

## アジア, アラスカ, グリーンランドの氷河上クリオコナイトの Sr, Nd 同位体比 Variations in Sr and Nd isotopic ratios in cryoconite on glaciers in Asia, Alaska, and Greenland

永塚 尚子<sup>1\*</sup>, 中野 孝教<sup>2</sup>, 竹内 望<sup>3</sup>Naoko Nagatsuka<sup>1\*</sup>, Takanori Nakano<sup>2</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>3</sup><sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>3</sup> 千葉大学<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>3</sup>Chiba University

近年, 地球温暖化による氷河の後退が著しく懸念されているが, 今後の氷河変動にはこのような気候的要因だけではなく, 氷河上に堆積するクリオコナイトの存在も大きく影響している可能性がある。クリオコナイトは, 雪氷微生物が自身の生物活動に由来する有機物とともに氷河表面に堆積する鉱物粒子を取りこんで形成した泥状の粒子で, 氷河上に蓄積すると表面を黒く汚し, アルベドを下げ氷河の融解を促進させる効果がある。したがって, その成分や供給源を明らかにすることは, 氷河変動を考える上で非常に重要である。

クリオコナイトは世界各地の氷河に堆積しているが, 氷河によってその量や色が異なる。たとえば, アジアの氷河では大量のクリオコナイトが堆積し表面を黒く汚しているのに対し, 極域のアラスカの氷河では堆積するクリオコナイトの量は少なく, 氷河の表面は比較的綺麗である。このように, クリオコナイトの特徴の違いは各氷河表面のアルベド, さらには氷河の融解に大きく影響していると考えられるが, クリオコナイトの形成過程, とくにクリオコナイトを構成する鉱物粒子の起源や有機物の生産過程などの詳しいことはまだわかっていない。本研究では, 物質循環をトレースする有効な手法である Sr, Nd の安定同位体比を用いてアジアと極域の氷河の表面に堆積するクリオコナイトを分析し, 各地域の氷河のクリオコナイトの特徴を明らかにすることを目的とした。分析はクリオコナイトの鉱物成分と有機物成分について行い, 鉱物成分の同位体比からはクリオコナイト中の鉱物粒子の起源を, 有機物成分の同位体比からは微生物が繁殖の際に取り込んだ栄養塩源となる鉱物の種類を特定して, その生物活動を明らかにすることを試みた。

分析を行ったのは, 地理的に離れたアジアの複数の氷河および極域のアラスカ, グリーンランドの氷河表面で採取されたクリオコナイトである。クリオコナイトの構成成分ごとの同位体比を明らかにするため, 酸性度の異なる4つの溶液を用いてクリオコナイトを化学的に5つの成分(有機物, 塩類鉱物, 炭酸塩鉱物, リン酸塩鉱物, ケイ酸塩鉱物)に分離し, それぞれの Sr, Nd 同位体比を測定した。鉱物成分の同位体比については, 先行研究で報告されている各氷河周辺の堆積物の値と比較し, クリオコナイト中の鉱物の起源を特定した。有機物成分については, 各鉱物成分の同位体比と比較し, 微生物の栄養塩源となる鉱物の種類を特定した。分析は総合地球環境学研究所の表面電離型質量分析計(TIMS)を用いて行った。

クリオコナイトの鉱物成分の Sr, Nd 同位体比は, 各氷河で大きく異なり, とくに鉱物粒子のほとんどを占めるケイ酸塩鉱物の同位体比は地域ごとにはっきり異なる傾向を示した。アジアの氷河は緯度が高い氷河ほど Sr が低くて Nd が高い傾向を示し, また, 1つの氷河内での値の変動が比較的小さかった。一方, アラスカの氷河は Sr 比が低く, 1つの氷河でも標高によって Nd 比が大きく変動する傾向を示した。グリーンランドの氷河は, これらの氷河よりもさらに高い Sr 比と低い Nd 比を示した。このことは, 各氷河上のケイ酸塩鉱物の供給源が氷河によって大きく異なることを示している。この同位体比を先行研究で報告されている各氷河周辺の堆積物の値と比較すると, アジアの同位体比は各氷河周辺の砂漠の砂に, アラスカの同位体比は隣接するモレーンや周辺のレスに, グリーンランドの同位体比は周辺モレーンに近くなった。つまり, クリオコナイトの同位体比はそれぞれの氷河周辺の地質の値を反映しており, この結果から, 各氷河のケイ酸塩鉱物はそれぞれの氷河周辺から供給されたものであることがわかった。一方, 塩類, 炭酸塩およびリン酸塩鉱物は, どの地域の氷河においてもケイ酸塩鉱物とは異なる低い Sr 同位体比を示していたことから, 単に周辺地質に由来するものではないと考えられる。先行研究との比較から, アジアの氷河のクリオコナイト中のこれら3つの鉱物は, アジアの乾燥域で生成された蒸発岩やリン灰石に由来するものであることがわかった。

クリオコナイトの有機物成分の Sr 同位体比を, 各鉱物成分の値と比較した結果, 中国の天山, 祁連山脈の氷河では, 塩類鉱物と炭酸塩鉱物に近い低い値を取ったのに対し, その他のアジアの氷河, およびアラスカの氷河では, 塩類・炭酸塩とリン酸塩鉱物との中間の値を示した。有機物成分の Sr 同位体比は, 各氷河での雪氷微生物群集による栄養塩の違いを反映すると考えられることから, この中国の2つの氷河では, それは塩類鉱物と炭酸塩鉱物であり, それ以外の氷河では, それに加えてさらにリン酸塩鉱物に由来する栄養塩も利用していると考えられる。したがって, クリオコナイトの有機物成分の Sr 同位体比は, それぞれの氷河で微生物が利用する栄養塩が異なること, その違いは単純に地域に対応しているわけではないことが明らかになった。

キーワード: Sr-Nd 同位体比, クリオコナイト, 氷河上微生物

Keywords: Sr-Nd isotope ratio, cryoconite, microbes on glaciers