

釧路の海霧*

沢井 哲 滋**

要 旨

1981, 82年の夏に釧路地方で実施された海霧の特別観測期間中の霧について、気象要素の地上観測データとミリ波レーダーのエコーパターンを用いて事例解析を行った。これらと霧日数をもとにした釧路の霧の気候的特徴とから、主に海霧について、その発生機構などを議論する。釧路の霧は一般に言われているようなスケールの大きな移流霧だけではなく、ルーチンの観測ではとらえにくい小さなスケールの霧も多く発現するのではないかと、事例解析の中の1つの例では、陸上起源の暖く湿った気塊が冷い海面上で冷やされて霧が発生し、弱い一般風に乗って再び上陸したと考えられる。

1. はじめに

釧路の霧については1981, 82年の特別観測の後、共同観測を実施した各研究機関によって、観測結果の報告がなされて来ている(科学技術庁研究調整局, 1984; 上田・八木, 1984; 海霧研究グループ, 1985, 以後 UKG と略記; 柳沢・石原・沢井, 1986, 同じく YIS)。気象研究所が担当した釧路の霧の発生・変質機構の解明や予測可能性の是非については、現段階での結論を一言でいえば、「釧路の霧はややこしい」、「釧路の霧を予測するのは難しい」という否定的表現になってしまいそうである。

しかし、我々はできればここで踏みとどまって観測結果を前向きに検討し直すことにより、より肯定的な将来への展望を見出したいと思う。そのためには、釧路の霧の特徴を抽出し、海から陸へとやって来る霧を能率よく観測する方法を確立する必要がある。後者の観測方法については別の機会に譲るとして、本論文では釧路の霧の一般的特徴について考えてみる。そのため、我々が特別観測で体験した霧に関して、その時の気象状況とミリ波レーダーの観測例を中心に事例解析を試みる。

第2節では旬毎や月別の霧日数から釧路の霧の気候的特徴について調べる。特別観測に関しては先に挙げた報告と重複する部分も出て来るが、まず、第3節で観測期

間中の気象状況についてまとめ、第4節ではこれとミリ波レーダーのエコーパターンを参考にしながら観測にかかった霧を4つに分けた上で、それぞれについて事例解析を行う。最後に、第5節において第2節から第4節までの結果をもとにして釧路の霧の特徴を整理する。

釧路や根室など北海道の霧についてはこれまで多くの研究がなされて来ている。少し前までの論文の一覧は沢井(1982)に譲るとして、最近では札幌管区気象台から「霧予報法の改善」と題した冊子が1983年に出版されている。また松倉・深石による「釧路の気象」という題名の単行本が1981年に釧路市から発行されている。スケールの小さい霧ということでは、やはり今回の特別観測のデータを用いた解析から、釧路付近の「沿岸霧」は滑昇霧であるとした孫野(1985)の論文がある。参照されたい。

2. 気候的特徴

第1図は釧路を含む北海道の東部太平洋側の4地点と網走の月別霧日数を示す。これと同様の図は沢井(1982)でも使っているが、ここでは浦河を釧路により近い広尾に替えて、再度考えてみる。地点の位置関係については第2図を参照のこと。

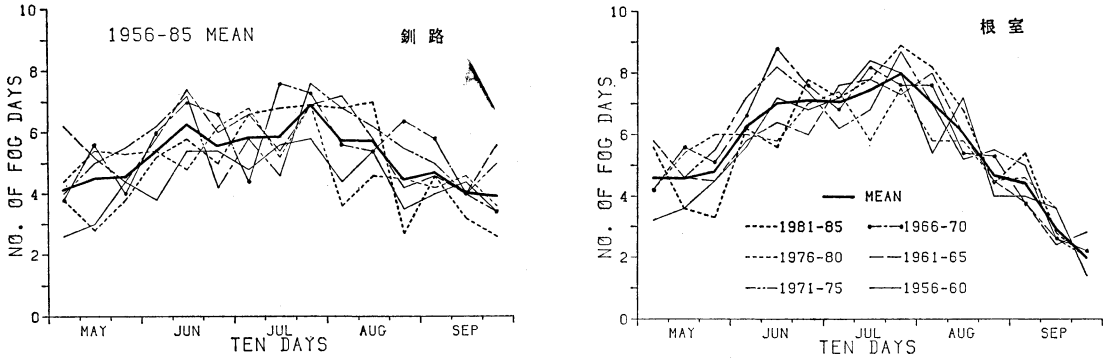
さて、釧路はお互いに条件がよく似ている根室と比べて、7月のピークは低いと8月以降の減り方が少なく、1年間を通してみると根室とほぼ同じ霧日数である。根室は北側が根室湾に面しているので網走と同じく北風でも霧になることが多く、その分だけ夏の霧日数が釧路に比べて多い。根室では、南風に比べて少ないとはいえ北風でも霧が発現することについては多くの調査研究があ

