



北海道最高峰の旭岳を染める彩雪の謎を探る

～藻類と細菌が織りなす生態系～

研究成果のポイント

- ・ 融雪期の旭岳に発生する彩雪の原因となる微生物群集を解析し、雪の色に応じて含まれる微生物の構成が異なることを発見。
- ・ 彩雪の中では、ベータプロテオバクテリアという細菌とクロロモナスという藻類が豊富に共存していることを解明。
- ・ 観光客が少ない融雪期の山岳地帯（旭岳姿見の池周辺）での新たな観光資源になることも期待。

研究成果の概要

北海道最高峰である旭岳では、雪解けが進む春、低温環境でも生育できる氷雪藻^{ひょうせつそう}が作る色素により雪面が鮮やかに染まる、彩雪という現象が起こります。例えば、氷雪藻の光合成色素（葉緑素）は緑色に、補助色素（カロチノイド色素）の細胞内蓄積はオレンジや赤色に、それぞれ雪を彩ります。氷雪藻は日本の高山でも長く観察されていますが、旭岳の彩雪がどのような微生物群集（氷雪藻などの集まり）によるものかは明らかになっていませんでした。

本研究では旭岳で雪を採取し、次世代シーケンス*¹による微生物群集の解析と氷雪藻の単離を行いました。微生物群集解析からは、ベータプロテオバクテリアと呼ばれる種類の細菌が高い割合で氷雪藻と共存していたことが明らかになりました。また、単離に成功した氷雪藻を培養したところ、やはりベータプロテオバクテリアの細菌が検出されました。

本研究は、旭岳彩雪の原因となる微生物群集を確認しただけではなく、氷雪藻とベータプロテオバクテリアが互いに助け合っている可能性を明らかにしました。また、観光客が少ない融雪期の山岳地帯（旭岳「姿見の池」周辺）ならではの彩雪現象は、新たな観光資源にもなり得ます。

論文発表の概要

研究論文名：Microbial Community Analysis of Colored Snow from an Alpine Snowfield in Northern Japan Reveals the Prevalence of *Betaproteobacteria* with Snow Algae（北日本の高山雪原に見られる彩雪の微生物群集解析によってベータプロテオバクテリアが豊富に氷雪藻と共存することを解明）

著者：寺島美亜（北海道大学）、梅澤和寛（北海道大学）、森 章一（北海道大学）、小島久弥（北海道大学）、福井 学（北海道大学）

公表雑誌：Frontiers in Microbiology（微生物学に関する専門誌）、doi: 10.3389/fmicb.2017.01481

公表日：スイス時間 2017年8月7日（月）（オンライン公開）

研究成果の概要

(背景)

微細藻類は水圏環境における最も重要な基礎生産者^{*2}であり、氷河や雪原においても物質循環に重要な役割を果たしています。微細藻類が生産した有機物は細菌によって消費され、微細藻類を含む微生物群集の活動は環境に大きな影響を与えています。特に、彩雪現象によって着色された雪は通常の白い雪よりも太陽光を吸収することから、融雪を加速させ、急速な環境変化をもたらします。

一方、微細藻類と共存する細菌についてその群集構造を解析した研究例は少なく、特に日本の雪原での研究は限られています。例えば、彩雪現象を作り出す微細藻類の種類や、雪を緑や赤に染める細胞内色素が蓄積するための環境条件、微生物群集にどのような生理的変化が起こるのかについては明らかになっていません。

(研究手法)

彩雪現象を作り出す微細緑藻とその微生物群集を調査するため、北海道の大雪山国立公園に位置する旭岳で試料を採取し、6月中旬～下旬に赤雪と緑雪を確認しました。採取した雪を顕微鏡で観察したところ、彩雪現象の原因が微細緑藻であり、細菌も豊富に共存することがわかりました。

また、採取した彩雪サンプルからDNAを抽出し、16S及び18S rRNA遺伝子に対して次世代シーケンス解析を実施しました。微生物群集の解析の他、採取した雪を寒天上で培養し、微細緑藻のコロニーの単離と細菌の共存の確認を行いました。

(研究成果)

それぞれのサンプルについて、微生物群集を比較しました。まず藻類については、赤雪ではクロロモナス属に属する緑藻を複数種確認できたのに対して、緑雪では特定の一つが非常に高い割合で存在していました。また細菌については、全てのサンプルにベータプロテオバクテリアの細菌が高い割合で確認できた一方、赤雪のサンプルにはバクテロイデス門に属する細菌も多数存在しており、逆に緑雪ではほとんど検出されませんでした。

このように、赤雪サンプルと緑雪サンプルでは検出した微生物が異なりました。バクテロイデス門は幅広い環境に分布する細菌グループであり、赤雪に検出されながら近辺の緑雪には検出されなかったことは不思議です。この結果には藻類の種の違いや生理状態など様々な要因が考えられますが、今後の研究で明らかする必要があります。

微生物群集の解析のほか、採取した雪からの緑藻クロロモナス株の培養にも成功しました。複数の摂取源から得られたクロロモナスの全ての株からベータプロテオバクテリアが検出されたことから、クロロモナスとベータプロテオバクテリア間で相互作用が起こっている可能性が考えられます。培養実験を行ったところ、細菌がクロロモナス株から炭素源を得ていることに加え、細菌がクロロモナスの増殖を促進していることが明らかになり、この相互作用は両者にとって有利であると考えられます。

