

東京都心における「風の道」の実態調査（その1. 東京駅周辺）

環境工学—都市環境・都市設備

ヒートアイランド現象 風の道 実測調査 海風

1. 研究目的

近年、都市において人工排熱の増加や地表面被覆の変化によりヒートアイランド現象が深刻化しており、その対策として緑や水のネットワークによる「風の道」の確保のあり方が検討されている。既往研究^{例えは1)}により「風の道」としての河川が都市内部に海風を運び、周辺市街地へ暑熱環境緩和効果を及ぼすことが報告されているが、街路の「風の道」については実測例が少なく未解明な点が多い。ヒートアイランド対策として都市に海風を取り入れるための「風の道」とは、都市空間内で風が通り抜けることのできる連続した隙間空間のことであり、幹線道路空間や都市河川空間、大規模緑地・公園や公共緑地等のオープンスペースとそれらのネットワークにより構成される。

本研究では、東京都心の永代通り、八重洲通り、晴海通りを対象に実測調査を行い、「風の道」の実態を調査する。さらに、街路形態が暑熱環境緩和効果や風の流れに与える影響を検証し、「風の道」の確保に必要な科学的知見を整備することを目的とする。

2. 実測概要

2-1 実測概要

実測期間は、2005年7月30日0時から8月6日16時（図3に示すD1は7月31日14時20分測定開始）、実測範囲は図1に示す。風向、風速は、屋上観測点で3点、地上観測点で永代通り（B通り）、八重洲通り（C通り）、晴海通り（D通り）に各4点ずつ計12点設け観測した。温度、湿度（一部湿度のみ）は上記の観測点に加え、図1に示す観測点で観測した。実測に用いた機器は実測期間中常に強制換気を行い、実測後に温度、湿度の機差を補正した。表1, 2に地上観測点と屋上観測点の観測機器の概要を示す。

凡例
 [風向・風速、温度・湿度]
 ▲ 屋上観測点
 ■ 地上観測点
 [温度・湿度、湿度]
 ● 温度・湿度、温度

表1 観測機器概要（地上観測点）

観測機器	メーカー名/型名	測定項目	測定高さ	測定間隔
気象観測装置	DAVIS/Vantage Pro2	風向	3.5m	5分
		風速	3.0m	
		温度・湿度	3.0m	
温湿度計	TANDD/TR-711 TR-725 ESPEC/RS-11	温度	3.0m	2分
		湿度	3.0m	
温度計	ESPEC MIC/RT-30S H10K1/3633	温度	3.0m	2分
		湿度	3.0m	

表2 観測機器概要（屋上観測点）

観測機器	メーカー名/型名	観測地点	測定項目	測定高さ	測定間隔
気象観測装置	DAVIS/Vantage Pro2	豊洲	風向 風速	約50m	10分
		日本橋	風向 風速 湿度 湿度	約70m	
超音波風向風速計	Kaijo/SAT-540	東京駅	風向 風速 温度	約60m	0.1秒

図1 観測点図

準会員○宮下 悠子^{*1} 正会員 足永 靖信^{*5}
 同 瀬野 太郎^{*1} 同 成田 健一^{*6}
 正会員 田村 健^{*2} 同 三上 岳彦^{*7}
 同 増田 幸宏^{*3} 同 高橋 信之^{*8}
 同 鍵屋 浩司^{*4} 名誉会員 尾島 俊雄^{*9}

2-2 気象状況

AMeDASの東京管区气象台・東京のデータによると、実測期間中すべての日で真夏日、熱帯夜を記録し、8月5日においては2005年夏季の最高気温（35.8℃）を観測した。解析対象日はヒートアイランド現象が顕著に現れる盛夏の日と考えられる8月3, 4, 5, 6日とした。

3. 実測結果

3-1 海風流入時の街路内の風の流れ

実測対象地域である東京駅周辺に流入する海風の性状を把握するために、周辺の建物・工作物が極めて少ない豊洲臨海部に位置する建物屋上（地上約50m）に気象観測装置を設置した（図1）。

