

「第2回瀬戸内海の海陸風に関するシンポジウム」報告*

根 山 芳 晴**

数年来続いた暖冬の夢を破るかのように、市内の屋根を銀色につつんだ昭和47年12月6日、広島市内の第2合同庁舎六階会議室で、前年に続く第2回目のシンポジウムが開催された。今回は計画の頭から、第1回の総合討論で宿題として残された海陸風の純気象学的な解明に対する、特別観測の結果からまた数値実験からさらに過去の多くの蓄積された資料からの答を出し合い、そして少しでも海陸風の実態をつきとめて瀬戸内海全般での振舞いを浮きぼりにすることを考えていたため、それにはどのようにこのシンポジウムを開いたらよいかといろいろ考えたあげく、まず過去の他地域を含めた海陸風に関する論文に目を通していううちに（実はこの本読みの一つの過程の中で海陸風文献目録の作成の必要性を痛感し、原稿を多くの会員の方々よりいただいたので大阪管区気象台で印刷をお願いした。近く発刊のはずである）。大部分の報告は最近とみにやかましくなってきた臨海工業地帯における大気汚染に関連したものであることが判明したので、特に第1部を純海陸風、第2部を海陸風と大気汚染とに分けて、扱う範囲を広げて広く会員に呼びかけることにした。もちろん前年のシンポジウムでも大気汚染のことは念頭になかったわけではないが、とに角まず瀬戸内海の海陸風を究明しようとして多くの学者、技術者からあらゆるものをはき出してもらって、何かを得、何かを疑問としてはっきりさせ、問題点の浮きぼりをさせたわけである。続いての会であるために、どれだけ1年間ではっきりさせられたかが大きな期待でもあり、また心配でもあった。

発表論文は21編に達し、前年の17編よりかなり多くなかったが、純粋の海陸風関連は15編で残りの6編は大気汚染にも関連した論文であった。シンポジウムの名称に直接大気汚染を入れていたらもっと多かったかも知れない。出席者は約120名に達し、日本気象学会員の如何を

とわず、東は千葉県、東京都をはじめ岐阜、新潟、大阪、兵庫、岡山、広島、山口、福岡、高知の各県にわたり、大学、官公庁研究所、地方自治体とその研究所、会社関係研究所、協会、気象官署より気象学者、技術者、大気汚染専門家等が一堂に会した。ほとんどの学会年会でも気象庁研究会でも最終日の午後は2分の1にも3分の1にも減る現実をみてきた人々にとっては、7日の午後にも100名を越す出席者が残っていたことと、ぎりぎりまで会場に留まり大急ぎで時刻の接近にあわてて退席していた人々の姿等を目の前に見て、解散後の挨拶で大変有意義であったことの証明ですれと思わずもらす人々の多かったことは何を考えさせられたか。大気汚染という現実社会問題の中で、気象学関係者があまりにも真正面から卒直にとりくんでいなかったため、たまたま学会レベルで開催されたシンポジウムにかくも真面目にそして真剣に討論の場をつくったものと思う。そういう意味では、このシンポジウムが一つの契機となって、さらにこの方面の発展していくことが望まれる。

瀬戸内海の大気汚染は臨海工業地帯の発展とともに、内海の海洋汚濁とともに名物となりつつある程に社会問題化してきている。そして内海沿岸の海陸風は教科書的なものとはその実態はかなりずれていることは事実である。そこで第1回シンポジウムで報告された観測事実は、安易に海陸風と大気汚染とを関連づけて、問題の予測をしようと考えた人々には大きなショックを与えた。そのことも2年目に海陸風と大気汚染をテーマに取りあげた真意でもある。2日間の研究発表論文は、大阪管区気象台と日本気象学会関西支部のご配慮と各発表者のご協力により事前に印刷された、気象技術ノート、第14巻、第1・2合併号（日本気象学会関西支部編集、大阪管区気象台発行）に全文がのっているが（なおこの残部は20数部手許にありますので、もしご希望の向は申しこしてください）、以下には筆者なりに各論文のエッセンスと、述べられている要旨を記した。それは総合討論の報告をより理解していただくためのもので、務めて客観的に記述した積りではあるが、もし意をつくしていなかったらご了承ください。総合討論を海陸風と海陸風と大気

* Second Symposium on land and sea breezes in the Inland Sea of Seto.

** Y. Neyama 広島地方気象台

—1974年1月6日受理—

汚染の2つに分けて、それぞれの発表終了時に行なったが、結局両方に関連して海陸風の構造上の問題、例えば海陸風循環系の入れ替りに当る海風前線とか各循環系上限の上昇・下降、あるいは主風向の場所による違い等が、各地についてさらに判然としたことは得るところであったが、またまた海陸風や海風前線、そして一般風まで含めて定議論がぶり返えされたことは、如何に実況が複雑で型通りでないことを示しており、この調子だと次回もまたひっぱり出されるのではなからうか。

瀬戸内海では特別観測の研究計画の他にも、定時あるいは随時にパイボール観測がかなり多く行われている実態がわかったのも、このシンポジウムの益するところであったが、これらの資料を有効にお互に門戸を開いて学問的立場から利用し合って、研究態勢を強めさらによりよい解明へと進むためにも、シンポジウムは毎年1回位は必要であり、さらにすすんで共同の大型プロジェクトを結成して研究に観測に邁進したいもので、今回のシンポジウムでも提案があったが、是非共学会の支援のもとにやりたいものです。閉会の挨拶のあと、また来年同じ場所で、同じ時期に、少なくとも皆様とは再会致しましょうとのお別れには力強いご賛同を得たように思った。このシンポジウムの開催にあたり、大阪管区気象台、広島地方気象台とその職員各位、ならびに日本気象協会関西本部の多大のご援助に対し、山元竜三郎関西支部長の謝意の述べられたことを付記し、さらに遠路はるばるご出席の各位に対し厚くお礼申し上げます。

以下には、各論文の要旨を報告し、特に主な質疑応答についてのせた。

1. 風の予測システムについて

(気象研究所 広瀬元孝)

水島地域の地上風を用い、これらの6時間先までの予測システムについての報告である。概要は現地の風を東西、南北成分に分解し24時間平均と偏差に分ける。この偏差についてあらかじめ過去の観測値から、48元(24×2)の主成分分析を行なっており、固定の変換マトリックスで約10個の時系列に変換する。これらの時系列はもとの時系列に比べると、6時間位はゆるやかな変動を示している。これらの時系列は予測フィルターに入れられ、ここでは時系列は3期にわたって、常に二次の多項式で表わされるものとして指数平滑法による外挿を行なう。この場合の制御変数の0.15~0.95の9種類について予測を行ない、広域気象指数と一緒にして正準回帰予測

を行なう。さらにこの正準回帰係数についても、その都度予測適中度による補正を行ない、最後に入力時の変換の逆変換を行ない予測値が得られる。

Q: 予測成績はどうか?

A: 10~20度のずれで6時間予測で0.92であった。

Q: 6時間位の予測では場が変らないから容易だと思うが24時間先の予測はどうか?

A: 別のシステムでやるが、相関は0.73位である。

Q: 前線通過等による風の急変の場合は?

A: 問題がある。目先のエラーにまどわされないように注意している。

Q: 気候値として残るのは?

A: 日変化の場合パターンの係数を予測する。海陸風に関してだけは平均値を除いた。

Q: 予測因子には何をとってもよいか?

