

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23340135

研究課題名(和文) ケープダンレー沖は南極底層水の主要な生成域か？

研究課題名(英文) Is the region off Cape Darnley a main source of Antarctic Bottom Water?

研究代表者

深町 康 (FUKAMACHI, Yasushi)

北海道大学・低温科学研究所・准教授

研究者番号：20250508

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円、(間接経費) 4,020,000円

研究成果の概要(和文)：2008-09年に南極海インド洋セクターのケープダンレー沖の斜面域で取得した係留観測による海洋の時系列データを、人工衛星による海水データ、測器を取り付けたアザラシによる海洋データと合わせて、この海域で沿岸ポリニヤでの高い海水生産に起因したローカルな南極底層水の生成が起こっており、ウェッデル海、ロス海、アデリーランド沖に続く、第4の主要な南極底層水の生成域であることを示した。特に、この海域が他の3つの生成域とは異なり、広い大陸棚、棚氷、大きな窪地の全てが存在しないにも関わらず、高い海水生産のみによって主要な生成域となっていることは特筆に値する。

研究成果の概要(英文)：Combining time-series oceanic data obtained by moorings off the Cape Darnley in the Indian Sector of the Southern Ocean during 2008-09 with concurrent sea-ice data obtained by satellite remote sensing and hydrographic data obtained by instrumented seals, we have quantitatively shown that this region is the one of the main sources of Antarctic Bottom Water (AABW) due to intense sea-ice production in a coastal polynya. Namely, this region is the fourth AABW source region after the Weddell and Ross Seas and the region off Adélie Land. Unlike in the other three source regions, this region is the main AABW source solely due to intense sea-ice production without any of large continental shelf, ice shelf, and large depression.

研究分野：海洋物理学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、気象・海洋物理・陸水学

キーワード：南極海 南極底層水 海水

1. 研究開始当初の背景

過去の船舶観測データによる海水特性の解析や衛星データによる海水生産量のマッピングから、南極海インド洋セクターのケープダンレー沖は南極底層水の生成域である可能性が示唆されていたため、そのことを確かめるためにこの海域における係留観測に着手し、更なる計画を立案していた。

(1) 斜面域で2008-09年に取得された係留観測データについて

2008-09年に斜面域の底層で取得された係留観測データについては、その初期的な解析が行われており、海底峡谷沿いに設置した係留点においては低温の南極底層水の顕著な流出が見られ、この海域で南極底層水が生成されていることが確認されていた。しかしながら、その量的な見積りについては行われておらず、他の生成域と較べての重要性については分かっていなかった。

(2) 陸棚域で2010-11年に取得された係留観測データについて

研究開始直前の2011年2月には前年に陸棚域のケープダンレーポリニヤ内に設置した超音波氷厚計を含む係留系が無事に回収されていて、南極沿岸のポリニヤでは初めて海水厚のデータが取得されていた。

(3) 斜面域および陸棚域における更なる係留観測計画について

研究開始前までに実施した係留観測データのみからでは、斜面域における南極底層水の変質・拡大過程とポリニヤ内での海水厚の分布が十分に把握出来ないため、日本南極地域観測隊によって前者をターゲットにした観測を2011-13年に、後者をターゲットにした観測を2012-13年に実施し、それまでには取得されていなかったポリニヤ内での海水生産とその下流の南極底層水の流出域での海洋のデータを同時に取得することを計画していた。

2. 研究の目的

(1) 斜面域で2008-09年に取得された係留観測データについて

この係留観測データを衛星観測に基づく海水生産量のデータとアザラシに取り付けた水温・塩分・深度計のデータと合わせることで、この海域で生成される南極底層水を量的に見積り、他の生成域と較べて、その重要性を明らかにする。

(2) 陸棚域で2010-11年に取得された係留観測データについて

ポリニヤ内での海水厚の実態を明らかにするとともに、衛星観測に基づく薄氷厚との比較を行い、衛星データからの薄氷厚推定アルゴリズムの改良に繋げる。

(3) 斜面域および陸棚域における更なる係留観測計画について

更なる係留観測を実施することによって、斜面域における南極底層水の変質・拡大過程および陸棚域のポリニヤ内における海水厚

の実態を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 斜面域で2008-09年に取得された係留観測データについて

