

沿川市街地の温暖化対策調査

Study on global warming countermeasures in riverside urban areas

技術普及部 副 参 事 伊藤 将文
研究第二部 次 長 前村 良雄
研究第二部 主任研究員 田村 英記

近年の緑地の減少、人工地表面や建築物の増加に起因するヒートアイランド現象により、札幌、東京、名古屋、福岡等の大都市では、2004年までの過去100年間で、年平均気温で2.2～3.0℃の上昇が確認されている。大都市の気温上昇量は地方の中小規模の都市に比べ1～2℃も大きく社会的な問題となっている。

本稿は、そのような状況を踏まえ、河川水面、高水敷等、提内地より蒸発散量の大きい河川区域が沿川都市域の気温緩和に及ぼす効果の把握を目的として、埼玉県川口市及び東京都北区赤羽の荒川沿川区域を対象に実施した微気象観測の結果を報告するものである。

観測結果から、荒川河川空間および高規格堤防による地表面被覆を踏まえた気温低減効果、風道よる提内地の気温低減効果及びその影響範囲と時間変化について確認した。

キーワード：高規格堤防、ヒートアイランド、微気象観測、気温低減効果

During the one-hundred years ending in 2004, the heat island effect resulting from decreases in vegetative cover and increases in artificial land cover including buildings has caused the annual mean temperature in large cities in Japan such as Sapporo, Tokyo, Nagoya and Fukuoka to rise by 2.2 to 3.0°C. These temperature rises have become a major social problem because they are 1 to 2°C greater than the rises in annual mean temperature in medium and small cities in the country.

In view of this situation, micrometeorological observation was carried out in areas along the Ara River in Kagaguchi City (Saitama) and in Akabane (Kita Ward, Tokyo) with the aim of investigating the effect of river areas such as river water surfaces and high water channels, in which the rate of evapotranspiration is higher than in land-side areas, on the mitigation of temperature in riverside urban areas. This paper reports the results of the micrometeorological observation.

The observation results confirmed the temperature-lowering effect, taking into consideration of the river space of the Ara River and the surface cover provided by the high-standard levees, and cool breezes confirmed the temperature-lowering effect in land-side areas, along with the extent of such influence and its changes over time.

Key words : high-standard levee, heat island effect, micrometeorological observation, temperature-lowering effect

1. はじめに

近年、大都市では大気中の温室効果ガス濃度の増加に伴う地球温暖化及び緑地の減少、人工表面や建築物の増加に伴うヒートアイランド現象による気温上昇が問題となっている。

気象庁の報告によると札幌、東京、名古屋、福岡等の大都市では、2004年までの過去100年間の観測結果では、年平均気温に関して2.2～3.0℃の上昇が確認されており、日本の平均気温が過去100年間で1～2℃程度上昇しているのに比べ上昇量が大きい。¹⁾

大都市で気温上昇傾向が顕著に見られるのは、地球温暖化とヒートアイランド現象による複合的な気温上昇の作用によるものであるが、特にヒートアイランド現象による影響が大きい。

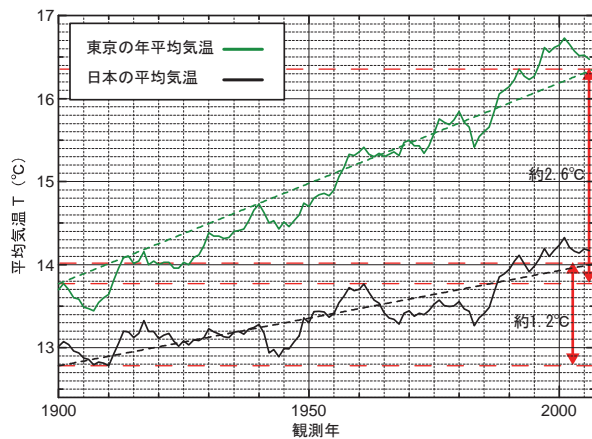


図-1 東京と日本の年間平均気温の推移

政府が定めた「ヒートアイランド対策大綱」²⁾においてはその対策の一手法として、地表面被覆の改善による緑地・水面の減少、建築物や舗装の地表面の人口被覆率の増加を防止、ひいては蒸発散作用の減少や地表面の高温化の抑制を挙げている。

本研究は、そのような状況を踏まえ、現状河川水面、高水敷等、堤内地より蒸発散量の大きい河川空間が沿川市街地の気温緩和に及ぼす効果を夏期の微気象観測より把握することを目的とする。

2. 既存の観測の経緯

現在、関東の荒川では治水対策のための高規格堤防整備が進められており、平成17年度は江戸川区小松川において整備事業の副次的効果である周辺区域の気温低減効果の把握を目的とした微気象観測を行った。³⁾

