

河川が周辺熱環境に与える影響

中央大学大学院 学生会員 ○加藤拓磨
中央大学大学院 学生会員 土屋修一
中央大学理工学部 フェロー会員 山田正

1. 目的

地球温暖化現象により世界の平均気温は過去140年間で0.4~0.8 上昇し、今後、温室効果ガス濃度の上昇により2100年には、気温が1990年からさらに1.4~5.8 上昇すると予測されている。都市部においてはヒートアイランド現象も重なり、気温の上昇は著しい。例えば、東京においては100年間で約3.0 上昇している。これら熱環境の悪化により地表面付近の気温上昇し、それに伴い上昇気流が発達し、集中豪雨の誘発につながる。熱環境を抑制するため行政、産業界では都市被覆の改善、暗渠の撤廃、打ち水などの水辺の創出、ゼロエミッション、省エネなどの対策を講じている。都市被覆の改善とは浸水性、保水性のあるコンクリート、アスファルトに変えていくことであるがこれは大きな意味で水辺の創出である。水があることにより気化熱が発生し、地表面とその周辺大気を冷やす。水辺の存在は都市において重要な役割を持っている。そこで本研究では水辺として大きな面積を擁し、大量の気化熱を放出することが期待される河川がその周辺に与える熱環境緩和の定量的評価を目的に荒川の川口・赤羽地区で微気象観測を行った。

2. 観測概要

(1)観測対象地域：本観測は2006年7月12日~8月22日までの42日間行われた。観測対象地域は東京都北区、埼玉県川口市とその県境に位置する荒川である(図-1)。荒川は埼玉県秩父山地を水源地とし、幹線流路延長173km(甲武信ヶ岳(標高2,475m)~東京湾河口)、流域面積2,940km²、流域内人口930万人の一級河川である。観測対象地域は荒川の河口部より21~23km地点で、低水路幅が約250m、高水敷幅が約650mの複断面形状である。

高水敷はグラウンド、ゴルフ場、植生として利用されている。左岸(川口)側は河口から21.3~22.3km地点の1km区間が高規格堤防に整備され、その堤防上には幼稚園、小学校、中学校があり、右岸(赤羽)側には荒川に沿った新河岸川がある。両岸堤内地は住宅街と町工場からなる低層住宅地域である。この地域は東西方向に荒川が流れており日中、関東平野には南から北へ向かう海陸風が卓越するため河川を横切るように風が通過する。河川と風が直行し、気化熱によって冷涼となった河川上の空気塊が堤内地に流れ込みやすい地形条件であると想定できることからこの地域を観測対象とした。本観測では河川がその周辺へ与える熱環境緩和効果を検証するため、河川から北(左岸)方向に800m、南(右岸)側に700m、面積約2.2km²の広範囲を観測サイトとして選定した。

(2)観測項目：観測項目を表-1、観測機材の配置図を図-2に示す。本観測は長期定点観測と2日間の移動観測(8月4,7日)の2種類の観測期間で行った。長期観測は42日間と長い期間行われたが、これはこのような河川周辺における熱環境観測で

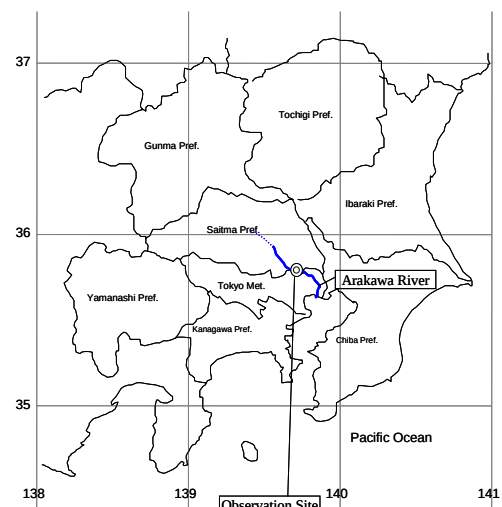


図-1 観測対象地域(荒川)の位置図

キーワード：ヒートアイランド現象、河川、熱環境、気温

連絡先：112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 03-3817-1805 takuma@civil.chuo-u.ac.jp

