

7. 遮熱性舗装の施工前後における顕熱輸送量の観測

Field Observations of Sensible Heat Flux before and after Paving of Solar Heat-blocking Pavement

技術支援課 小作好明、松村真人、市川吉洋

1. はじめに

ヒートアイランド現象は、都市化の進展に伴い、舗装やコンクリートで地表面が被覆されたことが原因の一つとして指摘されている。東京都ではヒートアイランド対策を重点事業の一つとして位置づけており、建設局ではヒートアイランド現象を抑制する取組みとして、近赤外領域の波長の日射を反射して舗装温度の上昇を抑制する遮熱性舗装を施工している。東京都土木技術支援・人材育成センターでは、実際の車道において大気を加熱する顕熱の観測を実施しており、平成 22 年(2010)夏期と平成 23 年(2011)夏期に、遮熱性舗装の道路上と、比較用の密粒度舗装または低騒音舗装において、同時に顕熱を観測し、その観測結果については、既に報告³⁾している。

しかし、遮熱性舗装と比較舗装の 2 箇所と同時に観測する場合、観測場所の違いというものがあり、顕熱の観測値に影響を与えることが懸念された。そこで、本論では、観測場所の影響を考慮する必要がなくなるように観測場所を同一にして、遮熱性舗装の施工前と施工後の顕熱について熱輸送量の観測を行った。

2. 観測の概要

観測箇所は、東京都江東区塩浜二丁目 5 番地先の都道である。この道路幅員は広く、合計 7 車線あり、日中を通して日向になる場所である。

写真-1 と写真-2 に遮熱性舗装の施工前と後での観測箇所を示し、図-1 に遮熱性舗装の施工前、図-2 に遮熱性舗装の施工後の観測位置を示す。施工前の舗装種別は密粒度舗装のみであり、遮熱性舗装施工後は、

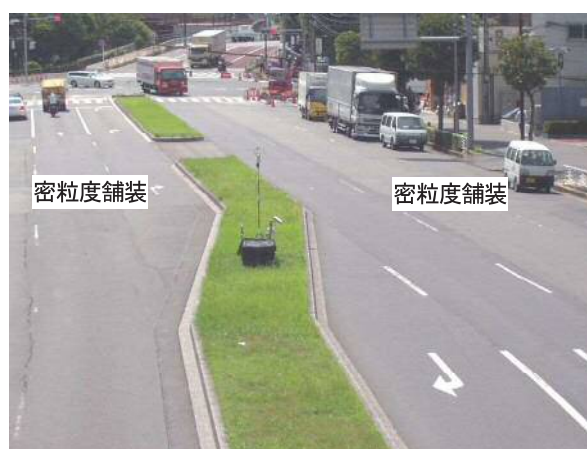


写真-1 観測箇所（遮熱性舗装 施工前）



写真-2 観測箇所（遮熱性舗装 施工後）

遮熱性舗装と密粒度舗装である。

観測期間は、遮熱性舗装施工前の観測の場合、平成 24 年(2012) 8 月 8 日から 9 月 11 日までの約 1 ヶ月である。遮熱性舗装の施工は平成 25 年(2013)年度に実施されたため、施工後の観測は、平成 26 年(2014)年 8 月 13 日から 9 月 15 日までの約 1 ヶ月である。

