



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	レーダーによる流水観測
Author(s)	田畑, 忠司; TABATA, Tadashi; 大井, 正行 他
Citation	低温科学. 物理篇, 28, 301-310
Issue Date	1971-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18160
Type	departmental bulletin paper
File Information	28_p301-310.pdf



レーダーによる流氷の動きの観測 II^{*,**}

田畑忠司・大井正行

石川正雄・福土博樹

(低温科学研究所)

(昭和45年9月受理)

I. ま え が き

1969年2月、北海道オホーツク海沿岸に3基のレーダーからなる流氷観測レーダー網が完成した。これによって、同沿岸沖60~70 km までの流氷の分布状況が、昼夜・天候の如何にかかわらず観測されるようになった^{1),2)}。

流氷をレーダーで観測してみると、流氷は氷野の縁辺部の特長のある形状あるいは氷野内の氷湖などは、何時間もとときには数日間にわたってその特長を維持しながら漂流・移動する場合が多いことがわかった。それゆえ、流氷上にレーダー電波の反射物体を特に設置しなくても流氷野の動きを知ることができる。このようにして、毎日の流氷量の変化³⁾や氷野の大まかな移動速度ばかりでなく、氷野の内部変形をも求めることができた²⁾。

その結果、全体としてみると、同沿岸沖では氷野は、従来から知られていたように、沿岸に沿って北西から南東方向に移動していることが確かめられた。ただし、氷野は単調に移動するのではなく、たえず内部変形を生じ、各部分ごとにみると複雑な動きをしていることが多い。また、流氷の動きを解析した結果から、同沿岸沖では冬季間にも、沿岸に沿って南東方向に向う定常的な流れがあることが推定された。

この報告では、レーダーで観測した紋別沖における流氷の平均的な動きと沿岸で観測された風との関係について報告する。

II. 観測方法と結果

1970年1~4月の流氷は別報⁴⁾に示したように、前年および前々年よりいちじるしく優勢であった。紋別沖で流氷がレーダーではじめてとらえられたのは1月5日で13日にはレーダーの視界内がほとんど流氷でおおわれてしまった。優勢な流氷がようやく衰退しはじめたのは3月末日で、4月3日にはほぼ完全に消失した。この流氷期間中、風の特に弱い日と比較的強い日に数時間おきに流氷分布状況をレーダーで観測した。風の強いときには1~3時間毎に延べ11日間、風が弱いときには3~12時間毎に延べ8日弱にわたって観測した。

すでにのべたように^{1),2)}、紋別沖には冬期間でも沿岸に沿って北西から南東方向に向う定常

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1105号

** 北海道大学低温科学研究所流氷研究施設研究報告 第17号

的な海流が存在すると考えられる。流氷が動きはじめるのは風と海潮流の作用により、動きはじめると地球自転の転向力が働らくようになる。それゆえ、風がきわめて弱いときの流氷の運動はそのときの海潮流にほぼ近い動きをする筈である。すなわち紋別沖では、風が弱いときには流氷はほぼ南東方向に運動するものと期待される。これに対して、風の強いときには流氷の運動は単純ではなく、たとえば上にのべた定常流に逆って北西方向に流れることもおこり得る。それゆえ、得られた資料を風が弱い場合と強い場合に分けて整理した。風の観測資料としては紋別測候所が観測した3時間毎の風向風速資料を用いた。なお風速が5 m/s以下の風が1日以上続いた場合を風が弱い場合とし、その他の場合は風が強いとみなした。

