

# 日本海北部における船体着氷\*

沢田 照 夫\*\*

## 要 旨

日本海北部における冬期間の漁船の遭難については、従来関係者のあいだで原因の究明を怠り、そのほとんどが船体着氷によるものであることをつきとめたのは、実に1965年以後のことである。

以来気象庁でも漁船むけの着氷予報を実施しているが、観測資料の不足から着氷条件についての解明がくれ、予報則の確立までにはまだ手が回らない状態にある。

そこで本報では、まず当海域における着氷海難の実態を紹介し、つぎに主としてソビエト船舶からの報告をもとに、着氷進行のための気象・海象条件を求め、舞鶴海洋気象台「清風丸」の観測結果を用いて、これをチェックしてみた。

## 1. ま え が き

1960年代にはいり、北海道西岸の稚内・小樽などの港を基地とする漁船が、冬季タラ操業としてあらたに開発されたソビエト領沿海州沖の漁場へ一斉に出漁するようになってから、荒天の中で操業船が忽然と姿を消すという事故があいついで発生し、関係者をおびえさせた。

しかしなにもこれら遭難船は、ほぼ例外なくひとことの連絡もないまま消息を絶っているため、その原因を究明するすべもなく、単なる消息不明の全損海難として片付けられる始末であった。

ところが1965年2月22日未明、おりから沿海州テルネイ湾沖でしけのため沿岸よりへ避難中の小樽基地のタラ延縄漁船「第3善栄丸」(78トン・15名乗り組み)が、06時30分ころ9kmはなれて航行中の僚船「豊丸」と交信し、「船体着氷ひどく、航行困難」と伝えてきたが、5分後突然「着氷のため転覆する、豊丸助けてくれ」と連呼したまま、ぶつりと連絡がとだえた。

豊丸では直ちにレーダーを作動して善栄丸を探したが、すでに同船の影はみあたらず、瞬間的に沈没したことが確認された。

その後原因の究明に当たった海上保安機関では、同船が強い北西季節風に逆らい、多量の海水のシブキを浴びながら陸岸にむかっていたこと、続航の豊丸で21日夜半、すでに左舷側に厚さ20cmの着氷をみ、乗組員総出で氷割り作業(除氷)を行なったが、5時間後には再び厚さ25cmの着氷におおわれたことなどから推して、善栄丸で

も遭難当時船体の上部構造に大量の水が着いていたことは間違いないとし、それにもかかわらず一度も除氷を行なった形跡がないところから、着氷の重みと風圧面積の増大で、復原性能の極端な低下を招き、横波に叩かれて一瞬のうちに転覆・沈没し、乗組員は全員船と運命をともにしたものと断定をくだした。

これを契機に日本海北部における船体着氷の重大性にかわかにクローズ・アップされ、過去の原因不明の全損海難もほぼ着氷による遭難が確実とみられるにいたり船体構造や航海運用、あるいは気象情報などの面から安全対策の確立が急がれている。

しかし現在のところまだ決定的な有効策がみつかっていないばかりか、着氷海難は依然跡をたたく、かえって増加の傾向にあるので、とりあえず当海域における船体着氷のあらましを紹介することにした。

## 2. 着氷海難の発生状況

「第3善栄丸」の遭難以後、第一管区海上保安本部(小樽)では、冬期間日本海北部へ出漁する漁船に対して、着氷状況の報告と除氷の励行を強力に指導する一方、過去この海域で発生した海難事故の個々の場合について、遭難前の交信内容、付近にあった僚船からの報告ならびに当時の気象・海象状態などを総点検した結果、第1表にかかげた7隻については、あきらかに大量の船体着氷が直接原因で沈没したものと断定した。すなわち、僅か7冬間に624トンもの船腹が海底に消え、あわせて108名にのぼるとい人命が失われたわけで、改めて着氷海難の重大さに驚かざるをえない。