* Sea Fog in Kushiro District,

** Tetsuji Sawai, 気象研究所 現在 気象庁予報課。

—1987年11月26日受領—

—1988年7月1日受理—



第3図 釧路と根室の5月から9月にかけての旬別霧日数の季節変化、1956~85年の30年間の平均と5年毎の平均。



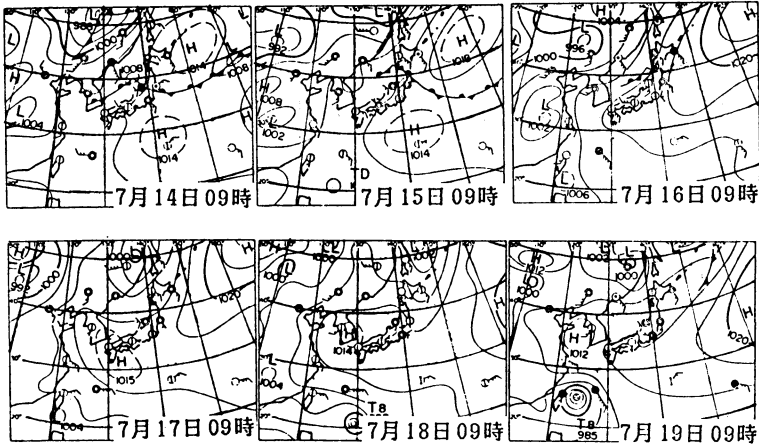
第4図 1981, 82年の特別観測の時の観測点の配置。

で、2つの極大の時期にそれぞれこうした気圧配置が現われやすいと解釈できる。

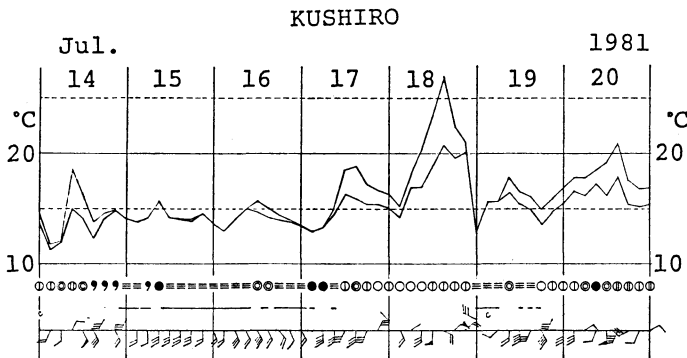
以上の考察から、北海道の東部太平洋岸で6月から8

月にかけて観測される霧は、気候的には一般に言われているように移流霧と分類すべき霧が多い。その海岸地域での発現頻度は年によるばらつきが大きいとはいえ、6

1981年



第5図 1981年の特別観測期間中の毎日の天気図。



第6図 1981年の特別観測期間中の釧路地方気象台における、(上から)気温、露点温度、天気、そして風向・風速の3時間毎の時系列。矢羽1本は1m/s。天気と矢羽の間の断続した直線は霧の発現期間を示す。

6月中旬と7月下旬にピークがあり特に後者は統計的にも有意なものと思われる。ただし、海霧の発生機構まで考えると以下の解析でもわかるように複雑な場合が多く、純粋な移流霧とは言えないようなスケールの小さな霧が多く含まれている可能性がある。

3. 特別観測期間中の気象状況

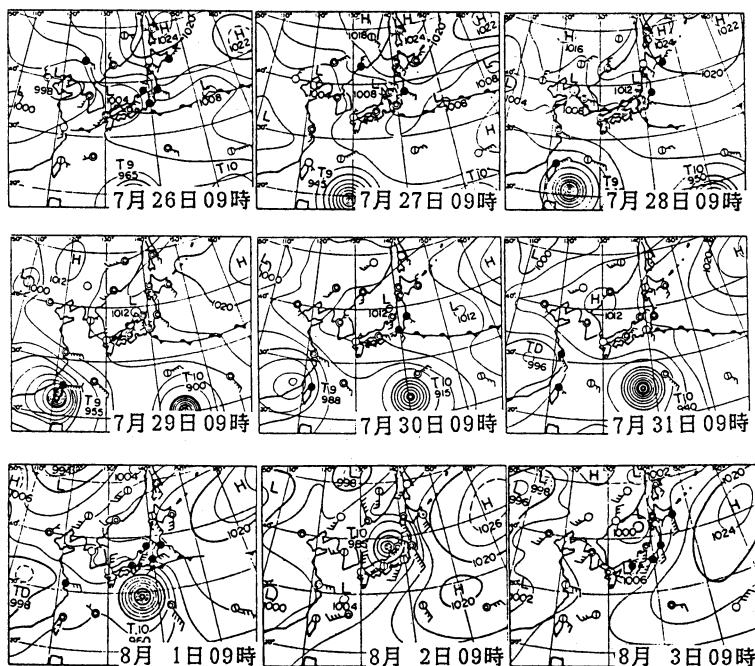
1981, 82年の特別観測の全体についてはUKGに詳しい解説があるのでここで繰り返すことはしない。ただ、観測点の位置は後で必要になるので第4図に示してお

く、ミリ波レーダーは図の右下にある紫雲台に設置した。

3.1. 1981年7月14日~20日

この年の特別観測は7月16日からであったが、霧はその前から断続的に出ていてミリ波レーダーの試験的な観測が14日夕方から始まっていた。海面水温は7月の1か月平均で例年より2°C位低い10~11°Cしかなく、釧路の霧日数は7月、8月とも平年より多かった。7月14日から19日の09時の天気図を第5図に、また釧路地方気象台での気象要素の3時間毎の変化を第6図に示す。梅雨末期で前線が北海道のすぐ南にあり、7月17日の屋前

