

南極ラングホブデ雪鳥沢における蘚類の繁殖体バンク

鮎川 恵理¹・伊村 智²・神田 啓史²Bryophyte propagule bank in the Yukidori Valley,
Langhovde, AntarcticaEri Ayukawa¹, Satoshi Imura² and Hiroshi Kanda²

Abstract: Distribution, species composition and possibilities of germination of the propagule bank of moss in Antarctic soils were investigated by cultural experiments. Soil samples were collected in the Yukidori Valley, Antarctica, and were incubated under laboratory conditions. After several weeks, fungi, algae and mosses were observed in the samples. The dominant species within the germinated moss shoots was *Bryum pseudotriquetrum* s.lat.; in fact, this species was the only moss species at the study site. Shoots of *Ceratodon purpureus* and *Pottia heimii* appeared rarely in the general area, but were not observed at all at the study site. Vegetative propagules such as fragments of shoots were frequently found in the soils, most of the germinated shoots sprouted from such propagules. These propagules were thought to be important for colonization at the site. A relatively large number of shoots of *B. pseudotriquetrum* appeared from the samples collected from the ground near the vegetation. Most of the propagules of *B. pseudotriquetrum* in the soils were thought to be dispersed from nearby communities, whereas some propagules such as *C. purpureus* and *P. heimii* were thought to be dispersed from more distant moss communities.

要旨: 南極ラングホブデ雪鳥沢の植生周辺での蘚類の繁殖体バンクの分布、種構成、繁殖体の発芽能力を土壌培養により調べた。土壌サンプルを12週間にわたり培養した結果、菌類、藻類、蘚類の出現が確認された。最も多く出現した蘚類は調査地に生育するオオハリガネゴケ *Bryum pseudotriquetrum* であった。調査地に生育していなかったヤノウエノアカゴケ *Ceratodon purpureus*、キョクチセンボンゴケ *Pottia heimii* のシュートの出現も確認された。出現した蘚類シュートの大半はシュート断片から発芽しており、シュート断片が栄養繁殖体として重要であると考えられた。蘚類群落に近い場所ほど数多くのオオハリガネゴケシュートが出現したこと、調査地にはなくその上下流域に生育する二種が出現したことから、繁殖体バンクは比較的近距離な散布を中心に、低頻度な遠距離散布を含めた上で成立していると考えられた。

¹総合研究大学院大学数物科学研究科極域科学専攻, Department of Polar Science, School of Mathematical and Physical Science, The Graduate University for Advanced Studies, National Institute of Polar Research, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515.

²国立極地研究所, National Institute of Polar Research, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515.

1. はじめに

日本の昭和基地の位置する東南極の露岩域では低温、乾燥、未発達な土壤による貧栄養などのさまざまな強い環境ストレスが働き、地表が植物によって覆われることのない裸地が広範囲に広がっている。植生は限られた立地に見られるが、そこでは顕花植物は生育できず、藻類、蘚類、地衣類などからなるきわめて単純な構成となっている。昭和基地周辺の露岩域は完全な裸地が認められ、動植物相も単純な地球上でも数少ない地域である。このような露岩域の裸地に蘚類群落が発達していることは、蘚類の繁殖体が侵入し、定着してきたことを意味するものであり、裸地が広がる南極の露岩域は、侵入や定着という植物群落の遷移初期過程の研究に適した立地と思われる。

これまでの南極における研究では、地表への落下物の採取から周囲に植生のない裸地にも菌類、藻類、地衣類、蘚類などの繁殖体が散布されていること (Rudolph, 1970) や、裸地への藻類の定着が他の植物群の侵入を容易にし一次遷移過程を促進する可能性 (Wynn-Williams, 1986, 1990, 1993) などが指摘されてきた。裸地土壌中には隠花植物の繁殖体が発芽せずに蓄積されており (propagule bank; 繁殖体バンク, Smith, 1985), 昭和基地周辺の裸地においても、発芽能力をもつ繁殖体バンクの存在が確認されてきた (Imura *et al.*, 1993). しかしながら昭和基地周辺の露岩域ではもちろん南極全域でも繁殖体バンクの研究例は少なく、繁殖体バンクの分布、量、構成種については断片的な情報しか得られていないのが現状である。そこで本研究では南極の蘚類群落周辺における植物の繁殖体バンクに着目し、その分布量、種構成、繁殖体バンク内の繁殖体の発芽能力を明らかにすることを目的とした。

