

路面温度上昇抑制機能を有する 舗装技術の効果確認

国土交通省 道路局

平成28年7月

1. 路面温度上昇抑制機能を有する舗装技術の効果検証概要

2. 計測結果の分析

(1) 各舗装の路面温度上昇抑制効果

(2) 人体への影響(暑さ指数)

(3) 散水量の検討

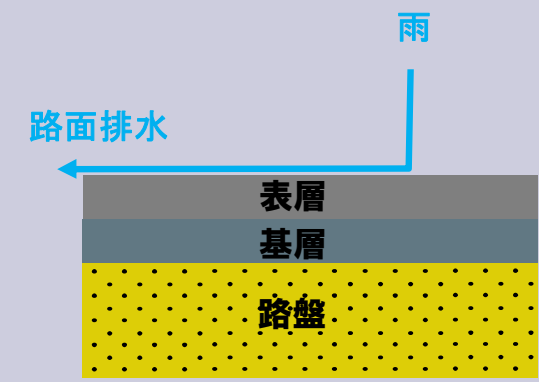
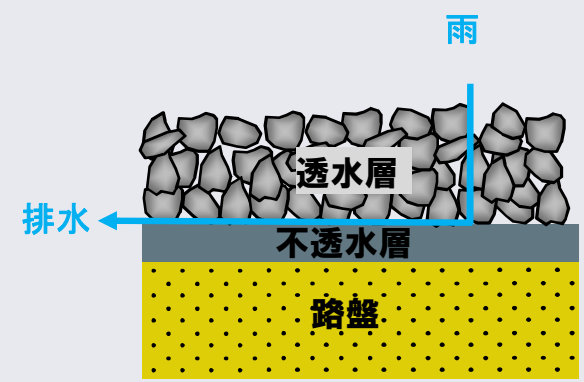
1. 路面温度上昇抑制機能を有する 舗装技術の効果検証概要

○路面温度上昇抑制機能を有する舗装には、主なものとして、保水性舗装と遮熱性舗装がある。

	概要	イメージ図	施工方法
保水性舗装	<p>舗装の空隙に 保水材を充填し、それに吸収された水が蒸発散する際の気化熱によって路面温度を低減する舗装</p>		<p>振動ローラによる保水材注入</p>
遮熱性舗装	<p>表面で赤外線を反射させて路面温度の上昇を抑制する舗装</p>		<p>遮熱材の吹き付け</p>

(参考)その他の舗装技術

○その他の代表的な舗装として、密粒舗装（一般的な舗装）、排水性舗装が挙げられる。

	概要	イメージ図
(一般的な舗装) 密粒舗装 (<p>水密性が高く、雨水は路面上を流れて排水される。 交差点付近は密粒舗装で施工。</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a dense aggregate pavement. From top to bottom, it consists of three layers: a top surface layer (表層), a base layer (基層), and a subgrade (路盤). A vertical blue line labeled '雨' (rain) falls from the top. A horizontal blue arrow labeled '路面排水' (road surface drainage) points to the left, indicating that water flows over the surface rather than through the layers.</p>
排水性舗装	<p>空隙率が高い透水層を通りぬけた雨水が不透水性の層の上を流れることで、車の雨天走行時の安全性向上と、道路交通騒音減少の効果をもつ舗装。</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a permeable pavement. From top to bottom, it consists of three layers: a top layer of permeable aggregate (透水層) made of stones, an impermeable base layer (不透水層), and a subgrade (路盤). A vertical blue line labeled '雨' (rain) falls from the top. A horizontal blue arrow labeled '排水' (drainage) points to the left, indicating that water passes through the permeable top layer and flows over the impermeable base layer.</p>

効果検証概要(国道246号)

・国道246号において舗装を施工し、路面温度の上昇を抑制する機能の検証及び競技の際のアスリート等の走りやすさの検証に活用するための基礎データを収集した。

路面温度上昇抑制機能検証

【H27.7.15～9.27の間、連続調査】

- 1) 路面温度：舗装表面から1cm下で連続計測
- 2) WBGT：気温、湿度と黒球温度から算出
- 3) 気象状況：日射量、降水量、気温・湿度、風向・風力

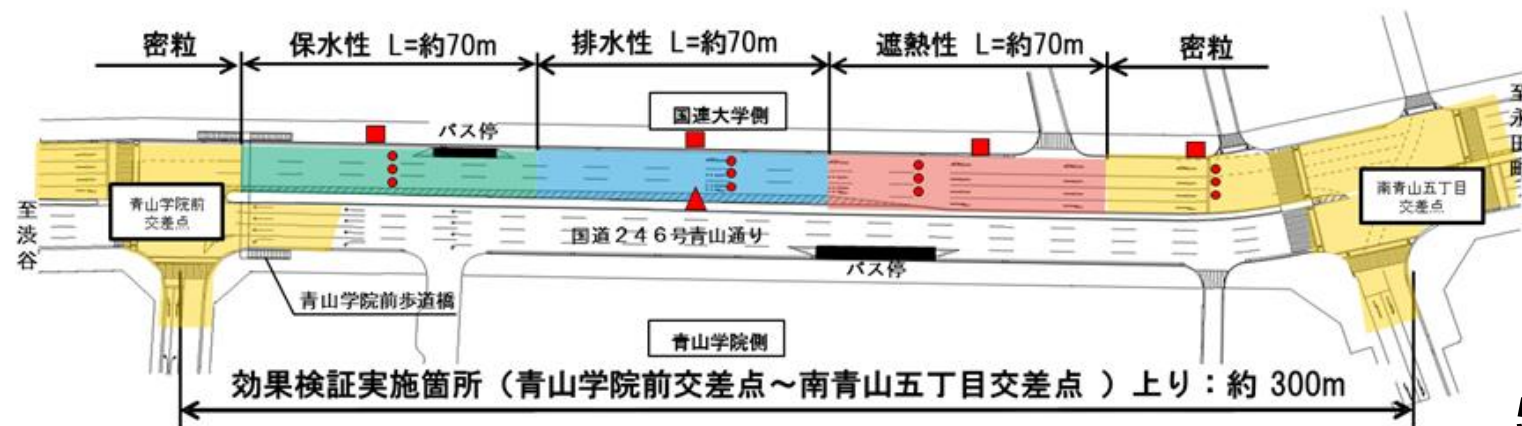
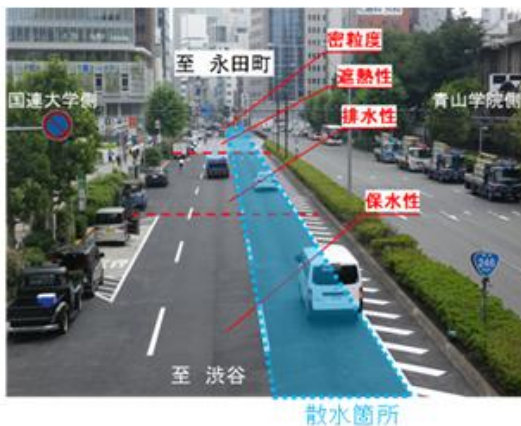
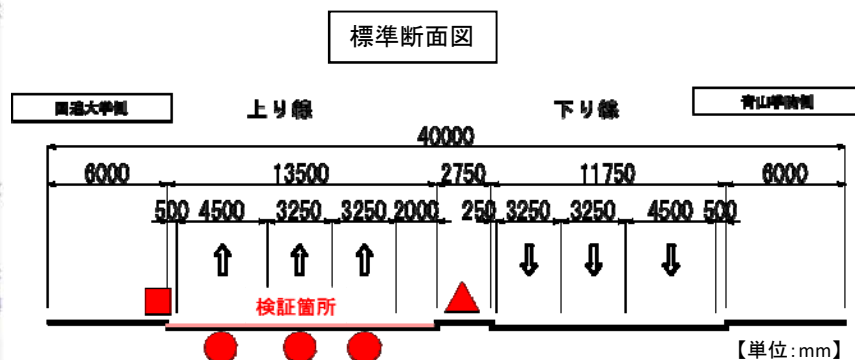
【H27.8.1、散水実験実施】

