

海風・河風・都市緑地の効果

日本工業大学 成田 健一

1. ヒートアイランド対策の評価指標

海風や河風は、全くの自然現象であり、人工的に造り出すことは不可能である。従って、これを対策技術という範疇で議論することには違和感がある向きも多いかもしれない。多分、在るものを利用する、あるいはより有効的に利用するという部分で、何がしかの「技術」的側面があるという意味である。では、ヒートアイランド対策として期待されている効果とは何なのだろうか。

ヒートアイランドとは都市の高温化現象であるから、気温の低下が目的であるとするのが分かりやすい。一方、大気を加熱する熱フラックスの減少を評価指標とすることも可能である。気温低下と大気加熱量の減少（あるいは大気冷却量の増大）、この両者は必ずしも比例しないことがある。さらに、気温低下を評価指標と考える場合、評価の空間スケールはどう考えるのか。ある街区を考えるのか、より広く都市全体を考えるのか。あるいは逆に、もっと小規模の局所的クールスポットを居住域に形成することも対策といえよう。

「風通しの良い」街づくり、という言葉をよく耳にする。これは、建物に囲まれた閉鎖的な街路空間（都市キャノピー層と呼ばれる）の熱溜りを解消するために、上空との換気効率を向上させることがイメージされている。しかし、建物内部の熱を空調技術で外に捨てたことが外部空間の高温化を招いた一因である。今度は、外部空間の熱をさらにその外側の大空間に拡散させる？だとすれば、かつての「高煙突」と同じ発想？そんな批判が聞こえてきそうである。このような指摘は決して間違っていないが、都市キャノピー層の気温低下が空調負荷の減少につながり結果的に省エネになること、また住宅においても機械的の空調に頼る閉鎖的な居住スタイルから解放される可能性が生じることを考えると、それなりに意味がある対策であるといえるのではないだろうか。

2. 海風・河風の効果

海風とは、海と陸の熱容量の差から、暖まりやすい陸域での上昇流を補うように、日中、海から陸に向かって吹く風をいう。上空では逆方向の反流が生じており、結果的に海陸の熱の不均一をこのような対流で解消しようとする自然現象である（図1）。わが国の大都市は、その大半が沖積平野に発達しているため、市街地を河川が貫流している場合が多い。河道の向きも、海岸線に直交するものが多く、そのような都市では、結果として河道が海風の通り道となっている。

図2は、そのようなケースの典型例である広島市での実測結果である。河川に直交する街路に沿った気温分布によれば、夏季日中、河川上では3.5~4.0℃周辺市街地よりも低温となっている（河口からの距離は2.5~4.5 km）。河道という空間は、市街地に比べ粗度も小さく、人工排熱もない。この時期、河川水は気温より冷たい。従って、河川上で風速が強く気温が低くなるのは当然である。結果として、河川が貫流する都市では、本来ならば一つのドーム状に形成されるヒートアイランドが、河道で分断される形となる。

海風が海域から市街地に侵入すると、市街地という地表面境界条件に対応した内部境界層が下層に形成される（図1）。一般に、内部境界層の厚さは、吹走距離（フェッチ：ここでは海岸線からの距離）の1/10~1/100程度の割合で発達する。すなわち、地表付近には高温で風速の弱い気層が形成され、徐々にその厚さを増していく。従って、海岸からある程度内陸に入っ

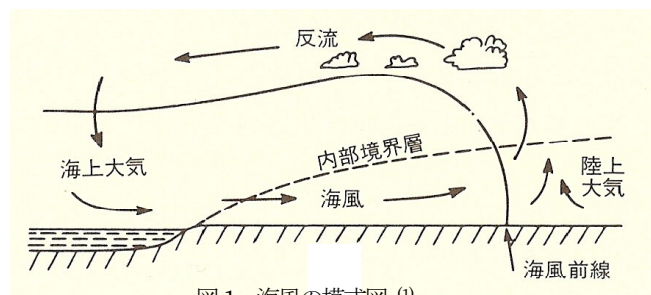


図1 海風の模式図 (1)

た市街地においては、少なくとも地表近くの高さでは直接海風の恩恵を得ることはできなくなる。

河風が、ヒートアイランド対策として注目される理由は、地表近くのレベルにおいて、市街地の奥深くまで海風を変質させずに導くという点にある。そして、この河風をヒートアイランド対策として生かすには、周辺市街地へとさらに導く工夫が必要となる。図2の実測結果をみても、街路幅や建物密度によって、河風の横方向への広がりには差があることがわかる。

