

スバルバル諸島北西部の氷河におけるクリオコナイトの特性の空間分布

宮内謙史郎¹、竹内望²、Tristram Irvine-Fynn³、Arwyn Edwards⁴

^{1,2} 千葉大学大学院理学研究科

^{3,4} アベリストウィス大学 (英国)

The spatial variations in characteristics of cryoconite on glaciers in northwest Svalbard

Kenshiro Miyauchi¹, Nozomu Takeuchi², Tristram Irvine-Fynn³, Arwyn Edwards⁴

^{1,2} Graduate school of science, Chiba University

^{2,3} Aberystwyth University, United Kingdom

Cryoconite is dark colored insoluble impurity and is commonly found on glaciers worldwide. It consists of mineral particles and organic matter, which usually form spherical aggregates called cryoconite granules. Their dark coloration is due to humic substances produced by bacterial activity. Because of the dark coloration, cryoconite can substantially reduce surface albedo and accelerates melting of glaciers. Structure and optical characteristics of cryoconite on Asian glaciers are generally uniform due to abundant windblown dust supplied from surrounding desert and to higher microbial productivity. In contrast, on Arctic glaciers, characteristics of cryoconite may spatially vary due to relatively less windblown dust and microbial activity, but details are unknown. This study aims to describe spatial variations in characteristics of cryoconite on three glaciers (Pedersenbreen, midtrelovenbreen, and AustreBroggerbreen) located in northwest Svalbard.

Microscopy of cryoconite revealed that cryoconite granules of all of study sites contained mineral particles and filamentous cyanobacteria. The organic matter content in cryoconite was greater in the upper site of AustreBroggerbreen and all sites on Pedersenbreen and Midtrelovenbreen compared with those in the lower sites of AustreBroggerbreen. Optical reflectivity corresponded well with the organic matter content, it is lower in the cryoconite of greater content while it is higher in that of lower content. Microscopy of mineral particles in cryoconite revealed that they consisted of diverse particles in terms of color, shape, and size, which vary spatially on the glaciers. For example, reddish mineral particles was abundant in the lower sites in AustreBroggerbreen, but was less in the upper sites in AustreBroggerbreen, Midtrelovenbreen and Pedersenbreen. X-ray diffraction of mineral particles revealed that minerals consisted of mica group, quartz, potassium feldspar, plagioclase, amphibole, chlorite, kaolinite, and that semi-quantitative abundance of each mineral was different among the site. Furthermore we identified each mineral particle with analysis of energy dispersive X-ray analysis (EDS) of Scanning electron microscope (SEM). Results suggest that diversity of mineral particles in cryoconite can largely affect optical property of cryoconite, and it is determined by geology of upstream of the glaciers.

世界各地の氷河上にはクリオコナイトと呼ばれる暗色の固体物質が堆積している。クリオコナイトを構成する有機物や鉱物粒子は、氷河上の微生物の働きにより暗色で球状の集合体（クリオコナイト粒）を形成している。クリオコナイトは氷河表面のアルベドを下げ、日射の吸収を増やして氷河の融解を促進する効果がある。また、クリオコナイトの形態や光学特性は、地域によって異なることが明らかになっている。アジアの山岳氷河では、周囲の砂漠などからの風成ダストが多く飛来し、氷河上の微生物活動が比較的活発であるため、クリオコナイトの量が多く、その特性についても均一であるといわれている。一方、北極圏の氷河では、風成ダストの飛来は少なく、鉱物粒子は氷河周囲の岩壁や地表面から供給されるため、周囲の地形や地質条件の影響を受けて、クリオコナイトは場所によって含まれる鉱物粒子や有機物量が異なる可能性がある。本研究では北極圏スバルバル諸島北西部に位置する、AustreBrogger 氷河、Midtreloven 氷河、Pedersen 氷河において採取されたクリオコナイトの構成物や光学特性の分析を行い、その空間分布や特性の決定要因を考察した。

顕微鏡観察の結果、どの地点から採取されたクリオコナイトも鉱物粒子と糸状のシアノバクテリアを含むクリオコナイト粒が含まれていた。クリオコナイト中の有機物量は、Midtreloven 氷河、Pedersen 氷河および AustreBrogger 氷河の上流部で大きく、反対に AustreBrogger 氷河の下流部で少ないことが明らかになった。クリオコナイト粒の粒径は、有機物量が多い地点ほど大きいことが明らかになり、これは豊富な有機物が粒の維持に重要である可能性を示唆している。有機物量の比較的多いクリオコナイトでは、反射率は比較的強くスペクトルも一定であるのに対し、有機物量の少ないクリオコナイトは、反射率が比較的高く多様な反射スペクトルを示すことが明らかになった。これは、有機物量の多いクリオコナイトは、有機物によって暗色化しているのに対し、有機物量の少ないクリオコナイトは鉱物成分の色の影響が強いことを示している。以上の結果から、この地域の氷河

のクリオコナイトには、場所によって有機物量の多いタイプと少ないタイプが存在し、有機物の多いタイプは粒径が大きく黒い色をしているのに対し、少ないタイプは粒径が小さく多様な色を持っていることがわかった。また、クリオコナイト中の鉱物粒子に着目し顕微鏡観察を行った結果、AustreBrogger 氷河の下流域において赤く見える場所があり、他の場所の鉱物粒子とは色が異なることも明らかとなった。この色の違いは、氷河表面のアルベドに影響を与えるため、氷河の融解を理解していく上で重要となる。X線回折 (XRD) の結果では、雲母類を主体とし、石英、カリ長石、斜長石、角閃石、緑泥石、カオリナイトなどの鉱物が確認された。また、AustreBrogger 氷河下流部では、上流部では見られなかったカリ長石や角閃石などの鉱物が含まれていることが分かったが、鉱物の定量的な構成比には、大きな違いは見られなかった。さらに各鉱物を同定するために走査型電子顕微鏡 (SEM) によるエネルギー分散型 X 線分析 (EDS) を行った。以上の結果から、複数の鉱物粒子の構成比が氷河上のクリオコナイトの光学特性に影響すること、またその鉱物構成は氷河上流部の地質に依存することが明らかになった。