

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 22 日現在

機関番号：62611

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26740007

研究課題名(和文)南極沿岸ポリニヤでの海氷生産量の定量的見積もり

研究課題名(英文)Estimation of sea ice production in the Antarctic coastal polynyas

研究代表者

田村 岳史(Tamura, Takeshi)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：40451413

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：現場と衛星データの組み合わせにより高精度化された薄氷厚アルゴリズムを用いて、海氷生産量を定量的に見積もった。まず東南極沿岸ポリニヤでの見積りを行い、この方法を南極海全体に適用し、半球規模での見積りを行った。その後の展開として、全南大洋の海氷生産量、熱塩フラックスデータセットとして整備して、数値モデル等に使用できるようにした。これによって今まで不確かさ・誤差が大きかった海氷域での熱塩フラックス条件が、より確からしい形で気候モデルに対して提供される事になる。さらに、モデルによる気候変動の予測に対しても大きな貢献となると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The sinking of dense water in the polar oceans plays a key role in global thermohaline circulation, leading to heat and material exchange between the atmosphere and deep ocean. This study provides the sea ice production dataset for the Southern Ocean, based on heat flux calculations and satellite-derived sea ice data. Since hemispheric-scale heat and salt fluxes associated with sea ice growth and melt have not been estimated from observations to date, the present dataset will provide new information with which to validate coupled ice-ocean models while providing important boundary conditions for the various models.

研究分野：極域海洋学

キーワード：気候変動 極地 人工衛星 地球観測 海洋物理・陸水学

1. 研究開始当初の背景

海洋の大規模な中深層循環は、表層の重い水が沈み込み、それを補償するように中深層の流れが生じる事によって起こる密度(熱塩)循環である。海洋の最下層(底層)に沈み込む重い水(底層水)が生成されるのが南極海氷域であり、海水生成の際に吐き出される高塩分水が底層水の生成源になっている。この海氷生成が主に起こっているのが沿岸ポリニヤ(風や海流によって生産された海水が次々と沖へ運ばれて維持される薄氷域で、海水生産が極めて高い)である。一方で、極域・海氷域は近年の温暖化に非常に鋭敏な海域であり、海水生産量の変動は重い水の生成量を変え、さらには海洋深層循環まで変えうる潜在力を持っている。重要度は高いながらも、海水生産や底層水生成を捉える現場観測が極めて困難であることから、南極沿岸ポリニヤの形成メカニズムやそこでの海水生産や高密度水形成については、十分に明らかになっていない。

2. 研究の目的

海水生産量の見積もりには、薄氷厚のデータが重要であるが、南極海では沿岸ポリニヤの薄氷厚に関する衛星データの検証は、申請者の研究を除いてあまり行われてこなかった。本研究ではより高解像度の薄氷厚アルゴリズムを作成し、多種類の衛星データ及び現場観測データを用いて比較・検証を行い、海水生産量を定量的に見積もる。底層水生成域において、海水生産の底層水形成に対する貢献の程度は海水生産量にほぼ比例する。本課題による沿岸ポリニヤでの海水生産量の定量的評価は、南極沿岸域における高密度水分布の解明に貢献しうるものである。これは衛星観測から全南極で、高密度水の動態の解明に対してその供給の源からアプローチをするというユニークな試みである。

本課題は、南極沿岸ポリニヤの海水生産量を定量的に見積もるだけに留まらず、南極底層水の形成・変動メカニズムの解明に対して大きな貢献をする可能性をも持っている。

3. 研究の方法

南極沿岸ポリニヤ周辺に存在する定着氷は、薄氷と似たマイクロ波特性を持つ。その為、衛星マイクロ波データを用いた解析の際は、定着氷と薄氷(ポリニヤ)との区別は難しい。沿岸ポリニヤは、東南極沿岸域で顕著に見られるように、定着氷に隣接して形成される場合が多い。さらに、定着氷の張り出しは自身の流出及び蓄積によって変動する為、ポリニヤを正確に検出する為には、定着氷の位置・変動を検出することが不可欠であり、薄氷厚アルゴリズムの高精度化にもこれは欠かせない。近年の研究により、MODIS や合成開口レーダー等の他の衛星データから定着氷の位置や変動が 20 日周期程度でわかるようになった。申請者が東南極メルツポリニ

