

打ち水の都市熱環境緩和作用に関する研究

中央大学大学院
独立行政法人土木研究所

学生員 ○加藤 拓磨
正会員 手計 太一

中央大学大学院
中央大学理工学部

学生員 土屋 修一
フェロー会員 山田 正

1.はじめに：2004年8月，著者らは打ち水が都市環境へ及ぼす影響を明らかにするため，東京都台東区において，大規模な打ち水実験と気象観測を行った．観測地域内（ 0.3 km^2 ）内に約90個の温湿度計を設置すると共に，風向・風速，日射量，エアロゾル数濃度について定点観測するほか，サーモグラフィを用いて打ち水による地表面温度変化を観測した．また，散水量，散水面積，散水温度を算出するため，地元住民へのヒアリング調査も実施した．本研究は打ち水が都市の熱環境に及ぼす影響を定量的に評価することを目的とする．

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 0.3 km^2 ）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．実験期間中の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：(1)総合気象観測 図-1に示すように打ち水エリア内の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）にて総合的な気象観測を行い，打ち水実験期間中連続観測を行った．各地点での観測項目を表-2に示す．

(2)打ち水実験地区内温湿度観測 打ち水が行われると想定される地域内の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．温湿度計は地上より1.5mとなるように設置した．またPoint-Aにて地面から高さ30cm間隔に温度計を設置し，気温の鉛直分布を計測した．

(3)散水場所・散水量・散水温度のヒアリング調査，地表面温度観測 8月18，23，25日の3日間，打ち水実験地区内で散水量・散水場所・散水温度の住民へのヒアリング調査とサーモグラフィを用いた地表面温度観測を行った．

4.観測結果：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11:30～12:30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 600 W/m^2 で一定，風向は南西風・風速は平均約 4 m/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．打ち水予定時間は12時ちょうどであったが早めに撒かれた地点も多数存在し，平均的に見て打ち水開始12時より5分ほど早いものとする．点線四角内は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．ヒアリング調査より散水された箇所は図-1の青く塗られた部分であり，概算で散水面積は 8901.2 m^2 ，散水量は 6197.5 L ，散水温度は約 30°C であった．

(1)打ち水による気温・比湿変化 図-3に2004年8月18日11:00～13:00の各地点の気温とその平均気温，打ち水エリア外の気温（百葉箱内）の時系列を示す．観測地点によっては気温差が最大約 6.5°C となっている．観測の意図として温湿度計を百葉箱内に設置すると通風機能がないため空気の淀みが発生し，打ち水による気温変化に対する反応が悪くなること

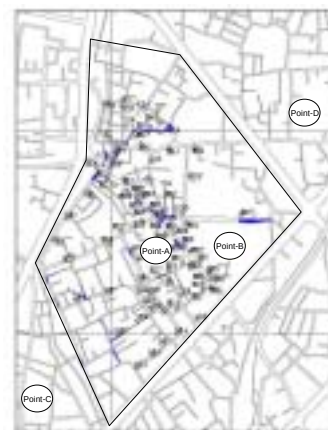


図-1 観測エリアと観測地点
（Point-EはPoint-Dより約300m東の地点に設置）

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

表-2 総合気象観測項目

	日射量	降雨量	風向・風速	大気圧	温湿度
Point-A	○	○	○	○	○
Point-B			○	○	
Point-C			○	○	○
Point-D			○	○	○
Point-E			○	○	○

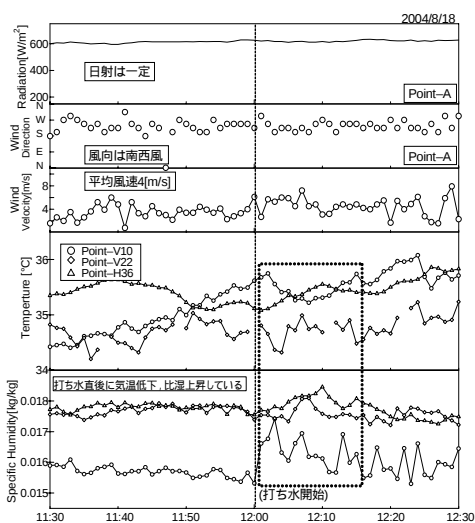


図-2 打ち水前後の日射，風向・風速，気温，比湿の時系列(2004/8/18 11:30～12:30)

