

風の道と都市気候形成 Ventilation Path and Urban Climate

成田 健一*
Ken-ichi NARITA

1. はじめに

ヒートアイランド対策大綱では、対策の一つの柱として「都市形態の改善」を挙げており、その目標として「...緑地の保全を図りつつ、緑地や水面からの**風の通り道**を確保する等の観点から水と緑のネットワークの形成を促進する」と謳っている。このように、一般には連続したオープンスペースを対象に「風の道」という言葉が用いられることが多いが、ここでは、都市の通風や換気を含めた「風通しの良い」街づくりという観点から、「風の道」と都市気候の関連について述べることにする。

もともと「風の道」という言葉は、シュトゥットガルトに代表されるように、内陸の盆地状の都市において、大気汚染対策として周辺の緩斜面から夜間の冷気流を市街地中心部まで誘導するという意図で使われたものである(図1)。それに対し、わが国の場合は暑熱対策



ドイツでは、主として内陸盆地に形成された都市における大気汚染対策として、郊外からの新鮮空気の積極的な導入を図る「風の道」が計画され、実際の都市計画に生かされている。「風の道」斜面計画のイメージ図。

図1. ドイツの風の道のイメージ

として海風を中心とした日中に吹く風を対象にしている場合が多い。従って、ヒートアイランド対策という目的も、対象としている現象自体も、御本家のドイツとは異なることに留意する必要がある。一方、ヒートアイランド対策の中でも、熱帯夜の対策として夜間の山風や大規模緑地からの冷気流が有効であるという指摘も近年なされていることから、本稿ではそれらについても触れることとする。ただし、現象のスケールやメカニズムが異なることから、ここでは両者を分けて各々別々に議論を進める。

2. 風通しと街路の温熱環境

ヒートアイランド対策として、「風通し」が重要であることを確認する意味で、まず街路空間における微気候実測の一例を紹介する¹⁾。図2は、広島市の東西街路の歩道橋を利用して夏季日中に観測された、10分間の気流と気温の変化である。この間、上空の南からの海風が、前半は徐々に弱まり、ほぼ無風になった後、5分半頃から再び強くなるという変化を示している。この間、上空の風が吹き降ろす街路北側の各観測点(T7~T9)では、わずか10分の短い時間に約4℃に及ぶ非常に大きな気温の変化が起こっている。海風が止んだ時間帯の気温は37℃を超えており、それが海風の吹き降ろしの再開により一気に33℃程度まで低下している。この例から、街路空間の温熱環境は、風通しの有無によって大きく左右されていることがわかる。夏季の街路空間は、高温化する舗装面からの顕熱と車からの排熱が相まって、劣悪な熱環境となる。風通し

