法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-07-04

都市河川の水辺環境が周辺大気に及ぼす熱的な影響

黒見, 雄紀 / SATO, Norihito / KUROMI, Yuki / 佐藤, 典人

(出版者 / Publisher)
法政大学地理学会
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
JOURNAL of THE GEOGRAPHICAL SOCIETY OF HOSEI UNIVERSITY / 法政地理
(巻 / Volume)
41
(開始ページ / Start Page)
21
(終了ページ / End Page)
34
(発行年 / Year)
2009-03-10
(URL)
https://doi.org/10.15002/00025952

法政地理
J. Geogr. Soc. Hosei Univ.
41, 21-34 (2009. 3)

都市河川の水辺環境が周辺大気に及ぼす熱的な影響

黒見雄紀・佐藤典人

都市河川に臨む水辺市街地の温熱環境に対して現地での気象観測をベースに小気候学的な視点から追究した．調査対象として着目した地域は，荒川，および隅田川の流路に囲まれている東京・北千住地区である．河川水体の大気に及ぼす熱的な影響は，市街地大気の昇温を緩和する点で無視できない．とくに夏季の市街地の暑熱環境においては，都市アメニティの観点からも水体による気温への冷却効果を活かすことが望まれる．それには類似の気圧配置下で生ずる局地循環，とくに海風の卓越風向とその風速の強弱が重要な役割を果たすと指摘できた．もっとも，対象地域におけるこの河川水体の熱的に有する大気への意義は季節によって変わり，とりわけ水体は大気に対して夏季に冷源，冬季に熱源となる可能性が高い．

キーワード：北千住，水辺市街地，温熱環境，海陸風循環
Key words：Kitasenju, waterfront urban area, thermal environment, land and sea breeze

I　はじめに

一般に都市域では地表の改変に伴う裸地や緑地，ならびに水域の減少，建物の高層化・高密度化による風の吹送の変化，自動車や産業活動に起因する人工排熱の増大など，様々な人為活動の影響を受けて「ヒートアイランド(熱の島)」が形成されており，都市内の気温は郊外と比較して高温に保たれている．また，それによって夏季に真夏日や熱帯夜の出現日数の増加，植物季節の変化，熱中症患者の急増，局地的な短時間強雨の発生，さらには空調の大量使用によるエネルギー消費の増大など都市の大気環境へ多くの影響がもたらされている(尾島：2002，鍋島ほか：2004，松本ほか：2006)．

このような都市市街地の高温化現象とそれに付随する種々の問題に対して何らかの対策を講ずることが喫緊の課題であり，今日までにそれなりの解決策が図られてきた．例えば，NPOなどの主導によって「打ち水」作戦と称する対応が施されたり，都心のオフィスビルで屋上や壁面の緑化が推進されたりしている．しかしながら，これらの方策がどの程度の実効を伴うのか不明であるのに加え，それらが実行されてもなお，ヒートアイランド現象の解消には至っていないのが実状である．よって都市の，とりわけ夏季の暑熱環境を緩和するには，より大規模な対策を導入せねばならないだろう．例えば，その一例として水辺空間を再生・保全することや，冷涼な周辺大気を市街地内に誘導する「風の道」を確保することなどが挙げられる(例えば，Ernst：1995など)．そこで注目されるのは，河道が風の通り道にもなりやすい都市内河川の水体としての暑熱環境への緩和作用である．

都市内河川の周辺域において鉛直，ないし水平方向の気温分布を観測した結果から，河川のもつ熱的な緩和作用について言及した例はこれまでにもいくつか発表されている．例えば，片山ほか(1990)は，福岡市の那珂川の周辺街路で気温や風などを観測した結果から，海岸近くの市街地では陸風から海風へ変化すると，河川上で３～４℃ほど気温が低下することを明らかにしている．また，村川ほか(1988, 1990)は，広島市の太田川放水路などの周辺市街地で観測を実施し，河幅が広くて，建物が密集していない地域では河川の効果が波及しやすく，気温が低下するなどの知見を得ている．さらに清田ほか(2006)による，広島市の市街地において凪の時間帯と海風が発達している時間帯の河川周辺の気温を比較した報文がある．そこでは凪の時間帯でも河川近傍は低温であったけれども，海風が吹送するとさらに気温が降下したことを述べている．橋本ほか(2001)は，人工的に造られた河幅の狭い運河でさえも，それが「風の道」として機能していることを指摘している．

このような例から分かるように，都市内河川の周辺域において気温分布の調査をした研究は従来にも少なからず見られ，河川は市街地の暑熱環境を緩和する機能を有することが明らかになりつつある．しかし，これまでの研究では建築や土木などの工学分野からのアプローチが多く，かつ，夏季の晴天日を中心とした事例研究にとどまっている内容も少なくない．河川の水体が周辺域の大気に及ぼす熱的な影響をより詳細に掌握するには，さらに多くの地域で観測を遂行し，多くの研究結果を集約した形で客観的な事実を把握する必要がある(佐藤：2006, 2007)．近年，都市のヒートアイランドの緩和対策は社会的にも関心を集めており，都市内河川の周辺における熱的な大気環境を研究する意義はきわめて大きい．

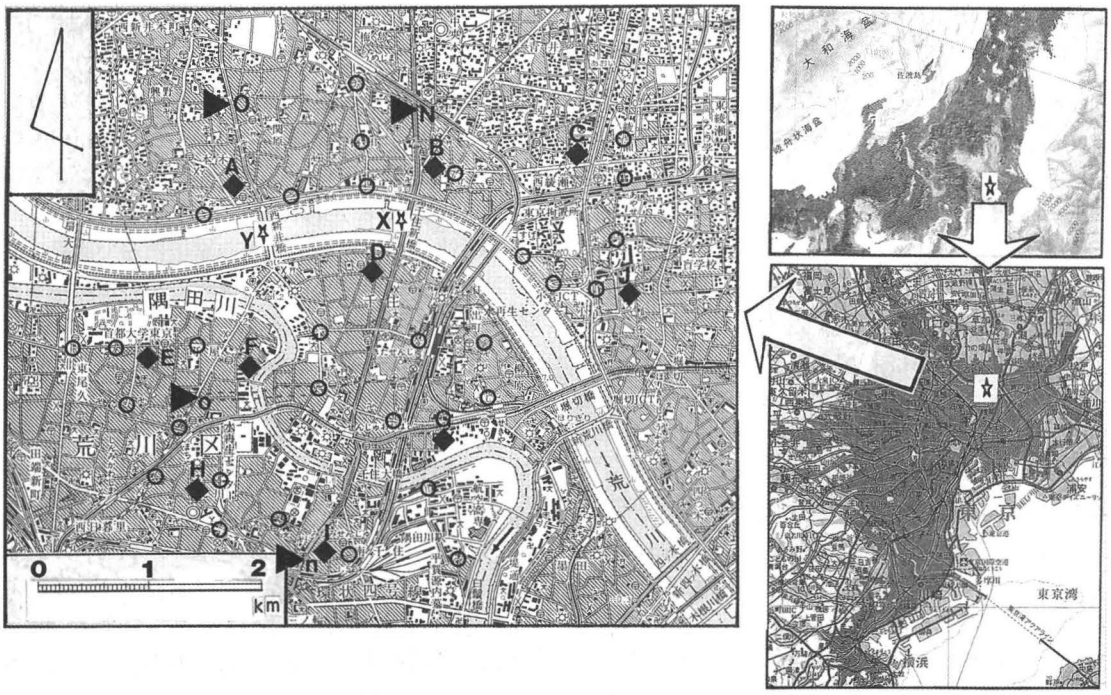
そこで本研究では，東京の荒川と隅田川に挟まれた北千住周辺域を対象に観測を実施し，小気候学的な視点から，都市内河川が周辺の市街地大気に及ぼす熱的影響を明らかにしようと試みた．また同時に，水体の温熱的な効果が水平的にどのくらいの範囲にまで及ぶのかにも焦点を定めた．