2. 調査地と方法

本研究の調査地は、東南極に位置する昭和基地から約 20 km 南方の、ラングホブデ露岩域の雪鳥沢 (南緯 69°14'30", 東経 39°46'00") とした (図 1). 雪鳥沢はこの露岩域のほぼ中央に位置し、標高約 200 m の東端のラングホブデ氷河の支流から西へ流れ込む全長約 2.5 km ほどの沢である。この地域には昭和基地周辺に複数ある露岩域の中で最も規模の大きな植生が存在し、南極特別保護地区 (ASPA: Antarctic Specially Protected Area) として指定されている。ここでの主な陸上植生は蘚類、藻類、地衣類で構成され、蘚類ではヤノウエノアカゴケ *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., キョクチハリガネゴケ *Bryum amblyodon* C. Muell., ギンゴケ *Bryum argenteum* Hedw., オオハリガネゴケ *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) Gaertn., Meyer et Scherb., キョクチセンボンゴケ *Pottia heimii* (Hedw.) Hampe, ミナミセンボンゴケ *Pottia austrogeorgica* Card. の 6 種の報告がある (Kanda, 1987). これらのうち、キョクチハリガネゴケでは孢子体の形成が報告され、その形態からオオハリガネゴケとは別種として扱われた (Kanda and Ochi, 1986) が、本研究の調査地や培養では孢子体が確認されず同定が不可能であった。

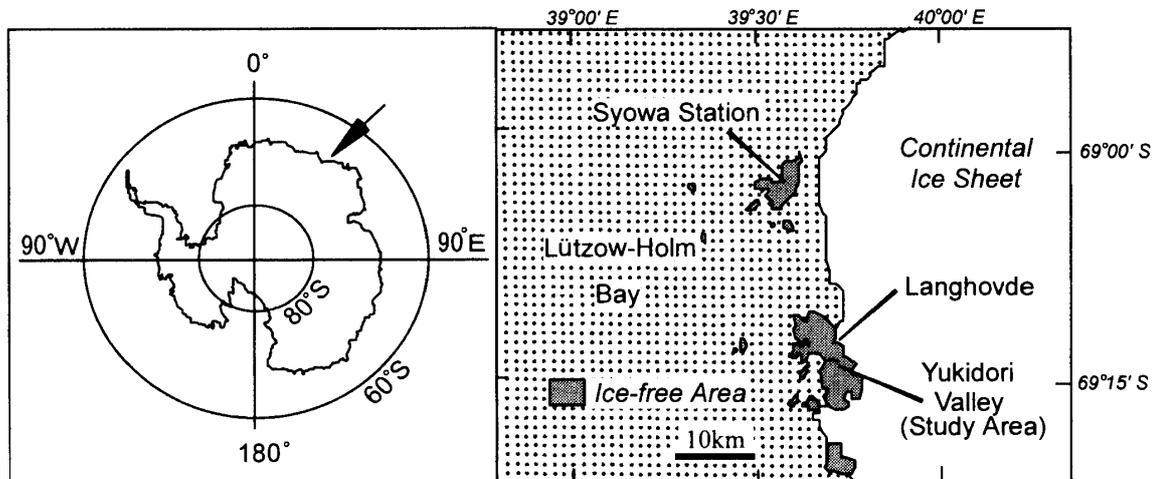


図1 調査地地図

Fig. 1. Map of study site.