* 日本工業大学工学部建築学科 教授

Professor, Department of Architecture, Nippon Institute of Technology

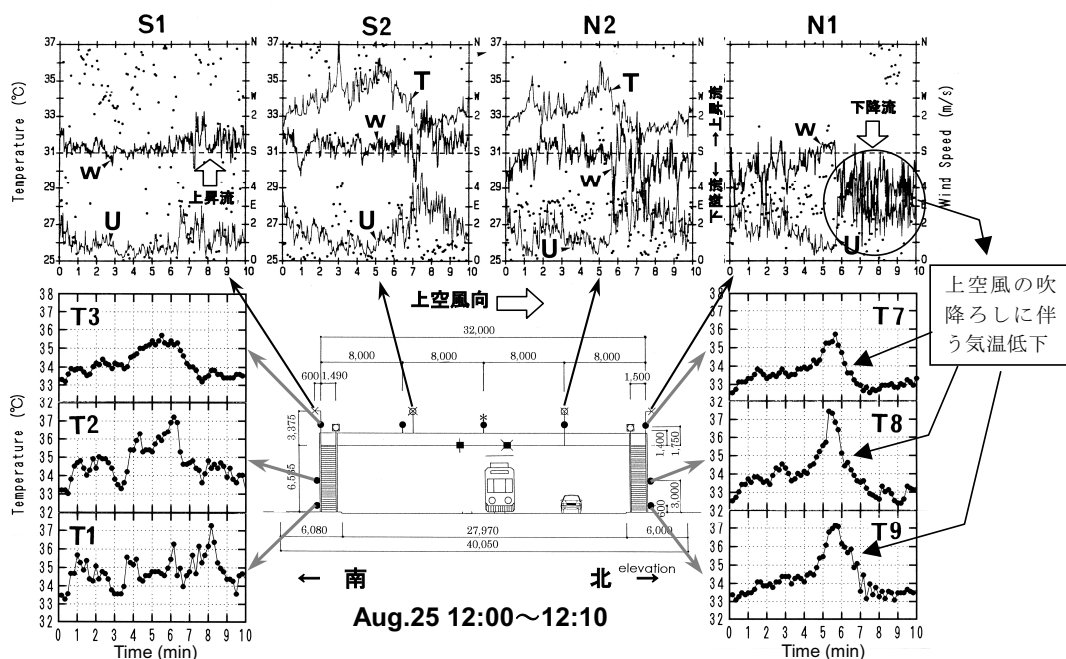


図2. 歩道橋を利用した東西街路における気流と温熱環境の実測例

(T1~9; 熱電対、S1,S2,N2,N1,超音波風速温度計[T: 気温, U: 合成風速, w: 鉛直成分風速])

