

広島における海陸風循環の経月特性*

岸 田 和 博**

要旨

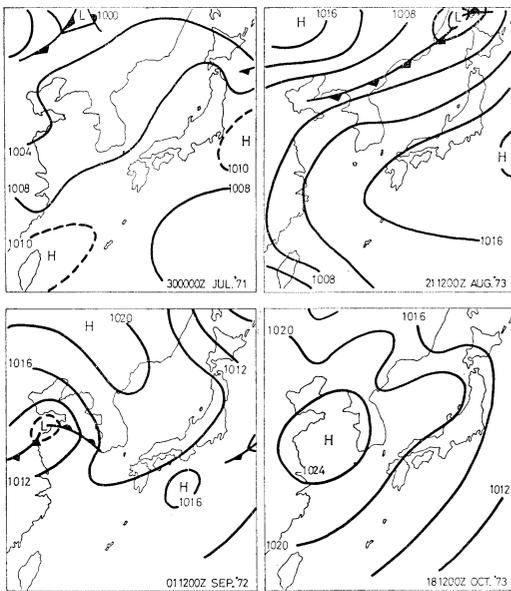
海陸風の卓越し易い日を選んで、広島地方気象台で7, 8, 9, 10月にパイボールによる上層風の特別観測を行ない、一般風が南よりのとき(7, 8月)と偏西風のとき(9, 10月), さらにそれに関連して季節的に日射量と大気温度場が変わることが海陸風循環にどのような形で影響するかを調べた。結果的には循環系の強化は海風が夏に、陸風が秋に顕著となり、それに対しては海上での顕熱の大気中への放出の仕方の相違により、二次的に作用していることも分かった。

1. まえがき

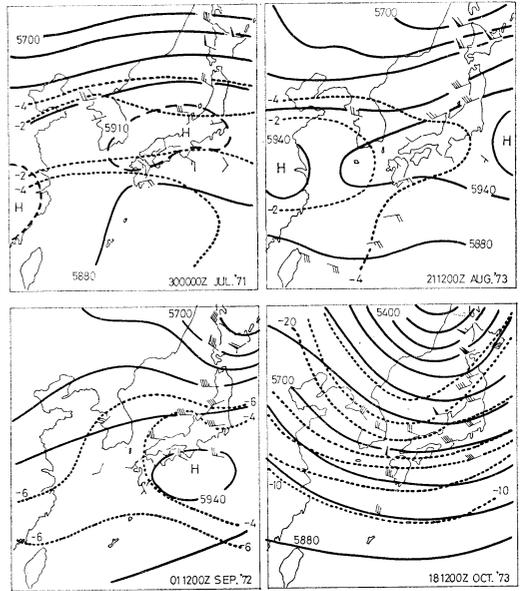
瀬戸内海における海陸風の実態を究明し、内海全域の循環系のモデルを作ることを目途にして、まず広島湾における特別観測が1961年7月30日、1962年9月1~2日、および1963年8月21~22日と10月18~19日に実施された。上層風はパイボールの1点観測により求め、地上と海上の気温はそれぞれ自記紙より得た。

これらの観測結果から得られたそれぞれの海陸風の特

徴については、既に井野・根山(1972, 1973 a, b), 山本(1974)による報告があるが、それらの結果も引用して、ここでは広島地方気象台における海陸風循環が7月, 8月, 9月, 10月で経月的にはどのように変わっているのか、また同じ地形の中で一般場の相違(季節の推移)がどのように影響しているのかを究明した。さらに海面上での熱収支が二次的に関連している海陸風の起因についても調べた。



第1・A図 地上天気図



第1・B図 500mb 天気図

* Month-to-month Characteristics of the Land and Sea Breezes Circulation in Hiroshima

