

オホーツク海と流氷 その2



大塚 夏彦 (おおつか なつひろ)

道立オホーツク流氷科学センター 所長、笹川平和財団上席フェロー

1958年函館市生まれ。1981年北海道大学工学部卒業、2001年北海道大学工学研究院博士課程後期修了。2016年7月より北海道大学北極域研究センター教授、2024年4月より現職。港湾施設の耐震設計、ロシア極東地域の資源開発、氷海域における油流出に関する研究、北極航路の研究などに従事、現在は北極域の持続可能な利用をテーマに研究。

はじめに

3月号では、オホーツク海の流水の成因や漂流する流水の特徴について紹介しました。本稿では、流水がもたらす特徴的な環境と、その環境とともに営まれている社会との関係について紹介します。

オホーツク海と太平洋

冬期、海水が盛んに生成されるオホーツク海の北西部では、海水ができるときに冷たくて高塩分濃度の重い海水がたくさん排出されます。この重い海水は、大陸棚から沖合に進んで水深300～500mの中層水となり、東樺太海流に運ばれてオホーツク海南部に達し、さらに左回りの循環流によって西に向かい、千島列島にそって循環していき、オホーツク海に広がります。このとき、オホーツク海と太平洋を隔てる千島列島において、特に深いブッソール海峡とクルゼンシュ海峡^{ちようせき えんちよく}では、潮汐によって強い鉛直混合が起こり、下の方の冷たい水が表層付近まで現れ、この混合された海水が循環流によってオホーツク海に広がるとともに、太平洋に流れ出しています。

世界の海洋では北大西洋と南極海で、海洋の深層・底層まで及ぶ重い海水がつくられています。オホーツク海から流れ出した海水は、北太平洋のなかでも特に

重たい海水ですが、これらの深層の海水ほどには重くなく、北太平洋の中層水を構成するとともに、親潮の起源ともなっていることがわかってきました。また、太平洋の海水がオホーツク海に入り込み、海水生成で生まれた冷たい海水と混合して酸素や栄養塩類を得て、北太平洋中層水として太平洋に再び流れ出すことにより、北太平洋にきれいな海水をもたらしているといえます。

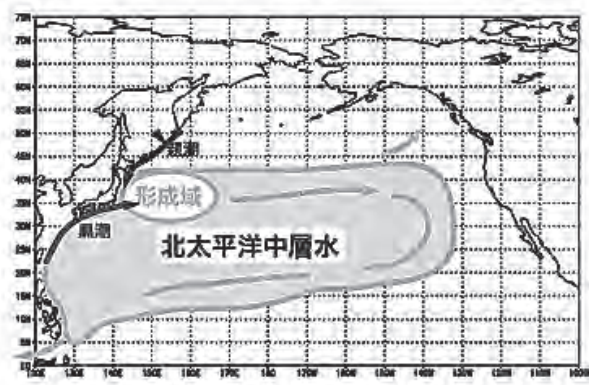


図1 北太平洋中層水の広がり

豊穡の海

海洋の生物生産性を示す指標に、基礎生産量があります（植物プランクトンの光合成により固定される単位時間、単位面積当たりの炭素量）。図2は世界の海洋の基礎生産量を推計したモデル解析の結果です²。オホーツク海は世界でも有数の生産量の高い海域であ

