

都市河川周辺における熱環境緩和効果と気温の空間分布特性
に関する研究

大野修平 渡辺直樹 渡邊暁人 加藤拓磨 山田正

**Journal of the Institute of Science
and Engineering**

CHUO UNIVERSITY

Vol.16 2010

.....

中央大学理工学研究所論文集 第16号 2010年

都市河川周辺における熱環境緩和効果と気温の空間分布特性 に関する研究

大野修平^{*}, 渡辺直樹^{*}, 渡邊暁人^{*}, 加藤拓磨^{**}, 山田正^{**}

A Study on Spatial Distribution of Air Temperature and Mitigation for Heat-island Phenomenon in the Vicinity of Rivers in Urban Area

Shuhei OHNO^{*}, Naoki WATANABE^{*}, Akito WATANABE^{*}

Takuma KATO^{**}, Tadashi YAMADA^{**}

abstract

In order to clarify mitigation for heat-island phenomenon in the vicinity of rivers and thermal environment in urban area, the authors performed meteorological observations in areas focusing on the Meguro River and Arakawa River which different width of rivers and land use at observation sites. From the results of field observation, following results are obtained; 1) The maximum air temperature difference between the Arakawa river and surrounding areas is 5 degrees. 2) The air temperature gradients of temper spatial distribution transverse to the river tended to be small in the morning and larger at midday. 3) There are two classes of air temperature distribution in the vicinity of the Meguro river based on the airy wind direction. 4) The air temperature above the Meguro River shows the lowest among of the observed lines. The maximum air temperature difference is 2 degrees and mitigating effect of thermal environments reaches about 70m from the river.

1 はじめに

2010年夏、東京では2004年の記録に並ぶ70日間の真夏日(猛暑日13日間を含める)を記録するなど、日本各地で観測史上最高気温が記録される猛暑が続いた。総務省消防庁調べによると、この記録的な猛暑に伴い熱中症で医療機関に搬送された人数は5万人を超え、死亡者数は少なくとも167人を数えた[1]。この猛暑の原因の一つとしてヒートアイランド現象が挙げられる。都市の気温を上げ、近年多発しているゲリラ豪雨の発生原因の一つだと考えられているヒートアイランド現象の緩和及び解決は重要な問題であり、政府や各地方自治体等で様々な対策[2], [3]がとられている。ヒートアイランド現象緩和対策のアプローチには、道路の保水性・遮熱性舗装や建物の外壁を高反射性塗装にするなどの輻射熱の抑制、打ち水に代表される地域活動、緑地や水辺等の冷源を利用した「風の道」等がある。この水辺や河川を利用したヒートアイランド緩和対策に関する研究は数多く行われており、現在までに様々な知見が得られている。村川ら[4]は太田川派川周辺で気象観測を行い、川幅260mの太田川は周辺に比べて約4℃気温が低く約300~400m程度まで河川の効果が及ぶこと、河川が市街地に与える熱環境緩和効果は河川幅・河川と直行する街路幅・周辺建物密度等によって異なることを示している。武若ら[5]は荒川の河道内外で気象観測を行い、河川の効果は150m先まで及び、河川周辺の気温低下量は大気が河川上で交換した熱量との相関があることを明らかにした。著者等[6]も大河川である川幅300mの荒川周辺で気象観測を行い、荒川は河川沿いの気温が堤内地に比べて最大で約3℃低く、その効果は約400m先まで及び、周辺土地利用や周辺の風向風速で異なることを示した。その他の様々な現地観測結果(例えば[7], [8]等)を踏まえると川幅が100m以上

^{*} 中央大学大学院理工学研究科 東京都文京区春日 1-13-27

^{**} 中央大学理工学部 東京都文京区春日 1-13-27

の大河川では気温低下の影響範囲は川幅の0.5～2倍程度に決まると考えられる。以上までは特に大河川を対象とした結果について述べたが、一方で川幅が小さい中小河川の熱環境緩和効果については評価が不十分なのが現状である。菅ら[9]や橋本ら[10]が川幅50m以下の運河周辺で行った気象観測では、運河内の気温は周辺に比べて低いとその効果は運河上のみだと報告しており影響範囲の特定はされていない。松本ら[11]が川幅50m程度の韓国の清溪川周辺で気象観測を行い、気温低下の影響範囲は最大で60mまで及ぶと示したのが具体的に影響範囲を示した数少ない例である。この理由として中小河川は大河川と比べて影響範囲が狭く、都市部では複雑な気温構造と入り混じり、河川の効果の特定が困難であるためだと考えられる。また、中小河川周辺の観測結果の中でも特に都市部の密集した場所での観測事例は極めて少ない。そこで著者ら[12]は川幅12～30mの目黒川周辺で気象観測を行い、河川沿いは周辺に比べて最大約2℃低いことを示した。しかし河川の影響範囲や周辺地域の気温構造のメカニズム解明には至らなかった。人間活動が活発で熱源が多い目黒川周辺では、設置場所が限られる定点での観測では河川が周辺に与える効果を評価するのは困難だと考えられる。そこで著者らは河川付近の道路上の気温を空間的に可能な限り連続で計測し、より詳細な気温データから河川の影響範囲と都市の気温構造の解明を試みた。