Ⅱ　研究方法

1　観測地域の概要

本研究の研究対象地域として，東京都足立区の北千住を中心とする東西約5km×南北約4kmの地域を選定した(第1図参照)．この対象地域を挟む形で荒川と隅田川が蛇行しながら西から東～南東へと流れており，隅田川の両岸には日光街道の最初の宿場町・千住宿として江戸時代ごろから栄えてきた北千住(足立区)・南千住(荒川区)の市街地が広がる．

この図から理解できるように対象地域のほぼ全域が建物密集地であり，主に商業地域・近隣商業地域・準工業地域・第一種住居地域などに指定されている．とくに北千住駅の西側は商店街・オフィ



第1図　調査対象地域の概略図

(図中の○印は移動観測点，◆印は定点観測点，☆印は橋上の定点観測点を示す．また，日光街道の▼印：N～n間と尾竹橋通りの▼印：O～o間は河川横断経路として徒歩で移動観測を実施した範囲を示す．なお，定点は以下の小学校である．A：本木東小，B：千寿第五小，C：弘道小，D：千寿双葉小，E：大門小，F：第七峡田小，G：千寿第八小，H：第二峡田小，I：第二瑞光小，J：こすげ小)

ス・マンション・住宅地等が混在して密集しており，人の往来が激しい．また，南千住駅周辺も同様に人通りが多く，最近になって新たに建設された高層マンションが林立している．そのほか町屋駅や綾瀬駅の周辺にも繁華街が展開している．

この地域は交通量もきわめて多く，とくに日光街道(国道４号)のそれは顕著である．しかも，首都高速中央環状線の出入口(千住新橋，小菅)や足立トラックターミナル，および足立流通センター(観測地域から北西に約６km)があるため，貨物輸送車類の通行量も比較的多い．さらに尾竹橋通り(都道313号・461号)や墨堤通り(都道461号)なども車両の通行が激しい．

一方，観測地域内に大規模な公園や緑地はあまり見られない．それでも比較的広い公園として，隅田川右岸の尾久の原公園(面積約61,841 m^2)・荒川自然公園(約56,925 m^2．三河島水再生センターの下水処理施設もある)・汐入公園(約126,485 m^2)・瑞光橋公園(約13,000 m^2)，綾瀬川左岸の小菅東スポーツ公園・小菅西公園(合わせて約50,000 m^2．両公園とも小菅水再生センター内にある)の存在が挙げられる．しかし，いずれの公園も観測地域全体の面積に対比してそれほど広い面積を有しないため，本研究における対象地域全体の気温に影響を及ぼすほどの緑地ではないと推定される．それでもなお，隅田川や荒川の河川水路上，荒川の河川高水敷，および隅田川貨物駅付近などは，この地域にしては比較的広いオープンスペースに該当する場所と言えるかもしれない．

対象地域は地形的にはほぼ平坦で，その標高は０～２m前後である．ただし，北千住駅の東側にあたる地域は，元来，荒川放水路の旧河道であったために一部で海抜０m以下の凹地となっている．先述したように，この観測地域を東西に貫く形で荒川と隅田川が流れており，前者の低水路幅は約200 m，後者のそれは約100 mほどである．もっとも隅田川の両岸にはコンクリートによる護岸工事が施されている半面，荒川では約100 m幅の河川高水敷が左右両岸それぞれに広がっており，運動場などとして利用されている．そのうえ荒川の両岸には大規模な堤防もあり，その比高は６～７mに達している．

以上のように，この地域は北千住と南千住を中心に車や人の往来が激しく，建物もかなり高密度であるため，人間活動に伴う大気への熱的影響が想定される．その一方でこの市街地を大きな二つの河川が貫流しているので，これらの水体が周辺の大気に熱的効果を招来していると推測される．このような場所ゆえに，都市内河川が周辺大気に及ぼす熱的な影響を追究するのに適当な地域であると判断し，本研究の対象地域として選定した．

なお，この地域内の西新井橋～千住新橋間において，武若ほか(1993)や鈴木・三上(1999)による気象観測の結果が報じられている．それによると，南風(海風)が荒川の水路を横断する形で吹送する際，河道内の接地大気が高水敷と低水路上で冷却され，その効果は上空約30 m程度にまで及ぶことを指摘している．さらにその相対的な低温大気が市街地に侵入し，正午過ぎには河川から150 mほどの区域内で気温が低下すると指摘している．また，水垣ほか(2004)は扇大橋～西新井橋間の地区(東西２km×南北２km．本研究の観測地域の西側)において，河川がある場合と無い場合とに仮定した際の地表面温度を数値シミュレーション(CFDモデル)によって算定し，その値から気温を推定して比較を試みている．それによれば，気象条件を気温32.5℃，風向を南，風速を2.3 m/s（８月上旬晴天日14時の平均値)とすると，河川が無いと仮定した場合の風下側市街地の気温は，現況(河川あり)の気温よりも最高で0.4℃高かったと説明している．すなわち，河川(荒川，隅田川)が存在することによって風下側では0.4℃ほど気温が低下していることになる．

ただし，前者は１度の気象観測(1992年７月29日)結果のみから導出しており，後者はあくまでもシミュレーションの結果であって実測値ではない．とくに夏季の暑熱環境に対して河川水体がどれほどの気温冷却効果を有するのか，あるいはこの地域における河川周辺の気温分布がどう影響を被るのか，その実態を解明するには様々な気象条件下で観測を蓄積し，気候学的な視座に立脚して考察する必要が要請される．本研究はこの点を念頭において追究を図るものである．

2　観測方法

本研究における気象観測は気温の定点観測と徒歩，および自転車による気温の移動観測が主である．その内容は以下のとおりである．

(1)定点観測

様々な気象条件下における河川近傍の温度的な状況を知る狙いから，観測地域内の10地点に温・湿度のデータロガー・TR-72U型(ティアンドデイ社製)を設置し(第１図参照)，定点観測を行なった[1)]．測器は全て観測地域内にある小学校の百葉箱内に設置した．その設置高度は地上から1.2～1.5 mであり，計測間隔は10分である．この観測は2007年７月10日から４ヵ月間ほど実施した．

(2)移動観測

対象地域内の気温の平面分布を把握する目的で，2007年の夏季から初秋にかけて徒歩，および自転車による気温の移動観測をのべ８日間ほど実施した(第１表)．徒歩による移動観測では，アスマン通風乾湿計を用いて予め定めた観測地点(第１図参照)で値を読み取った．これに自転車を使用した場合には，自転車に前述のデータロガー・TR-72U型を地上から1.5 mの高さに固定し，各測点毎にデータを記録しながら移動して，終了後に測定値の確認を行なった．なお，ロガーのセンサー部には直射日光の照射を防ぐために通風可能な放射除けカバーを装着した．本来，観測機器を全て同一にして，同じ観測手順で観測するのが望ましいけれども，観測実施毎の観測人員などの都合から異なる手順や測器を併用せざるを得なかった．しかし，器差補正を施した結果に伴う大きな矛盾は認められなかった．

また，河川の水体などによる温度的な影響の水平的な範囲を捉える狙いから，河川を横断する形で気温の移動観測を遂行した．この場合には河川にほぼ直交するように南北に走る日光街道(第１図のN～n間)と尾竹橋通り(第１図のO～o間)を移動観測の経路として選定した．つまり前者では千住新橋(荒川)から千住大橋(隅田川)に至る経路であり，後者では西新井橋(荒川)から尾竹橋(隅田川)に至る経路である(第１図参照)．

