

打ち水による冷涼効果に関する実験研究

CB09069 吉村 論志 指導教員 内藤 望 教授

キーワード：打ち水効果，打ち水面積，アスファルト，裸地，輻射熱，体感温度

1. 背景と目的

暑い日に地面に水を撒き、暑さを緩和する手段として、打ち水が知られている。昨年度の卒業研究[1]では、打ち水によって冷涼感が得られるのは、気温低下よりも地表面温度の大きな低下による輻射熱の低減による影響が大きいとされた。この打ち水は、水を撒く場所がアスファルトやコンクリート、または裸地など、様々な条件や面積で行われているが、果たして冷涼効果に違いはないのだろうか。本研究では、異なる面積に打ち水した場合や、アスファルトと裸地の異なる地表面に打ち水した場合を実験し、それぞれの冷涼効果の差異を比較する。また冷涼感の指標として、これまでに提案されている複数の体感温度に関する式を用いて比較していく。

2. 実験と解析の方法

2-1. 実験方法

まず異なる面積に対する打ち水の比較実験として、23号館屋上の養生マット面において7月23日に1 m²と9 m²の比較実験、8月3日に1 m²と25 m²の比較実験、10月30日に9 m²と25 m²を実施した。いずれも11:00~16:00に実施した。3回とも風上側の非打ち水範囲に基準地点を設けた。次にアスファルトと裸地に対する打ち水の比較実験を、新1号館周囲において8月30日と8月31日の12:00~16:30に2回実施した。この場合の打ち水面積は9 m²とし、アスファルト、裸地ともそれぞれの風上側に基準地点を設けた。全ての実験で打ち水をする範囲に降水量1mmに相当する水を撒き、打ち水地点と基準地点ともに、温湿度(0.2 m高, 0.5 m高)、地表面温度、黒球温度、風速を10分間隔で測定した。

2-2. 解析方法

各打ち水地点の温度から基準地点の温度を差し引いて、打ち水を開始した時刻から基準地点と打ち水地点との差が見られなくなった時刻までの時系列を作成して、打ち水の影響を比較検討する。

その後、気温や地表面温度だけではなく、湿度や輻射熱も考慮し、以下に示す複数の体感温度を求め、総合的に比較していく。

$$\text{ミスナール体感温度：} \quad T - 1/2.3 (T - 10) (0.8 - H/100) \quad (^\circ\text{C}) \quad (1)$$

$$\text{不快指数：} \quad 0.81T + 0.01H (0.99T - 14.3) + 46.3 \quad (2)$$

$$\text{WBGT (湿球黒球温度)：} \quad 0.7T_w + 0.2T_b + 0.1T \quad (^\circ\text{C}) \quad (3)$$

T : 気温 ($^\circ\text{C}$), H : 湿度 (%), T_w : 湿球温度 ($^\circ\text{C}$), T_b : 黒球温度 ($^\circ\text{C}$)

さらに、打ち水で撒いた水がすべて蒸発したと仮定し、かつその潜熱は、全て地表面から一定の高さの大気層から一様に吸収されたと仮定して、その大気冷却効果を次式で計算し、実際の観測結果と比較検証した。

$$\text{大気冷却効果：} \quad \frac{IM}{c_p \rho U \Delta t Z W} \quad (^\circ\text{C}) \quad (4)$$

I : 水の気化潜熱 (0°C で $2.50 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$), M : 打ち水量 (kg), c_p : 空気の定圧比熱 ($1004 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$)

ρ : 空気密度 (kg m^{-3}), U : 平均風速 (m s^{-1}), Δt : 観測時間 (s), Z : 高さ (m), W : 幅 (m)

この大気冷却効果を計算するためには、その効果が影響する空気の体積を求める必要がある。観測された0.5 m高気温で打ち水による温度低減がほぼ無かったことを踏まえて、ここでは影響範囲の高さ(Z)を、地表面から0.2 mと仮定する。また、打ち水した正方形面積の一边を影響範囲の幅(W)とする。そして、観測時間と平均風速の積を影響範囲の長さ($U\Delta t$)とする。

3. 結果と考察

異なる打ち水面積での比較実験結果の一例を図1に、裸地、アスファルトへの打ち水比較実験結果の一例を図2に示す。打ち水面積は広い方が大きな温度低下幅を示した。そして、アスファルトの方が裸地より大きな低下幅を示した。ただし、温度低下の持続時間は裸地の方がアスファルトより長かった。