ところで河川が周辺に与える熱環境緩和効果は、実験スケールでは成田[13]が河川遡上風を対象として周辺建物配列の違いによる風の道効果を風洞実験で検討し、河川からの風が堤内地に吹き込みやすい建物配置について検討を行っている。また栗城ら[14]は同様に川幅や堤防の形状、河川に対しての風向の違いによる気温の広がりやどう変化するかを検討し、河川遡上風時に比べて河川直交風時の方が影響範囲は遠くなると述べている。実験スケールではこのように河川形状や風の違いについて議論がされているが、実現象においては上記に示したように各河川での観測事例を述べ、その結果に対して解析を行うまでに留まっている。近年の集中豪雨等の降雨予測モデル[15]やヒートアイランドの数値計算[16]において大気陸面過程の重要性が示されている現状において、地表付近の気温構造を実現象を基に明らかにすることは大変重要なことである。ここで河川周辺の気温は移流拡散の方程式に基づいて分布していることは想像がつくであろう。気温構造の複雑な都市内河川においても、川幅が異なっても気温分布に相似則が成立し、ある無次元系で河川の効果を表せれば、それはヒートアイランド現象の緩和に有益な情報となると著者は考える。

本稿は東京都を流れる大河川である荒川と中小河川である目黒川周辺で行った気象観測の結果から、①大河川が持つ熱環境緩和効果、②中小河川周辺の熱環境のメカニズム解明、③大河川と中小河川の観測結果を比較し、河川の熱環境緩和効果を相似則が成立する1つの物理現象として示すことを目的としている。

Table.1 List of meteorological observation item

	対象河川	対象エリアの風況	周辺の土地利用	河口からの距離	エリア面積	観測実施期間	観測項目				
							気温(固定)	風向・風速(固定)	気温(移動)	風向・風速(移動)	日射量
サイト1	荒川 (水面幅200m)	河川が西から東に流れているのに対し河川を横断するように南風吹く。	左岸側の河口から21～22kmまでの1km区間に高規格堤防が整備されている。堤内地は低層住宅地域である。	21～23km	2.2km ²	2006/7/12～8/22 (42日間連続) 2006/8/4, 7 (7:00～18:00)	32地点 (1.5m)	5地点 (15m)	40地点 (1.5m)	40地点 (1.5m)	1地点 (15m)
サイト2	荒川 (水面幅440m)	河川が北から南に流れているのに対し河川を遡上するように南風が吹く。	左岸側に背割堤を挟んで水面幅140mの中川が平行に流れている。堤内地は低層住宅地域である。	3.5km		2010/8/22 (9:30～18:30)	5地点 (3m)	1地点 (2m)	1ライン (1.5, 3m)		1地点 (2m)
サイト3	目黒川 (川幅12～30m)	河川が北西から南東方向に流れているのに対し、地上風は複雑な構造をしている。河川付近は上空の風によって川を遡上する風、河川を横断する風が吹いている。	河川右岸側に50～100m離れた場所に河川と並行して片側2車線の自動車道路がある。河川と自動車道路の間は高層住宅が立ち並ぶ。他のエリアは低層住宅地域である。河川両岸に植生が立ち並んでいる。	4.8～6.2km	1.5km ²	2008/7/23～9/5 (45日間連続) 2008/8/1, 9 (8:00～18:30)	63地点 (2.5m)	5地点 (3.5m)	道路全て (1.5m)	96地点 (1.5m)	1地点 (44m)
						2009/8/7, 12 (9:00～17:00)	2地点 (2m)	2地点 (2m)	2ライン (0.25～4m)		1地点 (44m)

Table.2 List of meteorological observation equipment

	気温(定点)	風向風速(定点)	気温(移動)	風向(移動)	風速(移動)	日射量
サイト1(荒川) (2006年)	ONSET社製 HOBO H8Pro (白金抵抗式)	小笠原計器製作所製 風車型風向風速計 (プロペラ式)	CUSTAM社製 温湿度計8829 (サーミスタ式)	自作吹流し (目視で判断)	扶桑理化製品社製 熱線式風速計 AM-4204	英弘精機社製 ソーラーエースM62
サイト2(荒川) (2010年)	ONSET社製 HOBO U12 (熱電対式)	YOUNG社製 3成分超音波風速計 CYG-81000	ONSET社製 HOBO U12 (熱電対式)			英弘精機社製 ソーラーエースM62
サイト3(目黒川) (2008年)	ONSET社製 HOBO H8Pro (白金抵抗式)	DAVIS社製 Vantage Pro2 (三杯式)	ONSET社製 HOBO U12 (熱電対式)	自作吹流し (目視で判断)	扶桑理化製品社製 熱線式風速計 AM-4204	英弘精機社製 ソーラーエースM62
サイト3(目黒川) (2009年)	YOUNG社製 3成分超音波風速計 CYG-81000	ONSET社製 HOBO U12 (熱電対式)	ONSET社製 HOBO U12 (熱電対式)			英弘精機社製 ソーラーエースM62

