

緑地における暑熱緩和効果に
関する調査研究
(緑地のクールスポット実態調査)

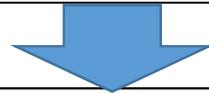
川崎市環境局環境総合研究所

調査背景及び目的

背景

緑地等の「みどり」は、大気中のCO₂吸収効果があるだけでなく、樹木による日射の遮蔽や蒸散作用※等により気温の上昇を抑える機能を有することに加え、住宅地等と比較してアスファルト等の輻射熱の影響が少ないことから、一定の暑熱緩和効果があり、気候変動影響への適応やヒートアイランド現象の緩和に重要である。また、緑地等の緑陰歩行は、暑熱ストレス、ひいては熱中症リスクを低減するなど、「Nature based solutions(自然に基づいた解決策)」にもつながると考えられ、こうした「みどり」の価値を市民等に情報発信して認識してもらうことは重要である。

※植物体内の水分が葉面上の気孔を通して蒸発する現象



目的

本調査研究では、緑地における暑熱緩和効果について、次の2つの観点から調査を実施した。

- ①市内の緑地が、周辺の住宅地等と比較してどの程度涼しいのか。
- ②緑地におけるクールスポットはどのような場所か。

調査概要

1 調査日時：令和5年8月30日（水）（天候：晴れ）
日中の4つの時間帯（朝：9時30分 昼前：11時 昼過ぎ：14時 夕方：16時）で
複数の地点による同時測定を実施

2 調査地点：次の表のとおり。（地点図はp.4参照）
①～⑦は緑地、⑧、⑨は住宅地等の計9地点
なお、調査地点⑥、⑨は参考測定地点※1である。

※1 参考測定の調査地点⑥、⑨は、近傍調査地点の⑤、⑧の調査員が測定後にそれぞれ⑥、⑨に移動し、暑熱環境データの測定を行ったため、同時測定の時刻から15～20分程度のタイムラグがある。

調査対象地	調査地点	周囲の日向・日陰の状況	標高※2
生田緑地	①西口サテライト近傍の東屋	樹木に囲まれており、周囲のほとんどが日陰	約83m
	②奥の池	樹木に囲まれており、周囲のほとんどが日陰	約44m
	③中央広場	広場内は樹木が点在しており、周囲は日向と日陰が混在	約44m
	④しょうぶ園近傍の東屋	樹木に囲まれており、周囲のほとんどが日陰	約33m
	⑤枳形山広場	広場内は樹木が点在しており、周囲は日向と日陰が混在	約84m
	⑥枳形山展望台(参考測定)	展望台の2階で測定、屋根があるため、周囲はほとんどが日陰	約95m
二ヶ領用水緑道	⑦川崎市緑化センター周辺の緑地	二ヶ領用水沿いに樹木が点在しており、周囲は日向と日陰が混在	約18m
住宅地等	⑧登戸東公園	公園の端に樹木が点在しており、公園内は日向と日陰が混在	約21m
	⑨五箇村堀緑地(参考測定)	緑道の藤棚の下で測定、緑道には緑陰を形成する樹木がほとんどない	約21m

※2 国土地理院地図から算出

3 調査方法（概要）

各調査地点に原則、調査員1名を配置し、上記1の測定時刻に測定機器を用いて暑さ指数（WBGT）※3等の暑熱環境データの同時測定を行った。

また、赤外線サーモグラフィカメラを用いて、緑地内の樹木や地上等の表面温度を測定し、緑地内の温度分布を可視化することで暑熱環境データの考察を行った。

※3 暑さ指数（WBGT）とは、人間の熱バランスに影響の大きい気温、湿度、輻射熱の、3つを取り入れた温度の指標（詳細はp.20参照）

測定方法

1 測定項目及び測定機器

下記の表のとおり

測定項目	測定機器名称	型番
WBGT／気温／相対湿度／黒球温度	簡易型の熱中症指標（WBGT）計	WBGT-213BN、IoT無線ユニット 京都電子工業(株)
表面温度	赤外線サーモグラフィカメラ	G100EX 日本アビオニクス(株)

2 WBGT等の測定方法

各調査地点に配置された調査員が、各測定時刻（9時30分、11時00分、14時00分、16時00分）に緑陰（日陰）の環境下でWBGT計を胸の前に掲げ※、地上約1.5mの高さにおける暑熱環境データ（WBGT、気温、湿度、黒球温度）を5分間測定した。（測定間隔1分）

※本調査では、全ての調査地点に三脚を使用していたが、測定が困難であったことから、WBGT計を手に取り、人体からの輻射熱の影響をできるだけ避けるため、WBGT計を胸の前に掲げ、測定を実施した。

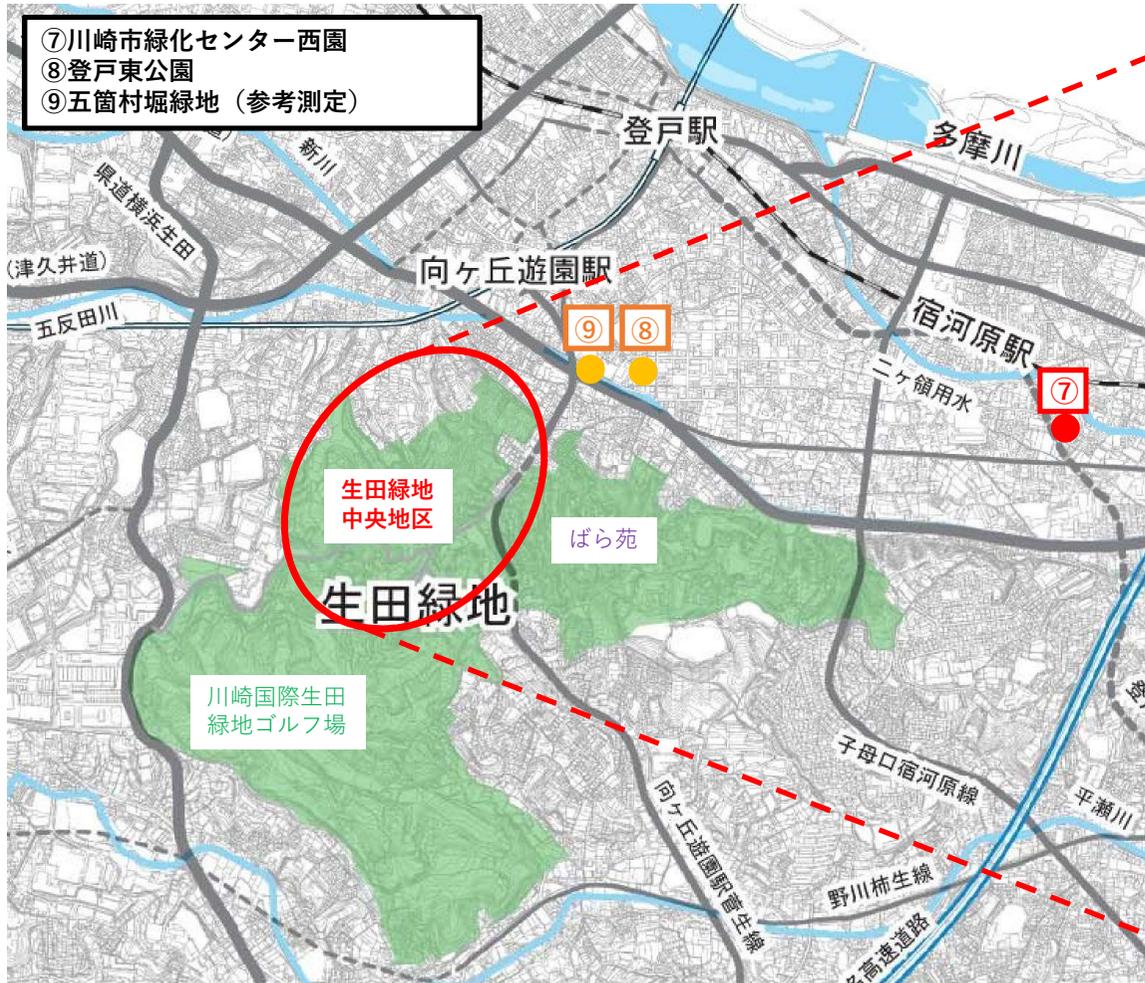


緑陰における暑熱環境測定の様子

3 データ解析

- ① 4つの測定時間帯（9時30分～35分、11時00分～05分、14時00分～05分、16時00分～05分）ごとにデータを平均（測定により得られた1分間値の5データを平均）し、測定時間帯ごとに平均的なWBGT等（4測定項目）の値を算出した。
- ② ①で算出した測定時間帯ごとのWBGT等の値（4測定項目）をさらに平均し、これを「日中（9時30分～16時）の平均値」として、住宅地等の地点との比較及び緑地の地点間比較を行った。

調査地点図



図は市ホームページ資料（「生田緑地運営の基本的考え方」）を元に作成

調査地点写真

生田緑地



①西口サテライト
近傍の東屋



②奥の池



③中央広場



④しょうぶ園
近傍の東屋



⑤枅形山広場



2階で測定

⑥枅形山展望台
【参考測定】



⑦川崎市緑化センター西園
(二ヶ領本川近傍)

