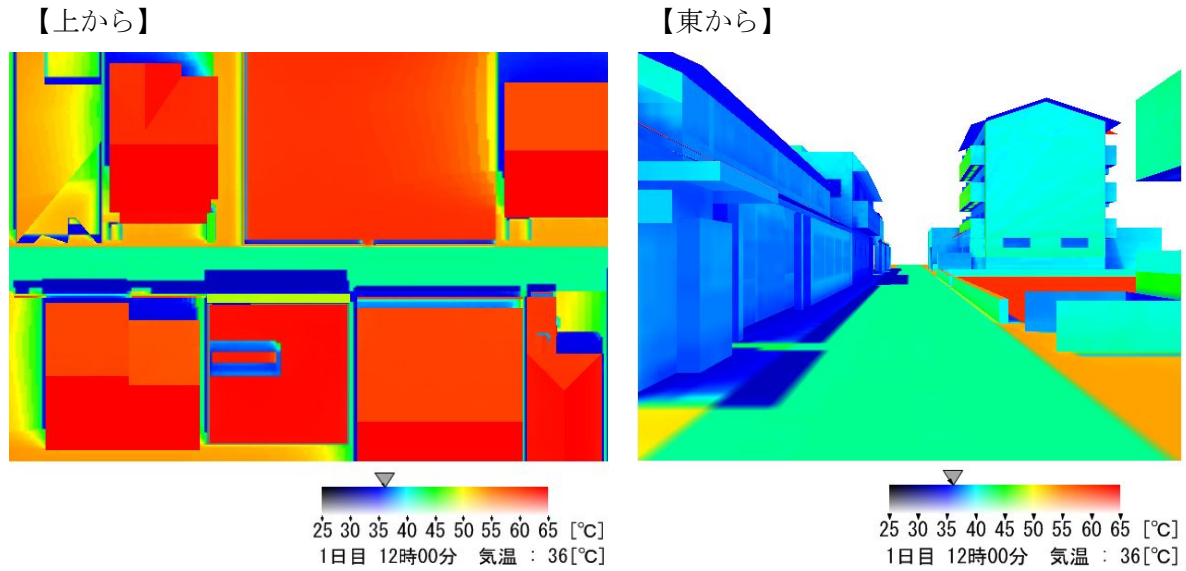


図 6.62 打ち水ケースの表面温度\_12時

体感では、47～52℃程度に低下したが、駐車場近傍は状況があまり改善されなかった。これは駐車場からの赤外放射が影響していると考えられた。

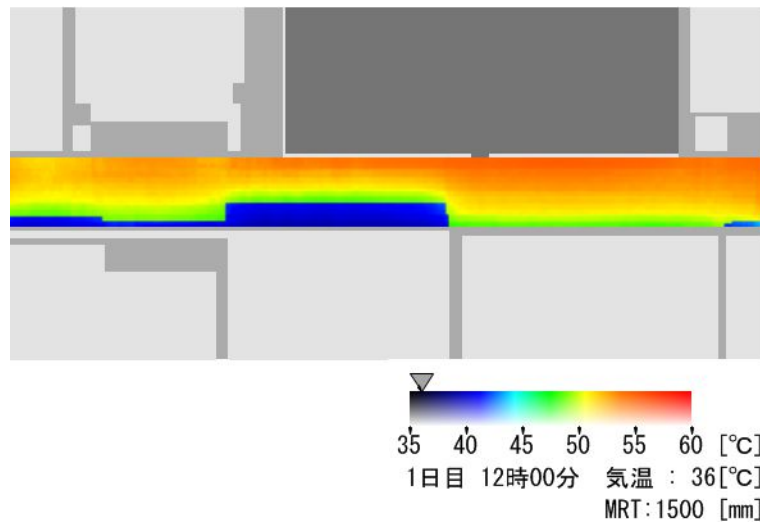


図 6.63 打ち水ケースの平均放射温度 (MRT) \_12時

