

日本東方沖海底コア中の微化石群集解析による過去2万年の海洋表層水温の推定 (MR97-04 次航海)

山本 浩文*¹ 山内 守明*²

日本東岸において過去2万年の黒潮・親潮の変換を解明するため、1997年12月末に「みらい」の航海でピストンコアラーによる採泥を行った。そのコアのうち古環境変遷解明に適したコアの親潮前線南限に位置するSt. 1と黒潮親潮混合水域に位置する銚子沖のSt. 3について酸素同位体、浮遊性有孔虫、珪藻、石灰質ナノプランクトン、年代測定、放散虫の総合調査研究を行っている。本研究では、放散虫遺骸群集から最終氷期以降の黒潮水塊・親潮水塊の挙動を把握し、さらに、それらの水塊の古水温を推定したので報告する。

キーワード：放散虫，水温変動，黒潮親潮流域，微化石温暖種

The seasurface temperature changes during the past 20 thousand years in marine sediment cores collected during R/V "MIRAI" MR97-04 cruise

Hirofumi YAMAMOTO*³ Moriyoshi YAMAUCHI*⁴

Some piston cores were collected off the east coast of Japan during the MR97-04 training cruise for the large research vessel "MIRAI", which belongs to Japan Marine Science and Technology Center. We describe two piston cores (St. 1, St. 3) among them. These cores were retrieved from water depth of 1,520m to 2,308m with different submarine topography off the east coast of Japan and a submarine hill off Kuji and Choshi city. We studied the warm current and cool current species of Radiolaria during the past 20 thousand years in marine sediment cores.

We estimated the change of sea surface temperature during the past 20 thousand years.

Key Words : MR97-04cruise, Piston core, Radiolaria, Kuroshio current

* 1 海洋観測研究部

* 2 海洋観測研究部 流動研究員 (甲南高等学校)

* 3 Ocean Research Department

* 4 Ocean Research Department, Visiting Researcher (Konan boys' high school)

1 はじめに

1997年12月の海洋地球船「みらい」の4次慣熟航海(MR 97-04, Leg1)において、日本東方沖(図1)でピストンコアを採取した。このうち、親潮前線南限に位置する水深1,520mの大陸斜面上の平坦面で採取されたピストンコアSt. 1と、黒潮・親潮混合水域に位置する銚子沖の水深2,308mの大陸斜面上の凹部から採取されたピストンコアSt. 3について、酸素同位体、浮遊性有孔虫、放射虫、珪藻、石灰質ナノプランクトン、年代測定の総合調査が実施されている^{1)~3)}。酸素同位体分析及び各微化石の調査目的は、最終氷期以降(過去2万年)の黒潮水塊・親潮水塊の挙動を把握することにある。放射虫群集解析調査においてもこの目的は同様であるが、水塊の挙動を把握するだけでなく古水温の推定及びプロダクティビティの変遷についても検討することとした。

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、NOAA等の海面水温の衛星画像データによると、St. 1が親潮主軸の南西端に位置し、St. 3は黒潮主軸の北西に位置することになる。また、日本水路協会発行の海洋環境図⁴⁾の力学的深度偏差平均値からもほぼ同様の海況であることがうかがえる。また、同図から2地点の水温の変化を確認したところ、水深0mの年較差は、St. 1で16℃、St. 3で20℃に達するが、水深50mの年較差は、St. 1で11.5℃、St. 3で6℃、水深100mの年較差は、St. 1で7℃、St. 3で5℃となり、水深200mでは、St. 1で2℃、St. 3で3℃の年較差と比較的安定した値となっている(表1参照)。一方、塩分、溶存酸素については年較差は少なく、力学的深度偏差平均値の傾向にほぼ一致していることがわかる。