観測は、中央分離帯に表-1 に示す機器を設置して

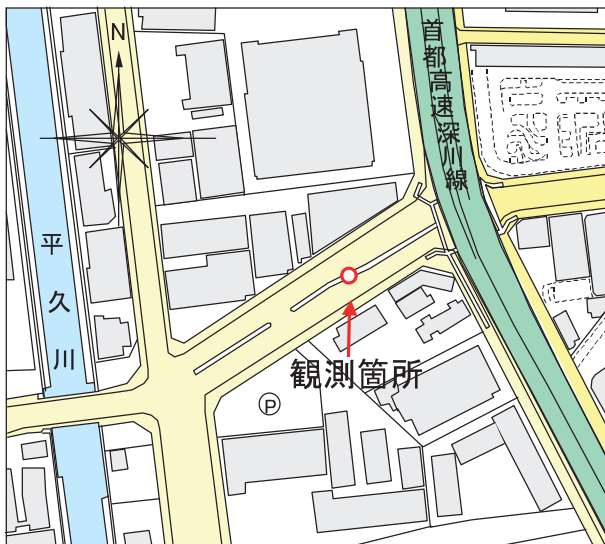


図-1 観測箇所（遮熱性舗装 施工前）

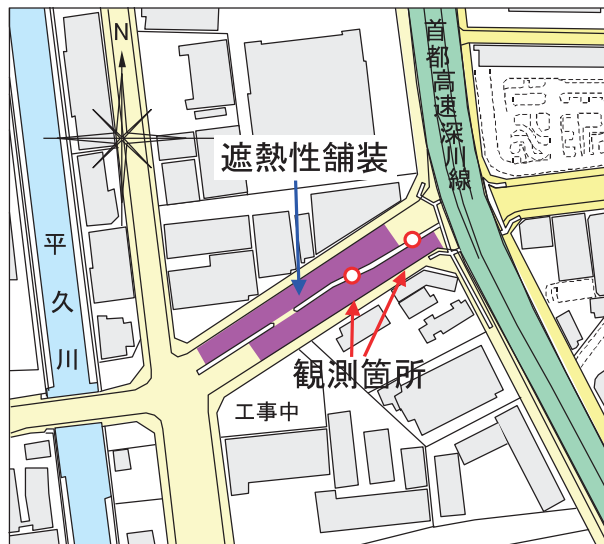


図-2 観測箇所（遮熱性舗装 施工後）



写真-3 観測状況



写真-4 観測状況

行った。写真-3、写真-4 に観測状況、図-3 に観測の模式図を示す。図-2 において観測箇所を追加しているのは、遮熱性舗装施工後に密粒度舗装の表面温度を観測するためである。舗装表面温度は斜め方向から放射温度計で観測した。日射量、舗装表面温度、気温は1分間隔で記録し、10分平均値にしてから整理した。

3. 観測箇所の風向

観測箇所の風の状況を確認するため、図-4 と図-5 に観測高さ 3m で観測した風向について風配図を示す。観測箇所は、南西に駐車場があって開けており、北側に高い建物がある。流入した風が建物に当たり、吹き降ろす風が道路に沿って流れようとしていると考えられ、遮熱性舗装施工前の 2012 年の観測では、西系が主な風向で東系の頻度が少なかった。しかし、施工後の 2014 年の場合、東系の頻度の方が多くなったが、遮熱性舗装上を通過する風向なので問題がないと思わ

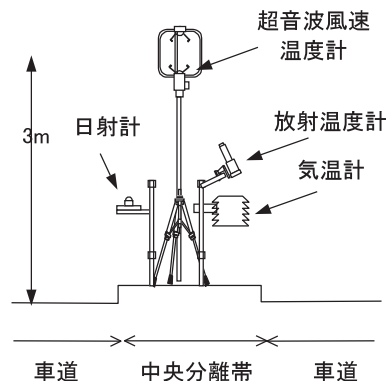


図-3 観測の模式図

表-1 観測項目と観測機器

観測項目	観測機器	記録間隔	備考	
日射量	全天日射計	1分		
顕熱輸送量	超音波風速温度計	0.10秒	観測高3m	
風向風速	風速温度計			
舗装表面温度	放射温度計	1分	施工前	密粒度舗装
			施工後	密粒度舗装 遮熱性舗装
気温	気温計	1分	自然通風式 観測高0.85m	

れる。なお、2012年に駐車場であった場所で建築工事が始まったが、2014年の観測時には、まだ基礎工事の段階であったため、2012年と同じく南西側が開けている状況であった。

4. 水平風速と顕熱輸送量

顕熱輸送量の値は、超音波風速温度計を用いた渦相関法で算出した。渦相関法は、応答速度が非常に速い観測機器を用いて気温 T 、鉛直風速 w を観測し、共分散を算出して顕熱輸送量を求めるものである。今回の観測では10分間分のデータを用いて顕熱輸送量を算出した。水平風速は10分間平均値とした。

