

臨海都市における中小河川の風の道としての効果

東京・目黒川における微気象観測

THE EFFECTS OF A SMALL RIVER AS A VENTILATION PATH IN COASTAL CITIES

Micro-climatological Observations in and around the Meguro River in Tokyo

成田 健一*, 鍵屋 浩司**

Ken-ichi NARITA and Koji KAGIYA

In Japan, the cooling effect of ventilation path is expected as a measure to mitigate urban heat island especially in coastal cities. In this paper, results are shown from micro-climatological observations performed in and around a small river, "Meguro River", during summer. Its width is 25 m, and it flows through southern part of Tokyo almost toward east direction and runs into Tokyo Bay at near Shinagawa.

Air temperature at the river mouth was about 4 degrees lower than the city-averaged air temperature around midday on fine days. In the case of narrow rivers, it is possible to act as a ventilation path because the riverside buildings induce the upper layer sea breeze in many places. The depth of sea breeze is remarkably larger than that of slope cold air drainage, therefore, it may be good idea to consider the way of three dimensional use of sea breeze in all over the city to mitigate urban heat island.

Keywords : *Urban Climate, Sea Breeze, Ventilation path, Air Flow around Building, Heat Island, Advection*

都市気候, 海風, 風の道, 建物周辺気流, ヒートアイランド, 移流

1. はじめに

「風の道」は、元々ドイツのクリマアトラス（気候情報に基づく都市計画指針図）の中で用いられた用語で、主に盆地都市における大気汚染対策として周囲の丘陵斜面から新鮮空気を市街中心部へ誘導することを意図したものである。ドイツで対象となっている風は、夜間に放射冷却により発達する冷気流（斜面下降流）で、流出する谷筋には十分な空地を設けることや、流れを堰き止めるような建物配置を避けるなどの指針が示されている¹⁾。一方、近年わが国では、夏季の暑熱気候緩和を念頭に、ヒートアイランド対策の一環として「風の道」という用語が多用されている²⁾³⁾。ほとんどの場合、沿岸都市において日中発達する海風を市街地内部へ誘導することがイメージされている。ここでは誘導された海風が市街地気温に比べ相対的に低温であることが必要条件となるため、海風と平行する河川や水路が対象となる場合が多い。しかし、そのような河川が存在しない場合には、海風と平行する広幅員の街路やオープンスペースを「風の道」と称する場合もあり、そこでは冷気の導入というよりはむしろ市街地内部の「風通し」を良くし、地表面付近の熱拡散の促進や、風速の増加による体感温度の向上を狙いとしている。このような視点をさらに拡大し、市街地全体の「風通し」や「換気効率」の代名

詞として「風の道」ということばを象徴的に用いることもあり、そのために効果的な市街地構造や街路形態も議論されている⁴⁾⁶⁾。

ヒートアイランド対策としての河川の効果を実測した例としては、広島⁷⁾¹²⁾、福岡¹³⁾¹⁴⁾、名古屋¹⁵⁾¹⁸⁾、東京¹⁹⁾²²⁾などでの事例が報告されている。ただし、これらの事例では何を指標に「風の道」と判断しているかは風速、気温変化、海風前線の到達時間など多種多様で、定義も明確ではない。また効果を判断する評価指標も、気温差や大気冷却量（負の顕熱フラックス）、風速・放射を加味した体感指標など様々である。そのため、近年、環境省はじめ多くの自治体において「風の道」を施策として展開しようとの動きが活発化しているにもかかわらず、これまでの研究成果が具体的な計画指針の策定につながっていないのが実情である。

河川における「気温低下」のメカニズムは単純ではなく、「海風を内陸に（水平的に）誘導する移流効果」「低温な河川水体自身による冷気生成効果」、周辺市街地よりも粗度が小さいことに起因する「相対的に低温な上空風の取り込み効果」などが複合する。さらに周辺との相対的な気温差は、基準とする周辺市街地の状況に大きく左右されるため、海岸からの距離、河川幅、河道と風向との角度など、河川自体の特性のみでは一義的に決まらない。都市計画の観点からは、河川上の冷気が市街地内部へどう広がるかが注目されるが、

*日本工業大学工学部建築学科 教授・工博

**国土交通省国土技術政策総合研究所・博士（工学）

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Nippon Institute of Technology, Dr. Eng.
National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT,
Dr. Eng.

これについても、河川周辺の建物密度、直交街路の幅員、河川沿いの高層建物の向き等が大きく影響することが風洞実験で示されており²³⁾、周辺建物はプラスにもマイナスにも作用するためその影響は非常に複雑である。

今回観測対象とした目黒川は、河幅 25m 程度の小河川であるが、都心部を貫流する数少ない河川の一つであり、貴重な連続したオープンスペースを形成している。また、沿川の大崎エリアでは目黒川の「風の道」効果を活かした再開発計画が現在進められている。そこで本研究では、このような中小河川が首都圏臨海部の温熱環境にどのような効果をもたらしているかを探るため、できる限りメカニズムの把握を念頭に置きながら実測を行った。具体的には、河道に沿った空気の流れと気温分布、およびこれらと上空風向との関係、さらに河川から周辺市街地への冷気の拡がりや河川沿い建物の関係などに注目して解析を行った。

2. 観測概要

観測期間は 2005 年 7/29～8/30 の 32 日間、測定場所を図 1 に示す。市街地内の 27 ヲ所（高さ 3m）で日射遮蔽通風シェルタに装着した温度ロガーを用いて気温を 2 分毎に測定、また天王洲の高層建物屋上（高さ 126m）と橋上 H1～H5 地点で風向、風速（5 分平均）