#### (4) 打ち水&緑化ケース

打ち水とフェンス緑化を同時に実施した場合、街道からは 50℃以上の熱い部分がほとんど見えなくなった。

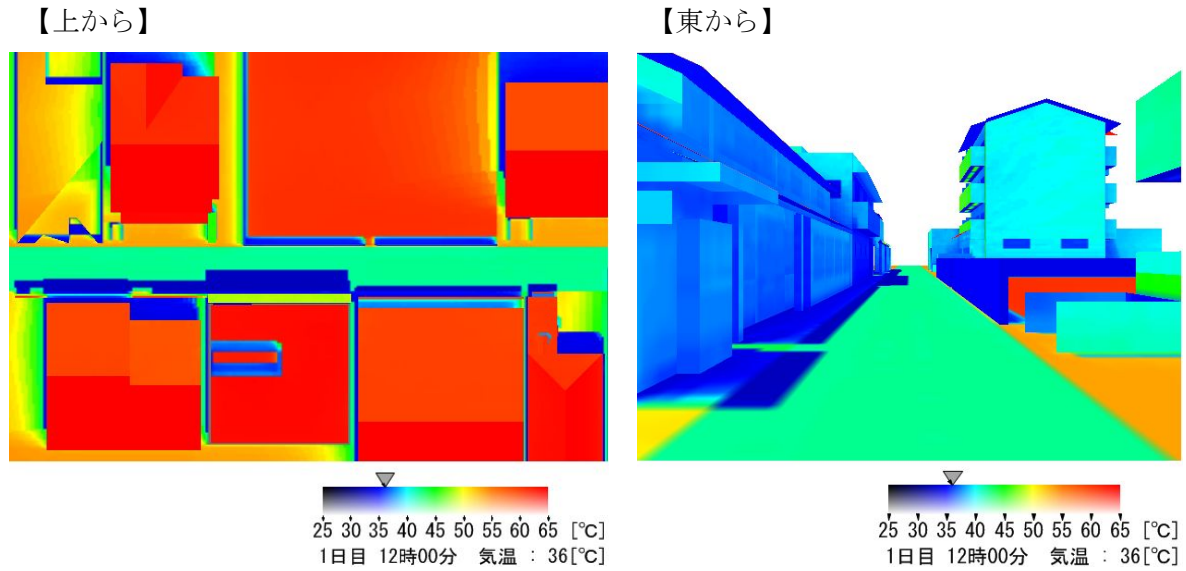


図 6.64 打ち水&緑化ケースの表面温度\_12時

その結果、街道全体の体感温度が 47~52℃程度に低下し、基本ケースから 6℃程度、低下した。

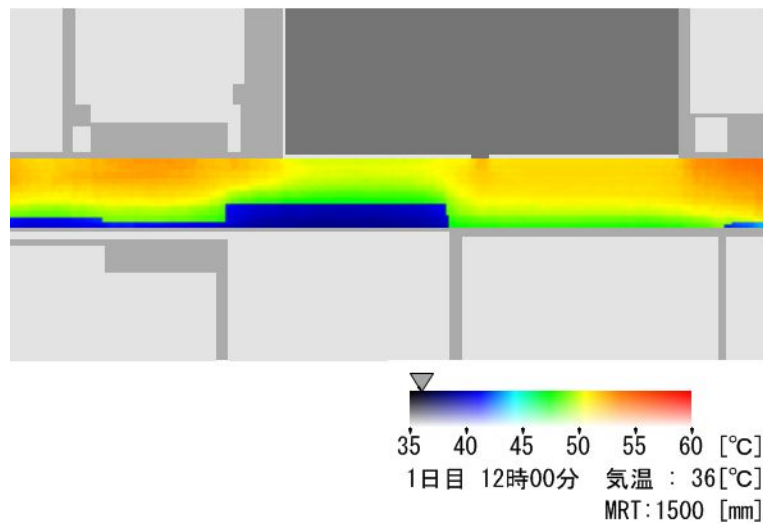
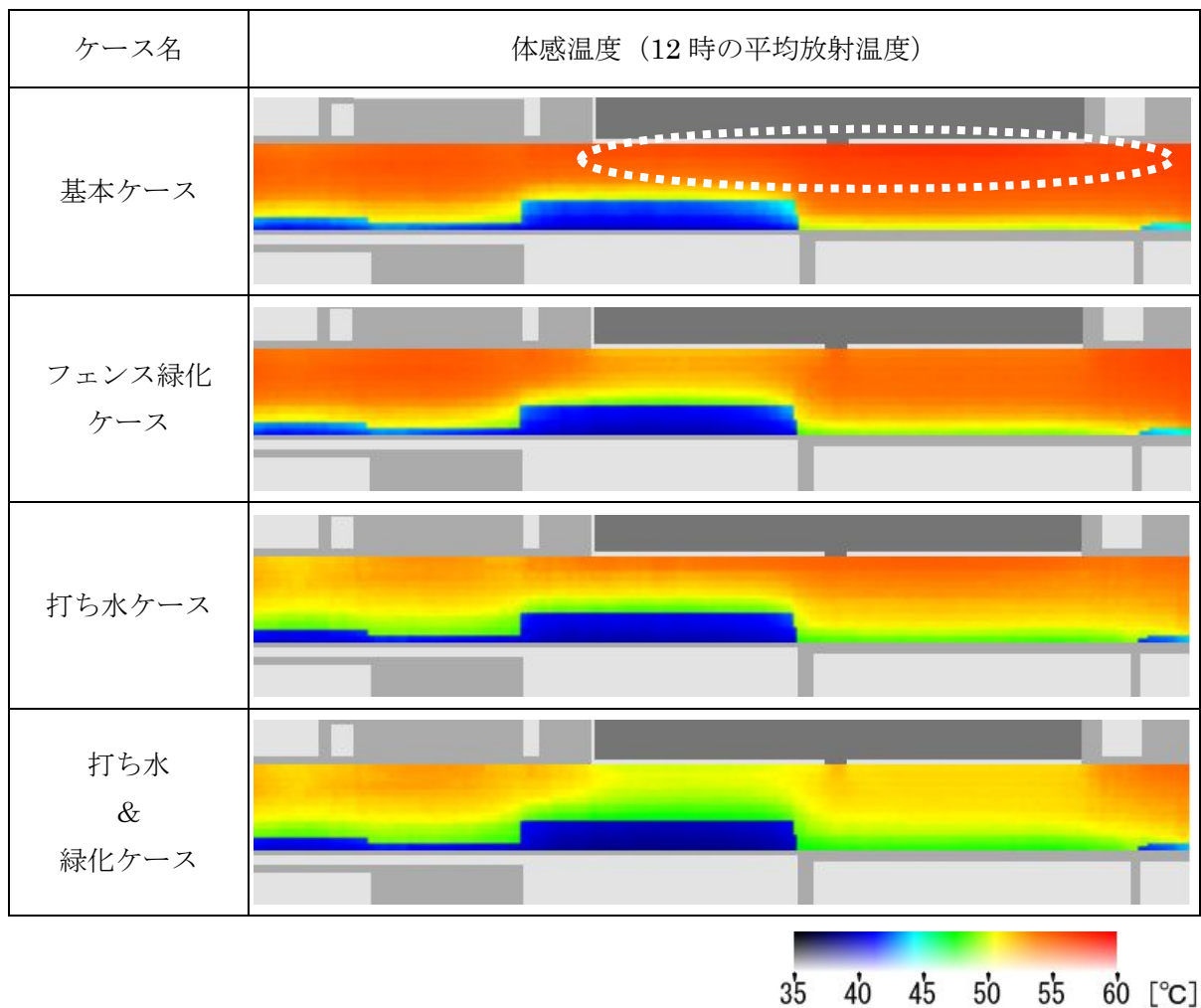