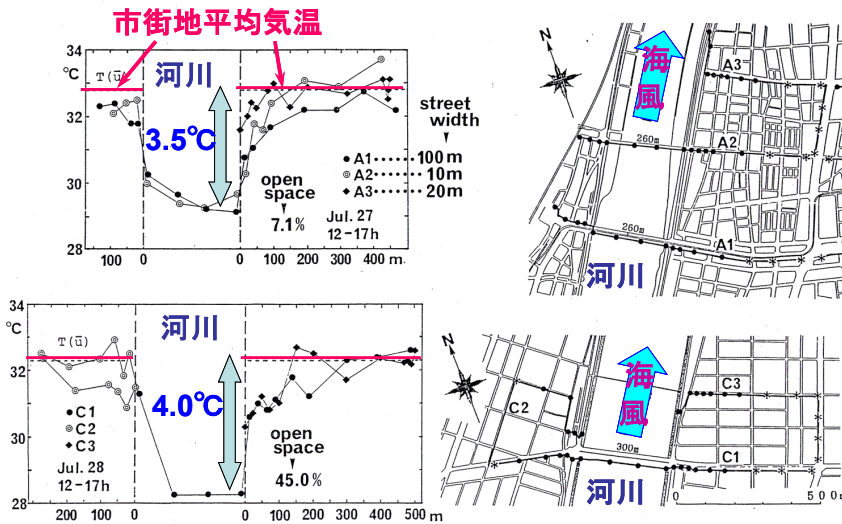


図2 河川周辺の気温分布 (広島市太田川の事例) (2)

図3は、風洞実験において、このような河風の広がりや周辺建物配置との関係を検討した結果の一例である。河川に直交する街路において、街路の風下側を高層化するか風上側を高層化するかで、街路空間への河風の広がりが大きく異なってくる。これは、高層建物の背後は負圧域となり河風を誘引するのに対し、建物風上側は壁面に沿った吹き降ろし気流により正圧域となり河風の侵入を妨げるためである。

同様の検討から、建物を河川の両側に「ハの字」型

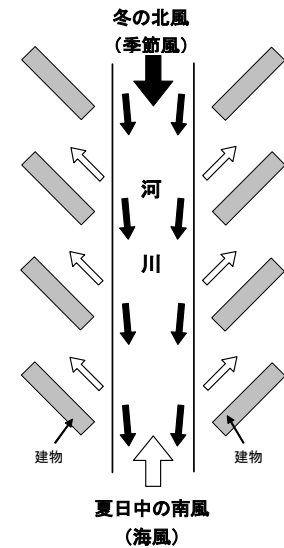


図4 河川沿いの建物配置の工夫による河風の選択的導入のイメージ(4)

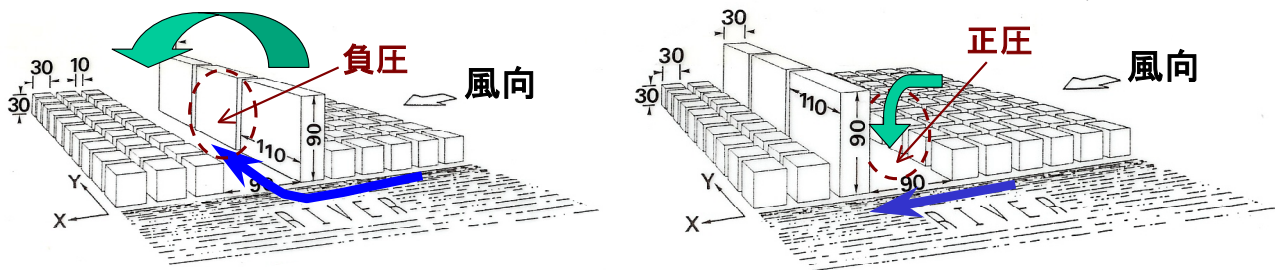


図3 河川周辺の建物配置による河風の広がりの違い (風洞実験) —左: 街路の風上側を高層化、右: 街路の風下側を高層化(3)

