

「みらい」MR99-04ピストンコア中の放散虫遺骸群集に基づく 過去2万年間の黒潮・親潮水塊の変遷

山内 守明*¹ 山本 浩文*²

最終氷期から現在までの環境変動をとらえることは、現在の風系など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。

現在、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6000m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。これらの海底堆積物中に含まれる放散虫化石群集を黒潮系温暖種と親潮系寒冷種に分類し、最終氷期末期から現間氷期までの黒潮系暖水塊及び親潮系冷水塊の変遷を明らかにした。

キーワード：黒潮続流域，ピストンコアラー，放散虫遺骸群集

A change in the warm water Kuroshio Current system from the final glacial age end to the interglacial period, it is based on radiolalian fossils in the western North Pacific during the R/V Mirai cruise [MR99-K04]

Moriyoshi YAMAUCHI*³ Hirofumi YAMAMOTO*⁴

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].

The radiolalian fossils contained in this sediment was classified in the Kuroshio current system warm species and the Oyashio current system cool species. A change in the warm water of the Kuroshio current system from the final glacial period end until the interglacial period was explained by this.

Keywords : Kuroshio Extension, Piston corer, Radiolaria

*1 海洋観測研究部流動研究員(甲南高等学校)

*2 海洋科学技術センター海洋観測研究部

*3 Ocean Observation and Research Department Guest Researcher (Konan boys' high school)

*4 Ocean Observation and Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

1. はじめに

平成11年度「みらい」のMR99-K04航海において、3本のピストンコアを採取した。このうち、PC2とPC3は三陸沖東方の極前線の南北に位置している。これらの2本のコアに含まれる放散虫遺骸の群集変化を調べ、最終氷期以降の黒潮水塊・親潮水塊の挙動を推定する。

2. 調査地点の海洋環境

微化石調査を行った2地点の海況は、1995年の4月および9月のNOAAの画像データ(図1)から判断すると、PC2が極前線の北側(親潮前線の南方)に位置し、PC3は極前線の南端(黒潮前線付近)に位置することになる。日本水路協会発行の海洋環境図¹⁾の力学的深度偏差平均値からも、同様の海況であることがわかる。図2から2地点の水温の年

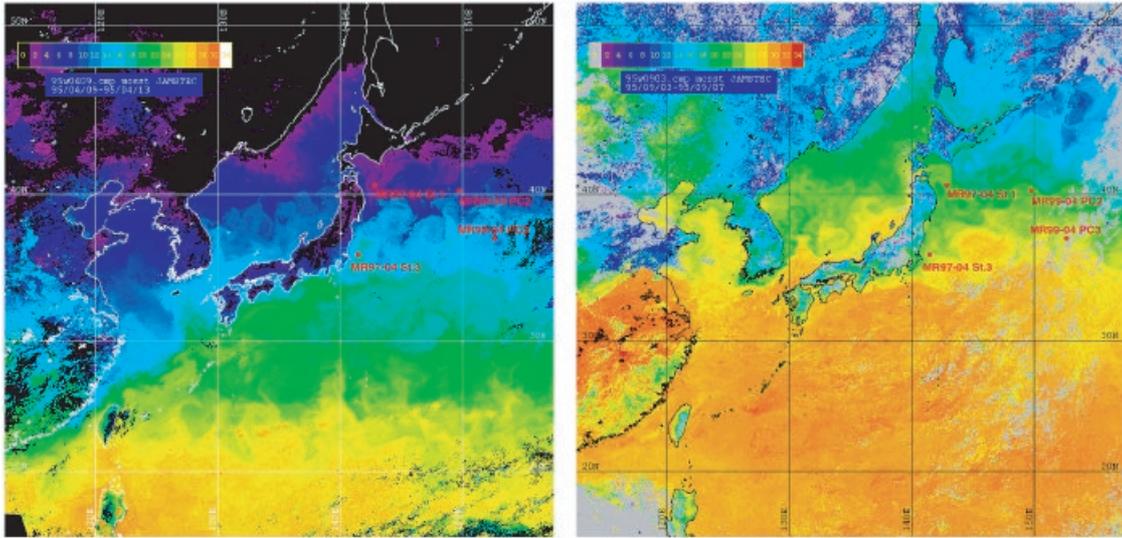


図1 衛星(TIROS/NOAA)による1995年4月, 9月の海面水温データ(MCSST)
Fig. 1 Sea surface temperature on April and September in 1995 by the satellite data(MCSST)

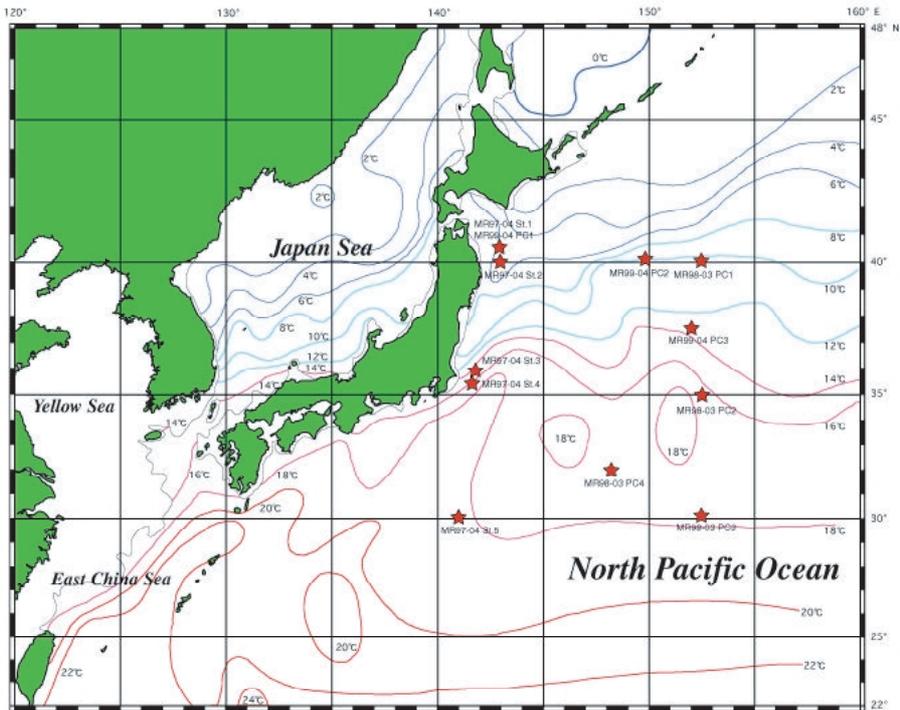


図2 海洋環境図の春期100m等温線と採泥点
Fig. 2 A spring 100m depth isotherm of the ocean environment figure and location of the piston corer

表1 調査海域の海洋環境(1)