(今後への期待)

今回の彩雪微生物群集の解析とクロロモナス株の培養によって、氷雪藻とベータプロテオバクテリアの細菌が共存していることが確認できました。氷雪藻と細菌の間で相互作用が起こっている可能性をどのように解明するかが今後の課題です。微細藻類と細菌はあらゆる環境で共存しているにもかかわらず、どのような相互作用が起こっているのかはあまり知られていません。本研究から単離されたクロロモナス株とベータプロテオバクテリアをモデルとすることが、微細藻類と細菌の相互作用の解明に繋がると期待されます。

お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所 助教 寺島 美亜 (てらしま みあ)

TEL : 011-706-6878 FAX : 011-706-6884 E-mail : m.terashima@lowtem.hokudai.ac.jp

北海道大学低温科学研究所 教授 福井 学 (ふくい まなぶ)

TEL : 011-706-6877 FAX : 011-706-6884 E-mail : my-fukui@pop.lowtem.hokudai.ac.jp

ホームページ : <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/micro-ecol/MicroEcol.htm>

【参考図】

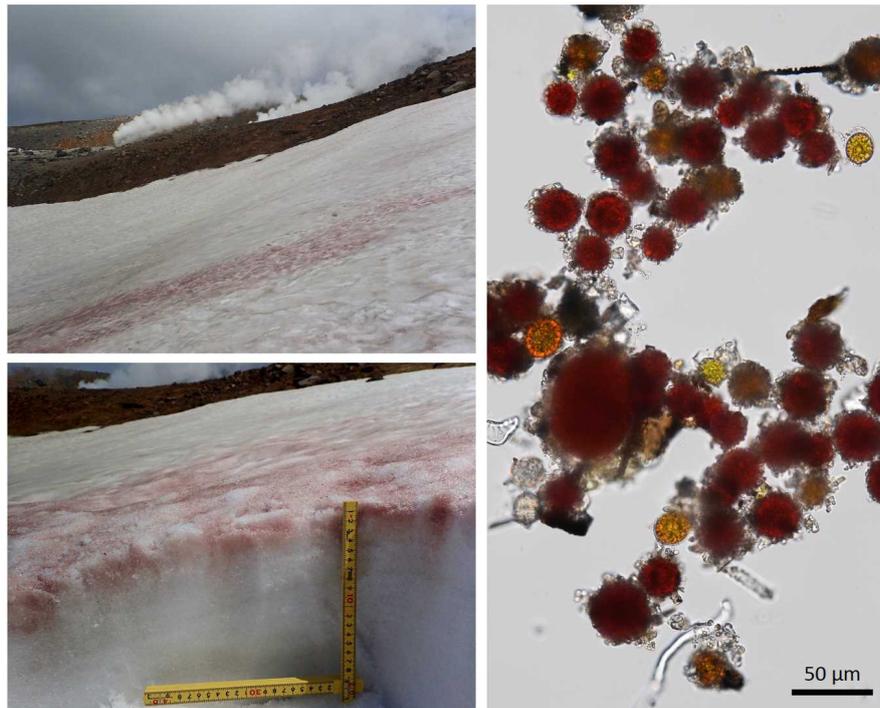


図1 (左上下) 本研究を実施した旭岳赤雪の様子。(右) 採取した赤雪の光学顕微鏡写真。直径 10~40μm の赤, オレンジ, 緑, 茶色の藻類細胞がある。

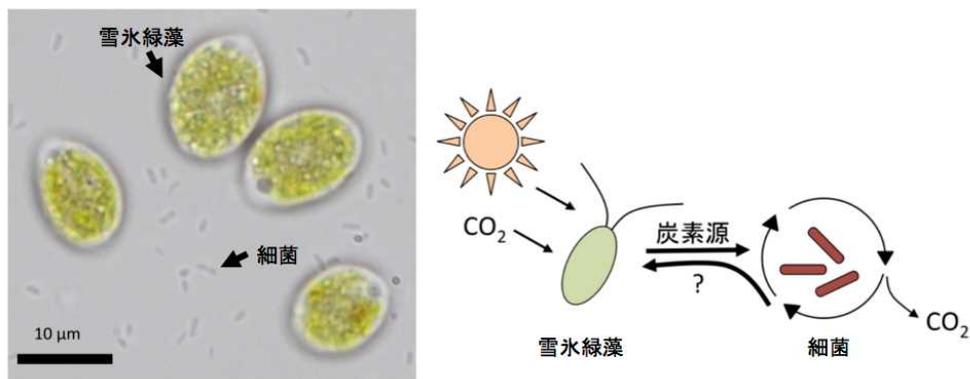


図2 (左) 培養に成功した氷雪緑藻クロロモナス株と共存する細菌。(右) クロロモナス株と共存する細菌はクロロモナス株から炭素源を得ていると思われるが, 細菌は何を提供しているのかはまだ不明。

【用語解説】

- *1 次世代シーケンス … 2000年半ばに米国で登場した, 遺伝子の塩基配列を高速に読み出せる装置のこと。これにより, ゲノム (遺伝情報) を圧倒的に低いコストと短い時間で解析することが可能になった。

- *2 生産者 … 光合成により, 無機物から有機物をつくる生物のこと。植物の他, 海藻や植物プランクトンも含まれる。