前述したように，武若ほか(1993)による研究では，河川(荒川)の影響は河川水路から150 mほどの範囲に及んでいると報告されているし，成田ほか(2001)による隅田川・永代橋付近における観測結果では，河川の影響範囲は300～400 m程度と述べられている．また，佐々木(2007)による隅田川・蔵前橋付近における同様の観測では，河川上の大気の熱的な影響範囲は夏季で400～500 m程と指摘されている．本研究ではこれらの先行研究を考慮しつつ，荒川の水路幅が隅田川のそれよりも広く，河川の熱的影響がより広範囲へ及ぶ可能性のあることに鑑みて，あえて河川からの水平距離を1000 m程度まで延ばして観測コースを設定した．双方の移動観測経路に沿って100 m毎に測点を設け，徒歩，または自転車による移動観測を行なって観測を実施した．また，この観測では１時間内に各回の観測を終

第１表　東京・北千住地域での小気候観測実施日時と観測内容

No.	観測年月日	観測時間	観測内容 地上定点観測	移動観測	横断観測	雲量	風 風向・風速	水温 千住新橋
①	2007.07.23.	10:30～	○	—	○	10/10	ESE 0.7m/s	27.0℃
②	〃	11:00～	○	—	○	10	ESE 0.8	26.5
③	2007.08.01.	11:00～	○	○	○	6	SSW 2.5	22.8
④	〃	14:30～	○	○	○	3	S 4.7	23.5
⑤	2007.08.07.	10:30～	○	—	○	4	SE 4.1	29.0
⑥	〃	13:30～	○	—	○	5	S 3.8	29.0
⑦	〃	16:00～	○	—	○	5	S 3.0	29.8
⑧	2007.08.16.	11:00～	○	—	○	2	WSW 2.2	32.2
⑨	〃	14:00～	○	—	○	5	SE 2.0	31.0
⑩	2007.08.22.	11:00～	○	—	○	3	S 2.2	31.0
⑪	〃	14:30～	○	○	○	5	SE 2.9	31.4
⑫	〃	17:30～	○	○	○	7	SSW 3.9	31.0
⑬	2007.09.02.	09:30～	—	—	○	9	*ENE 2.0*	—
⑭	〃	11:00～	—	—	○	5	*ENE 2.0*	—
⑮	〃	12:00～	—	—	○	10	*ENE 2.0*	—
⑯	〃	13:00～	—	—	○	10	*NE 2.0*	—
⑰	〃	14:00～	—	—	○	10	*E 2.0*	—
⑱	2007.09.18.	14:30～	—	—	○	10	*ESE 2.0*	—
⑲	〃	15:30～	—	—	○	8	SE 2.0	—
⑳	〃	17:00～	—	—	○	10	E 2.0	—
㉑	2007.10.06.	12:30～	○	○	○	6	NE 0.9	21.5
㉒	〃	15:30～	○	○	○	1	NE 2.0	22.1
㉓	〃	18:30～	○	○	○	0	E 3.0	20.8

(反転番号は気温偏差分布図作成の観測，　網かけ部は雲量8以上での観測，　斜字・ゴチはアメダス越谷の風向・風速の値を各々示す)

了するように努めた.

なお，移動観測による観測データの時刻補正は各移動測定点から最も距離的に近い定点観測の値を参考にして行なった．その際，補正する時刻は観測開始時刻と終了時刻のほぼ中間の時刻とした.

河川を横断する移動観測を実施した際には，千住新橋上の中央(第１図中のX地点)，および西新井橋上の中央(第１図中のY地点)で，アスマン通風乾湿計による気温・湿度，中浅式風向風速計による風向・風速，水温計による河川水温，目視による雲量の観測も同時に実施した．気温と風向・風速は5分毎に，水温と雲量は30分毎に測定した.

Ⅲ　結果と考察

1　水辺市街地の気温の平面分布

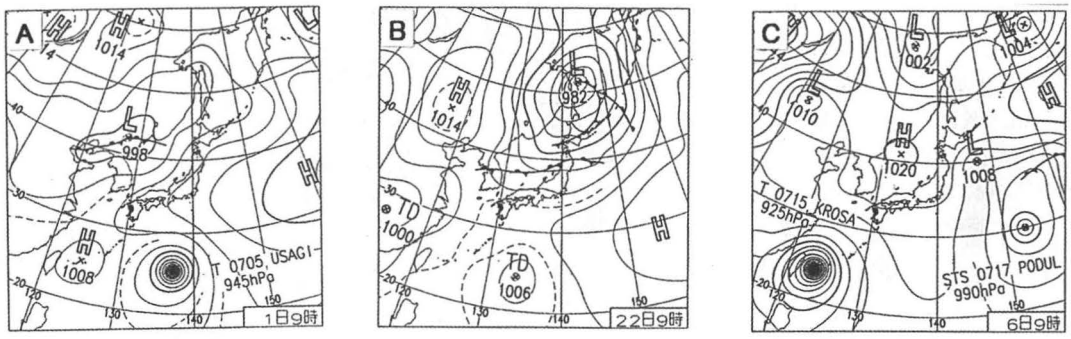
移動観測と定点観測の結果をもとに，気温偏差の平面分布図を作成した．偏差の算出は観測毎に全測点の気温の平均値を求め，各測点の測定値からその平均値を減じる方法で行なった．ここでは便宜的に気温偏差が+1.0℃以上であればその地域を高温域，－1.0℃以下であれば低温域と定義した．市街地のヒートアイランド現象に加えて相乗的に温度環境が悪化する夏季の高温な昼間に視点を照射し，さらに海陸風循環の影響を考慮する本研究の狙いから，雲量の少ない日時(第１表参照)の午後の時間帯を中心に観測結果の事例を提示して説明を加えたい.

(1) 2007年８月１日の例

この日は東北地方から中・四国地方にかけて広く小笠原高気圧に覆われて概ね晴れて，平年より遅れていた関東甲信地方などの梅雨明けが発表された(第２図A参照)．千住新橋上での観測でも雲量は比較的少なく，気温も30℃を超えていた．荒川の河川水温は日中23℃前後でほぼ一定であった．それゆえ，気温との差はおおよそ６～８℃であった．また，４～５m/s前後の南～南東寄りの風が定常的に吹送していた.

この日の11時の気温偏差分布図(図略)をみると，北千住駅の北西約700 m付近の荒川右岸と南千住駅の西約800 m付近の隅田川右岸に高温域が発現した.その一方で,北千住駅の南(隅田川左岸)や荒川左岸には低温域が現れ，－1.5℃以下の負偏差を示した．総じて河川の右岸側(南側)の気温が高く，左岸側(北側)のそれは低くなる傾向が識別された．この時の南寄りの風により，河川上の相対的に低温な大気が風下側，つまり左岸側の市街地に変位した結果であると見える．加えて，河川左岸の低温域は荒川左岸よりもむしろ隅田川のそれの方がより広範に及んでいる．これは荒川の両岸に存在する高い堤防の影響，あるいは隅田川湾曲部とその近傍の隅田川貨物駅周辺のオープンスペース[2)]による大気の移流効果と推断される.

これが14時30分(第３図A)になると，雲量がより減少して気温もさらに上昇した．風は午前中より強まり，千住新橋上では4.7 m/sの風が南から



第２図　気圧頻度が緩くて雲量が少なかった観測日の地上天気図
(A:2007年８月１日，B:2007年８月22日，C:2007年10月６日のいずれも09時JST，気象学会誌「天気」より引用)

吹いていた．午前の気温偏差分布と比べると，低温域はややその領域を縮小している反面，逆に北千住駅北西部の高温域は発現している．午後になって日射がさらに強まった上，人為活動に伴って排出される熱などが増大し，建物密集域で高温域が広がったものと推測される．それでも，高温域の中心は自動車や人の往来が激しい北千住駅西口付近に現れず，やや北方向に変位している．これも南寄りの風によって地表面付近の高温大気が北方へ流された結果かと思われる．しかし，千住新橋周辺や隅田川屈曲部左岸などの低温部はやはり現出している．

