

西暦 3000 年までの南極氷床の変動を予測

～氷床の崩壊を防ぐための効果的な気候変動対策が重要～

ポイント

- ・ 21 世紀末の気候がその後も続いた場合の南極氷床変化を氷床モデル SICOPOLIS で予測。
- ・ 21 世紀内の温暖化進行で数百年後の西南極氷床の不安定化と海面水位数 m 上昇の結果も。
- ・ 西南極氷床の崩壊を防ぐために効果的な気候変動の緩和策が重要。

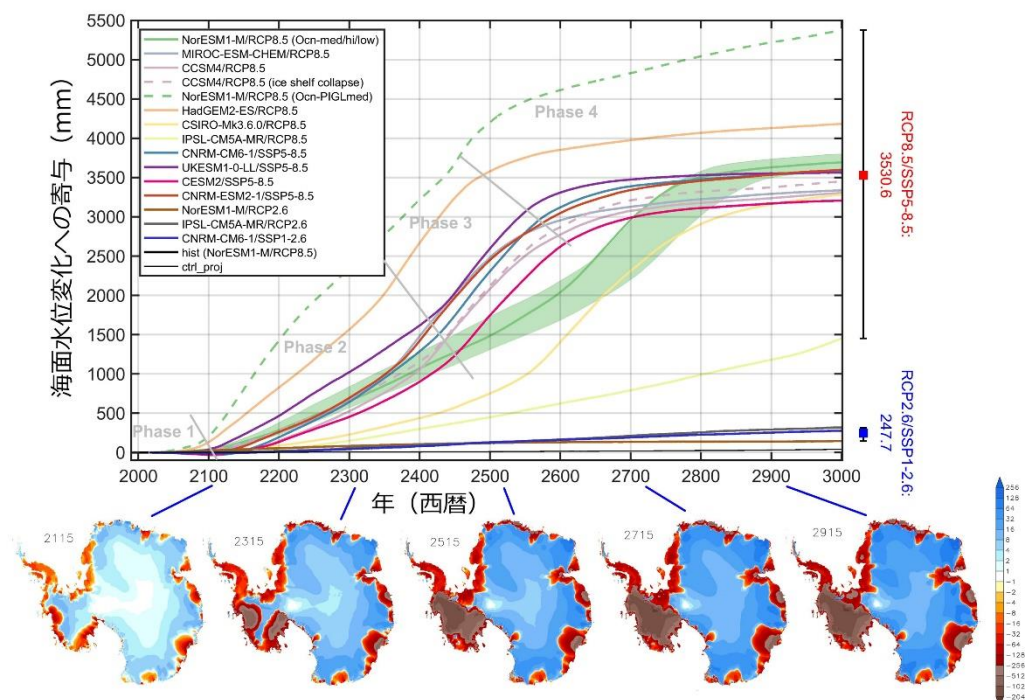
概要

北海道大学低温科学研究所のグレーベ・ラルフ教授らは、東京大学大気海洋研究所の阿部彩子教授ら、海洋研究開発機構の齋藤冬樹研究員との共同研究チームで、西暦 3000 年までの南極氷床の変動についてシミュレーションを行い、地球温暖化の長期的な影響について調べました。

これまで、本研究チームも参画する氷床モデル国際比較相互プロジェクト (ISMIP6^{*1}) は、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第 6 次評価報告書に研究内容を提供しましたが、その氷床変動計算は西暦 2100 年まででした。本研究では、西暦 2100 年まで既存の気候予測データを使用し、その後西暦 3000 年まで 21 世紀後期の気候が持続するという仮定のもと、「温暖化進行」経路シナリオで 14 の数値実験、「地球温暖化ガス排出量の削減」の経路シナリオで 3 つの数値実験をそれぞれ行いました。その結果、氷の損失を海面水位上昇に換算すると、温暖化進行のシナリオでは西暦 3000 年までのアンサンブル平均で、3.5m に上りました。また、温暖化の影響を最も受けると仮定した数値実験では 5.3m 上昇し、排出量削減のシナリオでは 0.25m に留まることがわかりました。

本研究成果は、21 世紀中に温暖化が一旦進行してしまうと、例えその温暖化進行が 21 世紀末で停止したとしても 21 世紀末以降に起こる数百年の南極氷床の後退と海水準上昇に大きく影響し、その影響は長期に及ぶことを示しています。