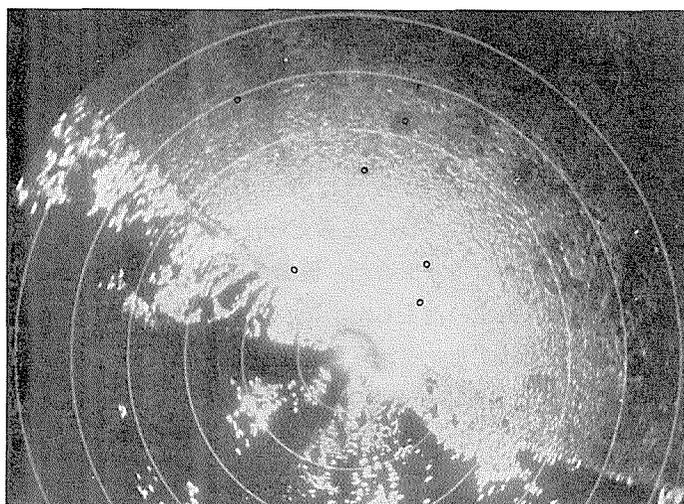
1. 風が弱いときの流氷の動き

第1図はレーダーで得られた1970年3月27日1時02分の紋別沖の流氷分布である。図中の同心円の間隔は5哩である。半径30哩の円内はほとんど流氷におおわれており、氷野中に多数の氷湖が点在している。図中の6個の氷湖の動きを約2日半追跡した結果が第2図である。明らかに各氷湖はほぼ海岸線に平行に移動しており、しかも各観測時刻間の移動距離もほぼひとしいとみなすことができる。なすわち、この期間には氷野はほぼ平行に移動したとみなしても差支えない。それゆえ各氷湖の各観測時間毎の流向・流速の平均値をもって、氷野の流向・流速とみなすことができる。

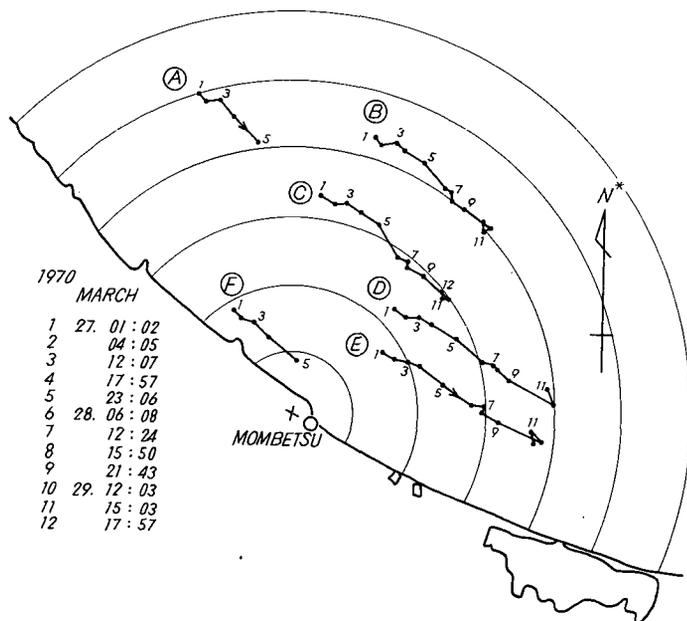
第3図にこのようにして求めた氷野の動きの流向・流速と紋別で観測された風向・風速を示した。この期間は風が弱く、4 m/s以上の風は2回しか観測されていない。風向は西南西と北とのあいだを大きく変化しているにも拘わらず、氷野の移動の方向はほぼ南東で一定である。

すなわち、氷野の流向は風向には無関係であった。また流速も風速とはあまり関係がない。

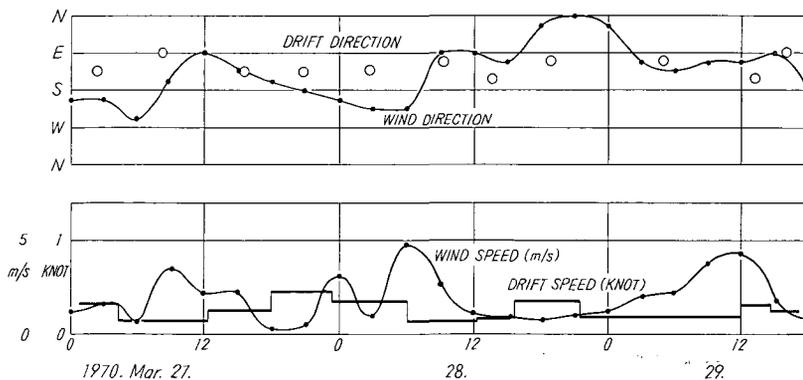
他の風の弱かった期間は1月25日10時~26日21時および2月25日8時~28日20時であった。以上の3期間について、数時間毎の氷野の平均流向とこれと同じ区間の平均風向との関係を示したのが第4図である。なお、1月25日からの測定期間の平均風速は2.3 m/sで2月



第1図 紋別沖の1970年3月27日1時02分の流氷分布(半径30哩)



第2図 風の弱いときの氷湖の移動の軌跡 (1970年3月27~29日)



