

岡山周辺の海陸風について*

佐橋 謙**

要約

瀬戸内海の大瀬灘と播磨灘との中間にある岡山市周辺では、その地理的位置から見て、標本的な海陸風とは違った循環が見出されるのではないかと推定のものに、岡山周辺の地上風の資料を解析した。

その結果、昼間の風すなわち海風と見なされるものが、南西寄りの場合(A型)と、南東寄りの場合(B型)との2つの場合があり、岡山周辺ではある日には大瀬灘の海陸風循環が、また別の日には播磨灘のそれが卓越するからであると考えられそうな事がわかった。

一方、これを確かめるために行なったパイボール観測の結果によれば、A型の場合には、いわゆる back current の存在が明瞭でなく、また米子のゾンデ資料によってもこの時は上層風がB型の時に比べて相当強く、B型は純粋な海陸風と見ても良さそうだが、A型の場合は一般風の影響を強く受けているのではないかと示唆が得られた。

1. はじめに

瀬戸内海の大瀬灘と播磨灘との中間にある岡山市周辺では、その地理的位置から見て、標本的な海陸風とは違った循環が見出されるのではないかと推定のものに、岡山周辺の地上風の資料を解析した。

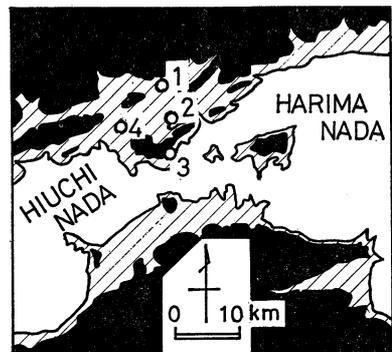
瀬戸内海の大瀬灘と播磨灘との中間にある岡山市周辺では、その地理的位置から見て、標本的な海陸風とは違った循環が見出されるのではないかと推定のものに、岡山周辺の地上風の資料を解析した。

もし、そのようなことがあるとすれば、それは瀬戸内海のような、やや複雑な地形を持つ海域での海陸風を考える時の一つのモデルともなり、そのような場所での局地循環あるいは大気汚染その他生活環境の問題(たとえば、佐橋, 1975)を取り扱う場合の特別な注意事項を提供するものとも考えられる。

以上のような見地に立って、岡山市周辺の気象官署な

どで得られている風の記録を解析した。使用した資料は、岡山地方気象台、同岡山空港分室、同玉野通報所(現在廃止)、岡山大学農業生物研究所のそれぞれコーシンベンによる10分間平均風向と、三杯風速計による同じく10分間平均風速(岡山大、農業生物研究所については、風速もコーシンベンによる)、それに岡山大学教育学部におけるパイボール観測記録などである。

第1図に、資料を使用した観測地を含む周辺の地形図を示す。図中の1から4までの数字は観測地を上記の順



第1図 地形図。白丸は資料を使用した地点。1: 岡山地方気象台 2: 同空港分室 3: 同玉野気象通報所 4: 岡山大学農業生物研究所(倉敷)。岡山市街は1と2との間に拡がっている。図中の黒色部分は海拔高度100m以上の地域を示す。

* On the land and sea breeze around Okayama area.

** K. Sahashi, 岡山大学教育学部。
—1977年12月2日受領—
—1978年3月2日受理—

に示しており、1が岡山地方気象台、4が倉敷にある岡大農業生物研究所である。なお、パイポール観測点の岡大教育学部は図の1から約300mしか離れていない。また、図の黒色部は海拔高度100m以上の地域を示しており、岡山市街地の南側には100m以上の丘陵があり、むしろ、南東側と南西側とが低地となって海に続いていると見てよさそうである。

2. 予備的考察

予備知識として、岡山市付近に吹く海陸風の一般的性状を知るため、次のような調査を行なった。まず、次の4条件をすべて満たす日を、海陸風が卓越するであろう日として選んだ。

- (1) 西日本が高気圧圏内にあること。
- (2) 福岡および大阪の天気、快晴、晴れ、またはくもりであること。
- (3) 上記2地点での風力が、2またはそれ以下であること。
- (4) 上記(1)から(3)までの条件が2日以上連続していること。