1982年



第7図 第5図に同じ。但し、1982年。

まで天気が悪かった。風は安定した南寄り気温は低かった。しかし、東北部でも17日には梅雨が明けて前線は消滅し気温は上昇を始めた。その後、前線の北にあった高気圧が発達しながら東進し日本付近に張出して来たが、小さな高気圧が朝鮮半島付近にできて停滞したため北海道付近の等圧線は東西に寝た形となり一般風が西成分を持ち、釧路付近では霧の発現にくいパターンが続いた(同じ南風でも東成分のある方が釧路では霧になりやすい(深石, 1973))。このため14日から17日にかけての霧雨まじりの霧(Case 1)の他には、18日から19日にかけての夜中に海上からと思われる予想外の霧(Case 2)を観測しただけであった。後者の霧については次節で詳しく解析する。

3.2. 1982年7月26日～8月3日

前年とは逆に海面水温は7月から8月にかけて例年より1°C位高く釧路沖で14~15°Cもあったので、この夏は霧が少なかった。

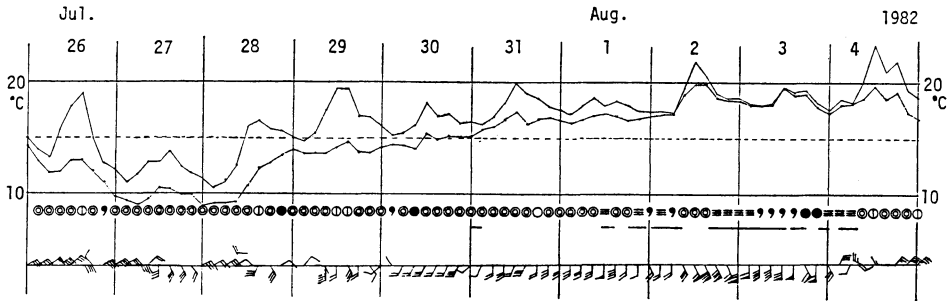
期間中の天気図を第7図に、また、釧路地方気象台の気象要素の時間変化を第8図に示す。観測を開始した7

月26日から28日頃まで北海道はオホーツク海高気圧の勢力下であり、27日には気温が日中でも海面水温より低い位であった。オホーツク海高気圧が南東進して南風が卓越するようになった29日以降になっても霧は陸上ではすぐには発現せず、31日午前00時以後露点温度が15°Cを越えた頃からようやく海霧の侵入を観測した(Case 3; 第8図参照。天気記号の下の断続した直線は霧の出現期間を示している)。その後、霧は海岸付近では一進一退を繰り返していたが、内陸の下幌呂では31日夜まで大体‘もや’の状態が続いた。8月2日になって台風10号から変わった低気圧が日本海を北上するにつれ南風が強まり霧雨まじりの霧が内陸にも侵入した(Case 4)。この時の風速は地上でも10 m/s 近かった。

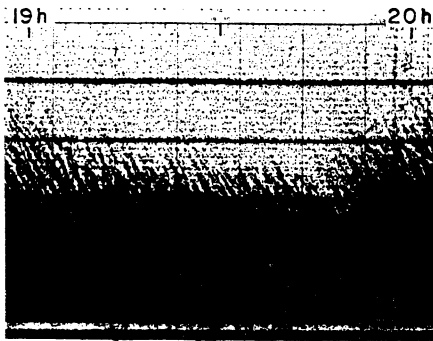
4. 事例解析

事例解析は、霧の始末(海から陸への侵入開始)を含む1981年7月19日と82年7月29~31日、およびその他の例として1981年7月16~17日と1982年8月1~3日の全部で4例の霧を取り上げ、それぞれの気象状況とミリ

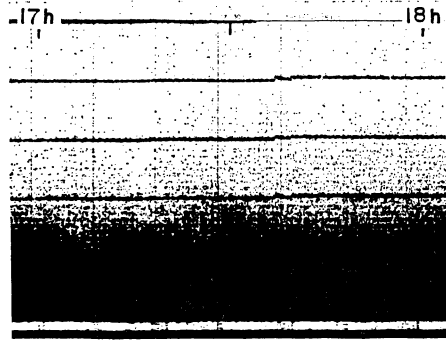
KUSHIRO



第8図 第6図に同じ。但し、1982年。



(a)



(b)

第9図 ミリ波レーダーのエコーパターンの例。(a) 1981年7月14日。(b) 7月15日。横軸は時間で1目盛10分。縦軸は距離で1目盛4 km。

波レーダーのエコーパターンの特徴を調べる。この内、1981年7月19日の例については気象状況を中心に特に詳しく解析する。

4.1. 1981年7月14~17日 (Case 1)

梅雨前線がらみの霧で、観測開始前から断続的に発現していた。南寄りの風が持続し上空には雲があり雨も降った。この期間中のミリ波レーダーのエコーパターンを2つ第9図に示す。まず(a)は霧雨まじりの‘もや’ (視程は1~2 km) の場合で、細い筋状のパターンをしているが、その中にまた濃淡のある構造をしている。次に(b)は濃い霧の場合のエコーで、8 km 位の距離まで反射強度がある。YIS で解析したようにバンド状や筋状のエコーではないのに探知距離が比較的に長いという点で、2年間を通じて珍しい例である。かなり大きな霧粒を多く含んでいたと推測されるが、粒度分布などの観