- 1) 7～10時台に計5mm散水
- 2) 13時台に1mmを散水

競技の際にアスリート等の走りやすさの検証に活用するための基礎データ

【施工時に測定】

- 1) まぶしさ：色彩色度計から明度・彩度を測定
- 2) 滑り抵抗：測定器により動的摩擦係数を測定
- 3) 平坦性：路面性状測定車による測定
- 4) 透水性：現場透水試験による測定



2. 計測結果の分析

(1) 各舗装の路面温度上昇抑制効果

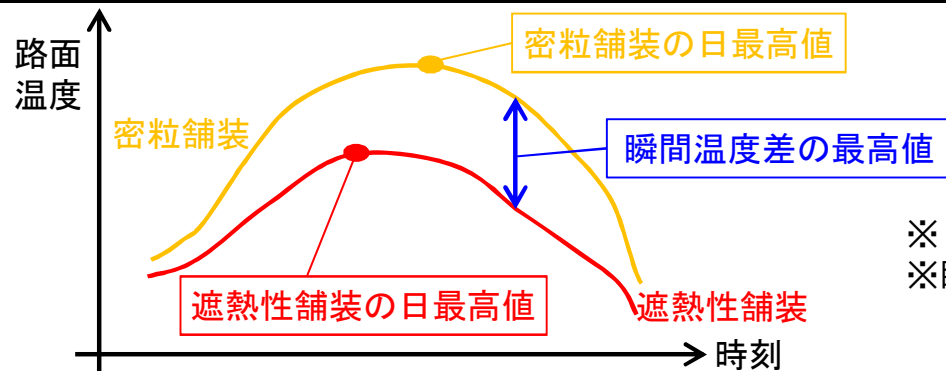
各舗装の路面温度上昇抑制効果 (国道246号)

晴天・曇天・雨天の代表的な一日の例

天気	散水	年月日	路面温度			参考
			密粒舗装	遮熱性舗装	保水性舗装	
晴天	—	平成27年 7月22日	日最高値 57.4℃	日最高値 47.9℃ 瞬間温度差の最高値 9.8℃	日最高値 54.1℃ 瞬間温度差の最高値 4.3℃	7月18日以 降連続4日 降雨無し
			7時半 35.4℃	34.3℃(密粒との差1.1℃)	35.6℃(密粒との差-0.2℃)	
			10時 49.4℃	42.9℃(密粒との差6.6℃)	46.7℃(密粒との差2.8℃)	
曇天	○	平成27年 8月1日	日最高値 53.8℃	日最高値 46.2℃ 瞬間温度差の最高値 7.6℃	日最高値 45.3℃ 瞬間温度差の最高値 9.3℃	7月26日以 降連続6日 降雨無し
			7時半 37.7℃	36.0℃(密粒との差1.7℃)	36.8℃(密粒との差0.9℃)	
曇天	—	平成27年 7月29日	日最高値 43.7℃	日最高値 40.0℃ 瞬間温度差の最高値 4.4℃	日最高値 42.2℃ 瞬間温度差の最高値 2.8℃	7月26日以 降連続3日 降雨無し
			10時 38.7℃	36.2℃(密粒との差2.5℃)	37.4℃(密粒との差1.3℃)	
雨天	—	平成27年 7月16日	有意な差は見られなかった			

P8

P10



※日最高値：一日のうちで、最も路面温度が高くなった時の値
 ※瞬間温度差の最高値：一日のうちで、「遮熱性舗装又は保水性舗装」と「密粒舗装」の路面温度の差が最も大きくなった時の値