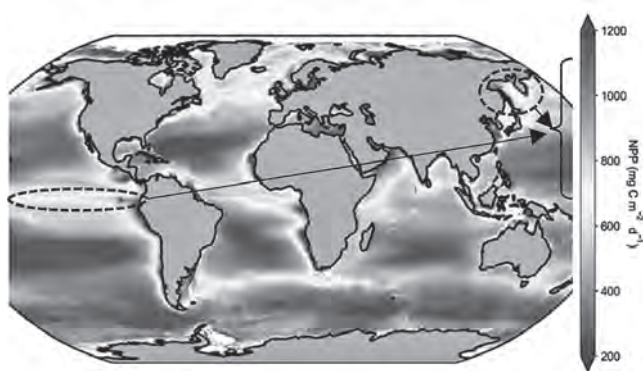


図2 基礎生産量のモデル解析（1998–2022年）

ることがわかります。

この理由はどこにあるのでしょうか。ベーリング海や東部赤道太平洋もまた世界有数の生産性の高い海であって、夏には表層に栄養塩が残る特徴があります。しかしオホーツク海は、夏に表層の栄養塩はほぼ消費され、かつ生物生産量はさらに高いという特徴があります。これは、オホーツク海に微量栄養塩類としての鉄分が十分に供給されているためであろうと考えられています。この鉄分の多くは、シベリア大陸から流下するアムール川によってオホーツク海に運ばれ、十分な量の鉄分が溶存する冷たい海水が海水の生成によって生成され、および海水も鉄分を取り込み、オホーツク海に広がっていきます。また、海水が生成されるときに排出される高塩分・高密度の海水（ブライン）がゆっくりと沈降することで、海中では鉛直混合が起こり、深層にたまっていた栄養塩類が表層に運ばれ、植物プランクトンが利用できるようになります。

冬、流水の下ではアイスアルジーと呼ばれる微細藻類がブラインの出た後の空隙を住処に増殖を続けています。この増殖は冬の終わりには流水の下面が褐色になるほどになります。これが流水融解によって日光を得てさらに増殖するとともに、海水中に放出されて植物プランクトンとなり、大增殖（スプリングブルーム）を起こし、動物プランクトンの餌となり³、連鎖的に上位の捕食者である小型魚類から大型魚類、海棲哺乳類、海鳥などの活動を活発にしていきます。また、ア

イスアルジーの一部は塊のまま沈降し、底生生物の餌にもなります。

こうした豊かな生物生産を背景に、日本全体の漁獲量（3,672千t）の約3割を占める北海道において、オホーツク海における漁獲量は北海道全体の約3割（307,367t）、日本全体の約8%を占めています。なかでもホタテガイでは、全道の漁獲量の約6割を占めています⁴。

流水がやってくると～

海面が流水に覆われていなければ、海水温は約 -1.8°C 以上あるため、沿岸部の気温は、放射冷却が起こる内陸部ほどは下がりにません。しかし海面が流水に覆われると、アルベド（日射に対する反射率）が大きくなって太陽からの熱を吸収しにくくなるとともに、海面からの水蒸気量が減少して雲が発生しにくくなり、流水の表面からの放射冷却現象が内陸と同じように起こり、沿岸部の気温を下げるはたらきをします。このため、北海道のオホーツク沿岸以外の地域では、日平均気温は1月末に最低となっており、2月には上昇する傾向を示すのに対し、オホーツク沿岸では2月半ばまで低温が続きます⁵。昔から『流水が来ると寒さが強まる』とオホーツク沿岸地域では言われてきましたが、そのとおりになるわけです。また、流水域において、強い冷気によって小さな高気圧が発生しやすくなり、北海道全体の天候にも影響を与えることがあります⁶。

また、流水が海面を覆うと、その沖からやって来る周期の短い波浪は減衰しやすくなるとともに、流水域では風波も成長しにくくなります。ただし周期の長いうねり性の波は沿岸まで伝わってきます。

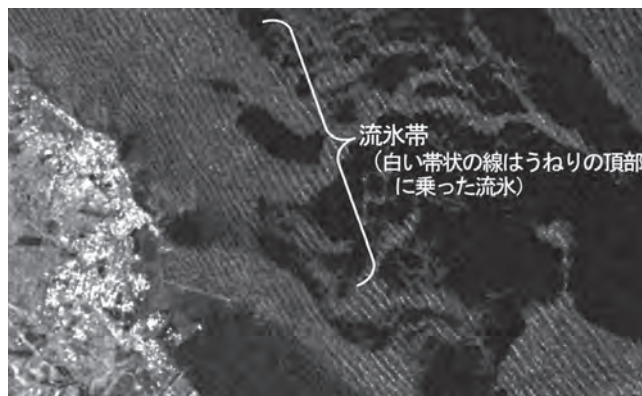


図3 紋別沖の流水域を伝わるうねり
（合成開口レーダー画像 2021/01/31）⁷

海面が流水に覆われると、氷海用に建造された特別な船以外は、流水による船体の破損、流水の抵抗による立ち往生などが起こるために、航行することができなくなります。このため、オホーツク沿岸では、多くの船は上架して整備するか、または流水の来ない海域の港に移動しています。漁業では、多くの漁ができなくなるだけでなく、漁具への被害も起こります。

