

AMS法による有孔虫¹⁴C年代と海洋深層水循環

村山雅史・平朝彦 1)
岩倉央和・松本英二 2)
中村俊夫 3)

- 1) 東京大学・海洋研究所 〒164 東京都中野区南台1-15-1
2) 名古屋大学・水圏科学研究所 〒464 名古屋市千種区不老町
3) 名古屋大学・年代測定資料研究センター 〒464 名古屋市千種区不老町

1. はじめに

最近の地質時代、第四紀において、地球の気候はサイクリックに変動し、氷期と間氷期を繰り返してきた。この原因を探ることは気候ダイナミクスを理解するうえでの根本問題である。第四紀の気候変動の原因が天文学的要因（例えば、ミランコビッチサイクル）にあるとしても、太陽輻射量の変動と気温あるいは、氷床の変動がどのようにリンクしているかは、ほとんど解明されていない。これらの問題にアプローチする場合、地球の熱、物質のシンク及び輸送のメカニズムとして、海洋の循環はもっとも重要な役割を果たしている。特に、海洋全体でその大部分を占める深層水の挙動が注目される。過去の深層水循環の動きの解明が、それらを解く鍵を握っていると言えよう。

水の循環パターンの復元には、放射性核種¹⁴Cが、トレーサーとして有効である。近年、¹⁴C年代測定法は、ガス比例計数管および液体シンチレーション計数装置を用いたβ線計測測定に比べ、加速器を用いた高感度質量分析法（Accelerator Mass

Spectrometry, AMS)が世界の趨勢になりつつある。その最大の利点は、試料が微量（元素態炭素で約1 mg程度、従来の約1/1000の量）で測定できることにある。

（例えば 中村・中井, 1987, 中井・中村, 1987）

古海洋学においてもその長所を生かし、C D以浅ならば堆積物中に不偏的に存在する炭酸塩の殻を持つ有孔虫化石の¹⁴C年代の測定が可能になった。このことは2つの大きな意義をもつ。

A. 海底柱状試料の任意の層準に対し絶対年代の見積りができる。

B. 同一層準より産出する浮遊性、底生有孔虫殻のそれぞれの¹⁴C年代を求め、その年代差から、過去の深層水の年令を見積ることが可能である。

本論では、四国沖の下部斜面海盆（水深2700m）から採取された（Fig.1）ピストンコア（KT 89—18、P 4）中に含まれる有孔虫殻の¹⁴C年代測定結果の報告と深層水循環速度に関する議論を行なう。

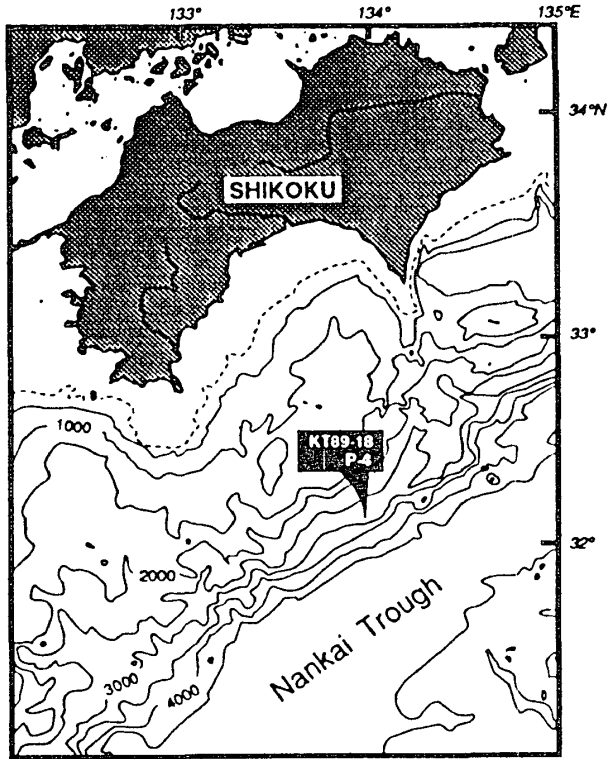


Fig. 1 Sampling location of KT89-18 P4 core.