一般に、地表面温度 T_s と気温 T_a の温度差が大きいほど顕熱は多くなり、また、風速が大きい場合、大気の混合が促進されて、風速が大きいほど顕熱は多くなるとされている。地表面温度 T_s と気温 T_a の温度差と水平風速という二つの要素があるので、温度差 $T_s - T_a$ を固定するため、温度差 $T_s - T_a$ を3度刻みにデータを分類してから、水平風速と顕熱輸送量を整理した。水平風速と顕熱輸送量の関係の一例を図-6から図-11に示す。温度差 $T_s - T_a$ を3度刻みにして区間平均値も示した。遮熱性舗装施工前の2012年では、地表面温度 T_s は、密粒度舗装での放射温度計による値であり、遮熱性舗装施工後の2014年では、遮熱性舗装での放射温度計による値である。ただし、降雨の場合と、降雨の影響で路面が湿っているようなデータは除いている。また、データ数が10個未満の場合は、区間平均値を算出していない。なお、温度差 $T_s - T_a$ で用いる気温 T_a は、中央分離帯に設置した観測高さ85cm程度の自然通風式気温計の値を用いた。

図-6から図-11に示すように、密粒度舗装、遮熱性舗装、いずれの場合でも、水平風速が大きいほど顕熱輸送量が大きくなるという傾向はなく、水平風速と顕熱輸送量にほとんど相関性がない。これは、車両によって強制的に鉛直方向の混合が促進され、水平風速と顕熱輸送量に関係がなくなったためと考えている。

5. 観測値の比較

図-12と図-13に遮熱性舗装の施工前と施工後の日射量、気温、風向、風速、舗装表面温度、顕熱輸送

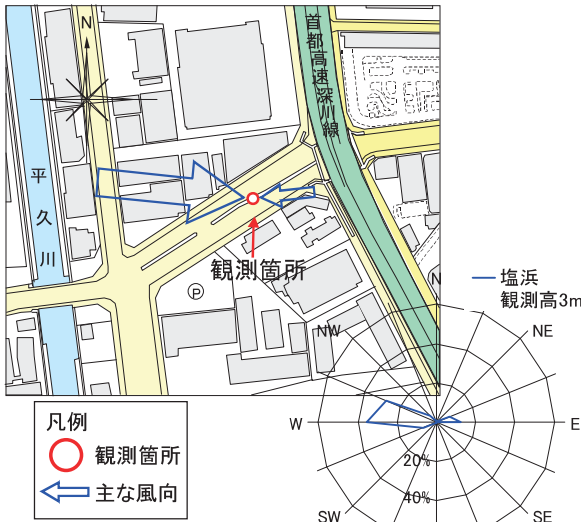
量の時刻変化を一例として示す。施工後の場合、観測箇所が遮熱性舗装になっているので舗装表面温度が低くなってしまい、施工前と施工後の顕熱輸送量の比較ができない。そこで、遮熱性舗装によって舗装表面温度が下がり、顕熱輸送量が削減しているのかを評価するためには、遮熱性舗装を施工していなかった場合の舗装表面温度を想定する必要がある。そのため、遮熱性舗装施工後の観測では、密粒度舗装の舗装表面温度も観測しておいた。遮熱性舗装の施工前と施工後の顕熱輸送量の比較する際、遮熱性舗装ではなく、密粒度舗装の舗装表面温度が同じになるような日を選んで観測値を示した。

図-12の場合、顕熱輸送量を見ると、明らかに遮熱性舗装施工後の方が少なくなっており、遮熱性舗装の効果が現れている。しかし、図-13を見ると、遮熱性舗装の場合の顕熱輸送量がそれほどはっきりと少なくなっていない。必ずしも、密粒度舗装の舗装表面温度が同じになるような日でも顕熱輸送量が少なくなっているとは言えないようである。そこで、平均的にはどの程度なのかを評価する必要がある。

