



上空気象データを用いた海風による気温低下効果の 考察

竹林, 英樹

森山, 正和

(Citation)

日本建築学会環境系論文集, 74(643):1099-1105

(Issue Date)

2009-09

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001564>



上空気象データを用いた海風による気温低下効果の考察

STUDY ON AIR TEMPERATURE REDUCTION BY SEA BREEZE BASED ON UPPER WEATHER DATA ANALYSIS

竹林 英樹^{*1}, 森山 正和^{*2}

Hideki TAKEBAYASHI and Masakazu MORIYAMA

To promote ventilation in the street canyon is one of the effective heat island measures. Some large cities in Japan are located in the coastal area, so it is thought that the benefit of air temperature reduction is provided by strong sea breeze in those cities. The analysis on air temperature reduction by sea breeze is carried out based on upper weather data, which is observed by the sensors set on the 4 steel towers in Osaka area. The observation height of upper weather data are from 42 to 84 m. The actual condition of land and sea breezes, the difference of air temperature and wind velocity between on the neighborhood of shore and the inland, air temperature difference between upper and ground level and the diurnal change of air temperature and wind velocity are considered based on observed data in summer season.

Keywords: *Urban Heat Island, Sea breeze, Upper air, Steel tower*

都市ヒートアイランド, 海風, 上空, 鉄塔

1. はじめに

日本の多くの大都市は沿岸部に位置するため、非常に大きな海風による高温化抑制効果の恩恵を得ていると考えられる。ヒートアイランド現象の対策の一つとして、この海風を市街地内へ積極的に誘導することが検討されている¹⁾。従来の研究において、佐々木ら²⁾により規模の異なる沿岸都市を対象として海風の高温化抑制効果の評価が行われている。著者ら³⁾も大阪において日中に海風の影響を受けた地表付近の気温分布は海岸からの距離によりほぼ説明されることを指摘している。久保田ら^{4,5)}、義江ら⁶⁾により市街地のグロス建蔽率と市街地内の歩行者レベルの空間平均風速の関係が明らかにされている。また、グロス建蔽率が同様の街区であっても、低層建築物より中高層建築物で構成される街区の場合に平均風速が大きくなることも示されており、その原因としては、建築物の高さのばらつきが指摘されている^{6,7)}。

著者ら⁸⁾も主にCFDによる計算結果を用い、街路の形態と街路空間の風通しとの関係を分析し、街路の方位が上空の主風向と一致する場合には道路幅を大きくして風通しの改善を図ること、街路の方位が上空の主風向と直交する場合にはオープンスペースや高層建物により引き起こされる風の利用を図ること、などがヒートアイランド対策として上空の風を市街地へ誘導する際に重要であると考察している。

しかし、風上側の市街地において上空風のポテンシャルを利用してしまうと、風下側の市街地で利用可能なポテンシャルが低下する可能性も指摘されており⁹⁾、この点に関してはより広域での評価が必要である。この課題に対し、大岡ら^{10,11)}はメソスケールの数値解析により、海風の進入に伴い都市キャノピーの抵抗と地表面の摩擦・レイノルズ応力により海風の平均運動エネルギーの損失量が増加することを指摘している。本研究では地上から50m程度の高さ（電力会社及び電話会社の鉄塔を利用）で気温、風等の測定を実施し、測定データから海風の市街地気温緩和効果のポテンシャルを考察する。

なお、海風と都市気温の関係に関して、片山ら¹²⁾、橋本ら¹³⁾は都市内の河川や運河が風の通り道となり熱環境を緩和することを示している。また、清田ら¹⁴⁾、十二村ら¹⁵⁾、谷口ら¹⁶⁾、橋本ら¹⁷⁾は海風の進入状況と市街地熱環境の緩和効果の関係について明らかにしている。これらの研究では、一部で建築物屋上における測定結果が用いられているが、主に地上付近で測定された気温と風のデータに基づき検討が行われている。

2. 上空気象データ測定の概要

2.1 測定機器の設置状況

図1, 2に上空気象データ測定のための測定機器の設置状況を示す。大阪湾に近い南港から内陸へ向けて難波、荒本、石切の4地点であ

本研究の一部は、2007年度日本建築学会大会(九州)⁹⁾において発表した。

*¹ 神戸大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

*² 神戸大学大学院工学研究科 教授・工博

Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Kobe University, Dr. Eng.

Prof., Graduate School of Engineering, Kobe University, Dr. Eng.

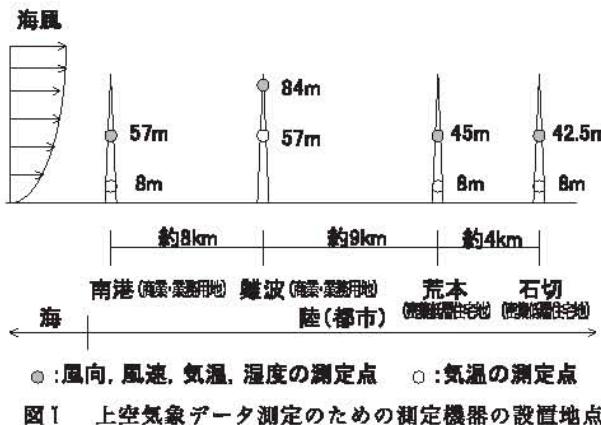


図1 上空気象データ測定のための測定機器の設置地点

る。細密数值情報(10m メッシュ土地利用)より測定点周辺の代表的な土地利用を図1の各地点に示す。南港周辺は運輸施設である。鉄塔上部の測定機器は、日中に地表面の影響に支配される接地境界層内に位置しつつ、厚みを持って進入してくる海風の状況も把握することが出来る高さを想定して設置した(以降上空と呼ぶ)。ヒートアイランド現象の対策としての海風利用を念頭に置き、建物や街区の形態を変更することにより上空風を有効に利用する方策を検討する場合には、平均建物高さの数倍程度の境界層内の上空風の情報が重要であるとの観点から測定高さを設定した。鉄塔下部の測定機器は、地表付近の建物や樹木等による局所的な影響を受けない高さを想定し、周辺建物高さより若干上部に位置する高さに設置した(以降地上と呼ぶ)。難波に関しては周囲の平均建物高さが高いため下部の測定高さを57mに設定したが、他の地点との比較には適さないため、地表付近の3箇所の電柱(地上6m)に設置した測定器の平均値を用いる。

