

第3回日本赤十字看護学会学術集会

特別講演

流水

—海からのすばらしい贈りもの—

Drift Ice

—Wonderful Present from the Sea—

講師 青田 昌秋 AOTA Masaaki (北海道立オホーツク流水科学センター)



司会 齋藤 秀哉
SAITOU Hideya
(日本赤十字北海道看護大学)

キーワード：流水、海氷、オホーツク海、海氷と地球環境、流水南限

Key Words : Drift Ice, Sea Ice, The Sea of Okhotsku, Sea Ice and Environment of Earth,
Southern limit of Sea Ice

「凍る海」についてお話しいたします。内容は、流水の定義、オホーツク海のナゾ、流水と地球環境の関わりについてのお話です。

I. 流水と海氷の違いは？

「流水」とは、狭義には、その出生地、母体となる水のいかに関わらず「海を流れ漂っている水」を意味しています。これに対して、岸にへばりついて動いていない氷を「定着氷」と呼びます。氷の運動形態による分類です。

「海氷」は、海水が凍ってできた氷です。陸で生まれた「氷山」や河川生まれの「河川氷」などは出生地、母体の違いを区別した用語です。氷山は、もちろん、海氷ではなく「陸氷」です。氷山も海に漂っている氷ですから、さきの定義によって、出生地分類では「陸氷」であり、運動形態からは「流水」と呼ばれるのです。

一方、広義に使われる「流水」があります。これは、海に浮いている氷は、漂っていても、定着していても、海で生まれた氷であろうと、湖や河川から流れ出てきた水であろうと、すべて流水と呼ぶ一般用語の流水です。

私見ですが、学問が体系化されるときには、当然のことですが、用語の定義が重要になります。こゝとは文化です。後から定義された専門用語が、その母体となった用語、つまり、一般用語をまちがいであるとして安易に死語化させるべきではないと思います。流動している「氷」は、「漂流氷」とでも名付けるべきと考えています。

ここでは、特別に必要でない限り、広義の流水という言葉を使わせていただきます。

II. 流水南限の海

北緯45度：北海道の北部を北緯45度線が横切っています。だから、北海道沿岸で見られる大半の流水は、極点よりも赤道に近い氷ということになります。世界的にもオホーツク海は、流水のできる海の中では最も赤道に近い、流水南限の海です。

例年、12月初めには、オホーツク海の北部、シベリア大陸沿岸は既に凍っています。氷域はどんどんオホーツク海の南に向かって広がっていきます。1月中旬になりますと、紋別付近の海水も凍り始めます。

ほとんどの人が、北海道沿岸で見られる流水はすべてオホーツク海の遙かかなたから流れ着いたものと思っていますが、地場産の道産子流水もあるのです。

オホーツク海の氷域が最も広がるのは、3月の中、下旬で、オホーツク海の面積の約80%、北海道の面積の10数倍に相当する面積が氷野になります。

春から流水は南側からだんだん融けていき、流水の限界は北へ北へと後退していきます。オホーツク海の流水は6月いっぱいですべて融けてしまいます。つまり、オホーツク海の流水はすべて一年氷で、夏を越すことはありません。

III. オホーツク海のなぞ

さて、同じ緯度にありながら、オホーツク海だけが凍り、日本海や太平洋側では流水は生まれません。なぜでしょう？

池と海の凍り方：真水が最大密度になる温度は4度、結氷温度は0度です。だから池は、4度以下では対流を起こすことなく表面から冷えていき、0度で凍り始めます。

ところが、海水は塩分による氷点降下によって、マイナス1.8度でようやく凍り始め、塩分が濃いほど、冷たいほど高密度になります。

シベリア降しの寒風が吹き続けると、海水は冷えて重くなります。海は、対流を起こしながら、じょじょに深くまで冷えていき、全層がマイナス1.8度になってようやく凍り始めるのです。だから、海を凍らせるには、池よりはるかに大量の熱を奪わなければなりません。海が深ければ深いほど、凍らすためには大量の熱を奪う必要があります。

一冬の間に、オホーツク海からどれほどの熱量が奪われるでしょうか。冷却の法則を適用して、気温と風速からこれを計算してみました。困ったことに、一冬で、平均800メートル以上もあるオホーツク海を凍らせることはできないという結果になります。凍り始める前に春が来てしまうのです。これでは、例年、オホーツク海の80%が氷野になるという事実と矛盾します。これぞオホーツク海のナゾです。

海洋観測が続けられました。観測の結果、オホーツク海の表面約60メートルの塩分は非常にうすく、それ以深は濃い、塩分の二重構造であることが分かりました。

冬、オホーツク海は対流を起こしながら、次第に深くまで冷えていきます。ところが、対流は60メートルで停止します。なぜなら60メートル層の下には、非常に塩分の濃い、重い水があるからです。オホーツク海は、流氷が生まれるという点からは、たかだか、60メートルの浅い海といえます。

