

「みらい」MR97-04次航海で採取された 海底コア中の有孔虫殻の酸素同位体比

大場 忠道*¹ 村山 雅史*² 山内 守明*³
山根 雅之*⁴ 岡 俊太郎*⁴ 山本 浩文*⁵

1997年12月22日から同年12月30日にかけて行われた海洋科学技術センター所有の海洋地球研究船「みらい」の慣熟訓練航海（MR 97-04, Leg-1）において、日本列島東岸沖から鳥島沖にかけて5本のピストンコアが採取された。そのうち、火山灰を多く含む鳥島沖のコア(St. 5)を除いて、日本列島東岸沖の4本のコアに含まれる底生及び浮遊性有孔虫の殻の酸素同位体比を測定し、それらのコアの酸素同位体比カーブを外洋の標準的な酸素同位体比カーブと対比して、各コアの堆積物の年代推定を試みた。その結果、海底地形の鞍部から採られた久慈沖と銚子沖のSt. 2とSt. 4のコアは、砂や火山灰が多く、それらの酸素同位体比カーブから堆積物の年代を推定することはできなかったが、平坦部と凹部から採られた久慈沖と銚子沖のSt. 1とSt. 3のコアは、比較的均質で、それぞれ過去15万年前及び過去3万年前まではほぼ連続的に堆積していることが判明した。

キーワード：MR97-04次航海，ピストンコア，酸素同位体比カーブ，有孔虫

Oxygen isotopic ratio of Foraminiferal tests in marine sediment cores collected during “Mirai” MR97-04 cruise

Tadamichi OBA*⁶ Masafumi MURAYAMA*⁷
Moriyoshi YAMAUCHI*⁸ Masayuki YAMANE*⁹
Shuntaro OKA*⁹ Hirofumi YAMAMOTO*¹⁰

* 1 海洋観測研究部客員研究員（北海道大学大学院地球環境科学研究科）
* 2 海洋観測研究部流動研究員（北海道大学大学院地球環境科学研究科）
* 3 海洋観測研究部流動研究員（甲南高校）
* 4 北海道大学大学院地球環境科学研究科
* 5 海洋観測研究部
* 6 Ocean Research Department, Guest Researcher (Hokkaido University, Graduate School of Environmental Earth Science)
* 7 Ocean Research Department, Visiting Researcher (Hokkaido University, Graduate School of Environmental Earth Science)
* 8 Ocean Research Department, Visiting Researcher (Konan High School)
* 9 Hokkaido University, Graduate School of Environmental Earth Science
* 10 Ocean Research Department

Five piston cores were collected off the east coast of Japan and near Torishima Island during the MR97-04 training cruise for the large research vessel “Mirai” which belongs to Japan Marine Science and Technology Center. Except one core that includes large amounts of volcanic ash, four cores were retrieved from 1,270 m to 2,300 m water depths with different submarine topography (i.e. relatively flat plane, basin, and hill) off the east coast of Japan. The oxygen isotopic ratios of benthic and planktonic Foraminiferal tests in the four cores were compared with the standard oxygen isotopic curve of core V19-30, which was taken from the east equatorial Pacific Ocean. They revealed that the bottom age of the cores at station 1 and station 3, which were recovered from relatively flat plane and basin off Kuji and Choshi city, dates back to 150,000 and 30,000 years ago, respectively. On the other hand, the oxygen isotopic curves of the cores at stations 2 and 4, which were also recovered from a submarine hill off Kuji and Choshi city, respectively, show no correlation with the standard oxygen isotopic curve, because of the existence of many intercalated sand and volcanic ash layers in these cores. Ultimately, two cores suitable for paleoceanographic study were obtained during the MR97-04 cruise off the east coast of Japan.

