

平成 29 年 2 月 8 日

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立極地研究所

国立大学法人東京大学 大気海洋研究所

国立研究開発法人海洋研究開発機構

国立大学法人琉球大学

## 南極ドームふじ・ドームCアイスコアの降雪堆積率比を 精密決定 ～氷期・間氷期サイクルにおける南極氷床上の降水分布と 変動プロセスの解明へ～

南極大陸やグリーンランドは、数十万年もの間、雪が降り積もってできた氷床で覆われています。氷床を掘削して得られるアイスコアは、過去の地球環境を知る大きな手がかりです。アイスコアの研究において、積雪の堆積率(年間の堆積量(cm/年))を把握することが不可欠であり、従来、堆積率は、アイスコア中の水の酸素や水素の同位体比から推定されてきましたが、この推定の不確定性を検証する手段はこれまでありませんでした。

国立極地研究所(所長:<sup>しらいしかずゆき</sup>白石和行)の藤田秀二准教授らを中心とした国際研究グループは、南極大陸の上で約 2,000km 離れたドームふじ地域とドーム C 地域(図 1)のそれぞれで掘削された深層アイスコアを対象に、過去 21.6 万年間の氷に含まれる 1,401 対の火山噴火に起因するシグナルを比較し、2 地点間に生じた積雪の堆積率の比を、同位体比を用いる方法よりも精密に割り出すことに成功しました。

火山噴火シグナルから導いた堆積率比は、水の水素同位体比を用いて推定した堆積率比と大まかな傾向としては一致するものの、海洋同位体ステージ 5d と呼ばれる 10.6～11.5 万年前の時期には、約 20%異なることが判明しました。この結果は、水素同位体比を用いた従来推定法には、最大で約 20%の不確定性があることを意味します。また、最終氷期の始まりの時期である海洋同位体ステージ 5d には、南極の広域の積雪堆積パターンや氷床の厚さがダイナミックに変動していたことを示唆しています。

さらに、現在の間氷期(約 1 万年前から現在)の間、火山噴火の信号から導いた堆積率比は±1%の範囲で安定していたことが明らかになりました。これは、南極の広域の積雪堆積パターンが、時間的にも空間的にもほとんど変化がなかったことを意味します。そして、南極の内陸部では氷床の厚さが過去約 1 万 5 千年にわたり増大を続けていることが明らかになりました。

アイスコアを用いた種々の研究において、年間堆積率の推定値は分析の基礎となる重要な情

報です。本研究により、アイスコアの年代決定計算など、さまざまな研究の信頼度が向上することが期待されます。また、雪の堆積率の変動が解明されることにより、氷期・間氷期サイクルのなかでの南極氷床上の降水の分布と氷床変動の関係の解明、ひいては地球全体の気候システムの理解につながると期待されます。

#### <研究の背景>

地球温暖化にともなう海面上昇を検討するうえで、極地氷床の質量収支は注意深く観測され、その理解に基づき将来予測の対象とされていかなければならない事項です。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)のレポート(文献1)においては、極地氷床の質量収支は今後数世紀にわたり海水準の変動に寄与する主要な要素として指摘されています。氷床の質量収支は、氷床表面での積雪の堆積と、氷床縁辺部で発生する氷床の流出で決定されます。過去数十万年間の南極内陸部の積雪量の変動は、極域内陸部の氷床を掘削して得られるアイスコアの分析によって推定されてきました。

これまで、積雪の堆積率は、アイスコア中の水分子に含まれる酸素や水素の同位体をもとに推定され、多くの研究に用いられてきました。またこの推定値は、アイスコアを用いた多くの研究に用いられています。しかし、推定値の不確かさや誤差を直接検証するための手段はこれまで存在しませんでした。仮に堆積率の推定に誤差があれば、推定値を利用した種々の研究に影響を及ぼすこととなります。このような背景から、同位体比からの推定とは独立な情報が必要とされていました。

