

南極地域における淡水棲藻類の放射性炭素濃度

青木 浩¹・和田秀樹²・河合庸展²・中村俊夫³

¹名古屋大学大学院理学研究科地球惑星理学専攻

²静岡大学理学部生物地球環境科学科

³名古屋大学年代測定資料研究センター

1. はじめに

南極や北極周辺地域の氷床の消長によって地球規模の海面変動が起きる。南極・北極などの極地域域の環境変動は、地球規模の気候変動・海面変動に大きく支配されているのはもちろんのこと、逆に、極地域の環境変動への応答の仕方によって、他の気候因子や地球規模の環境変動因子へ重大な影響をもたらされることが指摘し始められている (Hall *et al.*, 1994)。

地球の変動を過去にさかのぼって知るために年代測定が必要となるが、最終氷期以降の年代を知る方法として、放射性炭素法が最も適している。¹⁴C年代値を利用する場合には、測定試料が¹⁴C年代法の原理に即した試料であるか否かの吟味が必要となる。¹⁴C年代は以下の仮定が成り立つとして、得られる年代だからである。(1) 大気中¹⁴C濃度が過去も現在も一定であったこと。(2) 生きている生物体を構成している炭素の¹⁴C濃度が大気中炭酸ガスの炭素の¹⁴C濃度と等しいこと。(3) 生物遺体に死後外部から炭素の付加がないことである。(1)については、近年、樹木年輪のような年代既知の試料や他の放射性核種を利用して、¹⁴C年代と暦年代の補正ができるようになった (e.g. Stuiver and Pearson, 1993; Bard *et al.*, 1990)。(2)と(3)の仮定を厳密に満たさない試料は多く存在し、その場合の効果は年代にどの程度影響するのかを定量的に見積もることは重要である。

南極海の海水は、現代大気と同じ濃度の¹⁴Cを含む炭素と、海洋大循環により大洋の低層を流れてきて南極周辺で湧昇流として表層海水面にもたらされる古い炭素が混合するところである。さらに、南極大陸の周辺海域では、大陸から押し出される氷河の融水に含まれる古い炭素が加わる。そのため、南極海周辺の海生生物やその殻は現代炭素より¹⁴C濃度が低い。

一方、南極大陸の周辺の海岸地域の無氷雪露岩地帯はオアシスとよばれ、表面は氷に被われた淡水の湖や池などがある (鳥居, 1986)。このような南極の湖や池でも夏の間だけ、岸の周りの氷が溶けて水面が見られ、藻類が繁殖している。

南極Victoria LandにあるDry Valley地域は、約4,000 km²という南極最大の広さをもつオアシスで、百万年以上前から氷河に被われない乾燥地として特異な気候変化の起きたところと考えられている。この地域は現在でも、山岳氷河が一部発達しているが、谷には氷河は全くなく大陸氷河も谷の入口で消えている。Dry Valley地域の海岸付近には再び氷河が発達し、海岸部から内陸に流れている。夏の間この氷河の溶け水は、オニックス川としてVanda湖に注がれる。Vanda湖の湖岸には、旧汀線と考えられる湖面に平行な線が湖面から50メートルほどの高さで数多く存在し、湖の大きさがかなり大きく変化したことを示している。この汀線は近づくと礫が湖岸に平行に並んでおり、対岸で見るほどにはっきりとはしていないが、礫の表面に蒸発して付着した塩類が白っぽく見える。これらは年代測定のための試料として重要であるが、このような湖や池の多くは、大気と平衡の炭酸ガスのほか、周囲の大陸氷河に由来する炭素の混入も考えられ、それらによる¹⁴C異常を考慮しなければならない。

本研究では、南極地域において、夏の開氷の期間に成長している藻類が大気中の二酸化炭素の¹⁴C濃度と同じ濃度であるかを、今までに採取されている試料を使って明らかにし、炭素同位体試料として¹⁴C異常の有無を確認し、これらの藻類が¹⁴C年代測定の試料として適当であるかを検討する。

