

低海水温の内陸気温に及ぼす影響について*

小 沢 行 雄^{△*}

国立防災科学技術センター

On the Influences of Low Temperature of Sea Water on the Inland Air Temperature

By Y. OZAWA ^{△*}

National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo

Summary

In cool summer both the temperature of sea water and the inland air temperature are very low. So, when the wind blows from the sea, the inland air temperature becomes lower.

The relationship between the temperature of sea water and the inland air temperature is investigated both in cool summer and warm summer.

The degree of influence of the wind from the sea on the inland air temperature is made clear quantitatively for a part of Tokachi plain.

As shown in Fig. 3, the air temperature becomes lower at distances up to 50 km from the seashore in cool summer, and up to 30 km in warm summer. Thus, the temperature fall is larger in cool summer than in warm summer at distances above 15km from the seashore.

目 次

1. はしがき.....59	3. 海風吹送時の沿岸部温度分布.....62
2. 沿岸部における夏期の風向と気温.....60	4. あとがき.....64

1. はしがき

東北地方・北海道地方など北日本の冷害凶作が夏期の著しい低温によってもたらされることは明らかである。ところでこの夏期低温を誘致する原因については古く明治40年代から調査研究が進められ、三陸北海道沖の海水温の低さが注目されてきた。すなわち関は岩手県の広田湾及び宮古湾の沿岸水温から明治38年の凶冷の原因を考

察し、寒潮面上を吹送してくる北東風又は東風は冷涼で陸地の温度を低下させること、一方太平洋上の温暖な海面からくる風は海岸付近の寒流上の冷気にふれて細霧を生じ雨をもたらすと説き、冷害年における海水温の異常を詳述した。この論文は冷害と海水温とを結びつけた考察の端緒であり、ここに指摘されている冷害年には沿岸海水温が異常に低くなるという事実は今日においても変

* この研究は農業技術研究所において行なわれた。

△* 以前の勤務官署：農業技術研究所

(The office where the author was formerly in service was the Division of Meteorology, National Institute of Agricultural Sciences, Tokyo.)

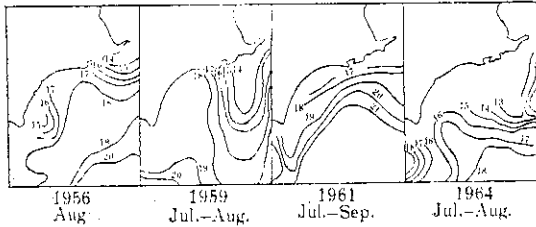


図-1 北海道東部太平洋近海における表面海水温分布
Horizontal distribution of water temperatures at the surface along the Pacific coast of East Hokkaido.

更の余地はない。

例えば近年の冷害年の代表として昭和31年39年をまた豊作年の代表として昭和34・36年を選んで、北海道東南部の夏期の沿岸表面水温を示せば図-1の如くである。この図から沿岸100kmくらいまでの平均水温をとってみると、それぞれ31年16°C、34年18.5°C、36年18°C、39年15°Cくらいとなる。これらの年次における十勝平野および釧路原野(一部根釧台地を含む)の7-8月平均最高気温を示せば表-1の如くであり、沿岸水温の高低と内陸気温の高低とは極めてよく対応していることがわかるのである。

表-1 海水温度と内陸気温
Sea water temperature and inland air temperature.

Year 年次	Water temperature at the sea surface 表面海水温	Averaged maximum air temperature in July-August 内陸部7-8月平均最高気温	
		Kushiro Plain 釧路原野	Tokachi Plain 十勝平野
1956	16.0°C (August)	20.0	20.8
1959	18.5 (July-August)	22.6	23.5
1961	18.0 (July-September)	23.4	24.5
1964	15.0 (July-August)	20.1	21.6

このように冷害年には沿岸海水温が同時に低くなるという事実はきわめて明らかであるが、沿岸海水温が冷害気象に対してどのような影響を与えているかという評価になると見解は必ずしも単純ではない。すなわち古くは安藤⁽²⁾は低海水温が局部的高気圧を発生させこれから北日本に寒冷な偏東風を吹きつけるために冷害がおこるとい見解を述べており、岡田⁽³⁾もおおむねこの説を支持している。しかしながら最近の研究によれば、冷害年次にオホーツク海に卓越する高気圧は海水温の低いことによって発生するのではなく、北半球規模における大気

