

風の道 — 都市の通風・換気 —

白 迎玖・遠山 茂樹

はじめに

都市ヒートアイランド (Urban Heat Island) 現象は、人工排熱の増加、人工被覆の増加、そして自然空間の喪失という都市の人工化の過剰な進展から生ずる熱汚染である。近年、夏になると大都市では昼夜を問わずヒートアイランド現象による高温化が進み、都市の住民が高温にさらされる時間が年々増加している。こうしたなかでヒートアイランドは、なによりも都市の温暖化現象として注目されているのである。

都市に人口が集中すれば、人工排熱や都市表面の人工化によって気温が上昇することは、すでに19世紀の欧米都市で行われた観測調査から実証されていた。都市高温の緩和方策 (またはヒートアイランドの緩和策) の研究は、ヒートアイランド現象の形成諸要因を考慮し、従来、理学系 (地理学、気象学、水文学)、農学系 (造園学など)、工学系 (建築学など) といった、多くの分野で各々に特有の視点から行われてきた。

本稿では、現在ヒートアイランド対策の一つとして「風の道」、すなわち都市の通風や換気を中心テーマとして取り上げる。具体的には、「風の道」の機能と利用について論ずるとともに、研究事例を踏まえながら、ヒートアイランドの緩和策として「風の道」の導入計画のあり方を検討してみたい。

1. 風の道とは

地球は大気層によって覆われている。この大気は常に動いており、この動きが風である。その原動力は太陽放射である。しかも太陽放射による受熱は、地球がほぼ球形をしていることや、海陸の不均一の分布のために、場所によって受熱の差が生じる。その結果、場所による気圧の差が起こり、この気圧差を

平衡させるために風が吹くことになる。

風は人間社会に多くの影響を及ぼす。例えば、激しい強風は建物、交通運輸、農作物などに被害を与え、さまざまな災害をもたらす。一方で、適度な風は、都市における大気汚染物質を運ぶと同時に、清浄な空気をもたらしてくれる。現在、ヨーロッパでは、都市に積極的に風を導入し、清涼な空気を供給するとともに大気汚染物質を除去する目的で、「風の道」（英語：wind path, ventilation path、ドイツ語：Kaltluftabfluß）と呼ばれる手法が導入されている。例えば、人口30万人の南ドイツの都市カールスルーエ(Karlsruhe)では、市街地を冷却化したり、清浄な空気を都心部に運ぶために、夏季の主風向や局地風の調査を実施し、それに基づいて緑地配置計画を策定している。そして、郊外の樹林地化を促進する一方、風道に沿って緑化を行っているのである(丸田 1994, 大岡 2003)。

このように、風が必要な場合には、それをしかるべき場所に導き、時には風を防ぐことも必要となる。これを人々の生活域のレベルで行う働きが「風の道」と言える。具体的には、夏季には冷涼な風を市街地に導き、清浄な空気を浸透するとともに、大気汚染物質を運搬、冬季には寒い季節風を防ぎ、バイパスさせるなどの働きが考えられる。以下では、夏季における暑熱環境の緩和を中心にみていきたい。

2. 温度と風

人間が体感する寒暑を決定する要因は、気象要素としては気温、湿度、風速、放射熱（日射）、気圧であると言われている。一般には気温の高低がもっとも顕著な要因とされているが、風が強くなれば涼しく、太陽からの日射が強くなれば暑く、湿度が高くなれば蒸し暑く感じられる。また、高地や海底でなければ、気圧はほとんど影響ない。

上述の4つの気象要素に、着衣量（被服の保温機能）と活動量（体内での熱の発生、代謝量を表す）という2つの要素を加え、それを総合的に捉えてひとつの温度として気温の単位に換算して表したものが体感温度（SET*：Standard Effective Temperature）である。体感温度を下げるには、4つの気象要素のどれかを変化させればよい。風が吹けば身体から熱を奪って体感温度を下げること

になる。この時、汗をかいていれば、風速は汗の蒸発を促進して身体から蒸発熱を奪い、なお一層涼しくする効果がある。緑地や水面にもその蒸発冷却の効果が期待できる。蒸発も含めて風は体感温度を下げるのに役に立つので、風の特性を考慮して強風を防ぎ、適度な風を取りこむ都市計画、街区計画が重要となる。

日本の多くの地方では、夏には南からの風が、冬にはシベリア高気圧による北からの風が吹くが、これが卓越風である。冬と夏の太陽高度の違いや大陸と海洋の日射による暖まり方の違いから、大陸の空気は夏は海洋より高温になり、冬は海洋より低温になる。この大陸と海洋の温度のコントラストによって、夏は相対的に冷たい海洋から暖かい大陸に、冬は冷たい大陸から暖かい海洋に吹く風が生じる。このような夏と冬とで卓越風向がほぼ逆転する風系を季節風(monsoon)という。実際の季節風は、海陸効果にコリオリの力(Coriolis force)の効果も加わった風向となる。季節風は陸地面積が大きいほど、また、高緯度地方ほど顕著で、熱帯地方ではほとんど現れない。