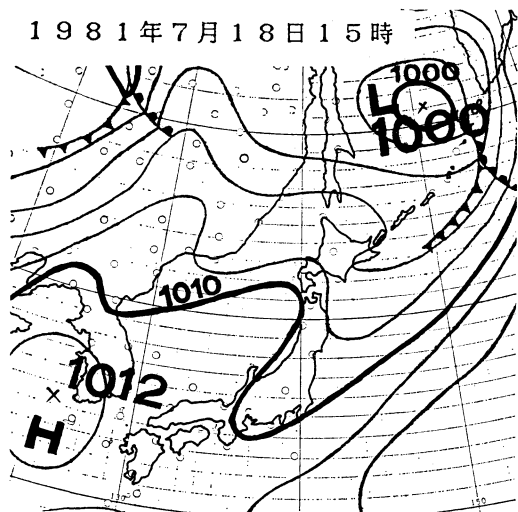
測開始は16日なので具体的なデータは無い。

4.2. 1981年7月19日 (Case 2)

この時の霧は7月18日の23時頃から24時頃にかけて陸上で観測された始めたが、18日の夕方には、その夜は霧が出ないだろうと予測を立てミリ波レーダーなどの人手を要する部分の観測体制を解いていたため、霧発現前からの連続した観測記録がなく解析が難しい。それでも、自記記録などから霧発現時に地上の気象要素が特異な時間変化をしていること、ミリ波レーダーのエコーが海霧(沿岸霧)の日変化と考えられる特徴的なパターンを示していることの、2つの理由からここで取り上げることにする。

a. 気象要素の解析

第5図の18日09時の天気図に見るように、オホーツク海には低気圧があり気圧の谷が東北地方にまで延びてい

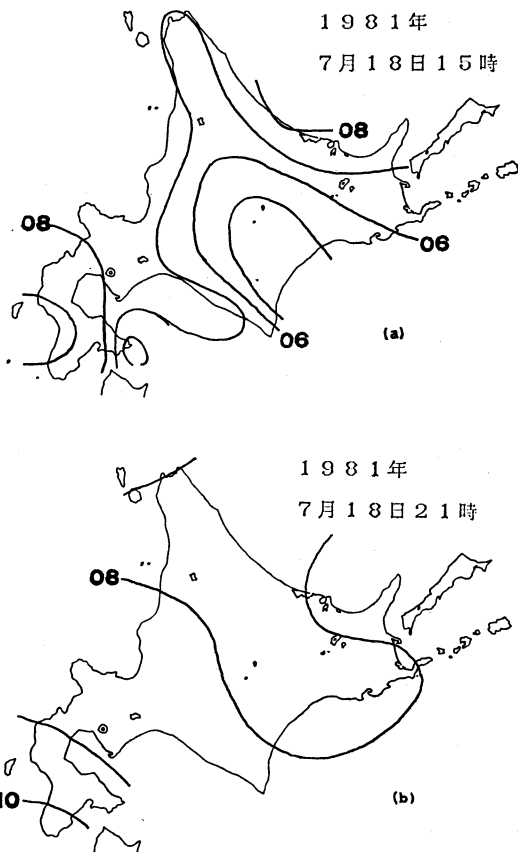


第10図 1981年7月18日15時の手書き極東天気図の一部。

るが、この天気図からは北海道付近では気圧の谷がどこを通過しているのかよくわからない。第10図は札幌管区気象台で解析した18日15時の極東天気図の一部で、気圧の谷は北海道から東北地方にかけての太平洋側を通過しようとしている。この気圧の谷は雲をほとんど伴っておらず、北海道の内陸部は晴天のため気温が上がってヒートロウが発生し、これに吹き込む風と気圧の谷の前面の南風が重なって道東太平洋岸では昼前後に強い南寄りの風が吹いた。第11図は18日15時(a)と21時(b)の北海道付近の局地天気図で、これからわかるようにヒートロウはかなり強いものであった。

第12図(a)の気温と風向・風速の時系列に見るように、気圧の谷は15時から18時にかけて道東太平洋側を通過したと思われる(黒矢印)。図の地点はアメダス観測点で海岸沿いに西から東へと並べてある(第2図参照)。気圧の谷は西から東へ抜けたはずなので、風向変化の順番が一見逆に見えるが、このずれには上述のヒートロウが関係していたと推測される。第12図(a)の各地点では南から北寄りの風になると気温も低下しているが、そうでない場所もある。(b)は特別観測の時の観測点を大体西から東へ、そして海岸から内陸へという順番に並べた時系列である(第4図参照)。海岸にある上から3地点では北寄りの風になると同時に気温が上がって、釧路沿岸の海面温度がかなり低かったことと共に、内陸でかなり気温が上がっていたことを示している。(a)