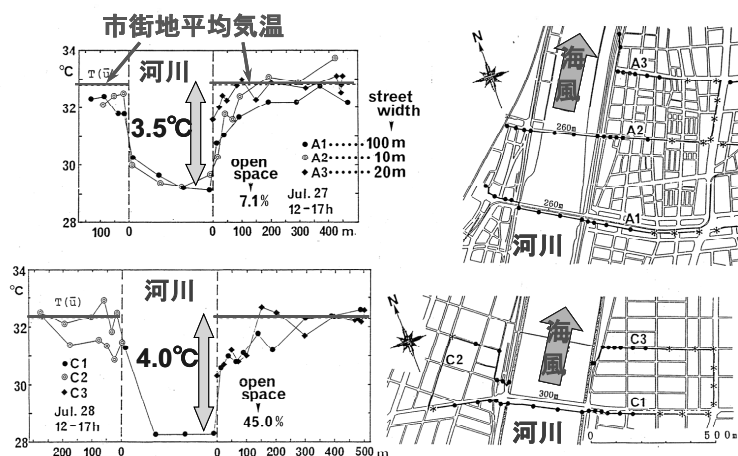


図3. 河川周辺の気温分布(広島市太田川の事例)⁽³⁾

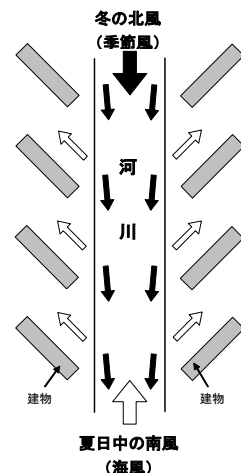


図5. 河川沿いの建物配置の工夫による河風の選択的導入のイメージ⁽⁵⁾

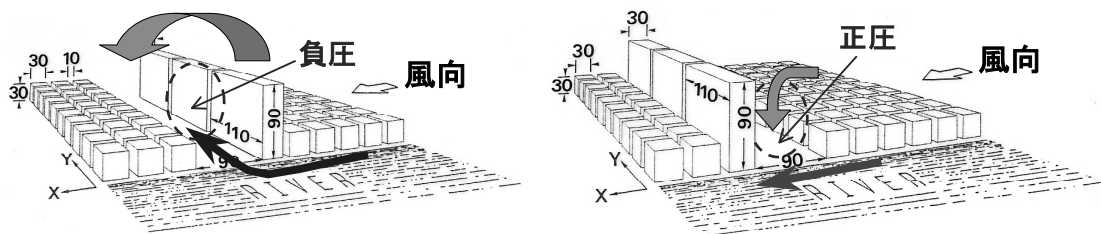


図4. 河川周辺の建物配置による河風の広がり(風洞実験) 一左: 街路の風上側を高層化、右: 街路の風下側を高層化⁽⁴⁾

の悪い街路では、これらの熱が拡散されず、歩行者空間に滞留することになる。風通しの必要性は、一目瞭然である。

3. 河川を利用した風の道

河川がヒートアイランドを分断するのではという指摘は地理学分野で古くからなされており、すでに1979年に広島市を対象にラフではあるが、その様子が気温分布図として表されている³⁾。広島ではその後、村川⁴⁾による詳細な実測が行われ、風の道のデザインにつながる多くの知見が示されている。**図3**は、河川に直交する街路に沿った気温分布の実測結果で、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6**）。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3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4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⁵⁾。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5**）。

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7**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、河風の広がりは完全に西側のみに限定されている⁷⁾。

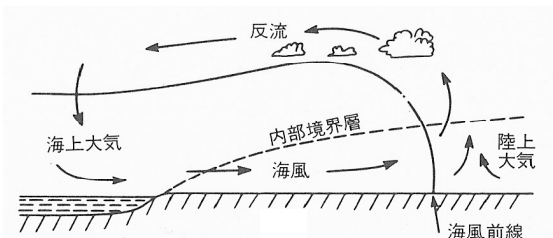


図6. 海風の模式図 (6)

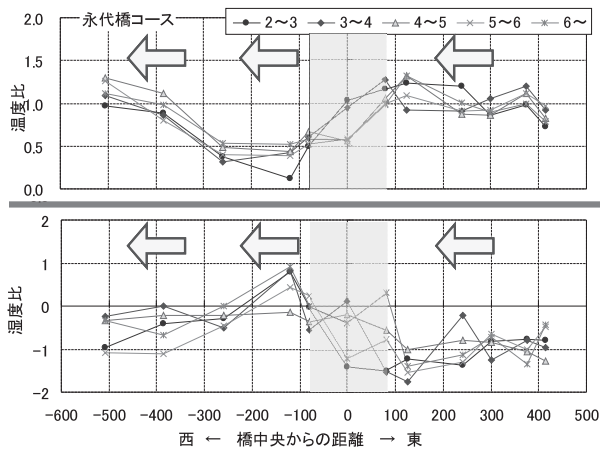


図7. 河川周辺の気温と湿度の実測例(隅田川・永代橋周辺)⁽⁷⁾



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。

図 8 は、目黒川での実測例である。上空風が河道方向と一致する東よりの風の場合には、河口から上流まで連続した風の道が形成されており、気温も河口から内陸に向かって単調に昇温する分布となっている。