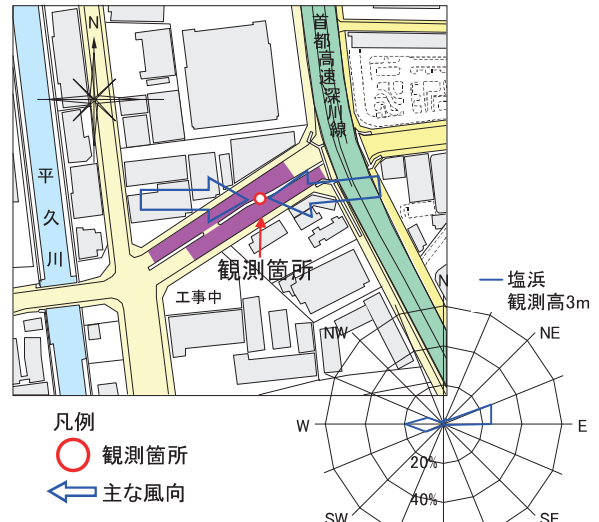
6. 舗装表面温度と気温の温度差と顕熱輸送量

図-14と図-15に舗装表面温度 T_s と気温 T_a の温度差 $T_s - T_a$ と、顕熱輸送量 H の関係を示す。ただし、施工後の場合、遮熱性舗装であるため舗装表面温度が低くなり、顕熱輸送量を同じ条件で比較ができなため、遮熱性舗装を施工していない場合を想定した密粒度舗装の舗装表面温度とし、 T_s (密) とした。また、気温は T_a (気) と表示した。なお、降雨の場合と路面が湿って降雨の影響がありそうなデータは除いた。

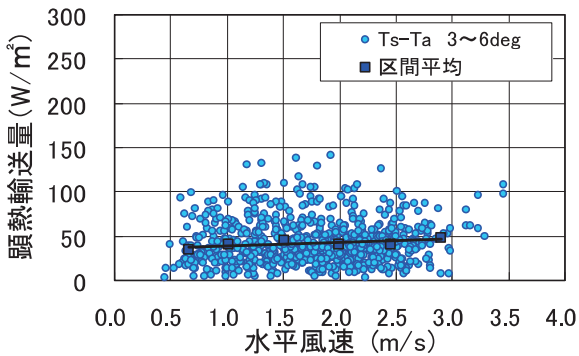
図-14、図-15に示すように舗装表面温度 T_s と気温 T_a の温度差 $T_s - T_a$ が大きくなるにつれて顕熱輸送量 H が多くなる傾向があることが分かるが、データのばらつきは非常に大きいこともはっきりとしている。平均的にはどの程度の顕熱輸送量を削減しているのかを評価するため、原点を通過する近似直線を表示した。その傾きは遮熱性舗装の施工前で8.54、施工後で6.16である。舗装表面温度と気温の温度差と顕熱輸送量が平均的には比例すると仮定すれば、近似直線の傾きから $(8.54 - 6.16) / 8.54 \approx 0.28$ 、平均的には28%



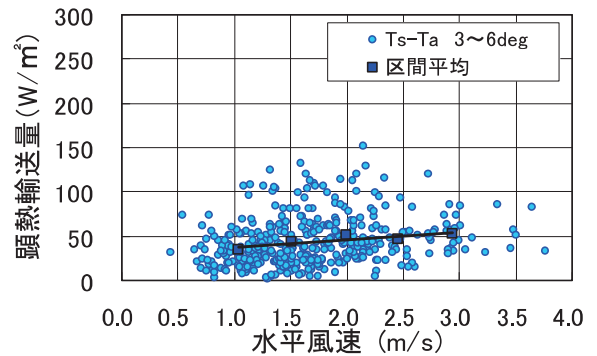
図一4 風配図 (2012年 施工前)



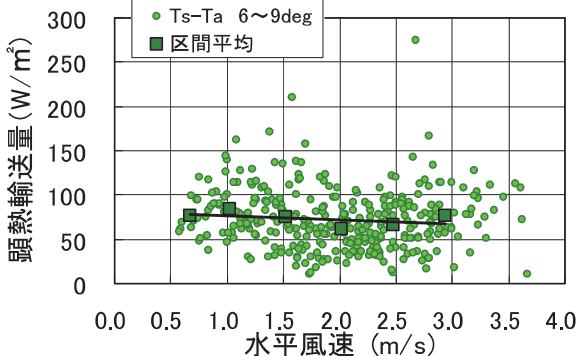
図一5 風配図 (2014年 施工後)



