

暖気侵入を伴う“海風”の気候学的特徴

—関東地方と十勝-根釧地方について—

藤部文昭*

要旨

海風は本来、昼間に昇温した陸地へ海上の空気が吹き込む現象であり、冷氣移流を伴う。しかし、一見すると海風のように見える現象の中には、吹き始める際に暖気移流状態（内陸側よりも海側のほうが高温）になっているものが含まれる。このような「暖気型“海風”」の気候学的特徴を明らかにするため、18年間のアメダス資料を使い、関東地方と十勝-根釧地方を対象にして見かけの“海風”開始時の気温分布を統計的に調べた。その結果、“海風”開始時に暖気移流状態になっている事例が全体の10%~数十%を占めることが示された。暖気型“海風”は、海方向の気圧が高い気圧配置において、曇天あるいは日の出後間もない弱い日射のもとで現れやすく、陸上の低温域が解消に向かう際に基本場の影響を受けた風が吹き始める現象という性格を持つと考えられる。

1. はじめに

海風は身近な大気現象として、気象の教科書によく登場する(例えば浅井, 1996)。そのメカニズムは、「昼間に陸地の昇温によって海との間に気圧差ができ、海から風が吹く」というものである。この定義に従えば、海風は当然、冷氣移流を伴う。日最高気温の分布から海風の侵入範囲を推定した榎根(1961)や、気温の上昇停止時刻から海風前線位置の推定を試みた蒲生(1987, 1991b)の研究は、海風が冷氣移流現象であることを前提にしている。

一方、一見すると海風のようにありながら、冷氣の侵入に対応しない現象が時として見られる。例えば蒲生(1991a)は、海方向からの風が吹き始めても気温上昇が止まらない場合があることを指摘している。さらに、海からの風が明瞭な暖気移流を伴って吹き込んでくることもある。その具体例は、陸上に存在する冷氣層と海から吹く相対的な暖気との間に生じたメソ前線が日中に内陸へ侵入するにつれて、海方向から吹く風の範囲が内陸へ広がっていく現象である(Fujibe,

1990, 1992; 藤部, 1993b, 1994)。

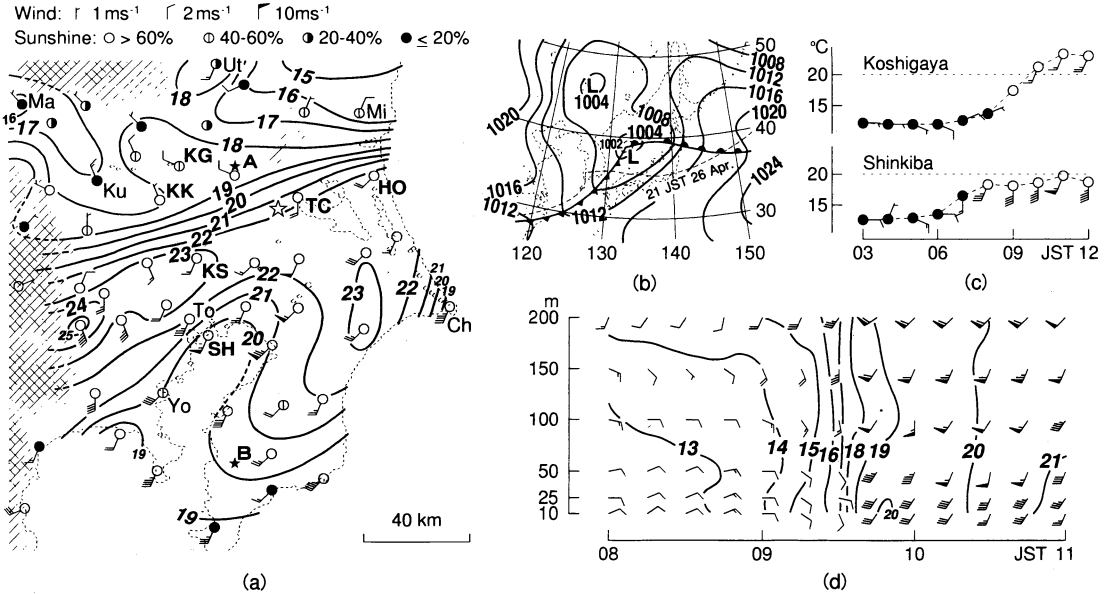
上記の暖気侵入現象は、統計的に見て明け方~正午ごろに多く、地上の昇温による局地風現象という性格を持っているが、気温分布からして本来の海風とは明らかに性格が異なる。しかし、日本では“海風”という言葉が「昼間に海のほうから吹いてくる風」を広く対象にして使われる傾向があり、暖気侵入現象もあまり違和感なく「海風の侵入」と呼ばれる雰囲気がある。実際、暖気侵入時の地上風の変化は海風の侵入にそっくりであり、気候学的研究でしばしば使われる海風発現の判定条件を満たすことが少なくない(例えば、第1図と第3図で紹介する事例は3.3節の条件(1)~(3)を満たす)。言い替えると、日常何げなく“海風”と呼ばれ、気候学的研究で“海風”として扱われてきた現象の中に、「暖気を伴うという点で、本来の海風とは性質の異なった風」が含まれるのである。このように、暖気侵入現象は海風概念と実際の用語法とのギャップを象徴する現象として、海風の研究者にとって興味深い存在である。

本研究は上記の興味に基づき、「多くの気候学的研究で“海風”として扱われる風」すなわち「昼間に海方向から吹くという点で、海風の特徴を見かけ上備えた風」の中に、暖気を伴うものがどのぐらい含まれどん

* 気象研究所予報研究部, ffujibe@mri-jma.go.jp

—1999年1月20日受領—

—1999年5月6日受理—



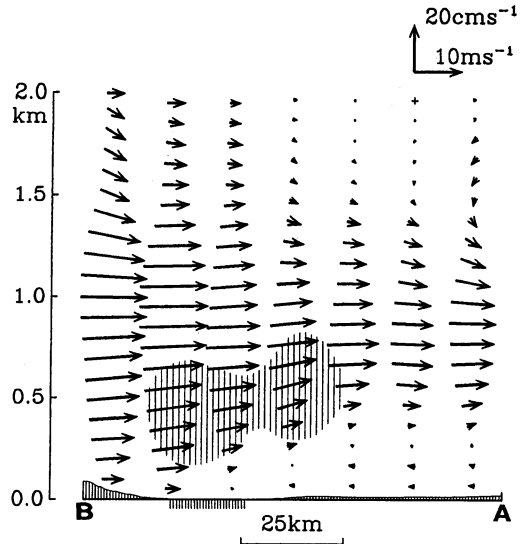
第1図 (a) 1986年4月27日11時の風・気温および前1時間の日照時間分布. 気温は等温線で表し(単位 $^{\circ}\text{C}$), 5°Ckm^{-1} の高さ補正をしてある. 地名はSH=新木場, KS=越谷, KG=古河, HO=銚田, TC=土浦, KK=久喜, 他にTo=東京, Yo=横浜, Ch=銚子, Ku=熊谷, Mi=水戸, Ut=宇都宮, Ma=前橋, ☆は館野=気象研究所. 斜線域は海拔300 m以上と600 m以上の領域を示す. (b) 27日09時の地上天気図(気象庁の「印刷天気図」からのスケッチ). 前日(26日)21時の前線位置を細破線で示す. (c) 新木場と越谷における当日の風・気温・前1時間日照時間の変化(記号はaと同じ). (d) 気象研究所鉄塔の自記記録から求めた当日の風と温位の時間変化(矢羽根と等温線=単位 $^{\circ}\text{C}$). 温位は近似式 $T + \Gamma_0 z$ による(T は気温, Γ_0 は乾燥断熱減率, z は地上高).