Table 1 The ocean environment of the survey area

PC2	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average	Max	Min
0m	13.0	11.0	9.5	12.0	14.0	17.0	20.0	22.0	23.0	19.0	15.5	15.0	15.9	23.0	9.5
50m	12.5	10.0	9.5	11.0	13.5	14.0	12.0	12.0	15.5	16.0	12.0	15.0	12.8	16.0	9.5
100m	12.0	10.0	9.0	10.0	11.5	10.0	9.0	10.0	11.0	12.0	14.0	15.0	11.1	15.0	9.0
200m		8.0			8.0			6.5			9.0		7.9	9.0	6.5
Av.0-200		9.8			11.8			12.6			12.6		11.9		
Av.50-200		9.3			11.0			9.5			11.7		10.6		

PC3	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average	Max	Min
0m		14.5			17.0			23.5			19.5		18.6	23.5	14.5
50m		13.5			16.0			17.0			19.0		16.4	19.0	13.5
100m		12.5			14.0			13.0			16.0		13.9	16.0	12.5
200m		12.0			11.0			10.0			11.0		11.0	12.0	10.0
Av.0-200		13.1			14.5			15.9			16.4		15.0		
Av.50-200		12.7			13.7			13.3			15.3		13.8		

間変化をプロットしてみると、水深0mの年較差は、PC2で13.5℃、PC3で9℃に達するが、水深50mの年較差では、PC2では6.5℃、PC3で5.5℃となる。水深100mの年較差は、PC2で6℃、PC3で3.5℃となり、水深200mでは、PC2で2.5℃、PC3で2℃の年較差と比較的安定した値となっている(表1参照)。サンプリング位置図として、海洋環境図の春季100mの等温線の上にコア採取をプロットし図2に示した。

3. 試料および分析方法

群集解析に用いた試料は、船上で細分された Kabuse ((L)21×7×1000mm) から、5cmおきに厚さ10mmでサンプリングを行い、検鏡用のプレパラートを作成した。

(1) プレパラートの作成法

- ① ケースに入ったコアから、層厚1cmの試料をピーカーに取り出し、5%程度の過酸化水素水を注ぎ、一昼夜程度放置して試料を分散させる。
- ② 反応終了後、超音波洗浄器で5~10秒程度振動を加え、250メッシュ(開口径63μm)の篩を用い、シャワーで水洗する。
- ③ 放散虫殻の泥抜きの悪い試料については、ヘキサメタリン酸ナトリウム水溶液(約10%)に数時間浸し、超音波洗浄器で5秒程度振動を加え再度水洗をする。
- ④ 水洗の完了した試料を耐熱シャーレに移し、100℃以下の恒温で乾燥させる。
- ⑤ 残渣に砂やシルト、火山ガラスを多く含む場合は、ピーカーに再び戻して水をはり、攪拌し上澄みだけを篩にかけ、放散虫を濃縮させ、再び乾燥させる。
- ⑥ 乾燥した残渣試料は、実体顕微鏡下で放散虫の有無及び残渣の状況を確認する。
- ⑦ 耳掻きで試料をすくい取り、ホットプレート(70℃程度)

にのせたスライドグラス上に均一にまく。

- ⑧ スライドグラスに封入済(エンテランニュー)を数滴落とし、24×24mmのカバーグラスを気泡が入らないように静かに乗せ、数時間放置し乾燥させプレパレーションの作業を完了する。

(2) 顕微鏡での検鏡

作成したプレパラートは、光学顕微鏡下で100倍の倍率で観察した。なお、遺骸群集の統計解析を伴うため、群集が安定する個体数500個体を基準として全ての種の同定とカウントを行った。検鏡は、PC2で120cm以上の層準で23試料、PC3で240cm以上の層準で19試料からなる。

(3) 群集解析

各試料中に産出する放散虫のうち、北西太平洋の環境指標種として知られる90種に着眼しその挙動を調べ、山内(1986)に示される放散虫指数を算出した。

$$Sr = \frac{\sum (S \cdot n)}{\sum n}$$

S=1 : Subarctic Fauna

S=2 : Subtropic Fauna

S=3 : Tropic Fauna

n : 個体数

求められたSrの値は、指標種の性格から群集の類似度および海水の温暖さを相対的に表すものと言える。このことより、以下のように水塊を区分することが可能となる。

SR=3.0 : 黒潮本流(温暖域)

3.0 > SR ≥ 2.0 : 黒潮変質部(温暖~漸移域)

2.0 ≥ SR > 1.0 : 黒潮・親潮混合水帯(漸移域~寒冷域)

SR=1.0 : 親潮本流(寒冷域)

放散虫は他のプランクトンと同様の生態を示し、水深100m付近で群集密度が最も高くなっている。また中緯度域では春季と秋季の年二回の発生期が、高緯度域では夏季のみの発生が知られている。このことから本邦付近の海水温との相関は、季節躍層を除いた水温との相関を見る必要がある。山内²⁾は、上記の理由で年間の50~200mの平均水温とSrの相関を調べ、次の水温回帰式を作成した。

$$\text{Temp} = 7.12\text{Sr} + 0.685$$

求められた古水温は、その定義に従って50~200mの年間平均水温ということになるが、この値は春季の水深100mでの水温に近似していることから、古水温を春季の100mとして解釈しても差し支えない。環境指標として用いた種を以下に示す。

暖海種 (Tropic Fauna)

Acrosphaera lappacea, *Acrosphaera murrayana*, *Acrosphaera spinosa*
Acrosphaera sp.A, *Collosphaera huxleyi*, *Collosphaera tuberosa*
Collosphaera sp.C, *Disolenia zanguebarica*, *Otosphaera polymorpha*
Siphonosphaera martensi, *Siphonosphaera socialis*, *Stylosphaera melpomene*
Ommatartus sp.A, *Heliodiscus echiniscus*, *Heliodiscus* (?) sp.
Euchitonina elegans, *Larcospira quadrangula*, *Prunocarpus* (?) sp.A
Carpocanistrum acutidentatum, *Carpocanistrum flosculum*
Dictyophimus hirundo, *Lithopera bacca*, *Liriospyris reticulata*, *Trissocircus lentellipsis*

温暖種 (Subtropic Fauna)

Collosphaera macropora, *Cladococcus cervicornis*, *Cladococcus stalactites*
Spongoplegma streptacantha, *Styptosphaera spongiacea*
Arachnocorys umbelifera, *Ceratocyrtilis sinuosa*, *Clathromitra pentacantha*
Eucecryphalus gegenbauri, *Eucecryphalus sestrodiscus*, *Lampromitra coronata*, *Lophophaenomma witjazi*, *Pseudocubus octostylus*
Pseudocubus sp., *Verticillata hexacantha*, *Dictyophimus infabricatus*
Dictyophimus platycephalus, *Pseudodictyophimus gracilipes*
Tholospyris scaphipes

寒冷種 (Subarctic Fauna)

Acrosphaera arkitos, *Actinomma* cf. *capillaceum*, *Actinomma* (?) sp.
Cenosphaera cristata, *Cladococcus abietinus*, *Cladococcus*

pinetum

Cromyechinus antarctica, *Cromyechinus* cf. *icosacanthus*
Cromyodrymus sp.A, *Cromyodrymus* sp.B, *Hexastylus* cf. *minimum*
Rhizosphaera sp.A, *Sphaeropyle mespilus*, *Styptosphaera* (?) *spumacea*
Styptosphaera sp., *Stylatractus* sp., *Stylosphaera* sp.
Spongotrochus beringianus, *Spongotrochus glacialis*, *Spongotrochus* sp.B
Spirema (?) sp., *Pterocorys macroceras*, *Botryostrobus aquilonalis*
Dictyophimus mawsoni, *Lychnocanium* cf. *grande*, *Pterocanium* (?) *kortonevi*
Tristylospyris sp.