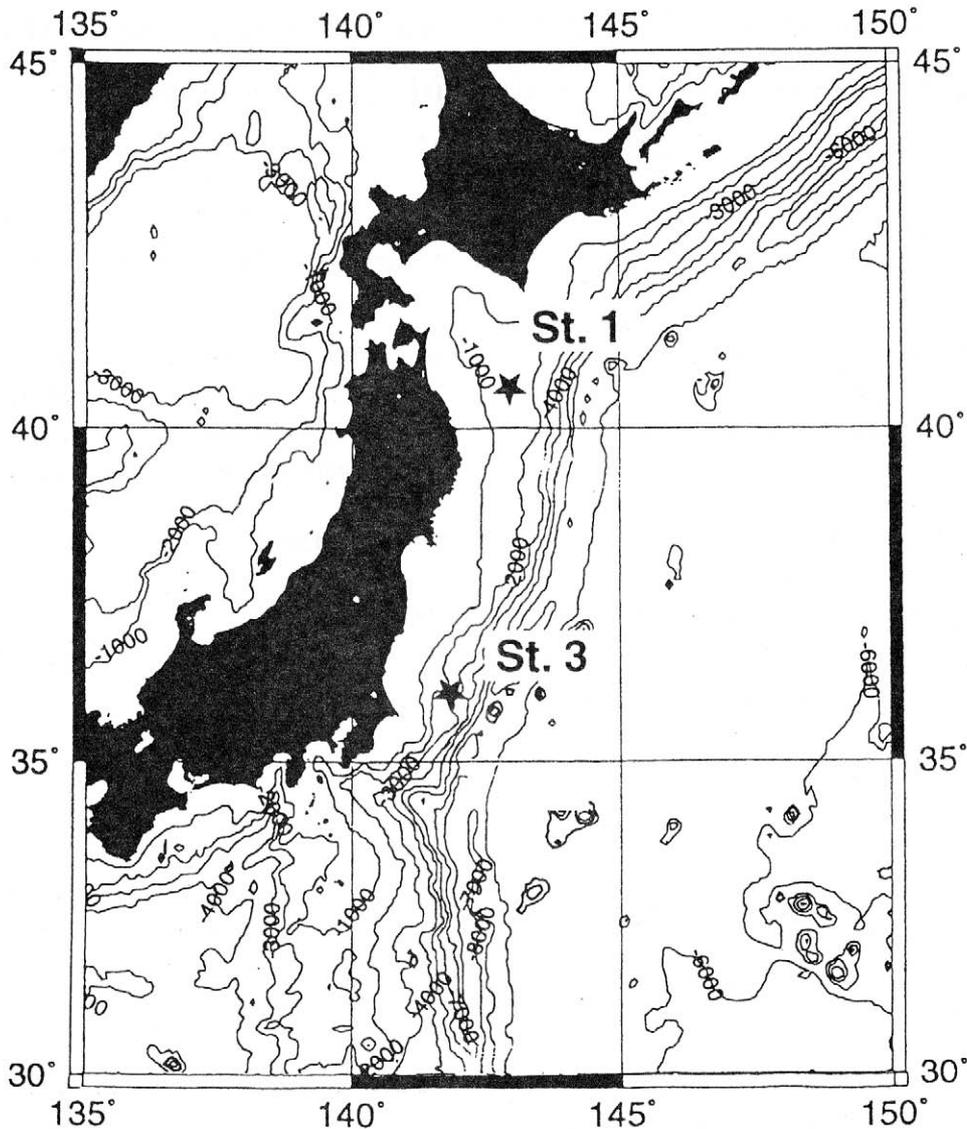


図1 「みらい」MR97-04次航海で採取された海底コアの位置

Fig. 1 Locations of piston cores collected during "Mirai" MR97-04 cruise.

3 試料

解析に用いた試料は、先行して実施された酸素同位体のデータに基づき、最終氷期以降と判明した層準から試料を選び出し、St. 1で15試料(パイロットコアである阿修羅コア5試料,メインコア10試料),St. 3で20試料(阿修羅コア5試料,メインコア15試料)の合計35試料を用いた。今回の調査では、放散虫の分析用試料は他の解析との整合性を保つために、酸素同位体測定後の残渣を使用した。調査した試料一覧を表2に掲げるが、表中には実体顕微鏡下で観察した放散虫の産出量、特徴的な種の産状、及び残渣の様子も記載した。

4 分析方法

4.1 プレパラートの作成法

放散虫分析のための試料処理の手順は以下の通りであるが、今回の調査では酸素同位体測定後の残渣試料を用いたことから一部処理を簡略化して行った。

- (1) キューブで採取された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、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) 浮遊性及び底生有孔虫を多産する試料については、希塩酸で有孔虫を溶解し水洗を行う。
- (4) 放散虫殻の泥抜け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。
- (5) 水洗の完了した試料を蒸発皿または耐熱シャーレにうつし、100 以下の恒温で乾燥させる。

- (6) 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。
- (7) 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。
- (8) 珪藻を多産する試料については、ガラス板で粗くタンピングをかけ、珪藻を取り除く。
- (9) 耳掻きで試料をすくい取り、ホットプレート(70 程度)にのせたスライドガラス上に均一にまく。
- (10) スライドガラスに封入済(エンテランニュー)を数滴落とし、24×24mmのカバーガ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。なお、各試料で検鏡に必要な個体数を確保するために、1試料につきプレパラートは2~3枚作成した。