次に、それぞれの比較実験データから求めた体感温度の差を、図3、4に示す。湿度を考慮した3種類の式全てで、9 m²とアスファルトの方が蒸し暑く感じるという結果となった。面積は広い方が、また裸地よりアスファルトの方が、打ち水による水の蒸発量は多くなり、温度低下は大きいものの、湿度が高くなるため、結果的に体感温度は高くなる。

さらに大気冷却効果について、(4)式に基づく計算値と、地表面温度と0.2 m高気温との平均的な温度低下幅とを比較した。裸地とアスファルトの比較実験では、大半で実測値に近い計算値となった。しかし、面積比較実験では両者の差がかなり開いた。(4)式の計算では、撒いた水は全て蒸発して大気冷却に使われると仮定したが、実際には地表面下も冷やしているなど、計算上の問題のためであろう。

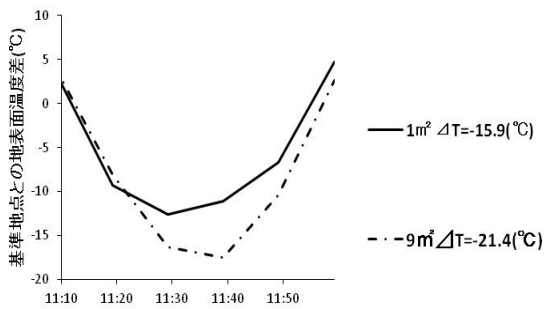


図1. 異なる面積に打ち水した場合の地表面温度低下効果の比較. (7月23日)

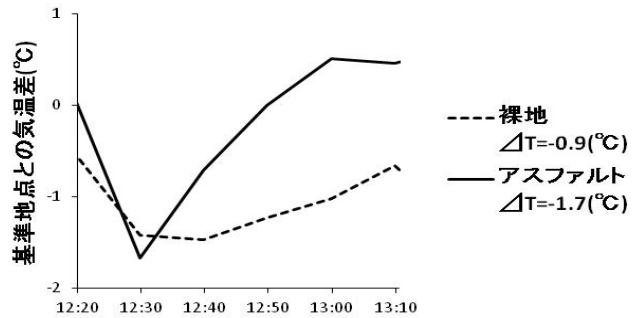


図2. 裸地とアスファルトに打ち水した場合の0.2 m高気温低下効果の比較. (8月31日)

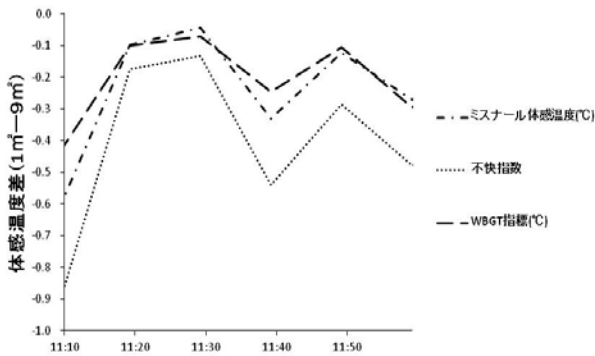


図3. 異なる面積に打ち水した場合の体感温度の差. (7月23日)

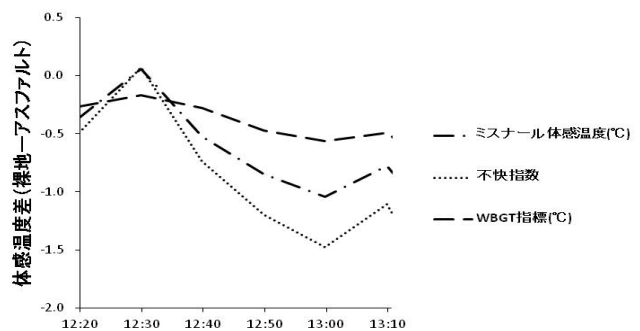


図4. 裸地とアスファルトに打ち水した場合の体感温度の差. (8月31日)

4. まとめ

打ち水をする面積や地表面の種類を変えることによって、気温、地表面温度、輻射熱に差がみられた。具体的には、打ち水面積は面積の広い方がより大きな温度低減がみられた。また、アスファルトの方が裸地より大きな温度低減がみられた。しかし、複数の体感温度の計算式を用いた解析では、温度低減は大きいものの、湿度が高くなるため蒸し暑くなるという結果となった。打ち水による冷涼効果は、温度低減だけで判断すべきではないということになる。

引用文献

[1] 藤原由華子: 打ち水による大気冷却効果の影響範囲に関する実験研究. 平成23年度卒論, 23pp. (2012)