A: 何が入ってもよい。

2. 海陸風及び逆転層の解析方法

(電力中央研究所 千秋鋭夫)

有効高度、排出量などの異なる多くの煙源から排出される煙による環境濃度を推測する場合に、風の場合および温度場を適当なモデルを用いてパラメータ表示し、天気図分類等を用いての手法を報告している。多くの煙源から排出される地上濃度の推測には、例えば風向、風速の鉛直分布の相違なども関連し複雑となる。風速として1つの代表値のみでは不十分の場合もある。風の場合は最も簡単な正弦波モデルで近似し、地上風向、風速、海風最大風速、その高度など6個のパラメータで表示した。温度場としては逆転層上限高度および混合層高度をパラメータとした。天気図分類では読みとりうる高低気圧の位置、気圧傾度、降水有無の因子から客観的に行ない、さらに季節、時刻、曜日などの因子を用いての手法である。

Q: 気温の垂直分布で、朝逆転がおこり昼間不安定になってその後もう一度安定になるのか?

A: 日没後は下の方から安定になる。

Q: 海風高度は客観的に出したのか?

A: かなり主観的な面があるが、客観的に決める方法を考えている。

(注) 海風循環系の上限を反対風や一般風と分離して客観的に決めるには、観測資料から明らかなきも不明瞭なきもあって第1回シンポジウムでも問題となったが、季節、場所によっても複雑な垂直風分布の振舞いをするので困難な場合もかなりある。

Q: 海風と陸風のそれぞれの高度の間には顕著な違いがあるか？

A: 確かにありそうだ。海風高度が非常に高いこともあれば逆のこともある。

Q: 逆転層も海風前線と一緒に動いてくるのか？

A: 移動についてはよく分らないが、海岸付近では逆転層が低く内陸ではもっと高い観測がある。

3. 関東平野南部における局地風

(公害資源研究所 吉門洋・横山長之)

南に相模灘と東京湾、東に鹿島灘および背後の丘陵・山岳地域の存在によって多くの局地風系が交錯している関東平野南部での高塔の乱流計測とパイロット・バルーンの同時観測資料より得られた結果の報告である。1973年8月3日のSAT記録による毎正時から約20分間の平均風速の分布より、3高度(313, 180, 45m)の風速が13時頃にはほぼ等しく、風向は一日を通じて30度程度の変化しか示さない、9時以前と19時以後は313mまで高度と共に風速は急激に増大している。さらに鉛直流の標準偏差の時間変化によると、高度分布は9～10時と15時を境として性質が変化し、乱流測定の結果からは昼間の熱対流の影響が明瞭にみられた。

Q: 館野の風向の鉛直分布をみると、前線性の変転を示しているが前線は検出されなかったか？

A: 吟味していない。

Q: 関東南部下層(1,000～1,500m)の東風の出現は何か？

Q: 一船場が弱いときに東風が入るのは川による影響ではないか？

A: 川の影響ではない。一般場の強いときも東が入っている。

4. 瀬戸内地方における測風観測結果と一考察

(日本気象協会関西本部 直田秋治)

カイツーン、低層ゾンデ、パイ・バル、定容積気球による瀬戸内海沿岸数ヶ所での風の立体観測を行なった結果の報告である。各地での海陸風の振舞いは現在までの多くの特別観測結果にみられる所とよく似ているが、ノンリフト・バルーンによる呉の昭和48年2月15日14h30m(300m)の軌跡をみると、呉港に出たあと向きを変え陸地に向けて下降していることは山谷風との関係がありそうである。このときは移動性高気圧におおわれていた。47年9月12日の北高型のときには、海風系(南

西)、反対風(北西)と一般風(北風)の三層がみられた。46年8月26日は北高型で400m以下で海風(北より)となっていた。「臨海山谷風(仮称)」として海岸地方の海陸風系を含めて海→陸、陸→海に向う形で局地風をはっきりさせる必要があると述べている。

Q: 気温はどの値か？

A: 測候所あるいは測定装置をした所の値だ。

Q: 呉の側でバルーンが下降した理由をどう考えるか？ 通常日中海上から陸上にかかるとテトルーンは上昇するという観測結果は多く得られているが？

A: 断定はできないが山谷風の影響を受けたのではな

いかと考えている。

Q: モデル図によると谷風が海岸にまでおきているようになっているが、海風ではないのか？

A: 山谷風循環が地形的特性で海の所まで出てきたもの

と考える。

Q: 海上対陸上の水平気温傾度による風が海風で、山の斜面上と谷上空同高度との気温差によるのは谷風であるから、海岸に谷風があるというのはおかしくないか？

5. 海陸風の広域構造について

(広島女子大学 宮田賢二)

過去の観測結果、(1)瀬戸内海中央部の備後灘、ひうち灘の海域の2km付近までの大気はほぼ3つの層からなり、下層は500～600mまでの層で日変化が顕著である。上層は自由大気につらなる1,500m付近から上の層である。その中間の層は下層に対して反対流的性格をもち広域的定常流の特徴も持っている。(2)夜間海域中央部を中心に下層ジェット流のような西風の流入がみられる。とくに中間層での風向が中国側で西風、四国側では東風となって海域部はそのどちらかの影響を受けるとい

う形のことであることなどの特徴がある。これらの事実を考慮して内海南北垂直断面での海風と陸風の循環モデルを提起した(図を後に示してある)。

Q: 地形の影響を受けて海風の高さが違うのはどの辺までか？

A: 海域単位の大きなパターンに出てくるものと考えられる。

Q: 地上での海陸風の風向は場所によってかなり違っているが、反対風は夜も昼も違っていないということか？

A: そうだ。こういう特徴的な構造をしているのではないと思われる。

(註) モデルでは反対風は一定方向(中国側で西より)としてあるが、広島湾などでは季節(秋)によっては東よりのこともある。この基礎観測は夏であるからこれでよいのかも知れないが、秋についても同じかどうか欲しい。

Q: 他の海域でもこのモデルが適用されるか?

A: 出来ると思う。

Q: 中国側では斜面と海陸風とが関連した形で現われている観測結果がでてくるか、それが事実ならこのモデルのように両側を単純にしていけるだろうか?

A: 今年の観測結果を整理して吟味したい。

6. 瀬戸内海の二種類の海風について

(岡山大学 佐橋 謙)

昨年のシンポジウムで発表された岡山付近の二種類の海風(南西より(A型)と南東より(B型)の海風)の機構解明のために姫路、高松、多度津、福山、波止浜を追加しての報告である。瀬戸内海沿岸の中にも春・夏・秋を通してA型、B型としてはっきり海風の向きの違う場所とそうでない場所とが存在しており、ホドグラフを構成するベクトルの移動方向が時計廻りのものと反時計廻りのものがあつた。

さらに1973年4月下旬から岡山大学構内でのパイボール観測による海風の垂直構造によると、A型のときには地上での南西風は約1kmの厚さを持ち、それより高いところでは西風から西北西の風になっており、B型では地上付近の南南東の風は600m付近まで続き、そこから1.3kmくらいまで風向が180度近く反転しており、風向の変わり具合から見て南南東の海風の back current と見てよさそうである。

(註) 海陸風の定義として、1. 海から陸へ、陸から海へ吹きその角度が100度以上異なり、2. 海風は時計廻りになるとしたらとの提案があつた。

Q: 海陸風吹走時の瀬戸内の気圧傾度はどうか?