4.2 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500~600個体を基準として全ての種の同定とカウントを行った。

4.3 放散虫群集解析

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種に着目しその挙動を調べ、山内⁵⁾が開発した放散虫指数を算出した。

$$Sr = (S \cdot n) / n$$

S=1:Subarctic Fauna
 S=2:Subtropic Fauna
 S=3:Tropic Fauna
 n:個体数

表1 MR97-04 St. 1, St. 3における海水温の年変化

Table 1 The changes of year sea temperature at the MR97-04 St. 1, St. 3.

St.1	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average	Max	Min
0m	7.0	5.5	4.0	5.5	9.0	12.0	17.0	20.0	19.5	17.0	14.5	11.0	11.8	20.0	4.0
50m	7.5	5.5	3.0	4.0	7.0	8.0	10.0	10.0	11.5	14.5	14.0	11.0	8.8	14.5	3.0
100m	7.5	5.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	7.5	8.0	11.0	11.0	10.0	7.5	11.0	4.0
200m		4.5			4.0			4.0			6.0		4.6	6.0	4.0
Av.0-200		5.3			6.5			10.4			11.4		8.2		
Av.50-200		5.2			5.7			7.2			10.3		7.0		

St.3	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average	Max	Min
0m	16.0	15.5	15.0	16.5	19.0	20.0	23.0	25.0	25.0	23.0	21.0	17.0	19.7	25.0	15.0
50m	16.0	15.0	14.0	15.0	17.0	17.5	18.0	19.0	19.5	20.0	20.0	17.0	17.3	20.0	14.0
100m	15.5	15.0	14.0	14.5	15.5	15.0	15.0	15.5	17.0	17.0	19.0	16.5	15.8	19.0	14.0
200m		12.0			10.0			10.0			13.0		11.3	13.0	10.0
Av.0-200		14.4			15.4			17.4			18.3		16.0		
Av.50-200		14.0			14.2			14.8			17.3		14.8		

表2 各試料における放散虫の産出状況
Table 2 The producing condition of Radiolaria in each samples.

MR 97 - 04

Sample	Depth	Age (ka)	Abundance	Bio index	Lithology	Remarks	
150	Multi	1	0-0.5 cm	0.08 +++			
		2	05-06 cm	1.71 +++++	D. mawsoni	Turbidite subrounded silt	
		3	10-11 cm	3.26 +++++	Tristyllopyris & Artostrobos	Subrounded pumice and turbidite silt	
		4	15-16 cm	4.81 +++		Turbidite subrounded silt	
		5	19-20 cm	6.06 +++		Subrounded pumice and turbidite subrounded fine sand	
	Main	6	00-02 cm	8.14 +	Lychnocanium grande	Tuff with silt	
		7	06-08 cm	10.00 + trace		Turbidite subrounded fine sand to silt with volcanic glass	
		8	12-14 cm	11.86 ++		Turbidite subrounded fine sand to silt	
		9	18-20 cm	13.73 +		Turbidite subrounded medium sand (Pumice)	
		10	21-23 cm	14.66 ++		Turbidite silt?	
		11	24-26 cm	15.59 ++		Turbidite silt?	
		12	27-29 cm	16.52 ++		Turbidite silt?	
		13	31-33 cm	17.77 +		Turbidite silt?	
		14	34-36 cm	18.70 +		Turbidite silt?	
		15	38-40 cm	19.94 +		Turbidite silt?	

300	Multi	1	01-02 cm	0.05 ++		Silt with volcanic glass and scoria	
		2	10-11 cm	0.33 ++	D. mawsoni	Silt with volcanic glass and scoria	
		3	20-21 cm	0.64 +++++		Silt with volcanic glass and scoria	
		4	28-29 cm	0.90 +++		Silt with volcanic glass and scoria	
	Main	5	2.2-4.4 cm	0.11 ++			
		6	50.5-52.7 cm	1.62 ++			
		7	94.4-96.6 cm	3.00 ++	Stichocorys delmontensis		Middle Miocene Rework
		8	148.1-150.3 cm	4.69 ++			
		9	199.8-202.0 cm	6.31 ++	S. glacialis, D. mawsoni		
		10	249.6-251.8 cm	7.88 +++++			
		11	299.5-301.7 cm	9.44 +			
		12	348.0-350.2 cm	11.00 +			
		13	400.6-402.8 cm	12.71 +++++	O. antepenultims or C. laticonus		Middle Miocene Rework
		14	453.2-455.4 cm	14.41 ++	Stichocorys wolffi		Middle Miocene Rework
		15	497.2-499.4 cm	15.84 ++			
		16	533.2-535.4 cm	17.01 ++		Pumice	
		17	564.6-566.8 cm	18.03 +			
		18	600.5-602.7 cm	19.20 +	C. laticonus	Volcanic subangular silt	Middle Miocene Rework
		19	649.9-652.1 cm	20.80 ++		Volcanic subangular silt with scoria	
		20	699.2-701.1 cm	22.40 +	Lychnocanium aff. Elongata	Subangular silt with scoria	Early Miocene Rework

