

“打ち水”に伴う放射収支・熱収支の変化と暑熱緩和効果に関する現地実験

名城大学大学院 学生員 ○ 羽澄貴史
名城大学理工学部 正会員 原田守博
名城大学理工学部 山内 慧

1. はじめに

近年、都市化に伴う土地利用の変化と人工排熱の増加によって、ヒートアイランド現象が進行している。その緩和策として、都市内の緑地や水域の保全、保水性・透水性舗装の採用、風の道の確保など様々な施策が検討されている一方、市民にもできる手軽な対策として“打ち水”が提言されている¹⁾。打ち水では、水を撒くことで路面温度を下げ、蒸発に伴う気化熱を利用して気温を下げるができるとされている。しかし、打ち水による気温低減効果やその具体的な熱的メカニズムは明らかではない。そこで、本研究では夏季のアスファルト路面において散水実験を行い、それに伴う放射収支および熱収支の変化を測定することで、打ち水による暑熱緩和の仕組みと効果を定量的に評価することを目的とする。

2. 放射収支と熱収支

図-1 は地表面における放射収支と熱収支を模式的に表したものである。放射収支は短波放射と呼ばれる日射 $S^\downarrow$ 、反射日射 $S^\uparrow$ 、長波放射と呼ばれる大気放射 $L^\downarrow$ 、地表面放射 $L^\uparrow$ の4成分から成る。これらを合わせたものが正味放射量 Rn であり、次式で表される。

$$Rn = S^\downarrow - S^\uparrow + L^\downarrow - L^\uparrow \quad (1)$$

正味放射量 Rn は地表面において顕熱 H 、潜熱 IE 、地中への伝達熱 G の3つの熱輸送量に分配される。その関係は熱収支式として次式で表される。

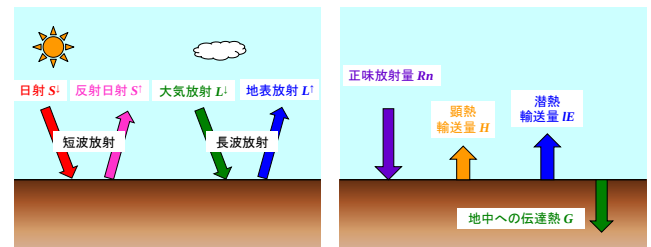
$$Rn = H + IE + G \quad (2)$$

各成分は地表面の状態により異なるが、打ち水に伴ってどのように変化するか定かではない。そこで本研究では、路面に散水する地点と散水しない地点を設け、両者で同時に、気温・湿度、風向・風速、各放射成分、地表面温度等の測定を行い、散水による放射収支および熱収支の変化を量的に評価する。

3. 現地実験の概要

散水実験は名城大学構内におけるアスファルト舗装面にて実施した。図-2は使用した観測機器とその配置を示したものである。各センサーは微気象観測計を中心に、測定項目が同じものをそれぞれ中心から等距離に配置した。実験状況の一例を写真-1に示す。

実験は2013年8月11日（快晴、最高気温 37.3℃）の11時～13時に行った。1回の散水時間を5分とし、散水停止後15分の計20分間で測定を行った。散水にはスプリンクラーを用い、散水半径は約5.5m、5分間の散水量の合計は2.0mm/m²であった。



(a) 放射収支

(b) 熱収支

図-1 放射収支と熱収支の模式図

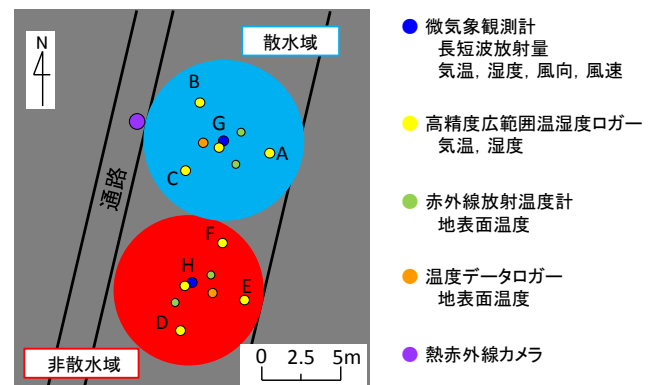


図-2 観測機器の配置図



写真-1 実験状況

4. 放射収支の測定結果

図-3 は非散水および散水域における上向き放射量を示したものである。この図より、散水中に反射日射量 $S^{\uparrow}$ 、地表面放射量 $L^{\uparrow}$ は低下し、散水を停止してから数分後に回復を始めている。これらに日射量 $S^{\downarrow}$ と大気放射量 $L^{\downarrow}$ を加えることによって、放射収支式から算定した正味放射量 R_n を図-4 に示す。図を見ると、散水によって上向き放射量が減少したことにより、散水域の R_n は非散水域に比べ $60\sim 80\text{W/m}^2$ ほど増加していることがわかる。