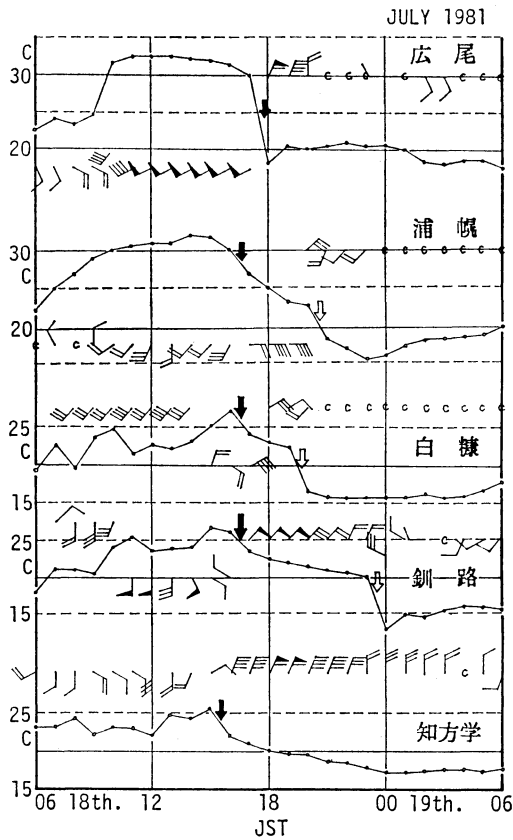
1988年9月



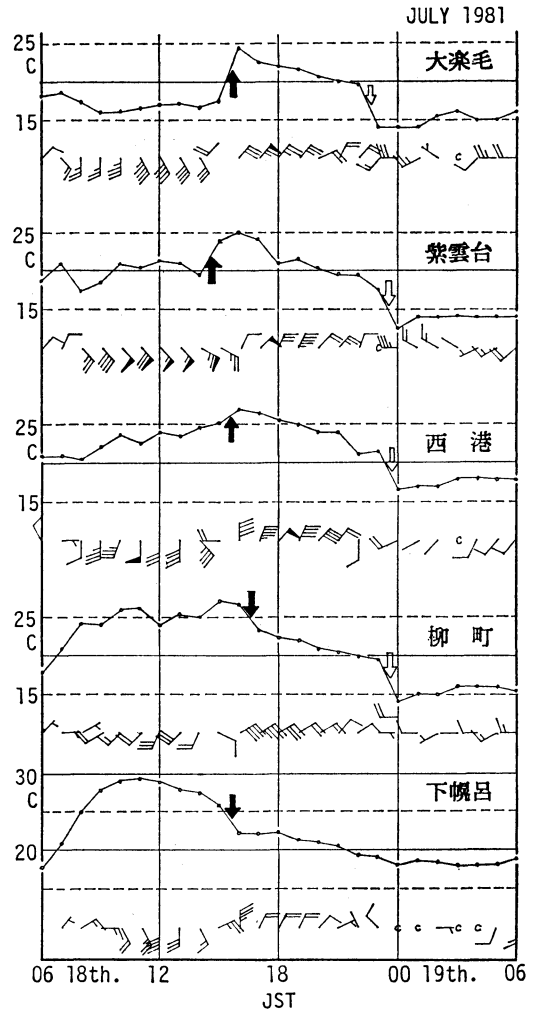
第11図 1981年7月18日(a)15時、(b)21時の北海道局地天気図。

の釧路と知方学でも強い南風ではかえって気温が低い。

さて問題の霧は、この気圧の谷の通過に伴う変化の後にもう1回起こった気温の急降下と風の変化にタイミングを合わせて発現した。それは第12図(a)、(b)の白矢印の時刻に対応している。白糠、浦幌など西の方で早く、知方学や内陸の下幌呂ではそれらしい変化が見られない点に注意して欲しい。つまり、今注目している変化は西の方に起源を持つ空間スケールの小さな現象であったという点である。この白矢印の時刻の前後を拡大して示したのが第13図で、時間スケールは6倍に引き延ばしてある。観測点は大葉毛だけが西へはずれている。柳町は国立防災科学技術センターによる特別観測点で海岸線との間に釧路の市街地の一部を挟んでいる。変化は西の方から起こり、また海岸から内陸へと伝わっているのがわかる。まず下向きの矢印で示した気温の急降下が起こり、海岸の大葉毛と紫雲台では2回程下降・上昇を繰り返



(a)



(b)

第12図 1981年7月18日06時から19日06時の (a) 北海道東部太平洋岸各地, と (b) 特別観測点の気温, 風向・風速の1時間毎の時系列. 矢羽は1本は1m/s. 黒矢印は気圧の谷の通過, 白矢印は注目している気温と風の急変の時刻を示す.

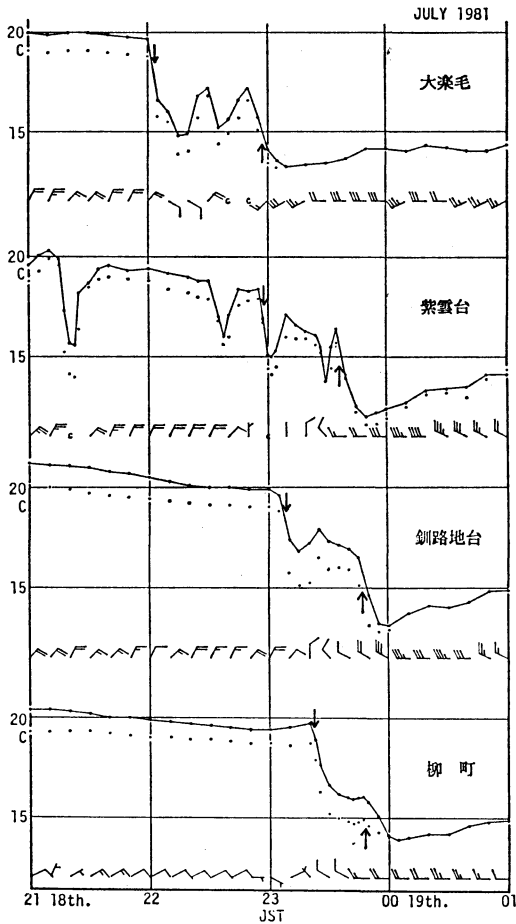
返した後で低温傾向が安定する. この間, 風も小さい変動を見せ風向が定まらない. 最後の気温降下とはほぼ同時に風は弱い西寄りで安定し, さらに上向きの矢印の時刻に霧を観測し始めた. 低温の安定, 西寄りの風, そして霧発現の順番は観測点毎に微妙に異なるが, ほぼ同時現象と考えてよい.