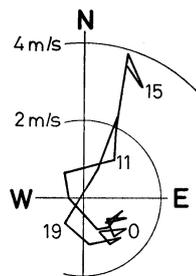
これらの条件は、そのような日は一般場の風が弱く、局地循環が発達するであろうという想定のもとに設定したもので、さらに、縮刷天気図から該当日を抽出する時の便宜も考慮して設定したものである。

1971年の1月から12月までの1カ年間について、上記4条件を満たす日を探したところ、全部で73日を選び出された。これを、一般的な四季の区別を基礎にしたうえ、上記条件(1)の高気圧を、便宜上、大陸の高気圧の張り出しによるもの、移動性高気圧によるもの、オホーツク高気圧によるもの、それに小笠原高気圧によるものに分け、冬、春、梅雨、夏、秋という5つの季節に分けた。四季の区分をこのようにしたのは、たとえば、一般的には秋とされる9月にも、上旬には太平洋高気圧の影響が強い場合もあり、そのような時にはむしろ夏と分類した方が合理的な場合もあるからである。このような分類に従って各季節毎の出現回数を求めると、第1表のようになった。

次に、これら73例の日についての平均的な風の日変化を見るため、岡山地方気象台の日記紙から毎正時前10分間の平均風向と風速を読み取り、時刻別に風速のベクトル平均を求め、ホドグラフを作成した。読み取りに際して、記録の判別しにくい時刻が1回でもあった日は、その日の全部を使用しないことにしたため、ホドグラフの作成に使用した日数は67日となった。

第1表 海陸風が卓越しそうな日の出現回数(1971年)。

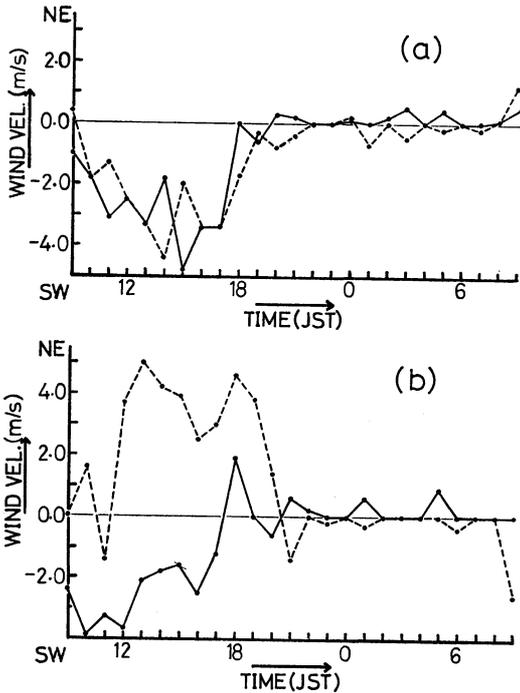
季節	期間	出現回数
冬	10月末より2月末まで	22
春	3月初めより5月末まで	15
梅雨	6月	3
夏	7月初めより8月中旬まで	16
秋	8月下旬より10月中旬まで	17
合計		73



第2図 海陸風の卓越しそうな日のホドグラフ。岡山地方気象台の1971年の年間の資料による。折線(ホドグラフ)のそばの数字は時刻を示す。

第2図に、このようにして得られたホドグラフを示す。ここで、太い折線が各時刻別に平均した67例の風のベクトルの終点を時刻順に結んだもので、そのそばの数字は時刻を示している。多少複雑な形をしているものの、昼間は2~4 m/sの南西ないし南南西の、夜間は2 m/s以下の弱い北ないし北西の風が卓越することを示している。つまり、海岸線が東西であった時の典型的な海陸風が、一見、岡山にも吹いているように見える。

ところが、上述のように67例を全部一緒に平均操作をしてしまうのでなく、1日ずつを別々に見ると、南南西の風というのは岡山地方気象台の上記67例のうちの昼間には殆んど見られないことが示される。このことは、67例について、それぞれ各時刻毎の風速ベクトルの東西および南北分値を算出し、その大きさを検討することによってより明瞭に調べることができる。第3図にその例を示す。図で、実線は南北分値を、点線は東西分値を表わしている。したがって、もしある時刻に南南西の風であれば、その時は実線が負の値で大きく、点線は小さな負の値をとることになるが、この図で示されているよう