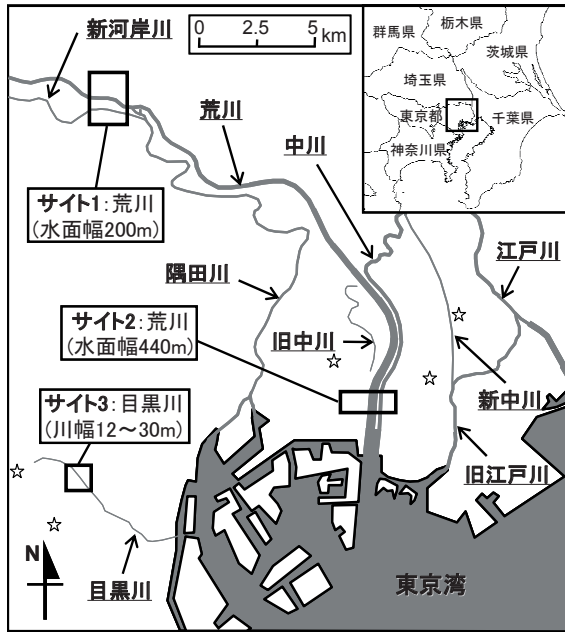


Fig.1 Location of meteorological observation sites

2. 観測概要

2. 1 サイト1：荒川周辺における観測概要

1) 観測サイトの概要

1つ目の観測は埼玉県および東京都を流れ、東京湾に注ぐ荒川を対象に行った。荒川は山梨県、埼玉県、長野県の県境にある標高2475mの甲武信ヶ岳を水源とし、流路延長173km流域面積2,940km²、流域内人口930万人の一級河川である。観測対象地域は東京都北区、埼玉県川口市とその県境に位置する荒川の河口部より21～23km地点、河川を中心に面積約2.2km²の範囲である(Fig.1)。荒川は西から東に流れており日中、関東平野には南から北へ向かう海陸風が卓越すると河川を横切るように風が通過すると考えられ、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。

観測地点での河川形状は低水路幅(水面幅)が約200m、高水敷幅が約600mの複断面であり、左岸側は河口から21.3～22.3km地点の1km区間がスーパー堤防に整備されている(Fig.3)。ここでスーパー堤防とは通常の堤防よりもはるかに緩やかな幅広の裏法部をもつ盛土を基本構造とする堤防で、裏法が通常の土地利用に供されることを前提にして、超過洪水(計画の規模を超える洪水)の発生時に作用すると予想される諸外力に対し破壊されないように設計されたものである。

堤防の面が緩やかな傾斜を持つために河川からの風が流れやすいと推測される。その堤防上には幼稚園、小学校、中学校がある。右岸側には荒川から約300m離れた所に新河岸川が平行して流れている。高水敷の左岸側は上流からゴルフ場、ラグビーグラウンド、自動車教習所、野球・サッカーグラウンド、右岸(赤羽)側の新河岸川との間は、上流からゴルフ場、野球グラウンド、公園となっている。左岸堤内地は住宅街と町工場からなる低層住宅地域であり、右岸堤内地は低層住宅地域、中高層住宅地域、商業・工業施設が混在している。

2) 観測項目

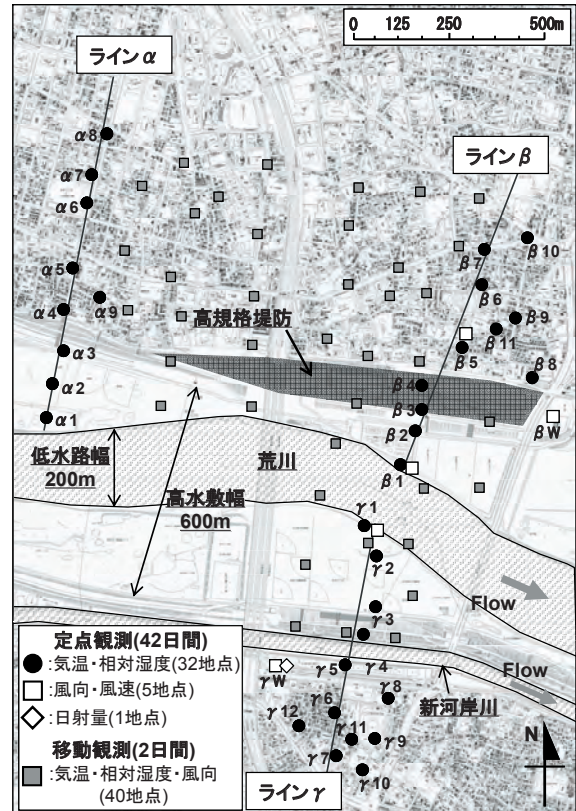


Fig.2 Positioning of meteorological observation equipments in the vicinity of Arakawa River on Site 1