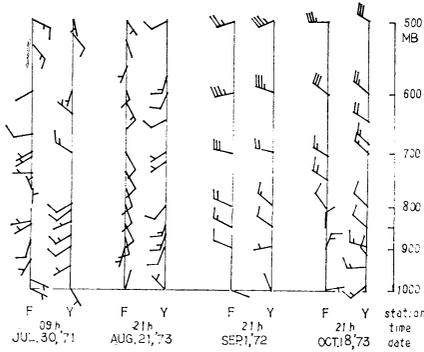
** K. Kishida: 広島地方気象台

—1974年2月27日受理—

2. 一般場の状況

地上の気圧配置(第1・A図)は、7月と8月の場合はいずれも西日本が太平洋高気圧におおわれた状態であり、9月の場合には中国東北区から高気圧が西日本に張り出した状態、また10月の場合には黄海南部に中心をもつ移動性高気圧の圏内に西日本が入った状態となっている。

第1・B図に示されている500mb天気図によると、7月と8月の場合には高気圧の中心または気圧の峯が本州

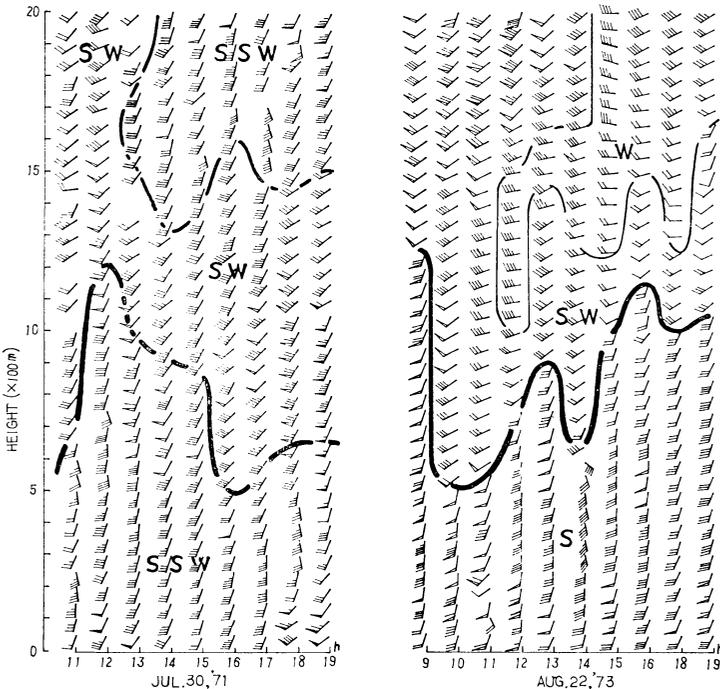


第2図 米子(Y)および福岡(F)における上層風

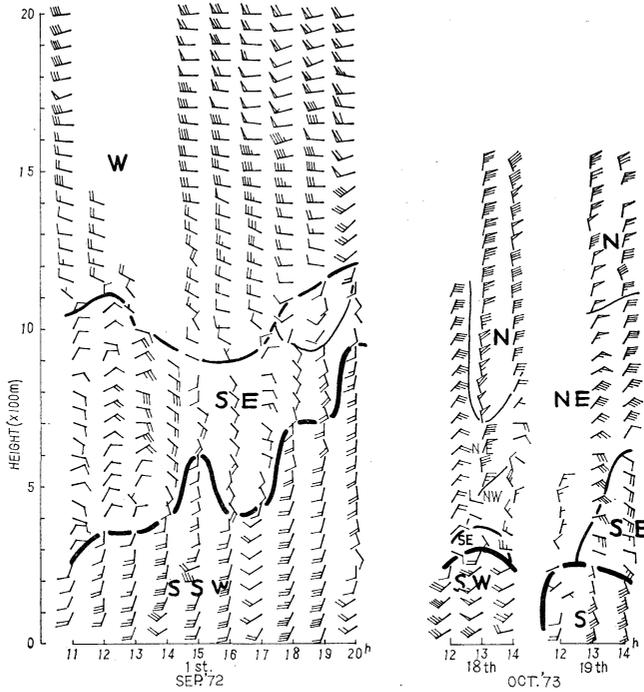
上において、西日本の一般流が南よりとなっているのに対して、9、10月の場合には高気圧の中心が南海上にあって、西日本は偏西風の影響を受けている。しかし、10月の場合には、西日本は気圧の谷のすぐ後面に入っていて、この影響をかなり受けているようである。第2図の米子と福岡の上層風から分かるように、9月の場合の西日本の上層では、どちらかといえば西風が卓越しているのに対して、10月の場合には北西風が卓越しているという点で、9月の場合とは若干異なっている。ただいずれも一般風向が夏季の特性としての南よりの風であるのに対して、大きく異なった偏西風系にはなっている。また800mb位から下の層で北よりの風が卓越している10月には、海陸風にこの影響が現れる可能性はある。

