

アスリート・観客にやさしい道づくりに向けた提言
(案)

平成 28 年〇月

アスリート・観客にやさしい道の検討会

目次

1		
2		
3		
4	1. はじめに	3
5		
6	2. 対象と対策メニュー	4
7	(1) 対象	
8	(2) 対策メニュー	
9		
10	3. 対策メニューの検証と評価	6
11	(1) 路面温度上昇抑制機能を有する舗装	
12	(2) 緑陰の形成	
13	(3) 壁面緑化	
14		
15	4. 今後の方向性と課題	9
16	(1) 路面温度上昇抑制機能を有する舗装	
17	(2) 緑陰の形成	
18	(3) 他機関との連携	
19	(4) 道路空間の安全性、利便性の向上	
20	(5) その他	
21		
22	5. おわりに	11

1. はじめに

2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会では、世界各国から我が国の夏の暑さに慣れていない多くの外国人や障害者が訪れることが見込まれる。アスリートや観客への快適な環境の提供を通じたおもてなしの向上に向け、それらに資する取組みの推進が求められている。

本大会は、7月から9月の暑さが厳しい時期に開催されること、また、道路を利用した競技の開催が予定されていることから、道路分野においても、アスリートや観客への暑熱対策が課題となっており、「2020年オリンピック・パラリンピック東京大会等に関する閣僚会議（平成26年4月22日閣議決定により設置、平成32年東京オリンピック競技大会・東京パラリンピック競技大会特別措置法の施行に伴い、平成27年6月25日に廃止）」においても、路面温度上昇抑制機能を有する舗装等の整備の検討を行うこととされたところである。

そこで、国土交通省道路局により、暑熱対策をはじめとする事業を推進し、東京大会の成功とともに、その取組成果が財産となり広く活用されることを目的として、「アスリート・観客にやさしい道の検討会」（以下「本検討会」という。）が平成27年4月に設置された。

本検討会は、アスリートの立場も含めた幅広い観点での検討を行うため、有識者、アスリート経験者、行政関係者により構成されており、路面温度上昇抑制機能を有する舗装の効果検証の結果等を踏まえて活発な意見交換が行われた。

この度、これまでの検討の成果を整理し、2020年に向けた道路分野におけるアスリート・観客にやさしい道づくりの取組みの方向性を示すため、とりまとめを行ったものである。

2. 対象と対策メニュー

アスリート及び観客への快適な環境の提供に資する道路分野の暑熱対策として、車道上、歩道上の環境を対象とする。対策メニューとしては、路面温度の上昇を抑制する舗装、緑陰の形成があり、道路外での取組みとして壁面緑化等が挙げられる。

(1) 対象

①アスリート（主に車道上の環境）

オリンピック・パラリンピック東京大会において公道で行われる競技に出場するアスリートを想定し、車道上の環境を対象とする。

②観客（主に歩道上の環境）

公道で行われる競技の観客は、主に歩道において観戦することが想定されることから、歩道上の環境を対象とする。

(2) 対策メニュー

①路面温度上昇抑制機能を有する舗装

車道上の主たる暑熱対策は、路面の温度上昇を抑制する舗装技術となる。路面温度の上昇を抑制する舗装技術としては、保水性舗装と遮熱性舗装がある。

なお、これらは、歩道においても有力な対策手段の一つである。舗装技術の構造、技術概要については、表の通りである。

表 路面温度上昇抑制機能を有する舗装の技術概要

名称	保水性舗装	遮熱性舗装
技術概要	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	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
イメージ図		

1 この他、通常使用される舗装技術として、密粒舗装、排水性舗装
2 がある。

3 ②緑陰の形成

4 道路における緑陰は、主に街路樹によって作り出され、歩道上の
5 暑熱対策として有効と考えられる。対策の方法としては、街路樹の
6 量(本数)を増やすほか、質（既存の街路樹の樹冠形成）の向上があ
7 る。

8 ③その他

9 ①、②の道路管理者が行う対策以外にも、アスリート及び観客へ
10 の快適な環境の提供に資する取組みとして、壁面緑化がある。壁面
11 緑化は、沿道の建物等の所有者の協力により可能となるものであり、
12 建物周辺の温度低減とともに、建物内の温度低減効果も期待できる
13 ものである。また、アスリート及び観客への快適な環境の提供に資
14 する対策として、ドライミスト*が挙げられる。

15 *使用された事例として、2007年8～9月の世界陸上大阪大会がある。

3. 対策メニューの検証と評価

2. で挙げた対策メニューそれぞれの効果及び十分な効果を発現させるための方策について、供用中の道路や試験フィールドにおける計測、分析、シミュレーション等の手法により検討を行った。

(1) 路面温度上昇抑制機能を有する舗装

①検証の視点

マラソン等の競技に出場するアスリートの立場での検証項目として、身体に与える影響の度合いや滑りやすさ、照り返しによる眩しさなど、これまでの道路整備とは違った観点を考慮する必要がある。

そのため、通常の舗装(密粒舗装、排水性舗装)と保水性舗装、遮熱性舗装の4種類の舗装技術について、温度、湿度のほか、WBGT^{*}等身体に与える影響に関する指標の計測を、散水の有無及び散水の量、タイミングを変えて行い、舗装の種類による比較を行った。

②評価

保水性舗装、遮熱性舗装ともに一定の路面温度上昇抑制効果があることが確認された。晴天時には、保水性舗装は散水から一定時間経過すると遮熱性舗装より高い効果を発現するが、散水が無い場合には効果が限定的となり、遮熱性舗装の方が高い効果を発現する。現地試走会においても、遮熱性舗装に対して高い評価が得られた。

散水は、路面温度の低減に効果的であり、一定量まで散水量が増えるほど効果が継続する傾向が見られる。ただし、散水直後一時的に湿度の上昇につながる可能性があることに注意が必要である。

WBGTについては、舗装技術の種類や散水によって顕著な差を確認するまでには至らなかった。

遮熱性舗装に対しては、主に試走会において、「眩しい」との指摘があった。

^{*}WBGT (暑さ指数) は Wet Bulb Globe Temperature の略。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。屋外での算出式は $WBGT=0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$

1 ③引き続き検証が必要な事項

2 効果の持続性（耐久性）等を踏まえた計画的な施工、及び一層の
3 効果発現等に向けた技術の改良が必要である。遮熱性舗装について
4 は、眩しさを低減する技術の改良が求められる。

5 散水の量とタイミングについて、資機材や水の確保に関する制約、
6 気象状況、競技の実施時刻（気温や建物の陰の位置に影響）等により
7 散水の条件を整理する必要がある。

8
9 **（２）緑陰の形成**

10 ①検証の視点

11 既存の街路樹の樹冠確保を通じた緑陰形成は、道路空間の温度低
12 減とともに快適な道路空間の形成にも寄与する。日陰の形成による
13 道路空間の温度低減への効果を確認するため、強剪定された樹木と
14 樹冠が確保された樹木の直下での WBGT 等の比較検証を行った。

15 ②評価

16 強剪定された樹木と樹冠が確保された樹木では、造影面積に違い
17 が生じることは自明であるが、これにより歩道上の日射量にも差が
18 生じることを確認した。また、薄曇りの日でも WBGT に一定程度有
19 意な差がみられるなど、他の対策と比べて、緑陰の形成による温度
20 低減効果は大きく、積極的な道路緑化が快適な道路空間の形成に寄
21 与することがわかる。

22 ③引き続き検証が必要な事項

23 樹種による緑陰の形成等に最適な樹形（樹冠）と成長のスピード
24 等を踏まえ、大会開催時期に最適な緑陰を形成するための対策（道
25 路管理の必要性から行う剪定のタイミング等）について検討、整理
26 する必要がある。

27
28 **（３）壁面緑化**

29 ①検証の視点

30 壁面緑化が快適な道路空間の確保に寄与する程度について、シミ
31 ュレーションを用いて道路空間の温度低減に与える影響を検証し
32 た。

33 ②評価

34 壁面緑化の温度低減効果は、植物の蒸散作用等により当該緑化部

1 分の壁面温度が低下すること、壁面による反射の軽減等により発現
2 すると推測されるが、その範囲は、当該緑化部分の直近に限られる。
3 シミュレーションでは、道路の方位や緑化面積によって差があるも
4 のの、一定の効果が期待されるものとなっている。

5 ③引き続き検証が必要な事項

6 壁面緑化は、道路空間の温度低減に一定の効果が認められるが、
7 道路外の建物等の所有者の協力が必要であることから、その促進を
8 図るためには、今回の検証結果や補助制度の周知を関係機関と連携
9 しながら広報すること等が必要である。

4. 今後の方向性と課題

(1) 路面温度上昇抑制機能を有する舗装

①使用する舗装技術

舗装施工後の効果の持続性(耐久性)や既存の舗装更新のタイミング、現地の状況に留意し、計画的に整備を行う。

その際、オリンピック・パラリンピック開催期間中のみならず、その後も効果が継続的に発現することが望ましい。このため、散水作業や降雨によらずとも安定した効果が持続的に発現する遮熱性舗装を積極的に採用することとする。保水性舗装については、十分な効果を発現するためには散水が必要であり、継続的に散水が実施できる地区においては、選択することも可能とする。

さらに、施工コストの低減、温度低減効果や防眩性及び質感の向上等について、今後もさらなる技術開発が進むよう、関係機関と連携した取り組みを推進することが重要である。

歩道については、既存の歩道の活用を基本とするが、今後、新設する箇所については、沿道地域の意向も踏まえながらブロック舗装等による温度上昇の抑制を図ることについても検討する。

②散水方法

散水は、資機材や水の確保に関する制約等を踏まえながら、滑りやすさへの影響及び気温や湿度等の気象状況、マラソン等の実施時刻により最適な量と区間、タイミングについて検討の上、具体的な計画を定める。

(2) 緑陰の形成

道路空間の温度低減に効果的である緑陰形成に資する道路緑化を積極的に実施していく。

その際、既存の街路樹については、十分な樹冠が確保できるよう、樹種ごとの特徴を踏まえて剪定の方法やタイミングについて工夫するとともに、高木等により形成される緑陰に歩行者や観客が入れるよう配慮する。

1 (3) 他機関との連携

2 道路管理者が行う(1)(2)の対策の他、壁面緑化や公開空地の
3 緑化、ドライミストの設置等、関係機関、民間団体等による実施が
4 想定される各種の取組みに対して柔軟に対応する。

5 また、休憩施設、暑さに関する情報提供設備の設置等についても、
6 関係機関と役割分担を調整した上で、必要な連携を行うことが重要
7 である。

8 また、歩道については、沿道の住民や関係機関による打ち水実施
9 を働きかけるなど、沿道地域と連携しながら必要な取組みを進め
10 る。

12 (4) 道路空間の安全性、利便性の向上

13 世界中から訪れるアスリートや観客への快適な環境の提供とい
14 う観点では、暑熱対策以外にも、道路空間の安全性等の向上も重要
15 な取組みである。

16 具体的には、歩道の安全性の向上に資する自転車の走行空間の確
17 保、バリアフリー化の推進、美しい都市景観の創出等に資する無電
18 柱化や道路施設の美装化等の総合的な対策の実施が求められる。

20 (5) その他

21 (1)から(4)に掲げる取組みが効果的、効率的に行われるよう、
22 そのコストにも配慮しつつ、関係機関等が互いに連携し協力するこ
23 とが必要である。

24 また、道路管理者が行うこれらの取組みは、オリンピック・パラ
25 リンピック大会以後の都市環境改善にもつながることから、大会後
26 も見据えた整備を行っていく必要がある。

27 さらに、諸外国への貢献という視点も念頭に置きながら、競技施
28 設や選手村、プレスセンター周辺において、日本の最新の舗装技術
29 等の紹介を多言語で行うなど、技術力を用いた国際貢献を計画的に
30 行うことも重要である。

1 5. おわりに

2
3 本検討会では、平成 27 年 4 月以来、4 回にわたる検討会と現地試走
4 会を通じて計測データやその分析結果等を踏まえた、道路空間における
5 暑熱対策について検討を重ねてきた。

6
7 これまでの検討により明らかになった内容については整理し、このた
8 び今後の取組みの方向性としてとりまとめたところであり、これを踏ま
9 えて対策が実行されることを期待する。

10
11 一方で、引き続き検証が必要とされた項目については、適切に対策が
12 実施されるよう、検討を重ねることが必要であることから、検討状況等
13 について内閣官房はじめ関係機関と情報共有し、「東京 2020 に向けた
14 アスリート・観客の暑さ対策に係る関係府省庁等連絡会議（平成 27 年
15 9 月 1 日 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会関係府省
16 庁連絡会議議長決定）」等において進捗を共有するなど、検討を着実に
17 進めることが重要である。

18
19 これらの取組みは、大会開催期間中のみならず、ヒートアイランド対
20 策として将来にわたる快適な道路空間の提供に資する資産となるもの
21 であり、道路空間を中心とした取組のモデルとして世界に発信できるも
22 のとなる。

23
24 2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会において、世界中か
25 ら訪れるアスリートや観客への快適な環境の提供を通じたおもてなし
26 ができるよう、関係機関が連携した取組みの推進を期待する。

27
28 最後に、今回の検討及び現地試走にあたり、ご協力頂いた国際連合大
29 学をはじめとする国道 246 号沿道の皆様、警視庁、渋谷区、東京都交通
30 局等関係機関の皆様、並びにモニターとして参加頂いた皆様に対して感
31 謝申し上げます。

アスリート・観客にやさしい道の検討会

委員名簿

(委員)

