

令和元年度  
公園西駅周辺地区環境配慮効果測定調査業務委託  
調査結果報告書

令和元年 10 月

長 久 手 市

## 目 次

|     |                        |    |
|-----|------------------------|----|
| 1   | 業務概要                   | 1  |
| 1-1 | 業務目的                   | 1  |
| 1-2 | 業務概要                   | 1  |
| 1-3 | 業務内容                   | 1  |
| 1-4 | 遮熱性舗装について              | 2  |
|     | (1) 遮熱性舗装とは            | 2  |
|     | (2) 調査対象の舗装について        | 3  |
| 2   | 調査内容                   | 4  |
| 2-1 | 調査項目及び調査条件             | 4  |
| 2-2 | 調査位置                   | 5  |
| 2-3 | 調査実施日                  | 10 |
| 2-4 | 各種測定内容と使用測定機器          | 11 |
|     | (1) 温度測定               | 11 |
|     | (2) 日射量測定              | 12 |
|     | (3) 風速測定               | 14 |
|     | (4) 暑さ指数(WGBT)測定       | 14 |
| 3   | 調査結果                   | 16 |
| 3-1 | 舗装の違いによる変化             | 16 |
|     | (1) 路面温度               | 16 |
|     | (2) 日射量                | 18 |
|     | (3) 気温、暑さ指数(WGBT)      | 20 |
| 3-2 | 測定高さの違いによる変化           | 22 |
|     | (1) 気温、暑さ指数(WGBT)、湿度   | 22 |
| 4   | 考察及び今後の調査提案            | 25 |
| 4-1 | 調査結果一覧                 | 25 |
| 4-2 | 遮熱性舗装の夜間における効果検証       | 26 |
|     | (1) 夜間測定の目的の明確化        | 26 |
|     | (2) 効果検証               | 27 |
| 4-3 | 遮熱性舗装の総合的な効果検証         | 29 |
|     | (1) 前年度調査(昼間測定)の効果検証結果 | 29 |
|     | (2) 総合的な効果検証           | 31 |
| 4-4 | 考察及び今後の調査提案            | 36 |
|     | (1) 文献調査及び考察           | 36 |

※資料

資料１：遮熱性舗装の製品資料

資料２：調査箇所別測定結果

資料３：遮熱性舗装の効果検証に関する調査・研究事例

資料４：遮熱性舗装の効果検証に関する最新動向

資料５：まちなか暑さ対策ガイドライン 改訂版

# 1 業務概要

## 1-1 業務目的

本調査は、「名古屋都市計画事業公園西駅周辺土地地区画整理事業」地内で整備された道路等の、遮熱性舗装（車道）及び遮熱保水性平板ブロック舗装（歩道）の施工効果を複数年にわたり測定し、その結果から環境配慮施策の定量的な検証を行うことを目的とする。

## 1-2 業務概要

業務名 令和元年度公園西駅周辺地区環境配慮効果測定調査業務委託  
業務場所 （都）公園西駅南通り線外  
工期 自：令和01年6月21日 至：令和01年10月31日  
発注者 長久手市 建設部 区画整理課  
受注者 昭和株式会社 名古屋支社

## 1-3 業務内容

### （1）計測業務

歩道部（2地点）及び車道部（1地点）において、各地点2箇所を選定し、一般舗装部と遮熱性舗装の比較を行う。

- ・温度測定
- ・日射量測定
- ・風速測定
- ・暑さ指数（WBGT）測定

各調査項目及び調査条件について、以下の表にまとめる。

| 対 象    |              |                                                                                                                                                                                          | 歩 道 |                                           |       |      | 車 道                                                                                                                                                                                      |                                           |       |      |
|--------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------|-------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|------|
| 効果検証項目 | 項目           | 測定位置                                                                                                                                                                                     | 実施  | 計測機材等                                     | 計測頻度  | 機材台数 | 実施                                                                                                                                                                                       | 計測機材等                                     | 計測頻度  | 機材台数 |
|        | 温度測定         | 舗装面                                                                                                                                                                                      | ◎   | 赤外線サーモグラフィで代用（一般部と施工部の境目も撮影）              | 30 分毎 | 1    | ◎                                                                                                                                                                                        | 赤外線サーモグラフィで代用（一般部と施工部の境目も撮影）              | 30 分毎 | 1    |
|        |              | 舗装より50cm程度上方                                                                                                                                                                             | ◎   | WBGT計測器で代用                                | 30 分毎 | 2    | ◎                                                                                                                                                                                        | WBGT計測器で代用                                | 30 分毎 | 2    |
|        |              | 舗装より100cm程度上方                                                                                                                                                                            | ◎   | WBGT計測器で代用                                | 30 分毎 | 2    | ◎                                                                                                                                                                                        | WBGT計測器で代用                                | 30 分毎 | 2    |
|        |              | 舗装より150cm程度上方                                                                                                                                                                            | ◎   | WBGT計測器で代用                                | 30 分毎 | 2    | ◎                                                                                                                                                                                        | WBGT計測器で代用                                | 30 分毎 | 2    |
|        | 日射量          | 全天                                                                                                                                                                                       | ○   | アルベドメーターにて計測（日没・日出前後のみ計測）                 | 30 分毎 | 2    | ○                                                                                                                                                                                        | アルベドメーターにて計測（日没・日出前後のみ計測）                 | 30 分毎 | 2    |
|        |              | 反射率                                                                                                                                                                                      | ○   | アルベドメーターにて計測（日没・日出前後のみ計測）                 | 30 分毎 | 2    | ○                                                                                                                                                                                        | アルベドメーターにて計測（日没・日出前後のみ計測）                 | 30 分毎 | 2    |
|        | 風向、風速測定      | 風向                                                                                                                                                                                       | —   | 計測しない                                     | —     | —    | —                                                                                                                                                                                        | 計測しない                                     | —     | —    |
|        |              | 風速                                                                                                                                                                                       | ○   | 風速計で計測                                    | 30 分毎 | 1    | ○                                                                                                                                                                                        | 風速計で計測                                    | 30 分毎 | 1    |
|        | 暑さ指数（WBGT）測定 | —                                                                                                                                                                                        | ◎   | WBGT計測器で計測（湿度（湿球温度）、気温（乾球温度）、輻射熱（グローブ温度）） | 30 分毎 | —    | ◎                                                                                                                                                                                        | WBGT計測器で計測（湿度（湿球温度）、気温（乾球温度）、輻射熱（グローブ温度）） | 30 分毎 | —    |
| 計測条件   | 時 期          | 夏季（7月～8月）                                                                                                                                                                                |     |                                           |       |      | 夏季（7月～8月）                                                                                                                                                                                |                                           |       |      |
|        | 時 間          | PM5:00～翌AM7:00（14h）                                                                                                                                                                      |     |                                           |       |      | PM5:00～翌AM7:00（14h）                                                                                                                                                                      |                                           |       |      |
|        | 日 数          | 2 日間（1地点／1日）                                                                                                                                                                             |     |                                           |       |      | 1 日間（1地点／1日）                                                                                                                                                                             |                                           |       |      |
|        | 箇 所          | 【地区北側1地点、南側1地点】（H30年度調査箇所）<br>1地点2か所：歩道部の一般舗装部と遮熱性保水性舗装施工箇所の比較（上記の2か所が隣り合っている箇所を選ぶ）                                                                                                      |     |                                           |       |      | 【地区北側1地点】（H30年度調査箇所）<br>1地点2か所：車道部の一般舗装部と遮熱性舗装施工箇所の比較（上記の2か所が隣り合っている箇所を選ぶ）                                                                                                               |                                           |       |      |
|        | 検証項目         | 一般部舗装と施工箇所において<br>①温度測定（路面、路面から50cm、100cm、150cm上方の4点）<br>②暑さ指数（WBGT）測定（路面から50cm、100cm、150cm上方の3点）<br>③アルベド値（路面から1.0m程度上方）<br>④参考値として風速<br>⑤一般部と施工部において、調査員を赤外線サーモグラフィで撮影し、人への影響度合いを観察する。 |     |                                           |       |      | 一般部舗装と施工箇所において<br>①温度測定（路面、路面から50cm、100cm、150cm上方の4点）<br>②暑さ指数（WBGT）測定（路面から50cm、100cm、150cm上方の3点）<br>③アルベド値（路面から1.0m程度上方）<br>④参考値として風速<br>⑤一般部と施工部において、調査員を赤外線サーモグラフィで撮影し、人への影響度合いを観察する。 |                                           |       |      |

### （2）検証報告

調査結果を整理し、平成30年度の調査業務の結果を踏まえて、遮熱性舗装における温度の低減効果を検証する。



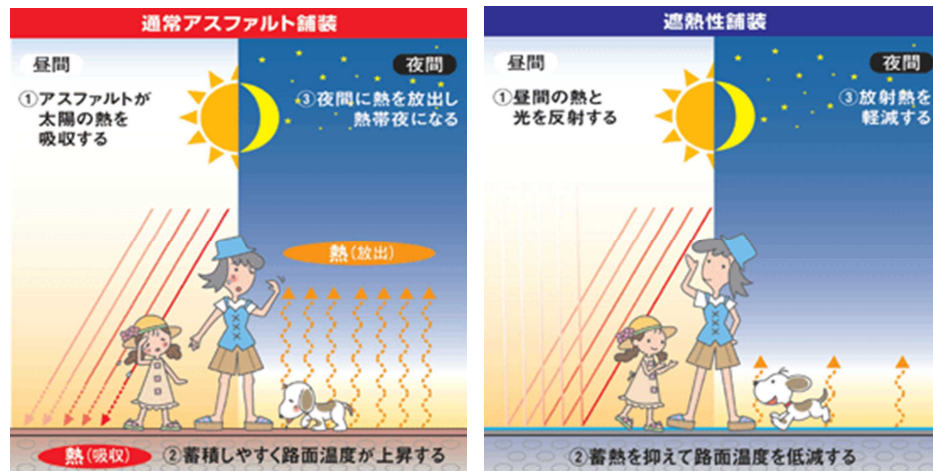
## 1-4 遮熱性舗装について

### (1) 遮熱性舗装とは

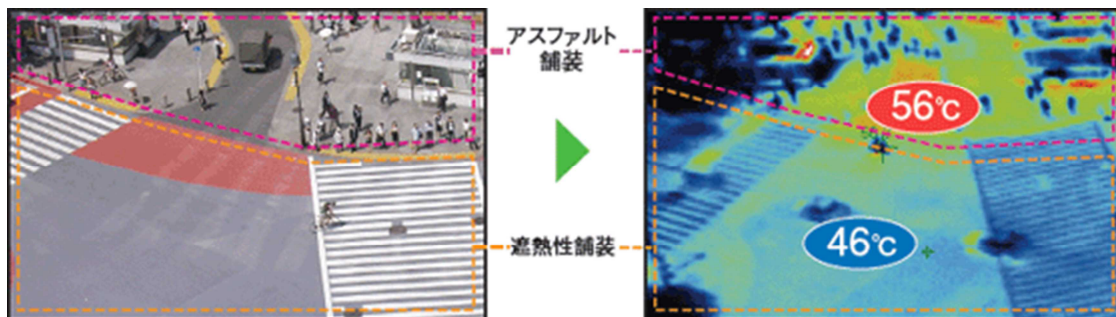
遮熱性舗装とは、日射エネルギー量の約半分を占める近赤外線を高反射して、舗装路面の温度上昇を抑制する舗装である。

一般の舗装よりも表面温度の上昇を抑制できるため、歩行者空間や沿道の熱環境の改善、ヒートアイランド現象の緩和が期待されている。

・遮熱性舗装による熱環境の改善効果(路面温度上昇抑制舗装研究会 HP より)

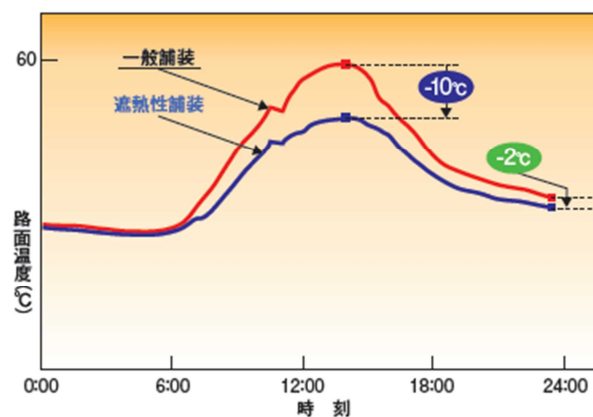


・赤外線カメラによるサーモグラフィ画像(路面温度上昇抑制舗装研究会 HP より)



・遮熱性舗装の機能(路面温度上昇抑制舗装研究会 HP より)

路面温度測定例から、一般の舗装に比べて遮熱性舗装のほうが、路面温度が低いことが分かる。



・遮熱性舗装の特徴(路面温度上昇抑制舗装研究会 HP より)

①高温化・蓄熱の低減

太陽光の熱の吸収を抑制して路面温度を低減し、舗装体への蓄熱量を低減する。

②道路環境・熱帯夜の改善

路面温度の上昇を抑制して、夏期の道路の熱環境（歩行環境を含む）の改善および熱帯夜の解消が期待できる。

③低騒音・排水機能と温度抑制機能を両立

ポーラスアスファルト舗装に適用した場合、舗装が本来持つ機能（透水性や低騒音性等）を活かしつつ、路面温度の上昇抑制機能を付加できる。

④維持管理が容易

舗装表面の遮熱材料が日射の熱吸収を防ぐため、路面温度上昇抑制効果を発揮させるための維持管理が容易である。

⑤舗装の耐久性向上

路面温度が低くなることにより耐流動性などの舗装の耐久性向上が期待できる。

⑥様々な色の設定が可能

遮熱材料を選定することにより、通常のアスファルト舗装に近似した濃灰色や、コンクリート舗装の灰色、その他視認性や景観などのニーズに応じたカラー化が可能である。

(2) 調査対象の舗装について

本調査の対象となる遮熱性舗装は、公園西駅付近の車道に整備されている「遮熱性舗装」と、歩道に整備されている「遮熱保水性平板ブロック舗装」の2種類の遮熱性舗装が対象となる。各舗装の特徴を以下にまとめる。

・遮熱性舗装（車道部）

遮熱性舗装は、新設・既設を問わず、一般舗装に遮熱性材料を塗ることで適用可能である。

塗布工法に用いる遮熱性材料には、一般的な【2液硬化型樹脂系】と、主に歩行者系舗装を対象にした【エマルジョン型樹脂系】がある。

本調査対象の車道部に行われている工法は、【2液硬化型樹脂散布工法】にて整備されたものである。

(遮熱性舗装工法に関する資料は、「資料1：遮熱性舗装の製品資料」を参照)

・遮熱保水性平板ブロック舗装（歩道部）

保水性舗装は、舗装内に保水された水分が蒸発し、気化潜熱を奪うことにより、路面温度の上昇抑制を行う舗装である。

本調査対象の歩道部は、遮熱保水性ブロックにて整備されたものである。

(遮熱性材料に関する資料は、「資料1：遮熱性舗装の製品資料」を参照)

## 2 調査内容

### 2-1 調査項目及び調査条件

調査項目及び調査条件を以下の表にまとめる。

| 調査項目   | 測定位置                               | 計測頻度              |
|--------|------------------------------------|-------------------|
| 温度測定   | 舗装（地表）面、地表面から50cm、100cm、150cm上方の4点 | 30分毎<br>（歩道部、車道部） |
| 日射量測定  | 地表面から100cm程度上方                     |                   |
| 風速測定   | 地表面から150cm程度上方（参考値として取得）           |                   |
| 暑さ指数測定 | 地表面から50cm、100cm、150cm上方の3点         |                   |

| 調査条件 | 歩 道                                                                   | 車 道                                                             |
|------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 調査時期 | 夏季(7月～8月)                                                             | 夏季(7月～8月)                                                       |
| 時間   | PM5:00～AM7:00                                                         | PM5:00～AM7:00                                                   |
| 調査日数 | 2日間(1地点/1日)                                                           | 1日間(1地点/1日)                                                     |
| 調査箇所 | 【地区北側1地点、南側1地点】<br>1地点2か所：歩道部の一般舗装部と遮熱舗装部の比較<br>(一般舗装部と遮熱舗装部の境界地点を選定) | 【地区北側1地点】<br>1地点2か所：車道部の一般舗装部と遮熱舗装部の比較<br>(一般舗装部と遮熱舗装部の境界地点を選定) |

