

地域的な海水準上昇が氷床融解を促進していた可能性を提唱 ～9-5千年前に発生した東南極氷床大規模融解に新メカニズム～

- 東南極氷床が約9千年前から5千年前にかけて急激に縮小したことを発見。
- 温暖な海洋深層水の沿岸への流入に加え、地域的な海水準の上昇により氷床の縮小が起こった可能性。

近年、南極氷床融解の加速が相次いで報告され、地球温暖化に伴う近未来の急激な海水準上昇が社会的にも強く懸念されています。こうした現象の将来予測には精密な数値モデルシミュレーションが不可欠ですが、いまだ南極氷床の融解メカニズムは十分に理解されておらず、将来予測における大きな不確定要素となっています。

研究グループは、東南極沿岸の広域にわたる現地調査と岩石試料の表面露出年代測定から、**東南極氷床が約9千年前から5千年前にかけて急激に縮小した**ことを明らかにしました(図1)。そして、各種のモデルシミュレーションから、**氷床の縮小は温暖な海洋深層水の沿岸への流入に加え、地域的な海水準の上昇が生じたために起こった可能性**を示しました。本研究結果は、南極氷床の大規模融解メカニズムの理解に貢献するだけでなく、**南極氷床融解と海水準上昇に対する将来予測の検証・校正にも貴重なデータ**となります。



図1: 中央ドロンイングモードランドのGrjotfjelletで採取した岩石試料の表面露出年代測定結果。数値はベリリウム-10 (^{10}Be)を基にした表面露出年代(単位kaは千年を表す)。最終氷期には山地の中腹ほどまでを南極氷床が覆っており、その後約9000年前以降に急激に氷床高度が低下したことが分かった。

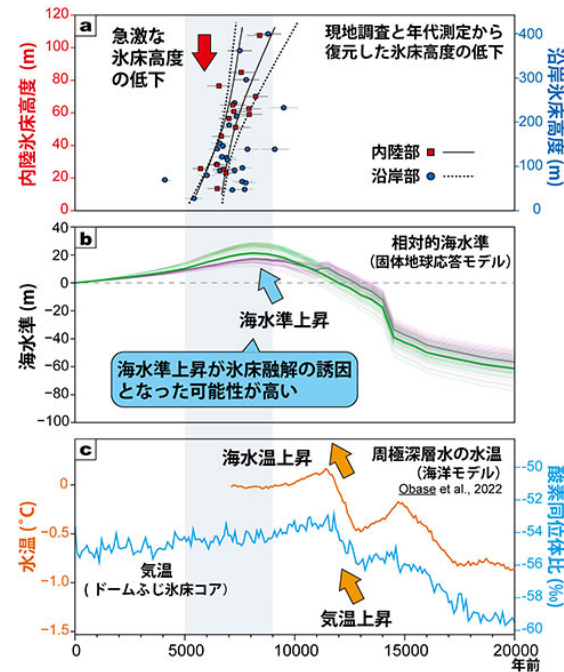


図2: ドロンイングモードランドにおける最終氷期以降の氷床融解と各種古気候記録との比較。(a) 内陸部と沿岸部における氷床高度低下。(b) 氷床高度低下に基づく荷重の減少に基づき推定した海水準変動(緑)(紫は従来のモデル)。(c) 過去2万年間の気温と中央ドロンイングモードランド沖の海水温。

南極・昭和基地の宇宙線計が捉えた2021年11月の宇宙線減少 ～世界90か所のデータの統合解析により現象当時の宇宙環境を解明～

- 南極・昭和基地に設置した宇宙線計を用いて、太陽面爆発に伴う2021年11月の宇宙線減少の観測に成功。
- 宇宙線減少のメカニズムの解明につながると期待される成果。

地球に到来する宇宙からの放射線（宇宙線）は、磁気嵐の原因となる太陽の爆発現象に関連して、一時的に減少することが知られています。この様子を詳細に調べることによって、太陽と地球の間を進むコロナ質量放出の大規模な磁場構造について知ることができ、いわゆる宇宙天気予報にとっても、大きな貢献があるものと期待されています。

中性子とミュオンは、宇宙からの放射線が地球の大気と衝突したときに生じますが、生じるときに必要なエネルギーが異なります。**昭和基地は世界でも珍しい、中性子とミュオンの同地点・同時観測が可能な拠点**です。

