

播磨平野 (姫路) の海陸風の統計的解析—海面水温との関係

河野 仁*・西塚 幸子*

要 旨

夏季の暑さ対策に自然の風を利用する立場から、播磨平野西部の海陸風頻度、海面水温と海陸の気温差について統計的な解析を行った。解析には1996年度1年分の姫路市所管の7箇所の大気測定局の風データ及び4箇所のアメダスの風と気温データを使用した。解析の結果、次の結論を得た。播磨平野では、夜間に北よりの風が非常に多く、季節を問わず吹く。これは陸風とも言えるし、中国山地からの山風とも見ることが出来る。陸風が1年を通じて発生している理由は、内陸の日最低気温が、ほとんど1年中海面水温より低いことによる。海風は春から夏にかけては多く、秋から冬にかけては非常に少ない。その理由は、内陸の日最高気温が春から初秋は海面水温を上回るが、秋から冬の間は海面水温をわずかに下回るためである。時刻別の海陸の気温差と姫路市の風向の変化はよく対応し、夜間の北よりの風は陸風、日中の南よりの風は海風に対応する。姫路市のヒートアイランドは大阪等の大都市に比べると弱い。

1. はじめに

西日本の夏は高温多湿の気候下にあり、暑い夏をいかに快適に過ごすかというために様々な工夫がされてきた。自然の風の利用がその1つである。風は体感温度を下げ、また室内に導くことにより室内の気温を下げる等の効果がある。近年、大都市では、ヒートアイランドによって熱帯夜日数が増加する等により、夜間冷房の使用が増加するという問題も発生している。そこで、その対策の1つとして風を都市内に導く「風の道」が検討されている(日本建築学会, 2000)。また、ドイツのシュツットガルトでは、大気汚染対策のために夜間の斜面下降流を都市内部に導入する「風の道」の確保を、都市計画に組み込むことも行われている。このように自然の風を積極的に利用する立場での研究が始まっている。夏の暑さ対策に風を利用する立場からは、地域の風の特徴、海陸風あるいは山谷風の持続時間、開始時刻、風速について知ることが重要である。瀬戸内海の手海陸風についての研究は数多くあり

(大阪管区気象台, 1971, 1972; Mizuma, 1995), 「瀬戸の夕風」という言葉は有名である。根山(1982)によると、陸風、海風の発達や風の持続時間については瀬戸内海の複雑な地形を反映して地域によりかなり差がある。また、姫路市や広島市は一定の強さの陸風が出るが、岡山の陸風はかなり弱いことがわかっている。姫路市を含む播磨平野の風に関しては、北林(1976)が海陸風の進入時刻について調べているものの、播磨平野の手海陸風が月別時刻別にどれぐらいの頻度で出現するのか、また、海陸の気温との関係については調べられていない。そのため、本研究は、夏季の暑さ対策に自然の風を利用する立場から、瀬戸内海の代表的中規模都市(人口54万人, 2006年)である姫路市を対象に、その海陸風頻度について統計的な解析を行った。

本研究は海陸風と海面水温、海陸の気温差との関係に焦点を当てて、日変化、季節変化について調べたところに特徴がある。また、これまで姫路市のヒートアイランドに関してもよく分かっていないのでここで合わせて検討を行った。

姫路市の地形の特徴は、北方に標高200 m~500 mの山があり、この山は中国山地へつながっている。ま

* 兵庫県立大学環境人間学部。

—2006年3月13日受領—

—2006年7月25日受理—

た姫路市が位置する播磨平野西部は、中国山地を南北に横切る谷の出口にあたり、市川、夢前川、揖保川の3本の河川が平野に流れ込んでいる。南方は瀬戸内海（播磨灘）に面し、平野の南北方向幅は約7 kmである。

2. 方法

第1図に示す姫路市所管の大気測定局（広畑、網干、飾磨、白浜、御国野、飾西、林田）の風データ及びアメダス（姫路、福崎）の風データとアメダス（家島、姫路、福崎、生野）の気温データを、月別、時刻別に調べることによって、海陸風や山谷風の季節的な出現頻度、出現時刻を明らかにした。解析に使ったデータの観測期間は全て1996年度、1年間分である。

