

第5章 各取組内容について

5.1 地表面等の保水化及び緑化の効果検証

(1) 概要

横浜市金沢区にある泥亀公園にて再整備工事が行われ、芝生、雨水貯留浸透基盤などのグリーンインフラ（以下、GI）が導入されたことから、GI 導入による暑熱緩和の効果を検証するため、2019 年夏季に実測調査と数値シミュレーションを実施した。実測調査では、WBGT28℃以上の時間割合や地表面温度の結果から、芝生や日よけの地点で暑さが抑えられていたことが分かったほか、数値シミュレーションでは、公園全体の面的な暑熱環境の把握や舗装面の保水状況の違いに伴う暑熱環境の変化を検証できた。

(2) 背景と目的

グリーンインフラ（以下、GI と定義）とは社会資本整備、土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能（生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等）を活用し、持続可能で魅力ある国土づくりや地域づくりを進める取組である¹⁾。横浜市においても、都市化の進展に伴う浸水被害解消や暑熱緩和のため、GI が持つ多様な機能に着目し、公園、旧河道など様々な場所で GI を導入している²⁾。今回、横浜市内にある公園で再整備工事が行われ、GI が導入されたことから、GI 導入エリアと非導入エリアの暑熱環境の比較や、GI 自体が持つ暑熱緩和効果を把握するため、2019 年夏季に実測調査と数値シミュレーションを実施した。

(3) 方法

ア 実測調査

(ア) 調査場所・日時

調査は横浜市金沢区役所南側に隣接する泥亀公園にて、2019 年 8 月 21 日の 10:00～15:00 に実施した。公園内での調査地点を図5-1-1 に示す。なお、横浜地方気象台（中区山手）での観測では、調査当日は午前中を中心に晴れており、日中の最高気温は33.1℃を記録する天候であった。

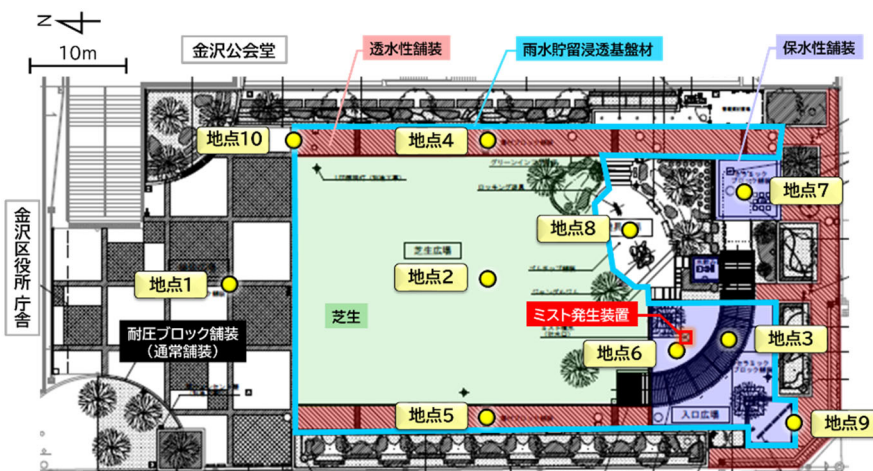


図5-1-1 泥亀公園内での調査地点

(1) 調査場所・日時

各地点での測定項目・地表面の性状について表5-1-1 に示す。測定項目のうち、地表面温度以外は1分間隔の自動測定で行った。

表5-1-1 地点別の測定項目・地表面性状・周辺環境の一覧

地点名	気温	黒球温度	相対湿度	WBGT	日射量	赤外放射量	地表面温度	風向	風速	地表面性状	周辺環境
地点1	●	●	●		●	●	●			耐圧ブロック舗装(通常舗装)	遮蔽物が少ない
地点2	●	●	●		●	●	●	●	●	芝生+貯留浸透基盤	遮蔽物が少ない
地点3	●	●	●		●	●	●	●	●	保水性舗装+貯留浸透基盤	日除けがあり、近くにミスト装置
地点4	●	●	●				●			透水性舗装+貯留浸透基盤	昼前までは日陰
地点5	●	●	●				●			透水性舗装+貯留浸透基盤	道路近傍で、長時間日射がある
地点6	●	●	●				●			保水性舗装+貯留浸透基盤	ミスト装置の近傍
地点7	●	●	●				●	●	●	保水性舗装	比較的長時間、日射がある
地点8	●	●	●				●			ゴムチップ舗装	比較的長時間、日射がある
地点9							●			地点3と透水性舗装の境	道路近傍で長時間、日射がある
地点10							●			地点1と4の境	昼前までは日陰