図 1 観測地点の配置図

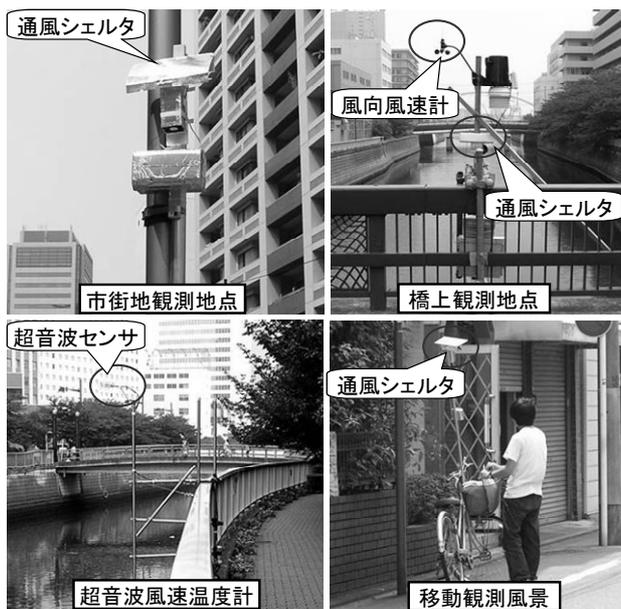


図 2 測器の設置状況と移動観測風景

を測定した。なお 7/29～8/2 の 5 日間については、超音波風速温度計を H3 付近の左岸側に設置し、河岸の高層建物による吹き降ろし気流と気温変動を 10Hz で連続計測した。この期間、H1～H5 の橋上地点では、強制通風シェルタを用いた 5 秒毎の気温観測も行った。

また図 1 の A, B, C の 3 ルートにおいて、強制通風シェルタを用いた自転車による気温移動観測（高さ約 1.8m）を行った。ルート上に橋上を含む 9 点の測定点を設定し、各点に 3 分間停車、1 分間で地点間を移動するという測定を、日中は 1 時間毎、夜間は 3 時間毎に繰り返した。サンプリング間隔は 5 秒とした。

測器の設置状況ならびに移動観測風景を図 2 に示す。なお、河川水温については、河岸からの放射温度計による測定を随時行った。

3. 海風と河川水の冷却ポテンシャル

(1) 海風の冷却ポテンシャルと上空風の影響

海に面した測定点の気温（以下、海岸気温）を陸域に流入する前の海風の気温とみなし、それ以外の 26 点の市街地観測点の平均を「市街地平均気温」とここでは定義し、両者の差を検討した（図 3）。気温差は日中に大きく、夜間は小さい。晴天日の日中の気温差は概ね 4℃程度となっており、海風の冷却ポテンシャルはかなり大きいと言える。

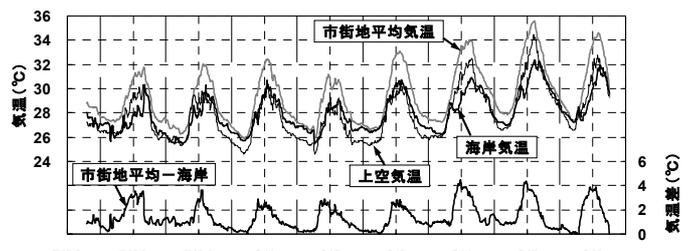


図 3 海風の冷却ポテンシャル

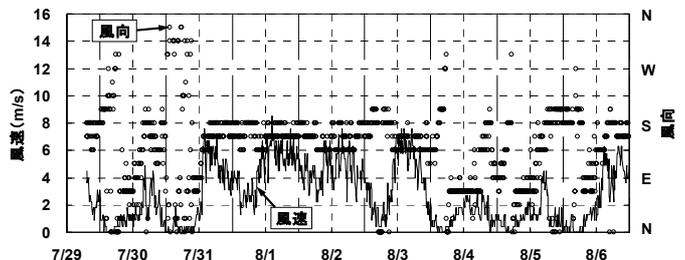


図 4 上空の風向風速の変化

図 3 の海岸と市街地との気温差と上空の風向風速（図 4）との関係を考察すると、日中の気温差は南よりの海風が発達した日（7/31～8/3）よりも東よりの風の日（8/4・5）の方が大きくなっている。これは、対象エリアの海岸線がほぼ南北で東風時の方が海岸ポイントに海からの風が直接流入すること、南よりの海風が発達した日の方が風速が大きいため市街地内の熱溜りが解消されることによると考えられる。一方、夜間については、風速が弱まる場合には深夜でも 1℃程度の気温差があるのに対し、夜間でも南風がおさまらない場合（7/31～8/2 の夜）には気温差がほとんどなくなっている。

(2) 河川水の冷却ポテンシャル

次に、目黒川の河川水自体の冷却ポテンシャルを検討する。図 5

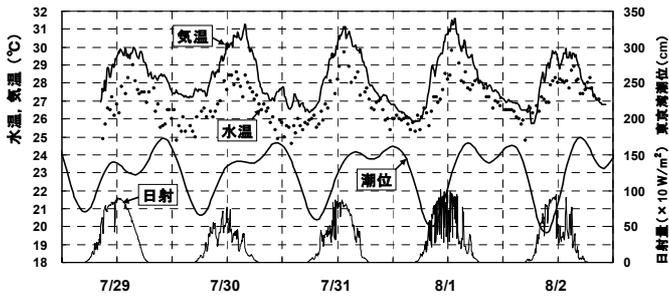


図5 河川水温と気温の関係 (H3 付近) ならびに潮位の影響

は、大崎駅付近で測定した水温と気温の関係を示したもので、参考として日射量と東京湾の潮位の変化を併示した。水温は放射温度計によるスポット観測であるためばらつきが大きい、河川水温は概ね気温と平行して変化しており、終日気温より1〜2℃低い。日中は3℃程度に及ぶ時間帯も見られるが、気温に対する温度差は測定期間を通してあまり大きくはない。また、現場は感潮域であるが、水温と潮位との明確な関係は認められない。

今回、フラックスの直接測定は行っていないが、上記の水温一気温差と橋上風速のデータをもとに、バルク法で水面の顕熱フラックスを算定すると、日中の最大値でも−20W/m²程度と見積もられる。隅田川での実測結果²²⁾と同様、水体が直接大気を冷却する効果は大きくはない。