Fig.3 Aerial view in the vicinity of Arakawa River on Site 1 (Photo taken from north side of Arakawa River to south side)

Fig.2に観測機材の配置図を示す。観測は2006年7月12日から8月22日までの42日間連続の定点観測と2日間の移動観測(8月4, 7日ともに7:00~18:00)を行った。定点観測を夏季の42日間という長い期間行った理由は、河川がもつ熱環境緩和効果を定量的に評価するために必要だと考えて行った。定点観測ではFig.2に示すように河川の流に直行する南北方向の3本のラインを観測ライン α , β , γ とした。各観測ラインの道路形状はライン α が河川横断方向に対して直線の道路で、ライン β が河川横断方向に対して曲がっており、ライン γ が密集住宅地域で道が複雑で直線的な道路がない。各ライン上に温湿度計を地面から1.5mの高さに全32地点に設置し、風向・風速計、日射計を4階の建物の屋上に2地点(β W, γ W)、地上に3地点設置し計測を行った。解析対象日は河川の熱環境緩和効果が大きく働くと考えられる観測期間中の最高気温が30℃以上を超えた日(8月4,7日含む)である13日間とした。

移動観測は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二次元的に捉えることを目的とした。移動観測の観測地点は陸面と水面上の計40地点である。観測項目は気温、湿度、風向である。それぞれのエリアを担当する観測者は温湿度計を通風式のラディエーションシールドに入れ、温湿度計のセンサーをその場の環境に馴染ませるために観測地点到着後5分間待機した。観測時間5分と移動時間を含め1地点を10分間、1時間で5, 6地点を観測し、各観測地点は1時間インターバルのデータを取得した。

2. 2 サイト2：荒川周辺における観測概要

2つ目の観測サイトはサイト1と同じ大河川である荒川周辺のサイト1より下流側の河口から3.5km地点で行った(Fig.1)。観測サイトでの荒川は低水路の水面幅が440mの複断面河道で、左岸側に背割堤を挟んで川幅140mの中川が平行して流れている。サイト1と異なり荒川は南北方向に流れており夏季日中は河川を遡上する海風が吹く。堤内地は住宅や商業施設が立ち並ぶ低層住宅地域である。

Fig.4に荒川周辺における観測機材の配置図と観測ルートを示す。観測は晴天日であった2010年の8月22日の10時~18時まで1時間おきに行った。気温は自転車の地上から1.5mと3mに温度計を取り付け、観測ライン上を移動しながら計測をした。また観測ライン上の4地点で地上から3m気温計測を行い河川中央の橋上では橋上から2mの風向風速、日射量、橋上から7mまでの鉛直気温分布と河道内の気温を計測した。

2. 3 サイト3：目黒川周辺における観測概要

1) 観測サイトの概要

3つめの観測対象とした河川は東京都世田谷区、目黒区および品川区を流れ東京湾に注ぐ目黒川である。目黒川周辺を観測対象地域とした理由は、商業ビル、住宅、商店街、道路、鉄道などが密集した東京都において典型的ともいえる都市構造を持っているためである。この目黒川周辺において目黒区内の目黒川河口から4.8km~6.2km地点の河川を中心とした約1.5km²の範囲で気象観測を行った(Fig.1)。目黒川の河川形状はコンクリート三面張りの矩形断面で、水面は地上から5~8m低い所にある。川幅は河口から5.2kmを境に(Fig.6中に示す)上流側は12~15m、下流側は25~30mとなっており、境界部に潮位の影響を受けないよう高さ約1mの堰がある(Fig.7)。周辺の土地利用は河川右岸側に目黒川と平行に片側2車線の自動車道路(山手通り)が50~100m離れた位置にあり、山手通り右岸側と山手通りと目黒川の間に5階建て以上のビル・マンション等が立ち並んでいる。この中高層住宅が立ち並ぶ場所以外の観測エリア内の地域は3階建て以下の建物が密集している低層住宅地域となっている。また河口から5.5km地点に河川と直交して鉄道の高架橋が通っており山手通りと直交する地点は駅(中目黒駅)となっている。河川沿いは川幅変化地点付近より上流は両岸に河川上を覆い隠すよう

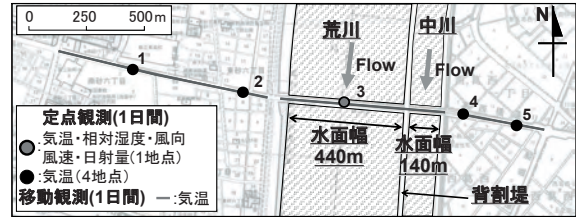


Fig.4 Positioning of meteorological observation equipments in the vicinity of Arakawa River on Site 2



Fig.5 Aerial view in the vicinity of Arakawa River on Site 2 (Photo taken from east side of Arakawa River to west side)