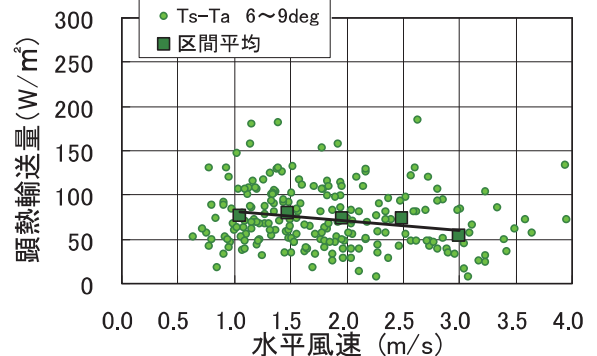
図一6 水平風速と顕熱輸送量
(2012年 施工前 密粒度舗装)



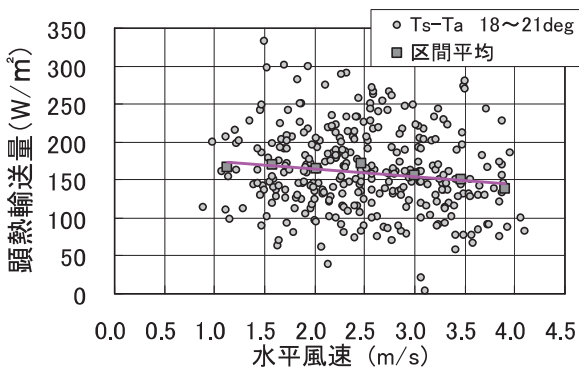
図一7 水平風速と顕熱輸送量
(2014年 施工後 遮熱性舗装)



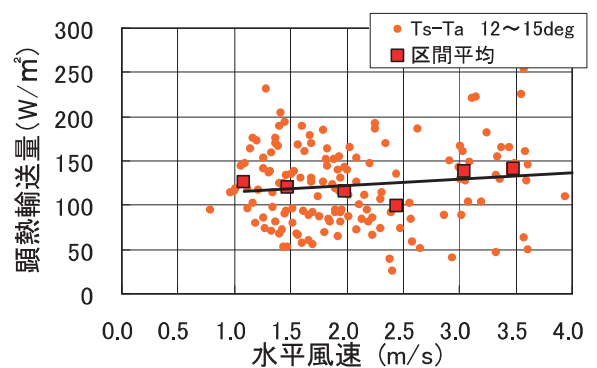
図一8 水平風速と顕熱輸送量
(2012年 施工前 密粒度舗装)



図一9 水平風速と顕熱輸送量
(2014年 施工後 遮熱性舗装)



図一10 水平風速と顕熱輸送量
(2012年 施工前 密粒度舗装)



図一11 水平風速と顕熱輸送量
(2014年 施工後 遮熱性舗装)