4つの係留観測点(図1の赤丸)の中で、最も顕著に南極底層水の流出が見られたWild Canyonと呼ばれる海底峡谷内の係留点M3のデータを用いて、その流量の見積りを行った。また、衛星観測データから求まる海水生産量からも、この海域で生成される最大の南極底層水の流量の見積りを行った。

(2) 陸棚域で2010-11年に取得された係留観測データについて

係留された超音波氷厚計の生データを、同時に得られた超音波ドップラプロファイラーや水温・塩分計のデータと合わせて処理を行い、海水厚のデータを算出し、衛星搭載のマイクロ波放射計データから求まる薄氷厚のデータと比較した。

(3) 斜面域および陸棚域における更なる係留観測計画について

日本南極地域観測隊の「しらせ」によって2011年2月に斜面域に設置していた係留系(図1の水色点)を、「しらせ」によって2013年2月に回収し、斜面域における南極底層水の変質・拡大過程を捉える。また、「しらせ」によって2012年2月に陸棚域のポリニヤ内に超音波氷厚計を含む係留系を2系(図1のC1-2)、ポリニヤ内の窪地からの流出経路に係留系を1系(図1のC3)設置して1年後に回収し、ポリニヤ内の海水厚の実態と海水生産に伴って生成される高密度陸棚水の変動を捉える。

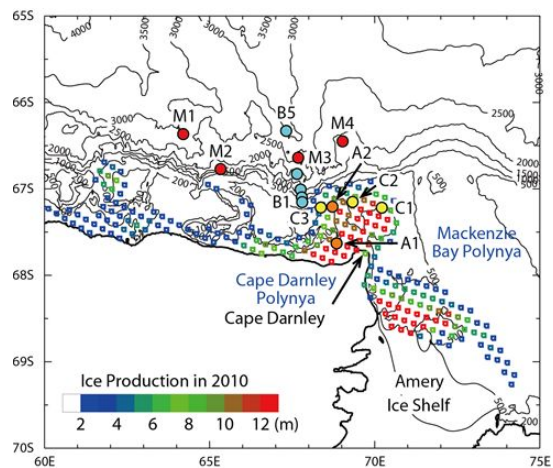


図1: 観測海域の海底地形図。2008-09年の斜面域の係留観測点(M1-4)を赤丸で、2010-11年の陸棚域の係留観測点(A1-2)を橙丸で示す。2011年の斜面域の係留系設置点(B1-5)を水色丸で、2013年の陸棚域の係留系設置点(C1-3)を黄丸で示す。左下のカラーバーにある色で示されているのは2010年の年間積算海水生産量である。

4. 研究成果

(1) 斜面域で2008-09年に取得された係留観測データについて

Wild Canyon に設置されていた係留系 M3 のデータと衛星観測データに基づく海水生産量からこの海域で沈み込む高密度陸棚水の量的見積りを行ったところ、南極海全体の6-13% となった。更に、沖側の周極深層水起源の水塊と混合して生成される南極底層水 (Cape Darnley Bottom Water と名付けた) の量は南極海の大西洋セクターで生成される南極底層水の全量の13-30% に相当することを明らかにした (Ohshima, Fukamachi, Williams et al., 2013)。ここで見積もられた量は、この海域で生成される南極底層水が未知のものであったことを考慮すると、注目に値するものと言え、その重要性を示している。なお、この海域の実態解明のために、観測研究と並行して現実的な数値海洋モデルを用いた研究も実施したが、このモデルをポリニヤ内部での海水生産に起因する塩分フラックスで駆動した場合には係留観測データに見られたと同様の南極底層水の流出が見られ、その最も顕著な流出経路は係留系 M3 が設置されていた Wild Canyon であった (Nakayama et al., submitted to Journal of Physical Oceanography)。これらの観測およびモデリング研究の結果をまとめると、図2に模式的に示したように、この海域における南極底層水の生成はケーブダンレーポリニヤにおける活発な海水生産 (南極沿岸のポリニヤで2番目に多い) に起因しており、その流出は Wild Canyon などの海底峡谷を通してなされていると考えられる。

