

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料
〔令和4（2022）年度 中間評価用〕

令和4年3月31日現在

研究期間：2020年度～2024年度
課題番号：20H05707
研究課題名：海水が導く熱・塩・物質のグローバル輸送

研究代表者氏名（ローマ字）：大島 慶一郎（OHSHIMA Keiichiro）
所属研究機関・部局・職：北海道大学・低温科学研究所・教授
研究者番号：30185251

研究の概要：

海氷は、ある場所で生成し別の場所で融解すると、熱と塩（淡水）を輸送する。高海氷生成域は重い水を生成することで中深層循環の起点となる。海氷による熱・塩の全球規模での輸送及びその中深層循環との関係を明らかにする目的で、半世紀弱に及ぶ海氷生産・融解量の全球データセットを衛星マイクロ波放射計データを中心に用いて作成する。また、海氷を介しての物質循環のプロセスを明らかにする。

研究分野：海洋物理学・気候システム学・環境動態解析

キーワード：海氷生産量、海氷融解量、マイクロ波放射計、バイオリギング、熱塩循環

1. 研究開始当初の背景

海氷は、生成・融解時に大きな潜熱輸送を伴うとともに、結氷時に高塩分水を排出し、融解時に淡水を供給するので、その移動によって熱と塩（淡水）の再配分を行う（図1）。結氷域では、高塩分水により重い水が生成され、それが中深層水を作り密度差による（熱塩）循環を駆動する。現在進行する温暖化のもとで、南極底層水等の中深層水は、数十年スケールで変化していることがわかってきた（IPCC第5・6次評価報告書）。この変化は、将来、熱塩循環が変わり、地球気候が激変しうる可能性を示唆するものである。海氷の生成・融解量の変動が中深層水の変化に関わっている可能性は高いが、長期の海氷生成・融解量の変動に関しては全くわかっていない。特に海氷融解に関しては量的に見積る研究はほとんど行われておらず、全球視点での海氷による熱塩輸送量はわかっていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、今まで作成されたことのない、海氷生産・融解量の全球データセットを過去半世紀弱分作成し、現在起こりつつある底層水や中層水の変化と海氷による熱塩輸送の関係を明らかにすることである。さらに、海氷生成時に鉄（Fe）を含む海底堆積物を取り込まれ、海氷融解時に放出され植物プランクトン大増殖を誘起する（図1）、といった海氷を介しての物質循環のプロセスを明らかにすることも目的である。

3. 研究の方法

海氷生産量に関しては、代表者らは衛星マイクロ波放射計データを駆使して高海氷生産域である沿岸薄氷域（沿岸ポリニヤ）を検知し海氷生産量を見積るという手法を世界に先駆けて開発した。しかし、全球を対象としたものではなく、期間もマイクロ波 AMSR センサーのある 2003 年以降が中心となっている。本研究では 1987 年から運用されている SSM/I センサー、1978～1987 年に運用された SMMR センサーも用いて、全球に汎用性のある海氷生産量の推定アルゴリズムを開発し、半世紀弱に及ぶ全球海氷生産量データセットを作成する。アルゴリズム及びデータセットの比較・検証には、代表者らが蓄積してきた南大洋・北極海・オホーツク海の沿岸ポリニヤでの係留系データを用いる。

一方、海氷融解量に関しては、その平均的な分布さえよくわかっていない。まず、海氷融解量の全球気候値データセットの作成から始める。海氷融解直後には海洋表層に低塩分層が出現するが、この塩分の低下分が海氷融解量に相当するとして、春季の使用可能な全海洋データから海氷融解量を見積もる。これに加えて、オホーツク海と南大洋では、海氷融解直後における船舶集中観測やバイオリギング（アザラシ・トドに測器を付ける手法）による海洋データからも海氷融解量を見積もる。これらを検証データに用いて、衛星マイクロ波放射計データと熱収支計算等を組み合わせて海氷融解量推定アルゴリズムを開発し、半世紀弱に及ぶ全球海氷融解量データセットを作成する。

また、オホーツク海南部および南大洋沿岸域をターゲット海域として、砕氷船や漁船チャーターにより海氷サンプリングや物理・化学・生物共同観測を行い、海氷を介する物質循環及び植物プランクトン大増殖に至る過程の解析を行う。

