

## オホーツク海から日本海と太平洋への海水流出頻度

### Frequency of sea ice discharge from the Sea of Okhotsk to the Sea of Japan and the Pacific Ocean

小濱 悠介<sup>1</sup>, 舘山 一孝<sup>2</sup>, 宇都 正太郎<sup>3</sup>, 泉山 耕<sup>3</sup>  
Yusuke Kohama<sup>1</sup>, Kazutaka Tateyama<sup>2</sup>, Shotaro Uto<sup>3</sup>, Koh Izumiyama<sup>3</sup>  
Corresponding author: m3235200146@std.kitami-it.ac.jp (Y. Kohama)

オホーツク海の海水が日本海側や太平洋側に流出すると、地域産業に被害が生じる可能性がある。本研究は過去 20 年間の海水流出頻度を調査し、流出海水の危険度の評価と流出原因の海気象条件を明らかにすることを目的としている。海水流出頻度の調査にあたって、海水密度度分布は AMSR-E 及び AMSR2 の衛星データ、航行障害の発生の有無については第一管区海上保安本部による海水観測記録、気象と氷況の関係調査に ERA5 の客観解析データを使用した。流出した海水の密度度は 20-40‰ のときが最も頻度が高く、氷量と航行障害日数に相関関係が見られ、海水が大きく流出する際は強い低気圧の通過が関係することが示された。

#### 1. はじめに

オホーツク海の海水は宗谷海峡を通して日本海側に、根室海峡を通して太平洋側に流出することがあり、特に日本海側への流氷の流出は稀である。海水が流出すると、漁業や海上交通などの地域産業に大きな被害が生じる可能性がある。木岡ら<sup>1)</sup>によると氷海域において大量の海水をともなった津波は通常の津波より被害を拡大し、国民の生命・財産に甚大な損害を与える可能性がある。

本研究の目的は、稚内沖を超えて日本海側に流出する場合と根室沖を超えて太平洋側に流出する場合の流氷発生頻度を明らかにすることである。また、流氷量と航行障害の関係性と流氷が大きく流出するときの海気象条件について調査した。

#### 2. 使用データ

研究では流氷発生頻度の調査において、Aqua 衛星搭載の改良型高性能マイクロ波放射計 AMSR-E 及び GCOM-W 衛星搭載の高性能マイクロ波放射計 AMSR2 の 2012 年から 2022 年までの海水密度度データを使用した。流氷量と航行日数の関係性の調査では海上保安庁第一管区海上保安本部が稚内港及び花咲港において観測した 1996 年から 2022 年までの視程内の流氷量 (図 1) と航行障害日数の記録<sup>2)</sup>を使用した。風と氷況の関係性の調査にあたって、風向・風速のデー

タは、ECMWF (The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) の再解析データである ERA5 を使用した。比較データとして、海上保安庁第一管区海上保安本部海水情報センターのホームページ内にある海水速報<sup>3)</sup>を用いた。

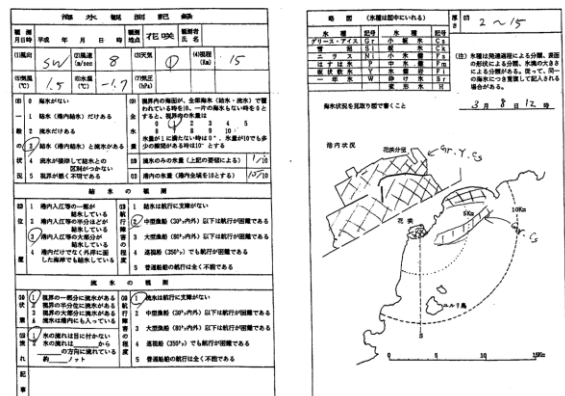


図1 海水観測記録 (海上保安庁第一管区海上保安本部海洋情報部提供)

#### 3. リモートセンシングによる解析手法と結果

##### 3.1 解析手法

解析範囲は稚内沖と根室沖 (図 2) で、流出の程度によって 2 ケースごとに分類した。稚内沖では宗谷海峡を超えて日本海側に流出 (東経 142.0°以西) を Case-1、日本海側に大きく流出 (東経 141.5°以西) を Case-2 とした。根室沖では根室海峡を超えて太平洋側に流出 (北緯 43.2°以南) を Case-3、太平洋側に大きく流出 (北緯

<sup>1</sup> 北見工業大学大学院 工学専攻

<sup>2</sup> 北見工業大学 地球環境工学科

<sup>3</sup> 北海道大学 北極域研究センター

Graduate School of Engineering, Kitami Institute of Technology  
School of Earth, Energy and Environmental Engineering, Kitami Institute of Technology  
Arctic Research Center, Hokkaido University