な気候学的特徴を持つのかを, アメダス資料による統計的解析によって調べたものである. 以下, 「昼間に…備えた風」のことを, カッコをつけて“海風”と表記する. これは, “海風”という言葉が昼間に海のほうから吹く風を広く含んで使われる傾向を踏まえた上での便宜的な表記であって, 海風の理論上の概念を変更する意図はないことを断っておきたい. この了解のもとに, 内陸側よりも海側のほうが高温の状況下で吹くものを「暖気型“海風””, 内陸側のほうが気温が高いものを「冷気型“海風”」と言う.

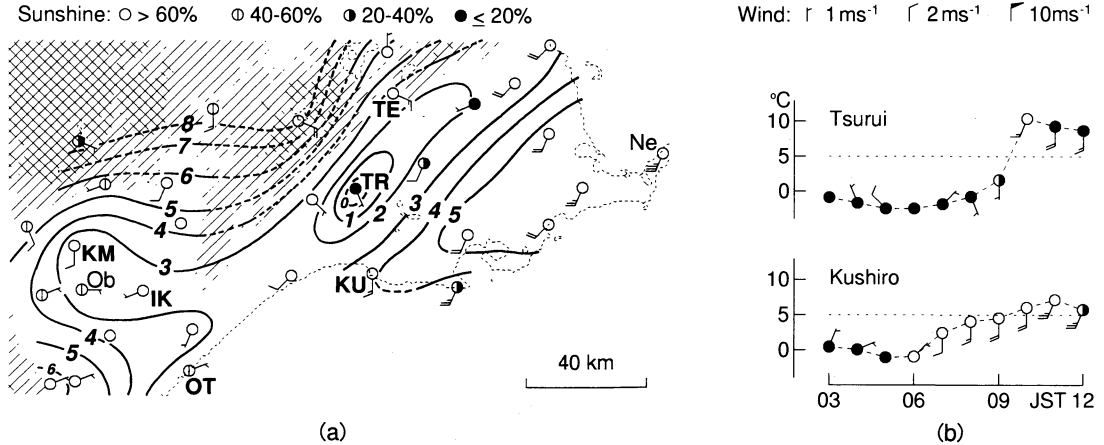
対象地域としては関東地方のほか, これと同様西~北側に山地を控え東~南側に海がある地域として十勝-根釧地方を取り上げた. 時刻はすべて日本標準時(JST)である.

2. 暖気型“海風”の事例

第1図は, 1986年4月27日の事例を示す. 低気圧の日本海通過に伴って関東平野の南部では風速数 ms^{-1} ~ 10ms^{-1} の南~南西風が吹いていたのに対し, 北部は



第2図 東京湾を通る南北断面上(第1図aに★で示したA点とB点の間)における1976年3月7日09時の風(南北・鉛直成分)の分布. 陰影は上昇気流が 2ms^{-1} 以上である領域. 藤部(1993b)から引用.



第3図 (a)1996年4月23日08時の風・気温および前1時間の日照時間分布。地名は KU=釧路, TR=鶴居, TE=弟子屈, OT=大津, IK=池田, KM=駒場,他に Ob=帯広, Ne=根室。(b) 釧路と鶴居における当日の風・気温・前1時間日照時間の変化。

気温が低く(14~18°C)弱風域となり、南~南西風域との境界は5°C程度の気温差を持つメソ前線を成していた(第1図a)。時間を追って見ると、房総半島南部や三浦半島では夜半からすでに南風が吹いていて、明け方以降に南風域はメソ前線の北上とともに20~30 kmh⁻¹で北へ広がった。新木場では06~07時、越谷では09~10時に南風が吹き出した(第1図c)。気象研究所鉄塔の自記記録によると(第1図d)、09時30分~40分ごろの約10分間に南風の吹き出しとともに温位が3°C上がっており、南風の先端部が微視的にも暖気移流状態になっていたことが確かめられる。

気温分布について補足すると、第1図aから分かるように、気温が最も高いのは南風域の北縁であり(>21°C)、東京湾や相模湾の沿岸では気温が低く(<20°C)になっていた。また、南風の侵入後は内陸域の昇温が著しく、午後には関東全体にわたって内陸域が高温で沿岸が相対的に低温という冷氣移流状態になっていった(図は省略)。このことは、いったん南風が侵入した後は、海から流入する空気が加熱されつつ内陸へ吹き進むという、通常海風時と同様の気温分布になったことを示している。

もう1つ注目されることとして、北部の低温・弱風域は少日照域すなわち曇域であった。この曇域はメソ前線の北上につれて後退したが、曇域の南端とメソ前線とは1対1には対応せず、曇域のほうが早く後退した。

第2図は、「南関東大気環境調査」による下層風の観

測資料を使って類似のメソ前線の南北断面(第1図aのAB間)を解析したものである。内陸側の弱風域は薄い(300 m以下)くさび状を成し、その上に南風が乗り上げている。これと同様の構造は、下形ほか(1991)やYoshikado *et al.* (1994)の観測例でも得られている。

南風の場合だけでなく、東~南東風が吹く状況下でも、関東の東~南東岸から暖気が侵入する事例がある(藤部, 1993b)。

第3図はサハリン~オホーツク海を低気圧が通った際に釧路周辺で現れた暖気型“海風”の例を示す。釧路から根室にかけての沿岸では南~南西風が吹いて気温が高かった(~5°C)が、その内陸側は低温域(<3°C)におおわれていた。ただし、もっと内陸の山岳域は相対的な高温(6~8°C)になっており、このことは低温域がごく薄い(100 mのオーダー)の冷氣によるものだったことを示している。この低温域は時間とともに解消し、南風・高温域が内陸へ広がった。南風の吹き出し時刻は釧路では06~07時、鶴居では09~10時であった。このほか、低気圧の前面で南東風が十勝平野に吹き込んでいく例もある。ただし、関東に比べて十勝-根釧地方の低温域は狭く、地点ごとの気温差が目立つ。これは、冷氣層が薄く小規模な地形に影響されやすいためと考えられ、その理由としては関東よりも平野が狭く北側の山岳が低いことが挙げられる。