藤棚の下で測定



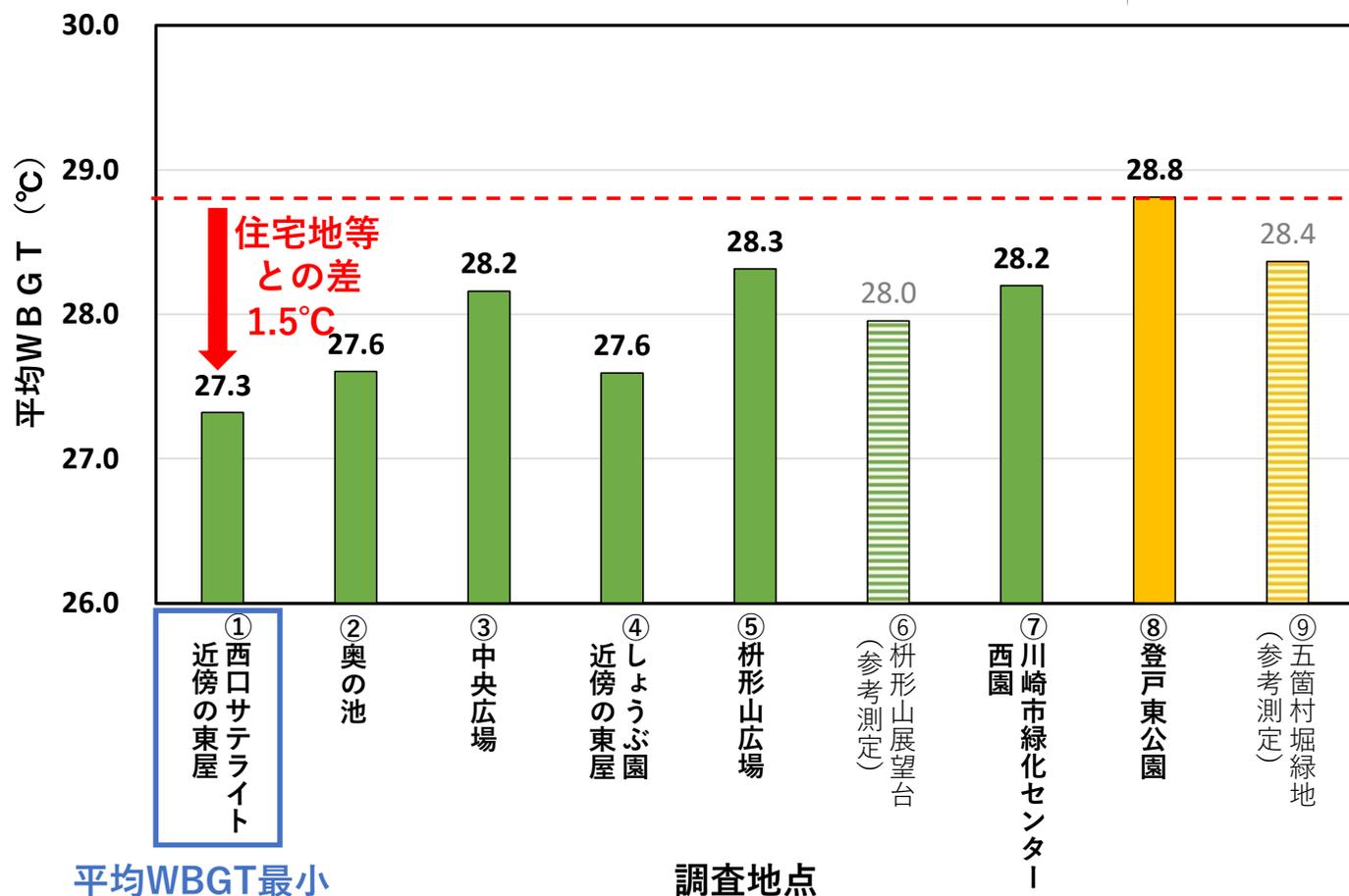
⑧登戸東公園



⑨五ヶ村堀緑地
【参考測定】

調査結果① (W B G T の比較)

緑陰 (日陰) 日中 (9時30分~16時) の平均値



平均WBGT最小
⇒ 調査地点の中で最も涼しい

※参考測定の⑥、⑨の測定時刻は各時間帯の同時測定時刻から15~20分のタイムラグがある。

緑地における比較
(平均WBGTが低い順)

順位	調査地点	平均WBGT	1位との差
1	①西口サテライト近傍の東屋	27.3°C	—
2	②奥の池	27.6°C	0.3°C
2	④しょうぶ園近傍の東屋	27.6°C	0.3°C
4	③中央広場	28.2°C	0.9°C
5	⑦川崎緑化センター西園	28.2°C	0.9°C
6	⑤枳形山広場	28.3°C	1.0°C

WBGTが最も低かった地点

①西口サテライト近傍の東屋

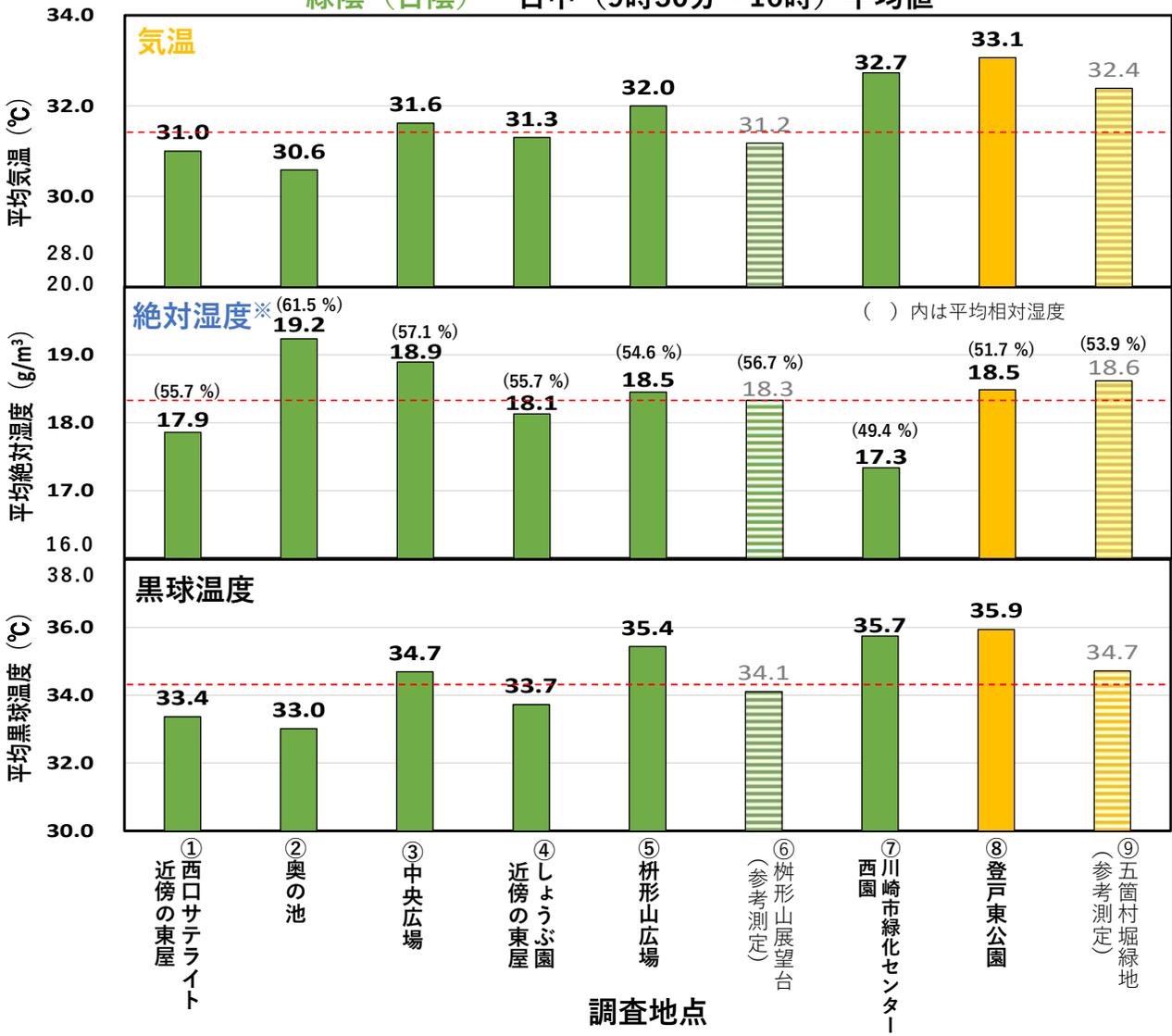
- ・住宅地等の地点 (⑧) より平均WBGTが1.5°C*¹低かった。
- ・緑地における比較では、平均WBGTが最大1.0°C*²低かった。

※1 日向と緑陰とのWBGT差に相当 (詳細はp.21~24)

※2 日向と日傘使用とのWBGT差に相当 (詳細はp.25)

調査結果② (気温、湿度、黒球温度の比較)

緑陰 (日陰) 日中 (9時30分~16時) 平均値



※空気中に含まれる水蒸気の重さ (測定した相対湿度では、空気中の水蒸気量が一定でも気温の変動で値が変わるため、湿度の比較に絶対湿度を用いた。

緑地内
平均値
31.5
°C

緑地内 (①~⑤、⑦) の平均値との比較 (参考測定地点は除く)

緑地内
平均値
18.3
g/m³

緑地内
平均値
34.3
°C

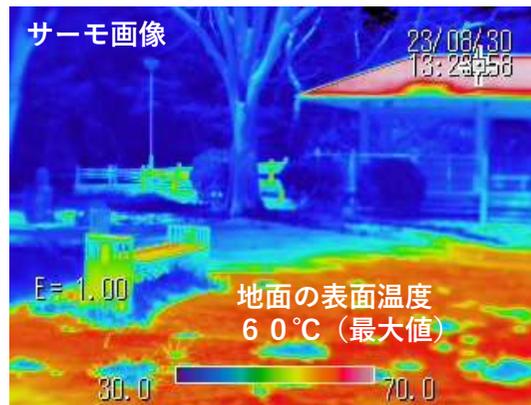
調査地点名	平均値以上			平均値未満		
	気温	絶対湿度	黒球温度	気温	絶対湿度	黒球温度
①西口サテライト近傍の東屋				○	○	○
②奥の池		○		○		○
③中央広場	○	○	○			
④しょうぶ園近傍の東屋				○	○	○
⑤枳形山広場	○	○	○			
⑦川崎緑化センター付近の緑地	○		○		○	