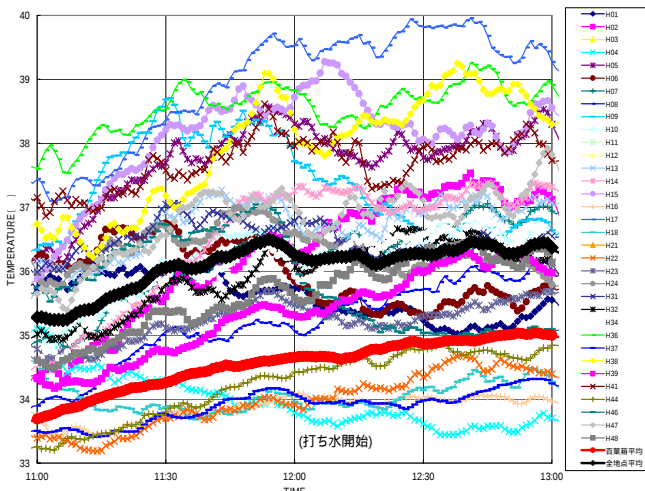


図-3 各地点の気温とその平均気温，
打ち水エリア外の平均気温（百葉箱内）の時系列
(2004/8/18 11:00～13:00)

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

を考慮し、**図-4**に示すように温湿度計を百葉箱外に設置した。しかし予想以上に輻射による影響は大きく、各地点の気温とその平均気温、打ち水エリア外の気温(百葉箱内)の時系列に示すようなバラバラな気温分布となった。これらの気温は輻射熱を含んでいるため本稿では、この気温を「放射気温」と呼ぶこととする。

図-3で示す「打ち水エリア全観測地点の放射気温の平均値(太線黒)」は打ち水エリアの代表気温の変化として、「打ち水エリア外の気温(百葉箱内)の平均値(太線赤)」は打ち水をされなかったときの打ち水エリア内の気温変動として扱う。**図-5**に示す模式図のように打ち水直後に「打ち水エリア全観測地点の放射気温の平均値」に変化があれば、それは打ち水効果であるとする。「打ち水エリア内で観測された放射気温(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-6に「打ち水エリア全観測地点の放射気温の平均値」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を示す。ここで図中の12時付近の気温差の低下約0.5は**図-5**の打ち水効果の部分にあたる。つまり平均値における扱いではあるが、打ち水により気温低下と輻射熱低下を促進し、約0.5低下したと考えられる。つまり輻射熱の低下を含まない純粋に気温を低下させるという機能は約0.5以下であるといえる。

(2)打ち水による輻射熱の変化 **図-7**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する。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 から求めることが出来る。打ち水前の地面の温度を50℃とすると地面からの長波放射量は約620W/m²、打ち水後の地面の温度を35℃とすると510W/m²となり、その差は110W/m²となる。これは打ち水による大きな効果である。

(3)打ち水による鉛直気温の変化 **図-8**にPoint-Aにおける気温鉛直分布の時系列を示す。この観測値は放射温度であるため輻射を含んでいる。高度により気温が大きくことになっていることから高度により輻射熱を吸収しやすい層があることが考えられる。打ち水の行われる12時頃まで高度90cmで気温が他層より高い値を示しているが、打ち水がされた12時以降では気温低下が見られ、打ち水による効果が確認できた。

5.まとめ：打ち水によるヒートアイランド現象緩和を目的とした社会実験が8月18～25日まで行われた。ここで打ち水のメカニズムをまとめると**図-8**のようになる。打ち水による効果は大きく分けて二つあり、1つは気温上昇の抑制もしくは低下効果である。打ち水をする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100W/m²ほどの長波放射量を抑制する。打ち水による効果は大きく地球温暖化現象、ヒートアイランド現象に対して大きな役割を担う方法であるとする。

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.