A: そう大きくはない。

Q: スケールの小さい海陸風と大きい海陸風とを、小さな地形と大きな地形に対応させてそれぞれを考えたら理想的な海風はないと考えた方がよいと思われるが?

A: スケールとしてコリオリの力を考えねばならないとすると時計廻りを判定に使ったらいだろう。

Q: B型に属する日でも内海のある場所で back current の明らかでない事実があるが、この点はどうか?

A: その実測風が一般流のために地形的に影響を受け

たのかも知れないとも推測されるので多くの例で検討したい。

7. 下松市海陸風循環調査

(札幌管区气象台 内田英治)

汚染大気が停留する性質をもっている背後地を含む内湾的地形での海陸風構造の調査を下松市で行なわれた報告である。小規模海陸風の支配方程式(Neumann et al. 1971)を複雑な地形下で考えるときに必要な、各項のオーダーを吟味して地形の凹凸や湾状形態がどのように海陸風にきいてくるかを調べている。そして海浜地帯がもし凹型でその湾内の空気がよどむような地形であるとすれば、上述理論に加えて海陸風循環は大規模のゆるやかなパターンと異なり、ますます小規模循環がおこりうると期待される。実地調査では周防灘海面上の接地気層を吹く風を推定して下松地区の一般風とし、パイバル、ノンリフト観測データーを加味して鉛直断面図を作り、6時に海上にあつた前線が9時には上陸、それに伴った沿岸部数点のSO₂濃度が急増している。このように陸風→海風の反転時以後SO₂が急増するのは、海風の立体的循環により上層の逆転層(200m程度)付近によんでいた濃い汚染質が地表に収束輸送されると考えられ、また Fumigation 現象も加わっているものと思われる。このように小規模循環(10kmスケール)を論ずるには大規模循環(100kmスケール)にもとづく一般風を基本に考える必要がある。この周防灘の一般風により下松市の小規模循環は大幅に変わることがわかる。

(註) この報告は当日のシンポジウムでは紙上論文として参加されたものである。

8. 広島における海陸風循環の経月特性

(広島地方气象台 岸田和博)

広島气象台で観測された海陸風が季節によって(一般風の相違)どのように循環系の構造が変わってくるかということと、海陸風に対する大気と海水との間の熱交換の様子が月によって異なる有様を7月、8月、9月、10月についてのパイボールその他の観測結果より報告している。一般場が南よりの場合は海風の上限ははっきりせず、陸風の上にはSWの反対風がある。偏西風のときは海風上に反対風(SE)があり、陸風の上にはENEないしSWの層がある。50~200mの低層に風速の極大域があり、海風の場合には18時頃に出現しているのはどの月も共通している。また陸風の鉛直プロフィールには

「天気」21. 7.

8月と9月とで大きな差異がある。8月は海風の層が最も厚く、10月は海風の層が最も薄い。海陸風中の最大風速は、陸風で7、8月に弱く、9、10月に強い。海風はこの逆となっている。海風の開始時刻は夏は早く、秋はおそく、8月が最も早い。陸風の開始時刻は秋は早くて夏おそく、8月が最も遅い。また $(T_a - T_w) \geq 0$ となる時刻が8月は9月よりも早く、負となる時刻の方は逆に8月は9月よりもおそく、海風の交替時刻の季節のおくれに対応している。 T_a と T_w の差が最も大きくなる6時頃に陸風の風速の極大が出現している。

Q：9月が陸風が高くでているが、季節が遅い程陸風が高いというのは定説か？

A：この例の10月は一般場が強すぎたため、むしろ陸風層がおさえられて低く出たものと思われ、通常は10月の方が高くでははずである。

Q：熱的要因でおきる海風速で 10m/s というのが出るのか？

A：特に夕刻低層に現われる最大風速は 10m/s 近くのことがあるが、これは恐らく温度傾度の効果と摩擦による負の効果の残差として夕刻頃が最も大きく現われるために強風がみられるものと思う。また 10m/s 近くにもなるということは地形的収束風も考えられるかも知れない。

Q：表面水温の大きな変化はないのだから T_a の変化によって決まってくるのではないのか？

A：恐らく午後差が小さくなったのは T_a の低下と見られるが、それが風が強くなり蒸発によるのか低水温域を吹走してきた空気によるのかよく判らないが、とにかく T_a によっているようである。

9. 広島付近における海陸風循環の地域特性

(広島地方気象台 山本和三)

南に広がった広島湾と安芸灘に対し、北方には市街地に続いて山地を持った広島付近における海陸風が、どのような振舞いをもった循環系をしているのか、すなわち海上はどこまで陸風が及んでいるのか、海風の侵入と山谷風の関連はどのような構造をしているのかを究明するための特別観測の結果を報告している。観測地は海岸線より15kmの山地と平野部との中間辺、海岸線近く、湾内と湾外南方へ30kmの海上とである。4地点とも500m辺に高に夜間の強風(6m/s以上)と昼間の弱風(4m/s以下)があり、山沿いに近い所では反対風が現われていないがその他の所では明瞭な反対風がある。さら

に海上30kmでは陸風の及んでいる形せきはほとんど見られず、より大きいスケールの風(安芸灘から広島湾に向う一般風：南南西)がほぼ24時間中卓越している。第1点については、夜間は垂直方向に風速のシャー(上層強風で下層弱風)が認められ、上層に向って1,500m位まで反時計廻りの変転をしているが、海風の方は下層から上層に向ってほぼ等風速(4m/s以下)で風向は時計廻りの変転をしている。このことに海陸風循環系を含めた一般場について夜と昼とで大気の垂直安定度が相違して風速の垂直分布が現われているのであるが、この点天気図スケールでは現われない広島湾付近というさらに小さいスケールの場所での現象とも見られる。第2点の反対風の現われていないというのは、海陸風循環系(実測風の垂直分布)が他の場所より強く現われている事実にも関連して山谷風(谷間に沿う局地風、この場合太田川溪谷に沿う)の効果がかなりきいているためと推察される。

10. 広島 の “なぎ” について

(広島地方気象台 竹内 勤)

広島における海陸風交代時“なぎ”について、都市化の進んでいなかった頃と進んだ1973年とを比較した報告である。方法は気温、湿度、風速をパラメーターとした。

Missenard (1933) の式より算出した実効温度を用いている。これに関連しては第1回シンポジウムで岡山について佐橋氏が調べている。調査期間は記録的な無降水日が続いた1973年7月4日から17日間と、1894年の同じ時期の19日間である。結果的には朝なぎ頃に1894年が、深夜に1973年がそれぞれ高くなっている。また広島上空の一般風を北よりの風と南よりの風とに分けると、北よりの風では20時に顕著なピークがあるが、南よりのときには2時頃まではゆっくり下がってその中での弱いピークが23時に認められる。一般場で暖気の入っているとき(南よりの風)には夕なぎが顕著に現われ、北よりの風では夕なぎは遅れてしかも弱い、朝などは上層で南よりの風のときのみ実効温度にわずかに現われている。69年前に較べ都市化の影響から朝の気温の上昇が遅く日没後も気温の下がりが遅くなっている。

