環境システム研究 Vol. 26 1998年10月

大都市における「風のみち」形成要因の評価に関する調査研究

Empirical Analysis of Wind-Trail Factors in Big City

盛岡　通*　　藤田　壮*　　○芦刈義孝**
Tohru MORIOKA*　Tsuyoshi FUJITA*　Yoshitaka ASHIKARI**

ABSTRACT：“Wind-trail effect” to restrain urban “heat-island” phenomenon is empirically analyzed while several planning and locational variables are identified as influential factors. First, methods for wind-trail effects are generally extracted and categorized based on several theoretical and empirical analysis studies. Secondly, it is evident that there are some different geographic situation in Kitakyusyu City, Osaka City and Sakai City. Finally, wind velocity and direction data in Kitakyusyu City, Osaka City and Sakai City are compared and effective factors are identified.

KEYWORDS：Wind-trail Effect, Urban Environmental Planning, Osaka City, Kitakyusyu City

1．はじめに

近年，ヒートアイランド現象に代表される都市固有の気候が顕在化している．ヒートアイランド現象は，都市化の進展とエネルギーの消費の増大に起因し，その結果として，蓄熱効果の増加，風速の減少，水分の蒸発量の減少，排熱の増加，排ガスの増加が，複合的に影響を及ぼし合い，気候要素の変化をもたらしている．都市気候を緩和する施策として，緑地や河川による効果を活用すること及び海陸風などの自然の風を利用することが有効とされる．筆者らは北九州市における調査分析[1]で，都市の高度利用と郊外化及びオープンスペースの減少等の土地利用変化が市内測定局の風速を減じる要因となることを示した．本研究では，このような土地利用変化が「風のみち」形成に及ぼす影響をより明らかにするため，北九州市に加えて大阪市及び堺市を対象として国土庁発行の細密数値情報及び国土地理院発行の数値地図２５００（空間データ基盤）を用い，風向・風速の観測データに影響を及ぼす土地利用特性を抽出すると共に，風向・風速への影響の定性的な評価を試みた．

第一に，緑地や河川，街路，建築物等の都市空間要素と風向・風速との関係を取り上げた理論研究や実証研究から，都市における風向及び風速を決定する地域特性を抽出する．第二に，北九州市と大阪市及び堺市の地理的な概況を比較することにより，その差異を明確にする．第三に，北九州市と大阪市及び堺市における一般環境大気測定局の風向・風速のデータと周辺土地利用の空間特性との関連を比較することにより、風のみちを形成するための各要因の影響を評価する．これらの調査分析を行い，「風のみち」形成に有為な土地利用のパターンを抽出することを試みる．

2．「風のみち」分析の方法論

現在の都市では，ヒートアイランド現象が深刻な問題となりつつある．ヒートアイランド現象の主な

* 大阪大学工学部環境工学科　Dept. of Environmental Engineering, Osaka Univ.
**同大学院前期過程　Graduate Student, Dept. of Environmental Engineering, Osaka Univ.

要因は，①エネルギーの大量消費の結果生じる人工熱による大気加熱，②蒸発潜熱量の減少による冷却効果の低下，③人工建造物の増加による都市内部の熱バランスの変化，④都市大気中のエアロゾルによる温室効果，の４つの項目にまとめることができる．

また，ヒートアイランド現象により都市部で上昇流が発生し，それを補うようにとし周辺部から中心部へと風が流れ込む現象が生じる．このとき都市部と周辺部との間にヒートアイランド循環と呼ばれる循環流が生じる．この都市の中心部での上昇流によって，風が遮蔽される．

さらに，ヒートアイランド循環により周辺から運ばれてきた湿潤空気や凝結核になるエアロゾルが上空に輸送されることで都市上空で雲が発生しやすくなり降水量が増加するといわれている．

このように都市気候は複雑なメカニズムを経て形成され，その解決のためには都市気候のメカニズムを把握していくことが必要であり，近年様々な方法で研究が行われている．都市気候を解析する研究は，気象観測データや実測データを分析して現象を理解する実証研究，風洞などを用いて現象を再現する室内実験，数値シミュレーションによる計算結果を用いて現象を予測・評価する理論研究の３つに大別される（表－１）．これらは組み合わせで研究されていることが多く，例えば数値計算や実験の結果は観測結果で検証されている．また，これらの研究は取り扱うスケールによっても分類することができる．都市圏スケールでは概ね地形（海岸・山地・河川）と粗度や土地利用により気候要素（気温や風速など）を規定している．地区スケールの研究では河川環境や大規模緑地を取り扱ったものが見られ，街区スケールとしてはビル風，都市キャノピーにおける気候要素の研究があげられる．