2. 試料

南極には夏の間だけ淡水が見られる湖や池が幾つか知られている。今回用いた試料は全部で7試料で、1997年にRiiser-Larsen山地域にあるRichardson湖（2試料）と、1986年から87年にかけて南極Victoria LandのDry Valley地域（2試料）と、Ross島McMurdo基地周辺（3試料）において採られた藻類である（表1、図1）。1997年の試料は、第38次南極観測隊夏隊の地理班の三浦英樹氏によって採取された。

Table 1 The sample list of Antarctic algae

Sample	Sampling Point	Sampling Date	Sampling Site
AARB	66° 42' S 50° 40' E	1997/01/01	Water surface, L.Richardson (Brown color)
AARG	66° 42' S 50° 40' E	1997/01/01	Water surface, L.Richardson (Green color)
AACa	77° 34' S 166° 00' E	1987/01/07	Water surface, L.Canopus, Dry Valley
AAVI	77° 50' S 166° 39' E	1986/12/12	in Ice, 1st Crater, Ross Island
AACH	77° 50' S 166° 43' E	1986/12/19	Water surface, Crater Hill, Ross Island
AAMP	77° 50' S 166° 39' E	1986/12/12	Water surface, P. McMurdo, Ross Island
AABu	77° 34' S 166° 00' E	1987/01/07	L. Bull, Dry valley

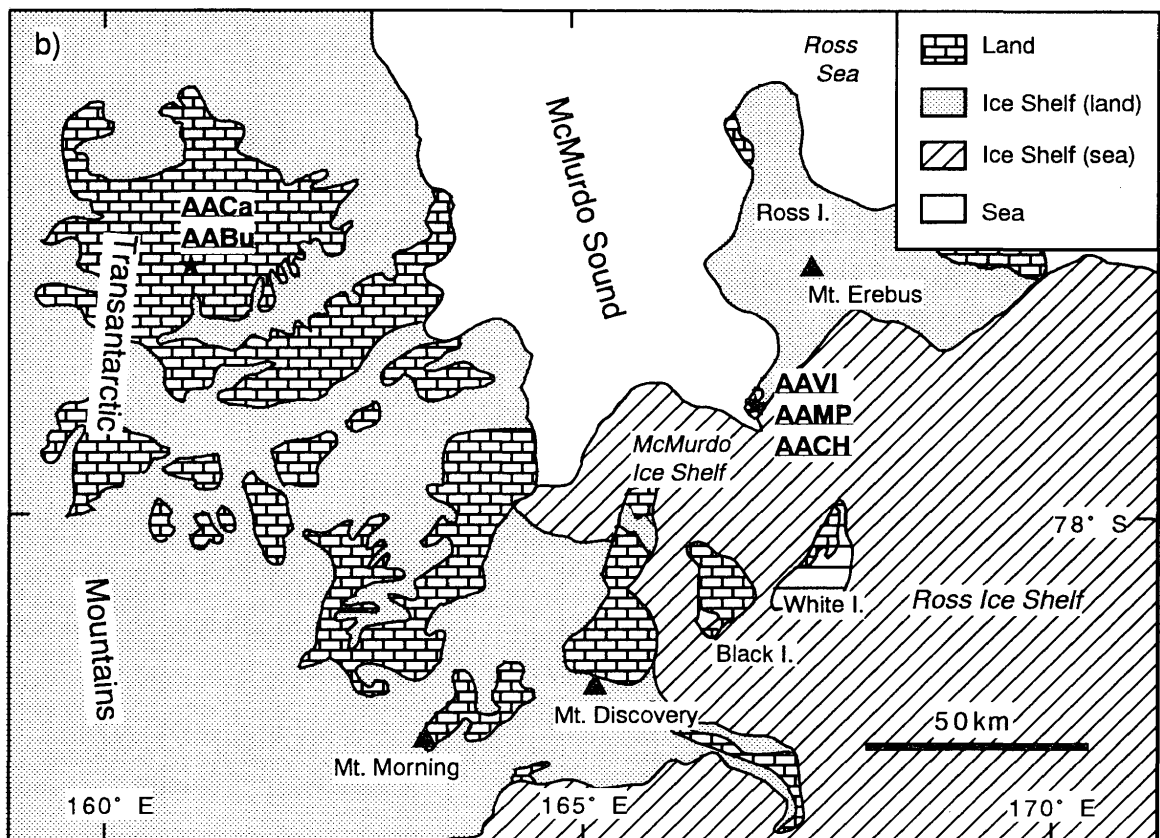
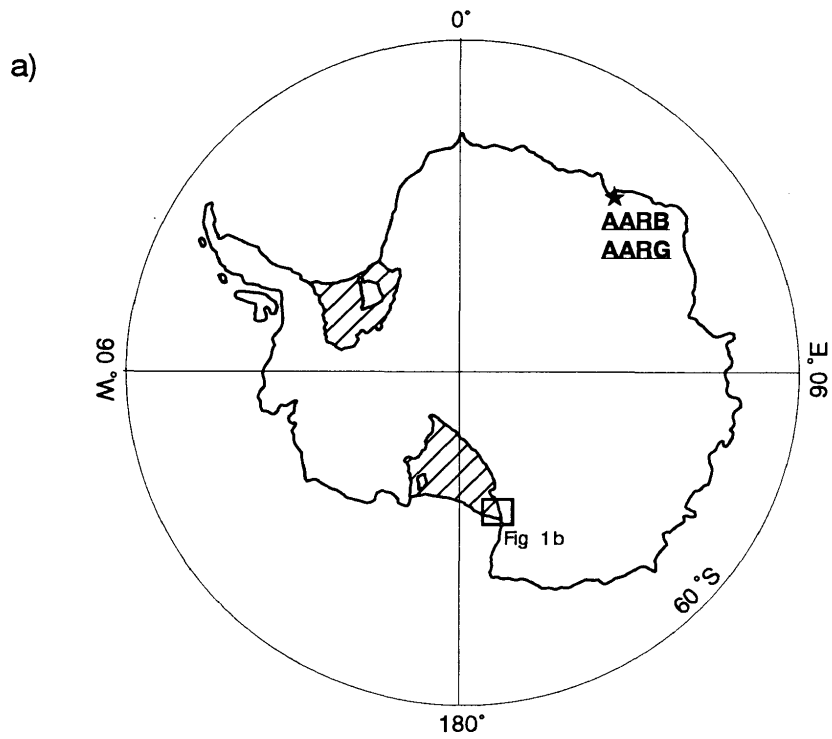


