

雪の華，氷雪藻

大谷修司

はじめに

雪の表面にまるで絵具をまいたように赤や緑や茶色などに着色する現象がある。それを採集し、顕微鏡で観察すると色づいた球形や、楕円形の生物をたくさんみつけることができる。これらは光合成生物である淡水産藻類であり、雪の表面に大繁殖しそのコロニーが肉眼でも観察できるようになったものである。これらの藻類は氷雪藻 (snow algae) と総称されている。氷雪藻というと南極や北極などを想像されるかもしれないが、スカンジナビア半島，ヨーロッパアルプス，ヒマラヤ，ロッキー山脈や日本の高山帯などの積雪の多い地域でも見ることができる。日本の場合，中部地方以北の高山に多いが，中国地方の大山や四国の石鎚山からも報告されている (Fukushima 1963)。氷雪藻に似たアイスアルジー (ice algae) と総称される藻類の一群があるが，これらは南極海などの海氷の裏に生育する藻類のことである。

私の3回の南極観測での経験では，夏に雨の降る日が多い海洋性南極のキングジョージ島で多くの氷雪藻類を観察することができた。図1は，キングジョージ島で数mの範囲にわたって見られた緑雪である。まるで抹茶をかけたかき氷のようであった。その優占種は緑色球形で，4～16個の細胞が集まったものであった (図2)。種名



図1 キングジョージ島でみられた緑雪。1991年1月5日撮影。

はまだわかっていない。私の経験では，昭和基地周辺 (南緯69度) ではペンギンや海鳥の巣の近くで小規模の彩雪現象を見ることができた程度であったが，オーストラリアのケーシー基地周辺 (南緯66度20分) では広く見られる現象であることが報告されている (Ling 1996)。

氷雪藻の優占種と分類学的問題点

これまでの報告では，雪氷藻の優占種は，緑藻ボルボックス目の鞭毛藻 *Chloromonas* 属，や

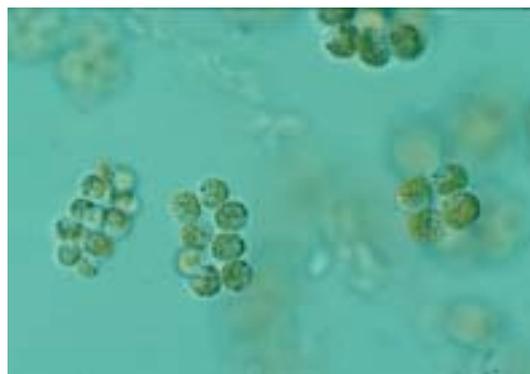


図2 図1の緑雪の優占種。緑色の球形細胞が4～16個集まる。細胞の径は5～8 μm。

Chlamydomonas 属の種類であることが多いが，*Mesotaenium* 属や *Ancylonema nordenskiöldii* Berggren などの緑藻のチリ毛類 (desmids) が優占する場合も知られている (Kol, 1968)。また，日本の茶色の雪からは黄金藻の *Ochromonas* 属の種類が優占することが報告されている (Fukushima 1963)。

緑藻の *Chloromonas* 属，や *Chlamydomonas* 属の種類の種類は栄養細胞は2本の鞭毛を有し，活発に遊泳する。しかし，私の経験では，彩雪現象として我々の目にふれるほど大繁殖したときは，その接合子が観察される場合がほとんどであった。*Chloromonas* 属の場合，繁殖期中で活発に動く栄養細胞の時期は1週間以内であることが報告



図3 キングジョージ島でみられた赤雪。1991年1月5日撮影。

されている (Hohm 1980)。その接合子は色や形が種類によって異なり、赤、茶、オレンジなどに雪の色を染める。接合子は鞭毛を失い、硬い殻で覆われている。以前はこれらの接合子は *Scotiella nivalis* (Shuttlew.) Fritsch, *Cryocystis brevispina* (Fritsch) Kol や *Trochiscia cryophila* Chodt など別の属の種類として同定されていた。ちなみに種名に用いられている *nivalis* は雪、*cyro-* は低温を意味している。しかし、野外試料の連続観察によってこれら3種はいずれも *Chloromonas* の接合子であることが明らかにされた (Hoham 1980 など)。

南極では、赤い球形の孢子からなる赤雪の優占種は *Chlamydomonas nivalis* (Bauer) Wille または *Chlamydomonas antarcticus* Wille として報告がなされてきた。しかし、オーストラリアのケースー基地付近の赤雪は、生活史に基づく研究から *Chloromonas rubroleosa* Ling & Seppelt や *Chlorosarcina* 属の1種であることが報告された (Ling 1996)。球形の赤い孢子による赤雪の優占種については、複数の種類が存在する可能性が以前から指摘されており、他の地域においても同様に生活史に基づいた同定が必要であろう。図3にキングジョージ島でみられた赤雪をしめした。その優占種は赤色の球形の細胞であり、おそらく緑藻の孢子と考えられるが、培養を行うことができなかつたため、種名は不明である (図4)。本種による赤雪は海岸よりも内陸部に多く、水をあまり含まないざら目状の雪の上に多い傾向があった (Ohtani *et al.* 1998)。

ところで緑藻の *C. nivalis* が赤雪を形成するの

はなぜだろうか。本種は光合成色素としてクロロフィル a, b を有しているが、赤色の色素を合成し蓄積をする。その結果、本来の葉緑体の緑色が赤に覆われてしまい、血の様な色に見えるわけである。カロチノイドの1種であるアスタキサンチン (astaxanthin) がその成分である。これまでの研究では、窒素源が不足した場合や、光が強い場合にこの色素が合成されることが報告されている (Round 1981)。