おがた 尾 縣	みつぎ 貢	公益財団法人日本陸上競技連盟専務理事
かんだ 神田	まさゆき 昌 幸	公益財団法人東京オリンピック・パラリンピック 競技大会組織委員会施設整備調整局長
せこ 瀬古	としひこ 利 彦	DeNA ランニングクラブ総監督
にしくら 西 倉	てつや 鉄也	東京都建設局長
はなおか 花 岡	のぶかず 伸 和	一般社団法人日本パラ陸上競技連盟副理事長
ひらた 平田	たけお 竹男	内閣官房東京オリンピック競技大会・ 東京パラリンピック競技大会推進本部事務局長
◎やい 屋井	てつお 鉄 雄	東京工業大学 環境・社会理工学院土木・環境工学系教授
ゆうき 結城	わかこ 和香子	読売新聞編集委員

(敬称略)
(五十音順)

◎は座長

アスリート・観客にやさしい道の検討会開催実績

第1回：平成27年4月17日（金）

○2020年オリンピック・パラリンピック東京大会について
（大会の概要及び政府全体の取り組み）

○アスリート・観客にやさしい道について

○意見交換

第2回：平成27年6月19日（金）

○2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けた取組
状況について

○路面温度上昇抑制機能を有する舗装技術の効果検証計画（案）
について

○意見交換

第3回：平成28年7月19日（火）

○路面温度上昇抑制機能を有する舗装技術の効果確認について

○取組みの方向性（骨子案）について

○意見交換

現地試走会：平成28年8月31日（水）

○現地試走等

・試走

・散水

・舗装デモンストレーション 等

第4回：平成28年9月27日（火）

○現地試走会の結果について

○緑化の取組みについて

○アスリート・観客にやさしい道づくりに向けた提言（案）について

○意見交換

アスリート・観客にやさしい道づくりに向けた提言(案)

参考資料

・大会開催概要

- 《オリンピック》 開催期間：2020年7月24日（金）～ 8月9日（日）（24日は開会式）
競技数：33競技
参加実績：205国と地域、それに難民五輪選手団、11,000選手
（2016年リオデジャネイロ大会の例）
- 《パラリンピック》 開催期間：2020年8月25日（火）～ 9月6日（日）
競技数：22競技
参加実績：159国と地域、それに難民五輪選手団、4,400選手
（2016年リオデジャネイロ大会の例）



※立候補ファイル段階のもの

・公道を使用する競技と競技日程

<オリンピック>

陸上競技(マラソン)	男子、女子:42.195km	男子:8月 9日(日) 7:30~11:00 女子:8月 2日(日) 7:30~11:30
陸上競技(競歩)	男子:20km 男子:50km 女子:20km	男子:8月 1日(土) 9:00~13:15 男子:8月 7日(金) 7:30~15:00 女子:8月 6日(木) 9:00~13:30
自転車(ロード)	男子:276km 女子:139km	男子:7月25日(土) 11:00~17:15 女子:7月26日(日) 13:00~17:15
自転車(タイムトライアル)	男子:45km 女子:30km	男子:7月29日(水) 13:15~15:30 女子:7月29日(水) 11:30~13:00
トライアスロン(バイク/ラン)	男子、女子:40km/10km	男子:8月 4日(火) 10:00~12:30 女子:8月 3日(月) 10:00~12:40

<パラリンピック>

陸上競技(車椅子マラソン/ 盲人マラソン)	男子、女子:42.195km	9月6日(日)
自転車(ロード)	男子、女子、男女混合:障害の程度による	9月2日(水)~5日(土)
自転車(タイムトライアル)	男子、女子、男女混合:障害の程度による	9月2日(水)~5日(土)
自転車(チームリレー)	男女混合:障害の程度による	9月2日(水)~5日(土)
トライアスロン(バイク/ラン)	男子、女子:20km/5km	8月29日(土)~30日(日)

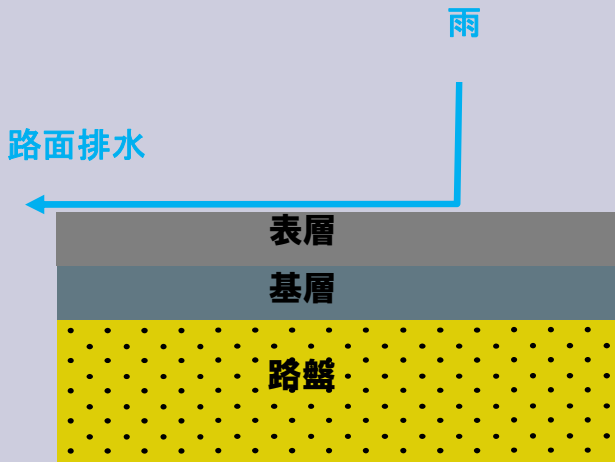
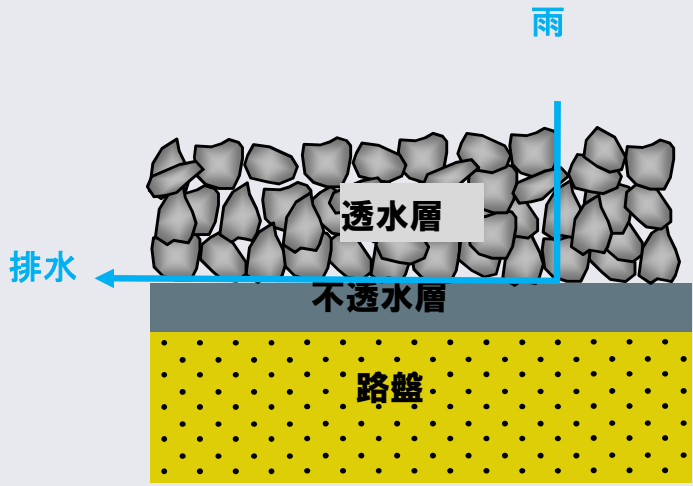
路面温度上昇抑制機能を有する舗装技術

○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>

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>	
排水性舗装	<p>空隙率が大き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>	

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

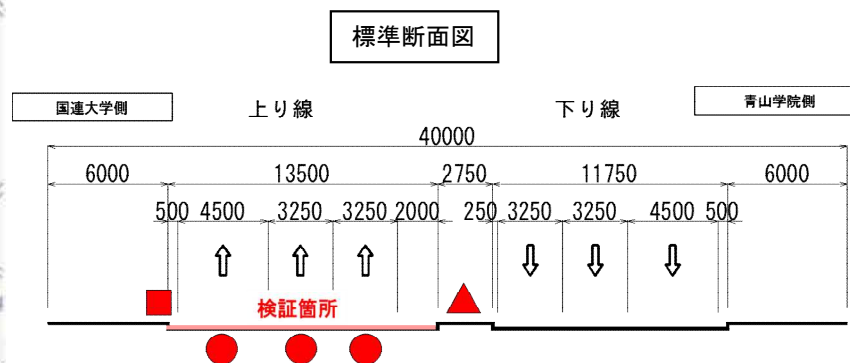
【H27.8.1、散水実験実施】

- 1) 7～10時台に計5mm散水
- 2) 13時台に1mmを散水

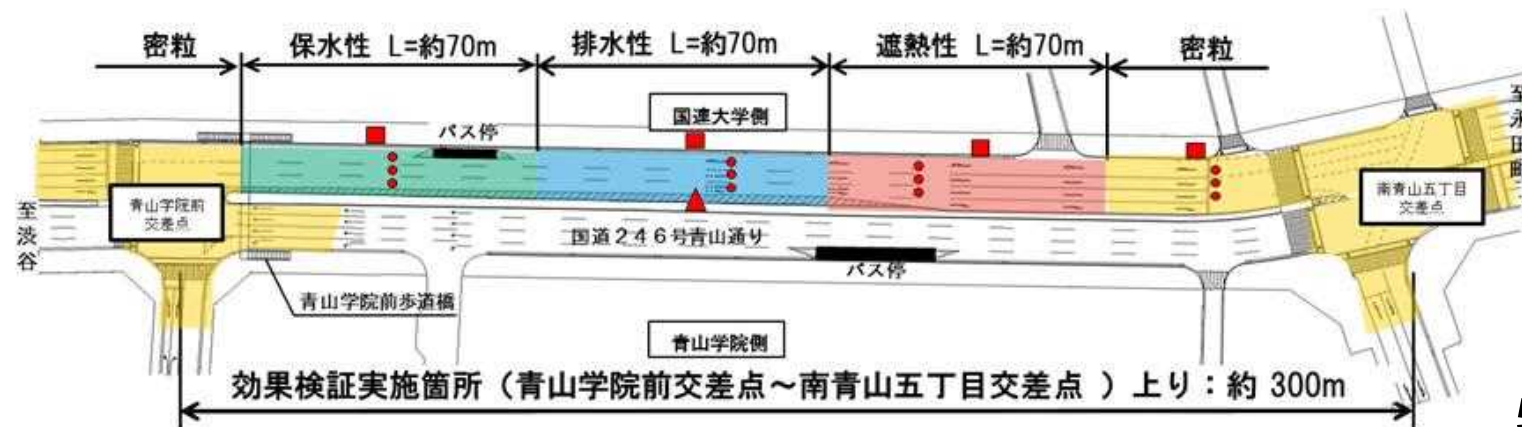
競技の際にアスリート等の走りやすさの検証に活用するための基礎データ

【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



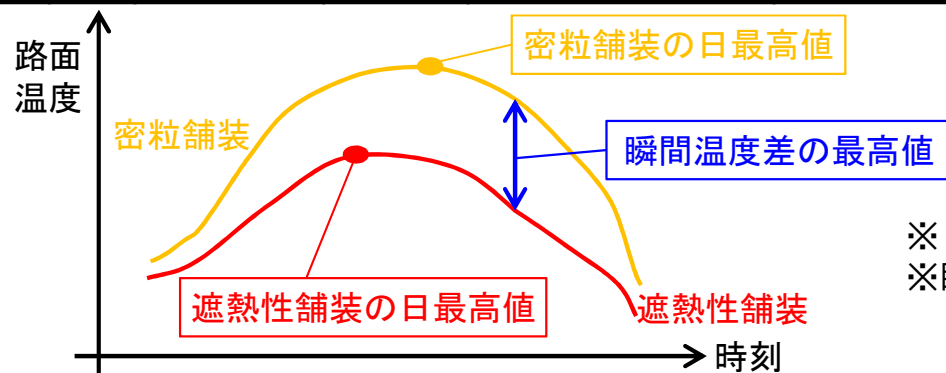
▲	: 気象観測 (日射量、降水量、気温・湿度、風向・風力)
●	: 路面温度
■	: WBGT



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℃)	
	○	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
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
			7時半 37.7℃	36.0℃(密粒との差1.7℃)	36.8℃(密粒との差0.9℃)	
			10時 39.5℃	37.0℃(密粒との差2.5℃)	38.2℃(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			



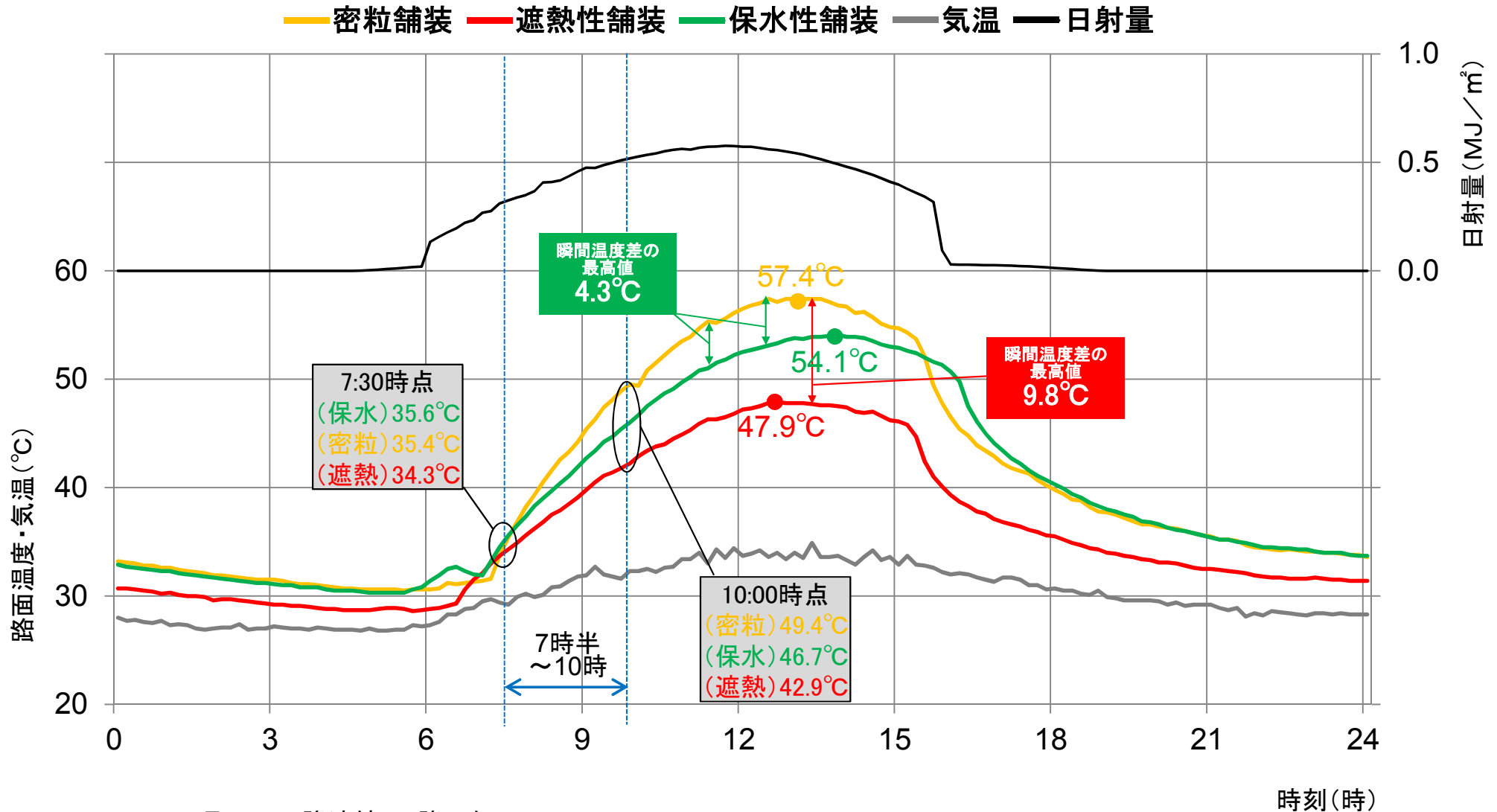
※日最高値：一日のうちで、最も路面温度が高くなった時の値
 ※瞬間温度差の最高値：一日のうちで、「遮熱性舗装又は保水性舗装」と「密粒舗装」の路面温度の差が最も大きくなった時の値