調査地点における**気温**、**絶対湿度**、**黒球温度**の差について、p.8~10で考察を行った。

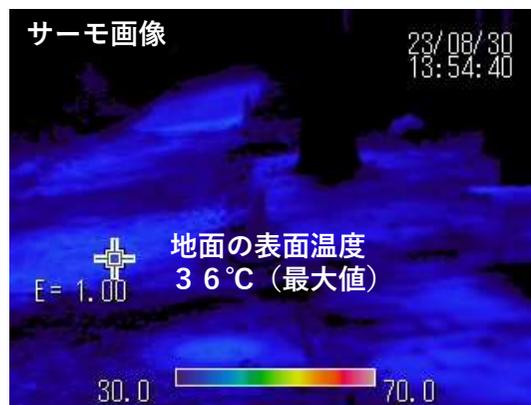
考察①（調査地点における気温、黒球温度の差）

赤外線サーモグラフィーカメラによる表面温度測定

気温、黒球温度が最も高かった地点：⑤柘形山広場周辺



気温、黒球温度が最も低かった地点：②奥の池



気温、黒球温度が相対的に高い地点
調査地点③、⑤、⑦

樹林地から離れ、緑陰が少ない調査地点においては、日射により暖められた地面等からの輻射熱の影響が大きいことが要因と考えられる。

（画像は緑地内で気温、黒球温度が最も高かった調査地点⑤柘形山広場周辺での表面温度の分布）

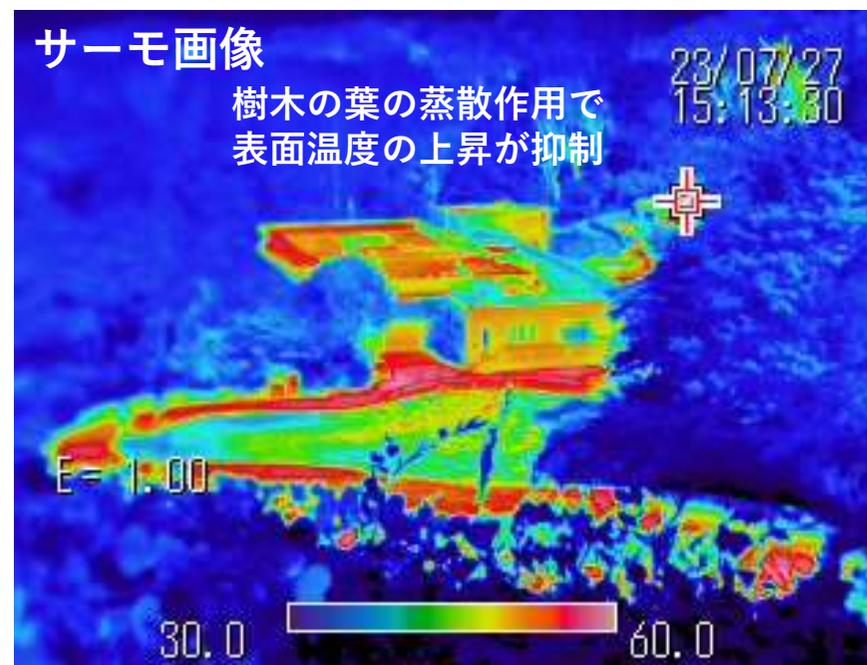
気温、黒球温度が相対的に低い地点
調査地点①、②、④

樹林地内及びその隣接した場所では、日射が入りにくく、地面等からの輻射熱の影響が小さいことが要因と考えられる。

（画像は緑地内で気温、黒球温度が最も低かった調査地点②奥の池周辺での表面温度の分布）

参考：生田緑地の遠景での赤外線サーモグラフィ画像

撮影日時：令和5年7月27日（木）15時13分 天候：晴れ



表面温度

樹木 : 30 ~ 35°C程度

建物屋上 : 50 ~ 55°C程度 (サーモ画像の建物屋上の赤色部分)

地面 : 50 ~ 55°C程度 (サーモ画像の地面の赤色部分)



樹木は、建物や地面と比べて日射により暖まりにくいことがわかる。

考察② (調査地点における絶対湿度の差)

湿度が低い要因 1

緑地中央部から離れている
(蒸散作用の影響が小さい)

湿度が低い要因 2

風通しが良い環境

青字はp.7の絶対湿度の値 (参考測定地点では水色で記載)

絶対湿度が相対的に高い地点

調査地点②、③

調査地点の中でも比較的、**緑地の中央部に位置し、樹木の密度が大きい**ため、樹木の蒸散作用により、湿った空気を多く含んでいると考えられる。

また、周囲が樹木で囲まれていることや②、③の調査地点が生田緑地内で標高が相対的に低い地点であることから、**風通しが悪い環境**であり、湿った空気が滞留しやすいと考えられる。

調査地点②においては、調査地点近傍に池や湧水があることが局所的要因として考えられる。

絶対湿度が相対的に低い地点

調査地点①、⑦

緑地の中央部から離れているため、樹木の蒸散作用による影響が少ないことや調査地点①では緑地の入口付近に位置して**風通しが良い環境**であり、湿った空気が滞留しにくいと考えられる。

湿度高い局所的要因

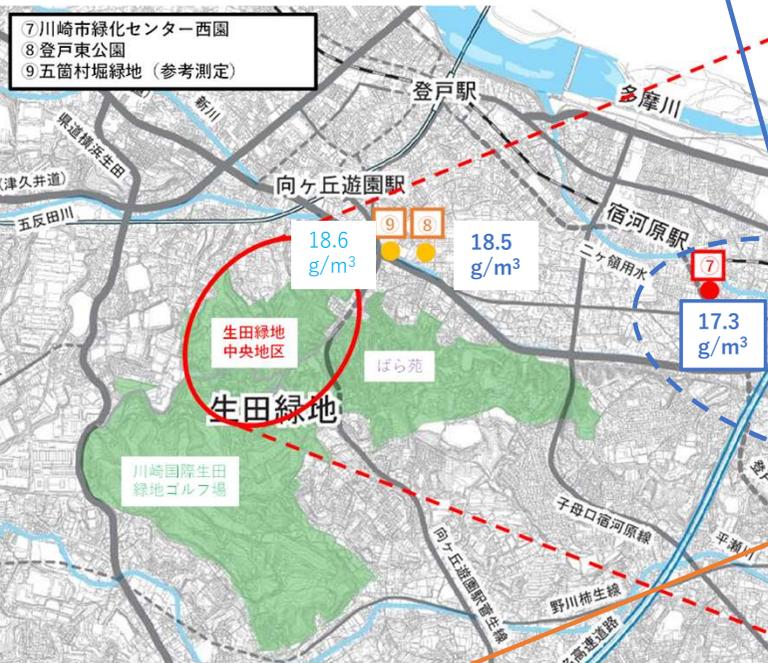
近傍に池や湧水がある

湿度が高い要因 1

緑地中央部に位置する
(蒸散作用の影響が大きい)

湿度が高い要因 2

風通しが悪い環境



緑地の調査地点ごとの暑熱環境状況

調査地点	緑地の地点間との暑熱比較	要因					
		周囲の状況 日向		緑地中央部 との距離		風通し 環境	
		多い	少ない	近い	離れて いる	悪い	良い
①西口サテライト 近傍の東屋	気温、湿度、黒球温度の全てが低いことから、 WBGTは最も低い。		○		○		◎ ^{※1}
②奥の池	気温、黒球温度が最も低いが、 湿度が最も高い ことから、 WBGTは2番目に低い。		○	◎		◎	
③中央広場	気温、黒球温度がやや高く、 湿度が高い ことから、 WBGTは3番目に高い。	○		◎		○	
④しょうぶ園近傍の 東屋	気温、湿度、黒球温度の全てがやや低いことか ら、 WBGTは2番目に低い。		○		○		○ ^{※2}
⑤枳形山広場	気温、黒球温度が高く、 湿度がやや高い ことか ら、 WBGTは最も高い。	○		○ ^{※3}		○ ^{※4}	
⑦川崎緑化センター 付近の緑地	気温、黒球温度が最も高いが、 湿度が最も低い ことから、 WBGTは2番目に高い。	○			◎	○ ^{※5}	

※1 緑地の入口付近に近いかつ樹林地に隣接した風通しの良い高台にあり、樹林地から冷風が吹き抜ける風下側に位置しているため◎とした。

※2 緑地の入口付近に近いが、標高が相対的に低いため、風通し環境（良い）に○とした。

※3 緑地の入口付近から離れているが、調査地点が生田緑地全体として住宅側にやや近い位置のため○とした。

※4 緑地の中央部に位置しているが、標高が相対的に高いため、風通し環境（悪い）に○とした。

※5 標高が相対的に低いため、風通し環境（悪い）に○とした。

本調査結果からわかったこと（まとめ）

1 緑地と住宅街の緑陰における暑熱環境の比較

「生田緑地」及び「二ヶ領用水に面する緑道の緑地」の緑陰内は、住居地域の公園等の緑陰内と比べて、WBGT、気温等が低い結果（日中の平均値でWBGTは最大1.5°C、気温は最大2.5°C低い）となった。