また，井村ら[9]（１９９６）は都市気候の決定要因として，土地利用（物理的特性），社会活動（人工排熱），地域特性の３つの要因を挙げ，都市気候を解析するために必要な情報を整理している．

表－１　都市気候を解析する既存研究の分類

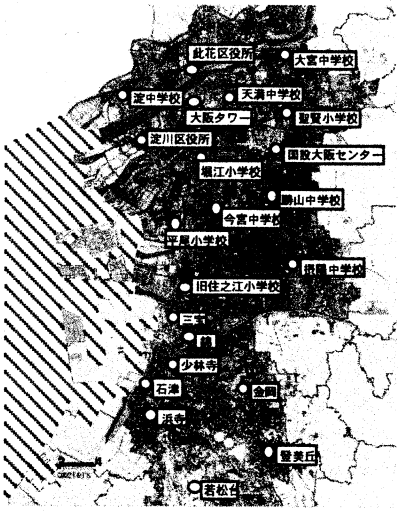
分類	研究者	対象都市	分析データ	結論
実証研究	北山ら[2]（1990）	福岡市	海風の発達日における風向・風速・気温の観測	・海風による気温の上昇に対する緩和効果があきらかになった ・都市熱環境の緩和に関して，風の利用の可能性も十分に検討されるべきである
	橋本ら[3]（1995，1996）	名古屋市	気温及び湿度，風向及び風速の定点観測と移動観測	・河口からの距離が遠くなるに従って海風の風速が低下し気温が上昇する ・海風による冷却効果は風速が1.5m/s 以上になるときにより顕著に現れ，風速が大きくなる広幅員街路や小規模緑地空間は低温部となる
	青柳ら[1]（1997）	北九州市	風向・風速測定データ，土地利用	・都市の高度利用と郊外化が進むとともに，都市部で風速が減少する傾向がある ・街路や公園等のオープンスペースが風向・風速に与える影響が大きい ・海域や河川等の地形的な要因の影響も顕著に見られる
室内実験	成田[4]（1992）	―	風洞実験による温度分布の測定値	・河川周辺の建物密度が低いほど，また河川と直交する街路幅が広いほど，河川の影響範囲は広くなる ・河川周辺の高層建物の存在は，河川上空気の拡散に大きく影響しており，その効果は対象地点との位置関係や河川に対する角度で変化する ・堤防による遮蔽効果が大きい ・効果的な河川風の導入のためには，地表面の開放，高層建物の適切な配置がポイントとなる
理論研究	河原ら[5]（1994）	―	数値シミュレーションによる三次元解析	・都市域の熱環境を解析するためのモデルを構築し，数値シミュレーションを通して，臨海部の開発事業が海風を変化させ，既存の都市域の熱環境を悪化させる可能性があることを示した
	田村ら[6] [7]（1994，1997）	名古屋市（1994）	三次元数値シミュレーションによる数値計算	・三次元数値シミュレーションによって，海風の冷却効果を活用できるような都市の分散配置や緑化・省エネ技術の導入による熱環境改善効果，および都市内の場所による改善効果の相違を予測した
	田村[8]（1997）	大阪市	３次元キャノピーモデルによる数値解析	・都市域の気象解析に適用できる数値モデル，都市キャノピーモデルを開発し，そのモデルの再現性，予測精度について検討した結果，気温の再現性は良好で，風速の再現性は海陸風の転換の急激性や陸風転換の時刻は再現できなかった

３．大阪市及び堺市における風系の調査分析　－北九州市との比較－

３．１　大阪市及び堺市の概況と風向・風速データ

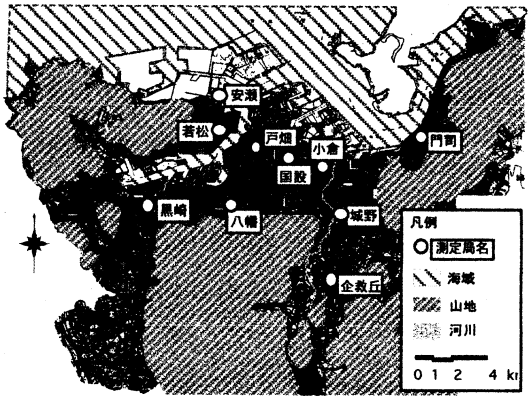
大阪市及び堺市の一般環境大気測定局のうち，昭和５０年代以前から風向・風速を測定している２２箇所を選定した（図－１）．大阪市及び堺市は西に大阪湾，そして北に六甲山と北摂の山々，東に金剛・生駒山地，南に和泉山脈と三方を山に囲まれており，その内部を淀川や大和川，木