3. 統計解析の方法

3.1 資料

1979～96年のアメダス毎時資料を使った。風速の測定単位は 1 ms^{-1} 、風向は16方位、気温は 0.1°C ごと、日照時間は0.1時間ごとである。

上記のうち、日照時間の測器は1980年代の中ごろまで太陽電池式日照計の旧型であったが、その後気象官署のものは回転式日照計に、それ以外は太陽電池式の新型になった(更新期日は地点により異なる)。これに伴って観測値が大幅に減少し、減少幅は月合計値で数十時間になることもあった(気象庁, 1988)。しかし本研究では、日・時間値に関する適当な換算方法が見当たらないことと、日照に関しては大まかな状態の把握が目的であることから、観測値をそのまま使った。なお、旧型太陽電池式のデータを使った吉門(1991)の調査によれば、日中(10～14時)には日照時間の観測値が0でも平均 $1 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ すなわち 300 Wm^{-2} 程度の日射があり、これは日照率100%の場合の1/3程度になる。新型測器は日照時間を少なめに観測するので、観測値0の場合の平均日射量はもっと大きい可能性がある。

3.2 対象地域

関東地方の“海風”の風向は、一般風に依じて北東-南東-南西の範囲に分布する(藤部, 1993a)。南寄りの風が吹く場合は総観場の気温が高く、“海風”は暖気を伴う傾向があるのに対し、東寄りの“海風”は総観場の低温に対応して冷気を伴う傾向がある。そこで本解析では、前者の代表として東京湾の北岸から関東平野中部にかけて吹く南風を取り上げ、後者の代表としては鹿島灘から吹く北東～東風を取り上げた。これらはそれぞれ、「東京湾海風」「鹿島灘海風」と通称される。これらの呼称も、海上と陸地の温度差によって吹く風というより、単に東京湾や鹿島灘のほうから吹いてくる風という意味合いが強い。関東地方では他に、相模湾から吹き込む南風(相模湾海風)や、房総半島から平野中部に向かう南東風がある。これらについての解析結果は示さないが、東京湾海風や鹿島灘海風と基本的特徴は同じであった。

十勝-根釧地方については、釧路付近で吹く南風と、十勝平野へ吹き込む南東風を対象にした。

3.3 “海風”と気温型の定義

まず、4地域の“海風”それぞれの代表的な風向(以下「海風風向」)を設定し、それにほぼ平行になるように、沿岸から内陸にかけて数十 km 間隔で下記の3地

点ずつを選んだ(第1, 3図)。

- (a) 新木場, 越谷, 古河: 海風風向=南
- (b) 鉾田, 土浦, 久喜: 海風風向=東北東
- (c) 釧路, 鶴居, 弟子屈: 海風風向=南
- (d) 大津, 池田, 駒場: 海風風向=南東

地点を数十 km 間隔にとったのは、物理的理由とと言うより、アメダス観測網の分解能の限界によるものである。地点の立地条件はそれぞれ異なり、沿岸と言っても新木場は東京湾に突き出す埋め立て地にあるのに対し、鉾田は海岸から約5 km 入った丘陵地(海拔32 m)にあり、釧路は海岸から1 km 強の高台(海拔32 m)、大津は海岸から400 m のところにある。こうした差異が結果に反映する可能性を考慮し、結果を解釈するに当たっては各地点群に共通する特徴に重点を置いた。

各地点群内の3地点のうち、沿岸とその1つ内陸側の地点(以下それぞれ「沿岸地点」、「内陸地点」と言う)について、次の3条件を使って“海風”発現の有無を判定した。なお「風の海風風向成分」とは、風ベクトルを海風風向に射影したものを指す。

(1) 陸風条件: 01～09時の間に、風の海風風向成分が 0.5 ms^{-1} 以下の状態が3時間続く。

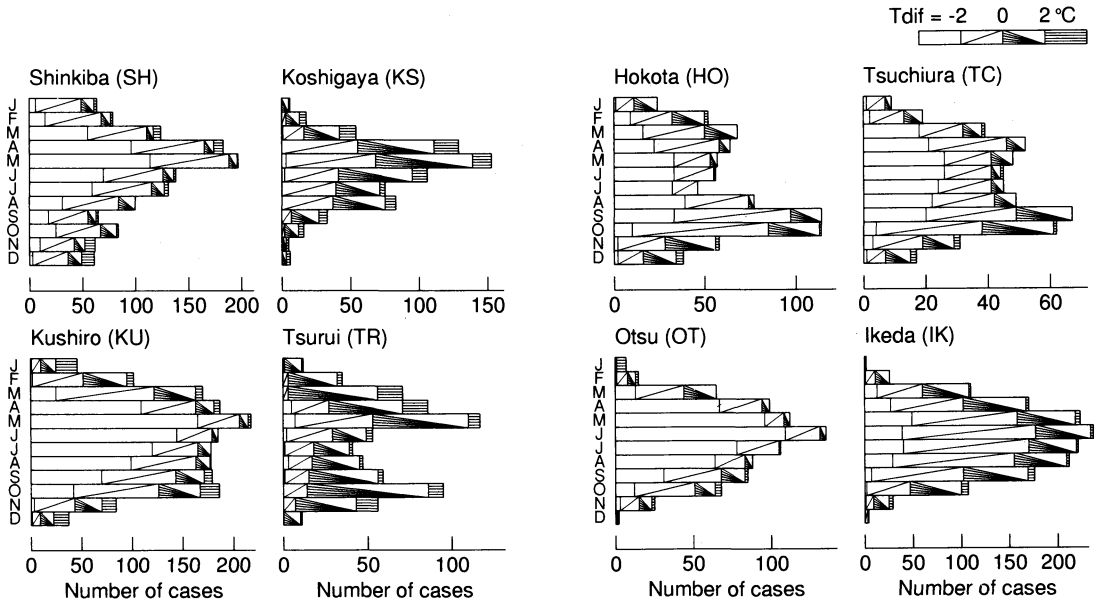
(2) 海風条件: ① 10～21時の間に、風向が海風風向 ± 1 方位以内で風速 2 ms^{-1} 以上の状態が3時間続く。かつ、② 海風風向成分が最大になった時刻の風向が、海風風向 ± 1 方位以内である。

“海風”開始時刻は、(2)の①の状態が満たされた時点から過去へさかのぼって(09時以前も可)、「海風風向 ± 1 方位以内で風速 2 ms^{-1} 以上」の条件が最初に満たされた時刻とし、以下これを t_2 と表す。第1図の場合、新木場では $t_2 = 07$ 時、越谷では $t_2 = 10$ 時である。

(3) 天気条件: t_2 の直前の3時間に、対象地域における 1 mm/h 以上の降水の観測回数が5%未満である。「対象地域」とは、関東地方については1都6県(島嶼を除く)の、根釧-十勝地方については十勝・釧路・根室支庁内の、いずれも海拔150 m 以下にある60地点と29地点である。

(1)～(3)がすべて満たされた場合に、その地点で“海風”が発現したものと見なした。昼間に海方向からの風が吹いても、それが前夜から吹き続いて陸風条件が満たされない日は、“海風”が発現したとは見なされないことに注意してほしい(以下、(2)は満たされるが(1)が満たされない場合を「海風卓越状態」と言う)。

(1)～(3)は、北林(1976)やYoshikado(1981)が



第4図 月別の“海風”発現日数. 1979~96年の総数. T_{dif} 値によって塗り分けてある.