3-1-1 臨海部における海風



図2 風向出現率
（豊洲8月3日-6日）

2005年8月3日から6日の豊洲の観測点における風配図より、海側を風上とする南東、南南東、南の風が75%を占め、多くの時間帯で海風が卓越していることがわかる（図2）。

3-1-2 街路内の風向

2005年8月3日から6日の豊洲の屋上観測点における風向が南東、南南東、南の時の街路内の各観測点の風向を図3に示す。図中に示すJR線路の東側では概ね街路に沿って海風が流れていると考えられる。JR線路の西側では、交差点に設置した観測点である観測点B4, C4で東京駅の屋上観測点（約60m）と同様の風向を示している。

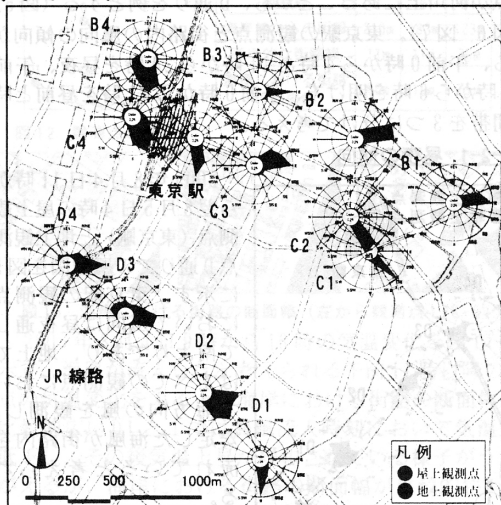


図3 豊洲の観測点において風向がSE, SSE, Sの時の街路内の風向（8月3日-6日）

3-1-3 街路内の風速

2005年8月3日から6日の豊洲の観測点における風向が南東、南南東、南の時の街路内の各観測点の風速を図4に示す。

JR線路の東側では、C通り、D通りは観測点C1からC3、D1からD3までにおいて、海岸線からの距離が遠くなるほど風速が弱まっている。B通りでは、観測点B1、B2と海岸線からの距離が遠くなるにつれて風速が弱まっているが、観測点B3では風速が強くなっている。これは近くにある超高層ビルによる風の吹き降ろしの影響が考えられる。JR線路の西側では、観測点C4、D4で風速が強くなる傾向がみられ、観測点B4で観測点B3と同程度の風速であることから、JR線路の西側の全ての観測点において、街路内を連続して流れる海風とは異なる風の影響を受けていると考えられる。

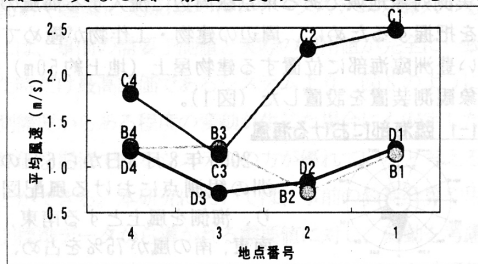


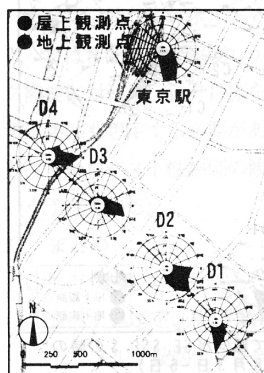
図4 豊洲の観測点において風向がSE, SSE, Sの時の街路内の風速 (8月3日-6日)

以上より、海から連続して街路に沿って流れる海風については、B通りでは観測点B2まで、C通り、D通りでは観測点C3、D3までのデータを考察の対象とする。

3-2 街路内の風の流れの日変化

海風の吹く時間帯を把握するために、時間帯別の風の流れの分析を行う。街路内の風については、B通りは前節に述べた結果、またC通りは海よりの観測点2点が河川上にあることから、D通りを例とする(図5, 図6, 図7)。東京駅の観測点と街路内の風向の傾向から、午前0時から4時と11時から24時を昼夜、午前4時から6時を明け方、午前6時から11時を昼前と時間帯を3つに分けて考える。