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)

・「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)



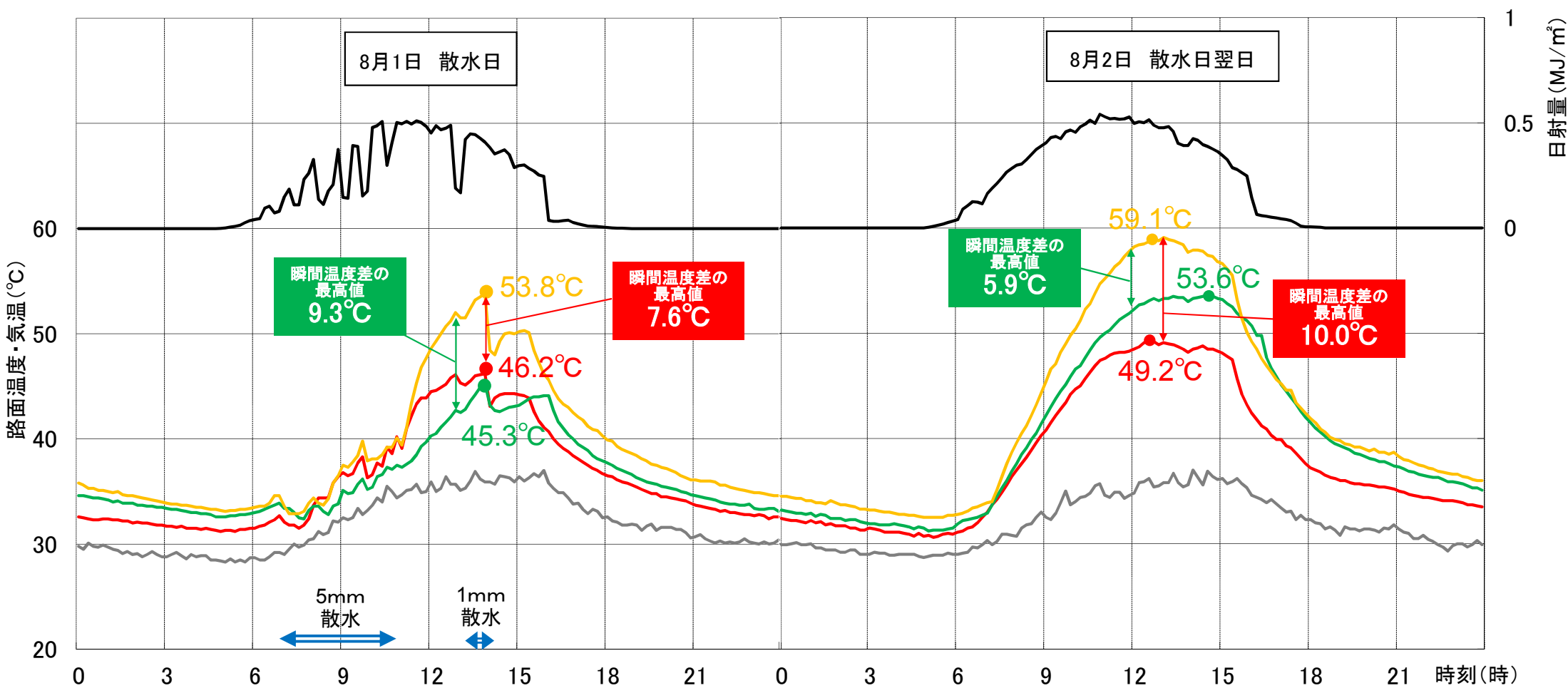
※ 7月18日以降連続4日降雨無し

各舗装の路面温度上昇抑制効果(晴天時・散水あり)

- ・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

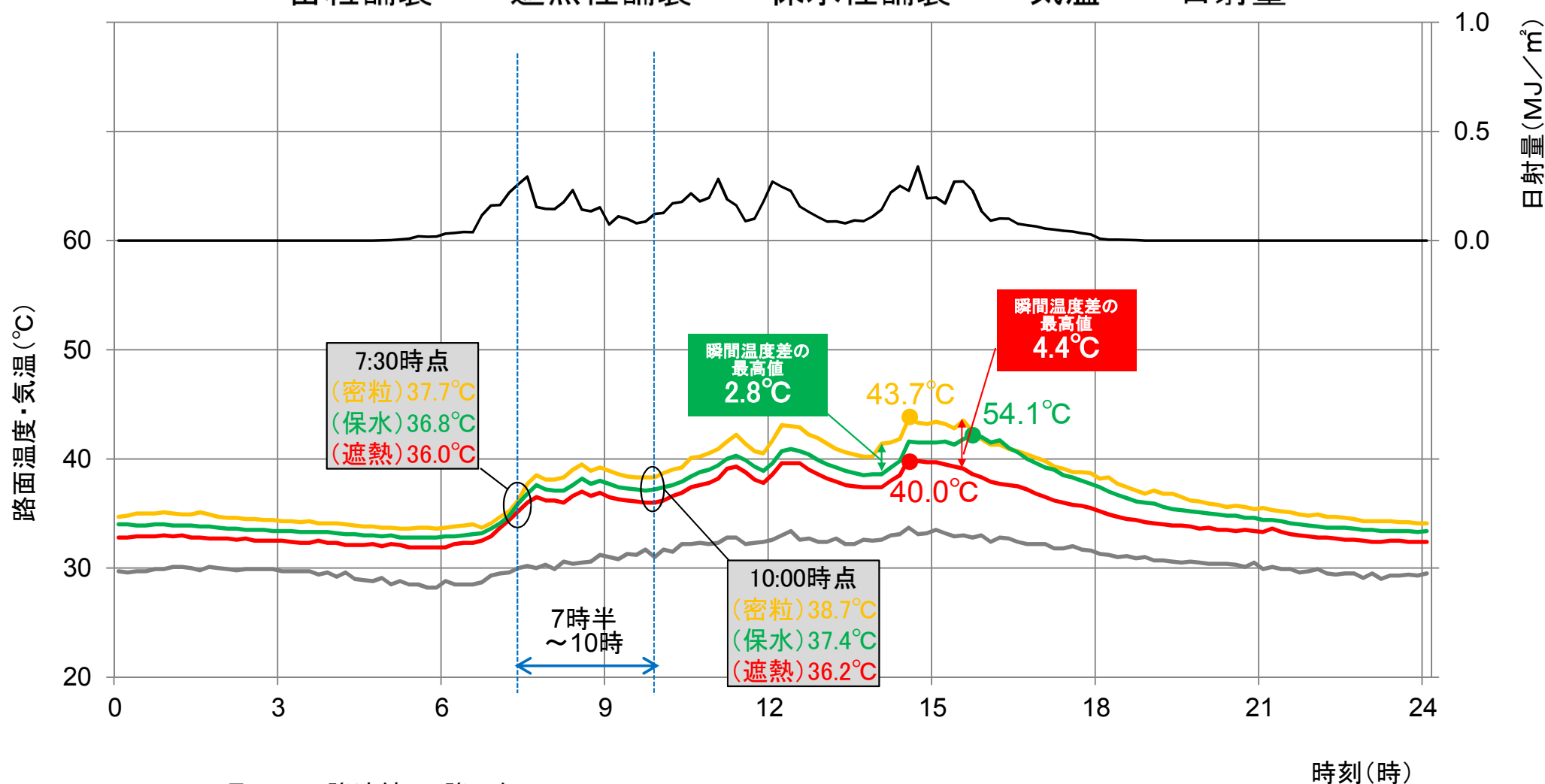


各舗装の路面温度上昇抑制効果(曇天時)

・曇天の場合、各舗装の温度上昇抑制効果は晴天時より小さくなる。

【曇天時の路面温度変化の例】平成27年7月29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



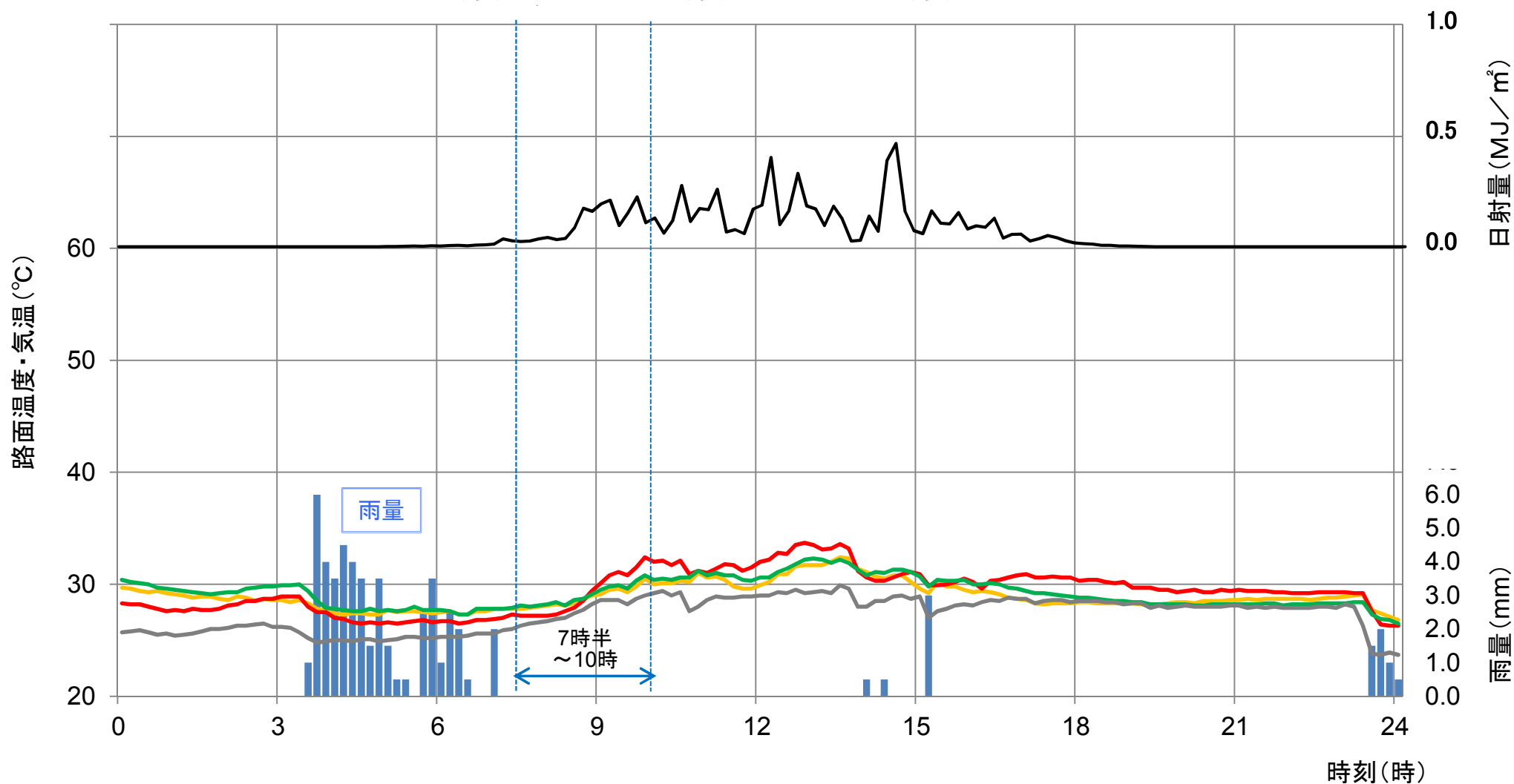
※ 7月26日以降連続3日降雨無し

各舗装の路面温度上昇抑制効果(雨天時)

・雨天時では、遮熱性舗装、保水性舗装の有意な差は見られなかった。

【雨天時の路面温度変化の例】平成27年7月16日国道246号(第3通行帯)