イ 数値シミュレーションの計算設定

観測日の気象条件に合わせたメソスケールでの気象シミュレーションと微気象シミュレーションを行った。外部境界条件は、気象庁のメソ数値予報モデル GPV (MSM) と海面水温データ SST (MGDSST) を用いた。ECMWF オゾン量、NCEP 土壌などの気候値を使用し、気象シミュレーションを双方向ネストにより 3300m、1000m、320m、100m まで力学的ダウンスケーリングにより高解像度化した。その後、100m 解像度の計算結果から微気象シミュレーションを単方向ネストにより 20m、5m、1m 解像度まで高解像度化を行った。微気象シミュレーションでは、水平方向と鉛直方向の解像度はそれぞれ同じである。また微気象シミュレーションを実行する際には、横浜市建築局による都市計画基礎調査 (GIS データ) を用いて建物構造や土地利用種別のデータを作成した。なお、今回の微気象シミュレーションでは、空調機からの排熱、交通量に応じた自動車排熱などの人工排熱は取り入れていない。

(4) 結果と考察

ア 実測調査

(ア) 気温・黒球温度・相対湿度

各地点での気温・黒球温度・相対湿度の結果を表5-1-2 に示す。気温や黒球温度の平均値は地点2の芝生で低く、これは芝生の蒸散効果により植物の葉が熱くならず、地面からの熱が低減されたためと考えられる。また地点6は近傍でミストが噴霧されていたが、地上の開口部から上に向かって噴霧するタイプであったため、地上高1.5mに設置した測定器にまでは影響しなかったものと推測される。

表5-1-2 気温・黒球温度・相対湿度の結果一覧

	気温 [°C]			黒球温度 [°C]			相対湿度 [%]		
	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値
地点1	29.4	31.3	33.1	31.5	39.8	50.0	49	57	64
地点2	29.0	30.8	33.1	31.2	39.1	48.9	50	59	64
地点3	30.2	31.6	34.0	31.7	39.1	47.6	47	54	61
地点4	29.5	31.4	34.0	31.8	39.4	48.8	48	57	64
地点5	29.4	31.2	33.5	31.7	40.3	51.2	50	59	63
地点6	29.5	31.4	33.9	31.2	41.0	51.4	48	57	65
地点7	29.6	31.5	34.2	31.9	39.9	48.7	49	56	63
地点8	29.2	31.3	33.8	31.6	39.5	48.7	47	54	60

※ 各測定項目の平均値について、最も高い値を赤色、最も低い値を青色で表記

(イ) WBGT

対照区である地点 1 と WBGT が類似傾向にあった地点 4 を除く、各地点での WBGT の推移と全観測時間に占める WBGT28℃以上の時間の割合を算出した結果を図5-1-2 に示す。全体の傾向としては、11 時過ぎ及び 13 時過ぎに黒球温度の上昇に伴い、WBGT も上昇し、13 時台後半からは黒球温度の低下に伴い、WBGT も低下していた。また地点間の WBGT の値そのものについては顕著な差はみられなかったものの、観測時間中の WBGT28℃以上の時間割合は地点 2 や地点 3 で小さく、地点 5~7 では大きかった。この原因としては、地点 2 では芝生、地点 3 では日陰の影響が考えられるほか、地点 5~7 は車道に近いので、自動車排熱や幹線道路からの輻射熱の影響などが想定される。なお、地点 8 でも WBGT28℃以上の時間割合が低い。これは WBGT を構成する気温・相対湿度・黒球温度の 3 要素のうち、影響度合いの大きい相対湿度や黒球温度が相対的に低いこと(表 5-1-2 の地点 8 参照)に由来するが、この原因については不明である。

