

海洋深層大循環に激変の兆しを検出 ～低密度化により南極大陸縁辺の沈めぬ冷水が大量に中深層へ～

資料6
南極地域観測統合推進本部
第50回観測・設営計画委員会
R4.10.12

- 海鷹丸によってオーストラリア南方の南極海で2010年度以降の連続的な観測に成功。
- 長期的な低塩、低密度化により、南極底層水のもととなる冷却された海水が海底まで沈めず、中深層に広がりつつある。

南極底層水は、南極大陸の沿岸で沈み込む大洋で最も重い水です。全球を巡る深層大循環は、この南極底層水の沈み込みが起点になっており、地球規模の熱や物質の輸送に大きな影響を与えています。近年、南極底層水の低塩分化、低密度化により、深層大循環が担っている地球規模の熱や物質の輸送が、弱まっていることが危惧されていました。

研究グループは、東京海洋大学の海鷹丸により2010年以降の夏に東経110度の近傍で極めて高い精度で繰り返し観測を実施してきました。

今回、この観測結果の解析から、底層の高温化、低酸素濃度化が確実であることが示されただけでなく、低温・高酸素濃度な南極底層水のもととなる海水の沈み込みが弱くなり、底層ではなく1000mから4000mの中深層に広がることがわかりました。更に、中深層の低温、高酸素濃度化の傾向が南極海からオーストラリア南方の海域まで広がっていることが示され、底層に広がる高温・低酸素濃度化と、中深層に広がる低温・高酸素濃度化は、長期的な低塩分化によって南極底層水のもととなる海水が低密度化し、底層にまで達することができなくなった影響が南極海を超えて広がりつつあることを示しています。

今回の結果は、従来から危惧されていた深層大循環の変化は、弱体化だけに留まらず経路にも及んでいることを示しています。今後もこの変化傾向が継続するか、引き続き注視していく必要があります。

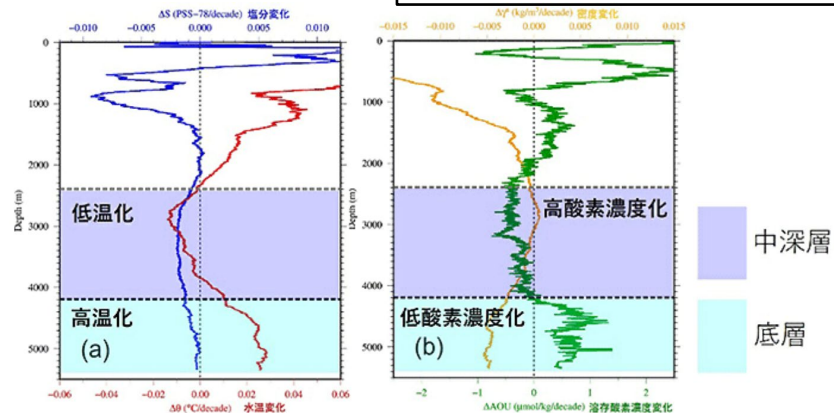


図1：底層に広がる高温化・低酸素濃度化傾向と、中深層に広がる低温化・高酸素濃度化傾向。南オーストラリア海盆における(a)水温(赤)、塩分(青)、(b) AOU(緑)、密度(オレンジ)の10年あたりの変化。縦軸は深度。深底層で高温化、AOUの増加(低酸素濃度化)の傾向が強く、中深層で低温化、AOUの低下(高酸素濃度化)傾向が強い。