求められたSrの値は、指標種の性格から群集の類似度及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 ~ 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100 m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⁵⁾は、上記の理由で年間の50 ~ 200 m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。

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

本調査においても上式にSrの値を代入することで、古水温を求めることが可能となる。

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. *cosacanthus*
Cromyodrymus sp. A, *Cromyodrymus* sp. B,
Hexastylus cf. *minimum*
Rhizosphaera sp. A, *Sphaeropyle mespilus*,
Styptosphaera (?) spumacea
Styptosphaera sp., *Stylatractus* sp. in Pet.,
Stylosphaera sp.
Spongotrochus beringianus, *Spongotrochus*
glacialis, *Spongotrochus* sp. B
Spirema (?) sp. A 4 layer type, *Spirema* (?) sp. B
 Spiral type
Spirema (?) sp. C 5 layer type, *Spirema* (?) sp. D
 spine type
Pterocorys macroceras, *Botryostrobus aquilonalis*,
Dictyophimus mawsoni
Lychnocanium cf. *grande*, *Pterocanium* (?)
kortonevi, *Tristylospyris* sp.

5 調査結果

5.1 堆積層の欠如について

これまでの試験研究報告書にも示されるように^{1)~3)}, 今回のピストンコアリングでは,ワイヤー長が不適切であったことから最上部の堆積層の欠落が指摘されているが,両ステーションとも放散虫の産状及び残渣の状況から堆積層の欠如が確認された。欠如の理由は以下の通りである(表2参照)。

St. 1の場合

ステーション1では,マルチプルコアとピストンコアとの放散虫遺骸の産出量が明らかに異なり,マルチプルコアの残渣がタービダイト性のシルトからなるのに対し,ピストンコアでは火山ガラスやパミスを含むシルトが主体となっている。

St. 3の場合

ステーション3では,マルチプルコアとピストンコアとの放散虫遺骸の産出量は明確な差異は無いが,マルチプルコアの残渣が火山ガラスやスコリアを含むシルトからなるのに対し,ピストンコアでは残渣としてシルト以上のサイズの粒子があまり含まれていない。

5.2 放散虫群集の概要

両コアの放散虫の産出状況は表3,表4に示す通りである。本表に表されるように,全ての試料で放散虫が多産するわけではなく,500個体以上の同定が可能な試料は35試料中26試料であった。このような状況で,St. 1では1試料あたり50~60種が産出し,延べ167種が確

認された。一方,St. 3では1試料あたり80~100種が産出し,延べ230種が確認された。両コアを合計すると

251種の放散虫が確認されたことになる。本邦周辺海域では,黒潮本流域及び親潮域は群集が単調で多様度が低く,黒潮の変質部から混合水域にかけて多様度が高くなることが知られている。この既知の事実と今回の調査結果は一致し,St. 1では多様度が低くSt. 3では比較的多様度の高い群集が産出する。しかしSt. 3については,極めて多様度が高く生産量が多かったと明言することはできない。

環境指標種は,調査地点の海況をよく反映しており,St. 1では寒冷種が卓越し,暖海種,温暖種の産出は極めて少なく,St. 3では暖海種と寒冷種が混合した状況が明瞭に解る。St. 3において温暖種が少ないのは,調査海域が黒潮主軸に近く,陸域からの栄養塩が十分に供給されないことに起因するのかもしれない。また,St. 3のピストンコア94.4-96.6cm,400.6-402.8cm,453.2-455.4cm,600.5-602.7cm,699.2-701.1cmの5試料中に中新世のリワーク(再堆積)が確認された。しかし産出量は極めて少なく,絶滅種が容易に同定できることから群集解析に影響を及ぼすことはない。