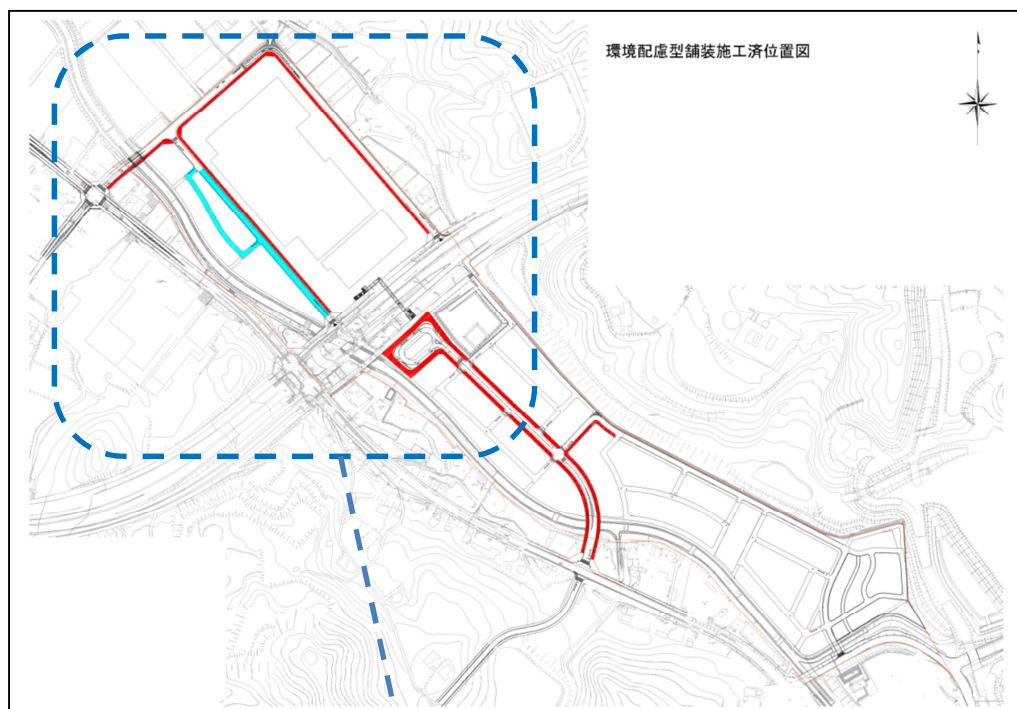
調査項目は、前年度調査と同じ項目で実施した。

調査条件は、「測定時刻」が前年度調査と異なり、前年度調査が昼間測定（AM7:00～PM7:00）、今年度調査が夜間測定（PM5:00～AM7:00）で調査を実施している。「測定時刻」以外の調査条件は、前年度調査と同じ条件で調査を実施した。

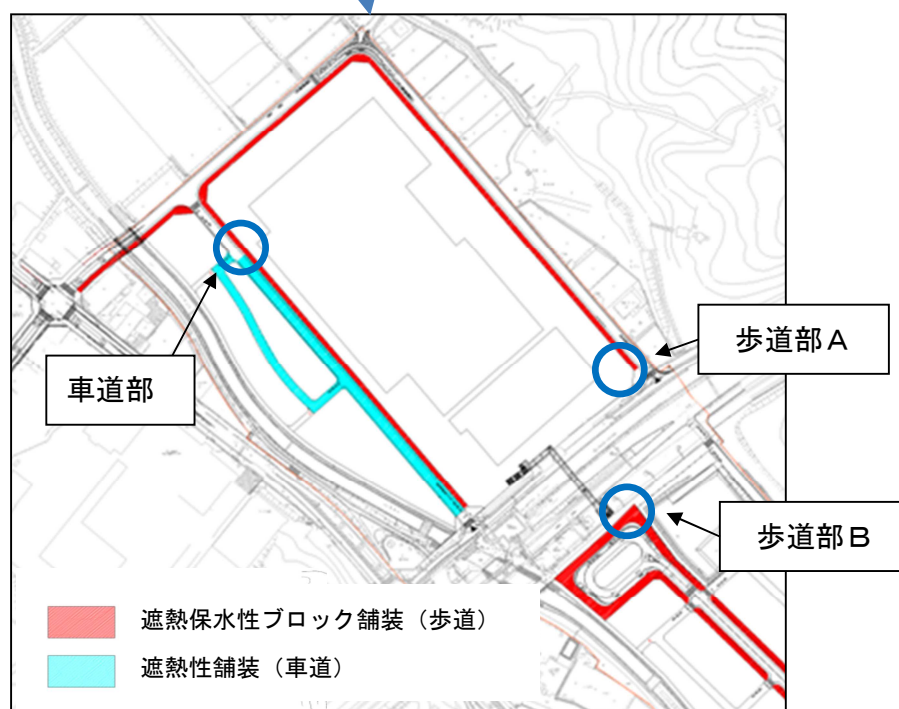
## 2-2 調査位置

調査位置は、前年度調査と同じ位置にて調査を実施している。  
具体的な調査位置について、以下にまとめる。

【環境配慮型舗装施行済位置図】



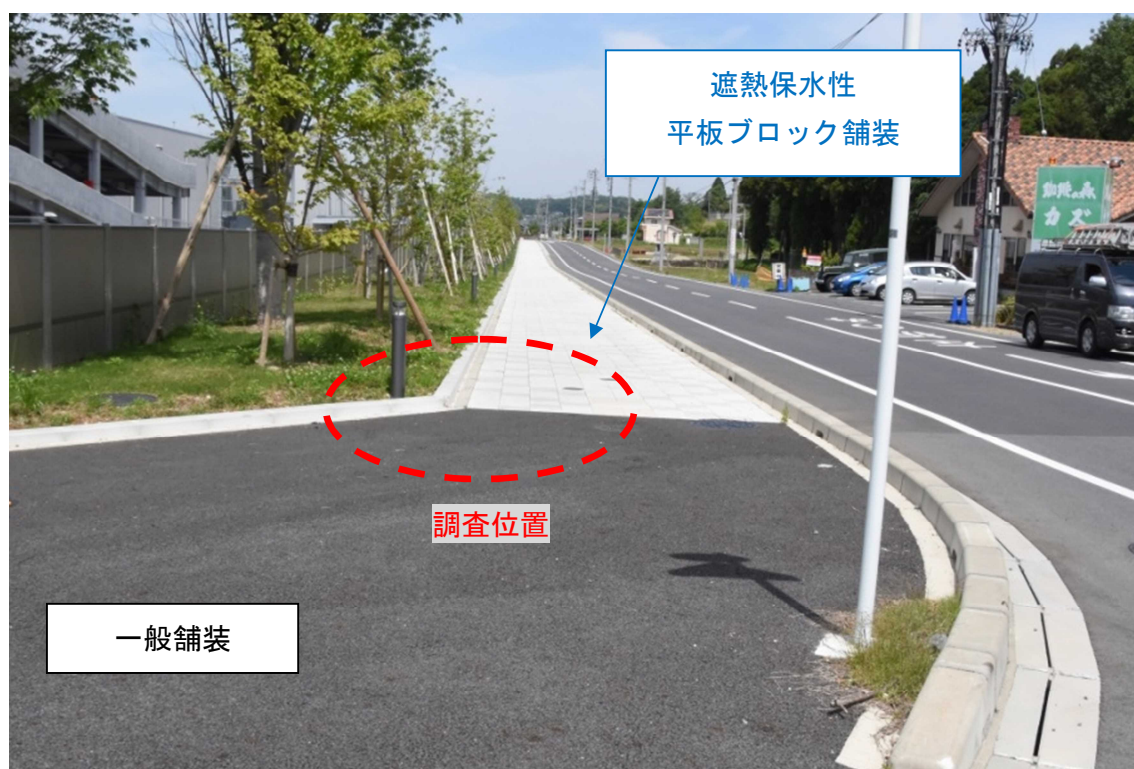
【調査位置図】





【現地写真】

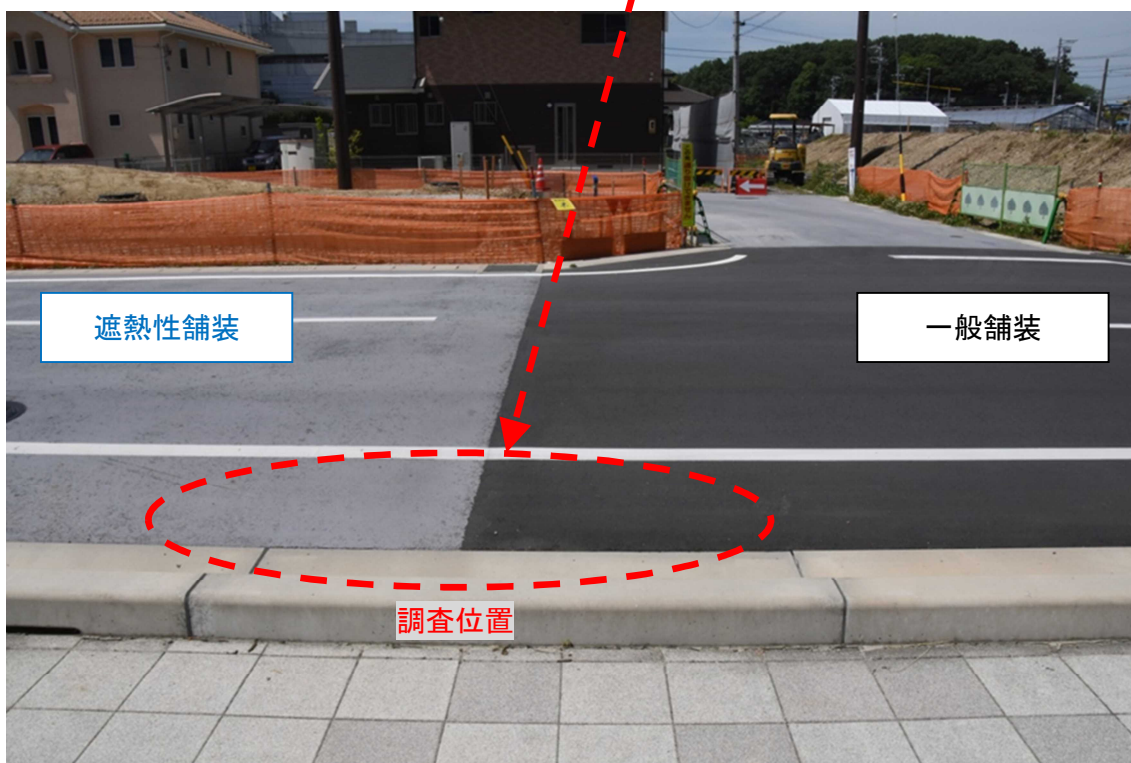
・歩道部A



・歩道部B

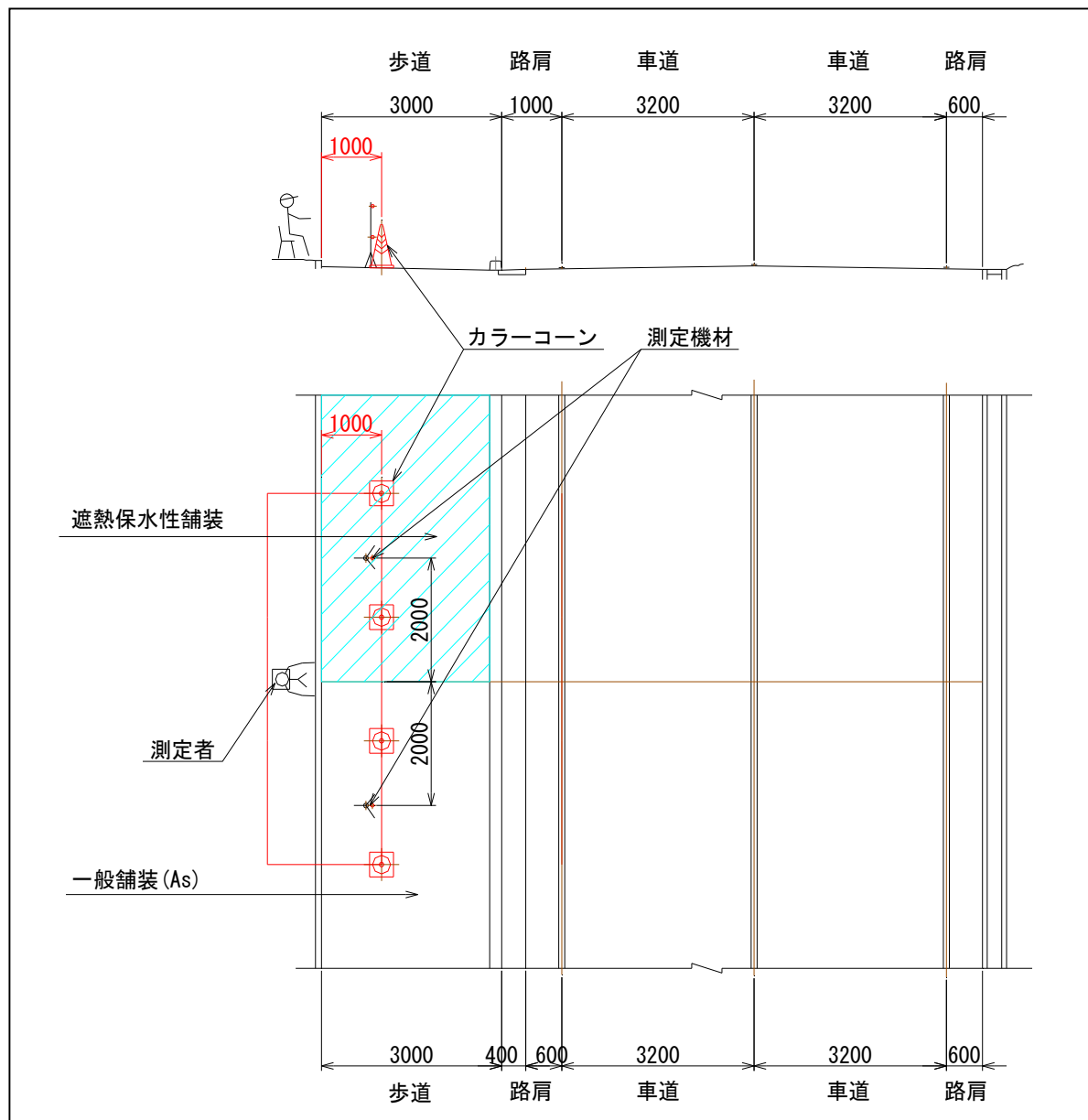


・車道部

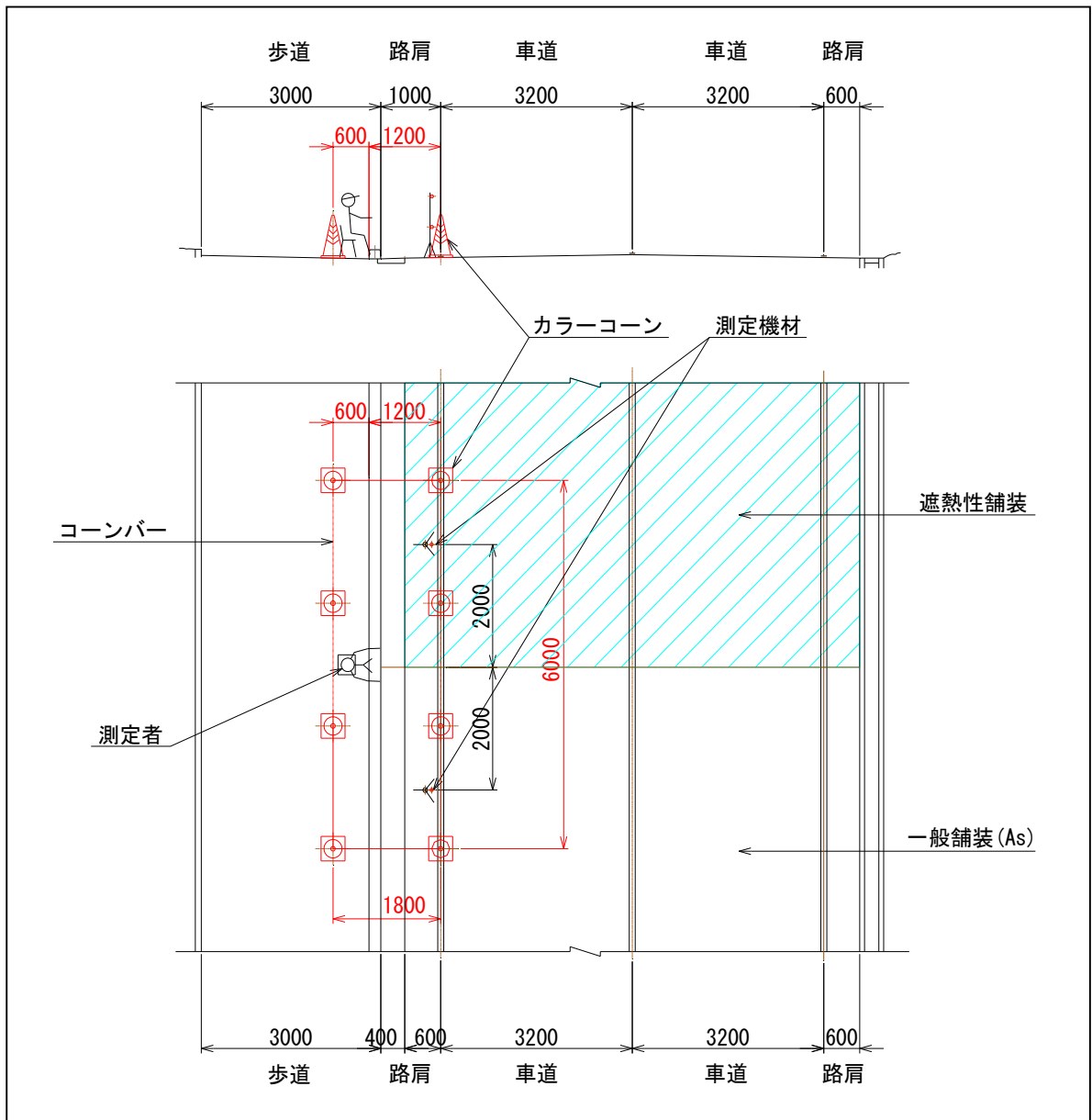


## 【測定機材の配置と測定要領】

### ・歩道部



・車道部





## 2-3 調査実施日

調査実施日は、夏季（7月～8月）の間で、歩道部及び車道部の調査期間を8～12日間程度設け、天候が良い日を選定し、調査を実施した。

実際に行った調査実施日及び調査時間、当日の天候や調査時の気温を以下の表にまとめる。

| 調査箇所 | 設定した調査期間                                    | 調査実施日<br>調査時間              | 天候    | 調査時の気温（℃）<br>（17:00～翌 7:00）                           |
|------|---------------------------------------------|----------------------------|-------|-------------------------------------------------------|
| 歩道部A | 令和01年7月22日<br>～7月30日の期間<br>で2日間の調査を<br>実施予定 | 令和01年7月29日<br>17:00～翌 7:00 | 晴れ    | 最高気温：34.6℃<br>（17:00の気温）<br>最低気温：25.3℃<br>（翌 5:00の気温） |
| 歩道部B |                                             | 令和01年7月30日<br>17:00～翌 7:00 | 晴れ時々雨 | 最高気温：30.1℃<br>（17:00の気温）<br>最低気温：25.6℃<br>（翌 5:00の気温） |
| 車道部  | 令和01年8月19日<br>～8月31日の期間<br>で1日間の調査を<br>実施予定 | 令和01年8月26日<br>17:00～翌 7:00 | 晴れ    | 最高気温：33.9℃<br>（17:00の気温）<br>最低気温：20.6℃<br>（翌 4:00の気温） |