環流のなかの一異常現象であることが明らかにされ、内陸気温の低下と海水温の低下とは同じ原因にもとづく同時現象と考えられるようになってきた。ただここで考えなければならないことは、だからといって低海水温が内陸の気温に全く影響しないということではないのである。海水温度が低ければその上にある高気圧は安定してますます持続性を強めるであろう。またその高気圧から吹き出される風は冷たい海上を渡る過程で下からますます冷却されて内陸の気温低下に拍車をかけることになるつまり沿岸海水温が低いことは冷夏全般図ではないまでも、一つの近因であることには違いないのである。

近年は農業技術の進歩によって農作物は相当な低温にも耐えられるようになってきた。このため強度の冷害は北日本の山間地や沿岸部などの極く条件の悪いところに局限されてきている。従って沿岸部の冷害をもたらす夏期の異常低温がどのような機構によって発生するかを明らかにすることは、そのこと自体沿岸部冷害対策樹立上極めて重要なことであるばかりでなく、広く冷害気象の機構解明の第一歩としての意義も大きい。そしてこの場合、低海水温が内陸気温にどのような影響をあたえているかを定量的に明らかにすることは極めて大切なことである。そこでこの研究においてはその点に主眼をおいて漸次沿岸部の冷害気象の解明に接近しようと計画した次第である。

2. 沿岸部における夏期の風向と気温

北日本の太平洋岸各地点の夏期の毎日の気温が風向によってかなり違うことはつとに指摘されているところである(例えば⁽⁴⁾⁽⁵⁾)。この総合研究においても羽生氏らが釧路・八戸・宮古の3地点について詳細な統計的解析を試みているが、低温風向として釧路ではNNE~SE 八戸ではN~SE 宮古ではN~ESEをあげており、これらの風向のときは日平均気温が各月の月平均気温に比べて平均してそれぞれ1°C内外低温になることを示している。またこのうち八戸・宮古両地点においては低温風向がほぼ完全に海寄りの風に一致しているが、釧路では低温風向はむしろ陸風に多く海風はどちらかといえば高温風向になることも指摘されている。

しかしながら、これらはいずれも海岸近くの1地点についての統計であって、その後背にあるある程度広い面積をもった平野部が全体として風向によってどのように温度が変化するかを端的に示したものではない。そこで筆者はまず、釧路原野ならびに十勝平野における区内観測所の風向観測記録にもとづき、この両地域の1956、1959、1961、1964年の4カ年7・8月の毎日の風向分

布図を作成し、地域全体がおおむね海よりの風に支配されている日としからざる日とに区分した。その結果を集計したものが表—2 である。ただし区内観測所の風向観測は1日に午前9時1回だけ、しかも目視による8方位観測であるから、この結果には相当な誤差が入っている可能性がある。勿論区分に当っては分布図だけでなく、釧路地方气象台、帯広測候所における毎3時間おきの風向記録を参考にしてできるだけ誤りを少くすることに留意はした。

次に海よりの風に支配されている日の各観測所の日最高気温を選びだし、これを月別に平均して、その月の平均最高気温との比較を行なった。その結果は表—3に示

表—2 海よりの風の吹送頻度

Frequency of winds from seaside.

Area	1956		1959		1961		1964	
	Jul.	Aug.	Jul.	Aug.	Jul.	Aug.	Jul.	Aug.
Kushiro plain	14	12	13	8	17	11	9	8
Tokachi plain	14	14	11	9	15	16	11	13

すとおりである。

表—2 によれば、海よりの風に支配される日数は十勝平野の方が釧路原野よりもやや頻度が多いようであり、また年次間の差もみとめられるが、高温年（豊作年）と低温年（凶作年）との間で特に系統的な違いがあるとはこの結果だけからは認められない。ただし1961年（高温年）と1964年（低温年）とを比較すると前者は頻度が極めて高く後者は低いことがわかる。そしてこの傾向は釧路原野において顕著である。

次に海寄りの風が支配している日の最高気温はどうなるか、表—3 を一覽してみよう。この場合釧路原野では殆んど例外なく各地点ともその月の平均最高気温よりも高温を示していることに気付く。一方これと対照的に十勝平野では海寄りの風の日には月平均よりもかなり低温になっている。しかしこれらはいずれも海寄りの風が支配している日の月平均をとった場合であり、一日一日についてみると両地域とも海よりの風のとき地域全体が月平均よりも高温な日もあれば低温な日もある。

一体根釧・十勝地方において海よりの風が卓越するときの気圧配置をみると、一つには小笠原高気圧の影響下

表—3 海よりの風の日の平均最高気温と月平均最高気温との差

Differences between the averaged maximum air temperature of days of winds from seaside and the monthly mean of daily maximum temperatures.

