

論文内容要旨 (和文)

平成24年度入学 大学院博士後期課程

地球共生圏科学専攻 地球環境学分野

氏 名 佐藤 弘康



論 文 題 目 南極ドームふじ氷床コア中の金属成分解析によるエアロゾル気候変動の復元

近年、大気中の CO₂ を代表とした温室効果ガス増加による温暖化などの地球環境や気候の諸問題について、国際的な関心が高まっている。これら環境や気候に関わる観測は多数実施されており、将来的な環境変動や気候予測に必要な数値モデルの検証材料となるために注目されている。しかし、観測機器を用いた現在の気象、気候の解析データは数十年程度の時間スケールしかもたないため、より長期的な変動を理解することは困難である。そこで過去の長期変動を解析するため、時間スケールの大きな古環境と古気候の解析も数多くなされてきた。その中でも氷床コアは他の古気候記録に比較して時間分解能が極めて高く、過去数十万年まで連続的なデータが得られるという特徴がある。

これまでに氷コアの解析結果から過去の気候、環境を復元する試みは多数行われている。その中で、氷コア中の金属成分は気候変動と密接に関わりのあるエアロゾルの供給源や環境を知るための重要な要素の一つである。これまで、氷コア中金属については溶存イオン種の解析が主に研究されてきた。一方で、氷コア中の金属成分については難溶性金属の重要性が指摘されている。そのため、氷コア中金属成分の研究は、溶存成分の測定だけでは不十分であり、不溶性粒子の測定が重要となる。難溶性金属成分については濾過捕集粒子中の金属成分測定や酸可溶成分測定などが行われていたが、これらは粒状物全てを測定する方法としては不十分である。そこで、本研究ではマイクロ波酸分解法を用いてドームふじ氷コア中の粒状物を全分解して全金属濃度を測定することで、古気候および環境変動を復元することを目的とした。特に、大気循環や海水準の変動に大きく関わる鉱物および海塩粒子フラックスの定量的評価とエアロゾルの金属組成に影響を及ぼす供給源の変遷および環境変動の評価を目的とした。

得られた金属全濃度からドームふじにおける鉱物および海塩エアロゾルフラックスを算出した。その結果、氷期最寒期におけるドームふじの鉱物エアロゾルフラックスは氷期に著しく大きな値を示し、間氷期の 4.9 倍を示した。一方で、海塩エアロゾルフラックスは氷期、間氷期で大きな差はなかった。

これらの結果は、ドームふじにおいて鉱物エアロゾルフラックスの変動が海塩エアロゾルのそれよりも著しく大きかったことを示唆している。また、海塩エアロゾルは南極に近い海洋から供給されるため氷期-間氷期サイクルという時間スケールでは大きく変化しなかったものと考えられる。これは海塩エアロゾルの輸送は気候変動に伴う大きな気象条件の変化ではなく、より短い時間スケールの現象の影響を強く受けるためではないかと示唆される。各氷期の最寒期には南極氷床へ供給される鉱物エアロゾルフラックスが増大したが、これは海水準低下に伴う陸域面積の拡大、乾燥寒冷化に伴う乾燥地域の拡大、ダストストームの増加および子午面循環の強化によるものと考えられる。

Naを除く全ての金属元素は氷期に EF_{cr} が1に近い値を示し、地殻起源エアロゾルの影響が大きかったことがわかった。また、MgおよびCaはACRと一部の間氷期で平均地殻組成や平均海水組成とは異なる組成を示すことが明らかとなった。これはACRにおいては通常と異なる供給源や供給過程でエアロゾルが供給されていた可能性を示唆する。間氷期には各元素の EF_{cr} が高い値を示し、温暖湿潤な環境下で化学風化を受け細粒化した地殻起源エアロゾルが供給されていた可能性を示した。ただし、 $EF_{cr}Fe$ は特に温暖であったIG4およびIG2でのみ高い値を示し、これは比較的化学風化の影響を受けにくいFeの特性を反映したものと考えられる。 $EF_{cr}Ba$ はMBE前後を問わず間氷期に高い値を示すのに対して、 $EF_{cr}Sr$ および $EF_{cr}Mn$ はMBE以前の間氷期では1に近い値を示すという変動パターンの変化が見られた。海底堆積物などの記録からは、MBEを境にしてエアロゾルの粒径の変動パターンが変化したことが指摘されている。このことからドームふじ氷コア中の金属化学組成の変動パターンと南極に輸送されるエアロゾルの粒径は関連している可能性がある。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 27 年 2 月 5 日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 鈴木 利孝 印
 副査 柳澤 文孝 印
 副査 日野 修次 印
 副査 印
 副査 印