### ・調査実施時の天候状況

歩道部の調査（7月29日、30日）においては、7月中旬の台風6号上陸の影響により、梅雨明けが例年より7日ほど遅く（7月下旬頃（7月28日頃）、予定よりも1週間程度遅れての調査となった。

また、天候は、両日とも概ね晴れてはいたが、歩道部B（7月30日）の調査開始付近（17:00）で局所的な雨が降った。ただ、短期（25分程度）で少雨のため、全体の調査結果に大きな影響はなかった。

車道部の調査（8月26日）においては、8月中旬に九州地方に上陸した台風10号の影響で、台風通過後の1週間ぐらいは上空の湿った空気により、不安定な天気が続き、予定よりも1週間程度遅れての調査となった。

ただ、天候は晴れで、調査中も雨は降らなかった。

## 2-4 各種測定内容と使用測定機器

### (1) 温度測定

#### ・舗装面温度測定

舗装面温度を、「赤外線サーモグラフィ」を使用して測定した。

赤外線サーモグラフィを地表との交角が 60° 以上になるように設定し、測定を行った。

「遮熱舗装面」、「一般舗装面」、「遮熱舗装と一般舗装の境目」の計 3 か所の測定を行い、「遮熱舗装と一般舗装の境目」の測定の際は、調査員の足元を含めて測定を行った。



| 型 番     | TVS-500EX                                   |
|---------|---------------------------------------------|
| 測定温度範囲  | −40～500℃<br>～2,000℃ (高温フィルタ使用時*オプション)       |
| 最小温度分解能 | 0.05℃ 以下 (S/N改善時)                           |
| 温度精度    | 対象物100℃未満±2℃、対象物100℃以上±2% (温度範囲 −20～300℃まで) |
| フレームタイム | 1/60秒                                       |
| 検出素子    | 2次元非冷却マイクロボロメータ (320H×240V素子)               |
| 測定波長    | 8～14μm                                      |
| 測定視野角   | 19.4° (H) ×14.6° (V) (標準レンズ22mm使用時)         |
| 空間分解能   | 1.07mrad                                    |
| 測定距離    | 30cm～∞                                      |
| 有効表示画素数 | 320 (H) ×240 (V)                            |
| 熱画像表示   | 3.5インチ半透過型カラー液晶モニタ<br>上下反転機能あり              |
| 可視カメラ   | 640×480 CMOSセンサ                             |

赤外線サーモグラフィ (TVS-500EX) 仕様

#### ・外気温度測定

外気温度を、「デジタル熱中症指数モニタ」を使用して測定した。

舗装（地表）面から 50cm、100cm、150 cm の 3 か所の位置に固定して測定を行った。

TM-188D 標準付属品

TM-188 標準付属品

**熱中症予防対策／  
労働環境等の安全管理に**

- 熱中症指数WBGT値のアラーム設定が可能
- 1台で熱中症指数(IN/OUT)・黒球温度・気温、相対湿度・露点の6項目の測定が可能です
- 使用環境に合わせて屋内／屋外モードの選択が可能です
- 測定に便利な三脚の取り付けが可能です
- MAX / MIN値表示・データホールド機能付き
- オートパワーオフ機能付き
- バックライト付き

|            | 測定範囲                                                                                  | 分解能    | 精度                              |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------|
| WBGT (IN)  | 0～59.0℃                                                                               | 0.1℃   | ±1.0℃                           |
| WBGT (OUT) | 0～56.0℃                                                                               | 0.1℃   | ±1.5℃                           |
| 気 温        | 0～50.0℃                                                                               | 0.1℃   | ±0.8℃                           |
| 黒 球 温 度    | 0～80.0℃                                                                               | 0.1℃   | ±0.6℃                           |
| 湿 球 温 度    | −21.6～50.0℃                                                                           | 0.1℃   |                                 |
| 露 点        | −35.3～48.9℃                                                                           | 0.1℃   |                                 |
| 相 対 湿 度    | 1～99%RH                                                                               | 0.1%RH | ±3.0%RH (20～80%RH) それ以外は±5.0%RH |
| サンプリング     | 約1秒/回                                                                                 |        |                                 |
| 使 用 環 境    | 0～50℃ 95%RH以下 (ただし結露のないこと)                                                            |        |                                 |
| 保 存 環 境    | −10～50℃ 70%RH以下 (ただし結露のないこと)                                                          |        |                                 |
| 電 源        | 006P(9V)×1またはDC9Vアダプタ 電池寿命: 連続使用で約200時間                                               |        |                                 |
| サ イ ズ      | 70(W)×300(H)×50(D)mm 約270g 黒球サイズ: Φ50mm                                               |        |                                 |
| 付 属 品      | 専用ソフトウェア (TM-188D)・PC接続用USBケーブル (TM-188D)<br>ACアダプタ (TM-188D)・ハードケース・電池 (お試し電池)・取扱説明書 |        |                                 |

デジタル熱中症指数モニタ (TM-188D) 仕様

## (2) 日射量測定

全天空からの「全天日射量」と舗装から反射する「反射日射量」を、「アルベドメーター」を使用して測定した。

舗装（地表）面から高さ 100 cm の位置に固定して測定を行った。

（本調査は夜間測定であり、日射量測定については、日没時から日出時の確認のための測定であるため、測定値は参考値とする。）

このアルベドメーターは地表面上の全天日射量と反射日射量から地面の反射率（アルベド）を測定するセンサーです。受感部は熱電堆を使用しているため、高精度、高信頼性、高感度です。CPR-PCM-03 が上下に付いています。センサー部は全天日射計 2 台で構成され上部日射計は全天日射量を測定し、下部（下向き）日射計は地表面からの反射日射量を測定します。

### 仕 様

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| 波長範囲  | 310~2800nm                         |
| 感 度   | 5~15mV/(kW/m <sup>2</sup> )        |
| オフショ  | (7mV シャット抵抗)                       |
| 内部抵抗  | 80~100Ω                            |
| 応答速度  | 約 18sec(95%)                       |
| 精 度   | 非直線性約±2.5%<br>傾斜特性約±2%<br>ガラスドーム付き |
| 経年変化  | <±1%                               |
| W M O | Class 2                            |
| 出 力   | 上・下別出力                             |
| ケーブル  | 10m                                |
| 重 量   | 約 1 kg                             |
| アーム長さ | 1 m                                |



アルベドメーター（CPR-PCR-03）仕様

#### 【「日射量」に関する補足説明】

##### ・ 日射量の測定

日射量の測定は、単位面積が単位時間に太陽から受ける放射エネルギーの量で測定する。つまり、放射照度（物体へ時間あたりに照射される、面積あたりの放射エネルギーを表す物理量）を測定しており、単位はキロワット毎平方メートル( $\text{kW/m}^2$ )または、ワット毎平方メートル( $\text{W/m}^2$ )がよく用いられる。

##### ・ 直達日射量

理想的には、全天空の内、太陽の光球の範囲のみからの日射量を測定したものが、「直達日射量」である。いわゆる「直射日光」を測定したものである。実際の測定においては、筒状の形状をした直達日射計を、赤道儀あるいは自動式の太陽追尾装置に搭載し、常に直達日射計を太陽の方向へ向け続けて測定する。つまり、直達日射計の開口角で限定される範囲から受ける日射量を直達日射量として取り扱う。

こうした測定方法のため、直達日射量は太陽光線の入射方向と常に直交する平面で受けた放射照度として測定・記録されるのが通例であり、水平面で測定・記録する散乱日射量や全天日射量とは異なるので注意が必要である。

##### ・ 散乱日射量

空を見ると、太陽の存在する方向以外からも、時には青空からの青い光が、時には曇り空からの白い光が降り注いでいる。これらは大気分子や雲粒で散乱された光が観測点へ届いているもので、これを「散乱日射」と呼ぶ。全天空のうち、このような太陽の光球以外の範囲からの日射量を測定したものが、「散乱日射量」である。

実際の測定においては、自動式の太陽追尾装置等によって太陽の光球の方向に遮蔽用の円盤をかざして直達日射を遮りながら、残りの天空からの日射量（つまり散乱日射量）を、全天日射計によって測定する。この全天日射計は水平に設置されるため、散乱日射量は水平面で受けた放射照度として測定・記録されるのが通例である。

##### ・ 全天日射量

全天空からの日射量を測定したものが、「全天日射量」である。「直達日射量」（水平面での値に換算したもの）と、「散乱日射量」の和に等しい。実際の測定においては、全天日射計を水平に設置して測定するのが普通である。このため、全天日射量は水平面で受けた放射照度として測定・記録されるのが通例である。

##### ・ 反射日射量

直達日射や散乱日射とは別に、反射された日射を測定することがある。雲からの「反射日射」、建造物や地表などからの「反射日射」がある。全天日射量と反射日射量から、物体表面の反射率（アルベド）を求めることができる。

### (3) 風速測定

風速を、「風速計」を使用して測定した。

路面温度や気温に対する風の影響を把握するために、風速を参考として測定を行った。



| 機能    | 測定レンジ                      | 分解能     | 精度       |
|-------|----------------------------|---------|----------|
| 風速    | 0.4～30.0m/s                | 0.1m/s  | ±3%F.S   |
|       | 1.4～90.0km/h               | 0.1km/h |          |
| 温度    | 0～50℃                      | 0.1℃    | ±1.2℃    |
| 湿度    | 10～95%RH                   | 0.1%RH  | ±4%RH    |
| 照度    | 0～2200Lux                  | 1Lux    | ±5%+8dgt |
|       | 1800～20000Lux              | 10Lux   |          |
| その他   | MAX/MINホールド                |         |          |
| 電源    | 006P(9V)×1                 |         |          |
| 寸法・重量 | 60(W)×156(H)×33(D)mm 約160g |         |          |
| 付属品   | 携帯ケース・取説                   |         |          |

風速計 (LM-8000) 仕様

### (4) 暑さ指数 (WBGT) 測定

暑さ指数 (WBGT 指数) を、「デジタル熱中症指数モニタ(外気温度測定と同様の機材)」を使用して測定した。

舗装 (地表) 面から 50cm、100cm、150 cmの 3 か所の位置に固定して測定を行った。



TM-188D 標準付属品

**熱中症予防対策／  
労働環境等の安全管理に**

- 熱中症指数WBGT値のアラーム設定が可能
- 1台で熱中症指数(IN/OUT)・黒球温度・気温・相対湿度・露点の6項目の測定が可能です
- 使用環境に合わせて屋内/屋外モードの選択が可能です
- 測定に便利な三脚の取り付けが可能です
- MAX/MIN値表示・データホールド機能付き
- オートパワーオフ機能付き
- バックライト付き

TM-188D 標準付属品

|           | 測定範囲                                                                           | 分解能    | 精度                            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------|
| WBGT(IN)  | 0~59.0℃                                                                        | 0.1℃   | ±1.0℃                         |
| WBGT(OUT) | 0~56.0℃                                                                        | 0.1℃   | ±1.5℃                         |
| 気 温       | 0~50.0℃                                                                        | 0.1℃   | ±0.8℃                         |
| 黒 球 温 度   | 0~80.0℃                                                                        | 0.1℃   | ±0.6℃                         |
| 湿 球 温 度   | -21.6~50.0℃                                                                    | 0.1℃   |                               |
| 露 点       | -35.3~48.9℃                                                                    | 0.1℃   |                               |
| 相 対 湿 度   | 1~99%RH                                                                        | 0.1%RH | ±3.0%RH(20~80%RH)それ以外は±5.0%RH |
| サンプリング    | 約1秒/回                                                                          |        |                               |
| 使 用 環 境   | 0~50℃ 95%RH以下(ただし結露のないこと)                                                      |        |                               |
| 保 存 環 境   | -10~50℃ 70%RH以下(ただし結露のないこと)                                                    |        |                               |
| 電 源       | 006P(9V)×1またはDC9Vアダプタ 電池寿命:連続使用で約200時間                                         |        |                               |
| サ イ ズ     | 70(W)×300(H)×50(D)mm 約270g 黒球サイズ:φ50mm                                         |        |                               |
| 付 属 品     | 専用ソフトウェア(TM-188D)・PC接続用USBケーブル(TM-188D)・ACアダプタ(TM-188D)・ハードケース・電池(お試し電池)・取扱説明書 |        |                               |

デジタル熱中症指数モニタ (TM-188D) 仕様

#### 【「暑さ指数（WBGT）」に関する補足説明】

##### ・暑さ指数（WBGT：Wet Bulb Globe Temperature）とは

熱中症を予防することを目的として、1954年にアメリカで提案された指標で、世界中で広く活用されている。単位は摂氏（℃）。

熱中症の発症は、気温、湿度、風、日差しなどが関係し、例えば気温が25℃～30℃くらいでも湿度が極端に高い場合に発症することもある。

暑さ指数は気温、湿度、日射・輻射熱の3要素を取り入れ、「蒸し暑さ」を1つの単位で総合的に表している。人体と外気との熱収支（熱の出入り）に着目し、人が受ける暑熱環境による熱ストレスの評価を行う指標として活用が推進されている。

##### ・WBGT（湿球黒球温度）の算出方法

屋外：WBGT =  $0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$

屋内：WBGT =  $0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$

湿球温度 … 水で湿らせたガーゼを温度計の球部に巻いて観測する。

温度計の表面にある水分が蒸発した時の冷却熱と平衡した時の温度で、空気が乾いたときほど、気温（乾球温度）との差が大きくなり、皮膚の汗が蒸発する時に感じる涼しさ度合いを表すもの。

黒球温度 … 黒色に塗装された薄い銅板の球（中は空洞、直径約15cm）の中心に温度計を入れて観測する。

黒球の表面はほとんど反射しない塗料が塗られている。この黒球温度は、直射日光にさらされた状態での球の中の平衡温度を観測しており、弱風時に日なたにおける体感温度と良い相関がある。