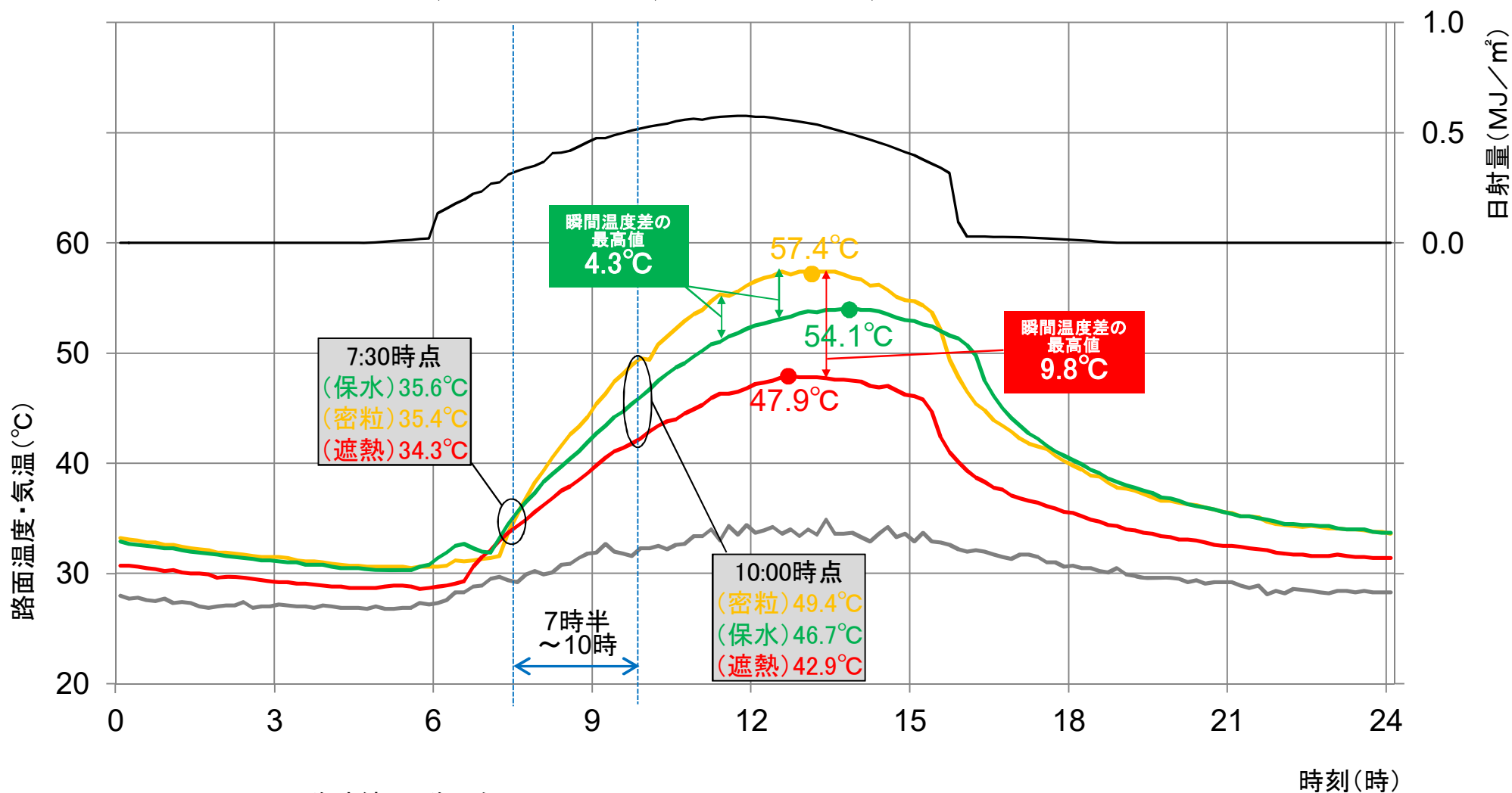
比較している温度のイメージ(遮熱性舗装の場合)

各舗装の路面温度上昇抑制効果(晴天時・散水なし) 国土交通省

・「晴天時・散水なし」の場合は、遮熱性舗装の効果が保水性舗装より大きい。

【晴天時の路面温度変化の例】平成27年7月22日国道246号(第3通行帯)