に樹木が繁茂しており、下流側は両岸に樹木が5mおき程度に立ち並んでいる。

2) 観測手法と観測項目

Table.1に観測期間と観測項目一覧を、Fig.6に目黒川周辺での観測機材の配置図を示す。複雑な気温分布をしていると考えられるエリアで中小河川の持つ熱環境緩和効果を明らかにするため、観測機器を河川周辺に高密度に設置し2008年7月23日～9月5日まで45日間連続で観測を行った。気温・相対湿度は河川に直交した7ライン上(ラインA～ラインG)と河川沿い、山手通り沿い上に全63個の温湿度計を街路灯などに地上から2.5mの高さに設置し1分間隔で計測を行った。風向風速計は5地点に地上から3.5mの高さに設置し10分間隔で、日射計はビルの屋上(地上から44m)に設置し1分間隔で計測した。

移動観測は定点観測では捉えられない空間的に高密度な計測を行うため、自転車や徒歩で移動しながら1秒間隔での気温計測と、同時にGPSを携帯し位置情報を記録した。使用した温度計はサイト2と同様に時定数が1秒以下の熱電対式温度計である[17]。観測は晴天日であった2008年8月1日と9日の8:00～18:30の間に1時間半おきに計8回、気温・風向風速ともに各観測開始時刻から10分以内に計測を行った。気温計測は自転車の地上から1.5mの高さに温度計を固定し、エリアごとに計6台の自転車を用いてFig.6中に示すライン上の気温を計測した。同時に移動ライン上の96地点で地上風向風速の計測を風速の計測は熱線式風速計を用い、風向は自作の吹流しを用いて目視で計測した。計測方法は各観測地点で地上から1.5mの1分間平均風速と卓越風向を記録し、次の観測地点に移動し同様の計測を行うという手順で1人7～8地点を計測した。また、翌年の晴天日であった2009年8月7日と12日の9時～17時まで1時間ごとに更に詳細な移動観測を行った。観測方法はラインA、G上で温度計を25cm～1m間隔で地上から4mまで設置した台車を徒歩で押して移動しながら鉛直気温を計測した。またラインA、G上の河川橋上中央で地上2mの風速、河道内鉛直気温、地上鉛直気温の計測を行った。

3 観測結果

3. 1 サイト1：荒川周辺における観測結果

1) 河川とその周辺の熱環境

Fig.8に2006年8月4日14時における気温コンター・風向図(移動観測データ)を示す。移動観測により計測した気温データは各観測地点で観測を行った時間が異なるため、定点の気温データを用いて気温勾配を算出し、14時に計測した気温になるよう一次補正を行った。観測エリアの面積に対して観測ポイントが少ないためコンターにするのは望ましくないが現地の熱環境の状況を理解しやすいように採用した。気温は地面、水面から1.5mのデータである。堤防の上は堤内地より約8m高くなっている。気温は河川上が最も低く、左岸側は河川からの距離に応じて気温が高くなっている。河川上と河川敷の水際の気温がほぼ同じであり、水際から堤内地方向に気温勾配があるように見える。気温コンター内最北の気温が高いのは川口駅があり、駅を中心に自動車、バスや商店街からの排ガスなど人間活動が活発であるためと考える。風向観測ポイント最南は河川堤防上で南風、河道内では遡上する風向の東風であることから、河川直上を吹き抜ける風と河川堤防上を抜ける二つの風が交わる構造になっている。

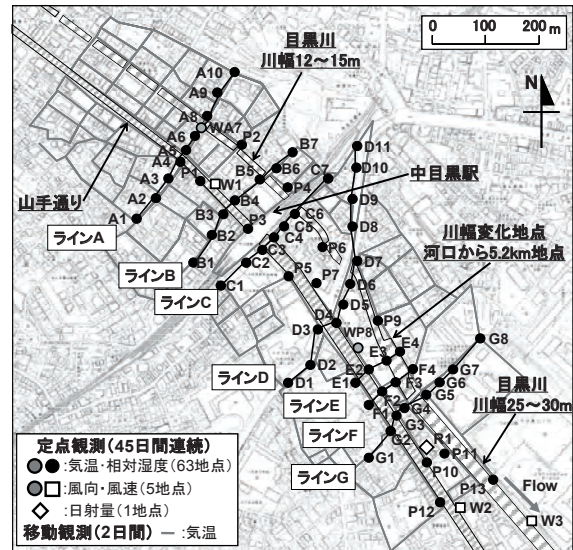


Fig.6 Positioning of meteorological observation equipments in the vicinity of Meguro River on Site 3



Fig.7 Aerial view in the vicinity of Meguro River on Site 3 (Photo taken from downstream side of Meguro River to upstream side)

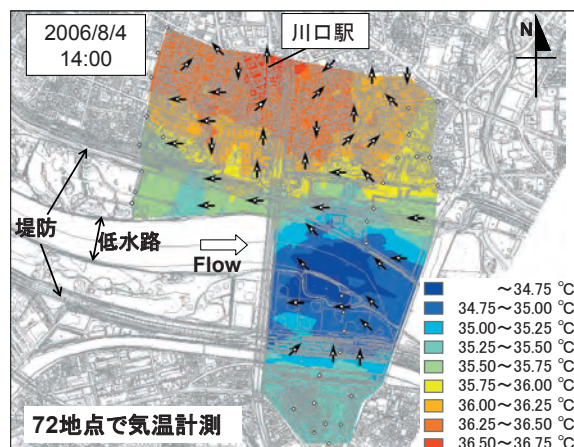


Fig. 8 Mobile observation data of air temperature counters and wind direction (2006/8/4 14:00)

