MR99-K04次航海で得られた海底コアの有機物分析に基づく最終氷期末期～現間氷期における海表層水温変化

山本　浩文*[1]

最終氷期から現在までの環境変動をとらえることは，現在の環境変動が今後どのようなふるまいをするか予測するのに非常に重要である。この予測を行うためには，西部太平洋における亜熱帯循環と亜寒帯循環の数百～数万年スケールの大規模変動の変遷を推定する事が必要である。この目的のために北西太平洋の東経152度線を中心とした南北方向に黒潮流軸に直交する断面で海底堆積物の採取を行っている。

海洋地球研究船「みらい」MR99-K04次航海で三陸沖東方の5848m海域の海底からピストンコアにより海底堆積物を採取した。この海底堆積物中について長鎖アルケノンの分析を行い，過去 2 万年間の海表層水温(SST)の復元を行った。今後は本分析結果と別に進めている放散虫遺骸群集解析からの古水温結果と比較検討する予定である。

キーワード：黒潮続流域，ピストンコアラー，長鎖アルケノン

The change in the sea surface temperature from the final glacial period end to interglacial period based on the organic substance analysis of the core in the western North Pacific during the R/V Mirai cruise [MR99-K04]

Hirofumi YAMAMOTO*[2]

It is very important to catch an environment change from the final glacial age until now to predict a posterior change in an environment now.

It is necessary to estimate a change in the large-scale change in from several hundred to several ten thousand scale of the subtropical circulation to do this prediction in the western Pacific Ocean.

The piston cores were collected from the western North Pacific during the R/V Mirai cruise [MR99-K04].

For this purpose, we did picking of the sediment in the cross section in the Kuroshio current way shaft around a northwestern Pacific east longitude 152 line.

We collected sediment from the sea bottom of 5848m area of sea of the Sanriku coastal waters east by the R/V "MIRAI"in the MR99-K04 cruise by the piston corer. We analysed of alkenone about the inside of this sediment, and the restoration of the sea surface temperature (SST) of the past 20000 years was done.

Key Words : Kuroshio Extension, Piston corer, alkenone

＊1　海洋科学技術センター海洋観測研究部

＊2　Ocean Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

1. 目　的

研究船「みらい」のMR99-K04次航海において水深5848mから採取した海底コアSt.3 (37°30N, 152°00E)について長鎖アルケノンの分析を行い，過去２万年の海洋表層水温(SST)復元し，最終氷期最寒期から現在までの黒潮続流域の変遷を明らかにすることを目的とする。さらに，本海域における放散中遺骸群集分析から導いた過去２万年の海洋表層水温(SST)と本結果を比較するためのデータを得ることを目的とする。

2. 試　料

本研究で用いた試料は，1999年7月23日から同年8月3日にかけて行われた海洋地球研究船「みらい」の研究航海(MR99-K04, Leg-1) において水深5848mから採取したピストンコアSt.3 (37°30N, 152°00E; コア長1876cm)および同地点から採取したマルチプルコア (コア長28.5cm) である(図1)。ピストンコアについては上部202cmまでを分析に用いた。