め、ギンゴケ以外の *Bryum* 属の蘚類は広義のオオハリガネゴケ *B. pseudotriquetrum* s. lat. として扱った。

第29次日本南極地域観測隊(1988-1989)の生物部門が実施した研究の一環として、雪鳥沢の中流域(河口から400mほど上流)に沢に直交するように中心部分から沢の下流に向かって左岸方向と右岸方向にそれぞれ5m、全長10mのライントランセクトを設けた。トランセクトの左岸側の端を基点とし、30cm×30cmのコドラートを50cm間隔で21カ所設置した。これらのコドラート内の藻類、蘚類の被度(地表を覆っている割合)を記録した後、無植被部分から表層土壌(表層から約2cm)をスパーテルでかきとり採取し、ビニール袋に入れ密閉して現地から持ち帰り、直ちに-20°Cの冷凍庫中で保存した。コドラートのうちほぼ沢の中央部に位置する5.0m地点のものは無植被の部分が多かったため土壌採取は実施できなかった。

冷凍庫中で保管されていたこれら20点の密閉土壌試料を1996年5月に室温で徐々に解凍し、それぞれ約3gづつとり、直径5.5cm、深さ1cmのプラスチックシャーレ中にひいた濾紙上に均一になるように撒き、直ちに試料が浸る程度のクノープII液(Nehira, 1988)を滴下し、15±2°C、照度約3000lux、16時間明期8時間暗期の条件で12週間培養した。培養期間中、毎日一度クノープII液を滴下し、試料が乾燥しないようにした。発芽個体の観察は週に一回の頻度で実体顕微鏡(Nikon SMZ-10)を使用して行った。蘚類については原糸体とシュートの発芽を区分してそれらの出現時期を記録した。さらに蘚類のシュートに関しては外部形態から種の同定と計数も実施した。藻類に関しては実体顕微鏡では種ごとの同定は困難であったため、同定せずに出現の有無のみを記録し、実験終了後に一部を生物顕微鏡で観察し同定を行った。

3. 結 果

調査地の地形断面の略図と、トランセクト上の各コードラート内 (30×30 cm) の蘚類の被度を図2に示した。地形はトランセクトの0 m地点は水位より約1.5 m高く、0 m地点から2 m地点にかけては急な斜面になっており、10 m側は水位より約0.2 m高くほぼ平坦であった。コードラート内の植生は、オオハリガネゴケと藻類のみの群落であった。2 mまでは完全な裸地で、2.5-10.0 mには藻類とオオハリガネゴケが混在していた。2.5-5.5 mの沢の中央付近にはオオハリガネゴケが40-100%の高い被度でみられ、6.0-10.0 mはオオハリガネゴケが10%以下の被度でまばらに生育していた。

土壌培養実験により培養開始後10週目までに菌類、藻類および蘚類の原糸体とシュートの出現が認められた(図4)。菌類(未同定)(図4a)は培養後1週間以内に少数のサンプルから出現した。藻類(図4b)、蘚類の原糸体(図4c)、蘚類各種のシュート(図4d)の3群について、はじめて認められた週を示したものが表1である。藻類は培養を行ったすべてのサンプルから培養開始後1または2週間で出現し、平均出現週は1.5週目であった。また、実験終了後に同定された藻類は藍藻の *Microcoleus* sp., *Nostoc* sp., *Oscillatoria* sp. であった。蘚類の原糸体の出現時期は1-10週間後とさまざまであったが、平均出現週は5.1週であった。蘚類のシュートに関してはその形態的特徴により、オオハリガネゴケ、ヤノウエノアカゴケ、キョクチセンボンゴケの3属3種の出現が確認された。オオハリガネゴケのシュートの出現時期は2-10週間後とかなりのばらつきがみられ、平均出現週は4.5週となった。ヤノウエノアカゴケのシュートは、出現したすべてのサンプルでオオハリガネゴケより遅れて7週目から出現し平均出現週は7.6週で、キョクチセンボンゴケのシュートは2週目に9.5 m地点から出現した。