夕なぎは上空の風の支配下で顕著になったり弱くなったりしているようであり、また朝なぎは全般的に夕なぎよりははっきりしないようである。

Q：都市化の影響は冬の方が顕著に現われるはずだが？

A: 冬については海陸風交替現象も含めて顕著に現われないので調べてないが、都市気候に対しては確かにより大きく効いているという報告はある。

11. 広島湾沿岸の海陸風に対する一般風と地形の寄与

(広島地方気象台 根山芳晴)

広島湾内沿岸各地での海陸風が、自由大気中の一般風が異なった場合にどのように変わってくるか、さらに地形の影響(小規模循環)は受けるのか受けないのかという問題について報告している。季節の違いは当然海陸風に対しては太陽からの受熱量の相異に関連があるが、8月(夏型)と9月(秋型)の各観測日の時間当りの日射量はほとんど同じであったので、一般風が南よりの風と偏西風との違いとして寄与していることになる。風向についてみると、海風向は夏、秋ともに、各地とも湾の地形的走向にはほぼ一致してより大きい南方の安芸灘より湾に向っての南よりが卓越しているため、海岸線に直角に吹く所もほぼ平行の所もある。陸風向は湾の西岸の夏を除いてはほぼ海風向と反対に現われている。ここでも一般場の季節の違いが効いているとはみえない。結局海陸風向は自由大気中の一般風向が変わってもより以上に地形(大規模)の影響を受けるようである。吹走時間については、一般風向と地形走向が一致した湾奥で夏季海風現象が長く現われ、偏西風下では湾の地形的効果はほとんど現われず、総観規模での寒気南下が夜間の冷却度に作用して、陸風の吹走時間がより長くなっている。要するに一般場の違いは、風向が海風に一致する夏と陸風向に近い風向の秋とで変わり、さらに熱源作用に対する大気温の違いという形で現われる。

Q: 一般流と海陸風の区別が難かしいが、日平均からの偏差をとって一つの目安にしたら如何?

Q: 曇っていて海陸風のないときに高気圧内で広島付近の風を観測できたら一般風とならないか?

A: 要するに実測風=一般風+海陸風+ α であるから、海陸風+ α が0になれば実測風は一般風となるが、実際に春、秋、夏に高気圧内で0となること(曇雨天)がおり得ることはまずむつかしいし、海陸風は一般風=0というが、それはより大きいスケールの風が卓越しないということであって、今欲しいのは海陸風と共存している一般風(弱い)を区別したいのである。

Q: 大竹の海風は夏変わった方向となっているが、山風ではないか?

A: 地形からみてその可能性はかなりある。

Q: 湾内の海陸風に対して広島湾と安芸灘の水温差が効いていないか?

A: 実測値がないのでよく判らないが、より大きいスケールの海上気温との傾度をとる必要はあると思う。

Q: 地形の影響というのは一般流に対してであると理解した方が理論を進める上でよい。

Q: 海陸風に影響するスケールが問題になる。関東平野では局地的低気圧が日により位置が変動しているのでそれに伴う風が変わってきて海陸風にも効いている。一般風をそれにするかさらに大きい規模のものにするか、また地形の扱い方も所によって変わってくる。

A: 東京湾という関東平野をひかえた所とそうでない広島湾とでは同じような局地低気圧を考えられの可否か疑問である。

Q: 山谷風は陸地だけではなく、海上の島でも同じような風が吹いているので海岸に近く島のある所では複雑だ。

A: その場合水平温度傾度の大きさが島一海上、海上一陸上とでどうなっているかによってどちらかが無視できるような、いわゆるその付近での現象スケールの大きさによるだろう。

12. 海陸風と山谷風との干渉について

(広島地方気象台 根山芳晴)

瀬戸内海沿岸の海陸風は後背に山地を控えているために山谷風の影響を受けているとの考えのもとに両者の干渉の振舞いについて実測値から報告している。呉の海陸風とその背後斜面上の斜面風(A. Wagnerの分類した谷の軸に直角の面内での循環風)との関係を4例について、両者の時間的経過から3つの結果を得た。まず第1は日中の海風に対しては斜面上げ風が対応して常に海上から陸上を経て斜面に至る一つの循環系となる。ただし移行時刻は1~2時間ずれて海風の始まりの方が早いときもおけるときもあり、その時の米子の1,000m上層風はEasterly, Westerlyともに存在している。第2は米子の上層風がWesterlyのときには、夜間の陸風(呉)に対して斜面上げ風が対応して、山と呉測候所との間どこかで風の“なき別れ”(発散域)がみられ、両者のはじまりにも1~2時間のずれがある。第3には1,000m風がEasterlyのときには斜面下げ風と陸風とが一致した方向をもって、一つの循環系のようになる。このことは地形によって、一般風向との関係から必ずしも斜面一陸地一海上との三つの熱源による局地風循環は一つの系

にはならないこともあるという事実を示して、内海沿岸の海陸風の実態をより複雑にしているようである。

Q: 山での観測された風は斜面風でなく一般風にとった方がよいのではないか？

A: 理想的な斜面で観測していない点はあるが、しかし1,000m 風向と全く逆の風の例も観測されているので必ずしもそうではない。

Q: “泣き別れ” については観測所より下に逆転層のある場合に関係があると思うが？

A: 位置的なことと立体構造はよく判らない。

Q: “泣き別れ” のときの風の風速は弱いか？ 風洞実験でも弱いときに斜面での反転する風ができるのだが。

A: 1~2m/s で海風速の約半分である。

13. 松永での海陸風観測

(高知大学 山口信之)

松永でのパイバル、カイツーン観測および熱収支観測の結果から海陸風の実態を報告している。1973年8月22、23日に行われたカイツーン観測から、22日午前中上空の一部に低温域の残留があるがやがて解消している。低温域およびその周辺で振巾約1°C、周期約1分程度の変動がみられる。日没後気温は全高度共急激に低下し、夜間は逆転となり日の出と共に再び lapse に移行する。日中は南よりの風(海風)が7m/s 程度とかなり強く、日没(日射が0となるのは18時30分)約2時間後に地表付近で陸風が吹き始め徐々に上層に及んでゆくが、上層では西風が残っている。夜間から明け方まで全高度で陸風になり厚さも大きくなるが、3m/s 以下で小さく上下の風速差は小さい。日の出(5時45分頃)約3時間後に海風が吹き始め各高度ほぼ同時に海風になっている。200m よりやや上方に日中、夜間共に強風域が現われてい。

Q: 風向は何で決めるのか？

A: カイツーンの向きで決める。

14. 水島地域における海陸風の特徴

(公害資源研究所 北林興二、
電力中央研究所 四方 浩)

水島地域での地上風(11地点)、パイバルによる上層風、乱れの強さ、気温の垂直分布、日射量の観測から、気流のパターンや日変化について報告している。1971年7月23日から27日までの観測で、水島臨海部(港湾局)

では風の日変化がはっきり現われ、日中は南ないし西南西、夜は東ないし北よりであったが、内陸の豊州ではきれいな日変化が見られなかった。これは南に連なる200m 程度の山の影響のためで、また日中観測された南東風は玉野方向からの海風の影響であろう。この期間中の海風の開始はほぼ9~10時頃で、終了は20時前後であった。また倉敷市の内部では水島からの海風と玉野方面からの海風の両方の影響を受けていると考えられた。

