

南極湖沼底の“コケ坊主”

—¹⁴C年代測定による成長解析と定着年代の推定—

伊村 智¹⁾・高橋 浩²⁾・中村俊夫³⁾

1)国立極地研究所生物部門

〒173-8515 東京都板橋区加賀 1-9-10

Tel:03-3962-4764 Fax:03-3962-5743 imura@nipr.ac.jp

2)名古屋大学大学院理学研究科地球惑星理学専攻

〒464-8602 名古屋市千種区不老町

Tel:052-789-2578 Fax:052-789-3095 haoki@gcl.eps.nagoya-u.ac.jp

3)名古屋大学年代測定資料研究センター

〒464-8602 名古屋市千種区不老町

Tel:052-789-2578 Fax:052-789-3095 g44466a@nucc.cc.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

南極大陸の南緯 69 度, 東経 39 度に位置する昭和基地周辺地域(Fig. 1)では, 大陸氷床から開放された露岩域に大小さまざまな湖沼が点在している. それらの湖沼の多くは, 真冬には最大 1.5m から 2m の氷に覆われるが, 夏期に短期間だけ氷が融けて水面が現れる. 湖水は一般に貧栄養で, プランクトンはほとんど見られず, 透明度が非常に高い. 湖底には糸状の藍藻に珪藻や緑藻をまじえたマット状の群落を広がり, その中にワムシや線虫, クマムシなどの微小動物が生活している. 南極の陸上植生が寒地荒原と呼ばれ, わずかな水の得られる場所に, コケや地衣類, 藻類がごく少量みられるだけなのに対し, 湖沼中はきわめて豊かな環境といえる.

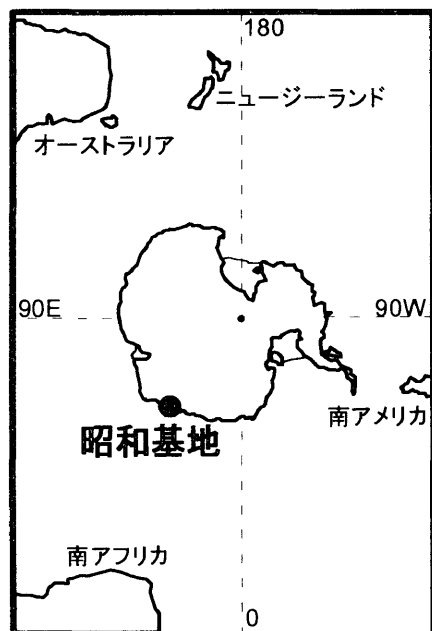


Fig. 1 昭和基地の位置
Location of Syowa Station.

この地域の湖沼において, 湖底の藻類群落に混じって2種類のコケ植物, *Bryum* sp.と *Leptobryum* sp.が見つかることは, かねてから知られてきた(Nakanishi 1977, Kanda & Ohtani 1991, etc.). コケ植物が湖沼中に群落を形成する現象自体は寒冷地では珍しいことではなく, 南極大陸からも多くの報告があるが, 群落構造に関する知見は乏しい(Savich-Lyubitskaya & Smirnova 1959, Kasper et al. 1983, etc.).