表1の結果から、蘚類の原糸体とシュートの両方が出現したサンプルについて、原糸体とシュートの出現時期の違いを調べた。トランセクトの中心付近の4サンプル(表1, 白抜き)では原糸体のほうが先に観察され、8.5-10.0 m地点の4サンプル(表1, 囲み)ではシュートの方が原糸体より早く観察された。それ以外のサンプルでは原糸体とシュートは同時期に出現した。沢の中心付近で出現したシュートにはシュートの断片から原糸体が形成され、その上にシュートが形成されている場合(図4c)が多く、8.5-10.0 m地点では原糸体を形成せずに断片から直接にシュートが形成される場合(図4d)が多かった。

実験終了時に確認された蘚類の種ごとのシュート数を図3に示した。出現した蘚類シュートの99%以上はオオハリガネゴケであった。培養によって発芽したオオハリガネゴケのシュートの本数は0 m地点で12本、0.5 m地点で3本と少数、沢の中央部の2.5-5.5 m地点では60-522本と多く、6.0-10.0 m地点では沢の中央部分に比べやや少数であった。また、調査地には分布していない種、ヤノウエノアカゴケが沢の中心部近く(2.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.0 m)で1-10本出現したほか、キョクチセンボンゴケが9.5 m地点に6本出現した。これらの発芽した蘚類

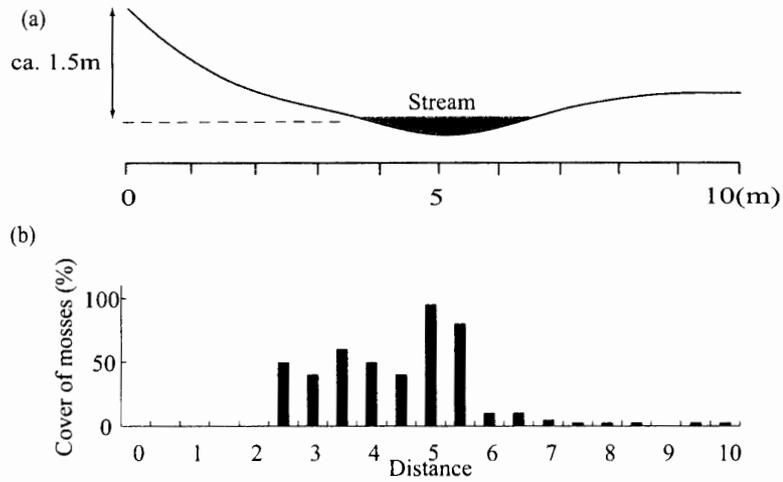


図2 地形断面図 (a) および調査地植生 (b)
 Fig. 2. Transect profile (a) and vegetation cover of the study site (b).