4. 各コアの時代観

2本のコアの古環境解析・対比を行うにあたっては、正確な時間軸が必要となる。通常、炭酸塩補償深度 (CCD) よりも浅い場所で採取されたコアであれば、浮遊性有孔虫の酸素同位対比の変動曲線や¹⁴Cなどの絶対年代の測定から時間面を得ることができるが、今回のコアは採取深度がPC2で5608m、PC3で5848mであるため上述の手法を用いることができない。従って、時間面のセットは船上で測定された γ 線量、帯磁率、分光測色計による色差の変化、コアに含まれるテフラの対比、産出した放散虫群集の変化および第四紀の海洋の気候変動を示す酸素同位体曲線との対比を行いながら時間軸を得なければならない。

帯磁率は珪質の生物源堆積物の量変動による磁性鉱物の希釈・濃集によって変動し、しばしばその変動パターンが酸素同位体のステージに対応することが知られている。幸いにもPC2とPC3の帯磁率の増減が酸素同位体の変動曲線にほぼ対応していることがわかった。また両コアの帯磁率の変化は、放散虫指標種やSrの変化との間に相関があり、同定されたテフラと帯磁率との時代観に矛盾がないことから総合的にコアの時間面を得ることができた。

5. 調査結果

両コアとも水洗処理後の残渣は、陸源の碎屑物をほとんど含まず下位の層準まで保存状態の良い放散虫を多産する。なお、テフラの層準前後では堆積物中に火山ガラスを挟在するため放散虫の産出が少なくなるが、群集解析に必要な個体数を得ることができた。群集の詳細な検討は、PC2ではコアトップから深度120cmまでの23層準、PC3ではコアトップから深度240cmまでの19層準で行った。これら2本のコアの指標種の産出状況を、表2、表3に示す。また、暖海種、温暖種、寒冷種の産出数を百分率に換算し、群集の多様性と古水温を求めて図3にまとめた。PC2には、深度75~80cmの浅い層準にテフラを挟在している。青木他³⁾の報告では、このテフラを十和田八戸テフラ (To-H) に対比している。十和田八戸テフラの噴出年代は、おおよそ15ka (14.9-15.3ka) であることから、降灰の始まりの80cmを15ka

として考え、5cmのテフラを同一年代(75~80cmのどちらも15ka)とすると、深度75cm以上の層準では50mm/kaの堆積速度であることとなる。このことから深度50cmは10kaにあたり、深度80cm以深も同じ堆積速度とすると、深度100cmは19kaにあたる。図1に示された暖海種の増減を年代とともに追うと、深度50cmより上部(10kaより新しい時代)では下位よりも明らかに産出量が多く、温暖な完新世にあたるのが分かる。また、深度95cmで暖海種が最も少なくなるが、この層準は18kaにあたることから最終氷期の最も寒冷な様子を反映していることとなる。基本的には温暖種も暖海種と同じ挙動を示しているが、深度100cm以深では産出が多くなることでやや傾向が異なっている。一方、寒冷種の挙動は暖海種・温暖種と逆の相関を示すが最も多産するのは暖海種が少なくなっている深度95cmではなく10cm上の深度85cm(16.5ka)となっている。これらの3種類の環境指標種から求めたSrは、完新世にあたる深度50cmより上位ではコアトップの群集とほぼ同様で、この間現在の海況と近似していたことになる。なお、深度15cm(3ka)、深度35cm(7ka)は、現在よりも若干暖かかった時期があったことが確認できた。また、最終氷期のピークは、暖海種・温暖種がほとんど産出しない深度95cm(18ka)であることになる。

PC2の位置での海洋環境図から見積もられた50~200mの水温は10.6℃であるのに対し、Srから見積もられたコアトップの古水温は10.3℃、深度50cm以浅の完新世の平均古水温は10.7℃となっており、復元された古水温が適正な値であることが分かる。この完新世の古水温変化の中では、深度15cmと深度35cmがそれぞれ11.4℃、11.2℃とやや水温が高くなることから、3ka、7ka付近で僅かに高温の時期があったことになる。一方、深度50cmよりも下位の層準では明らかに寒冷であったことが読みとれ、深度95cmの最終氷期のピーク時にはSrが1.04まで下がる。現段階では、Srが1.0以下は判定できないので親潮水の中での寒暖は判断できないが、Srがほぼ1.0に近似することから、この海域が極前線北限(親潮前線)に沿っていたことを示唆している。従って最終氷期から完新世にかけての温度変化は、8.1~11.4℃の範囲で、コアトップで比較すると2.2℃の水温低下があり、完新世の最暖気は現在より1.1℃高温であったことになる。PC3においてもコア上部の3層準(深度246.0~247.0cm、深度246.0~247.0cm、深度533.0~537.0cm)のテフラが、それぞれクッシャロ庶路テフラ(Kc-Sr:30~35ka)、支笏第1テフラ(Spfa-1:30-40ka)、Aso-4(88ka)に対比されている。一方、帯磁率の変動パターンは酸素同位体の変動曲線に極めて類似しており、おおよそ深度50cmが最終氷期(酸素同位体ステージ2)に、深度350~680cmが酸素同位体ステージ5に、深度680~840cmが酸素同位体ステージ6に対応している。酸素同位体ステージに対比される帯磁率の変化とテフラの年代との間に矛盾はないが、最終氷期のステージ2が深度50cm付近となることから最終氷期以降完新世まで堆積速度が極めて遅かったということになる。

このようなテフラ・帯磁率・酸素同位体の変動曲線のデータを元にした時代観で、放散虫の指標種の変化を見る

と、深度50~70cmの暖海種が最も少なくなる層準が最終氷期にあたり、帯磁率の変動と良い相関にある。深度70cmを最終氷期のピークとすると上位の層準での堆積速度は38.9mm/kaとなり、下位の層準のテフラから求められた堆積速度(60~80mm/ka)の半分程度となる。また、暖海種、温暖種が増加している深度20cmを10kaとしてセットすると、深度20cmより上の完新世の層厚が10cm程度薄いということになる。しかし、コアトップの20cm程度の酸化層があることから現世部分の試料が欠けているとは考えにくい。