第 36 次日本南極地域観測隊(1994-1996)以降, 国立極地研究所陸上生物研究グループでは, 湖沼生態系の詳細

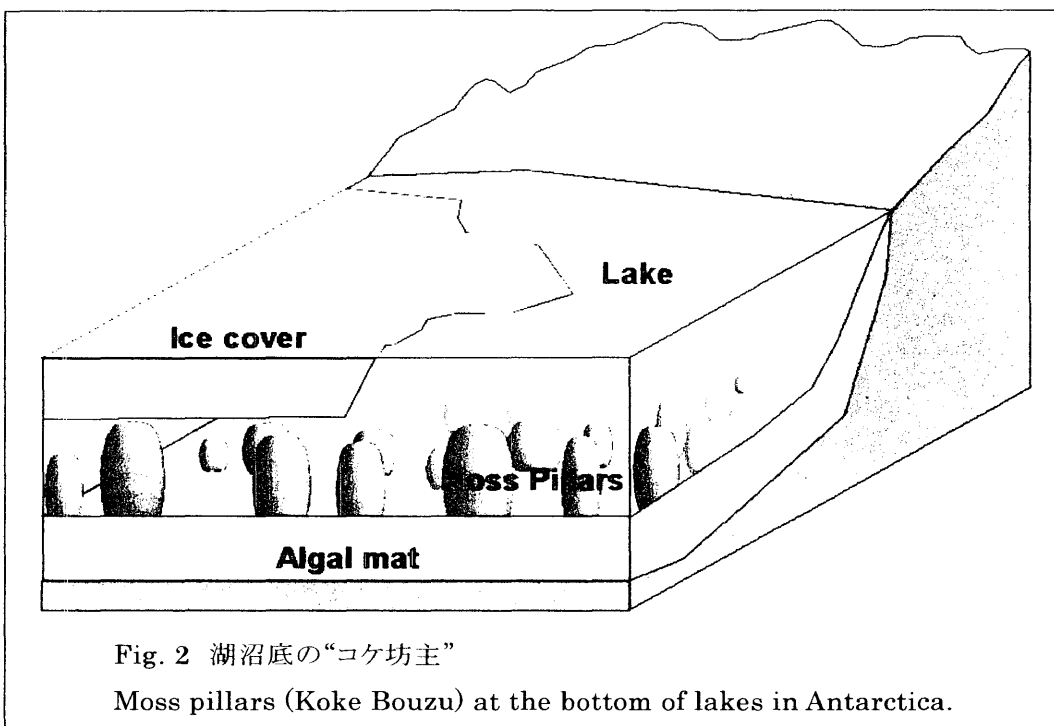
な調査に着手した。その結果、湖沼底では2種類のコケ植物(蘚類)が、藻類マットから立ち上がる柱状の群落、“コケ坊主”を形成していることが明らかになった(Imura et al. 1999)。このような現象は、南極のみならず他地域からもこれまでに報告がなく、きわめて特異なものである。

2. “コケ坊主”の構造

“コケ坊主”は、大きいものでは直径 30cm、高さ 60cm ほどにもなり、水深 3m から 5m の湖底の藻類マットから柱状に立ち上がっている(Fig. 2)。基本的に徒長した *Leptobryum* sp. の植物体からなり、これが密に絡み合っかなり強固な構造を作っている中に、一部 *Bryum* sp. が混在する。側面には多くの場合藍藻や珪藻が付着しているが、特に頭頂部は鮮やかな緑色のコケ植物体が生き生きとしており、光合成による酸素の気泡をたくさん付けているのが見られる。群落が柱状に立ち上がる理由は、ほとんど水の動揺のない湖沼中で成長するコケ群落は、光を求めて上に成長してゆくためだと考えられる。陸上であれば、群落が上に成長するに従って水を保持することが難しくなりやがて成長できなくなるが、水中ではその制限がないために成長を続け、定着初期の群落の密度などの違いによって、成長の良いところが塔状に突出したものであろう。

縦断面を取ってみると、表面のみが緑色で、その内部には密な褐色の植物遺体が詰まっている。植物体の葉腋からは仮根が発達し、その上に褐色・球状の無性芽が大量に見られる。断面には数層の白い年輪上の構造が見て取れる。この白い部分は付着した藻類と砂粒によるもので、周期的に藻類が付着しコケ植物の生育がおさえられた時期を示すものと考えられる。これが一年周期を示すものか、より長いスケールでの環境の変動を示すものかは明らかでない。

湖沼底に見られるこれらの2種の蘚類では、有性生殖は全く観察されない。水中での繁殖は、植物体の破片や無性芽からの無性生殖に依存しているものと考えられる。



3. 年代測定

“コケ坊主”の成立年代や成長速度等を明らかにするためには、詳細な年代測定が必要である。今回は、本格的な測定の準備段階として、予備的な年代測定を行った。材料としては、1995年1月25日にサンプリングされた高さ約20cmほどの“コケ坊主”を用いた。試料は“コケ坊主”頂端部の表面を構成するみずみずしい植物体(Fig. 3, ①)と、表面から20cmほど下の“コケ坊主”基底中心部分の褐色に変色したコケ植物遺体(Fig. 3, ②)の2点を供した。

年代測定用の試料は、超音波洗浄器で攪拌後、酸-アルカリ-酸による洗浄処理を行った。乾燥後、バイコール管に助燃剤(酸化銅)とともに真空封入した。これを850°Cで2時間加熱してガス化した後、真空ラインに導入し、冷媒を用いてCO₂に精製した。精製したCO₂の一部をδ¹³C測定用に分取し、残りを水素還元法により、グラファイトターゲットに調製した

(Kitagawa *et al.*, 1993)。¹⁴C濃度は、名古屋大学年代測定資料研究センターのタンデトロン加速器質量分析計にて測定し(Nakamura *et al.*, 1985; 中村・中井, 1988)、¹⁴C濃度の標準体にはNBS シュウ酸を用いた。分取した試料ガスを用いて、トリプルコレクター式気体用質量分析計(Finigan MAT-252)にてδ¹³Cの測定を行い、同位体分別効果の補正を行った。

年代測定の結果を表1に示す。また、“コケ坊主”表層の試料についてはマイナスの年代値を示すため¹⁴C濃度も併せて示した。



Fig. 3 コケ坊主断面のX線写真と測定試料採取位置

X-ray photograph of transversal section of a moss pillar, showing two sampling points for ¹⁴C dating.