第3図 第2図から求めた氷野の平均流向・流速および当時の風向・風速

25日以後のそれは 2.0 m/s である。

図から明らかなように、風が弱いときには流水の流向は南々東と東南東のあいだがもっとも多く、しかも風向には関係しない。

図中の数字は平均風速である。また、流氷の流速は 0.1~0.6 ノット、平均 0.29 ノットで流速と風向または風速とのあいだにもほとんど関係がなかった。それゆえ、求められた流氷の流速は当時の南東に向う海水の流れの速さを示していることになる。

第4図に示したように、風向と流氷の流向は関係がない。したがってこの場合には、流氷の漂流方向の風下からの偏角は意味がない。また、流氷の流速と風速の比として求められる風圧係数も同様である。

2. 風が強いときの流氷の動き

5 m/s以上の風が1日以上連吹していたのは、1月31日1時11分～2月1日21時、3月6日9時～8日23時、3月16日9時～19日15時および3月30日8時～4月2日9時の各期間であった。これらの期間中、およそ3時間毎（時には6時間毎）の区間の流氷の平均流向と流速の関係が第5図である。

風が強い場合には、北から南西のあいだの風のときには流氷はほぼ南東方向に流れ、東もしくははそれより少し南に傾いた風のときに流氷は北西方向に流れた。前者の場合の流向は、風が弱いときのそれと全く同じである。流氷の流向は全く逆の2方向に分けられる。

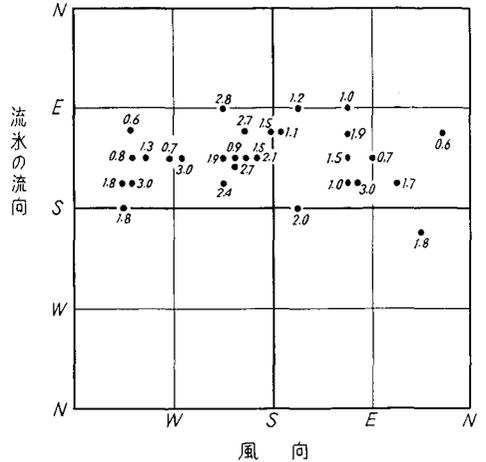
a) 流氷が南東方向に動いた場合

第6図は3月6日9時02分の紋別沖の流氷分布である。紋別沖北東および北北西方向にやや大きな開水面があり、また多くの氷湖がみとめられる。これらの氷湖を利用して求めた氷野の動きの軌跡が第7図である。

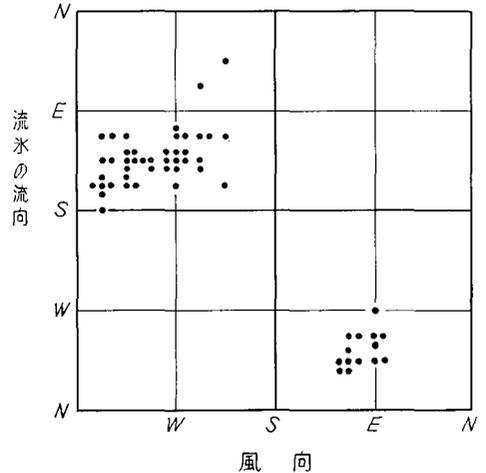
第7図から、氷湖すなわち氷湖の周囲の流氷は、沿岸からの距離に関係なくほぼ互に平行に移動している。観測開始後およそ20時間のあいだはほぼ南東方向に直線的に動いたが、その後南南東方向に向きをかえたのがはっきりとわかる。図に示した各点の流速はそれぞれいくらかは違うが、沿岸からの距離または海区のちがいでよる差は見出されない。すなわち、図中の海域では流氷はほぼ均一に動いたとみなすことができる。

第8図は、第7図の7点を用いて求めた氷野の平均の流向・流速と当時の紋別での風向・風速である。なお第8図には、第7図に示した3月7日18時3分以後翌8日夜半にいたるまでの流氷の流向・流速と風向・風速も示した。