アムール川は流氷の産みの親：これには何か特別な理由があるのでしょうか。その原因はアムール川です。アムール川は、全長が4500キロメートル以上、つまり日本列島の2倍の流路をもつ大河です。シベリア大陸の大量の雨水や雪解け水がアムール川からオホーツク海に流れ込み、オホーツク海の表面に広がっていきます。こうして塩分の二重構造がつけられるのです。アムール川はオホーツク海の流氷の生みの親です。

IV. 流氷はアムール川から冬の使者？

よく新聞やテレビで「今年もアムール川から冬の使者、流氷がやってきました」と報道されます。人びとは、流氷は、どこからかやってくるものだと洗脳されてしまったようです。1994年の冬、人工衛星ブイを使ってオホーツク海の流氷の動きを調べました。この観測の目的は、北海道沿岸の流氷は、本当に、アムール川から来るのか、という素朴な疑問をはっきりさせるためでした。

11月初めにアムール川河口は凍り始めました。ここに投入したブイは、間宮海峡を北へ向かい、サハリン北部東岸沖まで北上した後、動かなくなり、やがて電波の発信を止めました。この場所に行ってみると、そこは1メートル以上の厚い氷が重なり合った氷野になっていました。アムール川の水が、オホーツク海を凍りやすくしていることは事実ですが、アムール川で生まれた氷が、そのまま北海道までやって来るのではないようです。

V. 北海道で眺められる流氷は舶来ものか地場産か？

しかし、北海道沿岸の流氷はどこから来るのかという問題はまだ残っています。気象衛星による流氷分布を連続的に見ますと、12月上旬、オホーツク海北部・サハリン東岸に姿を現した氷域は、次第に南に広がっていきます。正月頃、氷域の先端はカラフトの南端に達し、北海道に接近する様子を示します。氷域の広がり方を見る限り、たしかに、北方の流氷が南へ向かって移動してくるように見えます。

ところが、1月下旬には、すでに北海道沿岸の海水も結氷温度（マイナス1.8度）まで冷えていて、流氷誕生の条件を備えています。はたして、北海道沿岸の流氷は、国産品でしょうか。それとも舶

来品でしょうか。

アムール川河口の流氷の漂流調査後、1994年1月上旬、今度はサハリン北部のオホーツク海側の2カ所の氷野にブイを載せて追跡しました。流氷は北風に乗って、毎秒80数センチメートル、すなわち、風速の2～3%の速さで南へ漂流しました。流れの方向は風下から30～40度右に偏した方向でした。これは地球自転による転向力によるものです。

1月下旬、2台ともカラフト南端の東側を通過、その後、1台は氷野を脱出して東へ去りましたが、もう1台は、さらに南下を続け北海道に接近しました。2月1日、氷板に乗ったまま漂流中のブイが、砕氷巡視船“そうや”によって奇跡的に発見されたのです。ブイを乗せた氷板の周りは、薄い新生氷で囲まれていました。その後、ブイはさらに南下して知床半島の北を通り、2月中旬、ついにクナシリ島に漂着しました。

サハリン北部東岸で生まれ、海岸沿いに南下したロシア生まれの舶来氷と北海道沖生まれの国産氷は一緒になって、北海道沖の美しい氷野をつくりだしていることが明らかになりました。

VI. 地球温暖化とオホーツク海の流氷

オホーツク海の流氷観測についてお話をします。網走測候所（現網走地方気象台）は、1892年、つまり、110年前から、目視による流氷観測を続けています。この資料に基づいて、平均気温と流氷の勢力の関係を調べることにしました。

まず、「流氷の勢力」を定義しなければなりません。広い面積が流氷で覆われ、その期間が長いほど、流氷勢力が大となるように定量化を考えました。すなわち、その冬の日々の密接度（視界中を占める流氷の面積率）の総和をもって、その年の流氷勢力としました。一方、110年間の毎年の平均気温を求めました。こうして110年間の平均気温と流氷勢力の年々の変動をグラフにしてみました。ともに、変動が激し過ぎ、長期的傾向が分かりません。そこで、30年間の移動平均を施して、気温と流氷勢力の長期的傾向を見ました。その結果、この100年余の間に気温は約0.6度も高くなり、流氷勢力は40%も減少していることが分かりました。流氷勢力と気温変動の関係図の外挿から、将来、平均気温が過去110年間のそれよりも4度上昇しますと、統計的には流氷勢力がゼロになると推定されます。

さらに、海水温の降下を、秋以降の気温と風速の関数として、冷却の法則を適用、気象庁の気温、風速データから沿岸結氷開始日を推定しました。結果は、目視やレーダーで確認された流氷の初日とほぼ一致することが確かめられました。

