

「係留系による、未知の南極底層水と海氷生産量・厚さの直接観測」

Direct observations of unknown Antarctic Bottom Water and sea ice production /thickness by mooring system

(研究代表者：大島慶一郎)

南極地域観測第 VIII 期計画 一般研究観測プロジェクト申請書から抜粋

1期. ケープダンレー沖でのポリニヤ形成・海氷生産・南極底層水生成過程の集中観測 —南極で海氷生産量 NO.2 の沿岸ポリニヤを昭和基地東方に発見、第4の底層水生成域か？— (H22-H24)

研究の目的：

海洋の大規模な中深層循環は重い水が沈み込み、それが徐々に湧き上がってくるという密度（熱塩）循環である。重い水が生成されるのが極域・海氷域の海であり、海氷生成の際に掃き出される高塩分水（ブライン）が重い水の生成源になっている。南極海は世界で最も重い水が作られる海域であり、ここで沈み込んだ南極底層水は世界中の深・底層に拡がっていき、約 2000 年くらいかけてゆっくり湧き上がってくる。海氷生成の変動などにより重い水の生成量が変われば海洋中深層循環まで変わることになる。海底コアや氷床コア解析による古気候・古海洋研究の知見から類推すると、中深層循環の変動は地球の気候や生態系にも大きな変化をもたらすことになる。

南極底層水の起源となる高密度水を作っているのが南極沿岸ポリニヤである。沿岸ポリニヤとは、風や海流によってそこで生産された海氷が次々と沖へ運ばれ続けることにより維持される薄氷域（氷厚く 20cm）をいう。この海域では、非常に大きな熱が海洋から大気に奪われ、海氷が活発に生産されている。沿岸ポリニヤ域での海氷生産量・高密度水生成量とその変動を知ることは、海洋中深層循環における沈み込み域の実態やその変動を知る上で不可欠の情報であるが、冬季のポリニヤでの現場観測は非常に難しく、十分な研究は行われていない。南極海のどこでどのくらい海氷・高密度水が生成されているのかは全くわかっていなかった。

海氷生産量を求める一つの方法としては、衛星による海氷情報と熱収支計算から間接的に求める方法 (Martin et al., 1998, 2004; Ohshima et al., 2003) がある (海洋下層からの熱を無視し、奪われる熱量が海氷生産量となると仮定している)。我々の予備的研究では、マイクロ波放射計 SSM/I による薄氷アルゴリズムと客観解析気象データから、南極海において初めて海氷生産量のマッピングを試みた (Tamura et al., 2008; Ohshima et al., 2005)。これらの研究 (図 1 参照) から、ロス海沿岸では南極海で最も高い海氷生産が示され、これはロス海で高塩の南極底層水が生成されている事実に対応している。注目される点は、昭和基地の東方 1200km に位置する海域 (69° E: ケープダンレー沖) が、ロス海に次いで二番目に高い海氷生産域であることがわかったことである。この海域は、南極底層水の生成海域としては注目されていなかったが、過去の海洋観測を改めて調べると、この海域周辺で確かに高密度水が沈み込んでいることは示唆される。

本研究観測の第一の目的は、ケープダンレーポリニヤにおいて、係留系観測を中心とする集中観測により、ここではどのような密度の高密度水がどの程度生成され、南極底層水にどう寄与しているかを