写真-1に小松川の高規格堤防地域を北側より望んだ航空写真を示す。小松川の観測地域は高規格堤防が整備された「公園地区」、「マンション地区」及び高規格堤防「未整備地区」に分けた。

未整備地区の気温を比較対象値として、公園地区、マンション地区との気温の比較した結果、高規格堤防を整備した2つの地区はいずれも、最高気温が未地区より0.8℃以上低い結果となった。(表-1)

この結果により高規格堤防整備地域が未整備地域に比べ、気温が低い傾向にあることが証明された。

しかしながら、この観測では河川の冷却効果が及ぶ範囲について明瞭な結果が得られていない。小松川地区では河川縦断方向の風が卓越しており、河川水面上の冷たい空気が堤内地に流入する状況を把握できなかったことが理由と考えられる。



写真-1 小松川地区微気象観測対象地域

表-1 高規格堤防整備地区、未整備地区の気温状況

	未整備地区	高規格堤防整備地区	
		マンション整備	公園整備
最高気温	比較対象地	0.8～1.8℃低い	0.8～1.6℃低い
最低気温		比較対象値とほぼ同様	0.9～1.4℃低い
夜間の気温減少傾向		未整備地区より緩やかに低下	未整備地区より早く低下

3. 観測概要

前項で述べた平成17年度の観測結果を踏まえ、本研究では、河川が堤内地の気温緩和に及ぼす効果の定量的な評価を目的とした。

3-1 観測対象区域

一般にヒートアイランド対策でいう風道とは風による冷気団の流れ道のことであるが、この流れ道を都市での温度低減対策に利用できればヒートアイランド対策の効果は大きいものと考えられる。

そのため、研究においては河川が東西方向に貫流し、

日中に河川を横断する南風が卓越する、東京都北区赤羽地区及び埼玉県川口地区の両地域を観測対象域に選定した。(図-2)

- ・高規格堤防整備区域の高水敷は学校グラウンドや自動車学校であり、裸地面および舗装面である。
- ・近接する通常堤防整備地区の高水敷は草地面となっている。

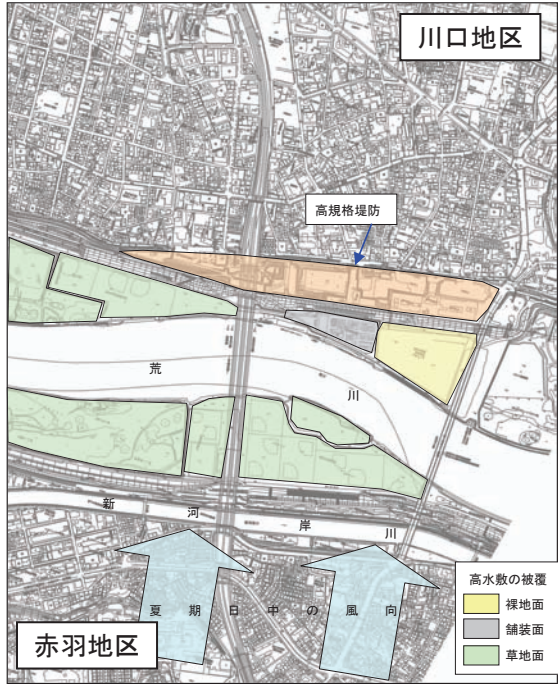


図-2 調査対象区域

3-2 観測手法

観測は2つの異なる実施期間のものを行った。一つは7月中旬より2006年7月20日～8月23日の35日間に渡り、継続して観測を行う『長期定点観測』。もう一つは、日中に人員が観測機器を持って移動しながら計測を行う半日規模の『移動観測』である。移動観測は期間中、8月4日及び7日の2日間行った。

(1) 長期定点観測

高水敷から堤内地への冷却空気の流入の確認を主な目的とし、荒川左右岸において河川軸に直交する道路沿いにライン状に温湿度計を配置した(図-3の右図に示した測線A、B、C)。