完新世に入り極めて堆積速度が遅い状況になったことがわかる。3つの環境指標種の挙動は、量比とその増減のピークの伸びは異なるものの、大局的にPC2の群集変化と同じ相関があり、個々のピークについても良い対応をしている。本地点におけるコアトップの放散虫群集から求めた水温は13.7℃で、海洋環境図の50~200mの平均水温の13.8℃と近似した。一方、Srが最も冷たいことを示唆するのは深度70cmで、その値は1.30からなり復元された古水温は10.0℃を示している。従って、現世と最終氷期とは3.8℃の温度差がある。なお、深度20cm以浅はデータの数が少ないため、PC2のような高温期は確認できない。深度70cm以深では緩やかに水温が高くなってはいるが深度220cmの12.7℃が最も高く、現在ほどの暖かな水温ではないこととなる。

6. 古環境の対比・復元

図3には試料深度ごとの産出状況を示したが、古環境変動をより詳しく把握するためには同一の時間軸の中にデータをプロットしなおさなければならない。PC2では、十和田八戸テフラ(To-H)が時間軸の基準となるが、テフラの降灰が地質時代では一瞬にしか過ぎないためその層厚を省いて時間軸を設定しなくてはならない。最終氷期の寒冷なピークから上の層準については、温暖な完新世の層厚も妥当であるので約50mm/kaの一定の堆積速度として扱い時間軸を与えた。PC3は十和田八戸テフラが含まれないので一部の層準の層厚を省く必要はないが、深度70cmを最終氷期極大期に設定すると完新世の層厚が薄くなることとなる。前章では完新世の堆積速度が極めて遅くなったことを指摘したが、温暖となった深度20cmを10kaとし表層から20cmまでを20mm/kaの堆積速度と考え時間軸を与えた。深度20cmから深度240cmまでは、指標種の挙動、多様度がPC2と類似するので、広域テフラとして知られるAso-4から見積もられた最終氷期までの堆積速度63mm/kaと矛盾をきたさない範囲で時間軸を与えた。この結果最終氷期より下の層準での堆積速度は、約60mm/kaとなる。上記の手法で時間軸を与えたPC2、PC3とMR97-04のSt.1、St.3の解析結果を図4としてまとめた。この図から以下のことが考察できた。

① 指標種の産出から、最終氷期極大期は寒冷種の増加と暖海種、温暖種の減少で水温の低下したことが説明付けられる。つまり親潮水の張り出しと黒潮の脆弱化・流路の南下により北西太平洋の18kaの古環境が特徴付けられる。しかし、親潮域のMR97-04 St.1をのぞく3本のコアでは、完新世と比べ寒冷種は増加しているものの、最

表2 MR99-K04 PC2における放散虫指標種の産状

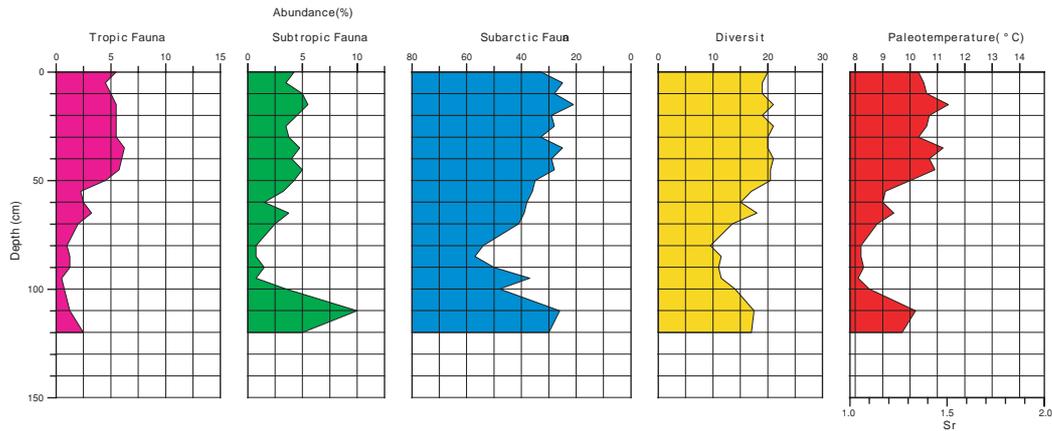
Table 2 The producing condition of radiolarian index species in PC2 (MR99-K04)