測定機器は鉄塔の南側に設置し、この地域の夏季の主風向である東西方向の風(海陸風)に対する鉄塔自体の影響を少なくしている。測定項目は、気温(上空は強制通風式の白金抵抗体、地上は自然通風式のサーミスタ)、湿度(上空のみで強制通風式の静電容量型)、風向、風速(上空のみで南港、荒本、石切は2次元の超音波型、難波は風車型)である。測定間隔は10分(サンプリングは2秒毎に行っているが、データ回収の通信に伴うデータ量制約の関係で10分平均値のみを使用)である。上空の測定機器は、図2に示す通り測定機器落下防止のための保護カゴより測定部分を上に出した形での設置となっている。気温、湿度の測定結果は問題ないと思われるが、風向、風速に関しては、保護カゴ及び鉄塔部材の影響を受けている可能性がある。乱流フラックスの評価などの詳細な変動を扱う場合には問題があるが、本研究では10分平均値を解析対象とし、海岸付近と内陸との相互比較を主な考察対象とするため、問題なく利用できるデータであると判断した。測定は2006年5月に開始したが、機器の故障やメンテナンスの課題があり、ほぼ問題なく測定が実施

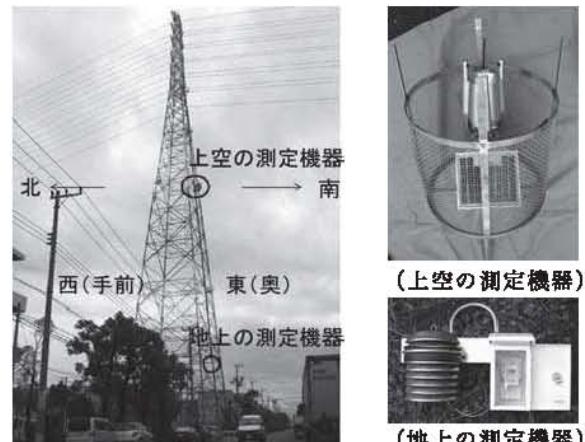


図2 上空気象データ測定のための測定機器設置状況(南港)

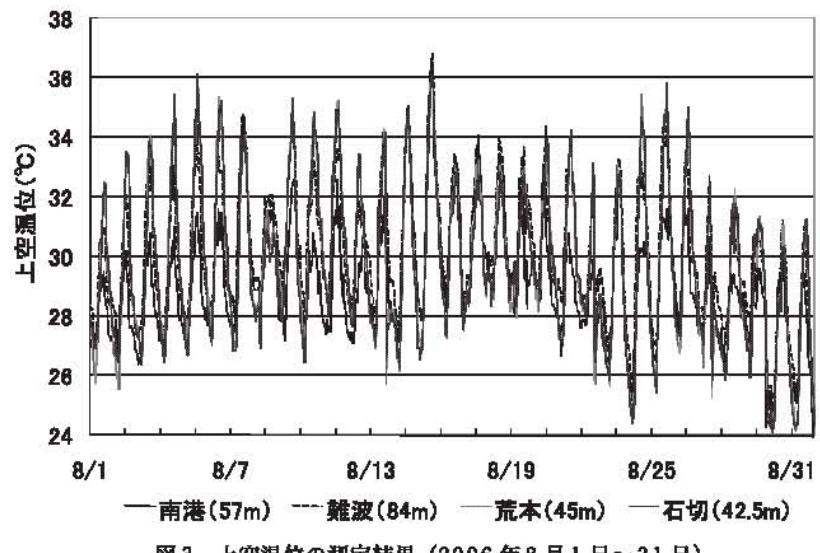


図3 上空温位の測定結果(2006年8月1日～31日)

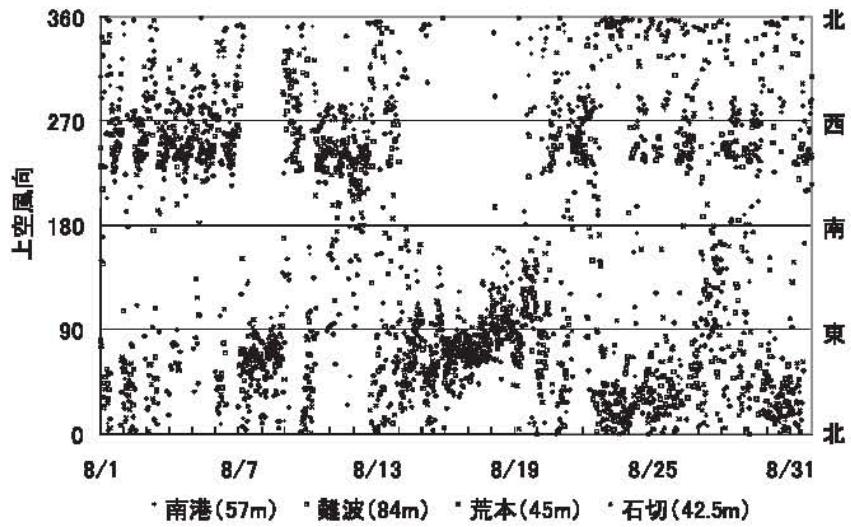


図4 上空風向の測定結果(2006年8月1日～31日)