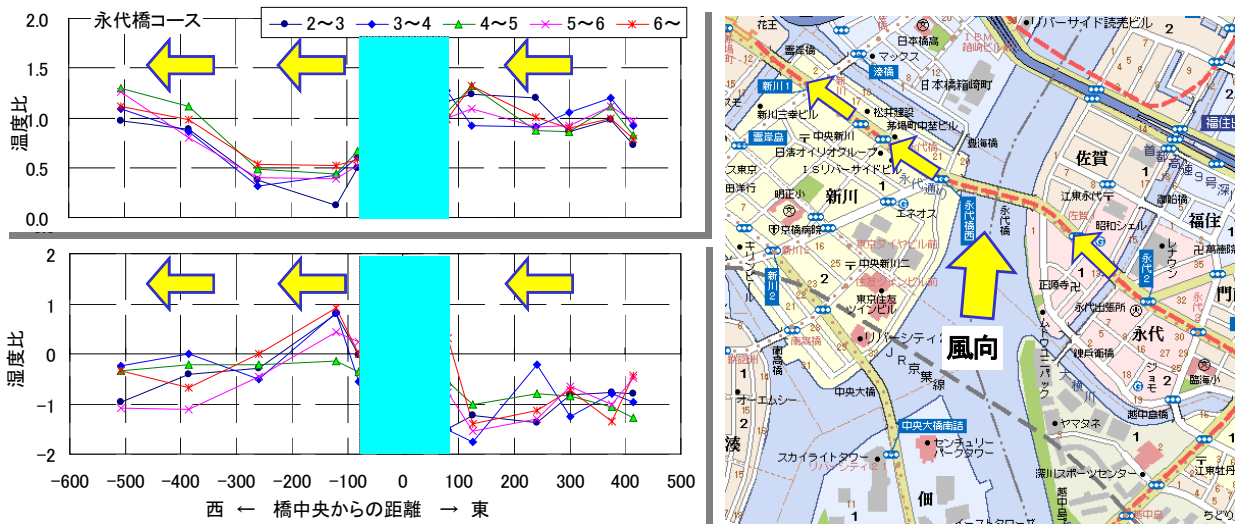


図5 河川周辺の気温と湿度の実測例 (隅田川・永代橋周辺) (5)

に配置することにより、風向きにより河風の選択的導入が可能になることが示されている(図4)。この例のように、河風の広がり方は、街路の方向と風向との関係に非常に敏感に影響される。図5は隅田川の永代橋付近での実測結果であるが、測定された街路(永代通り)の僅かの傾きで、河風の広がりには完全に西側のみに限定されている。

これまで紹介した例は、いずれも河幅が200m程度の場合であるが、50m以下の河幅では、むしろ周辺市街地からの暖気の流入が勝り、周辺市街地を冷やすほどの効果はあまり期待できなくなるようである。ただし、中小河川においても、河川周辺の中高層建物が上空の海風を地表付近に取り込む効果により、結果的に相対的に低温で、なおかつ風が吹き抜ける状況となっているケースは多々ある。このようなケースでは、河口から連続していなくても、途中から、河道がいわゆる「風の道」を形成していることになる。

海風自体の厚さは数百mに及ぶため、中高層の建物を適切に配置することにより、河道部分に限らず、市街地において面的に上空の海風を利用する可能性も指摘できる。建物を建てることは地表面の摩擦(粗度)を増やすことになり、地表付近の風速を弱めるのでヒートアイランド現象にはマイナスにしかならないという意見がある。しかしながら、都市全体の放熱効率を考えた場合、真平らな都市は必ずしも最適解ではない。そのことは、熱交換器をイメージすれば容易に理解できるはずである。現在、行政では、卓越風向に対する建物の見付面積をできるだけ小さくするよう指導が行われつつある。建築物総合環境性能評価システムCASBEE-HIでも、その方が評価は高くなる仕組みになっている。敷地単位の評価システムとして、その主旨は理解できるが、この点に関しては検討の余地が残されているのかもしれない。

3. 都市緑地の効果

「緑」というと、誰もまず「緑陰の涼しさ」を連想する。しかしながら、あの緑陰で感じる快適さは、日向との放射環境の差異(日射遮蔽と日陰となる地面温度の低下による赤外放射量の減少)に起因するもので、決して緑陰の気温が低いわけではない。ある程度の広がりを持つ場合は別であるが、街路樹や小公園の緑など、単木に近い樹冠下では、よほどの静穏時でなければ測定できるほどの気温差は生じない。