またこれらの海難の発生地点をみると、第1図のように、おおむね西部の沿海州側に集中している。

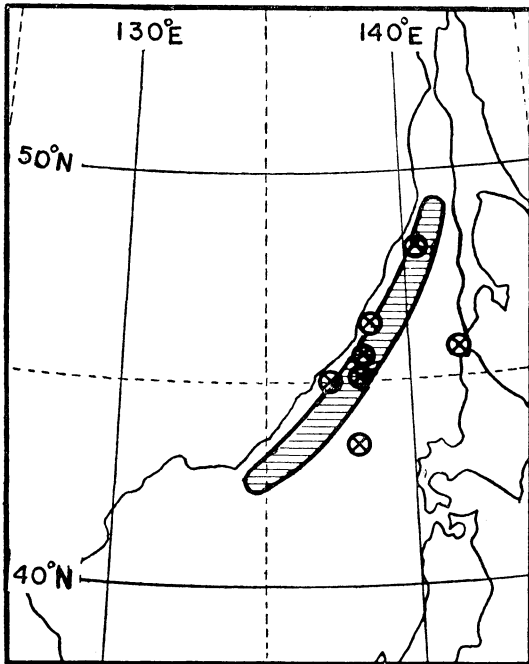
\* Ice Accretion on Ships in the Northern Sea of Japan

\*\* T. Sawada 函館海洋気象台

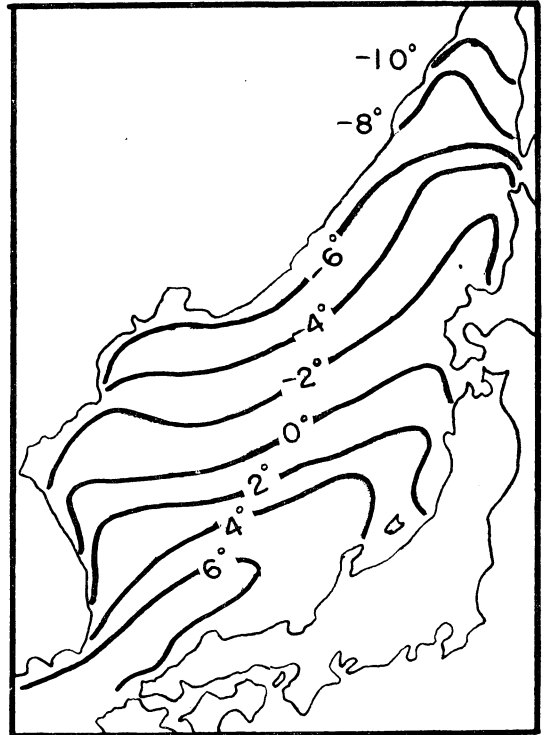
—1969年7月19日受理—

第1表 最近の船体着氷による全損海難

船名	トン数	乗組員	発生日	遭難海面	船体状況	人員状況	漁種
第3 善豊丸	81	17	1964. 2. 14	北海道・神威岬沖	転覆	全員死亡	タラ延縄
第3 善栄丸	78	15	1965. 2. 22	沿海州・テルネイ湾沖	〃	〃	〃
第32 天祐丸	96	19	〃. 12. 16	〃・ベルキーナ岬沖	〃	〃	タラ底引
第23 妙宝丸	92	14	〃. 12. 16	〃・〃	消息不明	〃	〃
第15 修洋丸	84	15	1967. 4. 6	〃 ベスチヤヌイ岬沖	転覆	2名救助	ニンソ刺網
第25 天祐丸	97	15	1969. 1. 27	〃・エゴロバ岬沖	消息不明	全員死亡	タラ底引
第15 宝来丸	96	15	〃. 2. 21	北海道・野寒岬沖	転覆	〃	〃



第1図 着氷海難発生地点と沿海州タラ漁場



第2図 冬の日本海の気温分布(1月)