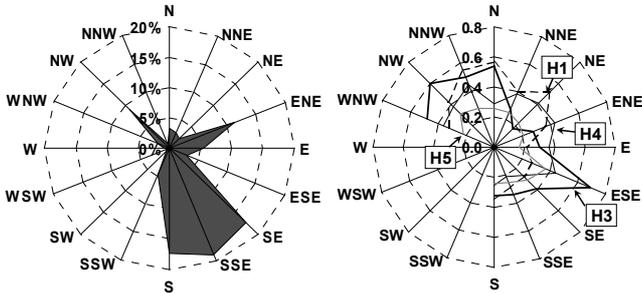


図6 上空風の風配図

図7 橋上地点の風速比

4. 河道に沿った風と気温の分布

図6に、7/26〜8/6の期間における上空風の風配図を示す。卓越風向は海風に相当するS〜SEを中心とする風で、次いで日中に現れるENE風と深夜から早朝に現れるNW風の頻度が高くなっている。

図7は、橋上観測点 (H1〜H5) における、上空風に対する風速比を上空風向別に示したものである (H2 に関しては風向・風速は欠測)。SSW〜Wについては出現頻度が少ないため表示していない。周辺に高層建物が多い大崎駅近くのH3の風速比が他の地点よりも大きく、特に河道に沿った風向 (ESE や NWN・NW) で強風となっているのが特徴的である。海岸に近いH1では海から流入するNE風時の風速比がやや大きく、上流の密集市街地に位置するH4・H5では全体に風速が弱いことがわかる。

臨海部の「風の道」では、河道に沿って海風が遡上することがイメージされるが、目黒川ではそのような現象が実際に起こっているのだろうか？図8は、代表的な上空風向であるENE時とSE時の、各橋上観測点の風配図を示したものである。図中の平行線は、各地点の河道方向を示している。上空風向が河口付近の河道方向にほぼ一致するENE風については、すべての地点の風向が河口から上流に向かう河道とほぼ平行な向きとなっており、河口から上流まで連続して遡上する風が吹いている。一方、最も卓越する海風のSE風時には、H3より上流のエリアでは、同じように河道を遡上する風向となっているが、河口に近いH1だけはWSW〜SWと逆向きの海へ向かう風向が卓越している。他の上空風向についても同様の検討を行った結果、上空風がSE〜SSWの場合に河口付近で海へ向かう風が生じていた。すなわち、目黒川では図6に示した海風に相当する卓越風向時に、河口付近では海風は流入していない。目黒川は河道が途中で折れ曲がり「く」の字型となっているため、上空風が南よりの場合、河道がやや北進している下流部では、河道内を上流部とは逆向きの風が吹くものと思われる。

次に、以上の河道に沿った風向分布を踏まえ、河口から上流に向けての河道内の気温の分布を上空風と関連付けて考察した。図9(a)は上空風向がENEで、風向と河口部の河道とがほぼ一致する時間帯の結果である。橋上地点の風向はいずれもほぼ河道に沿って上流

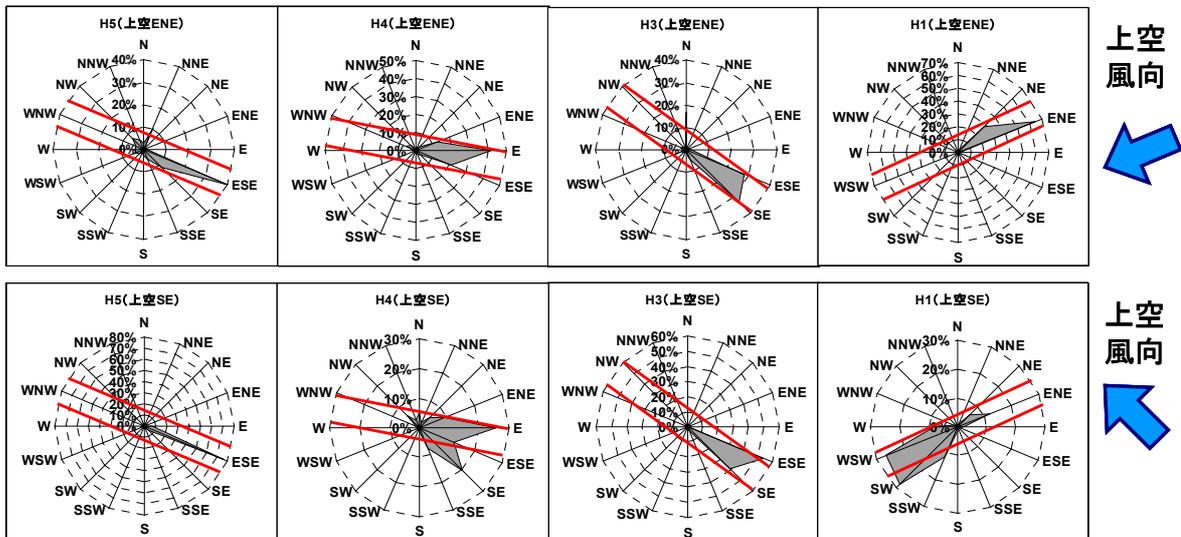


図8 河川に沿った橋上観測点における上空風向別の風配図 (上段: ENE風, 下段: SE風)

