

西暦 3000 年までのグリーンランド氷床の変動を予測

～このまま温暖化が進むと氷床の体積が半分に減る可能性を示唆～

ポイント

- ・ 21 世紀後期の気候がその後も続いた場合のグリーンランド氷床変化を氷床モデルで予測。
- ・ 21 世紀内の温暖化進行で、数百年後のグリーンランド氷床の融解と海面水位数が上昇。
- ・ 効果的な気候変動の緩和策で、グリーンランド氷床の大規模な崩壊は防止可能。

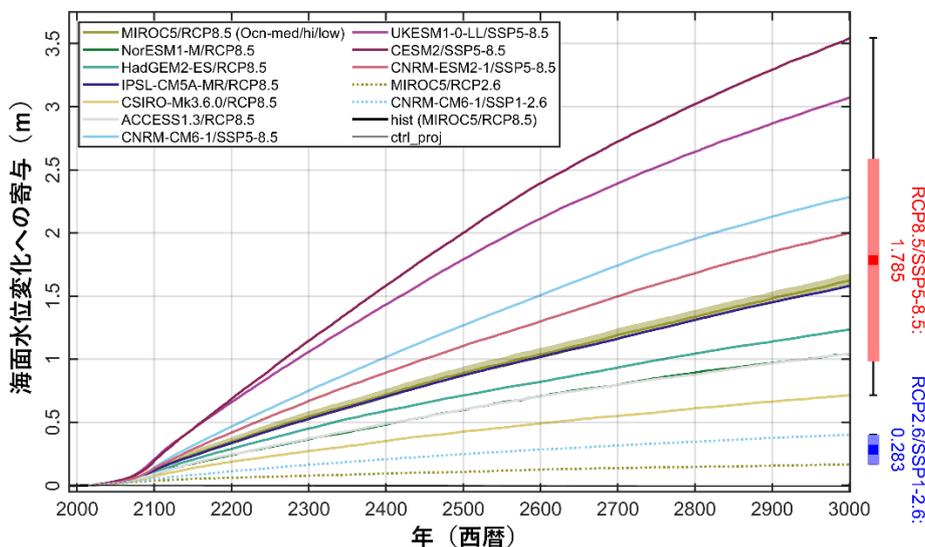
概要

北海道大学低温科学研究所のグレーベ・ラルフ教授とチェンバース・クリストファー博士は、西暦 3000 年までのグリーンランドの氷床の変動についてシミュレーションを行い、21 世紀の温暖化がもたらす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^{*2})の第 6 次評価報告書に研究内容を提供してきましたが、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 年以降は温暖化の傾向に変化がないとの仮定のもと、西暦 3000 年までのシミュレーションを行いました。「温暖化進行」経路シナリオで 12 の数値実験、「地球温暖化ガス排出量の削減」の経路シナリオでは 2 つの実験をそれぞれ行いました。「温暖化進行」のシナリオでは、氷の損失の海面水位相当 (SLE) は、12 の実験のアンサンブル平均で 1.8 m に上りました。「ガス排出量削減」のシナリオでは、氷の損失は、2 つの実験のアンサンブル平均で 0.25 m SLE に留まることがわかりました。

本研究の結果では、温暖化は、たとえ 21 世紀末に進行が停止したとしても、効果的な気候変動緩和策が取られない限り、その後数百年にわたりグリーンランドの氷床への影響があり、世界的な海面上昇につながる危険を示唆しています。