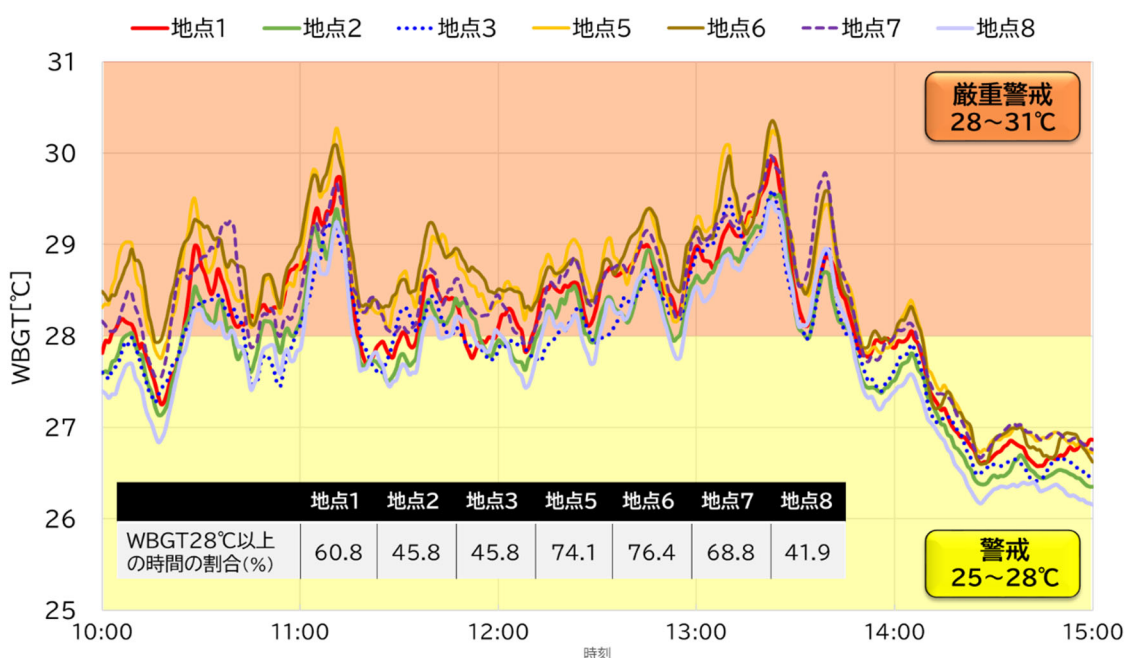


図 5-1-2 各地点での WBGT の推移と WBGT28℃以上の時間割合

(ウ) 地表面温度

各地点での地表面温度の結果概要を表5-1-3 に示す。地点 1 (対照区) と比べて、地点 2 では顕著に低く、地点 8 では高かった。これは地表面性状が地点 2 では芝生、地点 8 ではゴムチップ舗装であったことに起因する。

表 5-1-3 地表面温度の結果

	地点1	地点2	地点3	地点4	地点5	地点6	地点7	地点8	地点9	地点10
地表面温度の 平均値 [°C]	40.7	30.1	37.0	38.9	39.9	38.1	41.7	51.3	42.4	40.0

※ 地表面温度が最も高い値を赤色、最も低い値を青色で表記

イ 数値シミュレーション

(ア) 実測調査当日の暑熱環境について

実測調査当日 10:00~11:30 における微気象シミュレーションの結果の一例として、高さ0.5mにおける WBGT の空間分布について、日射量が特に強かった11:40~11:50の平均値を示す(図5-1-3)。園内のWBGTの特徴として、金沢公会堂の建物に近い通常舗装の日なたで相対的に高く、中央部にある芝生エリアで相対的に低くなっていた。また細かく見ると、公園の西側外縁部に植えられた樹木付近では WBGT が低く、芝生エリアの南側にあるゴムチップ舗装では WBGT が高い状況にあった。また、同じ芝生エリアであっても、金沢公会堂に近い側では、WBGT が高くなっていた。これらの要因としては、地表面温度の違いが大きく影響しており、地表面温度が高い場所のWBGTは高くなる傾向にある。これに加えて、園内に吹く風が、金沢公会堂南側の車道から園内中央に流れ込む向きであり、金沢公会堂南側の車道に在る暑い空気が園内に広がる影響が見られている。一方、公園内西側は観測とは異なり、WBGTが低くなっている。公園外の西側の車道(国道16号)に人工排熱を設定していないことも理由として考えられるが、主として、公園内に国道側から風が流れ込まないこと、すなわち、高温の空気が流れ込まないことが理由として挙げられる。