乾球温度 … 通常の温度計を用いて、そのまま気温を観測する。



### 3 調査結果

#### 3-1 舗装の違いによる変化

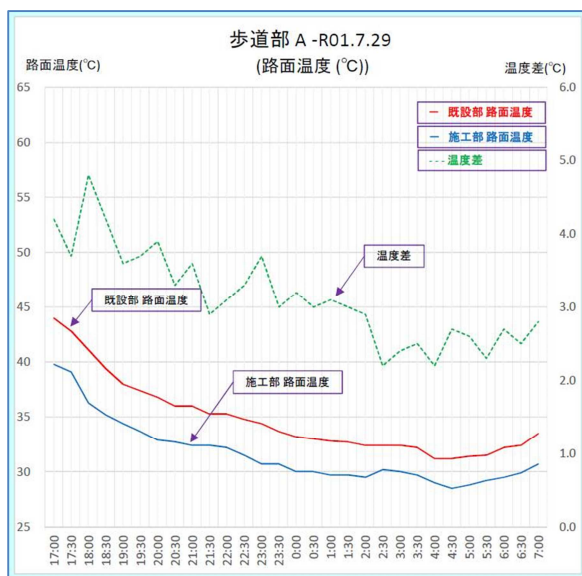
##### (1) 路面温度

舗装の表面温度を、赤外線サーモグラフィを使用して測定を行った。

歩道部・車道部ともに、舗装面の路面温度を 30 分毎に測定し、平均温度を集計した。

結果を以下にまとめる。

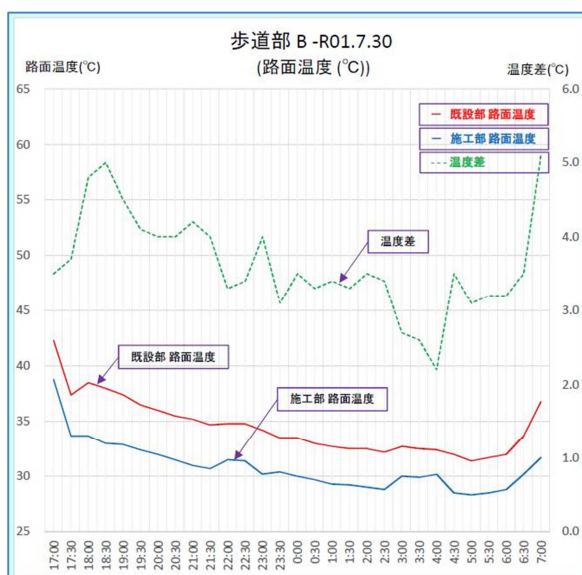
##### ・歩道部 A



|                     |     |
|---------------------|-----|
| 路面平均温度<br>差<br>(°C) | 3.1 |
|---------------------|-----|

| 温度差Min時(04:00) |     |          | 温度差 |
|----------------|-----|----------|-----|
|                |     |          | 2.2 |
| 既設部 31.2       | 境界部 | 施工部 29.0 |     |

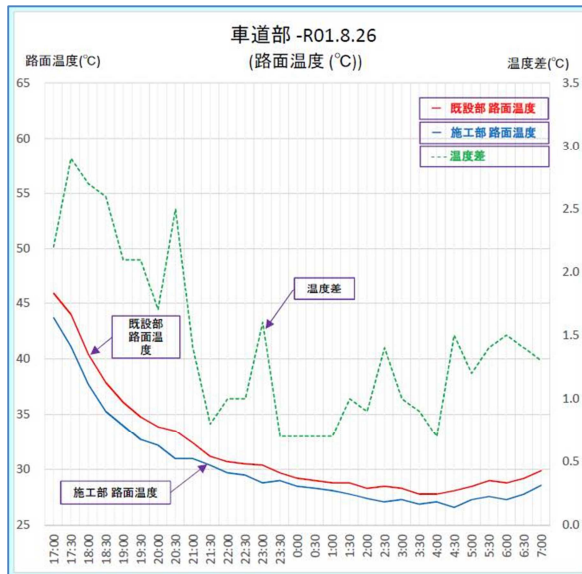
##### ・歩道部 B



|                     |     |
|---------------------|-----|
| 路面平均温度<br>差<br>(°C) | 3.6 |
|---------------------|-----|

| 温度差Min時(04:00) |     |          | 温度差 |
|----------------|-----|----------|-----|
|                |     |          | 2.2 |
| 既設部 32.4       | 境界部 | 施工部 30.2 |     |

・車道部



|              |     |
|--------------|-----|
| 路面平均温度差 (°C) | 1.4 |
|--------------|-----|

| 温度差Min時(04:00) |          |     | 温度差 |
|----------------|----------|-----|-----|
|                | 既設部 27.8 | 境界部 | 0.7 |
|                | 施工部 27.1 |     |     |

| 調査箇所  | 一般舗装部             |                       | 遮熱舗装部             |                       |                     |                        |
|-------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
|       | 路面平均温度<br>T1 (°C) | 最低温度差時の温度<br>T1' (°C) | 路面平均温度<br>T2 (°C) | 最低温度差時の温度<br>T2' (°C) | 平均温度差<br>T1-T2 (°C) | 最低温度差<br>T1' -T2' (°C) |
| 歩道部 A | 34.8              | 31.2                  | 31.7              | 29.0                  | 3.1                 | 2.2                    |
| 歩道部 B | 34.5              | 32.4                  | 30.9              | 30.2                  | 3.6                 | 2.2                    |
| 車道部   | 31.8              | 27.8                  | 30.3              | 27.1                  | 1.4                 | 0.7                    |

【調査結果の傾向】

歩道部の平均温度差が3.1～3.6℃、最低温度差が2.2℃、車道部の平均温度差が1.4℃、最低温度差が0.7℃と、一般アスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の路面温度が低い結果となった。

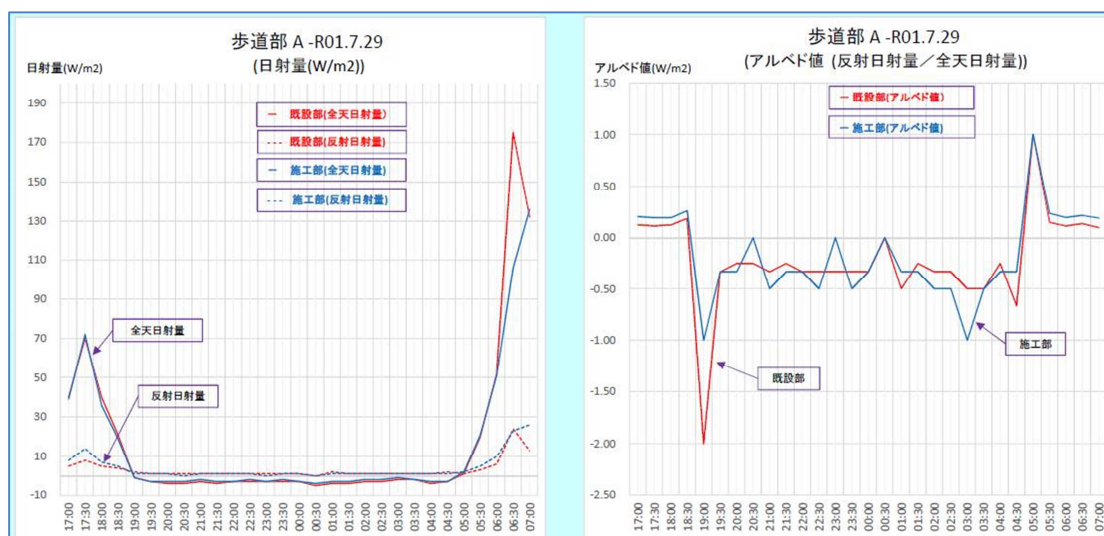
(測定結果の詳細は、「資料2：調査箇所別測定結果」を参照)

## (2) 日射量

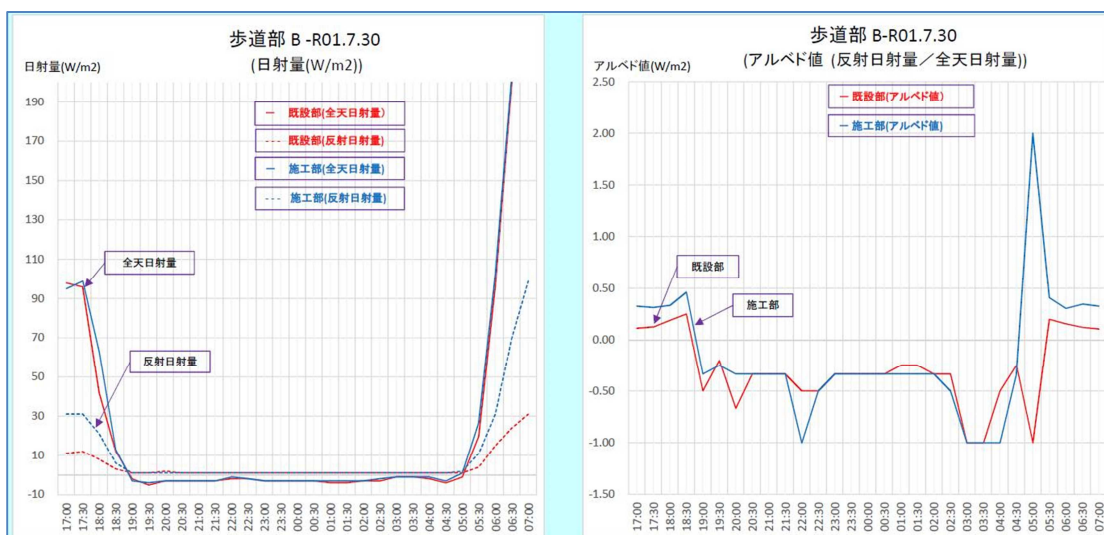
日射量（全天日射量・反射日射量）を、アルベドメーターを使用して測定を行った。  
歩道部・車道部ともに、舗装（地表）面から 100cm の位置で、30 分毎に測定し、反射率（アルベド値）の平均値を集計した。結果を以下にまとめる。

ただし、今年度調査は夜間測定であり、日射量測定を行う目的は、日没時と日出時の確認のためであり、以下に示す値は、あくまでも参考値とする。

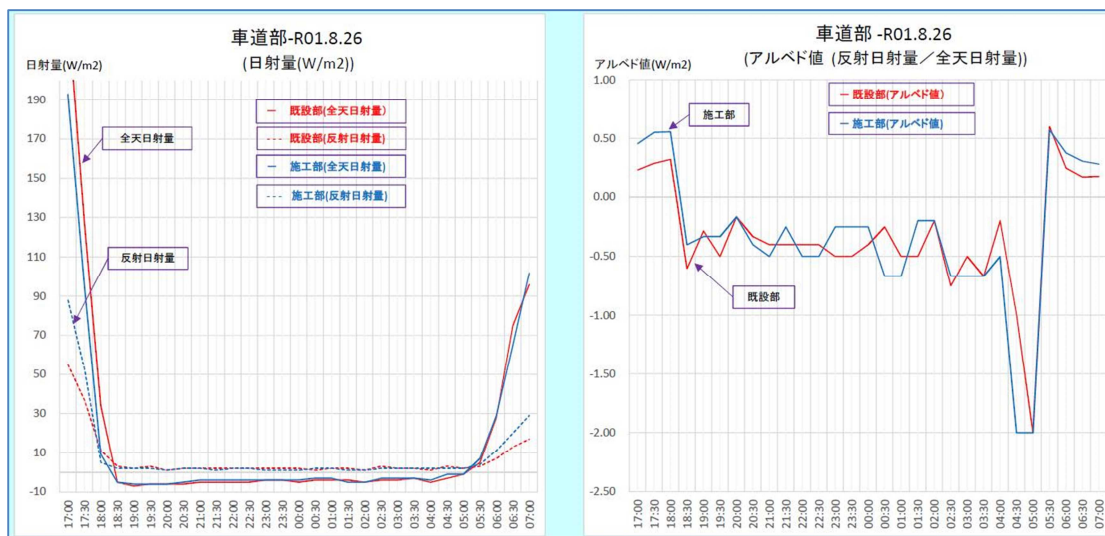
### ・歩道部 A



### ・歩道部 B



・ 車道部



| 調査箇所  | 一般舗装部            | 遮熱舗装部            | 反射日射率<br>K2/K1 |
|-------|------------------|------------------|----------------|
|       | アルベド値*の平均値<br>K1 | アルベド値*の平均値<br>K2 |                |
| 歩道部 A | -0.328           | -0.343           | 1.046          |
| 歩道部 B | -0.331           | -0.339           | 1.026          |
| 車道部   | -0.359           | -0.367           | 1.023          |

\*アルベド値とは、「太陽からの入射光の日射量に対する、舗装からの反射光の日射量の割合」のこと。  
(反射日射量) / (全天日射量) にて算出。

※調査箇所別の日没時及び日出時の測定時刻

| 調査箇所  | 日没時の測定時刻 | 日出時の測定時刻 |
|-------|----------|----------|
| 歩道部 A | 19:00    | 5:00     |
| 歩道部 B | 19:00    | 5:00     |
| 車道部   | 18:30    | 5:30     |

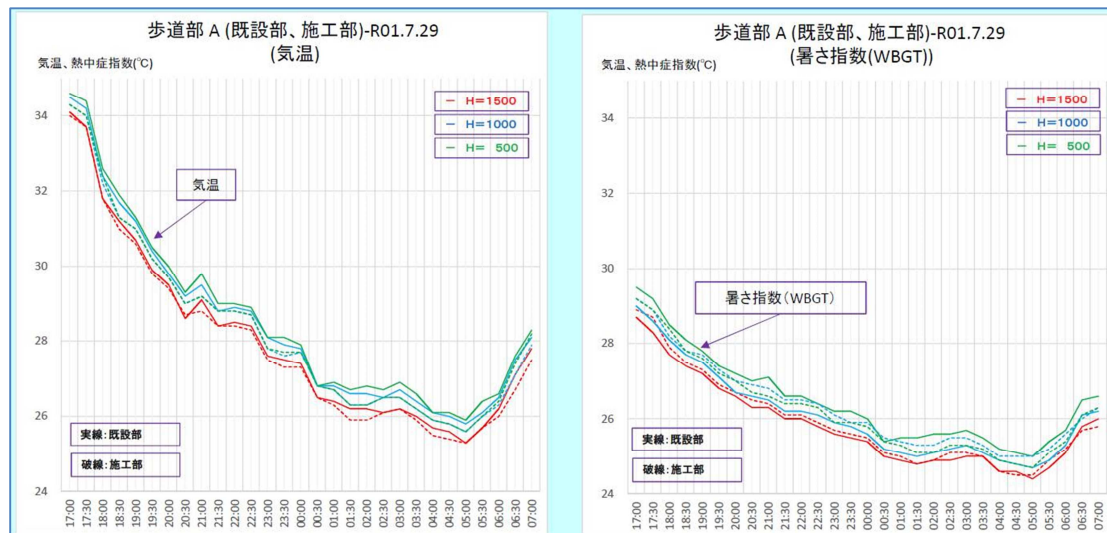
(測定結果の詳細は、「資料 2 : 調査箇所別測定結果」を参照)

### (3) 気温、暑さ指数 (WGBT)

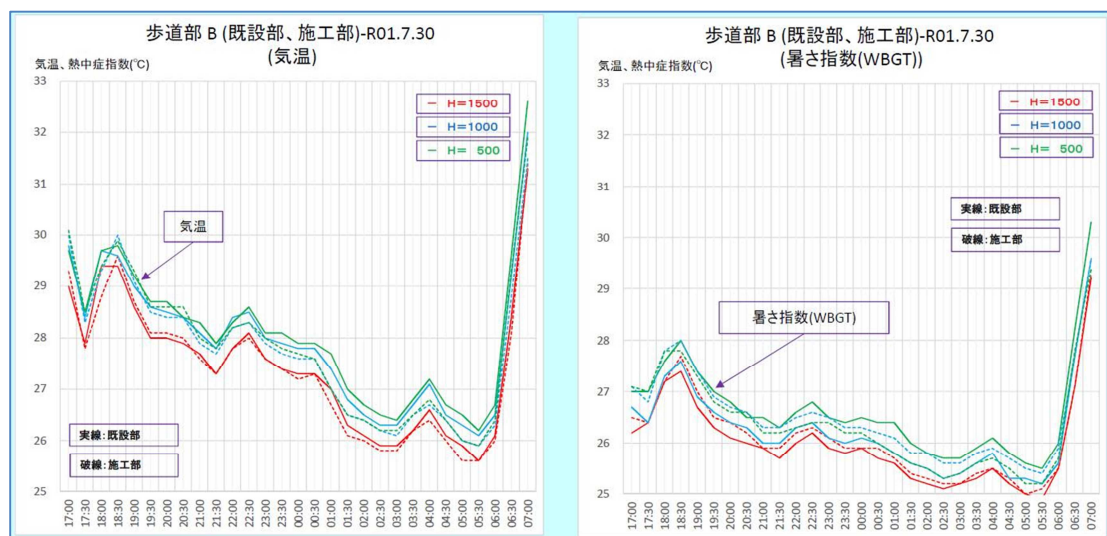
気温、暑さ指数 (WGBT) を、デジタル熱中症指数モニタを使用して測定を行った。