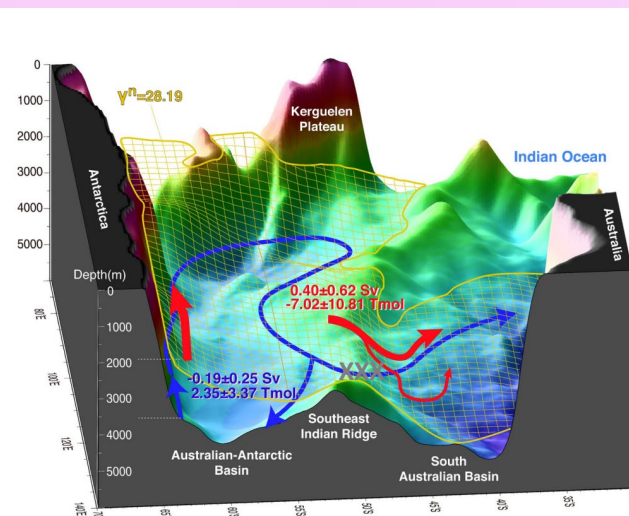


図2：弱まる南極底層水の沈み込みと広がり強まる中深層への沈み込みと広がり。黄色の面は1028.19 kg/m³の等密度面。南極大陸に隣接するオーストラリア-南極海盆から南オーストラリア海盆に抜ける底層の流れは、南極底層水の沈み込みの弱まりに伴って弱まっている(灰色×印)。黄色の面以浅の中深層では、南極底層水のもととなる海水の沈み込みの増加に伴って、海盆間の流れは強まっている(赤矢印)。

南極海の表層にたまった熱が氷河を底から融かす ～海氷の生成を遅らせて深層大循環に影響する可能性も～

- 南極アメリー棚氷付近からケープダンレー沖にかけての南極海沿岸で海洋時系列観測に成功。
- 海氷の少ない2016/17年夏に海面水温が非常に高く棚氷融解水が多い現象を観測。
- 海洋表層の熱が棚氷を底面から融かすプロセスが近未来の海氷減少で重要になる可能性。

アメリー棚氷からケープダンレーにかけての沿岸域一帯は、棚氷の融解と高密度水の形成が連動し、地球規模に影響を及ぼしうる場所の一つです。

研究グループは、アメリー棚氷とケープダンレーポリニヤ付近の南極海沿岸において、海氷の少なかった2016/17年の夏季は海面水温が例年より0.5～1℃も高く、ポリニヤ域表層海水中の棚氷融解成分が約30%高かったことを観測しました。融解成分の高い状態は冬まで継続しました。

人工衛星データや数値実験結果の解析から、夏季に海氷が少ないときには海面付近に通常より多く熱がたまり、風により表層の暖水が棚氷の下に押し込まれ、棚氷を底面から融解させるメカニズムが働くことを見出しました。その後、アメリー棚氷方面から低塩分の暖水が流れてくることでポリニヤでの秋季の海氷形成が遅れ、深層大循環に関わる高密度水の形成が遅れることもわかりました(図1)。これまで棚氷の融解には水深数百メートルにある暖水が主要な役割を果たしていると考えられてきましたが、今回の研究は高温になった夏季表層水の沈み込みも大きく寄与することを示しています。