植物は通常、日中、盛んに蒸散を行う。もちろん、そのときに潜熱を消費するわけであるが、日向の葉面

温度は一般に気温より低くなることはなく、気温より数℃高めというのが普通である。従って、樹木が日中大気を直接冷却することはまずない。にもかかわらず、日中緑地が相対的に低温域となるのは、人工排熱がなく、周辺市街地に比べれば表面温度が相対的に低いからである。ちなみに、河川水温が低温なのは水体への蓄熱に大半の日射エネルギーが費やされるため、水面での蒸発潜熱は日射の1割程度に過ぎない。潜熱の寄与が大きい「緑」とは、表面温度が高くないメカニズムが大きく異なっているのである。

緑地が周辺に対して何℃低いかという値を「クールアイランド強度」と呼ぶ。この値を緑地の規模と関連付けようという試みもなされているが、実際問題として、基準とする周辺市街地の気温をいかに決めるかによってその値は大きく変動してしまうため、異なる緑地間の値を比較するのは至難の業となっている。複雑な市街地の代表気温を明確に定義するのはそう簡単ではないのである。

さて、都市緑地の効果として、よく「冷気が緑地から周辺市街地へにじみ出している」と説明される。しかし、後述するように、「にじみ出し」現象というのは本来、夜間に冷気が「重力流」として出て行く現象を指しており、日中、緑地の風下側が「移流」により低温となる現象は、これとは区別して扱うべきである。

まず、日中の移流による影響であるが、新宿御苑の実測例では、街路に沿って風下側200m程度まで影響が認められている。しかしながら、市街地内では建物に影響されて気流が複雑に変化するため、この距離は必ずしも一義的に決まらない。例えば、卓越風に正対するビルがあるところでは、地表付近に逆流が生じるため、局所的に広がりが増えらるようになる。この種の現象は、基本的に気流場に規定されるため、具体的な緑地を対象に影響範囲を検討する場合には、最近の乱流モデルによるCFDを用いた解析が有効と思われる。ただし、単純なモデル計算から導かれる日中の緑地の気温低減効果はあまり大きいものではなく、緑地境界から風下側100mの位置で0.3℃程度のオーダーと見積もられる⁶⁾。

一方、晴天静穏な夜間には、放射冷却により緑地内に冷気が蓄積され、それが重力流となって周辺市街地へあふれ出す「にじみ出し」現象が起こる。図6は、新宿御苑で観測された例で、22時頃を境に、緑地境界に位置する全観測点で市街地へ向かう風向に変化し、かつ急激な気温低下が生じている。その後の「にじみ出し」時の風速は0.1~0.3m/sと非常に弱いものであ