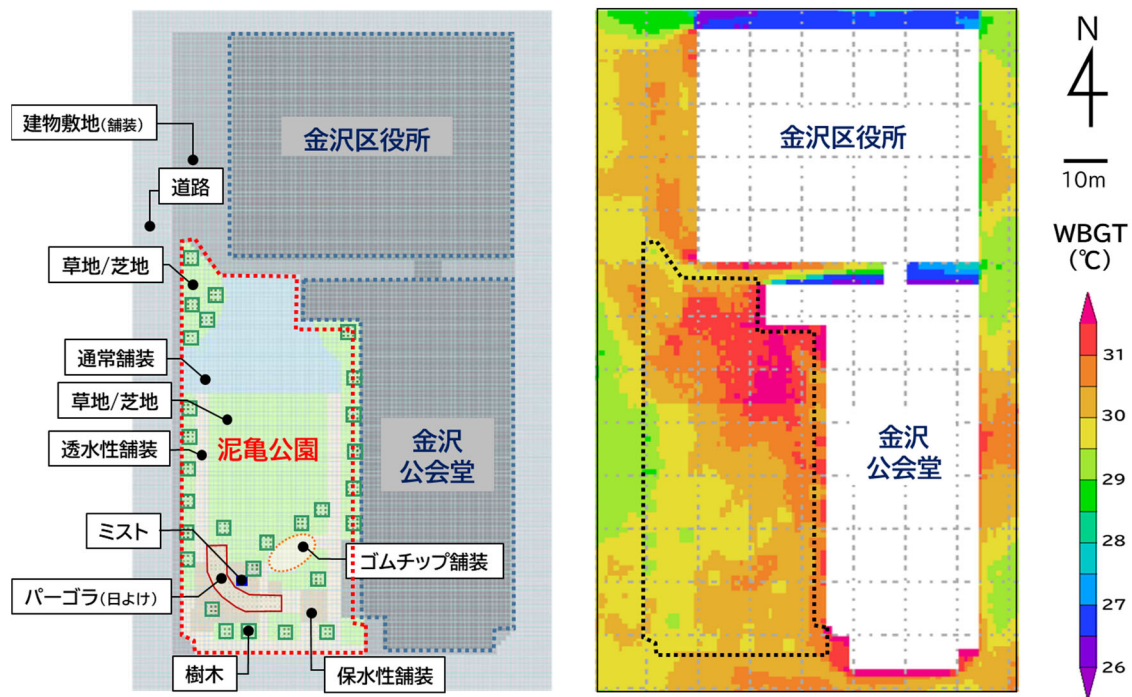


図5-1-3 公園内の設定条件(左)とWBGTのシミュレーション結果(右)

(イ) 舗装の保水状況の違いによる暑熱環境の差

園内には保水性舗装や透水性舗装などの特殊舗装が導入されており(図5-1-4(a)上図)、特殊舗装面からの蒸発潜熱を利用した暑熱環境の改善が図られている。しかし、夏季の天候によって、特殊舗装の保水率等が変わることから、特殊舗装面からの蒸発効率も日々変化する。このことから、特殊舗装面の保水状況の違いによる暑熱環境への影響を舗装面の蒸発効率を変化させることで、微気象シミュレーションにより考察した。設定した蒸発効率は、乾燥時(蒸発効率5%)、通常時(蒸発効率10~30%)、湿潤時(蒸発効率50~60%)の3ケースである(図5-1-4の(a)下表)。

蒸発効率の違いにより、地面からの熱フラックス量が変わるため、地表面温度が大きく変化する。そ

の変化量を通常時と比較した結果を図5-1-4(b)、(c)に示す。保水性舗装や透水性舗装の場所では、通常時と比較すると、乾燥時の地表面温度は2~8℃高く、湿潤時の地表面温度は4~8℃低い結果となった。