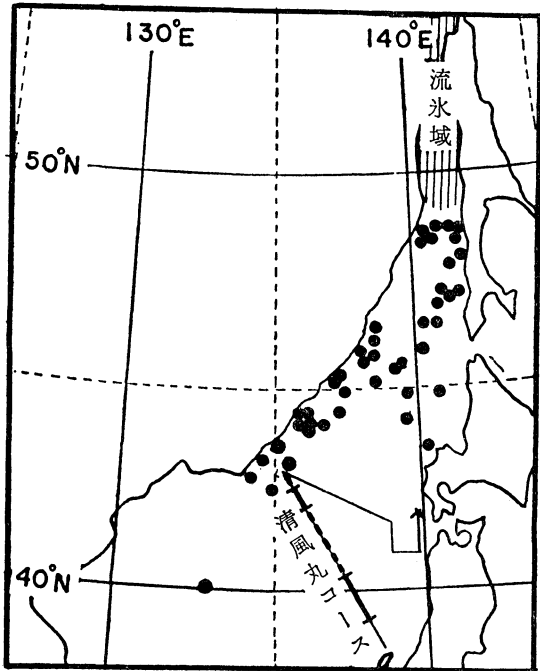
これは着氷の発生にもっとも大きな役割を演ずる気温を考えると、とくに冬期間は、第2図にかかげた1月の平均気温分布からも明らかなように、大陸性気候の影響をまともに受ける沿海州側が、比較的海洋性気候に近い東部の北海道側に比べて、はるかに低温となることによるためと思われるもので、冬の沿海州沖が漁民から「魔の海」と呼ばれるゆえんもここにある。

3. 着氷進行のための気象・海象条件

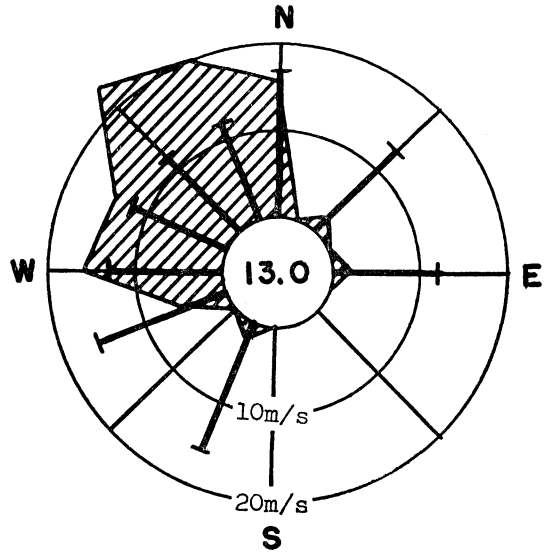
1966/67—1968/69年の3冬間に、日本海を航行中のソビエト船舶からよせられた気象電報の中から、船体着氷が(ゆるやか、または急速に)進行中と報じてきたものだけを拾ったところ、44通をかぞえた。第3図はそれ

らの着氷点を示したもので、日本海における着氷発生域が、海上の気温分布(例えば1月—第2図)とよく対応し、ほぼ北緯43度以北の海面に限られることがうかがえる。ただし北緯49度線の北側で着氷がみられないのは、例年12月に入るとこの海域はタタールスキー海峡を南下する流氷群でふさがれてしまい、船舶の航行が全面的に停止してしまうためである。

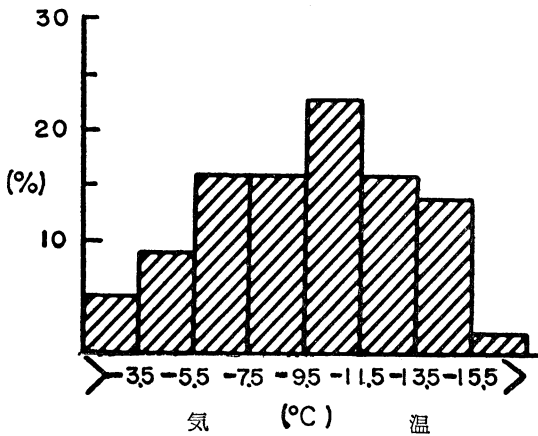
そこでこれらの電報から、着氷進行時の気象・海象の状態をまとめてみると、  
気温：級間2°Cのヒストグラム(%)は第4図のとおり