— 密粒舗装 — 遮熱性舗装 — 保水性舗装 — 気温 — 日射量



※ 7月18日以降連続4日降雨無し

- ・散水車を利用し、第3通行帯全体に散水を実施。

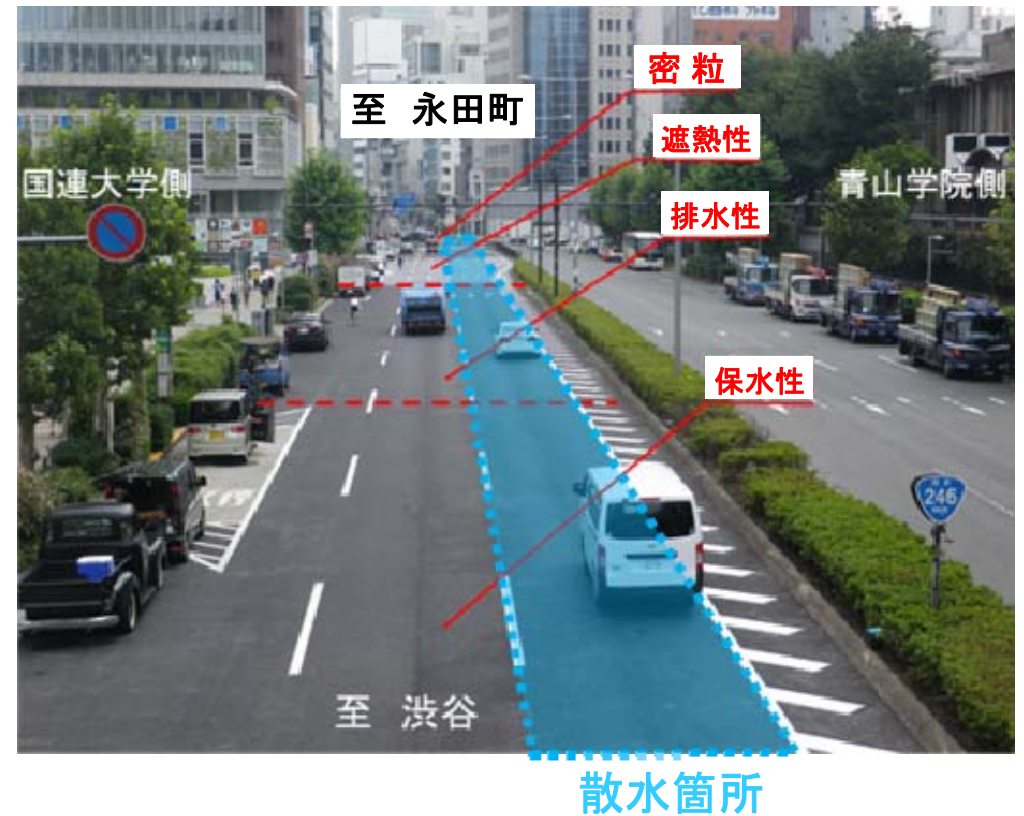
【散水実験について】

- ・8月1日、国道246号第3通行帯において実施。
- ・7～10時台に計5mm、13時台に1mmの散水を実施。

散水状況



散水範囲

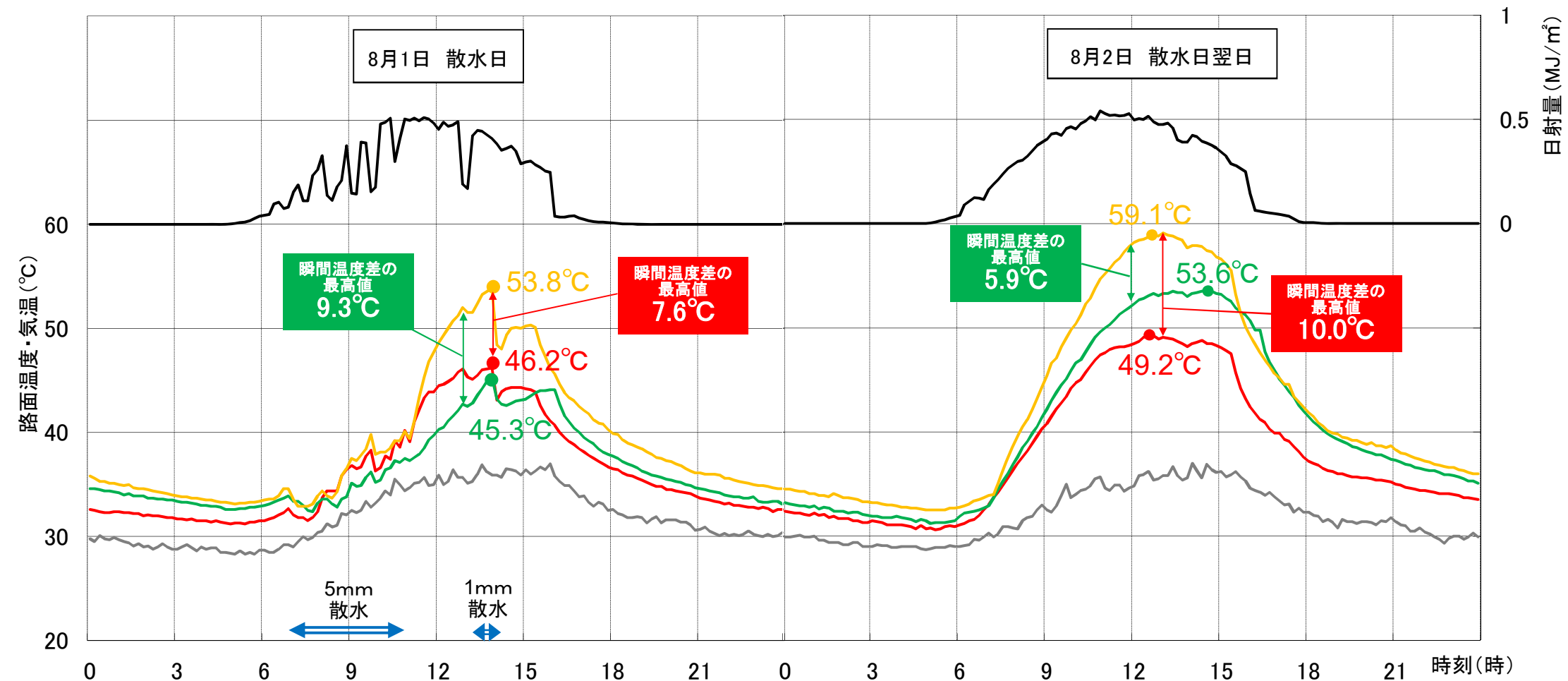


各舗装の路面温度上昇抑制効果(晴天時・散水あり) 国土交通省

- ・散水を行った場合は、保水性舗装の効果が遮熱性舗装より大きい。
- ・散水の効果は長続きせず、継続的な効果発現には、継続的な散水が必要となる。

【晴天時・散水ありの路面温度変化の例】平成27年8月1日～2日国道246号(第3通行帯)