図 6.65 打ち水&緑化ケースの平均放射温度 (MRT) \_12時

## 6) まとめ

- ・現状（基本ケース）では、街道全体が暑く、高温化したアスファルト駐車場の近傍が体感的に暑くなっていた。
- ・駐車場との境界のフェンスを緑化すると、駐車場近傍の体感温度は2℃程度改善した。
- ・街道全体を打ち水すると、全体的に涼しくなるものの、駐車場からの放射により、駐車場近傍は体感的に暑くなっていた。
- ・そこで、打ち水とフェンス緑化を合わせると、街道全体の体感温度が改善された。

表 6.10 各ケースと体感温度のまとめ



## 6.4.2 高槻市

高槻市の地域の関係者の導入意向が高い商店街での霧噴霧について、実施可能性やその効果について、基礎的な情報を得ることを目的とする。

### 1) 実験概要

#### (1)実施日時

平成 25 年 10 月 2 日 (水) 10:00～15:30

#### (2)測定地点

アクトモール中央付近のキャットウォークを用いて実験を行った。

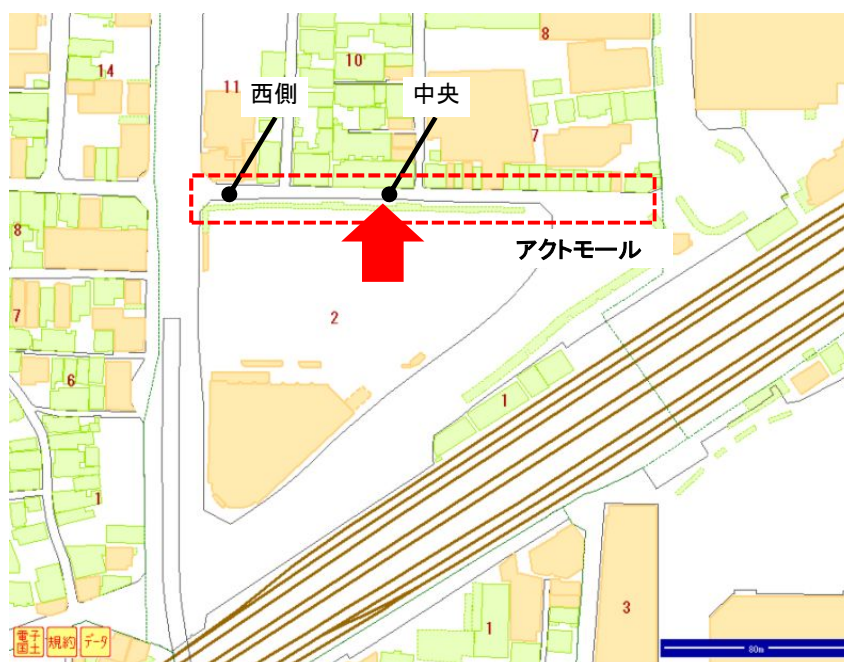


図 6.66 モデル地区の場所



(3)霧噴霧システム（協力：(株)いけうち）

①ノズル

2つの噴霧量のタイプのノズルを用いた。

- ・噴霧量 2.36ℓ/hr/ノズル、粒径 20μm
- ・噴霧量 5.61ℓ/hr/ノズル、粒径 20μm

各噴霧量のノズルを 250mm ピッチで 16 個を取り付け、計 4m とした。

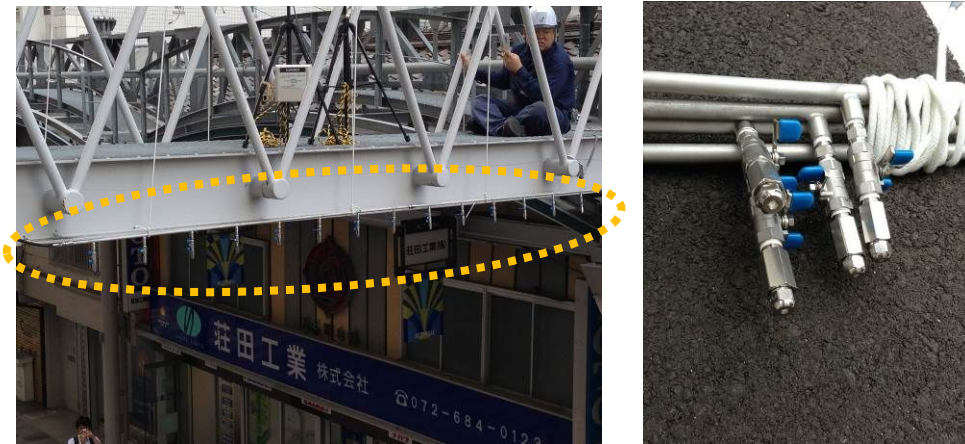


図 6.67 ノズル

②ポンプ

圧力：6Mpa

最大流量：240ℓ/min



図 6.68 ポンプ

(4)霧噴霧パターン

①噴霧高さ

GL+6m（キャットウォークの下部）と GL+4.5m（建築基準）

②噴霧量

表 6.11 噴霧パターンと噴霧量

	内容	噴霧量
1 倍	2.36ℓ/hr/ノズル×8	18.88 ℓ/hr
2 倍	2.36ℓ/hr/ノズル×16	37.76 ℓ/hr
2.5 倍	5.61ℓ/hr/ノズル×8	44.88 ℓ/hr
5 倍	5.61ℓ/hr/ノズル×16	89.76 ℓ/hr
7 倍	2.36ℓ/hr/ノズル×16 + 5.61ℓ/hr/ノズル×16	127.52 ℓ/hr