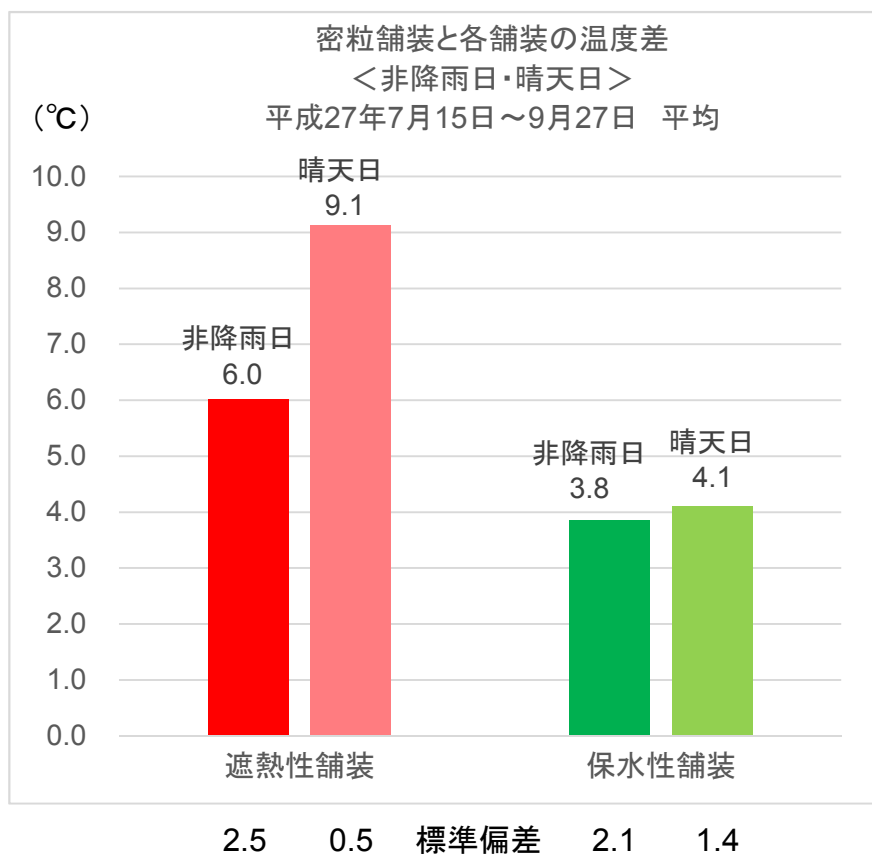
— 密粒舗装 — 遮熱性舗装 — 保水性舗装 — 気温 — 日射量



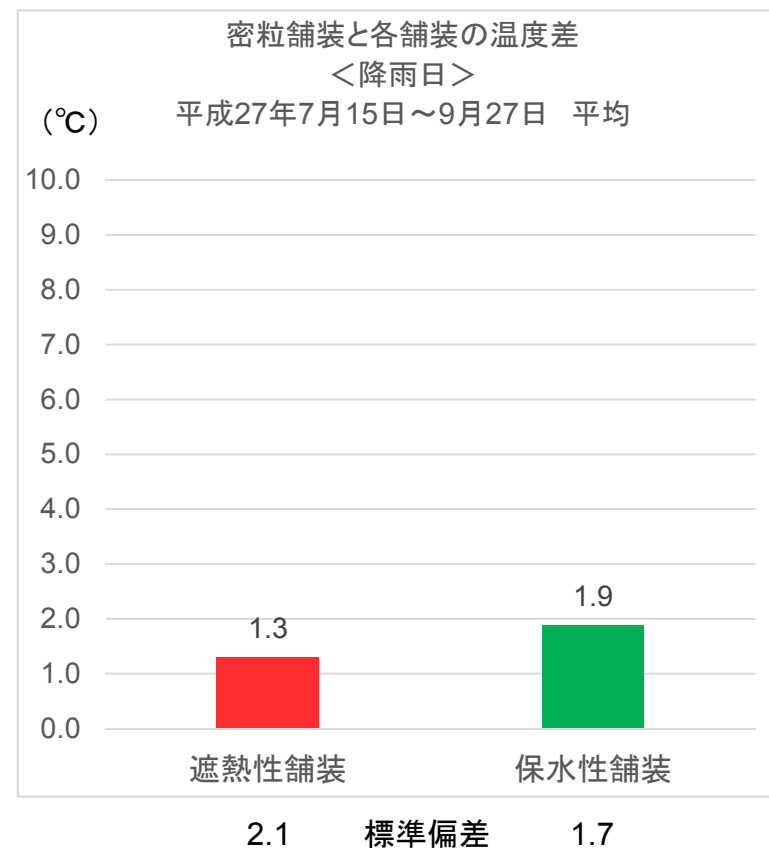
各舗装の路面温度上昇抑制効果(期間中総括)

- ・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

人体への影響(暑さ指数(WBGT)とは)

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

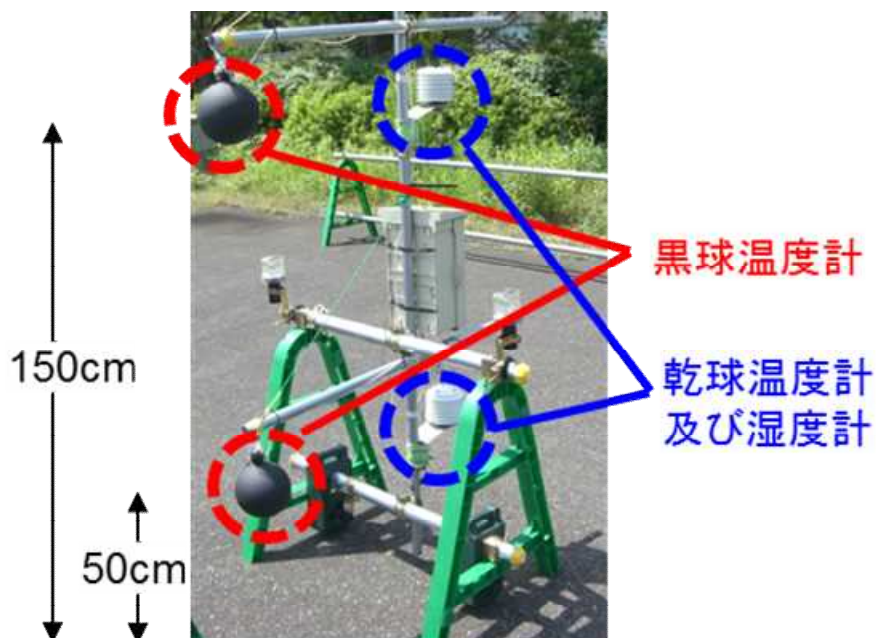
$$WBGT(^{\circ}C) = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$$

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

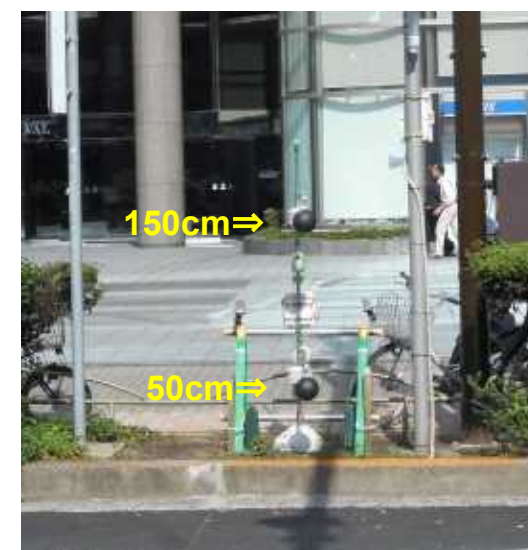
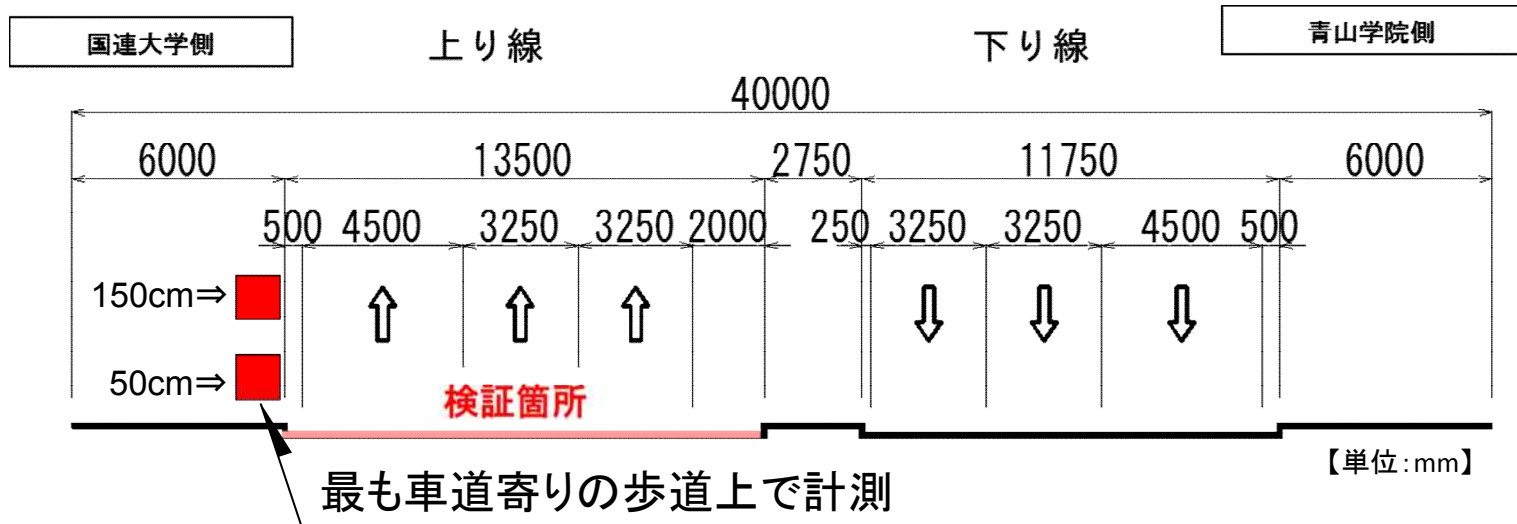
運動に関する指針

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。

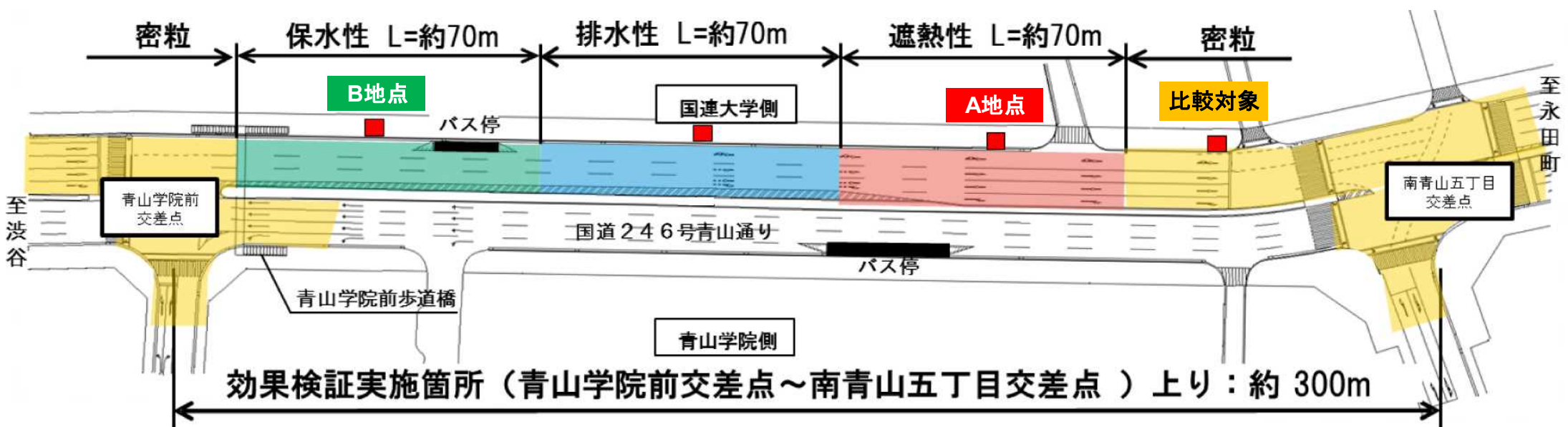
人体への影響(暑さ指数(WBGT))の計測箇所

■ : WGBT計測箇所

標準断面図



国道246号での実際の計測状況



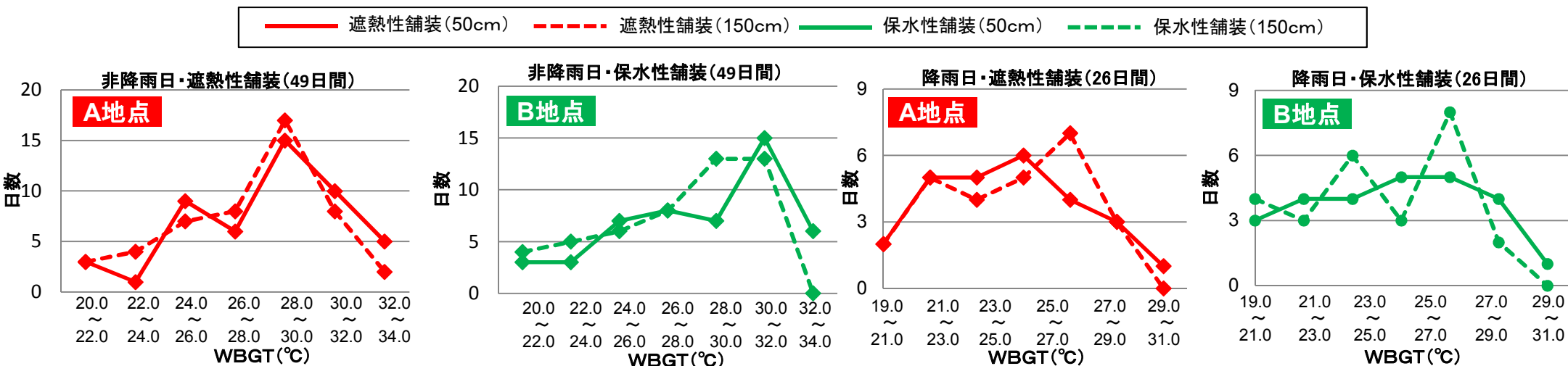
・WBGTを環境舗装(遮熱性・保水性)と密粒舗装とで比較すると、差分の大半が±1°C以内に分布しており、環境舗装と密粒舗装の間に有意な差は見られなかった。