#### <研究対象・手法>

本研究では、日本と欧州の共同研究として、ドームふじアイスコア(図1。1992～1998年と2004～2007年に日本チームが掘削。70 万年以上の年代をもつ)と、ドーム C アイスコア(図1。1996～1997年と2000～2004年に欧州チームが掘削。80 万年以上の年代をもつ)の2つのアイスコアに含まれる、火山噴火シグナルを利用して年代の精密照合を実施しました。照合の対象は、火山噴火シグナルが明瞭に判断できる約21.6 万年前から現在の期間としました。そして、それぞれの火山噴火が起こった年代区間にそれぞれの地点に堆積した氷の量を読み取りました。読み取った氷の量に、氷床の流動に伴う氷の圧密・変形を補正することによって、2 地点での21.6 万年分の堆積率の比を精密に割り出すことに成功しました(図2)。また、研究チームは、

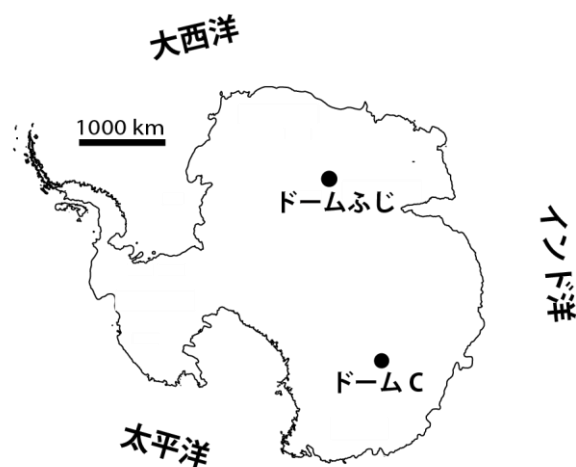


図1：南極氷床上の、ドームふじとドームCの位置、及び、周辺の海洋の位置関係。ドームふじとドームCが約2,000キロ離れている。

これと比較する目的で、水の水素同位体比のデータから堆積量を求め、2 地点間の堆積率の比を導出しました(図 3)

### <研究成果>

比較の結果、火山噴火シグナルから導いた堆積率比は、水の水素同位体比を用いて推定した堆積率比と大まかな傾向としては一致するものの、しばしば約 10%、特に海洋同位体ステージ 5d と呼ばれる約 10~11 万年前の時期には約 20%異なることが判明しました(図 4)。すなわち、水素同位体を用いた従来の堆積率の推定には、最大で約 20%の不確実性があることを意味します。また、最終氷期の始まりである海洋同位体ステージ 5d の時期に、南極の広い地域で、雪の堆積の時空間分布や氷床の形状がダイナミックに変動していたことを示唆しています。

堆積率の比の解析から判明したもうひとつの重要な情報があります。それは、現在の間氷期(約 1 万年前から現在)まで、火山噴火シグナルから導いた堆積率比は±1%の範囲で安定していたということです(図 3 下段)。これは、約 1 万年もの間、積雪の堆積パターンが広い地域で極めて安定していたことを意味します。

さらに、これらの堆積率比の情報をもとに、この 2 か所のアイスコア掘削地点の氷床の厚さの推定をおこなったところ、1 万 5 千年前から増大を続けていることが明らかになりました(図 4)。