(a) Kushiro Plain

Time	Station	Kushiro	Gappoki	Toro	Shibechi	Kami-Osobetsu	Kami-Oboro
		1956	Jul. 0.4°C Aug. 0.5	- °C -	1.1°C 1.1	1.2°C 2.1	- °C -
1959	Jul. 0.9 Aug. 1.0	1.5 1.6	1.8 2.4	1.9 2.6	2.3 5.1	2.1 2.0	
1961	Jul. 0.0 Aug. -0.3	-0.2 0.6	0.5 0.1	0.9 0.8	0.5 0.4	0.8 1.3	
1964	Jul. 0.8 Aug. 0.8	1.8 1.0	2.8 1.6	2.5 1.9	2.8 1.9	2.0 2.2	

(b) Tokachi Plain

Time	Station	Otsu	Toyokoro	Ikeda	Obihiro	Memuro	Shimizu
		1956	Jul. -2.0°C Aug. -1.3	-2.9°C -1.6	-2.8°C -1.6	-2.5°C -1.2	-2.1°C -1.1
1959	Jul. -0.7 Aug. -2.3	-1.8 -2.2	-2.2 -2.0	-2.2 -1.7	-1.8 -2.2	-2.3 -1.6	
1961	Jul. -2.0 Aug. -1.0	-2.1 -1.0	-3.4 -1.5	-2.9 -1.5	-2.9 -1.5	-3.0 -1.5	
1964	Jul. -2.0 Aug. -1.6	-3.0 -1.5	-3.3 -1.9	-3.2 -1.6	-2.3 -1.5	-2.6 -2.1	

にある場合(いわゆる夏型気圧配置)と他の一つにはオホーツク海高気圧の影響下にある場合との二つがある。そして釧路原野の場合にはオホーツク海高気圧の影響下にあるときはSE風以外は全部陸風となり、海よりの風が卓越するのはほとんど小笠原高気圧の影響下にある場合が多い。従って釧路原野では海風の支配する日は夏型の天気の場合が多く高温になり易い。ところが高気圧中心部付近から吹送されてくる暖気は冷たい海面上を通過してくるため、この気圧配置の時は例外なく海霧が発生して内陸部に輸送されることになる。そしてこの霧は沿岸部から内陸に入るにつれて漸次消滅してゆくので、海岸から遠ざかった地点ほどその影響は少くなるわけである。表-3 において、釧路、岩保木、塘路、標茶、上御卒別と内陸に進むにつれて月平均との差が大きくなっているのはこの為である。

十勝平野が海よりの風に支配されるとき低温になり易いというのは八戸や宮古と同一傾向である。恐らくはこの地域の海に対する地形的特徴として、夏型気圧配置のときは海風になることが比較的少なく、海風はオホーツク海高気圧の支配下にあるときにおこりやすいのではないと思われる。因みに釧路原野と十勝平野の海風に支配される日付を調べてみると、その半分近くは別々の日におこっており同じ日に両地域が海風の支配下にあると認められることは極めて少ないのである。しかしこの点の確認にはもっと詳細な天気図解析が必要と思われるので結論は後日に譲りたい。

とまれ、この研究では冷害と関連して海よりの風が内陸気温の低下にどのような貢献をしているかということの究明に目的がある訳だから以後はとりあえず対象を十勝平野一本に、しかもその極く一部の海岸区域に限定して論を進めることにする。

3. 海風吹送時の沿岸部温度分布

いまここでは十勝川に沿って大津・豊頃・池田・帯広の4地点の温度を対象に取扱うことにする。これらの地点を含む周囲の地形概況は第2図に示す通りである。

海寄りの風は川沿いに上述のような径路によって内陸部に吹き上げるものとすれば、これらの地点の風向に沿った海岸からの距離はそれぞれおよそ1 km, 16 km, 30 km, 50 km である。