加えて、空気の移流が閉塞する小路地にも複数の温湿度計を設置した他、観測点A1、B1、B5(図中に緑で表示)において気温の鉛直分布観測を行った。

観測項目及び観測地点数を表-2に示す。

(2) 移動観測

長期定点観測は主に測線A、B及びC線上の観測であり、面的な気温分布を補完するため、8月4日及び7日に気温、湿度および風向の面的な移動観測を行った。

図-3の右図中に赤点線で示す観測エリア内を、人員が計測機器を持って10分毎に地点を移動しながら気温、湿度および風向風速の観測を行った。

加えて、より河川より離れた位置における気温状況を確認するため、測線上での移動観測(図-3左図のLA、LBおよびLC)を行った。観測項目は表-3に示す。

表-2 長期定点観測の観測項目及び地点数

観測形態	観測項目	観測機器	観測地点数
平面定点	気温・湿度	温度・湿度計	32 地点
	風向・風速	プロベラ式風向風速計	1 地点
	日射量	日射計	1 地点
鉛直定点	気温・湿度	温度・湿度計	2 地点×6 個

表-3 移動観測の観測項目及び地点数

観測形態	観測項目	観測機器	観測地点数
気温、湿度、風向	気温・湿度	温度・湿度計	6 ブロック及び3 測線(各6 観測点)
	風向	風向(方位磁針とヒモ)	
熱収支	表面温度	サーモグラフィ	1 地点
河川	気温・湿度	温度・湿度計	河川内(4 観測点)
	水温	温度計	
	風向	方位磁針とヒモ	
	風速	熱線式風速計	

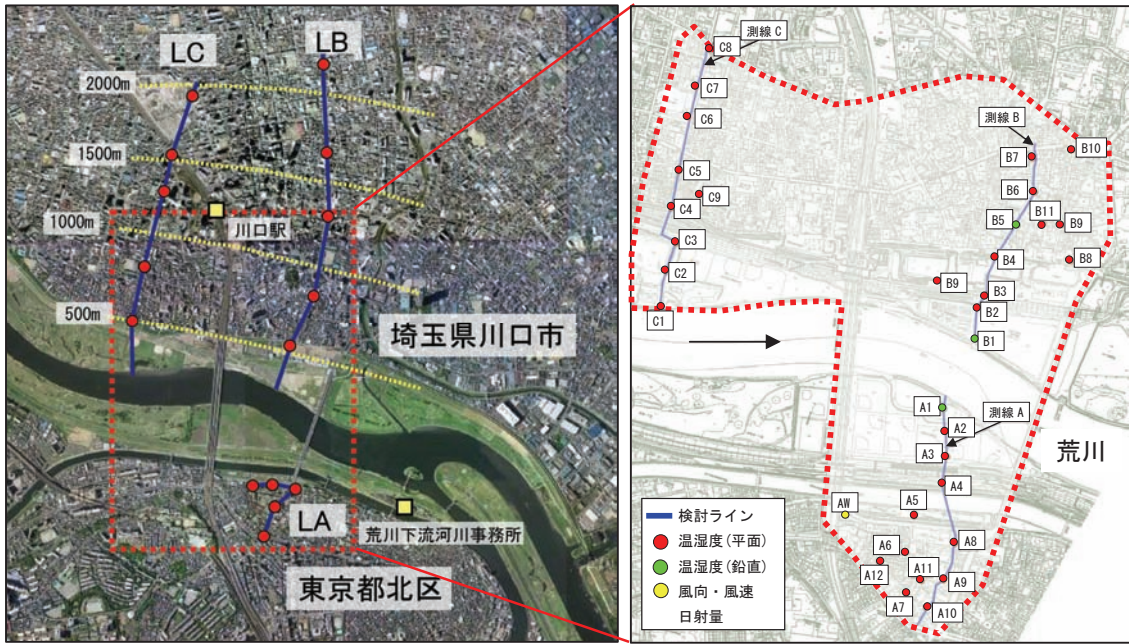
4. 調査結果

観測により得られたデータを整理し、風道や気温低下要因、影響範囲等について分析した。

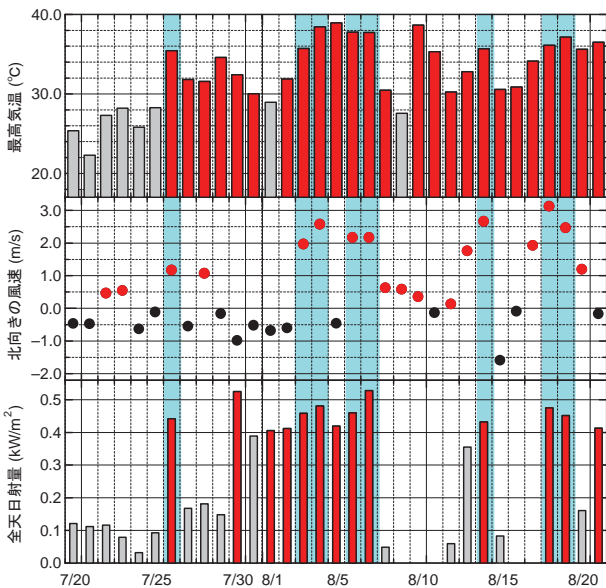
4-1 使用データの選定

観測対象地域の代表的な夏期気象の気温状況及び河川の冷たい空気による都市域の冷却効果を分析するため、本研究では2006年7月20日～8月21日の33日間に渡り行った観測結果の内、以下の条件を満たす代表的な夏期気象のデータを抽出し整理した。