ヤ(145° E)で行った予備的な研究を他の東南極沿岸ポリニヤにも適用して定着氷を高精度で検出し、海水アルゴリズムの高精度化に繋げる。

我々は予備的な研究として、赤外の AVHRR データを比較・検証データとして使い、マイクロ波の SSM/I データから薄氷厚(0-20cm)を見積もるアルゴリズムを作成しているが、本課題ではこのアルゴリズムの検証を現場観測データと直接的な比較を行って検証し、海水アルゴリズムの高精度化に繋げる。

現場と衛星データの組み合わせにより高精度化された薄氷厚アルゴリズムを用いて、海水生産量を定量的に見積もる。まずケープダンレーを中心とする東南極沿岸ポリニヤでの見積りを行い、この方法を南極海全体に適用し、半球規模での見積りを行う。

4. 研究成果

平成 24 年 9~10 月に行われた豪州主催の国際南極海水観測は、東経 120 度付近のドルトンポリニヤを含む海氷域で行われた集中観測で、得られた現場観測データによって薄氷厚アルゴリズムの高精度化が期待される。この観測で申請者は日本から、人工衛星に積んであるマイクロ波センサーと全く同じセンサーを積んだ携帯型の放射計を持ち込み、これをヘリに搭載して観測を行って、現場検証を行った。本研究課題がターゲットとしているポリニヤ域でのヘリ観測に成功し、世界初となる沿岸ポリニヤでのヘリマイクロ波現場データの取得に成功した。アルゴリズムの高精度化に貢献する知見を明らかにした(Tamura et al., 2015)。

沿岸ポリニヤを正確に検出する為には、定着氷の位置やその変動を検出することが不可欠であり、薄氷厚アルゴリズムの高精度化にもこれは欠かせない。これまでの薄氷厚アルゴリズムは、85GHz 周波帯のマイクロ波データを用いて、定着氷検出アルゴリズムを作成してきたが、上記の現場観測の結果から、36GHz 周波帯のマイクロ波データを用いても、定着氷を検出できる可能性が示唆された。これは定着氷検出アルゴリズムの高精度化につながるものであり、薄氷厚アルゴリズムの高精度化に直結する。この知見も上記の Tamura et al. (2015)の成果の一部である。

現場と衛星データの組み合わせにより高精度化された薄氷厚アルゴリズムを用いて、海水生産量を定量的に見積もった。その後の展開として、全南大洋の海水生産量、熱塩フラックスデータセットとして整備して、数値モデル等に使用できるようにした。これによって今まで不確かさ・誤差が大きかった海氷域での熱塩フラックス条件が、より確からしい形で気候モデルに対して提供される事になる。さらに、モデルによる気候変動の予測に対しても大きな貢献となると考えられる。この海水生産量の定量的に見積りについては、Tamura et al. (2016)の成果の主要部分