第14図はこの気温降下と西寄りの風に注目して, その起こった時刻を地図上にプロットし等時線線を引き出したものである. 気温と風だけで霧を観測していない観測点もあり, また, 観測していても内陸では上述したタイミン

グがずれている観測点もあるが, いわゆる霧前線の移動の仕方の大まかな特徴はよく出ている. つまり, 湿原では霧前線の移動する速さが速くかつ内陸奥深くまで侵入していることと, 上田・八木 (1984) にも指摘されているように市街地では逆に移動速度が遅くなっていることなどである.

こうした霧の発現の仕方はどう説明したらよいのだろう. 推定も含めて以下のように考えてみる.

まず風の変化について. 大きなスケールの等圧線は南西から北東に向いていたので, 気圧の谷が遠ざかった後



第13図 第12図の白矢印の前後の10分毎の時系列。折線は気温、・点は露点温度を示す。矢羽は1本1m/s。下向きの矢印は注目している気温と風の急変の開始時刻。上向きの矢印は風が安定し霧が発現した時刻。

は風は西成分を持っていた。ただし、第11図の局地天気図によると18日の日中にできたヒートロウが18日21時頃でも低圧部として道東に存在していたので、その影響は考慮する必要がある。次に気温について。北東風が弱まった後の西寄りの風に乗って海からの気塊が上陸したとすれば、沿岸の海面温度は低かったので気温の急降下が説明できる。そして最後に、この気塊はなぜ霧を伴っていたのか。第13図の露点温度からもわかるように、18日の夜になってからの北東風は湿度が高く（釧路地方気象台で18日21時に相対湿度が95%あった）、これが冷たい海上に出て下から冷やされたとすると霧が発生する可能性は高い。第12図(a)の浦幌と白糠に見られるように

西の方ほど早く北東風が止んで風の状態になっていたのので、この時点で西の海上では霧が発生し始め、上空には雲もなく夜になってからは放射冷却により霧はかなり発達していたと考えられる。この霧が一般風である西風に乗って釧路付近に上陸したのではないかと考えると、少なくとも19日の明方に南寄りの風に変化する前の霧は、スケールの大きな移流霧とは全く別の成因による局地的なもので、風の変化の原因を別にすればいわゆる“海陸風霧”と呼んでいいような霧だったことになる。

b. ミリ波レーダー

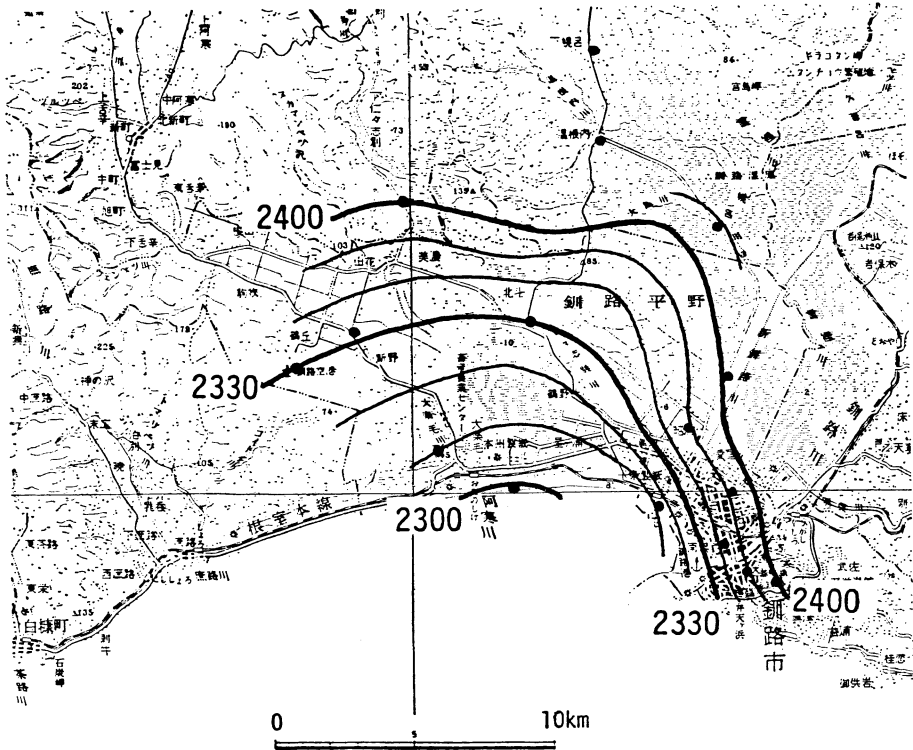
前述のように、この時の霧はその始めからの特別観測はできなかったが、ミリ波レーダーについては、霧が上陸した直後の19日00時頃から観測を開始したので、YISの分類による典型的な沿岸霧タイプのエコーが時間変化する様子を見ることができた。第15図は19日00時から08時までのエコーの変化の中で、特徴のある4つのステージについて1時間ずつの長さで切出したものである。出始めの(a)ではエコーの縁がぼやけているが、1時間後の(b)では非常にはっきりして、沿岸で濃く発達した霧が沖合に向っては急激に薄くなるような分布をしていたことを示している。日の出直後の(c)ではふたたび縁がぼやけ、その2時間後の(d)では斜めに走る筋が見えるようになる。日射の影響で層積雲のような構造を持ち始めていたと推定される。