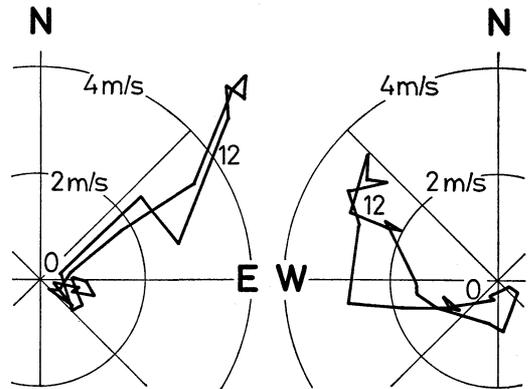


第3図 海陸風の卓越する日の風速ベクトルの南北分値(実線)と東西分値(点線)の時間変化。(a)海風が南西の時の例, 1971年7月29日。(b)海風が南東の時の例, 1971年8月11日。

に、間歇的にそのような状態になることもある(たとえば、同図(a)の11時など)が、だいたい昼間には実線も点線も絶対値で同じくらいの値を示している。

一方、このような毎日の時刻毎の風向についての検討を行なってみると、昼間に南西風の卓越する第3図(a)のような場合と、昼間に南東風が卓越する同図(b)のような場合との2つの場合にかなり明瞭に分離されることが分かった。一般に海陸風が卓越すると言われる夏期の例について言えば、第1表に示した16例中7例は第3図(a)の型に、残り9例が同図(b)の型に分類できた。

そこで、これらの各々の例について別々に、すなわち昼間南西風の卓越する場合と、昼間南東風の卓越する場合とについて、それぞれ各時刻毎のベクトル平均を求めホドグラフを作成すると、第4図のようになった。図の左側が昼間南西風が、右側が昼間南東風が卓越する場合を示す。前掲第2図と比較して明らかなように、昼間南南西の風はなく、海風としては南西または南東の2種類のものに分けられそうなが分かる。



第4図 海陸風の卓越する日の2種類の平均ホドグラフ。岡山地方気象台の1971年の夏の資料による。左側が南西の海風が、右側が南東の海風が発達する場合の、それぞれ平均を示す。

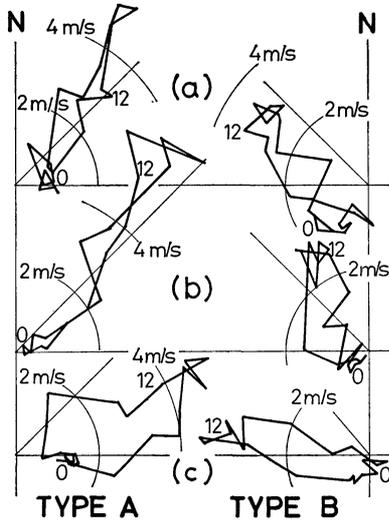
このことは、第1図の地形図とあわせて考えると、岡山地方気象台の位置では南風はむしろ山かげになって吹きにくそうなこと、さらに、岡山が播磨灘と燧灘との境界に位置すること、などと関係がありそうに思える。

いずれにしても、第2図に示された南南西の風というのは平均操作をしたために生じた見かけのものであり、実在しないものであることは、このような平均操作を行なうことの多い、この種の気象学的な調査において留意されるべきことであろう。

3. 岡山周辺の海陸風のホドグラフによる考察

前節で、岡山地方気象台の風の記録を解析し、海陸風の卓越しそうな日の風速ベクトルを時刻別に平均してホドグラフを作成すると、海風として南南西の風が卓越するよう見えるが、それは見かけ上出現したもので、実際には南東または南西の2種類の海風が卓越することを示した。ここでは地域をやや広げ、岡山周辺の他の場所でのどのような風の日変化が見られるかを検討する。

前節で抽出した1971年夏季の南西の海風7例と、南東の海風9例の計16日分について、岡山地方気象台空港分室(第1図の2の地点)、同玉野気象通報所(同3)、それに、岡山大学農業生物研究所(同4)の3カ所の風の資料を前と同様解析しようとした。しかし、南東の海風9例のうち2例が記録読み取りに不確かさの残る所があり、それを除外したので、結局7例ずつについて1時間毎に記録を読み取り、平均ホドグラフを作成した。結果を第5図に示す。ここで、(a)は空港分室、(b)は岡大研究所、