表-1 観測項目と日程一覧

	観測形態	観測項目	観測機器	観測地点数	観測日程
長期定点観測	平面定点	気温・湿度	(1)温度・湿度計	28 地点	7/14～8/22 (7/27・28 , 8/10 にメン テナンス)
		風向・風速	(2) プロペラ式風速計	2 地点	
		日射量	(3)日射計	1 地点	
	鉛直定点	気温・湿度	(1)温度・湿度計	3 地点×5 高度	
		風速	(4)三杯式風速計	2 地点×2 高度	
短期平面観測	平面移動	気温・湿度	(5)温度・湿度計	41 地点(6 エリア×6 地点 , 3 測線×5 地点)	8/4 , 7
		風向	(6)風向(方位磁針とヒモ)		
	平面移動 熱収支	気温・湿度	(1)(7)温度・湿度計	3 地点	
		風向・風速	(8)3 次元風向風速計		
		放射量	(9)4 成分放射計		
		黒球温度	(10)黒球温度計		
		表面温度	(11)サーモグラフィ		
	平面定点	表面温度	(11)サーモグラフィ	1 地点(マンション屋上よりエリア全体撮影)	
河川移動観測	河川移動	気温・湿度	(1)温度・湿度計	5 点(ボートを使用し河川上を移動する)	
		水温	(12)温度計		
		風向	(6)風向(方位磁針とヒモ)		
		風速	(13)熱線式風速計		

の長期間観測例は我々の知見にはなく、河川がもつ熱環境緩和効果の普遍的かつ定量的な評価するために行った。長期定点観測では河川に対して直行するような南北方向のライン上に計器を配置した。ここで図-3に示すように3本のラインを観測ラインA,B,Cとする。移動観測では長期定点観測が線状の観測地点を配置したのに対して面的に配置し、河川からの冷涼な空気のしみ出しを2次元的に捉えることを目的とした。

長期定点観測では温湿度計を地面から1.5mの高さに全32地点、鉛直ポール、マンションを利用し2～3m間隔の鉛直方向に温湿度計、高さ5,10mに3杯式風速計を設置した(鉛直観測全3地点)。また4階の建物の屋上において風向・風速、日射量を計測した(全2地点)。短期平面観測では気温、湿度、風向を全46地点(河川移動観測を含める)、移動観測で熱収支(気温、湿度、3次元風向風速計、4成分、放射計、黒球温度、地表面温度)を3地点計測した。特に気温・湿度・風向の移動観測では河川から約2km離れた地点での観測も行った。またサーモグラフィで荒川を中心とした熱画像を撮影した。本稿では快晴日であった8月7日に行った移動観測から得られたデータの解析結果を中心に記載する。

(3)熱収支：熱収支観測で対象としたのは河川敷と堤内地2地点である。地表面のエネルギーのや



図-2 観測対象地域(荒川)の位置図

りとり(地表面熱収支)は次式で与えられる。

$$Rn = H + IE + G \tag{1}$$

ここで Rn：正味放射量，H：顕熱輸送量，IE：潜熱輸送量，G：地中伝導熱である。また、顕熱と潜

熱の輸送量 H , IE は次のバルク式で表される .

$$H = c_p \rho C_H U (T_s - T_a) \quad (2)$$

$$IE = l \rho \beta C_H U (q_s - q_a) \quad (3)$$

ここで c_p : 空気 の 定 圧 比 熱 , ρ : 空気 の 密度 , C_H : バルク輸送係数 , U : 風速 , T_s : 地表面温度 , T_a : 気温 , l : 水 の 気 化 の 潜 熱 , β : 蒸 発 効 率 , q_s : 地表面温度に対する飽和比湿 , q_a : 大気比湿である . 正味放射量 R_n と 地 中 伝 導 熱 G は 観 測 ポ イ ン ト で 計 測 した 値 , 顕 熱 フ ラ ッ ク ス H と 潜 熱 フ ラ ッ ク ス IE は 3 次 元 風 向 風 速 計 を 用 い て 渦 相 関 法 に よ り を 求 め た .

3. 観測結果

(1) 天気概要: 観測期間 2006 年の 7 月 12 日から 8 月 22 日の前半にあたる 7 月は梅雨前線が本州付近に停滞したため雨の日が多く , 日照時間は例年の 60% であった . 8 月上旬になると太平洋高気圧に覆われ晴れる日が多かったため , 全国的に気温が高かった . 8 月中旬以降になると台風の影響などで不安定な天気が続いた . 観測期間全体を通して天候がよかったのは 8 月の上旬のみであった .

図-3 に 2006 年 8 月 1 日から 8 日の日射量 , 気温 , 風向 , 風速の時系列を示す . ここで気温 , 風向風速は全観測地点の平均値である . 8 月 3 日から 7 日は快晴日が連日続き気温が上昇し続けている . 河川の熱環境緩和作用の定量的評価を目的に分析を行うためには気温の変動が小さい日が好ましい . ある条件下で気温が低下していることが確認できたとしても , それが河川の効果であるのか , 長時間の曇り積算日射量が急激に低下したことが原因であるのか理解する必要がある . そこで本稿では日射量が 42 日間の中で比較的安定し , かつ移動観測を行った 2006 年 8 月 7 日の観測結果を示す .