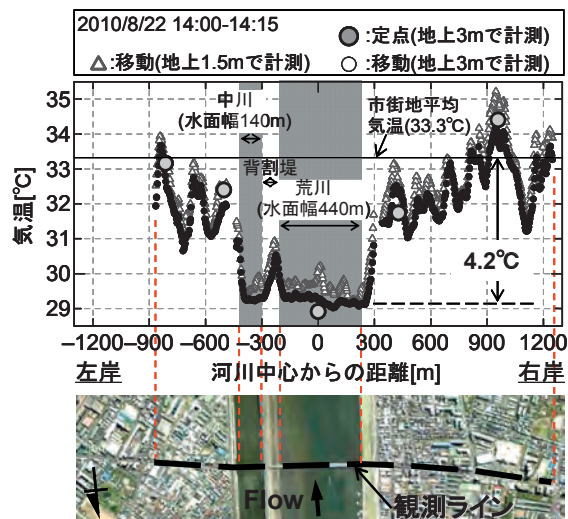


Fig. 11 Relationship between the distance from Arakawa River and air temperature (3 seconds moving average deviations) observed at 1.5m and 3m from the ground (2010/8/22 14:00)

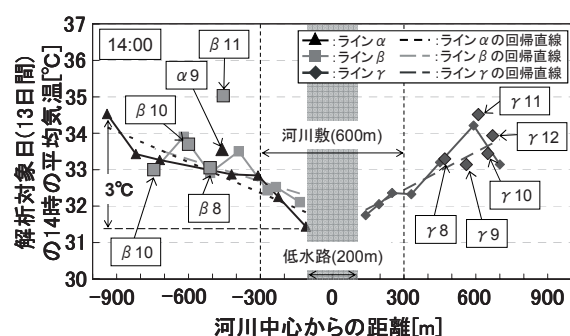


Fig. 9 Relationship between the distance from Arakawa River and the average air temperature at 14:00

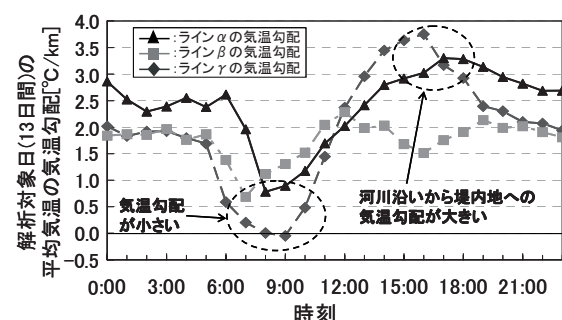


Fig. 10 Time series of regression line of air temperature gradient for each observation line

る潜熱によって気温が上がりづらくなっていることが考えられる。ラインβが他のラインと比べて日中の勾配が小さい理由は、ラインβは高規格堤防が整備されており、日中は河川からの南風が低内地に侵入しやすい土地利用をしているためだと考えられる。

3. 2 サイト2：荒川周辺における観測結果

Fig.11に2010年8月22日における荒川周辺における地上から1.5mと3mで計測した気温と河川からの距離の関係を示す。ここでは一例として14:00～14:15にかけて計測した結果を示す。気温は1秒間の瞬間値を計測しているため、既往研究[19]より、10分平均値と比較すると約0.3°Cの気温差があることが分かっているが、空間的に高密度な計測が行えることによ