Key Words : MR97-04 cruise, Piston core, Oxygen isotopic curve, Foraminifera

1 はじめに

1997年12月22日から同年12月30日にかけて行われた海洋科学技術センター所有の大型研究船「みらい」の慣熟訓練航海（MR97-04, Leg-1）において、5本のピストンコアが岩手県の久慈沖から千葉県銚子沖、さらに南方の鳥島沖で採取された。本航海の目的の一つが、研究船「みらい」の20mピストンコーラーによる採泥作業の慣熟訓練であったことから、5つの採泥地点は必ずしも良いコアを採るために選ばれたものではなく、むしろいろいろな海底地形（平坦部、鞍部、凹部、傾斜部）でどのような堆積物が採れるかという観点から選ばれた。その結果、得られたコアの長さや堆積物は、あらかじめ予想されたように、平坦部と凹部では比較的長くかつ連続的であったのに対して、鞍部や傾斜部ではコアの長さが短く、また粗粒の砂や火山灰が多く含まれていた。特に、傾斜地形の伊豆・小笠原火山列に近い鳥島沖のコア（ステーション5）では、火山灰が多く含まれていたためにコーラーの貫入が短く（3.4m）、本研究に用いることができなかった。そこで本誌では、残りの4本のコアに含まれる有孔虫化石の酸素同位体比（ $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ）を測定し、それらのカーブを外洋の標準的な酸素同位体比カーブと対比することによって、4本のコアの堆積物の年代推定を試みた。