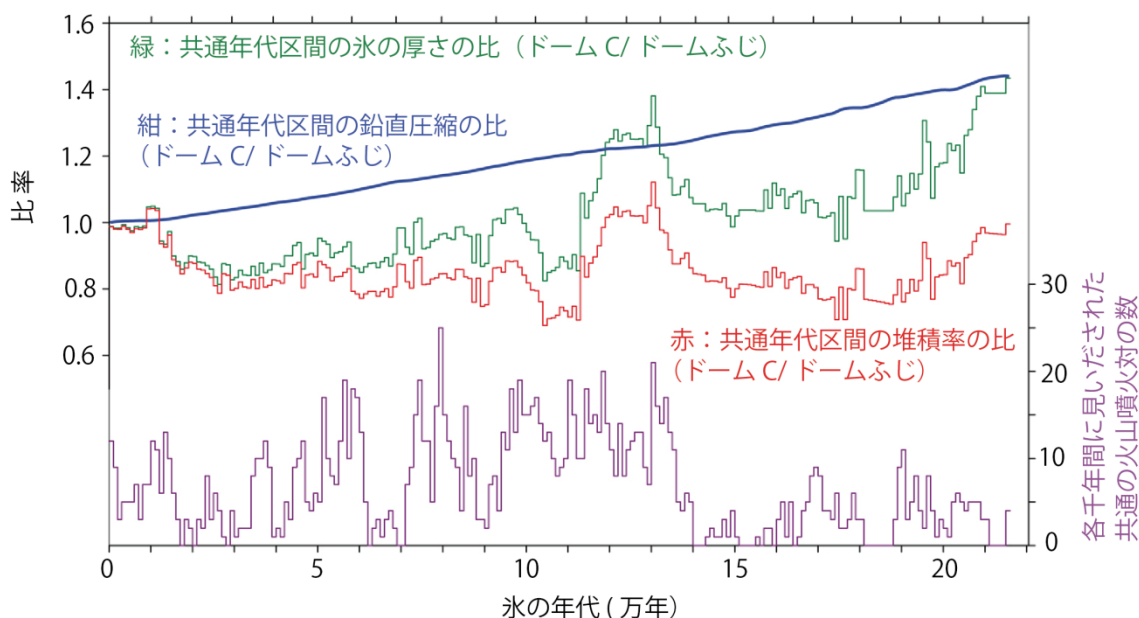


図 2：4 堆積率の比(赤)の導出プロセス。横軸は右が古い氷、左に行くほど新しい氷である。まず、2 つのアイスコアに共通する火山噴火シグナル(紫のヒストグラムがその数を示す)を見出し、シグナル間の氷の厚さの比率(緑)を算出した。次に、氷床流動モデルから導かれた各アイスコア掘削地点の鉛直圧縮分の比率(紺)で割って補正し、共通年代区間の 2 地点間の堆積率の比(赤)を導出した。

