

最終退氷期の南極内陸部における硫酸塩フラックスと気温との関係

○大藪幾美^{1,2}, 飯塚芳徳², 植村立³, 平林幹啓⁴, 三宅隆之⁴, 本山秀明⁴, 櫻井俊光^{2,5}, 鈴木利孝⁶, 本堂武夫²
¹北海道大学大学院環境科学院,²北海道大学低温科学研究所,³琉球大学理学部
⁴国立極地研究所,⁵レーザー技術総合研究所,⁶山形大学理学部

Relationship between sulphate-salt flux and the last deglacial warming in inland Antarctica

Ikumi Oyabu^{1,2}, Yoshinori Iizuka², Ryu Uemura³, Motohiro Hirabayashi⁴, Takayuki Miyake⁴, Hideaki Motoyama⁴, Toshimitsu Sakurai^{2,5}, Toshitaka Suzuki⁶, Takeo Hondoh²

¹ Graduate school of Environmental Science, Hokkaido University

² Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

³ Department of Chemistry, Biology and Marine Science, Faculty of Science, University of the Ryukyus

⁴ National Institute of Polar Research

⁵ Institute for Laser Technology

⁶ Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, Yamagata University

Sulphate aerosols, acting as cloud condensation nuclei, can cool Earth's climate through aerosol forcing. To quantify such forcing, we can examine past climate changes. A recent Antarctic ice core study shows that the sulphate-salt flux (CaSO₄ plus Na₂SO₄) correlates inversely with Antarctic temperature over the past 300 kyr. However, over the millennial time scale, both the mechanism of this change in flux and its relationship to temperature change are unclear. To clarify these issues, we present here the sulphate-salt flux and temperature records during the last deglacial warming from the Dome Fuji ice core in inland Antarctica. We show that the sulphate-salt flux is constant between 25.0 and 15.8 kyr BP, despite the temperature rise after 18.0 kyr BP. However, from 15.8 to 11.0 kyr BP, the sulphate-salt flux decreases with the warming Antarctic temperature. These differences are explained by the limiting factor for the sulphate-salt flux changing from marine biogenic sulphur to sea-salt at 15.8 kyr BP. We suggest that such a decrease in sulphate-salt flux after 15.8 kyr BP would, through the subsequent reduction in the aerosol indirect effect, contribute to the Antarctic warming. The warming effect in this case could be up to 4 °C, which is 1 °C smaller than that proposed in a previous study.

硫酸塩は雲凝結核として働くため、地球の気候を寒冷化させる間接効果をもつ。しかしながら、硫酸塩によるエアロゾルの間接効果は現在の気候に対しても未解明な部分が多く、過去の気温変動と硫酸塩変動の関係性を議論した研究はこれまでなかった。2012年に初めて硫酸塩と過去の気温変化に関する研究が発表され、過去30万年間の南極内陸部の気温変化と硫酸塩フラックス変動には負の相関があることが明らかとなった[1]。しかし、数千年スケールにおける硫酸塩フラックスと気温変動との関係や、硫酸塩フラックスが変化するメカニズムは未だ解明されていない。これらの問題を解決するために、本研究では最終退氷期(25.0-11.0 kyr BP)に焦点を絞り、南極ドームふじ氷床コアを用い、先行研究(約8000年)よりも高い年代分解能(約300年)で、硫酸塩フラックスと南極内陸の気温変化との関係を調べた。

最終退氷期の硫酸塩フラックスと気温変化(ΔT = 約8°C)との関係を調べたところ、退氷期初期(25.0-15.8 kyr BP)の硫酸塩フラックスはほぼ一定($5.2 \text{ mg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$)で、気温上昇(ΔT = 約4°C)に対して相関はないことが分かった。この時期の硫酸塩フラックスは主に南大洋の生物活動が起源とされるSO₄²⁻フラックスが制御していたと考えられる。一方、退氷期後期(15.8-11.0 kyr BP)における硫酸塩フラックスの変化($2.7 \text{ mg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$)は、気温変化(約4°Cの変化)と有意な負の相関($r = 0.77$)があることが分かった。負の相関は硫酸塩が雲凝結核として働き、周辺の気候を寒冷化させていることを示唆する。この時期の硫酸塩フラックスは主にNa⁺(海塩)フラックスが制御していたと考えられる。15.8 kyr BP以降の海塩フラックスは海氷面積の指標であるとされている[2]。これらの結果と考察から、この時期において、南大洋の気温上昇が海氷面積を減少させ、海氷面積減少が硫酸塩フラックスを減少させ、その結果、さらに気温が上昇するというフィードバックが南極周辺で作用していた可能性がある。本研究の結果から、硫酸塩フラックスの減少によるエアロゾルの間接効果の低下によって、最大で4°C、最終退氷期の温暖化に寄与したと示唆される。これは先行研究で発表された0.1-5°Cという見積もり[1]よりも上限が1°C小さい。

References

[1] Iizuka et al., Sulphate-climate coupling over the past 300,000 years in inland Antarctica. *Nature* **490**, 81-84, 2012.

[2] Röthlisberger et al. The Southern Hemisphere at glacial terminations: insights from the Dome C ice core. *Clim. Past* **4**, 345-356, 2008