(2) 2007年８月22日の例

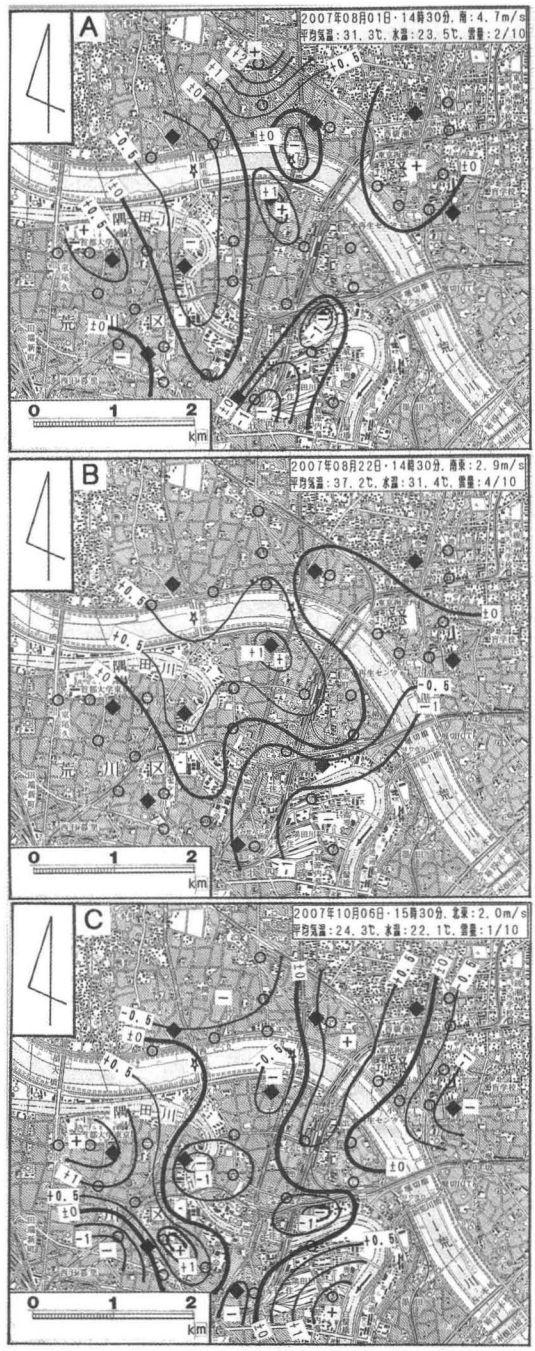
この日は南海上の熱帯低気圧から，日本海の海上から東北地方北部にのびる停滞前線に向かって暖気が流れ込み，前橋で38.5℃を記録して関東地方では猛暑を超えて酷暑となった(第2図B参照)．観測地域においても軒並み35℃を超える厳しい暑さであった．雲量は日中に少なかったものの，夕方から増え始めた．河川水温は31℃前後でほぼ安定しており，気温を上回ることはなかった．ただし，気温との差が日中には最大６℃ほどあったのに，夕刻には２℃前後にまで縮まった．また，風は13時30分ごろまで風速２m/s前後で風向も不安定であったが，それ以降は５m/s前後の南風で定常的に卓越していた．

14時30分の気温偏差平面分布図を第３図Bに示した．この時も前掲の８月１日と同様の傾向が認められる．すなわち，北千住駅の北西部に相対的な高温域，南千住駅の東部に当たる隅田川貨物駅から隅田川の屈曲部に低温域が各々形成された．等温線の形状から，南東風によって高温域，ないし低温域がやや風下側に移動している様子を伺える．

これが夕方の17時30分(気温の平均値33.6℃，雲量6，南南西の風3.9 m/s)になると，北千住駅西口の繁華街を中核とした島状の気温分布となった(第４図A)．それゆえ，午後の場合よりも鮮明に高温域が人為活動の顕著な領域に符合して発現している．

(3) 2007年10月６日の例

この日は太平洋上の台風17号と三陸沖低気圧の



第３図　日最高気温の発現時前後における気温偏差分布図
(A：2007年８月１日，B：2007年８月22日，C：2007年10月６日のいずれも14時～15時前後の事例．単位℃)

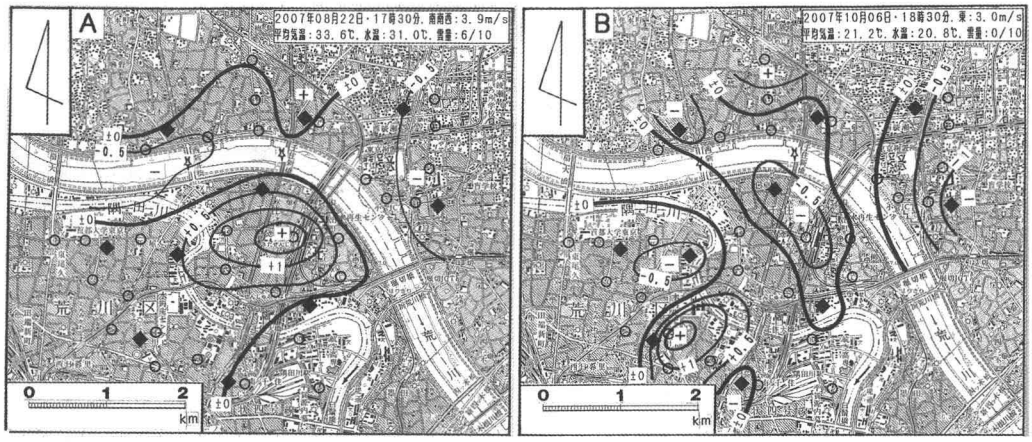
影響により初めは曇りがちで北寄りの風が卓越していたけれども，日本海を東進してきた高気圧に次第に覆われ天気は回復した(第２図C)．千住新橋の観測点における風は16時00頃まで北～北東寄りであったのが，その後，東寄りの風に変わった．また，昼前後まで雲量が多かったために，午後になって天気が回復するまでは気温の上がり方も鈍かった．風速は日が射してきてからは時折強まったものの日没後には弱まった．河川水温は夏季と比べて気温との差が小さく，夜には若干ではあるが水温が気温を上回った．

12時30分には全測点の気温の平均値は22.7℃，雲量９で，北東の風0.9 m/sであった．曇天のために観測地域内の気温はほぼ一様で，夏季のような顕著な高温域と低温域の地域的な棲み分けが認識されなかった．

15時30分には雲量１で，北東の風2.0 m/sとなった．荒川左岸の小菅東スポーツ公園の緑地や隅田川沿いの一部に低温域が生じた．その一方で，相対的な高温域が西方に位置する尾久の原公園付近から南東方向の荒川自然公園にかけて帯状に，あるいは隅田川の屈曲部近傍に夏季とは逆に出現している(第３図C)．一般的に公園・緑地は植物の葉面からの蒸散作用や水面・裸地面からの蒸発作用，さらには樹冠部による日射の遮蔽などの影響で周囲より低温になりやすいが(丸田：1972，河野：2004)，逆にここでは高温となっている．公園・緑地に高温域が発現することは，いくつかの先行研究でも報告されている(例えば，丸田：1972, 1974，三上：1982，千葉：1995，菅原ほか：2006)．しかし，高温域を呈しやすい季節，時間帯，気象条件やその形成要因などについては統一した見解が得られていない[3]．ここでの場合，初秋の午後から夕方にかけて雲量が少なく，風も比較的穏やかな条件下において，公園・緑地が高温となった．この高温域の成因を現段階で説明するには根拠に乏しいので，今後，気温分布の季節変化・日変化をより詳細に調べる必要がある．

また，夏季の観測時には低温域となっていた隅田川貨物駅東側地域も，この時には正偏差を示している．これは夏の観測日とは卓越風向が逆になっていたので(夏季は南東～南西であるのに対し，この日は荒川や隅田川方面からの北～東寄りの風であった)，オープンスペースの地表面よりも河川水体の温度が高い現われかもしれない．

さらに夕方の18時30分になると，全測点の気温の平均値は21.2℃，雲量0で，東の風3.0 m/sになった(第4図B)．気温と荒川の河川水温20.8℃との差はほとんど消失しており，場所によっては水温が気温を上回っている．総じて明瞭に認められる高温域や低温域は表出していないものの，南西部の荒川自然公園付近が午後と同様に高温になってい