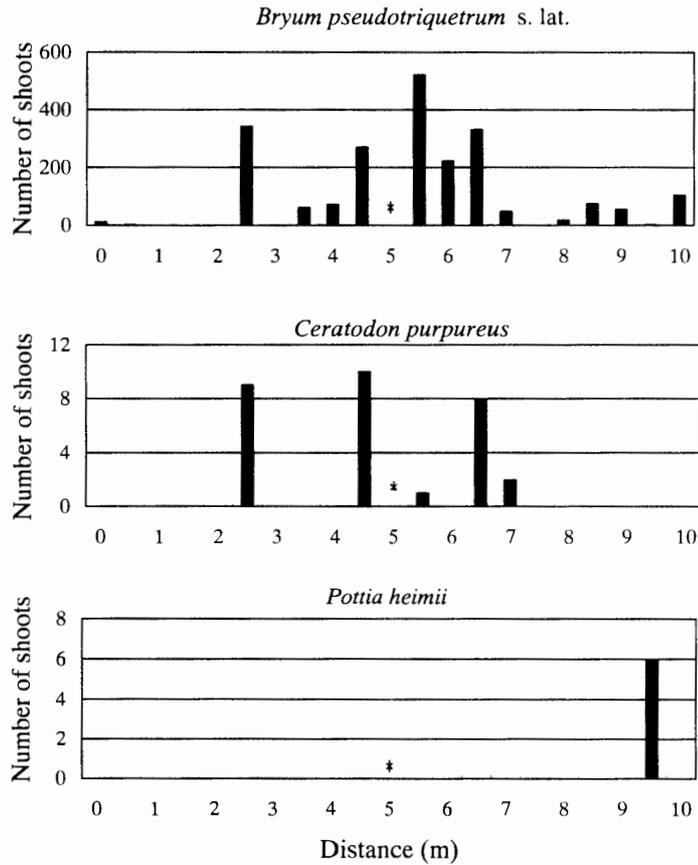


図3 トランセクトにそって採取された土壌から培養により出現した蘚類シュートの数。
 *データなし。
 Fig. 3. Number of moss shoots developed from the cultured soil samples, along the transect. *No data.

表1 蘚類の原糸体およびシュートがはじめて観察された週

Table 1. Earliest appearance of protonema and shoots of mosses. Values in this table show weeks from commencement of the experiment.

Distance (m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
ALGAE	2	2	2	2	2	2	2	1	1
MOSESSES									
protonemata	10	-	-	-	7	2	-	3	6
shoots									
<i>Bryum pseudotriquetrum</i> s. lat.	10	10	-	-	-	2	-	3	6
<i>Ceratodon purpureus</i>	-	-	-	-	-	7	-	-	-
<i>Pottia heimii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Distance (m)	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	mean±S.D.
ALGAE	2	*	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1.5±0.51(n=20)
MOSESSES													
protonemata													
shoots													
<i>Bryum pseudotriquetrum</i> s. lat.	1	2	2	2	3	10	6	4	6	10	7		5.1±3.13(n=16)
<i>Ceratodon purpureus</i>	4	3	3	4	3	-	6	2	2	7	2		4.5±2.74(n=15)
<i>Pottia heimii</i>	7	7	-	10	7	-	-	-	-	-	-		7.6±1.34(n=5)
										2			2(n=1)

 原糸体が*Bryum pseudotriquetrum* s. lat. と *Ceratodon purpureus* のシュートより先に観察された場合
 Cases in which protonema appeared earlier than shoots of *Bryum pseudotriquetrum* s. lat. and *Ceratodon purpureus*.

 *Bryum pseudotriquetrum* s. lat. と *Pottia heimii* のシュートが原糸体より先に観察された場合
 Cases in which shoots of *Bryum pseudotriquetrum* s. lat. and *Pottia heimii* appeared earlier than protonema.

*; データなし. No data. -; 出現せず. Not appeared.