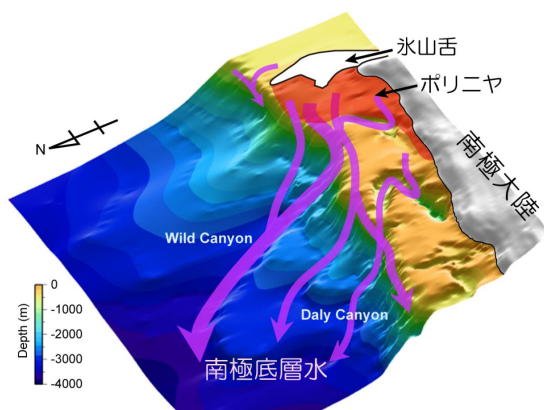


図2: Cape Darnley Bottom Water の生成とその流出過程の模式図。

ケーブダンレーポリニヤの周辺海域には、他の南極底層水生成域に存在し、生成のために必要と考えられていた広い大陸棚、棚氷、大きな窪地のいずれもが存在しないという特徴がある。すなわち、この海域での南極底層水の生成はポリニヤにおける活発な海水生産のみによるということである。このことは東南極の沿岸に多く存在する中規模のポ

リニヤにおいても南極底層水がある程度生成している可能性を示唆している。実際に、東経110度付近に存在する中規模のポリニヤであるピンセンネスポリニヤにおける海水生産に起因して南極底層水の上層を占めるような水塊が生成されていることが、本研究期間中の係留観測から明らかになっている (Kitade et al., in press)。

(2) 陸棚域で2010-11年に取得された係留観測データについて

超音波氷厚計から得られる海水の draft (喫水下の部分) と衛星搭載のマイクロ波放射計データ (SSM/I) から推定される海水厚のデータと比較したところ (図3)、両者のデータは概ね一致していることから、超音波氷厚計による現場データによる検証が、衛星データによる薄氷厚の推定アルゴリズムの更なる精度の向上に繋がることを示唆された。

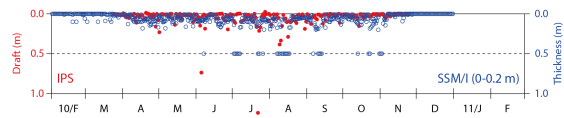


図3: 係留点 A1 における超音波氷厚計 (IPS) データから求めた海水の draft (赤丸) と衛星搭載マイクロ波放射計 (SSM/I) のデータから推定された海水厚 (青丸) の時系列。どちらも日平均値を示す。衛星データによる海水厚の推定は 0-0.2 m の薄氷のみについて可能なので、それ以上の海水厚が推定された場合は 0.5 m にデータをプロットしている。

(3) 斜面域および陸棚域における更なる係留観測計画について

2011年2月に斜面域に設置していた係留系については、2013年2月に回収を試みたが、水中切離装置からの応答が無く、回収することが出来なかった。また、2014年2月には再度回収作業を試みる予定であったが、「しらせ」の座礁トラブルにより実施することが出来なかった。また、当初2012年2月に設置予定であった陸棚域の係留系については、「しらせ」のシフトタイムの不足のためにその航海では設置することが出来ず、翌年2月の設置となった。更に2014年2月の回収については、例年になく厳しい海水状態のために、C2とC3の2系のみしか作業を実施することが出来なかった。このような状況のため、本研究で実施した係留観測については、現時点では十分なデータが得られていない。なお、現在までに回収に至っていない6系 (斜面域5系と陸棚域1系) の係留系については、今後も「しらせ」やオーストラリア南極観測隊の「オーロラ・オーストラリス」によって回収作業を実施する予定である。

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3件)

Kitade, Y., K. Shimada, T. Tamura, G. D. Williams, S. Aoki, Y. Fukamachi, F. Roquet, M. Hindell, S. Ushio, and K. I. Ohshima (in press): Antarctic Bottom Water production from the Vincennes Bay Polynya, East Antarctica, Geophysical Research Letters, 査読有.