3-2-1 昼夜の傾向



2005年8月4日11時から翌8月5日4時の屋上観測点(東京駅)と地上観測点D通りでの風配図を図5に示す。東京駅の観測点において風向は昼夜通して南よりであり、地上ではすべての観測点において海方向の風を観測し、安定した海風が街路内を流れていると考えられる。

図5 昼夜の風の流れ (8月4日11時-8月5日4時)

3-2-2 明け方の傾向

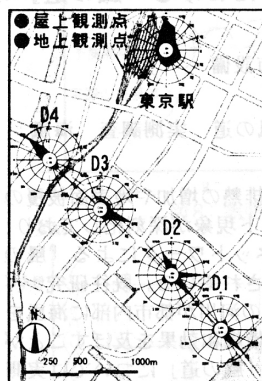


図6 明け方の風の流れ (8月4日4時-6時)

2005年8月4日4時から6時の屋上観測点(東京駅)と地上観測点D通りでの風配図を図6に示す。明け方では、東京駅の観測点において風向は北よりであり。地上では、図中に示すJR線路の西側の観測点D4では北西の風であるが、JR線路の東側の観測点では海方向の風を観測した。東京駅の観測点が海風でないときでもJR線路の東側では海風が観測されることが確認された。

3-2-3 昼前の傾向

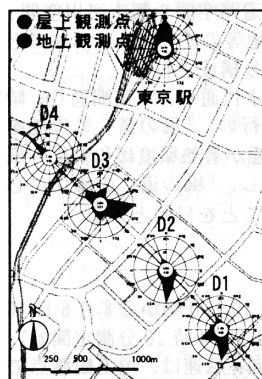


図7 昼前の風の流れ (8月4日6時-11時)

2005年8月4日6時から11時の屋上観測点(東京駅)と地上観測点D通りでの風配図を図7に示す。東京駅の観測点において風向は北よりである。地上では、図中に示すJR線路の東側の観測点で風向が定まらず、街路内に安定した海風は流入していないと考えられる。JR線路の西側の観測点D4では、東京駅の観測点と同様に陸方向を示した。

その他の解析日では、8月3、6日においてはほとんどの地上観測点において終日海風を観測し、8月5日においては8月4日とほぼ同様の日変化を示し、海風は昼夜と明け方の時間帯に観測された。

4. 「風の道」の暑熱環境緩和効果の検証

第3章まででJR線路の東側の街路内において、海風の流れる時間帯が概ね把握できた。そこで本章では海風による気温上昇緩和効果について、先に述べたように観測点B3を除くJR線路の東側を対象に風と気温の関係性を分析する。

4-1 海風による暑熱環境緩和効果

2005年8月4日の観測点C1の風向と絶対湿度の変化を図8に示す。図より午前11時頃、北西の風向から南東の風向に変わり、それと同時に絶対湿度が急激に上昇している様子がうかがえる。絶対湿度が高くなった原因として、湿度の高い海風が流入したためだと考えられる。絶対湿度が高い海風が流入したためと海風流入時刻とすると、観測点C1ではその周辺の午前11時5分から11時25分の20分間で気温が1.2℃低下した(図9)。また、海風流入以降、気温上昇が緩和されている

様子がうかがえることから、海風による気温上昇緩和効果が確認された。

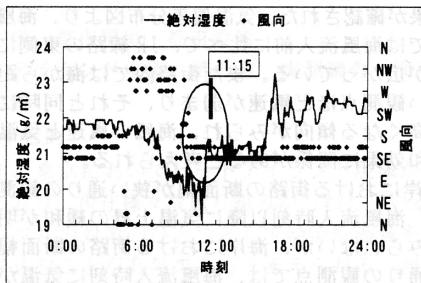


図8 風向と絶対湿度変化 (C1 8月4日)