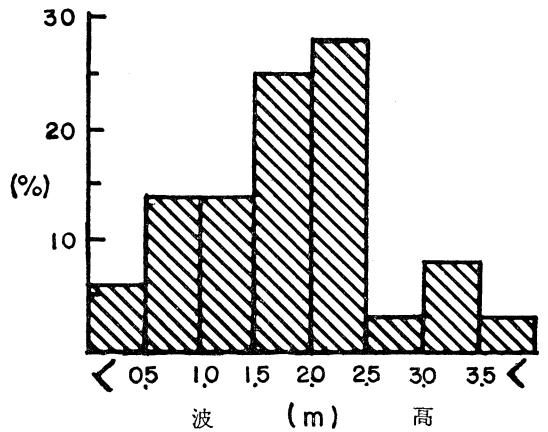
第3図 着氷発生海面 (ソビエト船舶による)  
太線は着氷期間



第5図 着氷進行時の風向・風速  
円内の数字は平均風速



第4図 着氷進行時の気温分布



第6図 着氷進行時の波高分布

りで、おおむね着氷は(-4°C~-15°C)の範囲で成長し、中でも(-10°C)前後がもっとも着氷し易いようである。(-16°C)以下で着氷の成長がとまるのは、空中に打ち上げられた海水のシブキが瞬間的に凍結してしまい、乾いた氷晶の状態で船体にぶつかるためと思われる。

風向：第5図のウィンド・ローズからも明らか

に、着氷がほとんど北西象限内の風系下、いわゆる季節風パターンの中で進行するのは当然ながら、その他の風系の場合まず激しい着氷は起らないとみてよい。

風速：第5図内に示した各風向についての平均風速はすべて10m/sをこえており、これ以下では着氷は成長しないと考えるとよい。また北西風系の場合にはおおむね12~3m/sで激しく着氷するが、まれにみられる南西風系での着氷は、15m/s以上の強風下でなければ成長しない。

波高：第6図のヒストグラム(級間0.5m)からうかがうに、波高0.5m内外から着氷がはじまり、2m内外

でもっとも氷が着き易いようである。なお波高が2.5 mをこえると着氷の進行が急速に衰えるのは、風浪が高まるほど空中に打ち上げられるシブキの量がまし、同時に水滴の径も次第に大きくなるため、飛行中の温度降下も小さくて過冷却または氷点に達するまでには至らず、海水の温度に近い状態で船体にぶつかり、そのまま流れ出すためと考えられる。

4. 着氷と850 mb 温度場

船体着氷が低温と荒天で引き起される現象である以上、その発生がおおむね寒冷前線通過後の寒域内の海上に限られることは容易にうなずけるところである。通常日本海北部では、優勢な低気圧が北上したあと、その後面には沿海州方面からの強い寒気のはんらんがみられるが、海上での気温・水温差がきわめて大きいところから、下層大気が急速に暖められ、熱的不安定による寒気突風が長時間にわたってつづくため、これが大しけを招いて着氷の発生を促がすわけである。

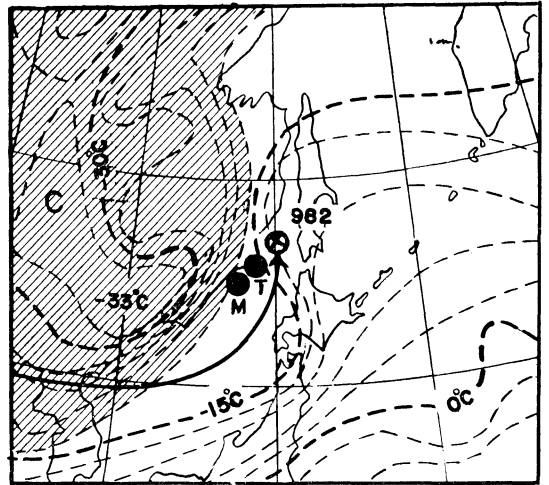
そこで第1表にあげた重大海難のうちの代表的な2例について、当時の大気下層における寒気移流のもようを調べてみる。