Q: 観測した期間は夏場の不安定な状態ではなかったか？

A: 5日間の観測日は必ずしも海陸風出現には好適ではなかったが、その期間どこにどの程度の汚染があるか、海風がどちらから入っているかを見当づけるため、長期間やっておられる方からみればデーターが少ないきらいがある。

Q: 海風がどちらから入っているかは高気圧の位置による影響を考えたか？

A: そこまで調べていないが、上層風がどの程度であればどちらから入ることが決まるのではないかと考えている。

(註) これに関連しては、6. 瀬戸内海の二種類の海風について(岡山大学、佐橋謙)と、第1回シンポジウム(天気、1973年20巻2号、67頁)での岡山市域の海陸風の特性についてとに関連しており、総観規模での影響(高気圧中心の位置による当地方の一般風)が局地風に対してどのように効くのかという問題になり、さらに多くの観測例による実証が必要となるであろう。

Q: 水島の場合はもう少し地形の影響を考えねばいけないと思う。

A: 風洞実験から日中の海風の場合、鉛直方向の気流の運動はさまたげるものがなく、山をまっすぐ越えてよいのではないと思う。しかし夜間の場合は鉛直方向の気流は制限を受けるようである。

15. 大気汚染面からみたパイバル解析と海陸風の解析

(倉敷市公害監視センター、
大熊勝明、阿部 進、森井雅夫)

47年中に定時観測を行ったパイバル航跡図を23種のパターン図にあてはめ、そのパターン図の日変化と汚染の発生状況等について解析されている。航跡図が第1象限を通るパターン1~10には0.15PPM 以上の出現回数が多い。海陸風に関連しては、162日についての陸風から海風への変化時刻を7~14時、次第に風速が増し2~3

時間後に 3~5 m/s になること、そして 0.5PPM 以上出現した日数 145 日のうち海陸風の入れかえがあったとみられるのは 107 日、海陸風時における 0.155PPM 以上発生した確率は 66% を求めている。さらに最高濃度の出現に関連して、吹き戻し現象（夜間陸風により海上に蓄積された汚染質が海風により陸上へ吹きもどされ、そのとき新規の排出汚染質をプラスして内陸部に運ぶ現象）を主張している。

（注）この現象は恐らく 19, 20 で述べられる海風前線によるもので、7, で下松市の調査（内田英治氏）にも実測例が示されているように、倉敷での機構の究明が望まれる。

Q：コンビナート等の汚染排出源は一定なのか？

A：夜間はいくら下がっているが日中では変らない。

Q：パイバルは何時の観測か？

A：毎日 9 時から 16 時まで毎正時にやっている。

Q：海陸風の発現日の表で傾度風として海風がみられたというのはどうゆう意味か？

A：一般場として南西風が入ったとみられるという意味。

Q：海風侵入が時計廻りに変化するのとは時間的に？

A：データーの上では時間的変化をとっている。2 時間から 3 時間位で変化し、北東から南西に変わって安定化するには 30 分~1 時間かかる。

以上で海陸風自体の問題に対する研究調査の発表を終わり、2 日目 12 月 7 日 10 時 20 分から 12 時まで、京大山元竜三郎教授司会のもとに総合討論に移った。

まず司会者から 3 つの問題点が提起された。実測より得られた海陸風の実態についてはまずスケールの問題をどう扱うか、もちろん現況としては 1 日周期で数十 km 程度の空間スケールをもっているわけだが、地形その他の影響によっては鉛直方向にも水平方向にも複雑に変化している。例えば内海のある場所では山谷風との関連を考えねばならないし、一般風の相違が地形に及ぼす効果も無視できない。ただ 24 時間で冷熱源が変わるという時間スケールで限定されていることだけは事実である。第 2 は、第 1 回シンポジウムで示された数値実験以後内海に対して何か提案はないか、第 3 には海陸風の予測の問題はどうかということ等について討論された。

以下には各討論者の発言を中心に述べてみよう。まず報告された観測事例はほとんどが海岸近くの平地か海上

の島とかブイで行われたもので、せいぜい数十 km 位の空間スケールを扱っている。しかし実際に大阪湾とか東京湾周辺では海風の内陸への侵入経路を調べて 30 km 位を得ているので、水平スケールとしては不十分ではないかという疑問が出された。ただ特別観測をやったり、またルーチンに観測している所が大気汚染のためのものが多いので沿岸部に集中していることは事実で、これだけの解析から内海沿岸の海陸風の実態が当然浮きぼりにされるとは思えないけれど、地形が複雑で特に内海沿岸が比較的平地の少ないうえに山地が迫っているために、実際に数十 km 奥まで入りこむことはかなり観測上の困難さがあるとともに、山谷風との干渉の問題がでて純粋な海陸風をとらえることは難しくなる。しかし 1973 年の観測では広島女子大のグループが、中国山地のかなり奥までの縦断観測をやられ、広島地方気象台でも山沿いの市内地まで広げているのでそれらの結果は一つの答えを与えるかも知れない。瀬戸内海の場合は確かに中国山地や四国山地を斜面にもち平地から内海上へと連らなっているために、斜面風（上げ風、下げ風）がどこまで海岸に迫まっているのかそして海陸風と一体どのような関連を持っているのかという問題はほとんど全くわかっていないのが現況である。一般論としては、単純な地形と複雑な地形があった場合には前者がわからないと後者はわからない。海陸風の空間的スケールは加熱、冷却の厚さ、スケールと大気の安定度といったファクターで定まってくるので、まず単純な地形（広い海上と陸上とで直線的な海岸線をもった場所）で海陸風の侵入距離をきめ、次に複雑な沿岸地帯に及ぼしていけばよいはずである。しかし地形の効果を入れての実験はなかなか難かしいので、やはり観測をして実態を一つ一つ見付け出すことも大いに必要であろう。そういう意見で宮田氏 5.（広島女子大学）の提示した観測から得られた循環モデルは興味がある。図に示されているように反対風を常に一定方向としている点については、ひうち灘以外では必ずしもそうでないデーターもあるので、内海の各場所毎、例えば玄界灘、安芸灘、大阪湾といった異なった地形についても観測値を得て、モデルを示してみる必要はあると思う。さらに沿岸部をわけると、海上一平地—山地と連らなっている瀬戸内海ではこれら 3 つの熱源を持つ形になるので、それぞれの温度傾度による局地風循環がどのようになっているかをモデルにも入れねばならない。すなわち、日中と夜間とで海風と谷風、陸風と山風が同一循環系になるとき（なってしまっただけでなく）のモデル