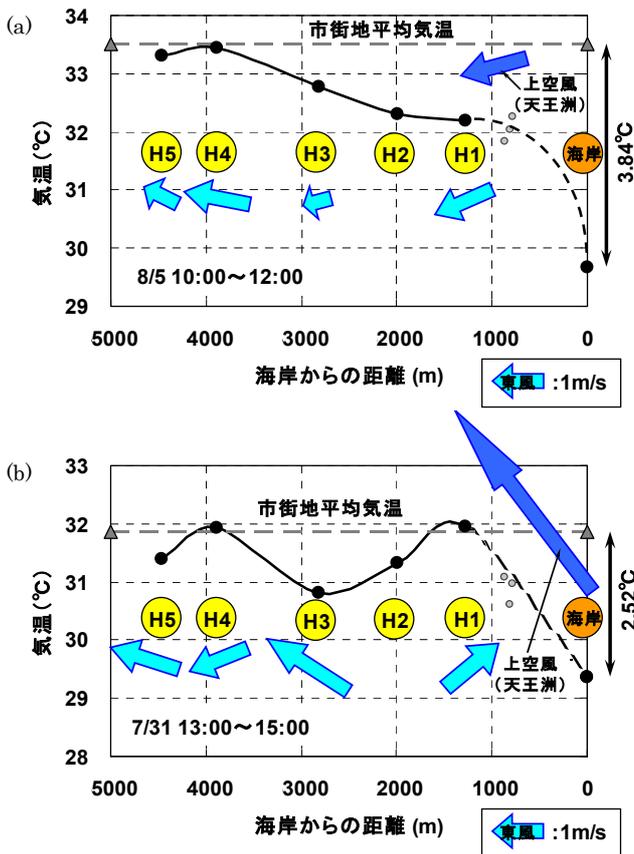


図9 河道に沿った風と気温の分布

に向かう方向となっている。図3に使用した海岸気温も併せて考察すると、気温は河口からほぼ単調に上昇しており、一つの目安として、河口から4km程度で市街地平均気温とほぼ等しくなっている。また河口から1km程度で、海岸での冷却ポテンシャルの1/3以下となるまで河川上の空気は昇温していることがわかる。

一方、図9(b)は上空風がSEの時間帯の結果である。図8に示したように、H3より上流側では上流に向かう風向となっているが、最も下流のH1では逆向き海へ向かう風向となっている。このときの気温は、M字型の分布を示しており、中流のH3(大崎付近)で気温が低く、最も下流のH1は相対的に高温で、市街地平均気温とほぼ等しくなっている。このように、南よりの海風時には気温分布からも、河口から連続した「風の道」は形成されていないことが明らかである。しかしながら、このような条件下においてもH3より上流側に限れば、内陸に向かって河道に沿って吹く「風の道」が形成されているように見える。



図11 超音波風速温度計の設置位置

5. 河川沿いの高層建物の影響

河口からの海風の流入がない条件で、上記のような上流部の「風の道」はどのように形成されているのであろうか?この点を解明するため、ここではH3付近における超音波風速温度計の3次元成分風速データをもとに、河川沿いの建物影響について考察する。

図10は、上空風向の明確な変化が観測された7月31日を取り上げ、上空風向と建物による吹き降ろし気流の発生との関係を考察したものである。超音波風速温度計の設置位置は、河道がほぼNW-SE方向となっている区間の北東側の河岸で、背後には河川に沿って12~14階建ての集合住宅が立ち並んでいる(図11)。

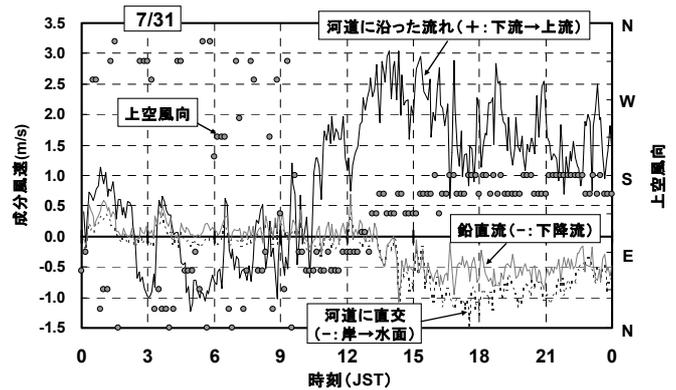


図10 上空風向と建物による吹き降ろし気流の発生との関係

上空風が東よりの時間帯(9:00~12:40)は河道に沿った成分の気流のみが卓越しているのに対し、上空風向が南よりとなった時間帯(13:00~)は、建物に沿った下降気流が現れており、河道に直交する水平成分も同時に現れていることから、河道内を螺旋状に風が流れていると判断される。このように河川沿いの建物は、上空の海風を取り込み、風の道を形成するソースとなっている。図12は、下降気流が現れている時間帯の気温変動と下降気流ならびに水平合成スカラ風速の関係を示す。超音波風速温度計の10秒平均データで考察したものである。図中の矢印の時間帯に注目すると、河道内の気温が吹き降ろし気流の発生に伴って低下することが確認できる。

以上のように、風向によっては河岸の建物が上空の冷風を河道に誘導する働きをする。そのため、河口から連続しない条件でも、このような河岸の高層建物による吹き降ろし効果で、途中からでも「風の道」が発生しうる。

図13は、図12と同じデータについて気温変動と各風速との相関をプロットしたものである。吹き降ろした気流は、河道内を螺旋状

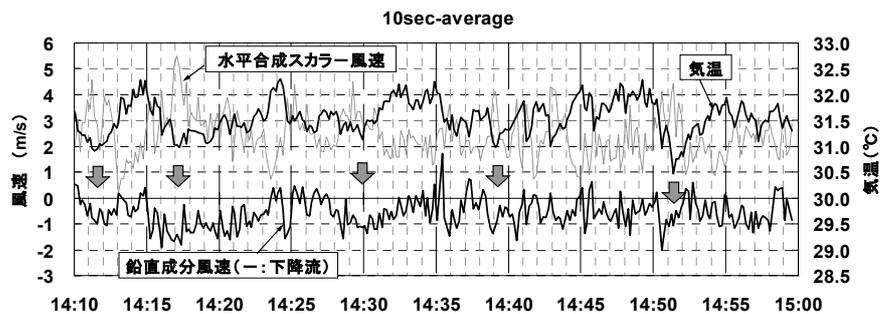


図12 建物による吹き降ろし気流と気温変動の関係

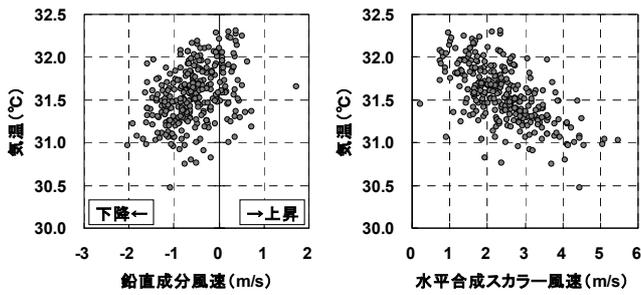


図 13 気温変動と風速の相関関係 (10 秒平均値)