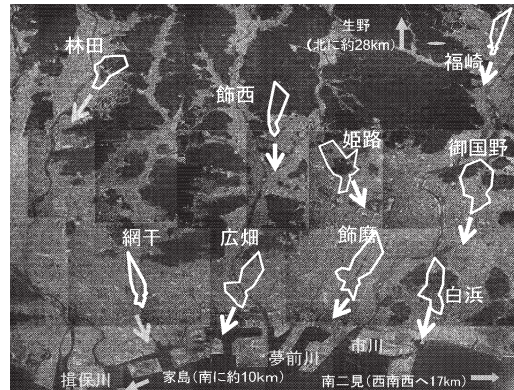
また、姫路のヒートアイランドを解析する目的で、姫路と内陸の福崎の気温比較を行った。

海陸風をとらえるため、海陸の表面温度（または気温）と風向の関係を解析した。海上に関しては、海面水温と海上気温の観測データはあるが、陸地の表面温度観測データがないので、陸上の気温で代表させた。海上気温は家島、陸上気温はアメダス姫路と内陸部の福崎、及び生野測定局の気温データを使用している。内陸の気温の代表とした福崎は、姫路の海岸線から21 km北にあり、生野は同じく海岸線から北方向へ45 kmの距離にあり、中国山地内の谷間に位置する。家島は海岸線から10 km離れた播磨灘にある。なお、気温は全て標高0 mに高度補正した。播磨灘の海面水温については兵庫県水産技術センター（1996）が明石市南二見とそこから西へ44 km離れた家島で水温の観測をおこなっているが、1996年度のデータが全てそろっている南二見の観測データを使用した。なお、南二見の観測データが播磨灘の海面水温を代表するかという問題に関しては、家島で観測が行われた1997年2月と3月の2か月間について、両地点の水温差がほぼ0.5°C以下であることを確認している。

3. 結果と考察

3.1 年間の風配図

第1図は姫路市の年間の風配図である。大きな特徴としては、海岸線にほぼ直角方向にあたる北よりの風向頻度が高い。さらに、一般場の風向を調べるために米子における850 hPa面（高度約1500 m）の高層風観測データ（1996年）を1年間集計し、風向の頻度分布を調べた。その結果、一般場の風向は西よりの風が大



第1図 姫路市の年間風配図と地形（矢印は主風向、風配図は上が北、16方位、風向頻度は全体が100%、背後の写真は国土交通省の国土画像情報から引用）。

部分を占め、北よりの成分は少ないことがわかった。そのことから、第1図の北よりの風は局地風であると考えられる。

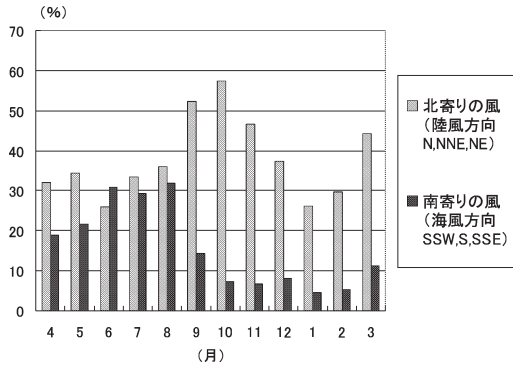
この北よりの風は、観測地点により主風向がNWからNEの範囲にばらついている。ここではこの北よりの風を「陸風方向の風」と言う。また、南よりの風もいくらか頻度があり、これを「海風方向の風」と言う。海陸風については研究者により様々な定義の仕方があり、シノプティックスケールの気圧傾度が小さく、しかも晴天であるというのが一般的な条件とされている。しかし、本研究では、そのような特定日の抽出は行わず、年間の全てのデータを扱い、後に海陸の気温の日変化と風向との関係を解析し、この南北方向の風が海陸風としての特徴を備えていることを示す。