歩道部・車道部ともに、舗装（地表）面から 50cm、100cm、150 cmの位置で、30 分毎に測定した。結果を以下にまとめる。

#### ・歩道部 A

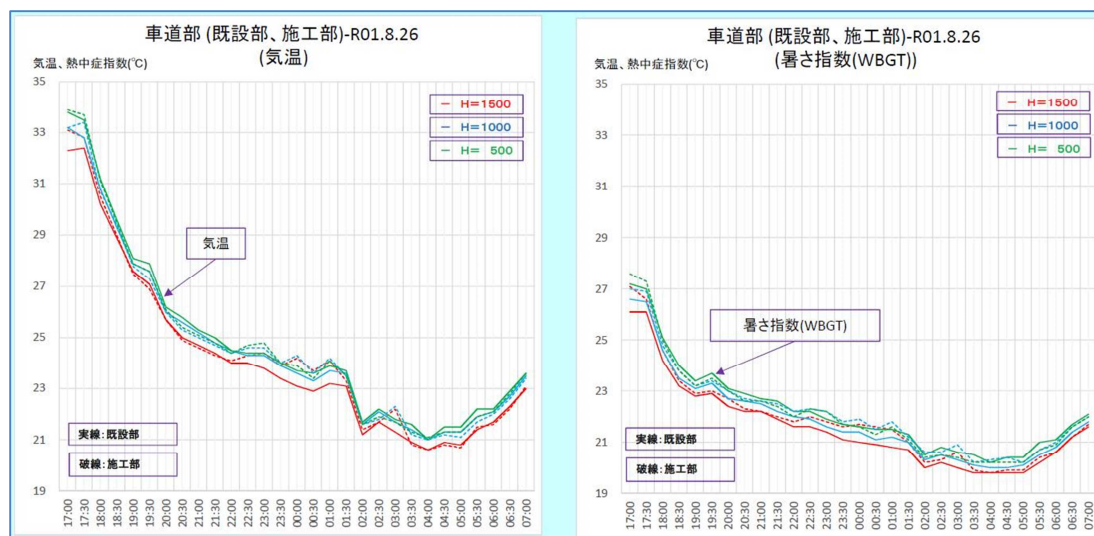


#### ・歩道部 B





## ・車道部



### ※平均気温差

| 調査箇所  | 一般舗装部           | 遮熱舗装部           | 平均温度差<br>T1-T2 (°C) |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------|
|       | 平均温度<br>T1 (°C) | 平均温度<br>T2 (°C) |                     |
| 歩道部 A | 28.38           | 28.18           | 0.20                |
| 歩道部 B | 27.82           | 27.67           | 0.15                |
| 車道部   | 24.57           | 24.63           | -0.06               |

### ※平均暑さ指数 (WBGT) の差

| 調査箇所  | 一般舗装部             | 遮熱舗装部             | 平均暑さ指数の差<br>H1-H2 (°C) |
|-------|-------------------|-------------------|------------------------|
|       | 平均暑さ指数<br>H1 (°C) | 平均暑さ指数<br>H2 (°C) |                        |
| 歩道部 A | 26.14             | 26.15             | -0.01                  |
| 歩道部 B | 26.28             | 26.33             | -0.05                  |
| 車道部   | 21.19             | 22.06             | -0.15                  |

### 【調査結果の傾向】

「気温」については、歩道部が、平均温度差で 0.15～0.20°C、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低い結果となった。車道部は、平均値の比較においては、差が表れていない。

「暑さ指数」については、歩道部・車道部ともに、平均値の比較においては、同程度であった。

(測定結果の詳細は、「資料 2 : 調査箇所別測定結果」を参照)

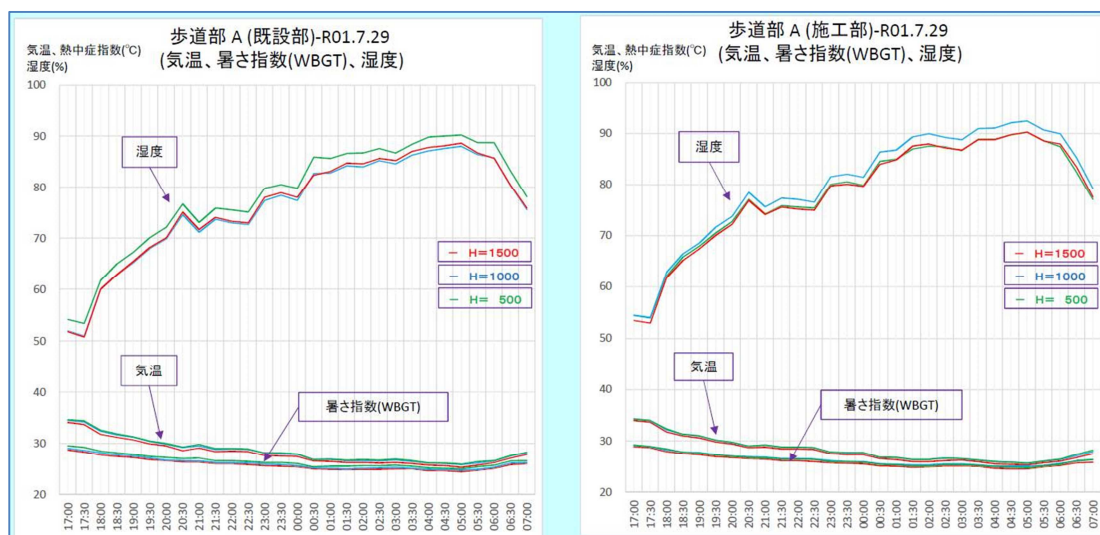
## 3-2 測定高さの違いによる変化

### (1) 気温、暑さ指数(WGBT)、湿度

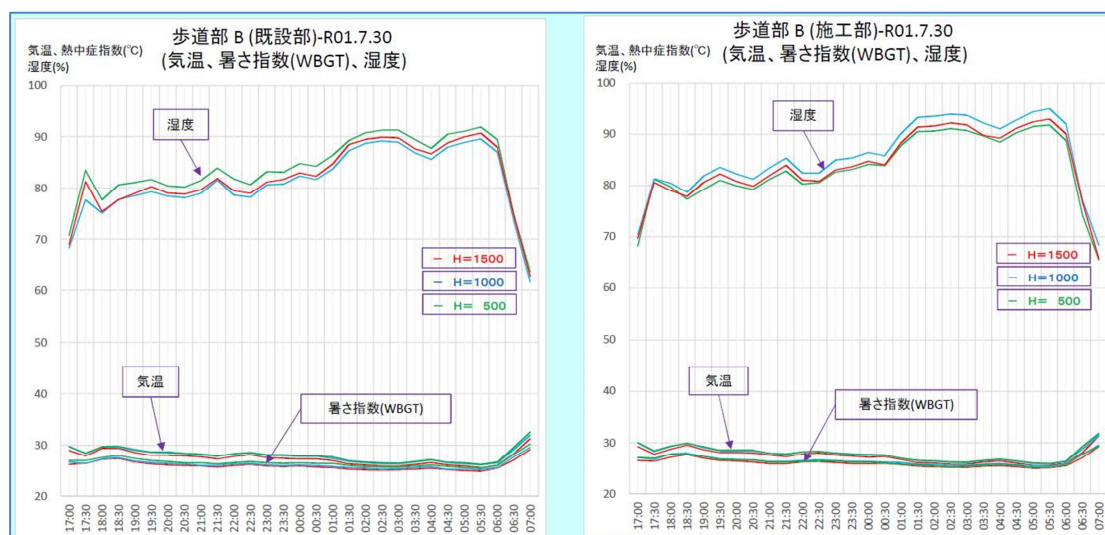
気温、暑さ(熱中症)指数、湿度を、デジタル熱中症指数モニタを使用して測定を行った。

歩道部・車道部ともに、舗装(地表)面から 50cm、100cm、150 cmの位置で、30 分毎に測定した。結果を以下にまとめる。

#### ・歩道部 A

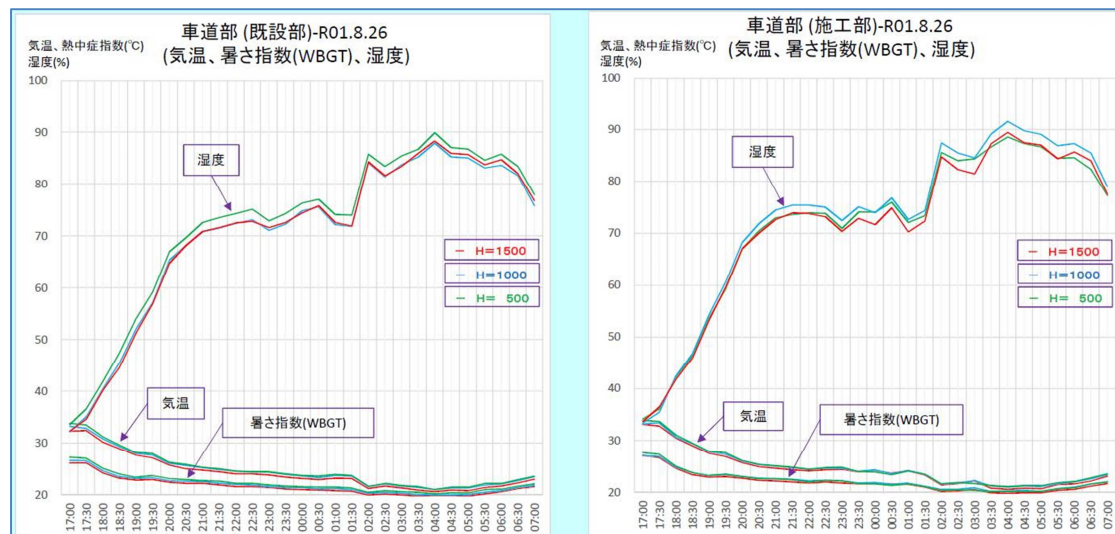


#### ・歩道部 B





・車道部



※平均気温差（測定高さ 50 cm、100 cm、150 cmの差）（℃）

| 調査箇所  | 一般舗装部                |                       | 遮熱舗装部                |                       |
|-------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|       | 50 cm～<br>100 cmの差*1 | 100 cm～<br>150 cmの差*2 | 50 cm～<br>100 cmの差*1 | 100 cm～<br>150 cmの差*2 |
| 歩道部 A | -0.1℃                | -0.4℃                 | (同程度)                | -0.4℃                 |
| 歩道部 B | -0.2℃                | -0.5℃                 | -0.1℃                | -0.4℃                 |
| 車道部   | -0.2℃                | -0.5℃                 | -0.1℃                | -0.4℃                 |

※平均暑さ指数（WBGT）の差（測定高さ 50 cm、100 cm、150 cmの差）（℃）

| 調査箇所  | 一般舗装部                |                       | 遮熱舗装部                |                       |
|-------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|       | 50 cm～<br>100 cmの差*1 | 100 cm～<br>150 cmの差*2 | 50 cm～<br>100 cmの差*1 | 100 cm～<br>150 cmの差*2 |
| 歩道部 A | -0.4℃                | -0.3℃                 | 0.1℃                 | -0.4℃                 |
| 歩道部 B | -0.4℃                | -0.3℃                 | 0.1℃                 | -0.4℃                 |
| 車道部   | -0.3℃                | -0.3℃                 | (同程度)                | -0.3℃                 |

※平均湿度差（測定高さ 50 cm、100 cm、150 cmの差）（％）

| 調査箇所  | 一般舗装部                |                       | 遮熱舗装部                |                       |
|-------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|       | 50 cm～<br>100 cmの差*1 | 100 cm～<br>150 cmの差*2 | 50 cm～<br>100 cmの差*1 | 100 cm～<br>150 cmの差*2 |
| 歩道部 A | -2.4%                | -0.3%                 | 1.6%                 | -1.8%                 |
| 歩道部 B | -2.5%                | -0.9%                 | 2.3%                 | -1.6%                 |
| 車道部   | -1.8%                | -0.1%                 | 1.3%                 | -1.7%                 |

\*1 測定高さ 100cm の測定値から、測定高さ 50 cmの測定値を引いた値。

\*2 測定高さ 150cm の測定値から、測定高さ 100 cmの測定値を引いた値。

#### 【調査結果の傾向】

「気温」については、測定高さ 50 cm⇒100 cm⇒150 cmの順に、一般アスファルト舗装は約 0.5～0.7℃、遮熱性舗装は約 0.4～0.5℃、気温が低くなる結果となった。

「暑さ指数」については、一般アスファルト舗装と遮熱性舗装の、それぞれの測定値の推移傾向が異なった。

一般アスファルト舗装は、測定高さ 50 cm⇒100 cm⇒150 cmへ順に、約 0.6～0.7℃、暑さ指数が低くなる結果となった。

遮熱性舗装は、測定高さ 100 cm⇒50 cm⇒150 cmの順に、暑さ指数が低くなり、測定高さ 100 cmの測定値が一番高くなる傾向が表れた。

遮熱性舗装の平均暑さ指数の最大値と最小値の差は、約 0.3～0.4℃となった。

「湿度」も「暑さ指数」と同様、一般アスファルト舗装と遮熱性舗装の傾向が異なる。

一般アスファルト舗装は、測定高さ 50 cm⇒100 cm⇒150 cmへ順に、歩道部が約 3.1%、車道部が約 1.9%低くなる結果となった。

遮熱性舗装は、歩道部 A・車道部が、測定高さ 100 cm⇒50 cm⇒150 cmの順に湿度が低くなり、歩道部 B が測定高さ 100 cm⇒150 cm⇒50 cmの順に湿度が低くなった。「暑さ指数」と同様、測定高さ 100 cmの測定値が一番高くなる傾向が表れた。

遮熱性舗装の平均湿度の最大値と最小値の差は、約 1.7～2.3%となった。

（測定結果の詳細は、「資料 2：調査箇所別測定結果」を参照）

## 4 考察及び今後の調査提案

### 4-1 調査結果一覧

今回行った調査結果と傾向を、以下の表にまとめる。

|                | 比較項目  | 既設部                       |                     | 施工部                          |                     | 数値比較                               |                                   |
|----------------|-------|---------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|                |       | (一般アスファルト舗装)              |                     | (歩道：遮熱保水性ブロック)<br>(車道：遮熱性舗装) |                     |                                    |                                   |
| 路面温度           | 比較項目  | 平均温度<br>T1(℃)             | 最低温度差時の温度<br>T1'(℃) | 平均温度<br>T2(℃)                | 最低温度差時の温度<br>T2'(℃) | 平均温度差 <sup>*1</sup><br>T1-T2(℃)    | 最低温度差 <sup>*1</sup><br>T1'-T2'(℃) |
|                | 歩道部 A | 34.8                      | 31.2                | 31.7                         | 29.0                | ① 3.1                              | 2.2                               |
|                | 歩道部 B | 34.5                      | 32.4                | 30.9                         | 30.2                | 3.6                                | 2.2                               |
|                | 車道部   | 31.8                      | 27.8                | 30.3                         | 27.1                | 1.4                                | 0.7                               |
| 日射量<br>(日射率)   | 比較項目  | アルベド値 <sup>*2</sup><br>K1 |                     | アルベド値 <sup>*2</sup><br>K2    |                     | 反射日射率<br>K2/K1                     |                                   |
|                | 歩道部 A | -0.328                    |                     | -0.343                       |                     | 1.046                              |                                   |
|                | 歩道部 B | -0.331                    |                     | -0.339                       |                     | 1.026                              |                                   |
|                | 車道部   | -0.359                    |                     | -0.367                       |                     | 1.023                              |                                   |
| 気温             | 比較項目  | 平均温度<br>T1(℃)             |                     | 平均温度<br>T2(℃)                |                     | 平均温度差 <sup>*1</sup><br>T1-T2(℃)    |                                   |
|                | 歩道部 A | 28.38                     |                     | 28.18                        |                     | ② 0.20                             |                                   |
|                | 歩道部 B | 27.82                     |                     | 27.67                        |                     | 0.15                               |                                   |
|                | 車道部   | 24.57                     |                     | 24.63                        |                     | -0.06                              |                                   |
| 暑さ指数<br>(WBGT) | 比較項目  | 平均暑さ指数<br>H1(℃)           |                     | 平均暑さ指数<br>H2(℃)              |                     | 平均暑さ指数の差 <sup>*1</sup><br>H1-H2(℃) |                                   |
|                | 歩道部 A | 26.14                     |                     | 26.15                        |                     | ③ -0.01                            |                                   |
|                | 歩道部 B | 26.28                     |                     | 26.33                        |                     | -0.05                              |                                   |
|                | 車道部   | 21.91                     |                     | 22.06                        |                     | -0.15                              |                                   |
| 湿度             | 比較項目  | 平均湿度<br>H1(%)             |                     | 平均湿度<br>H2(%)                |                     | 平均湿度差 <sup>*1</sup><br>H1-H2(%)    |                                   |
|                | 歩道部 A | 77.03                     |                     | 79.06                        |                     | ④ -2.03                            |                                   |
|                | 歩道部 B | 82.33                     |                     | 84.36                        |                     | -2.03                              |                                   |
|                | 車道部   | 70.33                     |                     | 71.33                        |                     | -1.00                              |                                   |

<sup>\*1</sup>平均値の差は、既設部（一般舗装）の平均値から、施工部（遮熱性舗装）の平均値を引いた値。

<sup>\*2</sup>アルベド値とは、「太陽からの入射光の日射量に対する、舗装からの反射光の日射量の割合」のこと。

- ・「路面温度」について、歩道部の平均温度差が3.1～3.6℃、最低温度差が2.2℃、車道部の平均温度差が1.4℃、最低温度差が0.7℃、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低いことを確認した。(①参照)
  - ・「気温」について、歩道部は、平均温度差で0.15～0.20℃、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低いことを確認した。車道部は同程度であった。(②参照)
  - ・「暑さ指数」について、歩道部・車道部ともに同程度であった。(③参照)
  - ・「湿度」について、歩道部は、平均湿度差で2.0%程度、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が高いことを確認した。車道部は同程度であった。(④参照)
- (「日射量」については、日没時と日出時の確認のための測定ということで、参考値としている。)