された2006年と2007年の夏期(8月)を解析対象とする。但し、2007年は南港の風速計が故障中であったため、主に2006年の解析を中心とする。

2.2 測定結果の概要

2006年8月1日～31日の上空温位、上空風向の測定結果を図3、4に示す。1時間平均値に変換した値を示している。なお、気温から温

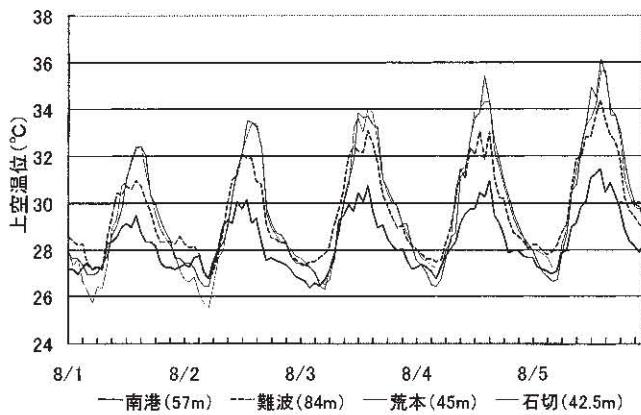


図5 上空温位の測定結果 (2006年8月1日～5日)

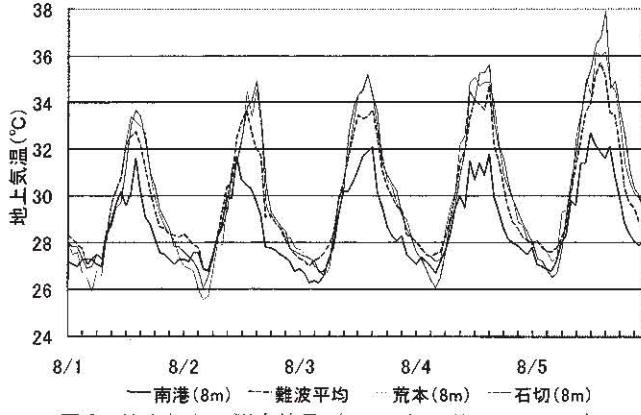


図6 地上気温の測定結果 (2006年8月1日～5日)

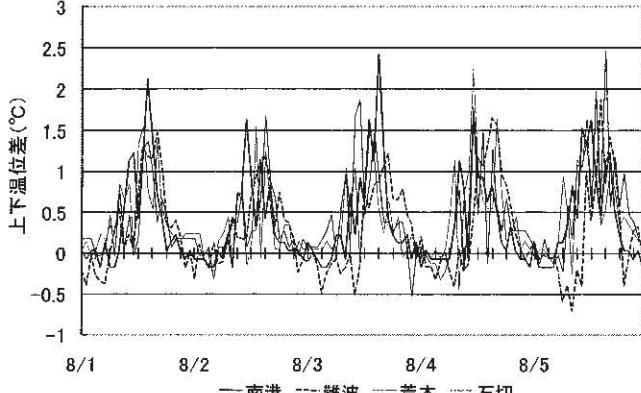


図7 上下温位差の測定結果 (2006年8月1日～5日)

位への変換は一律 $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ で実施した。近畿地域の2006年の梅雨明けは7月27日であり、ほぼ7月中は梅雨前線の影響を受けていたと考えられるため、8月を考察の対象とした。8月1日～6日頃までは梅雨明け直後の晴天日が続いた期間であった。その後、台風の通過と晴天日が交互に続き、台風の追加の際には東風が卓越している。台風以外の日には、西風（海風）と北東風（陸風）の海陸風循環が確認される。

晴天日が続いた2006年8月1日～5日の上空温位、地上温位、測定結果を図5～9に示す。上空温位、地上温位とともに、内陸の荒本、石切において最高温が南港より $2\sim3^{\circ}\text{C}$ 程度高く、その出現時刻は若干遅れる傾向にある。その間に位置する難波では内陸の2地点より若干低くなっている。上下温位差に関しては、地点間の差はあまり確認されず、海岸付近、内陸とともに地上と上空の温がほぼ同時に高温・低温になっていると考えられる。風速に関しては、海風

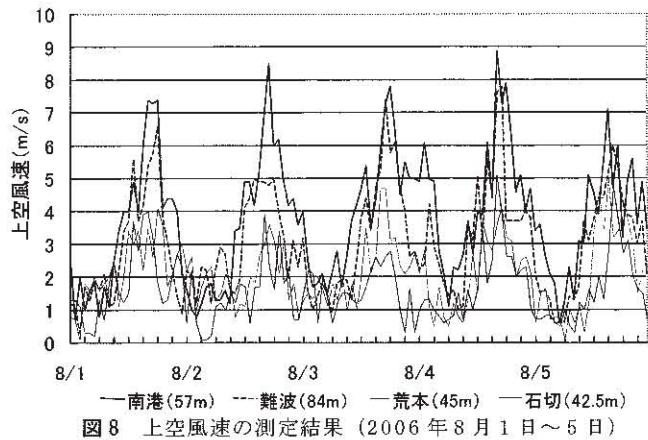


図8 上空風速の測定結果 (2006年8月1日～5日)

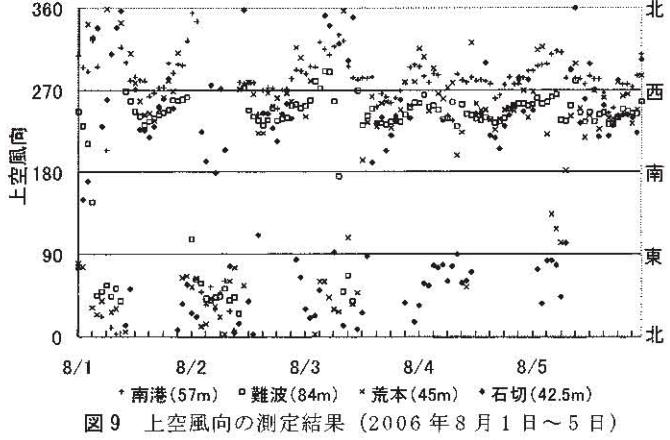


図9 上空風向の測定結果 (2006年8月1日～5日)