本研究は、2022 年 3 月 14 日 (月) 公開の *Journal of Glaciology* 誌にオンライン掲載されました。



西暦 1990 年から 3000 年までのグリーンランド氷床の体積減少予測

【背景】

地球温暖化の影響の一つが、地球の氷床・氷河の融解や後退などで起こる海面水位の上昇です。海面の水位が上昇すると、人口密度が高い沿岸地帯の多くが、海岸保全施設整備などを行わなければ、やがて居住不可能な地域になり得ます。したがって、将来の気候変動についての様々な経路シナリオにおける、氷床・氷河の変化が海面水位に与える影響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)が最近発表した第6次評価報告書 (AR6)に研究結果を提供することでした。グリーンランドの氷床は、SLE を 7.4 m 上昇させるだけの体積があり、温暖化の進化という悲観的なシナリオ (RCP*³8.5) では、2100 年までの海面水位は「90 ± 50 mm SLE」の上昇が予測されています。一方、排出量削減という楽観的なシナリオ(RCP2.6)では、「32 ± 17 mm SLE」の上昇を予測。また、温暖化進行シナリオ「SSP*⁴5-8.5」や排出量削減シナリオ「SSP1-2.6」といった新しい経路シナリオが用いられると、これらの予測 SLE は 2 倍にまで跳ね上がります。氷の損失は、氷の表面を溶かす大気温暖化によるものが主で、そのほかに規模は小さいものの、海水が温められることによりカービング（冰山分離）が起こり、氷縁が融解します。

【研究手法】

本研究チームは、ISMIP6 への貢献を基に、21 世紀以降の地球温暖化下におけるグリーンランドの氷床の長期的な見通しを調べました。氷床モデル SICOPOLIS*⁵を使用し、ISMIP6 で行った温暖化進化シナリオにおける 12 の数値実験、排出量削減シナリオにおける 2 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を行いました。2100 年以降は、21 世紀後期の気候と同じと仮定し、さらなる温暖化の傾向は検討されていません。本チームは、氷床全体の体積の変化や、地域ごとの体積変化のほか、表面質量収支、底面質量収支、冰山分離など体積変化をもたらす他の要因を、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 図は、シミュレーションで得られた 1990 年から 3000 年までのグリーンランドの氷床の損失体積が寄与した海面水位上昇を表しています。「温暖化進行」のシナリオ (RCP8.5, SSP5-8.5) では 12 の数値実験、排出量削減シナリオ(RCP2.6, SSP1-2.6)の 2 つの実験、1990 年から 2015 年における実際のデータ (hist)、1995 年から 2014 年の間は気候が一定で氷床は安定していると仮定する対照実験 (ctrl_proj) を示しています。右の赤と青の細長い四角は RCP8.5/SSP5-8.5, RCP2.6/SSP1-2.6 それぞれの ±1 の標準偏差を表しています。四角から伸びる線は寄与の範囲です。2100 年までのフェーズは、ISMIP6 で予測された期間で、2100 年から 3000 年までは、本研究で追加して予測した期間です。

温暖化進行と排出量削減の経路シナリオへの対応に明白な差が生じてきます。西暦 3000 年までに、温暖化進行の経路シナリオでは 1.79 ± 0.8 m SLE の上昇があった一方、排出量削減では 0.28 ± 0.12 m SLE に留まりました。これらの海面上昇幅は 21 世紀のそれよりは非常に大きくなっています。これは、21 世紀の気候変動がグリーンランドの氷床に与える影響がこの世紀だけに留まらず、それ以降の時代にも海面を数メートル上昇させる可能性など、より深刻な結果をもたらすことを明確に表しています。今後数十年間に効率的な気候変動緩和策を行うことは、長期間にわたり醸成され

ていく惨事を防ぐために重要です。

グリーンランドの氷床の融解や後退は、南北に遠く離れた地域も含め全地域に影響を与え（図 1）、長い期間をかけ徐々に影響が及ぶようになります。氷床の損失は、その体積の最大 50%に及ぶ可能性があります。突然そのような不安定化が起こるわけではありません。これと対照的なのが、最近行われた南極氷床についての類似研究です（2022 年 1 月 24 日北海道大学プレスリリース「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～」）。

本研究では、南極の氷床の崩壊は南極西部から始まっていることを突き止めました。南極西部では、海流の流れや、氷床を囲み海面に浮かぶ棚氷によって氷床のバットレス（控え壁）が失われ、「海洋氷床の不安定化」に陥っています。グリーンランドと南極の氷床では崩壊のメカニズムは異なりますが、長期的に起こる海面上昇のダメージが大きいことに変わりはありません。