津川等の大規模河川が都市内を流れる．これらの地勢条件によって風向に影響を及ぼすものと推測される．しかし大阪市及び堺市の都市部では全域ほぼ平野とみなされ，大きな起伏がないので，風特性は地表面上の土地利用が大きな影響を与えている[10) 11) 12)]．同様に北九州市における一般環境大気測定局のうち都市集積密度が高い１０箇所を選定した（図－２）．北九州市は北に響灘と周防灘，そして東に企救山地，南に貫山地及び皿倉山地，西に石峰山地と三方を山で囲まれており，内部に洞海湾と紫川を有している．しかし背後には山地がせまり，洞海湾や紫川と周辺の山地との起伏が大きいので，都市部での風特性は地勢特性の影響が大きい．

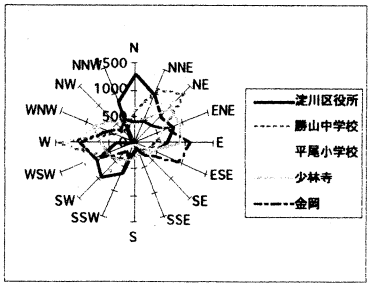


図－１　大阪市及び堺市の概況と一般環境大気測定局の位置

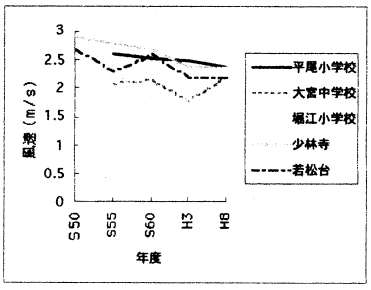
各測定地点における１９７５年から９６年までの風向・風速の記録のうち，毎正時データの総出現回数を１年単位で集計したデータを用いた．大阪において５つの地点について１９９６年の風向出現頻度を図－３に，年平均風速の推移を図－４に示す．風向は淀川区役所については北，勝山中学校と平尾小学校については北東及び西，少林寺と金岡については西及び東よりと地点特性により，年間での頻度の高い風向が少々異なるが，一般に西及び北東方面からの風が支配的であるといえる．このことより海風に起因すると考えられる西風がどの測定局でも卓越しており，特徴的であるといえる．これに対し北九州市の風向特性は，谷筋の風向が顕著でそれぞれの測定局位置によってにおおきなばらつきがある．風速については２２箇所の測定局のうち５０％の１１箇所の測定局で年平均風速の推移が顕著な減少傾向を示し，そのほとんどが大阪湾に近い測定局で示された．大阪湾では近年海岸部の埋立が急速に進行しており，さらに臨海部の再開発などによる高度利用化の風速の減少への影響であると解釈できる．また，年平均風速は海域に近いほど大きく，このことは北九州でのそれと一致した．



