

打ち水の熱環境緩和メカニズムに関する研究

中央大学大学院
中央大学大学院

学生員 加藤 拓磨
学生員 土屋 修一

中央大学大学院 正会員 ○山内 格
中央大学理工学部 フェロー会員 山田 正

1. はじめに： ヒートアイランド現象緩和策として行政は森林や水辺の増加，風の道の確保などの政策を行っている．近年では行政のみではなくクールビズ，打ち水を代表とした個人レベルでの対策も試みられている．著者らは2004年8月に打ち水が都市環境へ及ぼす影響を明らかにするため，大規模な打ち水実験と気象観測を行った．

2. 打ち水実験概要： 本実験は2004年8月18～25日，東京都墨田区東向島1～3丁目（約0.3km²）で行った．観測対象地域を図-1に示す．墨田区は雨水貯留施設（天水樽）の設置を推進・支援し，雨水などの2次水を利用した打ち水を行うのに適した地域であるため，この地域を重点地区として実験が行った．打ち水が行われた時刻を表-1に示す．住民により打ち水が道路，庭，マンションの屋上などで行われた．

3. 観測概要： 図-1に示す打ち水エリア内のPoint-A・B，打ち水エリア外のPoint-C～E（いずれも小学校，高校の屋上）にて総合気象観測として日射量，風向・風速，エアロゾル数濃度を計測した．また実験地区全体の温湿度の変動を捉えるため実験地域内の86ヶ所に温湿度計を設置した．設置した温湿度計の分布図を図-1に示す．温度の計測には白金抵抗式，湿度は静電容量式センサーのOnset社及びVaisala社製の温湿度計を用いた．温湿度計は地上からの高度1.5mとなるように設置した．

4. 観測結果： (1) 打ち水による気温・比湿変化 本稿では打ち水実験中，日射量に大きな変化がなく，また最も散水量が多かった8月18日の解析結果を述べる．図-2に8月18日11:30～13:30における日射，風向・風速，気温，比湿の時系列を示す．日射量，風向・風速は打ち水影響範囲内のPoint-Aの観測した．打ち水実験が行われる12時前後において日射量は約600W/m²で一定，風向は南西風・風速は平均約4m/sと微気象スケールとして大きな変化はなく，打ち水の効果の解析に適した気象条件であった．図-3は図-2の点線四角内を拡大したものである．打ち水直後で気温と比湿に影響を与えている時間帯とすると気温は低下，比湿は上昇すると考えられるが逆の現象になっている地点も存在する．これは温度センサーに輻射熱が入射されたためである．本実験では打ち水という瞬間的に熱環境が変化させる現象に対してレスポンスよく温度・湿度を計測するためにセンサー部を極力外気に触れさせた．

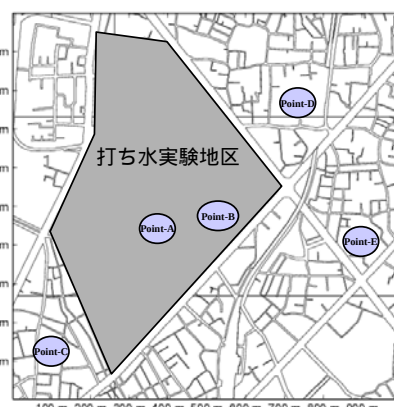


図-1 観測エリアと観測値点

表-1 打ち水開始時刻

実施日	18	19	20	21	22	23	24	25
午前(9:00)		○			○	○		
昼間(12:00)	○			○	○			○
午後(16:00)			○	○		○		

：雨天により打ち水は中止，観測は実施

図-4に本実験の気温データの概略図を示す．黒線は「打ち水エリア全観測地点の気温の平均値」，赤線は「打ち水エリア外の気温の平均値」である．ここで「打ち水エリア全観測地点の気温の平均値」はセンサー部露出のため輻射熱があり，「打ち水エリア外の気温の平均値」は百葉箱内で輻射熱がない．そのため「打ち水エリア

内で観測された気温（百葉箱外）- 打ち水エリア外で観測された気温（百葉箱内）」は打ち水開始前であれば「輻射熱」，打ち水後であれば「輻射熱 - 打ち水効果」と評価することが出来る．図-5に「打ち水エリア全観測地点の気温の平均値」と「打ち水エリア外の気温（百葉箱内）の平均値」の気温差と日射量の時系列