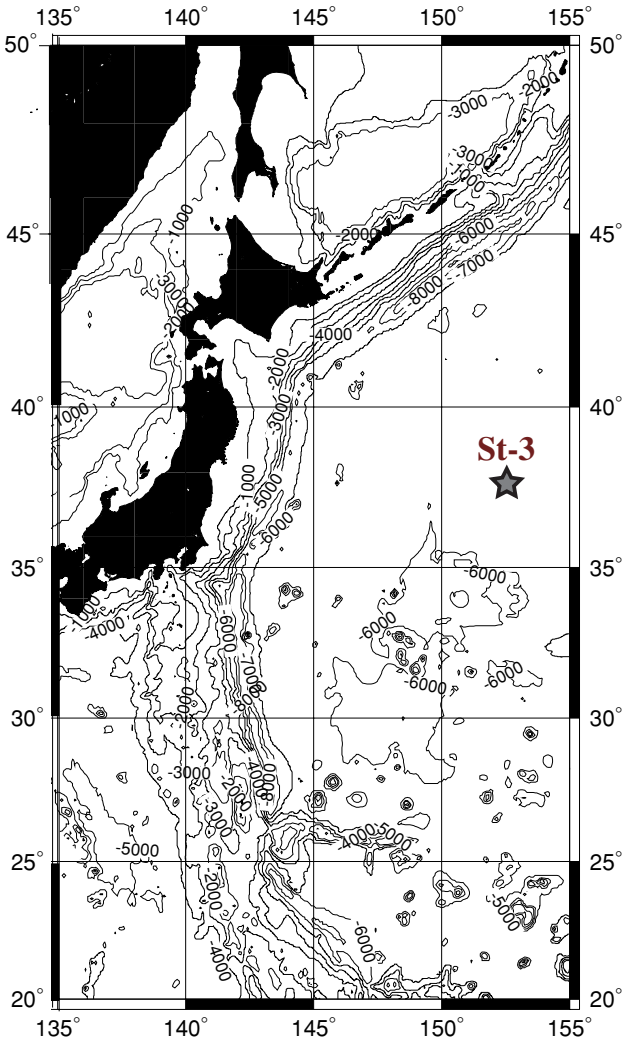

図１　分析を行ったピストンコアの位置(MR99-K04次航海)
Fig.1　Location of the pistoncorer which did an analysis (MR99-K04 cruise)

3. 分析方法

(1)試料採取

堆積物試料は，試料の汚染を防ぐために水と洗剤により良く洗浄した金属製器具を用いて採取した。採取後は，冷蔵保存した。試料は1cmおよび2cmの厚さで採取し，均一化した後に分析した。試料を採取した層準は表1に示した。

(2)アルケノン分析

①抽出およびケン化

約3～10gの湿潤堆積物試料を遠沈管に秤量した後に，内部標準としてn-Tetracasane d50($C_{24}D_{50}$, C/D/N ISOTOPES社製)，n-Tetracontan($C_{40}H_{82}$, Fluka AG社製)，Stearone($C_{35}H_{70}O$, 東京化成工業株式会社製) を加え，スパチュラで均一になるようによく混ぜた。その後，メタノール(和光純薬株式会社製，HPLC用)およびクロロホルム(和光純薬株式会社製，HPLC用)を用いて超音波抽出を6回行った。抽出液を蒸留水で4回洗浄して不純物を除去したのちに無水硫酸ナトリウム(和光純薬株式会社製，特級)を加えて脱水した。脱水後Whatman GF/F フィルターで濾過し，残差を取り除き，濾液はナス型フラスコに回収した。濾過後のサンプル溶液をロータリーエボポレーターで濃縮した後，バイアル瓶に移した。これに1N水酸化カリウム(和光純薬株式会社製，特級)-95%メタノール(和光純薬株式会社製，HPLC用)を1ml加え80℃ で24時間ケン化した。

②中性成分の分離と分画

ケン化成分をヘキサン(和光純薬株式会社製，HPLC用)およびジエチルエーテル(和光純薬株式会社製，特級)で中性成分と酸性成分に分離した。中性成分はシリカゲル(MERCK社製，Silica gel 60, 70-230mesh)をパスツールピペットに5cmつめて作成したシリカゲルカラムクロマトグラフィーによって，ヘキサン(和光純薬株式会社製，HPLC用)4.5mlで炭化水素を，ジクロロメタン(和光純薬株式会社製，HPLC用)4.5mlでケトンを，クロロホルム(和光純薬株式会社製，HPLC用)7mlでアルコールにそれぞれ分画した。

③酸性成分の分離

②で得られた酸性成分に1Nの塩酸(和光純薬株式会社製，特級)2mlを加え，酸性にしたのちに，ヘキサン(和光純薬株式会社製，HPLC用)およびジエチルエーテル(和光純薬株式会社製，特級)で抽出し，保存した。

④ガスクロマトグラフ(GC)分析と定量

得られたケトン画分をガスクロマトグラフィーにより分析を行った。定量は，Hewelett Packard 6890 Gas Chromatogram を使用した。諸条件は，キャリアーガスはヘリウム，検出器には水素炎イオン化検出器 (FID)を用い，FIDの温度は300℃に設定した。カラムは DB-5(30m×