今後、海氷減少に伴って海洋表面の貯熱量も加速的に増大し、海洋表層の熱が棚氷を底面から融かすプロセスが近未来の海氷減少で重要になる可能性を示しています。

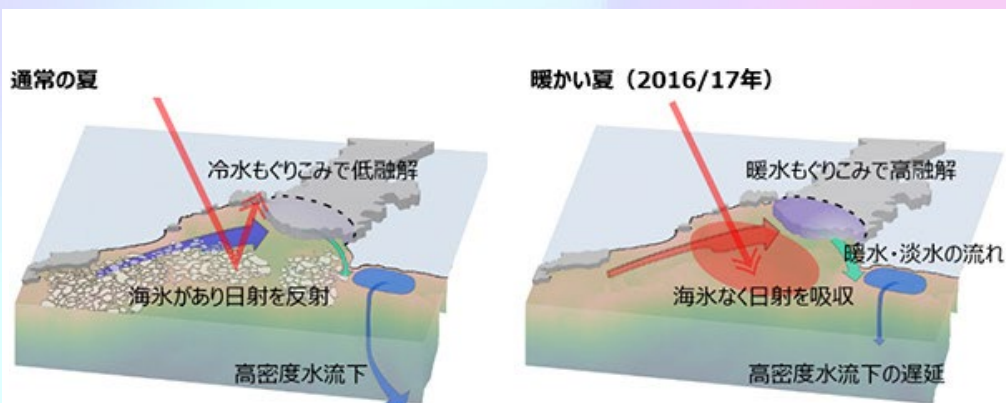


図1：南極棚氷近傍での通常の夏と暑い夏での海洋状況の違い

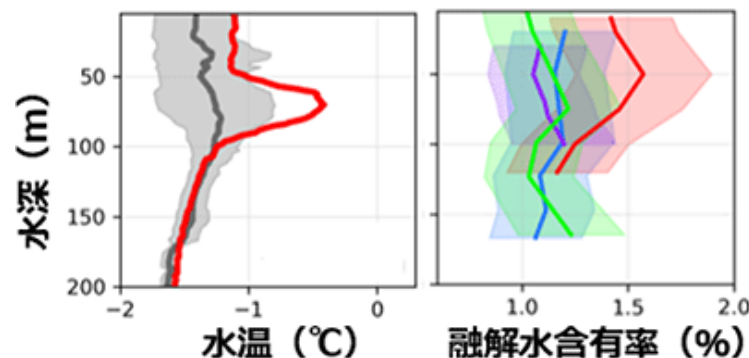


図2：ケープダンレー沖での海洋観測による水温(左)と酸素同位体比からもとの融解成分(右)の鉛直プロファイル。水温の灰実線は観測した5年間分(2010・11・17・18・20年)の観測の平均値、赤実線は2017年の値を示す。融解成分は赤実線が2017年、それ以外のカラーはそれ以外の年の評価をそれぞれ示す。

南極昭和基地大型大気レーダー観測で豪州の低気圧予報が改善 ～環境負荷を低減した持続可能な天気予報の精度向上の可能性～

- PANSYレーダーの観測データがオーストラリア南方の低気圧の予報に与える影響を解析。
- PANSYレーダーのデータを天気予報に利用することで、オーストラリア西部の天気予報の予報精度が改善。
- 観測データを現業の天気予報に組み込むことができるようになれば、さらに天気予報の予報精度が向上する可能性。

近年、世界中で干ばつや熱波などの極端現象による被害が頻繁に報告されるようになりました。南半球のオーストラリア（以下、豪州）では、猛烈な熱波や時にはそれによる山火事などの大きな被害がでており、被害を軽減するために熱波を引き起こす**大気循環場の正確な予報が重要**となります。

本研究チームによるこれまでの成果で、南極圏で実施した特別観測でのラジオゾンデによる高層気象観測によって豪州に接近する低気圧進路の予報精度が向上することを明らかにしていますが、**継続的に高頻度で観測データを取得することが課題**となっていました。

研究チームは、**南極昭和基地大型大気レーダー（PANSYレーダー）による上空の水平風速データ**が、2017年12月に豪州西部に高温をもたらした**低気圧の進路予報にどのように影響するの**かを調べました。その結果、**PANSYレーダー観測データを予報計算に取り込むことで、低気圧の中心の位置や気圧予報の精度が向上**することを明らかにしました。