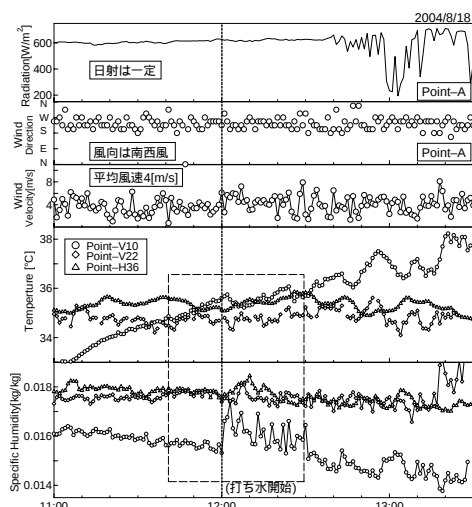


図-2 打ち水前後の日射，風向・風速，気温，比湿の時系列(2004/8/18 11:00～13:30)

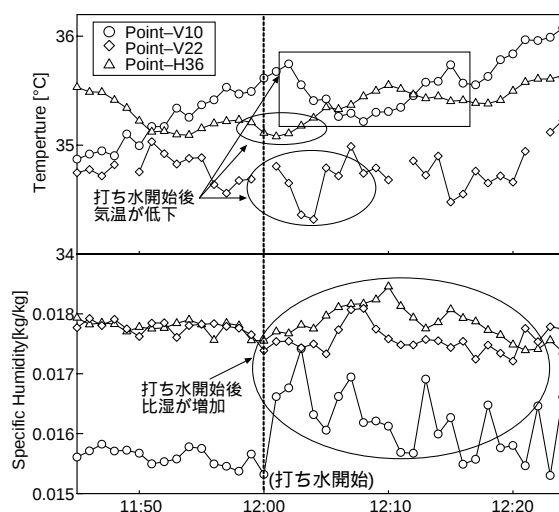


図-3 打ち水前後の気温，比湿の時系列の拡大図(2004/8/18 11:45～12:25)

キーワード：ヒートアイランド，打ち水，気温低減効果，熱環境

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 中央大学大学院理工学研究科 TEL 03-3817-1805，FAX 03-3817-1803

を示す。図中の12時付近で約0.5の気温低下が見られる。これが図-4の打ち水の効果であるといえる。

(2) 打ち水による輻射熱の変化

図-6にサーモグラフィで観測した打ち水前、打ち水後の人と地面の表面温度を示す。打ち水前、地面は約50℃、人の表面温度は約36℃となっている。打ち水後の状態を見ると地面の温度が約40℃、人の表面温度は約29℃となり人の表面温度が6℃以上低下していることがわかる。人の表面温度を低下させる現象は地面からの輻射（長波放射量）の低下が原因であると考えられる。地面が黒体放射すると仮定するとその長波放射量は σT_g^4 から求めることができ、打ち水前の長波放射量が約620W/m²、打ち水後の地面の温度が510W/m²となり、その差は110W/m²となる。

(3) 打ち水による熱収支の変化

図-7に打ち水前後の気温（打ち水エリア外）、地表面温度、日射量の時系列を示す。ここで気温は熱収支計算での打ち水による気温低下は小さいものとして輻射熱の影響がない打ち水エリア外の百葉箱内に設置した温度計の値である。この値を使用し熱収支計算を行った結果を図-8に打ち水前後における顕熱・潜熱輸送量、地面放射量、地中伝導熱の時系列、図-9に打ち水前後の入射放射量と顕熱・潜熱輸送量、地面放射量、地中伝導熱の合計の時系列を示す。熱収支計算を行う上で打ち水前、打ち水の効果がある期間、打ち水後の3パターンに分ける。

においては熱収支を簡単にするため潜熱輸送量IEと地中伝導熱Gを0として与える。では打ち水により地面が冷やすとともにG（マイナス、貯熱ではなく放熱）を抑えることからIE=Gとおく。時間の経過とともに打ち水の効果はなくなるためGの値はIEよりも徐々に減少させる。

では打ち水によりなくなったGを溜め込む作用に働く。この方法により熱収支のバランスの整合性が取れた。このことより打ち水は地面の貯熱を放出し、地面の表面温度を冷やすことが明らかになった。

5.まとめ：社会実験として打ち水が8月18～25日まで行われた。打ち水による効果は大きく分けて二つある。1つは気温上昇抑制または低下効果である。打ち水をすることにより平均的に気温は0.5℃ほど低下した。もう1つは輻射熱の抑制である。打ち水により地面からの長波放射量を約100W/m²の抑制する。