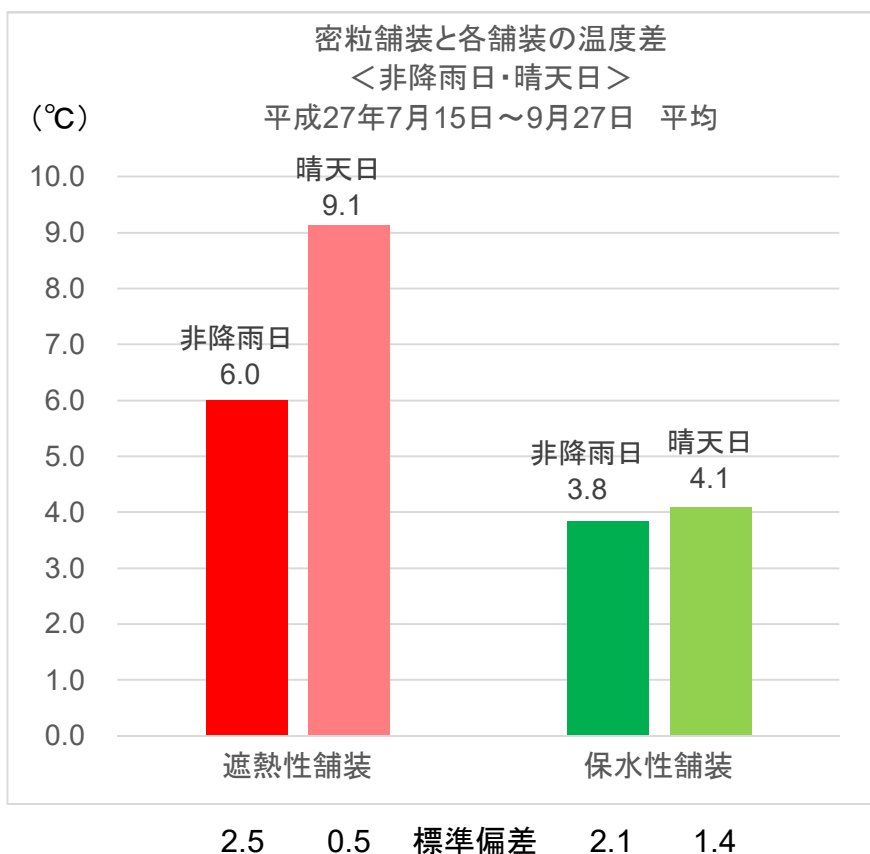
— 密粒舗装 — 遮熱性舗装 — 保水性舗装 — 気温 — 日射量



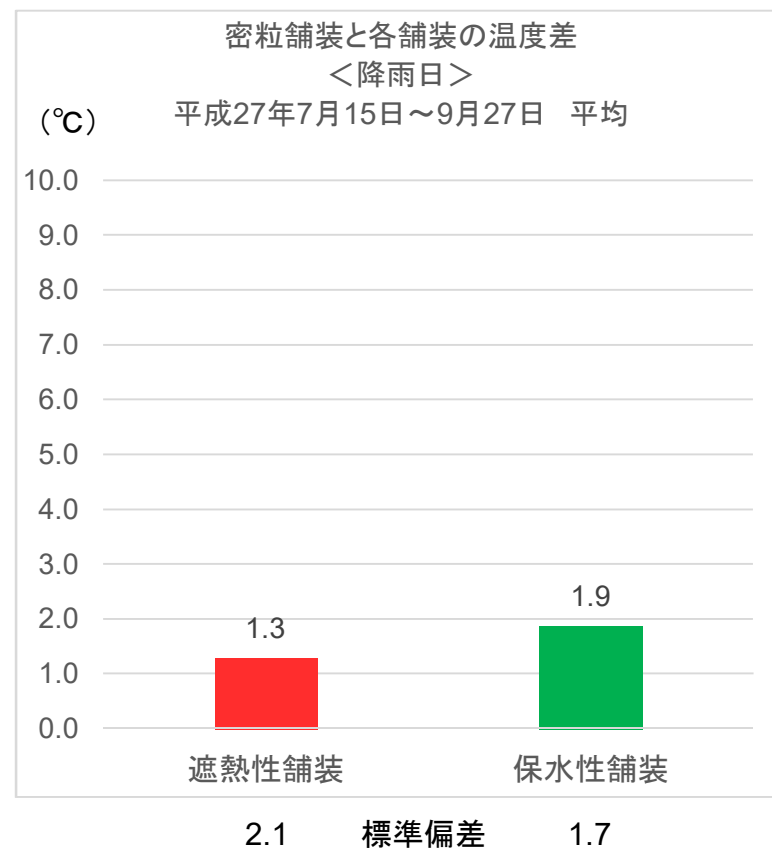
各舗装の路面温度上昇抑制効果(期間中総括)

- ・非降雨日及び晴天日で平均値を比較すると、遮熱性舗装の効果が保水性舗装より大きい。
- ・降雨日で平均値を比較すると、わずかに保水性舗装の効果が遮熱性舗装より大きくなるが、その値はいずれも小さく、差も小さい。

＜非降雨日(49日)・晴天日(7日)＞ 国道246号 (第3通行帯)



＜降雨日(26日)＞ 国道246号 (第3通行帯)



※非降雨日:終日晴れまたは曇天、晴天日:1日の日射時間が9時間以上、降雨日:降雨(散水含む)が認められた日

※温度差:一日のうちで、「遮熱性舗装又は保水性舗装」と「密粒舗装」の路面温度の差が最も大きくなった時の値

※標準偏差:各データが平均値からどれだけ離れているかを平均的に表した数値

2. 計測結果の分析

(2) 人体への影響(暑さ指数)

暑さ指数(WBGT)とは

Wet Bulb Globe Temperatureの略称。人体の熱収支に影響の大きい湿度、輻射熱、気温の3つを取り入れた指標で、乾球温度、湿球温度、黒球温度の値を使い計算。

暑さ指数(WBGT)の算出式

屋外での算出式

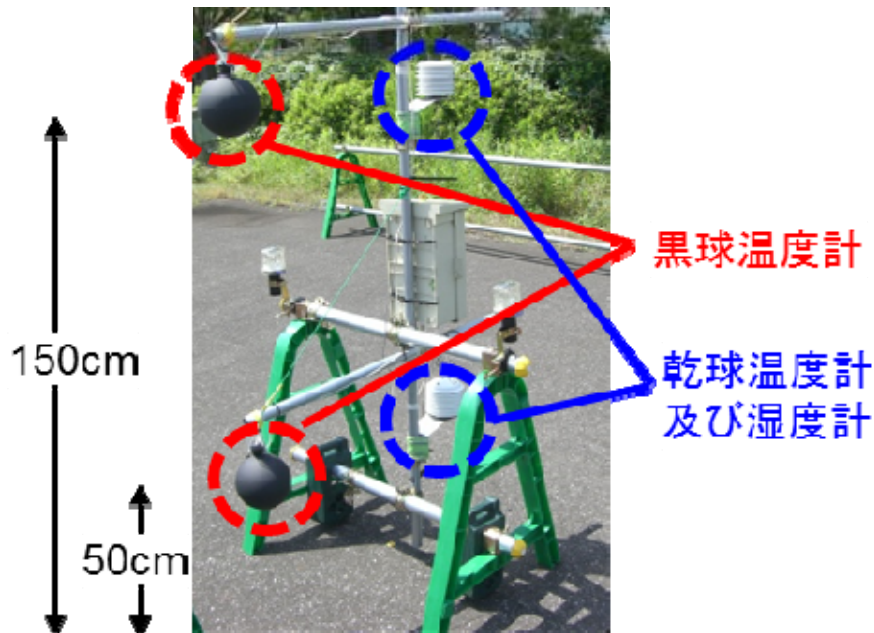
$$WBGT(^{\circ}C) = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$$

今回使用している算出式

(湿球温度は湿度と乾球温度から算出)

