

打ち水の大気冷却効果に関する観測研究

CB07054 小只 紀元 指導教員 内藤 望 准教授

キーワード：打ち水効果，潜熱輸送量，顕熱輸送量，熱収支

1. 背景と目的

夏の暑い日に地面に水を撒き暑さを緩和する打ち水が昔から知られている。撒いた水が蒸発する際に周囲から潜熱エネルギーを奪い、大気への顕熱輸送量を減少させる効果があり、これを打ち水効果と呼ぶ。本研究では、この打ち水効果が及ぶ影響範囲を観測を通じて調べることを目的とした。

2. 観測と解析の方法

2-1. 観測方法

観測は、温湿度センサー、風速計、地温センサー、アルベドメーター、熱流板を使用して、23号館屋上の養生マット面で実施した。まず、2010年7月21、23日と8月21、22、24日の計5日間の日中に、4m四方に継続的に水を撒く打ち水観測と、風上側の自然状態での標準観測を並行して実施した。このうち7月21日～8月21日の3日間の観測では、打ち水効果の水平方向への影響を調べるため、打ち水範囲の風下側へ0.5、1.5、2.5m離れた3地点の高度0.14mにも温湿度センサーを設置した。次に8月22、24日には、打ち水効果の鉛直方向への影響を調べるため、標準観測地点は2高度(0.14、0.40m)、打ち水観測地点及び風下0.5m地点には3高度(0.14、0.27、0.40m)に温湿度センサーを設置した。

さらに、11月19日～26日の8日間には、養生マット面上の風上から風下方向にかけての気温差を確かめるため、温湿度センサー6個を配置する観測を実施した。

2-2. 解析方法

地表面の熱収支は、熱収支式(正味放射量=顕熱輸送量+潜熱輸送量+地中伝導熱流量)で表される。このうち顕熱輸送量は次のバルク法による計算式で算出し、潜熱輸送量は残差項として求めた。

$$\text{顕熱輸送量} = c_p \rho C_H U (T_s - T) \quad (1)$$

c_p : 空気の定圧比熱, ρ : 空気の密度, C_H : バルク係数, U : 風速, T_s : 地表面温度, T : 気温

顕熱輸送は上下の空気塊の交換によって行われる。上下に交換する速度は鉛直風速成分 w に依存するが、計測が難しいことから、 w と比例すると考えられる水平風速 U で表している[1]。この比例係数 C_H (バルク係数) を求めるために必要な風速および気温分布に対する地表面粗度は、0.001mと仮定した。

また、打ち水で撒いた水がすべて蒸発したと仮定し、かつその潜熱はすべて高さ0.14mの大気層から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。

$$\text{大気冷却効果} = \frac{iM}{c_p \rho U \Delta t HW} \quad (2)$$

i : 水の気化潜熱, M : 撒いた水の量, $U \Delta t HW$: 大気への影響範囲 ($H=0.14\text{m}$, $W=4\text{m}$)

3. 結果と考察

打ち水効果の水平分布、鉛直分布の観測結果をそれぞれ図1、2に示す。水平分布では、概ね風下1.5mの地点で標準状態とほぼ同じ気温になった(図1)。風下2.5m地点が標準状態より暖かくなっている点は、風上側よりも長く養生マット面上を通過して暖まった空気が移流してくる影響ではないかと推察し、このことを確認するために後述の11月の観測を実施した。鉛直分布については、地表面温度では平均14.8°Cもの大きな差が見られ、0.14m高でも平均0.6°Cのわずかな打ち水効果が認められたものの、0.40m高ではその効果は認められなかった。(図2)。

打ち水範囲からの流出水が多かった7月21日を除いた4日間の観測において、地表面と0.14m高の間の平均温度に対する打ち水効果は7.8°Cであった。一方、(2)式に基づく計算では、大気冷却効果は7.9°Cとなり、ほぼ同じ値になった。この比較については、観測値の方では地表面温度を使用したこと、計算値の方では地表面の冷却エネルギーを勘案していないことという問題があるのだが、とりあえずほぼ妥当な観測結果という裏付けとなろう。

次に、熱収支計算の結果を図3に示す。標準観測では本来潜熱輸送がゼロであるはずだが、測定及び計算の誤差が表れている。しかし、打ち水に伴う地表面温度の冷却やアルベドの低下によって放射収支が増加することと、打ち水による潜熱輸送量の増加と顕熱輸送の減少が確認できた。

