

## 都市河川周辺地域における熱環境に関する研究

中央大学理工学部 学生員 岩本 進太郎 中央大学大学院 学生員 大野 修平  
 中央大学理工学部 正会員 加藤 拓磨 中央大学理工学部 フェロー会員 山田 正

### 1. はじめに

近年都市域におけるヒートアイランド現象が顕在化しており、既存の都市の構造を生かした熱環境緩和策を考える必要がある。著者らは都市内を流れる河川が、周辺都市域の熱環境が緩和していると考え、都市内部を流れる川幅 250m の大河川と、15m~30m の中小河川に着目し河川周辺の熱環境を知るために微気象観測を行った。

### 2. 観測概要

河川が周辺地域の熱環境にどのような影響を与えているかを調べるため、図-1 に示す大河川である河川 A、都市内中小河川である河川 B の河川周辺都市域において気温と風向風速の観測を行った(表-1)。本稿では両河川周辺における観測から得られた結果を示す。

#### 2.1 大河川 A での観測概要

河川 A の観測サイトは河口から 21~23km の区間 2.2km<sup>2</sup> のエリアを対象とした。河川 A は低水路幅 250m、全川幅が 650m の大河川で、東から西に流れており、高水敷はグラウンド、ゴルフ場などとして利用されている。右岸には川幅 40m の中小河川が流れ、左岸は流下方向約 800m にわたり幅約 120m の高規格堤防が整備されており、堤外地、堤内地ともに緩勾配の斜面を有している。

河川 A には日中、海陸風の影響により上空は南~南東の風が卓越していることがわかっている。この風により河川上の空気が緩勾配の高規格堤防を超え堤内地に流れ込み、周辺都市域の熱環境を緩和していると推測されたため、この地域を河川 A の観測サイトとした。

#### 2.2 大河川 A での観測項目

観測は大河川周辺の夏季の気温を長期的に調べるために長期間定点観測を行った。河川 A における観測項目は河川 A と直交するように 3本の観測ラインを設定し、気温、湿度は各観測地点で地上 1.5m の高さに日射の影響を無視するための自然通風式ラジエーションシールドに入れた温度計を固定し観測を行った。

#### 2.3 都市内中小河川 B の観測概要

河川 B の観測サイトは 4~7km の区間、1.5km<sup>2</sup> のエリアと、5~6.2km の区間、0.24km<sup>2</sup> のエリアで都市内中小河川周辺の都市内微気象の観測を行った。河川 B は三面張り単断面水路で河口から 5.4km 地点を境に上流が川幅 12~15m、

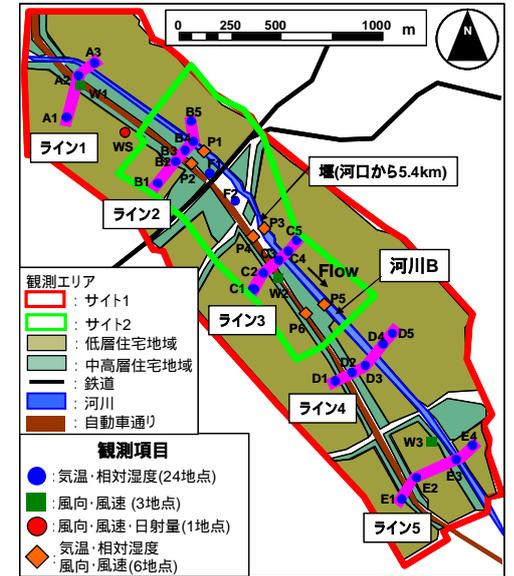
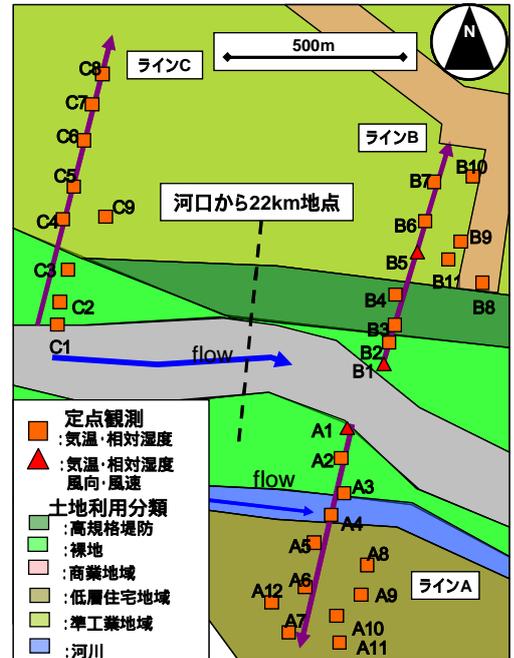