南極の湖沼や蘚苔類着生藻類としては、藍藻類が優占し、珪藻も普通に出現する。しかし、雪上からは、私の調べたキングジョージ島では藍藻も珪藻も優占することがなかった (Ohtani *et al.* 1998)。日本の氷雪藻の優占種は緑藻と黄金藻であり、珪藻と藍藻は出現しているが、優占種として報告されていない (Fukushima 1963)。世界の氷雪藻類の分類と生態をまとめた Kol (1968) の中でも藍藻はクロオコカス科の7種類が主要な種類として記載されているに過ぎず、珪藻に至っては種名のリストがあげられているにすぎない。同じ低温にさらされる南極海の氷の裏で珪藻が優占する場合とは対照的である。

氷雪藻の季節的な消長

氷雪藻にとっても繁殖するためには液体の水が必要であり、繁殖する時期は気温が日中0を越えて、堆積した雪の中に雪解け水ができる頃である。その中の栄養分や二酸化炭素を利用して大繁殖し雪の色を染めるわけである

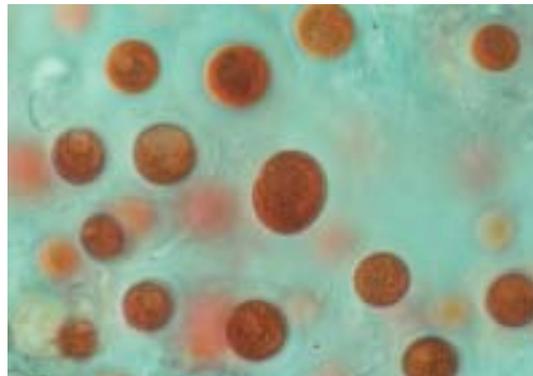


図4 図3の赤雪の優占種。赤褐色の色素を有する球形の孢子。厚い粘液質の層がある。細胞の径は10~15μm。

(Hoham 1980)。キングジョージ島の場合、南極の夏である 11 月下旬より冰雪藻は出現し始め、12 月下旬になると冬の間に積もった雪が雨や日射で大量に解け多くの冰雪藻が観察された。冰雪藻は雪が解けきる 1 月下旬まで沿岸部を中心に広く観察することができた(Ohtani *et al.* 1998)。

Chloromonas 属の種の接合子は、冬を越し、雪解け水が供給されるまで休眠した後、発芽する(Hoham 1980)。雪が解けきらない場合は、雪の上で冬を越すことになるが、キングジョージ島の場合、冰雪藻が観察された海岸部の雪はすべて夏の間解けきるので、土壌表面で次の繁殖シーズンまでこれらの接合子は、じっと耐えることになる。次の年、土壌表面で発芽した栄養細胞は鞭毛を使って泳ぎ、堆積した雪の表面にたどり着くと考えられている(Hoham 1980)。キングジョージ島では海岸部に多くの海鳥が生育しており、私は海鳥が雪の上に降りたつことを観察している。これら海鳥の足に付着した接合子が雪の表面に運ばれコロニーを作ることもあるのではないかと考えている。発芽した栄養細胞は 2 - 4 - 8 分裂をして増殖し、発芽から数日後に配偶子に分化した後、接合して接合子を形成する。このように *Chloromonas* 属の種の栄養細胞の時期がわずかであることが、これまでクロコックム目の属の種に同定されていた原因のひとつであろうと言われている(Hoham 1980)。

雪の上は強い光と低温にさらされる。キングジョージ島の場合、冰雪藻はさえぎるものが全く無い場所の雪上に出現しており、1991 年 1 月 10 日晴れの日の最大光合成有効放射量は 1800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ であった(Ohtani *et al.* 1998)。栄養分は降雨や風によって吹き飛ばされた塵などによって運ばれる。冰雪藻の多くは、培養結果をみる

と 10 以上では生育できない。*Chloromonas rubroleosa* は、1 ~ 4 に(Ling 1996)、*Chloromonas pichinchae* Wille は、1 ~ 5 に(Hoham 1980) 至適生育温度があり、我々の常識に反して 0 近くの温度が生育に適しているのである。

おわりに

日本でも融雪期に高山に出かけた場合など、雪の表面に目を向けると冰雪藻に出会えるかもしれない。残雪を見つけたらぜひ着色した雪を見つけて、できることならフィルムケースにも入れて持ち帰り、顕微鏡で観察してほしい。冰雪藻は極地や高山帯にみられるため現場に行くことが難しく、その分類、生理、生活史に未だに不明な点が多く残されている。さらなる現地での冰雪藻の繁殖期を通じた連続観察や培養株を用いた生活史に基づいた研究が行われることを期待したい。

文献

- Fukushima, H. 1963. Studies on cryophytes in Japan. J. Yokohama Munic. Univ. Ser. C. 43:1-146.
 Hoham, R. W. 1980. Unicellular Chlorophytes-snow algae. In *Phytoflagellates*, Cox, E. R. ed., p. 61-84.
 Kol, E. 1968. *Kryobiologie. Biologie und Limnologie des Schnees und Eises. I. Kryovegetation. Binnengewasser*, 24: 1-216. E. Schweizerbart'sch Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
 Ling, H. 1996. Snow algae of the Windmill Islands region, Antarctica. *Hydrobiologia* 336: 99-106.
 Ohtani, S. Chen, B. & Nakatsubo, T. 1998. Distribution of snow algae at King George Island, Antarctica with reference to physical and chemical characters of snow. *Chinese J. Polar Res.* 10: 191-203. (in Chinese)
 Round, F. E. 1981. *The ecology of algae*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 653.

(島根大学教育学部)