となる。

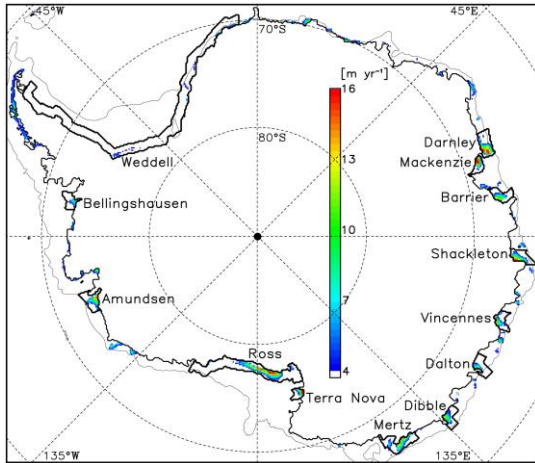


図 1 : 南大洋の海水生産量の分布図

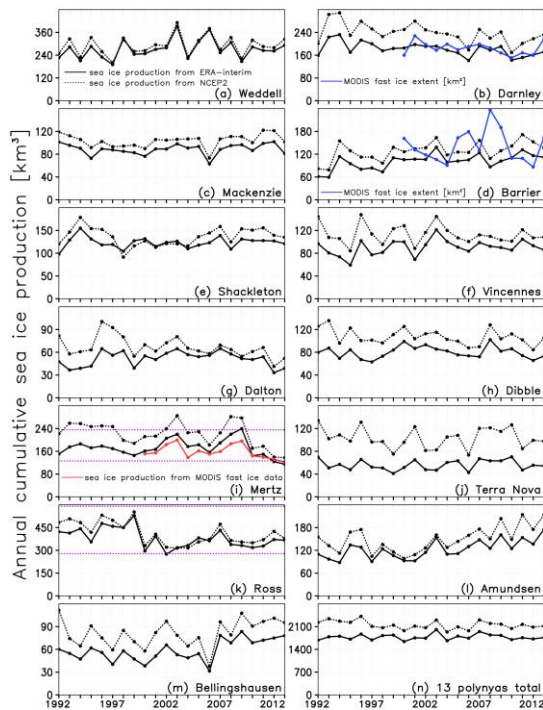


図 2 : 主要南極沿岸ポリニヤでの海水生産量の時系列 (1992~2013 年)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

1. Kusahara, K., H. Hasumi, A. D. Fraser, S. Aoki, K. Shimada, G. D. Williams, R. A. Massom, and T. Tamura (2017): Modeling ocean-cryosphere interactions off Adelie and George V Land, East Antarctica. *Journal of Climate*, 30, 163-188, doi:10.1175/JCLI-D-15-0808.1.
2. Williams, G. D., L. Herraiz-Borreguero, F. Roquet, T. Tamura, K. I. Ohshima, Y.

Fukamachi, A. D. Fraser, L. Gao, H. Chen, C. R. McMahon, R. Harcourt, and M. Hindell (2016): Suppression of Antarctic Bottom Water production by melting ice shelves in Prydz Bay, East Antarctica. *Nature Communications*, 7:12577, doi:10.1038/NCOMMS12577.

3. Tamura, T., K. I. Ohshima, A. D. Fraser, and G. D. Williams (2016): Sea ice production variability in Antarctic coastal polynyas. *Journal of Geophysical Research*, 121(5), 2967-2979, doi:10.1002/2015JC011537.
4. Toyota, T., R. Massom, O. Lecomte, D. Nomura, P. Heil, T. Tamura, and A. D. Fraser (2016): On the extraordinary snow on the sea ice off East Antarctica in late winter, 2012. *Deep-Sea Research Part II*, 131, 53-67, doi:10.1016/j.dsr2.2016.02.003.
5. Sugimoto, F., T. Tamura, H. Shimoda, S. Uto, D. Simizu, K. Tateyama, S. Hoshino, T. Ozeki, Y. Fukamachi, S. Ushio, K. I. Ohshima (2016): Interannual variability of sea-ice thickness in the pack-ice zone off Lutzow-Holm Bay, East Antarctica. *Polar Science*, 10(1), 43-51, doi:10.1016/j.polar.2015.10.003.
6. Nakata, K., K. I. Ohshima, S. Nishashi, N. Kimura, and T. Tamura (2015): Variability and ice production budget in the Ross Ice Shelf Polynya based on a simplified polynya model and satellite observations. *Journal of Geophysical Research*, 120(9), 6234-6252, doi:10.1002/2015JC010894.
7. Tamura, T., K. I. Ohshima, J. L. Lieser, T. Toyota, K. Tateyama, D. Nomura, K. Nakata, A. D. Fraser, P. W. Jansen, K. B. Newbery, R. A. Massom, and S. Ushio (2015): Helicopter-borne observations with portable microwave radiometer in the Southern Ocean and the Sea of Okhotsk. *Annals of Glaciology*, 56(69), 436-444, doi:10.3189/2015AoG69A621.
8. 田村 岳史 (2015): 海氷生産量のグローバルマッピング及び深層水形成域の特定と変動解明, *海の研究*, Vol. 24, No. 3, 109-131.
9. Kitade, Y., K. Shimada, T. Tamura, G. D. Williams, S. Aoki, Y. Fukamachi, F. Roquet, M. Hindell, S. Ushio, and K. I. Ohshima (2014): Antarctic Bottom Water production from the Vincennes Bay Polynya, East Antarctica. *Geophysical Research Letters*, 41(10), 3528-3534, doi:10.1002/2014GL059971.