- ・観測域で最高気温が30℃以上を記録した日
- ・最高気温となる13時～15時時間帯において、南方からの風が卓越していた日
- ・最高気温となる13時～15時時間帯の、全天日射量の平均値が0.4kW/m²以上の日



図－3 観測対象域及び観測地点



図－4 全日程の概要及び条件選定

図－4に上記条件を満たす日程を示す。
条件に従い、図中に青く記した8日間の観測結果を用いて分析を行う。

4-2 日気温変動

観測域の気温変動の概要を分析するにあたり、3測線の観測点に関して河川敷、堤内地毎に表－4に示した通り分類し、それらの平均気温の24時間の変化を図－5に示す。

図－5に示した観測区域毎の平均気温の時間変化より、河川敷及び堤内地ではともに、早朝5時頃に最低気温、14時頃に最高気温が確認された。また、河川

表－4 観測区域の分類

測線	観測区域	観測点	備考
A	河川敷	A1～A5	草地
	堤内地	A6～A12	
B	河川敷	B1～B3	裸地・舗装面
	堤内地	B4～B11	
C	河川敷	C1～C3	草地
	堤内地	C4～C9	

敷に比べて堤内地では最低気温で約0.5℃、最高気温で約1.0℃高い値が観測された。また、河川敷の平均気温が堤内地の平均気温に比べ、最大約1.0℃高い結果が確認された。この原因として河川水面に近い河川敷においては水面上の冷たい空気との熱交換による気温上昇の緩和効果が生じているためと推測される。

よって、最高気温、最低気温、平均気温の差はあるものの河川敷及び堤内地の気温は、時間変化において類似した傾向にあることが分かった。

4-3 河川水面による気温低減効果

河川水面上の空気は河川水の蒸発に伴い潜熱が吸収され、陸域より気温が低くなると考えられる。そのため、河川を横断する風は、その横断する過程で、河川上の冷たい空気との熱交換により冷やされる。河川を横断した空気は、河川空間と比べ気温の高い陸域の空気との熱交換により熱せられ気温が上昇すると考えられる。(図－6)

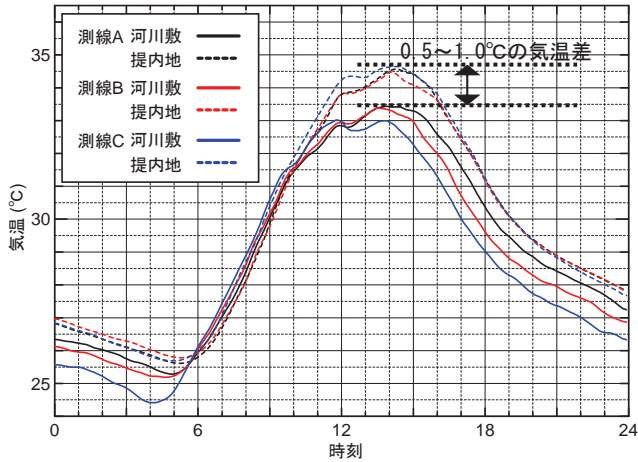


図-5 気温の時系列

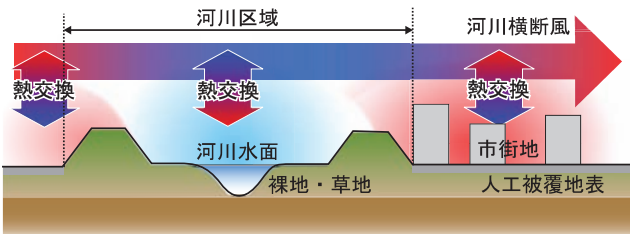


図-6 河川横断風の熱交換イメージ

(1) 河川からの距離と気温の関係

図-7、8に最低気温、最高気温が観測された5時及び14時の気温と河川の流心からの距離の関係を示す。

河川より風上の赤羽地区で計測された測線A、河川より風下に位置する川口地区で確認された測線B及びCのいずれの値も共に河川に近づくほど気温が下がる傾向が見られた。

14時における河川敷と堤内地の気温は5時の結果と比べて気温差が増大している傾向が見られた。更に同じ左岸地域の測線B及びCの高水敷の気温は測線Bが高い結果となっているが、14時の結果では、堤内地において測線Cの気温が比較的高い結果となった。