Fig. 1 Sampling points of the Antarctic algae.

3. 方法

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1部を $\delta^{13}\text{C}$ 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ム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（MAT-252）にて $\delta^{13}\text{C}$ の測定を行い、同位体分別効果の補正を行った。

4. 結果と考察

表2に測定結果を示す。7つの試料のうちAARGは水素還元法によるグラファイトターゲットの調製に際して、グラファイトが生成しなかった。また、AABuは試料量が不足していたため試料調製を行わなかった。

これらの¹⁴C濃度を南極以外の2つの地域（Wellingtonの大気中の二酸化炭素; Manning and Melhuish, 1994；鹿児島県喜界島産の葉; 高橋ら, 1998）と比較したものが、Fig. 2となる。

Table 2 The results of carbon isotopic composition and C/N ratio of Antarctic algae

Sample	$\Delta^{14}\text{C}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ PDB (‰)	C/N
AARB	-8.3±8.6	-6.1	7.2
AARG	-	-	7.9
AACa	286.1±10.3	-9.6	10.0
AAVI	166.8±11.3	-9.7	9.9
AACH	196.0±10.6	-17.0	6.7
AAMP	139.8±9.3	-10.0	7.7
AABu	-	-	9.2

AARBとその他の試料との間に $\Delta^{14}\text{C}$ の大きな値の差が見られる。Richardson湖は、湖岸のすぐ近くまで氷河が迫ってきているのに対して、他の地点では近傍に氷河が存在しない。つまり、Dry ValleyやRoss島の湖水は氷河から溶け出た後に、大気との炭酸ガスの交換を行うだけの時間を与えられていたため、氷河からの古い炭素の寄与の割合が低下し、このような¹⁴C濃度の違いが生じたのだと考えられる。

