



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on formation and variability of Antarctic coastal polynyas taking account of ice type [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	中田, 和輝
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第12489号
Issue Date	2016-12-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/64735
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazuki_Nakata_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 中 田 和 輝

学 位 論 文 題 名

Studies on formation and variability of Antarctic coastal polynyas taking account of ice type
(海氷タイプに着目した南極沿岸ポリニヤの形成・変動機構に関する研究)

沿岸ポリニヤは、沖向きの卓越風により厚氷が沖へ移動することで形成される疎氷域・新生氷域のことである。多海氷生産域である沿岸ポリニヤでは、中深層の水塊のソースとなる高密度水が形成される。特に南大洋で形成される高密度水は南極底層水の起源水であり、それゆえ、南極沿岸ポリニヤは地球規模の熱塩循環及びそれに起因する物質循環に重要な役割を果たしていると考えられている。数kmから百kmほどの空間スケールを持つ南極沿岸ポリニヤは、大気強制力の変動に伴い数日スケールで出現・消失し、そこでの海氷生産量はポリニヤ域の広がり及び薄氷の厚さ(薄氷厚)に大きく依存する。そのため、ポリニヤ域の薄氷厚を精度よく検出すること、その広がりが何によって決定されているのかを調べることは重要である。

近年まで、多くの衛星リモートセンシング研究がマイクロ波放射計データから海氷生産を計算するにあたって必要な薄氷厚を見積もるためのアルゴリズムを開発してきた。それら既存の薄氷厚アルゴリズムでは輝度温度の偏波比(PR)と薄氷厚に負の相関関係があることを利用しており、そのアルゴリズムを基に南大洋全域のポリニヤでの海氷生産量マッピングが行われ、得られたデータを用いることでポリニヤの形成・変動に着目した研究もなされてきた。しかしながら、これらの薄氷厚アルゴリズムではマイクロ波放射特性に影響を与えるはずの「海氷タイプ」が全く考慮されていなく、そのことが薄氷厚アルゴリズムの精度低下の一つの要因になっている。

沿岸ポリニヤ域はグリース/フラジルアイスのストリーク構造が卓越し開水面が混在する海域(active frazil域)と、ニラスのような薄氷が比較的均一に広がる海域(thin solid ice域)の二つの海域(以下、海氷タイプとする)に大別される。両者は異なる熱的特性を持ち、それらの形成・変動過程も異なることが予想される。本研究では、上記二つの海氷タイプを分別できかつそれらを考慮した薄氷厚アルゴリズムを開発し、得られたデータから南極沿岸ポリニヤのマッピング及び形成・変動過程の解明を行うことを目的とする。加えて、本研究では、以上のデータ解析研究から得られた知見を活かし、Matsumura and Ohshima [2015]が開発したフラジルアイス粒子追跡モデルをベースに現実に即したポリニヤ数値モデルを構築し、理想実験を通してポリニヤ形成・変動過程についてより詳細に議論する。

アルゴリズム開発では、active frazilとthin solid iceでPR-氷厚の関係が大きく異なることが示され、両タイプが卓越するポリニヤに対して単一のPR-氷厚関係をもってアルゴリズムに用いるのは適当ではないことが示唆された。また、それら海氷タイプはPRとGR(勾配比)面において分別できるこ

とが示された。これらの結果を基に、PRとGRによる線形判別手法から二つの海氷タイプを分別し、各タイプに対応するPR-氷厚の関係式から氷厚を見積もる、という海氷タイプを考慮した薄氷厚・分類アルゴリズムを作成した。本アルゴリズムを南大洋全域に適用し、海氷タイプ及び薄氷厚の一日ごとのデータを2003年-2010年の冬季(4月-11月)の間で作成した。さらに、得られた氷厚データとERA-Interimの気象データから熱収支計算を行うことで海氷生産量データも作成した。

得られた海氷タイプ及び海氷生産量データを解析した結果、カタバ風が強く吹く東南極では他海域に比べactive frazil域が卓越しやすいことが示された。active frazil域は熱的氷厚が非常に薄いため、そこでの単位面積あたりの海氷生産量はthin solid ice域より格段に大きくなる。そのため、thin solid iceの例を中心にアルゴリズムの開発を行ってきた既存研究からの海氷生産量は過小評価されており、特にactive frazilの出現割合が高いケープダンレーポリニヤでは既存研究より海氷生産量が約1.5倍高くなることが示された。

得られたデータから、ケープダンレーポリニヤをテストサイトとして、ポリニヤの形成・変動過程に関する解析も行った。active frazil域とthin solid ice域の面積の日変動について調べたところ、active frazilはフラジルアイスの輸送過程をパラメタライズした場合のPease [1987]の概念モデルに沿って拡大・縮小することが示された。また風が弱化した場合は、それまで広がっていたactive frazil域がthin solid ice域に遷移することが明瞭に示された。以上により、沖向きの強風が卓越するケープダンレーポリニヤでは、風の強弱で海氷タイプは変わるが常にポリニヤが維持されていることが示唆された。

以上の結果を踏まえ、active frazil域の拡がりを取り扱う数値モデルを構築し、理想実験を行った。既存のポリニヤ数値モデル研究の多くは、active frazil域の拡がりや沖向きの海氷移動量とフラジルアイス生成量との質量バランスによって決まる、という簡略化された概念モデル[Pease, 1987]をベースとしているが、active frazil域の拡がりや重要なフラジルアイスの生成・輸送過程がad-hocにしか取り扱われていないという問題を抱えている。本研究のポリニヤ数値モデルは、Matsumura and Ohshima [2015]のフラジルアイスモデルを導入することによってフラジルアイスの挙動を陽に扱えるようにしたものである。理想実験では、solid iceが沖に移動することで沿岸域に形成されたactive frazil域内では、フラジルアイスが水深80m程まで存在し、概ね風方向にストリーク構造を形成しながら沖に運ばれることが示された。本モデルでは合成開口レーダーの画像から見られるグリーンアيسのストリーク構造を概ね再現することができ、このストリーク構造の形成及びフラジルアイスの沈み込みがactive frazil域での高海氷生産を維持する上で重要な要素の一つであることを示した。本モデルでは、フラジルアイスが生成・輸送されることでactive frazil域がより沖に拡大する過程が表現され、従来モデルでは再現できない30km以上拡がる南極沿岸ポリニヤを再現できることが示された。