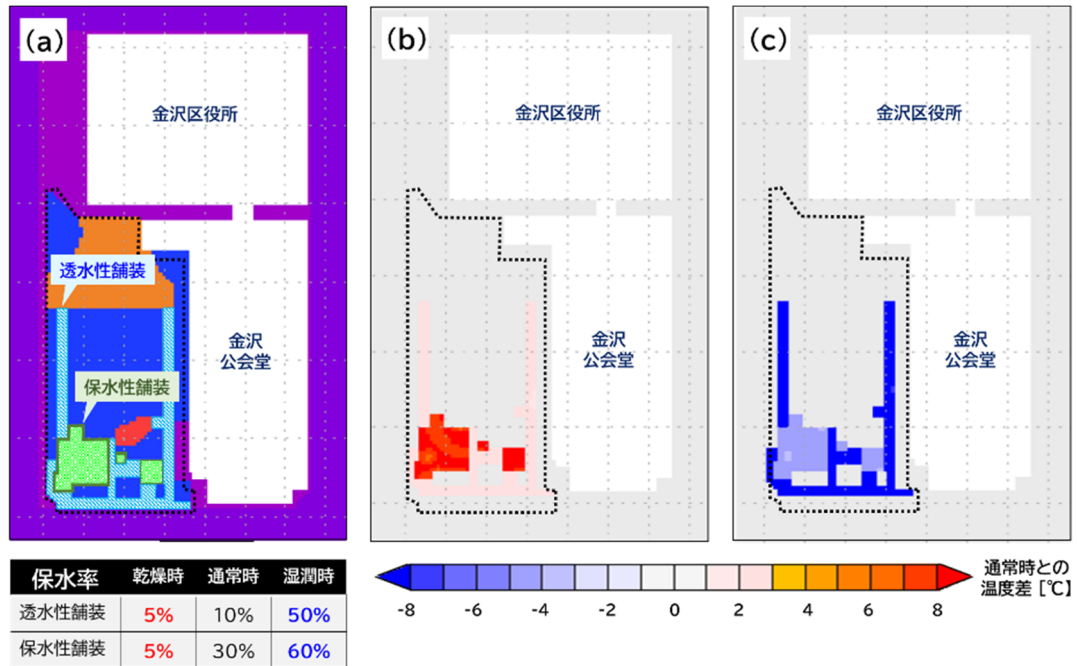


図5-1-4 舗装の保水状況の違いによる地表面温度の差

(a) 設定条件 (b) 乾燥時 - 通常時 (c) 湿潤時 - 通常時

高さ 0.5m における気温((a)~(c))と差分((d)、(e))を図 5-1-5 に示す。乾燥時の地表面温度が高くなったことにより、乾燥時の気温は通常時と比較すると、公園南側の保水性舗装の辺りで最大 0.3~0.4℃高くなっているが、公園全体での気温差は小さかった。

一方、乾燥時とは逆に湿潤時は保水性舗装や透水性舗装のエリアを中心に、地表面温度が下がったことにより、湿潤時の気温は通常時と比較すると、保水性舗装や透水性舗装のエリアに沿って最大で約 0.7℃の気温低下がみられ、公園内全体での気温の低下も確認できた。金沢公会堂に沿った透水性舗装付近で生成された気温の低い空気塊が、風とともに園内に広がったためと考えられる。