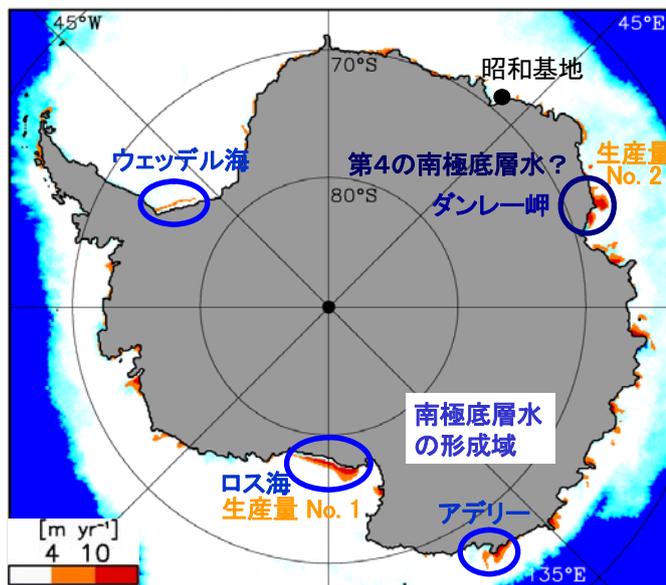


図 1：南極海における年積算の海氷生産量のマッピング結果を厚さに換算したもの (Tamura et al., 2008 より)。

明らかにすることである。もし、ここが南極底層水形成域であることがわかれば、現在の深層循環像を書き替えることになる。

我々の海氷生産量の予備的研究(図1)では、相対的にどこの海域で海氷生産量が高いかはよく示されているが、衛星データに対する現場での比較・検証データを伴っていないので、その値自体には大きな不確かさがある。図1からわかるように、ケープダンレーポリニヤは最も広がり大きい(100km×100km)薄(新生)氷域であり、分解が粗い(12-25km)のマイクロ波放射計データの比較・検証を行う海域としてもベストの海域である。本研究観測の第二の目的は、本ポリニヤでの係留系観測により取得する高精度の海水連続データを比較・検証に用いて衛星データによる海水厚アルゴリズムを開発し、予備的であった(図1)海氷生産量マッピングを完成させることである。

なぜ、ケープダンレー沖では大きなポリニヤが形成され、高い海氷生産が行われるのであろうか？本研究観測の第三の目的は、このポリニヤの形成機構・高海氷生産機構を明らかにすることである。我々の仮説では、上流にある座礁冰山群(図2の赤線)が東から流されてくる海水だけをせき止めるフィルター効果がポリニヤ形成に重要と考えている。現場観測と衛星観測と組み合わせて解析することで、ポリニヤの形成機構を明らかにする。同様なポリニヤ形成機構は他の南極沿岸域でも起こっている可能性があり、本ポリニヤは南極沿岸ポリニヤ過程を詳細に調べる絶好のテストサイトにもなっている。

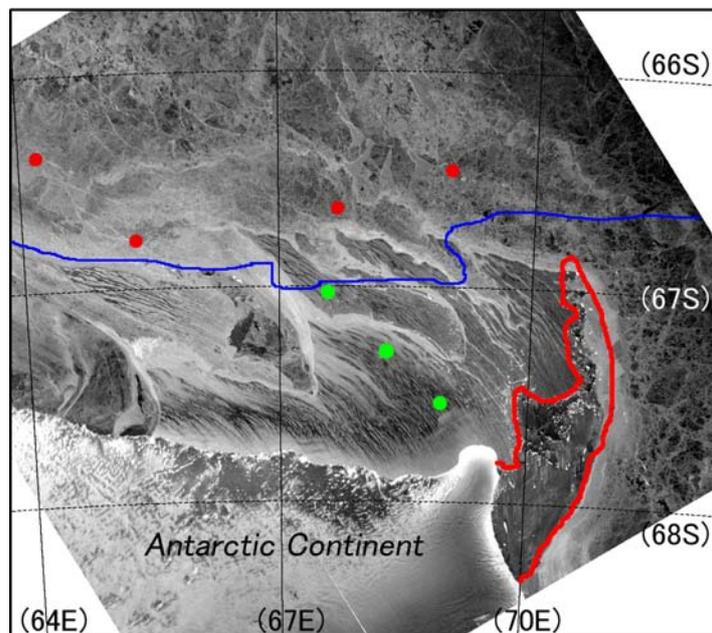


図2：ALOSのPALSAR(合成開口レーダー)から見た、ケープダンレーポリニヤ(2007年7月31日)。座礁冰山群(赤線)の西(下流域)に新生氷が筋上(白)に流されているのがわかる。赤丸が係留設置点。緑丸が今後IPS/ADCPの係留系を設置すべき点。青線は1000m等深線。

2期. 氷厚計の係留による長期連続氷厚モニタリング

—北極海の海水の厚さは確実に減っている。では、南極海ではどうなのか？—

(H25-H27：提案中)