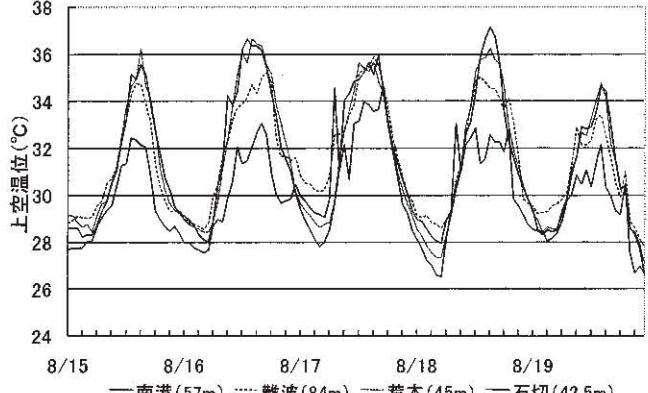


図10 上空温位の測定結果 (2007年8月15日～19日)

影響が顕著な海岸付近の南港で内陸より $2\sim3\text{m/s}$ 程度大きくなっている。風向に関しては、日中の海風（西風）と夜間の陸風（北東風）が、8月1, 2日には全ての測定点で確認されるが、3日には南港で陸風が確認されず、4日以降は石切と荒本の一部の時間帯で陸風が確認されるのみで、陸風成分の出現が少なくなっている。従来から大阪地域において夏期を通して陸風の出現時間の頻度が少なくなっていることが指摘されており、今回の測定においてもその傾向が確認される。図10に2007年の晴天期間（8月15日～19日）の上空温位の測定結果を示す。2006年の測定結果と同様に内陸の荒本、石切が南港より $2\sim3^{\circ}\text{C}$ 程度高温になっている。その他の要素に関しては、2006年と2007年でほぼ同様の傾向となっていた。内陸側に測定点を2箇所設定した理由は、海風の進入状況の相違の確認を目的としたものであるが、今回の測定結果からは2点間で明確な相違は確認されなかった。

表1 上空温位の日最大値の平均値と南港との差及び標準偏差

平均(°C)	南港	難波(差)	荒本(差)	石切(差)	標準偏差(°C)	南港	難波	荒本	石切			
8月1日～5日	30.6	32.7	2.2	34.0	3.4	34.3	3.7	8月1日～5日	0.77	1.27	1.18	1.49
8月6日～31日	32.0	33.3	1.3	33.5	1.6	33.5	1.5	8月6日～31日	1.75	1.40	1.43	1.60

表2 地上気温の日最大値の平均値と南港との差及び標準偏差

平均(°C)	南港	難波(差)	荒本(差)	石切(差)	標準偏差(°C)	南港	難波	荒本	石切			
8月1日～5日	32.0	34.1	2.1	34.9	2.9	35.5	3.5	8月1日～5日	0.44	1.13	1.02	1.54
8月6日～31日	32.8	34.3	1.5	34.5	1.6	34.4	1.6	8月6日～31日	1.77	1.55	1.76	1.73

表3 上下温位差の日最大値の平均値と南港との差及び標準偏差

平均(°C)	南港	難波(差)	荒本(差)	石切(差)	標準偏差(°C)	南港	難波	荒本	石切			
8月1日～5日	1.9	1.5	-0.4	1.8	-0.1	1.8	-0.1	8月1日～5日	0.36	0.29	0.32	0.40
8月6日～31日	1.6	1.5	-0.2	1.7	0.1	1.7	0.1	8月6日～31日	0.41	0.40	0.63	0.70

表4 上空風速の日最大値の平均値と南港との差及び標準偏差

平均(m/s)	南港	難波(差)	荒本(差)	石切(差)	標準偏差(m/s)	南港	難波	荒本	石切			
8月1日～5日	7.9	6.6	-1.4	4.3	-3.6	4.1	-3.8	8月1日～5日	0.75	1.12	0.55	0.88
8月6日～31日	7.3	6.5	-0.8	5.6	-1.7	5.9	-1.3	8月6日～31日	1.70	1.49	1.98	2.09