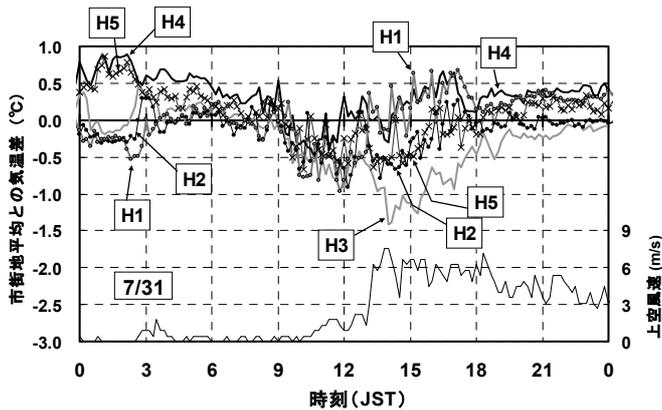


図 14 橋上気温と市街地平均気温の差

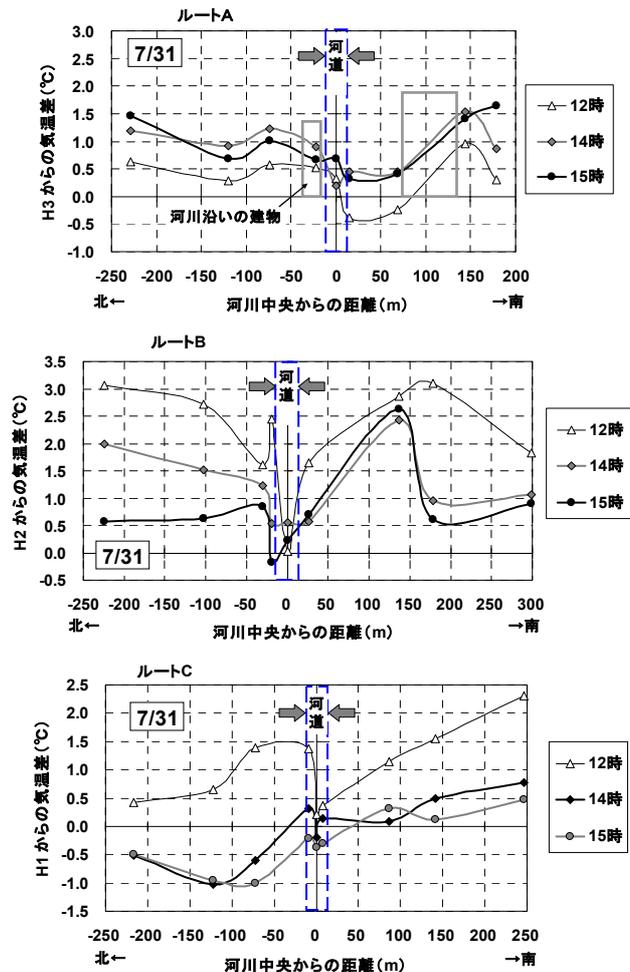


図 15 移動観測による河川と直交する街路沿いの気温分布

に吹き抜けるため、結果的には水平風速と気温についても相関が生じる。吹き降ろしは複数の建物に沿って面的に起こっているため、1地点の相関データのみから気温低下の原因を特定するのは難しい。

図 14 は、図 10 と同じ 7 月 31 日の橋上 H1~H5 の気温と市街地平均気温との差の日変化をまとめたものである。超音波風速温度計に近い H3 では、南よりの海風の侵入とともに気温が明確に低下しているが、他の橋上地点ではそのような傾向は不明確で、河口に近い H1 では逆に気温の上昇が起こっており、図 9 と整合している。H3 地点以外では、河道に沿った高層建物が存在しないことからこのような差異が現れたものと考えられ、このことから河川沿いの建物の影響が大きいことが裏付けられる。以上のように、同一河川上でも地点間の温度差はかなり大きく、河川の効果を予測・評価することは容易でないことがわかる。日中だけでなく、深夜の静穏時にもやや大きな気温差が現れているが、繁華街に近いポイントで高温となっていることから、周囲の市街地の影響を受けているものと思われる。25m 程度の河川幅では、弱風時には周辺市街地の暖気の影響を強く受けってしまうことがわかる。

図 13 で確認できるように、下降気流が現れている時間帯における吹き降ろしによる気温低下の大きさは、最大 1.5°C 程度である。ここで上空風の冷却ポテンシャルについて確認しておく。海風の冷却ポテンシャルを示した図 3 には天王洲の高さ 126m の上空気温も併示しているが、S~SE 風が連続した 7/31 午後から 8/3 については、上空気温と海岸気温が日中ほぼ一致している。従って、少なくとも海風が発達した昼間の時間帯については上空風も海岸の海風とほぼ同じ冷却ポテンシャルを有していると見なしてよい。ただし、さらに約 2km 内陸の大崎付近 (H3) 上空までどのような変質を受けているかは不明である。一方、海風が発達せず弱風となった日 (7/30 と 8/4~8/7) の日中は、上空気温は海岸気温より 2°C 程度高くなっており、海風時のような冷却ポテンシャルを有しなくなることがわかる。なお、総じて弱風となる夜間については (上空気温 < 海岸気温 = 市街地平均気温) となることが多く、鉛直混合が弱まり地上付近に暖気が滞留する状況になっていると考えられる。

6. 河川上冷気の周辺市街地への広がり

ここまで主に河川上に形成される微気候について述べてきたが、最後に移動観測の結果も踏まえながら、河川が周辺市街地へ及ぼす影響について考察する。

(1) 移動観測による河川と直交する街路沿いの気温分布の検討

図 15 は、自転車を用いて行った移動観測結果の一部で、図 10・14 と同じ 7 月 31 日における河川と直交する街路に沿った気温分布を示している。ここでは、東よりの風向であった 12 時の事例と、南よりの海風が発達した 14 時と 15 時を取り上げた。なお、縦軸は A・B・C の各ルートに最も近い橋上地点 (各々 H3・H2・H1) との温度差で表示している。