このことから、同じ緑陰であっても、緑地内の緑陰は、住居地域の公園等の緑陰と比較して、暑熱緩和効果が大きいことが分かった。

2 緑地におけるクールスポットの要件

緑地内の緑陰であっても、様々な環境・要因によりWBGT、気温等が異なることがわかった。緑地内のクールスポットとしては、

- ①緑陰を多く形成する樹林地内または隣接している
- ②風通しの良い環境

であることが重要な要件であると考えられる。

3 緑地における暑熱環境調査でのWBGT測定的重要性

緑地では、樹木の蒸散作用で日射による気温の上昇を大きく抑制することができるが、一方で湿度が上昇してしまうことが本調査から確認できた。そのため、緑地の暑熱環境の実態を正確に把握するためには、気温だけでなく、湿度まで考慮したWBGTでの測定が重要である。

Nature based solutionsの観点からの緑地利用

- 夏季において、緑地内の緑陰が多い場所、特に、樹林地がある緑地において緑陰が多く風通しの良い場所は、住宅地等の緑陰と比べて相対的に暑熱ストレス、ひいては熱中症リスクが低く、クールスポットになり得る場所と考えられる。身近にこのような緑地があれば、当該緑地のクールスポットを散歩・散策のルートに入れてみてはいかがだろうか。
- 本調査日において、「奥の池」のような樹林地内や「中央広場」のような緑地中央部は風通しが良くなかったために蒸し暑さを感じたが、気象の状況しだいでは樹林地内も風通しが良かったり、湿度が低く蒸し暑さを感じない時もあることに留意されたい。
- 熱中症警戒アラートが発表されるような猛暑時の昼間は、緑地のクールスポットであってもWBGTが高く、熱中症リスクが高くなることから、散歩・散策は控えて空調が効いた室内で暑さをしのぐ生活を送るなど、熱中症にかからないよう十分に注意していただきたい。

資料編

調査結果の一覧

※参考測定⑥、⑨の測定時刻は各時間帯の同時測定時刻から15～20分のタイムラグがある。

最大値（参考測定⑥、⑨除く）は赤字
最小値（参考測定⑥、⑨除く）は青字で記載

調査地点名	9時30分～9時35分				11時00分～11時05分				14時00分～14時05分				16時00分～16時05分			
	平均 WBGT (°C)	平均 気温 (°C)	平均 絶対湿度 (g/m³)	平均 黒球温度 (°C)	平均 WBGT (°C)	平均 気温 (°C)	平均 絶対湿度 (g/m³)	平均 黒球温度 (°C)	平均 WBGT (°C)	平均 気温 (°C)	平均 絶対湿度 (g/m³)	平均 黒球温度 (°C)	平均 WBGT (°C)	平均 気温 (°C)	平均 絶対湿度 (g/m³)	平均 黒球温度 (°C)
①西口サテライト近傍の東屋	26.4	30.2	16.5	32.6	27.4	31.7	17.1	34.1	27.9	31.5	18.8	34.0	27.5	30.7	19.1	32.9
②奥の池	26.8	29.1	19.3	31.4	27.7	31.6	17.6	34.5	28.1	31.0	19.9	33.5	27.9	30.7	20.1	32.7
③中央広場	27.3	31.0	17.2	34.7	28.4	32.6	17.9	36.0	28.8	31.9	20.3	34.8	28.1	30.9	20.2	33.2
④しょうぶ園近傍の東屋	26.5	30.3	16.8	32.6	27.8	32.2	16.9	35.0	28.1	31.5	19.0	34.1	28.0	31.1	19.8	33.1
⑤枳形山広場	27.9	32.0	17.3	35.4	28.6	32.8	17.6	36.7	28.8	32.1	19.5	35.5	28.0	31.1	19.4	34.0
⑥枳形山展望台（参考測定）	27.2	31.0	16.7	33.8	28.3	31.9	17.8	35.1	28.5	31.3	18.9	34.4	27.8	30.5	19.9	33.1
⑦川崎市緑化センター周辺の緑地	27.3	32.4	15.4	35.5	28.4	33.4	16.5	37.2	28.7	32.9	18.6	35.4	28.5	32.2	18.9	34.9
⑧登戸東公園	28.1	32.9	16.9	35.7	28.8	33.7	17.4	36.9	29.4	33.3	19.4	36.7	28.9	32.4	20.2	34.5
⑨五箇村堀緑地（参考測定）	27.5	32.0	16.8	34.4	28.8	33.2	18.4	35.9	28.6	32.5	19.2	34.5	28.6	31.9	20.1	34.1
緑地（①～⑤、⑦）における最大値と最小値の差	1.5	3.3	3.9	4.1	1.2	1.8	1.4	3.1	0.9	1.9	1.7	2.0	1.0	1.5	1.3	2.2



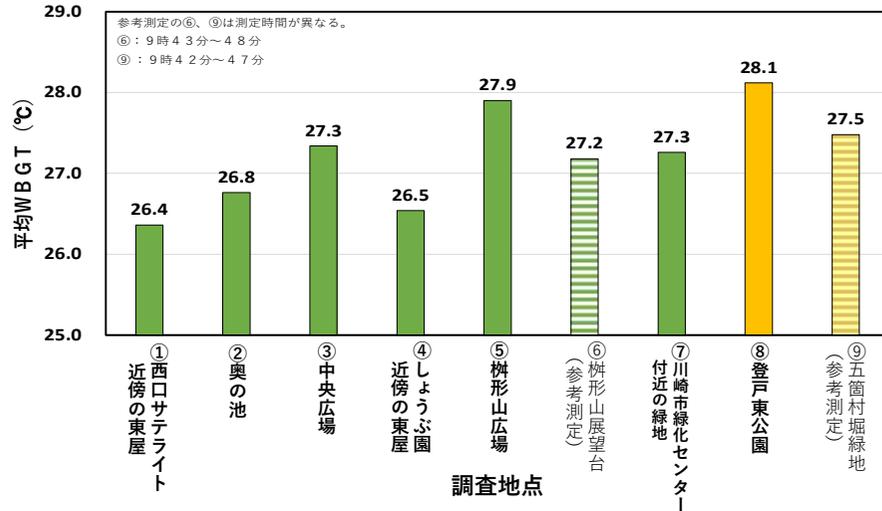
住宅地等の地点（⑧）との差

住宅地等の地点（⑧）の値より低い値は赤字
住宅地等の地点（⑧）地点の値以上は黒字で記載

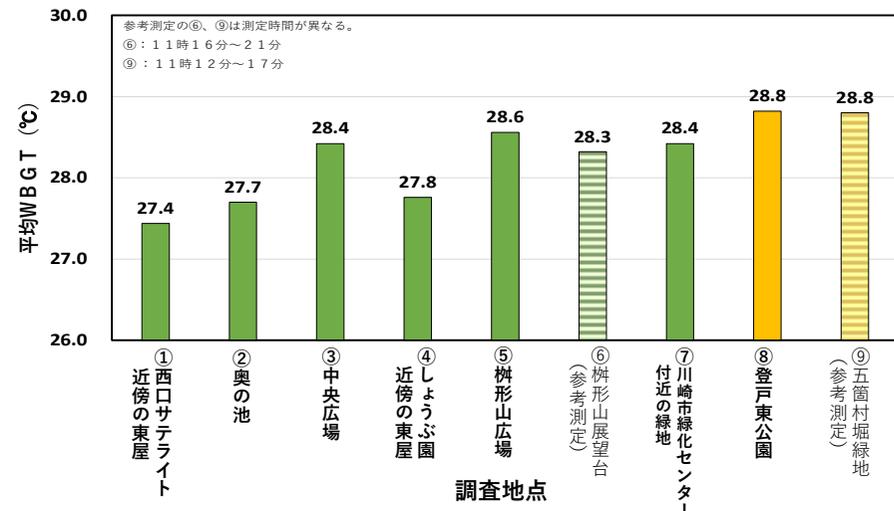
調査地点名	9時30分～9時35分				11時00分～11時05分				14時00分～14時05分				16時00分～16時05分			
	平均 WBGT 差 (°C)	平均 気温差 (°C)	平均 絶対湿度差 (g/m³)	平均 黒球温度差 (°C)	平均 WBGT 差 (°C)	平均 気温差 (°C)	平均 絶対湿度差 (g/m³)	平均 黒球温度差 (°C)	平均 WBGT 差 (°C)	平均 気温差 (°C)	平均 絶対湿度差 (g/m³)	平均 黒球温度差 (°C)	平均 WBGT 差 (°C)	平均 気温差 (°C)	平均 絶対湿度差 (g/m³)	平均 黒球温度差 (°C)
①西口サテライト近傍の東屋	-1.7	-2.7	-0.4	-3.1	-1.4	-2.0	-0.3	-2.8	-1.5	-1.8	-0.6	-2.7	-1.4	-1.7	-1.1	-1.6
②奥の池	-1.3	-3.8	2.4	-4.3	-1.1	-2.1	0.2	-2.4	-1.3	-2.3	0.5	-3.2	-1.0	-1.7	-0.1	-1.8
③中央広場	-0.8	-1.9	0.3	-1.0	-0.4	-1.1	0.5	-0.9	-0.6	-1.4	0.9	-1.9	-0.8	-1.5	0.0	-1.3
④しょうぶ園近傍の東屋	-1.6	-2.6	-0.1	-3.1	-1.0	-1.5	-0.5	-1.9	-1.3	-1.8	-0.4	-2.6	-0.9	-1.3	-0.4	-1.4
⑤枳形山広場	-0.2	-0.9	0.4	-0.3	-0.2	-0.9	0.2	-0.2	-0.6	-1.2	0.1	-1.2	-0.9	-1.3	-0.8	-0.5
⑥枳形山展望台（参考測定）	同時測定でのデータでないため、住宅地等の地点（⑧）との比較は対象外とした															
⑦川崎市緑化センター周辺の緑地	-0.8	-0.5	-1.5	-0.2	-0.4	-0.3	-0.9	0.3	-0.7	-0.4	-0.8	-1.3	-0.4	-0.2	-1.3	0.4
⑧登戸東公園	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⑨五箇村堀緑地（参考測定）	同時測定でのデータでないため、住宅地等の地点（⑧）との比較は対象外とした															