3. 海陸風構造の特徴と経月変化

(1) 一般場が南よりの風の場合(7、8月)は、第3・A図にみられるように、海風と一般風との中間に南西風の層が存在しているが、それぞれの層の境界が不明瞭で、三層構造(海陸風、反対風または中間流、一般風)の区別は不明瞭であった。これに対して、一般場が偏西風の場合(9、10月)は、海風の層の上に反対風として南東風の層があり、その上に一般風があってきわめ



第3・A図 海風吹走時における風の時間断面図(夏期). 矢羽根1本は1m/s, 三角旗1本は5m/sを示し、2捨3入により風速を表わしている。



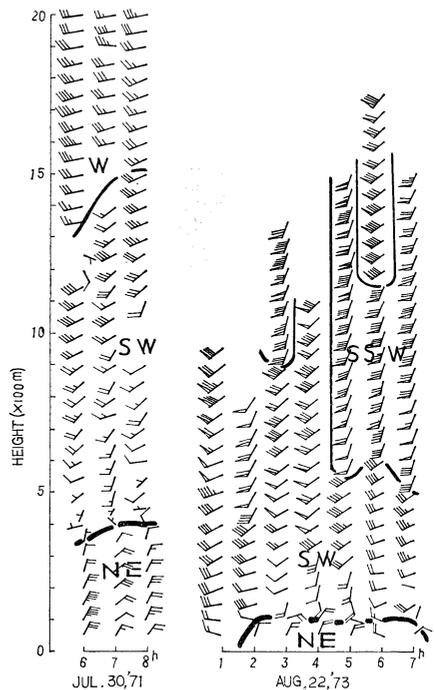
第3・B図 海風吹走時における風の時間断面図（秋期）. 前図に同じ.

て明瞭な三層構造を形成している（第3・B図参照）。このように、海風の層のすぐ上に存在する南西風と南東風は、それぞれ一般風が南よりの場合（夏期）と偏西風の場合（秋期）における特定の風系なのかも知れない。