第４図　日没前後における気温偏差分布図
(A：2007年８月22日，B：2007年10月６日の日没の事例．単位℃)

る．また，東寄りの風に対応する形で荒川沿いの低温な大気がやや西に変位して北千住駅付近から北西に負偏差域が伸びている．

以上の気温偏差分布の結果を踏まえて，観測地域の最高気温出現時前後の気温の平面分布を概観すれば，北千住駅の西側が相対的に高温に，南千住駅の東方が低温になりやすいことがわかった．北千住駅西側は日光街道で交通量がきわめて多く，建物も密集しているために，高温域が形成されやすいものと考えられる．逆に，南千住駅東側から隅田川の屈曲部にかけては貨物駅の操車場の関係などから建物が密集していないオープンスペースで幹線道路もない．その点でも隅田川水路上の相対的に低温な大気が風向き次第では移流してきやすい．そのために周辺部に比べて低温になりやすいのだろう．吹送する風向･風速の影響は，夏季の日中，南寄りの風が吹送した際に，北千住駅西側の高温域や南千住駅東側の低温域がやや北方へ変位していた事実からも否定できない．それゆえ，暑熱環境に見舞われる夏季の水辺の市街地では，河川上の相対的な低温大気の誘導・誘引を積極的に図るべきであろう．

2　河川横断経路に沿った移動観測

荒川や隅田川の流路に直交してほぼ南北方向に走る日光街道や尾竹橋通りに沿って実施した気温の移動観測（合計23回）結果をもとに，気温偏差の横断面分布を図化した．この観測は荒川や隅田川に架かる各橋の中央（第１図中のX，Y）から南北方向に移動して実施した．

個々の経路毎に全測点の平均値を求め，それを各測点の測定値から減じて偏差を算出した．対象地域では晴天日に海陸風の吹送が発現しやすいので，第１表に示した雲量の少ない事例のみを抽出して，各横断経路別にその気温偏差分布を示した（第５図）．総じてこれらの観測実施時には河川水温が気温よりも低いことから，負偏差を示した地点を低温域とし，河川水体の気温への冷却効果が作用した地点とみなせる．以下ではこのような領域を「効果範囲」と呼称し，効果範囲の南限と北限との間が温熱的にみて河川水体の大気へ影響を及ぼした水平的な範囲となる．

まず千住大橋を中心とした横断観測に拠れば，隅田川の水路上では明瞭な低温を示し，隅田川左岸の市街地，つまり北千住側で明瞭な正偏差を示している．しかし，同右岸の南千住側ではその偏差がほとんど認められない（第５図A）．

同じ日光街道の荒川に架かる千住新橋の断面に目を転ずると，右岸の北千住側では正偏差を呈しており，上述の千住大橋左岸と整合的に連動している一方で，左岸の梅島側ではむしろ負偏差傾向を示している．荒川の水路付近で負偏差になっていることから判断すれば，左岸の北側に河川水路上の相対的に低温な大気が流下している姿を伺える．つまり雲量の少ない日中の晴天の下では，南の東京湾方向から南寄りの海風が吹送して荒川上の大気が風下側に変位した現われと見える（第５図B）．

同じくこれを尾竹橋通りの横断面で見てみよう（第５図C）．この断面では第１図から分かるように隅田川と荒川が近接しているので，前者に架かる尾竹橋と後者の荒川に架かる西新井橋の双方を包含した形で図示している．やはり両河川の区域では相対的に低温傾向を示している．南の隅田川右岸の町屋方向の市街地では明瞭な正偏差を示しているわけではないのに対して，北方の荒川左岸では正偏差となっている．それゆえ，先に述べた千住新橋の左岸側とはこの点で対照的である．

ところで橋上の定点で連続的に測定している昼前後以降の風向に注目すると，南寄りの海風であることは共通している．しかし，厳密には南東系の海風の吹送が卓越している．これを考慮すれば，北千住付近の市街地の高温大気が北西の西新井橋左岸へ流下する可能性のある一方で，荒川の流路が南方向へ転じて隅田川と接近し，なおかつ隅田川貨物駅周辺を包含する地域の相対的に低温な大気は，この風系によって千住新橋左岸側へ流下していると言える．この結果が同じ荒川左岸でも正負の偏差を温度的に呈していると理解できる．

このような雲量の少ない観測事例のみを抽出して各横断経路の効果範囲を対照すると，隅田川（尾竹橋，千住大橋）では，夏季には北側（左岸）の方

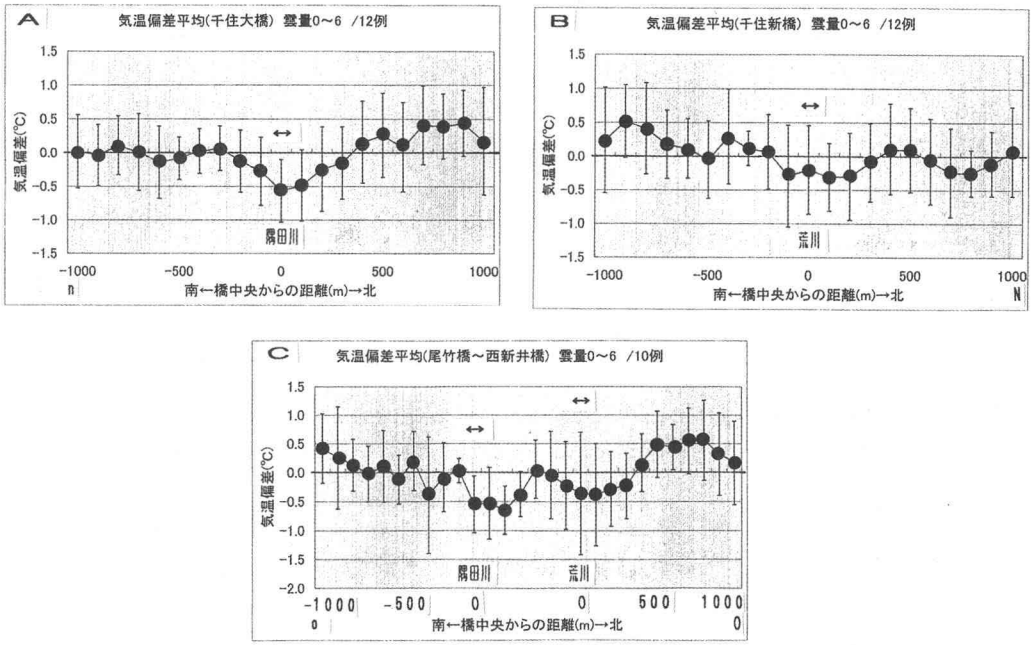
でより効果範囲が広く，秋季には逆に南側(右岸)の方でそれが広くなっている．この結果からも卓越する風向(前者は南寄りの風，後者は北寄りの風)によって，低温域の風下側への変位の様子が異なってくると判明した．その隅田川では，南風が吹送すると橋中央(河川中央)を基点として，南側では150 m以内の範囲に，北側では300 m以内の範囲に低温域が形成されやすいと言及できる．また，北風が吹送する際には，南側400 m以内，北側200 m以内の範囲が低温となりやすい．

一方，荒川(千住新橋，西新井橋)の場合には，夏季・秋季を通して温度的な効果範囲はほぼ一定である．荒川でも風による低温域の移動はそれなりに生ずるものの，隅田川ほど顕著ではないと言える．これは荒川には比高6～7mの堤防があるため，河川上の低温な大気の移動が妨げられた姿かと思われる[4]．荒川は橋上の中央を基点として，南側に250 m以内，北側に300 m以内の範囲に低温域が形成されやすい．ただし，橋の中央から南北それぞれ200 mよりも内側は堤外地であることから，堤防が河川上の大気の流出を阻んでいると見える．そのため，荒川の方が隅田川よりも水体の規模としてははるかに大きいにもかかわらず，効果範囲は双方で同程度に留まっている．