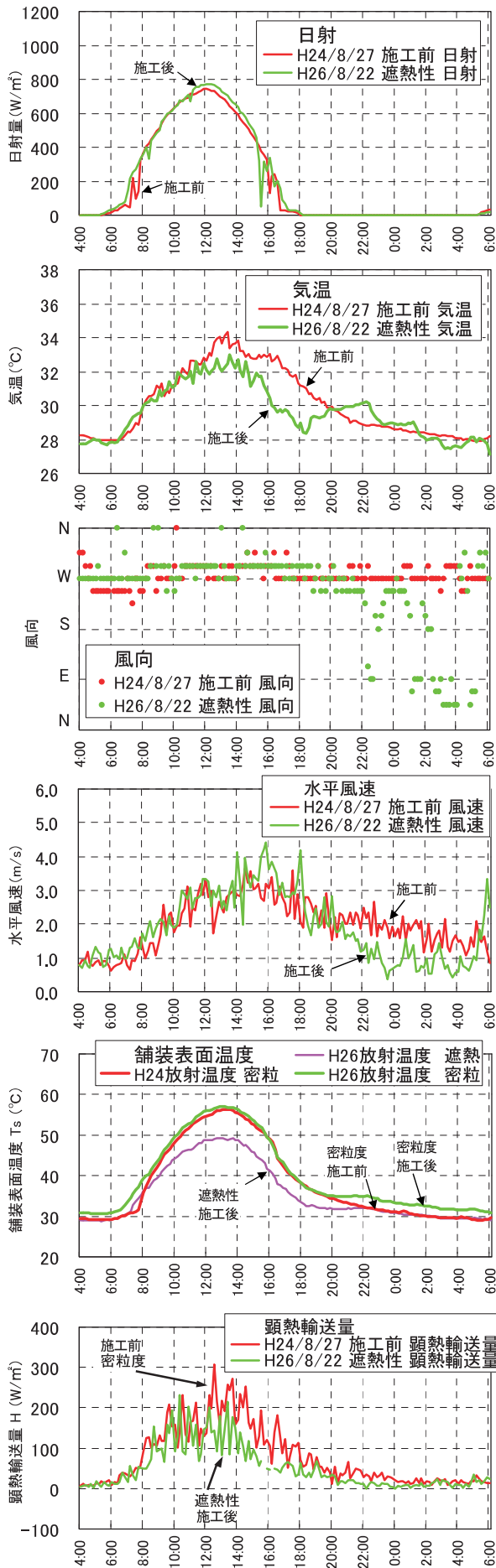


図-12 施工前と施工後の比較

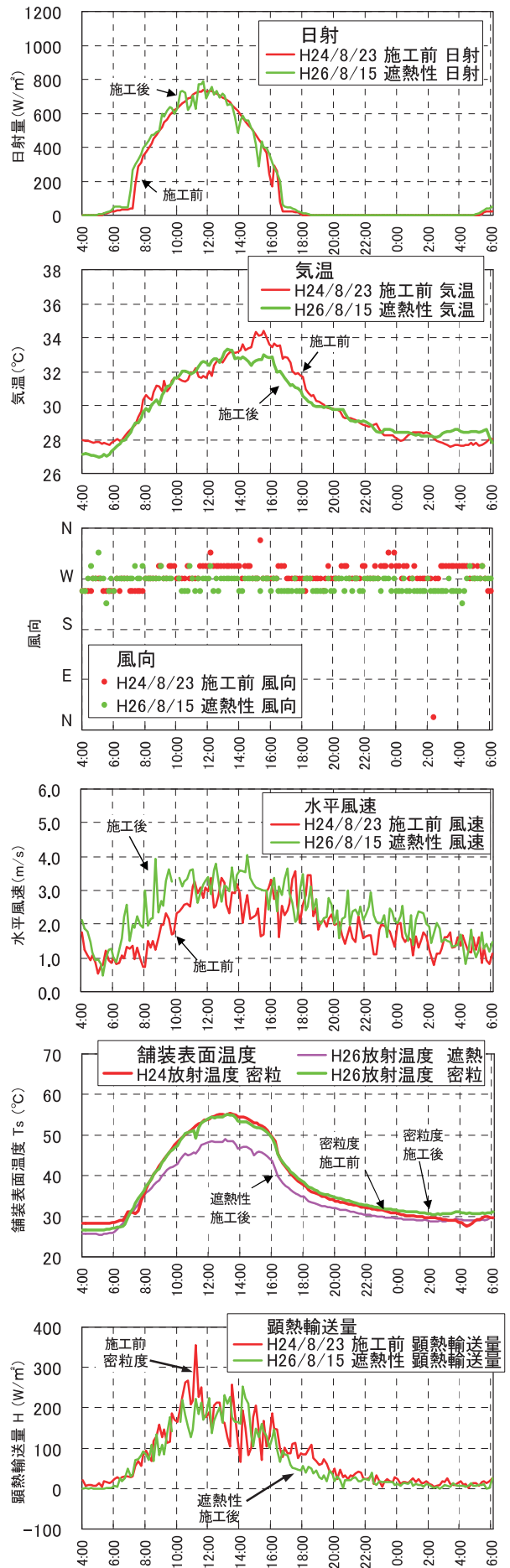


図-13 施工前と施工後の比較

程度、遮熱性舗装によって顕熱輸送量が少なくなっていることになる。

なお、既に報告³⁾したとおり、2010年と2011年の夏期に、密粒度舗装または低騒音舗装と、遮熱性舗装の道路の中央分離帯において、同時に顕熱の観測を行って、積算した顕熱を比較した場合には、低騒音舗装または密粒度舗装より遮熱性舗装では、昼間の顕熱が平均で20%程度少なかった結果を得ている。