研究グループは、南極・昭和基地に設置した宇宙線計（中性子モニターおよびミュオン計）を用いて、太陽面爆発に伴う2021年11月の宇宙線減少の観測に成功しました。また、昭和基地を含む世界各地の宇宙線計（計90点）の観測データを統合して解析した結果、この現象では「**双方向流**」と呼ばれる**2方向からの“宇宙線の風”**が強く吹いていたこと、またその原因が、宇宙線の多い領域から太陽の磁力線に沿って流れ込んだ宇宙線が、磁力線に沿って往復運動しながら磁気ロープ内に閉じ込められていたためであったことが明らかとなりました。本成果は、宇宙線減少のメカニズムの解明につながると期待されます。

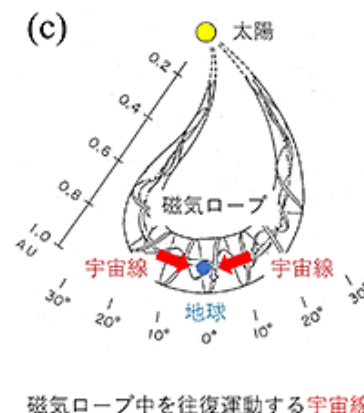
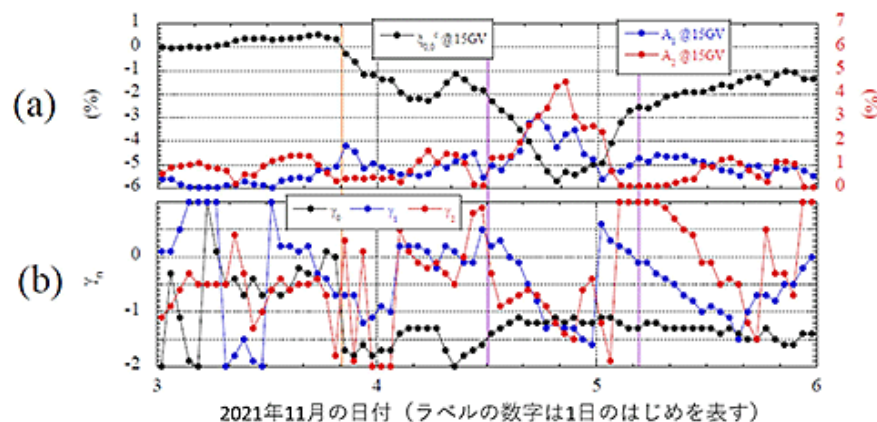


図1：90の観測データをもとに最適化したモデルにより得られた宇宙線の変化。

(a) 黒は宇宙線減少。青は1方向流の宇宙線の風を仮定した場合の風の強さ。赤は双方向流を仮定した場合。

(b) 宇宙線減少（黒）と宇宙線の風流（青と赤）のベキ指数。

(c) 磁気ロープの模式図。丸橋克英「2-4 太陽磁気ロープ」通総研季報Vol.48 No.3, 2002年9月の図7を改変。

南極の藻類が赤外線で光合成する仕組みを解明

～地球外生命の新たな鍵?～

- 南極に繁殖する緑藻ナンキョクカワノリが赤外線で光合成をするために使うタンパク質の構造と機能を解明。
- 赤外線を光合成に利用する地球外生命の可能性を探る手掛かりとなり得る成果。

植物や藻類は一般的に、太陽光にふくまれる光の中でも可視光しか光合成に利用することができません。南極に繁殖する緑藻ナンキョクカワノリ (図1) は、赤外線の一部である遠赤色光を光合成に利用できることが知られていましたが、その仕組みはわかりませんでした。

研究グループは、第49次および第54次南極地域観測隊で採集されたナンキョクカワノリを用いた研究により、**遠赤色光を吸収する光捕集アンテナタンパク質 (Pc-frLHC) を同定し、その分子の立体構造を明らかにしました。** Pc-frLHCは11個の同じタンパク質がリング状に結合した大きな複合体を作っていました (図2)。1つのタンパク質にそれぞれ11個のクロロフィルが結合しており、このうちの5つのクロロフィルが遠赤色光の吸収に関わる特別なクロロフィルであると示唆されました。分光学的な解析から、この**特別なクロロフィルに吸収された遠赤色光のエネルギーの一部がPc-frLHC内で可視光と同等のエネルギーに変換されて光合成利用されている**ことを示しました。