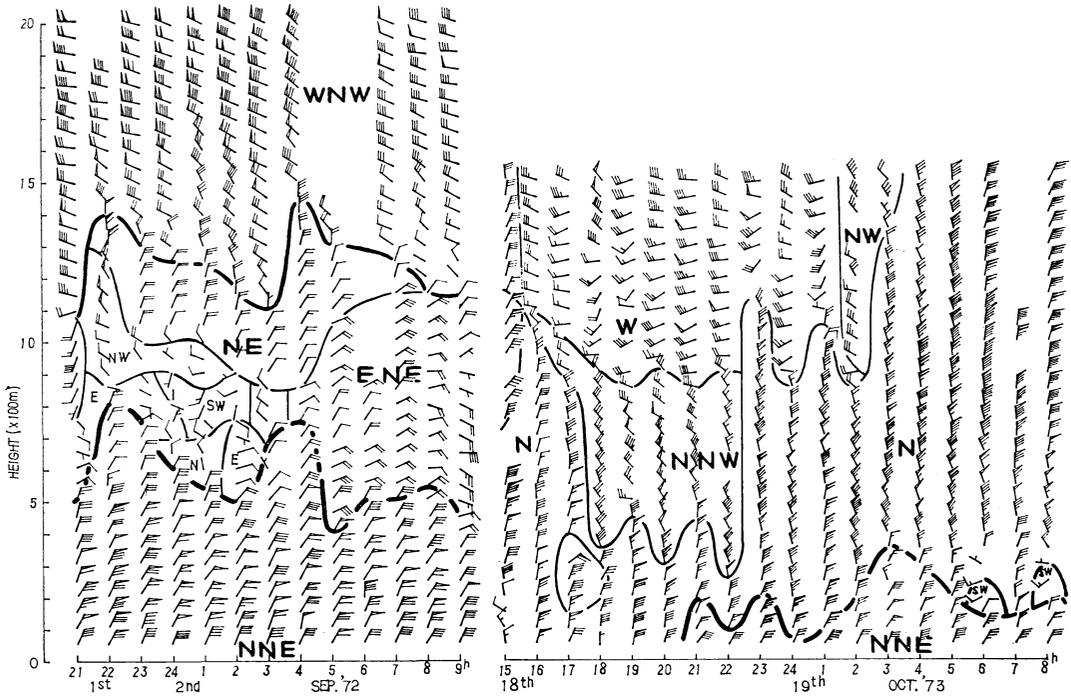
陸風については、第4・A図によると一般場が南よりの風の場合の7月と8月には、陸風の層の上に反対風として南西風の層があり、8月の場合には特にはっきり三層構造を認めることができた。しかし、7月の場合には、中間層が南西風で一般風向も南西であったために、三層構造を明確に認めることができなかった。

一般場が偏西風の場合の9月（第4・B図）には、陸風と一般風との間に東よりの風系の卓越した層があって、三層構造がきわめて明瞭であった。しかし10月の場合には、陸風の層の上に、早朝6時と8時にきわめて薄い南西風の層が出現して三層構造を見せたほかは、一般風とほぼ同じ風向の北よりの風が卓越し、三層構造を認めることはできなかった。

(2) 8月の場合、海陸風循環系より上方の自由気象下限に、シノプティック・スケールの天気図では説明できない、一般風向よりずれた西よりの風の卓越する層が出現しているが、これに関しては山本（1974）も指摘している（第3・A図参照）。10月の場合も、北よりの風の



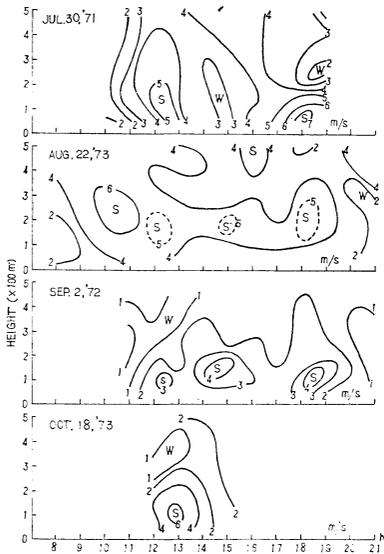
第4・A図 陸風吹走時における風の時間断面図（夏期）. 前図に同じ.