なお，武若ほか(1993)は，夏季の正午過ぎには荒川から約150 m内で気温が低下していたと報告しているが，これは堤防からの距離で表わされている．これを本研究と同様に橋上中央からの距離に変換すれば約400 mになる．調査方法が異なるので単純な比較はできないが，本研究で得られた結果はそれよりもやや小さい値となった．

3　河川の効果範囲と雲量・風速・水温との関係

河川の横断観測の結果から，河川の効果範囲は厳密にはその時々の気象条件に左右され，その及ぶ領域が変化すると言える．しかし，前項で晴天日の海陸風の吹送する昼間におけるおおよその河川水体の効果範囲が指摘できた．ここではその効果範囲と雲量，風速，および荒川の河川水温と気温との温度差(水温から気温を減じる．以下，単



第5図　河川横断経路に沿った気温偏差の平均とその標準偏差分布
(A：日光街道・千住大橋，B：日光街道・千住新橋，C：尾竹橋通り・尾竹橋と西新井橋．図中の●印は気温偏差の平均，縦棒の長さはその標準偏差を示す．)

に「温度差」と表記する）との相関係数を算出し，どの因子が効果範囲の広狭を左右しているのかを検討した．なお，千住新橋で水温を観測していないときは笹目橋（水質自動観測所）の水温を用いた．筆者による事前の調査から笹目橋と千住新橋の水温はほぼ同じであると判明している．ただし，温度差を求める際の気温は，コース上全測点の気温の平均値を使用した．

第２表に効果範囲と各因子間の相関係数（r）の計算結果を横断経路別に示した．この表より，千住大橋の南側では雲量の増加が効果範囲の拡大に最も寄与している（r=0.57）．雲量が多くなり日射量が減ると，水温と気温との温度差が縮小し，河川の冷源としての働きが弱まるものと予想していたが，ここではそうなっていない．また，温度差が縮小しても効果範囲は拡大している．このことから，隅田川の右岸付近ではたとえ雲量が増加したとしても低温になりやすいと言える．それが隅田川右岸のオープンスペース（隅田川貨物駅の東側）の影響か否かは即断できない．いずれにせよ千住大橋の南の低温域は必ずしも河川の作用によるものではない可能性がある．これに対して，千住大橋の北側では風速の増加が効果範囲の拡大にいささか影響している．夏季の日中の観測時には主に南寄りの風であったため，南風が強まったときに河川上の低温な大気が北に拡散したと見える．しかし，千住新橋では南北ともにいずれの要素も相関がみられなかった．この経路では効果範囲の標準偏差が他のコースと比べてやや大きかったのもその現れであろう．

尾竹橋の南側では千住大橋の南側と同じく，雲量が増加すると効果範囲が広がる傾向があった（r=0.45）．この地域の場合には隅田川右岸の緑地が低温域を形成したのだろう．したがって，この南の低温域も隅田川の河川水の影響によるものとは即断できない．一方，尾竹橋の北側では風速が弱まったときに効果範囲が拡大している（r= −0.66）．先にこの地域で隅田川と荒川が非常に近接しているために，両河川からの熱的影響を受けて，その相互の重複的な効果で低温になるものと述べた．しかし，この場所では強風が吹送した場合，風下側に低温域が移動してしまい，その結果として効果範囲の減少につながるのだろう．そのため，尾竹橋の北側では風が弱く，低温な気塊が変位しない時の方がむしろ低温になりやすいものと推測される．また，西新井橋の北側では風速が強まることによって効果範囲が拡大している（r=0.70）．この場合にもやはり強い南風吹送時に河川上の相対的に低温な大気が北側に流下したことによると考えられる．

4　南風吹送時の南北の気温差

気温の移動観測を実施した結果，研究対象地域において南寄りの風が吹送した場合，風下側に低温な大気が運搬され，低温域が北方へ移動する傾向が見られた．そこで，河川上を吹送した南風によって気温上昇を抑制される風下側と風上側とでは，どの程度気温差が生じるのかを検証したい．

気温のデータには各小学校の百葉箱内に設置した観測値のうち，2007年７月27日から12月３日までの長期間実施した定点観測で得たデータを使用した．E・F・H・I地点の気温の平均値を河川の右岸側（南側）の気温（T_r）とし，A・B・C・J地点の気温の平均値を左岸側（北側）の気温（T_l）とした．日中晴天であった日（以下，「日中晴天日」）と曇天であった日（日中曇天日），夜間に晴天であった日（夜間晴天日）と曇天であった日（夜間曇天日）について，それぞれT_r−

第２表　河川横断経路別の河川水体の温度的な「効果範囲」（距離）と３気象要素（雲量，風速，気温と水温の温度差）との相関関係

隅田川／	日光街道・千住大橋 南側（右岸）	日光街道・千住大橋 北側（左岸）	尾竹橋通り・尾竹橋 南側（右岸）	尾竹橋通り・尾竹橋 北側（左岸）
効果範囲 ～ 雲量	+0.57	−0.26	+0.45	+0.56
効果範囲 ～ 風速	−0.37	+0.35	−0.01	−0.66
効果範囲 ～ 温度差	+0.42	−0.34	−0.26	+0.09

荒川／	日光街道・千住新橋 南側（右岸）	日光街道・千住新橋 北側（左岸）	尾竹橋通り・西新井橋 南側（右岸）	尾竹橋通り・西新井橋 北側（左岸）
効果範囲 ～ 雲量	+0.18	−0.27	−0.08	−0.50
効果範囲 ～ 風速	−0.01	+0.12	−0.02	+0.70
効果範囲 ～ 温度差	+0.15	−0.11	+0.23	+0.45

T_lを算出し，比較を行なった．また，日中晴天日のうち，南風が吹送していた日(南風吹送時)とそれ以外の風向の風が吹送していた日(南風非吹送時)とに分け，こちらもT_r-T_lを求めた．晴天日・曇天日の決定と解析対象日の抽出は以下の順序で行なった．

①：7月27日から12月3日までの間で，大手町で降水のなかった日を抽出＝(計61日)．

②：①のうち，大手町の9時・12時・15時の平均雲量が7.0未満の日を「日中晴天日」，7.0以上の日を「日中曇天日」と便宜上，定義した．また，21時の雲量が7.0未満の日を「夜間晴天日」，7.0以上の日を「夜間曇天日」とした．

③：②の日中晴天日のうち，大手町・新木場・越谷・岩淵(荒川下流河川事務所)の15時の風向が全ての地点で南東～南西である日を，観測地域でも同時刻に南寄りの風が吹送していた日と見なして，その日を「南風吹送時」，それ以外の風向の場合を「南風非吹送時」とした．

④：②と③で分類した6つの場合について，それぞれT_r-T_lを算出した．日中の気温は15時，夜間のそれは21時のものを使用した．

T_r-T_lの計算結果を第3表に示す．日中晴天日の値は0.162℃と一見，気温差があまりないように思えるが，風向別に分類することによって南北の気温差が明瞭となった．南風吹送時には，風上となる南側の気温(T_r)の方が風下の北側の気温(T_l)より0.284℃高くなっている．よって，南風が吹くと北部ではおよそ0.3℃ほど気温が低下すると見積もられる．これに対して，南風非吹送時には－0.001℃となり，南北間の気温差はほとんど現れていない．測器の精度上，0.2℃以下の議論は不能であるが，研究対象地域において風が南以外から吹送する際には，地域内の気温は一様となる傾向にあると考えられる．ちなみに，日中曇天日も0.121℃となり，南北の気温差は小さい．

また，夜間晴天日，夜間曇天日は共に0.3℃前後となっており，夜間も南側の方が高温になりやすい傾向を伺える．その理由としては，夜間に陸風が吹送する時，南側の方が風下に位置することや，隅田川右岸に多い緑地による保温効果などが考えられよう．

第3表　昼夜別・雲量別の河川両岸における気温差
(単位　℃．「T_r：右岸－T_l：左岸」で表記)

