

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 題目(和文) | 硫黄・酸素同位体指標から制約する東南極における大気硫黄循環 |
| Title(English) | Sulfur and Oxygen Isotopic Constraints on Atmospheric Sulfur Cycles in East Antarctica |
| 著者(和文) | 石野咲子 |
| Author(English) | Sakiko Ishino |
| 出典(和文) | 学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11062号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉田 尚弘,和田 雄二,本倉 健,神田 学,上野 雄一郎 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11062号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 審査の要旨 |
| Type(English) | Exam Summary |

論文審査の要旨及び審査員

| | | | | | |
|-------------|-----|-------|---------|-------|-------|
| 報告番号 | 甲第 | 号 | 学位申請者氏名 | 石野 咲子 | |
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | | 氏名 |
| | 主査 | 吉田 尚弘 | 教授 | 審査員 | 上野雄一郎 |
| | 審査員 | 和田雄二 | 教授 | | |
| | | 本倉健 | 准教授 | | |
| 神田学 | | 教授 | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Sulfur and Oxygen Isotopic Constraints on Atmospheric Sulfur Cycles in East Antarctica (硫黄・酸素同位体指標から制約する東南極における大気硫黄循環)」と題し、英文で書かれ、4章よりなっている。

第1章「Introduction」では、研究の背景と目的、意義が述べられている。南極大陸上の氷床から採取されるアイスコア中の化学成分は、地球の自然の気候変動を復元する上で有益な情報を提供している。大気中の硫酸イオンは太陽放射を散乱するエアロゾル粒子及び雲の生成を通じて地球を冷却する効果を有するため、南極アイスコア中の硫酸は過去の気候変動の理解において重要な物質である。また、南極の大気硫酸は主に、周辺海洋において植物プランクトンが生成する有機硫黄化合物を起源とするため、過去の海洋生物活動と気候との相互作用を理解する上で重要性が高い。既往研究では、アイスコア中の硫酸フラックスは過去74万年間において顕著な変動が見られなかったことから、気候変動に応じた海洋生物活動の大きな変化はなかった可能性が示唆されている。これに対し、他の指標を用いた多角的な検証が求められる中で、硫酸の硫黄・三酸素安定同位体組成は、起源及び生成過程の情報を与える指標として期待できるとしている。本研究では、東南極内陸部・沿岸部において大気硫酸の硫黄・三酸素同位体組成の季節変動を観測し、その指標有用性を検証するとともに、現在の南極における硫酸の起源及び生成過程の解明を試みるとしている。

第2章「Sulfur Isotopic Constraints on Sulfur Sources: Marine Biogenic and Non-Marine Sulfate」では、海洋生物由来/非海洋生物由来の硫酸の定量評価に対する硫黄同位体組成 ($\delta^{34}\text{S}$ 値) の有用性の検証を行っている。まず、内陸・沿岸の両地点において $\delta^{34}\text{S}$ 値は夏に高く冬に低いという明確な季節変動を示し、その変動が2地点間でほぼ一致していたことから、化学反応に伴う同位体分別効果の影響が小さく、 $\delta^{34}\text{S}$ 値の変動が硫黄起源の変動を反映していることを確かめている。この結果を踏まえ、各起源の寄与率を推定した結果、海洋生物由来の硫酸が通年の硫酸の80%以上を占めており、かつ夏期に極大、冬期に極小となる変動を持つことを示している。非海洋生物由来の硫酸の存在量は一年を通じて大きく変化しなかったが、相対寄与率としては冬期に約50%を占めることを明らかにした。さらに春期の特定の期間において、海洋生物由来の硫酸の増加に隠れる形で、非海洋生物由来の硫酸が卓越するイベントを発見している。このイベントと同時期に ^{210}Pb の増加が確認されたことから、他大陸で発生した硫酸が長距離輸送により飛来している可能性を示唆している。

第3章「Spatio-Temporal Variations of Triple Oxygen Isotopic Compositions of Sulfate at Inland and Coastal Antarctica」では、硫酸の気候冷却効果に関連のある硫酸生成過程について、その復元に対する三酸素同位体組成 ($\Delta^{17}\text{O}$ 値) の有用性の検証を試みている。硫酸の $\Delta^{17}\text{O}$ 値は、内陸・沿岸の両地点において、夏に極小、冬に極大となる明確な季節変動を示した。同時に観測したオゾンの $\Delta^{17}\text{O}$ 値の変動幅は、硫酸の $\Delta^{17}\text{O}$ 値の季節変動幅を説明するには不十分であったことから、硫酸の $\Delta^{17}\text{O}$ 値はあくまで硫酸生成過程の変動に依存していることが支持されたとしている。硫酸の $\Delta^{17}\text{O}$ 値は日射量やオゾン濃度と相関を示したことから、この変動は、夏期には日射下で生成される OH ラジカル ($\Delta^{17}\text{O} = 0\text{‰}$) 及び過酸化水素 ($\Delta^{17}\text{O} = 1.6\text{‰}$) といった酸化剤による SO_2 酸化反応が卓越する一方で、冬には同反応が減衰することで相対的にオゾン ($\Delta^{17}\text{O} = 26\text{‰}$) による酸化反応の寄与が高まる傾向を反映していると推察している。しかし、内陸-沿岸の地域間での $\Delta^{17}\text{O}$ 値の差異を解析した結果、前述の酸化剤濃度の増減に加え、春期には表層雪中の光化学に由来する南極特有のプロセスにより、内陸において特異的に $\Delta^{17}\text{O}$ 値が高くなる可能性もあり得る。また、本研究で観測した大気硫酸の $\Delta^{17}\text{O}$ 値は、先行研究において南極の雪氷試料中で観測された $\Delta^{17}\text{O}$ 値に比べて低いことが明らかとなり、大気-積雪間においてもこれまで考慮されていないプロセスが存在することが示唆されたとしている。

第4章「Conclusions and Perspectives」では、本研究の結論と今後の展望を述べている。南極の硫酸の $\delta^{34}\text{S}$ 値は、大気硫酸の起源を反映する有用な指標であることが示されたため、今後、氷期-間氷期の気候変動における海洋生物活動の増減の復元への適用が期待されるとしている。一方で $\Delta^{17}\text{O}$ 値は、本研究で発見した大気中の特異的な値、及び大気-積雪間における指標情報の変質プロセスについて検証するための研究の方向性を提案している。

以上要するに、本論文は、 $\delta^{34}\text{S}$ 値が過去の海洋生物起源の活動を復元するための強力なツールとなり得ることを証明した一方で、 $\Delta^{17}\text{O}$ を用いて南極特有の大気化学プロセスおよび大気-雪氷間の相互作用の詳細な理解を進めている。このように硫黄・酸素同位体比を用いて地球環境に強い影響を与える硫酸エアロゾルの起源とプロセスを解明したもので、理学的に貢献するところが大きい。よって本論文は博士(理学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。