A. 天祐丸・妙宝丸の同時遭難の場合

1965年12月15日午後日本海北部は、同海中部を北上する発達中の低気圧の接近につれ、北よりの風が20m/sをこえる大しけとなった。おりから沿海州沖の漁場にあった稚内基地のタラ底引船団8隻は操業不能となり、近くのソビエト領海内で避難するため各船一斉にベルキナ岬へむかったが、船団からの連絡では、夜半ころには北西風最大35m/s、波高4~5mと天候は一段と悪化した。夜半すぎ風波は一時衰えたが、代って気温が急激に降下して船体に激しく着氷しはじめ、各船とも2時間ごとに船を止め、氷を落しながらすすむという難航ぶりであった。

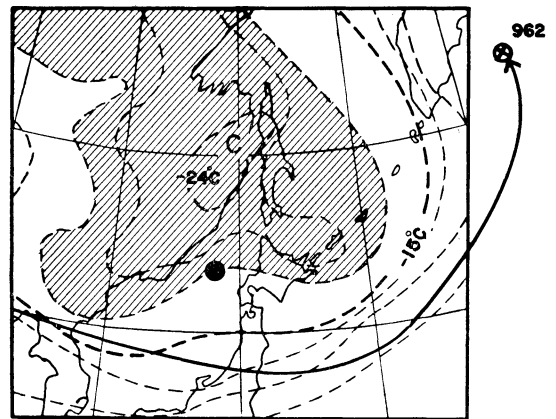
明けて16日04時38分、避航中の「第32天祐丸」は稚内海上保安部あて、「着氷がひどく、船体が30度傾いたまま戻らない、救助たのむ」との緊急通信を最後にぶつり消息をたち、同じく「第23妙宝丸」も夜半から僚船の懸命の呼びかけにもまったく応答がとどえてしまった。

当時の地上天気図によれば、15日21時には982mbまで発達した低気圧がすでにタタールスキー海峡の南部に迫っており、この中心から南西300km以内にあった両船が、寒冷前線後面の強い北西季節風の場において、激しい風波に叩かれていたことは容易にうかがえる。



第7図・A 着氷海難発生と850 mb 温度場 (1965年12月15日21時)

●Tは天祐丸、●Mは妙宝丸の遭難地点、⊗は地上低気圧



第7図・B 着氷海難発生と850 mb 温度場 (1964年2月14日21時)

●は善豊丸の遭難地点

そこで船体着氷の主役である寒気の動きを、同夜の850 mb面の温度場から追ってみると、第7図・Aのように、バイカル湖方面から南下した-33°C以下の強い寒気核が満州中部に達し、これから南東にのびる寒気舌が沿海州南部に鋭くつつ込んでいて、前線活動がきわめて活発であったことを如実に示している。

そして両船の遭難がいずれも図中に斜面をほどこした-18°C以下の寒気内にはいった時点で発生している事実は、とくに注目に値する。

B. 第3善豊丸遭難の場合

1964年2月14日未明小樽基地を出港して、沿海州オギリ湾沖の漁場にむかったタラ延縄漁船「第3善豊丸」は、18時すぎ積丹半島・神威岬と漁場とのほぼ中間地点で、近くの僚船と交信したのを最後に一切の消息をたった。僚船からの報告によると、同夜の遭難地点付近は北西風13m/s、気温 $-10^{\circ}\text{C}$ 前後で、もっとも着氷し易い状態にあり、事実同船から約20km離れて航行中の「第8善豊丸」(60トン)が、18時に「船体に約20cm着氷し、目下除氷作業中」と連絡してきたことからみても、第3善豊丸が大量の着氷の重みに耐えきれず、一瞬のうちに転覆・沈没したことは確実と推定される。