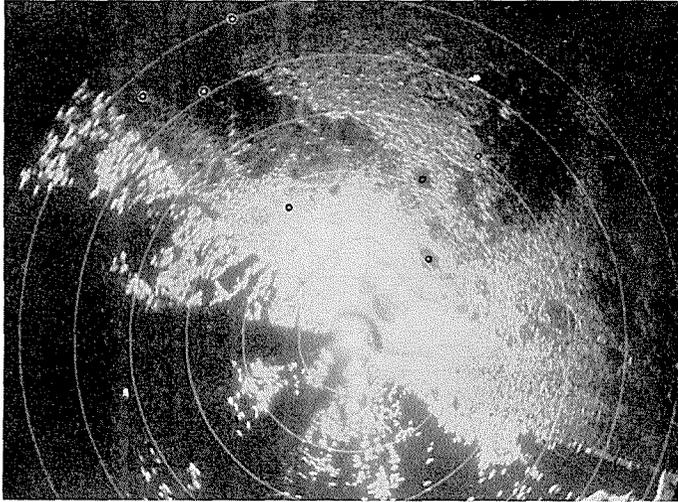
第8図から、風速の増減が流氷の流速に敏感に反映していることがわかる。また風向が変わると流氷の流向もただちに变化（風下の方向に近づくように）していることに気が付く。流氷の動きは、風がある程度以上強いときには、風の変化に速やかに追従していると云うことができる。この図の例では、風向が北西のときには流氷の流向はほぼ南東であり、風向が南になったときには流向は北に変わっているので、流氷の流向と風下の方向の偏角はほとんど零に近い。



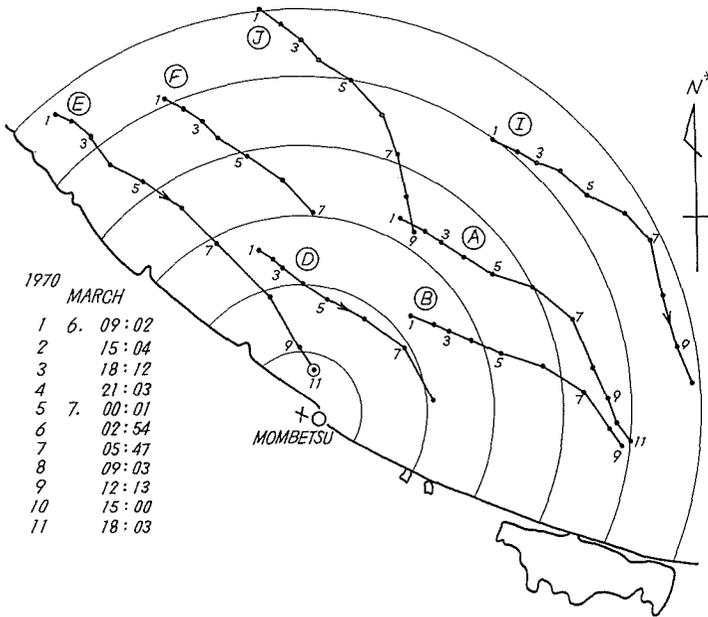
第4図 風が弱いときの紋別沖の流氷の流向と風向との関係



第5図 風が強いときの紋別沖の流氷の流向と風向との関係



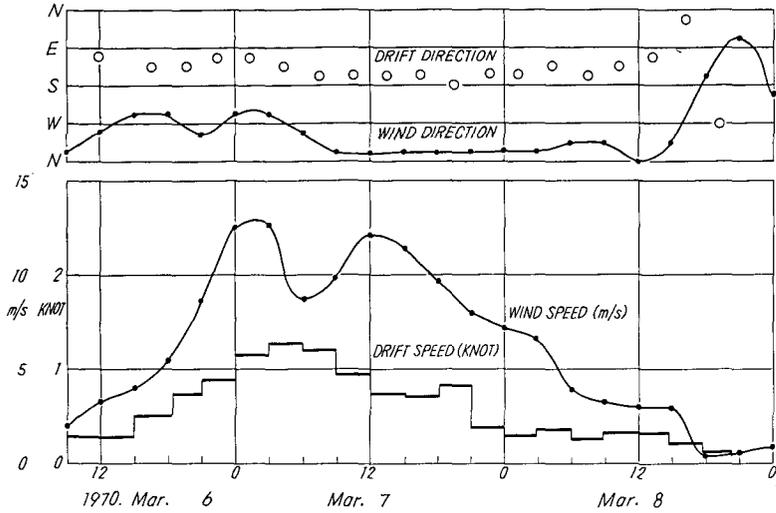
第6図 紋別沖の流氷分布 (1970年3月6日9時02分半径30哩)