背景・目的・特色

地球の気候変動を理解・予測するうえで、海水をモニターすることは不可欠なコンポーネントである。人工衛星により全球の海水分布がモニターできるようになってから30年程経つが、北極海では夏の海水面積が急速に減少している（10年で8-9%の減少：Comiso, 2006）。北極海では海水の厚さもこの30-40年で30-40%減少しており（潜水艦のソナー観測：Rothrock et al., 1999）、地球温暖化が最も深刻に現れる海域・事象と言える。それでは南極はどうなのか？ 衛星観測の限りでは、南極全域での海水面積には有意なトレンドは見られていない。それでは海水の厚さはどうなのか？

そもそも、南極では海水の厚さがどれくらいなのか、ということ自体、定量的にはわかっていないのが現状である。従って、厚さがどう経年変動しているかに至っては全くわかっていない。特に海水の体積を見積もるには、氷盤の厚さだけではなく、rafting/ridgingなどの海水の凹凸状況も知る必要がある。現在、人工衛星による高度計を用いて海水厚をモニターすることが考えられているが（Laxon et al., 2003）、現場観測のツールが不十分なので、十分な精度を得るまでにはまだまだ状況である。

海水の厚さを長期連続して最も精度よく測定できるのは、係留系によるIce Profiling Sonar（IPS）を用いた観測である。衛星高度計による氷厚測定も、このようなデータとのツールが不可欠である。また、同時にADCPによる海水の漂流速度も同時に取得すると、両方のデータを組み合わせ、連続的な海水の形状データを得ることもでき、海水の凹凸状況も詳細に知ることができる。

南極域の海水は国際的な観測体制で監視する必要がある。南極インド洋セクターはデータ空白域であり、日本が責任海域として観測体制を整えるべき海域である。また、IPSとADCPの組み合わせで得られる「連続的な海水の形状データ」というような高精度な海水データは、まだ南極では報告されていない。

提案する観測：

昭和基地西方のグネルスバンク上（図3参照）で、係留系によるIPS・ADCPの観測を行なう。データがほとんどないインド洋セクターでの海水の長期連続観測になり、また人工衛星のツールズデータを提供することにもなる。係留点はある程度水深が浅いところで、かつ夏季に海水がない海域である必要がある。その両方を満たすグネルスバンク上を係留点とする。

上記の係留観測と並行して、しらせ航路上においては、電磁誘導型氷厚計（EM）・マイクロ波放射計による海水連続モニター観測を行なう。さらに、ヘリ搭載仕様のマイクロ波放射計によって、ある程度の広がりをもって海水の厚さ分布を観測する。夏のみであるがある程度広範囲にわたる観測と、1-3点であるが長期連続してデータが得られる係留観測を組み合わせることで、海水厚の時間空間変動をモニターすることができる。

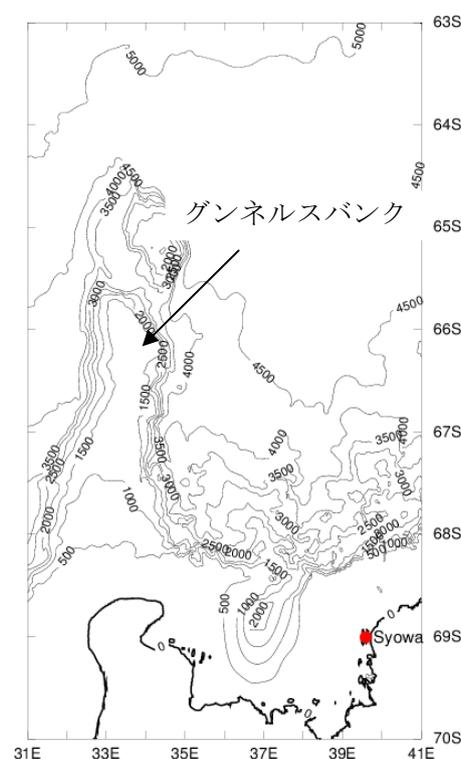


図3：昭和基地周辺の海底地形図