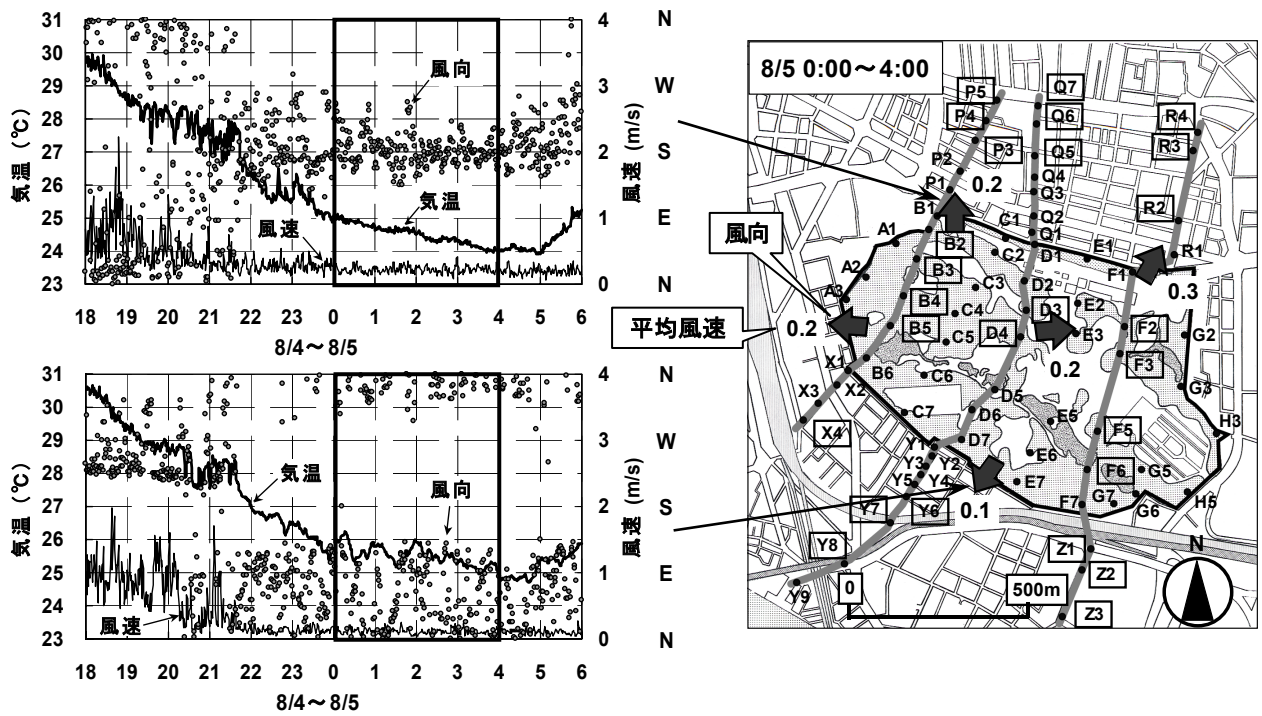


図6. 超音波風速温度計で捉えられた「冷気のにじみ出し現象」—新宿御苑での実測例— (7)

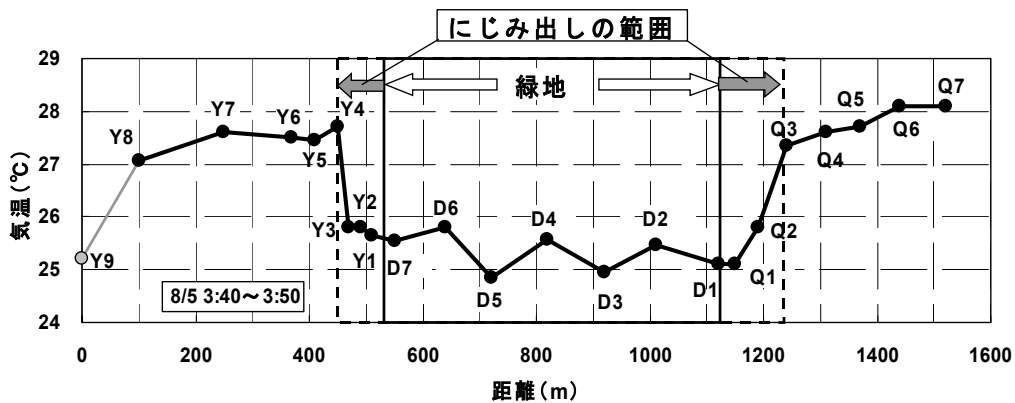


図7. 「冷気のにじみ出し現象」出現時の御苑とその周辺の気温分布 (地点番号は図6参照) (7)

る。図7はこの間の公園を縦断する測線沿の気温分布で、にじみ出しの範囲は緑地境界から80~90m程度、気温差は約2°Cとなっている。流出している冷気層の厚さは平均9m程度あり、2階建ての戸建住宅をすっぽり覆うほどの厚さである。このような「にじみ出し」現象が出現する日は、夜間のクールアイランド強度が非常に大きくなる。しかしながら、このときの乱流による熱輸送はほとんどゼロであり、その意味では大気を冷却していない。冷気を拡散させずに溜め込んでいる故に大きな温度差が生じるわけで、温度差と熱フラックスは比例していないことになる。

冷気の主たる生成場所となっているのは公園内の芝生面で、大きな天空率が鍵となっている。冷気の流出を促すよう緩やかな丘状となった芝生面が広がり、境界部を中心に緑陰を造る緑量豊かな樹木が存在するというのが、熱環境から見た緑地の最適解かもしれない。

<参考文献>

- (1) Oke, T.R.: Boundary Layer Climate (2nd Ed.) Methuen, New York. (1987)
- (2) 村川三郎 他: 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), 日本建築学会計画系論文集, 415, 9-19 (1990)
- (3) 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, 442, 27-35 (1992)
- (4) 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)
- (5) 成田健一 他: 都市気候に及ぼす河川水の熱的影響に関する実測研究, 日本建築学会計画系論文集, 545, 71-78 (2001)
- (6) 堀口郁夫 他: 局地気象学, 森北出版 (2004)
- (7) 成田健一 他: 新宿御苑におけるクールアイランドと冷気のにじみ出し現象, 地理学評論, 77(6), 403-420 (2004)

著者紹介