図-4 に 2006 年 8 月 7 日の日射量 , 気温 , 風向 , 風速の時系列を示す . 日射量は安定し気温変動はなめらかである . この日の風向は常に南風で , 風速は午前から午後にかけて増加する . 海陸風が卓越していると考えられ , 河川に直行し堤内地に冷涼な空気塊を運ぶことが期待される気象条件となっている .

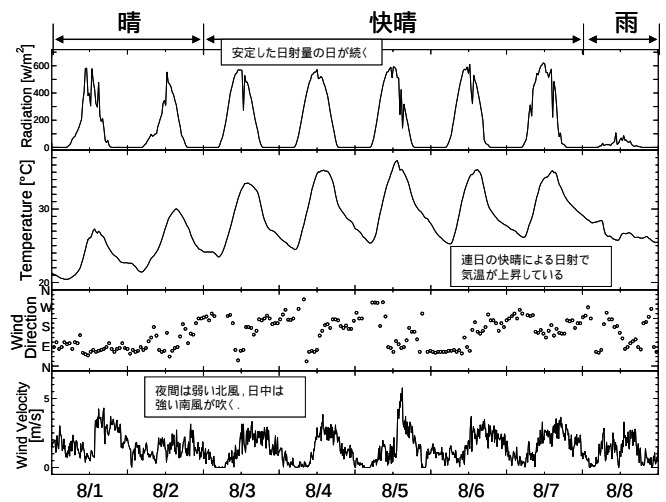


図-3 日射量, 気温, 風向, 風速の時系列 (2006/8/1 ~ 7)

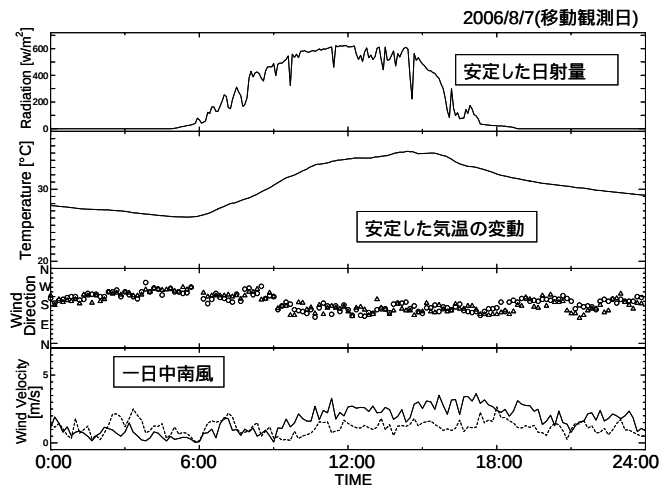


図-4 日射量, 気温, 風向, 風速の時系列 (2006/8/7)

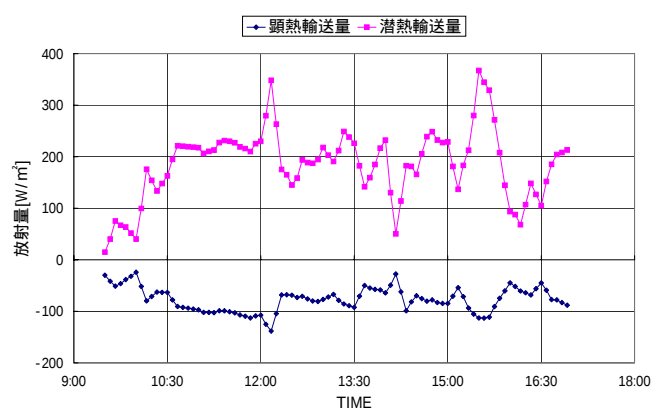


図-5 河川上の顕熱輸送量と潜熱輸送量の時系列 (2006/8/7)

(2) 河川上の熱環境: 図-5 に 2006 年 8 月 7 日の河川表面における顕熱輸送量と潜熱輸送量の時系列を示す . ここで顕熱輸送量 , 潜熱輸送量の推定には河川移動観測で計測した河川上の気温・湿度と

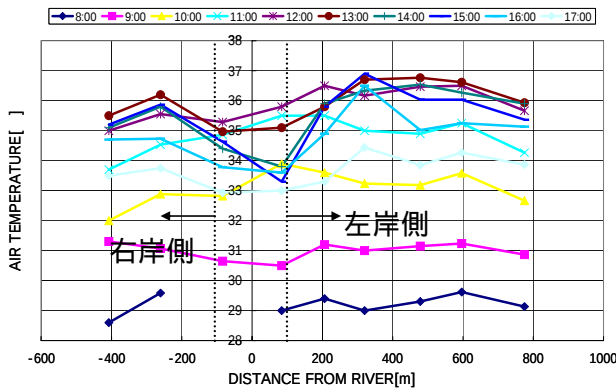


図-6 河川からの距離と気温の関係(2006/8/7)