2 材料と方法

5本のピストンコアの位置は、図1に示すように三陸海岸北部の久慈沖の水深約1,520mの平坦部（ステーション

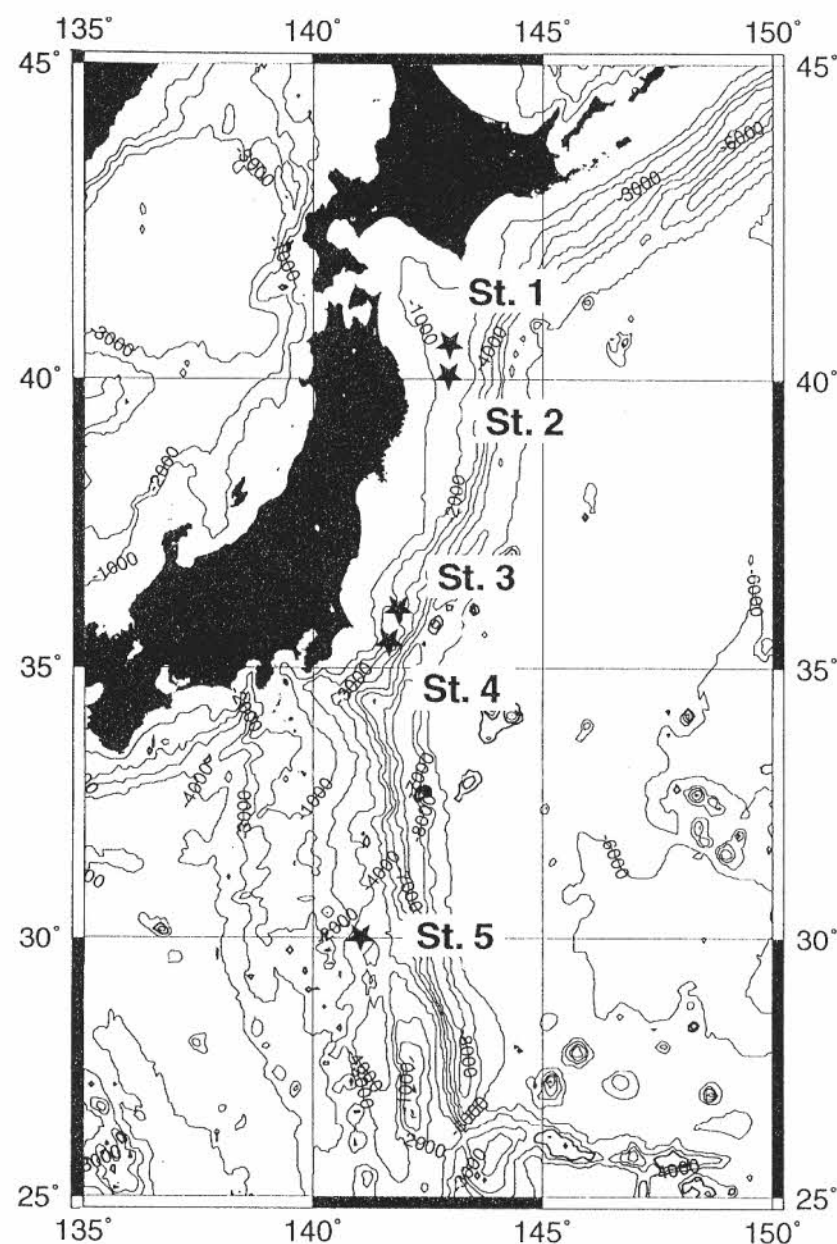


図1 「みらい」MR97-04次航海で採取された5本のピストンコアの位置

Fig. 1 Location of five piston cores collected during “Mirai” MR97-04 cruise

表 1 MR97-04次航海で採取された5本のピストンコアの位置, 水深, コア長, パイロットコアの長さ
 Table 1 Location, water depth, and core length (as well as length of pilot Ashura cores) of five piston cores during MR97-04 cruise

Station No.	Position	Water depth (m)	Core length (cm)	Ashura core length (cm)
	Latitude (N) Longitude (E)			
1	40° 33.3' 142° 55.0'	1,520	683.8	20
2	40° 03.0' 142° 58.0'	1,268	388.0	/
3	35° 59.3' 141° 47.9'	2,308	967.0	30
4	35° 29.0' 141° 34.5'	1,589	569.3	/
5	30° 05.9' 141° 00.2'	3,321	341.5	/

ョン1)と水深約1,270mの鞍部(ステーション2), 銚子沖の水深2,300mの凹部(ステーション3)と水深約1,590mの鞍部(ステーション4), 鳥島南東沖の水深約3,320mの傾斜部(ステーション5)である。得られたコアの長さは, 表1に示すように, 平坦部と凹部では6.8m~9.7mであるのに対して, 鞍部と傾斜部では3.4m~5.7mというように短い。またステーション1と3では, 表層堆積物を乱すことなく採取できるマルチプルコアラーの3本足(通称, 阿修羅コアラーと呼ばれている)をピストンコアラーのパイロットコアとして用いたので, 20cm~30cmの表層堆積物が得られた。5本のコアのうちで最も長く, しかも堆積物が均質なステーション3については, 船上で古地磁気測定用の約1.9 cm³のアクリル性のキューブがコア最上部から連続的に差し込まれ, その湿潤重量と乾燥重量から含水率などが求められた。他の4本のコアには軟X線用のケース(縦20cm, 横5 cm, 深さ1 cm)がそれぞれのコアの最上部から連続的に差し込まれ, 軟X線撮影後に堆積物が取り出された。有孔虫化石の酸素同位体比測定には, ステーション3についてはキューブ試料が, ステーション5を除く他の3本のコアについては軟X線ケースから取り出した長さ2 cmの堆積物が用いられた。それらの堆積物を63 μmのフルイで水洗いをした後, 約50℃で乾燥させ, 212 μm~355 μmの間の堆積物の中から特定の種類の有孔虫化石(浮遊性有孔虫は*Globorotalia inflata*を約30個体, 底生有孔虫は*Uvigerina akitaensis*と*Elphidium batilaris*をそれぞれ20個体ずつ)を顕微鏡下で拾い出した。各試料の有孔虫は, その殻をエタノール中で碎き, 乾燥後に真空装置中で100%リン酸と60.0℃で反応させて, 発生した二酸化炭素を液体窒素(-196℃)とエタノール-液体窒素混合液(約-110℃)で交互に冷却して水蒸気を除いた。このようにして精製した二酸化炭素を同位体比質量分析計(Finnigan MAT 251)に導入して, 試料の酸素同位体