## 4-2 遮熱性舗装の夜間における効果検証

### (1) 夜間測定の目的の明確化

今年度調査にて実施した「夜間測定」の目的を明確にし、それぞれに沿った効果検証を行う。

#### 【目的1】夜間の放射熱の低減効果について

遮熱性舗装の特性\*の一つである、「日中の太陽光による舗装への蓄熱を抑え、夜間の放射熱を低減する」という効果について、実際に夜間における遮熱性舗装からの放熱が抑えられているかを検証する。

\*遮熱性舗装の夜間における路面温度は、一般のアスファルト舗装に比べ、約2℃低減できると言われている  
(路面温度上昇抑制舗装研究会 HP より)

#### 【目的2】「気温」、「暑さ指数」の再測定について

前年度調査(昼間測定)において、「気温」と「暑さ指数」の変化に明確な差が表れなかった。  
これは、測定上の不確定要素(日陰、植栽、人工排熱、風など)が原因と思われ、全体的に気温が低く、日陰や人工排熱などの測定上の不確定要素の影響が少ない、夜間に測定することで、微量な温度変化でも捉える可能性の高いことが予想され、今回の調査において、実際にその変化を捉えることができたかを検証する。

#### ※前年度調査(昼間測定)の調査結果一覧

|              |       | 舗装の違いによる変化            |                             |                                       |                             | 測定高さの違いによる変化               | 数値比較                            |                      |
|--------------|-------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------|
|              |       | 一般舗装部<br>(一般アスファルト舗装) |                             | 遮熱舗装部<br>(歩道：遮熱保水性ブロック)<br>(車道：遮熱性舗装) |                             |                            |                                 |                      |
| 路面温度         | 比較項目  | 路面平均温度<br>T1(℃)       | 路面最高温度<br>T1' (℃)           | 路面平均温度<br>T2(℃)                       | 路面最高温度<br>T2(℃)'            | —                          | 平均温度差<br>T1-T2(℃)               | 最高温度差<br>T1'-T2' (℃) |
|              | 歩道部 A | 50.6                  | 57.9                        | 45.7                                  | 52.0                        | —                          | 4.9                             | 5.9                  |
|              | 歩道部 B | 53.6                  | 64.4                        | 46.5                                  | 54.4                        |                            | 7.1                             | 10.0                 |
|              | 車道部   | 52.4                  | 63.7                        | 47.4                                  | 56.3                        |                            | 4.9                             | 7.4                  |
| 日射量<br>(日射率) | 比較項目  | アルベド値*(K1)<br>(反射／全天) |                             | アルベド値*(K2)<br>(反射／全天)                 |                             | —                          | 反射日射率 (K2/K1)                   |                      |
|              | 歩道部 A | 0.098                 |                             | 0.289                                 |                             | —                          | 2.957                           |                      |
|              | 歩道部 B | 0.149                 |                             | 0.389                                 |                             |                            | 2.612                           |                      |
|              | 車道部   | 0.184                 |                             | 0.328                                 |                             |                            | 1.786                           |                      |
| 気温           | 歩道部 A | 38.3℃                 | 数値は、地表面から50cm上方位置の調査時間内の最高値 | 38.2℃                                 | 数値は、地表面から50cm上方位置の調査時間内の最高値 | 高さ<br>や暑さ<br>高さ=50<br>1℃程度 | 「気温」「暑さ指数」の変化に、<br>明確な差が表れなかった。 |                      |
|              | 歩道部 B | 41.4℃                 |                             | 42.3℃                                 |                             |                            |                                 |                      |
|              | 車道部   | 40.7℃                 |                             | 40.8℃                                 |                             |                            |                                 |                      |
| 暑さ指数         | 歩道部 A | 34.3℃                 | 数値は、地表面から50cm上方位置の調査時間内の最高値 | 33.2℃                                 | 数値は、地表面から50cm上方位置の調査時間内の最高値 | 高さ<br>や暑さ<br>高さ=50<br>1℃程度 | 「気温」「暑さ指数」の変化に、<br>明確な差が表れなかった。 |                      |
|              | 歩道部 B | 33.3℃                 |                             | 33.6℃                                 |                             |                            |                                 |                      |
|              | 車道部   | 32.9℃                 |                             | 33.2℃                                 |                             |                            |                                 |                      |

\*アルベド値とは、「太陽からの入射光の日射量に対する、舗装からの反射光の日射量の割合」のこと。

## (2) 効果検証

### 1) 調査結果の再検証

「4-1 調査結果一覧」にて取りまとめた調査結果は、日没付近から日出付近までの全測定値の平均値の比較によるものであるため、より現実的な検証を行うために、測定値の集計範囲を、日没から路面温度が最低温度に落ちるまでの時刻に限定した。

また、「気温」「暑さ指数」「湿度」に関しては、「3-2 測定高さの違いによる変化」で示した通り、測定高さによる測定値の推移傾向がそれぞれ異なるため、測定高さ別の平均値の差も改めて整理し、再検証してみる。

調査箇所別の日没時の測定時刻及び路面温度が最低温度になった時の測定時刻、各調査内容の平均値の差を、以下の表にまとめる。

#### ※調査箇所別の日没時～最低温度時の測定時刻

|                 | 歩道部A  | 歩道部B  | 車道部   |
|-----------------|-------|-------|-------|
| 日没後の測定時刻        | 19:00 | 19:00 | 18:30 |
| 路面温度の最低温度時の測定時刻 | 翌4:30 | 翌5:00 | 翌4:30 |

#### ※調査箇所別の日没時～最低温度時の平均値の数値比較

| 調査内容 | 測定高さ   | 測定値の平均値の差(°C)<br>(一般舗装の温度 - 遮熱性舗装の温度) |        |        |
|------|--------|---------------------------------------|--------|--------|
|      |        | 歩道部A                                  | 歩道部B   | 車道部    |
| 路面温度 | 0mm    | ① 3.1°C                               | 3.5°C  | 1.3°C  |
| 気温   | 500mm  | ② 0.3°C                               | 0.2°C  | 0.1°C  |
|      | 1000mm | 0.2°C                                 | 0.2°C  | -0.1°C |
|      | 1500mm | 0.1°C                                 | 0.1°C  | -0.3°C |
|      | 1500mm | 0.1°C                                 | 0.1°C  | -0.3°C |
| 暑さ指数 | 500mm  | ③ 0.3°C                               | 0.3°C  | 0.1°C  |
|      | 1000mm | -0.3°C                                | -0.3°C | -0.3°C |
|      | 1500mm | -0.1°C                                | -0.1°C | -0.3°C |

| 調査内容 | 測定高さ   | 測定値の平均値の差(%)<br>(一般舗装の湿度 - 遮熱性舗装の湿度) |       |       |
|------|--------|--------------------------------------|-------|-------|
|      |        | 歩道部A                                 | 歩道部B  | 車道部   |
| 湿度   | 500mm  | -0.1%                                | 0.2%  | 0.6%  |
|      | 1000mm | -4.2%                                | -4.6% | -2.6% |
|      | 1500mm | -1.9%                                | -2.1% | -0.6% |
|      | 1500mm | -1.9%                                | -2.1% | -0.6% |

- ・「路面温度」について、平均温度差は、歩道部が3.1～3.5°C、車道部が1.3°C、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低いことを確認した。(①参照)
- ・「気温」について、測定高さ 500 mmの平均温度差は、歩道部が0.2～0.3°C、車道部が0.1°C、わずかではあるが、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低いことを確認した。(②参照)
- ・「暑さ指数」について、測定高さ 500 mmの平均暑さ指数の差は、歩道部が0.3°C、車道部が0.1°C、わずかではあるが、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低いことを確認した。(③参照)
- ・「湿度」について、測定高さ 1000 mmの平均湿度差は、歩道部が4.2～4.6%、車道部が2.6 %、測定高さ 1500 mmの平均湿度差は、歩道部が1.9～2.1%、車道部が0.6 %、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の湿度が高いことを確認した。(④参照)

## 2) 目的別効果検証

「①調査結果の再検証」の検証結果を踏まえ、改めて夜間測定の目的に沿った効果検証を行って見た。内容を以下にまとめる。

### 【目的１】夜間の放射熱の低減効果について

夜間における遮熱性舗装の特性として、「日中の太陽光による舗装への蓄積を抑え、夜間の放射熱を低減する」効果があり、具体的には、「遮熱性舗装の夜間における路面温度は、一般アスファルト舗装に比べ、約2℃低減できる」と言われている。

(路面温度上昇抑制舗装研究会 HP より参照)

今回の調査において、歩道部が約3.1～3.5℃、車道部が約1.3℃の路面温度の低減が確認できたことにより、夜間においても路面温度の低減効果が継続していることがわかった。

### 【目的２】「気温」、「暑さ指数」の変化について

「気温」の変化について、測定高さ 50 cmの気温差が、歩道部が0.2～0.3℃、車道部が0.1℃と、わずかではあるが、差を確認した。

これは、全体的に気温が低く、舗装面に近い位置では、測定時の不確定要素（日陰による温度低減や人工排熱による温度増大など）の影響が少なく、微量な気温差を捉えることができたのではないかと推測される。

また、「暑さ指数」の変化についても、測定高さ 50 cmの暑さ指数の差が、歩道部が0.3℃、車道部が0.1℃と、わずかではあるが、差を確認した。

ちなみに、歩道部の測定高さ 100 cmと 150 cmの暑さ指数が、一般アスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が高いことを確認したが、これは、歩道部の遮熱性舗装（遮熱保水性平板ブロック舗装）の効果により、保水された水分の蒸散効果が作用した結果、一般アスファルト舗装よりも湿度が高くなり、結果、暑さ指数も高くなった\*ことが考えられる。

\*暑さ指数は、[湿度、輻射熱、気温]の3要素を元にした指標であり、その割合は、[湿度：70%、輻射熱：20%、気温：10%]であるため、「湿度」の変化による影響が大きい。



### 4－3 遮熱性舗装の総合的な効果検証

#### (1) 前年度調査（昼間測定）の効果検証結果

前年度調査（昼間測定）と今年度調査（夜間調査）の総合的な効果検証を行うため、前年度調査（昼間測定）の調査項目及び調査条件、調査結果、効果検証結果を改めて整理する。内容を以下にまとめる。

##### 1) 前年度調査（昼間測定）の調査項目及び調査条件

前年度調査（昼間測定）の調査項目及び調査条件は、測定時刻以外は本年度調査（夜間測定）と同じ項目、同じ条件で調査を実施した。

| 調査項目   | 測定位置                               | 計測頻度              |
|--------|------------------------------------|-------------------|
| 温度測定   | 舗装（地表）面、地表面から50cm、100cm、150cm上方の4点 | 30分毎<br>（歩道部、車道部） |
| 日射量測定  | 地表面から100cm程度上方                     |                   |
| 風速測定   | 地表面から150cm程度上方（参考値として取得）           |                   |
| 暑さ指数測定 | 地表面から50cm、100cm、150cm上方の3点         |                   |

| 調査条件 | 歩 道                                                                   | 車 道                                                             |
|------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 調査時期 | 夏季（7月～8月）                                                             | 夏季（7月～8月）                                                       |
| 時間   | AM7:00～PM7:00                                                         | AM7:00～PM7:00                                                   |
| 調査日数 | 2日間（1地点／1日）                                                           | 1日間（1地点／1日）                                                     |
| 調査箇所 | 【地区北側1地点、南側1地点】<br>1地点2か所：歩道部の一般舗装部と遮熱舗装部の比較<br>（一般舗装部と遮熱舗装部の境界地点を選定） | 【地区北側1地点】<br>1地点2か所：車道部の一般舗装部と遮熱舗装部の比較<br>（一般舗装部と遮熱舗装部の境界地点を選定） |

調査実施日は、それぞれ、歩道部 A が平成 30 年 7 月 17 日、歩道部 B が平成 30 年 7 月 18 日、車道部が平成 30 年 8 月 6 日に調査を実施した。

調査当日の天候は、歩道部・車道部ともに「概ね晴れ」で、調査中や調査前後に雨天になることはなかった。

調査時の気温はとても暑く、最高気温が歩道部 A で 36.5℃、歩道部 B で 39.5℃、車道部で 38.9℃を記録した。

## 2) 前年度調査（昼間測定）の調査結果一覧及び効果検証結果

|              |       | 舗装の違いによる変化             |                                             |                                       |                                             | 測定高さの違いによる変化                                      | 数値比較                |                       |
|--------------|-------|------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
|              |       | 一般舗装部<br>(一般アスファルト舗装)  |                                             | 遮熱舗装部<br>(歩道：遮熱保水性ブロック)<br>(車道：遮熱性舗装) |                                             |                                                   |                     |                       |
| 路面温度         | 比較項目  | 路面平均温度<br>T1 (°C)      | 路面最高温度<br>T1' (°C)                          | 路面平均温度<br>T2 (°C)                     | 路面最高温度<br>T2 (°C)'                          | —                                                 | 平均温度差<br>T1-T2 (°C) | 最高温度差<br>T1'-T2' (°C) |
|              | 歩道部 A | 50.6                   | 57.9                                        | 45.7                                  | 52.0                                        | ①                                                 | 4.9                 | 5.9                   |
|              | 歩道部 B | 53.6                   | 64.4                                        | 46.5                                  | 54.4                                        |                                                   | 7.1                 | 10.0                  |
|              | 車道部   | 52.4                   | 63.7                                        | 47.4                                  | 56.3                                        |                                                   | 4.9                 | 7.4                   |
| 日射量<br>(日射率) | 比較項目  | アルベド値* (K1)<br>(反射／全天) |                                             | アルベド値* (K2)<br>(反射／全天)                |                                             | —                                                 | 反射日射率 (K2/K1)       |                       |
|              | 歩道部 A | 0.098                  |                                             | 0.289                                 |                                             | —                                                 | ②                   | 2.957                 |
|              | 歩道部 B | 0.149                  |                                             | 0.389                                 |                                             |                                                   | 2.612               |                       |
|              | 車道部   | 0.184                  |                                             | 0.328                                 |                                             |                                                   | 1.786               |                       |
| 気 温          | 歩道部 A | 38.3 °C                | 数値は、地表<br>面から50cm上<br>方位置の調査<br>時間内の最高<br>値 | 38.2 °C                               | 数値は、地表<br>面から50cm上<br>方位置の調査<br>時間内の最高<br>値 | 高さは150cmの気温<br>や暑さ指数の方が<br>高さは50cmより、<br>1°C程度低い。 | —                   |                       |
|              | 歩道部 B | 41.4 °C                |                                             | 42.3 °C                               |                                             |                                                   |                     |                       |
|              | 車道部   | 40.7 °C                |                                             | 40.8 °C                               |                                             |                                                   |                     |                       |
| 暑さ指数         | 歩道部 A | 34.3 °C                | 数値は、地表<br>面から50cm上<br>方位置の調査<br>時間内の最高<br>値 | 33.2 °C                               | 数値は、地表<br>面から50cm上<br>方位置の調査<br>時間内の最高<br>値 | 高さは150cmの気温<br>や暑さ指数の方が<br>高さは50cmより、<br>1°C程度低い。 | —                   |                       |
|              | 歩道部 B | 33.3 °C                |                                             | 33.6 °C                               |                                             |                                                   |                     |                       |
|              | 車道部   | 32.9 °C                |                                             | 33.2 °C                               |                                             |                                                   |                     |                       |

\*アルベド値とは、「太陽からの入射光の日射量に対する、舗装からの反射光の日射量の割合」のこと。

・「路面温度」については、平均温度で 4.9～7.1°C、最高温度で 5.9～10°C、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の温度が低いことを確認した。(①参照)

・「日射量」については、一般的なアスファルト舗装の反射日射量よりも、遮熱性舗装の反射日射量の方が、歩道部では 2.6～3 倍、車道部では 1.8 倍程度多いことを確認した。(②参照)

路面温度が低く、反射日射量が多いという結果から、今回調査した遮熱性舗装は、一般的なアスファルト舗装よりも、太陽光の近赤外線を反射し、舗装路面及び路盤への蓄熱を抑制していることが明らかであり、遮熱効果が適切に発揮されていることが確認できた。

・「気温」、「暑さ指数」については、明確な差は現れなかった。これは測定箇所の立地条件、天候（風や雲）、日陰、植栽などの影響が考えられ、室内での差は測れても、室外では数値として捉えることが困難であることが分かった。