## 2) 効果測定

以下の測定機器を用いた。

表 6.12 測定項目と詳細

測定項目		機器	センサー
表面温度	表面温度 (連続測定)	赤外線熱電対 (EXERGEN IRt/c-10)	K 熱電対
体感温度	黒球温度	T&D データロガー (RTR52)	サーミスタ
	湿度	T&D データロガー (RTR53)	高分子膜抵抗式
	気温 (強制通風方式)	T&D データロガー (RTR52)	サーミスタ
風	風向風速	2次元超音波風向風速計 (PGWS-100)	超音波センサー

測定機材を、噴霧位置より上部の温湿度と風、地上では噴霧位置の風上、直下、風下に配置した。

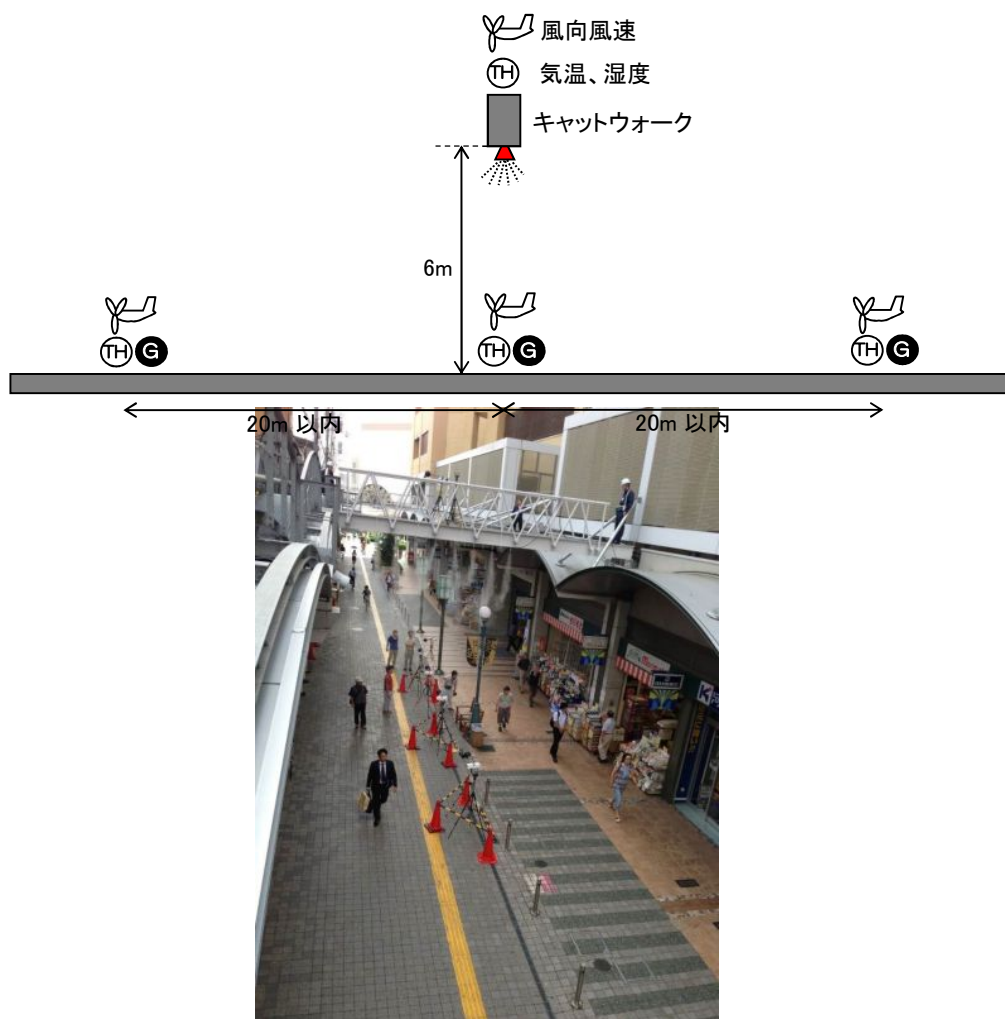


図 6.69 霧噴霧装置測定地点

### 3) 測定結果

#### (1) 気象の状況

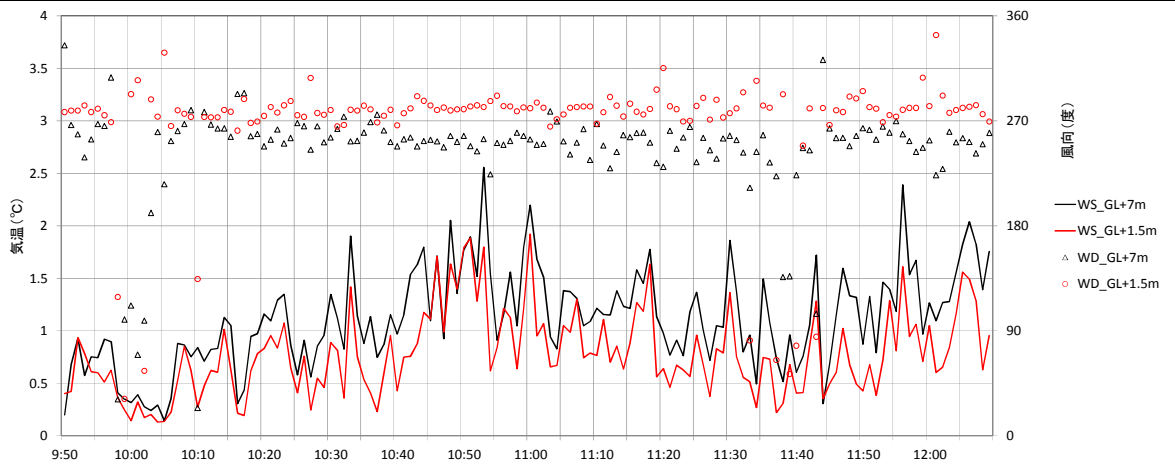
- ・ 風の流れは西から東に向かっていたが、14:30以降は風向きが不安定となった。
- ・ 実験中の風速は、平均すると地上+1.5mで0.8m/s程度、地上7mでは1.2m/s程度と、地上1.5mの1.5倍程度となっていた。
- ・ 午前中は26°C、午後は27°C前後となっていた。
- ・ 相対湿度は50~60%程度であった。