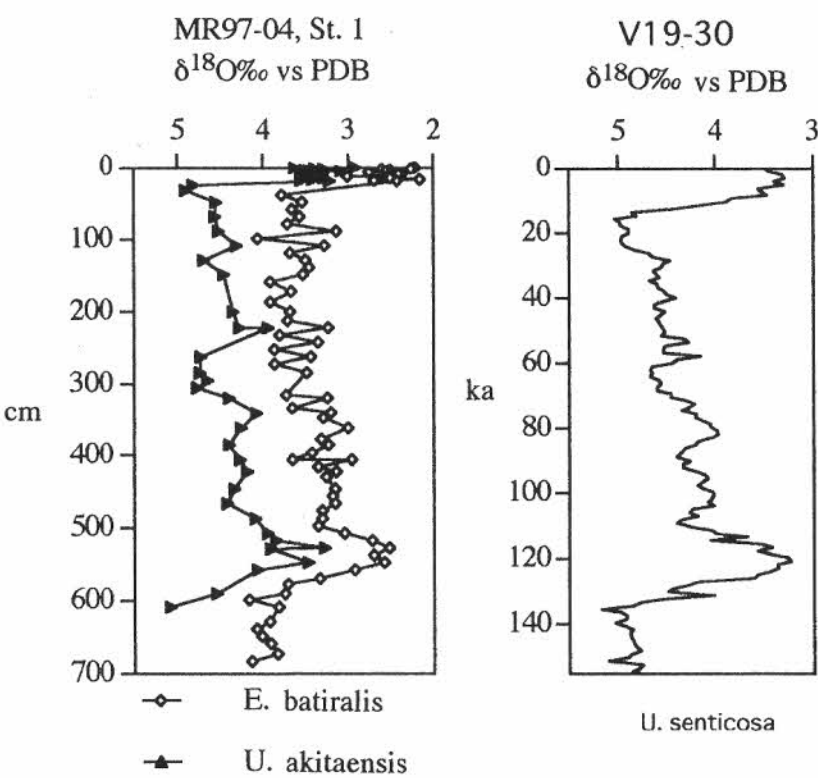


図 2 左側:MR97-04, St. 1 の2種類の底生有孔虫の殻の酸素同位体比, 右側:外洋の標準的な酸素同位体比カーブを示す東赤道太平洋のコアV19-30の底生有孔虫の殻の酸素同位体比 (shackelton et al., 1983)
 Fig. 2 Left : Oxygen isotopic ratios of two benthic foraminiferal species in core MR97-04 station 1. Right : Oxygen isotopic ratio of benthic foraminifera in the east equatorial Pacific core V19-30 which represents the standard oxygen isotope curve in open ocean (shackelton et al., 1983)

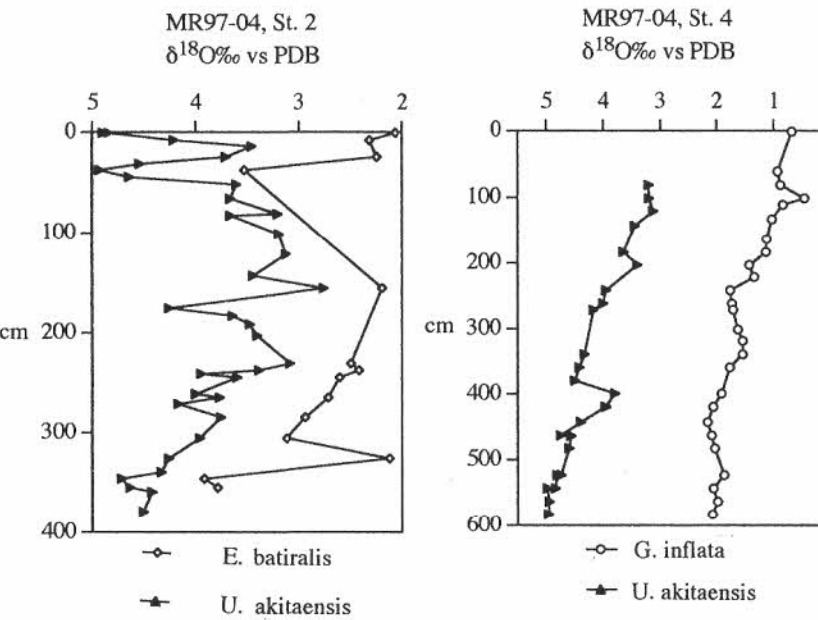


図 3 左側:MR97-04, St. 2 の2種類の底生有孔虫の殻の酸素同位体比, 右側:MR97-04, St. 4 の底生及び浮遊性有孔虫の殻の酸素同位体比
 Fig. 3 Left : Oxygen isotopic ratio of two benthic foraminiferal species in core MR97-04 station 2. Right : Oxygen isotopic ratio of benthic and planktonic foraminifera in core MR97-04 station 4