一般的にC3回路による光合成生成物の $\delta^{13}\text{C}$ は-25‰前後の値を示すが、これらの5つの藻類は-9~-10‰程の非常に大きな値を示している。南極に多量の蒸発岩が見られることからわか

る通り、湖水の蒸発量が極端に大きなものであることや、湖からの水の流出経路が確保されていないことから、湖水の蒸発にともなう同位体分別によって、湖水の溶存炭酸の $\delta^{13}\text{C}$ が変化することが予想される。南極の湖に生育する藻類はこの影響を大きく受けたため、大きな $\delta^{13}\text{C}$ を示すものと考えられる。

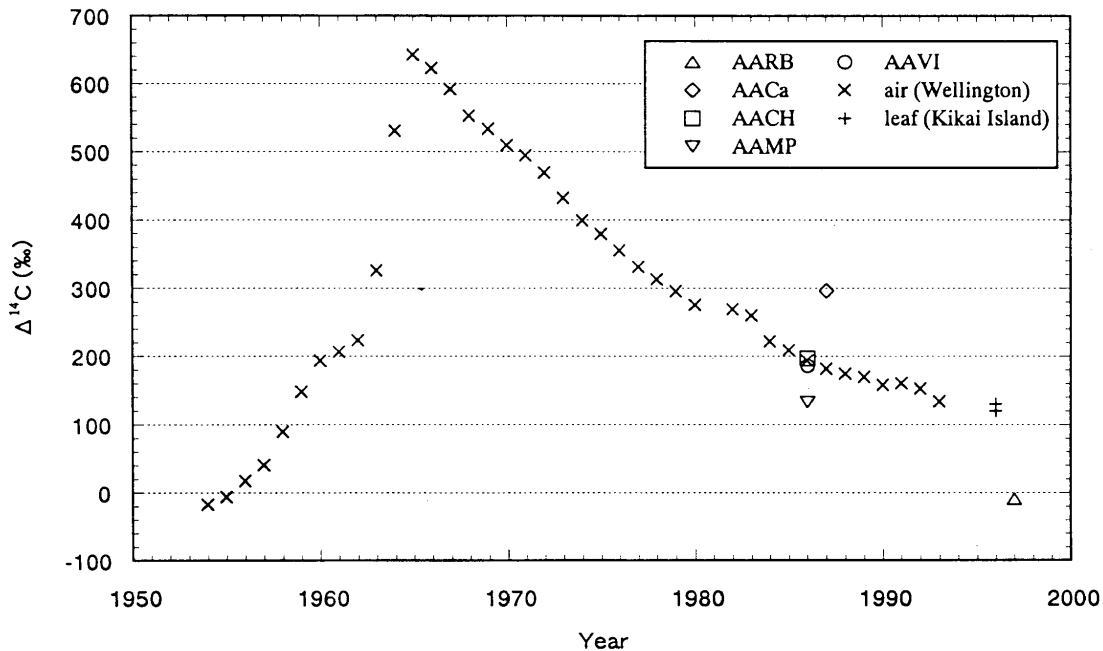


Fig.2 ^{14}C concentration of Antarctic algae, atmospheric CO_2 in Wellington (Manning *et al.*, 1994) and leaf in Kikai Island (Takahashi *et al.*, 1998)

1971～76年、日本・ニュージーランド・アメリカの3国によるDry Valley掘削計画が行われたおり、名古屋大学の中井信之名誉教授によって、旧汀線の礫に付着していた藻類を試料として ^{14}C 測定が行われ（合計12試料）、Torii（1994）収録の地球化学データ集に紹介されている。それによると、当時の水面から41メートルの地点まで1280 yr BPから2920 yr BPまでの様々な年代が求められている。この測定結果からは、Vanda湖の水位の変化とその年代を特定し、氷期以後の湖の変化を知ることはできないとされた。しかし、当時の測定には多量の試料が必要であり、測定された値は多くの層を平均した値を示していると考えられる。その点、加速器質量分析法では、微量試料の測定が可能である。よって、Vanda湖岸の旧汀線を利用した湖水面変動復元の可能性の再評価がさらに必要となる。