43.0°以南)を Case-4 とした。

解析期間は 2002 年 12 月～2022 年 4 月までの 20 年間で各年の海水が存在する月 (12 月～4 月) とした。海水流出頻度の定義として、各ピクセルに海水密度度(SIC)を 20%の範囲ごとに分け (例 : 0%越～20%, 20～40%, 40～60%, 60～80%, 80～100%), 解析期間内で海水が発現した日数とした。

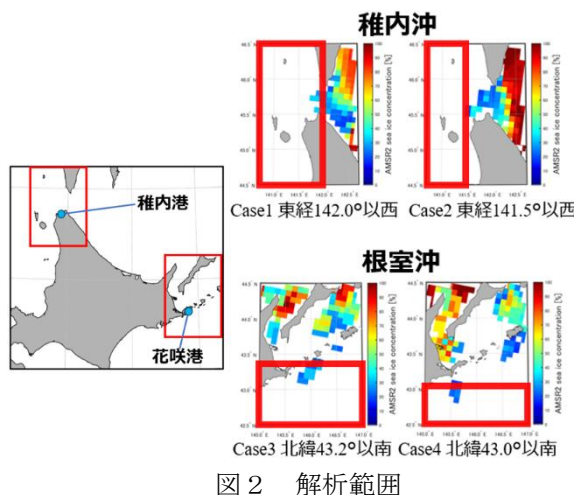


図 2 解析範囲

### 3. 2 日本海における解析結果

#### 3. 2. 1 海水流出頻度

稚内沖での海水流出頻度を図 3 に示す。破線の 2012 年は衛星センサ切り替えのため欠測している。図 4 において海水が日本海側へと流出した Case-1 の海水流出頻度は 83 回で、年平均 4.6 回であった。海水が日本海側へと大きく流出した Case-2 では海水流出頻度は 2 回、年平均 0.1 回であった。

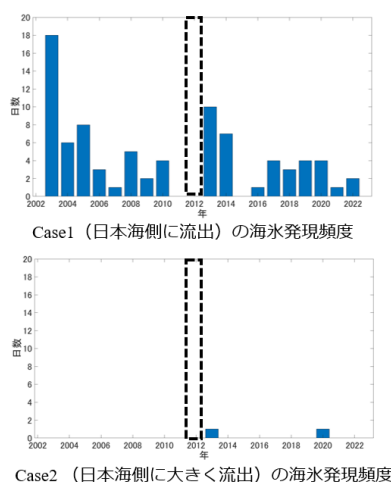


図 3 Case-1 と Case-2 の海水流出頻度

稚内沖での各 SIC の海水流出頻度を図 4 に示

す。カラーバーは頻度を 0 から 100%で、流出した海水の密度度がそれぞれの密度度範囲になる確率を示している。これより、Case-1 と Case-2 とともに海水密度度 20～40%が最も頻度が高い結果となった。また、Case-2 では海水密度度 60%以上の流氷は存在していない。礼文島周辺で海水が発現しているが、比較データである海水速報図には解析期間内に礼文島周辺で発現した海水はないことから、おそらく疑似海水ノイズだと思われる。

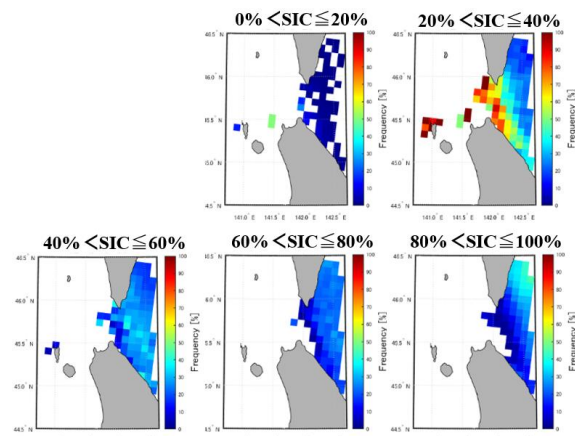


図 4 稚内沖での各海水密度度の海水流出頻度

#### 3. 2. 2 現地海水観測記録に基づいた航行障害日数

稚内港での流氷量、航行障害日数、期間を表した 3 次元散布図を図 5 に示す。カラーバーは流氷量を表している。流氷量とは流氷に覆われている海面の占める割合のことであり、10 分位法で表している。観測点において流氷の状況から中型漁船 (30 トン内外) 以下は航行が困難とされた日数を流氷による航行障害日数としている。図 5 より、航行障害日数が多くなるにつれ、流氷量も多くなっている。