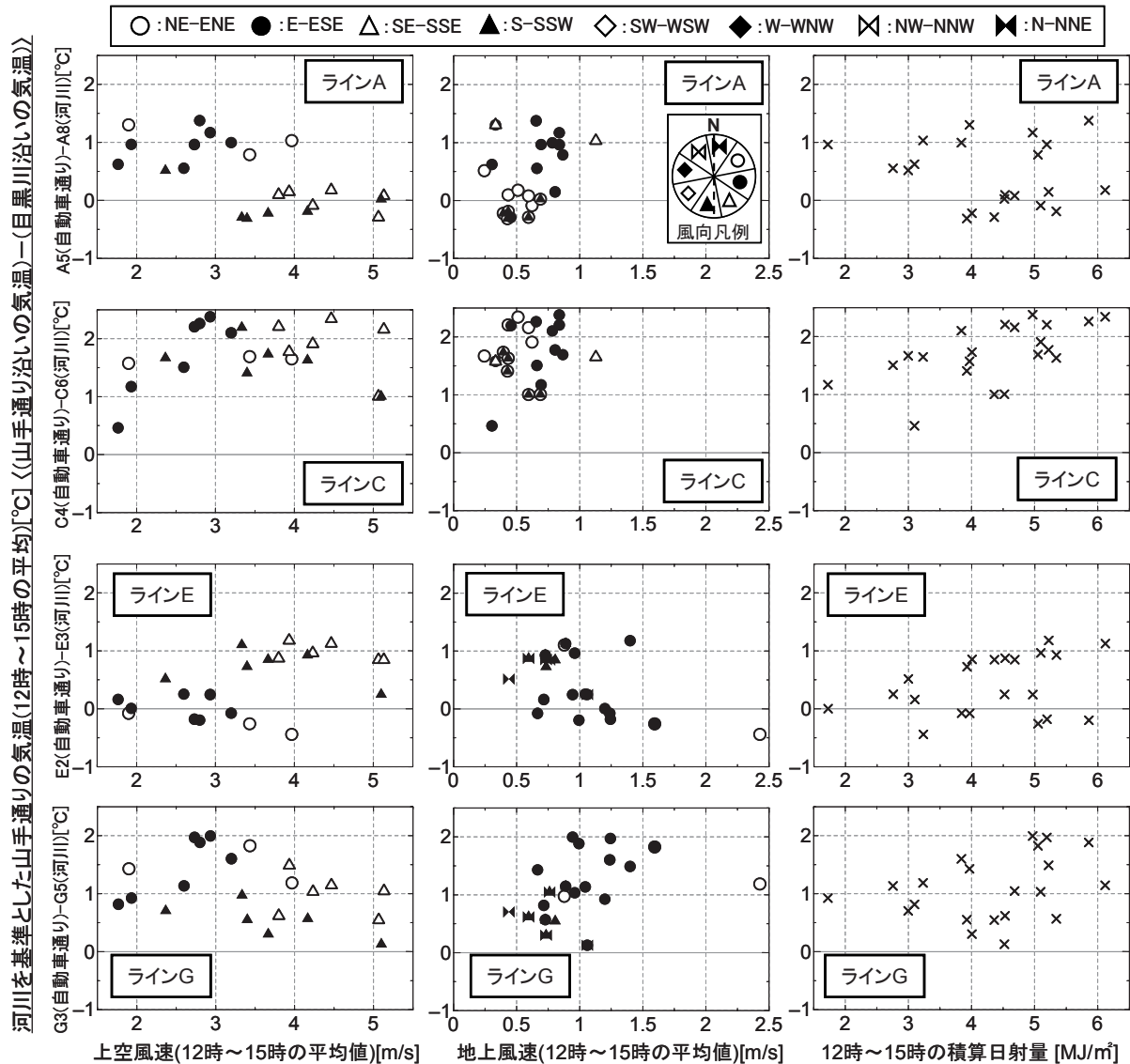


Fig.12 Relationship among air temperature difference (Along the Yamate street - Along the Meguro river) and each observation item (wind velocity, wind direction, amount of solar radiation) (Average value from 12:00 to 15:00 for 22 days)

り、河川周辺の気温分布を線的に表現することが可能となる。この移動観測で計測した気温はその瞬間のその場の気温を正確に計測することは可能だが、気温は時々刻々変動しており、その瞬間値が時間的代表的気温といえる根拠を明確に示すことは難しい。しかし、移動観測は一地点の観測時間が1秒間と短い代わりに、10分程度の短時間で多くの点を計測できるという利点がある。よって空間代表的気温を示すためには、全ての地点の気温を連続で計測し、その気温と定点で計測した気温をあわせて考えることが必要である。ここでは時間的代表的気温としては定点観測と比べて精度は劣るが、空間的に高密度に観測できるという利点があるために本観測手法を用いた。また瞬間的に計測した気温は変動が大きく視覚的に理解が難解であるため、前後3秒間で移動平均をした。観測を行った日は約7m/sの河川遡上風が吹いていた。ここで河川の冷却効果が及んでいる範囲を特定するために、河川の効果が及ばないと考えられる河川から十分に離れた地点の気温を堤内地の代表気温とする。本観測においては定点の観測点が少なかったため、代表気温には観測エリアから5km以内にある東京都が観測している気象観測所3地点(Fig.1中の星印に示す)の平均気温を用いた。3地点の平均気温を用いた理由として、河岸から堤内地方向の気温がほぼ一定であった9時、17時、18時に計測した堤内地の気温と、東京都が観測している気象観測所3地点の平均気温がほぼ同じ値を示したからである。しかし、この値が市街地平均気温である根拠を示すのは難しく、あくまでも基準の一つとして用いたものである。Fig.11より河川上の気温は代表気温と比べて

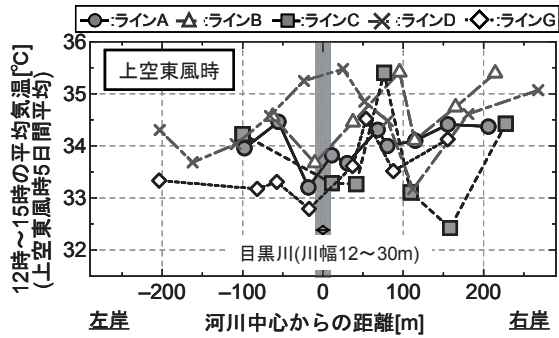


Fig. 13 Relationship between the distance from Meguro River and air temperature (average value 12:00 to 15:00 on 5 days when airy wind direction was east)