調査結果（各時間帯のWBGTの比較）

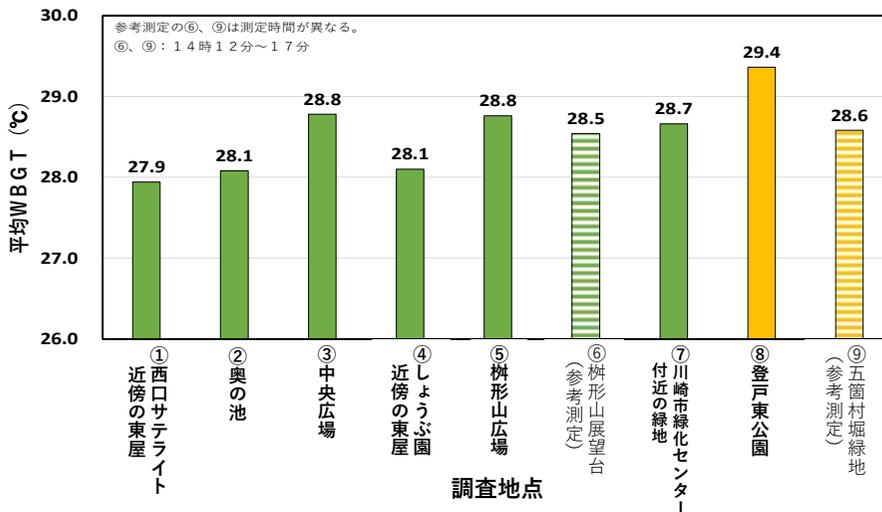
緑陰（日陰） 9時30分～35分の時間帯の平均値



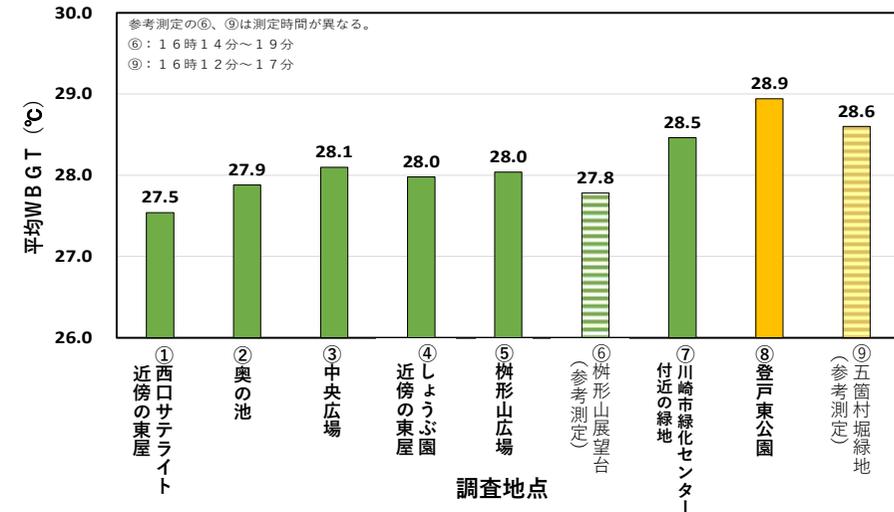
緑陰（日陰） 11時00分～05分の時間帯の平均値



緑陰（日陰） 14時00分～05分の時間帯の平均値

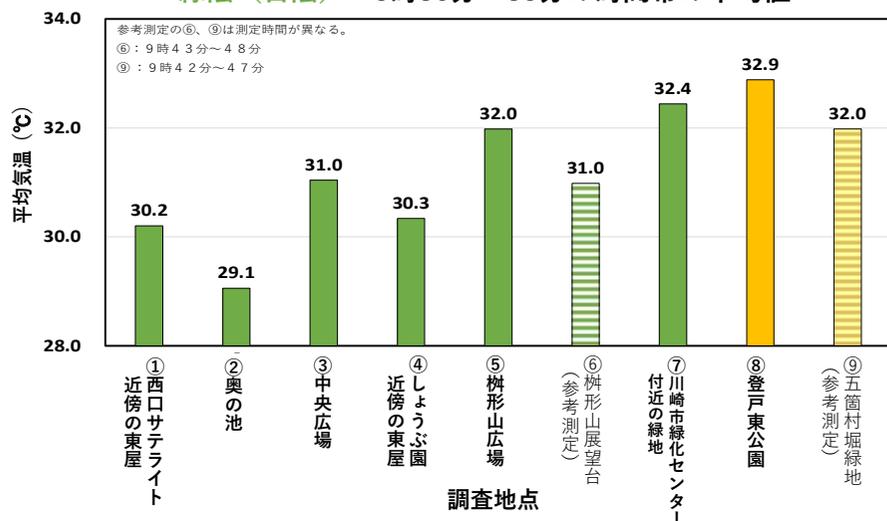


緑陰（日陰） 16時00分～05分の時間帯の平均値

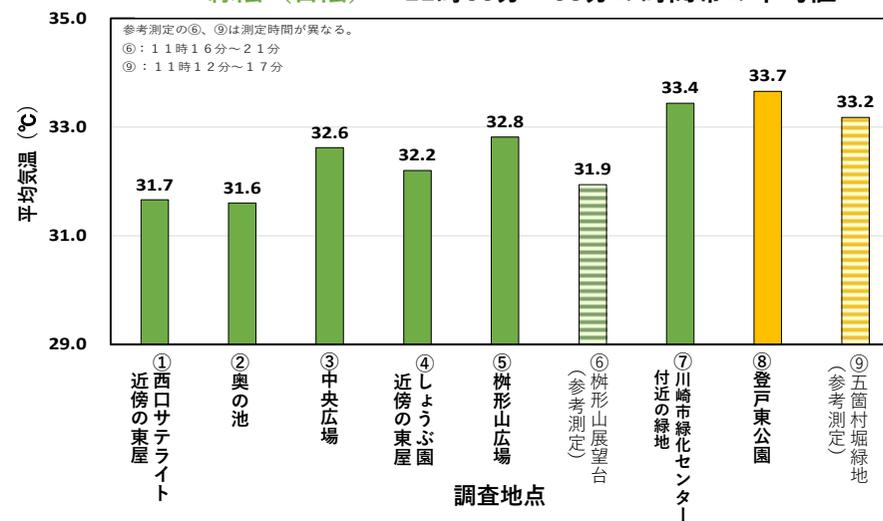


調査結果（各時間帯の気温の比較）

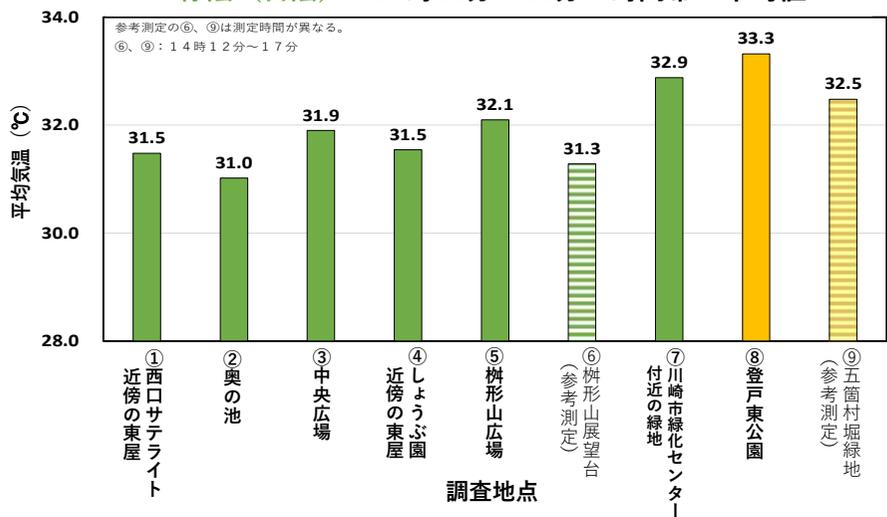
緑陰（日陰） 9時30分～35分の時間帯の平均値



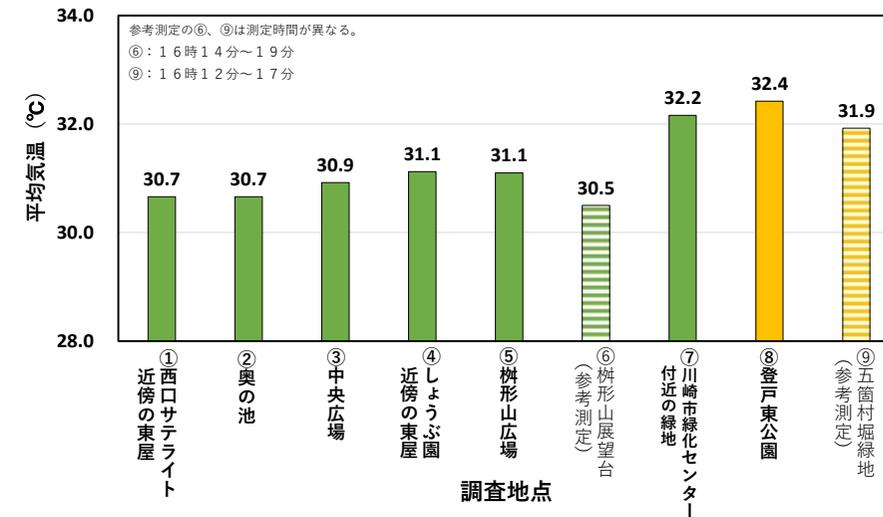
緑陰（日陰） 11時00分～05分の時間帯の平均値



緑陰（日陰） 14時00分～05分の時間帯の平均値

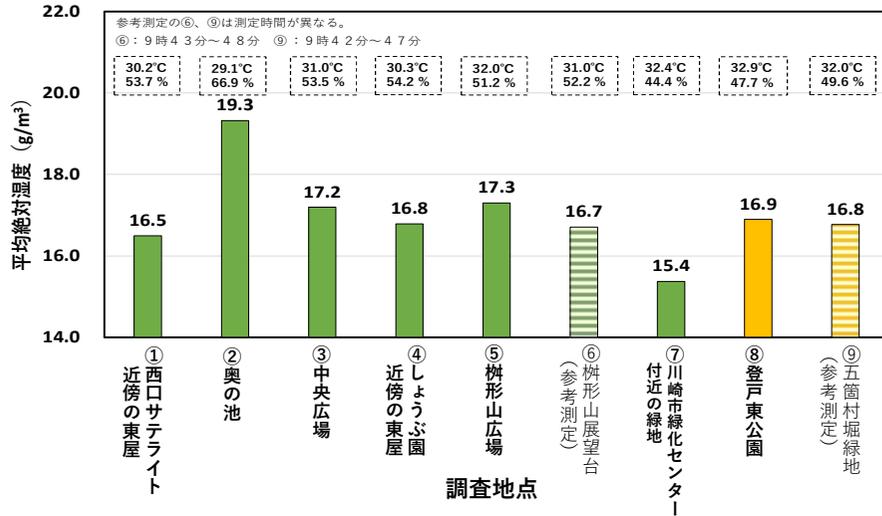


緑陰（日陰） 16時00分～05分の時間帯の平均値

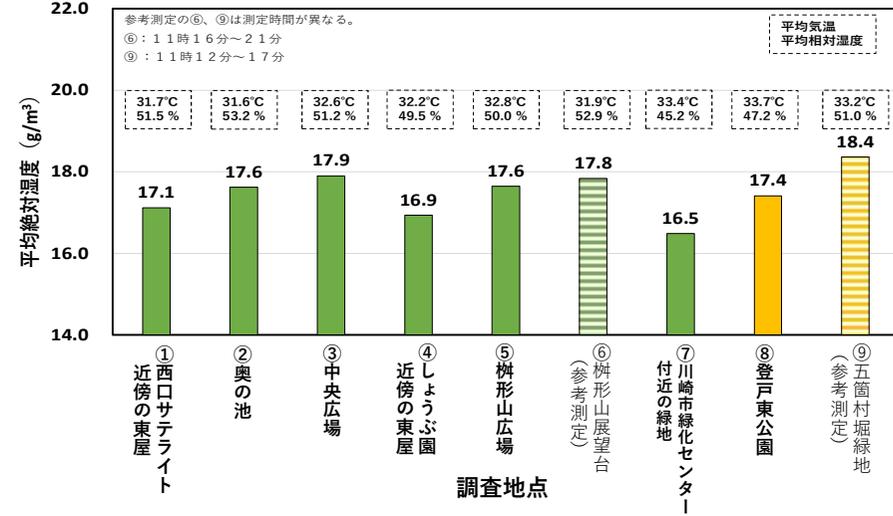