屋内での算出式

$$WBGT(^{\circ}C) = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$$



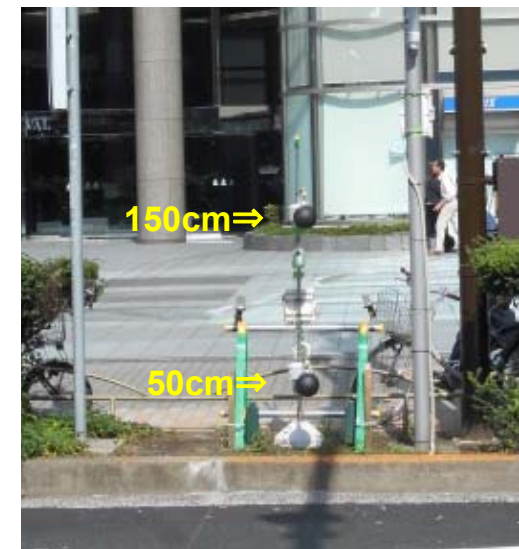
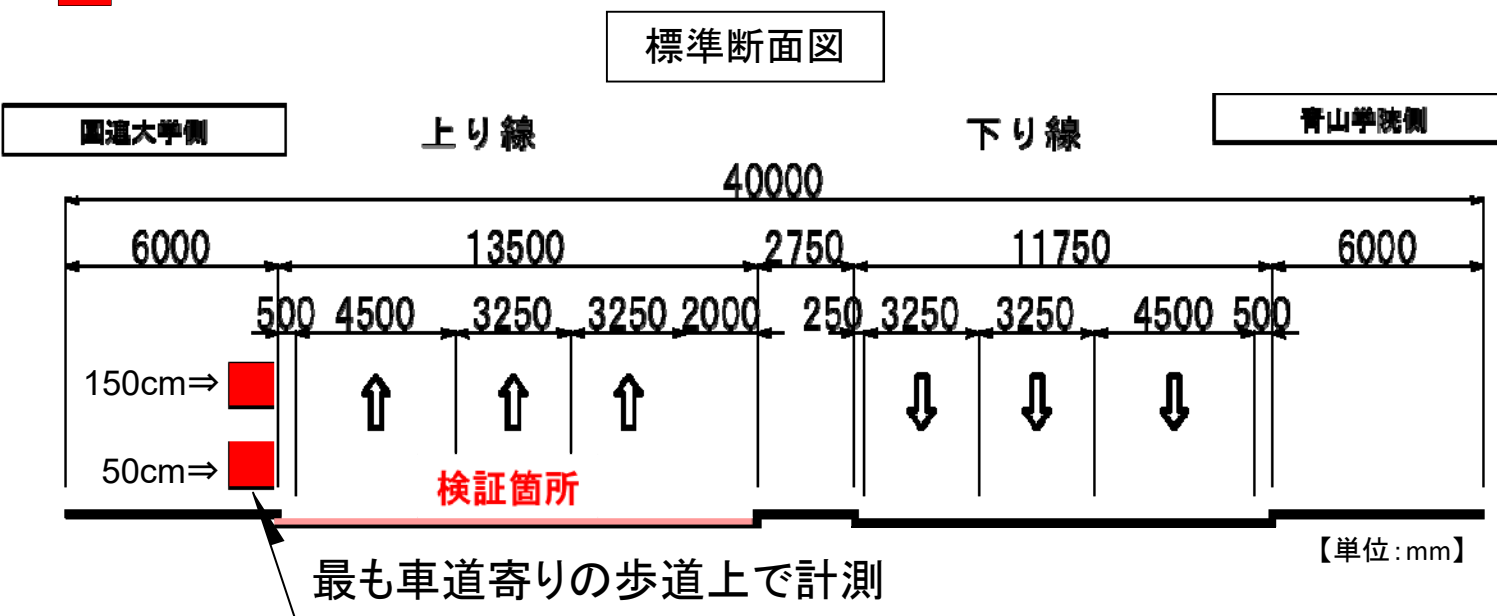
今回使用したWBGT測定装置

運動に関する指針

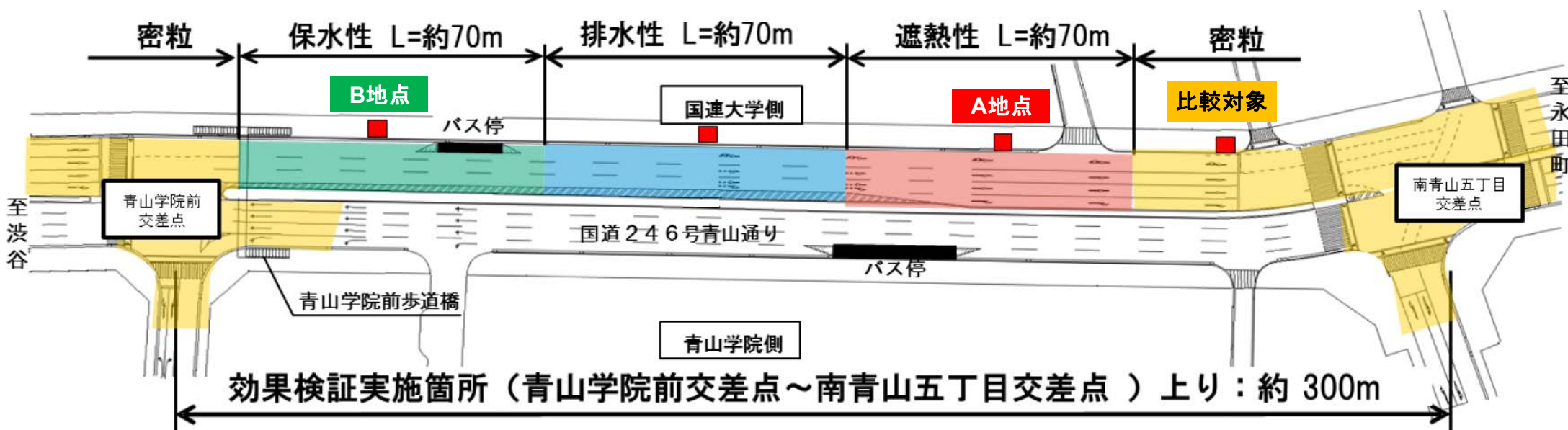
WBGT	熱中症予防運動指針	
31°C以上	運動は原則禁止	WBGT温度が31度以上では、皮膚温より気温の方が高くなる。特別の場合以外は運動は中止する。
28~31°C	嚴重計画(激しい運動は中止)	熱中症の危険が高いため激しい運動や持久走など熱負担の大きい運動は避ける。運動する場合には積極的に休息をとり水分補給を行う。体力低いもの、暑さに慣れていないものは運動中止。
25~28°C	警戒(積極的に休息)	熱中症の危険が増すので、積極的に休息をとり、水分を補給する。激しい運動では、30分おきくらいに休息をとる。
21~25°C	注意(積極的に水分補給)	熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに運動の合間に積極的に水を飲むようにする。
21°C未満	ほぼ安全(適宜水分補給)	通常は熱中症の危険性は小さいが、適宜水分の補給は必要である。市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意。