いま海寄りの風があるときのこれら4地点の7~8月の日最高気温の平均を年次別に算出して、海岸からの距離との関係を示せば図-3の如くである。

この図をみればわかるように、どの年次でも海岸から内陸部に入るにつれて気温は漸次上昇する。これは、海か

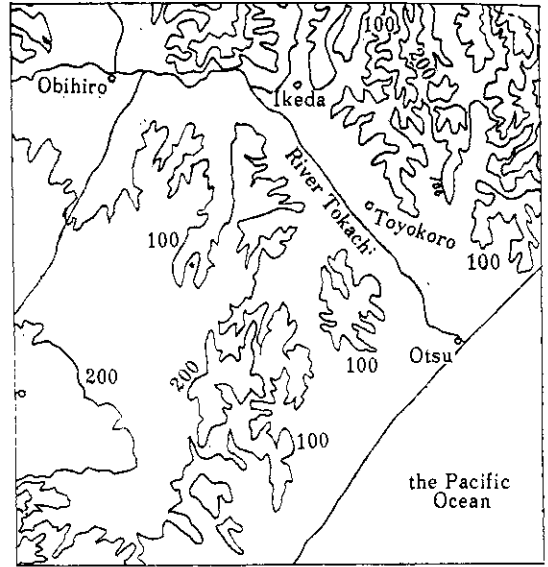


図-2 十勝平野周辺の地形概況
Natural features around the Tokachi Plain.

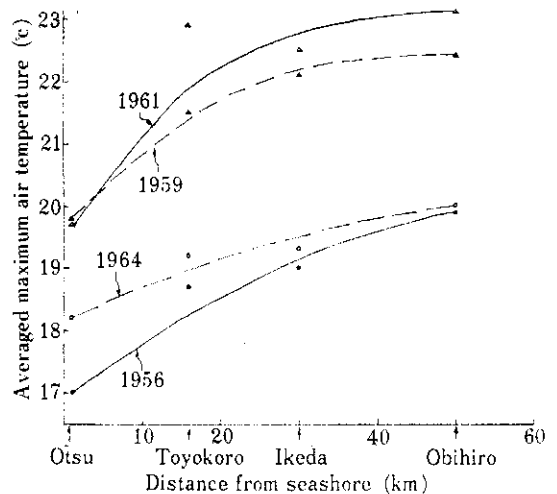
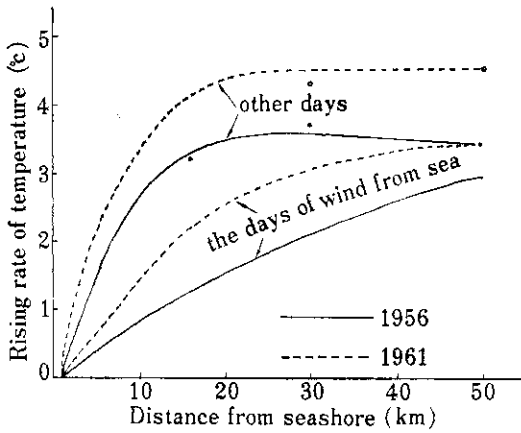


図-3 海からの距離と平均最高気温との関係
Relationship between the distance from the sea shore and the averaged maximum air temperature.

ら吹き込む低温な風が内陸部の空気を冷却するが、進行するにつれて冷却作用が衰えるからに他ならない。しかし夏期海岸近くの日中の気温が内陸部のそれよりも低いのは常のことである。従って内陸部に入るにつれて気温が上昇する原因を海からの低温風に帰するのは早計かも



図—4 風向による気温上昇度の違い

Differences in the rising rate of air temperature caused by wind directions.

知れない。そこで海よりの風の吹く日の最高気温分布と然らざる日のそれとの間に差があるかどうかを調べてみた。図—4 は豊頃池田帯広と大津との間の温度差と海岸からの距離との関係を、海からの風の日と然らざる日とにわけて示したものである。これを見ると海からの風の日には内陸部に入るとつれて漸次気温が上昇しているのに然らざる日は豊頃と大津との温度差は大きいとそれより内陸部にかけては殆んど気温の上昇がみられない。そしてこの傾向は昭和31年（凶冷年）も36年（高温年）も全く同様である。そこで一般風の風向が海寄りの時とそうでない時とでは温度分布の形が全く異なり、海寄りの風の時は低温の影響が内陸部奥深くまで及んでいるということが出来る。

さて、ここで図—3にもどって、特徴的なことは、高温年次と凶冷年次とでは気温のペースが2度以上も異っていることである。つまり凶冷年次には全体として気温が低く、更に海寄りの風の吹く日には海岸線から50kmあたりまではその低温な風の影響をうけて一層気温が低められて低温の度合いが助長されている。これに対し高温年次には全般的に気温が高いため、海寄りの低温風が吹いてやはり海岸線から30kmあたりまで気温低下がおこっても海岸のごく近傍を除けば温度の絶対値としては作物にとって致命的な値まではさがらないことを示している。

更に高温年次と凶冷年次の違いは気温の高低だけではない。図—3の各曲線を比較してみればそれらのこう配変化が年次間に差のあることに気付くであろう。すなわち、高温年次には、大津～豊頃間のこう配が極めて大き

