【基盤研究（S）】

次世代南大洋海洋観測に対するパラメタリゼーション技術の開発と展開

研究代表者	北海道大学・地球環境科学研究院・准教授 渡辺　豊（わたなべ　ゆたか）　研究者番号:90333640
研究課題情報	課題番号：22H05003　研究期間：2022年度～2026年度 キーワード：南大洋、パラメタリゼーション、氷床融解、物質循環

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

【背景】 全海水の40%も占める南極深層水は熱と物質の巨大な貯留槽であり、地球全体の気候や海洋生態系の変動を大きく支配している。このため、南大洋におけるこの生物生産の変動の見積りは地球の気候変動を理解するうえで重要な研究課題の一つである。しかし、南大洋での厳しい気象・海象条件による観測データの時空間的な乏しさが、同海域の生態系・物質循環の研究に大きな不確かさをもたらしている。衛星観測や自動海洋観測ロボット（中層フロート）の発展してきている近年においても、南大洋では、取得されるデータの種類や取得に関する技術的制限のため、上記研究を進める上での時空間的方向にシームレスな観測データセットは構築されていない。

現在、地球温暖化により、海水密度の減少や氷床融解による淡水化が進行し、その結果、表層水と深層水との物質循環構造が急激に変わりつつある。地球の淡水の70%を占める南極大陸氷床の融解は海面上昇だけでなく、海洋の淡水化と成層化を加速させ、南極深層水の昇温・低密度化・形成量減少をもたらし、海洋循環を弱化させている可能性がある。この循環の弱化は質量・熱輸送の減少だけでなく、貯えられた熱の蓄積により南極大陸縁辺域での氷床融解をさらに促進することとなる。

さらに、海洋循環の弱化により、深海から海洋表層へもたらされる栄養塩が減少し、この栄養塩を使って海洋表層で光合成し繁茂する植物プランクトンが激減するのではないかと危惧されている。この生物生産の減少は海洋へ固定される炭素量を抑制し、大気中のCO_2量を増加させて地球温暖化をいっそう促進するだけでなく、海洋生物活動を改変させ、海洋という人類の重要な食糧資源確保の場を危うくしつつある。これらの実態を明らかにするためには、時空間的に高解像度なデータ群を獲得し、炭素・栄養塩循環の変動要因として挙げられる海洋循環と、淡水を供給する氷床融解の実態およびこれらの変動を包括的に明らかにする必要がある。

しかし、地球の気候を決定する重要因子、「南大洋の氷床融解は現在どのように進んでいるのか？」、「氷床融解は海洋生態系・物質循環にどのような時空間規模で影響を与えているのか？」、「氷床融解を通して海洋生態系・物質循環は地球温暖化に対してどのように働くのか？」、これらのことに対して、確かな理解はまったく進んでいない。このことが気候変動予測の大きなボトルネックのひとつとなっている。

【目的】 そこで、これらの問題点を克服するために、本研究は、斬新なパラメタリゼーション(経験的関数化)技術とアイデア、そして観測によって、南大洋の氷床融解を深く理解し、海洋生態系・物質循環との相互作用の包括的な実態解明を世界に先駆け、この解明の扉を開くことを目指す(図1)。ここで、パラメタリゼーションとは、観測が疎な目的成分(y)を、圧倒的に観測数が多い他成分(x_1, x_2, …)によって推定する技術のことである。

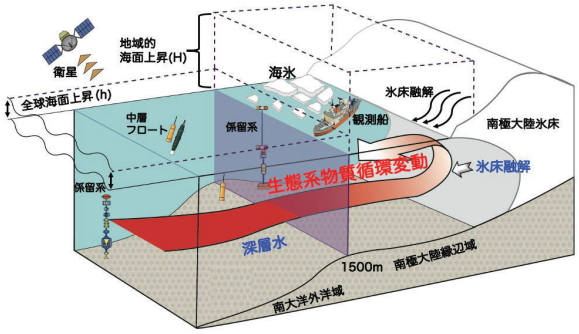

図1　南大洋での深層水・氷床融解・生態系物質循環変動の概念図

【研究方法】 本研究の目標達成のために、次の4つの研究項目に取り組む(図2)。

（1）海洋の炭酸系物質・栄養塩類以外の観測成分（水温、塩分、酸素、圧力）を用いた南大洋全域に適用できる炭酸系物質および栄養塩類のパラメタリゼーションの開発を行う(図3)。