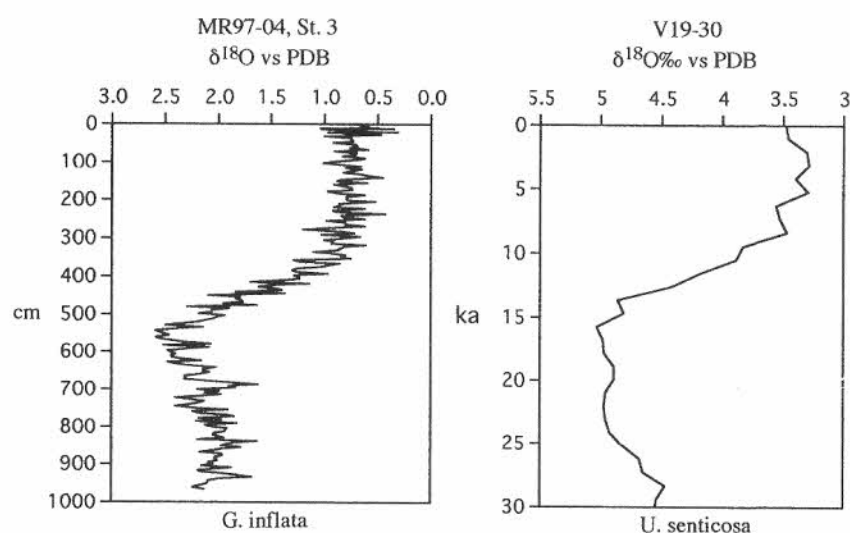


図4 左側：MR97-04, St. 3の浮遊性有孔虫の殻の酸素同位体比，右側：東赤道太平洋のコアV19-30の底生有孔虫の殻の酸素同位体比カーブ

Fig. 4 Left: Oxygen isotopic ratio of planktonic foraminifera in core MR97-04 station 3. Right: Oxygen isotopic ratio of benthic foraminifera in the east equatorial Pacific core V19-30

比を測定した。測定値は、25.0℃における分別係数などの補正を加えた後、世界の酸素同位体比の標準試料であるPDB（北カロライナ州白亜紀のPee Dee層中の矢石、Belemniteの殻）の酸素同位体比からの偏差（ δ ）を千分率で次のように表現した。

$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{Sample}}}{R_{\text{PDB}}} - 1 \right) \times 1000 \quad R = \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$$

なお、酸素同位体比測定値の平均的な標準偏差（1 σ ）は±0.04‰である。

3 結果と考察

図2から図4は、久慈沖から銚子沖かけて採られたピストンコアMR97-04のステーション1から4について得られた有孔虫殻の酸素同位体比カーブを示す。ステーション1と3の最上部は、阿修羅コアで採られた20cm～30cmの表層堆積物の結果も含まれている（図2・図4）。ステーション1の阿修羅コア（長さ20cmで1cm間隔の試料）中の底生有孔虫*U. akitaensis*と*E. batilaris*の $\delta^{18}\text{O}$ は、それぞれ $+3.41 \pm 0.13\text{‰}$ （1 σ ）と $+2.51 \pm 0.19\text{‰}$ （1 σ ）で、両者の間に0.90‰の差がある。このように、同じ海底環境下に生息している底生有孔虫であっても種によって異なった $\delta^{18}\text{O}$ 値をもつので、酸素同位体比の測定には単一種を用いることが重要である。

ステーション1のピストンコアの最上部から13cmの層準で得られた*E. batilaris*の $\delta^{18}\text{O}$ 値（このピストンコアでは最上部の値）は $+3.0\text{‰}$ で、阿修羅コアの平均値（ $+2.51\text{‰}$ ）より約0.5‰大きい。このことは、ステーシ

ョン1のピストンコアリングの際に表層堆積物がある程度欠如したことを意味している。図2の左側には、ステーション1の底生有孔虫2種についての $\delta^{18}\text{O}$ カーブが示されているが、両者はほぼ平行して変化しており、外洋の標準的な酸素同位体比カーブである東太平洋の海底コアV19-30のもの（図2の右側）と酷似している。すなわち、ステーション1の阿修羅コアの20cmの間が後氷期で、酸素同位体比ステージ1に相当し、ピストンコアの最下部は1つ前の氷期である酸素同位体比ステージ6（約15万年前）にまで達しており、その間はほぼ連続的に堆積していると考えられる。