2、試料及びサンプリング

全長783 cmのP4コアは、olive gray (5Y 4/1)のほぼ均質な泥層からなり、生物源物質を良く含む半遠洋性堆積物である。コア全体を通して、生物擾乱作用がよく認められるほかは目立った堆積構造は認められない。それゆえ、down slopeの影響の少ない古環境解析に適したコアであるといえる。表層より、約100cmおよび620cm前後に babble-wall タイプのテフラを多く含み、肉眼観察・屈折率測定からそれぞれK-Ah火山灰(6300年前)、AT火山灰(22000年前)である(新井・町田, 1983, 町田・新井, 1988)ことが確認された。(Fig.2)各測定層準に関しては、まず、軟X線写真を用い各層準の堆積構造を観察し、他から

の流れ込み物質でないことを確認した。しかし、生物擾乱作用による影響は避けられず、各層準より前後2 cmの範囲をサンプリングした。

3、前処理及びターゲット作成

>63 μ のメッシュを用い、試料を水洗し泥質部を洗い流した。乾燥後、四塩化炭素(比重約1.63)を用いて、鈹物等と有孔虫試料を分離・乾燥する。それより、実体顕微鏡下でピッキングを行い、浮遊性、底生有孔虫に選別する。ピッキングは、最低でも5 mgに達するまで行う。浮遊性有孔虫は、溶解に強い属 *Pulleniatina* spp.を用い、その産出が少ない場合は *Neogloboquadorina dutertrei* を代わりに用いた。また、底生有

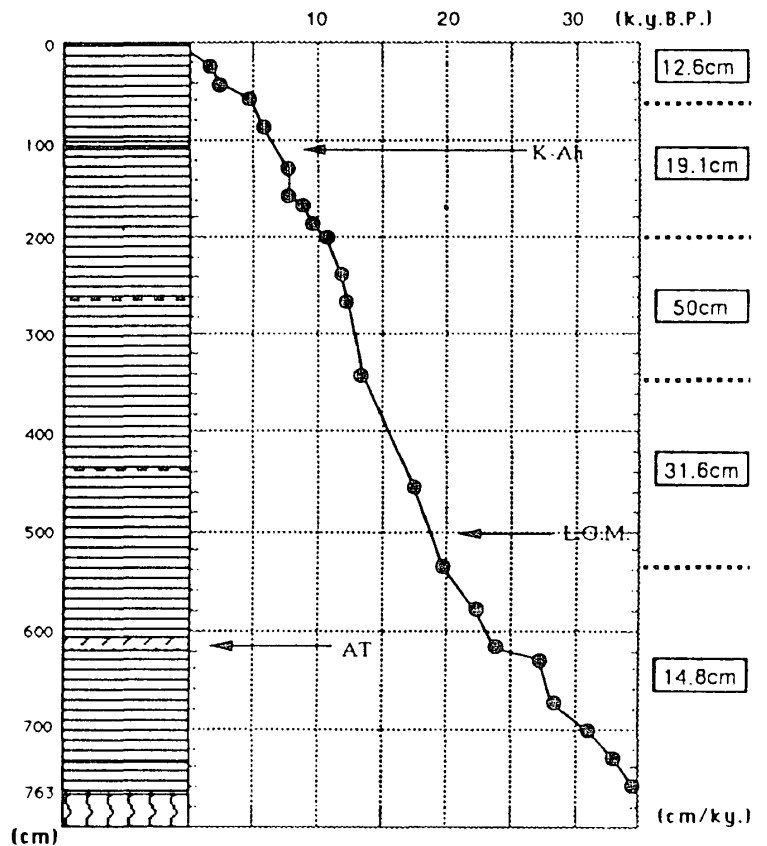


Fig. 2 Core description and sedimentation rate plots of radiocarbon age (*Pulleniatina* spp.) versus depth.

Table 1. Summary of radiocarbon results for Northwestern Pacific Ocean core KT89-18 P4.