	Sample No. Core Depth	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
		00cm	05cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm	45cm	50cm	55cm	60cm	65cm	70cm	75cm	80cm	85cm	90cm	95cm	100cm	110cm	120cm	
Tropic Fauna	<i>Acrosphaera lappacea</i>	1		2		1	2			2	2	2			1				1	1		1		1	
	<i>Acrosphaera murrayana</i>	1	1	1	1			1	1	2	3	1								1	1		1		1
	<i>Acrosphaera spinosa</i>	5	4	1	1	5	2	6	3	3	3	4	2	2		1			1	1	1			1	
	<i>Acrosphaera</i> sp. A							1	1	1															
	<i>Collosphaera huxleyi</i>	1			1					3	1														1
	<i>Collosphaera tuberosa</i>										1						1	1							1
	<i>Collosphaera</i> sp. C									1		1												1	
	<i>Disolenia quadrata</i>							1																	
	<i>Disolenia zanguebarica</i>					1	1			2	1	1			1									1	
	<i>Otosphaera polymorpha</i>				1	1			1	1	1	2											1		1
	<i>Siphonosphaera martensi</i>																								
	<i>Siphonosphaera socialis</i>	3	2	5	2	6	2	5	4	2	3	4	1	2	2				1	1	2				1
	<i>Stylosphaera melpomene</i>																								
	<i>Ommatartus</i> sp. A	5	5	4	6	6	6	5	8	9	4	3	4	2	2				1	1		1			
	<i>Heliodiscus echiniscus</i>	2	2	1	1				2	3	1	1	1	1											
	<i>Heliodiscus</i> (?) sp.																								
	<i>Euchitonina elegans</i>	3	1	3	4	3	2	1	1	1	3	3	1	1	1										2
	<i>Larospira quadrangula</i>	3		2	2			1	1	1	1	1				1	7	7			1		1	2	1
	<i>Prunocarpus</i> (?) sp. A	1																							1
	<i>Carpocanistrum acutidentatum</i>		3	1					2	1		2						1							
	<i>Carpocanistrum flosculum</i>		3	1	4	4	1	1	1	1	2	1	1	2	1				2						2
	<i>Dictyophimus hirundo</i>	1		1	1	1	1	3			1	1	1			1									1
	<i>Lithopera bacca</i>	1									1	1	1	1							1	1			
<i>Liriospyris reticulata</i>		1	1	1	1	2	2			1	1	1		1										1	
<i>Trissocircus lentellipsis</i>																								1	
Subtropic Fauna	<i>Buccinosphaera invaginata</i>																								
	<i>Collosphaera macropora</i>	1		1		1			1			1	1	1											
	<i>Astrosphaera hexagonalis</i>										2					1	1		1	1		1	2	5	3
	<i>Cladococcus cervicornis</i>		1		1	1	1																1		
	<i>Cladococcus stalactites</i>																								
	<i>Lychnosphaera regina</i>																								
	<i>Spongoplegma streptacantha</i>	1							2			1				1								1	1
	<i>Styptosphaera spongiacea</i>						1	2	1	1	1	1				1						1		1	1
	<i>Amphiplecta acroctoma</i>	1		1							2			1		1									2
	<i>Amphiplecta callistoma</i>																								1
	<i>Arachnocorys umbellifera</i>				2	1				2		1	1		1										1
	<i>Callimitra carolothae</i>																								1
	<i>Callimitra cf. elizabethae</i>																								
	<i>Ceratocyrtis sinuosa</i>	2		3	4	2	3	2	6	1	1	2	3							1	1		1	3	
	<i>Clathromitra pentacantha</i>	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1					1	1		1	1	1
	<i>Dimelissa thoractites</i>				1			2	2									1				1		3	1
	<i>Enneaphormis rotura</i>				1	1																	1	1	
	<i>Eucecryphalus cervus</i>			1								2	1	1	1		1						1	1	
	<i>Eucecryphalus gegenbauri</i>	1	3		2	1		2	1	1	1	1	2	2	1	1							1	1	2
	<i>Eucecryphalus sestrodiscus</i>	5	2	5	2	1	1	1	5	1	5	3	1		2	1	1						1	1	2
	<i>Eucecryphalus</i> sp. A		1																						
	<i>Lampromitra coronata</i>										2														
	<i>Lampromitra cracenta</i>	1				1							1			1									1
	<i>Lophophaena hispida</i>					1																			
	<i>Lophophaenomma wijfazi</i>	3	2	1					1	1													1	2	2
	<i>Pseudocubus octostylus</i>				1					1														1	1
	<i>Pseudocubus</i> sp.																								
	<i>Sethophilium</i> (?) sp. B	1	1	3	3	1	1	1		3	1	1	2		3	1								1	3
	<i>Verticillata hexacantha</i>	1	1	1	3	4	2	1	1	2	7	1	2	2	2									1	2
	<i>Pterocorys hertwigii</i>		1							1															
	<i>Dictyophimus infabricatus</i>							1	1	1	1	1	1			3	1								
	<i>Dictyophimus platycephalus</i>				1			1													1	1		2	4
	<i>Lithalachnium eupilium</i>												1												
<i>Lithalachnium tentorium</i>																								1	
<i>Pseudodictyophimus graclipes</i>	3	3	7	6	8	6	3	1	5	4	4	2	1	4	6			3		3	1	3	20	6	
<i>Tholospira scaphipes</i>																							1	1	
Subarctic Fauna	<i>Acrosphaera arkitos</i>	2	4	1	5	3	1	1	2	3		2	1	3	3	4			2	2	3		2	3	5
	<i>Acrosphaera</i> sp. B Pacific type	2				3		1		3		1											1	1	1
	<i>Actinomma cf. capillaceum</i>	19	10	9	2	8	7	9	4	6	11	17	10	14	11	3							2	1	1
	<i>Actinomma</i> (?) sp.						5	13	9	2	1	2	7	4	5	3								1	
	<i>Cenosphaera cristata</i>	19	10	24	10	5	28	41	31	32	22	29	20	11	9	4			3	1	1	1	2	2	3
	<i>Cladococcus abietinus</i>			2	2			2	1		3														
	<i>Cladococcus pinetum</i>	7	10	11	5	4	6	9	5	6	12	10	4	2		1					1	1	1		1
	<i>Cromyechinus antarctica</i>	2	3	4	4	5	7	5	5	5	4	7	9	7	8	4					6	5	4	1	7
	<i>Cromyechinus cf. icosacanthus</i>	3	1	4	1	2	2	2	3	3	4	5	7	1	5	3			4	3	1	2	2	1	2
	<i>Cromyodrymus</i> sp. A	4	1	1	1	1	1		3	2	1	10	5	9	4										
	<i>Cromyodrymus</i> sp. B																								
	<i>Hexastylus cf. minimum</i>		1		1			2	4	3	3	1				2	2			3	4	2	2	2	2
	<i>Rhizosphaera</i> sp. A	1		4	1	4	7	4	4	6	6	1	5	10	6	4						1		1	
	<i>Sphaeropyle mespilus</i>	4	4	2		1	3	3	2	1	4			3	5	2	6			7	7	7	14	7	8
	<i>Styptosphaera</i> (?) spumacea	9	6	3	4	8	1	10	7	6	8	7	6	5	3	4			2	4	2	2	1		3
	<i>Styptosphaera</i> sp.			1			1	1	3	2	1	1	2	3	4						2		1	1	1
	<i>Stylatractus</i> sp. in Pet.		2	2	1	1	2	1	1	3	1		1	1	3										
	<i>Stylosphaera</i> sp.	2																							
	<i>Circodiscus</i> (?) sp. A																								
	<i>Spongotrochus beringianus</i>	2		1	1	2	1	2	2	2	3	2	8	4	3	3	4			1	2	2	2	6	1
	<i>Spongotrochus glacialis</i>	4	4	2	3	5	3	6	1	3	1	7	6	6	6	4				2	2	3	1	3	4
	<i>Spongotrochus</i> sp. B	10	3	4	2	4	4	3	3	3	6	9	8	5	3	5			4	8	1	3	7	1	4
	<i>Diploplegma</i> (?) sp.	4																							
	<i>Spirema</i> (?) sp.	42	31	25	28	55	29	31	27	33	34	41	58	79	84	129			222	233	205	146	182	87	102
	<i>Theocalyptra davisiانا cornutoides</i>	3	3		5	3	3	1	2	3	2	2	1	1	2	4							1		1
	<i>Pterocorys macroceras</i>	9	8	14	9	8	10	9	5	5															

表3 MR97-04及びMR99-K04における放射虫指標種の産状
Table 3 The producing condition of radiolarian index species in MR97-04 and MR99-K04