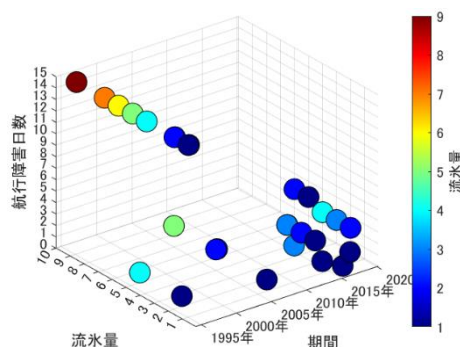


図 5 稚内港での流氷量と航行障害日数

#### 3. 2. 3 海気象条件と海水の関係

流氷が大きく流出するときの原因の調査として、流氷が大きく流出する日の前後で海水密接度の図に風向風速を重畳した。日本海側へ大きく流出した2013年3月4日～6日(図6)と2020年3月6日～8日を調査した。

図6より2013年3月4日～6日では大きく流出する前日に平均風速3.6 m/sの東寄りの風、当日には平均風速4.3 m/sの西寄りの風、翌日には平均風速6.3 m/sの東寄りの風が吹いていた。2020年3月6日～8日も図8と同様に大きく流出する前日に東寄りの風(平均風速8.4 m/s)、当日には西寄りの風(平均風速3.9 m/s)、翌日には西寄りの風(平均風速5.5 m/s)が吹いていた。

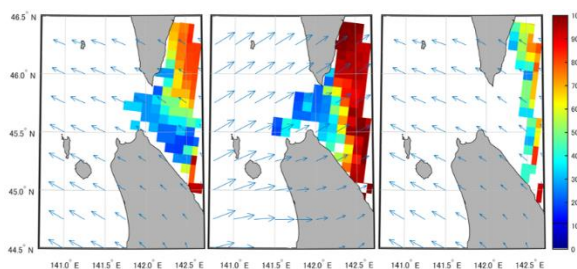


図6 2013年3月4日～6日の稚内沖での海水密接度に重畳した4時間平均の風向風速

### 3.3 太平洋における解析結果

#### 3.3.1 海水流出頻度

根室沖での海水流出頻度を図7に示す。図7において海水が太平洋側へと流出したCase-1の海水流出頻度260回、年平均14.6回であった。海水が太平洋側へと大きく流出したCase-2での海水流出頻度34回、年平均1.9回であった。

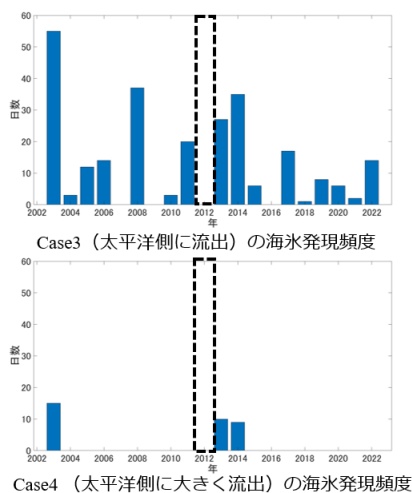


図7 Case-3とCase-4の海水流出頻度

図4と同様に、稚内沖での各海水密接度の海

氷流出頻度を図8に示す。Case-3とCase-4ともに海水密接度20～40%が最も頻度が高い結果となった。また、Case-4では海水密接度60%以上の流氷は存在していない。