#### (2) 霧噴霧による気温低下の状況

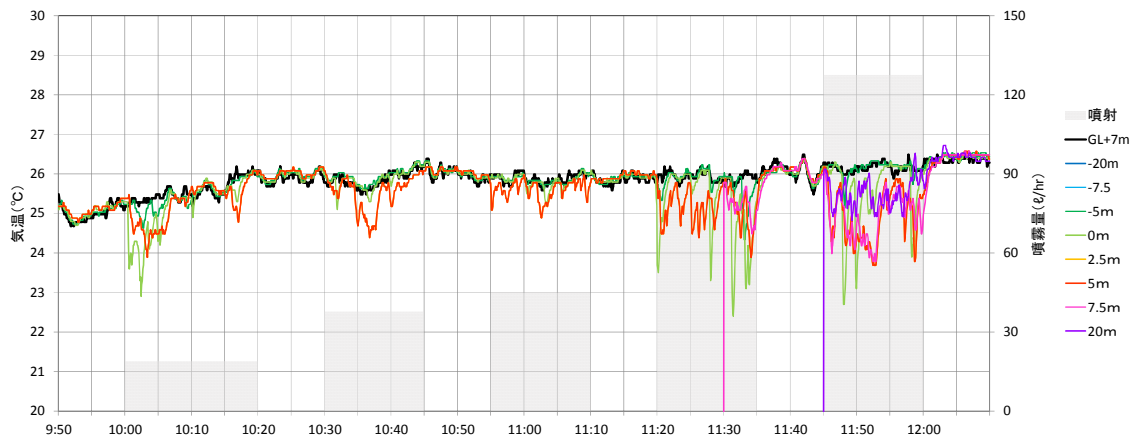
- ・ GL+6mからの噴霧（午前中）では5倍以上、GL+4.5mからの噴霧（午後）では2倍以上で気温低下効果が見られた。
- ・ ところどころ直下（0m）の気温が急激に低下しているところが見られるが、センサーへの水滴の付着が考えられる。
- ・ 気温が急激に低下するのは、GL+1.5m風速で0.5m/s、もしくはそれ以下となる場合に多く見られる。
- ・ 全体として噴霧量が多いほど、また風速が弱いほど、さらに噴霧高さが低いほど気温が大きく低下する傾向が見られた。
- ・ 特に、GL+4.5mからの5倍噴霧時に、風下20m地点においても3°C程度の大きな気温低下が見られたが、風速が1m/s以下であったこと、GL+1.5mとGL+7mの風速の変動がほぼ同様なことから、商店街を流れる風の乱れが少なかったことなどが影響しているのではないかと推察される。

GL+6.0m から噴霧

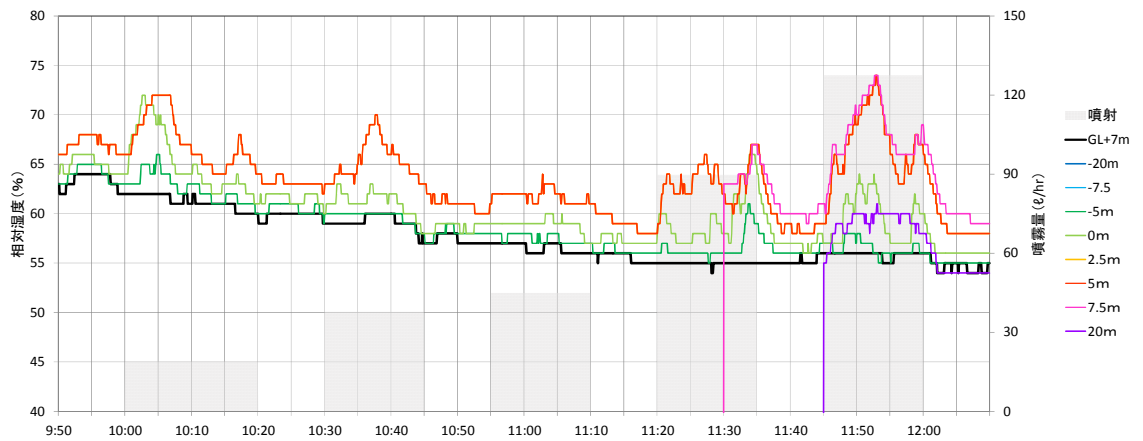
風向風速  
(1分値)



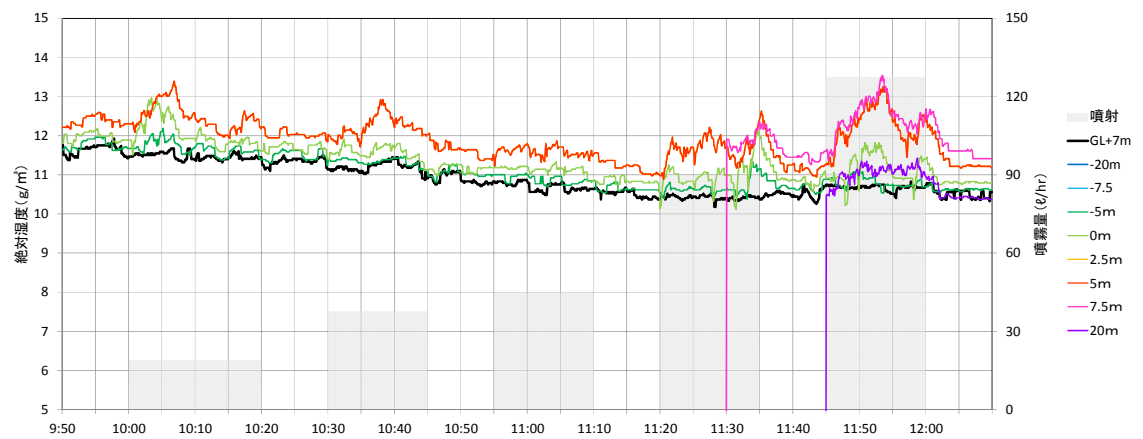
気温  
(5秒値)