以前の結果と今回の結果から、遮熱性舗装によって路面温度を下げた場合、平均的には、5分の1から4分の1程度の顕熱を削減するのではないかと推察している。ただし、図-14、図-15からも分かるとおり、ばらつきが非常に大きい上での評価であり、観測箇所によっても評価が異なることは、留意する必要がある。

7. まとめ

観測場所を同一にして、遮熱性舗装の施工前と施工後の顕熱輸送量の観測を行った。水平風速が大きいほど顕熱輸送量が大きくなるという傾向はなかったため、遮熱性舗装施工前と施工後の舗装表面温度 T_s と気温 T_a の温度差 $T_s - T_a$ と顕熱輸送量 H の関係から、顕熱輸送量の削減量を推定した結果、平均的には28%程度、遮熱性舗装によって顕熱輸送量が少なくなっていた。

ただし、データのばらつきが非常に大きい上での推定である。

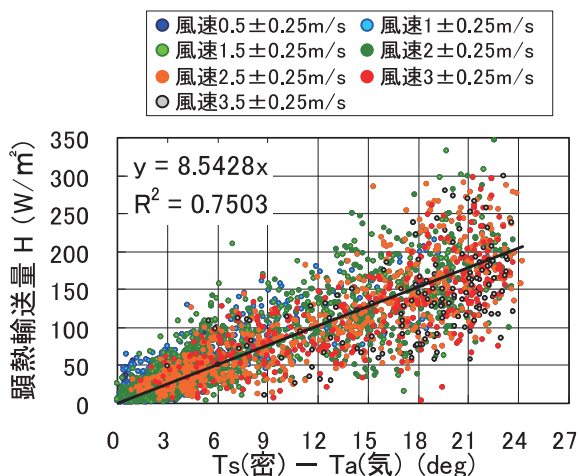


図-14 温度差 $T_s - T_a$ と顕熱輸送量
(遮熱性舗装 施工前)

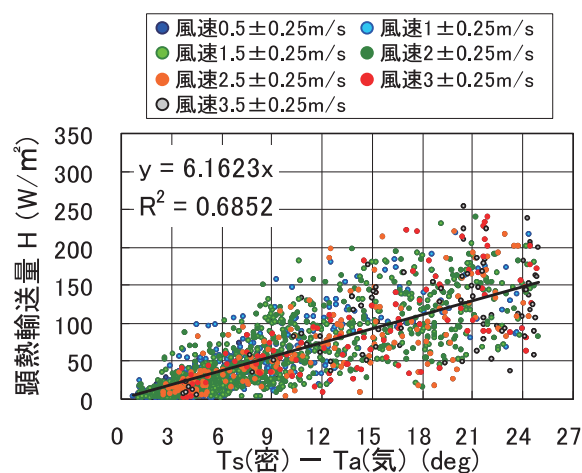


図-15 温度差 $T_s - T_a$ と顕熱輸送量
(遮熱性舗装 施工後)

参考文献

- 1) 日本気象学会(2001)、気象研究ノート第199号 地表面フラックス測定法、19-55
- 2) 小作好明、山本憲之(2011)、遮熱性舗装における熱輸送量の観測結果、平23.都土木技術支援・人材育成センター年報、53-60
- 3) 小作好明、山本憲之(2012)、遮熱性舗装における顕熱と気温の観測、平24.都土木技術支援・人材育成センター年報、57-64
- 4) 小作好明(2013)、車道及び構内の舗装における顕熱輸送量の観測、平25.都土木技術支援・人材育成センター年報、77-84