現在のVanda湖の様子は、聴くところによると和田が1986年11月から1987年1月に訪問したとき、Vanda湖の中央付近に存在していた半島は完全に水没し、Vanda基地自身も水没のおそれがあるとして、高台に移転してしまったという。今日のこのような湖の急速な変化を見ると、かなり短期間に大きな水面の変化があった可能性がある。Dry Valleyのような極地域の夏の間の短期間にも、氷が溶けて湖が函養されるとき、地球全体の気候変化によって、その現象が増幅されて現れることは十分に考えられることである。今後の研究計画としては、Dry Valley地域の湖岸線の変化と地球環境の変動との同期性や温暖化との関係を明らかにしなければならない。

謝辞

本研究の試料の一部は、第38次南極観測隊夏隊の地理班の三浦英樹氏によって採集され、提供して頂いた。また、 ^{14}C 濃度測定に際しては名古屋大学年代測定資料研究センターのスタッフの方々には、様々なご教示を頂き、実験の便宜を図って頂いた。記して謝意を表します。

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.
- Bard, E., Hamelin, B., Fairbanks, R.G., and Zindler, A. (1990) Calibration of the ^{14}C timescale over the past 30,000 years using mass spectrometric U–Th ages from Barbados corals. *Nature*, 345, 405–410.
- Hall, B.L., Denton, G.H., Juz, D.R., and Schuchter, C. (1997) Pliocene paleoenvironment and Antarctic ice sheet behavior: evidence from Wright Valley. *Jour. Geol.*, 105, 285–294.
- 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.
- Manning, M. R. and Melhuish, W. H. (1994) Atmospheric $\Delta^{14}\text{C}$ record from Wellington. In Boden, T.A. et al. (eds.) *Trends '93; A compendium of data on global change.*, Oak Ridge, pp.193–202.
- 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おいて—。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.
- Stuiver, M. and Pearson, W. (1993) High-precision bidecadal calibration of the radiocarbon time scale, AD 1950–500 BC and 2500–600 BC. *Radiocarbon*, 35, 1–23.
- 高橋秀一・和田秀樹・青木 浩・中村俊夫 (1998) 鹿児島県喜界島陸産貝類の ^{14}C 濃度異常について。名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, 9, 201–211.
- 鳥居鉄也 (1986) 南極の地球化学。国立極地研究所編：南極の科学, 5 (地学), 古今書院。
- Torii, T., ed. (1994) JARE data reports, Japanese geochemical data in the McMurdo Dry Valleys and on Ross Island, Antarctica. National Institute of Polar Research.

Carbon 14 activities of fresh water algae from some coastal lakes at Antarctica

Hiroshi Aoki¹, Hideki Wada², Tsunehiro Kawai² and Toshio Nakamura³

¹Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Nagoya University

²Biology and Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University

³Dating and Materials Research Center, Nagoya University

abstract

In order to clarify the possibility of carbon-14 dating, carbon-14 activities of fresh water algae collected from some coastal lakes Antarctica are analyzed. Samples used were collected from Lake Richardson, Riiser-Larsen, near the Napir Peninsula, Enderby Land, the First Crater, McMurdo Station, Ross Island, and Lake Canopus, Bull Lake at Wright Valley, Victoria Land, Antarctica.

The modern algae of the Dry Valley area and McMurdo station represent similar carbon -14 activities to the modern carbon 14 level. On the other hand the result of modern algae from the Lake Richardson which is inflowed by the terminal Glacier, shows less activity rather than the modern one. The carbon in algae from the Lake Richardson was used old carbon derived from the melt water of the Glacier.

学会等発表

青木 浩・和田秀樹・中村俊夫 「南極の淡水湖における藻類の¹⁴C年代測定に関する研究」
質量分析学会同位体比部会. 1997年11月. 秋田