第1図から播磨平野の風の特徴として次のことが言える。(1) 陸風方向の風が海風方向の風と比べてきわめて多い。例えば姫路市のほぼ中央に近い広畑では陸風方向（N, NNE, NE）が38%に対して、海風方向（SSW, S, SSE）は16%である。これに対して、大阪平野（大阪市）の場合には陸風方向と海風方向の頻度が約半々である（大阪市, 2005）。(2) 陸風方向の風は姫路市内でも北を中心にNWからNEの範囲に広がりを持つが、川に近い測定局では川にほぼ平行に風が吹いている。姫路測候所は夢前川と市川の間に位置し、やや夢前川に近い。ここでは北西から北北西の風向頻度が高いが、これは夢前川の谷の出口方向にあたり、夢前川に沿う山風が入ってきていると思われる。このように姫路市域の風はこの地域の地形の影響

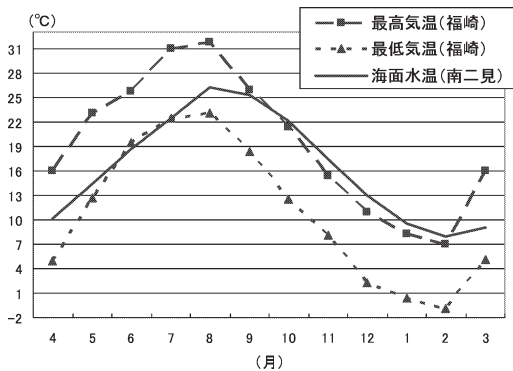
を強く受けている。

3.2 海陸風の季節変化

次に広畑測定局の風データを使って、姫路の平野の陸風方向と海風方向の風向頻度を月別に調べたのが第2図である。この広畑測定局は姫路市の平野の海岸部に比較的近く、東西方向の中間に位置するので、以下、姫路市の平野の風は広畑測定局で代表させる。広畑測定局では夢前川に沿う風が卓越している。陸風方向の風向頻度は、6月に最小であり、その後秋季に増加し10月に最大（60%）となる。しかし、冬季に陸風方向の風向頻度は減少し、1月に最小（約25%）となる。これは、冬季には大陸からの季節風の影響が大きいためと考えられる。これに対して、海風方向の風向



第2図 月別の陸風方向（N, NNE, NE）と海風方向（SSW, S, SSE）の風の割合（広畑測定局）。



第3図 播磨灘（明石市南二見）の海面水温と内陸（福崎）の日最高気温および日最低気温の月平均値。

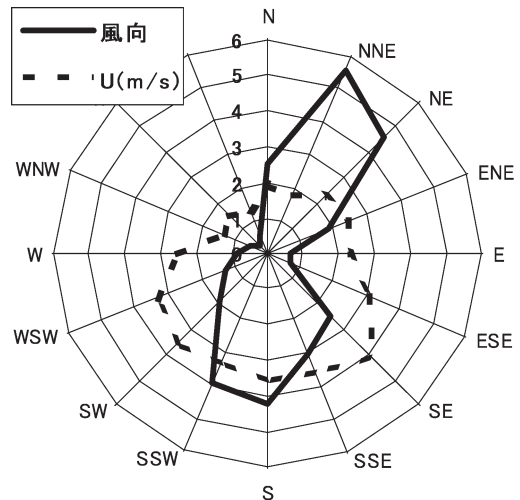
頻度は夏季の6月から8月にかけて最大（約30%）となり、冬季（1月）に最小（約4%）となる。

内陸にある福崎の日最高および日最低気温の月平均値と海面水温の関係を見たのが第3図である。なお、海面水温は季節変化するが、その日変化は季節変化に比べきわめて小さいので無視できる。内陸の日最高気温が海面水温を平均的に上回るのは3月から9月であり、10月から2月の間は内陸の日最高気温は海面水温をわずかに下回る。これは、海風方向の風の月別頻度とよく対応しており、4月から8月にかけて海風方向の風は多く、夏場には30%を超えるのに対して、10月から2月にかけては5%前後と非常に少ない。これに対して、内陸の日最低気温はほとんど1年中海面水温より低い。これは陸風が1年を通じて多く発生（最も少ない6月でも25%発生）していることに対応している。