なお本研究成果は、2021 年 12 月 22 日 (水) 公開の *Journal of Glaciology* 誌に掲載されました。



西暦 1990 年から 3000 年までの南極氷床の体積減少予測 (上) と 2015 年と比較した氷表面の高低差 (下)

【背景】

数多くある地球温暖化の影響の一つが、氷床・氷河の融解や後退などで起こる海面水位の上昇です。海面水位の上昇がこのまま進んだ場合、海岸保全施設整備などを行わなければ、人口密度が高い沿岸地帯の多くが、やがて居住不可能地域になり得ます。将来の気候変動について様々な経路シナリオを考え、氷床・氷河の変化に起因する海面水位の変化にどのような影響を及ぼすかを理解することが重要になります。

ISMIP6 は、最新の様々な氷床モデルを使い、温暖化が南極とグリーンランドの氷床に及ぼす影響を評価する国際プロジェクトです。その目的は、気候変動に関する政府間パネル(IPCC^{*3})が最近発表した第6次評価報告書に研究結果を提供することでした。南極の氷床は、海面水位に換算すると58m 上昇させる体積があり、温暖化の進化という悲観的なシナリオ（「RCP^{*4}8.5」や「SSP^{*5}5-8.5」）では、2100年までの海面水位の変化は「7.8cm の下降」から「30cm の上昇」の幅で予測されています。一方、排出量削減という楽観的なシナリオ（「RCP2.6」や「SSP1-2.6」）では、0-3cm の範囲の上昇が予測されています。したがって、21世紀の全体像は不確実なままです。予測が「氷床体積の大規模な消失」から「氷床体積の微増」まで大きく分かれています。これは主に「氷床体積を減少させる原因になる、棚氷の融解の増加」と「氷床体積を増加させる原因となる、氷床上の降水量の増加」という相殺過程があるからです。

【研究手法】

本研究チームは、ISMIP6 への貢献を基に 21 世紀以降も温暖化が進んだ場合の南極氷床について長期的な見通しを調べました。同チームは氷床モデル SICOPOLIS^{*2} を使用し、ISMIP6 で行った温暖化シナリオでの 14 の数値実験、排出量削減シナリオでの 3 つの数値実験のそれぞれの将来予想を西暦 3000 年まで期間を延長してシミュレーションすることにしました。2100 年までの設定は、ISMIP6 で行った実験と同様にし、2100 年以降は、さらに温暖化が進行する状況は考慮せず 21 世紀末と同様の気候が続くと仮定しました。また同チームは、氷床全体の体積の変化や、西南極、東南極、南極半島での地域ごとの体積変化のほか、表面質量収支、底面質量収支、氷崖におけるカービング（冰山分離）など、体積変化をもたらす要因を、シミュレーション結果を基に分析しました。

【研究成果】

p.1 図のとおり西暦 2100 年から 3000 年にかけての南極の氷床体積の減少の予想は、ISMIP6 の予想期間である 21 世紀の 100 年間と比べて、大きく異なった状況を示しました。温暖化進行と排出量削減の経路シナリオへの応答に明白な差が生じてきます。

図の実線や点線は、それぞれ温暖化進行シナリオ（RCP8.5/SSP5-8.5）、排出削減シナリオ（RCP2.6/SSP1-2.6）、1990 年から 2015 年における実際のデータ（hist）、1995 年から 2014 年の間は気候変化がないと仮定した対照実験（ctrl_proj）の結果です。グラフの右にある赤と青の四角は、それぞれ RCP8.5/SSP5-8.5 と RCP2.6/SSP1-2.6 の平均値を差しています。また四角から伸びている線は寄与の範囲です。調査期間を 4 つのフェーズに分け、フェーズ 1 は ISMIP6 で予測された 2100 年までの期間、フェーズ 2~4 は RCP8.5/SSP5-8.5 の温暖化シナリオの期間で、氷体積の減少の加速（フェーズ 2）、西南極氷床の不安定化（フェーズ 3）、氷体積の減少が横ばいになること（フェーズ 4）としています。グラフの下に、MIROC-ESM-CHEM/RCP8.5 で予測した、2015 年と比較した氷表面の高低差を年代ごとに地図上で示しています。こちらは m（メートル）で表記しており、青色は氷が厚く、赤・茶色は氷が薄くなっていることを示しています。