謝辞：本研究の遂行にあたり、国土交通省関東地方整備局荒川下流河川事務所、東京都墨田区東向島中町会、南町会、宮元町会、地藏坂通り商店街振興組合の協力を得た。併せてここに記して謝意を表す。

参考文献 (1)狩野学・手計太一・木内豪・榊茂之・山田正：打ち水の効果に関する社会実験と数値計算を用いた検証，水工学論文集，第48巻，pp.193-198，2004。(2)土屋修一・加藤拓磨・手計太一・山田正：打ち水による市街地の熱環境緩和効果，水工学論文集，第49巻，pp.367-372，2005。(3)近藤純正ホームページ：<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/index.html>

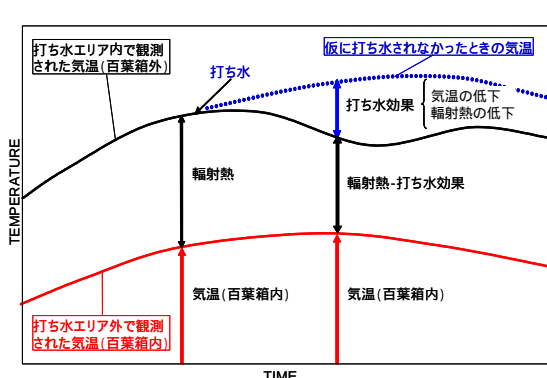
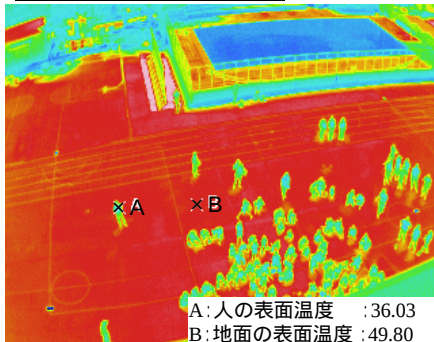


図-4 測定した気温と輻射熱と打ち水効果

打ち水5分前の表面温度

8月18日



打ち水20分後の表面温度

8月18日

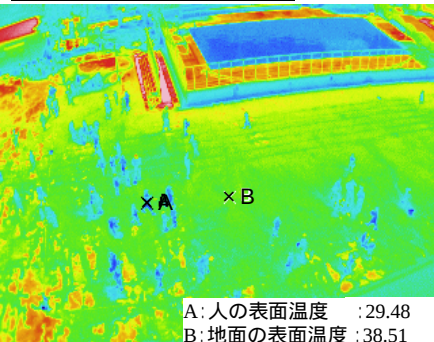


図-6 打ち水前、打ち水後の人と地面の表面温度(サーモグラフィ)

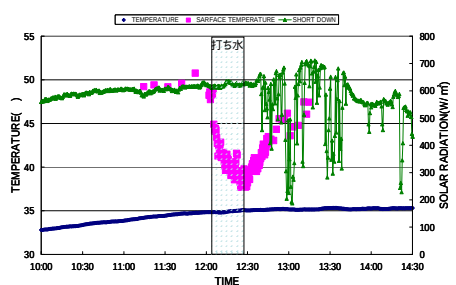


図-7 打ち水前後の気温(打ち水エリア外)、地表面温度、日射量の時系列

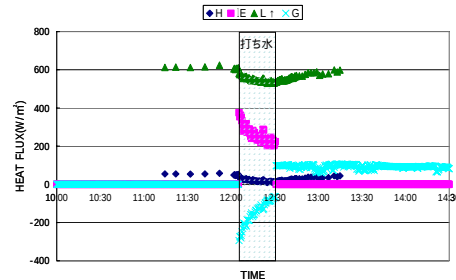


図-8 打ち水前後の顕熱・潜熱輸送量、地面放射量、地中伝導熱時系列

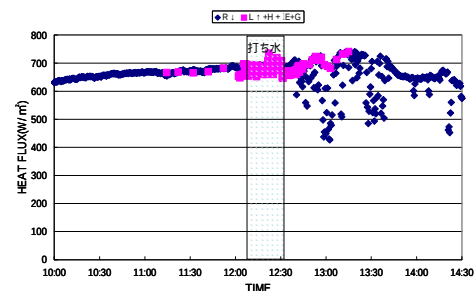


図-9 打ち水前後の入射放射量と顕熱・潜熱輸送量、地面放射量、地中伝導熱の合計の時系列