先の超音波風速温度計に近い大崎駅周辺のルート A については、河川の南側が比較的低温で、北側が高温となる分布となっている。図中にはルート沿いの建物のシルエットを示したが、南側の低温域は大崎駅周辺の高層ビルの周辺気流による影響と思われる。一方、河川の北側は、超音波風速温度計で確認された吹き降ろし気流を発生させていた高層集合住宅の風下側にあたり、河川上の冷気の拡散

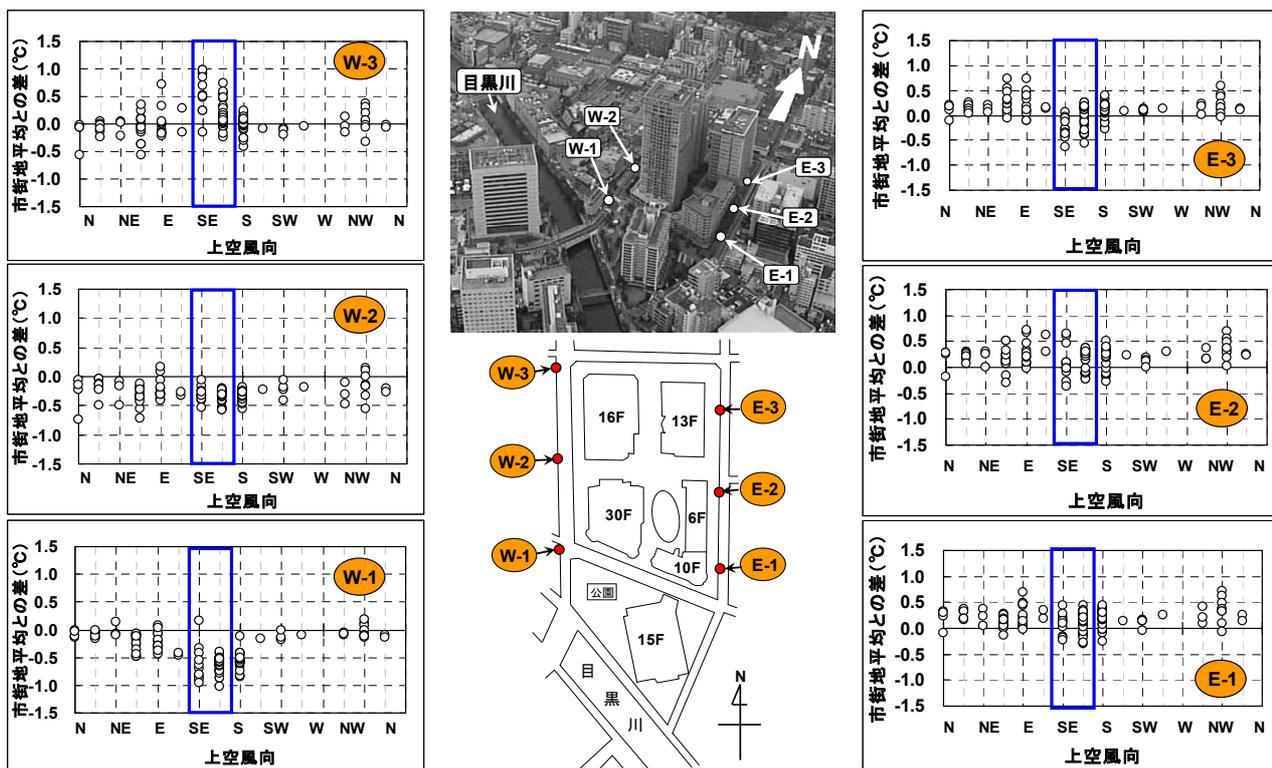


図 16 逆ハの字型街路に沿った地点の気温と上空風向の関係

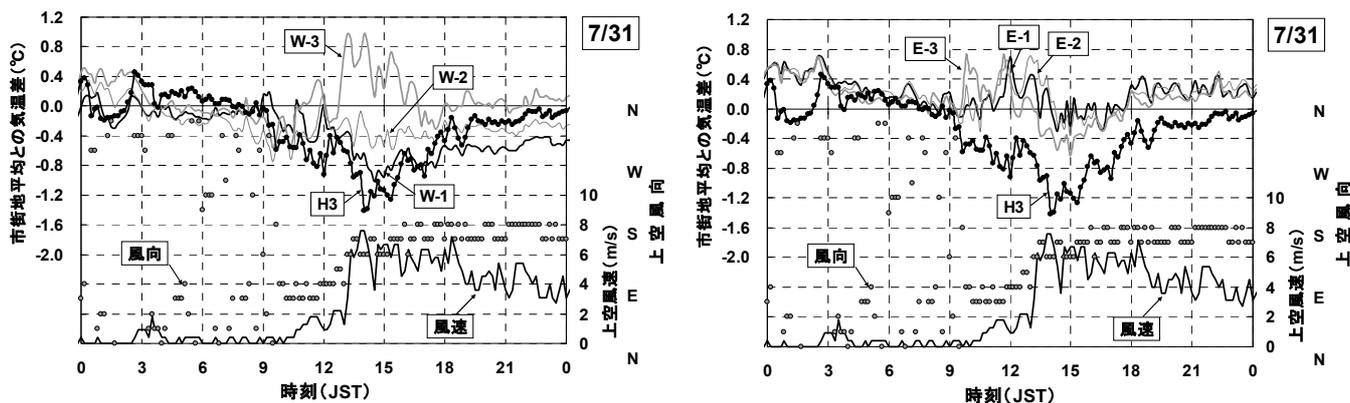


図 17 逆ハの字型の街路に沿った地点の気温の経時変化 (左：西側，右：東側)

が妨げられている結果と考えられる。従って、河川沿いの高層ビルは河道内の「風の道」の形成には寄与しているが、風下側の市街地への冷気の拡散にはマイナスに作用している。