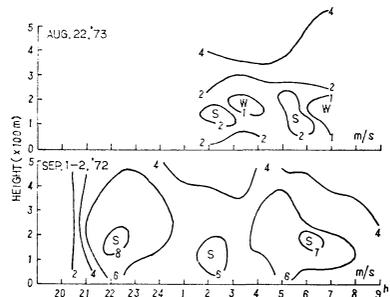
第4・B図 陸風吹走時における風の時間断面図(秋期)。前図と同じ。

卓越する層の中の900m位から上の層に、やはり西よりの風の卓越した層が出現している(第4・B図参照)。前節でも述べたように、10月の場合には、下層での西日本の

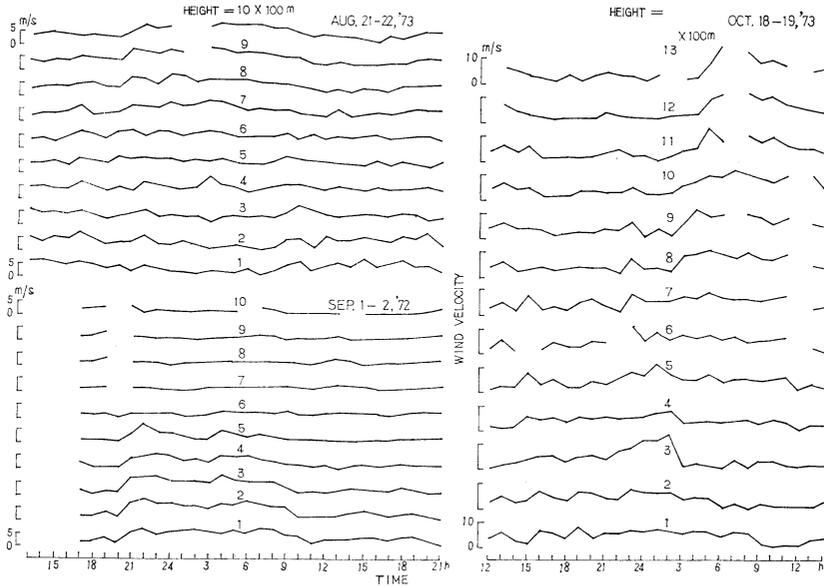
一般風は北よりの風で、850mb 天気図からもこの西風の出現は説明できない。しかし、このような西風の層は、一般風向が南よりであった8月には海風吹走時の日中出现し、この層までの下方からの風の変化は時計まわりで、風速はほぼ一様であったのに対し、下層での一般風向が北よりであった10月には陸風吹走時の夕刻前から夜半すぎにかけて出現し、この層までの下方からの風の変化は反時計まわりで、風速は下層強風・上層弱風であった。このように、この層は一般風が南よりのとき日中に現れ、北よりのとき夜間に現れており、これらが海陸風循環に関連した風系として出現したのか、また一般



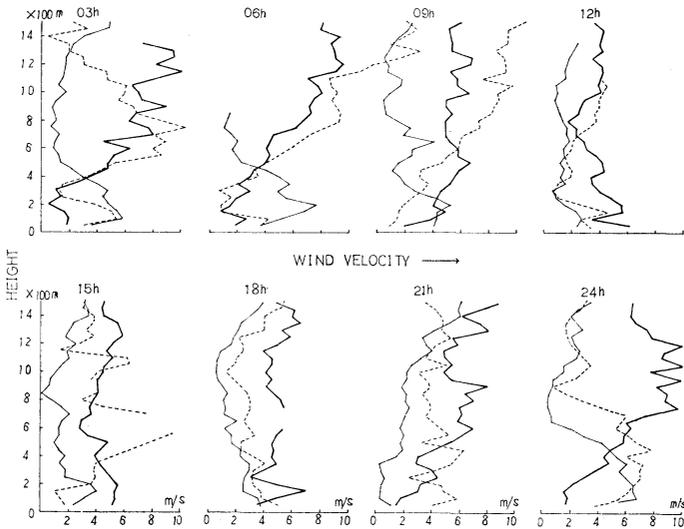
第5・A図 海風速の時間一高度変化。Sは風速の極大域、Wは風速の極小域を示す。



第5・B図 陸風速の時間一高度変化。前図と同じ。



第6図 風速の高度別日変化



第7図 風速の鉛直プロファイルの日変化。太線は8月，細線は9月，破線は10月の場合を示す。

風の相違に対応して現れたのかは興味ある事実として今後の解明にまちたい。

(3) 海陸風循環系の中で、50~200mの低層に風速の極大域が出現している。その出現時刻についてみると、海風の場合は12時から13時ごろにかけてと、18時から19時ごろの夕刻にかけて出現しているのが、どの月にも見られた。しかし8月には、10時から11時にかけてと15時

ごろに、別の2つの極大域が現れている。また最高気温の出現するところの14時から15時に、8月と9月には極大域が対応している(第5・A図参照)。このように海風循環系内の風速の極大域の出現時刻は、季節によって大きく異なっているが、根山(1972)が指摘した夕刻の低層における強風は季節に無関係に現れているようで、海風の