相対湿度  
(5秒値)

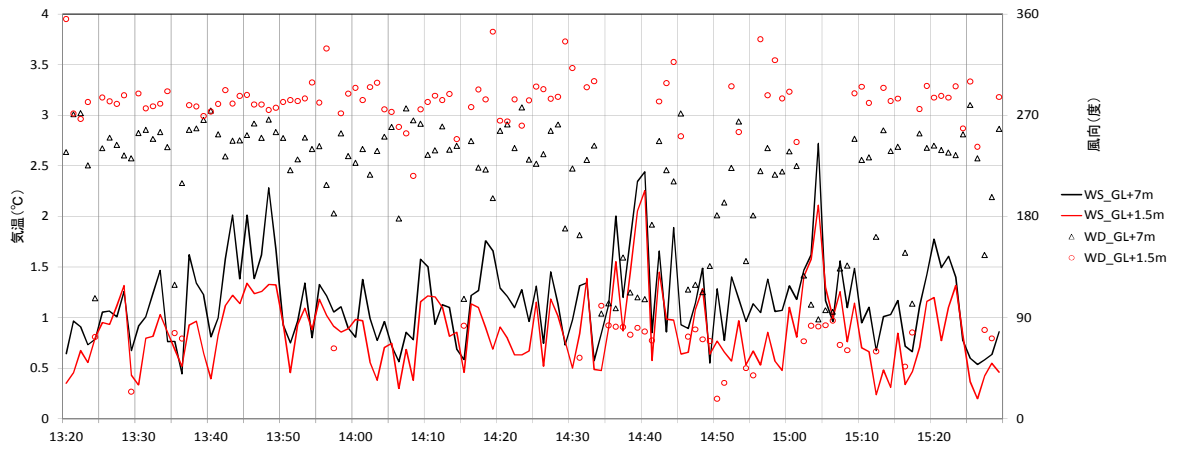


絶対湿度  
(5秒値)

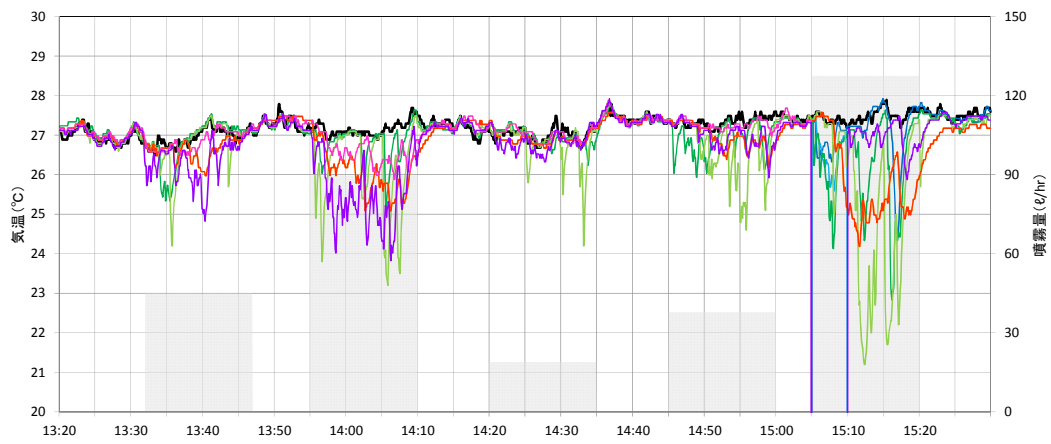


GL+4.5m から噴霧

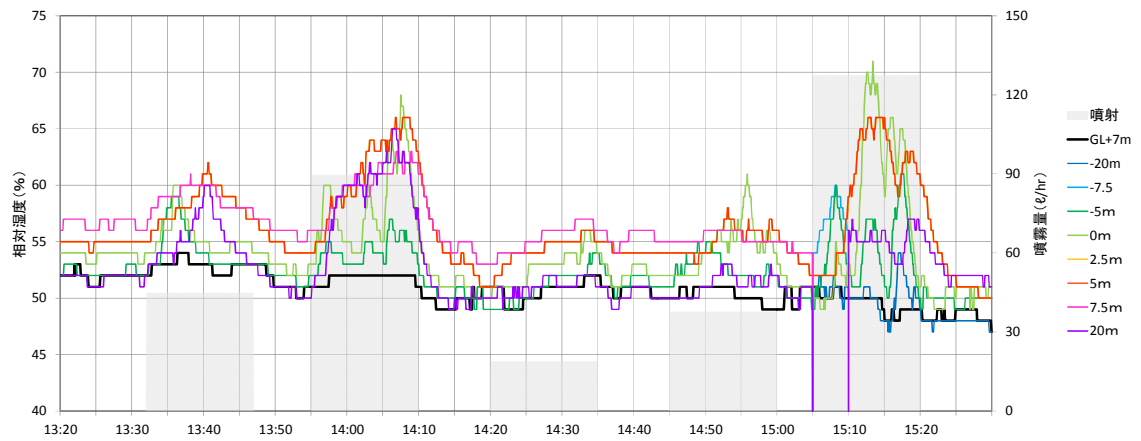
風向風速  
(1分値)