高架鉄道路の西側に位置する幹線道路に沿ったルート B では、河川上と周辺市街地の気温差が大きく、河道に沿った東風が吹いている 12 時には、河川上の冷気の広がりもほとんど認められない。風向が南風となった後は、風下側となる北側市街地で僅かながら低温となる傾向が認められる。一方、比較的交通量が少ない旧東海道に沿ったルート C では、南よりの海風が発達すると河川の風下側エリアが明確な低温域となっており、その影響は 200m 以上に及んでいる。なお、河川上（橋上）で気温低下が見られないのは、あずま屋を設けるなど橋部分の歩道幅が広く整備されていたこと、さらに風上の南側市街地の暖気が橋上に及んでいたためと推察される。移動

観測では定量的な風の測定は行っていないが、風下の低温域では、河川からの涼風が明確に体感できた。

以上のように、河川と直交する街路に沿った気温分布もルートによって大きく異なっており、上空風向の影響も大きいことがわかる。

(2) 逆ハの字型の街路に沿った気温分布

品川区では、風洞実験²³⁾にもとづく提案²⁴⁾を参考に、目黒川に沿った逆ハの字型の街路を生かし、河川上の冷気を市街地に導く「風の道」を都市計画指針として提案している。そこで、この施策の対象となっている、目黒川に対して上流方向に広がるように斜めに接している街路を対象に、河川上冷気の広がりを検討した。街路に沿っては、再開発事業として 30 階建ての高層集合住宅が建てられており、このような開発が冷気誘導に貢献することが期待されている。

図 16 は、ほぼ並行する 2 本の街路に沿って設置された計 6 点の

気温と上空風向の関係を表わしている。縦軸の気温は、市街地平均気温との差で表している。「風の道」の効果が期待されているのは、目黒川に沿って下流から上流に風が吹いている場合で、上空風向がSE～SSEの条件がこれに相当する。このときの気温変化に注目すると、W-1地点では明確な気温低下が現れている。また、W-2とE-3地点も僅かながら低温化の傾向が認められる。しかしながら、その他の3地点では低温化は認められず、W-3では逆に明らかに高温化している。西側(W-1～W-3)の街路は、この風向ではビル群の風下側となり、負圧域が形成されることで河川上の冷気が侵入しやすくなっているのに対し、東側(E-1～E-3)の街路は逆にビル群による吹き降ろし気流で正圧域となるため、河川上からの冷気の流入が妨げられていると考えられる。

図17は、これまでと同じ7月31日について、西側・東側のそれぞれのポイントについて、市街地平均気温との温度差の経時変化を示したものである。南よりの海風が発達する13時以降、W-1では橋上(H3)と平行して気温低下が認められ、W-2もそれに準じた変化を示しており、河川上の冷気が誘導されている可能性を示唆している。なお、W-3が逆に高温化している理由は、負圧域が高層ビルの背後部分に局部的に形成されるため、この地点では逆に北側の市街地の暖気を誘引するためではないかと考えられる。

都市計画指針の根拠となっている風洞実験は、中層の板状建物が規則的に配列された条件で行われたもので²⁾、今回対象とした矩形の高層ビルとは条件が異なっており、そのため風洞実験とは必ずしも一致しない結果になったものと思われる。

7. まとめ

東京臨海部をほぼ東西に流れる目黒川を対象に、風の道の効果を中心とした微気象観測を実施した。河幅25m程度の河川の温熱効果は大規模河川とは大きく異なっており、同一河川内でもその効果は場所によって様々であることが明らかとなった。

観測から明らかとなった要点は以下のとおりである。

- 1)海風の冷却ポテンシャルは、日中、4℃程度である。
- 2)河川水が直接大気を冷やす「負の顕熱フラックス」は大きくない。
- 3)風向が河道に平行する時、河川は連続した風の道となる。
- 4)目黒川は「く」の字型の河道形状を有するため、南よりの海風時には必ずしも連続した風の道とはならない。
- 5)風向によっては、河岸の建物が上空の冷風を河道に誘導する働きをするため、河口から連続しない条件でも途中から風の道が発生しうる。
- 6)河岸の建物は、条件によっては周辺への河風の広がりを妨げる場合もある。
- 7)河川に対して逆ハの字型の街路を利用して周辺市街地に河川上の冷気を誘導しようとする計画案は、街路に沿った建物形状の影響を大きく受ける。
- 8)河幅が狭いことから、特に夜間の弱風時には周辺市街地の暖気の影響を強く受けてしまう。

目黒川では、河口から連続した風の道となっていることは東よりの風向時に限られ、河口から海風が水平的な移流で内陸へ遡上するという効果は大きくない。しかしながら、河岸の建物が上空の海風を取り込む効果により、結果的には河道を相対的に低温な空気が連

続的に遡上する状況が作り出されている。一方、河川上の冷気は河川を横断する街路に沿って周辺市街地にも流出している。従って、中小河川の風の道については、河口からの連続的な流れではなく、上空からの流入や街路への流出が随所で起こり、気塊が入れ替わりながら河道を遡上しているというイメージが妥当と思われる。

また、中小河川では河川周辺の建物の影響が非常に重要で、建物の配置を工夫すれば、上空の海風を取り込み、積極的に風の道を形成することも可能である。この場合、河道と上空風向は必ずしも一致する必要はなく、かなり幅広い風向に対して可能性があるといえる(図18)。

これまで、風の道は水平的な移流を中心に議論されることが多かったが、ヒートアイランド対策としての海風利用を考える場合には、上空風の利用という3次元的な視点²⁵⁾²⁶⁾も重要と思われる。