Table 1 ¹⁴C年代測定結果

¹⁴C date and concentration of Antarctic Moss pillars

	¹⁴ C date (yr BP)	Δ ¹⁴ C (‰)	δ ¹³ C PDB (‰)
TOP	-900 ± 85	112 ± 12	-26.3
BOTTOM	260 ± 90	—	-25.7

南極の試料のいくつかは、沿岸海域の深層水湧昇や氷河・氷床の融解によりもたらされる¹⁴Cに乏しい炭素の影響を受けるため、得られた¹⁴C年代が真の年代より相対的に古くなることがある(e.g., Omoto, 1983; Stuiver *et al.*, 1986; Bard, 1988; Bird *et al.*, 1991; Melles *et al.*, 1994; Berkman and Forman, 1996; Ujiie *et al.*, 1996; Gore, 1997; Doran *et al.*, 1999; Takahashi *et al.*, 1999). しかし、今回測定したコケ坊主の最外層の¹⁴C濃度には同時期の大気CO₂の $\Delta^{14}\text{C}$ ($114 \pm 5 \text{ ‰}$, Levin and Kromer, 1997)と比較して減少が見られない。つまり、このコケの生育環境では¹⁴Cに乏しい炭素の流入がないと考えられ、この環境が過去にも変化しなかったならば、正確な¹⁴C年代が得られると考えられる。従って、今回測定したコケ坊主の最内部は300年ほど前に形成されたことが示された。

4. 考察

表層試料の測定から、¹⁴Cに乏しい炭素の流入の影響を受けていないことが推測され、内部試料が300年という値を示したことで、¹⁴C年代測定は“コケ坊主”の解析に有効な手段であることが確認された。

20cmほどの成長に、300年という時間がかかっているという結果は、単純計算で一年に約0.7mmの成長量しかないことになり、成長速度がきわめて小さいことを示す。また、300年という結果を示したサンプルは、褐色化しながらも植物体の茎の構造は残っており、分解速度も非常に小さいことが考えられる。南極湖沼生態系は、栄養塩の乏しさと年間を通じて低温ため、安定してはいるものの代謝速度の非常に小さい、物質・エネルギー循環の非常に遅いシステムなのかもしれない。

2000年3月に帰国予定の第40次および41次南極観測隊は、現地から高さ60cmに及ぶ最大級のコケ坊主の完全標本を採集することに成功し、さらに小型のものを数点持ち帰る予定になっている。今後は、これらの標本から層別に採取した多くのサンプルの年代測定により、コケ坊主の成長曲線を明らかにすると共に、湖沼への定着年代を確定することを目的として分析を進める予定である。堆積物コアの年代測定等と併せて、南極湖沼生態系の起源と変遷の解明が期待される。

謝辞

南極での現地調査に協力いただいた、第36次日本南極地域観測隊隊員の皆様方、¹⁴C年代測定に際してご助力を頂いた、名古屋大学年代測定資料研究センターの池田晃子さんに感謝します。