海風の統計解析に使ったものとほぼ同じである. これらにおいて陸風条件が緩く海風条件が厳しいのは, 陸風が暖候期にはしばしば不明瞭であることを考慮したものである. しかし, 各基準値 (0.5 ms^{-1} とか 2 ms^{-1} とか) は便宜的に設定したものであり, それぞれの値でなければならぬ必然性は特にない. このうち, “海風”開始時刻の定義 (t_2) は“海風”が暖気型になるか冷気型になるかに影響すると考えられるので, 海風風向成分が最初に 1 ms^{-1} 以上になった時刻 t_1 についても解析をしてみた. 当然 $t_1 \leq t_2$ である.

“海風”の気温型は, 時刻 t_2 または t_1 におけるその地点と1つ内陸側の地点との気温差で判定した (例えば, 新木場で“海風”が始まった場合, その時刻の越谷との気温差). 以下これを T_{dif} と表す. $T_{dif} > 0^\circ\text{C}$ は海側のほうが高温であること, すなわち暖気型を表す. なお T_{dif} の計算に当たっては, 5°C km^{-1} の気温減率で高度補正をした.

なお, “海風”発現の有無や開始時刻は沿岸地点と内陸地点とで別々に求めたものである結果, 内陸地点だけ“海風”が発現したり, 内陸地点のほうが開始時刻が早かったりする事例もある. これは, 沿岸から内陸へ侵入していくという本来の海風の性質とは相容れないけれども, 本研究はそもそも純粋な海風に焦点を絞ったものではないので, (1)~(3)にさらなる条件を

追加することはしなかった.

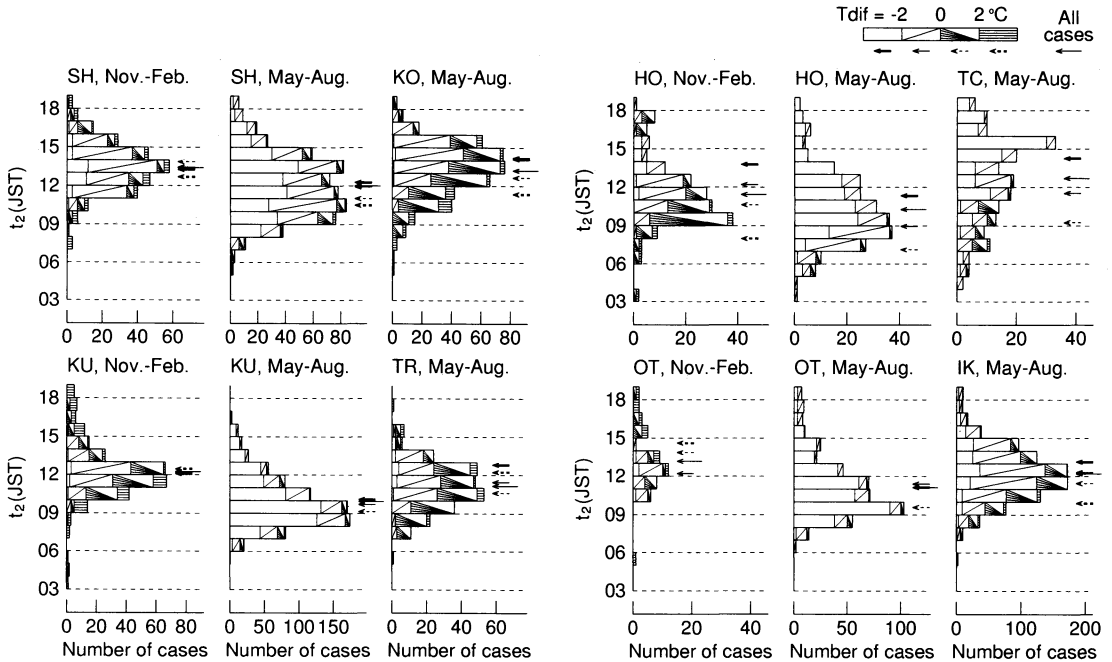
4. 暖気型“海風”についての諸統計

4.1 季節特性

第4図は“海風”発現頻度を月別に示す. 4地域とも, “海風”全体の発現頻度は春~夏に高く冬に低く, 特に内陸地点では冬に著しく低い. 暖気型 ($T_{dif} > 0^\circ\text{C}$) と冷気型 ($T_{dif} \leq 0^\circ\text{C}$) に分けてみると, 暖気型の発現頻度は, 秋~冬は沿岸と内陸が同程度ないし沿岸のほうが高く, 春~夏は内陸のほうが高いのに対し, 冷気型は春~夏に沿岸で現れるものが大半である.

“海風”全体に占める暖気型の割合について言えば, 春~夏よりも秋~冬に高く, 沿岸よりも内陸で高い傾向がある. 数字を挙げると, 沿岸地点における暖気型の割合は, 年平均では大津の13%から銚田の22%までの値をとり, 11~2月に限れば新木場で25%, 他の3地点は50%前後である. 内陸地点における暖気型の割合は土浦の22%が最小で, 池田がそれに次ぎ, 最高は鶴居の73%である. また, $T_{dif} > 2^\circ\text{C}$ の顕著な暖気型は沿岸では数%, 内陸では数%~10%である.

内陸地点のうち鶴居・越谷で暖気型の割合が高いのは, 南風が東~南東風に比べて暖気をもたらしやすいことを反映しているものと思われる. しかし観測点の立地条件の違いも無視できず, 例えば銚田は他の沿岸



第5図 “海風”開始時刻 t_2 のヒストグラム。 T_{dif} 値によって塗り分けてあり、各 T_{dif} 範囲を対象にした t_2 の平均値を矢印で示す。なお、真の“海風”開始時刻は「 t_2 に先立つ1時間内のいつか」であるから、便宜上これを $t_2 - 0.5$ 時間と見なして縦軸を目盛っている。

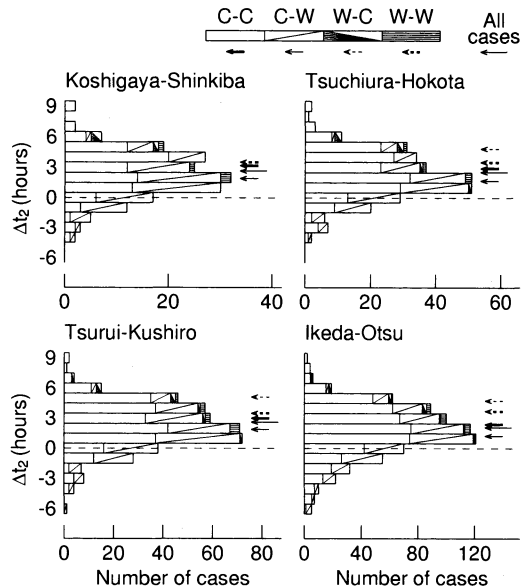
地点に比べて海岸から離れているため、内陸的な性格が現れて暖気型の割合が高くなったと考えられる。前述のように、本稿では地点群ごとの違いよりも、暖気型“海風”が各地点群に共通して現れる点を重視する。