図-1 観測サイト 上: 河川 A 下: 河川 B

表-1 各河川の観測概要

観測項目	河川A	河川B
	気温・湿度・風向・風速	気温・湿度・風向・風速・日射量
観測対象地域の川幅	低水路幅:250m, 川幅650m	河口から5.4km地点上流:12~15m, 河口から5.4kmより下流:25~30m
周辺の土地利用	高規格堤防の堤外地は植生、運動場として利用され、堤内地は低層住宅街が広がっており風通りが良い。	兩岸ともに河川沿いには植生があり、河川横断方向100mまでは中層住宅、商業ビルがあり、それ以外は低層住宅が広がっている。

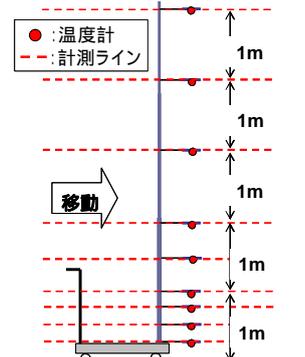


図-2 鉛直気温分布観測装置

5.4km地点より下流が川幅25~30mである。流下方向は南東方向で河川中心から約70m右岸には河川と並行して交通量の多い片側2車線の自動車道路があり、この自動車道路との間には10階建て程度のビルが立ち並んでいる。

河川中心から約300m左岸には河川と並行して約20mの標高差がある丘があり、5.4km地点より下流では河川から離れるに従い標高が高くなっている。観測サイトの土地利用形態は自動車道路沿いに10階建て程度の高層構造物が立ち並び、それ以外は低層住宅地が大半を占めている。河川Bでは都市内中小河川周辺の都市内微気象を観測し河川周辺と都市内の熱環境を明確にするため観測対象地域とした。

2.4 河川Bにおける観測項目

観測は夏季における都市内中小河川周辺の気温変動を調べる目的で行った長期固定点観測と、河川横断方向の気温分布を調べる目的で行った一日集中観測の二つの観測を行った。河川Bは長期固定点観測において気温、湿度を計測し、約1.5mの高さで自然通風式ラジエーションシールドに入れた温湿度計で観測した。一日集中観測では、河川直交方向のライン2とライン3で測定し、各ライン上で気温、地表面温度、河道上風向風速、鉛直気温分布を測定した。

鉛直気温分布は図-2の様な台車に支柱を据え付け、支柱に地表面から0.25m~1mは0.25m間隔、1mから4mまでは0.5m間隔に計10個の熱電対式温度計を取り付け、9:00~17:00の毎正時にライン上を往復することで、ライン上での鉛直気温分布を時空間的に連続測定した。地表面温度はサーモグラフィを用い鉛直気温観測装置に取り付け、10秒間隔でライン上の地表面温度を測定した。河川上の風向風速は三次元超音波風向風速計を河川に掛かる橋上に設置し河道上の高さ2.5mの風向風速を観測した。