3.3 夏季の海陸風、ヒートアイランド

次に夏（8月）と冬（1月）の風系の特徴を詳しく調べた。8月の姫路（広畑測定局）の風配図と風向別平均風速を第4図に示す。ここでは、広畑測定局で姫路の風を代表させている。8月は陸風方向（36%）と海風方向（32%）の風が多く、両者で全体の大部分（68%）を占める。

さらに、時刻別に海風方向と陸風方向（N, NNE, NE）の風向頻度を調べた。その結果を第5図に示す。海風方向の風は日中多く、13時に最大（80%

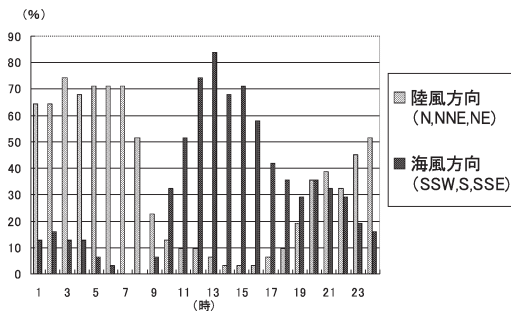


第4図 8月の風配図と風向別平均風速 U (m/s)（広畑測定局）図中の目盛数字は U (m/s)、風配図は全風向の合計が100%。

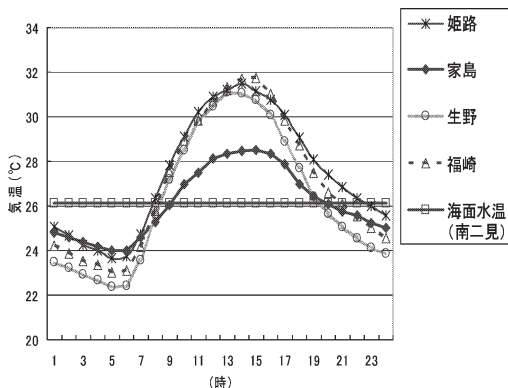
以上)となり、夜間から明け方にかけては少なくなる。朝5時から9時の間は5%未満と非常に少なくなる。逆に陸風方向(N, NNE, NE)の風は日中数%と少ないが、日没頃から増え出し、深夜1時から朝7時までには非常に多くて、最大で70%を超える。

風速は、第4図に示すように、海風方向で3~4 m/s, 陸風方向2 m/s程度である。なお、風速は地上19 mの高さの測定値である。

8月の海陸の気温差および海面水温との関係について調べたのが第6図である。朝8時には海上(家島)も姫路市も内陸(福崎, 生野)もほとんど同じ気温であるが、日中には内陸の気温は海上の気温より約2°C高く、海面水温より最大で5°C高くなる。夜20時頃には海上気温と内陸生野の気温は等しくなり、その後、明け方にかけて内陸の気温は海上の気温より下がり、明け方には2°C低くなり、海面水温より3°C低くなる。これは姫路市の風向の変化とよく対応しており、



第5図 8月の海風方向(SSW, S, SSE)と陸風方向(N, NNE, NE)の風の割合(広畑測定局)。



第6図 海陸の気温, 海面水温(8月)。

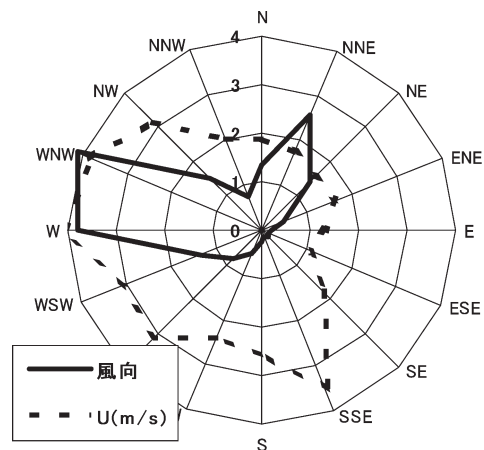
この結果から日中の南よりの風は海風、夜間の北よりの風は陸風にそれぞれほぼ対応していると言える。