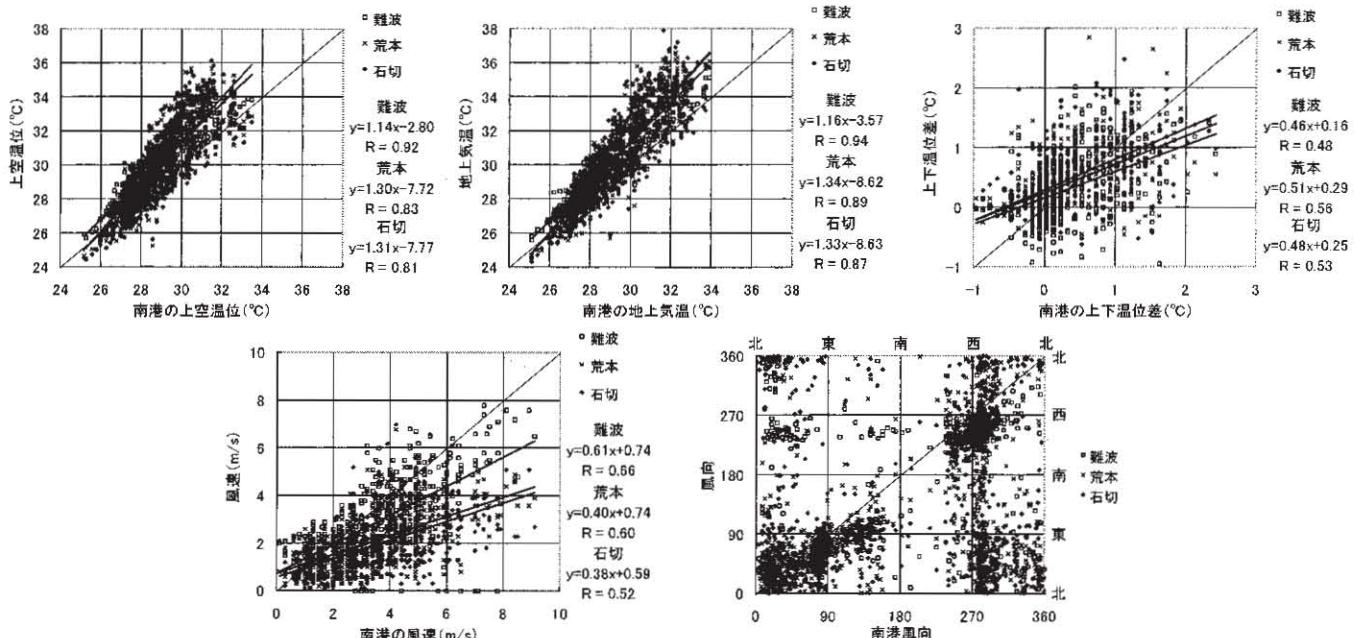


図11 南港と他の測定点との上空温位、地上気温、上下温位差、上空風速、上空風向の相関 (2006年8月晴天日)

3. 海風による気温低下に関する考察

3.1 上空気象データの日最大値の平均値

表1～4に上空温位、地上気温、上下温位差、上空風速の日最大値の8月1日～5日と6日～31日の平均値と南港との差及び標準偏差を示す。上下温位差を除く3つの気象要素では、南港と内陸との差が晴天日のみを抜き出した8月1日～5日の平均値の方が他の期間より大きく、海岸と内陸との気温差、風速差は典型的な晴天日に生じやすいことを反映していると考えられる。標準偏差については地点間での差はあまり確認されない。上下温位差には地点間の差はほとんどみられず、それぞれの地点で地上と上空の気温はほぼ同様の時刻変化をしており、上空にのみ低温な空気が供給されるということは確認されない。

3.2 南港と他の測定点との相関 (8月晴天日)

図11に降水量1mm以上の日(13, 14, 19, 22, 29, 30, 31日)、台風の影響を受けた日(7, 8, 13, 14, 15, 16, 17日)を除く19日間のデータで作成した南港と他の測定点との上空温位、地上気温、上下温位差、上空風速、上空風向の相関を示す。上空温位、地上気温とともに、図の対角線上にプロットされる南港と同程度か若干高温な程度のデータ群と、南港の上空温位、地上気温が28～32°C付近の場合に他の測定点が2～4°C程度高温になっているデータ群が確認される。後者のデータ群は日中海風により南港の気温(上下共)が低温に抑えられているのに対し、海風の影響を受けにくい内陸の気温が高温になっていることを反映していると考えられる。上下温位差の相関はあまり明確ではない。風速に関しては、測定高さや測定点周辺の影響なども含まれるが、内陸へ入るにつれて小さくなる傾向(荒本と石切はほぼ同じ)は海風の進入状況に対応すると考えられる。難波では南港の6割程度、荒本、石切では4割程度であった。風向に関しては、西風(海風)と北東風(陸風)の場合に各地点がほぼ同じ風向となっているが、南港の風向が西風(海風)の場合に、その他の測定点において北東風(陸風)が比較的多く確認され、夜間に海岸付近は海風が吹き続けているが、内陸では陸風になっている様子を示していると考えられる。

タ群と、南港の上空温位、地上気温が28～32°C付近の場合に他の測定点が2～4°C程度高温になっているデータ群が確認される。後者のデータ群は日中海風により南港の気温(上下共)が低温に抑えられているのに対し、海風の影響を受けにくい内陸の気温が高温になっていることを反映していると考えられる。上下温位差の相関はあまり明確ではない。風速に関しては、測定高さや測定点周辺の影響なども含まれるが、内陸へ入るにつれて小さくなる傾向(荒本と石切はほぼ同じ)は海風の進入状況に対応すると考えられる。難波では南港の6割程度、荒本、石切では4割程度であった。風向に関しては、西風(海風)と北東風(陸風)の場合に各地点がほぼ同じ風向となっているが、南港の風向が西風(海風)の場合に、その他の測定点において北東風(陸風)が比較的多く確認され、夜間に海岸付近は海風が吹き続けているが、内陸では陸風になっている様子を示していると考えられる。

3.3 南港と他の測定点との温度差

図12に南港の風向別に南港と他の測定点との上空温位、地上気温の差を示す。南港の風向が西風(海風)の場合に、南港と他の測定点との温度差が大きくなっている。これは、日中内陸部では日射を

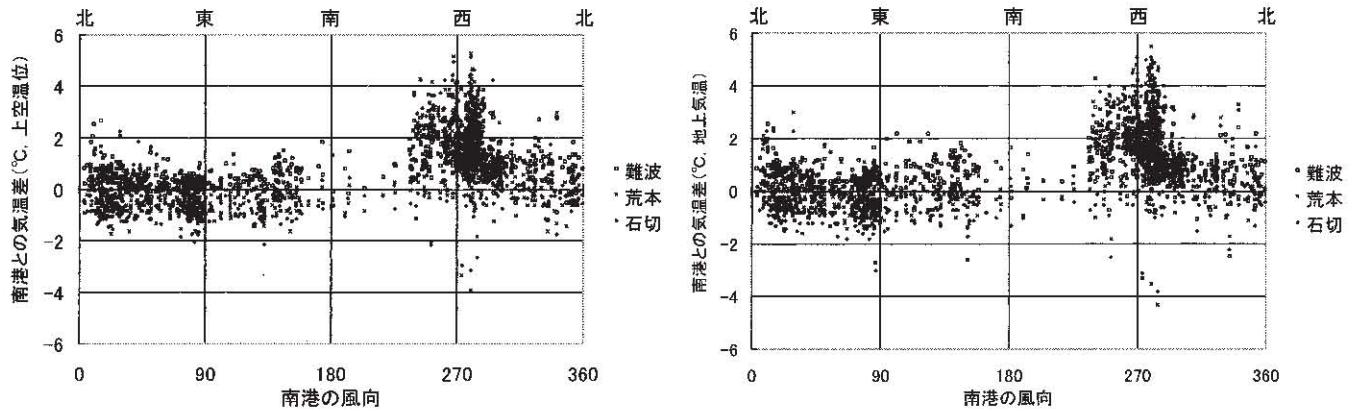


図 12 南港の風向別の南港と他の測定点との上空温位、地上气温の差 (2006年8月全日平均)