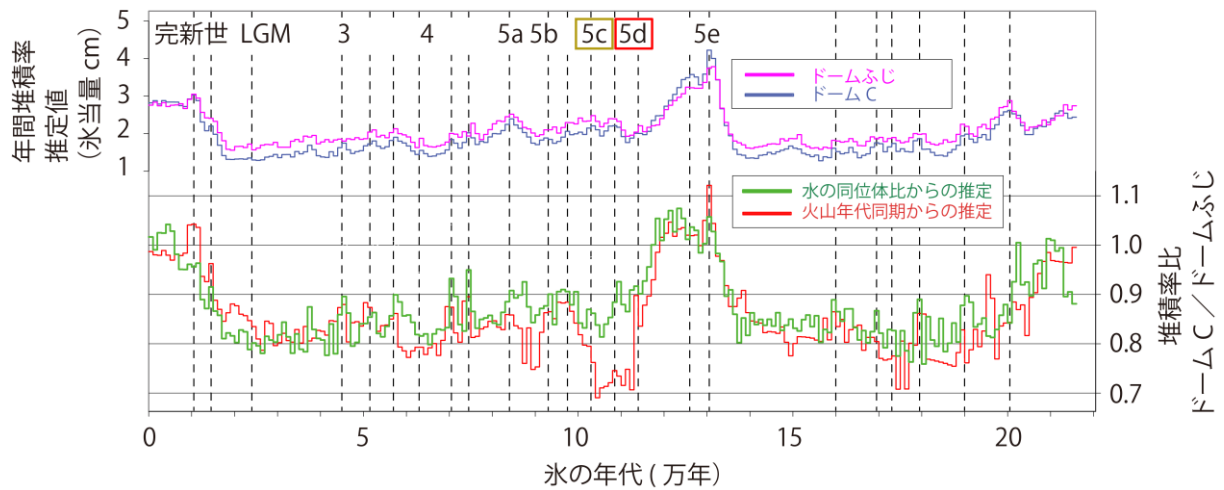


図3：(上段)ドームふじアイスコアとドームCアイスコアの酸素同位体比の変動から推定した年間堆積率の推定値。(下段)火山噴火信号の同期に基づいた2地点間の堆積率の比を赤色で示す。水の同位体比の情報から推定した堆積率に基づいた2地点間の堆積率の比を緑色で示す。火山噴火信号に基づくものと、酸素同位体比に基づくものでは、海洋同位体ステージ5d(約10万年前～約11万年前)では約20%、海洋同位体ステージ5c(9.3万年前～10.6万年前)では約10%異なることがわかる。