	昼間			夜間
	南風	非南風	平均	
晴天日	＋0.284	－0.001	＋0.162	＋0.418
曇天日	×	×	＋0.121	＋0.268

(表中の　＋　は右岸の気温が高い，　－　は左岸のそれが高いことを表わす．また　×　はデータ無し)

5　河川の水体と大気間の熱収支

河川の水体と大気との間の熱の授受を定量的に把握するために，顕熱輸送量の算定を行なった．ここでは千住新橋上(水面から約15 mの高さ)の気温と風速，荒川の河川水温(厳密には現地の河川水面の水温ではないが近似的な値であると見なす)を用いて，バルク法によって算出した．顕熱輸送量(H)は次のバルク式で与えられる．

$$H = {}_{cP}\rho C_H U\,(T_S - T) \qquad (5.1)$$

ここで，${}_{cP}$：空気の定圧比熱(＝1004 J kg^{-1}K^{-1})，ρ：空気の密度(＝1.2 kgm^{-3})，U：風速(単位 ms^{-1})，T_S：水面温度(K)，T：風速の観測高度における気温(K)を表わす．C_Hはバルク係数を表わすが，この値は風速や気温を観測する高度が高いほど小さくなる．また，風速や水面温度と気温の差は高度が高くなるほど大きくなる．そこでこの高度依存性を弱めて誤差を小さくするために，通常，交換速度(＝バルク係数×風速＝$C_H U$)が用いられる．

近藤(1994)によると，交換速度(単位ms^{-1})は大気安定度によって異なる．以下に安定度が中立，不安定，安定の場合の$C_H U$の計算法を各々記す．

①：安定度が中立のとき

$$C_H U = (C_H U)_{U=0} + 0.00566\,(U^{0.8}/X^{0.2}) \qquad (5.2)$$

ただし，$(C_H U)_{U=0} = 0.001$ ms^{-1}，X：水面が風を吹く距離(m)である．Xは通常，水面幅の3～5倍と仮定されることが多いが，観測地域では荒川を横断する向きの風が多かったので少なく見積もって，荒川の水路幅約200 mを1.5倍して300 m

とした.

②：不安定のとき

水温が気温より高くなったときは，自然対流の影響を考慮して次式で与えられる.

$$C_{\mathrm{H}}U=0.0012\{(T_{\mathrm{S}}-T)+0.11\,[e_S(T_{\mathrm{S}})-e\,]\}^{1/3} \quad (5.3)$$

ただし，$e_S(T_{\mathrm{S}})$：T_{S}に対する飽和水蒸気圧(hPa)，e：水蒸気圧(hPa)である．水蒸気圧は観測地では測定していないので，大手町の同時刻のものを代用した．なお，不安定のときは式(5.2)と(5.3)を比較して大きい方をその時刻の$C_{\mathrm{H}}U$として用いる.

③：安定のとき

気温が水温より高くなったときは，安定度の効果を考慮し，式(5.2)の$C_{\mathrm{H}}U$を補正して小さくする.

$$C_{\mathrm{H}}U=f\times\text{式}(3.2) \quad (5.4)$$

ただし，補正係数fの値は，近藤(1994)による「水面のバルク係数と風速との関係」を表わしたグラフを用いて算出した.

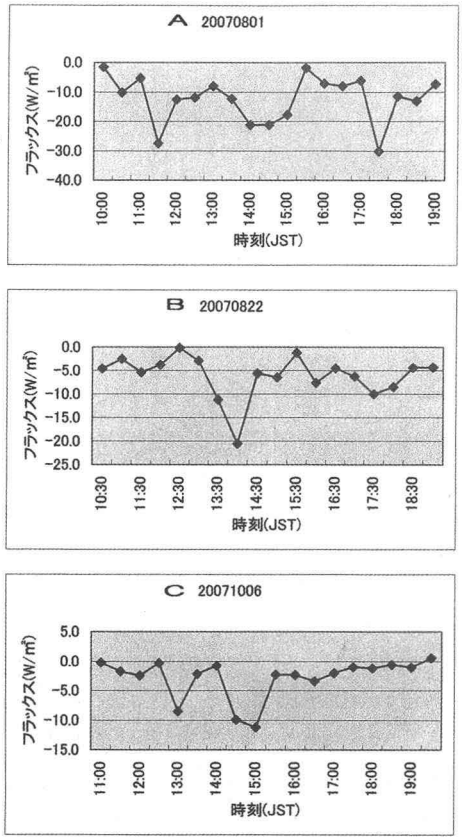
以上の式(5.2)～(5.4)で$C_{\mathrm{H}}U$を算出し，式(5.1)に代入して顕熱輸送量を計算した．2007年８月１日，８月22日，10月６日の千住新橋における気温・水温・風速の観測データを用いて計算した顕熱輸送量を第６図に示す.

いずれの日も顕熱輸送量の日変化は少ないものの，それでも風速の大きくなりがちな日中にやや輸送量が大きくなり，午前中や夜間には小さな値を示している．観測を行なったのが主に夏季であったため，基本的には負の値を示し，水体が大気から熱を奪っている(＝水体が大気に対して冷源となっている)様子が表われているけれども，秋季の10月６日の例では夜間になって正に転じ，水体が大気に対して熱源となっている．夏季の日中は－20～－５W/m^2，秋季の日中には－３W/m^{2}ほどと，夏季より秋季の方で顕熱輸送量が若干小さかった[5]．冬季には観測を実施していないため季節変化まで捉えられていないが，暖候期から寒候期へ向かうに従い，フラックスは減少していくと推測できる．ただし，河川以外の地域からの大気への顕熱輸送量を測定しておらず，それを差し引いていないため，今回算出した値が直接的に河川の冷却効果を表わしている訳ではないことに注意を要する．しかし，いずれにせよその影響を無視しても基本的に顕熱は下向き(負)となっており，少なからず夏季日中の河川には大気の冷却効果があると言えよう.

Ⅳ　おわりに

1　本研究によって得られた結果

都市内河川が周辺の市街地の大気に及ぼす熱的な影響を気候学的な観点から明らかにすることを目的に，東京の荒川と隅田川に挟まれた北千住地域において小気候観測を実施した．本研究によって得られた結果は以下のとおりである.



第６図　日光街道・千住新橋上の定点における顕熱輸送量の経時変化
(A：2007年８月１日，B：2007年８月22日，C：2007年10月６日の場合)

①．夏季日中の水平的な気温分布を見た場合，建物が密集し交通量の多い北千住駅の西側が高温域に，建物の密集度が低く，隅田川の熱的影響を受ける南千住駅や隅田川貨物駅の東側が低温域になりやすい．また，それらの高温域や低温域は風によって風下方向へ変位する．

②．夏季日中には河川の左岸側(北側)の方が右岸側(南側)よりも低温になりやすい．これは河川上の相対的に低温な大気が南寄りの風によって左岸側に流下するためである．その際に気温差は0.3℃程度生じる．

③．隅田川貨物駅やその東側地域は広いオープンスペースとなっており，南風が吹送する際に風の通り道となる．

④．河川上の低温域は，南風が吹送すれば北側に拡大し，北風が吹送すれば南方に変位する．隅田川では，南風吹送時には橋上中央から南側150 m以内，北側300 m以内，北風吹送時には同じく南側400 m以内，北側200 m以内に低温域が形成されやすい範囲と言える．一方，荒川では，両岸にある高い堤防が河川上の大気の移動を少なからず妨げており，橋上の中央から南側250 m以内，北側300 m以内が低温域を形成しやすい地域と見なせる．

⑤．尾竹橋の北から西新井橋の南にかけての地域は，隅田川と荒川が近接しているために両方の河川から複合した形で熱的な影響を受ける．

⑥．隅田川，荒川の北側(左岸)では風速が強いほど河川水体の熱的な効果範囲が拡大する．一方，南側(右岸)では緑地やオープンスペースの影響の比重が高い．

⑦．河川の水体は，周辺大気に対して温度的に夏季には冷源に，秋季・冬季には熱源となる．

⑧．河川の水体と大気との間の顕熱輸送量は夏季の日中には負の値(下向き)で，秋季の夜間には正(上向き)に転じた．河川は日中には大気に対して冷源に，夜間には熱源となる．

