【基盤研究（S）】

海-陸シームレス地層掘削から探る南極氷床の大規模融解メカニズム

研究代表者	国立極地研究所・先端研究推進系・教授 菅沼　悠介（すがぬま　ゆうすけ）　研究者番号：70431898
研究課題情報	課題番号：24H00026　研究期間：2024年度～2028年度 キーワード：南極氷床、氷床融解メカニズム、海水準上昇

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

現在、南極氷床融解の加速とそれに伴う近未来の急激な海水準上昇が強く危惧されている（図1）。これまでの研究により、南極氷床は過去の温暖な時代に大規模な融解を起こしていたことが明らかになり、温暖化の進行によって近い将来大規模かつ不可逆的な融解を起こす可能性が高まっている。しかし、過去に起こった南極氷床の大規模融解メカニズムには不明な点が多く残されており、気候変動の将来予測における不確実要素として最大の懸念事項の１つとなっていた。この問題を解くために、私たちは南極氷床縁の広域で「海-陸シームレス地層掘削」を実施する。得られた試料に対して最先端技術を駆使した分析をおこない、最後の氷期（最終氷期：約2万年前）以降に起きた大規模融解時の気候・海洋状態を直接的に復元し、その氷床融解プロセスを明らかにする。さらに、海洋・氷床・地球変形モデリングを駆使した再現実験より、氷床融解のトリガーとその発動条件を突き止める。これらを総合して、過去の南極氷床の大規模融解メカニズムを解明し、海水準上昇の将来予測の不確定性を低減することを目指す。

●革新的な問い

南極氷床は、大規模かつ不可逆的な融解を起こす可能性がある一方で、氷床変動の時間スケールは非常に長いため、現場の観測だけではその実態把握は困難である。本課題の核心的な問いは「南極氷床が大規模な融解に至るトリガーとその発動条件は何か？」である。

研究背景

1. 現在、南極氷床の融解が加速しており、近未来の急激な海水準上昇が強く懸念されている。
2. 海水準上昇の将来予測には、現状として大きな不確実性が存在する。
3. この不確実性は、主に南極氷床融解メカニズムの理解不足に起因している。

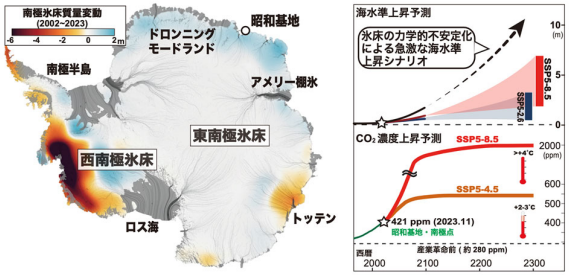

図1 現在の南極氷床融解傾向（左）と、CO_2濃度と海水準上昇の将来予測（右）（IPCC第6次報告書より）

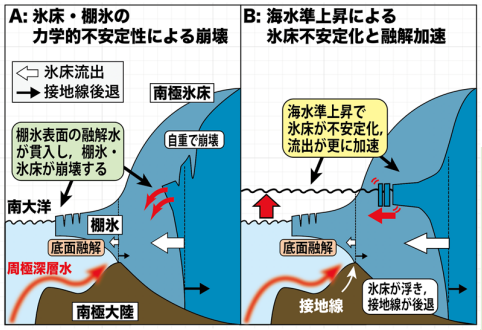

図2 現在提案されている大規模氷床融解プロセス

注目されているメカニズム

南極氷床の縁辺部に発達する棚氷の流出要因：
「A: 氷床・棚氷の力学的不安定性による崩壊」
「B: 海水準上昇による氷床不安定化と融解加速」

本研究課題で実施すること

南極氷床縁での「海-陸シームレス地層掘削」
→大規模融解時の気候・海洋状態を直接的に復元

海洋・氷床・地球変形モデリング
→大規模氷床融解のトリガーとその発動条件の決定

●研究のポイント（革新性と国際性）

本研究は、独自開発の掘削システムやAIを高度に活用した試料解析システムを駆使して、従来困難だった南極氷床縁での地層掘削を実現し、南極氷床融解プロセスとその時の海洋状態を直接的に明らかにする。国際プロジェクト「西南極ロス棚氷下掘削計画」とも強く連係し、世界初の棚氷下地層掘削にも挑戦する。