第1表 海陸風の最大上限高度

季・年・月・日		海 風	陸 風
夏	1971. 7. 30	1,200m	450m
	1973. 8. 22	1,400	100
秋	1972. 9. 1	950	850
	1973. 10. 18	300	—
	1973. 10. 19	—	350

第2表 海陸風層内における最大風速

季・年・月	海 風		陸 風	
	m/s	日	m/s	日
夏	8 SW	30	5 NNE	30
	9 S	21	2 NE	22
秋	4 SSW	2	8 NNE	1
	6 SSW	18	7 NNE	19

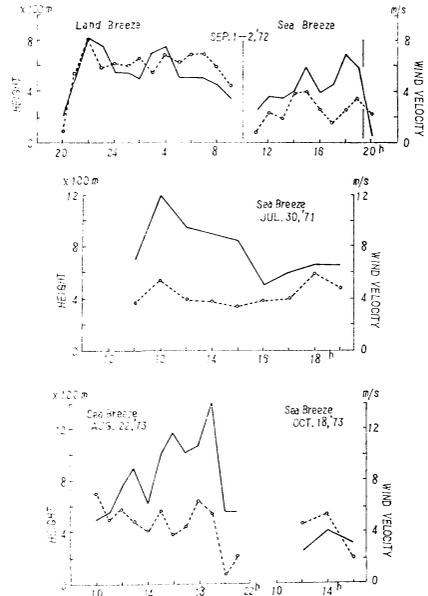
一次的起因である温度の水平傾度に対する摩擦効果の差し引きの結果として出現したと理解できよう。

陸風の場合は、7月は夜間の観測値が少なく、10月は一般風向が陸風向に近かったために変形を受けていると考えられるので、8月と9月だけについて第5・B図でみると、2～3時にかけてと、最低気温の出現する6時ごろに極大域が出現している。

(4) 1,500m高度以下低層の風速の日変化を第6図によって見ると、8月は600m位から上の層では昼間より夜間風が強く、300m位から下の低層では、逆に昼間の方が夜間より風が強い。9月は600m位から上の層での日変化は明瞭でないが、500m以下の低層では8月の場合とは逆で、昼間より夜間の方が風が強い。10月は600m位から下の低層では、9月の場合と同じく昼間より夜間風が強い。しかし、800m位から上の層になると、夕刻から夜半過ぎにかけては昼間よりも風が弱く、日出前後に風速は最大となる。結果的に、夜間の風についての約1,500m高度以下鉛直プロファイルには、一般場が南西風のときと偏西風のときとで大きな相違があり、8月の場合には低層弱風上層強風、9月の場合には逆に低層強風上層弱風となっている。これに対して日中の風速は、いずれの場合も鉛直方向に比較的一様である(第7図参照)。

第3表 海陸風の開始時刻

季・年・月・日		海 風	陸 風
夏	1971. 7. 30	10時	23時
	1973. 8. 22	8	02
秋	1972. 9. 1	12	20
	1972. 9. 2	11	21
	1973. 10. 18	11	21
	1973. 10. 19	12	20

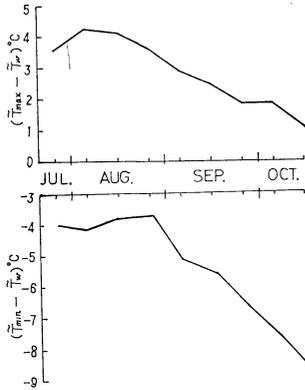


第8図 海陸風の上限高度の変化と風速の変化。実線は海陸風の上限高度の変化、破線は150m高度における風速の変化を示す。

(5) 第1表によると8月は海風の層が最も厚く、陸風の方は最も薄い。秋の9月は陸風の層が最も厚く、10月は海風の層が最も薄い。ここで、10月の場合には下層での一般風が強く、海陸風がかなり変形されていたかも知れない。