[学会発表] (計 11 件)

1. Ohshima, K. I., S. Nihashi, K. Iwamoto, N. Tamaru, K. Nakata, and **T. Tamura**: Global mapping of sea ice production from the satellite microwaves, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December 12-16 (13), 2016. (Poster)
2. **田村 岳史**, 溝端 浩平, 渡邊 英嗣, 三瓶 真, 山本 正伸, 野村 大樹, 西岡 純, 渡邊 豊, “海水変動を軸とした両極の環境変動の解明”, 第7回極域科学シンポジウム, 国立極地研究所, 2016年11月29日~12月2日(12月2日)(招待講演)
3. **田村 岳史**, 溝端 浩平, 渡邊 英嗣, 三瓶 真, 山本 正伸, 野村 大樹, 西岡 純, 渡邊 豊, “海水変動を軸とした両極の環境変動の解明”, 日本地球惑星科学連合2016年大会, 幕張メッセ, 2016年5月22日~5月26日(24日)(ポスター)
4. **田村 岳史**, 大島 慶一郎, Alex D. Fraser, Guy D. Williams, “南極沿岸ポリニヤにおける海水生産量の年変動”, 2016年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学, 2016年3月14~18日(16日)
5. Ohshima, K. I., Y. Nakayama, Y. Fukamachi, Y. Matsumura, S. Nihashi, **T. Tamura**, Y. Kitade, D. Hirano, D. Shimizu, and S. Aoki: Formation and Variability of Antarctic Bottom Water off Cape Darnley: the Fourth Antarctic Bottom Water, AGU Ocean Sciences Meeting, New Orleans, USA, February 21-26 (25), 2016.
6. **田村 岳史**, 大島 慶一郎, Alex Fraser, Guy Williams, “南極沿岸ポリニヤにおける海水生産量の変動”, 第6回極域科学シンポジウム, 国立極地研究所, 2015年11月16日~19日(17日)
7. Ohshima, K. I., Y. Fukamachi, G. D. Williams, S. Nihashi, **T. Tamura**, Y. Kitade, D. Hirano, S. Aoki, and M. Wakatsuchi: The fourth Antarctic Bottom Water: Cape Darnley Bottom Water, IUGG 2015, Prague, Czuch, June 22-July 2 (July 1), 2015.
8. **Tamura, T.**, K. I. Ohshima, G. D. Williams, and A. D. Fraser: Sea ice production variability in the Antarctic coastal polynyas, IUGG 2015, Prague, Czuch, June 22-July 2 (June 27), 2015.
9. Fraser, A. D., K. I. Ohshima, S. Nihashi, R. A. Massom, and **T. Tamura**: Landfast sea ice: the missing factor explaining Antarctic coastal polynya sea ice production, IUGG 2015, Prague, Czuch, June 22-July 2 (June 26), 2015.
10. **田村 岳史**, 大島 慶一郎, Alex Fraser, Guy Williams, “南極沿岸ポリニヤにおける海水生産量の変動”, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 幕張メッセ, 2015年

5月24日~5月28日(27日)

11. Ohshima, K. I., Y. Fukamachi, G. D. Williams, S. Nihashi, **T. Tamura**, Y. Kitade, D. Hirano, S. Aoki, and M. Wakatsuchi: Antarctic Bottom Water Production from Intense Sea-Ice Formation in the Cape Darnley Polynya, AOGS 11th Annual Meeting 2014, Sapporo, Japan, July 28-August 1 (August 1), 2014.

[図書] (計1件)

1. 低温環境の科学事典, **田村 岳史** (担当: 分担執筆, 範囲: 沿岸ポリニヤ), 朝倉出版, 2016年.

[その他]

ホームページ等

<http://www.nipr.ac.jp/info/notice/20160513.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村 岳史 (TAMURA, Takeshi)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号: 40451413