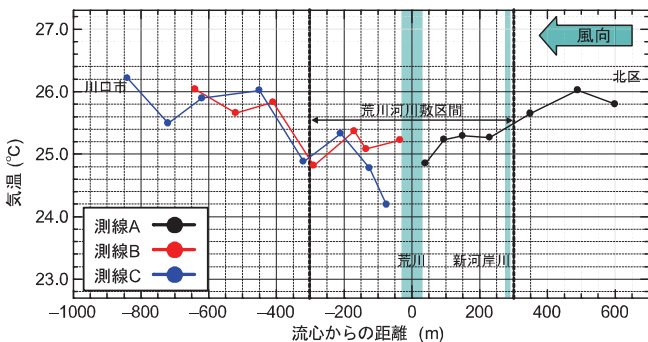


図-7 5時の気温分布

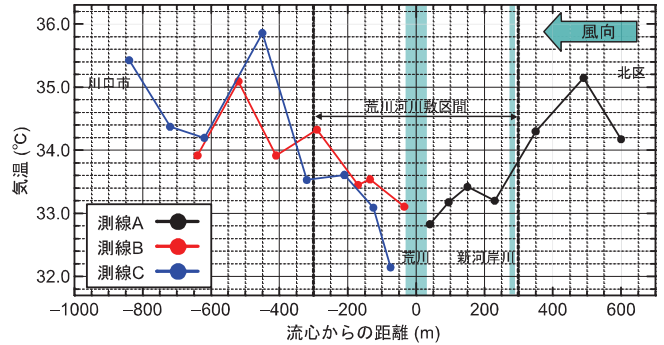


図-8 14時の気温分布

(2) 河川敷土地利用形態による気温低減効果

観測期間中、14時に南風が卓越する日と東風が卓越する日があった。これらの日の平均気温の差について、各ラインの比較を行い、気温低下要因を検討した。

南風が卓越する場合、河川水面に対して風下となる左岸側で、河川による冷却効果が大きくなると考えられる。これに対し、東風が卓越する場合、左右岸に対して河川からの空気の流入が少ないため、河川水面の気温緩和要因に対し、中立的な状態となる(図-9)。

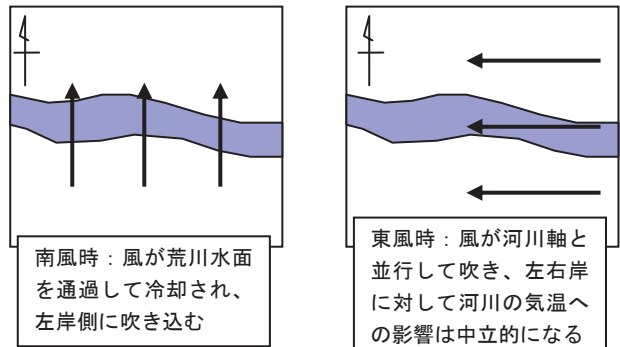


図-9 風向きによる気温への影響

したがって、河川水面による影響の強い南風日の気温から、影響の弱い東風日の気温を差し引くことで、河川水面等による影響のみを明確化することが可能となる。

上記の考え方に従い、測線B、Cについて、南風日と東風日の気温の比較を行った。測線B、Cはともに左岸に位置しており、河川水面による影響を同じように受けるが、測線Bの高水敷は裸地面、測線Cは植生であり、地表面被覆が異なる。

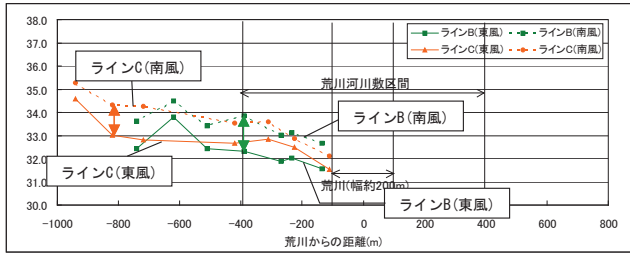


図-10 風向きによる気温差

東風日に対する南風日の気温の上昇は、測線Bが1.5～2.0℃程度と大きく、測線Cは0.5℃程度と小さかった。測線B、Cはともに左岸に位置しており、河川による冷却効果を同じように受けると考えられるため、気温上昇に差が生じた要因として地表面被覆の違いが考えられ、同じ条件であれば植生被覆地表面上の気温が低い結果となると考えられる。

