

## グリーンランドの積雪における雪氷藻類の繁殖とそのアルベド効果のモデル化

大沼友貴彦<sup>1</sup>、竹内望<sup>1</sup>、田中聡太<sup>1</sup>、永塚尚子<sup>2</sup>、庭野匡思<sup>3</sup>、青木輝夫<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院理学研究科

<sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>3</sup> 気象研究所

### Modeling of microbial growth and its albedo effect on snow surface in north-west Greenland

Yukihiko Onuma<sup>1</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>1</sup>, Sota Tanaka<sup>1</sup>, Naoko Nagatsuka<sup>2</sup>, Masashi Niwano<sup>3</sup> and Teruo Aoki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Chiba University

<sup>2</sup> National Institute of Polar Research

<sup>3</sup> Meteorological Research Institute

雪氷藻類とは、積雪や氷河上に繁殖する寒冷環境に適応した光合成微生物である。雪氷藻類の繁殖は雪氷表面の色を変化させ、アルベド（反射率）を低下させる。雪氷表面のアルベドが低下すると太陽光の吸収量が増加し、雪氷の融解が促進される。そのため、雪氷藻類がどのような環境で繁殖するのかを明らかにすることは、北極域の融雪への影響を考える上で重要である。加えて、北極圏の融雪を正確に将来予測するためにはこのような雪氷藻類の繁殖を考慮したアルベドのモデル化が必要であると考えられる。しかしながら、雪氷藻類の繁殖を考慮したアルベド物理モデルはもちろん、積雪上の藻類の繁殖を再現する生物モデルも現時点では存在しない。さらに、雪氷藻類は積雪中では液相の水の中で繁殖することが知られているが、繁殖に最も影響を与える要因が何かはまだ明らかになっていない。そこで本研究は、北極圏グリーンランド北西部にあるカナック氷帽上の積雪において、現地の観測結果を基に雪氷藻類の繁殖を再現する生物モデルおよび、この生物モデルを加えたアルベド物理モデルを作成、検証することを目的とした。

本研究では、2014年の6月上旬から8月上旬にかけてグリーンランド北西部のカナック氷帽（N 77°，E 69°）の積雪で観測を行った。対象サイトは積雪上に赤雪現象が確認された2地点（Site-A 550m a.s.l, Site-B 950m a.s.l）とし、1週間間隔で積雪表面から深さ2 cm および2 - 10 cm の2層で、雪サンプルの採取を観測毎に2-6箇所で行った。採取した雪サンプルから、蛍光顕微鏡による細胞数のカウントを行い、雪氷藻類のバイオマスを評価した。また、同時に積雪中の鉍物量、黒色炭素（BC）、電気伝導度、pH 分析用のサンプルも採取し分析を行った。雪氷藻類の発生と繁殖の主な要因を明らかにすることと、アルベド物理モデルを用いたアルベドの計算を行うために、気象および積雪物理観測を行った。気象観測では、Site-A, B と同地点にある自動気象測器を用いて1時間ごとに気温と日射を測定した。積雪物理観測では、サンプル採取時に Site-A, B で粒径、密度、含水率などを主に測定した。

顕微鏡観察の結果、直径の平均が  $21.3 \pm 2.3 \mu\text{m}$  である球形の藻類が、Site-A, B とともに7月から8月に採取した全ての表面積雪サンプルで優占種として確認された。この藻類は、サイズと形状が似ていたことから *Chlamydomonas nivalis* と考えられた。この藻類は積雪断面観測の結果より、大気より飛来していると考えられた。この藻類の細胞濃度は時間と標高で変化した。両サイトでは、藻類細胞は6月下旬にはじめてみられ、その後観測終了まで指数関数的に増加し、その細胞濃度は6月下旬から8月にかけて1万倍以上の増加を示した。細胞濃度の最大値は、Site-A の8/2で  $3.5 \times 10^7 \text{ cells m}^{-2}$ 、Site-B の8/3で  $3.0 \times 10^6 \text{ cells m}^{-2}$  となり、標高の低いサイトで大きくなった。観測で求めた藻類の時間変化を、ロジスティック方程式（e.g. Qiwu and Lawson, 1982）を用いてモデル化した。このモデルのパラメータである雪氷藻類の繁殖開始時の細胞濃度（初期細胞濃度）と増加率を、観測結果の線形回帰分析から求めた。Site-A と B の初期細胞濃度と増加率はそれぞれ、 $695 \text{ cells m}^{-2}$  と  $0.42 \text{ day}^{-1}$ 、 $13 \text{ cells m}^{-2}$  と  $0.38 \text{ day}^{-1}$  となった。初期細胞濃度がサイト間で異なったのは、繁殖前に大気から雪面に供給される藻類の孢子量の違いのためと考えられる。同じく大気から供給される積雪表面の鉍物粒子の重量にも、同様な有意な差があったことは、そのことを支持している。増加率もサイト間で違いがあったが、雪氷藻類が氷点以下では繁殖しないことを考慮して増加率を再計算したところ、 $0.42 - 0.45 \text{ day}^{-1}$  の範囲で互いに近い値となった。日射、融解水の温度、pH といった藻類の他の周辺環境は、増加率とは全く関係がみられなかったことから、これらの条件は増加率に影響しないと考えられる。モデル計算値と観測結果を比較したところ、決定係数 R は、Site-A, B でそれぞれ 0.64, 0.99 となった。以上の結果から、積雪上の藻類の繁殖は、ロジスティック方程式を用いて初期細胞濃度と細胞の増加率から再現することが可能であり、初期細胞濃度は飛来する鉍物量から決定し、*Chlamydomonas nivalis* の増加率は求めた値を用いることによって、観測値以外の周辺の積雪表面にも応用することができると考えられる。

当日の発表では、不純物濃度を考慮したアルベド物理モデル PBSAM (Aoki et al., 2011) と作成した生物モデルを組み合わせてアルベドを計算し、その計算結果の報告と検証も行う予定である。

**References**

Aoki, T., K. Kuchiki, M. Niwano, Y. Kodama, M. Hosaka, and T. Tanaka, Physically based snow albedo model for calculating broadband albedos and the solar heating profile in snowpack for general circulation models, *J. Geophys. Res.*, 116, D11114, 2011.

Qiwu Cui, G.J. Lawson, Study on models of single population: an expansion of the logistic and exponential equations, *T. Theor. Biol.* 98, 645-659, 1982.