調査結果（各時間帯の絶対湿度の比較）

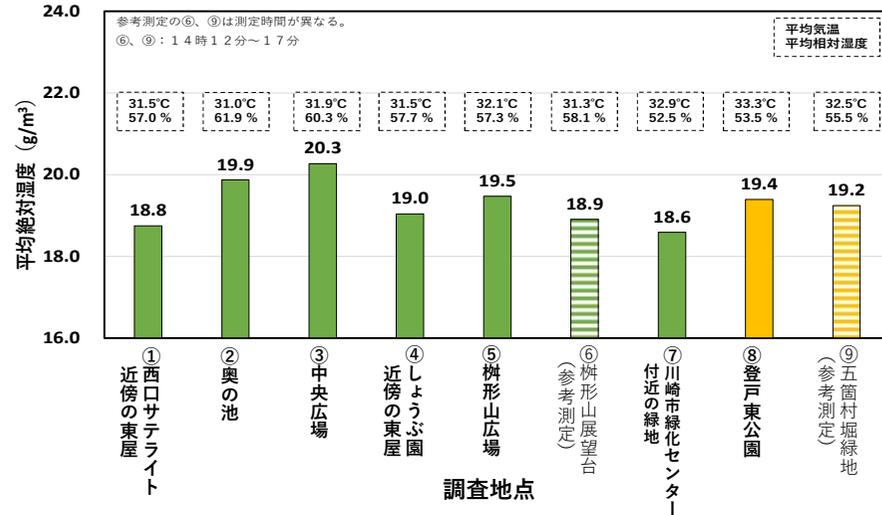
緑陰（日陰） 9時30分～35分の時間帯の平均値



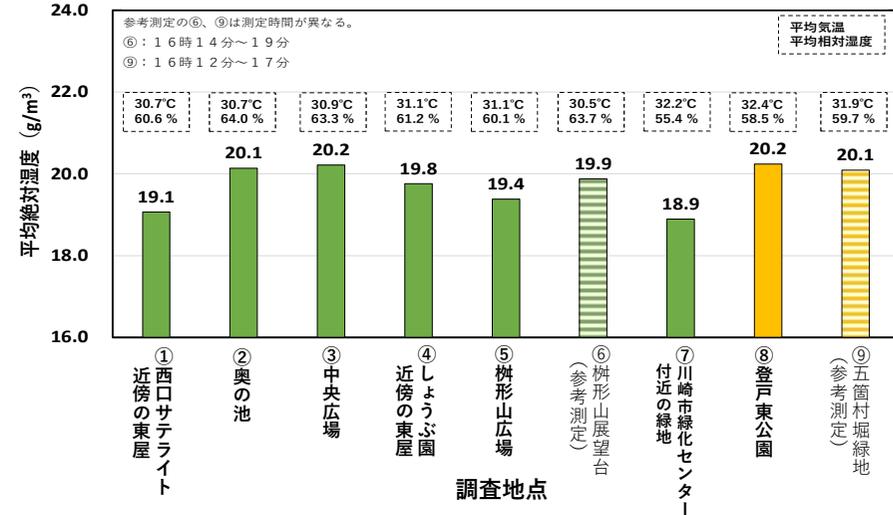
緑陰（日陰） 11時00分～05分の時間帯の平均値



緑陰（日陰） 14時00分～05分の時間帯の平均値

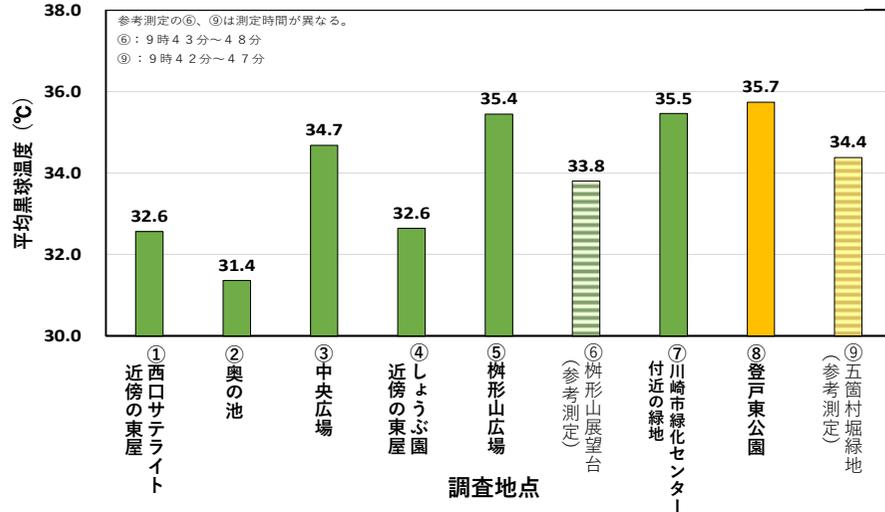


緑陰（日陰） 16時00分～05分の時間帯の平均値

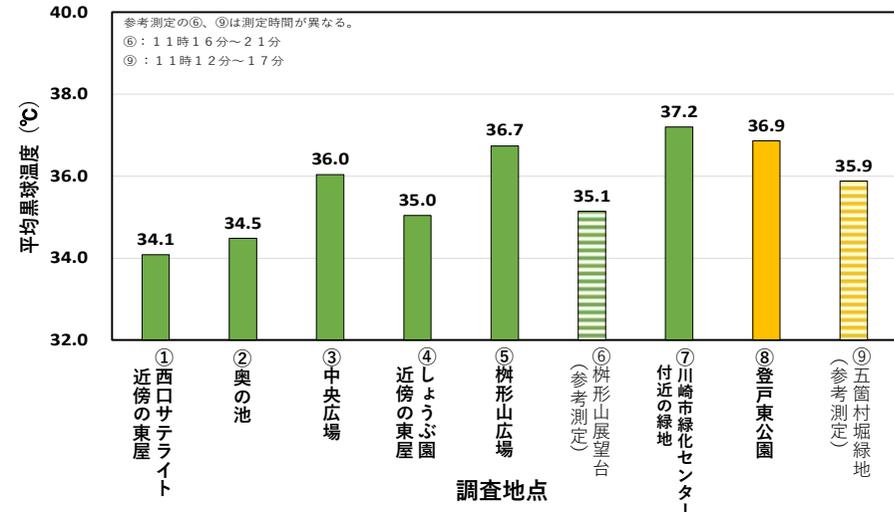


調査結果（各時間帯の黒球温度の比較）

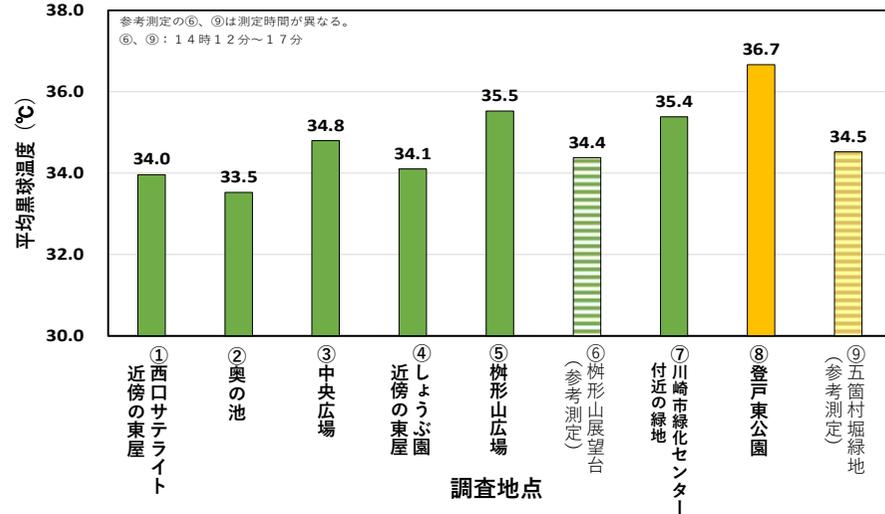
緑陰（日陰） 9時30分～35分の時間帯の平均値



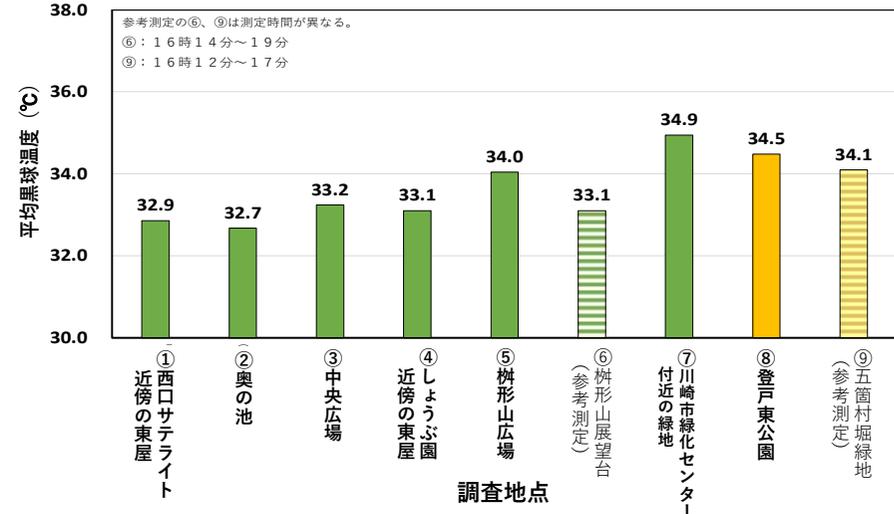
緑陰（日陰） 11時00分～05分の時間帯の平均値



緑陰（日陰） 14時00分～05分の時間帯の平均値



緑陰（日陰） 16時00分～05分の時間帯の平均値



暑さ指数（WBGT）について

暑さ指数（WBGT）とは、人間の熱バランスに影響の大きい
気温、**湿度**、**輻射熱**※の、3つを取り入れた温度の指標