第5図 海陸風の卓越する日の平均ホドグラフ。(a)岡山地方気象台空港分室 (b)岡山大学農業生物研究所 (c)岡山地方気象台玉野通報所。使用した資料は、第4図で使用したものと同日付けのものである。

第2表 第1表のうち、春、夏、秋についてのA型、B型の出現回数。

季節	出現回数		合計
	A型	B型	
春	9	4	13
夏	7	7	14
秋	6	8	14
合計	22	19	41

についても同様の検討を加えたところ、冬期と梅雨期以外は、夏期と全く同じようにA型とB型とに分けられることが見出された。これらの出現回数を季節毎に示すと、第2表の通りである。

いずれにしても、岡山市周辺では、海陸風の吹く日の全部の回数41日のうちほぼ半数ずつがA型とB型とに分かれ、特に、燧灘と播磨灘とを分ける境界でしかも海岸に近い玉野では、海風が吹くとされる昼間に、日によって西風(A型)になったり、東風(B型)になったりするという顕著な現象が見られるのである。

これは、西岡(1973)が述べている「狭い海峡に面する所では、主風向が一定しがたく、変動幅が大きい」ということを別の角度から説明したことになり、変動幅が大きいというのは、気候学的に見た場合にそうなるので、より具体的には主風向が2つあるということなのである。

4. 岡山周辺の海陸風のパイボール観測による考察

一般的に言って、ある風系が海陸風であることの一つの条件として、上層での back current の存在が挙げ得ることは、海陸風系が海陸風「循環」という名で呼びならわされていることから理解されよう。このことは、また、Defant(1951)の引用した古典的なBemmelenのジャカルタでの観測結果以来、数多くの事実でも確かめられて来ている。

そのような観点から、前節で述べたようなA型、B型というような2種類の海風がある時、上層で一体どのような風が吹いているかは大いに興味のあるところである。

そこで、1973年4月から11月までの間、海陸風の卓越しそうな日の11時から15時までの間に、パイボール観測を行なった。観測は、岡山地方気象台から東北東に約300m離れた岡山大学教育学部屋上で行ない、30gの気球を上昇速度100m/分として使用し、1台の測風経緯儀で1分毎の読み取りで実施した。また、観測は原則とし

(c)は通報所の資料によるもので、それぞれ左右に2組ずつのホドグラフが示してある。左側のものは第4図の左側に、右側のものは第4図の右側のものに対応しており、第4図作成に用いられたのと同じ日の資料が第5図でも用いられている。

第5図(a)の空港、(b)の研究所では、左右ともに第4図の岡山地方気象台のそれぞれと非常によく似たホドグラフを示し、(c)の通報所では、第4図をもっと極端にしたような、すなわち、海風の卓越時にその風向が南西または南東というよりも、むしろ西または東といった方が良いような風が吹いていることを示している。このことと、第1図の地形図とを合わせ考えると、前節の最後に述べたような、岡山地方気象台の位置が南風に対して山の風下側に入るから吹きにくいというようなことではなく、それぞれが海陸風ではあるが、ある日には燧灘による方が、またある日には播磨灘による方が、それぞれ卓越するような現象ではないかとも考えられる。

そこで、このような特徴のある海風を持つ海陸風系に対し、仮に前者をA型、後者をB型と呼ぶことにする。すなわち、A型とは南西よりの、B型とは南東よりの海風を持つ海陸風系である。

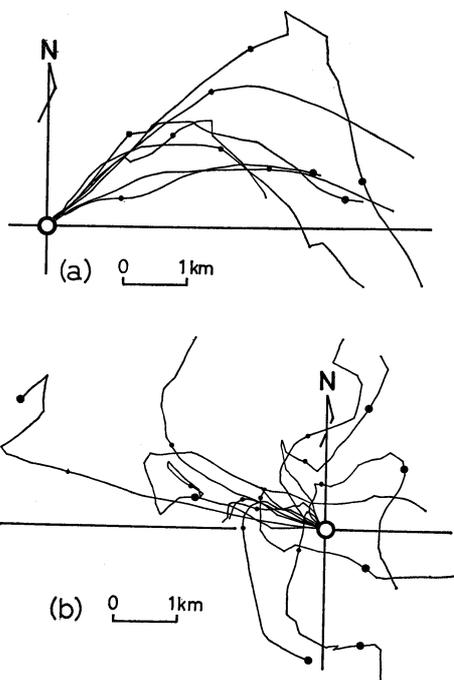
第5図で示したのは、前述の通り、一般に海陸風が卓越すると考えられる夏についてだけであるが、他の季節