本観測では測線Bの高水敷の気温は測線Cの高水敷の気温よりは約1℃高い結果となった。

(3) 気温低減効果の影響範囲

移動観測においては定点観測範囲よりも長い距離で高規格堤防が整備地域及び未整備地域から河川横断方向の気温低下効果について観測を行ったLB、LCの両測線を用いた検討を行う。両測線共に長期定点観測による測線B及びCよりも長い距離を対象としている。(図-11、12)

- ・ LB、LCはともに、高水敷で気温の勾配が最も顕著であった。
- ・ 堤内地についても、LBでは500m～1500m程度の範囲で気温の緩やかな勾配が見られ、風道効果がこの範囲まで及んでいると考えられた。

以上より、堤外地の冷たい空気の冷却効果の影響範囲は、河川からの距離に相関が確認された。また、高規格堤防整備地域、未整備地域の測線によって、冷却効果のおよんでいる範囲がそれぞれ1500mと500mと大きく異なることから、高規格堤防整備地域はより河川より離れた地域まで冷たい空気が輸送され、市街地への気温緩和効果があると推測される。

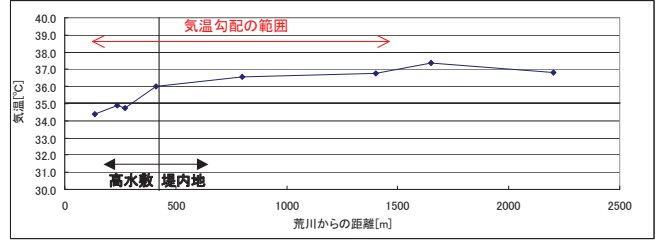


図-11 LBにおける気温低下効果の影響範囲

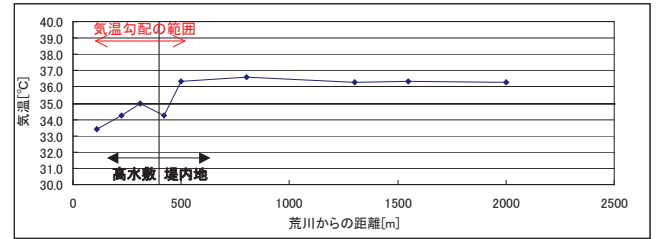


図-12 LCにおける気温低下効果の影響範囲

(4) 風道効果

測線B、C上の各観測点について、河川からの距離を横軸、観測された気温を縦軸として回帰直線を作成し、これを測線上の平均的な気温分布とした(図-13)。回帰直線上の気温と、測線外に配置したB11およびC9(図-14)の気温を比較し、その気温差が「風道効果」によるものとして整理した。(図-15)

各時の風道効果を下図に示す。B、Cの各測線において風道効果が顕著に現れ、最も気温が高くなる14時から16時の時間帯に、測線Bにおける風道効果が最も高くなることが分かった。

ただし、測線Cの場合、気温差が最も顕著に見られたのは9時から12時の時間帯であり、14時から16時の時間帯の気温差は小さく、0.5℃程度であった。この理由として、C9の実測データは7時より上昇し、12時に最高値となっており、14時の時間帯はそれよりも約1℃低い結果となっている。

そのため、本観測調査においては風道の効果によって、日中に風道より逸れた地域の気温より低い結果が得られた。しかしながら、気温の低減効果が得られる時間帯は特定されない結果となった。