(6) 海風および陸風の層の中で観測された最大風速は第2表に示されているように、陸風は夏(7・8月)は弱く、秋(9・10月)は強い。海風はこの逆で、夏は強く秋は弱い。

(7) 海風の開始時刻は、第3表によると夏は早くて秋は遅く、8月が最も早い。陸風の開始時刻は、秋は早



第9図 広島水産試験場における旬平均最高気温および旬平均最低気温と旬平均沿岸表面海水温との差の季節変化。 \bar{T}_{max} , \bar{T}_{min} , \bar{T}_w はそれぞれ旬平均の最高気温, 最低気温, 沿岸表面海水温である。

くて夏は遅く, 8月が最も遅い。

4. 海陸風の上限と風の強さ

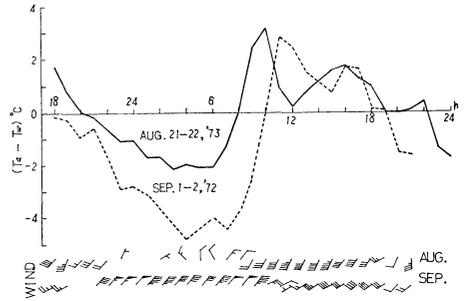
前節で述べた海陸風の強さの経月変化と, 海陸風の上限高度の経月変化との間には正の相関があるように見える。

過去4回の海陸風観測毎に見られた上限高度の変化と各高度の風速の変化とを対応させてみると, 海陸風の層の中の100~200m高度の風速の変化と, ごく大雑ばに見て対応があり, 風が強まれば上限高度は高くなり, 弱まれば低くなる傾向があるように見える。第8図には150m高度の風速の変化と上限高度の変化が図示されている。

5. 大気と海洋との相互干渉と海陸風

藤木(1973)は広島湾で行なった観測結果から, 夜間は海水から大気への顕熱輸送があり, 昼間には大気から海水への顕熱輸送があって, これが海陸風の発達を二次的に助長していることを報告した。

観測場所としては, 湾内中央付近の方がより適切であるが, 一応の目安として, 広島水産試験場(広島市草津町)における沿岸表面海水温(\bar{T}_w)と最高気温(\bar{T}_{max})および最低気温(\bar{T}_{min})(いずれも1954~1964年の旬平均値)との差の変化を第9図で見ると, ($\bar{T}_{max} - \bar{T}_w$)は7月下旬から8月上旬にかけて大きくなる。上・中旬は, この差が最も大きい時期となり以後減少している。 $|\bar{T}_{min} - \bar{T}_w|$ の方は, 8月の中旬から下旬にかけて最小となり, 以後急激に大きくなる。したがって顕熱のやりとりという形での海上の二次的な熱源効果だけから見る



第10図 大カクマ島付近における気温と表面海水温との差の日変化。 T_a と T_w は, それぞれ海面上3m高度における気温と表面海水温で, 風も同じ高度のものである。また風の記入は第3・A図と同じ方法によっている

と, 海風が最も発達しやすいのは, 8月の上・中旬であり, 8月の中・下旬は陸風の最も発達しにくい時期であるということになる。

海陸風吹走時に, 広島湾内でのブイ観測による表面海水温(T_w)と気温(T_a :3m高度)との差が, どのようになっていたか8月と9月の場合を比較してみると(第10図), 夜間($T_a - T_w < 0$)のときは, 9月の方が8月の場合よりも差が大きい。このことは, 陸風に対して相対的に海上の熱源としての二次的作用が, 顕熱の大気への放出量が大きくなるという形で, 8月よりも9月の方が陸風を強化させることに作用していることを示している。両者とも最低気温および陸風の風速の極大出現時に, 熱交換の最大時が対応している。このように大気対海洋の作用の強さは, 季節の違い, すなわち広域温度場での季節的な気温低下と日射量の減少によるのであろう。