引用文献

- Bard, E. (1988) Correction of accelerator mass spectrometry ^{14}C ages measured in planktonic foraminifera: Paleoceanographic implications. *Paleoceanography* 3: 635-645.
- Berkman, P. A. and Forman, S. L. (1996) Pre-bomb radiocarbon and the reservoir correction for calcareous marine species in the Southern Ocean. *Geophys. Res. Lett.* 23: 363-366.
- Bird, M., Chivas, C., Radnell, C. and Burton, H. (1991) Sedimentological and stable-isotope evolution of lakes in the Vestfold Hills, Antarctica. *Paleoeco. Palaeoclim. Plaeoeco.* 84: 109-130.
- Doran, P. T., Berger, G. W., Lyons, W. B., Wharton, R. A., Jr., Dacissson, M. L., Southon, J. and Dibb, J. E. (1999) Dating Quaternary lacustrine sediments in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica. *Paleoeco. Palaeoclim. Plaeoeco.* 147: 223-239.
- Gore, D. B. (1997) Blanketing snow and ice: constraints on radiocarbon dating deglaciation in East Antarctic oases. *Antarct. Sci.* 9: 336-346.
- Imura, S., Bando, T., Saito, S., Seto, K., Kanda, H. (1999) Benthic moss pillars in Antarctic lakes. *Polar Biology* 22: 137-140.
- Kanda, H. and Ohtani, S. (1991) Morphology of the aquatic mosses collected in lake Yukidori, Langhovde, Antarctica. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.* 4: 114-122.
- Kasper, M., Simmons, G. M., Parker, B. C. Seaburg, K., Warton, R. A. (1982) *Bryum Hedw.* collected from lake Vanda, Antarctica. *Bryologist* 85: 424-430.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS ^{14}C measurements. *Radiocarbon* 35: 295-300.
- Levin, I. and Kromer, B. (1997) Twenty years of high precision atmospheric $^{14}\text{CO}_2$ observations at Schauinsland station, Germany. *Radiocarbon* 39: 205-218.
- Melles, M., Verkulich, S. R. and Hermichen, W. -D. (1994) Radiocarbon dating of lacustrine and marine sediments from the Bunge Hills East Antarctica. *Antarct. Sci.* 6: 375-378.
- 中村俊夫・中井信之(1988) 放射性炭素年代測定法の基礎—加速器質量分析法に重点を置いて—。地質学論集 29: 83-106.
- Nakamura, T., Nakai, N., Sakase, T., Kimura, M., Ohishi, S., Taniguchi, M. and Yoshioka, S. (1985) Direct detection of radiocarbon using accelerator techniques and its application to age measurements. *Jpn. J. Appl. Phys.* 24: 1716-1723.
- Nakanishi, S. (1977) Ecological studies of the moss and lichen communities in the

- ice-free areas near Syowa station, Antarctica. *Antarct Rec.* 59: 68-96.
- Omoto, K. (1983) The problem and significance of radiocarbon geochronology in Antarctica. *Antarctic Earth Science*, ed. by R.L. OLIVER et al., Canberra, Australian Academy of Science, 450-452.
- Savich-Lyubitskaya, L. I., Smirnova, Z. N. (1959) New species of *Bryum* Hedw. from the Bunge Hills (in Russian). *Inf Bryull Sov. Antarkt Eksped* 7: 34-39.
- Stuiver, M, Pearson, G.W. and Braziunas, T.F. (1986) Radiocarbon age calibration of marine samples back to 9000 cal yr B.P. *Radiocarbon* 28: 980-1021.
- Takahashi, H. A., Wada, H., Nakamura, T. and Miura, H. (1999) ^{14}C anomaly of freshwater algae in coastal ponds and lakes in ice free and glacial areas, Antarctica. *Polar Geosci.* 12: 248-257.

Benthic moss pillars (Koke Bouzu) in Antarctic lakes – Analysis of colonization and growth by ^{14}C dating–

Satoshi Imura¹⁾, Hiroshi A. Takahashi²⁾ and Toshio Nakamura³⁾

1) National Institute of Polar Research, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515, Japan
Tel: 03-3962-4764, Fax: 03-3962-5743, imura@nipr.ac.jp

2) Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science,
Nagoya Univ., Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8602, Japan

3) Dating and Materials Research Center, Nagoya Univ., Furo-cho, Chikusa-ku,
Nagoya 464-8602, Japan

Unique pillar-like colonies of aquatic mosses, rising from cyanobacterial and algal mats, have been discovered in some freshwater lakes in the vicinity of Syowa Station, continental Antarctica. These moss pillars (Koke Bouzu) are about 30 cm in diameter and up to 60 cm high and occur at the lake bottoms mainly between 3 and 5 m depth. The primary component is a species of *Leptobryum*, and *Bryum* sp. is often found as an associated species. In longitudinal section the pillars reveal several whitish layers formed by mineral sediment and dead cyanobacteria. Two samples from the top and base of the moss pillar collected in 1995, were dated by AMS ^{14}C measurement. The $\Delta^{14}\text{C}$ value of the top part was identical with that of the atmospheric CO_2 at the time of moss pillar sampling (AD1995). This result shows that the top part was not influenced by the reservoir effect (old water effect). The ^{14}C date of base part was measured to be 260 \pm 90yr BP. It seems that the growth interval between top and base parts of moss pillar was expected to be ca. 300 years. Further detail studies are needed to clarify the colonization process and growth of mosses in Antarctic lakes.

学会発表

伊村智・神田啓史（2000）極域湖沼の生態系とその変遷．日本生態学会第47回大会（広島）．