

北極圏の氷河・氷床の生物学的暗色化過程とその融解への効果

竹内望¹、藤沢雄太²、田中聡太²、大沼友貴彦²、島田利元²、永塚尚子²、植竹淳²

¹ 千葉大学大学院理学研究科

² 国立極地研究所

Biotic darkening processes and its impact on surface melting of the Arctic glaciers and ice sheet

Nozomu Takeuchi¹, Yuta Fujisawa¹, Sota Tanaka¹, Yukihiko Onuma¹, Rigen Shimada¹, Naoko Nagatsuka² and Jun Uetake²

¹Chiba University

²National Institutes of Polar Research

北極圏の氷河や氷床では近年表面のアルベドの低下、いわゆる暗色化が報告されている。表面の暗色化は、日射量の吸収を増やし、雪氷の融解を速める効果があるため、氷河融解の一因として温暖化による気温上昇とともに注目されている。氷河の裸氷域の暗色化の主な原因は、暗色の不純物の堆積によるもので、不純物には黒色炭素や鉱物ダストのほか、氷河上に生息する雪氷生物由来の有機物も含まれる。特に近年の環境変化による氷河表面の物理的、化学的条件の変化は、雪氷生物の繁殖に影響し暗色化を引き起こしている原因となっている可能性がある。GRENE プロジェクト (2011-2015) では、他の科研費プロジェクトとともに、北極圏の氷河氷床上の微生物活動の実態とその氷河暗色化および融解への影響を明らかにすることを目的に、グリーンランド北西部および南西部、東シベリア、スバルバル、アラスカ等の氷河で調査を行った。

調査を行った北極圏氷河の裸氷域表面には、1.0 - 150 g m⁻²の暗色の固形不純物が堆積していた (Takeuchi et al., 2014)。不純物の構成物は、重量比で 0.3 - 15%が有機物で、残りが鉱物粒子であった。氷河表面の不純物量は氷河の場所によって変動し、多くの氷河では末端付近よりも氷河中流部で比較的量が多くなる傾向があった。この不純物の空間分布は、不純物の主成分である鉱物粒子が、単に大気から氷河へ供給されたものではなく、氷体内に含まれていたものが表面に現れたものであることを示しており、表面の不純物量の一つの原因として、氷の中の鉱物粒子濃度が考えられる。不純物の顕微鏡観察の結果、どの氷河でも鉱物粒子、雪氷藻類細胞、および暗色の有機物の塊 (クリオコナイト粒) で構成されていることが明らかになった。この中で氷河表面のアルベド低下に影響する構成物は、東シベリアの氷河では、暗赤色の色素をもった雪氷藻類 *Ancylonema nordensholdii* であることが明らかになった (Takeuchi et al., 2015)。氷河表面の反射率は、不純物全重量とは相関がなかったのに対し、*Ancylonema nordensholdii* のバイオマスとは負の相関があった。一方、グリーンランドの氷河では、クリオコナイト粒が最も氷河の暗色化に影響している成分であった。クリオコナイト粒は、糸状のシアノバクテリアが鉱物粒子等を集めることによって形成されていたことから、氷河表面の暗色化には鉱物粒子の供給量とともにシアノバクテリアの繁殖が関わっていると考えられる。さらにクリオコナイト粒は、氷河表面にできた小さな穴 (クリオコナイトホール) に集積したり、穴の崩壊とともに氷河状に散らばったりすることがわかった。このことはクリオコナイトホールの形成や崩壊も、氷河の暗色化に関わっていることを示唆している。スバルバルの氷河では、氷河周辺に多様な鉱物種をもった地層が分布し、鉱物粒子の起源によって不純物の光学特性も異なることも明らかになった。

東シベリアの氷河で、氷河表面のアルベドおよび表面融解速度 (PDDF) を観測により求めたところ、アルベド融解速度には負の有意な相関があることが明らかになった。不純物のない氷河表面の PDDF は、3.00 mm w.e.⁻¹ day⁻¹ なのに対し、不純物を含む氷河表面では、最大 8.55 mm w.e.⁻¹ day⁻¹ となった。このことは、不純物によって融解速度は最大 2.6 倍 (平均 1.8 倍) に加速されていることを示している。

以上の結果から、温暖化に伴って増えた氷体内からの鉱物粒子およびそれに伴って繁殖した糸状のシアノバクテリア、さらに緑藻 *Ancylonema nordensholdii* の繁殖とクリオコナイトホールの崩壊などのプロセスによって、北極圏の氷河が暗色化していると考えられた。これらの要因は、今後の温暖化によってさらに広い範囲で氷河を暗色化する可能性があり、求めた融解速度や微生物繁殖モデル等を使って、今後の氷河氷床の具体的融解量の評価を行っていきたい。

References

- Takeuchi, N., Nagatsuka, N., Uetake, J., and Shimada, R. (2014) Spatial variations in impurities (cryoconite) on glaciers in northwest Greenland. *Bulletin of Glaciological Research*, 32(0), 85-94.
- Takeuchi, N. et al. (2015) The Effect of Impurities on the Surface Melt of a Glacier in the Suntar-Khayata Mountain Range, Russian Siberia. *Frontiers in Earth Science*, 3, 82.