一方昼間の場合, ($T_a - T_w > 0$)となるが, 8月は12時ごろ, 9月は15時ごろといった日中に差の極小が出現しているが, これはこのころ気温が下降したことによって。この原因はよく分からないが, このころ風が強まっていることから, 海面からの蒸発が促進され, その際蒸発の潜熱を大気から奪ったためか, または冷水域上で冷却を受けた空気が移流して来たためか, 2つの原因が考えられる。ともかく, 海風に対しては, 海上の熱源としての二次的作用の仕方が, 陸風のときのように単調ではないことを示しているように思われる。

また, ($T_a - T_w > 0$)となる時刻が8月は9月よりも早く, ($T_a - T_w < 0$)となる時刻の方は, 逆に8月が9月よりも遅くなっていて, 海陸風の交替時刻の季節的お

くれとうまく対応している。

5. むすび

以上、ここでは広島における海陸風の季節の推移に伴う特徴を述べ、一定の地形の中で起こる海陸風が、一般場の流れと強さの違いによって現れる垂直構造の相違や、海陸風に対して二次的に作用している大気と海水との間の熱交換の様子が、月によってどのように異なるかを検討してみた。

結論は各項の終わりで述べたので再述しないが、一口に言って、秋の場と夏の場とでは日射による受熱量と大気温度場の相違が海陸間の気温傾度の振舞いに変化を与えて海陸風出現に作用し、さらに一般風向の季節の違いが海陸風向に対して力学的に干渉して、海陸風循環に大きな影響を与えている。そして同一地形での海陸風に対しても、中間規模または総観規模の現象が関与して、かなり変わった状態になり得ることなども検討した。

終わりに、各特別観測は広島地方気象台、広島航空測候所、呉測候所、日本気象協会広島支部の有志職員によって、気象研究所、大阪管区気象台、日本気象協会関西

本部の研究費助成のもとに実施され、岡山・松江・高知各地方気象台、福山測候所、岡山・出雲・高知各空港出張所より測器貸与で協力を受けたことを記して謝意を表します。

また、本論文のテーマを与えられ、懇切なるご指導をいただいた根山芳晴博士、また海陸風の計算にご尽力いただいた山口栄次技官に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 藤木明光, 1973: 海面付近の微気象 (広島湾の海陸風), 天気, **20**, 557-564.
 井野英雄・根山芳晴, 1972: 海陸風の研究, 天気, **19**, 299-310.
 井野英雄・根山芳晴, 1973 a: 広島湾における海陸風について—一般場の相違に対する特性, 天気, **20**, 63-79.
 井野英雄・根山芳晴, 1973 b: 広島湾の海陸風について (海陸風の循環特性), 天気, **20**, 547-555.
 山本和三, 1974: 広島付近における海陸風循環系の地域特性, (本誌に掲載).

新版 気象の事典

和達清夫監修

躍進する気象学・気象技術の最新の研究成果を盛り込むべく、項目数を旧版の三倍にふやし、新執筆者により全面的に改稿をほどこした!

◆新版の発行にあたっては、旧版の啓蒙的要素をのこしながらも、気象衛星・レーダー・大型コンピュータその他の新技術および国際的な研究など、めざましい進歩をとげる気象学・気象技術の最新の成果を盛り、気象技術者や研究者の要望にも応えるよう編纂した。

◆気象学・気候学・応用方面など、気象の全般にわたる、すべてを網羅することにつとめ、四五〇〇項目を収録。旧版における大項目主義を廃して、中・小項目主義をとった。

◆解説は、それぞれの専門家39氏が担当し、旧版の項目も新たに書き改め、内容を一新した。

◆気象年表・気象災害年表など多数の付録も、昭和48年現在のデータを追補した。

◆最新刊 発売中 A 5六八八頁 五八〇〇円

航空気象用語辞典

伊藤 博著 気象用語・航空用語など、航空気象関係者やパイロットのために、航空気象の第一人者が著わした英日対訳の用語辞典である。 B 6二六八頁 二三〇〇円

東京堂出版 101東京都千代田区神田錦町3-5 振替東京 270番 内容見本進呈