て気球高度が 2 km に達するまで継続することにした。観測の上限高度をこのように決めたのは、今までに瀬戸内海周辺で行なわれたパイボール観測の結果（たとえば、宮田, 1972）により、この高度まで観測しておけば、back current が存在するものならまずその内に含まれているはずだと考えたからである。

そのようにして得られたパイボールの資料を解析し、その結果と前節までの論議とを合わせて考察しようとするれば、パイボール観測を行なった日の条件が、前節までの解析で取り上げた日の条件と同じでなくてはならない。そこで、パイボール観測を行なった 125 例のうち、第 2 節で述べた 4 条件を満たしていない日であったものをまず除外し、さらに、測定高度が 1 km に達しないもの、地上風が北風成分を持つものをそれぞれ除き、残ったものの中から、岡山地方気象台の風の資料による地上風と、パイボールによる地上風とが一致するものだけを選び出した。最後の条件は、A型B型の判定は岡山地方気象台の風の資料に頼ることになるから付加したものである。このようにして選ぶと、結局、わずかに 18 例となってしまった。しかし、この数は、好晴日には必ずパイボール観測を実施したという訳でもないので、春、夏、秋のうちで海陸風が卓越する日数を示す第 2 表と比べてもそう少なくもない。

さて、その 18 例について、岡山地方気象台の資料から 1 日毎の hodograph を作成して、A型とB型との判定を行なったところ、前者 7 例、後 11 例となった。そこで、これらについて上層風がどのようなものであるかの考察を行なうため、パイボール観測結果を流跡線図として表現することにした。すなわち、18 例のパイボール観測結果を使用して 18 個の流跡線を書き、A型B型それぞれに分類して、放球点が一致するように重ね合わせて 2 枚の図にしたのが第 6 図である。第 6 図(a)はA型の 7 例を、同図(b)はB型の 11 例を示し、白丸は放球点を、流跡線上の小さな黒丸は高度 1 km の、大きな黒丸は高度 2 km の位置を示している。

この図で特徴的なことは、第 6 図(a)に示すA型の場合は、下層と上層とでの風向の違いが、多くて 90° 程度で、back current の存在があまり明瞭でないのに対し、同図(b)のB型の場合は、それが明瞭なことである。すなわち、B型の場合には、下層と上層とでの風向の差が少なくとも 90°、多い時には 180° もあり、典型的な back current と見て良さそうである。言い換えれば、B型については問題なく海陸風循環だと言えるが、A型の時そ



第 6 図 パイボール観測による流跡線図。白丸は放球点(岡山大学教育学部)。小黑丸は高度 1 km, 大黒丸は高度 2 km の位置を示す。(a)A型(7例)。(b)B型(11例)。

う言い切ってしまうかという疑問が生じる。

このような観点から、もう一度第 4 図や第 5 図を見ると、B型の場合には昼間の風向と夜間の風向とが 90° またはそれ以上違っているのが認められるが、A型ではその違いが明瞭でなく、夜間にも風向はあまり変わらず、ただ強さだけが減少しているような傾向が見受けられる。もっとも、このことは図に見られる通り、夜間は風が弱くそんなに明瞭に特徴づけることは困難であり、いずれにしても、この節に述べたことだけでA型は海陸風循環でないとの断定はできず、一般流との合成を考えれば hodograph がこのような変形を受けることもあり得ることは、Haurwitz (1947) の数値計算によっても示されている。

それにしても、このような一般流との合成も含めて、A型とB型とでは相当に性格の違った海陸風であろうことは、昼間の風向の違いから見て推定できそうである。

ついでながら、B型の場合、back current へ転移する高さはだいたい地上 1 km から 2 km の間であることが、第 6 図(b)に書き加えた黒丸の位置から推定できる。つ