※1 輻射熱とは、日射の熱や、地面、建物などから放射される熱で、温度が高い物からは多く放射される。



環境省熱中症予防情報サイトより引用

暑さ指数 (WBGT)	注意すべき生活活動の目安	注意事項
危険 (31以上)	すべての生活活動でおこる危険性	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が大きい。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
厳重警戒 (28~31)		外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。
警戒 (25~28)	中等度以上の生活活動でおこる危険性	運動や激しい作業をする際は定期的に充分に休息を取り入れる。
注意 (25未満)	強い生活活動でおこる危険性	一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。

日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針Ver.4」（2022）より引用

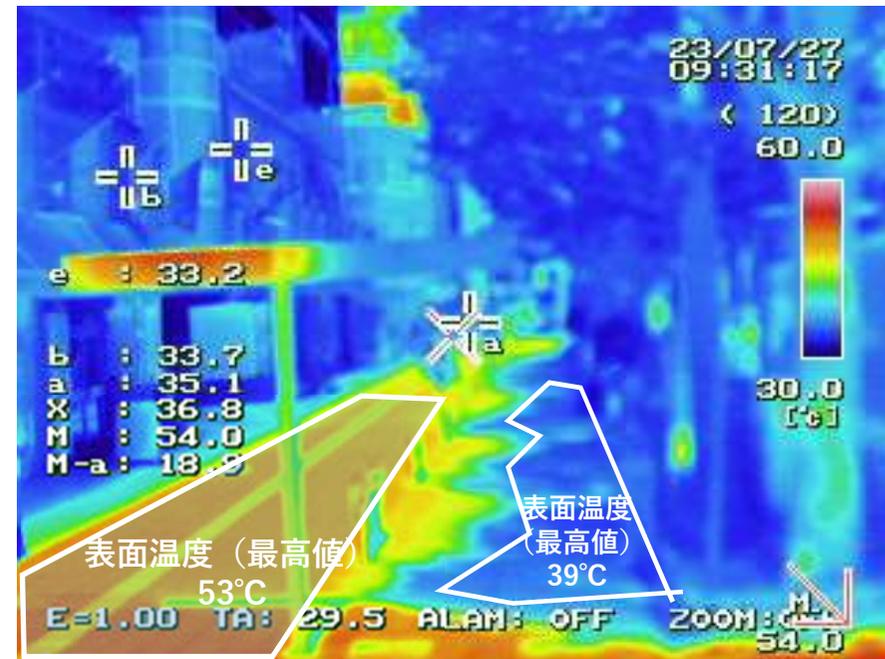
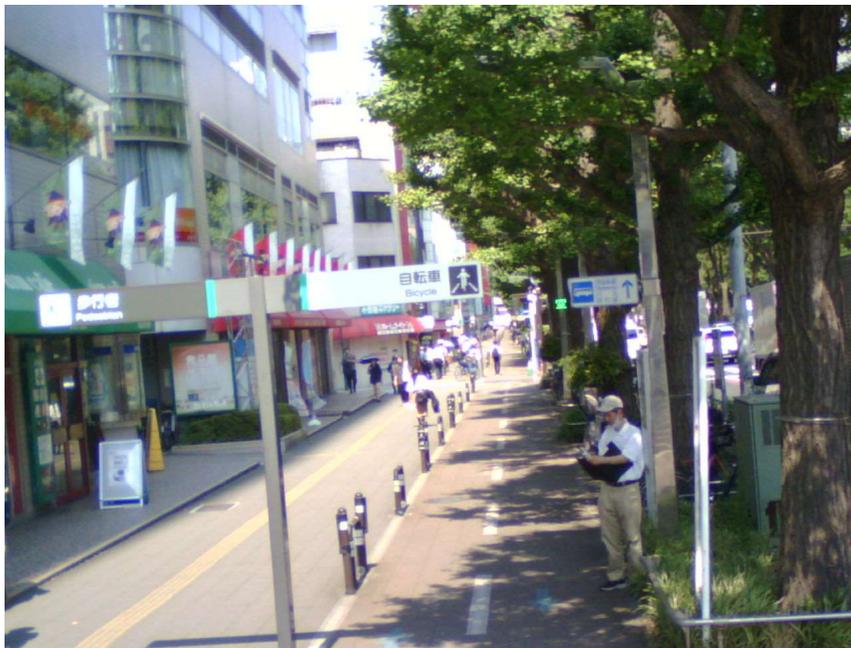
市役所通りでの暑熱環境調査