図－２　北九州市の概況と一般環境大気測定局の位置



図－３　風向出現頻度（１９９６）



図－４　年平均風速の推移

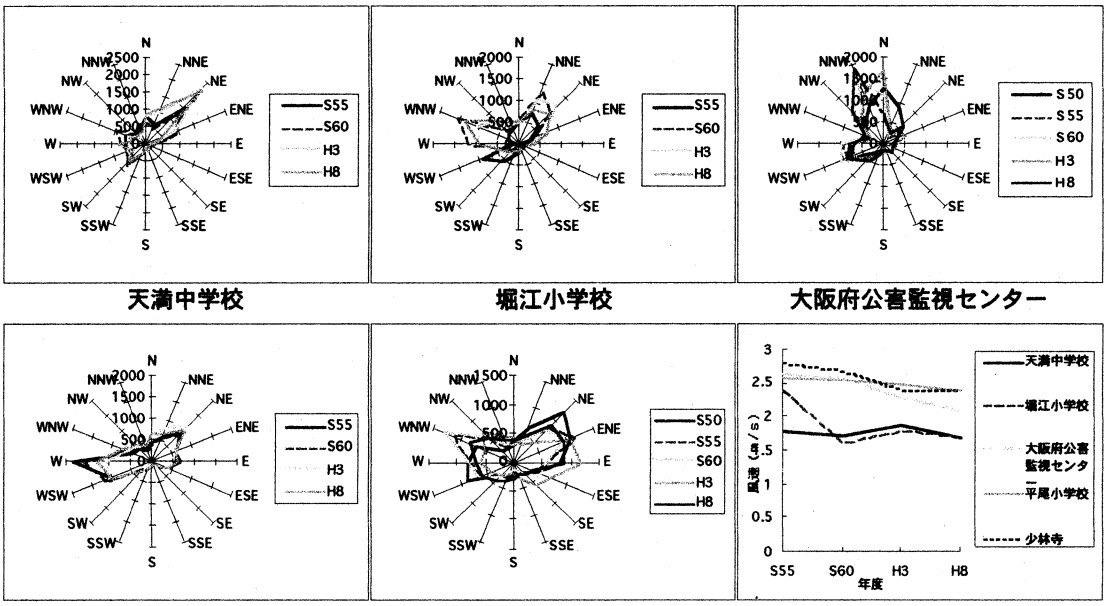
３．２　測定地における立地条件の比較分析

次に，大阪市及び堺市における２２箇所の測定局別に風向・風速特性と地勢条件，計画特性，

土地利用の変化との関係を定性的に評価した．すなわち，大阪市及び堺市における一般環境大気測定局の１９７５年または８０年～９６年の風向・風速の原データを年度別に比較するとともに，１９７４年～９１年国土庁発行の「細密数値情報土地利用」と１９９６年国土地理院発行の「空間データ基盤数値地図２５００」を用いて地勢条件，計画特性，土地利用の変化を読み取り，その関係を定性的に評価した．

大阪市及び堺市内の観測点について，風配図及び年平均風速の経年的な変化を評価し，そのうちの一部を図－５に示す．さらに地勢条件や建築物及びインフラの開発動向，土地利用の変化と比較した結果を表－２に示す．

例えば，天満中学校では地勢条件は淀川に比較的近接し，計画特性は中高層建築物が見られる都心部に位置する．風向は淀川と平行した向きの頻度が多いが，風速については淀川筋の強い卓越風向が見られない．すなわち都心部で風速が減少し，地勢条件よりも影響が大きいことが推測される．同様に都心部にある堀江小学校でも都市の高度利用地域の風速減少が見られる．これに対し，大阪府公害監視センターでは風向特性は他の測定局と著しく異なり北の頻度が最も多く，また比較的内陸部だが風速も大きい．それは大阪城公園と森ノ宮車輌工場鉄道敷の広域オープンスペースが北側に立地するためと考えられる．さらに，平尾小学校の風向特性は海風と考えられる西風が卓越しており，風速も大きいが減少傾向にある．これは地勢条件と計画特性から海岸部の埋立が急速に進んだためと推測される．少林寺も同様である．