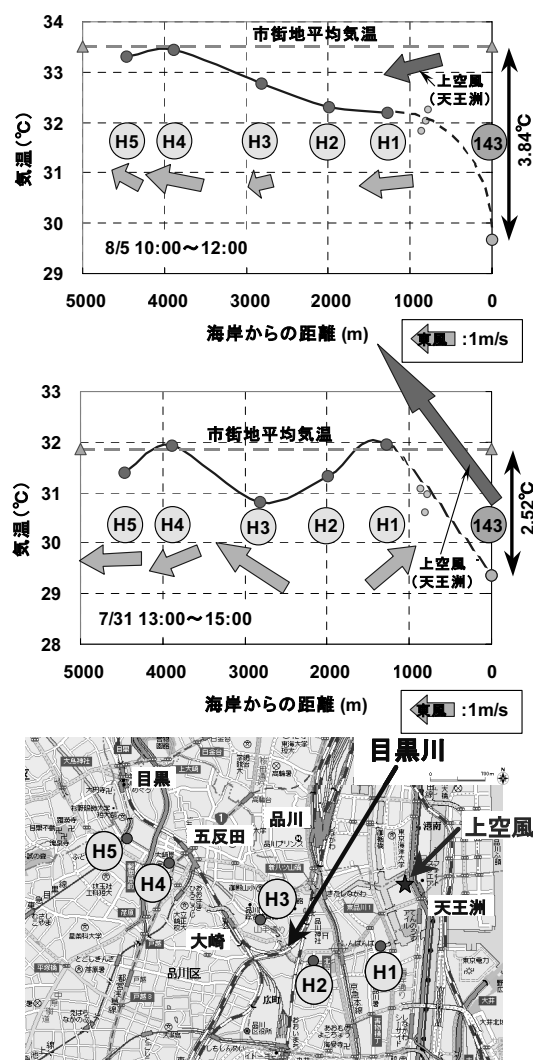


図 8. 目黒川沿いの風と気温分布（東北東風時と南東風時）

一方、上空風が南東風時には、河口付近では海に向かって風が吹き、河川沿いに高層住宅が建ち並ぶ大崎付近（H3）より上流域では内陸に向かって連続した風の道を形成している。このように、必ずしも河口から連続しなくとも、河川沿いの建物による上空風の取り込みにより、河川の途中から風の道が形成される場合がある。上空の風は地表面近くに比べ相対的に低温であるため、上空風の吹き降ろしに伴い、図 2 の街路空間と同じように地上付近の気温も低下する。

以上のように、河川を利用した風の道では、河道の方向と上空風向との関係、および河川沿いの建物配列の状況が、現象を左右する鍵となっている。

4. 市街地における海風の面的利用

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。

(1) グロス建ぺい率と風速比の関係

近年、街区の風通しそのものを対象とした風洞実験も行われ、興味深い結果が得られている⁸⁾。図 9 は、実在する様々な街区の市街地模型を対象に、平均的な風速を評価した結果で、グロス建ぺい率の増加とともに街区の風通しが悪化するという明確な関係が示されている。また、同じグロス建ぺい率でも、低層住宅地よりも中高層の集合住宅の場合の方がはるかに風通しが良くなるという結果になっている。

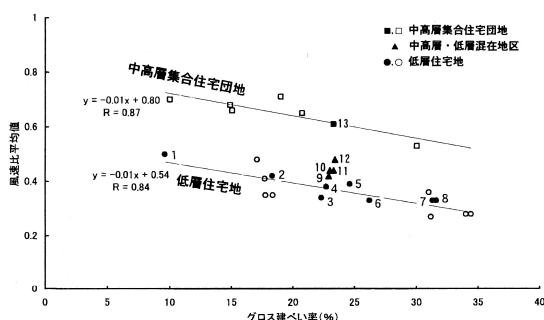


図 9. グロス建ぺい率と風速比平均値の関係

(2) 輸送速度による風通しの間接評価

市街地における風速分布は、非常に局所性が強いいため、以上のようなエリア平均の風通しを評価するには、多点での風速計測が必要となり多大な労力を要する。一方、ヒートアイランドのモデル化を念頭に、建物配列による地表面の輸送速度の変化を検討した風洞実験の事例があり、その結果は、間接的ではあるが、街区

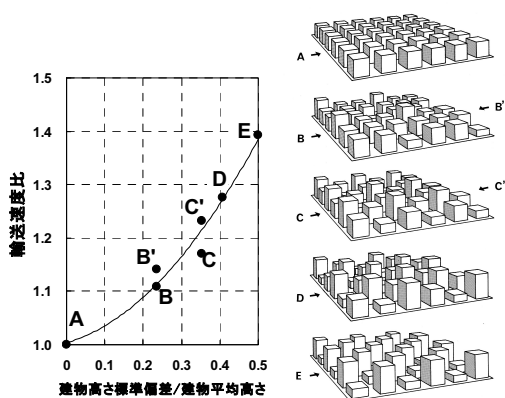


図 10. 建物高さのバラツキによるエリア平均地表面輸送係数の変化(風洞実験-塩分濃度法)