“海風”開始時刻を t_1 で定義すると、暖気型“海風”の割合は数%~十数%高くなるが、定性的な特徴は変わらない。

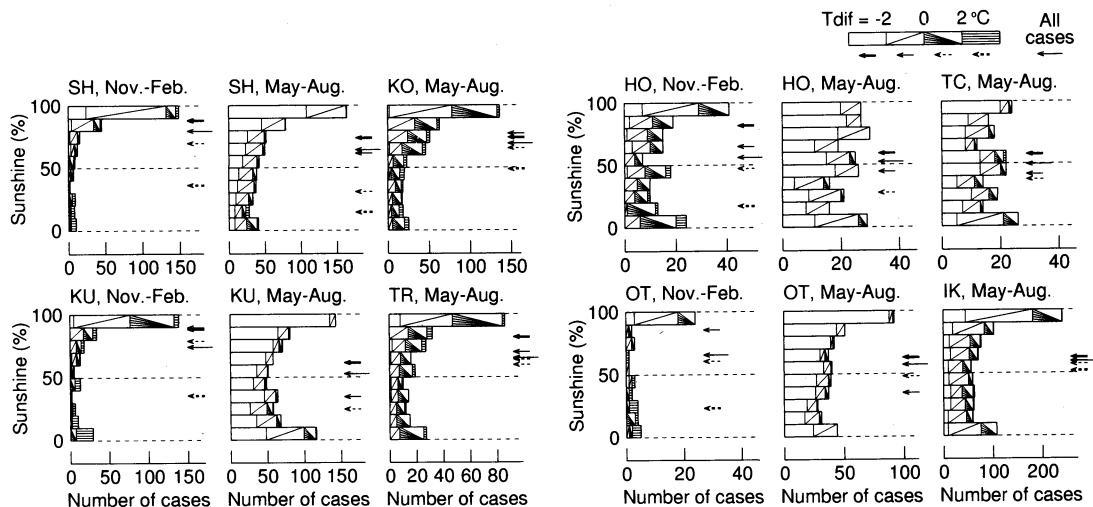
4.2 時間・空間特性

第5図は t_2 のヒストグラムを5~8月と11~2月について示したものである。ただし第4図で見たように、内陸地点の11~2月の事例は極端に少ないので図を省略した。地点や季節によって例外はあるが、暖気型は冷気型に比べて早い時間帯に現れる傾向がある。

個々の日について見ると、沿岸地点と内陸地点の“海風”発現状況は以下のように分類される。11~2月は、沿岸地点のみ“海風”が現れて内陸地点では無海風の日が大半である。この場合、沿岸地点の“海風”は冷気型と暖気型の両方がある。5~8月は、[1] 沿岸のみ発現、[2] 沿岸・内陸双方で発現、[3] 内陸のみ発現、の3通りがある。このうち [1] [2] の沿岸の“海風”は冷気型であることが多い。[3] の場合には、沿



第6図 沿岸・内陸地点ともに“海風”が発現した日の t_2 の差 ($=\Delta t_2$; $\Delta t_2 > 0$ は沿岸が早いことを表す) のヒストグラム。沿岸・内陸地点の“海風”型によって塗り分けてあり (C-W は沿岸で冷気型・内陸で暖気型、他も同様)、それぞれの平均を矢印で示す。



第7図 “海風”発現日の日照時間 (t_2 に先立つ3時間の対象地域内の平均値)のヒストグラム。

岸地点(特に新木場と釧路)では“海風”卓越状態になっていることが多く、内陸地点の“海風”はしばしば暖気型である。東京湾海風を例として数値を挙げると、5～8月に新木場と越谷のどちらか一方で“海風”が発現した766例の内訳は以下のようになっている。

- ・ [1] が359例, うち319例は冷気型
- ・ [2] が182例, うち175例は新木場で冷気型
- ・ [3] が225例, うち122例は新木場で“海風”卓越・越谷で暖気型

第6図は、上記 [2] の場合における沿岸地点と内陸地点の t_2 の差 (Δt_2) を示す。 t_2 は沿岸のほうが平均2～3時間早い。注目されるのは、沿岸・内陸双方が冷気型である場合(図中のC-C)と、双方が暖気型である場合(W-W)に比べ、沿岸で冷気型・内陸で暖気型である場合(C-W)は Δt_2 が小さいことである。双方冷気型というのは典型的には海風前線の侵入に対応し、双方暖気型は第1, 3図で紹介したメソ前線の侵入に対応するのに対し、沿岸で冷気型・内陸で暖気型というのは短い時間内に“海風”が広範囲で吹き始める状況に対応するものと考えられる。

4.3 日照との関係

第7図は t_2 直前3時間の日照時間のヒストグラムである。日照時間は3.3節の「(3) 天気条件」で使ったアメダス地点の平均による。一部に例外はあるが、暖気型の発現時は冷気型の場合よりも日照時間が少ない。これには雲量の違いだけでなく、“海風”開始時刻の違い(第5図)による太陽高度差も影響している。とも

あれ、暖気型“海風”は曇るあるいは早い時間帯の弱い日射のもとで発現する傾向のあることが分かる。

4.4 一般風との関係

一般風としては、09時の地上気圧傾度を地衡風に換算したものを使った。以下これを G と表す。 G の計算は、北海道～九州沿岸にある24気象官署の海面気圧に重みつき最小2乗条件で1次式を当てはめる方法(藤部, 1998)によった。ここでは誌面の制約により5～8月の新木場と鉦田の結果だけを示す。