図－５　主な測定局における風向・風速の経年変化

このように定性的な評価を行うとともに大阪市及び堺市の２２箇所の一般環境大気測定局について表－２に示した結果，次の知見を得た．

①測定局周辺に河川があるとそれに平行した風向が卓越し，風速も強くなる傾向にあるが，都市域の高度利用化が進んだ地区では風速が小さくなる．

表－2　主な測定局別環境の特徴一覧

測定局名	風向風速計高さ(m)	用途地域	風向特性	風速特性	地勢条件（海域・大規模河川）	計画特性の現況（周囲約300m）	定性的評価
天満中学校	20	商業地域	・北東が顕著である ・北西が減少し，北東が経年的に増加している	・H8平均風速1.7m/s ・風速の経年変化の傾向ははっきりしない ・周辺の測定局に比べ風速が小さい	・海域から約9000m ・北約1500mに淀川がある ・東及び南約700mに大川がある	・東　中層建築物 ・西　中層建築物 ・南　病院 ・北　大阪環状線（100m）	・強い卓越風が観測されている淀川に比較的近いが平均風速の値が小さい．これは，周辺の高度利用化が原因と推測される
大阪府公害監視センター	31	準工業地域	・北が顕著である ・経年変化はほとんど見られない	・H8平均風速2.1m/s ・経年的に減少傾向にある	・海域から約9000m ・北約1000mに平野川がある	・東　中層建築物 ・西　大阪環状線 ・南　中層建築物 ・北　阪神高速，鉄道敷，大阪城公園	・北東に大阪城公園及び森ノ宮車輌工場鉄道敷が広域であり，その風向が多くなっているとともに風速も強くなっている
城北小学校	19．4	商業地域	・西及び北東が卓越している ・経年変化はほとんど見られない	・H8平均風速1.7m/s ・経年的にやや減少傾向にある	・海域から約6000m ・西600mに木津川，南500mに道頓堀川がある	・東　中層建築物 ・西　中層建築物 ・南　中層建築物 ・北　長柄通	・高度利用されている都市域にあるため，平均風速が小さいと考えられる
平尾小学校	17．8	住居地域	・西風が最も多い ・経年変化は見られない	・H8平均風速2.4m/s ・経年的に顕著に減少している	・海域から約2000m ・東側200mに木津川 ・西には800mに大正内港がある	・東　低層建築物，工場 ・西　千島南公園 ・南　低層建築物 ・北　低層建築物 小林公園（250m）	・西側に隣接する公園が風向に影響していると思われる ・海域に近接しているが，海岸部の埋立により風速減少傾向を示していると思われる
少林寺	18	住居地域	・西北西，北東が卓越している ・経年変化は見られない	・H8平均風速2.4m/s ・経年的に減少傾向にある	・海域から約2000m ・近くに地勢条件は見あたらない	・東　街路及び谷沿道公園 中層建築物 ・西　低層建築物 ・南　街路及び谷沿道公園 ・北　低層建築物	・阪神高速の立地及び谷沿道公園が風向・風速に影響を与えていると考えられる ・・海域に近接しているが，海岸部の埋立により風速減少傾向を示していると思われる
若松台	18	住居地域	・西，東北東及び南東が顕著に見られる ・経年変化は見られない	・H8平均風速2.2m/s ・経年変化はやや減少傾向にある	・海域から約7000m ・妙見川の谷地形となっている	・東　低層住宅 ・西　小規模池及び河川 ・南　小規模池及び河川 ・北　大溜池	・南東の風は地形の影響と思われる ・周囲は住宅地として開発されており，その影響で風速が減少していると考えられる

ンスペースを伴う内陸部の方が風速は大きい．

③海岸部での埋立の進行が海域に近接する測定局での風速減少傾向をもたらした．

④河川や公園，街路等のオープンスペースの立地する方向からの風の頻度が高い．

⑤近くに高速道路や鉄道等の高架構造物があるとそれに沿った風向の風の頻度が特徴的となる．

4．終わりに

筆者らは一昨年前から計画特性や土地利用の変化が風向・風速に与える影響を調査し，今後の計画に反映するための評価方法について模索してきた．評価のモデルの構築とともに計画システムに展開するためのプロセスを設計することを今後の課題とする．

【参考文献】

1）芦刈ら（1997）北九州市における「風のみち」効果に関する調査分析，環境システム研究vol.25

2）北山ら（1990）海風が都市の気温に及ぼす影響に関する観測，日本建築学会中国・九州支部研究報告

3）橋本ら（1995，1996）名古屋における運河を利用した風の道に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集

4）成田（1992）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報告集　第442号

5）河原ら（1994）臨海部の開発が海風と都市熱環境に及ぼす影響に関する数値実験，環境システム研究vol.22

6）田村ら（1997）都市の熱環境における海風の導入効果，第５回地球環境シンポジウム講演論文集

7）田村ら（1994）名古屋市とその周辺地域における熱環境シミュレーション，環境システム研究vol.22

8）田村（1997）都市キャノピーモデルによる都市内部及び上空の大気流に関する研究，大阪大学工学部環境工学科修士論文

9）井村ら（1996）都市熱環境解析システムに関する研究一熊本市のケーススタディー，環境システム研究vol.24

１０）横田ら（1997）大阪の地形と風の特性について，土木学会第５２回年次学術講演会講演概要集第(#)部門

１１）本田ら（1997）大阪市域風特性と周辺祖度に関する研究，土木学会第５２回年次学術講演会講演概要集第(#)部門

１２）田中ら（1997）大阪市域の風特性マップの作成，土木学会第５２回年次学術講演会講演概要集第(#)部門

【データ出典】

・北九州市環境局（1975～1995）昭和５０年度版～平成７年度版「北九州市の環境」（「北九州市の公害」改題）

・大阪市環境保健局（1980～1996）昭和５５年度～平成８年度大気汚染濃度測定結果

・堺市環境保全部（1975～1996）堺市大気汚染調査報告

・大阪府公害監視センター（1975～1996）大気汚染常時監視測定データ

・北九州市（1973～1995）１／２５００北九州市基本図

・国土庁（1974～1991）細密数値情報土地利用

・国土地理院（1997）数値地図２５００（空間データ基盤）