## (2) 総合的な効果検証

### 1) 調査項目別効果検証

昼間測定から夜間測定を通じて、調査項目別に効果検証を行い、改めて遮熱性舗装の効果を定量的に判断できたかを確認する。内容を以下にまとめる。

#### ・路面温度

| 温度測定（路面温度）            |       | 一般舗装部           |                  | 遮熱舗装部                        |                  | 数値比較               |                      |
|-----------------------|-------|-----------------|------------------|------------------------------|------------------|--------------------|----------------------|
|                       |       | （一般アスファルト舗装）    |                  | （歩道：遮熱保水性ブロック）<br>（車道：遮熱性舗装） |                  |                    |                      |
| 昼間<br>（AM7:00～PM7:00） | 比較項目  | 路面平均温度<br>T1（℃） | 路面最高温度<br>T1'（℃） | 路面平均温度<br>T2（℃）              | 路面最高温度<br>T2'（℃） | 平均温度差*<br>T1-T2（℃） | 最高温度差*<br>T1'-T2'（℃） |
|                       | 歩道部 A | 50.6            | 57.9             | 45.7                         | 52.0             | 4.9                | 5.9                  |
|                       | 歩道部 B | 53.6            | 64.4             | 46.5                         | 54.4             | 7.1                | 10.0                 |
|                       | 車道部   | 52.4            | 63.7             | 47.4                         | 56.3             | 4.9                | 7.4                  |
| 夜間<br>（PM5:00～AM7:00） | 比較項目  | 平均温度<br>T1（℃）   | 路面最低温度<br>T1'（℃） | 平均温度<br>T2（℃）                | 路面最低温度<br>T2'（℃） | 平均温度差*<br>T1-T2（℃） | 最低温度差*<br>T1'-T2'（℃） |
|                       | 歩道部 A | 34.8            | 31.2             | 31.7                         | 29.0             | 3.1                | 2.2                  |
|                       | 歩道部 B | 34.5            | 32.4             | 30.9                         | 30.2             | 3.6                | 2.2                  |
|                       | 車道部   | 31.8            | 27.8             | 30.3                         | 27.1             | 1.4                | 0.7                  |

\*平均値の差は、一般舗装部の平均値から、遮熱舗装部の平均値を引いた値。

昼間測定の調査結果は、歩道部では、平均温度で4.9～7.1℃、最高温度で5.9～10℃、車道部では、平均温度で4.9℃、最高温度で7.4℃、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の路面温度が低いことを確認した。

夜間測定の調査結果は、歩道部では、平均温度で3.1～3.6℃、最低温度で2.2℃、車道部では、平均温度で2.2℃、最低温度で0.7℃、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の路面温度が低いことを確認した。

昼間は太陽光の吸収を抑え、舗装路面及び路盤への蓄熱を抑制し、夜間は放射熱を抑制し、昼間～夜間を通して、遮熱効果が発揮されていることが確認できた。

・日射量

| 日射量（日射率）測定            |       | 一般舗装部        | 遮熱舗装部                        | 数値比較           |
|-----------------------|-------|--------------|------------------------------|----------------|
|                       |       | （一般アスファルト舗装） | （歩道：遮熱保水性ブロック）<br>（車道：遮熱性舗装） |                |
| 昼間<br>（AM7:00～PM7:00） | 比較項目  | アルベド値*<br>K1 | アルベド値*<br>K2                 | 反射日射率<br>K1/K2 |
|                       | 歩道部 A | 0.098        | 0.289                        | 2.957          |
|                       | 歩道部 B | 0.149        | 0.389                        | 2.612          |
|                       | 車道部   | 0.184        | 0.328                        | 1.786          |
| 夜間<br>（PM5:00～AM7:00） | 比較項目  | アルベド値*<br>K1 | アルベド値*<br>K2                 | 反射日射率<br>K2/K1 |
|                       | 歩道部 A | -0.328       | -0.343                       | 1.046          |
|                       | 歩道部 B | -0.331       | -0.339                       | 1.026          |
|                       | 車道部   | -0.359       | -0.367                       | 1.023          |

\*アルベド値とは、「太陽からの入射光の日射量に対する、舗装からの反射光の日射量の割合」のこと。

日射量（日射率）の効果検証は、太陽光の測定値による算出となるため、昼間測定の測定値のみで効果検証を行う。（夜間測定の測定値は、日没時と日出時の確認のために測定したものであり、参考値としている。）

調査結果は、一般的なアスファルト舗装の反射日射量よりも、遮熱性舗装の反射日射量の方が、歩道部では2.6～3倍、車道部では1.8倍程度多いことを確認した。

遮熱性舗装が一般的なアスファルト舗装よりも、太陽光の近赤外線を反射し、昼間の日射光の吸収を抑え、舗装路面及び路盤への蓄熱を抑制している様子が伺え、遮熱効果が発揮されていることが確認できた。

・気温

| 温度測定（気温）              |       | 一般舗装部<br>（一般アスファルト舗装） | 遮熱舗装部<br>（歩道：遮熱保水性ブロック）<br>（車道：遮熱性舗装） | 数値比較               |
|-----------------------|-------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------|
| 昼間<br>（AM7:00～PM7:00） | 比較項目  | 平均温度<br>T1(℃)         | 平均温度<br>T2(℃)                         | 明確な差は得られなかった       |
|                       | 歩道部 A | 38.30                 | 38.20                                 |                    |
|                       | 歩道部 B | 41.40                 | 42.30                                 |                    |
|                       | 車道部   | 40.70                 | 40.80                                 |                    |
| 夜間<br>（PM5:00～AM7:00） | 比較項目  | 平均温度<br>T1(℃)         | 平均温度<br>T2(℃)                         | 平均温度差*<br>T1-T2(℃) |
|                       | 歩道部 A | 28.38                 | 28.18                                 | 0.20               |
|                       | 歩道部 B | 27.82                 | 27.67                                 | 0.15               |
|                       | 車道部   | 24.57                 | 24.63                                 | -0.06              |

\*平均値の差は、一般舗装部の平均値から、遮熱舗装部の平均値を引いた値。

昼間測定では、測定上の不確定要素（測定箇所の立地条件、天候（風や雲）、日陰、植栽など）の影響により、測定値のばらつきが多く、あまり明確な差が得られなかった。

夜間測定では、測定上の不確定要素も少なく、測定値のばらつきも少なく測定できた。

調査結果は、歩道部では、平均温度差で 0.15～0.20℃、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低いことを確認できた。車道部は同程度であった。

次に、夜間測定の測定値に対し、より現実的な検証を行うために、測定値の集計範囲を、日没から路面温度が最低温度に落ちるまでの時刻に限定し、測定高さ別に再集計した。結果を以下にまとめる。

| 温度測定（気温）              |       |           | 一般舗装部         | 遮熱舗装部                        | 数値比較               |
|-----------------------|-------|-----------|---------------|------------------------------|--------------------|
|                       |       |           | （一般アスファルト舗装）  | （歩道：遮熱保水性ブロック）<br>（車道：遮熱性舗装） |                    |
| 夜間<br>（日没時～<br>最低温度時） | 比較項目  |           | 平均温度<br>T1(℃) | 平均温度<br>T2(℃)                | 平均温度差*<br>T1-T2(℃) |
|                       | 歩道部 A | 測定高さ50cm  | 28.08         | 27.78                        | 0.30               |
|                       |       | 測定高さ100cm | 27.95         | 27.78                        | 0.17               |
|                       |       | 測定高さ150cm | 27.53         | 27.41                        | 0.12               |
|                       | 歩道部 B | 測定高さ50cm  | 27.70         | 27.45                        | 0.25               |
|                       |       | 測定高さ100cm | 27.56         | 27.39                        | 0.17               |
|                       |       | 測定高さ150cm | 27.10         | 27.03                        | 0.07               |
|                       | 車道部   | 測定高さ50cm  | 24.28         | 24.20                        | 0.08               |
|                       |       | 測定高さ100cm | 24.13         | 24.18                        | -0.05              |
|                       |       | 測定高さ150cm | 23.69         | 23.92                        | -0.23              |

\*平均値の差は、一般舗装部の平均値から、遮熱舗装部の平均値を引いた値。

再集計の結果、測定高さ 50 cmの平均温度差は、歩道部が 0.25～0.3℃、車道部が 0.08℃と、わずかではあるが、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低いことを確認した。

舗装面から上部 50 cm付近においては、わずかではあるが、気温の低減効果があることが確認できた。

## ・暑さ指数

| 暑さ指数測定                |       | 一般舗装部           | 遮熱舗装部                        | 数値比較                  |
|-----------------------|-------|-----------------|------------------------------|-----------------------|
|                       |       | (一般アスファルト舗装)    | (歩道：遮熱保水性ブロック)<br>(車道：遮熱性舗装) |                       |
| 昼間<br>(AM7:00～PM7:00) | 比較項目  | 平均暑さ指数<br>H1(℃) | 平均暑さ指数<br>H2(℃)              | 明確な差は得られなかった          |
|                       | 歩道部 A | 34.30           | 33.20                        |                       |
|                       | 歩道部 B | 33.30           | 33.60                        |                       |
|                       | 車道部   | 32.90           | 33.20                        |                       |
| 夜間<br>(PM5:00～AM7:00) | 比較項目  | 平均暑さ指数<br>H1(℃) | 平均暑さ指数<br>H2(℃)              | 平均暑さ指数の差*<br>H1-H2(℃) |
|                       | 歩道部 A | 26.14           | 26.15                        | -0.01                 |
|                       | 歩道部 B | 26.28           | 26.33                        | -0.05                 |
|                       | 車道部   | 21.91           | 22.06                        | -0.15                 |

\*平均値の差は、一般舗装部の平均値から、遮熱舗装部の平均値を引いた値。

昼間測定では、測定上の不確定要素（測定箇所、立地条件、天候（風や雲）、日陰、植栽など）の影響により、測定値のばらつきが多く、あまり明確な差が得られなかった。

夜間測定では、測定上の不確定要素も少なく、測定値のばらつきも少なく測定できたが、歩道部・車道部ともに同程度であった。

次に、夜間測定の測定値に対し、より現実的な検証を行うために、測定値の集計範囲を、日没から路面温度が最低温度に落ちるまでの時刻に限定し、測定高さ別に再集計した。結果を以下にまとめる。

| 暑さ指数測定                |       |           | 一般舗装部           | 遮熱舗装部                        | 数値比較                  |
|-----------------------|-------|-----------|-----------------|------------------------------|-----------------------|
|                       |       |           | (一般アスファルト舗装)    | (歩道：遮熱保水性ブロック)<br>(車道：遮熱性舗装) |                       |
| 夜間<br>(日没時～<br>最低温度時) | 比較項目  |           | 平均暑さ指数<br>H1(℃) | 平均暑さ指数<br>H2(℃)              | 平均暑さ指数の差*<br>H1-H2(℃) |
|                       | 歩道部 A | 測定高さ50cm  | 26.18           | 25.91                        | 0.27                  |
|                       |       | 測定高さ100cm | 25.80           | 26.04                        | -0.24                 |
|                       |       | 測定高さ150cm | 25.56           | 25.64                        | -0.08                 |
|                       | 歩道部 B | 測定高さ50cm  | 26.32           | 26.04                        | 0.28                  |
|                       |       | 測定高さ100cm | 25.94           | 26.21                        | -0.27                 |
|                       |       | 測定高さ150cm | 25.70           | 25.82                        | -0.12                 |
|                       | 車道部   | 測定高さ50cm  | 21.87           | 21.75                        | 0.12                  |
|                       |       | 測定高さ100cm | 21.56           | 21.86                        | -0.30                 |
|                       |       | 測定高さ150cm | 21.25           | 21.53                        | -0.28                 |

\*平均値の差は、一般舗装部の平均値から、遮熱舗装部の平均値を引いた値。

再集計の結果、測定高さ 50 cmの平均暑さ指数の差は、歩道部が 0.27～0.28℃、車道部が 0.12℃と、わずかではあるが、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低いことを確認した。

舗装面から上部 50 cm付近においては、わずかではあるが、暑さ指数の低減効果があることが確認できた。



## 2) 効果検証結果一覧

効果検証結果を一覧として、以下にまとめる。

| 調査項目   | 測定位置                               | 調査結果                                                                                                                                                                                                   | 効果検証結果                                                                                                |
|--------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 温度測定   | 舗装（地表）面<br>（路面温度）                  | <p>日中は、歩道部では、平均温度で4.9～7.1℃、最高温度で5.9～10℃、車道部では、平均温度で4.9℃、最高温度で7.4℃、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の路面温度が低い。</p> <p>夜間は、歩道部では、平均温度で3.1～3.6℃、最低温度で2.2℃、車道部では、平均温度で2.2℃、最低温度で0.7℃、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の路面温度が低い。</p> | <p>昼間は太陽光の吸収を抑え、舗装路面及び路盤への蓄熱を抑制し、夜間は放射熱を抑制し、昼間～夜間を通して、遮熱効果が発揮されていることが確認できた。</p>                       |
|        | 地表面から50cm、100cm、150cm上方の3点<br>（気温） | <p>測定高さ50cmの平均気温差は、歩道部が0.25～0.3℃、車道部が0.08℃、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低い。</p>                                                                                                                             | <p>舗装面から上部50cm付近においては、わずかではあるが、気温の低減効果があることが確認できた。</p>                                                |
| 日射量測定  | 地表面から100cm程度上方                     | <p>一般的なアスファルト舗装の反射日射量よりも、遮熱性舗装の反射日射量の方が、歩道部では2.8～3倍、車道部では1.8倍程度多い。</p>                                                                                                                                 | <p>遮熱性舗装が一般的なアスファルト舗装よりも、太陽光の近赤外線を反射し、昼間の日射光の吸収を抑え、舗装路面及び路盤への蓄熱を抑制している様子が伺え、遮熱効果が発揮されていることが確認できた。</p> |
| 暑さ指数測定 | 地表面から50cm、100cm、150cm上方の3点         | <p>測定高さ500mmの平均暑さ指数の差は、歩道部が0.27～0.28℃、車道部が0.12℃と、一般的なアスファルト舗装よりも、遮熱性舗装の方が低い。</p>                                                                                                                       | <p>舗装面から上部50cm付近においては、わずかではあるが、暑さ指数の低減効果があることが確認できた。</p>                                              |

## 4-4 考察及び今後の調査提案

### (1) 文献調査及び考察

前年度調査において、効果検証の内容を精査するため、同様の目的で実施された過去の調査事例、研究論文を調査し、調査結果との比較を行った。

同様の目的で実施された過去の調査事例や研究論文の概要を、以下の表にまとめる。

| 資料名                                            | 作成者、年など      |                | 路面温度                  |                       | 人体への影響              | その他                                                         |
|------------------------------------------------|--------------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                                |              |                | 遮熱性舗装                 | 保水性舗装                 | 暑さ指数<br>(WBGT)      |                                                             |
| 資料 No-1<br><br>路面温度上昇抑制<br>機能を有する舗装<br>技術の効果確認 | 国土交通省<br>道路局 | 平成 28 年<br>7 月 | 瞬間温度差<br>の最高値<br>9.8℃ | 瞬間温度差<br>の最高値<br>4.3℃ | 優位な差<br>は見られな<br>い。 | 散水の効果<br>は長続きせ<br>ず、継続的な<br>効果発現に<br>は継続的な<br>散水が必要<br>となる。 |

| 資料名                                          | 作成者、年など                             |         | 目 的                                                                                         | 結 果                                                                                      |
|----------------------------------------------|-------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 資料 No-2<br><br>遮熱性舗装におけ<br>る気温と熱輸送量<br>の観測結果 | H21. 都土木<br>技術支援・<br>人材育成セ<br>ンター年報 | 平成 21 年 | 遮熱性舗装の施工前後の気<br>温について観測し比較。ただ<br>し観測は自動車の排熱や風の<br>影響を受けるため、観測値を<br>統計的な仮説検定の手法を用<br>いて検討した。 | 日陰が多い観測路線では<br>気温が低下することが統計<br>的に確認できなかった。日<br>向が多い観測路線では夜間<br>に気温が低下したことを統<br>計的に確認できた。 |

| 資料名                                           | 作成者、年など             |                                            | 目 的                                                                                                           | 結 果                                                                       |
|-----------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 資料 No-3<br><br>ヒートアイランド<br>対策技術公開検証<br>結果 報告書 | 埼玉県                 | 平成 18 年-<br>平成 20 年<br>にかけて公<br>開検証を実<br>施 | 平成 18 年当初にヒートアイ<br>ランド緩和に効果があると思<br>えられる遮熱性舗装及び歩道<br>等に利用する技術公募を行<br>い、16 技術を選定し、2 年間、<br>路面の温度や気温等を観測し<br>た。 | 車道の路面温度の平均低減<br>効果が 5~8℃、3 年間継続<br>した技術は 4 技術であった。                        |
| 資料 No-4<br><br>新潟市内における<br>遮熱性舗装の施工<br>事例について | 本間道路<br>株式会社<br>技術部 | —                                          | 遮熱性舗装施工部と未施工<br>部の舗装の表面温度とその直<br>上の気温を測定し、路面温度<br>低減効果と周辺に及ぼす影響<br>について調査                                     | 路面温度差の平均値は<br>10.1℃、気温差(高さ 50cm)<br>は 1~2℃。(既設舗装面が<br>55℃を超える状況下におい<br>て) |

(各資料の内容は、「資料 3 : 遮熱性舗装の効果検証に関する調査・研究事例」を参照)