	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



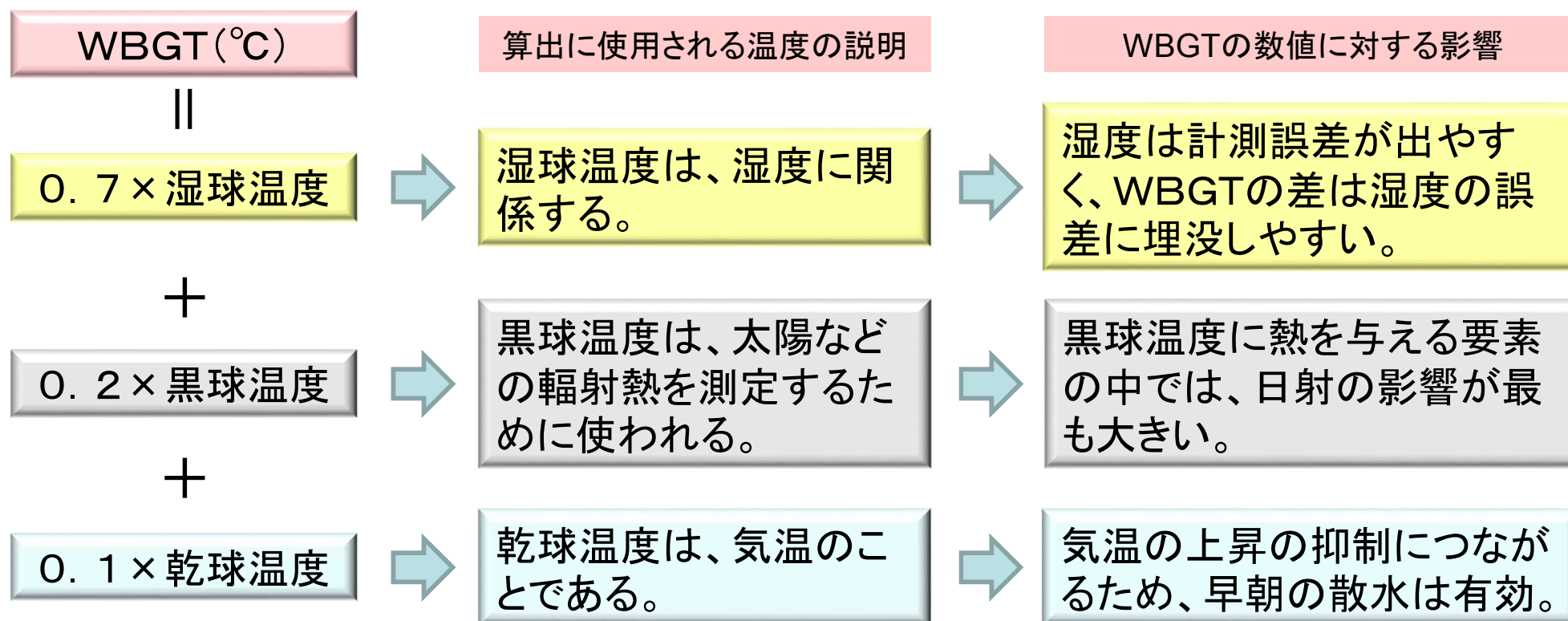
※7月15日~9月27日の各舗装のWBGTの最高温度を比較

舗装の種類ごとのWBGTの差について

舗装の種類ごとのWBGTには有意な差がみられないのは、次の理由が考えられる。

- ・計算式から見て分かるとおり、7割を占める湿球の差が大きく影響する。
- ・湿度は計測誤差が出やすく、複数のロットで湿度を測定する時は、丁寧に補正をしないと、WBGTの差は湿度の誤差に埋もれてしまう。
- ・また、WBGTは、月平均などの長期間の値で 1°C 下がれば効果は大きいと言えるが、瞬間値の 1°C を評価して対策の効果とするのは、あまり意味がない。

【(一財)気象業務支援センター 気象予報士 登内道彦氏へのヒアリングに基づく】



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】

- ・9時散水: 1,5,10mmずつ散水 (H27.7.27)
- ・19時散水: 1,5,10mmずつ散水 (H27.8.5)
- ・14時散水: 1mmずつ散水 (H28.8.5)

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】

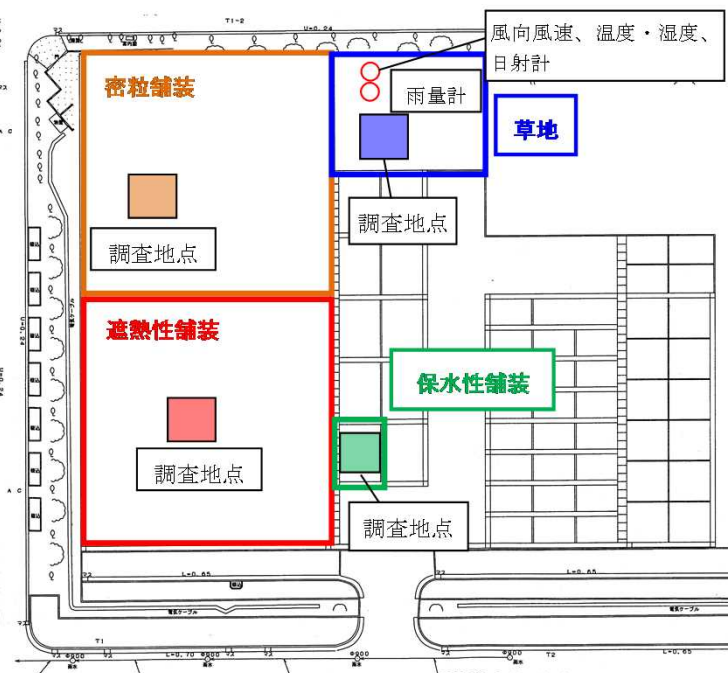
- 1) 滑り抵抗
- 2) 明度



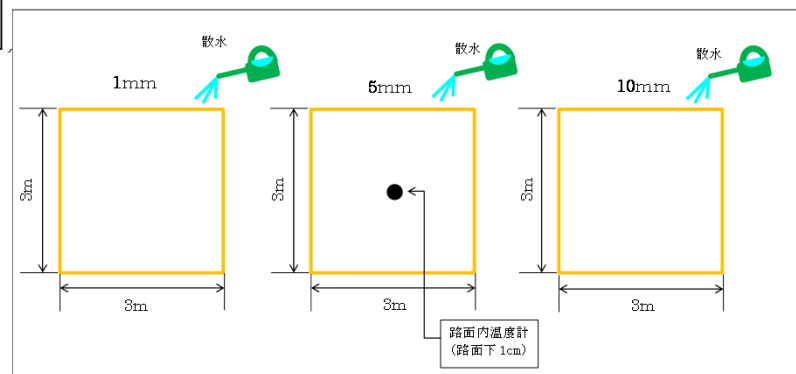
散水イメージ



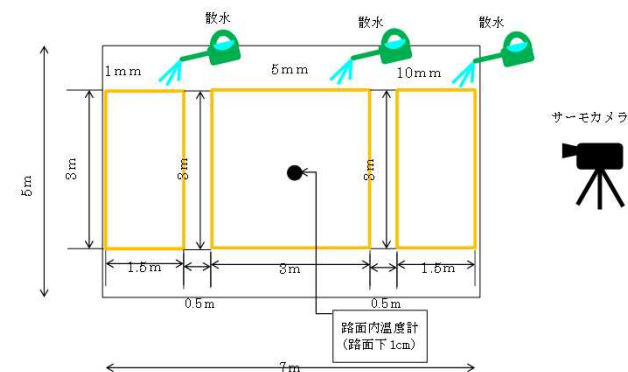
関東技術事務所 試験フィールド



舗装毎 (密粒、遮熱)

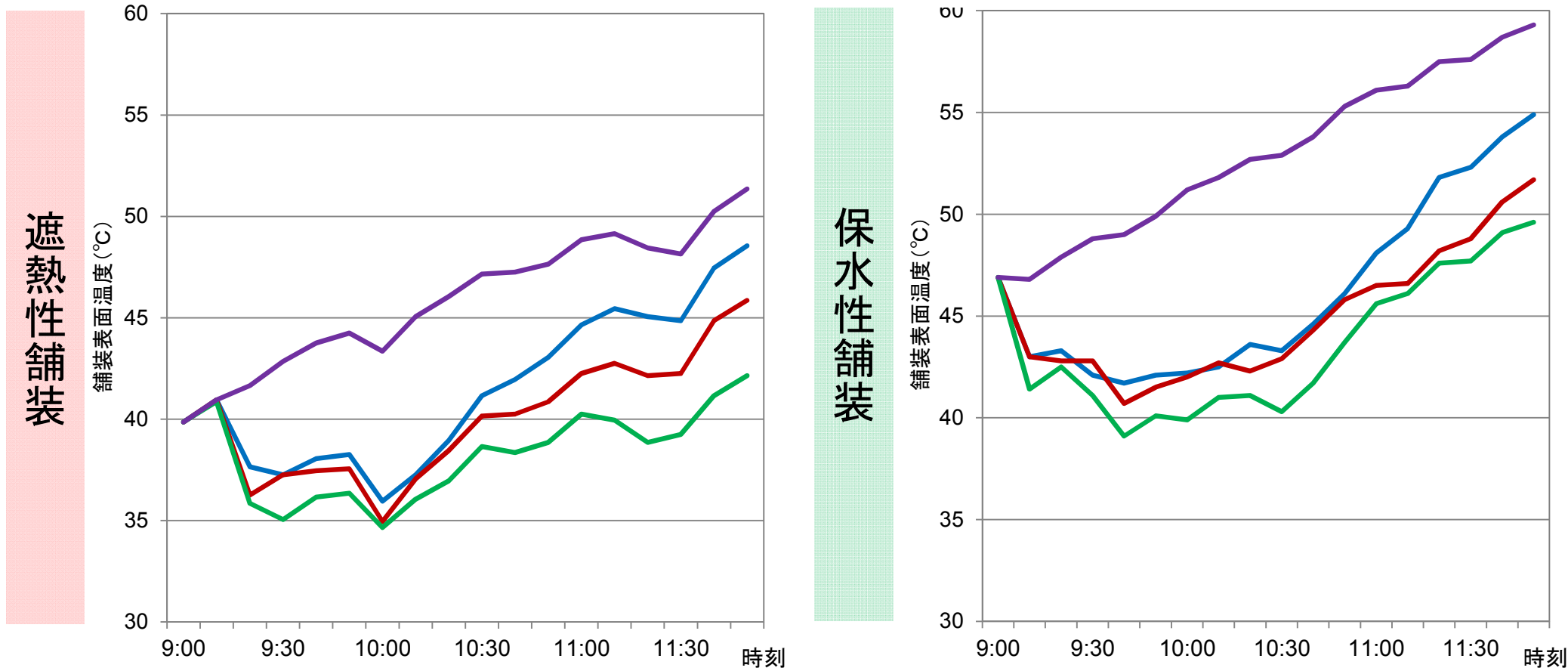


舗装毎 (保水・草地)



- ・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

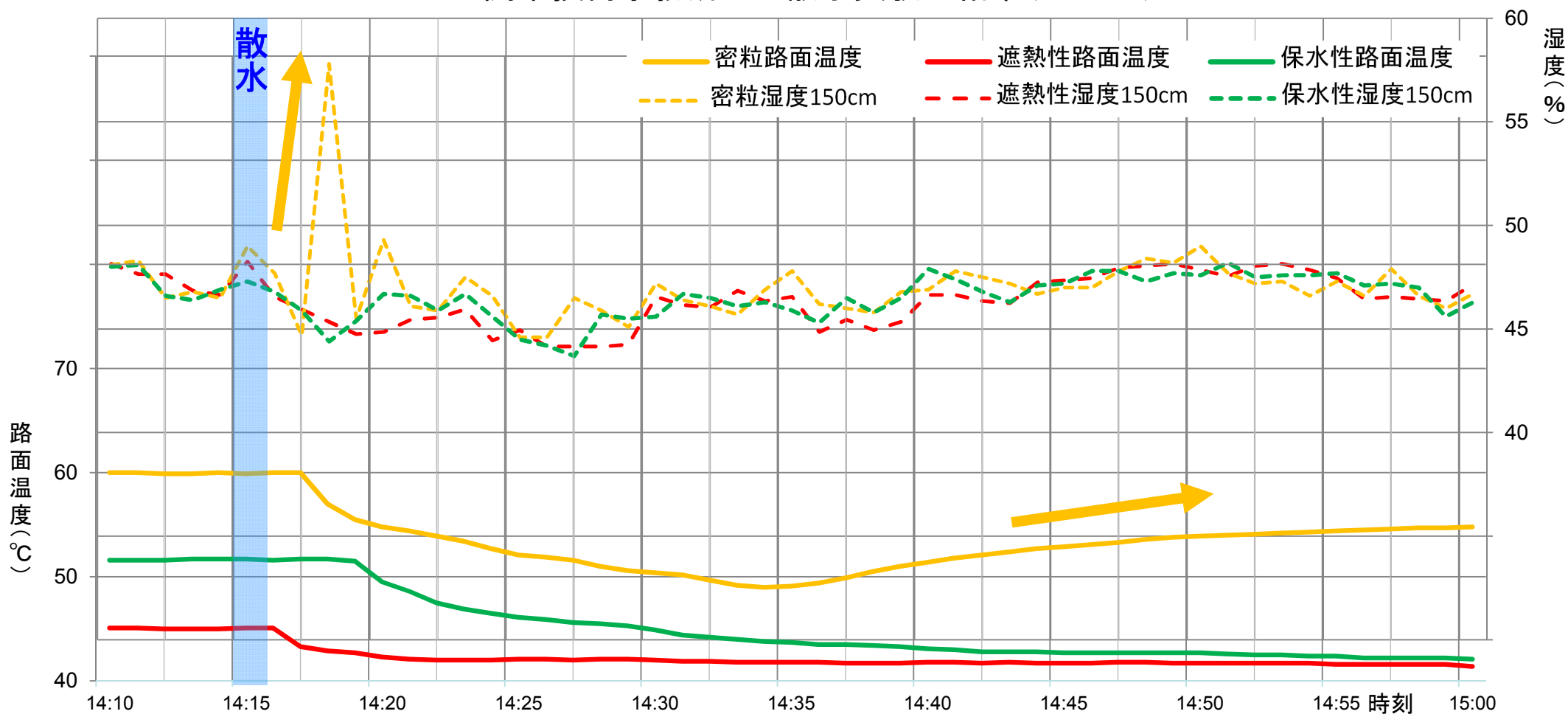


※関東技術事務所試験フィールドでの計測結果(H27.7.27(9時散水))