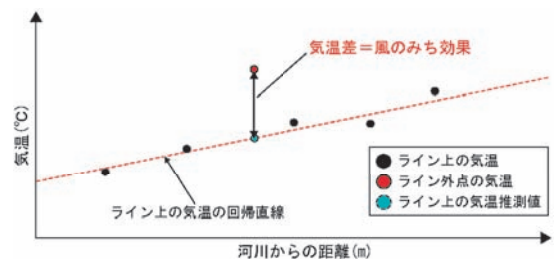


図-13 風道効果整理イメージ

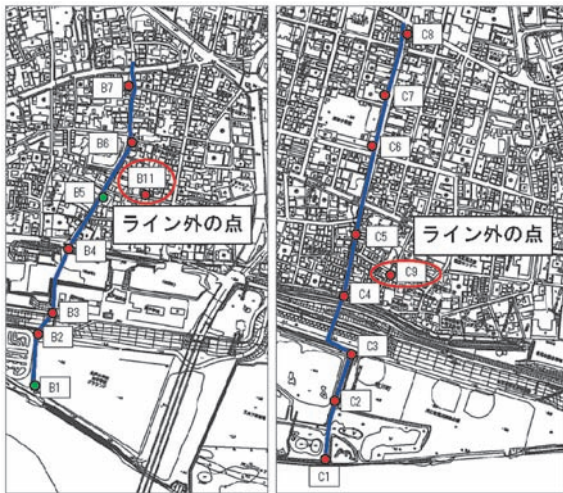


図-14 風道ライン外の測点

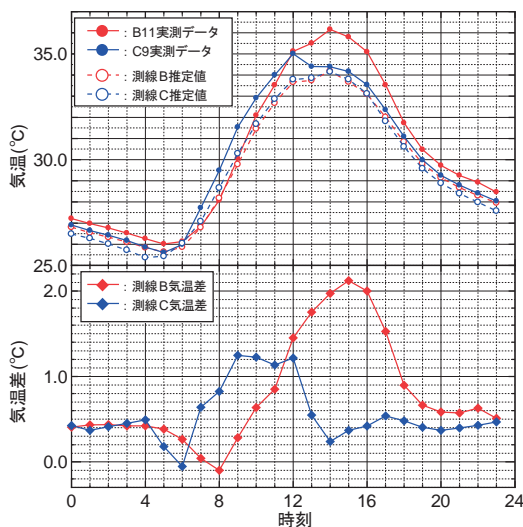


図-15 測線B,Cの風道効果

(5) 時間・河川からの距離による気温変動

風道の時間的・河川からの距離による気温変動を検討するため、各測線の気温分布およびその時間変化について、横軸に荒川流心からの距離、縦軸に時間とした分布図を作成した。各図共に河川の流心を0mとし、右岸方向に正の軸とした。そのため、左岸側は距離が負の値となっている。(図-16、17)

これらの図より、風道の時間的な影響範囲については以下の結果を得ることができた。

- ・各測線において、7時～12時および17時～19時の時間帯は河川からの距離に係わらずほぼ様な気温分布となる。
- ・最低気温、最高気温が確認された5時及び14時には河川からの距離に伴う気温変化が最も顕著に見られた。

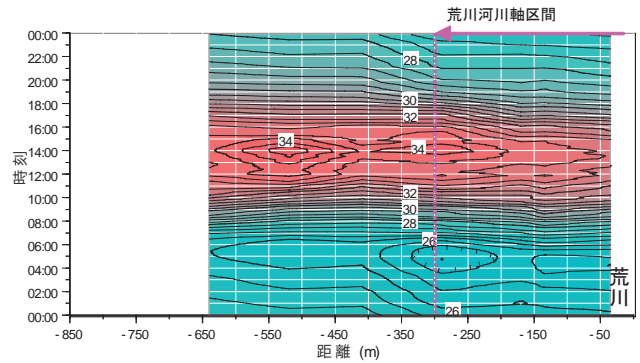


図-16 測線Bの距離及び時間による気温変化

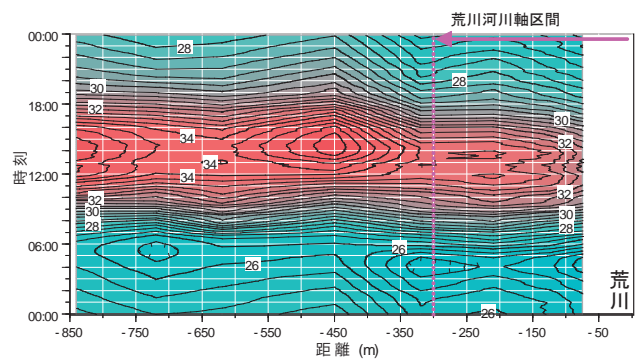


図-17 測線Cの距離及び時間による気温変化

更に詳細な気温分布を見るために、図-5に示した河川敷の平均気温を基準値とした場合の、各時刻の気温差を図-18及び19に示す。

いずれの測線においても、6時～11時の時間帯において、河川敷より一部の堤内地の気温が低くなった。加えて、気温が最高となる14時以降は河川敷の気温が堤内地よりも低くなった。

これらの図より、全日を通して河川敷の気温が最低ではないことが分かる。午前中に堤内地の気温が低い原因は、堤内地の建築物等により日光が遮断され、日射が入射しやすいオープンスペースの高水敷よりも気温上昇が緩やかであることが原因と考えられる。

更に高規格堤防未整備地域を計測した測線Cでは16時から18時にかけて、河川敷と堤内地で最大約4.3℃の気温差があるのに対し、高規格堤防整備が行われた測線では約1.5℃程度と気温差が小さい。

4-4 移動観測結果による平面気温分布

定点観測は主に河川に直交する道路上の線的な観測であったため、面的な気温データを補完するために移動観測を行い、各時の平面気温分布と風向分布を確認した。(図-20)