学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	専攻・分野名	地球共生圏科学専攻・地球環境学分野	氏名	佐藤 弘康
論文題目	南極ドームふじ氷床コア中の金属成分解析によるエアロゾル気候変動の復元			
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成 27 年 1 月 28 日～ 平成 27 年 2 月 4 日	
論文公聴会	平成 27 年 2 月 4 日	場 所	理学部 S602 マルチメディア演習室	
最終試験結果	合格	最終試験年月日	平成 27 年 2 月 4 日	

学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)

南極氷床を掘削して得られる氷床コアは、過去の気候・環境変動をたどる優れたアーカイブの一つである。氷床コアを用いた古気候・古環境復元は国際的な重点研究課題となっているが、地球の物質循環と放射強制力変動に密接に関わる過去のエアロゾル輸送を定量的に明らかにするには至っていない。本論文は、我が国の南極観測により得られたドームふじ氷床コア中の金属成分全濃度を測定・解析して、過去 34 万年間の気候変動にともなうエアロゾルの量と組成の変動を世界ではじめて明らかにし、その原因について考察するという新規性・独自性を有している。

第一章では氷床コアによる古気候復元の原理、意義、国内外の研究状況についてのレビューが緻密に行われ、本研究の背景と目的が正しく述べられている。第二章では金属成分の分析方法が詳細に述べられ、第三、四章では、それぞれ用いる氷床コアの採取と年代決定について述べられている。第五章では金属成分の測定結果に基づき、陸起源の鉱物エアロゾルと海起源の海塩エアロゾルの南極氷床へのフラックス変動を描き出し、鉱物エアロゾルフラックスは氷期最寒期に極大値を示し、氷期には間氷期に比べて約 5 倍の鉱物エアロゾルが供給されていたこと、海塩エアロゾルフラックスに有意な氷期-間氷期変動は無かったことなどを明らかにしている。この原因について、寒冷な氷期においては、海水準低下に伴う陸域面積の拡大、乾燥寒冷化に伴う乾燥地域の拡大、ダストストームの増加および子午面循環の強化により、鉱物エアロゾルの長距離空輸が活発化する一方、氷床への供給パスが短い海塩エアロゾルの輸送は気候変動にともなう変化よりも、短時間スケールの気象変化の影響を強く受けるためと結論している。第六章では氷期-間氷期サイクルにともなう鉱物エアロゾルの組成変動について考察しており、間氷期にあらわれる金属の異常濃縮は、温暖湿潤な環境においては地殻表面において化学風化が卓越するためと結論している。

以上の成果が適切な構成と体裁により記述されており、論理的な考察のもとに研究テーマに沿った明確な結論が述べられている。また、本論文の内容の一部は、審査制度のある英文学術誌に公表済みであり、国内外の関連研究者に引用され高い評価を得ている。以上のように、本論文は本専攻における学位審査基準を十分に満たしていることが確認されたため、審査員一同は、本論文が博士号の授与にふさわしいものと判断し、全員一致により合格と判定した。

最終試験の結果の要旨

最終試験は学位論文内容の口頭発表 (50 分)、その内容、および、雪氷学、気象学、鉱物学、分析化学等、関連学術領域の観点からの口頭試問 (30 分) により実施された。口頭発表では、高度な専門知識と論理的説明により、研究の背景と目的、手法、結果と考察、結論を正しくかつ明確に述べることができた。口頭試問では、分野やレベルを問わず、いずれの質問に対しても的確かつ論理的に答えることができ、論文内容につき広く深い知識を有していること、研究者として十分な発表・説明能力を有していることを確認した。以上の結果から、審査員一同は、申請者が博士の学位を授与されるにふさわしい能力を有しているものと判断し、全員一致により合格と判定した。