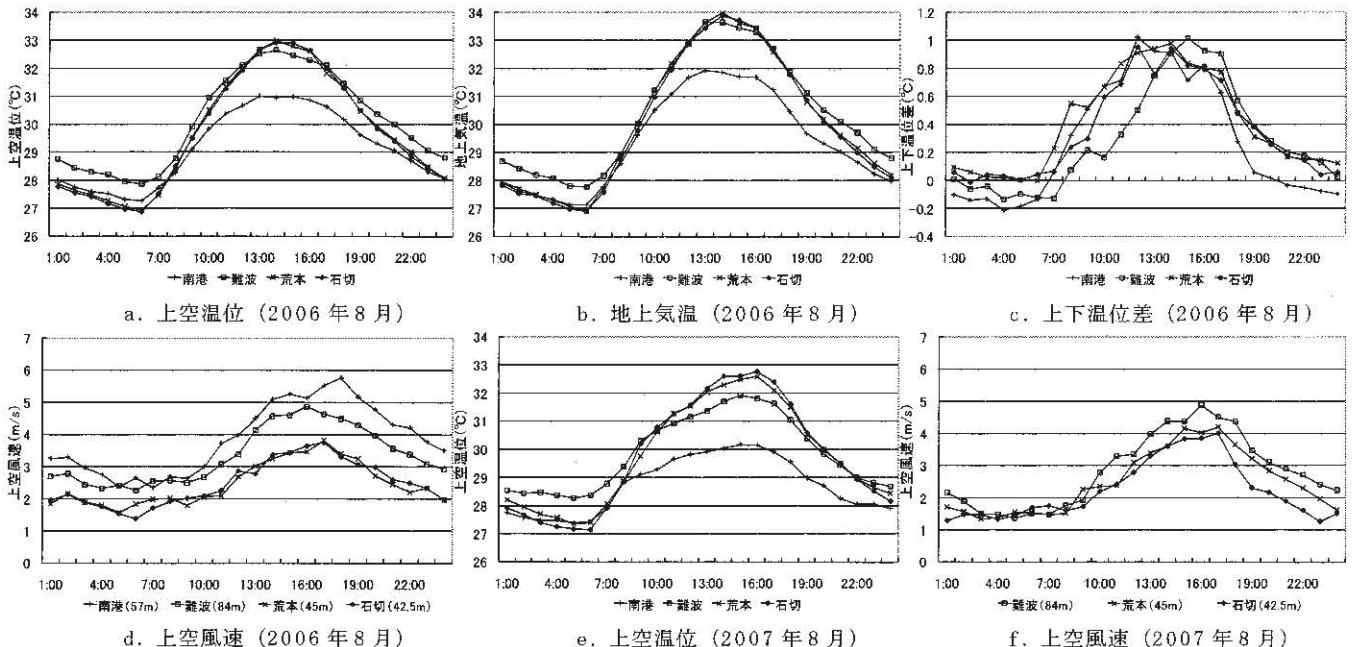


図 13 2006年と2007年の8月全日の時刻別平均値

受けて地上、上空共に高温になるのに対し、海岸部では海風の影響により気温の上昇が抑制されていることが原因であると考えられる。北東風（陸風）や東風（台風）の条件では地点間の温度差はほとんどなく、海風の条件においてのみ上空温位、地上气温ともに南港より内陸部が2~4°C程度高温になっているのが特徴である。

3.4 時刻変化の特徴

図13に2006年8月1日~31日まで時刻別に平均した上空温位、地上气温、上下温位差、上空風速及び2007年8月1日~31日の上空温位、上空風速を示す。上空温位、地上气温ともに日中は南港が他の測定点より2°C弱低温であるのに対し、夜間は難波が他の測定点より1°C弱高温になっている。日中は海風の影響により海岸付近の温度が低く、夜間は都市の影響により都心部の温度が高くなっているのではないかと考えられる。上下温位差は日中1°C程度になり夜間はほぼ0である。難波において午前中の上下温位差が若干小さくなっているのは、上空の温位が夜間、朝方を通して他の測定点より高温に推移するためであると考えられる。風速は、風速計の高さや設置場所の影響を受けているが、海風の浸入状況に対応して、南港が最も大きく、難波と続き、荒本と石切は同程度である。最大風速は夕方の17時前後に生じている。2007年は南港の風速が欠測であるが、2006年

とほぼ同様の傾向であった。

図14に2006年8月1日~31日まで時刻別に平均した上空温位、地上气温、上下温位差、上空風速の南港との差を示す。上空温位、地上气温ともに最高気温時の14時頃に温度差が最大で2°C程度になっている。夜間には内陸の荒本、石切で南港より若干低温になるのに対し、都心の難波では0.5°C程度高温に保たれている。上下温位差に関しては測定点間の差はほとんどないといえる。上空風速については、海風の最大風速となる夕方に南港との差も最大になり、海風が弱まり内陸部で陸風となる朝方に差は小さくなっている。

3.5 南港と他の測定点との相互相関

図5の考察で述べた最高気温の出現する時刻が内陸ほど遅くなる現象を考察するために、図15に南港と各測定点の上空温位、地上气温、上下温位差、上空風速の相互相関を示す。上空温位では難波と40分、荒本、石切と80分遅れて相関が高く、地上气温では難波と30分、荒本、石切と60分遅れて相関が高くなっている。上下温位差、風速に関しては顕著な傾向は確認されない。図5で示された時間遅れとの関係について整合性の確認を試みたが、日射の変動などの影響を受けた10分毎の観測結果から最高気温時を抽出することが困難な日が多く、明確な考察は困難であった。晴天日のみを抽出した相