【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続くとの仮定に基づいて得られています。また、氷床モデルは SICOPOLIS のみを用いています。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ます。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、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喪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、科学技術振興機構の科研費（JP17H06104, JP17H06323）、北海道大学低温科学研究所の所内研究助成(カテゴリー 2)、文部科学省北極域研究加速プロジェクト「ArCS II: Arctic Challenge for Sustainability II Project」（JPMXD1420318865）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 Greenland 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 年までのグリーンランド氷床の質量喪失)
著者名	Ralf Greve ^{1,2} , Christopher Chambers ¹ (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)
雑誌名	Journal of Glaciology (雪氷学の専門誌)
DOI	10.1017/jog.2022.9
公表日	2022 年 3 月 14 日 (月) (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 011-706-6891 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/>

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

【参考図】

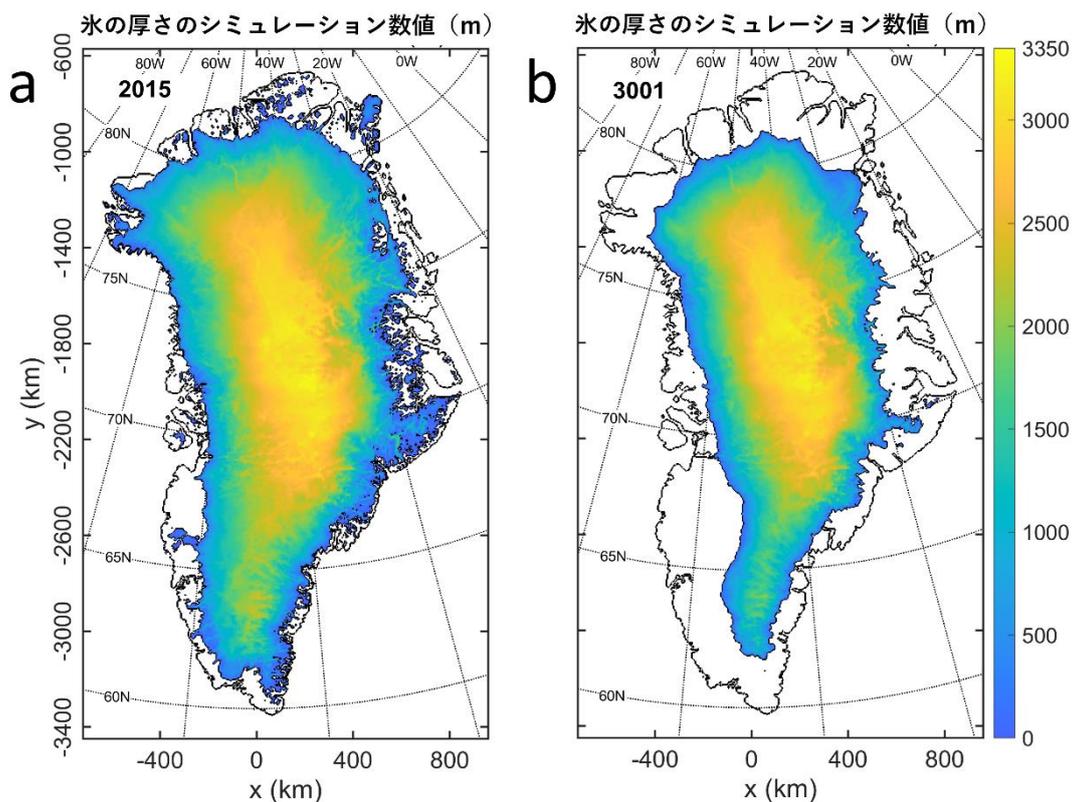


図 1. MIROC5/RCP8.5 の実験で得られた初年 (西暦 2015; panel a) と最終年 (西暦 3001; panel b) の氷の厚さのシミュレーション数値。本実験は p.1 図のオリーブ色の曲線と一致し、1.62 m SLE の海面上昇を伴う氷の損失になる (総氷量で 22% の氷損失)。

【用語解説】

- *1 ISMIP6 … 氷床モデル比較相互プロジェクト (<https://tinyurl.com/ismip6-wiki-gris>)。
- *2 IPCC … 気候変動に関する政府間パネル (<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>)。
- *3 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。
- *4 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。
- *5 SICOPOLIS … ポリサーマル氷床のモデル。グリーンランド大陸の気温・降雪量など、時間変化する気候の条件を境界値として、グリーンランド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>)。