また、沿岸部や山に接して立地している都市では、海陸風、山谷風といった、いわゆる局地循環風がそれらの風の形成に大きな影響を与えている。海岸および海岸近くの地域では、日中は海から陸に向かう風、夜間は陸から海に向かう風が吹く。前者を海風、後者を陸風という。このように1日を周期として海風と陸風が交代する風が海陸風(land and sea breeze)で、局地風的一种である。海陸風の強さは、緯度、季節、気象状態、地形などによって大きく異なる。また、海岸の近くで海陸風が吹くように、大きな湖の岸付近では湖陸風(lake land breeze)も吹く。

その他、山谷風、おろし風に代表される局地風もある。時間のスケールが1日程度となると、それらの局地風は陸と海(水)との熱的性質の差異によって吹く海陸風(湖陸風)と同様、1日で風向きが変化する。

3. 風の道計画と利用

日本では、多くの都市が海洋の沿岸部に位置し、海陸風が非常に強く吹いている。近年、地理学、気象学、建築・都市計画など多くの分野で、海陸風と都

市の気温の変化の関係を主なテーマとする研究成果が数多く生み出されている（日本建築学会編著 2000）。例えば、陸風時および海風時における福岡市の地上気温分布を調査した片山ほか（2000）によれば、陸風時の早朝では、海岸に近い市中心部が高温となっており、海岸からの距離が増す（郊外に向かう）ほど気温は低くなる。海風が卓越する日中は、海岸線の近くでは海風による冷却効果が顕著である。そして内陸部に向かうにつれて気温は上昇し、海岸からの距離が8.0-8.5kmにおいてピークに達し、それ以降の気温は低くなる。また、安藤ほか（2003）の研究によれば、2002年7月20日～8月31日の期間において、東京都区部における日最高気温は、練馬区や板橋区などの内陸部が高い値を示す一方で、東京湾の沿岸部では低い値であった。夏季は東京湾からの海風が卓越していることから、沿岸部では気温が上昇しにくい。これに対して内陸部では、都心部で暖められた空気が海風により運ばれてくるため、気温が上昇したものと考えられる（図1）。

それゆえ、日本型「風の道」は、海陸風を活かすべきものと考えられる。

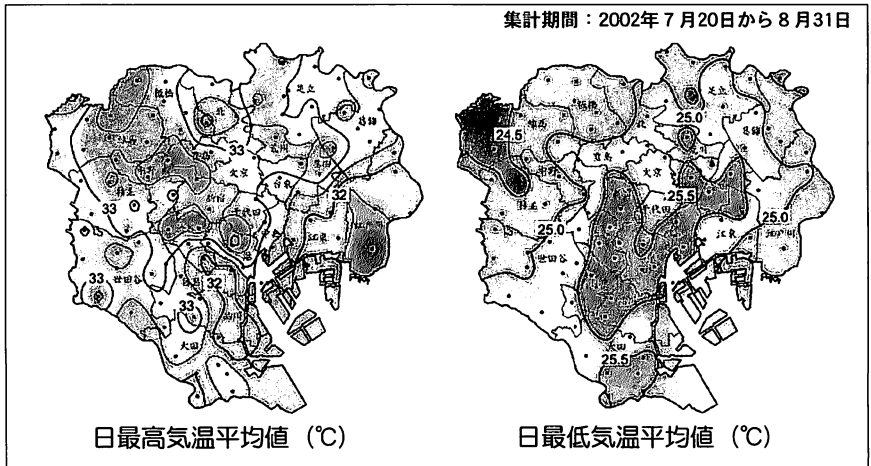


図1 東京都区部における日最高気温と日最低気温の分布図
(2002年7月20日-8月31日)

(安藤ほか 2003)

また、海陸風が吹く世界の他の都市では、ヒートアイランド現象の発生、あるいはヒートアイランド強度のピーク値の出現は、風速と関連があることも確

認されている。一例を挙げれば、図2は中国・上海におけるヒートアイランド強度の時間変化と風速との関係を示したものである(白 2001)。さらに、丸田(1994)の研究によれば、日中は公園緑地の低温の空気が、一般風の風下側市街地約200mにわたって当該地域を冷却することが明らかになった。こうしたところから、現在、季節風、海風を利用してヒートアイランド現象を軽減させる方策の効果の検討が積極的に行われているのである。