	Sample No.	Core Depth																		
		00cm	05cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm	45cm	50cm	55cm	60cm	65cm	70cm	75cm	80cm	85cm	90cm
Tropic Fauna	<i>Acrosphaera lappacea</i>	2	2	3	4		1				3	2		1		1	2			3
	<i>Acrosphaera murrayana</i>		1	1					1	1		1	1				1	1		
	<i>Acrosphaera spinosa</i>	7	10	13	6	6	4	2	1	4	2	5	4	2	7	2	7	3	8	4
	<i>Acrosphaera</i> sp. A		2									2								
	<i>Collosphaera huxleyi</i>	3		2	1					1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2
	<i>Collosphaera tuberosa</i>		2	3	1					1	2	1	1	1		1			1	1
	<i>Collosphaera</i> sp. C		1	1							1	1								
	<i>Disolenia quadrata</i>	1	1	1		1							1							
	<i>Disolenia zanguebarica</i>		1	2							1					1			1	2
	<i>Otosphaera polymorpha</i>	2	1	2	1					2	1			1	1			2		1
	<i>Siphonosphaera martensi</i>		2	1																
	<i>Siphonosphaera socialis</i>	12	14	4	6	4	2	3	3	2	2	1	1	1	6	4	3	2	4	1
	<i>Stylosphaera melpomene</i>												1	1	1		1			
	<i>Ommatartus</i> sp. A	19	18	13	6	6	4	6	4	4	6	6	11	4	3	1	7	5	4	3
	<i>Heliodiscus echiniscus</i>	2	3	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
	<i>Heliodiscus</i> (?) sp.																			
	<i>Euchitonina elegans</i>	2	3	2		1		2		1	2	1		1	1	1	2		1	2
	<i>Larospira quadrangula</i>	4	3	3	8	6	2	3	4	4	3	5	4	4	2	5	6	4	5	4
	<i>Prunocarpus</i> (?) sp. A	2	2	1			2	1			1	1	1	1		2		1	1	1
	<i>Carpocanistrum acutidentatum</i>	3	2	2	2	2	1	3	3	3	2	1	2	1	5	5	4	3	5	6
	<i>Carpocanistrum flosculum</i>	1	2	4	1	1	4	1	2	1	1	1	1	1	2	3	2	2	2	2
	<i>Dictyophimus hirundo</i>	2	1	2	2	3	1	2	2	1	1	2	5	3	3	1	3	2	1	1
	<i>Lithopera bacca</i>	1	1	1	2	4		2	1	2	3		2	2		4	1	1	2	2
	<i>Liriospyris reticulata</i>	1	2	2		2				1	1	1	1	1	1		3			1
	<i>Trissocircus lentellipsis</i>				1			1												
	<i>Buccinosphaera invaginata</i>		2														1			
	<i>Collosphaera macropora</i>	1	3				1						1	1					1	1
	<i>Astrosphaera hexagonalis</i>																			
	<i>Cladococcus cervicornis</i>	1		1		1					3		1	3	1			1	1	3
	<i>Cladococcus stalactites</i>					1														
	<i>Lychnosphaera regina</i>			1							1									
	<i>Spongoplegma streptacantha</i>	1	1	1		2	1				2	1	1		1	1	1	1	2	1
<i>Styptosphaera spongiacea</i>	1	2	1	1	1	1	1			2	2		1					2		
<i>Amphiplecta acroctoma</i>	1		1					1	1	1				2			1		2	
<i>Amphiplecta callistoma</i>											1									
<i>Arachnocorys umbelifera</i>		1							2	5			1	1				1	1	
<i>Callimitra carolothae</i>																				
<i>Callimitra cf. elizabethae</i>		1																		
<i>Ceratocorys sinuosa</i>	3	5	5	3	4	1	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	2	4	2	
<i>Clathromitra pentacantha</i>		1			1	1			2	1	1		1				1	1	1	
<i>Dimelissa thoractiles</i>				1															1	
<i>Enneaphormis rotura</i>					1															
<i>Euencyphalus cervus</i>				1				1	1									2	1	
<i>Euencyphalus gegenbauri</i>	1	2	2	1	1				2	1	1	2	1	2		2	2	1	1	
<i>Euencyphalus sestrodiscus</i>	1	4	2	4	2	1		1	1	4		1	1	1	2	1	2	4	4	
<i>Euencyphalus</i> sp. A										2	1							1	1	
<i>Lampromitra coronata</i>			1		1														1	
<i>Lampromitra cracenta</i>	1	2	3						1				1	1			1	1	1	
<i>Lophopaena hispida</i>	1	1	1	1					1									1		
<i>Lophopaenomma witajazi</i>	2	2	3	3	1	1	1			3	3	1	1	1	5	2	4	2	3	
<i>Pseudocubus octostylus</i>																			2	
<i>Pseudocubus</i> sp.				1	1					1	3				1	1	1	1	2	
<i>Sethophilium</i> (?) sp. B	1	2	4	2	4	1		3	2	2	1		3	3	1	1	1	4	4	
<i>Verticillata hexacantha</i>	3	2	3	3	2	1	1	1	3	1			1	1	1	1	1	3	2	
<i>Pterocorys hertwigii</i>		1												1						
<i>Dictyophimus infabricatus</i>	1	2	1	1	2				1	1		2			1	1	1	1	1	
<i>Dictyophimus platycephalus</i>		1	2		1	1			1	1			1		1			1		
<i>Lithalchnium eupilium</i>					1															
<i>Lithalchnium tentorium</i>										1									1	
<i>Pseudodictyophimus gracilipes</i>	1	2	6	7	7	4	7	1	3	8	4	5	4	4	3	4	4	3	7	
<i>Tholospyrus scaphipes</i>	2	1	2	1	3	1	4	2	5						1	1	1	4	4	
<i>Acrosphaera arkitos</i>	2	2	1	3	2	1		2	2	1	1	4	2	1	2	1	1	2	1	
<i>Acrosphaera</i> sp. B Pacific type		1			1	1	1			1				1					1	
<i>Actinomma cf. capillaceum</i>	1	8	9	8	3	2				2	1	2	1	1	2		3	9	3	
<i>Actinomma</i> (?) sp.	1		1	2	1															
<i>Cenosphaera cristata</i>	27	26	22	18	19	1	3	3	1	2	5	3	3	6	1	5	3	4		
<i>Cladococcus abietinus</i>	1	3	2		1	1	3		3	1	1	2		2	1	1	1	1	1	
<i>Cladococcus pinetum</i>	6	11	7	3	4	2	3	4	2	2	2	3	2	4	4	6	2	5	3	
<i>Cromyechinus antarctica</i>	1	3	2	5	2	1	2	4	6	3	5	6	2	4	3	7	5	4	2	
<i>Cromyechinus cf. icosacanthus</i>	1	2	1	4	1	1		1	4	2	1	2	2	3	2	2	3	1		
<i>Cromyodrymus</i> sp. A	3	5	6	4	9			1	2	1			1	2	1	2	4	2	1	
<i>Cromyodrymus</i> sp. B		1			2														2	
<i>Hexastylus cf. minimum</i>	1	1	2	2	2	1		6		1	3	1	3	1	2	1		1	1	
<i>Rhizosphaera</i> sp. A	4		4	3	3	1	2	2	1	3	1	1		2	1	1	5	2	2	
<i>Sphaeropyle mespilus</i>		1			2	3	4	5	3	3	3	4	8	3	4	3	2	4	5	
<i>Styptosphaera</i> (?) spumacea	7	3	2	4	6	2	5	6	3	2	4	1	5	3	2		3	2	6	
<i>Styptosphaera</i> sp.					1															
<i>Stylatractus</i> sp. in Pet.	1					1	2						1							
<i>Stylosphaera</i> sp.	1	3	3	3	3	4	2	1	1	2	2	4	2	3	5	1	3	1		
<i>Circodiscus</i> (?) sp. A																				
<i>Spongotrochus beringianus</i>			1	1				1	1	2		1	1	2	1	2		1	1	
<i>Spongotrochus glacialis</i>	2	1	4	3	5	4	1	3		6	3	3	2	3	5	3	2	5	3	
<i>Spongotrochus</i> sp. B	3	3	1	4	6	2	2	4	3	2	1	2	5	1	5	5	1	2	6	
<i>Diploplegma</i> (?) sp.	4	1	2	7	6	1	1	1	3		3	2	2		1	2	1		3	
<i>Spirema</i> (?) sp.	18	16	18	31	53	118	98	95	89	83	105	82	79	80	81	73	57	38	51	
<i>Thecalyptra davisiana cornutoides</i>		1	1	1	1														1	
<i>Pterocorys macroceras</i>	1	3	4	7	6	3	3	4	5	3	2	7	2	4	2	5	6	1	3	
<i>Botryostrobos aquilonalis</i>	7	4	8	12	6	8	16	12	8	11	6	4	7	8	4	4	7	6	8	
<i>Dictyophimus mawsoni</i>	2	1	1	1	2										3	1	1	1		
<i>Lychnocanium cf. grande</i>	1	1			2	1						1		2	1		2		1	
<i>Pterocanium</i> (?) kortonevi					1									1					2	
<i>Tristylispyris</i> sp.	1	1		4	2	2	2		3	3	2	3	2		2			2	1	
<i>Spumellaria</i>	375	368	336	349	350	397	391	391	372	309	383	370	365	359	351	360	351	336	324	
<i>Nassellaria</i>	125	132	164	151	150	103	109	109	128	191	117	130	135	141	149	130	149	164	176	
Total Amount	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	
Total Amount of species	149	159	153	135	146	116	97	106	129	142	115	118	133	123	124	110	130	150	144	
Tropic Fauna	64	72	66	45	37	22	28	22	28	32	28	42	26	34	33	40	31	40	35	