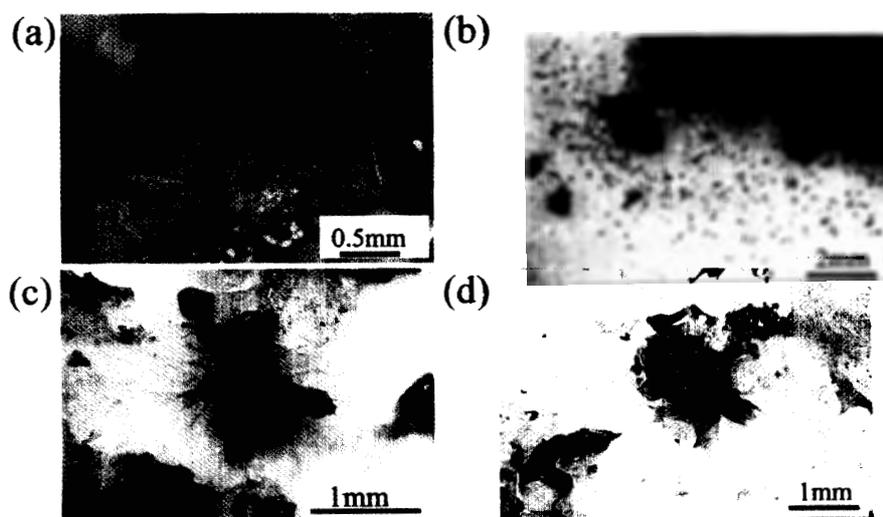


図4 培養により出現した植物。(a); 菌類, (b); 藻類, (c); 蘚類の原糸体, (d); 蘚類のシュート)
 Fig. 4. Organisms which appeared on the cultivated samples (a; Fungi, b; Algae, c; Protonema of mosses, d; Shoots of mosses).

シュートや原糸体は茶褐色の長さ 1.5 mm, 幅 0.8 mm 程度のシュートの断片を元としていることが頻繁に観察された (図 4c, d)。おおむね調査地の植被の割合に応じた数のシュートが出現していたが、植被はあってもシュート出現がみられない場合 (図 2, 3 の 3.0 および 7.5 m) や、無植被のコドラートのサンプルからシュートの出現が見られる場合 (図 2, 3 の 0.0, 0.5 および 9.0 m) もあった。

4. 考 察

大陸性南極の多くの蘚類は孢子体をつけることは極めて稀なため、繁殖のほとんどは栄養繁殖に依存していると考えられている (Imura and Kanda, 1986; Selkirk, 1984; Imura *et al.*, 1993; Longton, 1988)。本研究の培養実験によって出現した蘚類の原糸体やシュートはシュート断片からの発芽がよく確認されたことから、シュート断片が栄養繁殖体としてこの地域での繁殖体バンクの主要な構成要素であることが示唆された。

出現した蘚類シュートのほとんどはオオハリガネゴケであり、その数もコドラート内の被度の高い地点で多かったことから、トランセクトが設置された範囲においては沢の中央部付近の群落を中心とする極めて近距離な散布により、調査地の繁殖体バンクの主要な要素が形成されていたのではないかと考えられた。培養により少数のシュートが出現したキョクチセンボンゴケとヤノウエノアカゴケ (図 3) は雪鳥沢全体では比較的好くみられる種である (Kanda, 1987; Kanda and Inoue, 1994) もの、調査地には存在しなかった種である。キョクチセンボンゴケはこれまでの調査地付近での採集例は近いものでも、調査地の南西 350 m ほど下流の地点であったことや、ヤノウエノアカゴケがトランセクト中央部でわずかに出現したことは、これらの種の繁殖体が風や水流などによって、上下流域から運ばれて調査地の繁殖体バンクに移入していたことを示唆するものである。

シュート断片からの発芽には、原糸体を形成したのちシュートを形成する場合と原糸体を形成せずにシュートを形成する場合の二通りがみられた。一般に蘚類においては、孢子や無性芽の発芽や植物体の断片からの再生の過程で、原糸体の時期を経た後に原糸体上にシュートが形成される。しかし、無性芽や植物体の断片の中には成長点が含まれているものがあり、その場合には、原糸体を経ることなく直接成長点が活動を始めてシュートを形成することもあることが知られている (Imura, 1994)。本研究では沢中央部の比較的密な植被のあった 4.5-6.5 m 地点 (表 1. 白抜き) の試料では直接シュート形成が生じた割合が大きかった。繁殖体バンク中には同一種においても発芽様式の異なる栄養繁殖体が存在し、保存されていることが明らかとなった。沢中央部と 8.5-10.0 m でみられた栄養繁殖体のシュート形成に至るまでの過程の違いに関して、本調査地では土壌環境に差が認められるという研究例 (鮎川ら, 1998) があるものの、その理由を説明するような事実関係は今だ捉えられておらず、今後解明しなければいけない問題の一つである。