太陽系外で見ついている惑星の多くは、太陽より温度が低く主に赤外線を出す恒星の周りにあり、赤外線を光合成に利用する生命の可能性が示唆されています。今回の成果は、そうした**地球外生命の可能性を探る手掛かり**かもしれません。



(クレジット: アストロバイオロジーセンター)

図1: 南極・昭和基地周辺(右図☆印)の露岩に形成されたナンキョクカワノリのコロニー。現地の夏の時期、第54次南極地域観測隊の活動中に撮影、比較用の物差しは23cm。



(クレジット: アストロバイオロジーセンター)

図2: Pc-frLHCの立体構造分子モデル。ひとつひとつのタンパク質を異なる色で示した。それぞれのタンパク質に11個のクロロフィル分子(球体で示した分子)が結合している。タンパク質部分は、リボン図で表している。

南極内陸の積雪は過去5000年間で長期的に減少し、産業革命期から顕著に増加 ～南極ドームふじ地域の氷床コアから解明～

- 氷床を鉛直方向に掘削して得られる氷床コアから、過去5000年間の積雪の変動を高精度で推定。
- 南極氷床の質量と気候変動との関係解明につながり、将来予測の研究にも貢献する成果。

南極内陸は面積が非常に大きいため、積雪のわずかな増減でさえも氷床の質量変化へ大きく影響しますが、毎年の降雪が極めて少ないため、その変動を測定することは困難でした。

研究グループは、ドームふじ基地とその周辺で掘削された多数の氷床コア（図1）を解析することで、過去5000年間の積雪の変動を高精度で推定しました。その結果、積雪は約5000年前から産業革命の起こった約150年前まで長期的に減少し、その後顕著に増加したことが明らかになりました（図3）。長期的な減少は長期の寒冷化と海氷拡大が、その後の増加は温室効果ガス濃度の上昇と成層圏のオゾン層破壊がもたらしたと考えられます。

今後、今回確立した手法を用いて、より過去（数万年前）にさかのぼって積雪を復元したり、ドームふじから離れた地域へ拡張したりすることで、気候や氷床の大きな変化と積雪との関係性を調査できると考えられます。また、**気候・氷床シミュレーションの検証にも活かされ、将来予測の研究にも貢献すると期待されます。**



図1：第59次南極地域観測隊によるNDF地点（図2（B）を参照）でのNDF 2018コアの掘削の様子（上）と、火山灰層が入ったNDF2018氷床コア（下）の写真。火山灰層の年代は紀元前1613年と推定される。