いが、豊頃～池田間のこう配はかなり小さくなり、更に池田～帯広間になると殆んどこう配がなくなってしまうこれに対して凶冷年次には、大津～豊頃間のこう配は高温年次よりも小さいが、内陸部に進んでもこう配は小さくなることなく、池田～帯広間もかなりの温度上昇がみられるのである。つまり、高温年次には海岸線のごく近傍では海寄りの低温風の影響が極めて大きいと少し内陸に入ると影響が急速に小さくなり海岸から約30kmの池田あたりで殆んど消失する。しかるに凶冷年次には海寄りの低温風の影響が内陸部のかなり奥まで、おそらく海岸から約50kmの帯広あたりまで残っている、ということをお話している。

いま、この間の事情を数量的に明らかにしてみよう。図—3にもとづいて、大津豊頃、豊頃池田、池田帯広間の平均気温上昇率を年次別に算出したものが表—4である。この表をみれば、上に述べた定性的な説明がよく裏書きされていることがわかる。

表—4 海よりの風の吹く日の平均気温上昇率

Mean rising rate of air temperature on the days with winds from seaside.

Year	Site Otsu —Toyokoro	Toyokoro —Ikeda	Ikeda —Obihiro
1956	0.8°C/10km	0.85°C/10km	0.25°C/10km
1961	1.1	0.57	0.1
1961	1.5	0.64	0.15
1964	0.5	0.38	0.25

それでは、何故このように高温年次と凶冷年次とで海寄りの低温風の影響の大きさが違うのか、恐らくは海寄りの風そのものの構造的な違いに原因しているものと思われるが、これを説明するに必要な資料がないので立入った考察はさしひかえることにしたい。

海上から吹く低温な風が内陸気温の降下にどの程度貢献するかは上にみたとおりであるが、それはどのようなメカニズムでもたらされるのか、また気温降下度の定量的な説明は可能なのかという問題が残る。

これは恐らくは本質的には非定常拡散の問題であり、いま風向の方向にx軸を、鉛直方向にz軸をとり、横方向における熱の授受が無視できるものとすれば、内陸部任意地点の温度変化は次式で表わすことができる。

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v \frac{\partial T}{\partial x} = K \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (1)$$

ここに T は温度, w は風速, K は熱拡散率, t は時間である。

また境界条件は次のごとく与えられよう。

$$\left\{ \begin{array}{l} (T)_{x=0} = f(t, x) \quad (2) \\ (T)_{z=0} = g(t, x) \quad (3) \end{array} \right.$$

それで(1)(2)(3)式を解けばよいわけであるが、いまのところ $f(t, x), g(t, x)$ の関数形を与えるのにあまりにも資料が不足である。従ってこの点についての究明も残念ながら後日に譲らざるを得ない。

4. あとがき

区内観測所の観測資料にもとづいて、十勝平野においては海寄りの風が支配する日には気温が低くなることをまず明らかにした。ついで、この低温風の影響が内陸部のどのあたりまで及んでいるか、また量的にはどの程度の温度低下をもたらしているかを異った年次について検討した結果、凶冷年次には海岸から 50km くらいまで高温年次には 30km くらいまで影響のあることを示した。また温度低下量は海岸のすぐそばではむしろ高温年次の方が大きい。海岸から 15km 程度はなれると凶冷年次では約 1.5°C の低下があるのに高温年次には 1.0°C 内外と低下量が小さくなり低温風の影響が内陸に入ることにつれて

急速に消えてゆくことが分った。

しかし、このような低温風の影響の年次による違いが何に起因しているか、また温度低下量を理論的にはどう説明したらよいかという点になると、資料が著しく不足しているため今後の検討に俟たねばならなかった。これらを究明するために、海よりの風の垂直構造や地表面の熱条件等についての詳細な実測が必要であり、順次このような現地観測を計画してゆきたいと思っている。

参考文献

- 1) 関豊太郎(1907)：東北の凶冷と沿岸潮流との関係に就きて。官報、明治40年4月15~16日。
- 2) 安藤広太郎(1915)：東北地方に稲作の凶作を誘致すべき夏期低温の原因及びこれが予報に就きて。気象集誌、第1輯34年、7~10号。
- 3) T. Okada(1910)：On the Bai-U or Rainy Season in Japan. 中央気象台欧文報告。
- 4) 羽生寿郎・山田幸兵衛(1954, 1955)：農業気象からみた八戸の山背風(1)(2)。農業気象、9(2), 10(3, 4)。
- 5) 門脇潤郎(1951)：山背風。東北の気候、p. 72。