人体への影響(暑さ指数(WBGT))の計測箇所

■ : WGBT計測箇所



国道246号での実際の計測状況



人体への影響(暑さ指数(WBGT)の舗装による違い)

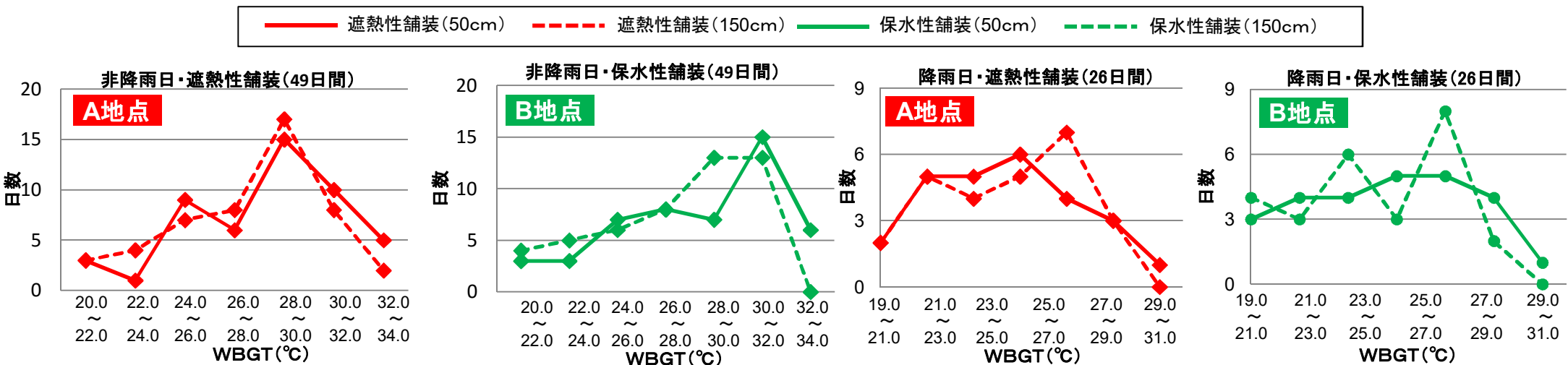
・WBGTを環境舗装(遮熱性・保水性)と密粒舗装とで比較すると、差分の大半が±1°C以内に分布しており、環境舗装と密粒舗装の間に有意な差は見られなかった。

	高さ	差分※の 平均値	標準 偏差	-1.0~1.0°Cでの データ集中度合い
A地点 遮熱性舗装 (密粒舗装のWBGT との差分の比較)	150cm	-0.10°C	0.50	97%
	50cm	0.21°C	0.53	94%
B地点 保水性舗装 (密粒舗装のWBGT との差分の比較)	150cm	0.13°C	0.78	88%
	50cm	0.12°C	0.78	89%

※差分: 遮熱性または保水性舗装のWBGTから密粒舗装のWBGTを引いたもの
※国道246号での計測期間中平均値

・非降雨日のWBGTは、路面から50cm地点では、150cm地点よりも高い傾向を示している。

日最高WBGTの分布



※7月15日~9月27日の各舗装のWBGTの最高温度を比較

2. 計測結果の分析

(3) 散水量の検討

効果検証概要(関東技術事務所:千葉県松戸市)

・関東地方整備局関東技術事務所の試験フィールドを活用し、路面温度の低減が効果的に得られる散水量及びタイミング等の基礎データを収集した。

路面温度上昇抑制機能検証

【H27.7.15 ~9.27の間、連続調査】

- 1) 路面温度: 舗装表面から1cm下で連続計測
- 2) WBGT : 気温、湿度と黒球温度から算出
- 3) 気象状況: 日射量、降水量、気温・湿度、
風向・風力

【散水実験実施】

- ・19時散水: 1,5,10mmずつ散水 (H27.8.5)
- ・9時散水: 1,5,10mmずつ散水 (H27.7.27)