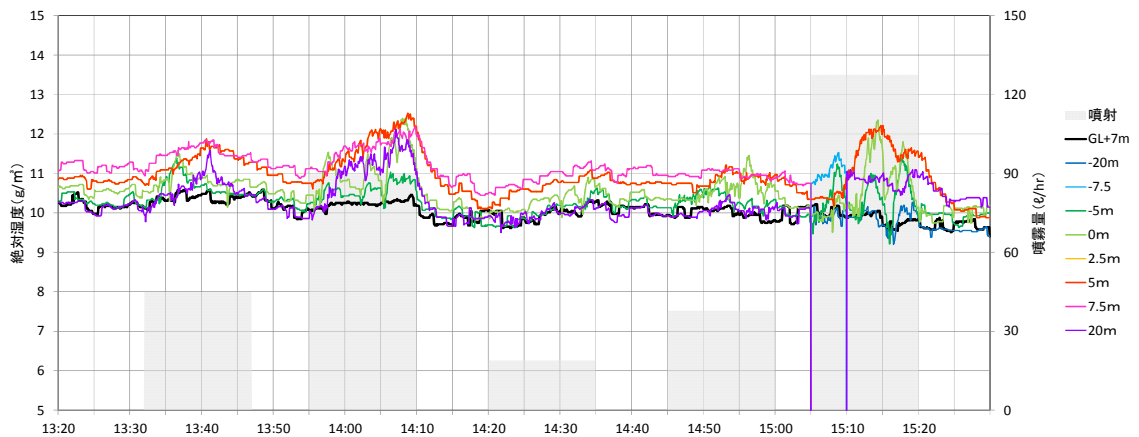
気温  
(5秒値)



相対湿度  
(5秒値)



絶対湿度  
(5秒値)





【霧噴霧状況】







#### 4) 考察

##### (1) 噴霧量と気温低下効果

噴霧量に応じた気温低下効果について、GL+7m 気温を基準とした場合の各地点の気温低下量をまとめた。

表 6.13 霧噴霧による気温低下量（平均値）

噴霧高さ	噴霧量	気温低下量（基準－各地点の気温）（℃）							
		-20m	-7.5m	-5m	0m	2.5m	5m	7.5m	20m
GL+6m	1 倍			0.09	0.34		0.31		
	2 倍			-0.10	-0.00		0.33		
	2.5 倍			0.01	0.06		0.27		
	5 倍			0.13	0.65	1.12	0.77	0.71	
	7 倍			0.01	0.56		1.22	1.22	0.66
GL+4.5m	1 倍			0.06	0.22		0.10	-0.00	0.19
	2 倍			0.41	0.67		0.36	0.07	0.35
	2.5 倍			0.09	0.15		0.28	0.10	0.58
	5 倍			0.33	0.97		1.06	0.55	1.60
	7 倍	0.41	0.87	1.26	2.13		1.63		0.54

表 6.14 霧噴霧による気温低下量（最大値※）

噴霧高さ	噴霧量	気温低下量（基準－各地点の気温）（℃）							
		-20m	-7.5m	-5m	0m	2.5m	5m	7.5m	20m
GL+6m	1 倍			0.93	2.67		1.68		
	2 倍			0.23	0.77		1.48		
	2.5 倍			0.24	0.68		0.99		
	5 倍			1.59	3.53	3.21	2.04	1.44	
	7 倍			1.02	3.46		2.47	2.37	1.34
GL+4.5m	1 倍			0.77	2.81		0.33	0.23	0.69
	2 倍			1.40	2.74		1.16	0.35	1.41
	2.5 倍			1.61	2.74		0.96	0.46	2.12
	5 倍			2.01	3.95		2.06	1.26	3.33
	7 倍	2.95	1.88	4.64	6.27		3.28		1.58

※) 基準気温の平均値から、各地点の気温の最低値を引いた値



風下 5m 地点での気温低下量を平均値、最大値と 90%タイル値の 3 つで示した。

高さ 6m からの噴霧において、1 倍 (18.88ℓ/hr) や 2 倍 (37.76ℓ/hr) の噴霧量で最大値や 90%タイル値の気温低下量が大きくなっているが、その他は概ね、噴霧量が増えると気温低下量が大きくなる傾向が見てとれる。ただし、平均値で見ると、いずれの高さからの噴霧においても、5 倍 (89.76ℓ/hr) 以上の噴霧量で効果が明確になっていた。また、噴霧高さ 4.5m の方が、気温低下効果が顕著であった。ただし、特に噴霧高さ 4.5m ではセンサーに水滴が付着している可能性があることに留意する必要がある。