相互関においても、上空温位の遅れ時間が8月全体のデータの場合と若干異なることが確認されたが、全体的な傾向はほぼ同じであった。

4.まとめ

大阪市から東大阪市にかけて、海岸からの距離の異なる4地点（南港、難波、荒本、石切）の鉄塔に測定機器を設置し、海風の市街地気温緩和効果のポテンシャル評価として、測定結果に基づき気温低下効果の考察を行った。

1) 台風以外の日には海陸風循環が確認され、海陸風循環が生じる気象条件において夜間に内陸では陸風が吹いているが、海岸付近では海風が吹き続ける場合があることが確認された。

2) 南港との測定点との温度差は上空温位、地上気温ともに日中大きく、夜間小さい。南港の風向が西風（海風）の場合に2~4°C程度の差が生じるが、その他の風向の場合（台風や陸風の場合）には顕著な差は生じない。海風が支配的な日中に、その影響の小さい内陸部では日射の影響で気温が上昇するが、海岸部では海風の進入により気温上昇が抑制されるためであると考えられる。

3) 上下温位差は南港との測定点であまり相関はみられない。上下温位差はどの地点においても日中大きく夜間小さい。上下温位差の大小関係に関しては、測定点間の差はほとんどないといえる。

4) 上空風速は、測定機器の設置条件より絶対的な評価は出来ないが相対的には、海陸風が支配的な条件（降雨日と台風日を除く）では、難波では南港の6割程度、荒本、石切では4割程度であった。

5) 南港との測定点との相互相関を見ると、気温（上空、地上とも）の変化は内陸の荒本や石切で1時間以上遅れる傾向が確認された。空間的に中間に位置する難波は遅れ時間も内陸の半分程度であった。風速と上下温位差には時間の遅れに明確な関係が見られなかった。

以上より、大阪地域では夏季晴天日には内陸まで海風が進入するが、市街地気温緩和効果のポテンシャルは海岸付近と比較して小さい。上空と地上の温位差は海岸付近と内陸とともに約1°C程度と小さく、海風が進入することにより市街地の上空に低温な冷熱源が進入するのではなく、境界層全体の気温上昇抑制に寄与していると考えられる。ただし、内陸での測定結果より片山ら¹²⁾が指摘しているような海風の進入に伴う明確な気温上昇抑制効果を見出すことは困難であった。従って、ヒートアイランド対策として上空の風を市街地