流水は厄介者？

このようにオホーツク海の流水は、冷涼な気候、豊かな水産資源をもたらす生産性豊かな海、北太平洋中層水や親潮の供給源など、様々な役割・影響をもっていることを紹介しました。ここではさらに、私たちの生活とのかかわりの視点から考えてみます。まず、昔は漁業の敵と思われていた流水ですが、実は流水が海底をこすることで、コンブの生育に競合する雑海草を掃除してくれる働きがあることがわかり、それ以後は、漁業者の流水への見方も変化しました。

サロマ湖では昔、海とつながっている湖口から流水が湖内に侵入して、漁業養殖施設に被害を与えていました。昭和49年には約23億円もの被害が発生しました。そこでこれを防ぐために、湖口に浮体をワイヤーロープで連結して支柱に固定し、流水の進入を防ぐアイスブーム（防水堤）が平成10年に設置されました（図4）。

一方、流水が波などによって打ち上げられて、被害が発生することがあります。網走港では1991年に、流水が高波浪によって防波堤を乗り越え、背後の配管施設に被害を与えたことがあります。1952年3月4日に発生した十勝沖地震では、太平洋岸まで漂流していた流水が、津波に運ばれて浜中町霧多布地区を襲い、大

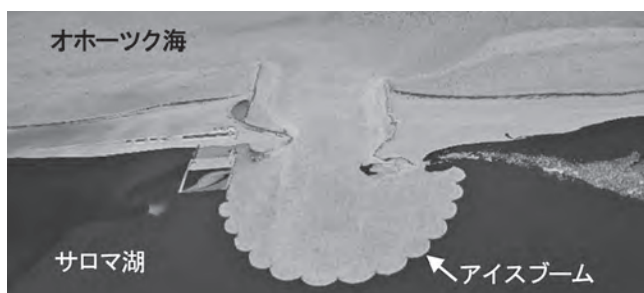


図4 アイスブーム
（国土交通省 北海道開発局 網走開発建設部⁹⁾）

きな被害を与えました。オホーツク沿岸における津波の事例では、前述の1956年十勝沖地震、1960年チリ地震、1994年北海道東方沖地震、2011年東北地方太平洋沖地震による津波があります。現在、オホーツク沿岸域で想定される最大津波水位は、1.9～4.2mと推定されています⁸⁾。もし、こうした大きな津波が流水期に発生すると、甚大な被害となる危険性があります。

ところで近年、海外から多くの観光客が北海道を訪れています。オホーツク地域では、紋別と網走で流水観光船クルーズが盛況で、2024年の乗客数は11万人弱となり、コロナ禍前の2019年比77%まで回復し、2025年も好調の模様です。流水は、沿岸地域の貴重な観光資源となっているわけです。また、紋別・網走ともに流水をテーマとする科学館を有し¹⁰⁾、観光だけでなく科学教育サービスを提供しています。



図5 流水観光船クルーズ

地球気候変動とオホーツク海

オホーツク海の流水形成には、大陸からの季節風が極めて重要です。図6はオホーツク海の2月の海水面積の50年間の変化と、その風上（50～65°N、110～140°E）における10月～3月の地上気温の変化（1979～2005の期間の平均に対する）を示しています¹¹⁾。風上の気温が高いと海水面積が小さくなっていること、長期的に気温の上昇傾向と海水面積の減少傾向のあることがわかります。また、この地域の10月～3月の気温は50年間で約2℃上昇しており、地球全体の年間平均（100年間で0.74℃）よりも急激に上昇していることがわかります。

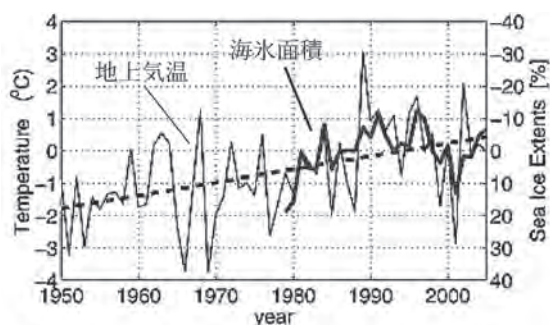


図6 オホーツク海の海水面積と風上の地上気温
(海水面積の縦軸は上から下に向かって大きくなる)