14日21時の地上天気図では、962mbの猛烈に発達した低気圧がカムチャツカ半島の東方洋上に停滞しており、日本海北部もこの循環の中にあつて強い北西季節風の吹き出しがづき、かなり大しけしていたことがうかがえる。

さらに同夜の850mb面の温度場に眼をむけると、第7図・Bのように、シベリア方面から南にのびる寒気舌の先端がちぎれて、沿海州北部に $-24^{\circ}\text{C}$ 以下の寒気核を構成し、これを中心とする寒気が広く日本海北部をおおっている。そしてここでも遭難は同船がほぼ $-18^{\circ}\text{C}$ 以下の寒気内に入った時点で発生している事実は、850mb面で $-18^{\circ}\text{C}$ 以下の強い寒気が流入しはじめると、着氷量が飛躍的に増大することを示すものと思われる。

これは第3章でのべた、地上では $-10^{\circ}\text{C}$ 前後がもっとも着氷し易いという条件ともよく一致し、着氷予報上の有力な予報則としても十分有用なものと考えられる。

### 5. 清風丸の着氷記録

船舶による着氷実験はここ数年来、おもに巡視船によってつづけられてきたが、主として着氷防除の開発を目的とするもので、着氷時の気象・海象についての詳細な観測資料は皆無に近い状態であった。

たまたま1969年2月下旬、日本海中部で海洋観測中の舞鶴海洋気象台の観測船「清風丸」(360トン)が、3日間にわたってかなりの着氷に見舞われたので、同船の観測資料をもとに前述の着氷条件についての再検討を試みることにした。

清風丸の航跡は第3図中に示したとおりで、23日あさ佐度の両津港を出て進路を北西にとり、季節風に逆らつて航行するうち、北緯39度をすぎるところから着氷がはじまり、25日あさ最北点(北緯42.8度、東経135.3度)につくころには、氷は厚さ8cm(推定着氷量:10トン)

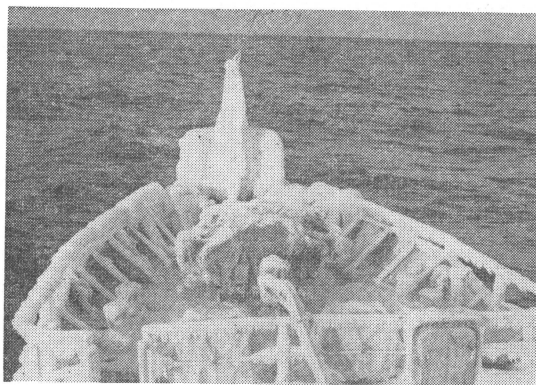


写真1 清月丸の船首部分をおおった着氷  
(昭和44年2月25日08時、最北点にて)



写真2 船首ポールならびにハンド・レールの着氷状況  
(厚さ8cm以上)

に達し、とくに船首部分は写真1~2にみられるような惨状で、船首が氷の重みでかなり下ったほどであった。

そのご進路を南東に転じ、風を船尾に受けるようになると、ほとんどシブキを浴びることがなくなり着氷の成長もびたりと止んだが、この間の着氷量の推移、気象・海象状態、船の進路などをまとめて図示したものが第8図である。