3. 観測結果

3.1 大河川における周辺地域の熱環境

3.1.1 河川と周辺地域の気温の関係

河川Aにおいては観測期間中に最高気温が30度以上である真夏日13日間を解析対象日とした。図-3に河川Aにおける各ライン上の河川からの距離と各観測地点の気温との関係を示す。いずれの観測ラインも河川から遠ざかるにつれて気温が上昇しており、特にラインCにおいては河川と周辺地域である河川から最も離れた940m地点の気温差は3以上あり河川の気温が低いことがわかる。

3.1.2 河川横断方向の気温分布の日変化

図-4に各ラインにおける河川横断方向の観測データから得られた気温勾配の時系列を示す。値が正であれば河川から遠ざかるに連れて気温が上昇することを示し、絶対値が大きいほど河川と周辺地域に気温差があることを示す。7時から9時の時間帯はいずれの観測ラインも気温勾配が最小値となることから、観測エリア全体で1以上の気温差がない時間帯であり、さらに左岸のラインAにおいては9時に気温勾配がほぼ0であることがわかる。午後においては河川と周辺地域の気温勾配が大きくなり、午前中と比較して河川の気温が周辺地域の気温より低くなることわかる。河川沿いが高規格堤防で整備されているラインBは他のラインと比

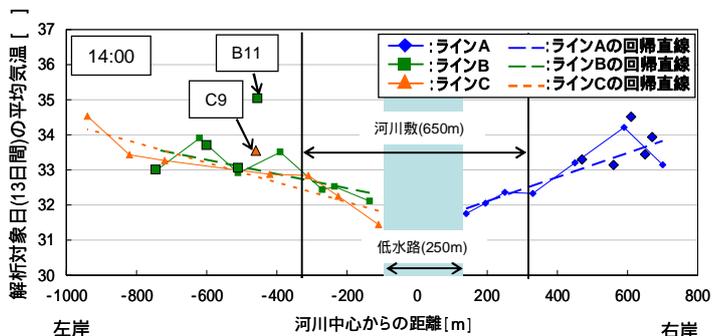


図-3 河川Aにおける各ラインの河川中央からの距離と気温分布

この気温分布からラインC上で河川と河川から一番遠い所で3の差がある。風上側であるラインAと風下側であるラインB、CではラインAの気温の勾配が大きいことがわかる。

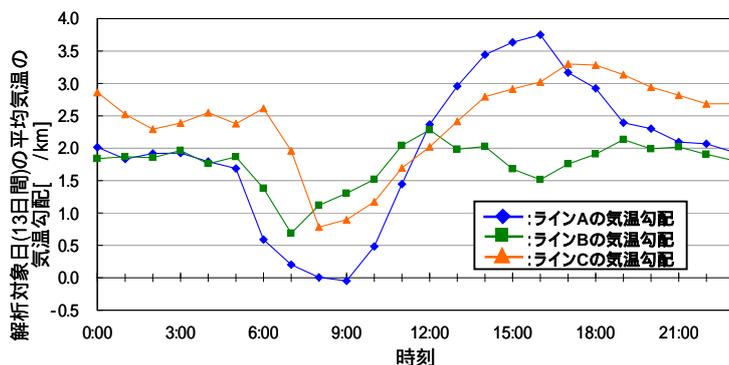


図-4 河川Aの各ラインにおける気温勾配の時系列

高規格堤防の堤内地では一日を通して気温の変化が少ないことがわかる。風下側であるラインAでは一日を通して河川上と堤内地で気温の変動が大きいことがわかる。

べ一日を通じて河川と周辺地域で気温差の変動が 0.6 /km~2.4 /kmの間で変化しており、他のラインと比べ変動差が小さいことがわかる。観測サイトにおいて日中南から吹く河川横断風の風上側であるライン A においては他のラインと比べ気温勾配の変動が激しく、日中の気温が一番高い時間帯に気温勾配が大きくなることわかる。この結果から河川と周辺地域との最大気温差が 3 と大きく、河川の気温が一日を通して周辺地域より低いことがわかった。

