

論文内容要旨 (和文)

平成26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 小室 悠紀



論文題目 雪氷中金属成分から探る雪氷圏アルベド変動

氷河や氷床が存在する雪氷圏の変化は、地球の気候や環境へ大きな影響を与える。地表面の雪氷が減少することは、地表面のアルベド低下を引き起こし、日射による地球の温暖化を加速させると考えられる。雪氷中に含まれる不純物粒子は雪面のアルベドを低下させ、吸収される日射量を増加させる可能性があることから、雪氷融解を加速させる原因の1つとして注目されている。積雪上における観測から、雪中に含まれる鉱物粒子の増加が、雪面アルベドの低下と強く関係することが明らかになった。これは、過去や将来においても、雪氷中に含まれる鉱物粒子の増加が、雪氷融解および雪氷圏の縮小に強く寄与する可能性があることを示している。氷河や氷床上で掘削された氷コアは、過去の雪面における鉱物粒子量の年代変動を記録している。氷コアに記録された粒子量変動に、積雪上におけるアルベドと鉱物粒子量の相互関係を適用することによって、過去の雪面アルベド変動を復元できる可能性がある。

本研究は、1) グリーンランド北西部 SIGMA-D 地点で掘削された SIGMA コアの金属全濃度解析から、グリーンランド氷床北西部における過去数百年間の鉱物粒子を主としたエアロゾル変動を明らかにすると、2) 氷コア中の粒子量変動から、北半球雪氷圏における過去の雪面アルベド変動を復元することを目的とする。本研究では、グリーンランド氷床北西部と南部、キルギス天山山脈 Grigoriev 氷冠、カムチャッカ半島 Ushkovsky 氷冠のアルベド変動を復元した。

SIGMA コアから得られたグリーンランド氷床北西部の雪中 Al 全濃度は、0.269-78.1ppb の範囲で変動した。非海塩起源 Ca および Mg 濃度と Al 全濃度の関係を比較した結果、グリーンランド氷床北西部における雪中粒子量の増加に、Ca や Mg に富む鉱物粒子の寄与が見られた。この鉱物粒子は、おそらくアジアをはじめとした遠方の乾燥地域が起源だと考えられる。グリーンランド氷床北西部における雪中粒子量の増加には、Ca や Mg に乏しい鉱物粒子も寄与していたが、その起源ははっきりしなかった。本研究で得られた SIGMA コアと先行研究で報告されている他の氷コアの Al 全濃度を比較した結果、グリーンランド氷床北西部および南部は、Grigoriev 氷冠や Ushkovsky 氷冠と比べて、雪中

の鉱物粒子量が非常に小さいことがわかった。

グリーンランド氷床北西部および南部の復元アルベドは、おおよそ 0.7 より高い範囲を示し、雪中に不純物粒子があまり含まれていない場合の範囲に近かった。Grigoriev 氷冠上の復元アルベドはおおよそ 0.8-0.4 の範囲で変動しており、グリーンランド氷床北西部と南部よりも低い範囲を示すことが多かった。Grigoriev 氷冠は周辺を中央アジアの広大な乾燥地域に囲まれていることから、乾燥地域から供給された大量の鉱物粒子により、雪面アルベドの低下が強く引き起こされたと考えられる。Ushkovsky 氷冠上の復元アルベドは、グリーンランド氷床北西部および南部と Grigoriev 氷冠の中間的な範囲を示し、変動範囲はおおよそ 0.9-0.4 となった。カムチャッカ半島に位置する Ushkovsky 氷冠は、近傍に活火山が存在するため、火山噴出物の供給によって雪中粒子量が増加し、雪面アルベドの低下が引き起こされたと考えられる。グリーンランド氷床は、大規模な乾燥地域から遠く離れており、ごく近傍に活火山も見当たらないため、供給される鉱物粒子が相対的に少なかったと考えられる。そのため、グリーンランド氷床北西部および南部の雪中粒子量は小さくなり、雪面アルベドは比較的高い範囲に維持されたと考えられる。将来、氷コア解析から雪面アルベドと関連する鉱物粒子以外の要素の変動も得ることができれば、より正確にアルベドを復元できる可能性がある。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 29 年 2 月 8 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	小室 悠紀
論文題目	雪氷中金属成分から探る雪氷圏アルベド変動			
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成 29 年 1 月 25 日～ 平成 29 年 2 月 7 日	
論文公聴会	平成 29 年 2 月 7 日	場 所	理学部 C508 地球環境学ゼミ室 2	
最終試験結果	合格	最終試験年月日	平成 29 年 2 月 7 日	

学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)

近年、地球上の各地で観測される急激な雪氷圏の衰退は、温室効果による大気温上昇だけでは説明できないことが指摘されている。本論文は、雪氷圏衰退の原因として、気温上昇以外に、グローバル大気汚染の増大に伴う雪氷汚染による雪面アルベド（太陽光反射率）減少が有意ではないかとの推論のもと、雪面アルベドと雪中金属成分濃度の同時測定を実施し、両者の関係を回帰式として数学的に記述し、さらに、その関係をグリーンランド他の雪氷コア中金属成分濃度に適用して過去の雪面アルベド変動の復元を試みるという新規性・独自性を有している。

序章では近年の雪氷圏衰退、雪氷汚染とアルベドの関係等につき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。第一章では雪中金属成分の分析法と雪面アルベド測定法が述べられたあと、雪中金属成分とアルベドの関係を解析し、その関係をモデル化している。第二章ではグリーンランドおよび中緯度山岳氷河コアを試料とした過去のアルベド変動復元について、フィールドワークと試料、解析方法、結果と考察が詳細に述べられている。雪の汚れの指標である雪中金属成分濃度が増加するほど雪面アルベド、すなわち雪の溶けにくさが低下することを示しており、この研究成果は、審査制度のある英文学術誌に公表済みであり、国内外の雪氷・気候研究者から高い評価を得ている。この成果をグリーンランドや山岳氷河における急激な氷床融解過程の解明に役立てるべく、グリーンランドでの雪氷観測に参加し、雪氷コアの取得と金属測定によるアルベド復元が行われた。グリーンランド以外の山岳氷河コアもあわせて解析した結果、過去数百年間における氷河表面のアルベド変動は氷河近傍の火山や砂漠からの火山灰や砂塵の供給によるものと結論している

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。なお、本論文は、研究倫理又は利益相反等に係る学内規則に基づく手続きの必要はない。

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（60 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。