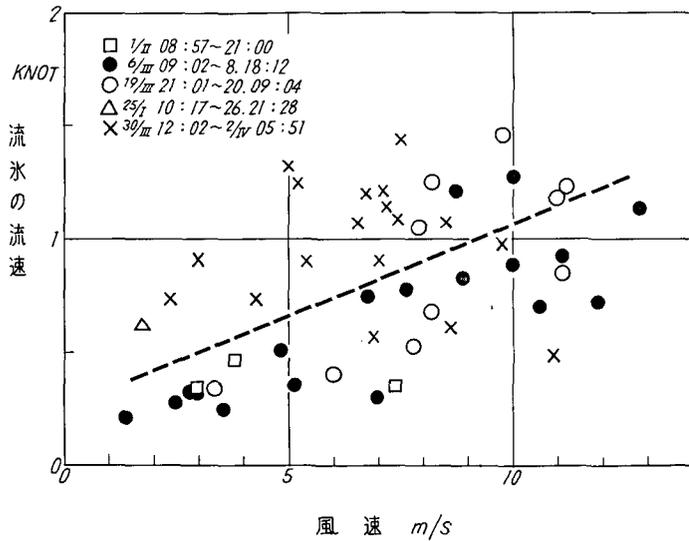
第7図 第6図に示した氷湖の移動の軌跡

第8図の例に、同様に流氷が南東方向に流れた2月1日9時~21時、3月6日9時~8日18時、3月19日21時~20日9時および3月30日12時~4月2日5時の資料を加えて、風速と流速との関係を示したのが第9図である。

第9図に示した各点の流向は大部分は東南東から南々東でまれに南々西のものもあった。風向は西と北々西のあいだであった。しかも、西風で流氷が東南東に流れることも南々東に流れることもあり、北々西の風でも東南東に流れることも南南東のこともあった。それゆえ、流氷の漂流方向の風下からの偏角は、風下から右に偏したときを正にとると、北々西の風のとき



第8図 第7図から求めた氷野の平均の流向・流速および風向・風速



第9図 流氷が南東方向に流れたときの風速と流速の関係

には -30~10 度, 北西風のときに 0~20 度, 西北西のときに 20~40 度, 西風のときには 30~50 度であった。

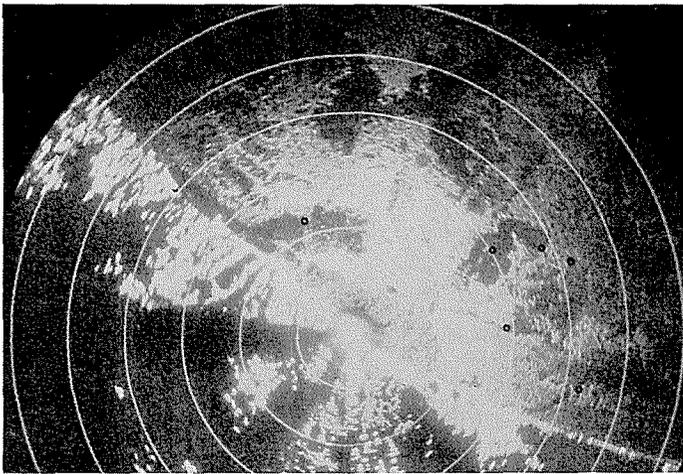
第9図の点はかなり散らばっている。風速に対する流速の比は風圧係数あるいは風力係数とよばれ、流氷の風による移動を考えるうえで重要な量であるが、第9図の点の広い分布はこの係数が幅広い値 0.02~0.09 であることを示している。しいて求めると平均値はほぼ図中の点線であらわされ、風力係数はほぼ 0.05 である。