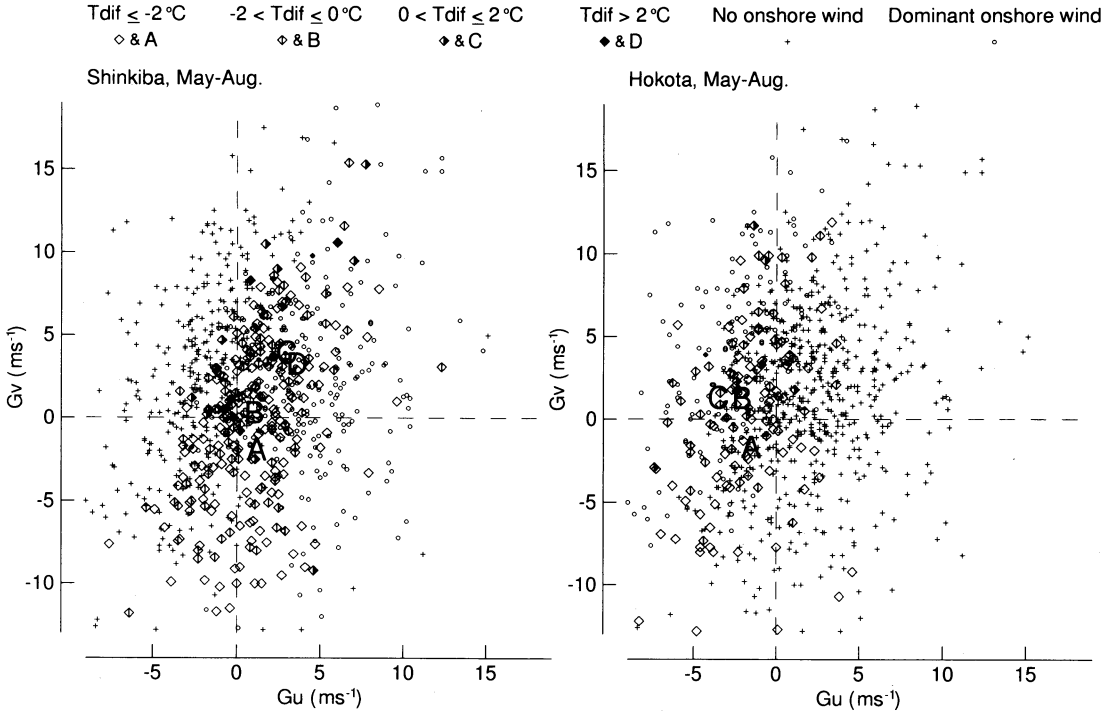
第8図は G の散布図である。データのばらつきは大きいけれども、 T_{dif} が増すほど新木場では G の風向が南南西～南西風、鉦田では南東～南南東風に偏る傾向がある。これらはそれぞれ、東南東～南東方向と北東～東北東方向の気圧が高いこと、すなわち大まかに見て海方向の気圧が高い状態に対応する。

釧路と大津についても、定性的に同様の結果が得られる。

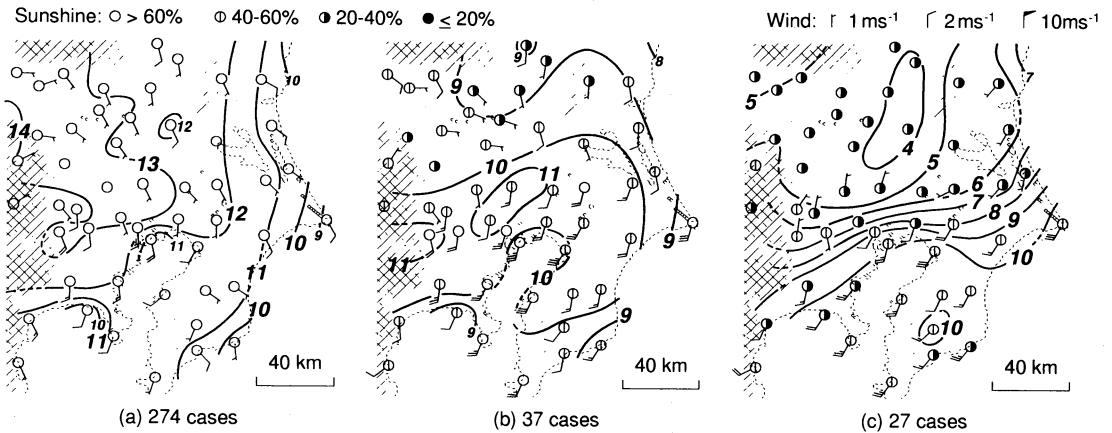
5. コンポジット解析による暖気型“海風”と冷気型“海風”の比較

暖気型“海風”と冷気型“海風”それぞれの空間構造を統計的に把握するため、東京湾海風を対象として、以下の条件を満たす事例のコンポジット解析をした。

- 5～8月・沿岸で冷気型(新木場で $T_{\text{dif}} \leq -2^\circ\text{C}$)。
- 5～8月・内陸で暖気型(越谷で $T_{\text{dif}} > 2^\circ\text{C}$)。
- 11～2月・沿岸で暖気型(新木場で $T_{\text{dif}} >$



第8図 一般風 G の散布図。個々の事例を◇で表し（事例数が多いので偶数年のものだけをプロットした）、各 T_{dif} 範囲を対象にした G の平均値を A~D の記号で示す。+ は海風条件が満たされなかった日を表し、○は“海風”卓越日すなわち海風条件は満たされたが陸風条件が満たされなかった日を表す。



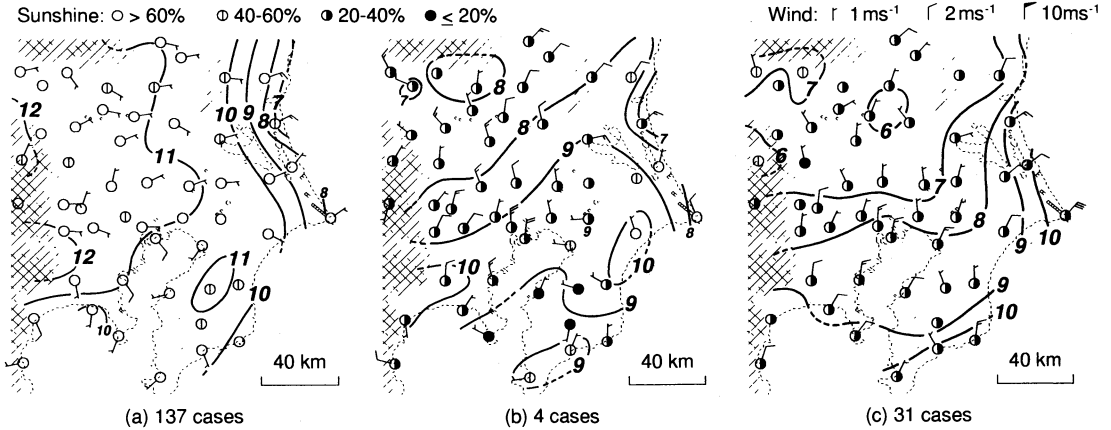
第9図 (a) 5~8月に新木場で $T_{dif} \leq -2^{\circ}\text{C}$, (b) 5~8月に越谷で $T_{dif} > 2^{\circ}\text{C}$, (c) 11~2月に新木場で $T_{dif} > 2^{\circ}\text{C}$ であった場合の、それぞれ“海風”開始時 t_2 における風・気温 (850 hPa からの偏差 $= \delta T$)・前1時間の日照時間分布のコンポジット。

2°C).