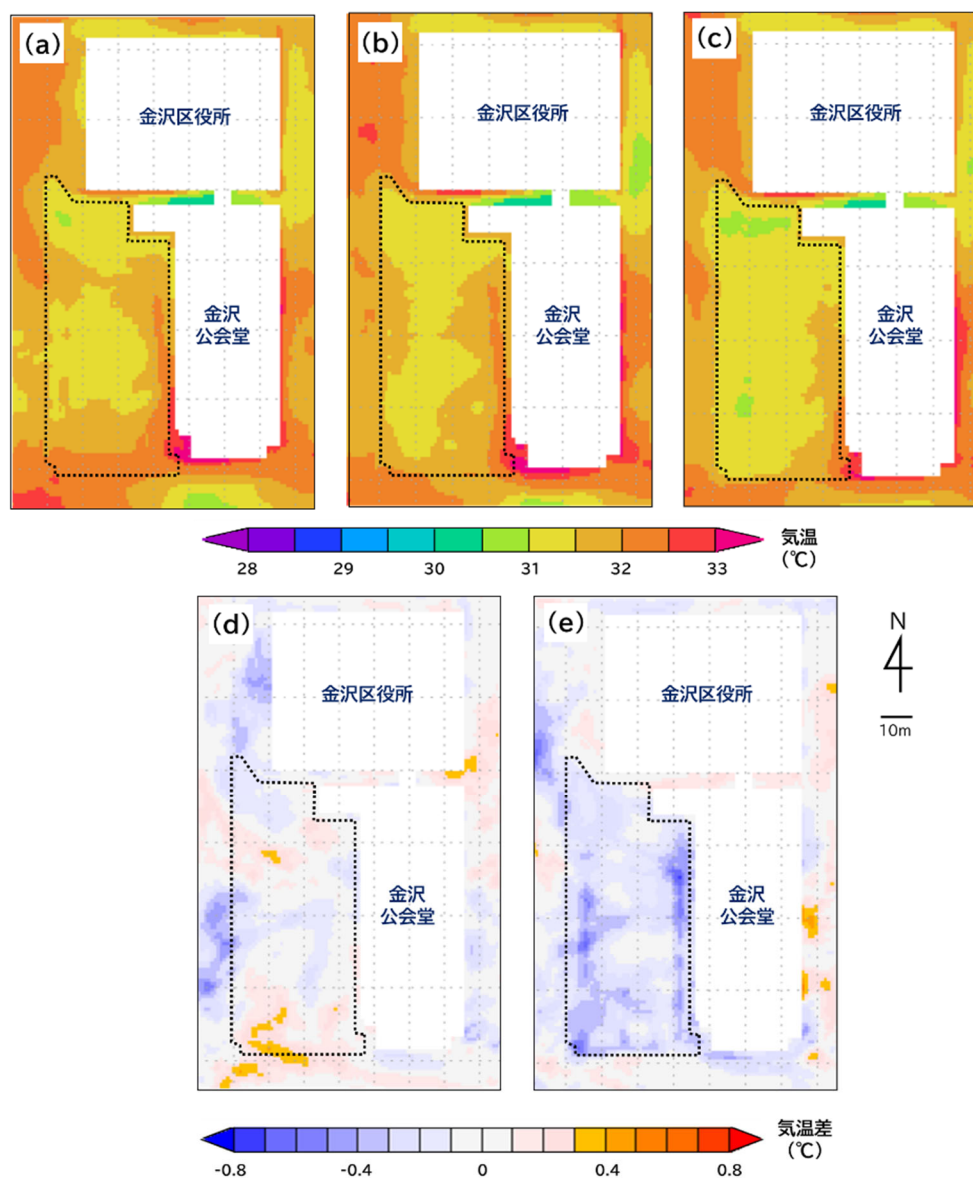


図 5-1-5 舗装の保水状況の違いによる気温の違い

(a) 乾燥時 (b) 通常時 (c) 湿潤時 (d) (a) - (b) (e) (c) - (b)

(5) まとめ

GIを導入した公園の暑熱環境について、実測調査と数値シミュレーションの2つの手法による解析を実施した。実測調査ではWBGTが28°C以上を占める時間の割合や地表面温度から、芝生や日よけの地点では比較的暑さが抑えられている傾向にあった。また数値シミュレーションでは、実測調査だけでは分からない公園全体の面的な暑熱環境を把握できたほか、舗装面の保水状態を変えた場合、気温などの温度指標がどのように変化するかなどについて検証することで、特殊舗装の有効性を示すことにつながった。

(6) 参考文献

- 1) 国土交通省:国土形成計画(全国計画)(2015)、173pp
- 2) 横浜市環境創造局政策課:気候変動に適応したグリーンインフラの活用、https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/kasen-gesuido/gesuido/bousai/green_infrastructure.html (2023年3月時点)