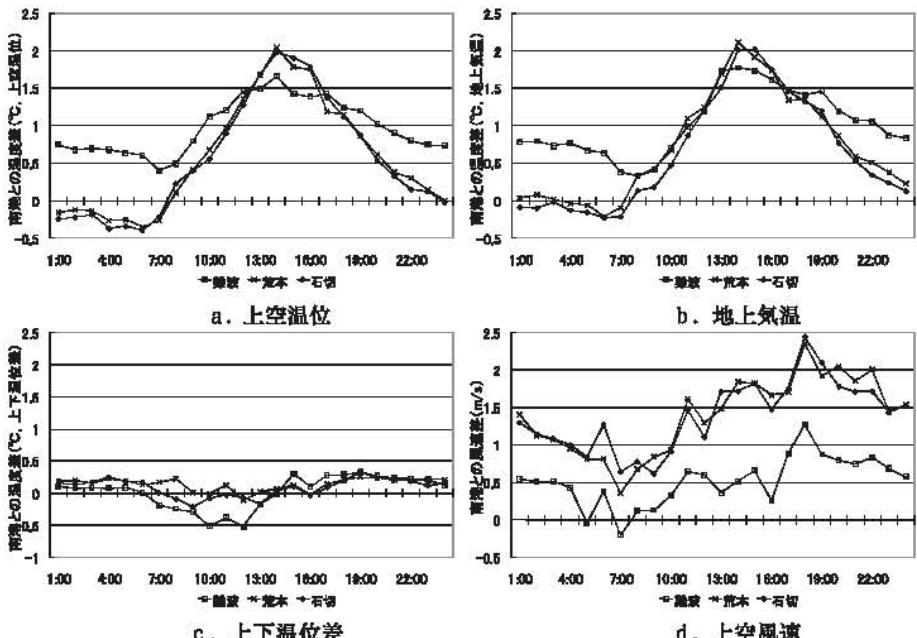


図14 2006年8月全日の時刻別平均値の南港との差

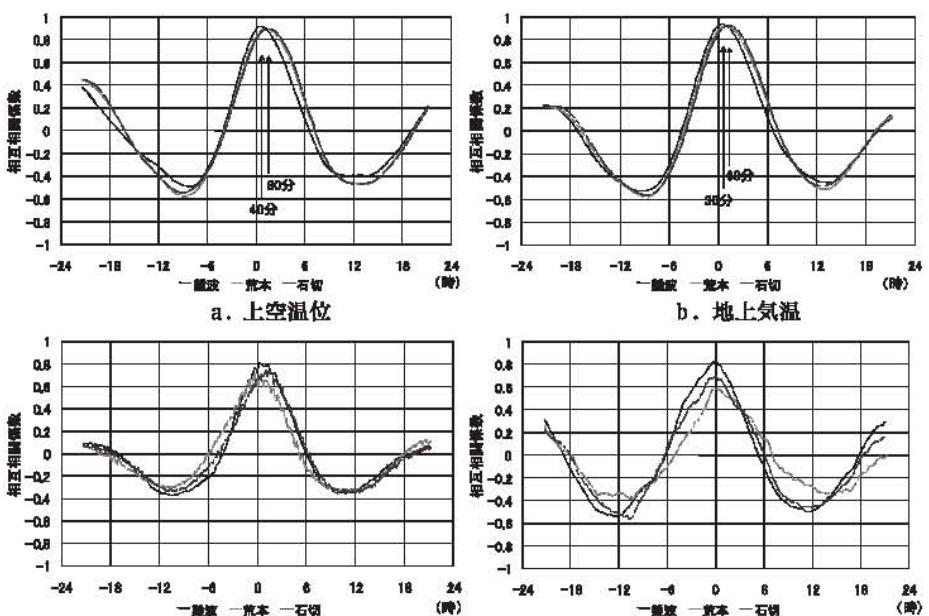


図15 南港と各地点の相互相関（2006年8月全日のデータより）

内へ誘導することは、市街地内へ冷涼な空気を導くのではなく、地表付近の風通しの改善が主なターゲットになると考えられる。このことは、気温緩和効果のポテンシャルは小さいが、ある程度の風速を持った海風が上空に進入してくる内陸においても検討すべき事項であると思われる。

謝辞

測定器設置にあたりご協力頂いた関西電力株式会社、NTTコミュニケーションズ株式会社の関係者の皆様に謝意を表します。本研究は空気調和・衛生工学会近畿支部都市平熱化委員会（委員長：水野稔）の活動の一環として実施した。鉄塔への測定器の設置及びデータの収集は大阪市立大学中尾研究室、大阪大学水野研究室との共同で実

施したものである。本研究は科学研究費補助金若手研究B(代表:竹林英樹, 20760388), 基盤研究B(代表:森山正和, 20360261), 財団法人住友財団平成20年度環境研究助成(代表:竹林英樹, 083075)の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) Masuda, Y., Ikeda, N., Seno, T., Takahashi, N. and Ojima, T.: A Basic Study on Utilization of the Cooling Effect of Sea Breeze in Waterfront Areas along Tokyo Bay, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol.4, No.2, pp.483-487, 2005.11
- 2) 佐々木澄, 持田灯, 吉野博, 渡辺浩文, 吉田知弘: 海風が卓越する夏季晴天日における規模の異なる3つの太平洋沿岸都市, 東京, 仙台, 原町の中心部の大気部熱収支構造の比較, 一気候数値解析に基づく都市気候の地域特性の定量化(その1)ー, 日本建築学会環境系論文集, 第595号, pp.121-128, 2005.9
- 3) 竹林英樹, 森山正和: 海風の影響を受けた都市ヒートアイランド現象, 日本建築学会技術報告集, 第21号, pp.199-202, 2005.6
- 4) 久保田徹, 三浦昌生, 富永禎秀, 持田灯: 実在する270m²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, 建築群の配置・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, 第529号, pp.109-116, 2000.3
- 5) 久保田徹, 三浦昌生, 富永禎秀, 持田灯: 風通しを考慮した住宅地計画のための全国主要都市におけるグロス建蔽率の基準値, 建築群の配置・集合形態が地域的な風通しに及ぼす影響 その2, 日本建築学会計画系論文集, 第556号, pp.107-114, 2002.6
- 6) 義江龍一郎, 田中英之, 白澤多一, 小林剛: 高層密集市街地における建物群の形態が歩行者レベルの風速・気温分布に与える影響, 日本建築学会環境系論文集, 第627号, pp.661-667, 2008.5
- 7) 成田健一, 関根毅, 篠岡利一: 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, 第366号, pp.1-11, 1986.8
- 8) 竹林英樹, 森山正和, 三宅弘祥: 気候資源としての風の利用を目的とした街路形態と街路空間の風通しの関係の分析, 日本建築学会環境系論文集, 第635号, pp.77-82, 2009.1
- 9) 加藤信介: 都市境界層の鉛直乱流輸送能力に関係づけられた市街地ポイド空間の風環境評価, 第15回空気シンポジウム「都市空間の換気・通風と風の道」, pp.63-66, 2006.9
- 10) 大岡龍三, 佐藤大樹, 村上周三: 海風の内陸部進入に関するメソスケール数値解析と平均運動エネルギー収支分析に基づく海風阻害要因の定量化, 日本建築学会環境系論文集, 第632号, pp.1201-1207, 2008.10
- 11) 佐藤大樹, 大岡龍三, 村上周三: メソスケール数値解析による海風の進入経路に沿った移動領域の顯熱・潜熱・平均運動エネルギー収支分析, 日本建築学会環境系論文集, 第630号, pp.1029-1035, 2008.8
- 12) 片山忠久, 石井昭夫, 西田勝, 林徹夫, 堀純一郎, 塩月義隆, 北山広樹, 高山和宏, 大黒雅之: 海岸都市における河川の暑熱緩和効果に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文集, 第418号, pp.1-9, 1990.12
- 13) 橋本剛, 船橋恭子, 堀越哲美: 海風の運河週上による都市暑熱環境の緩和効果ー名古屋市の堀川及び新堀川における事例ー, 日本建築学会計画系論文集, 第545号, pp.65-70, 2001.7
- 14) 清田忠志, 清田誠良: 夏季の広島市広域圏における海陸風が気温に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第587号, pp.45-51, 2005.1
- 15) 十二村佳樹, 渡辺浩文: 海風の夏季都市気温緩和効果に関する研究ー気温の長期多点同時測定と観測風データに基づく分析ー, 日本建築学会環境系論文集, 第623号, pp.93-99, 2008.1
- 16) 谷口明, 清田誠良, 清田忠志: 沿岸都市における海風が有する都市域の高温化現象の緩和効果に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第625号, pp.379-384, 2008.3
- 17) 橋本剛, 堀越哲美: 定点観測に基づく名古屋市堀川を週上する海風と風の道としての効果に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第634号, pp.1443-1449, 2008.12

本論文に関する既発表論文

- 1) 竹林英樹, 森山正和: 上空気象データを用いた海風による気温低下に関する考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, pp.705-706, 2007.8

(2009年3月4日原稿受理, 2009年5月21日採用決定)