図3の左側には、ステーション1と同じ底生有孔虫（*U. akitaensis*と*E. batilaris*）を用いて $\delta^{18}\text{O}$ カーブが求められたステーション2の結果が示されている。しかし、このステーション2は火山灰や砂層が何枚も介在しており、得られた $\delta^{18}\text{O}$ カーブを標準的な $\delta^{18}\text{O}$ カーブと対比して堆積物の年代を推定するには至らなかった。

図4の左側には、ステーション3に豊富に含まれる浮遊性有孔虫の*G. inflata*を使って、230層準にも及ぶ詳しい $\delta^{18}\text{O}$ カーブが示されている。ステーション3では約30cmの阿修羅コアが得られており、その間に測定された17層準の $\delta^{18}\text{O}$ の平均値は $+0.70\text{‰}$ である。この値は、ピストンコアの最上部30cmの間で測定された7層準の平均値（ 0.65‰ ）と近い。このことは、ステーション3のピストンコアは、表層堆積物を欠如することなく採取されたことを示している。さらに、ステーション3の $\delta^{18}\text{O}$ カーブを外洋の標準的な酸素同位体比カーブであるV19-30のもの（図4の右側）と対比すると、図4に示すように両者は酷似しており、ステーション3の最上部から約370cmまでが約1.2万年前までの酸素同位体比ステージ1、550cm付近が最終氷期最寒期（ ^{14}C 年代で約1.7万年前）に相当すると考えられる。また、ステーション3の最下部の年代は、約3万年前に達していると考えられるが、正確にはまだわからない。

図3の右側には、ステーション4の浮遊性有孔虫（*G. inflata*）と底生有孔虫（*U. akitaensis*）の殻の $\delta^{18}\text{O}$ カーブが示されている。両カーブ共、コア最下部から最上部に向かって $\delta^{18}\text{O}$ 値が次第に小さくなっている。それらの $\delta^{18}\text{O}$ 値を図2や図4の同種のものと比べると、ステーション4の最下部は最終氷期の値に近く、上部（130cm以上）は後氷期の値に近い。したがって、ステーション4の堆積物は最終氷期から後氷期の過渡期に相当する可能性が高い。もし、この解釈が正しいとすると、ステーション4の堆積速度は、4本のコアの中で最も速く、

70cm～100cm／1,000年であったと推察される。もっとも、ステーション4の堆積物は、もっと古い時代の氷期から間氷期の過渡期のものである可能性もある。

4 おわりに

「みらい」MR97-04次の慣熟訓練航海において、これまでなかなか良い海底コアが採取されなかった日本列島東岸沖から、少なくとも2本の連続的に堆積した古海洋学研究に適したコアが採取された。それらは、三陸海岸北部の久慈沖の平坦な海底（ステーション1）と銚子沖の凹地（ステーション3）から採られたもので、それらの有孔虫の殻の $\delta^{18}\text{O}$ カーブは外洋の標準的な $\delta^{18}\text{O}$ カーブと酷似しており、この2本のコアの堆積物の年代は標準的な $\delta^{18}\text{O}$ カーブとの対比から、それぞれ約15万年前と約3万年前まで達していると推定された。それに対して、地形的に鞍部から採られたステーション2と4の海底コアは、それらの有孔虫殻の $\delta^{18}\text{O}$ カーブを標準的な

$\delta^{18}\text{O}$ カーブと対比することが困難で、堆積物の年代を推定することができなかった。今後、これらの2本のコアについては、 ^{14}C 年代測定などさらに詳しい検討が必要である。

本研究に用いた海底コアの採取に当たり、研究船「みらい」の赤嶺正治船長をはじめ観測士官及び乗組員の方々には全面的なご支援を頂いた。ここに改めてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) Shackleton, N. J., M. A. Hall, J. Line and C. Shuxi : Carbon isotope data in core V19-30 confirm reduced carbon dioxide concentration in the ice age atmosphere. *Nature*, 306, 319-322. (1983)

(原稿受領：1999年1月13日)