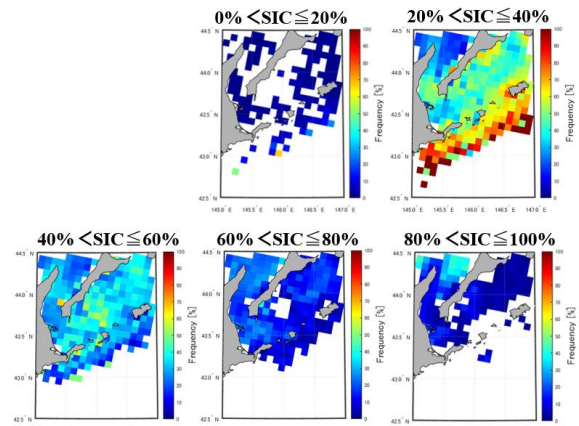


図8 根室沖での各海水密接度の海水流出頻度

#### 3.3.2 現地海水観測記録に基づいた航行障害日数

図5と同様に、花咲港での3次元散布図を図9に示す。図9においても図5と同様に、航行障害日数が多くなるにつれ、流氷量も多くなっている。

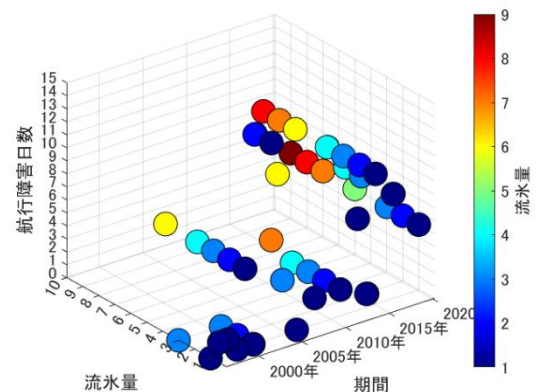


図9 花咲港での流氷量と航行障害日数

#### 3.3.3 海気象条件と海氷の関係

根室沖では大きく流出した日が続いた2003年3月5日～7日を調査した。大きく流出した前日には南寄りの風、当日も南寄りの風、翌日には西寄りの風が吹いていた。

### 4. 考察

#### 4.1 発現頻度、稚内と根室での頻度の相関

稚内と根室での海水流出頻度の相関を図10に示す。縦軸が根室、横軸が稚内の海水流出頻度

である。相関係数は 0.76 であり、強い正の相関がみられた。

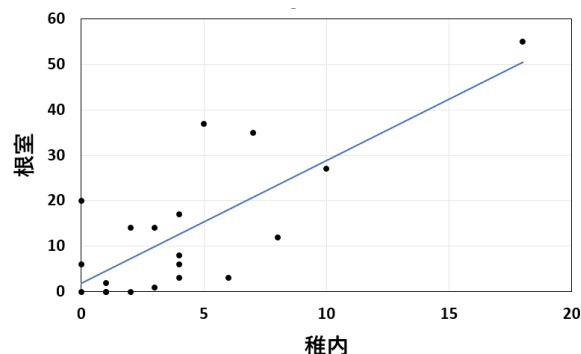


図 10 稚内と根室での海氷発生頻度の相関

#### 4. 2 海氷観測記録の流氷量と航行障害日数の関係

稚内港と花咲港ともに、航行障害日数が多くなるにつれ、流氷量も多くなっている。つまり、航行障害日数が多い年は流氷量も増加しやすいことを示している。

#### 4. 3 海気象条件と海水の関係

図 6 から海氷が日本海側に大きく流出するときは前日に東寄りの風が吹いていることが分かる。また、気象庁の天気図<sup>4)</sup>より流出の前日または当日に低気圧が通過していた。稚内沖では宗谷暖流が優勢になる<sup>5)</sup>。また、宗谷暖流の流量は 1 月に最小となるものの、稚内沖へ大きく流出した 2 例は 3 月であり、3 月は南東流である<sup>6)</sup>ことから稚内沖の海氷は大きく流出するときは東寄りの風が卓越し、低気圧が関係していると考えられる。一方で、根室沖においては海氷が大きく流出するとき、風の影響はみられなかった。

#### 5. まとめ

本研究では稚内沖を超えて日本海側に流出する場合と根室沖を超えて太平洋側に流出する場合の流氷発生頻度、流氷量と航行障害の関係性、流氷が大きく流出するときの原因を調査した。

解析期間において、稚内沖での海氷流出頻度は 83 日で根室沖での海氷流出頻度は 260 日であった。

流氷量と航行障害日数の関係性では稚内港、花咲港ともに航行障害日数が多くなるにつれ、流氷量も多くなることが分かった。

流氷が大きく流出するときの原因として稚内沖の海水が日本海側に大きく流出するとき (Case-2) は東寄りの風が卓越し、低気圧が関係していることが分かった。

今後の課題としては海水が流出する場合の具体的な海気象条件の調査が必要である。

#### 【謝辞】

本研究では海上保安庁第一管区海上保安本部海洋情報部より海氷観測記録のデータ提供の協力をいただきました。厚く御礼申し上げます。

#### 【参考文献】

- 1) 木岡信治, 森昌也, 遠藤強, 竹内貴弘, 渡部靖憲, 2014: 海氷群を伴った市街地への津波遡上特性に関する検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **70**(2), I\_821-I\_825
- 2) 海上保安庁第一管区海上保安本部 海氷観測 30 年統計、2021 年 3 月
- 3) 海上保安庁第一管区海上保安本部 海氷情報センター 海氷速報図  
URL: [https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN1/drift\\_ice/ice\\_chart/calendar/past/calendar.html](https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN1/drift_ice/ice_chart/calendar/past/calendar.html) (2023 年 6 月 18 日閲覧)
- 4) 気象庁 日々の天気図  
<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html> (2022 年 9 月 20 日閲覧)
- 5) 松山優治, 青田昌秋, 小笠原勇, 松山佐和, 1999: 宗谷暖流の季節変動, 海の研究, **8**(5), 333-338
- 6) 森山秀太, 2008: 宗谷暖流流量の季節・経年変動, 北海道大学大学院環境科学院地球圏科学専攻大気海洋物理学・気候力学コース修士論文, 51pp