次に、第6図において、姫路市のヒートアイランドを調べる目的で、姫路と福崎, 家島の気温を比較した。深夜から明け方にかけて、姫路は内陸の福崎よりは0.5°C程度高いが、家島よりは0.5~1°C低い。昼間は姫路と福崎の気温差はほとんど無く、家島は福崎より3°C低い。ヒートアイランドよりは海陸の気温差の方が大きく影響しているようである。なお、姫路測候所の位置は市街地の中ではあるが、1点での情報なので、ここで得られた情報は姫路市のヒートアイランドに関する1つの指標と考える。姫路市のヒートアイランドを詳細にとらえるには別途面的な測定が必要と考える。

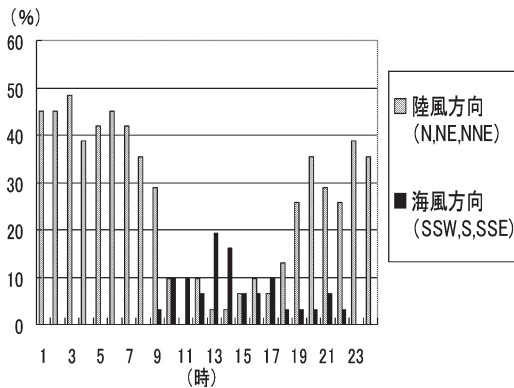
3.4 冬季の海陸風, ヒートアイランド

次に1月の風配図と風向別平均風速を第7図に、時刻別の海風方向(SSW, S, SSE)と陸風方向(N, NNE, NE)の風向頻度を第8図に示す。風配図では西よりの風が最も多く、約50%を占める。これは、冬季の季節風であると考えられる。陸風方向の風は夜間19時から朝9時まで30~40%の頻度である。海風方向の風は日中13時から14時を中心にならざるを得ない。風速は西風が最も強く約4 m/sである。

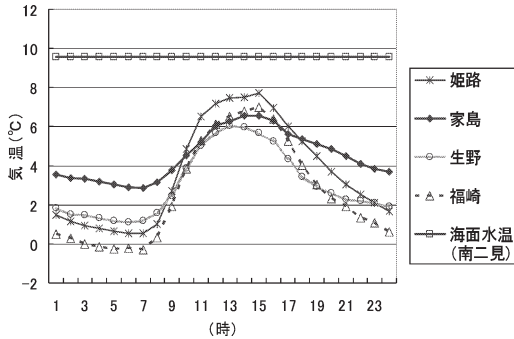
1月の海陸の気温差および海面水温との関係について調べたのが第9図である。1月平均の内陸の気温はどの時刻においても海面水温より低い。これは、冬季は陸風が支配的であり、海風が少ないことを意味す



第7図 1月の風配図と風向別平均風速 U (m/s) (広畑測定局) 図中の目盛数字は U (m/s), 風配図は全風向の合計が100%。



第8図 1月の陸風方向（N, NNE, NE）と海風方向（SSW, S, SSE）の風の割合（広畑測定局）。



第9図 海陸の気温、海面水温（1月）。

る。日中11時から15時までは内陸（福崎）の気温が家島（海上）の気温よりも平均的に高い。家島の気温は海面水温の影響を強く受けているだろうが、陸地なので海上よりは日変化が大きいと思われる。