過去110年間の平均的気温変動を基準にして、1、2、3度・・・と気温を上げていき、結氷初日の変化を追いました。なお、ここでは、風速に関しては平均的な秒速メートルとしました。この結果から、もし気温が4度上昇したら、この沿岸は非結氷域になってしまうと推定されました。

1995年、気象研究所は、炭酸ガスなどの温室効果ガスの増加化によって、50年後オホーツク海の気温は、4度以上上がりそうだと発表しました。私の結果と重ね合わせますと、将来オホーツク海から流氷が消える恐れ、無きにしもあらずとなるのです。

VII. 地球の環境と流氷

きわどい熱的バランス：太陽を取り巻く惑星の中で、生命が存在するのは、地球だけです。水星、金星は太陽に近過ぎて灼熱地獄です。一方、火星、木星・・・は太陽から離れすぎ酷寒の氷の世界で、ここにも生命は存在していません。地球は太陽からの距離が適当であることと、周りを循環する水と空気によって覆われているために、かろうじて生物が生存できる条件を維持しているのです。

大気の大循環：赤道付近の空気は強く熱せられて成層圏付近まで上昇、そこから南北両極へ移動し、そこで降下して極地の寒気を緩和します。一方、極地から赤道へ向かう冷たい大気が熱帯の暑さを和らげています。大気を循環させている駆動力は、赤道と極地の温度差です。極地の寒さが大気の大循環を支配していると言えます。

極地はなぜ寒い：ところで、極地はなぜ寒いのでしょうか。当たり前のように、なぜかと問われるとよく分からなくなります。

長い空気のトンネル：極地には、太陽光線が斜めに入射します。極地の大地が受ける太陽のエネルギーは、もともと低緯度地域より少ないのです。また、太陽光線が斜めに入射するため、光は低緯度よりも長い大気層（空気のトンネル）を通らなければなりません。空気中にはたくさんの水蒸気や塵が浮いています。太陽エネルギーは、水蒸気や塵に吸収されたり散乱されます。地表に達する太陽のエネルギーは、はるかに少なくなってしまう。だから極地はもともと非常に寒いのです。これが第1の原因。

光の反射板：極地の海は流氷で覆われます。流氷はその大きな反射能（アルベド）によって、到達した太陽熱の80%以上を宇宙空間に反射してしまいます。だから、氷野を覆う空気も暖まりません。流氷は太陽光線の反射板だということができます。これが第2の原因です。

流氷は海のフタ：流氷は効率のよい断熱材です。氷下の海水の温度は気温よりはるかに高温です。しかし、流氷が海を覆うと海にフタをしたことになり気温は上がりません。流氷は海のフタの役をして寒冷化を維持します。これが第3の原因です。しかし、これだけでは、まだ極地の寒さを説明できません。

潜熱効果：極地といえども、夏には太陽高度も高くなり、比較的多くの太陽熱を受けます。しかし、太陽エネルギーのほとんどは流氷を融かすためにだけ消耗（潜熱）され、極地の海は温まりません。したがって、冷たい海水に接している気温も上がりません。流氷の潜熱効果—これが第4の原因です。

このように、流氷は極地を寒冷に保ち、大気循環の駆動力を生み出し、地球環境に大きな影響を与えています。

VIII. 海洋の大循環

極地の海は凍ります。氷が成長するときには、ブライン（海水から排出される塩水）が海中深く沈んでいきます。これは重いので、沈んで深海に溜っていきます。それを深層水といいます。深層水は深層流となって赤道に向かってゆっくり移動していきます。

南極と北極の周りから沈み込んだ深層水は、2000年もの旅の後、インド洋や太平洋で表面に浮上します。入れ替わって、表面の温かい水が、赤道から極に向かって移動し、海水の地球規模の循環が発生します。

海流はゆるやかですが、大量の熱量を運ぶことができます。地球規模の海水の流れは世界の気候に大きな影響を与えています。

IX. 流氷と水産資源

流氷の底を見ますと、茶褐色をしていることがあります。これは植物性プランクトンの一種の珪藻類です。流氷の下は、藻類にとっては心地のよい住みかです。

春になりますと、植物性プランクトンは大增殖します。それをオキアミなどの動物性プランクトンが食べます。さらに小魚や貝やカニもプランクトンを餌に繁殖します。そこに回遊魚もやってきます。

この植物プランクトンの繁殖によって、流氷の海は豊かな漁場となるのです。ベーリング海、親潮、三陸沖など世界の好漁場が流氷の海に接しているのもこのためです。

流氷は、大気と海洋の大循環を支配し、地球の気候に大きな影響を与えています。また、海の生物の基礎となる植物プランクトンの繁殖をもたらし、水産資源にも深く関わっています。

流氷—それは海からの素晴らしい贈り物です。