の風通しを空間平均として評価しているとみなすことができる。図 10 は、結果の一例で、容積率一定の条件下における建物高さのバラツキの影響を検討したものである⁹⁾。建物高さが全て等しいケースに比べ、最大で約 40% も輸送速度が増大している。

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。

5. 夜間冷気流の利用

緑地からの冷気のにじみ出し現象は、丸田が 1972 年にその存在を指摘したのが最初である¹⁰⁾が、非常に風速が弱いため、その動きを直接とらえた研究は皆無であった。最近になって、超音波風速温度計を多点に配した詳細な観測から、その存在が明確にとらえられた(図 11)¹¹⁾。流出流速は 0.1~0.3m/s と非常に弱いが、その冷気層の厚さは、新宿御苑の場合平均で約 9 m 程度であることが分かっている。流出した冷気は、ほとんど変質することなく市街地に流れだし、80~100m 程度の位置まで達している(図 12)。先端部でも冷気の厚さは 6m 以上あり、2 階建ての戸建住宅を充分覆える厚さである。

このようなにじみ出し現象が出現するのは、晴天かつ静穏な夜間に限られる。流出する冷気は主に御苑内の芝生面で放射冷却によって地表付近に生成されており、苑内の窪地を埋め尽くし、溢れるようにして周囲の市街地に流出する。冷気が止まる位置は、御苑の北側では主要道路の位置と一致しており、交通量の多い広幅員街路は越えられないと考えられる。一方南側の

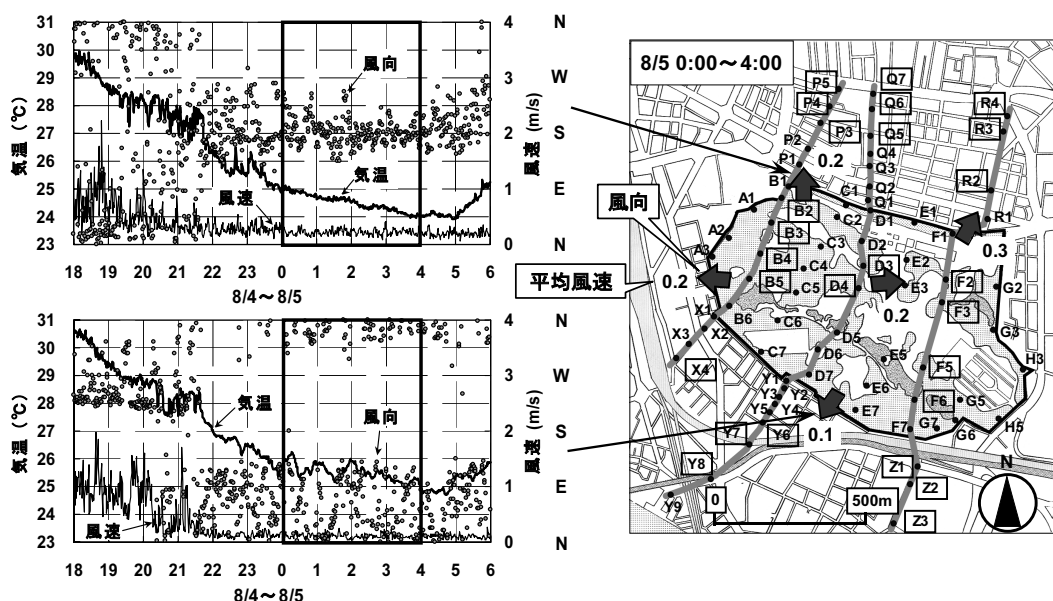


図 11. 超音波風速温度計で捉えられた「冷気のにじみ出し現象」—新宿御苑での実測例— (11)