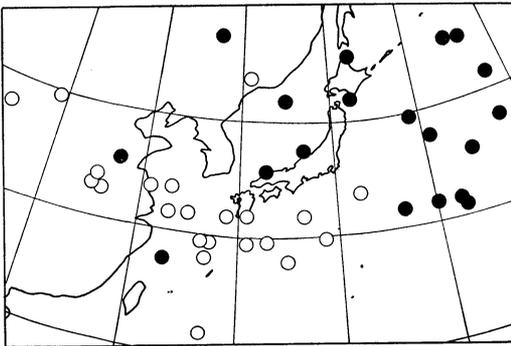
まり、B型の場合、岡山市内での海風の厚みがその程度であることを示していると見て良いであろう。

5. シノプティックスケールでの考察

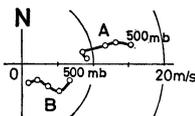
3節および4節で述べたことにより、岡山市周辺ではA型とB型の2種類の海陸風らしい現象があることが、地上風と地上2km程度までの上層風の解析から示された。なぜそのようなことになるのかを考えるための手がかりを得るための一つの手段として、それぞれの型が出現する時に、シノプティックな現象に何か違いがあるかどうかを調べてみた。

2節で述べたように、これら2種類のいずれかの海陸風が存在する時は、岡山付近が高気圧の圏内にあることを条件としている。そこで、その日に岡山付近を覆っていた高気圧の中心がどこにあったかを、第2表の各日について調べた。

結果は第7図に示す通りで、A型の時(図の白丸)はB型の時(図の黒丸)に比べて、高気圧の中心が南ないし西寄りの位置にあることが多いようである。もし、こ



第7図 A型、B型の発現した時、岡山付近を覆っていた高気圧の中心位置(第2表に示した日)。白丸はA型の時の、黒丸はB型の時の位置。



第8図 A型、B型の発現した時の、上層の風のパラメータ(第7図に使用したのと同じ日を平均)。米子のラジオゾンデ資料による。A、Bとも hodograph の右端の白丸の位置が500mb、そこから右へ順に600、700、800、850mbのそれぞれ平均風速ベクトルの終点を示す。

のことが原因になって岡山付近の一般流の向きがA型の時とB型の時とで違うようなことがあれば、Wexler(1946)が引用しているジャカルタでの北西季節風の時と、南東季節風の時の hodograph の違いと同じ事が、岡山付近でも起こっているのかもしれない。

そこで、米子のゾンデ資料を利用して、これらの日に上層でどのような風が吹いているかを調べてみた。米子は岡山から北西へ約100km離れ、間には海拔約1,000mの中国山地があることを考慮して、850mbと、800mbから500mbまでの100mb毎の、合計5高度の、09時の風のベクトルを、第2表に含まれる日の全部についてA型B型の別にベクトル平均し、hodographを作成すると、第8図のようになった。850mbから500mbまでは、高度にしておよそ1,500mから5,500mまでに対応する。

第8図によれば、B型の時には、その時の back current の増強に都合の良い向きの上層風の存在を示しているものの、むしろ、A型とB型との違いは、風速の違いということで特徴づけられようである。すなわち、A型では西よりの一般風が明瞭であるのに対し、B型では一般風が非常に弱いのである。このことは、B型は岡山における純粋な海陸風を示し、A型は一般風と合成された海陸風を示していることになるのかもしれない。

しかし、一般風のベクトルを、今考えている時間および空間のスケールで一定と考え、その一定のベクトルを、たとえば、第5図の右側の列の hodograph に加えてみても、左側の hodograph にならないのは図を見ても明らかで、このような単純な一般風との合成だけでは現象は説明できない。そこには他の要因、たぶん、灘の位置、言い換えれば、海岸線の形のような地形上の要素を考慮しなくてはならないだろう。

6. 結語

岡山付近の地上風の解析によれば、その付近では、2種類の海風、したがって、2種類の海陸風循環が存在するらしいことが分かった。一つは南西の海風(A型)、もう一つは南東の海風(B型)を持つ循環である。すなわち、前者は岡山周辺が燧灘からの海風で覆われ、後者は播磨灘からのそれによって覆われる場合である。さらに、岡山でのパイポール観測の結果や、米子でのゾンデの資料によれば、B型の時は典型的なあるいは純粋な、海陸風と見なせるが、A型の時は一般風によって相当変形を受けているらしい事が示された。