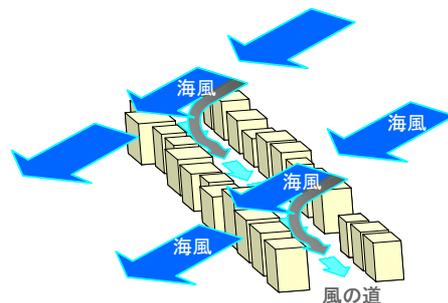


図18 上空の海風の取り込みによる風の道の形成のイメージ

謝辞

観測の実施に際しては、増田幸宏氏ほか早稲田大学尾島研究室に御協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1)ドイツ工業協会・著(日本建築学会気象学実用化WG・監修): 環境気象学, 環境情報科学センター, 2004.3
- 2)三上岳彦: 風と緑の効果を活用した街づくりー東京都内の「風の道」とヒートアイランド緩和効果ー, 季刊環境研究, 141号, pp.29～34, 2006.4
- 3)一ノ瀬俊明: 都市空間の温度管理(ヒートアイランド) 都市河川のヒートアイランド抑制効果, 環境技術, 第7号, pp.497～501, 2006.7
- 4)久保田徹・三浦昌生・富永禎秀・持田 灯: 実在する270m平方の住宅地における地域的な風通しに関する風洞実験ー建物群の配置・集合形態が地域的な風通しに及ぼす影響 その1, 日本建築学会計画系論文集, 529, pp.109～106, 2000.3
- 5)義江龍一郎, 田中英之, 白澤多一, 小林 剛: 高層密集市街地における建物群の形態が歩行者レベルの風速・気温分布に与える影響, 日本建築学会環境系論文集, 第627号, pp.661～667, 2008.5
- 6)竹林英樹・森山正和・三宅弘祥: 気候資源としての風の利用を目的とした街路形態と街路空間の風通しの関係の分析, 日本建築学会環境系論文集, 第635号, pp.77～82, 2009.1
- 7)村川三郎・関根 毅・成田健一・西名大作: 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集, 第393号, pp.25～34, 1988.11
- 8)村川三郎・関根 毅・成田健一・西名大作・千田勝也: 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)ー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集, 第415号, pp.9～19, 1990.5
- 9)清田忠志, 清田誠良: 夏季の広島市広域圏における海陸風が気温に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第587号, pp.45～51, 2005.1

10)清田忠志, 谷口 明, 清田誠良, 中村安弘: 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—その1 広島市の都市域における海陸風および風の時間帯での気温の特性, 日本建築学会環境系論文集, 第 602 号, pp.69~75, 2006.4

11)谷口 明, 清田誠良, 清田忠志: 沿岸都市における海風が有する都市域の高温化現象の緩和効果に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 625 号, pp.379~384, 2008.3

12)谷口 明, 清田忠志, 清田誠良: 海風の気流性状が都市内気温に与える影響について—沿岸部における海風が有する都市域の高温化現象の緩和効果に関する研究(その2)—, 日本建築学会環境系論文集, 第 635 号, pp.71~76, 2009.1

13)片山忠久・石井昭夫・西田 勝・堤 純一郎・森川明夫・橋田光明: 水面を有する市街地の熱環境に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 372 号, pp.21~29, 1987.2

14)片山忠久・石井昭夫・西田 勝・堤 純一郎: 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集, 第 418 号, pp.1~9, 1990.8

15)橋本 剛・船橋恭子・堀越哲美: 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, 第 545 号, pp.65~70, 2001.7

16)向井 愛・堀越哲美: 名古屋市の中川運河における海風遡上が体感気候に及ぼす影響, 日本建築学会計画系論文集, 第 553 号, pp.37~41, 2002.3

17)橋本 剛, 堀越哲美: 名古屋市近郊に位置する庄内川及び新川の海風の「風の道」としての働き, 日本建築学会環境系論文集, 第 571 号, pp.55~62, 2003.9

18)橋本 剛, 堀越哲美: 定点観測に基づく名古屋市堀川を遡上する海風と風の道としての効果に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第 634 号, pp.1443~1449, 2008.12

19)武若 聡・池田駿介・平山孝浩・萱場祐一・財津知亨: 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, 第 479 号/II-25, pp.11~20, 1993.11

20)武若 聡・池田駿介・平山孝浩: 数値モデルによる都市内河川の大気冷却効果のシミュレーション, 土木学会論文集, 第 479 号/II-25, pp.21~30, 1993.11

21)鈴木智恵子: A Climatological Study of the Cooling Effects of River in Urban Heat Island (都市気候形成に対して河川の持つ冷却効果についての気候学的研究), 学位請求論文(東京都市大学), 2000.2

22)成田健一・植村明子・三坂育正: 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, 第 545 号, pp.71~78, 2001.7

23)成田健一: 都市内河川の微気象的影響範囲に及ぼす周辺建物配列の影響に関する風洞実験, 日本建築学会計画系論文集, 第 442 号, pp.27~35, 1992.11

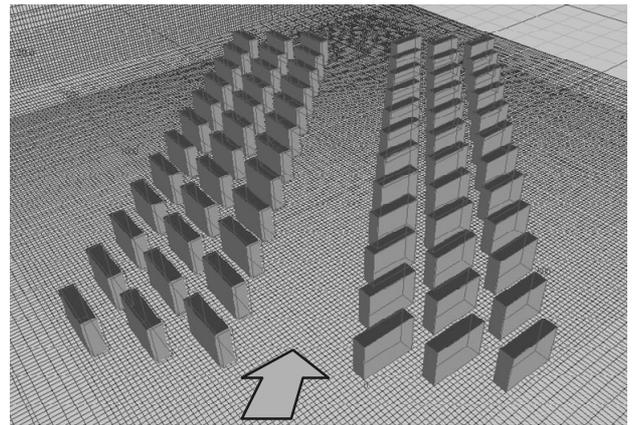
24)成田健一・清田誠良: 河風を利用した気候改善『日本建築学会編: 都市環境のクリマアトラス』, ぎょうせい, 1990

25)持田 灯・石田泰之: 風の道, 天気, Vol.56, pp.571~572, 2009.7

26)成田健一: 建物高さ変化による密集街区の風通しの改善に関する風洞実験, 日本建築学会技術報告集, 第 32 号, pp.211~214, 2010.2

注

注 1)本研究は湾岸観測検討会での議論をもとに計画・実施されたものである。
注 2)文献 23) の風洞実験で設定されていた「逆ハの字型」建物配列を付図 1 に示す。



付図 1 風洞実験²³⁾における「逆ハの字型」建物配列