図7 オホーツク海の最大海水面積の変化

図7はオホーツク海の最大海水面積の変化です。過去50年間にわたり、10年あたりオホーツク海全面積の約3.3%の海水域が減少しています。また、オホーツク海南部(N48°以南)の流氷厚は、10年あたり7.4cm減少し、この海域に達して融解した水量は過去30年間で30%減少したことが推計されています¹²。このオホーツク海の流氷量の長期的な減少は、大陸の冬期の気温上昇、オホーツク地域の気温や海水温の変化など、多くのプロセスが複雑に影響しあって起きているものと考えられます。また、毎年一様に減少するのではなく、増減を繰り返しながら、長期的には減少しているというのが現在の状況です。流氷量の減少は、オホーツク海北西部で生み出される冷たい中層水にも影響しています。中野渡拓也らは、オホーツク海の中層水の温度がここ50年間で顕著に上昇し、これが北太平洋の亜寒帯域に広がっていることを指摘しています^{既出11}。

また、流氷が沿岸域から少なくなると、風による波浪の発達が可能となり、冬季に沿岸に到達する波浪が

大きくなることが予想されます。冬期の波浪増大は、流氷が港湾構造物などに衝突する機会が増大することのほか、河川流量低下によって流下土砂量が減少する冬期において、海浜地形への新たな影響が表れる可能性も考えられます。

こうした変化が、特徴的なオホーツク海の海洋構造や生態系へ、さらには沿岸域社会にどのような影響を、どの程度及ぼしていくかについては、重要な研究課題です。

さいごに

オホーツク海の流氷が多くの特徴的な環境プロセスのもとで生まれ、流氷は海洋生態系ならびに沿岸の人間社会とも密接なつながりをもっていること、そして地球規模の気候変化とも密接に結びついていることに気づいていただけたら幸いです。

- 1 上野洋路
<https://www-old.eps.s.u-tokyo.ac.jp/res-edu/ocean/ueno.html>, 2025/02閲覧
- 2 Thomas, J. et al., A new global oceanic multi-model net primary productivity data product. Earth Syst. Sci. Data, 15, 4829–4848, 2023 <https://doi.org/10.5194/essd-15-4829-2023>
- 3 西野康人, 流氷(海水)がもたらす恵み,
<https://www.nodai.ac.jp/research/teacher-column/0263/>
- 4 農林水産統計, H6年5月31日公表
- 5 気象庁(流氷の影響): 2025/02閲覧
https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/seaice/knowledge/eikyoku_hokkaidou.html
- 6 気象庁(コラム オホーツク海を覆う流氷の影響)
https://www.data.jma.go.jp/cpd/j_climate/hokkaido/column_ice.html, 2025/02閲覧
- 7 European Space Agency, The Copernicus Open Access Hub,
<https://scihub.copernicus.eu/>
- 8 北海道防災会議 地震火山対策部会 地震専門委員会 津波浸水想定設定ワーキンググループ, オホーツク海沿岸の津波浸水想定について(解説)本編, 令和5年
- 9 国土交通省北海道開発局網走開発建設部
https://x.com/mlit_hkd_ab/status/1073110022505213952/photo/1
- 10 北海道立オホーツク流氷科学センター(紋別市元紋別11-6), オホーツク流氷館(網走市天都山244-3)
- 11 Nakanowatari, T., Ohshima, K., Wakatsuchi, M., Warming and oxygen decrease of intermediate water in the northwestern North Pacific, originating from the Sea of Okhotsk, 1955–2004. AGU Geophysical Letters, Vo.34, Issue 4,
<https://doi.org/10.1029/2006GL028243>, 2007.
- 12 Ohshima, K. et al., Sea ice-melt amount estimated from spring hydrography in the Sea of Okhotsk: spatial and interannual variabilities. Journal of Oceanography, pp. 1–18, 2024.