その結果、荒川水面上および高水敷において相対的に気温が低く、堤内地の市街地中心に向かって気温が上昇していくという、定点観測と同じ傾向の結果が得られた。

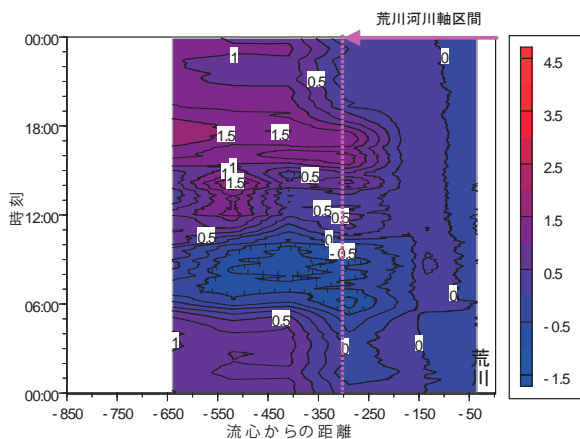


図-18 測線Bの距離及び時間による気温差

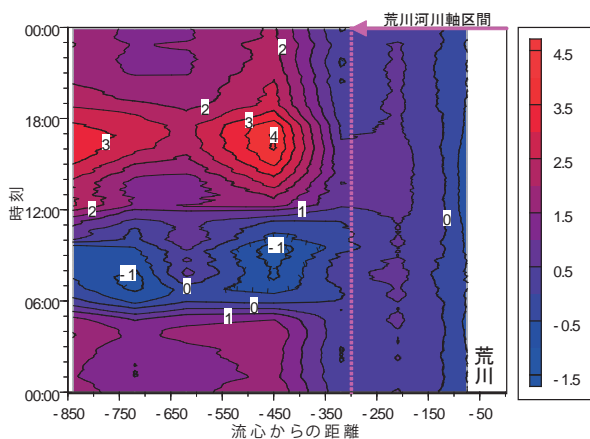


図-19 測線Cの距離及び時間による気温差

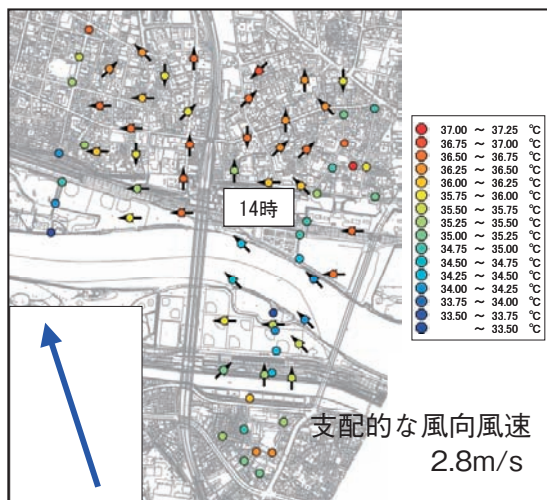


図-20 観測域全域の気温分布 (14時)

5. まとめ

荒川河川水面および高規格堤防による気温低減効果を検討するため、川口高規格堤防整備地区の左右岸の堤内地・高水敷において夏期の定点気温観測および移動観測を行い、以下に示す結果を得た。

(1) 河川敷土地利用形態による気温低減効果

- ・ 気象の諸条件が同じ環境下においては、植生被覆地表面上の気温が、裸地面に比べ低い結果となることが確認された。

(2) 風道効果

- ・ 荒川から河川横断方向の風の移流経路となる道路上の気温は、周辺よりも低いことから、荒川沿線地域において河川空間の冷たい空気による気温低減効果が確認された。
- ・ 河川に近いほど、河川上の冷たい空気による気温低減効果が最も顕著に現れることが確認された。
- ・ 日中、河川横断方向の風の流下方向にある川口市においては、500m～1500m程度の範囲まで風道に沿って気温の低減が確認された。

(3) 高規格堤防整備地域における気温低減効果

- ・ 河川水面による気温低減効果の効果が通常堤防整備地域に比べ大きいことが確認できた。

本調査研究においては、国土交通省荒川下流河川事務所調査課の方々、山田正教授及び中央大学理工学部土木工学科河川水文研究室の学生のかたがたに多大なるご協力を頂きました。この場をお借りして、皆様に感謝の意を捧げます。

<参考文献>

- 1) ヒートアイランド監視報告(平成18年夏季-関東・近畿地方): 気象庁(2007)
- 2) ヒートアイランド対策大綱: 環境省環境管理局大気環境課 大気生活環境室(2004)
- 3) 田村英記/前村良雄/山口将文: 沿川市街地におけるヒートアイランド現象改善効果について, リバーフロント研究報告(2006)