風速が零のときに、図の点線は流速 0.2~0.3 ノットを示す。この値は南東方向に流れている定常的海流の流速を示している。

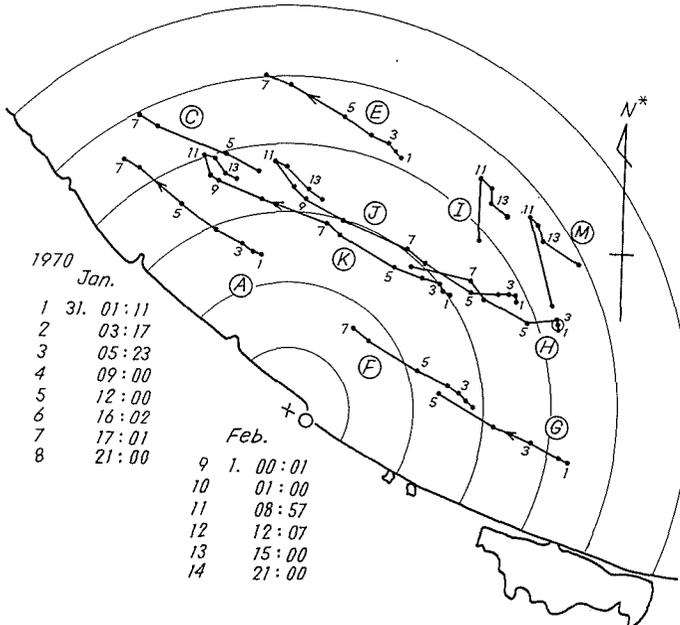
b) 流氷が北西方向に動いた場合

紋別沖の沿岸には、冬季間でも海岸線に平行に、北西から南東方向に流れる定常的な流れがあることはすでにのべた。この海流があるために、いままでのべたように多くの場合に流氷は南東方向に流れる。所が、南寄りの風が強く吹くときには、流れに逆って流氷が動くことも珍らしくない。

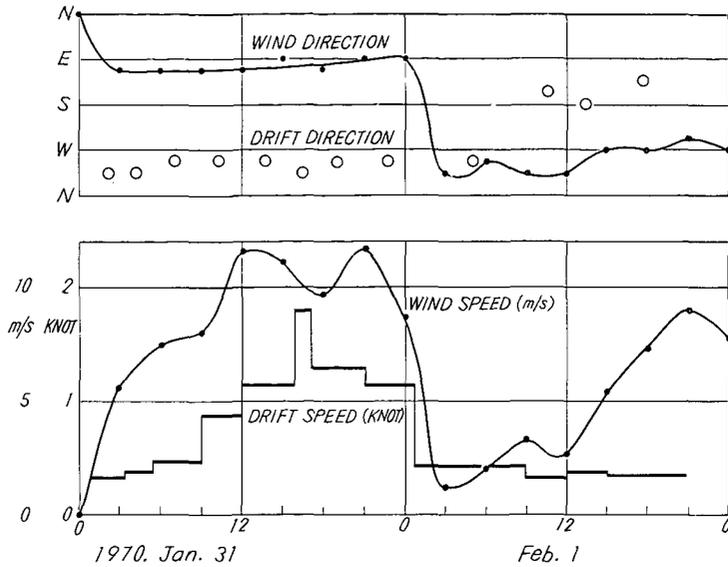
第10図は1970年1月31日1時11分の紋別沖の流氷分布図である。この後、ほぼ24時間にわたって東南東の風が連吹したために、この流氷は北西方向に流れた。第10図中の氷湖および氷縁の特長ある形状に着目して、氷野内の各点の動きを求めた結果が第11図である。



第10図 1970年1月31日1時11分の紋別沖の流氷分布 (半径30哩)



第11図 第10図の流氷野のその後の動き



第12図 第11図から求めた氷野の平均流向・流速および風向・風速

氷野内の各点は、1月31日1時からほぼ丸1日間は海岸線に平行に北西方向に動いている。ところが、その後北に向きをかえ、2月1日9時頃には反転して南東方向に動いている。

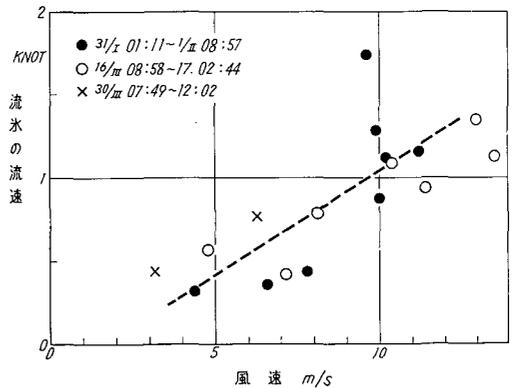
第11図中のすべての点の動きを平均して求めた流向・流速および当時の紋別での風向・風速の時間的変化を第12図に示した。流氷が北西方向に流れたのは、2月1日9時頃までである。風向と流氷の流向の偏角は、2月1日0時頃までは20度ぐらいであるが、その後は180度である。2月

1日9時以後に流氷の流向が南にかわってからは偏角は45度ぐらいになった。この例でも、風速の増減に直ちに対応して流氷の流速が増減している。

流氷が北西方向に動いた例はこのほかに、3月16日9時～17日2時、3月30日8時～12時にも観測された。それらも含めて、流氷が北西に流れたときの風速と流速の関係を示したのが第13図である。