夜間、家島（海上）の気温は内陸よりも約2°C高いことから、夜間の陸風は発達できる条件にあると言える。

冬季のヒートアイランドに関しては、姫路の気温は内陸の福崎よりも昼夜共に0.5~1°C高い。この結果から、冬季、姫路では幾分ヒートアイランドの影響が見られる。しかし、姫路では都市と郊外の気温差よりは、むしろ海陸の気温差の方が大きい。（なお、内陸の生野の気温は24時から8時にかけて姫路の気温より高くなっているが、生野は冬季、日本海側気候の影響を受け、姫路と比べて曇り日が多く、夜間の放射冷却

が妨げられるためと考えられる。）

3.5 播磨平野西部における海陸風と山谷風の相互干渉についての考察

姫路市が位置する播磨平野西部は中国山地を南北に横切る谷の出口にあたり、市川、夢前川、揖保川の3本の河川が平野に流れ込んでいる。河川の方向は海岸線に直角である。播磨平野のスケールは姫路市付近で南北に7 km なのに対して、谷の長さが非常に長いという特徴をもっている。例えば、市川は長さが南北に73 km、揖保川は70 km、夢前川は38 km あり、流域面積も3河川合わせて1511 km²と広い。このことから、山谷風の規模が大きいことが予想できる。しかも、山谷風の方向と海陸風の方向がほぼ同じである。風のデータの解析結果において、河川に沿って北よりの陸風が吹いていることから、この風は山風としての性格を合わせもっていると推定できる。また、播磨平野では海風の進入時刻が河川に近い地域が早く、海風は同時に谷風の性格をもつという解析が、北林（1976）によって行われているが、本論文の解析結果と整合している。

4. 結論

播磨平野（姫路）の風と、海面水温、海陸の気温差との関係に焦点を当てて、日変化、季節変化について1年間の観測データを使って統計的な解析を行い、次の結論を得た。

(1) 播磨平野では、夜間に北よりの風が非常に多く、河川に平行に、季節を問わず吹くという大きな特徴がある。この風速は2 m/s 程度である。これは陸風とも言えるし、中国山地からの山風とも言えることができる。陸風が1年を通じて発生している理由は、内陸（福崎）の日最低気温が、ほとんど1年中海面水温より低いことによる。

(2) 海風は春から夏にかけて多く、海風の頻度は夏場に30%を超えるのに対して、秋から冬にかけては5%前後と非常に少ない。その理由は、内陸の日最高気温は春から初秋は海面水温を上回るが、秋から冬の間は海面水温をわずかに下回ることによる。

(3) 海陸の気温差と姫路市の風向の時刻別変化を調べたところ、両者はよく対応している。夜間の北よりの風は陸風に、日中の南よりの風は海風に対応する。

(4) 姫路市のヒートアイランドは大阪などの大都市に比べると弱い。都市と郊外の気温差よりは海陸の気温差の方が顕著である。

本解析結果から、姫路における夏季の暑さ対策として、夜間、播磨平野に吹く北よりの風を住宅に導入できるように住宅設計や、都市計画を行うことが重要であると言える。

参 考 文 献

兵庫県水産技術センター，1996：平成8年度兵庫県立水産試験場事業報告，140-145。
北林興二，1976：海陸風の統計的解析，公害，11，288-306。

Mizuma, M., 1995: General aspects of land and sea breezes in Osaka Bay and Surrounding area, J. Meteor. Soc. Japan, 73, 1029-1040.

根山芳晴，1982：瀬戸内の海陸風について，天気，29，653-668。

日本建築学会編，2000：都市環境のクリマアトラス，ぎょうせい，1-113。

大阪管区气象台，1971：近畿の風，170pp。

大阪管区气象台，1972：瀬戸内海の海陸風，186pp。

大阪市，2005：大阪市環境白書，30。

Statistical Analysis of Land and Sea Breeze in Harima Plain (Himeji City) - Relation between Sea Surface Temperature and Wind

Hitoshi KONO* and Sachiko NISHIZUKA*

* *University of Hyogo, 1-1-12 Shinzaike-honcho, Himeji City, Hyogo, 670-0092, Japan.*

(Received 13 March 2006 ; Accepted 25 July 2006)