散水による湿度・路面温度変化

- ・密粒舗装では、散水直後に湿度が一時的に上昇。遮熱性、保水性舗装は湿度への影響は少ない。
- ・密粒舗装では、散水後30分程度で路面温度が上昇。遮熱性、保水性舗装は効果が継続。

関東技術事務所での散水実験の結果(H28.8.5)



現地試走会の概要(実施内容)

平成28年8月31日(水)10:30~13:00(実験実施時間)

- モニター実験 : 各種舗装の違いを体感 (10:30~)
- 試走 : 各種舗装の違いを体感 (11:00~)
- 舗装デモ : 各種舗装の特徴説明 (11:25~)
- 散水 : 第1、第2走行車線に散水 (11:26~)
- 試走 : 散水の効果について体感 (11:35~)
- ぶらさがり取材 : 感想や質疑応答 (11:50~)
- モニター実験 : 散水後の違い等を体感 (11:50~)

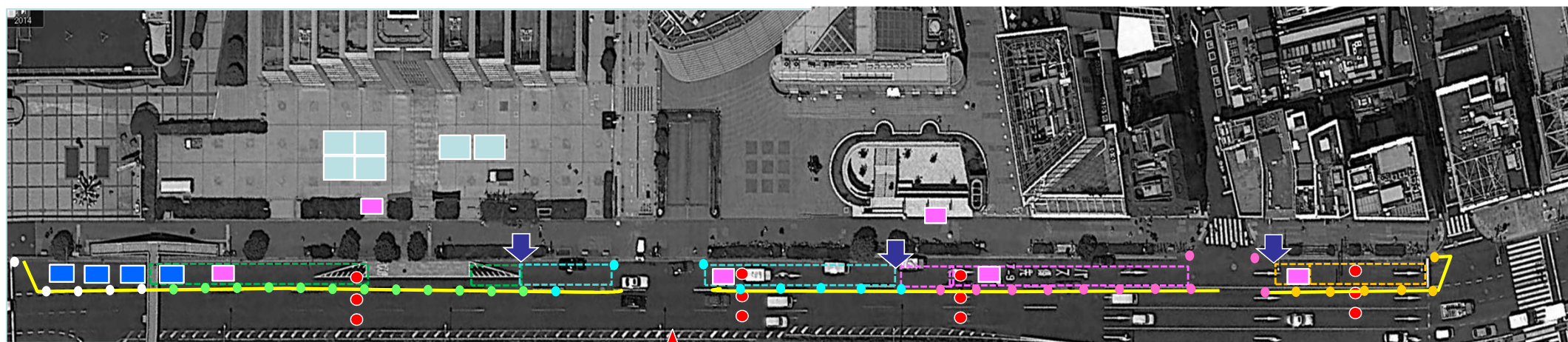
※青字部分は現地試走会の前後で実施

計測機器(常設)

●	路面温度
▲	気象観測

計測機器等(当日設置)

■	暑さ指数
■	散水車
▼	サーモグラフィ



保水性舗装

排水性舗装

遮熱性舗装

密粒舗装

現地試走会の概要(実施の様子と試走者の主な意見)



【主催者挨拶】
田中 良生
国土交通副大臣



【来賓挨拶】
丸川 珠代
東京オリンピック・パラリンピック大臣



【座長挨拶】
屋井 鉄雄
東京工業大学大学院教授



【試走】



【舗装温度の確認】



【舗装デモンストレーション】



【散水】



【報道機関の取材】

試走された方の主な意見

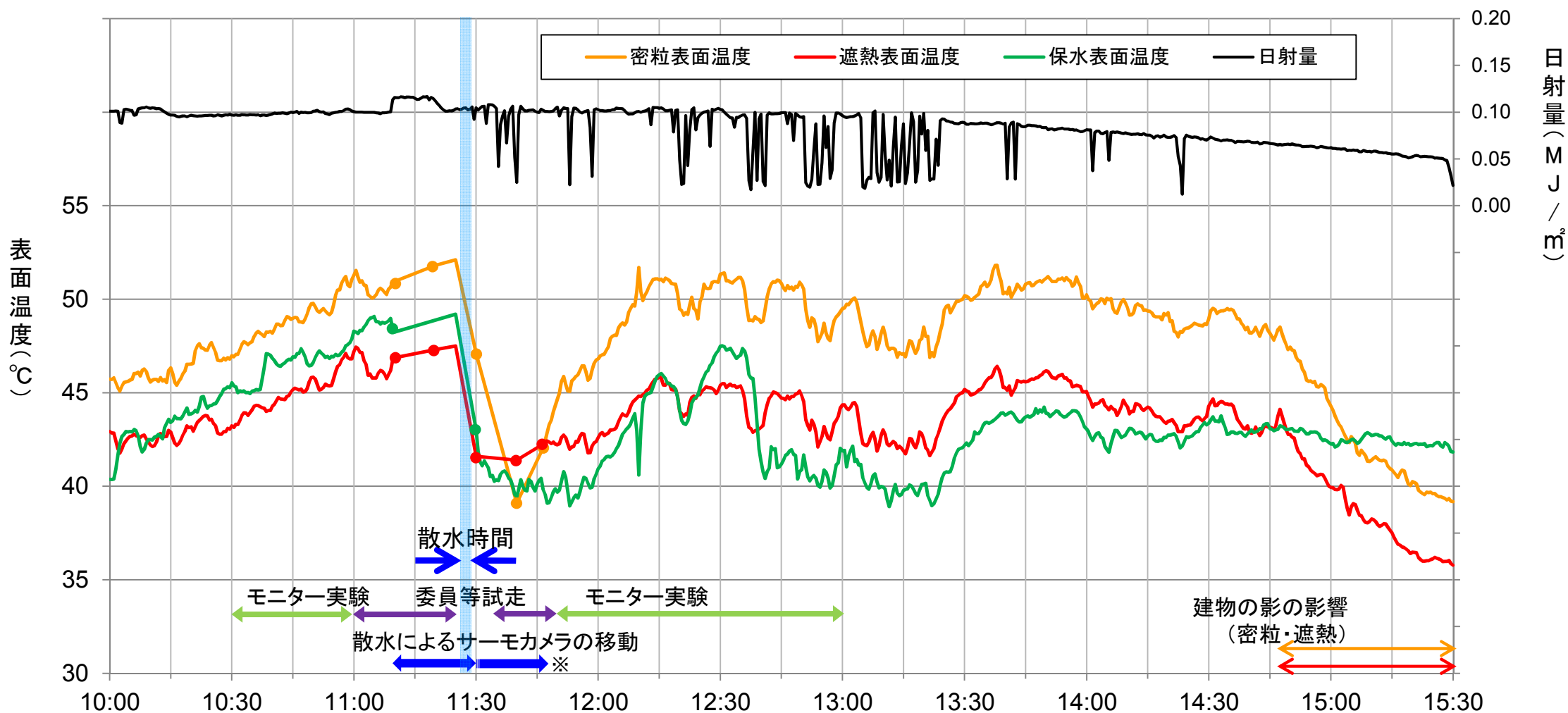
- 遮熱性舗装は、散水しても蒸し暑くない。他の舗装は、湿気が上がってきていた。
- 私たちはタイヤを使って走るのだから心配になるのだが、日本の道路は心配が少ない。バリアフリーや沿道の整備も含めて、車いすやベビーカーも通りやすい道路を世界に広めてほしい。
- 快適な道づくりは、舗装だけで対応できるものではなく、観客にもやさしい道である必要がある。沿道の協力も得て、バリアフリー化、緑化等、行政がトータルで考えて議論を続けてほしい。

現地試走会時における表面温度の推移

舗装種類	観測値（試走会当日報告された速報値）			
	9:00	11:00 (散水約25分前)	11:30 (散水直後)	12:10 (散水約40分後)
密粒舗装	40.5°C	52.0°C	47.1°C	51.7°C
遮熱性舗装	33.8°C	47.2°C	41.6°C	44.8°C
保水性舗装	35.9°C	48.3°C	43.0°C	40.6°C

現地試走会時における表面温度の推移

- ・散水前は、遮熱性舗装の温度低減効果が優れている。
- ・散水後、しばらくすると温度低減効果やその持続性において、保水性舗装が優れていた。



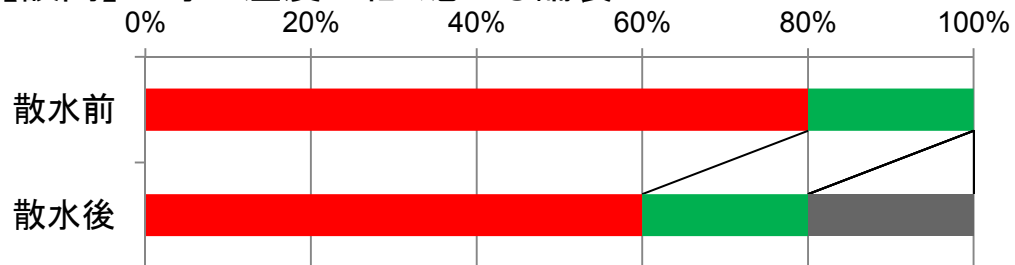
※ 散水によるサーモカメラ移動により、連続観測が欠測。10分毎のサーモカメラデータ(● ● ●)で欠測を補完している。

※ 11:25の数値は、グラフの傾きに合わせ、散水直前の表面温度を推定

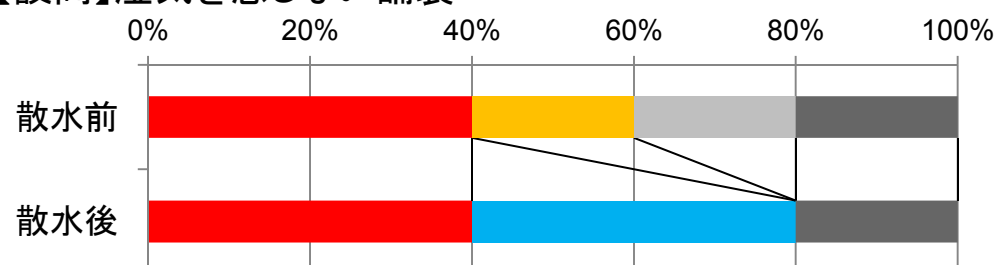
アンケート結果(アスリート)

- ・遮熱性舗装は、温度感、照り返し感、湿度感、滑りにくさについて優れた舗装と評価されたが、眩しさの課題が残った。
- ・散水後は、暑さの感覚について保水性舗装も評価された。