や別々の独立した循環系をもっている時点のもの等である。根山（広島地方気象台）の解析した例では、断定はできないまでも必ずしも陸風と山風（斜面下げ風）とが夜間中同一循環系にならないときと、そして内海での場所とがあるようでこの点注目する必要がある。さらに内田氏（7. 札幌管区気象台）の示している小規模循環モデルにみられる陸風→海風の反転時の様子は、海風前線の侵入、消滅のモデルでもあり、海陸風の時間的経過をモデル化するとき参考となるであろう。新潟でも循環モデルの時間的変化を示されているが、内海の場合はそれ程単純でもなく、また場所によって異なる可能性がある。というのは、例えば広島市での海陸風に対する山谷風というのは、A. Wagner の示した狭義の山谷風になる。何となれば広島市北方の山地が大きく影響する形としては、太田川沿いの渓谷（南北に走る）が圧倒的に大きなウェイトを占めているので、谷の軸に沿う局地風が吹くのに対して、下松市の場合はむしろ斜面風（谷の軸に直角の面内での循環）としての影響が大きい（呉市も同じ）。このように谷に沿って山地奥深くから吹走する局地風（ほぼ水平風）と上昇・下降気流の性格をもった局地風（ほぼ鉛直方向の空気運動）とでは、同じように海岸平野部での海陸風に干渉する仕方が違うはずである。このことは何も瀬戸内海だけのことでなく、広く日本列島沿岸で海陸風を扱う場合には考慮しなければならないと思う。次に一般風との関連の問題であるが、海陸風に対して一般風とは何か。理論的には海と陸との間の気圧差がなくなったときに吹いている風ということになる。いいかえると海陸風に対しては、より大きいスケール、中間規模や総観規模の風ということになる。各種のじょう乱が影響してくれば当然それにホローした風が吹くが、そのような気圧配置では通常海陸風は現われないので、結局一般場での気圧傾度のゆるやかなとき、すなわち高気圧圏内で一般風を考えるとどうゆうことになるか。多くの特別観測でも報告されているように、場所と時期によってはあるときは天気図上の高気圧に伴なう風が一般風として現われ、しかも海陸風向に一致したり、またそれより小さいスケールの中間規模の高気圧セルによる風が現われたりして、実際に吹いている風を海陸風と一般風とに分けることはかなり難解になってくる。そうすると一般風の関与を考えるのに困ることになる。しかし何とかして海陸風の実態をさがそうとすると、ややこしい一般風のこともさけて通るわけにもいかないだろう。この辺も今後の課題であろう。例えば、平

地に雪がなく山にだけ雪が積っているときに、かりに風がおけるとすれば山谷風と海陸風が分離できるように、条件を一つずつ簡単にするような観測計画を立てて、一般風と局地風、局地風相互の区別をはかることが望ましいとの提言は今後の研究観測への示唆を与えたものである。

発表はなかったが、公害研究所の北川氏より斜面の上の風について風洞を使い、二次元モデルで夜と昼とで下り斜面と上り斜面での風の様子の变化を調べ、逆向きの流れの出ることを話された。実測データの少ない山谷風の振舞いが判ることはさらに海陸風研究に役立つものと思う。近く天気に掲載されるそうです。

今回の発表のなかには倉敷市のように毎日毎正時バイバル観測をやって豊富なデータを持っておられる所もあったが、全般的には地上値を除けば上層風については長期間の連続したものは少ない。したがってケース・スタディ的な実態しかわからず、しかも場所も臨海工業地帯とか気象官署所在地、一部の地方自治体に限られているので、空間的分布での統一した振舞いはよくつかめていない。海陸風研究のようなローカル性の強いものは気象学の中でも、余り華やかではないことと理論的には気圧差という形で基本的には決まってしまうこと等のためにここ数年間まではほとんど手がつけられていなかった。しかし今や大気汚染の一方の役者として舞台にあがってきたために、大急ぎで始められたというのが真実である。したがってまず観測による実態のはあくが手取りばやくやられ始めたが、なかなか観測には多くの費用と労力がかかるために思うようにデータが集まていない。それを少しでもカバーするためにも測風気球の自動化を考える必要がある。また将来レーザーを使って乱流成分を測れるようになると逆転風もさらに旨く観測できるようになるだろうとのコメントもあった。

第1回シンポジウムでは浅井氏（東大海洋研）が海上と陸上ともかなり広いスケールでの数値シュミレーションの話をされ、そのときにも瀬戸内海という場で地形の効果を入れてやってもらいたいことが希望されたが、今回は特にシュミレーションの発表がなく大変残念でした。実測するとともに理論的にも解明への手をのばさねばならないので、これについての話題を期待していたがあまりなかった。ただ長野氏（広島地方気象台）が広島大学、広島女子大学のグループとともに企画している、モデルとして陸地に2つの熱源をおき海上の1つの熱源を含めて海陸風系と山谷風系に似せた循環系の相互の干

渉や時間変化でどのようになっていくかについて話され、それに関連して浅井氏から、海陸風の実験はほとんど理想化された二次元で、三次元になると大変であり無駄になる可能性もあるが、単純化された一つのファクターをとり出してステップ・バイ・ステップで積み重ねていくようにとのコメントがあった。今後さらに多くの人がこの方面でも手をつけられて解明へ進まれることを期待している。

海陸風の子予測という問題については、東京では内陸と海上との気圧差がなくなる時刻を考えて予想しておられるようであるが、各地の大気汚染担当者はひとしくこの問題に関心をもっておられることでしょう。しかし一般的には特にとりあげて気象台ではやっていないし、またその予報ツールも確立されてはおらず、天気予報の枕言葉としての風の予報の中で、天気図上で低気圧や高気圧、前線に関連した総観規模の風以外を考える必要のとき（そうゆう場のとき）に、各県、各都市の局地風の一つとして海陸風を考えているのが現状であろうと思う。したがってまずラージ・スケールの予報を的確にやり、それによって一般場の予報ができ、次に一般場の中で狭い領域の予報をやるようにするという菊地氏（気象大学校）の発言につきますようである。

第1回シンポジウムの初頭に問題となった海陸風の定義についてむし返しをやった。出席者の中には定義などやかましいことを言わずに、適宜理解したらよいとの意見もあったが、例えば今回の論文の中にも、日中の陸風とか海風の上の陸風とかといった言葉が使われ、何だか同じ現象に別の名前がついていたり、共通した名前が使われていなかったりして、議論の上でもまた理解でも混乱をおこしていたので、あえて同じ現象には同じ言葉を使うように提案した。厳密なことを言えば、内海のような複雑な地形をもった凹凸のはげしい、しかも後背に山地を控えているような場所での海陸風は、水平温度傾度の方向に、180度変転した風が日中と夜間とで吹くと許りは言えない。そうすると45度位しか昼・夜で風向の変らない風はどうするのかという声も出るが、とに角一つの案として佐橋氏（岡山大学）の提起された判定法も大いに参考にしたらと思う。すなわち、

1. 海から陸へ吹き（海風）、陸から海へ吹く（陸海）。
2. 海風、陸風の角度が100度以上変わる。
3. 海風は時計廻りに変転する。

その他沢山の発言があり、第1回のときの宿題となっていたことの繰り返ししもあったが、海陸風の循環モデ

ルの提示、山谷風との干渉、一般風が違ったときに地上海陸風の振舞いはどのように変わるのか、さらに内海のいろいろの場所での三次元的構造がさらに詳しく判明した。そして討論の結論の一つとも言える、広範囲にわたるより高度な研究態勢を組織化し、特別観測にはあらゆる分野を動員できるように計画して欲しいとの発言は、まさに、2回のシンポジウムで発表され、討論された内容のより進んだ究明への近道であろう。少なくとも瀬戸内海での海陸風の実態を明らかにし、全域についての普遍的なモデルを時間変化の各過程で提示できるようにして、第3回のシンポジウムを開催したいものである。

そのためには大学、研究所、気象台の特別観測計画を一体化し、さらに海上については観測できる船を持っている各機関の協力を受け、また沿岸各都市で常時観測または特定観測をやっておられる地方自治体、会社にも依頼して一斉特別観測をやりたいものである。そしてそれは日本気象学会が音頭をとって各方面に参加を呼びかけることにおいて成功させたいものである。