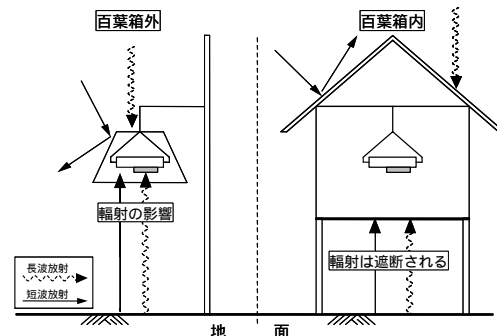


図-4 百葉箱内・外で測定している気温の違い

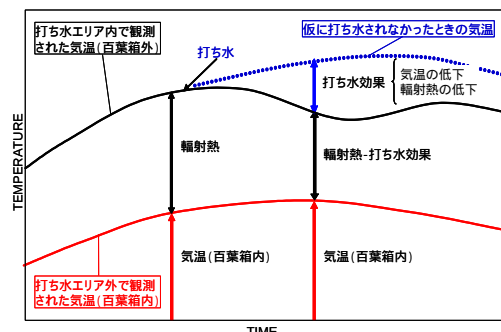


図-5 測定された気温と輻射熱と打ち水効果

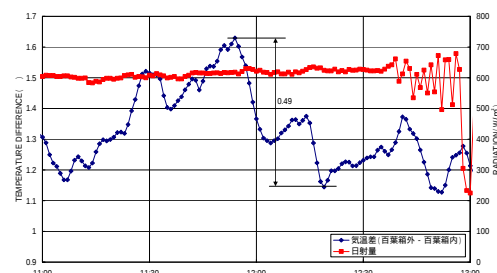


図-6 「打ち水エリア全観測値点の放射気温の平均値」と「打ち水エリア外の気温(百葉箱内)の平均値」の気温差と日射量の時系列 (2004/8/18 11:00～13:00)

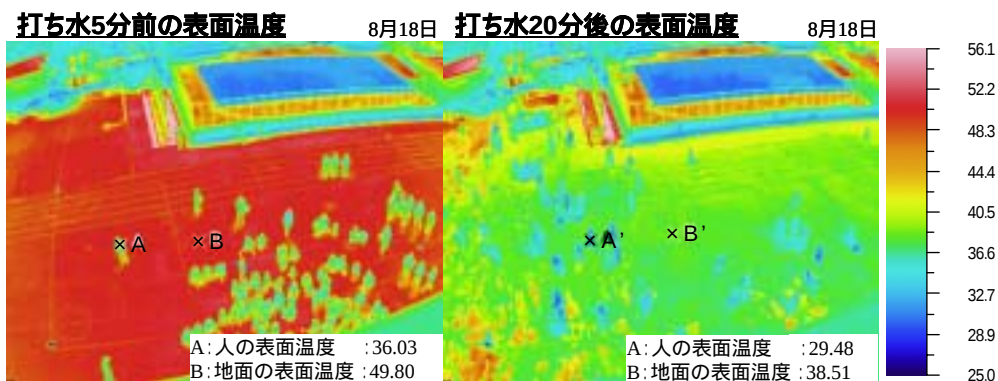


図-7 打ち水前、打ち水後の人と地面の表面温度(サーモグラフィ)

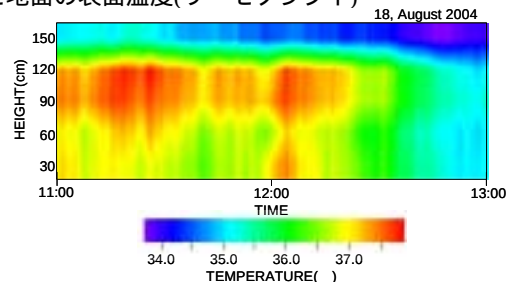


図-8 Point-Aにおける気温鉛直分布時系列 (2004/8/18 11:00～13:00)