場所：市役所通り（川崎区役所周辺）

日時：令和5年7月27日（木）9時30分頃

天候：晴れ

日向（アスファルト）と緑陰（アスファルト）との表面温度の比較

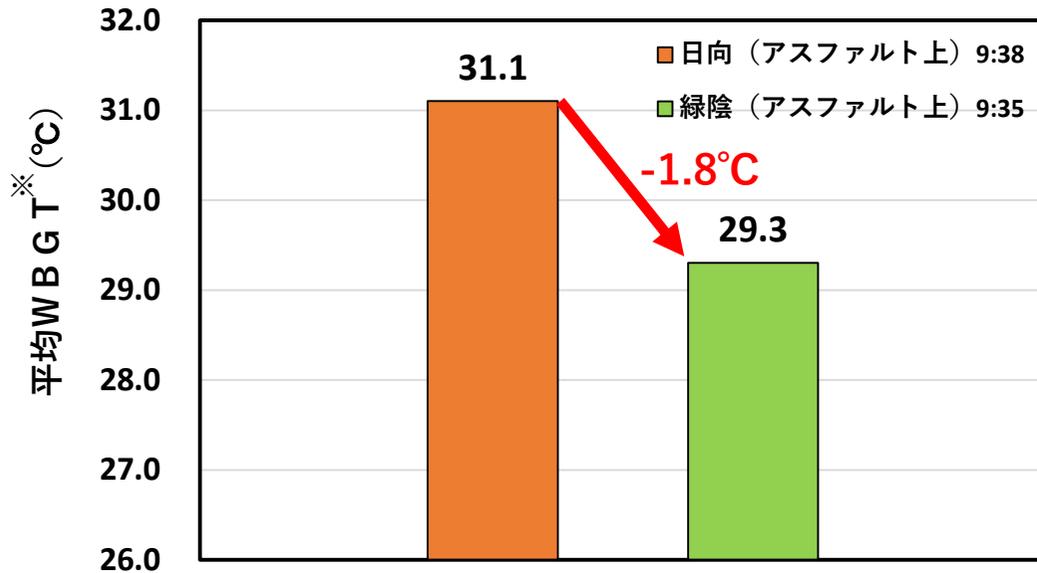


アスファルトの日向では表面温度が最高53°C

アスファルトの日陰（緑陰）では表面温度が最高39°C

市役所通りでの暑熱環境調査結果 ～日向と緑陰のWBGT比較～

WBGTの比較



※データ (WBGT) を3回読み取り、平均化した値

本調査での測定方法



本調査では、簡易的に測定したため、WBGT計を胸に掲げ、表示された暑熱データ (WBGT、気温、湿度、黒球温度) を読み取り、野帳に記録した。

日向と比較して**緑陰**では**WBGT (平均) が1.8°C※低下**

※気象状況、測定周辺状況の違いにより、緑陰によるWBGTの低下は若干変動することが考えられるが、本調査では1.8°Cの低下が確認した。

殿町第2公園での暑熱環境調査結果

場所：殿町第2公園

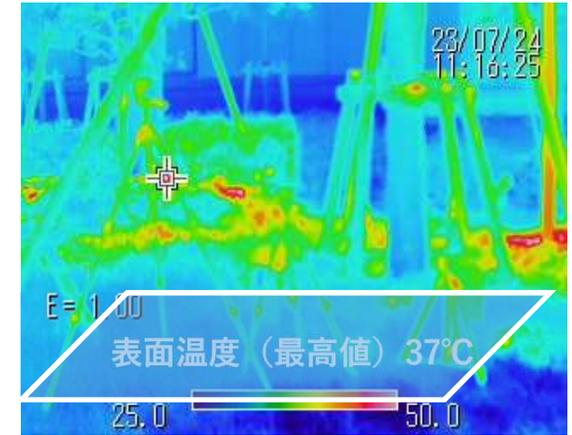
日時：令和5年7月24日（月）11時頃

天候：晴れ

緑陰
(芝生上)



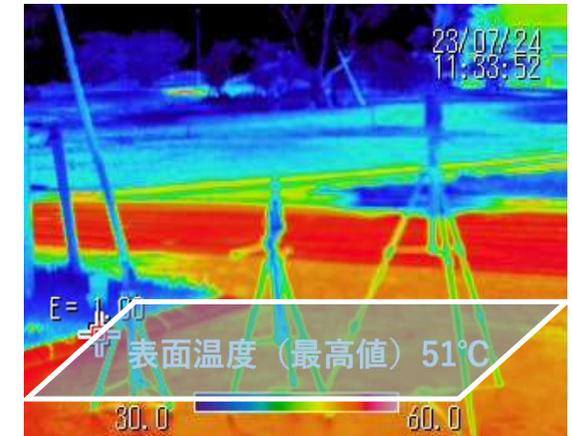
サーモ画像



日向
(アスファルト上)

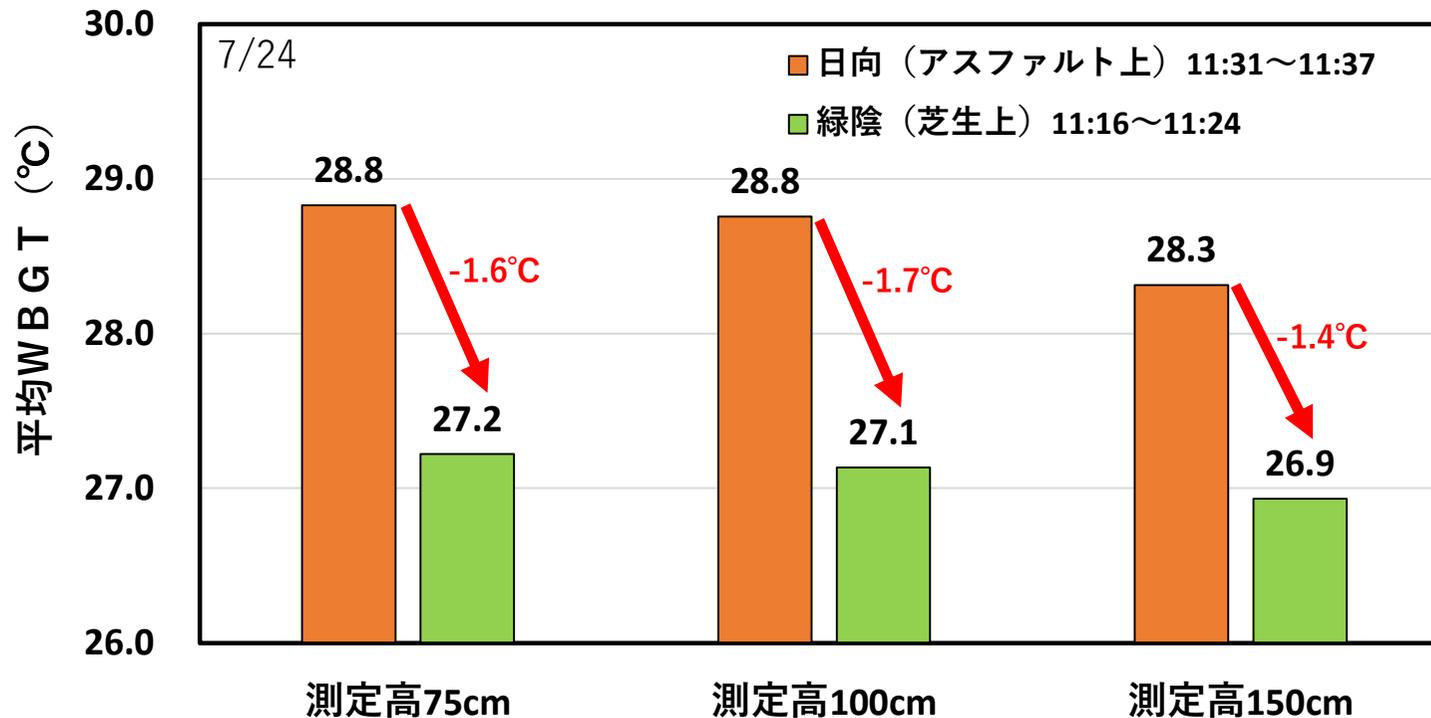


サーモ画像



殿町第2公園での暑熱環境調査結果 ～日向と緑陰のWBGT比較～

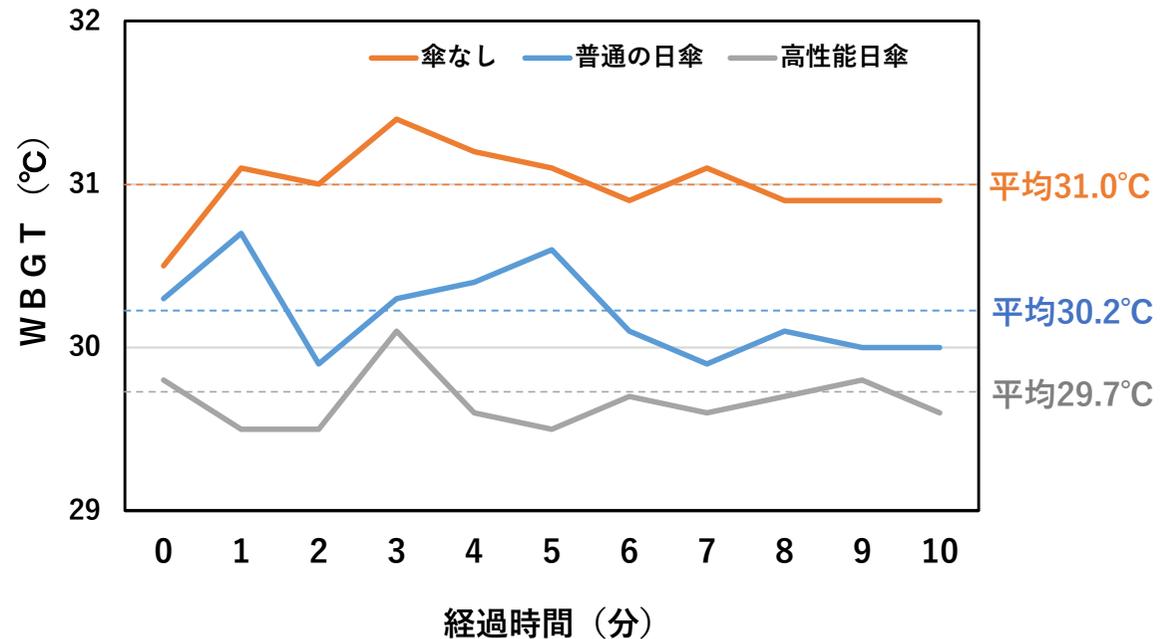
日向（アスファルト上）と緑陰（芝生上）の平均WBGTの比較 ※測定間隔：1分



日向（アスファルト上）と比較して緑陰（芝生上）では
WBGT（平均）が1.5°C程度低下

日傘による暑さ軽減効果の調査

10分程度日向で待機し、簡易WBGT計にて各人付近の暑熱環境を調査



日傘使用によりWBGT（平均）が0.8～1.3℃低下