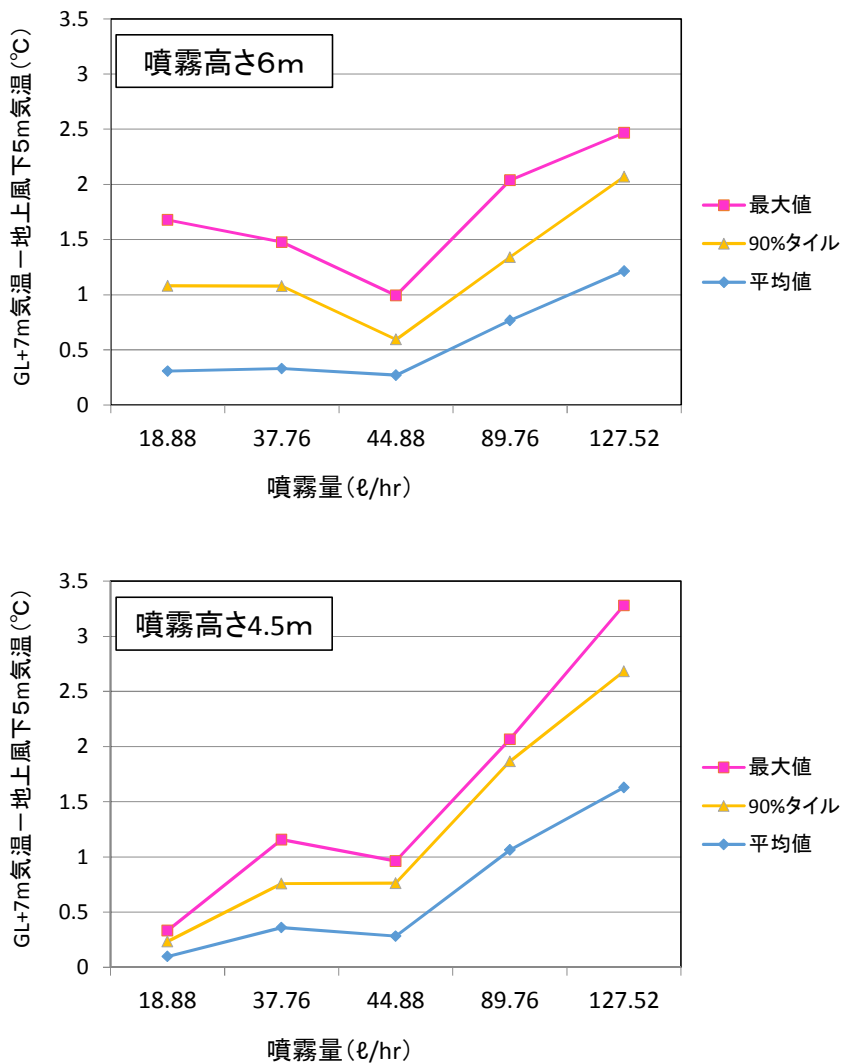


図 6.70 風下 5m 地点での気温低下量

(2)風速と気温低下効果の波及範囲

風速が弱いほど、霧が歩行空間に到達しやすいことから、気温低下効果が大きくなると考えられるが、本実験を実施した商店街のように一定方向に風が吹く空間での気温低下効果の波及範囲について、各噴霧高さからの7倍噴霧時のデータを使って調べた。地上1.5mの風向風速データを用いて、風向が西風(225°～315°)の場合のみを抽出し、風速階級別に集計した。

噴霧地点の直下では、やはり風速が弱いほど、気温低下効果が大きくなっていた。しかし、風下20m定点では、若干ではあるが風速が強いほど気温低下効果が大きくなる傾向が見られた。

噴霧高さの違いについては、全体的にGL+4.5mの方で効果が大きいのが、センサーが濡れている可能性があるためか、特に直下(0m)のデータは大きくばらついていて、また、風下20m地点については、風速2～3m/sで0.3℃程度、GL+4.5mの気温低下量が大きくなっているが、どちらの高さの気温低下効果も大きく変わらなかった。

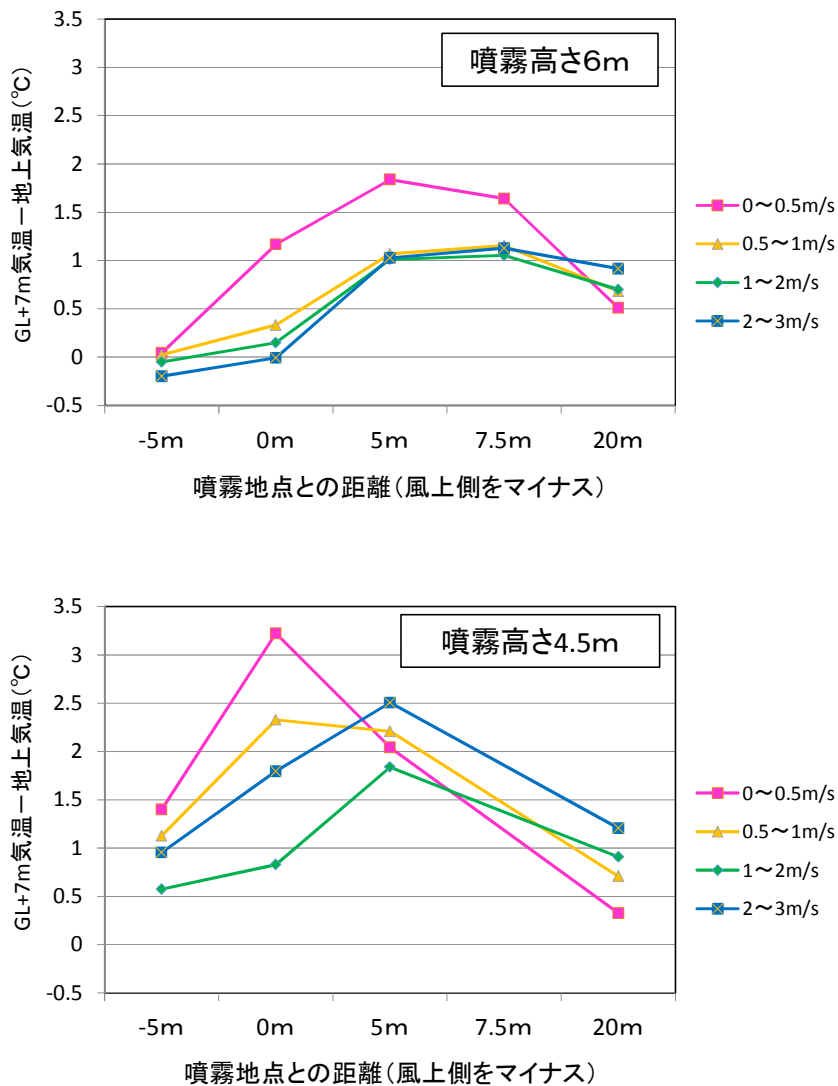


図 6.71 霧噴霧による気温低下量