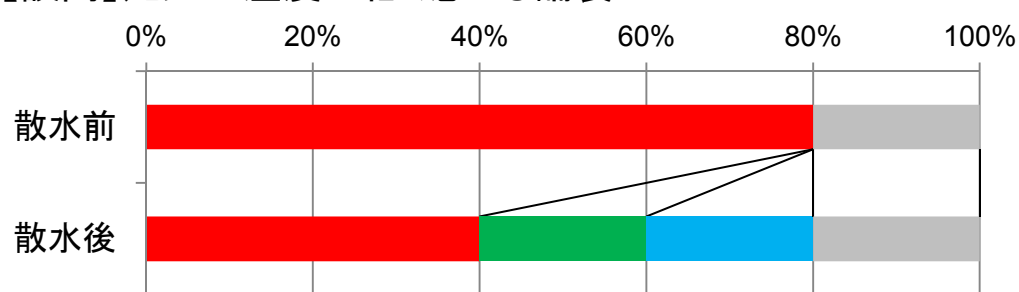
【設問】全身の温度が低く感じる舗装



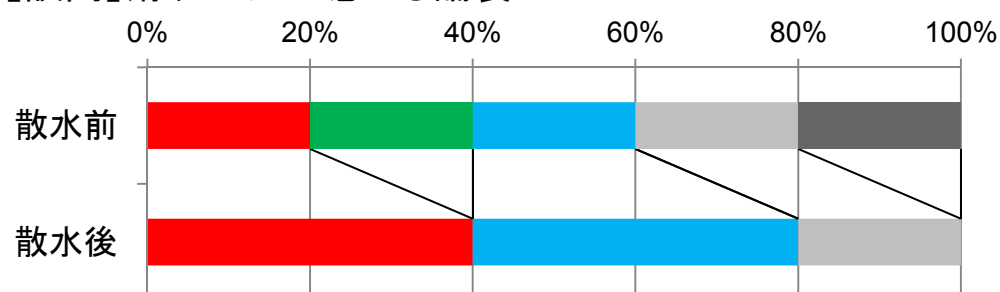
【設問】湿気を感じない舗装



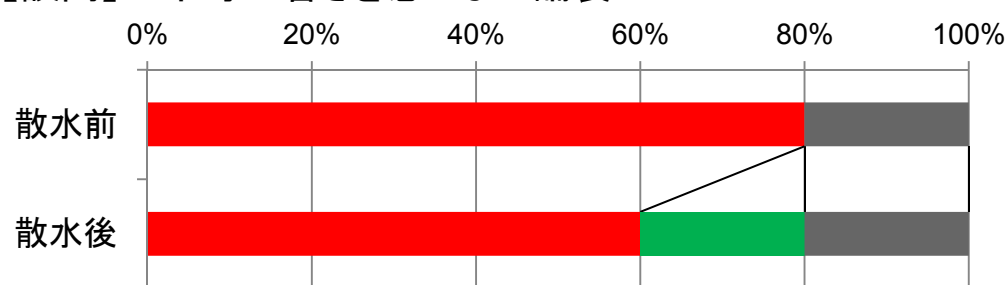
【設問】足元の温度が低く感じる舗装



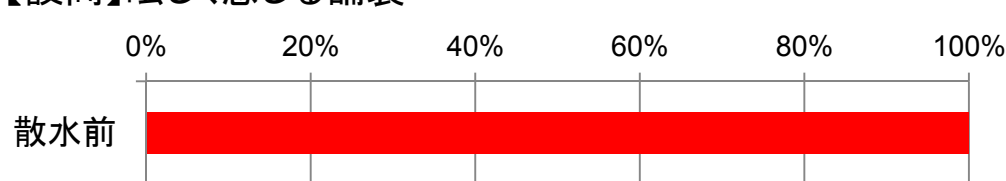
【設問】滑りにくいとを感じる舗装



【設問】上半身に暑さを感じない舗装



【設問】眩しく感じる舗装



凡例: ■ 遮熱 ■ 保水 ■ 排水 ■ 密粒 ■ 同じ ■ 無回答

※ 散水前後に4種類の舗装全てを体感した5名(内2名は車いすモニター)のアスリートモニターの回答を集計

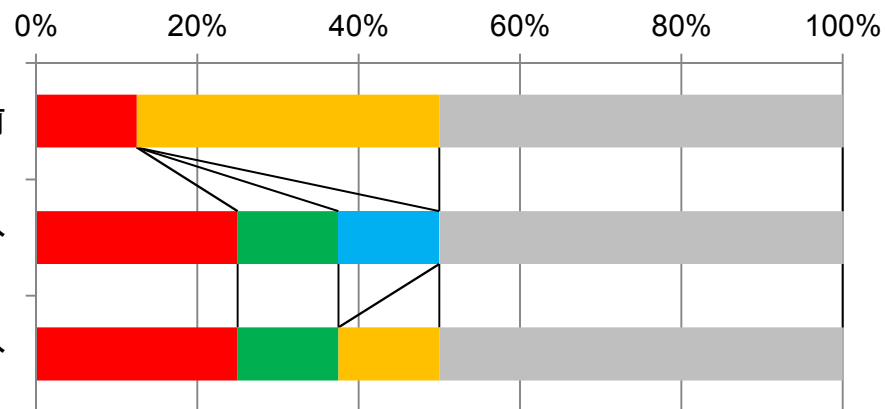
※ 「もっとも眩しく感じる舗装」は、散水前だけの設問

※ 「同じ」とは、舗装間の差を感じないこと

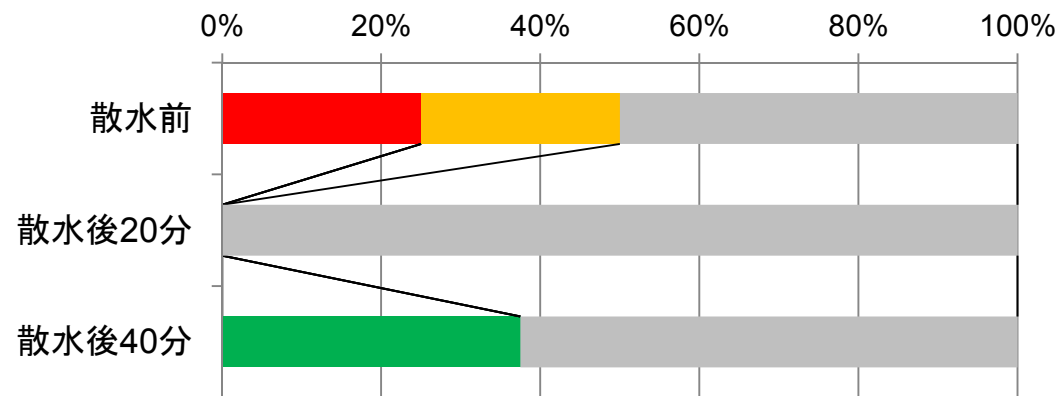
アンケート結果(観客)

・散水後に足元の温度差で保水性舗装、湿気を感じない舗装として遮熱性舗装の評価が高くなったが、全体としてアスリートへのアンケート結果程の差はない。

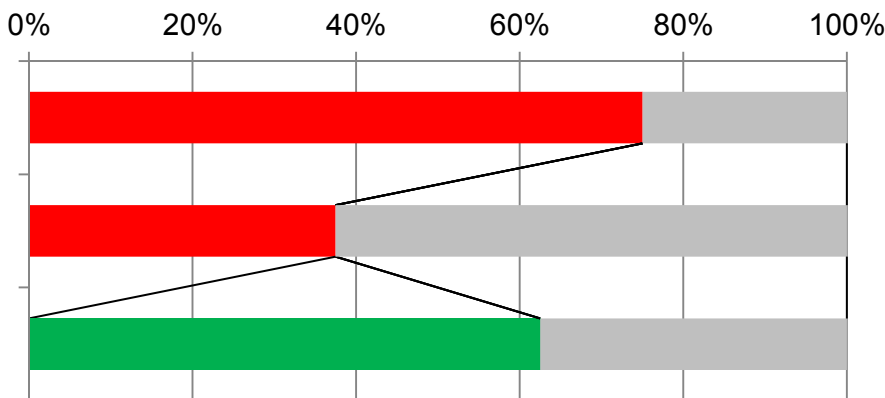
【設問】全身の温度が低く感じる舗装



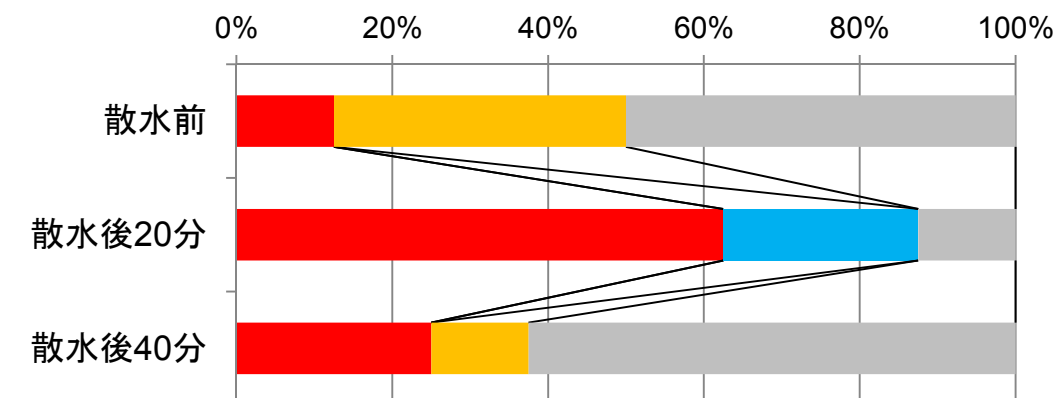
【設問】上半身に暑さを感じない舗装



【設問】足元の温度が低く感じる舗装



【設問】湿気を感じない舗装



■ 遮熱性 ■ 保水性 ■ 排水性 ■ 密粒 ■ 同じ

※ 8名のアンケート結果を集計

※ 散水前は、時間の関係で遮熱性と密粒のみの比較となっている

※ 「同じ」とは、舗装間の差を感じないこと

- 遮熱性舗装は、足の裏から顔にかけての温度感が違い、最も優れていた。
- 遮熱性舗装は、散水しても滑る感覚は無く、水が溜まることもなかった。
- 遮熱性舗装は、車いすをしっかりとグリップした感覚で、安全面でも優れている。
- 遮熱性舗装は、色合いが白っぽく、舗装の黒いところから移ると眩しさを感じた。
- 保水性舗装は、水が溜まると車いすのブレーキが効かず滑った。
- 排水性舗装は、散水後に水蒸気の上昇を感じた。

モニターアンケート(自由回答)

(1) 環境舗装について感じたこと

モニター	回答
車いす(1)	・遮熱性舗装は、比較的涼しく走れた。
車いす(1)	・遮熱性舗装は、暑さを感じた。
ランナー(3)	・遮熱性舗装は、地面からの熱を感じず総合的に走り易かった。
ランナー(1)	・遮熱性舗装は、路面が乾いた時にべたべたした感じがした。
ランナー(1)	・保水性舗装は、着地・接地の感覚が良い。
ランナー、観客(2)	・遮熱性舗装は、日が差すと照り返しが強くまぶしかった。
観客(1)	・湿度を感じる舗装は、路面の暑さより不快だった。
観客(1)	・風の有無等で、快適性の評価が難しかった。

(2) 散水の効果について感じたこと

モニター	回答
車いす(1)	・保水性舗装以外は、散水後も下からの照り返しが少なく、すぐ乾いて良い。
ランナー(1)	・遮熱性舗装は、熱気が薄れて、体感する風もより涼しく感じた。
ランナー(1)	・散水することで、体感温度の上昇の抑制や精神的に涼しく感じる効果がある。
ランナー(1)	・散水後の道路は、割と滑りにくく涼しく走りやすかった。
ランナー(1)	・遮熱性、保水性舗装は、散水前後の影響が少なく、一定の安定感がある。
ランナー(1)	・遮熱性舗装は、散水前後があまり変わらなかった。
ランナー(1)	・環境舗装は、散水前は快適だったが、散水後は密粒に比べて照り返しが強く、あまり涼しさを感じられなかった。
ランナー(1)	・密粒舗装は水が残り、排水性舗装は蒸した感じや匂いが不快だった。
ランナー(1)	・保水性舗装は、散水後の路面の水溜りが気になった。
ランナー、観客(2)	・保水性舗装は、散水直後に湿度や臭いを感じた。保水効果は感じたが、不快だった。
観客(5)	・散水前と比べ、散水後は全体的に路面の温度が下がり涼しくなった。
観客(1)	・散水による効果は、特に足元に出ていると感じた。

(3) アスリート・観客にやさしい道づくりのために必要なこと

モニター	回答
車いす、ランナー(2)	・凹凸や穴などのない道が必要である。
ランナー(1)	・日差しによって体感は変わるように思ったので、目に優しい方が良い。
ランナー(1)	・環境的(暑さ、寒さなど)にも、身体的(舗装の固さなど)にも配慮されていると、とても良い。
ランナー(2)、観客(3)	・植物による日陰を増やして直射日光を減らすと良い。景観的にも良い。
観客(1)	・暑さよりも湿度を抑えられると不快さは減る。日本の湿度の高さは、どの国の人でも不快だと思う。
観客(1)	・観客が密集するところでは、舗装よりミストがあると、散水同様の効果がある。

※ ()内は同趣旨の回答数

樹冠幅5mのケヤキと樹冠幅3mのケヤキが連続する区間において、温度等を計測することにより、街路樹の樹冠拡大の効果を検証した。

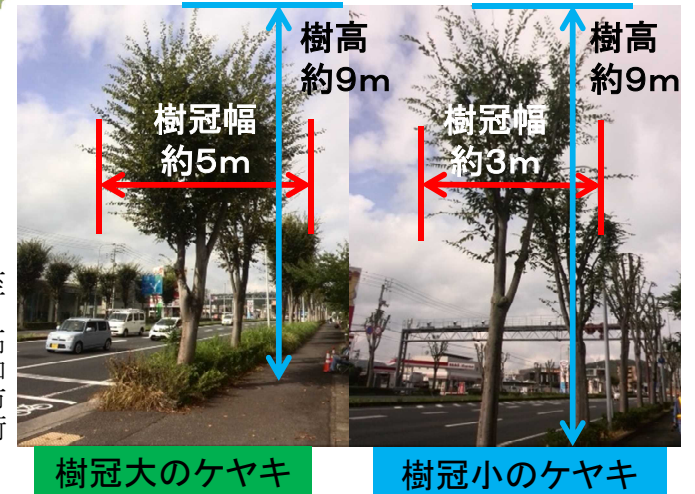
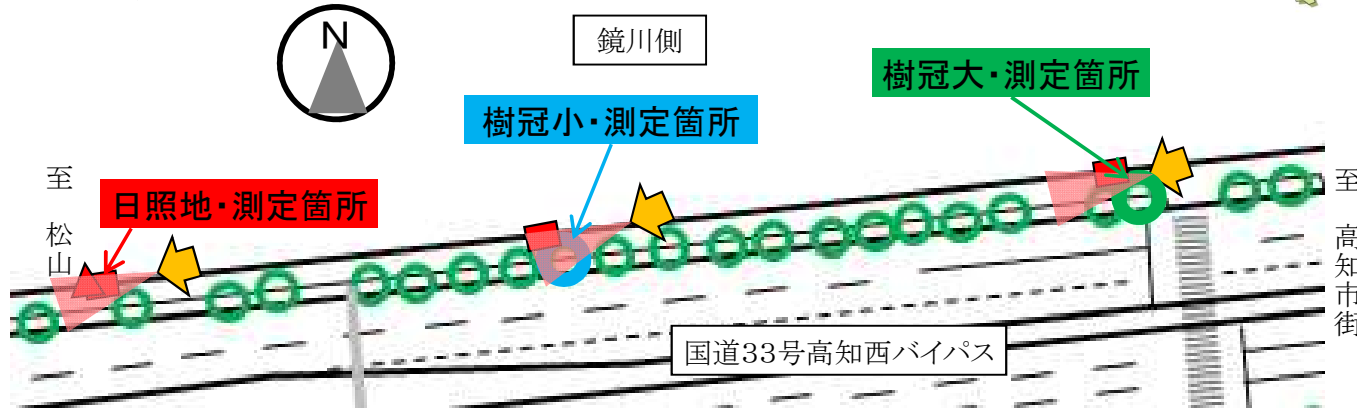
計測項目 (平成28年9月17日8:00~13:30に実施)

- | | |
|---------|------------------------|
| 1) 暑さ指数 | 黒球温度、温湿度 (地上0.5m・1.5m) |
| 2) 表面温度 | サーモカメラ (固定計測, 移動計測) |
| 3) 気象状況 | 日射量、気温・湿度、風向・風力 等 |