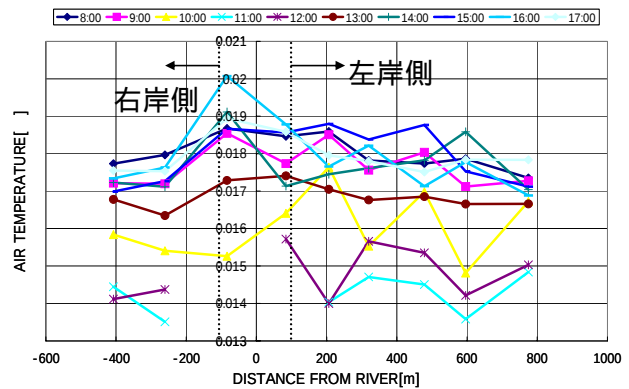


図-7 河川からの距離と気温の関係(2006/8/7)

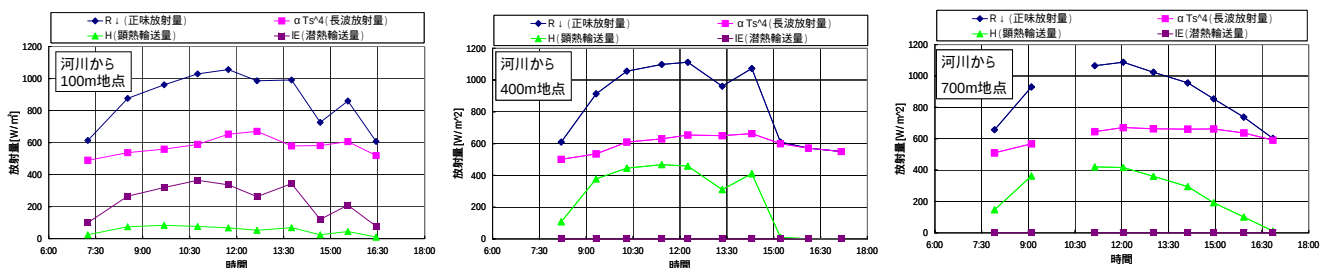


図-8 河川から 100m, 400m, 700m 地点の熱収支の時系列(2006/8/7)

サーモグラフィで計測した河川表面温度を使用した。日中、常に河川表面は潜熱を放出し、顕熱は河川が大気から熱を奪う方向に働く。河川上で空気塊が冷やされていると考えられる。11:00 から 15:00 の顕熱輸送量と潜熱輸送量は -84W/m^2 と 204W/m^2 であり約 250m の低水路幅であることから河川に対して風が直行して吹くとすれば、その空気塊は河川との顕熱作用によって単位幅 1m で 21000W のエネルギーを失うことになる。

(3)河川から堤内地への冷気のしみ出し：図-6,7 に河川からの距離と気温・比湿の関係を示す。これは右岸側から左岸側にかけての気温の断面分布である。河川内が最も気温が低く、堤内地に向かうほど気温が高くなるのがわかる。河川があることによって周辺大気が冷やされていると考えられる。日中の河川付近と堤内地の気温を比較すると堤内地で局所的に高い値を示している点があるが平均で 1~2℃ 河川付近が低い値をとる。比湿は河川の潜熱放出により河川上の比湿がほかの地点よりも値が大きい。

(4)堤内外の熱収支：図-8 に 2006 年 8 月 7 日の河川から 100m, 400m, 700m 離れた地点における熱収支の時系列を示す。100m 離れた地点は河川

敷でその観測地点は芝目である。河川から 400m, 700m 離れた観測地点は堤内地で風通しがよく、道幅が 5m の道路である。河川敷と堤内地で比較すると河川敷は潜熱輸送量が多く放出するにより顕熱輸送量の値が小さくなるため気温上昇を抑止していると考えられる。堤内地 2 地点を比較すると大きな差は見られない。

4. まとめ

河川からの市街地への熱環境緩和効果を検証するため荒川(東京都北区)を中心とした地域で観測を行った。本稿では観測解析対象を日射量が安定し、河川と直行する向きとなる南風が吹いている日を対象とした。河川表面では大量のプラスの潜熱とマイナスの顕熱が放出されている。これにより河川直上で大気が冷やされ堤内地に流れ込む。堤内地での熱収支に差は見られなかった。

謝辞：本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金基盤研究(B)及び中央大学共同研究プロジェクトの助成を受け実施された。ここに感謝の意を記す。

参考文献：1)近藤純正：水環境の気象学 - 地表面の水収支・熱収支 - , 朝倉書店, 1996。