西暦 3000 年までに、RCP8.5/SSP5-8.5 の温暖化進行のシナリオでは海面水位換算で 3.5 (1.5-5.4) m もの上昇がありますが、RCP2.6/SSP1-2.6 の排出量削減シナリオでは 0.25 (0.13-0.32) m しか上昇しません。この結果は、21 世紀の気候変動が及ぼす南極氷床への影響は、同世紀だけにとどまらないということ、海面水位が数 m 上昇するという最悪の結果が起こりうるのは 21 世紀以降だということを示しています。今後数十年における効果的な地球温暖化対策は、このような長期間にわたり蓄積して起こる惨事を防ぐために重要になってきます。

温暖化進行シナリオにおける氷床の減少の主な理由は、西南極での氷床の崩壊です。過去数十年にわたって、この可能性は科学文献で論じられてきました。これは、西南極氷床の下の岩盤の多くが、海水準より低い高度にあるためです。温められた海水により、周辺の棚氷の底面融解が増え、その結果、氷の流出が抑制できなくなることが、氷床崩壊を引き起こすきっかけとなります。あるシミュレーションの例をもとに、地図で表された氷の高低差の経過によると、数世紀内に氷床の不安定化によって西南極でほぼ完全な退氷状態になります。東南極は、それと比べると影響は少なく、降水量が増えることで氷床内部は厚くなることを示しています。

【今後への期待】

本研究の結果は、21 世紀後期の気候がその後も変化なく続くという仮定に基づいて得られています。また、氷床モデルは SICOPOLIS のみを用いましたが、今後 ISMIP6 関係者間の国際協力で、より現実に近いシナリオで 2100 年以降の予測を行うことが計画されています。

本研究では、「温暖化の継続や広範化」（悲観的なシナリオ）から「21 世紀の行き過ぎた排出量を是正する削減」（楽観的なシナリオ）まで、全ての経路シナリオが含まれており、さらに今後は、異なる氷床モデルを使った研究結果も ISMIP6 に参画する他のチームから提供を受けて結果を比較していきます。これにより、的確な不確実性評価を含む、長期的に予想される地球の氷床の損失についてより完全な姿を示すことができます。

【謝辞】

本研究は、科学研究費補助金新学術領域研究 (JP17H06323) 「南極氷床・海洋・気候の統合的モデリング」 (代表 阿部彩子), 科学研究費補助金基盤研究 (S) (JP17H06104) 「過去の大規模な気候変動における氷床・海洋・大気の相互作用の解明」 (代表 阿部彩子), 二国間交流事業共同研究・セミナー SAKURA プログラム (JPJSBP120213203) 「過去の温暖期の気候と氷床のモデル比較研究」 (代表 小長谷貴志) の支援を受けて実施されました。

論文情報

論文名	Mass loss of the Antarctic ice sheet until the year 3000 under a sustained late-21st-century climate (21 世紀後半の持続的な気候下における 3000 年までの南極氷床の質量喪失)
著者名	Christopher Chambers ¹ , Ralf Greve ^{1,2} , 小長谷貴志 ³ , 齋藤冬樹 ⁴ , 阿部彩子 ³ (¹ 北海道大学低温科学研究所, ² 北海道大学北極域研究センター, ³ 東京大学大気海洋研究所, ⁴ 海洋研究開発機構)
雑誌名	Journal of Glaciology (雪氷学の専門誌)
DOI	10.1017/jog.2021.124
公表日	2021 年 12 月 22 日 (水) (オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所 教授 グレーベ・ラルフ

T E L 011-706-6981 F A X 011-706-7142 メール greve@lowtem.hokudai.ac.jp

U R L <http://www.ice.lowtem.hokudai.ac.jp/~greve/>

東京大学大気海洋研究所 教授 阿部彩子（あべあやこ）

T E L 04-7136-4406 F A X 04-7136-4375 メール abeouchi@aori.u-tokyo.ac.jp

海洋科学技術戦略部報道室

T E L 045-778-5690 メール press@jamstec.co.jp

配信元

北海道大学総務企画部広報課（〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目）

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【用語解説】

- * 1 ISMIP6 … 氷床モデル国際比較相互プロジェクト (<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>)。
- * 2 SICOPOLIS … ポリサーマル氷床のモデル。南極大陸の地形・気温・降雪量など、時間変化する気候の条件を境界値として、南極氷床の氷の厚さ分布とその時間発展を数値的に計算するモデル (<http://www.sicopolis.net>)。
- * 3 IPCC … 気候変動に関する政府間パネルのこと。
- * 4 RCP … 代表的濃度経路シナリオ。IPCC 第 5 次報告書世代で用いたシナリオ。
- * 5 SSP … 社会経済シナリオ。IPCC 第 6 次報告書世代で用いたシナリオ。