以上の変化は、海霧のライフサイクルのひとつを示している。02時までは発達過程で、次の05時まではほぼ定常な成熟過程、そしてその後は消散過程に対応する。このライフサイクルは、また一種の日変化として説明できる。夜間に陸からの湿った気塊が冷たい海面上で冷やされて霧が発生する。その霧は最初は薄いものであるが、長波放射による冷却のため発達する。ところが日の出後は日射による加熱のため消散を始める。「ひまわり」の画像でも海洋上の規模の大きな移流霧が同じような日変化をしている例を容易にみることができる。

4.3. 1982年7月29~31日 (Case 3)

この時の霧は同じ出始めを観測したとは言っても前のCase 2とは違い、海から陸へと侵入する際に気温や風などの急変を伴うことなくじわじわと場が変わり、結果としていつの間にか上陸していたというタイプの霧であった。こういう霧の方が数は多い。

オホーツク海高気圧の影響で低かった気温も7月28日の日中から上向きに転じ、29日朝から、ミリ波レーダーに霧らしいエコーが見えるようになって海上の特定方向



第14図 気温と風が急変した時刻が同じ地点を結んだ、霧前線通過の目安になると思われる等時刻線。

の視程が悪くなり始めた。31日00時過ぎには海岸近くの観測点や地方気象台などで1982年の特別観測期間中初めての霧を一斉に観測した。31日00時を挟んで前12時間、後24時間の大楽毛での気温、露点温度、風向・風速の1時間毎の値と霧の有無をプロットしたのが第16図である。31日00時頃の陸上での霧の発現前後に地上の気象要素に大きな変動はなかったことがわかる。同じ時間スケールの第12図と比較するとその違いがはっきりする。

高さ 2,000 m までの気象要素の時間変化は、大楽毛の気温と風について高度-時間断面などで UKG に示してあるが、空間、時間とも十分な分解能とは言えず、霧の陸上での発現に対応する変化を読み取ることは難しい。ミリ波レーダーは31日00時頃の霧の上陸し始めの時点から31日の日中は調子が悪く必要な感度を確保できていなかったで、やはり侵入開始時のエコーパターンなどを示すことができない。

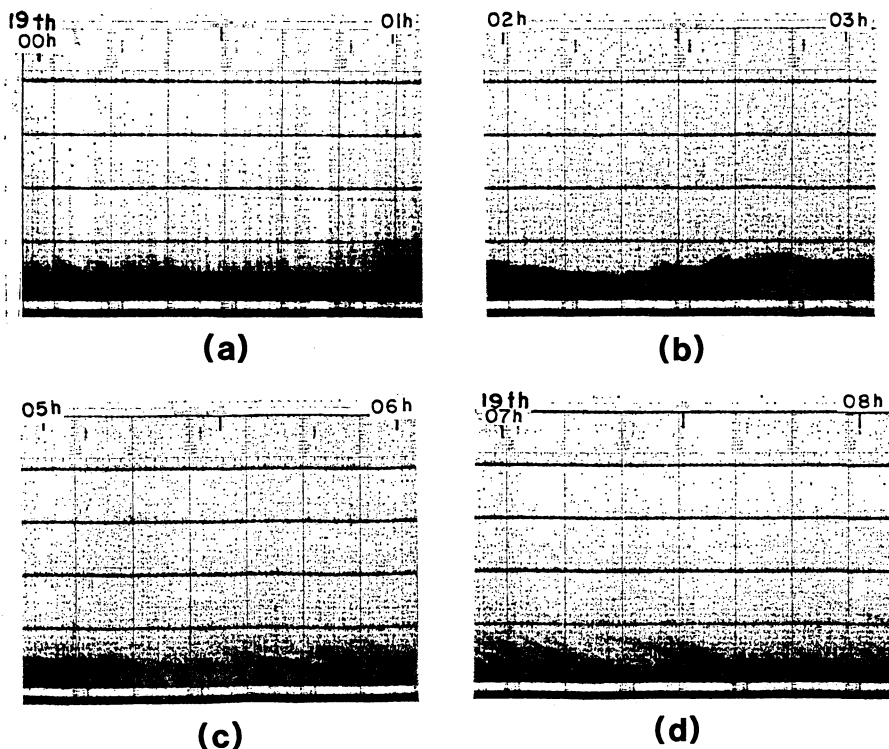
4.4. 1982年8月1～3日 (Case 4)

7月31日の霧が日中の昇温などによって一旦消えた

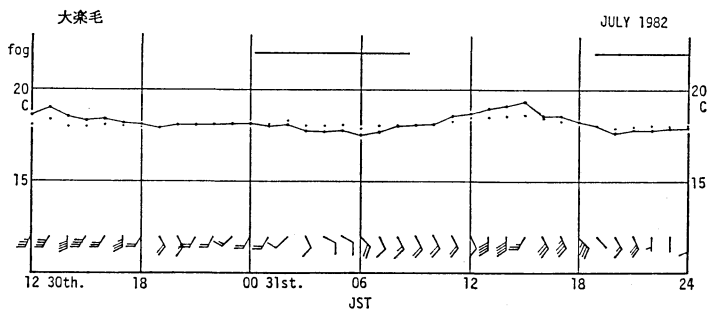
後、夕方からまた「もや」となり、その後8月2日の昼頃に気温の上昇に伴い一時的に視程が良かった他は、4日の朝までずっと視程の悪い状態が続いた。