さらに、海陸風循環系の数値実験を進めて各理論モデルに、瀬戸内海という場で必要な物理過程を組み入れて、今後の歩むべき着実な道程をきずくことも必要であろう。

また風洞実験でなされている斜面風の振舞いの変化に対して海陸風の及ぼす効果を組み入れてもらいたいものである。

以上で海陸風に関する研究発表、総合討論を終わり、12月7日12時30分より海陸風と大気汚染に関する研究発表にうつった。

16. 瀬戸内海・気象と大気汚染

（京大防災研究所 中島暢太郎）

この報告では一般論としての、瀬戸内海・気象特性とそれに伴う大気汚染の概観がなされた。瀬戸内海・地形は東西に長いので東西風が吹き易いが、豊後水道や紀伊水道に近い所では南よりの風が入り易い、さらに大小の島々や湾が存在するため海陸風なども場所によって複雑な差異がある。このような気象特性のもとでおきている瀬戸内海の大気汚染というのはただ一つの型ではなく、この内海がもつ複雑な地形と気候にともなう、ほんのわずかなれた所でも大きく異なった型として現われている。例えば同じ広島湾内でも呉では冬季 SO_2 濃度のピークが午前中に現われ、日変化も規則正しいが、大竹

では南東の海風が卓越する場合に汚染がおり、最高濃度出現は呉より1～2時間遅く正午近くである。

17. 客観的予報資料を用いた水島地区の亜硫酸ガスの気象予報

(気象庁大気汚染センター 河村 武)

倉敷市水島地区を対象地域とした亜硫酸ガスの気象予報で、天気図型など主観的判断の入り易い資料を用いることをさけ、客観的に判断が可能な資料だけを用いた方法を報告している。ここでは昭和45年1年間の水島地区の亜硫酸ガス濃度の資料と、これに対応する期間の気象資料を用いた。天気に関する気象要素としては岡山の日最高気温と日最低気温から日較差を算出した。下層の風向・風速は地上天気図(予想にはブログノ天気図)から地衡風向・風速を図上計算して求める。下層大気の成層状態は数値予報資料による水島上空の850mb気温と地上気温の差と、数値予報資料による水島上空の600mb ω とを用いた。また亜硫酸ガス濃度は、水島地域内の日最高濃度を0～9pphm→1, 10～14pphm→2, 15～19pphm→3, 20～29pphm→4, 30pphm以上→5の5階級に区分した。また寒候期と暖候期に分けて、各気象要素別に濃度階級の出現度数分布を調べて、それぞれ2～4のカテゴリーに分け、これを組み合わせて日最高濃度の予想階級の判定ができるようワークシートを作っている。

Q: 瀬戸内海では地衡風と実際の風との偏奇が大きい、下層風として計算された地衡風でよいのか?

A: 結果から逆に持ってきたので、何所ででも使えるというわけにはいかない。

Q: 結果はうまくいっているのか?

A: 最近水島地区では濃度がうすくなってきて高濃度のおきる回数が減っているが、水島地区のどこかで高濃度のところがあるということではうまくいっている。

Q: データーによって相関がどのくらいになるか? 独立データーによらなければならないと思うが?

A: ワークシート自体があまくできている。

18. 大竹市における海陸風と大気汚染について

(広島地方気象台 太田盛三)

昭和47年大竹市内の各所で観測された資料より、風配図を求め風向別高濃度出現率を求めている。まず陸風の主風向はA(公害監視センター)では西北西、B(栄保育所)では西南西、C(衛生センター)では西または西北西、D(大竹消防署)では南南西、海風はAで南南

東、Bで東南東、C、Dで南東となって、海陸風の主風向が完全に逆になることはなく、必ずしも海岸線に直交してはいない。主風向の東、東南東、南東に対するSO₂高濃度出現率を時刻制に求めてみると、おおむね12時～13時をピークに0.2PPM以上が現われており、汚染源よりやや離れた大部分の所で係数が0.6ないし0.8ぐらいとなり、B点のように近い所で0.19程度と小さい値となった。

19. 海陸風前線とオキシダント濃度

(千葉県公害研究所太田久雄、斎藤哲夫、

喜多大次郎、実倉昌男、泉水菊夫、谷口芳子)

千葉県における上層風、地上風、オキシダント濃度の資料を用いて海陸風前線とオキシダント濃度との関係を調べた報告である。千葉県は地形的関係からいわゆる海風と呼ばれるものには東京湾から房総半島に向かって吹く風(東京湾海風)と太平洋側から房総半島に向かって吹く太平洋海風の2つがある。調査日は市原市役所のオキシダント濃度がW系の東京湾方面からの風の時高濃度を示した日と、太平洋方面からのSE系の風による高濃度を示した日の2日間である。高濃度の発生はいずれも気圧傾度がゆるく、天気の良い日で視界の悪い時に発生している。その日は平常時より赤外線は多く可視光線や紫外線は減少している。W系の風の吹く時に高濃度になる確率が高い。また海風前線(東京湾海風)による高濃度発生はその海風域で発生し、汚染源方向から吹く海風の上限が著しく低下し汚染質の拡散を妨げるような形で反対風の進入がみられるとき高濃度になっている。陸風前線による高濃度発生は陸風域(後面)で発生し、高濃度時の下層では地上付近から弱風層と強風層があり、さらに地上付近が強風層のときでも500m付近に弱風層のあるときには高濃度が発生している。

Q: 一般的には高オキシダント濃度は紫外線の影響でできるといわれているのに、この調査では逆になっているが?

A: 地上で測定したところこのような結果になった。

Q: 海風前線というのは海風が入ってくる先端として大気汚染との関連を多くの調査報告でのべているが、陸風前線というのは同じ現象規模のものか?

Q: 地上風流線での不連続線ということであるが、シノプティック・スケールの場の風が収束線を作っているようにみえるので、海風前線と同一構造ではないのではないか?

A：流線解析で内陸側から東京湾側へ抜けた不連続があったので陸風前線と仮称した。

Q：風の特異線として扱った方がよくはないか？

20. 海風前線と O_x 濃度の関係

(大阪管区气象台 久保明弘)

昭和46年6月10日から9月末までの期間と47年7月28～31日の4日間について大阪府内での海風前線と O_x 濃度との関係を報告している。前者では海風前線の前面にあたる弱風域でも濃度は高まり、最高濃度に達するのはすべて海風前線通過後の海風領域内である。前線の上陸時刻は9時前後が多いが、早いときには7時、遅いときには11時とか13時のこともある。堺市、府立大学にあらわれる最高濃度は前線がすぎて1～3時間内で、前線からの距離は関係ない、 O_x 濃度の低下する時刻は前線が進行性のものほど早く、0.10ppm 以下になるのは普通16～18時であるが進行性の時には13～14時にもう低くなる。47年には、府下の最高濃度はしばしば泉佐野(去年の最高濃度の府立大学よりもっと南)と寝屋川にあらわれるようになった。前年より一般に O_x 濃度は高く5月から注意報基準を起す日が現われ始め、高濃度時に視程障害を伴うようになった。

21. 大気汚染拡散モデルの開発

(日本アイ・ビー・エム松崎功保,
大河内正明, 宇土正浩)