0.32mm i.d.）を用いた。

アルケノンの温度プログラムは50℃（1.5min），50～180℃（20℃ /min），180～320℃（3℃ /min, 20min）である。

化合物の定量は内部標準法を用いて行った。内部標準と試料に含まれる目的化合物のGCピーク面積の比較により定量した。

（3）水温の換算

アルケノンの不飽和度（$U^{K'}_{37}$）は以下の式によって定義されている。

$U^{K'}_{37} = [C_{37:2}]/([C_{37:2}] + [C_{37:3}])$

$U^{K'}_{37}$から水温への換算には，Prahlら[1)]の式$U^{K'}_{37} = 0.034T$（℃）+0.039を用いた。

4. 分析結果

（1）C_{37}アルケノンの濃度

C_{37}アルケノンの濃度の結果は表1および図2に示した。

$C_{37:3}$と$C_{37:2}$のアルケノン濃度の合計は，ピストンコアでは0.77～2.64μg/g dry sedimentの間で変動し，コアの上部で濃度が低く，約30cm以深では高い濃度を示した。マルチプルコアでは，0.63～2.00 μg/g dry sed.の間で変動し，コアの上部で低い濃度を示した。堆積速度が明らかでないのではっきりしたことはわからないが，コアの上部でアルケノンの濃度が低いのはハプト藻の生産量が現在にかけて徐々に減少していったということが可能性の一つとしてあげられる。

（2）アルケノンの不飽和度$U^{K'}_{37}$から推定した水温

アルケノンの不飽和度$U^{K'}_{37}$から推定した水温の結果は表1および図3に示した。

アルケノンの不飽和度$U^{K'}_{37}$からPrahl ら[1)]の式を用いて換算した水温はピストンコアでは14.9～18.5℃の間で変動し，コア最上部で最も高く，深さ40cmで最も低い値を示した。また，マルチプルコアでは15.3～19.2℃の間で変動し，コア最上部よりも深さ5.5cmで最も高い水温を示した。ピストンコアでは深さ201cmから50.5cmの間は，15.0℃ から16.1℃の間で変動し，大きな変動は見られなかった。深さ41cmの層準で極小値をとった後，コア上部に向かって水温が徐々に上昇した。この傾向はマルチプルコアでも見られ，上部にいくほど水温が上昇していった。これよりマルチプルコアとピストンコアの上部が一致していると考えられる。

表1　アルケノン分析結果

Table. 1 The result of Alkenones analysis

Piston Core

Depth (cm)	Mean depth (cm)	$C_{37:3}$ Alkenone conc. (μg/g dry sed.)	$C_{37:2}$ Alkenone conc. (μg/g dry sed.)	C_{37} Alkenones conc. (μg/g dry sed.)	$U^{K'}_{37}$	SST (C°)
0.0 － 2.0	1.0	0.26	0.52	0.78	0.667	18.5
10.0 － 12.0	11.0	0.27	0.50	0.77	0.645	17.8
24.0 － 25.0	24.5	0.44	0.73	1.17	0.628	17.3
30.0 － 32.0	31.0	0.81	1.06	1.87	0.567	15.5
35.0 － 36.0	35.5	0.95	1.25	2.19	0.568	15.6
40.5 － 41.5	41.0	1.04	1.24	2.28	0.544	14.9
50.0 － 51.0	50.5	0.97	1.21	2.18	0.555	15.2
60.0 － 62.0	61.0	1.01	1.32	2.33	0.565	15.5
70.0 － 72.0	71.0	1.09	1.38	2.47	0.559	15.3
90.0 － 92.0	91.0	1.13	1.52	2.64	0.574	15.7
120.0 － 122.0	121.0	1.03	1.45	2.48	0.584	16.0
130.0 － 132.0	131.0	0.84	1.19	2.03	0.585	16.1
150.0 － 152.0	151.0	0.88	1.17	2.05	0.570	15.6
180.0 － 182.0	181.0	0.67	0.87	1.54	0.566	15.5
190.0 － 192.0	191.0	1.00	1.21	2.21	0.548	15.0
200.0 － 202.0	201.0	1.04	1.42	2.47	0.577	15.8