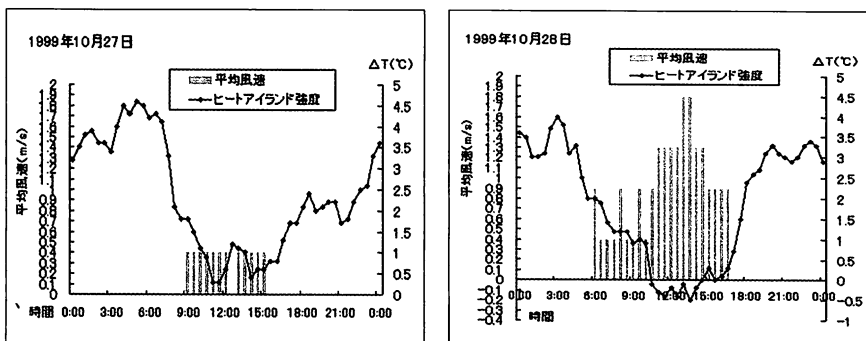


図2 上海におけるヒートアイランド強度の時間変化と風速との関係 (白 2001)

近年の研究により、海風の影響は内陸部では弱まるという特性が比較的是つきりしていることから、日本においても海陸風の向きを考慮した都市・建築計画は、過密都市における気候改善の有効な手段と考えられる。大阪府域を例にとれば、夏季(7月)の晴天の場合、日中は海岸部や海風の通り道になっている淀川沿いで3.5 - 4.0m/sと強い風が吹いているが、内陸部では地表面摩擦の影響、海岸部に近い都心では高層建物影響をそれぞれ受けるために、2.0 - 3.5m/s程度と風が弱まる。

他方で、夜間にはほぼ全域で1.0 - 2.0m/sと風が弱まる。また、四季を通じ、年間の日中の平均風速(地上15m)は海岸部で3m/s弱、平野の中央部で約2.5m/s、内陸部で2m/s程度である(日本建築学会編著 2000)。それゆえ、海陸風の風速・風向の変化を考慮し、海風が河川に沿って勢いよく都市部に進入できる「風の道」を計画すれば、効果的な都市の通風・換気を行うことが可能になる。そのために、河川改修、市街地の区画整備が求められるのである。

最近、河川(河川、運河)周辺の建物配列を変化させた場合の、河川の及ぼ

す影響の拡がり方の違いが、風洞実験によって検証された。それによると、建物が河川と平行な場合、川上の空気は建物で遮断されて市街地内に拡がることのできないのに対し、建物が河川と直交している場合には、川上の空気が効果的に市街地内に進入している。また、建物方位を45°とし、V字型に配列した場合には、河川に平行な風向の向きによって、全く正反対の作用をもたらす。風向に対して未広がりの場合には効果的に拡がるが、反対の風向では市街地への侵入はほとんど不可能である(図3)。それゆえ、河川風、「山風」(山の表面温度が低下して斜面を流れ落ちる冷気流)などの局地風を利用し、効果的な海風の冷却機能が十分に発揮されるような都市計画が推奨される。

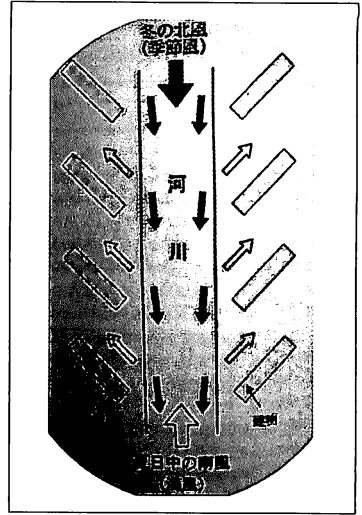


図3 河川沿いの建物配置の工夫による河風の選択的導入
(日本建築学会編著 2000)

また、都市大気の換気と適度な通風のため、「風の道」つくりには止まらず、夜間は放射冷却による冷気源の広場、いわゆる「風の広場」の計画が望まれる。さらに、郊外の建築計画では、建築物の形態、高さ、配置などの検討(図4)、隣棟間の空地確保、「風の道」に沿った緑地計画(図5)が必要となる。このような新たな都市計画の実施によって、「風の道」による都市の換気・通風の効果も期待できるであろう。



図4 風の道を考慮した郊外の建築物の配置



図5 風の道に沿った緑化

4. 風の道計画のあり方

近年、「風の道」を都市の総合基本計画に位置づける自治体（例えば、船橋市、名古屋市）が出てきており、「風の道」の必要性についての検討が行われている（森山 1996、一ノ瀬・タム 1999など）。