この期間は台風10号およびそれから変わった温帯低気圧の影響を受け、8月1日09時過ぎには台風の前ぶれの雨が降った。2日の昼前からは南風が強くなり、風に飛ばされるようにして霧が次から次へと上陸して来た。普通、移流霧は風が強くなると陸上では発現しにくくなるが、この時は台風が運んで来た気塊の湿度の高い層が厚かったためか、10 m/s 近い風速でも消散しなかった。普通の意味では消散しかかっていたと言うべきかも知れないが、ちぎれた霧の塊が消えきれずに地上すれすれを飛んでいる感じであった。あくまでも台風の影響下という特殊な状況での現象であった。3日になると霧雨または雨まじりの霧となった。気温は上昇し、2日午後には300 m 上空で 22°C 以上を記録した。

この期間中のミリ波レーダーのエコーパターンの特徴は、バンド状エコーが数多く観測されたことである。こ



第15図 第9図に同じ。但し、1981年7月19日の例。



第16図 1982年7月30日から31日にかけての大楽毛における気温、露点温度（・点）と風向・風速の1時間毎の時系列。一番上の直線は霧の発現期間を示す。横軸のスケールと大体の時刻は第12図に同じ。

れはもちろん台風10号に伴う雲バンドによる雨または霧雨に対応するもので、1日09時頃に最初のバンド状エコーを観測した。YISの第6図に見られるように、バンド状エコーは2日16時頃までの間に多く現われた。その後観測を続けた3日夕方までは沿岸霧タイプが多く、それ

に時折、あまり探知距離の長くないバンド状あるいは筋状のエコーが重なっていた。

5. まとめ

釧路の霧について霧日数をもとにした気候の特徴を調

べ、次に1981, 82年の特別観測から4つの霧の事例解析を行った。気候の特徴は釧路の霧は普通に言われているスケールの大きな移流霧の割合が高いことを示唆しているが、事例解析の1つである Case 2 の1981年7月19日の霧は、風の原因は別にして‘海陸風霧’とも呼べる小さなスケールの霧だったと考えられる。

4つの事例解析の中で釧路でよく観測される霧は、典型的な移流霧タイプとしての1982年7月31日の霧と、前線や低気圧に伴う霧としての1981年7月14~17日の霧が挙げられる。1982年8月1~3日の霧も南風が強くなる前の霧は移流霧と見てよい。しかし、後半は台風の影響を受けているので一般的とはいえない。上述の‘海陸風霧’がどの程度の頻度で起こっているのかについては、札幌管区気象台の竹谷良一技官からの私信によると春先には時々起こるが真夏はむしろ少ないということであるが、今のところきちんとした統計がなくよくわからない。

襟裳岬より西も含めた北海道の太平洋岸の霧に関して一口に移流霧と言われている霧も、実際には、これまで Case 2 のようなスケールの小さな霧と区別されないままで来たために解釈が難しくなっている面があると思われる。大きなスケールの単純な構造の移流霧ももちろんあり得るが、霧が地表面近くに限られた現象であることを考えると、多くの場合に海岸線付近の地表面の条件の違いを反映した小さなスケールの構造を持っていると推定できる。従って、不十分なルーチン観測しかない現状では、釧路付近では霧がどういう構造を持ちどう移動して行くことが多いのかについて基本的な観測データを得る方法を考えることが、まず必要である。つまり、海霧の実況把握も含めた Nowcasting の手法の開発が望まれる。

現在の霧のルーチン観測は、10年、いや100年一日の如くの状態が続いて来て、全く最近の技術の進歩から取り残されてしまっている。試験的な観測についても確立された手段はまだないが、今まではほとんど何もやられて

来なかっただけに、本稿でもいくつかの観測例からその有効性を示したミリ波レーダーなどの新しい技術を少し取り入れるだけでも、霧の観測は飛躍的に向上する可能性がある。こうした霧の新しい観測法については、また別に議論する予定である。

謝 辞

1981, 82年の特別観測の実施に当っては、釧路市などの自治体や釧路地方気象台の関係者の方々に大変御世話になりました。解析には国立防災科学技術センターの観測したデータや収集した資料を使わせていただきました。どうも有難うございました。

また、いくつかの適切なコメントをいただいた編集委員に感謝します。

文 献

- 深石一夫, 1973: 釧路における夏の霧, 地理学評論, 46, 741-754.
 科学技術庁研究調整局, 1984: 北日本太平洋沿岸地方における海霧と山背風に関する研究成果報告書, pp. 211.
 孫野長治, 1985: 沿岸滑昇海霧の発生について, 天気, 32, 491-496.
 松倉秀夫・深石一夫, 1981: 釧路の気象, 釧路叢書第21巻, 釧路市, pp. 333.
 札幌管区気象台, 1983: 霧予報法の改善, 技術時報別冊34号, pp. 123.
 沢井哲滋, 1982: 霧の理解のために, 天気, 29, 731-747.
 上田 博・八木鶴平, 1984: 北海道釧路市における市街地と郊外・海岸での海霧の観測, 天気, 31, 137-145.
 梅田三郎, 1941: 夏季に於ける根室及其近海の霧に就いて, 航空気象報告, 5, 514-526.
 海霧研究グループ, 1985: 釧路地方における海霧の観測, 天気, 32, 41-52.
 柳沢善次・石原正仁・沢井哲滋, 1986: ミリ波レーダーによる海霧の観測, 天気, 33, 41-50.