Depth	Pulleniatina spp.	Benthics	$\Delta(B - P)$ age
8-12cm	-169±380	1994±153	2484±410
21-25cm	1635±134	3480± 88	1857±160
38-42cm	2375±103	4198±168	1823±197
58-62cm	4756±129	5578±177	821±219
83-87cm	5681±140	7255±241	1574±279
128-132cm	7640± 81		
154-158cm	7697±100	8651±202	945±225
168-172cm	8679±116	10546±308	1837±329
185-190cm	9800±133	11140±159	1341±207
200-204cm	10692±108	12034± 94	1342±143
236-240cm	11622±101	13350±238	1728±259
268-272cm	12450± 91	14423±237	1973±254
338-342cm	13447±113	14681±103	1234±153
438-442cm		18415±259	
449-453cm	17275±478*	19267±557	1991±734
534-538cm	19655±303	21344±205	1689±366
576-580cm	22127±412*		
616-620cm	23799±247*		
628-632cm	27089±497*	28242±306	1153±584
671-675cm	28120±696*	29251±1094	1131±1297
698-702cm	31034±475	32179±454	1145±657
727-732cm	32874±326	33900±332	1026±465
755-760cm	34661±361	35197±328	536±488

* *N. dutertrei* age.

孔虫については量的確保のため、全産出種を用いざるを得ない。有孔虫の殻はporeを持つものが多く、泥を含んでいたり二次的な生成物が付着している可能性が高いため、超音波洗浄器で物理的に付着物を除去し、次に低濃度の塩酸で化学的に処理し、表面をエッチングした。

ターゲット作成法としては、鉄を触媒として水素で二酸化炭素をグラファイト化させる水素還元法 (Vogel et al, 1984, 1987) が、二次汚染も少なく、測定時においてもビーム強度が高い。今回は、それをさらに改良

させた北川ら (1991) の処理法を用いた。名古屋大学・水圏科学研究所の真空ラインでグラファイトCを作成し、年代測定資料研究センター所有のタンデトロン加速器を使用し質量分析を行ない、¹⁴C年代測定を行なった。その結果を Table.1 に示す。なお、¹⁴Cの半減期は、5568年を用いている。

4、堆積速度

大気とはほぼ平衡に近い、海面付近に棲息する浮遊性有孔虫¹⁴C年代を用いてコア試料の詳細な堆積速度を見積った。(Fig.2) 平

KT89-18 P-4
(Off Shikoku)