Multiple Core

Depth (cm)	Mean depth (cm)	$C_{37:3}$ Alkenone conc. (μg/g dry sed.)	$C_{37:2}$ Alkenone conc. (μg/g dry sed.)	C_{37} Alkenones conc. (μg/g dry sed.)	$U^{K'}_{37}$	SST (C°)
0.0 － 2.0	1.0	0.29	0.57	0.85	0.666	18.5
5.0 － 6.0	5.5	0.24	0.54	0.77	0.692	19.2
10.0 － 11.0	10.5	0.24	0.39	0.63	0.615	16.9
20.0 － 21.0	20.5	0.47	0.68	1.15	0.588	16.2
27.0 － 28.0	27.5	0.88	1.12	2.00	0.560	15.3

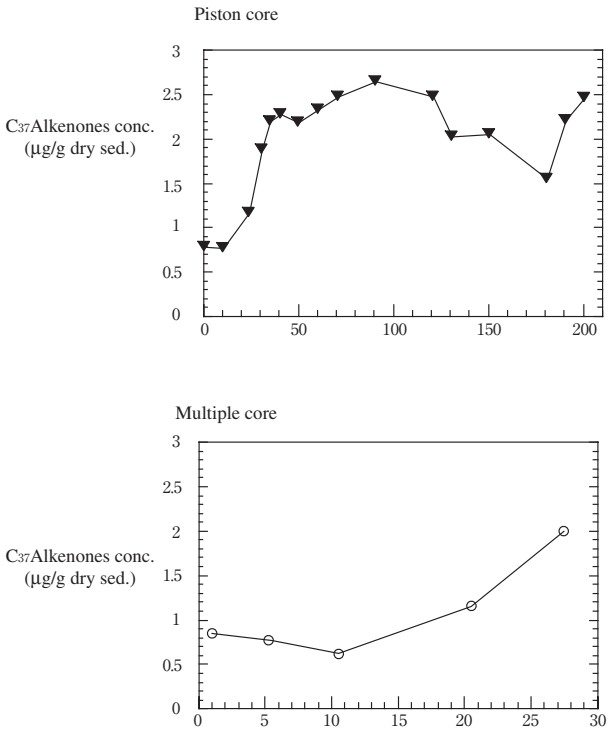

図 2　ピストンコア及びマルチプルコアのC_{37}アルケノンの濃度変化

Fig.2　Change in concentration of C_{37} Alkenones of the pistoncorer and multiplecorer