Ohshima, K. I.*, Y. Fukamachi*, G. D. Williams*, S. Nishishi, F. Roquet, Y. Kitade, T. Tamura, D. Hirano, L. Herraiz-Borreguero, I. Field, M. Hindell, S. Aoki, and M. Wakatsuchi (2013): Antarctic Bottom Water production by intense sea-ice formation in the Cape Darnley polynya, Nature Geoscience, 6, 235-240, doi:10.1038/ngeo1738, 査読有.

[*These authors contributed equally to this work. Highlight article in March issue.]

Nakayama, Y., K. I. Ohshima, and Y. Fukamachi (2012): Enhancement of sea-ice drift due to the dynamical interaction between sea ice and a coastal ocean, Journal of Physical Oceanography, 42, 179-192, 査読有.
<http://dx.doi.org/10.1175/JPO-D-11-018.1>

[学会発表](計18件)

松村 義正: 結氷過程の数値モデリング II, 日本海洋学会春季大会, 2014年3月27日, 東京海洋大学品川キャンパス, 東京都港区.

Y. Matsumura: Modeling frazil crystals and their impacts on ocean mixed layer, IGS International Symposium on Sea Ice in a Changing Environment, March 11 2014, C3 Convention Centre, Australia.

松村 義正: 結氷過程の数値モデリング, 日本海洋学会秋季大会, 2013年9月19日, 北海道大学学術交流会館, 札幌市.

大島 慶一郎: 第4の南極底層水: Cape Danley Bottom Water, 日本海洋学会秋季大会, 2013年9月19日, 北海道大学学術交流会館, 札幌市.

北出 裕二郎: ピンセネス湾沖で係留観測によって捉えた南極底層水の特徴, 第3回極域科学シンポジウム, 2012年11月29日, 国立極地研究所, 立川市.

大島 慶一郎: New findings of Antarctic Bottom Water: Ongoing

warming/freshening and a discovered AABW source, 第3回極域科学シンポジウム(招待講演), 2012年11月27日, 国立極地研究所, 立川市.

北出 裕二郎: ピンセネス湾沖で係留観測によって捉えた南極底層水の特徴, 日本海洋学会秋季大会, 2012年9月15日, 東海大学, 静岡市.

深町 康: ケープダンレープロジェクト - 第4の南極底層水起源域の同定 -, 日本海洋学会春季大会, 2012年3月26日, 筑波大学第2エリア, つくば市.

深町 康: 南極海ケープダンレーポリニヤにおける海氷・海洋の係留観測, 第2回極域科学シンポジウム, 2011年11月17日, 統計数理研究所, 立川市.

Y. Fukamachi: Mooring measurement of Antarctic Bottom Water export from the Cape Darnley Polynya and sea-ice thickness within this polynya, WCRP Open Science Conference, October 27 2011, Sheraton Denver Downtown Hotel, USA.

深町 康: 南極海ケープダンレーポリニヤにおける海氷・海洋の係留観測, 日本海洋学会秋季大会, 2011年9月27日, 九州大学筑紫キャンパス, 春日市.

Ohshima, K. I.: Formation of Antarctic Bottom Water off Cape Darnley with huge sea ice production, IUGG 2011, July 2 2011, Melbourne Convention & Exhibition Centre, Australia.

[その他]

ホームページ等

外部資金: http://www.woa.ees.hokudai.ac.jp/~yasuf/ext_fund.html

6. 研究組織

(1)研究代表者

深町 康 (FUKAMACHI, Yasushi)

北海道大学・低温科学研究所・准教授

研究者番号: 20250508

(2)研究分担者

青木 茂 (AOKI, Shigeru)

北海道大学・低温科学研究所・准教授

研究者番号: 80281583

松村 義正 (MATSUMURA, Yoshimasa)

北海道大学・低温科学研究所・助教

研究者番号: 70631399

(3)連携研究者

清水 大輔 (SHIMIZU, Daisuke)

情報・システム研究機構・国立極地研究所・特任技術専門員

研究者番号: 80455500