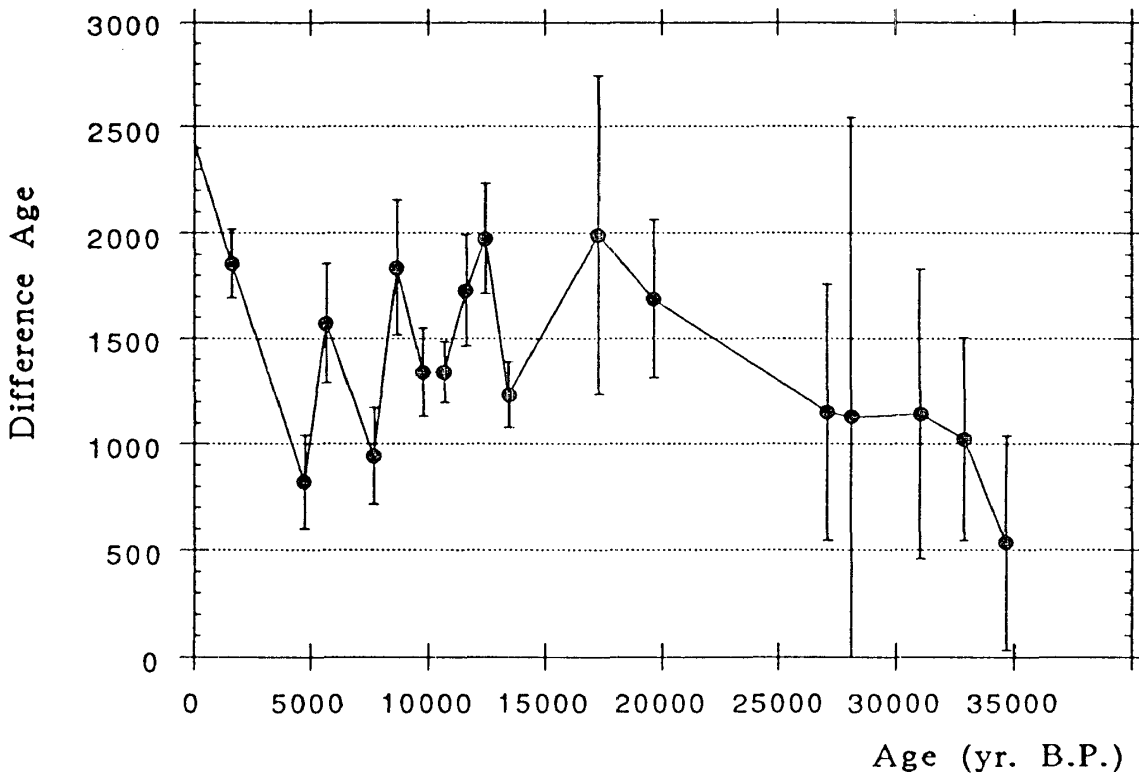


Fig. 3 ^{14}C difference age estimates from P4 core off Shikoku

均、約21cm/kyrが見積られ、堆積速度の速いコアであると言える。

大きな特徴としては、最終氷期（約10000年前まで）では、堆積速度が最大最終氷期（約18000年前、以下、L. G. M. と略）を境として、大きく異なることである。

L. G. M. の前では、14.8cm/kyrであるが、L. G. M. 後の1万8千年前から1万3千年前にかけては、31.6cm/kyrと約2倍速くなり、1万3千年前から1万年前にかけては、50cm/kyrと約3倍強になる。後氷期にはいり1万年前から5千年前にかけては、23.3cm/kyrと次第に遅くなり、現在まで12.6cm/kyrと更に、遅くなっているのがわかる。

5、過去の深層水循環

同一層準より産出する浮遊性、底生有孔虫殻、19層準を測定し、それぞれの ^{14}C 年代から算出された過去の深層水と表層水の年代差を示す。(Fig.3)

表層10cmの浮遊性有孔虫の値がマイナスの値を示しているが、これは、1950-60年代の核実験の影響を繁栄していると考えられ、逆に言えば少なくともこの層準までは、Bioturbationの影響が及んでいると思われる。

この結果から、約1万3千年前を境として明らかに少なくとも2つのモードに分れることがわかる。

・過去から約1万3千年前までの、年代差約1000年のゆるやかなモード。(I)

・約1万3千年前から急激に年代差が広がり、年代差約1000年から2000年をパルス状に繰り返す複雑なモード。(II)

これは何を表しているのか？主原因として、循環速度が単純に変化したか、あるいは、供給源が、変わったか等が考えられる。この時期は地球は徐々に温暖化の傾向を示しており、例えばFairbanks (1989) では、バルバドスの珊瑚礁から海水準変動を論じているが、この時期は海水準が急上昇しており、それは氷床の融解によって引き起こされたと考えられており、海洋循環は激しくなってもおかしくない。

さらに供給源の変化も考えらる。現在の深層水循環では供給源は2つしかない。1つはNADW (北大西洋深層水)、1つはAABW (南極底層水) である。現在の循環は北大西洋深層水が沈み込み、さらに南極海で沈み込んだ水が付加されて、インド洋を通過し太平洋に届いている。その年齢は約2000年を示す。(GEOSECS)

それでは、氷期の頃の大西洋はどうだったのか？大西洋のコアの解析では、例えば底生有孔虫を使ってSchnitker (1979) は種の変化から、Boyle and Keigwin (1987) はCd/Ca比 (栄養塩) から、Duplessy et al (1988) は $\delta^{13}\text{C}$ から、氷期と現在とでは全く循環パターンが異なることを述べている。そして氷期には、NADWの形成は現在に比べ弱まっており、AABWの沈み込みが強くなったと結論づけ、ほぼ受け入れられつつある。もしこの説が正しいとすると、大西洋での供給源の変化が、北西太平洋での年代差を大幅に変化させていることになる。

6、終わりに

1万3千年前頃に、海洋環境が急激な変化を遂げたのは明らかである。堆積速度が急に速くなっていること、さらにこの時期に底生有孔虫の種の大幅なtransitionが起こっており、 CaCO_3 含有量が数倍高くなることから裏づけられる。(安田私信、1990) しかし、試料採取地点がフィリピン海内にあり、それ独自のローカルな影響がどこまで含まれるのか？今後は、Open Seaのサンプルとの比較が重要になる。