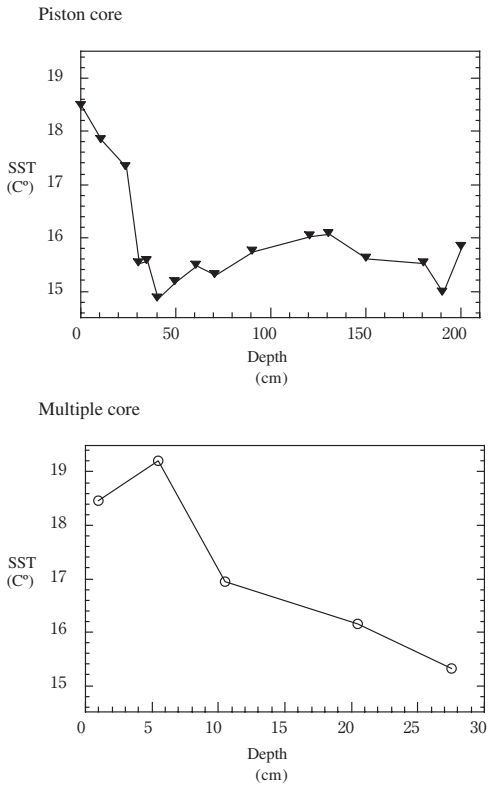

図 3　ピストンコア及びマルチプルコアのSST変化

Fig.3　Change in SST of the pistoncorer and multiplecorer

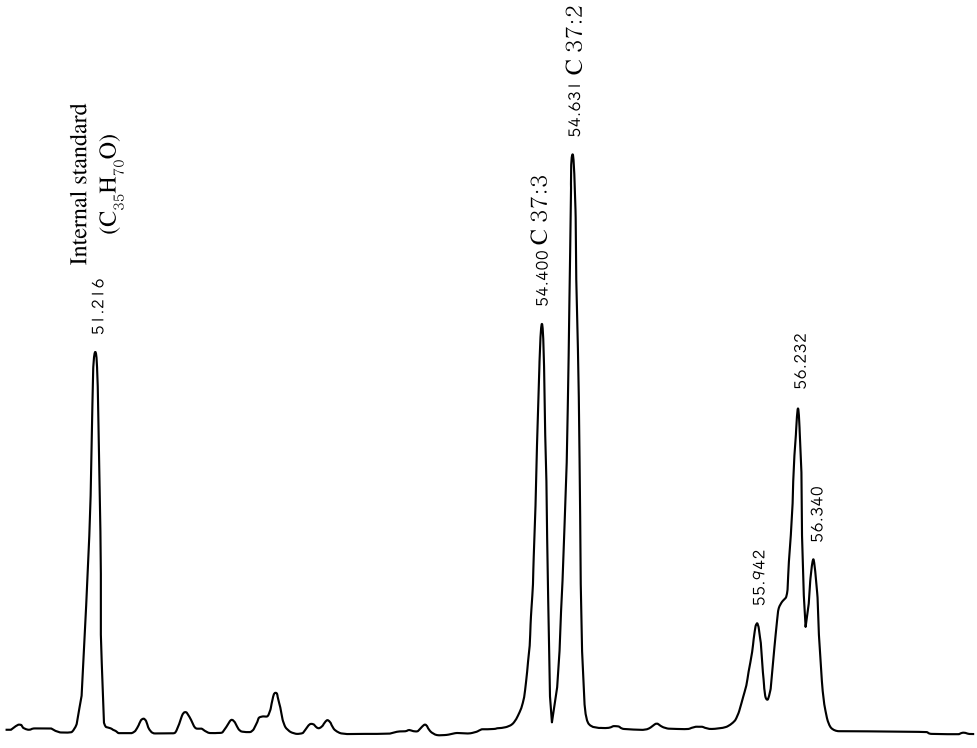

図 4　マルチプルコアの深さ27～28cmのアルケノンのガスクロマトグラフ

Fig 4.　Gas chromatograph of Alkenones（multiplecorer : 27～28cm）

5. 結論と課題

$U^{K'}_{37}$から求めた水温が妥当な推定であるとすれば，最終氷期最寒期（LGM）はピストンコアの深さ40cmあたりではないかと考えられる。それ以深の水温分布も^{18}O曲線より推定されているステージ3あるいはステージ4近辺の分布とも類似している。もし仮に深さ40cmの層準がLGMであったとすると，LGMは現在よりも水温が約3.6℃低かったと考えられる。また，この温度差もこの海域の水温変化としては充分ありうる変化である。これらのことから得られた水温復元分布はこの海域の表層水温を表していると考えられる。今後は，並行して解析を進めている放散遺骸群集からの暖水塊や冷水塊の古水温推定値と比較する予定である。

また，1〜2m付近が^{18}Oステージのどの付近に達しているかを結論づけるためには，今後火山灰層序などの結果と対比させ，さらに高分解能な$U^{K'}_{37}$分析を進めることが必要である。

6. 謝　辞

本研究航海を行うに当たって，「みらい」の赤嶺船長及び観測士官をはじめとする乗組員の方々には全面的なご協力をいただいた。また，（株）GODIや（株）MWJの観測技術員の方々からも様々なご支援をいただいた。試料分析にあたっては，北海道大学大学院地球環境科学研究科南川正男教授にご協力いただいた。ここに記して，感謝の意を表す。

参考文献

1）Prahl, F. G., Muehlhausen, L. A. and Zahnle, D. L., 1988. Further evaluation of long-chain alkenones as indicators of paleoceanographic conditions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, 2303-2310.

（原稿受理：2000年7月7日）