モデル地区として地形条件、煙源データー、濃度観測データー等種々の条件が整っている姫路市をえらび、開発されている大気汚染予測システムの概要と姫路市を対象とした場合に注目すべき気象条件としての海陸風にもふれている。煙源データーとしては、位置、煙突高、いおう酸化物排出量などがインプット・データーとなり、気象条件のインプット・データーは風向、風速、大気安定度などがある。これらデーターとガウス型拡散公式を用い、さらに対話型機能を付加してプログラミング化している。気象条件のインプット・データーに地域特有な要素をどこまで取り入れることができるかということが本システムの結果におおきな影響をもってくる。海風の最盛期をすぎて高濃度が出現(47年3月18日に0.1ppm以上が15～17時に出現した)し、海岸から10数km離れたところでも高濃度となった。

Q：風はどうゆうふうに与えてあるか、乱れは？

A：海風最盛期に風速が一致する場合を使っている。

またセントルイスの拡散公式を用いている。

以上で海陸風と大気汚染に関する研究発表を終わり、続いて京大防災研究所中島暢太郎教授の司会のもとに総合討論がおこなわれた。大気汚染の研究には、疫学、化学反応、拡散方程式、ポテンシャル予報といった問題があるが、このシンポジウムで取りあげられた内容は最後のポテンシャル予報を行うためにどうしても無視できない海陸風との関係を究明することになった。ここで考えられることは、沿岸海上からの都市の大気汚染、すなわち海上へ陸風によって出ていった汚染物質の行くえ(逆もどり現象)がどうなるのかといったことである。今回の発表の中にも、各湾から陸上に向かって運ばれそこでのころ最高濃度になることの多いことが指摘された。このような汚染物質の寿命については、WMOでの委員会で今までに判っていることの総合報告が近くだされることになっているので、そうなればかなりはっきりしてくるということであった。さらに討論が白熱化して、かなり大気汚染発生の基本論にまで及び、例えば、汚染物質は風によって運ばれ、拡散され、自然の浄化作用にまかされている。基準までは汚してもよいといったぐらいに思われているふしもあり、積もり積もらどうなるかを考えていない。汚染源の人為的なものはうすくして出すのではなく、とり除くことが必要であるといったように、その問題は、大気汚染と自然環境または社会環境といった面でさらににつこんで議論されるべきであろう。海(陸)風前線と高オキシダント濃度との関係において、大阪地区と東京湾近郊で若干くい違っていたが、この辺はオキシダントが二次汚染であることと、一次汚染源が東京の場合海岸にあるために海風前線の前面で O_x が高濃度になるためのようで、このことが大阪との違いのようにみえかなり複雑であるから、汚染源との地理的關係を十分ふまえる必要がありそうだ。また海(陸)風前線については、第1回シンポジウムでも問題となり、論文にはのっているが果して学術用語か否かは不明である。しかし陸の上へまた海の方へ移動しているようであるとの話題もでた。風の立体構造の解析によると、小規模ながら寒気が入っているから海風前線は寒冷前線と同じようにも考えられるとの意見もあり、また海上と陸上との境で地表面の状態の違いから温度差ができて前線となるという話もあった。しかしもともと天気図上にみられる前線は気図論的に寒気と暖気との境界付近で温度傾度ができての温度の不連続線であり、その進行方向は寒冷前線は暖気側に進んで寒気側に進むことはないはずであ

る。にもかかわらず海風前線が午前中海上から陸上に進むということは（海風がその地点では始まるということ）、少なくともそのときは相対的には暖い方へ進むということにはなるが、どうも前線という言葉が妥当ではないようにも思える。これに関連しては、北陸の豪雪を収束前線といってこれが沿岸に近づけば里雪、内陸に入れば山雪となることがわかっておりこれは熱の問題で、同様に海風前線を前線というのには言葉自体よくないとも発言があった。この辺は純粋の気象学の問題かも知れないが、それに関連して最高汚染濃度が現われる事実があるので、海風前線の機構究明は必ずしも気象の問題と許りは言えず、大気汚染関連でもはっきりさせる必要がある。これについては沿岸での気温、風、湿度の立体観測を行なって垂直構造から明瞭にすることが先決だとの意見もだされた。拡散の問題については海陸風があるためにうまくいかないのではないかの疑いももたれた。

さらに大気大循環の中で海陸風はノイズのようなものかどうかについては、大循環の中にどのように拡散の効果を取り入れるかによってきまり、対流そのものが問題でそれ程大きな影響は及ぼさないだろう。

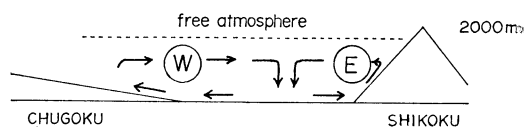
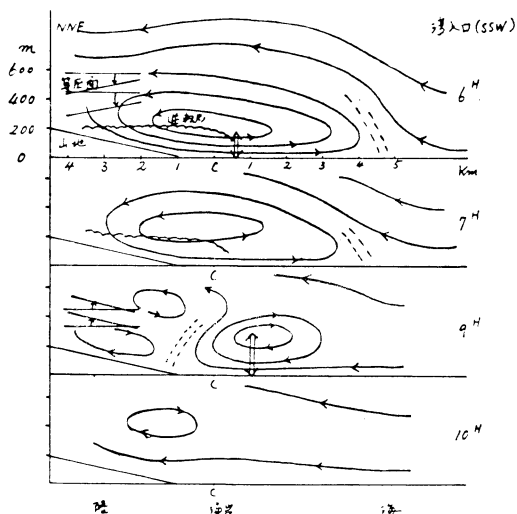
以上討論を概観したが、大気汚染予測にとって特に瀬戸内海や東京湾では海陸風の振舞いを見逃すことは一応定説のように浮きぼりにされた観があったが、まだまだ一次汚染さらに二次汚染に対し詳細に両者の関係

を確立し、予報則に組み入れられるところまではいいないように思え、さらに多くの事実（観測から得られた理論的裏付け）が欲しいものである。

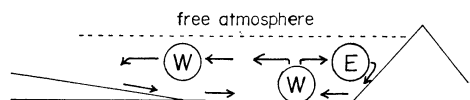
以上で、予定終了時刻を40分もオーバーして閉会されたがまだまだかゆいところに手のとどく程の十分さはなかったので、第3回、第4回と回を重ねる毎にぜんぼうがさらに明らかにされていくことであろう。

「後記」

この報告では、努めて発表論文、特論を客観的に行なったと思っているが、一部では平素の持論がでてしまった感もあるように、読み返しているうちに思われてきた。2回のシンポジウムを終えて痛感したことは、瀬戸内海での海陸風を全般にわたってどのように究明する方向にむけるべきかということであった。その1つは今後実施計画のある特別観測担当者がお互に連絡をとりあって、何を、どのように、何のために行ったらよいかを検討する委員会のようなものを作って、事前に協力態勢を組織できたらと思う。さらにどの機関が協力してもらえるかも調べて、とに角大型プロジェクトとして一斉観測したいものである。その2は第3回シンポジウムをどのような形で、どのような内容を中心にやったらよいか、さらにより進んでこれだけは第3回で集中的に討論をしてある程度結論を出そうといったことに関して会員諸君よりご忠言をいただきたいと考えている。



海風時の循環モデル



陸風時の循環モデル
(宮田による)