一方、養生マット面上の気温水平分布を確認する11月の観測結果を図4に示す。7.8m地点の結果を除けば、予想通り風上から風下方向にかけて気温が上昇していた。しかし、その大きさは距離11.7mに対して0.05°Cと極めて小さかった。これは観測を実施した季節が11月だったため、夏季にはさらに大きな差があるものと考えられる。

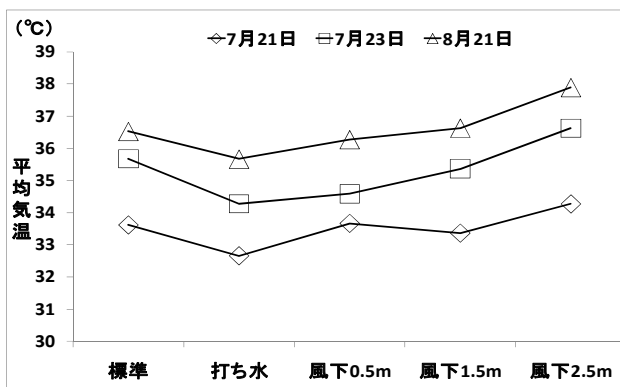


図1. 平均気温(0.14m高)の水平分布。

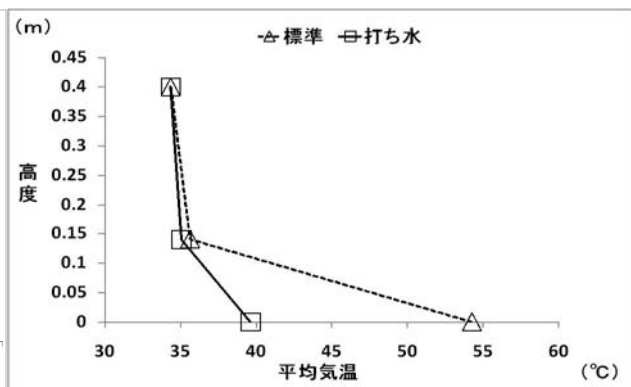


図2. 平均気温の鉛直分布(8月22, 24日の平均)。

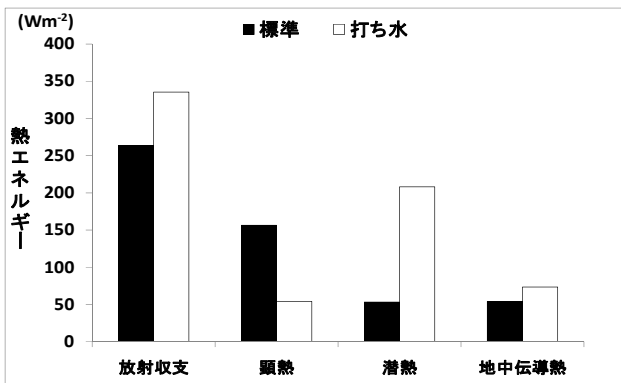


図3. 熱収支計算の結果。
(7月21日, 23日, 8月21日の平均)

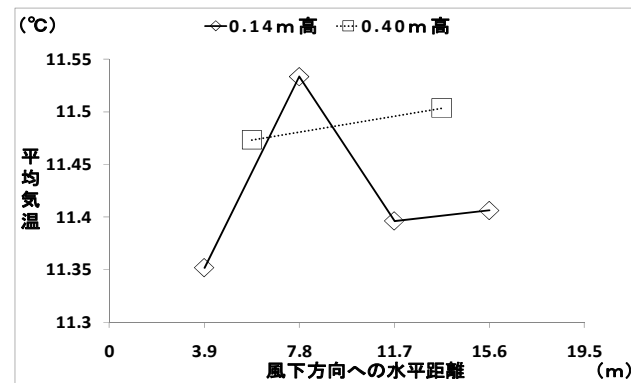


図4. 養生マット面上の気温分布。
(11月19日~26日の平均)

4. まとめと今後の課題

打ち水に伴って潜熱輸送量が増加し顕熱輸送量が減少することと、そのために地表面近くの気温が下がることが観測を通じて確認できた。しかし、その影響する高度や気温低下の大きさは我々が体感するほどの大きさではなかった。気温測定は放射の影響を極力排除して実施しているため、われわれの体感温度とずれている可能性がある。よって、黒球温度計も併用した観測を実施して体感温度への影響度をさらに調べる価値があるであろう。

引用文献

- [1] 近藤純正：地表面に近い大気の科学 ー理解と応用ー。東京大学出版会，324pp。(2000)