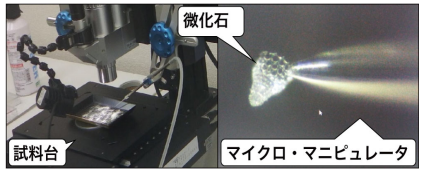

図5 AI（人工知能）を用いた微化石/微粒子の自動判別/ピッキング装置

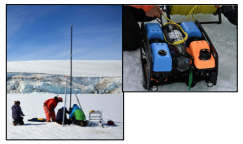

図6 地層掘削システム PPPコアラー（特許有）、と水中ドローン

図7 西南極ロス棚氷下掘削計画（SWAIS2C）のロゴと参加研究機関

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

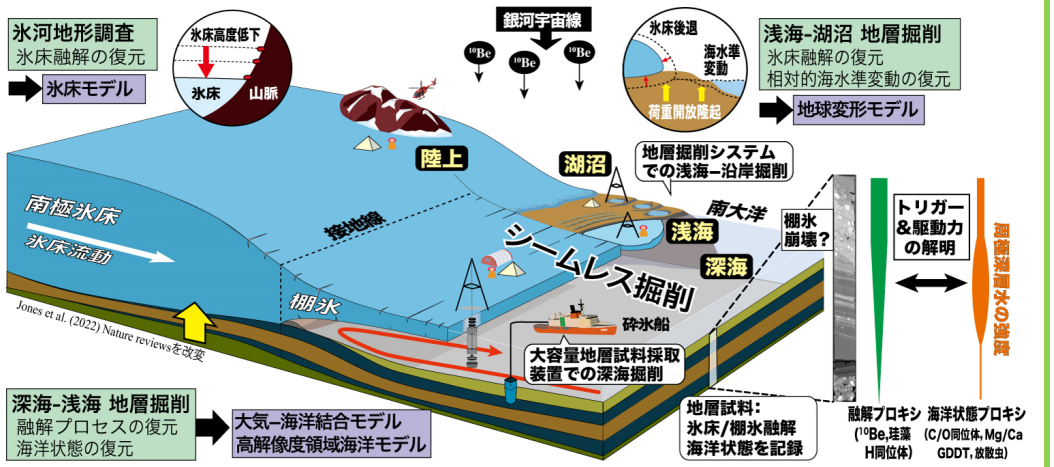

図3 海-陸シームレス地層掘削調査による南極氷床の大規模融解メカニズム解明の模式図

●融解プロセス（タイミング、スピードと規模）と海洋状態（水温・塩分）の復元

陸上と深海-浅海-湖沼を繋いだ調査「海-陸シームレス地層掘削」（図3）を多点で展開する（図4）。氷床融解と海洋状態を知るためのプロキシ分析および高精度年代測定に基づき、過去の大規模氷床融解のタイミング、融解スピードや規模、およびその時の水温・塩分などの海洋状態を高時間分解能で復元する。

●氷床融解トリガー（海水準/力学的不安定性）とその発動条件の解析

上記で復元した過去の氷床融解における海洋状態と数値モデル実験による再現結果を比較する。大気-海洋結合モデルから当時の気候・海洋状態を再現し、これを境界条件として海洋-海氷-棚氷モデルを駆動させ、大規模氷床融解の発動条件を抽出する。一方、地球変形モデリングによる氷床荷重計算から、南極大陸縁での相対的海水準変動を求める。そして、大規模氷床融解と海水準上昇のタイミングを精査し、大規模氷床融解のトリガーを突き止める。

●大規模氷床融解メカニズムと地域特性の解明

明らかになった知見を基に、本課題の核心的問い「南極氷床が大規模に融解する際のトリガーとその発動条件は何か？」を解明する。また、大規模氷床融解メカニズムが発動する地域特性を明らかにする。これらの知見は、ティッピング・ポイントと呼べる不可逆的な融解の臨界点の解析を可能とするだけでなく、南極氷床融解と海水準上昇予測の不確実性低減に資するものとなる。

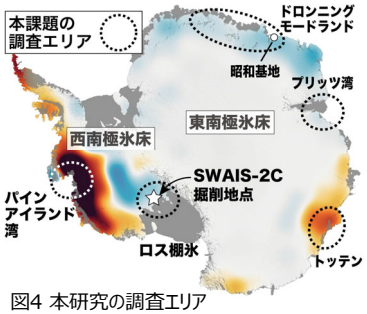

図4 本研究の調査エリア

ホームページ等	https://sites.google.com/nipr.ac.jp/nipr-quatgeo （国立極地研究所地圏研究グループ内　第四紀地形・地質学グループHP）