### 3.2 都市内中小河川における周辺地域の熱環境

#### 3.2.1 都市内中小河川の周辺地域の気温の関係

河川 B において、観測期間中に 35 を超えるような猛暑日 12 日間を解析対象日とし、一日集中観測の解析は最高気温が 32 を超えた真夏の晴天日を解析対象日とした。図-5 に河川中心からの距離と河川横断方向の各観測地点における 13 時から 15 時の平均気温を示す。ライン 2 では右岸の観測地点の気温が低く、その他のラインは川沿いの気温が一番低く、川沿いと周辺地域で最大 2 の気温差があることがわかる。よってライン上の観測点間の気温分布をより詳細に測定するため鉛直気温分布を測定した。

鉛直気温分布は図-2 の様な温度計を取り付けた台車を押してライン上の気温を観測した。河川に掛かる橋上で三次元超音波風向風速計を用い河川上の風向と風速も詳細に観測した。三次元超音波風向風速計の観測データより、河川上は一日を通して河川を遡上する南東の風が卓越し、風速は 11 時までは 1m/s の弱い風が吹き、11 時以降は 1.5m/s と大きくなり、14 時以降は 2m/s 以上の風になる。

#### 3.2.2 河川横断方向の気温鉛直平面分布

図-6 にライン 3 における 14 時台の河川横断方向の地上から 0.25m, 1.0m, 3.0m の前後 3 秒間で移動平均した気温分布を示す。温度計の計測間隔が一秒で瞬間値を計測することから観測地点前後が同一の気温であったとし移動平均した。この時の河川上の風向風速は約 2m/s で河川遡上方向の南東の風が吹いている。地表面付近 0.25m の温度分布と地上から 1.5m の温度分布を比較すると二つの温度分布はライン全体を通し約 1 の差があることがわかる。地上から 1.5m の気温と 3.0m の気温を比較すると二つの温度分布はラ