そこでこの図からみいだせる、着氷推移についての特

徴点をあげてみると、全体として、

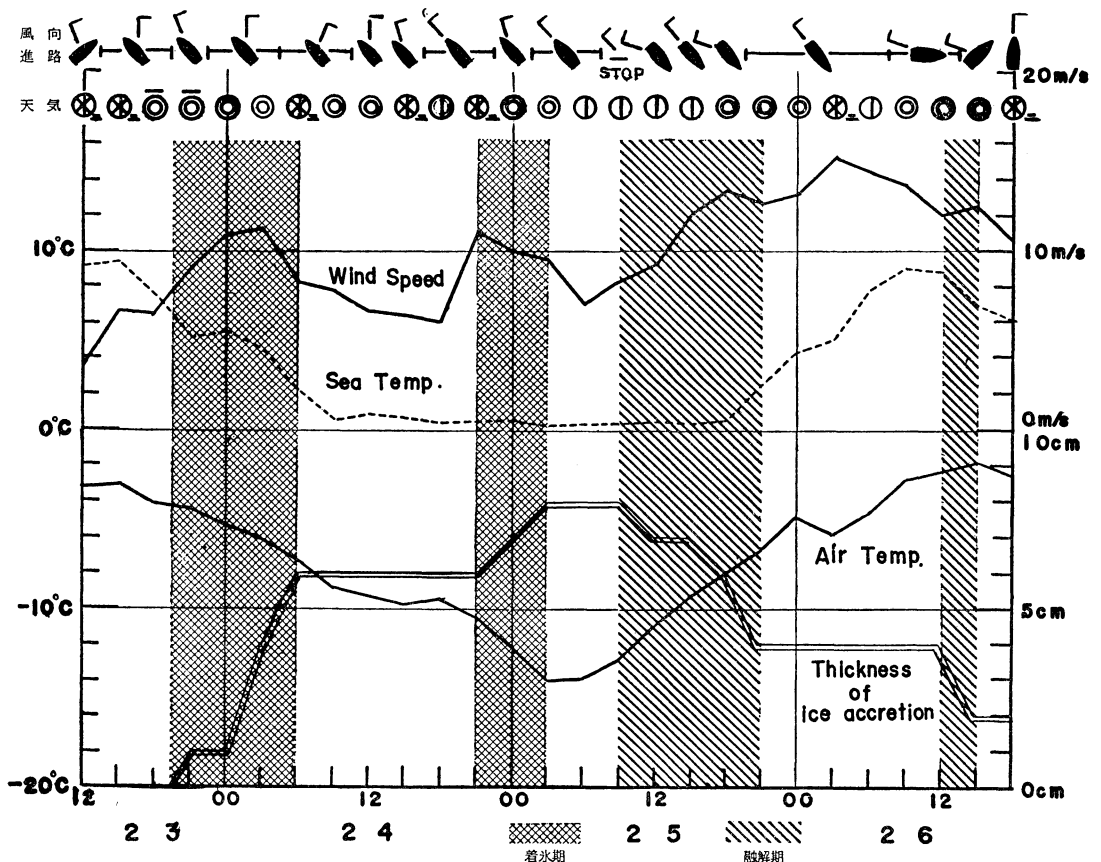
1. 着氷の成長はおおむね夜間に限られ、昼間はたとえ必要かつ十分な着氷条件下にあっても、その進行がきわめておそい。これにはまず日射の影響が考えられるが、事実24日(曇天)、25日(晴天)の日中をみると、いずれも十分な着氷条件のもとにありながら、前者では着氷の成長はまったくみられず、後者の場合は逆に崩落さしている。
2. 海面水温が着氷の進行におよぼす影響は、ほとんど問題にならないようである。  
つきに向い風(23日12時—25日06時)の場合については、
3. はじめて氷が着いたのは、気温 $-4^{\circ}\text{C}$ 、風速7 m/s、波高0.5mの時点であった。
4. 着氷の成長がめだちはじめたのは、気温 $-6^{\circ}\text{C}$ 、風速10m/s前後からで、気温が $-9^{\circ}\text{C}$ 以下になると、シブキが流れずその場で瞬間的に凍着するようになる。