（2）南大洋における炭酸系物質の変化量による氷床融解量の新規見積り法の開発を行う。

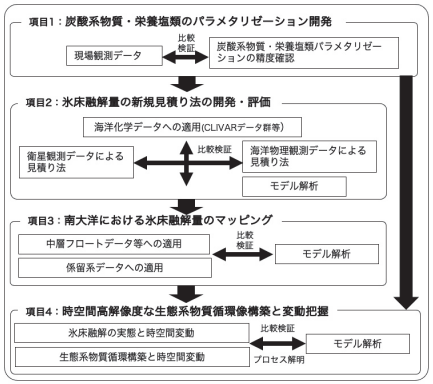

図2　研究全体の流れ

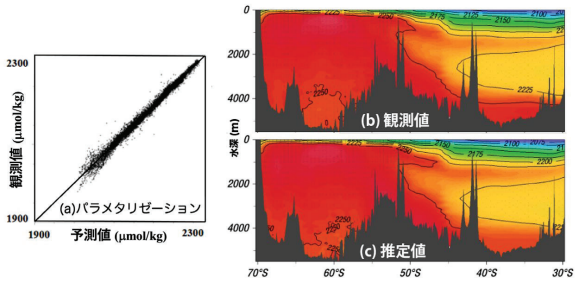

図3　パラメタリゼーション推定値と観測値の比較の一例：炭酸系物質濃度

（3）自動海洋観測ロボット群（中層フロート）に炭酸系物質による氷床融解量の新規見積り法を適用し、モデル研究と連携してリアルタイムな南大洋における氷床融解量の時空間高解像度マッピングを行い、南大洋の氷床融解の詳細な実態解明を行う。

（4）さらに、自動海洋観測ロボット群データ等に栄養塩類のパラメタリゼーションを適用し、時空間高解像度な海洋生態系物質循環像の構築とその変動を明らかにし、南大洋の氷床融解と海洋生態系物質循環の相互作用の包括的な実態解明を目指す。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

【科学的意義と重要性】 本申請は、データが疎なために、全球的な海面上昇を解明する上でミッシングピースとなっている南極大陸縁辺域の氷床融解量およびこれと連動する生態系・物質循環を、斬新なパラメタリゼーション技術を基盤に時空間的に詳細なマッピングを行い、気候変動予測のボトルネックである「南極氷床融解」の実態を具体的かつ定量的に捉え、これと南大洋の生態系物質循環との相互作用の詳細に迫る世界初の試みである（図4:予備的結果）。

この結果は、全海洋の気候変動研究とそれに伴う生態系物質循環変動研究および将来予測に対して飛躍的進歩をもたらすことになる。本申請は欧米主導の計画に単に参加するものではなく、日本発で世界に先駆けて行われる唯一無二の海洋学を用いた「氷床融解・淡水化と海洋生態系物質循環の相互作用の実態」の核心に迫るための先進的研究であり、地球の気候を決定する重要因子である「南大洋では氷床融解は現在どのように進んでいるのか？」、「氷床融解は海洋生態系・物質循環にどのような時空間規模で影響を与えているのか？」、「氷床融解を通して海洋生態系・物質循環は地球温暖化に対してどのように働くのか？」というこれまでに誰も答えられなかった地球環境問題最大の課題の問いに迫る。

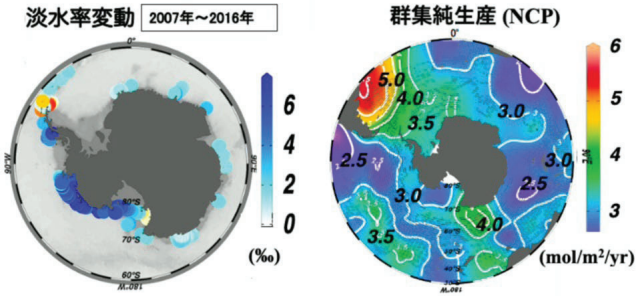

図4　氷床融解と海洋生態系物質循環は連動しているのか？(予備的結果)

ホームページ等	https://kakens-sopara.jimdofree.com