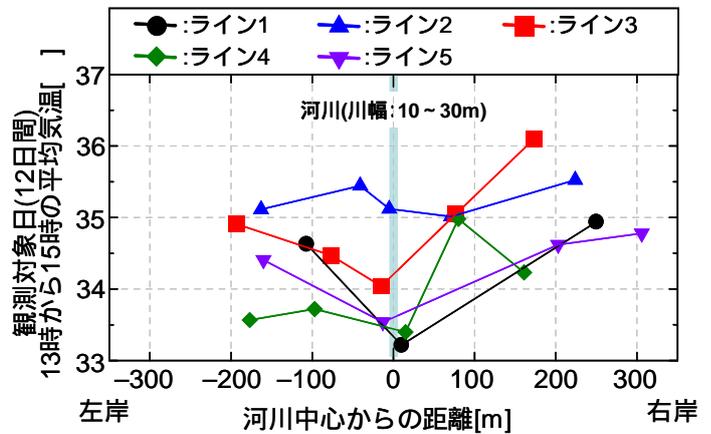


図-5 河川 B における河川横断方向の 13時から15時の平均気温分布

ライン 2 は右岸の気温が高く、その他のラインは河川沿いがおよそ 2 周辺地域より低くなっている。

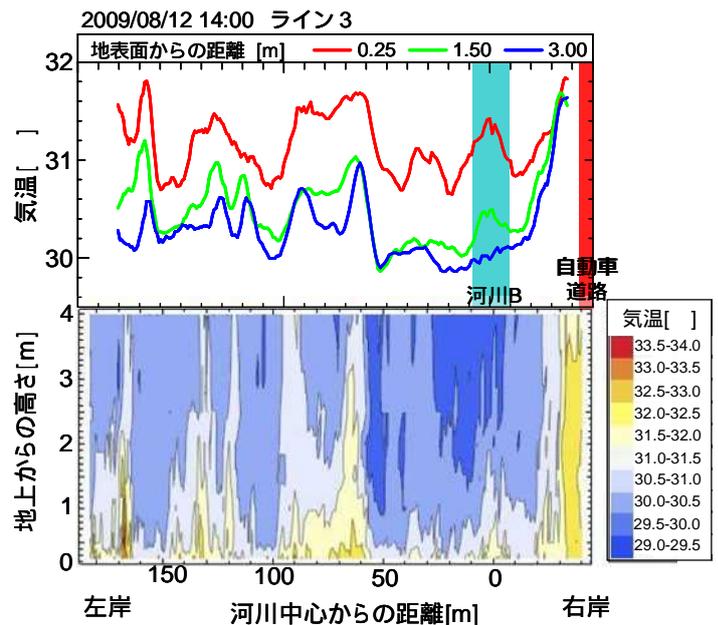


図-6 14:00 における河川 B 横断方向の地表から 0.25m, 1.5m, 3.0m の気温分布と気温コンター図

0.25m の気温分布に着目すると河川上で気温が高くなっているが、1.5m と 3.0m ではほぼ気温が同じであり地表面の影響が弱くなっていることがわかる

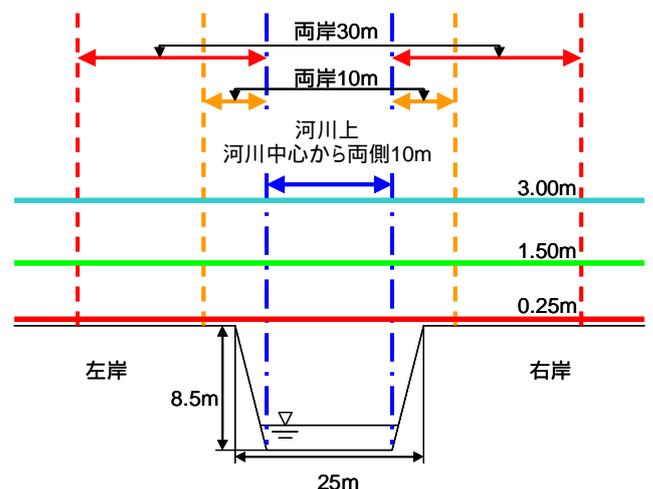


図-7 河川上平均気温と河川沿い平均気温とした範囲の定義

イン上全体ではほぼ気温差が無い事がわかる。

### 3.2.3 河川上と周辺地域の気温と河道上風速の関係

河川上の平均気温と周辺地域の平均気温の定義を図-7 に示す。河川上の平均気温は河川上 20m の平均気温を河川上の平均気温と定義し、周辺地域の平均気温は河川上以外の河川両側 10m の範囲内の平均気温、30m の範囲内の平均気温の 2 つを周辺地域の平均気温とした。図-8.1 は河川上の平均気温と周辺地域 10m の平均気温の差と河道上 2.5m の風速との関係図、図-8.2 は河川上の平均気温と周辺地域 30m の平均気温の差と河道上 2.5m の風速との関係図を示す。負の値を示した場合は河川上の気温が河川沿いの気温より低いことを示している。図-8.1 では風速によらず河川上と周辺地域 10m の気温の差が約 0.3 あることを示している。図-8.2 では風速が 2m/s 以下の場合、河川上と周辺地域 30m の気温の差はほとんどないが、風速 2m/s 以上では地表から上空にいくにつれ、両岸との気温差が大きくなることを示している。これより、河川上に風が吹くことによって河川上の気温が周辺地域の気温より低くなることがわかり、都市内中小河川においても風速 2m/s を超える風が吹けば、河川が周辺地域より気温が低くなる結果が得られた。