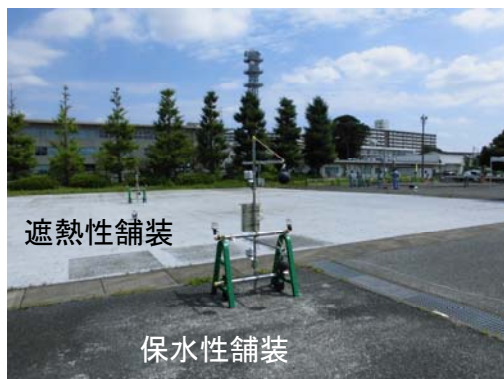
競技の際にアスリート等の走りやすさの検証に活用するための基礎データ

【舗装性能検証】

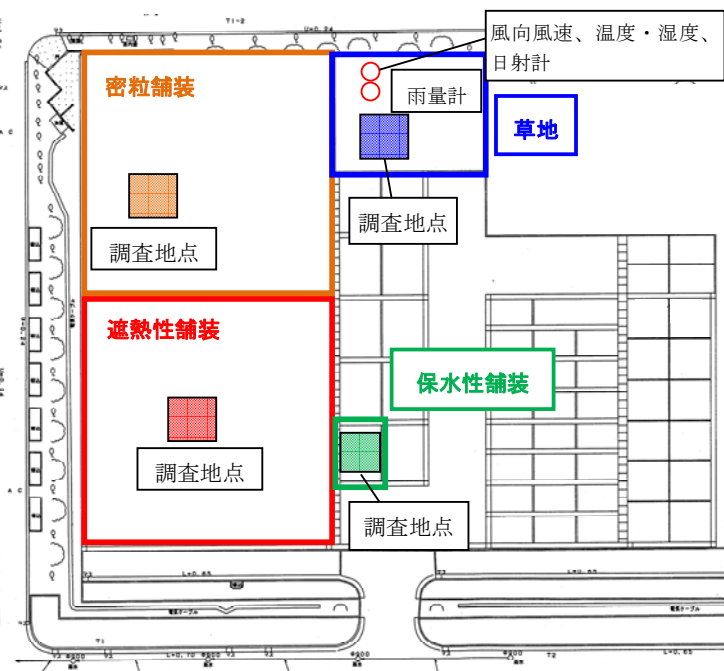
- 1) 滑り抵抗
- 2) 明度



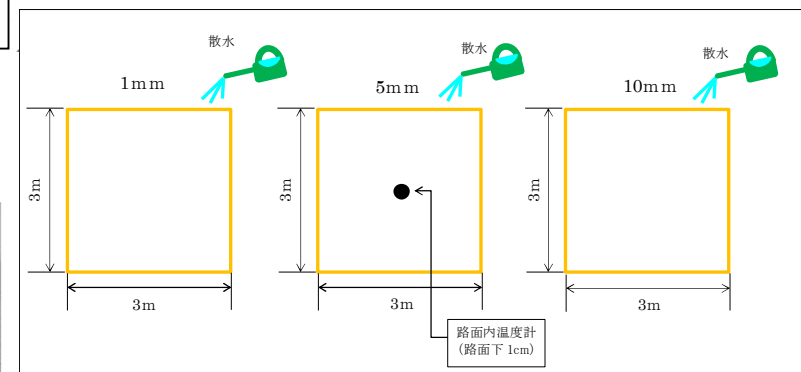
散水状況



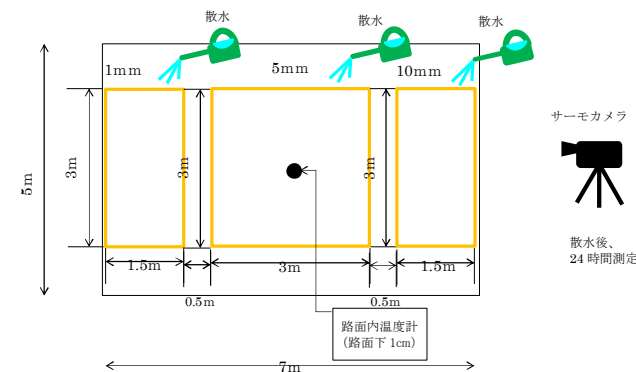
関東技術事務所 試験フィールド



舗装毎 (密粒、遮熱)



舗装毎 (保水・草地)



サーモカメラ

散水後、
24時間測定



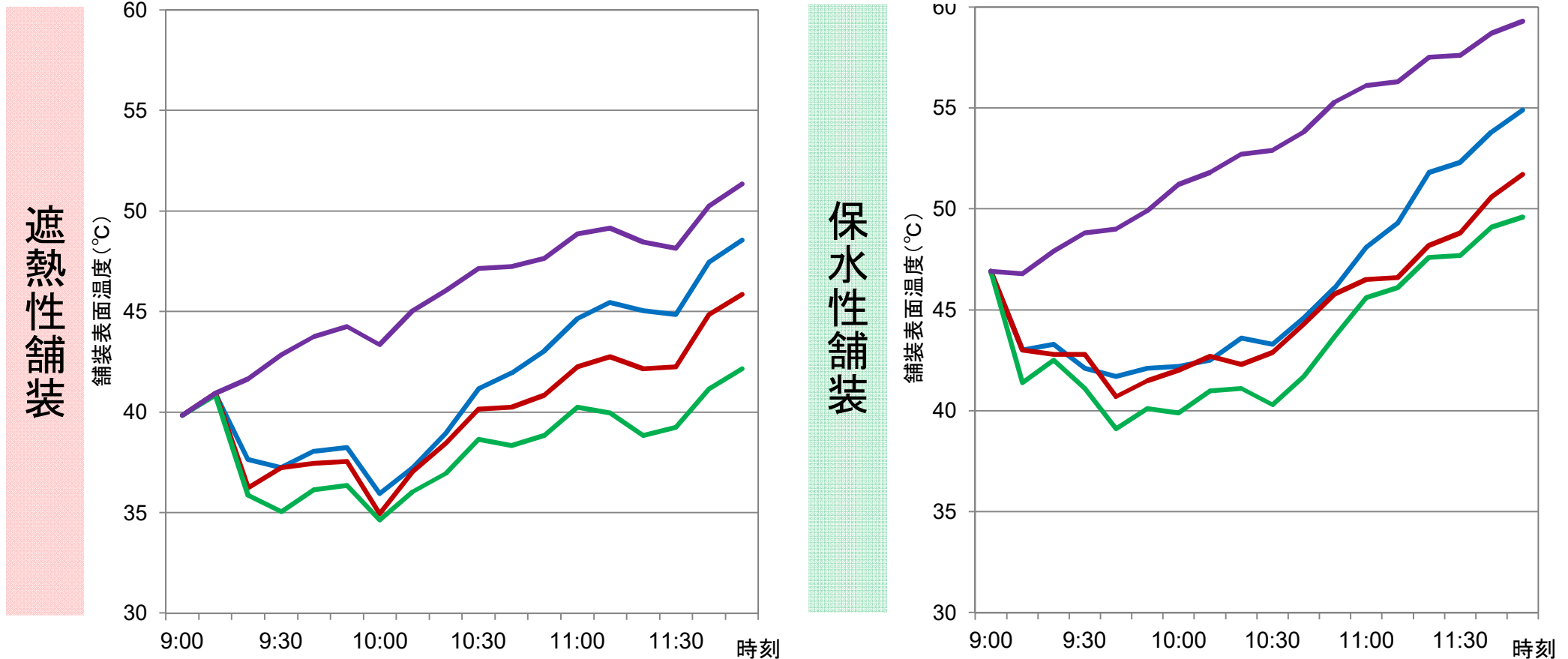
サーモカメラ

散水後、
24時間測定

散水量の検討(舗装別・散水量別の散水効果の確認)

- ・非散水と3種類の散水量(1mm、5mm、10mm)で、舗装別・散水量別に表面温度を計測。
- ・遮熱性舗装では、散水直後は散水量による差は小さいが、時間が経過するほど散水量が少ない方が温度上昇が大きい。
- ・保水性舗装でも、散水直後は散水量による差は小さいが、時間の経過とともに散水量の少ない方から温度上昇速度が速くなる。

— 非散水 — 1mm散水 — 5mm散水 — 10mm散水



※関東技術事務所試験フィールドでの計測結果(H27.7.27(9時散水))