これらのことをもっと明確にするためには、今のよう
な狭い範囲内だけの風の資料についてではなく、より広
域でのそれを検討する必要がある。特にA型の時、岡
山周辺のような灘の境界ではなく、灘の中央に面した海
岸でどのような風が吹いているか、あるいは、一般風と
の関係についてそれぞれの型の時、四国側でどのような
循環が見られるかなどを検討することが望まれる。

謝辞

この研究に当たり、筆者を激励された京都大学山元
龍三郎教授に謝意を表したい。また、資料収集に便宜を
はからって頂いた岡山地方気象台三宅務 防災業務課長
にも謝意を表す。本研究は、資料収集、パイポール観測
に従事した、馬越美江、石川恵子、福田和恵、福島恵子
の各氏に負う所が大きい。

本文中のホドグラフの作成には、岡山大学計算機セン
タを利用した。この研究に要した経費の一部は、日本気

象協会関西本部の研究助成金によっている。

文献

- Defant, F., 1951: Local winds, Compendium of
Met., Ame. Met. Soc., 657.
Haurwitz, B., 1947: Comments on the sea-breeze
circulation, J. Met., 4, 1-8.
宮田賢二, 1972: 瀬戸内海の高陸風に関する研究
(1), 広島女子大学家政学部紀要, 7, 71-88.
根山芳晴, 1973: 瀬戸内海の高陸風に関するシンポ
ジウム報告, 天気, 20, 63-79.
西岡 浩, 1973: 瀬戸内海における高陸風の地域差
について, 天気, 20, 77.
佐橋 謙, 1975: 岡山市近郊のいわゆる夕なぎの定
量的表現について, 岡山大学教育学部研究集録,
41, 1-6.
Wexler, R., 1946: Theory and observations of land
and sea breeze, Bull. Ame. Met. Soc., 27, 272-
287.

月例会「長期予報・大気大循環」の報告

標記の月例会が、3月1日(水)午後(14時~17時)
気象庁予報部会議室で行なわれた。北海道教育大学、気
象大学校、日大生産工学部、日本気象協会、防衛庁、極
洋捕鯨K. K., 日本共同捕鯨K. K., 埼玉工業大学、気
象庁などから、会員約25名の出席があり、討論も活発で
あった。講演要旨は次のとおり。

気温と東西指数

荒井 康(気象庁長期予報課)

極東域の500 mb 東西指数は、90°~170°E の範囲の
40°Nと60°Nの高度差をとったもので、地域と季節で異
なるが、気温とは正相関で、一般に、高指数で高温、低
指数で低温である。最近、夏期にこの相関々係から外れ
る場合、すなわち高指数の低温が、特に注目されるよう
になった。従来低指数の低温は第1種の低温、高指数
の低温は第2種の低温と呼ばれている。東西指数と気温
との関係はよく調べられているが、なお十分でない点
があるので、今回は第2種の低温を中心に統計的な解析を
行なった。用いた資料は1953年から1975年の半年平均値
の平年からの偏差である。

第1表に示したのは、東西指数と札幌および福岡の気
温との四季別の相関係数で、資料の数は夏は437、他の
季節は414である。比較のために、40°N、140°Eの
高度との相関係数を括弧の中に示した。気温との相関は
0.2~0.3の値もあって大きくなく、40°N、140°Eの高

度との相関の方が大きいのが特徴である。東西指数は大
循環の変動との関連で重要なインデックスの一つである
が、これが予報されても、それから気温に翻訳する場合
には、その精度になお問題が残されている。

500 mb 高度、地上気圧の合成図と他の統計的結果か
ら、第2種の低温は強い東谷と関係が深いことが示され
る。この東谷は、40°Nの波数5の発達による場合が
かなりあり、この事実は、昭和52年度の検討会で朝倉等
が1971年8月について指摘している。気温と東西指数の相
関が大きくないことから、高温についても第1種、第2
種を分けて考える必要があり、このことは、各地点、各
季節について言えることである。

冬と夏の天候の関係

久保木光照(気象庁長期予報課)

冬と夏の関係は、古くして新しい問題である。暖(寒)

	冬	春	夏	秋
札幌	0.33 (0.53)	0.33 (0.55)	0.43 (0.62)	0.21 (0.49)
福岡	0.52 (0.71)	0.39 (0.63)	0.22 (0.31)	0.29 (0.55)

第1表 極東域の500 mb 東西指数偏差と気温偏差
の相関係数(半年値)。