PANSYによる観測データを現業の天気予報に組み込むことができるようになれば、**さらに天気予報の予報精度を向上させる**ことが期待できます。

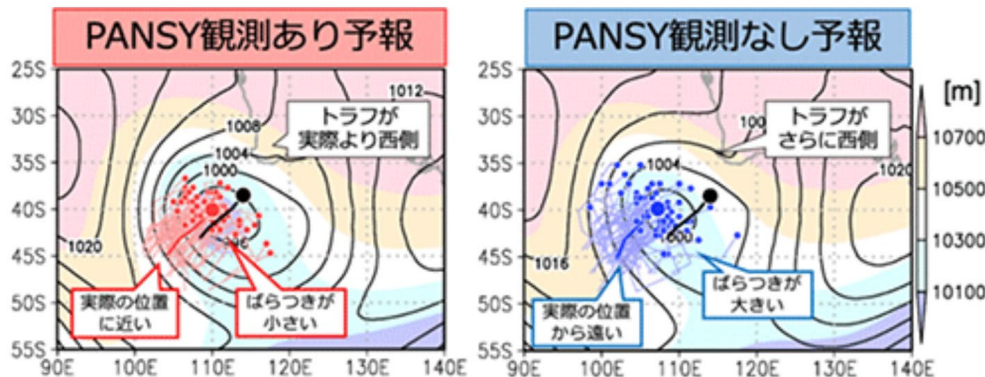


図1：PANSY観測あり予報（左）とPANSY観測なし予報（右）それぞれの上空250hPaの高度場（色）と地表面気圧（線）。黒線と黒点は実際の低気圧の経路と2017年12月17日の実施の中心位置。赤と青の細い線は複数回実施した予報（アンサンブル予報）で得られた低気圧の経路。赤と青線は、アンサンブル予報の平均した経路。小さい赤と青点はアンサンブル予報で得られた低気圧の中心位置、大きい赤と青点はアンサンブル予報を平均した中心位置。PANSY観測あり予報では、PANSY観測なしに比べて黒線に近いメンバーが多く、ばらつきが小さい。

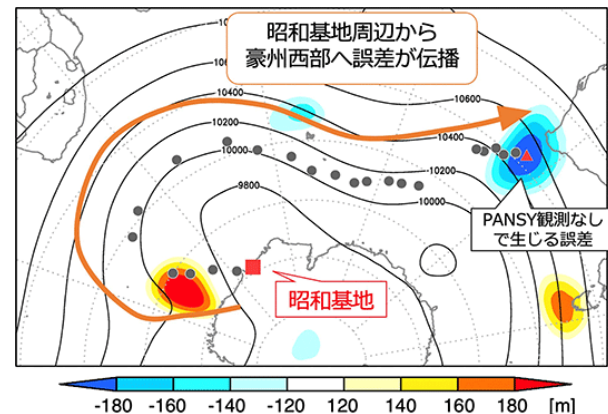


図2：「PANSY観測あり」と「PANSY観測なし」予報での高度250hPa面の高度場に対する予報誤差の差（色）。予報初期時刻に昭和基地周辺にあった観測の有無が原因となる予報誤差が、予報時間中に増幅しながらトラフとともに東進し（黒点）、2017年12月17日に豪州西部に到達（赤三角）して低気圧の予報に影響していた。

◆ プレスリリース [2022年5月～2022年9月]

- 海洋深層大循環に激変の兆しを検出～低密度化により南極大陸縁辺の沈めぬ冷水が大量に中深層へ～
[2022年5月24日]
『海洋深層大循環に変化の兆し 海洋大などの研究チーム』（日刊水産経済新聞 2022/05/26）
『海洋大循環に変化の兆し 東京海洋大学など南極海で調査』（日本経済新聞電子版 2022/09/21）
- 静かなオーロラが地球大気を深くまで電離させる ―最先端の観測とシミュレーションで見た宇宙と大気をつながり―
[2022年6月10日]
『南極支局 高エネ電子 大気深くまで到達』（岩手日報 2022/06/28）
『オーロラ爆発前でも大気電離』（日経産業新聞 2022/07/08）
- 南極海の表層にたまった熱が氷河を底から融かす ～海水の生成を遅らせて深層大循環に影響する可能性も～
[2022年7月6日]
- 南極昭和基地大型大気レーダー観測で豪州の低気圧予報が改善
～環境負荷を低減した持続可能な天気予報の精度向上の可能性～
[2022年8月23日]
『南極レーダー、天気予報に 北見工大など、精度向上へ活用』（日本経済新聞 2022/09/18）

◆ プレスリリース以外の注目記事

- 海氷面積
『海氷面積 観測史上最小に』（日刊工業新聞 2022/05/19）
『南極の海氷、観測史上最小に』（日経産業新聞 2022/05/25）