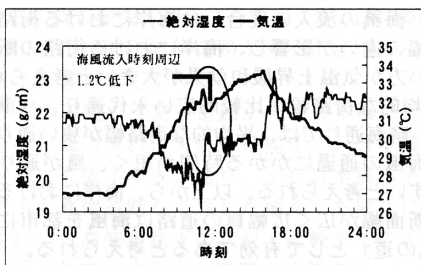


図9 気温と絶対湿度変化 (C1 8月4日)

4-2 海風流入前後の気温偏差分布の比較

実測調査で得られた温度データをもとに東京駅周辺エリア (図1に示す隅田川以西の範囲と定義) の平均気温を求め、各観測点との気温差から気温偏差分布図を作成した。図の作成にはフリーウェアのGISソフト GMT (Generic Mapping Tools) を使用した。

海風流入前の時間帯 (8月4日8時) と海風流入後の時間帯 (8月4日14時) の気温偏差分布をそれぞれ図10、図11に示す。海風流入前の時間帯はJR線路の東側で気温が高くなっているが、海風流入後の時間帯はJR線路の東側で海風流入前に比べて低温域が広がっている。JR線路の東側は海風の流入により気温上昇が緩和されていると考えられる。



図10 海風流入前の時間帯の気温偏差分布 (8月4日8時)

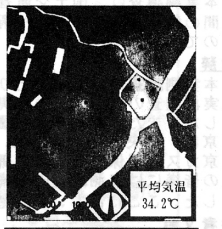


図11 海風流入後の時間帯の気温偏差分布 (8月4日14時)

4-3 風速と気温の関係

2005年8月4日8時から9時と14時から15時の1時間の平均風速と平均気温を表3に示す。観測点の海岸線からの距離と風速変化と気温変化をみると、海風流入前の時間帯では、通りによって異なる変化を示

し、風速と気温の関係性も実測結果からはみられない。一方、海風流入後の時間帯では、海から距離が遠い観測点ほど風速は弱まり、それと同時に気温は高くなる傾向がみられ、この時間帯に通りに (観測点C3と観測点C1) で最大2.2°C (午後14時15分、午後14時30分に観測) の気温差が生じた。以上より海風の風速と気温上昇緩和効果に関係があると考えられる。

表3 海風流入前後の平均風速、平均気温の変化

平均風速変化	海風流入前の時間帯 (8月4日8時)			海風流入後の時間帯 (8月4日14時)		
	B	C	D	B	C	D
平均風速変化 (m/s)	0.8	0.6	0.4	1.2	0.8	0.6
平均気温変化 (°C)	31.5	31.0	30.5	35.5	34.5	34.0

5. 街路の形態と「風の道」の効果との関係

海風の街路内への流入状態は、立体的に分析すべきであるが、本検討では街路の平面的な形態が及ぼす影響について検討することとした。

5-1 海岸付近における街路形態と海風の暑熱環境緩和効果

海岸付近における街路の断面幅が異なる3つの街路内の観測点1, 6, D1の気温上昇緩和効果について検討する。海岸における街路の断面幅は街路の両側の建物間の距離とし、平均的な街路幅については中央区の道路幅員図 (平成17年4月現在) を参照した (図13)。

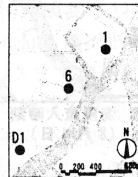


図12 観測点の分布

表4 観測点の状況

観測点	1	6	D1
海岸線からの距離	210m	183m	123m
平均的な街路幅	11m	11m	36m
海岸における街路の断面幅	80m	10m	75m



図13 海岸における街路の断面幅 (左から観測点1, 6, D1)

2005年8月4日9時から16時の気温変化を図14に示す。海風が流入したと考えられる午前11時以降の3点の気温変化をみると、海岸における街路の断面幅が比較的広いD1と1では海風流入時刻において気温が低下し、その後気温上昇が緩和されている様子がうかがえるが、海岸における街路の断面幅が比較的狭い6では、海風流入時刻以降に気温上昇の緩和が明確にはみられない。海風流入前は3点の気温差が比較的小さ