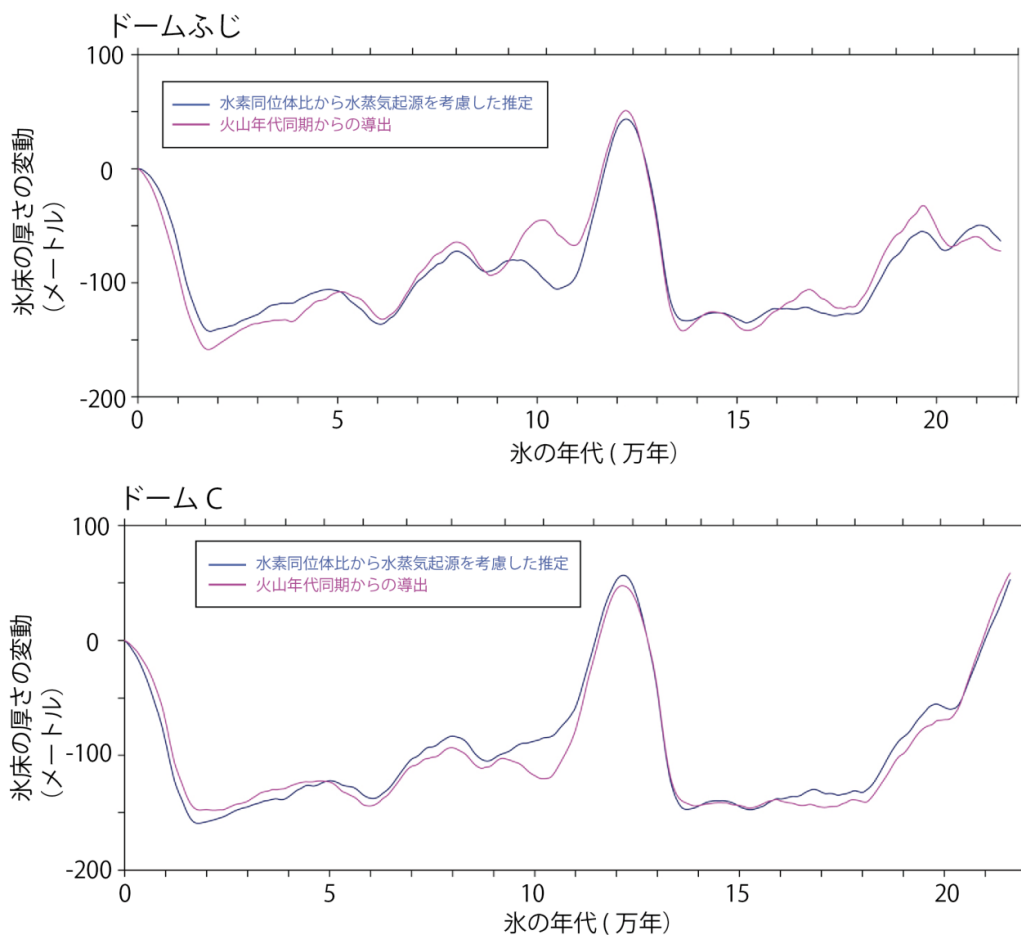


図4：火山噴火の年代同期に基づく堆積量比導出に基づいて推定した氷床の厚さの変動(紫)と水素同位体比から推定した氷床の厚さの変動(紺色)。上段と下段のグラフは、それぞれ、ドームふじとドームCに対する推定値。約11万年前から10万年前の推定値に大きな差が出現する。また、推定の方法に依存せず、過去約1万5千年間には、氷床の厚さがこれらの掘削点で増大を続けていることがわかる。

< 今後への期待 >

今後、さらに多くの南極内陸部のアイスコアを用いて同様の解析が進めば、氷期-間氷期サイクルのなかでの南極氷床上の降水の分布と氷床変動の関係の解明、ひいては地球全体の気候システムの理解につながると期待されます。また、火山噴火シグナルを用いた過去の堆積率の推定値を使えば、より信頼度の高い氷床流動モデル計算や、アイスコアの年代決定、南極に到達する物質(たとえば海からの塩やダストなど)の年間沈着量(フラックス)計算を行うことが可能になり、これらの研究の信頼度を向上させることができます。

< 発表論文 >

掲載誌: Journal of Glaciology

タイトル:

Climate dependent contrast in surface mass balance in East Antarctica over the past 216 ka (過去 21.6 万年間の、東南極における気候に依存した表面質量収支のコントラスト)

著者:

F. Parrenin<sup>1,2\*</sup>、藤田秀二<sup>3,4\*</sup>、阿部彩子<sup>5,6</sup>、川村賢二<sup>3,4</sup>、V. Masson Delmotte<sup>7</sup>、

本山秀明<sup>3,4</sup>、齋藤冬樹<sup>6</sup>、M. Severi<sup>8</sup>、B. Stenni<sup>9</sup>、植村立<sup>10</sup>、E.W. Wolff<sup>11</sup>

1 CNRS, LGGE, F-38041 Grenoble, France

2 Univ. Grenoble Alpes, LGGE, F-38041 Grenoble, France

3 国立極地研究所

4 総合研究大学院大学 極域科学専攻

5 東京大学 大気海洋研究所

6 国立研究開発法人海洋研究開発機構

7 Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Institut Pierre Simon Laplace, UMR CEA-CNRS-UVSQ-UPS, France

8 Department of Chemistry, University of Florence, Florence, Italy

9 Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca' Foscari University Venice, Italy

10 琉球大学 理学部 海洋自然科学科 化学系

11 Department of Earth Sciences, University of Cambridge, UK

\*: 共同筆頭著者および共同責任著者

DOI: doi: 10.1017/jog.2016.85

URL: <https://doi.org/10.1017/jog.2016.85>

オンライン公開日: 2016年8月1日

論文誌掲載号: 2016年12月号, 62(236), pp1037-1048

<文献>

文献 1:気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書(自然科学的根拠) <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

<関連文献>

国立極地研究所プレスリリース「南極ドームふじ・ドーム C アイスコアの等年代深度の精密決定に成功～急激な気候変動が伝播するメカニズムの解明へ～」2015 年 11 月 16 日  
<http://www.nipr.ac.jp/info/notice/20151116.html>

<研究サポート>

本研究はJSPS 科研費(基盤研究 A20241007、基盤研究 S21671001)の助成を受けて実施されました。

お問い合わせ先

(研究内容について)

国立極地研究所 気水圏研究グループ 准教授  
藤田秀二(ふじた しゅうじ)

TEL:042-512-0679 FAX:042-528-3497 E-mail:sfujita@nipr.ac.jp

(報道について)

国立極地研究所 広報室

TEL: 042-512-0655 FAX: 042-528-3105 E-mail: kofositu@nipr.ac.jp