過去35000年前までさかのぼって、深層水の変化を連続的に示したのはこのコアが初めてであり、他のデータとの総合解釈をしていく必要があるだろう。

7、謝辞

^{14}C ターゲット作成にあたり、名古屋大学・水圏科学研究所・無機化学部門 (現、国際日本文化研究センター) の北川浩之氏には、親切に御指導・御助言をして頂いた。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 新井房夫・町田 洋, 1983, 日本列島周辺の深海底テフラカタログ. 昭和57年度
科研費研究成果報告書, 日本列島周辺の深海底堆積物の分析を中心とした第
四紀火山活動と気候変動の研究, p. 7-34.
- 北川浩之・増澤敏行・松本英二・山口和典・中村俊夫, 1991, 水素還元法による
AMS法炭素-14測定のためのグラフィットターゲットの作成法. 名古屋大
学加速器質量分析計業績報告書(II), p. 113-121.
- 中井信之・中村俊夫, 1988, 放射性炭素年代測定法. 地質学論集「人類紀の年代
測定」, 第29号, p. 235-252. 日本地質学会編.
- 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「人類紀の年代測定」, 第29号, p. 83-106.
日本地質学会編.
- 町田 洋・新井房夫, 1988, 日本列島周辺の深海底に分布するテフラ.
第四紀研究, v. 26 (3), p. 227-242.
- Boyle, E.A. and Keigwin, L. D., 1982, Deep circulation of the North Atlantic over the last
200,000 years: geochemical evidence. *Science*, 218, p. 784-787.
- Dupplessy, J. C., Shackleton, N. J., Fairbanks, R. G., Labeyrie, L., Oppo, D. and Kallel, N.,
1988, Deepwater source variations during the last climatic cycle and their impact on the
global deepwater circulation. *Paleoceanography*, 3, p.343-360.
- Schnitker, D., 1974, West Atlantic abyssal circulation during the past 120,000 years.
Nature, 248, p.385-387.
- Vogel, J. S., D. E. Nelson and J. R. Southon (1984), Performance of catalytically condensed
carbon for use in accelerator mass spectrometry. *Nuclear Instruments and Methods*,
233(B5), p. 289-293.
- Vogel, J. S., D. E. Nelson and J. R. Southon (1987), ¹⁴C background levels in an accelerator
mass spectrometry system. *Radiocarbon*, 29, p. 323-33.

Northwest Pacific Deep Water Ventilation Rate During the Past 35,000 years with the AMS ^{14}C Foraminifera Ages.

Masafumi MURAYAMA, Asahiko TAIRA,
Ocean Research Institute, University of Tokyo
Hirokazu IWAKURA, Eiji MASTUMOTO,
Water Research Institute, Nagoya University
Toshio NAKAMURA,
Dating and Material Research Center, Nagoya University

P4 core, which is composed mainly of olive grayish mud with well-developed biogenic structures, was raised from the lower continental slope basin off Shikoku at lat. $32^{\circ}09'\text{N}$, log. $133^{\circ}54'\text{E}$ from a depth of 2700m.

Each of samples for ^{14}C dating analysis was taken from 19 horizons throughout the core. And we have done the measurement of ^{14}C age differences between benthic and planktonic foraminifera to determine deep ocean ventilation times, using accelerator mass spectrometry.

The results suggest that there are clearly two main mode patterns of paleo-circulation here at about 13,000 y. B.P., which may be called glacial and post glacial type. The former has a slow mode which are difference ages about 1,000 yr, the latter has complicated puls patterns from 2,000 yr to 1,000 years.

口頭発表

- 1) 村山雅史・岩倉央和・松本英二・中村俊夫・安田尚登・岡村眞・平朝彦：AMS法による有孔虫 ^{14}C 年代と深層水循環----四国沖KT89-18P4コアの解析----. 日本古生物学会, 第140回例会, 1991, 千葉, June, 22-23.
- 2) 村山雅史・岩倉央和・松本英二・中村俊夫・安田尚登・岡村眞・平朝彦：過去30,000年における北西太平洋の深層水循環. 日本第四紀学会, 1991, 高知, August, 24-25.
- 3) 岩倉央和・松本英二・村山雅史・平朝彦：過去35000年間の太平洋深層水循環の変化. 日本地球化学会, 1991, 愛媛, October, 7-9.