5. 熱収支の算定結果

上述の正味放射量 R_n に加え、バルク式から求められる顕熱輸送量 H 、潜熱輸送量 IE から、熱収支式により地中伝達熱 G を算定することで、散水による熱収支の変化と非散水域との違いを調べた。

図-5 は非散水、図-6 は散水域における測定結果を示したものである。まず、顕熱輸送量 H について見ると、非散水域では、最大で 200W/m^2 を超える大きな値をとっているが、散水域の H は約 50W/m^2 以下に抑えられている。次に、潜熱輸送量 IE について見ると、非散水域では水分の蒸発がないため $IE=0$ であるが、散水域では最大で約 160W/m^2 となっている。

6. 打ち水に伴う放射収支・熱収支の変化

放射収支・熱収支の変換の違いを明確に示すために、数値の安定した散水期間の後半で平均した両地点での各放射・熱フラックスを図-7 に示す。まず放射収支について見ると、日射量 $S^{\downarrow}$ と大気放射量 $L^{\downarrow}$ は、ともに上空からの放射であるため、散水域と非散水域で同程度である。反射日射量 $S^{\uparrow}$ は散水域の方が非散水域より小さく、路面の照り返しが弱まっていることがわかる。また、水を撒くことで路面温度が低下するため、地表面放射量 $L^{\uparrow}$ も減少している。次に、熱収支について見ると、散水域では蒸発によって潜熱 IE が生じ、路面の熱を奪うことで路面温度が低下し顕熱 H が減少している。しかしながら、ここで述べた各熱輸送量の変化幅はどれも数十 W/m^2 のオーダーに収まっており、散水すなわち打ち水によって特定の項目の熱輸送が卓越するとは断定できない。

7. おわりに

本研究では、アスファルト舗装面において散水実験を行い、散水に伴う放射収支と熱収支の変化を評価した。

今後は、今回行った実験結果について数値の妥当性を検証するとともに、市民によって広く“打ち水”が行われた場合を想定して、広域での打ち水による暑熱緩和効果の評価を試みる予定である。

参考文献 1) 土屋修一ら：打ち水による市街地の熱環境緩和効果，水工学論文集，Vol.49，2005。

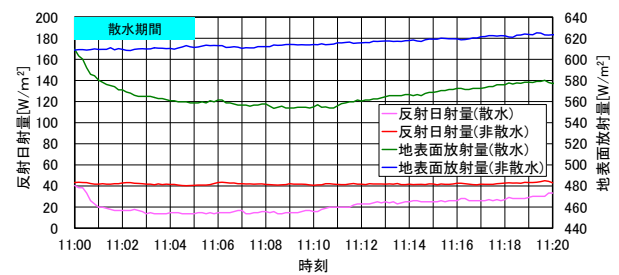


図-3 上向き放射量の時間変化

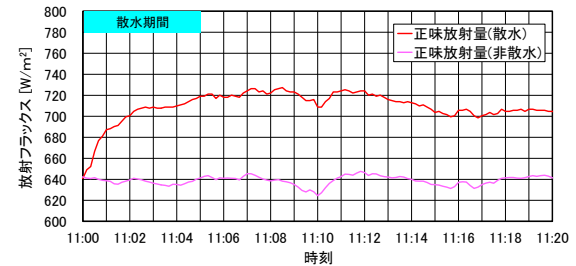


図-4 正味放射量の時間変化

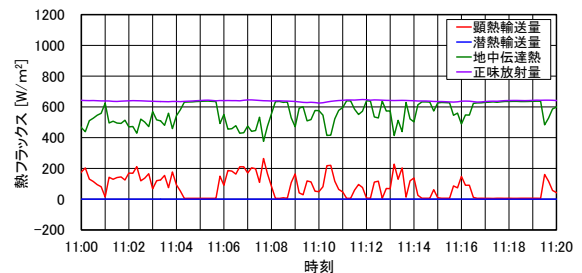


図-5 非散水域における熱収支の時間変化

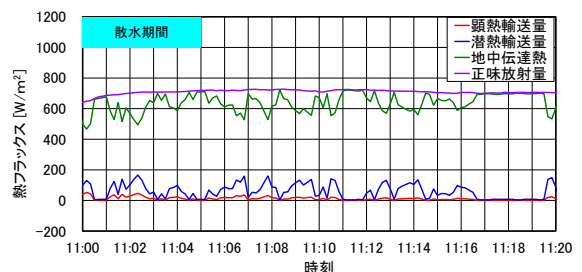


図-6 散水域における熱収支の時間変化

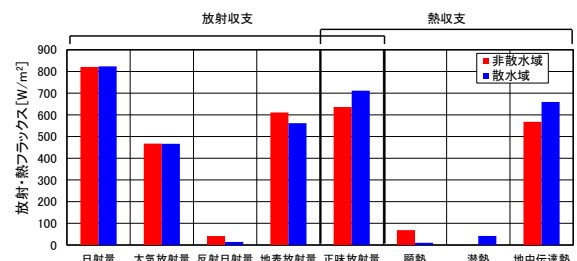


図-7 各放射・熱フラックスの平均値(11:03~11:05)