2　今後の課題

本研究を遂行する際に使用した測器の設置環境やその設置数は必ずしも全て研究の狙いに合致できるものではなかった．今後は設置環境を整え，測点数も増やして，より細密な観測を実施する必要がある．また，移動観測は夏季と秋季の日中にのみ実施するに留まり，季節変化や日変化までは正確に捉えられなかった．さらに冬季や夜間の観測データの収集も要求される．加えて人工排熱量や地表面粗度などを加味した考察も行なう必要が生じてくる．

また，本研究の観測地域内では，現在，新たな高層マンションが相次いで建設されており，今後数年のうちに，地上風系や気温分布が大きく改変される可能性がある．それゆえ，この地域において継続的な気象観測を実施して，注視を続けていく必要があるだろう．

注　記

1)ただし，この機器は測定の精度上，0.2℃以下の議論は不能である．

2)隅田川貨物駅の東側地域(白鬚西地区)は，長い間，四方を河川や線路に囲まれた「陸の孤島」状態であったために，周辺に比べ開発が遅れており，建物がさほど密集していない．しかし，2006年には対岸と往来できる橋が架橋されたり，広大な公園が整備されたりしたために，徐々にこの地域の閉鎖性は解消されつつある．そのため，現在，商業施設や高層マンションの建設ラッシュが起こっており，数年後には今回の観測で見られた南風吹送時に隅田川左岸に低温域の広がる現象が生じにくくなる可能性もある．

3)丸田(1972)に拠ると，冬季に常緑樹林が防風林的な役割を果たし，公園緑地の風下側に高温域が認められるとしているし，千葉(1995)では，樹木が長波放射を抑えるため早朝の日最低気温出現時に緑地の気温が高くなるとしている．また，菅原ほか(2006)によれば，冬季には落葉によって地表面に日向ができるため，緑地が高温になると述べている．

4)村川ほか(1990)も，広島市での気象観測の結果から，河川沿いの堤防が河川の効果を弱める方向に働いていることを明らかにしている．

5)武若ほか(1993)に拠れば，夏季の14時に荒川で観測された結果をもとにバルク法で求めた顕熱輸送量は35W/m^2であった．本研究での値はこれよりも小さかった．

謝　辞

本研究を遂行するにあたり，長期にわたる観測機器の設置を快く許可して下さった足立区，荒川区，葛飾

区の各小学校の関係各位に心より感謝申し上げる次第である．また，現地観測に協力をして頂いた法政大学文学部地理学科・気候学ゼミの学生(後記)，気象観測資料を提供して下さった国土交通省関東地方整備局荒川下流河川事務所の藤原健治氏に厚く御礼申し上げる．

なお，本研究の一部は文部科学省私立大学学術高度化推進事業の学術フロンティア「都市における水辺空間の再生に関する研究」(2004年度～2008年度)の一環として行なったものである．本事業の代表者である法政大学デザイン工学部・陣内秀信教授，ならびに同・出口清孝教授にお世話になった．ここに記して謝意を表する次第である．さらに本研究を遂行するにあたって，法政大学元兼任講師の千葉晃氏と東北大学名誉教授の近藤純正氏にもご助言を頂いた．ここに併せて感謝の意を表したい．

現地観測に協力して頂いた学生は以下の方々である．立石裕利，姉崎　賢，安藤博之，五十嵐　梓，奥野　恵，菊地清恵，君波夏樹，久保田貴久，下口嵩司，山口朋希，黒坂　薫，小林拓也，小峰葉子，田名網舞子，藤本　恵，福田貢士，船田喜隆，金沢絵里香，木村百合香，佐野由佳の計20名である(順不同・敬称略)．

参　考　文　献

新井　正(2004)：「地域分析のための熱・水収支水文学」．古今書院，309p.

尾島俊雄(2002)：「ヒートアイランド」．東洋経済新報社，157p.

片山忠久・石井昭夫・西田 勝・林　徹夫・堤 純一郎・塩月義隆・北山広樹・高山和宏・大黒雅之(1990)：海岸都市における河川の暑熱緩和効果に関する調査研究．日本建築学会計画系論文報告集，418，pp.1－9.

河野　仁(2004)：「都市公園・緑地による対策」．(所収 森田正和編『ヒートアイランドの対策と技術』．学芸出版社，pp.60－68).

清田忠志・谷口　明・清田誠良・中村安弘(2006)：都市域におけるヒートアイランド現象の緩和対策に関する研究－広島市の都市域における海陸風および凪の時間帯での気温の特性．日本建築学会環境系論文集，602，pp.69－75.

近藤純正(1994)：「水環境の気象学－地表面の水収支・熱収支－」．朝倉書店，348p.

佐々木恵里(2007)：東京・隅田川が周辺域に及ぼす熱的影響に関する気候学的考察．2006年度法政大学文学部卒業論文(未公表).

佐藤典人(2006)：水辺の市街地や緑地における気温分布．水循環，62，pp23－32.

佐藤典人(2007)：「水辺市街地における気温分布と風の吹送」．法政大学大学院エコ地域デザイン研究所，310 p.

菅原広史・成田健一・三上岳彦・本條　毅・石井康一郎(2006)：都市内緑地におけるクールアイランド強度の季節変化と気象条件への依存性．天気，53－5，pp.393－404.

鈴木智恵子・三上岳彦(1999)：都市域における河川周辺の熱環境について．雨水技術資料，35，pp.27－30.

武若　聡・池田駿介・平山孝浩・萱場祐一・財津知亨(1993)：都市内河川による大気冷却効果－都市内河川内外の夏期の熱環境および気象観測－．土木学会論文集，479/II－25，pp.11－20.

千葉　晃(1995)：小規模緑地とその周辺における気温観測．法政地理，22，pp.71－76.

鍋島美奈子・谷口一郎・足永靖信・尹　聖皖(2004)：「ヒートアイランドの現状」．(所収 森田正和編『ヒートアイランドの対策と技術』．学芸出版社，pp.25－40).

成田健一・植村明子・三坂育正(2001)：都市気候に及ぼす河川水の熱的影響に関する実測研究－隅田川における熱収支と周辺影響の検討．日本建築学会計画系論文集，545，pp.71－78.

橋本　剛・舩橋恭子・堀越哲美(2001)：海風の運河遡上による都市暑熱環境の緩和効果－名古屋市の堀川及び新堀川における事例－．日本建築学会計画系論文集，545，pp.65－70.

松本　太・三上岳彦・福岡義隆(2006)：ソメイヨシノの開花に及ぼすヒートアイランドの影響－東京都区部を例として－．天気，79－6，pp.322－334.

丸田頼一(1972)：公園緑地の都市自然環境におよぼす影響．都市計画，69・70，pp.49－77.

丸田頼一(1974)：公園緑地内の気象．造園雑誌，37－3，pp.33－55.

三上岳彦(1982)：都市内部における公園緑地の気候．お茶の水女子大学人文科学紀要，35，pp.21－36.

水垣　浩・田中長光・筧　雅行・川名輝子(2004)：河川が有する熱環境改善効果について．リバーフロント研究所報告，15，pp.172－179.

村川三郎・関根　毅・成田健一・西名大作(1988)：都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究．日本建築学会計画系論文報告集，393，pp.25－34.

村川三郎・関根 毅・成田健一・西名大作・千田勝也(1990)：都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究(続報) 水平および鉛直的影響範囲の検討．日本建築学会計画系論文報告集，415，pp.9－19.

S.A.Ernst (1995)：Tagesperiodische Windsysteme und Belüftungsverhältnisse in Freiburg. Freiburger Geographische Hefte, 49, 103p.