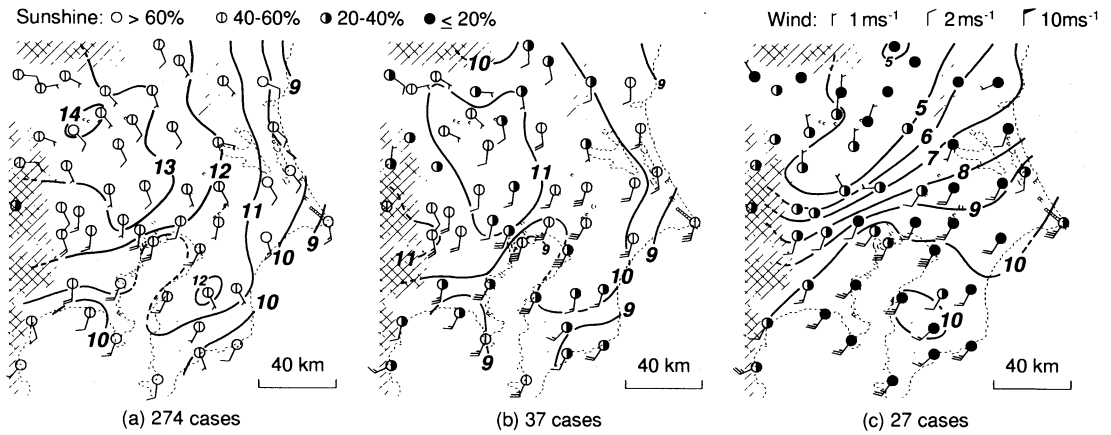
これらにおいて、a と c では内陸地点の状態にかかわりなく、また b では沿岸地点の状態にかかわりなく統計をとった。従って、1つの事例が a と b の両方に含

まれることもあり得る (第6図の C-W 型の場合)。

第9図は、a~cそれぞれについて、時刻 t_2 (a と c は新木場、b は越谷の値) における地上風・地上気温および前1時間の日照時間分布を平均したものである。対



第10図 第9図と同じ、ただし (a) 5～8月に銚田で $T_{dif} \leq -2^{\circ}\text{C}$, (b) 5～8月に土浦で $T_{dif} > 1^{\circ}\text{C}$, (c) 11～2月に銚田で $T_{dif} > 1^{\circ}\text{C}$ であった場合。



第11図 第9図 a～c のそれぞれ3時間後の状態。

象期間中 (1979～96) に地点が移動した場合には、移動距離が緯度・経度とも 0.03° 未満であれば同じ地点として扱った。気温については、自由大気の変動を除くため、当日09時の館野850 hPa 気温からの偏差 (以下 δT) を使った。

a は関東平野全体が晴れた状況下で内陸域が昇温し ($\delta T > 13^{\circ}\text{C}$)、 $1\sim 2\text{ ms}^{-1}$ の南東～南風が吹いている。一方、b においては北西～北部の山沿いに曇域 (日照時間 $< 40\%$) があり、その周辺は低温・弱風域 ($\delta T < 10^{\circ}\text{C}$ 、風速 $\sim 1\text{ ms}^{-1}$) になって、この低温域に向かって相対的に暖かい南～南南西風 ($\delta T > 11^{\circ}\text{C}$) が吹き込んでいる。ただし気温が最も高いのは南風域の北端であり、新木場など南側が海に面する地点では低温 ($\delta T < 10^{\circ}\text{C}$) になっている。これは第1図で紹介した事例と基本的に

同じ状況である。c は内陸域の低温・弱風状態が b よりももっと著しく ($\delta T < 5^{\circ}\text{C}$)、東京湾の北側に東北東～西南西方向に気温差 5°C を超えるシャープなメソ前線が存在する。

第10図は、鹿島灘海風についての下記条件による解析結果である。

- (a) 5～8月・沿岸で冷気型 (銚田で $T_{dif} \leq -2^{\circ}\text{C}$)。
- (b) 5～8月・内陸で暖気型 (土浦で $T_{dif} > 1^{\circ}\text{C}$)。
- (c) 11～2月・沿岸で暖気型 (銚田で $T_{dif} > 1^{\circ}\text{C}$)。

b, c のしきい値を $T_{dif} > 1^{\circ}\text{C}$ にしたのは、 $T_{dif} > 2^{\circ}\text{C}$ の事例数がごく少ない (それぞれ1例, 8例) からである。a は第9図とは“海風”の主風向が異なるが (第9図は南, 第10図は東)、晴れて内陸域が昇温し、広域で“海風”が吹き始めている点は第9図 a と共通する。

bでは内陸が曇天・低温域 ($\delta T < 8^{\circ}\text{C}$) になって北風が吹いているのに対し、土浦周辺では相対的に高温な東北東風 ($\delta T \approx 9^{\circ}\text{C}$) が吹いている。東京湾周辺から房総北部はもっと気温が高いため、暖気型“海風”の特徴は第9図bほどには目立たないが、東北東風域に限れば内陸側の低温域へ暖気が吹きつける状況になっている。この状況はcにおいてはより顕著である。

第11図は第9図a～cで扱った各事例のそれぞれ3時間後の状態を示す。第9図と比べると、aでは内陸の高温が持続しつつ南風が強まる一方、bでは内陸の低温域が縮小して南風域が広がった結果、互いの風系や気温分布の違いが目立たなくなっている。このように、暖候期には“海風”開始段階の気温分布が違っていても、しだいに内陸域が昇温して“海風”の範囲が広がるにつれ、冷氣移流状態へと移行していく。一方、第11図cにおいては南風の範囲が第9図cに比べてやや北へ広がっているが、内陸の低温域は持続し、風・気温分布の基本的特徴は維持されている。言い替えると、寒候期には時間がたっても内陸域の冷氣層は解消せず、南風域が少し北へ拡大するだけである。これは藤部(1994)の解析結果と符合する。

6. 議論

6.1 暖気型“海風”の性質

本解析の対象になった4地域に共通して、暖気型“海風”は海方向の気圧が高い気圧配置・陸上の低温域(冷氣層)・比較的少ない日照のもとで、冷氣型“海風”よりも早い時間帯に現れる傾向がある。このことから暖気型“海風”は、陸上の低温域が解消に向かう際に基本場の影響を受けた風が吹き始める現象という性格を持つことが分かる。夜間の冷氣層が日の出後に解消して基本場の風が吹き出すことは、盆地内などでも起こるが、暖気型“海風”はこのような変化が海に面する平野で沿岸域から内陸域に向かって時間差を持って起こる場合であると言える。

これは海風の成因とは大きく異なる。ただし、暖気型“海風”においても陸地の昇温に伴う気圧低下が駆動力の一部を担っていることは考えられるわけで、海風本来のメカニズムと全く無縁であるとはまでは言い切れない。暖気型“海風”にかかわる詳しいメカニズムの解明は、今後の研究に待つところが大きい。

暖気型“海風”に先立って存在する陸上の冷氣層の形成については、夜間の地表面冷却のほか、山風による冷氣堆積や山岳による力学的なブロッキングがかか

わると考えられる。また、時としては総観場に由来する寒気もかかわっている可能性がある。このうち、地形的な因子は太平洋側に特有のものではないので、暖気型“海風”は日本海側の地域にも現れ得る。しかし、総観的な要因は日本海側では暖気型“海風”に不利に働くため、太平洋側よりは現れにくい可能性がある。