となり、この場合の着氷条件も、第3章でのべたそれと完全に一致する。

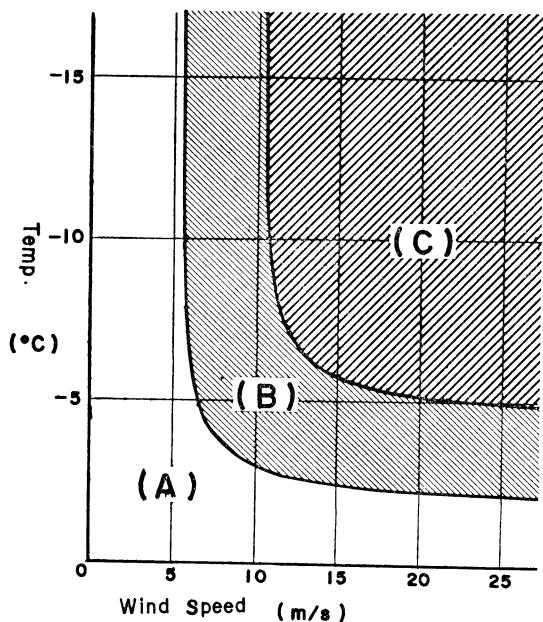
- また追い風(25日12時以降)の場合は、
5. 船尾に風を受けるように航走すれば、まず着氷の心配はない。
  6. 日中とくに晴天の場合は、日射が大きく作用して、着いた氷は急速に崩落する。  
したがって、上記の諸点から引き出せる遭難防止のための教訓としては、「船体に氷が着きはじめたら、直ちに船尾に風を受けるように船を廻してシブキがかかるのを防ぎ、着氷の進行をくい止めることが先決」ということになる。

### 6. 船体着氷図

第9図は、1966年2月に巡視船「れぶん」(387トン)が沿海州沖で実施した着氷実験の観測値をもとに、気温・風速・着氷強度のあいだの相互関係を図示した、いわゆる着氷図である。



第8図 着氷推移と気象・海象状態(清風丸: 2月23~26日)



第9図 日本海北部の着氷図  
(巡視船「れぶん」による)  
(A) 氷は着かない  
(B) 氷が着く  
(C) 氷が多量につく

着氷の発生には気温や風速のほか、水温・海面状態(風浪・うねり)・天気・船型・船速・進路などが関係することも当然考えられるし、またこの図には風速と風浪立ち上りの時間的なズレ、風浪発達におよぼす地形効果などの問題がなら考慮されていない。

したがってこれをいきなり着氷予報図に用いることは必ずしも適当とはいえないが、おおよその着氷量の目

安をつけるためには十分であろう。

### 7. むすび

これまで日本海北部における船体着氷、とくにその着氷条件について、現在手持ちの資料からそのあらましを紹介してきたが、はじめにふれたように当海域における船体着氷についての調査研究はまだ歴史が浅く、解明すべき多くの点が残されている。

しかし現在すでに出漁中の漁船から毎日定時に漁場の気象実況(着氷状態を含む)を報ずるといふ協力体制が確立されており、資料の集積も順調にすすんでいるため、船体着氷の実態が余すところなく解明される日もそう遠くはないものと思われる。

おわりに臨み、貴重な資料の提供を得た第一管区海上保安部・警備救難部ならびに舞鶴海洋気象台・原見敬二氏に対し、厚く御礼申し上げる。

### 参考文献

- 第一管区海上保安本部, 1966: 船体着氷, 除氷試験成績(昭和40年度), その他。  
 沢田照夫, 1966: 千島海域における船体着氷予想の一方方法, 研究時報, **18**, **11**, 15~23。  
 沢田照夫, 1967: 北洋における船体着氷, 天気, **14**, **1**, 11~21。  
 T. Sawada, 1968: Ice Accretion on Ships in Northern Seas of Japan, J. Met. Soc. Japan, **46**, **3**, 250~253。  
 А.К. Леснов, 1960: Регистральная Океанография гидро. издат., 316~320。  
 Г.В. Васильева, 1966: Гидромет. Условия, Способствующие Оледенению Морских Судов Рыбнсе Хозяйств, Дек. 1966, 43~46。