「風の道」を利用するためには、都市の風の状況を調べるのが重要である。環境先進国ドイツでは、都市計画の策定において、「クリマアトラス（KlimaAtlas）」と呼ばれる気候図が用いられている。「クリマ」はドイツ語で「気候」、「アトラス」は「地図集」をそれぞれ意味する。近年における環境意識の高まりを反映し、ドイツの多くの都市では、都市計画を目的とした多様なクリマアトラスが作成されている。近年、欧米の諸都市では、施行された建設法の中に環境保全、自然管理、気候などに配慮した項目があり、クリマアトラスは都市計画の基本図の重要な基礎資料となっている（森山 1997）。

現在、日本では、ヒートアイランド現象に代表される都市熱環境改善や省エネルギー推進を目的とし、クリマアトラスの実用化ワーキンググループが設置されている。また、気候情報を活かした都市づくりのための「都市環境のクリマアトラス」作成に関する調査・研究も行われており、クリマアトラスの普及に一役かっている。とくに、都市気候学的知見を具体的な都市計画に反映する試みとして、仙台をはじめ全国各地でクリマアトラスの実用化ワークショップが開催されている。

日本とドイツの気候条件の違いをみても、一般的にドイツの夏は最高気温がかなり高くなることもあるが、最低気温は20℃を下回り、日本のような熱帯夜はなく、湿度も高くない。夏季の暑熱を緩和するため、都市の通風・換気は下記の3つの目的をもって行われる。

- (1) 体感温度を下げるため
- (2) 局地風の活用で冷気を導入し、熱い都市を冷やすため
- (3) 都市の熱を逃がすため

「風の道」を計画する際、都市の通風・換気の効果を促進するためには、上記の諸点を考慮した緑地・都市計画が重要となろう。

上記(1)の目的を達成するには、風をうけることが第一である。そして、大規模な公園緑地の配置、業務施設の再配置、および都市計画に際しては、冷気流の風向に沿って緑地を郊外から中心市街地へと連結させたり、冷気流を遮るような建築を避けることなどが考えられる。とくに、都市全体についていえば、空地の確保、風の入り口と出口の確保が肝要である。そうすれば、上記(3)に述べたように、おのずと都市の熱を逃がすこともできる。

また、(2)の場合、空地、緑地を活用して、冷気を蓄える風の広場が必要である。とくに、緑、水面のネットワークをつくり、多様な「風の道」をうまく使いこなすことが望まれる。近年、都市内大規模緑地における局地風の観測が行われており（例えば、桐原・三上 1998）、公園緑地からの冷気の「にじみだし現象」（下記、参照）が市街地を冷却する効用が期待されている。当研究によれば、緑の少ない市街地では、日中に建物や道路などに蓄熱された熱は夜間になってもなかなか放出できず、高温状態が続く。これに対し、新宿御苑などの緑地では、周辺との表面温度の差が約7-8℃にもなり、クールアイランドとして機能する。このクールアイランドから周辺市街地に冷気が拡がっていく現象を「にじみだし現象」と呼ぶ。これは、冷やされた空気が周辺地域に流れ出すことで、都市の高温化を緩和させる効果が注目されている。

さらに、風は時間、季節などによって変化するので、「風の道」計画の実施に際しては、当該地域の自然条件に見合った風の特性を、有効に活用することが大切である。

高温多湿な気候風土をもつ日本では、古くから“日射をきって風を通す”という言い伝えがあるが、この言葉からも了解されるように、風通しのよいまちづくりにおいては、緑地確保を前提とした都市再開発や建物群の計画的配置が重要なファクターになっている。今後、緑地・水面と自然風を積極的に利用していくためには、定量的な評価が不可欠となろう。

参考文献

- 安藤晴夫ほか（2003）：東京都区部における夏期の気温分布について、『日本地理学会 2003年度春季大会予稿集』。
- 一ノ瀬俊明・タム（1999）：わが国の都市における「風の道」の必要性について、環

- 境システム研究、27、721-729。
- 大岡龍三 (2003) : 風の道とそのアセスメント手法について、『緑の読本 特集・続・ヒートアイランド』、38-41。
- 桐原博人・三上岳彦 (1998) : 夏季の都市内大規模緑地における局地風の観測、第5回風工学シンポジウム、107-112。
- 日本建築学会編著 (2000) : 『都市環境のクリマアトラス』、ぎょうせい。
- 白 迎玖 (2001) : 上海における都市ヒートアイランド現象の観測と数値シミュレーション、慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科2001年度博士論文。
- 丸田頼一 (1994) : 『都市緑化計画論』「7 都市緑化推進の視点と方法」、丸善。
- 森山正和 (1997) : ドイツにおける「クリマアトラス」の事例、日本建築学会環境工学委員会 熱環境小委員会、第27回熱シンポジウム (1997年10月)。
- 森山正和 (1996) : 都市の風の道 シュツットガルトから日本へ、建築雑誌、111巻、1398号。