

日本の融雪期における雪氷藻類の繁殖に関わる積雪の物理・化学的要因 The physical and chemical factor of snow coverage related to breeding of snow algae during the thaw season in Japan

大沼 友貴彦^{1*}, 竹内 望², 竹内 由香里³, 山口 悟⁴, 河島 克久⁵, 飯田 肇⁶, 福井 幸太郎⁶

Yukihiko Onuma^{1*}, Nozomu Takeuchi², Yukari Takeuchi³, Satoru Yamaguchi⁴, Katsuhisa Kawashima⁵, Hajime Iida⁶, Kotaro FUKUI⁶

¹ 千葉大学理学研究科, ² 千葉大学, ³ 森林総合研究所十日町試験地, ⁴ 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター, ⁵ 新潟大学災害復興科学センター, ⁶ 立山カルデラ砂防博物館

¹Graduate School of Science, Chiba Univ., ²Chiba Univ., ³Tohkamachi Experimental Station, Forestry and Forest Products Research Institute, ⁴Snow and Ice Research Center, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ⁵Research Center for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University, ⁶Tateyama Caldera Sabo Museum

融雪期の積雪の表面には雪氷藻類という光合成微生物が繁殖することが知られている。雪氷藻類が繁殖すると雪面の反射率が低下することにより積雪の融解が促進されることから、その繁殖条件を明らかにすることは積雪融解の予測をするためにも重要である。雪氷藻類の繁殖には光合成に必要な日射、CO₂、積雪中の水の有無、pH、栄養塩が要因として挙げられるが、どの要因が最も直接的に関係しているのかは明らかになっていない。そこで本研究は、日本の新潟県の十日町試験地（標高 200m）および富山県の立山室堂平（標高 2400m）の融雪期の積雪において、積雪中のクロロフィル a を用いて雪氷藻類の季節変動を定量的に明らかにし、気象・積雪観測データ、積雪物理モデルデータとの比較を行い、雪氷藻類の繁殖要因を明らかにすることを目的とした。

積雪表面のクロロフィル a 濃度を測定した結果、十日町試験地では 2 月から 3 月の間に、立山では 5 月から 7 月の間にクロロフィル a 濃度の顕著な増加がみられ、両地域で雪氷藻類の繁殖時期が異なることが明らかになった。この繁殖時期の違いは、雪氷藻類は特定の季節に繁殖するのではなく、それぞれの地域の気温や積雪の状態といった環境条件によって繁殖時期が決まることを示している。

十日町試験地で測定したクロロフィル a 濃度と積雪物理モデルによる積雪条件の計算結果を比較したところ、雪氷藻類が繁殖を開始する条件は、積雪全層がザラメ雪になり、かつ昼夜を通して 4 日以上積雪が融解することであることが示唆された。全層がザラメ雪になることは、積雪下の地面にいた雪氷藻類が積雪表面へ遊泳移動するための条件であると考えられる。昼夜を通して 4 日以上積雪が融解することは、積雪表面に辿りついた藻類が安定して繁殖を行うための条件であると考えられる。

十日町試験地で測定したクロロフィル a 濃度の増加量と昼夜を通した融解期間を比較したところ、昼夜を通した融解期間が 4 日以上の場合でのみ藻類の繁殖量が急激に増加すると考えられた。クロロフィル a 濃度が 15 [$\mu\text{g}/\text{m}^2$] 以上増加したのは、昼夜を通した融解期間が 4 日以上の場合のみであった。一方、昼夜を通した融解期間が 3 日以下の場合は、全ての期間でクロロフィル a 濃度が 15 [$\mu\text{g}/\text{m}^2$] を超えなかった。これは、前述のとおり積雪表面の藻類が安定して繁殖を行うには 4 日以上期間が必要である可能性を示唆している。さらに、気象条件との比較の結果、日射量が多い年よりも降雨量が多い年（2010 年）の方が、雪氷藻類の繁殖量が多いことがわかった。このことは、降雨が藻類の繁殖を促進させている可能性を示唆している。

以上の結果から、日本の積雪表面で雪氷藻類が繁殖を開始するための条件は、積雪全層がザラメ雪になること、かつ昼夜を通して積雪表面が連続的に融解する期間が一定以上であること、と考えられた。さらに、雪氷藻類の繁殖量を決定する要因は、積雪表面が昼夜を通しての融解が維持される期間の長さ、降雨であると考えられた。

キーワード: 雪氷藻類, クロロフィル a 濃度, 積雪物理モデル, 含水率

Keywords: snow algae, concentration of chlorophyll a, snow physics model, water content of snow