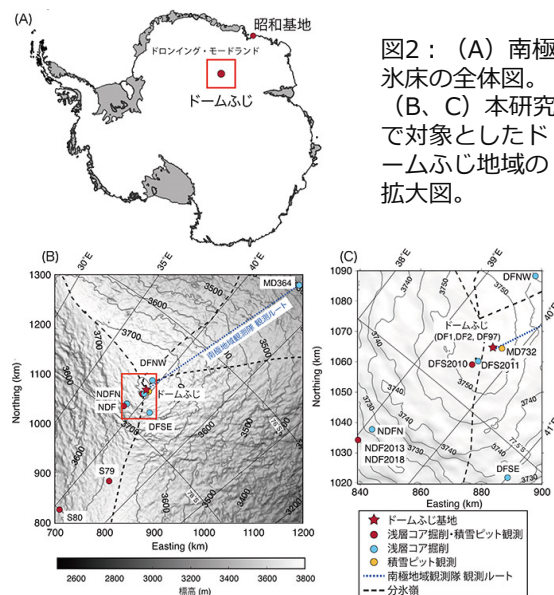


図2：(A) 南極氷床の全体図。(B、C) 本研究で対象としたドームふじ地域の拡大図。

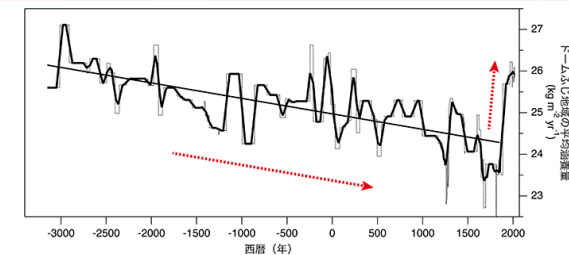


図3：過去5000年のドームふじ地域の平均涵養量

南極地域観測事業 最近のプレスリリースと 主な新聞記事（1）

- 氷結晶の主軸方位分布を深さ2400mにわたり詳細に分析
～南極ドームふじアイスコアで計測、氷床流動の理解に貢献～（2022/10/17）
- 全海洋の深層に広がる南極底層水の起源水形成機構を発見
～海中深く大量に生成される海氷が海洋大循環を駆動する～（2022/10/19）
「南極底層水の起源水 解明」（日刊工業新聞 2022/10/26）
- 過去30年にわたる観測データから南極ドームふじ地域の詳細な基盤地形を解明
～100万年超のアイスコア掘削に向けて～（2022/10/20）
- 地域的な海水準上昇が氷床融解を促進していた可能性を提唱
～9～5千年前に発生した東南極氷床大規模融解に新メカニズム～（2022/11/29）
「9千～5千年前の南極 『氷床融解』 仕組み発表」（大分合同新聞 2022/12/11）
- 南極・昭和基地の宇宙線計が捉えた2021年11月の宇宙線減少
～世界90か所のデータの統合解析により現象当時の宇宙環境を解明～（2022/12/1）
- 二次宇宙線計測データの気温効果と積雪効果を補正する新手法を開発
～太陽フレアの影響など、宇宙環境の診断に応用～（2022/12/5）
「南極の昭和基地で観測 二次宇宙線データ利用 気温・積雪効果を補正」（科学新聞 2023/1/1）

南極地域観測事業 最近のプレスリリースと 主な新聞記事（2）

- 南極ドームふじのアイスコア掘削地点を決定
～100万年を超える最古級のアイスコア採取に向け、観測拠点建設に着手～（2022/12/13）
「南極支局 氷床深層 新掘削地点が決定」（岩手日報 2022/12/14）
「南極『最古の氷』採取へ」（読売新聞 2022/12/18）
- 世界初、南極からの8K映像のリアルタイム伝送に成功
～南極地域観測隊の生活環境向上や情報発信強化を目指して～（2022/12/15）
「南極支局 昭和基地から即時8K映像」（岩手日報 2022/12/16）
「KDDI総研と極地研、世界初の南極からの8K映像リアルタイム伝送に成功
—低ビットレートで高精細映像を送信」（ケータイWatchおよびYahooニュース 2022/12/16）
「南極からの8K映像リアルタイム伝送に成功--KDDI総研ら、世界初」（CNET Japan 2022/12/16）
「南極と8K映像 リアルタイムで」（朝日新聞（県版）東京版 2022/12/17）
「南極から8K映像を伝送」（映像新聞 2022/12/19）
「南極からの8K映像の同時伝送に成功」（電波タイムズ 2022/12/21）
「7Mbpsの衛星通信で南極から8K伝送」（日経XTECH 2022/12/26）
「南極から8K映像リアルタイム伝送」（科学新聞 2023/1/1）
「南極から8K映像リアルタイム伝送に成功」（通信興業新聞 2023/1/16）
「8Kでモナリザも南極もくっきり」（朝日小学生新聞 2023/3/17）
- 南極隕石が明らかにした月の火山活動の変化（2023/2/13）
- 南極の藻類が赤外線で光合成する仕組みを解明。地球外生命の新たな鍵？（2023/2/16）

南極地域観測事業 最近のプレスリリースと 主な新聞記事（3）

- 南極内陸の積雪は過去5000年間で長期的に減少し、産業革命期から顕著に増加～南極ドームふじ地域の氷床コアから解明～（2023/2/22）
 - 「南極大陸内陸部の積雪増」（岩手日報 2023/2/23）
 - 「南極内陸部 5000年分の積雪変動 解明」（山形新聞 2023/2/23）
 - 「南極5千年の変化 産業革命で積雪増」（富山新聞 2023/2/23）
 - 「南極大陸内陸部の積雪増」（岩手日報 2023/2/23）
- 南極隕石などの研究で得られる木星の形成プロセスに関する重要なヒント（2023/5/18）
- 南極で海氷大流出の観測に成功
—昭和基地のあるリュツォ・ホルム湾定着氷の崩壊機構解明にむけて—（2023/5/23）
 - 「南極の海氷流出 直接観測」（岩手日報 2023/5/24）