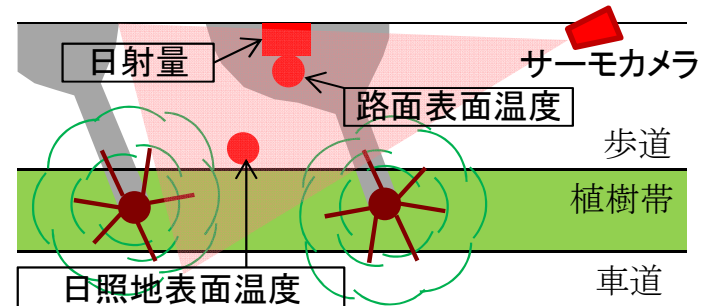


国道33号
高知市鴨部
高町付近

※前夜降雨



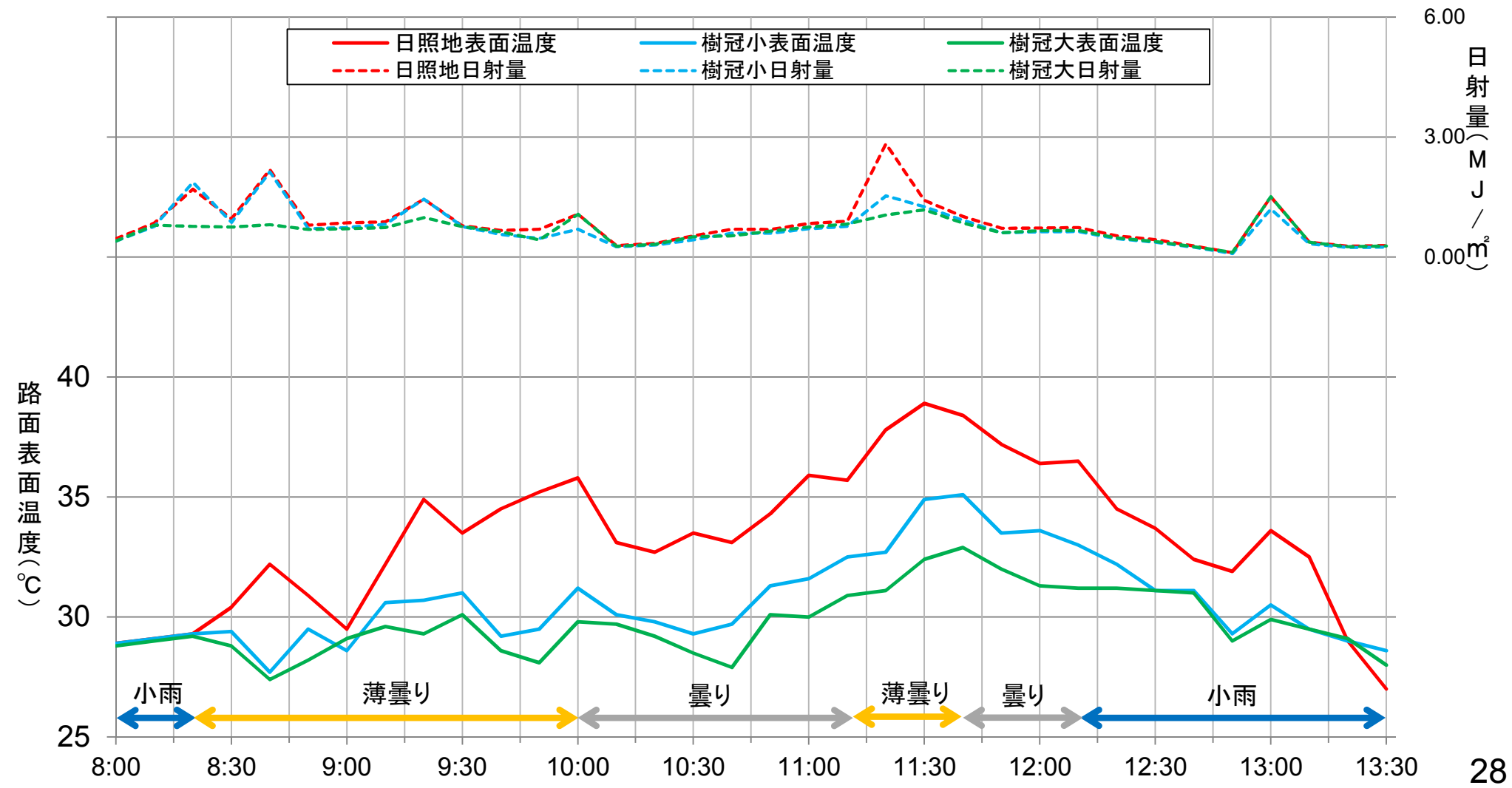
- : ケヤキ
- ▲ : 気象観測
- : 日射量
- ▼ : サーモグラフィ



計測位置の模式図

道路緑化の効果(樹冠拡大による効果の検証(日射量・表面温度))

- ・曇天のため日射量が少なく、日照地と樹冠下との差が現れる時間帯は限られたが、樹冠の下では薄曇りの中でも日射が遮られ、歩道の表面温度が抑制された。
- ・樹冠を拡大し、枝葉の密度を高く維持すれば、強剪定を施した街路樹に比較して、日影の広さや時間が拡大するため、より効果が高くなると考えられる。

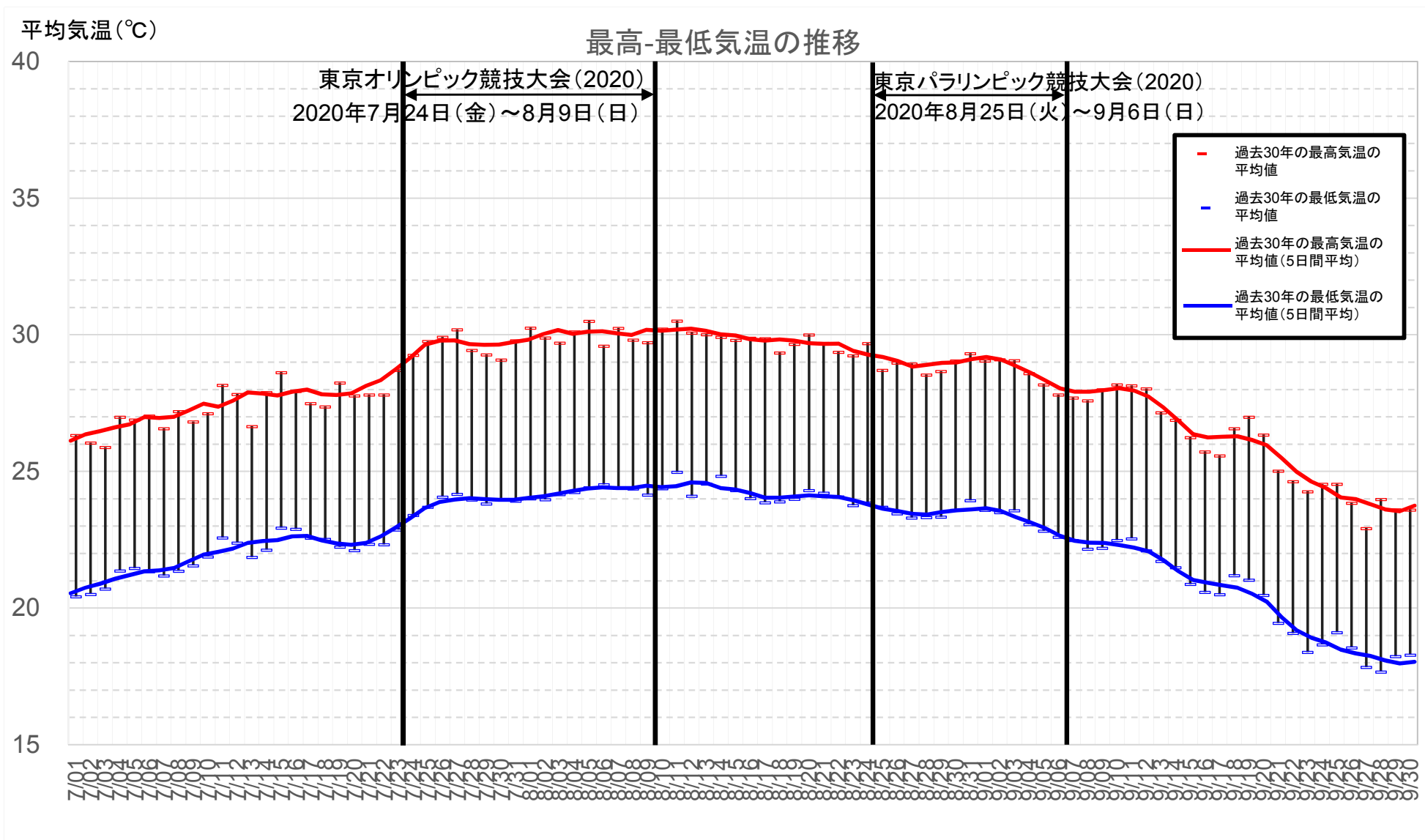


道路緑化の効果(樹冠拡大による効果の検証(サーモグラフィ))

	日影の状況 (11:20)	8:40 薄日が当たり出す が差は見られない	9:40 日照地と樹冠大の 差が拡大	11:30 日照地の表面温度 が最大	12:10 降雨の直前で温度 の上がり始め
日照地		日照地32.7℃	日照地34.5℃	日照地38.9℃	日照地36.5℃
樹冠小		日影29.7℃ 日照地33.0℃	日影29.2℃ 日照地30.6℃	日影34.9℃ 日照地37.0℃	日影33.0℃ 日照地34.3℃
樹冠大		日影29.2℃ 日照地33.0℃	日影28.6℃ 日照地31.3℃	日影32.4℃ 日照地37.4℃	日影31.2℃ 日照地34.0℃

東京の気温について(日別最低最高気温)

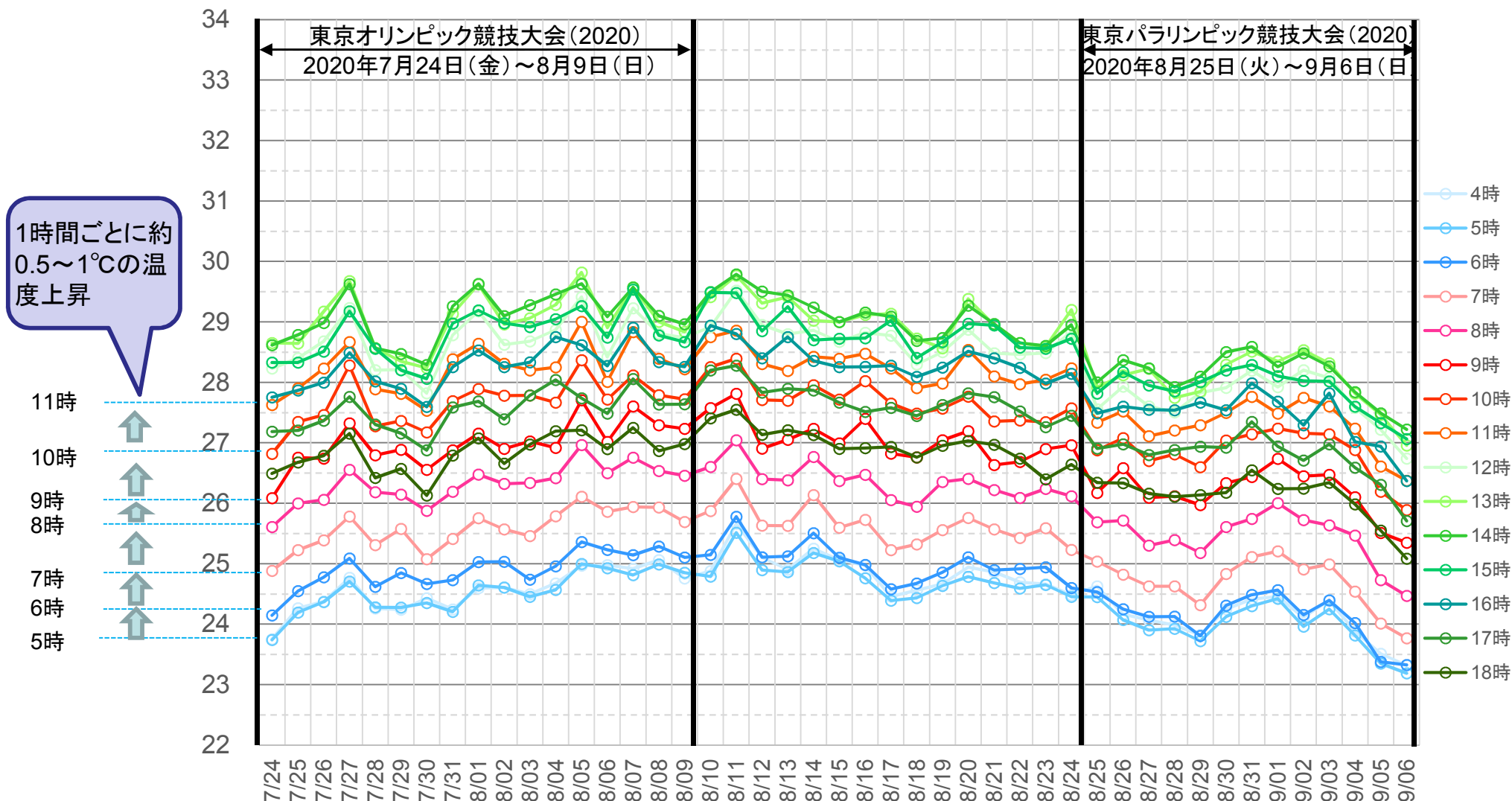
・過去30年の夏の日別の最低気温・最高気温を見ると、オリンピック期間中は最高気温が高い時期が続く傾向にある。



東京の気温について(時間ごとの気温変化)

・オリンピック開催予定期間について、過去30年の時間ごとの東京の気温変化を見ると、午前中では1時間ごとに約0.5~1℃の温度上昇

時間帯別気温の平均値(過去30年)



※出典: 気象庁データより作成

※過去30年間: 1986年~2015年の平均