シュートが出現した3種の蘚類ではヤノウエノアカゴケがオオハリガネゴケやキョクチセンボンゴケに比べ、約3週間も出現時期が遅かった。この結果は Smith and Coupar (1986) によるシグニー島における土壌の培養実験において、ヤノウエノアカゴケの出現が8週目から14週目で、ほかの種にくらべ出現が遅い傾向にあったという点と一致し、本種の発芽特性を反映したものと考えられる。植物の生育に適した期間が非常に短いと考えられている南極の環境下 (Longton, 1988) において、発芽までの期間が長いということは定着の可能性を低くする一要因であり、発芽後の定着の容易さを大きく左右する性質と考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり島根大学教育学部の大谷修司博士には藻類の同定をしていただいた。東京農工大学農学部の福嶋司博士、東京農工大学農学部植生管理学講座の諸氏、総合研究大学院大学極域科学専攻の上野健氏には多くのご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

文 献

- 鮎川恵理・伊村 智・神田啓史 (1998): 南極雪鳥沢の土壌環境と植生分布。蘚苔類研究, **7**(4), 109-115.
- Imura, S. (1994): Vegetative diaspores in Japanese mosses. *J. Hattori Bot. Lab.*, **77**, 177-232.
- Imura, S. and Kanda, H. (1986): The gemmae of the mosses collected from the Syowa Station area, Antarctica. *Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue*, **44**, 57-61.
- Imura, S., Higuchi, M., Kanda, H. and Iwatsuki, Z. (1993): Vegetative reproduction of mosses in soil around the Antarctic moss community (extended abstract). *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, **6**, 179-181.
- Kanda, H. (1987): Moss vegetation in the Yukidori Valley, Langhovde, East Antarctica. *Papers on Plant Ecology and Taxonomy to the Memory of Dr. Satoshi Nakanishi*. Kobe, Kobe Gunraku Seitai Kenkyukai, 197-204.
- Kanda, H. and Inoue, M. (1994): Ecological monitoring of moss and lichen vegetation in the Syowa Station area, Antarctica. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, **7**, 221-231.
- Kanda, H. and Ochi, H. (1986): Fruiting plants of *Bryum* found in the vicinity of Syowa Station, Antarctica. *Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue*, **44**, 220-228.
- Longton, R.E. (1988): *Biology of Polar Bryophytes and Lichens*. Avon, The Bass Press, 391 p.
- Nehira, K. (1988): Germination and protonema. *Methods in Bryology, Proceedings of the Bryological Methods Workshop, Mainz*, ed. by J.M. Glime. Nichinan, Hattori Bot. Lab., 113-117.
- Rudolf, E.D. (1970): Local dissemination of plant propagules in Antarctica. *Antarctic Ecology*, ed. by M.W. Holdgate. London, Academic Press, 812-817.
- Selkirk, P.M. (1984): Vegetative reproduction and dispersal of bryophytes on subantarctic Macquarie Island and Antarctica. *J. Hattori Bot. Lab.*, **55**, 105-111.
- Smith, R.I.L. (1985): Studies on plant colonization and community development in Antarctic fellfields. *Br. Antarct. Surv. Bull.*, **68**, 109-113.
- Smith, R.I.L. and Couper, A.M. (1986): The colonization potential of bryophyte propagules in Antarctic fellfield soil. *Colloque sur les Ecosystemes Subantarctiques*. CNFRA, **58**, 189-204.
- Winn-Williams, D.D. (1986): Microbial colonization of Antarctic fellfield soils. *Perspectives in Microbial Ecology*, ed. by F. Megusae and M. Canter. Ljubljana, Slovene Society for Microbiology, 191-200.

- Winn-Williams, D.D. (1990): Microbial colonization processes in Antarctic fellfield soils—an experimental overview. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, **3**, 164-178.
- Winn-Williams, D.D. (1993): Microbial processes and initial stabilization of fellfield soil. *Primary Succession on Land*, ed. by J. Miles and D.W. Walton. Oxford, Blackwell Sci. Publ., 17-32.

(2001年8月8日受付; 2001年9月26日改訂稿受理)