第13図から、氷野の風力係数は0.028～0.09であることがわかる。この図の例では風向は第5図に示したように東南東から東のあいだであり、流向は北から西のあいだであった。東風の際には流氷の動きの偏角は0度～90度で、東南東の風の際には0～22度である。

第13図では点の数があまり多くないうえに可成り散らばってはいるが、風速と流速の平均的關係は図中の破線のようになるであろう。すなわち、東南東方向の風が2m/sのときに流氷



第13図 流氷が北西方向に流れたときの風速と流速の関係

の流速はほぼ零になるということができる。

第9図と第13図を比較すると、沿岸に沿って南東方向に向う海流が存在することが明らかである。

III. ま と め

流水観測レーダー網の中央に位置する紋別レーダーの観測範囲内(半径30哩)の氷野内に数点の目標をえらび、それらの動きを数時間毎に観測した結果から、氷野の平均流向・流速をもとめた。このような観測を約20日間にわたって行ない、紋別測候所で観測された3時間毎の風向・風速と比較して次のようなことがわかった。

1) 風が弱いとき(平均風速3 m/s以下ぐらい)には、紋別沖では流水は風向に無関係に南東方向に流れる。そのときの平均流速は0.3ノットで風速にも無関係である。この流速は紋別沖の定常海流の流速と考えられる。

2) 風が5 m/sぐらい以上のときには、

- イ) 氷野の平均流向・流速は風の変動の3時間以上の周期とは良く一致する。
- ロ) 風向が北乃至西乃至南西のときには氷野は南々東乃至東南東の方向に動く。
- ハ) 風向が東乃至東南東のときには氷野は北西乃至西に動く。
- ニ) ただし個々の風向の場合にある一定の偏角が対応するという事はなく、しかも偏角の幅は大きい。
- ホ) 氷野の流速と風速の比すなわち風力係数は0.02~0.09で、風速との関係はあまりはっきりしない。
- ヘ) 流水が南東方向に流れたときの風速と流速を比較して、沿岸流の流速として0.2~0.3ノットを得た。

流水の運動の時定数は3時間もしくはそれ以下であることをはじめ、風と流水の関係について多くのことが知られたが、比較に用いた風の資料は陸上で得られたもので、流水上のそれではないことに注意する必要がある。

おわりにのぞみの風の資料を快よく提供された紋別測候所に厚く感謝します。

文 献

- 1) 田畑忠司・青田昌秋・大井正行・石川正雄 1969 レーダーによる流水の動きの観測. 低温科学, 物理篇, **27**, 295-315.
- 2) 田畑忠司・青田昌秋・大井正行 1967 流水観測レーダーによる流水観測. 低温科学, 物理篇, **25**, 233-239.
- 3) 田畑忠司・青田昌秋・大井正行・石川正雄 1967 レーダー観測による北海道オホーツク海岸沖の流水分布. 低温科学, 物理篇, **27**, 資料集, 23-38.
- 4) 大井正行・石川正雄・福士博樹・青田昌秋・田畑忠司 1970 北海道オホーツク海岸沖の流水分布(1970年) 低温科学, 物理篇, **28**, 資料集, 印刷中.

Summary

Precise observations of drift ice movement were done with the Mombetsu radar, the central one of the Okhotsk sea ice radar net work, during 20 days in the spring of 1970.

Radar picture was taken every several hours (3 to 12 hours) during the period of observation. Figs. 1, 6 and 10 show examples of radar image of pack ice field. Polynyas seen within the ice field were used as the radar target. The movement of these polynyas are shown in Figs. 2, 7 and 11. The movement of ice field, which was obtained as an average of the movement of polynyas, and wind speed and direction observed at Mombetsu Meteorological Observatory are seen in Figs. 3, 8 and 12.

When wind speed was less than 3 m/s, ice field was always moving to the south-east direction along the shore line. In this case, speed and direction of ice drift have no relation to those of wind, and average drift speed was 0.3 knot, which was believed as a speed of southward current.

When wind speed was higher than 5 m/s, the variation of the drift of ice field showed a good response to that of wind which was observed every three hours. If wind blew from NW-SW direction, ice field moved to SSE-ESE direction. When wind direction was E-ESE, ice field went to NW-W. The deviation angle of ice drift from the downward wind direction was not constant and largely depended upon the wind direction. The ratio of ice drift speed to wind speed was 0.02-0.09.