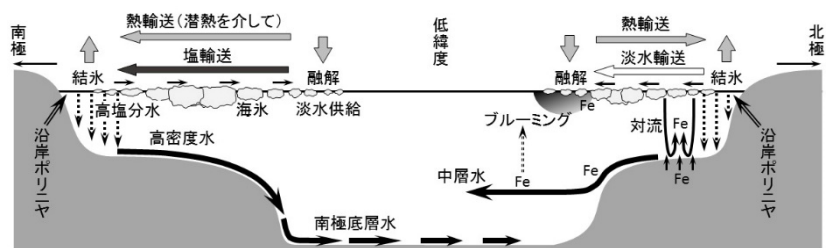


図1: 海氷を介した熱・塩（淡水）・物質（鉄/Fe等）のグローバル輸送

4. これまでの成果

- (1) 新規開発した AMSR 海氷タイプ識別・薄氷厚アルゴリズムによる海氷生産量の見積もり手法の有効性を南極沿岸で取得した係留データから実証した。特に、海中 100m 深まで及ぶフラジルアイス生成により極めて効率的な海氷生成が生じていることを発見し、それを新規 AMSR アルゴリズムから検知できることもわかった。フラジルアイスが検知できない従来のアルゴリズムは海氷生産量を過小評価していた。海中深くのフラジルアイスの存在は、オホーツク海の係留データの解析からも示された(論文1)。
- (2) 上記により有効性が示された AMSR アルゴリズムと熱収支計算から統一した手法を用いて、全球でのフラジルアイス域と海氷生産量の見積もりとマッピングを行った。高海氷生産域であるフラジルアイス域が卓越する南大洋では、海氷生産量の過小評価が改善され、従来のアルゴリズムより、20-40%高い海氷生産量が示された(論文2)。
- (3) SSM/I においても海氷タイプを識別できる薄氷厚アルゴリズムを開発した。この開発によって、1992年から2020年まで、暫定版として、全球の海氷生産量データセットを作成した(論文3)。
- (4) 北太平洋西部の中層水の変動はオホーツク海の水氷生産減少によるトレンド成分と18.6年周期潮汐成分の重ね合わせで表現できることを示唆し、中層水の将来予測も行った(論文4)。
- (5) 南大洋において、水温・塩分プロファイルから自動化して海氷融解量を推定するアルゴリズムを開発し、融解量を検出できるデータ約2.5万個を用いて初めて海氷融解量分布を明らかにした(論文8)。海氷融解量推定アルゴリズム開発のための検証データとなる。全海氷融解量は約17200Gt/yrと見積もられ、南極氷床による淡水フラックスの約6倍に相当すること等も初めて定量的をもって示された。
- (6) オホーツク海で今までに蓄積されてきたフロートデータの溶存酸素量の変動から、正味の生物生産量(純群集生産量)は、直前に海氷が存在していた海域で非常に大きな値になることが示され、春の植物プランクトンの大増殖は海氷融解によることを初めて定量的指標をもって明らかにした(論文5,7)。

5. 今後の計画

- (1) SMMR の海氷タイプ識別・薄氷厚アルゴリズムを開発し、AMSR、SSM/I のアルゴリズムと合わせて、半世紀弱に及ぶ全球海氷生産量データセットを作成する。
- (2) 北半球の季節海氷域においても、利用可能な全春季データを用いて、海氷融解量分布の気候値を推定する。オホーツク海と南大洋では直接の海洋観測から海氷融解量検証データを取得する。
- (3) 上記を検証データに用いて、衛星マイクロ波放射計データと熱収支を組み合わせて海氷融解量を推定するアルゴリズムを開発し、半世紀弱に及ぶ全球海氷融解量データセットを作成する。
- (4) 作成した長期の海氷生産量と海氷融解量の全球データセットから、海氷による熱・淡水(塩)輸送の全球的な役割を明らかにし、数十年スケールで生じている中深層水の変化と海氷生産・融解量の関係を明らかにする。
- (5) 集中観測域に設定したオホーツク海南部と南大洋沿岸域において、海氷サンプリングや漂流系の観測を行い、海氷を介する物質循環と生物生産の関係解明をめざす。

6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

- [1] Ito, M., K. I. Ohshima, Y. Fukamachi, G. Mizuta, Y. Kusumoto, T. Kikuchi (2021) Underwater frazil ice and its suspension depth detected from ADCP backscatter data around sea ice edge in the Sea of Okhotsk. *Cold Regions Science and Technology*, 192, 103382. 査読有
- [2] Nakata, K., K. I. Ohshima, S. Nishishi (2021) Mapping of active frazil for Antarctic coastal polynyas, with an estimation of sea-ice production. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL091353. 査読有
- [3] Kashiwase, H., K. I. Ohshima, K. Nakata, T. Tamura (2021) Improved SSM/I thin ice algorithm with ice type discrimination in coastal polynyas. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 38, 823-835. 査読有
- [4] Mensah, V., K. I. Ohshima (2021) Weakened overturning and tide control the properties of Oyashio Intermediate Water, a key water mass in the North Pacific. *Scientific Reports*, 11, 14526. 査読有
- [5] Kishi, S., K. I. Ohshima, J. Nishioka, N. Isshiki, S. Nishishi, S. C. Riser (2021) The prominent spring bloom and its relation to sea ice melt in the Sea of Okhotsk, revealed by profiling floats. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL091394. 査読有
- [6] 田村岳史 2021年度日本気象学会堀内賞「海氷生産量のグローバルマッピングによる地球気候の研究」
- [7] 岸紗智子(研究代表者が指導教員)2021年3月:北海道大学 大学院環境科学院 松野記念修士論文賞「酸素センサー付フロートからわかるオホーツク海の生物生産と海氷・表層水塊の関係」
- [8] 小松瑞紀(研究代表者が指導教員)2022年3月:北海道大学 大学院環境科学院 松野記念修士論文賞「春季データから見積られる、南大洋における海氷融解量の分布とその変動」

7. ホームページ等

本課題のホームページ: <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/wwwod/~ohshima/kaken2020/>
データセット公開サイト: <http://wwwod.lowtem.hokudai.ac.jp/polar-seaflux/>
バイオロギングホームページ: <https://hokkaidocean.sakura.ne.jp/category/衛星追跡/ゴマフ2021/>