### 4.まとめ

以下に観測により得られた河川横断方向の気温分布特性を示す。

- (1) 大河川 A, 都市内中小河川 B ともに河川横断方向において最大約 2~3 の気温差があり、河川沿いの気温が一日を通じて内陸部より低い結果が得られた。
- (2) 大河川 A は風下である左岸の気温勾配が風上である右岸と比べ緩やかで、気温勾配の絶対値が小さいことを示した。これは海陸風により気温の低い河川上の空気塊が風下である左岸側の堤内地に流れ込み気温の上昇を抑えていることがわかった。
- (3) 都市内中小河川 B における下線横断方向の気温の鉛直分布は地表面付近が最も高く、地表から 1.5m 以上はほぼ同じ気温であることがわかった。
- (4) 都市内中小河川 B における河川上の平均気温と周辺地域の平均気温の差と風速の関係より、河川上での風速が 1.7m/s 以下である時、河川上の平均気温と周辺地域 30m の平均気温の差はどの高度でもほとんどなく、河川と河川周辺が同じ気温になることがわかった。また、風速が 2.0m/s を超えると地表面 1.5m~3.0m の河川上における気温が川沿いより低くなることを示した。

参考文献：1)小田村康幸,加藤拓磨,伊藤将文,前村良雄,木内豪,山田正,：河川の大气冷却効果に関する研究 第 63 回年次学術講演会 2-047,2007,9

2)加藤拓磨,土屋修一,蛭原雅之,渡邊暁人,前村良雄,森久保司,山田正 大規模河川が都市熱環境に与える影響 第 6 2 回年次学術講演会 2-087,2007,9

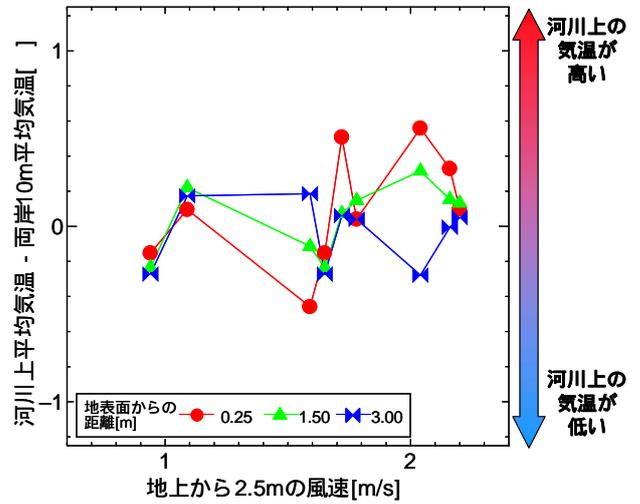


図-8.1 河川上と河川両岸 10m の平均気温の差と地上 2.5m の風速の関係図

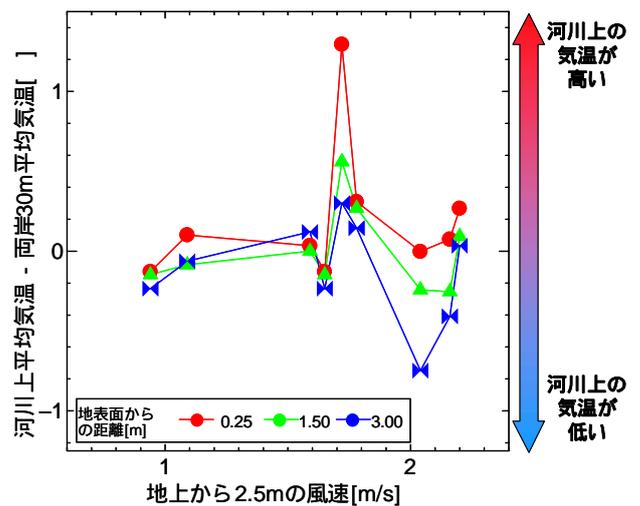


図-8.2 河川上と河川両岸 30m の平均気温の差と地上 2.5m の風速の関係図

2m/s を超える風が河川上に吹き、比較する地点が河川から離れるほど、河川上の気温が周辺地域の気温より低いという効果が現れる。