MR99-K04 PC2 Radiolarian Assemblage Analysis



MR99-K04 PC3 Radiolarian Assemblage Analysis

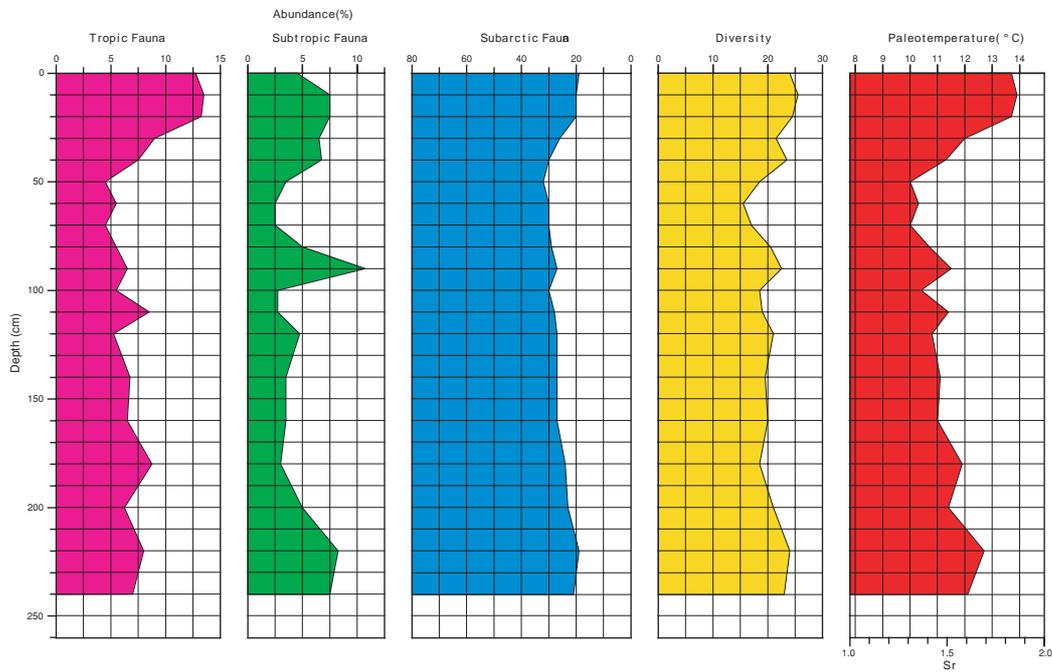


図3 PC2,PC3における指標種, 多様度, Sr(古水温)の変化

Fig.3 The changes of index species, species diversity and Sr ratio at the PC2 and PC3

終氷期極大期より上位の層準でそのピークが認められる。特にMR99-K04 PC2, MR97-04 St.3では, 16ka頃に寒冷種が最も多く現れており, この頃親潮の勢力が最も強かったことを示唆している。このため16ka頃は, 最終氷期極大期よりも極前線が収斂していたものと見られる。

- ② MR97-K04 St.3とMR99-K04 PC3は, 図2に見られるように14℃の等温線の南北に位置している。したがって現在の海水温はほぼ同じであるが, 最終氷期以降の古水温変化は黒潮の主軸に近いMR97-03 St.3の方が大きい。つまり第四紀の気候変動は循環系のシステム自体に大きく作用し, 周辺海域ではその変動量が次第に薄められていることになる。なお, MR97-K04 St.3の完新世の水温変化も著しいが, これはおそらく黒潮の蛇行によ

るローカルな変化を見ているものと見られる。MR99-K04 PC3は完新世の層厚が20cmと薄いため, 前述の仮説を検証することはできないが, 今後続流域で採取されるコアで確認しなくてはならない。

- ③ 今回の調査で採取されたPC2とPC3は極前線の南北に位置しているが, 最終氷期極大期におけるPC3の群集組成は, 北に位置するPC2のコアトップとほぼ同じ組成を示すことから, PC3のすぐ北方に親潮前線が来ていたこととなる。一方, PC2では最終氷期極大期はほぼ親潮前線付近に位置していたが, MR97-K04 St.01のように暖海種・温暖種を完全に消失しないことから, 完全に親潮水塊の中に位置することはなかった。なお, PC2の完新世の温暖期は1℃程度しか水温が上昇していないので,