また、調査結果との比較により、確認できた内容を、以下にまとめる。

- ・路面温度の低下については、概ね 5℃～10℃程度となっており、遮熱性舗装における効果測定において、ほとんど同様の結果が表れていることが確認された。
- ・気温・暑さ指数の低下については、天候（風など）、日陰、植栽、自動車の排熱などの影響により、屋外における気温・暑さ指数の低減効果を数値として捉えることが困難であることが確認された。

次に、遮熱性舗装の調査において、ここ 1～2 年の最新動向を調査した。遮熱性舗装の効果検証に関する最新動向の内容を以下にまとめる。

| 資料名                                          | 作成者、年など                     |                        | 目 的                                                                                          | 結 果                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 資料 No-5<br>アスリート・観客にやさしい道づくりに向けた提言<br>(参考資料) | 国土交通省<br>道路局                | 平成 28 年<br>9～10 月      | 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会におけるアスリートや観客への暑熱対策を目的に、路面温度上昇抑制機能の舗装技術に関する効果検証及び結果を取りまとめた資料を作成     | WBGT（暑さ指数）を環境舗装（遮熱性・保水性）と密粒舗装（通常のアスファルト舗装）とで比較すると、差分の大半が±1℃となり、環境舗装と密粒舗装の間に有意的な差は見られなかった。                                                   |
| 資料 No-6<br>市が尾駅前にける遮熱性舗装の熱環境調査結果             | 環境科学研究所<br>(会報紙より)          | 平成 30 年<br>3 月         | 遮熱性舗装の気温、相対湿度、風速、黒球温度、赤外線放射量（上向き）、日射量（上向き、下向き）、赤外線サーモグラフィを使って赤外画像を測定し、効果的な遮熱性舗装の活用方法について調査   | 上向き赤外放射量や表面温度については、明瞭な差が見られ、遮熱環境を緩和する効果が生じていることを確認した。一方、気温や暑さ指数については明瞭な差は認められなかった。                                                          |
| 資料 No-7<br>「暑さ防ぐ舗装逆効果」                       | 東京農業大<br>樫村教授<br>(東京新聞記事より) | 令和元年<br>8 月 30 日       | 遮熱性舗装が、逆に熱中症のリスクを高めるとする研究論文を東京農業大樫村教授の研究チームが発表。さいたま市内で、遮熱性舗装と隣接する通常のアスファルト舗装の道路上での気温などを計測、比較 | 気温は両日とも、路面からの高さ 50cm、150cm、200cm の 3 カ所の全計測点で、遮熱性舗装の方が高かった。また、150 cmでの最高気温は 41 度で、アスファルトより 2.6 度上回った。気温と湿度、日射量などから導く WBGT（暑さ指数）も 1.3 度高かった。 |
| 資料 No-8<br>遮熱性舗装上の温度等 Q&A                    | 路面温度上昇抑制舗装研究会<br>(HP より)    | 令和元年<br>10 月 2 日<br>更新 | 遮熱性舗装に関する様々な疑問に対する回答を Q&A 形式による形でまとめられた資料。体への影響、暑さ指数、気温、測定機器、紫外線反射率、舗装の耐久性に関する質問及び回答を記載      | 遮熱性舗装と通常のアスファルト舗装上の暑さ指数、気温を高さ 50 cm、150 cmでそれぞれ比較した結果は同程度である。また、暑さ指数は、測定機器の種類（標準型・簡易型）によって、高さ 150 cmの測定結果で、簡易型の方が若干高く出る傾向にある。               |

(各資料の内容は、「資料 4：遮熱性舗装の効果検証に関する最新動向」を参照)

以上のことを踏まえ、遮熱性舗装の効果について、考察を行う。

なお、既に前年度調査（昼間測定）の調査結果、効果検証により、「路面温度」「日射量」については、遮熱性舗装の効果を確認できているため、「気温」「暑さ指数」を中心に考察を行う。

新聞、インターネットなどの情報による最新動向を調べると、「気温」「暑さ指数」に関する測定及び効果検証に関する内容が多く取り上げられ、その見解が大きく分けて2つに分かれていることが確認できた。

1つが通常のアスファルト舗装と遮熱性舗装を比較した結果、「気温差、暑さ指数の差が同程度である」という見解（資料 No-5, 6, 8）、もう一つが「気温、暑さ指数は遮熱性舗装の方が高くなる」という見解（資料 No-7）である。

最新動向の調査の結果、ここ1～2年においては、概ね「気温差、暑さ指数の差が同程度である」という見解（資料 No-5, 6, 8）の方が多く見受けられた。

通常のアスファルト舗装と遮熱性舗装を比較した結果、「暑さ指数の差」が同程度であった理由として、「資料 No-5 アスリート・観客にやさしい道づくりに向けた提言(参考資料)」(国土交通省道路局)の中に、以下のような記載がある。

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

- ・ 計算式から見てわかる通り、7割を占める湿球の差が大きく影響している。
- ・ 湿度は計測誤差が出やすく、複数ロットで湿度を測定する時は、丁寧に補正しないと、WBGT の差は湿度の誤差に埋もれてしまう。
- ・ また、月平均など長期間の値で1℃下がれば効果は大きいと言えるが、瞬間値の1℃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】

（「資料 No-5 アスリート・観客にやさしい道づくりに向けた提言(参考資料)」(国土交通省道路局)の「舗装の種類ごとの WBGT の差について」より一部抜粋）

つまり、測定上の不確定要素（天候（風など）、日陰、植栽、自動車の排熱）を極力抑えた状態で計測しても、通常のアスファルト舗装と遮熱性舗装の「暑さ指数の差」は「湿度」による影響が大きく、「湿度」の計測誤差で「暑さ指数の差」が埋もれてしまうとのことである。

また、瞬間値を評価して対策の効果とすることに意味がないとの有識者の見解も記載されている。

次に、「資料 No-8 遮熱性舗装上の温度等 Q&A」（路面温度上昇抑制舗装研究会）に、「気温」「暑さ指数」に関する質問と回答、測定結果が記載されている箇所があり、その測定結果を元に、通常のアスファルト舗装と遮熱性舗装の「気温差」「暑さ指数の差」を計算した。計算結果を以下にまとめる。

・通常アスファルト舗装と遮熱性舗装の「気温差」\*1

高さ 50 cm … -0.1℃（全データ）  
0.0℃（気温 30℃以上の時間帯の平均値）  
0.2℃（気温 35℃以上の時間帯の平均値）  
高さ 150 cm … 0.1℃（全データ）  
0.2℃（気温 30℃以上の時間帯の平均値）  
0.5℃（気温 35℃以上の時間帯の平均値）

・通常アスファルト舗装と遮熱性舗装の「暑さ指数の差」\*2

高さ 50 cm … 0.0℃（全データ）  
0.1℃（気温 30℃以上の時間帯の平均値）  
0.1℃（気温 35℃以上の時間帯の平均値）  
高さ 150 cm … -0.3℃（全データ）  
-0.2℃（気温 30℃以上の時間帯の平均値）  
0.1℃（気温 35℃以上の時間帯の平均値）

\*1 計算値は、通常のアスファルト舗装の気温から遮熱性舗装の気温を引いた値

\*2 計算値は、通常のアスファルト舗装の暑さ指数から遮熱性舗装の暑さ指数を引いた値

（「資料 No-8 遮熱性舗装上の温度等 Q&A」（路面温度上昇抑制舗装研究会）の「遮熱性舗装上の暑さ指数は高くなるの？」「遮熱性舗装上の気温は高くなるの？」内の測定結果を元に計算）

資料に調査条件などの具体的な情報がないので、あくまでも単純な平均測定値の差分を元にした推測になってしまうが、計算結果より、「気温差」「暑さ指数の差」は、ほぼ同程度であり、測定誤差によって埋もれてしまう程度の差であることが伺えた。

ちなみに、本調査の調査結果は、夜間測定における高さ 50 cm の測定値の差分は、「気温差」が、歩道部で 0.25～0.3℃、車道部で 0.08℃、「暑さ指数の差」が、歩道部で 0.27～0.28℃、車道部で 0.12℃という結果である。

比較すると、測定上の不確定要素が少ない夜間測定であるため、本調査の調査結果の方がわずかに差がある傾向ではあるが、その差が微量であるため、測定誤差の可能性も否定できない。

そこで、舗装面上部の温度低減効果を、別の指標で確認できないか、いくつか方法を選定し、検証を試みた。検証内容及び検証結果を以下にまとめる。

### 【検証例 1】熱量換算による効果検証

「気温」について、仮に、遮熱性舗装の整備予定の全舗装面積と測定高さ 50 cm までの空間において、歩道部で約 0.3℃、車道部約 0.1℃の温度低減があった場合、どの程度熱量の低減につながるかを試算してみた。試算した内容を以下にまとめる。

#### ※気温の熱量換算による試算

試算条件：

|                  |                                                               |
|------------------|---------------------------------------------------------------|
| 遮熱性舗装の整備予定の全舗装面積 | 約 8,300 m <sup>2</sup> (歩道部)<br>約 26,400 m <sup>2</sup> (車道部) |
| 測定高さ             | 50 cm                                                         |
| 気温の低減温度          | 約 0.3℃ (歩道部)<br>約 0.1℃ (車道部)                                  |
| 気圧               | 標準気圧 (約 1013hPa)                                              |
| 気温               | 35℃                                                           |
| 空気の密度            | 1.1458 kg/m <sup>3</sup> (標準気圧、気温 35℃の場合)                     |
| 空気の比熱            | 1.008 kJ/kg℃                                                  |

計算：

#### ① [遮熱性舗装の整備予定の全舗装面積 × 高さ 50 cm] の体積

$$8,300 \text{ (m}^2\text{)} \times 0.5 \text{ (m)} = 4,150 \text{ (m}^3\text{)} \text{ (歩道部)}$$

$$26,400 \text{ (m}^2\text{)} \times 0.5 \text{ (m)} = 13,200 \text{ (m}^3\text{)} \text{ (車道部)}$$

#### ② ①の空気の質量

$$1.1458 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 4,150 \text{ (m}^3\text{)} \div 4,755 \text{ (kg)} \text{ (歩道部)}$$

$$1.1458 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 13,200 \text{ (m}^3\text{)} \div 15,124 \text{ (kg)} \text{ (車道部)}$$

#### ③ 指定された気温を下げるのに必要な熱量

$$1.008 \text{ (kJ/kg℃)} \times 4,755 \text{ (kg)} \times 0.3 \text{ (℃)} = 1437.9 \dots \div 1,438 \text{ (kJ)} \text{ (歩道部)}$$

$$1.008 \text{ (kJ/kg℃)} \times 15,124 \text{ (kg)} \times 0.1 \text{ (℃)} = 1524.4 \dots \div 1,524 \text{ (kJ)} \text{ (車道部)}$$

試算結果：

歩道部 … 約 1,438 kJ (キロジュール)

車道部 … 約 1,524 kJ (キロジュール)

効果検証：

熱量の規模を計る目安として、「1g の水を 0℃から 100℃を熱するのに必要な熱量」(約 420J (ジュール)) に換算すると、歩道部で約 3.4kg、車道部で約 3.6kg の水を 0℃から 100℃に熱する熱量に相当し、それだけの熱量が低減されることを確認した。



## 【検証例 2】簡易体感温度指標による体感温度の効果検証

「体感温度」とは人間の肌を感じる温度の感覚を、定量的に表したものである。「体感温度」に関する指標は数多くあり、その中の一つに「簡易体感温度指標」がある。

「簡易体感温度指標」は、「まちなか暑さ対策ガイドライン 改訂版」（環境省 平成 30 年 3 月）の「参考資料：簡易体感温度指標による効果把握」に記載されている指標で、体感温度の改善効果を簡易的に把握する方法として紹介されている。この指標にて、本調査の測定結果を元に試算してみる。

ただ、局所的な気温低下、日除けによる日射対策、路面・壁面等の温度を下げる対策の効果の目安を体感温度として手軽に計算できるが、「対策面の面積 100 m<sup>2</sup>以下」、「風速 1m 以下」、「対策面の面積の縦横比が 1 対 7 まで」などの制約があるため、一部条件は仮の測定値とした。試算した内容を以下にまとめる。

（具体的な内容は、「資料 5：まちなか暑さ対策ガイドライン 改訂版」を参照）

### ※簡易体感温度指標による体感温度の試算

試算条件：

|             |                                                                     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------|
| 気温変化        | なし                                                                  |
| 日陰などの日射対策   | なし                                                                  |
| 路面等の高温化抑制対策 | 歩道部 … 平均温度差 約 6℃低下、最高温度差 約 10℃低下<br>車道部 … 平均温度差 約 5℃低下、最高温度差 約 7℃低下 |
| 体感温度を評価する高さ | 1.5m                                                                |
| 対策面の面積      | 100 m <sup>2</sup> （縦横比 1:1）                                        |
| 風速          | 0m/s（無風）                                                            |

計算：

#### ①気温変化

なし（0℃）

#### ②日陰などの日射対策の効果

なし（0℃）

#### ③路面等の高温化抑制対策の効果

（計算式 … 長波係数(0.8 固定値) × 対策面の見える割合<sup>\*1</sup> × 表面温度変化量）

##### 【歩道部】

$0.8 \times 0.37 \times -6 \div -1.78$ （℃）（平均温度差 約 6℃低下の場合）

$0.8 \times 0.37 \times -10 \div -2.96$ （℃）（最高温度差 約 10℃低下の場合）

##### 【車道部】

$0.8 \times 0.37 \times -5 \div -1.48$ （℃）（平均温度差 約 5℃低下の場合）

$0.8 \times 0.37 \times -7 \div -2.07$ （℃）（最高温度差 約 7℃低下の場合）

#### ④簡易体感温度

(計算式 … 風速係数<sup>\*2</sup> × ①気温変化 + (1-風速係数<sup>\*2</sup>) × (②日陰などの日射対策の効果 + ③路面等の高温化抑制対策の効果)

##### 【歩道部】

$$0.5 \times 0 + (1-0.5) \times (0-1.78) = -0.89^{\circ}\text{C} \doteq -0.9^{\circ}\text{C} (\text{平均温度差 約 } 6^{\circ}\text{C} \text{ 低下の場合})$$

$$0.5 \times 0 + (1-0.5) \times (0-2.96) = -1.48^{\circ}\text{C} \doteq -1.5^{\circ}\text{C} (\text{最高温度差 約 } 10^{\circ}\text{C} \text{ 低下の場合})$$

##### 【車道部】

$$0.5 \times 0 + (1-0.5) \times (0-1.48) = -0.74^{\circ}\text{C} \doteq -0.7^{\circ}\text{C} (\text{平均温度差 約 } 5^{\circ}\text{C} \text{ 低下の場合})$$

$$0.5 \times 0 + (1-0.5) \times (0-2.07) = -1.03^{\circ}\text{C} \doteq -1.0^{\circ}\text{C} (\text{最高温度差 約 } 7^{\circ}\text{C} \text{ 低下の場合})$$

試算結果：

歩道部 … 約 0.9℃の体感温度の低下（平均温度差 約 6℃低下の場合）

約 1.5℃の体感温度の低下（最高温度差 約 10℃低下の場合）

車道部 … 約 0.7℃の体感温度の低下（平均温度差 約 5℃低下の場合）

約 1.0℃の体感温度の低下（最高温度差 約 7℃低下の場合）

効果検証：

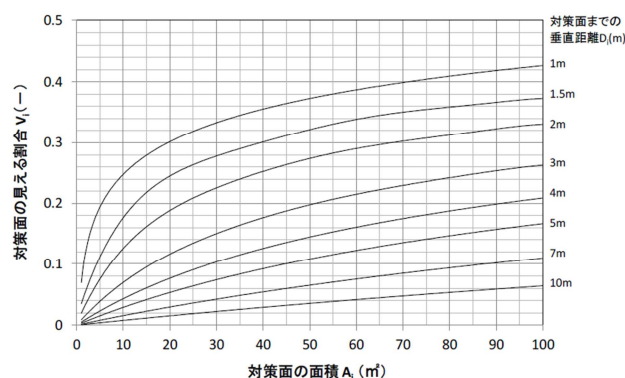
一部仮の条件（対策面の面積：100 m<sup>2</sup>、対策面の縦横比：1 対 1、風速：0m/s）とした箇所もあるが、試算の結果、舗装面の上部 150 cm の位置では、路面温度が平均温度差分低下した場合、歩道で約 0.9℃、車道で約 0.7℃、体感温度が低下する結果となった。

また、路面温度が最高温度差分低下した場合、歩道で約 1.5℃、車道で約 1.0℃、体感温度が低下する結果となった。

つまり、路面温度が低下すれば、気温の変化がなくても、体感温度が低下することを確認できた。

\*1 「対策面の見える割合」について

「対策面の見える割合」とは、評価点から見た対策面が、どの程度の割合を占めるかを示すもの。以下のグラフから算出する。



\*2 「風速係数」について

「風速係数」は、以下の表から算出する。

| 風 速                 | 風速係数 |
|---------------------|------|
| 0.2m/s 未満           | 0.5  |
| 0.2m/s 以上、0.6m/s 未満 | 0.6  |
| 0.6m/s 以上、1.0m/s 未満 | 0.7  |