また、暖気型“海風”の事例の中には第1図のように低温域が局所的な曇域になっている場合がしばしばある。これは冷氣層を滑昇する暖気内に雲ができることも考えられるが、逆に適度な雲の存在が冷氣層を持続させて暖気型“海風”に好都合な状況を作り出すという可能性もあり、実際に曇域が地形とは無関係な中・上層雲による例がときどきある。暖気型“海風”と雲との関連も今後の研究課題としておきたい。

6.2 暖気型“海風”の気候学的位置づけ

本解析で“海風”の判定に使った条件(3.3節の(1)～(3))は、海風の統計的研究で従来から使われてきたものと大差ない。従って本研究の結果は、これまで“海風”として扱われてきた現象の中の少なからぬ部分が暖気型“海風”であること、言い替えると本来の海風とは性格の異なる現象であることを統計的に示したものである。

海風が冷氣侵入現象であるという原則にあくまでも立脚するならば、上記の結果は海風判定方法の不備を示すことになる。しかし著者はむしろ、現実の局地風現象の多様さを反映するものと受け止めたい。本来の海風とは、いくつかの理想的条件(単調な海岸線、山なし、一般風が弱い、海水温は高くも低くもないなど)を前提とする概念なのであり、これらの条件が現実には必ずしも満たされない以上、本来の海風と外見の似た、しかし性格の異なる現象があっても不思議ではないからである。そして、こうした現象を便宜的に“海風”と呼ぶ傾向には無理からぬ面もある。もちろん、こうした現象に対しては海風前線など本来の海風の性質を前提とすべきではなく、このことを「昼間に海から吹く風」としての“海風”を扱う際には銘記する必要がある。

なお、英語では「海から吹く風」を意味する onshore wind という表現があり、立平(1981)はこれに相当する言葉として「向岸風」(逆は「離岸風」)を使っている。この言葉はまだ一般的でないため、本稿では使わなかったが、“海風”という用語にかかわる混乱を避けるためには、こうした言葉を採用していくのも1つの方法であるかも知れない。

7. まとめ

関東地方と十勝-根釧地方の4つの地点群を対象にして、“海風”=「昼間に海方向から吹くという点で、海風の特徴を見かけ上備えた風」の開始時の気温分布を統計的に調べ、以下のことを示した。

(1) “海風”は沿岸地点では年間を通じて現れ、内陸地点では主に暖候期に現れる。“海風”全体に占める暖気型(開始時の気温が内陸側の地点よりも高い)の割合は、沿岸地点では10~20%、内陸地点では20~70%で、内陸のほうが高い。沿岸地点でも、11~2月に限れば暖気型の割合は25~50%である。

(2) 暖気型“海風”は冷気型に比べ、海方向の気圧が高い気圧配置のもとで、曇あるいは早い時間帯の弱い日射のもとで発現する傾向がある。その発現時には、内陸側の低温域に向かって海方向から暖気が吹きつける状況になっている。このことから、暖気型“海風”は典型的には、陸上の低温域が解消に向かう際に基本場の影響を受けた風が吹き始める現象と解釈できる。

(3) 暖候期の暖気型“海風”の場合には、時間がたつにつれて内陸が昇温し、冷気移流状態が変わっていく。しかし寒候期には内陸の低温状態が解消せず、暖気移流状態が持続する。

謝 辞

気象庁の磁気テープ資料は気象庁統計室の提供を受けた(一部は気象研究所電計管理班所蔵のデータファイルを利用した)。

参 考 文 献

浅井富雄, 1996: ローカル気象学, 東京大学出版会, 233 pp.
 Fujibe, F., 1990: Climatology of the coastal front in the Kanto plain, *Pap. Meteor. Geophys.*, **41**, 105-128.

Fujibe, F., 1992: Climatology of mesoscale warm and cold fronts in the Kanto plain, *Pap. Meteor. Geophys.*, **42**, 157-180.

藤部文昭, 1993a: 関東平野における春・夏季晴天日の気温分布の日変化, *天気*, **40**, 759-767.

藤部文昭, 1993b: 関東平野における“暖気侵入型海風”の立体構造, *月刊海洋*, 号外(5), 78-82.

藤部文昭, 1994: 冬の日本海低気圧時における関東平野の地上風系の日変化性, *天気*, **41**, 321-330.

藤部文昭, 1998: 関東内陸域における猛暑日数増加の実態と都市化の影響についての検討, *天気*, **45**, 643-653.

蒲生 稔, 1987: 関東平野の混合層, *公害*, **22**, 25-32.

蒲生 稔, 1991a: 海上風域と混合層域の消長の時間変化, *公害*, **26**, 21-30.

蒲生 稔, 1991b: 海風前線位置を読み取る方法の比較, *公害*, **26**, 31-39.

榎根 勇, 1961: 関東平野部における日最高気温分布の中気候学的解析, *地理学評論*, **34**, 438-449.

気象庁(観測部管理課), 1988: 地域気象観測(アメダス)の日照データの取り扱い, 気管第95号(昭和63年3月25日)。

北林興二, 1976: 海陸風の統計的解析, *公害*, **11**, 288-306.

下形茂雄, 水野建樹, 吉門 洋, 1991: 小型船舶による初冬高濃度時における東京湾洋上大気汚染の観測, *公害*, **26**, 41-54.

立平良三, 1981: アメダスの風資料から見た台風域内の風速分布(台風7920号の場合), *研究時報*, **33**, 201-204.

Yoshikado, H., 1981: Statistical analyses of the sea breeze pattern in relation to general weather conditions, *J. Meteor. Soc. Japan*, **59**, 98-107.

吉門 洋, 1991: アメダス日照データと毎時全日射量の関係, *公害*, **26**, 1-8.

Yoshikado, H., T. Mizuno and S. Shimogata, 1994: Terrain-induced air stagnation over the southern Kanto Plain in early winter, *Bound.-Layer Meteor.*, **68**, 159-172.

Climatology of Apparent “Sea Breezes” Associated with Warm Advection in the Kanto and the Tokachi-Konsen Regions

Fumiaki Fujibe

(*Meteorological Research Institute, Tsukuba 305-0052, Japan. E-mail : ffujibe@mri-jma.go.jp*)

(Received 20 January 1999 ; Accepted 6 May 1999)

Abstract

In Japan, the phrase “sea breeze” is often used as a generic term of onshore wind in the daytime. The “sea breeze” in this usage can be driven by various mechanisms in addition to land-sea thermal contrast, and is often accompanied by warm advection at its onset. In order to find the climatological features of such apparent “sea breezes”, a statistical analysis was made on the temperature distribution at the onset of daytime onshore wind in the Kanto and the Tokachi-Konsen regions by using data from the AMeDAS network for 18 years (1979-96). It is shown that more than ten percent of daytime onshore winds are of the warm-advection type. They tend to occur under relatively weak sunshine in cloudy weather or just after sunrise, with synoptic pressure increasing seaward.