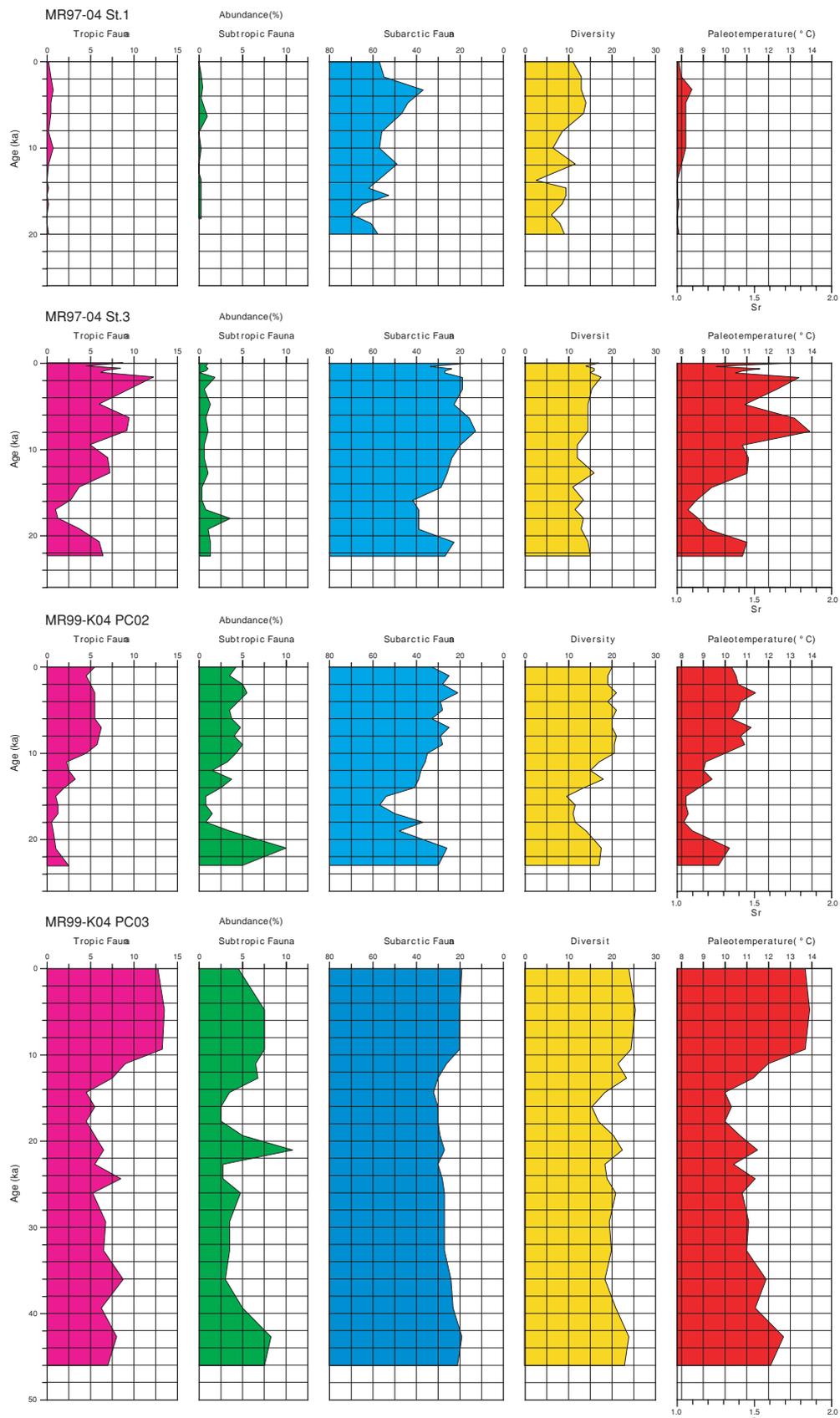


図4 MR97-04及びMR99-K04における指標種、多様度、Sr(古水温)の変化
 Fig.4 The changes of index species, species diversity and Sr ratio at the MR97-04 and MR99-K04

黒潮前線の張り出しは現在とさほど変わっていなかったものと見られる。

- ④ MR99-K04の2本のコアの温暖種の増減のパターンは暖海種、寒冷種のパターン以上に類似しており、微妙に多様度、古水温に影響を与えている。特に21ka頃には顕著な温暖種のピークが見られるが、指標となった温暖種は三陸沖や遠州灘沖合の栄養塩の高い場所で産出量が増すことから、この時期に黒潮の蛇行が大きく陸域の栄養塩を流入しやすい状態にあったと考えられる。
- ⑤ Chinzei et al.,1987では鹿島灘沖のC1および房総沖のC6の両コアで10.5ka頃に親潮水が南下したことを捉え、この寒冷な記録はヤングドリアスにあたるものと解釈している。97年度以降のみらいのコアは、比較的堆積速度が遅いため、結果として試料年代の間隔が広がっているため明言はできないが、PC2の10.5～11kaがヤングドリアスにあたるのかも知れない。

7. 結び

今回の調査から、第四紀の年代尺度となる¹⁴Cや酸素同位体曲線のデータが無くても、帯磁率とテフラの対比により時間軸が得られ、微化石による古環境解析が可能であることがわかった。なお、PC2、PC3ともに第四紀の気候変動の記録を良く保持しておりそれぞれの場所での古環境変遷史を読みとることができる。今後も同海域で試料を継続的に採取することで、黒潮・親潮の挙動をドラステックに再現す

ることが可能となる。また、検討する試料も帯磁率、色差等を事前に検討することで、時間軸の精度を上げられるため、船上での分析結果を担当研究者にいち早く報告する必要がある。

8. おわりに

NOAA/TIROSの海面水温可視化画像データを宇宙開発事業団/地球観測データ解析研究センター(EORC)の浅沼市男博士に提供していただいた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 海洋試料センター編(1978):海洋環境図外洋編-北西太平洋「-」.日本水路協会発行
- 2) 山内守明(1986):日本近海表層堆積物中の放散虫群集.大阪微化石研究会誌特別号第7号, p.141-156.
- 3) 青木かおり, 山本浩文, 山内守明:「みらい」MR98-03次航海及びMR99-K04次航海で採取された海底コアの第四紀後期テラフ層序.海洋科学技術センター試験研究, 41, 49-55, (2000)
- 4) Chinzei, K., Fujioka, K., Kitazato, H., Koizumi, I., Oba, T., Oda, M., Okada, H., Sakai, T. and Tanimura, Y.(1987): Postglacial environmental change of the Pacific Ocean off coast of Central Japan. *Marine Micropaleontology*, 11, 273- 291.

(原稿受理:2000年11月30日)