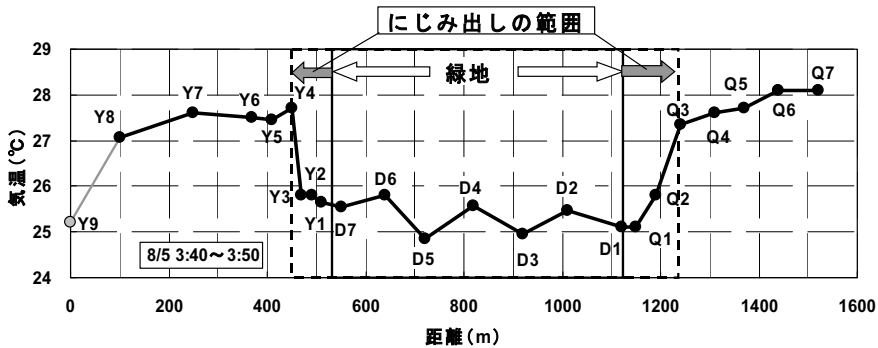


図 12. 「冷気のにじみ出し現象」出現時の御苑とその周辺の気温分布(地点番号は図 11 参照)⁽¹¹⁾

位置は目立った特長がなく、今のところ原因が特定されていない。冷気流はいわゆる重力流の形で流下していくので、供給源となる緑地が周囲よりわずかでも高い地形となっていると、にじみ出しが促進される可能性がある。また、ドイツの事例と同様、流下方向を妨げないような建物配置を考えるのが得策であろう。

6. まとめ一風の道を活かした街づくりの指針

(1) 風の道に関しては緑や水面が連続する場所のみに注目するのではなく、都市全体の風通しをよくするという視点から都市のあり方を考えていくべきである。

(2) 日中の海風利用に関しては、夜間冷気流とは異なり、その厚さや規模も大きいことに留意し、平面的なオープンスペースの連続のみに拘らず、3次元的な導入の工夫も考えるべきである。

(3) 風通しの促進は、強風害の発生と表裏一体の関係となるため、季節風への対処も含め、季節に応じた適風環境の創造を目指すことが必要である。

(4) 河川を利用した風の道では、周辺市街地の建物配置を工夫するとともに、市街地からの暖気の流入による変質を極力抑えるため、河岸域が高温化しないような工夫が望まれる。

(5) 大規模緑地や周辺山地斜面からの夜間冷気の利用に関しては、海風利用とは異なり厚さ数m規模の接地気層に限られるため、地形に配慮するとともに、流下方向を妨げない建物配置の工夫が有効と思われる。

(6) 夜間冷気の生成に関しては、生成域の人工被覆化や天空の遮蔽を避け、放射冷却が促進される環境を創造し維持することが肝要である。

参考文献

(1) 清田誠良・成田健一・他：街路空間における風通しと熱環境に関する実測，日本建築学会中国・九州支

部研究報告，10，145-148（1996）

(2) Fukuoka Y., Narita K. and Matsuura K. : Urban climate and air quality of Hiroshima City. (1st Report). 地理科学，32，24-32（1979）

(3) 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)，日本建築学会計画系論文集，415，9-19（1990）

(4) 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）

(5) 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）

(6) Oke, T.R. : Boundary Layer Climate (2nd Ed.) Methuen, New York. (1987)

(7) 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，日本建築学会計画系論文集，545，71-78（2001）

(8) 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－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，529，109-106（2000）

(9) 成田健一・関根 毅・徳岡利一：市街地の蒸発量に及ぼす建物周辺気流の影響に関する実験的研究（続報），日本建築学会計画系論文報告集，366，1-11（1986）

(10) 丸田頼一：公園緑地の都市自然環境におよぼす影響，都市計画，69.70，49-77（1972）

(11) 成田健一・三上岳彦・菅原広史・本條 毅・木村圭司・桑田直也：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）