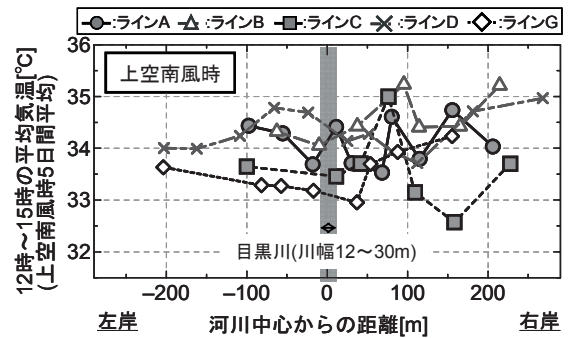


Fig. 14 Relationship between the distance from Meguro River and air temperature (average value 12:00 to 15:00 on 5 days when airy wind direction was south)

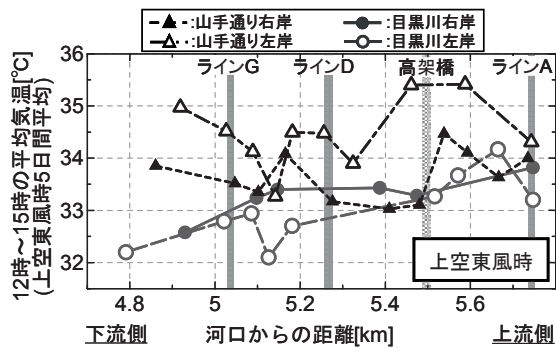


Fig. 15 Vertical distribution of average air temperature along the Yamate street and Meguro river (average value from 12:00 to 15:00 on 5 days when airy wind direction was east)

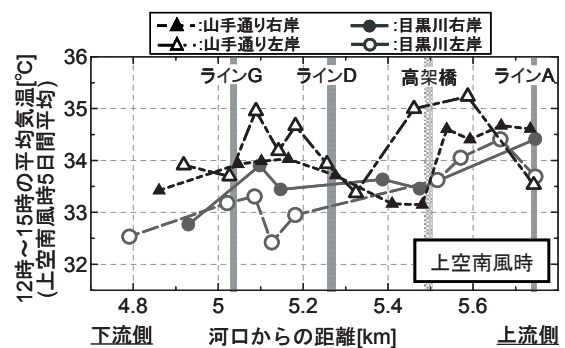


Fig. 16 Vertical distribution of average air temperature along the Yamate street and Meguro river (average value 12:00 to 15:00 on 5 days when airy wind direction was south)

4.2°C低く、河川が周辺の熱環境を緩和していることが顕著にみてとれる。右岸側において移動観測で計測した気温が代表気温に及ぶまでの距離は河川中心から400m程度であるが、これは気温の変動値の頂点であるので、変動する気温の中心部分が代表気温に達するまでの距離は、荒川中心から約800~900m、河岸から約600~700mである。また、12時~14時に行った残り5回の観測結果においても移動観測で計測した気温が堤内地代表気温に達するまでの距離は右岸の河岸から600~700m程度であった。ここで、代表気温が±0.5°C程度の誤差があったと仮定する。その場合、代表気温が0.5°C低かったとすると河川の効果 that 及ぶ範囲は河岸から500m、0.5°C高かったとすると河岸から800mとなる。よって河川の効果は代表気温の誤差を考えると水面幅の1.1~1.8倍程度となる。荒川の左岸側を並行して流れている旧中川の間の背割堤上では気温が河川上に比べて約1°C高く、連続で気温を計測したことで河川に挟まれた場所に水面以外の構造物があることで気温が上がっている傾向が見ることができた。

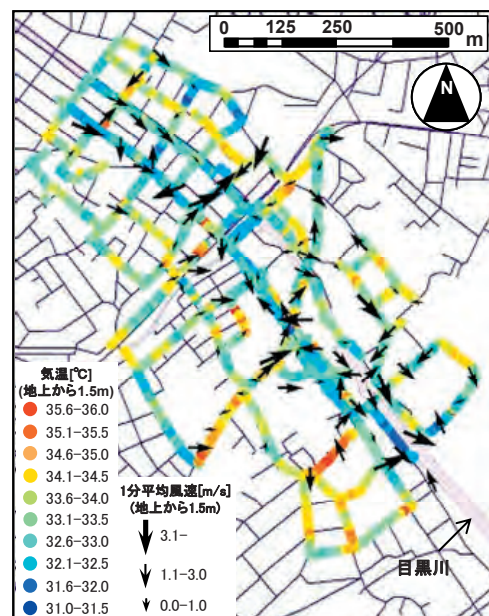


Fig. 17 Air Temperature distribution chart obtained from the mobile observation (2008/8/9 12:30)