6 古環境の復元

古環境解析を行うにあたっては,明確な時間軸がセットされなければその内容の信憑性を欠くことになる。しかしながら,最終氷期以降の微化石の生層序面が存在しないため,別の手法で時間軸を決定しなければならない。通常,14C年代や火山灰層序から時間軸が決定されるが,現段階で14C年代の報告がないため,汎世界的に用いられる酸素同位体の基準面に頼らなければならない。したがって,本報告も他の微化石同様,酸素同位体から求められた時間面に従い考察することにする。

図2及び図3に,各ステーションでの指標種の産出量(%),多様度(マルガレフのd指数),放散虫指数Srを示した。2地点のマルチプルコア最上部の試料から求められた古水温は,St.1が7.9,St.3が12.6となる。ここで表1に示された海水温50-200mの年間平均と比較すると,St.1が7.0,St.3が14.8でそれぞれ,+0.9,-2.2の誤差が存在することになる。しかし,山内⁵⁾が示した回帰式の誤差が±1であったこと,冷水塊でのプランクトンの発生が夏季に行われることを考慮すると,St.1の場合は許容範囲に十分収まることになる。St.3の場合は許容範囲を若干越えたことにはなるが,温暖種の殻がデリケートで破損しやすいことから,試料の保存状況や超音波洗浄の処理に問題があったのかもしれない。いずれにせよ,現在の海水温と大きくはずれることがないことから,過去の古水温変化も傾向を読みとる上では大きな問題を含まないものと考えられる。

6.1 St. 1の古環境変化

St. 1では,暖海種,温暖種の産出量は極めて少なく1%前後にすぎない。これに対し,寒冷種は群集の50~70%に達している。暖海種と寒冷種の産出量はオーダーが

一桁異なるものの、そのパターンは極めて調和的で暖海種が増えれば寒冷種が減る傾向にある。寒冷種の産出は17.77kaで最大となっており、最終氷期のピークがこの層準であることが解る。一方、放散虫指数 S_r は暖海種、温暖種の産出量がもともと少ないため、その値が大きく変動することはない。しかし、13.73ka以前では16.52ka、19.94kaを除き、親潮の支配下に入っていたことが解る。復元された古水温から、最終氷期以降現在まで、水温の変化は1未満で、この海域において黒潮の北上による影響は直接受けなかったことになる。現段階では S_r の特性上、1以下の判定がつかないことから7.8以下の水温の復元ができないが、今後親潮域の表層堆積物中の寒冷種の挙動や新たな指標種を把握することで、さらに冷たい水塊の復元が可能となるものと考えられる。なお、今回の調査では、*Lophospyris* sp., *Dictyophimus crisiae* が最終氷期付近で産出量が増していることから、これらが新たな指標となる可能性が高い。

6.2 St. 3の古環境変化

St. 1では、暖海種が数~10%の範囲で、寒冷種が10~40%の範囲で産出する。ここでもSt. 1と同様に指標種は調和的に増減していることが解る。寒冷種の産出量が最大となるのは、15.81kaではあるが、暖海種の産出が最小となる層準が17.01kaにあり、これらを合成して求められた S_r の示す最終氷期は17.01kaになる。St. 1では最終氷期のピークが17.77kaに存在したが、St. 3の調査試料の間隔を考慮するとほぼ妥当な値であるといえる。St. 3においても14.41ka以前では、暖海種が少なく寒冷種が増えていることからSt. 1の変化と同様であることがわかる。17.01kaでは S_r が1.06となり、St. 1と比較すると、マルチプルコアの15-16cm、19-20cmの指標種の割合と酷似していることが解る。つまり最終氷期には親潮の南限がSt. 3の北に位置し、黒潮がかなり南下していたことを示唆する。一方、最終氷期以降、寒冷種は7.88kaまで穏やかに減少していく。このため黒潮は徐々にではあるが着実に北上していったことになる。9.44kaでは暖海種の産出が減少しており、結果として古水温はいったん下降したように見えるが、9.44kaの試料は放散虫の産出が少なく保存状態も良好とはいえなかった。したがって、厚い殻を持つ寒冷種が試料中で強調され、見かけ上温度低下があったように見えたものと考えられる。完新世中の4.69ka、0.11ka及びマルチプルコアの0.33kaでは、暖海種、寒冷種とも寒冷化を示し、有孔虫、珪藻と似た傾向を示すこととなった。この原因については明言はできないが、黒潮の蛇行が活発で、主軸が大きく東偏し、親潮水を流入しやすい状況ができていたと考えるか、前線中に冷水塊の渦がしばしば発生し南下したと考えるかのどちらかであろう。

今後の課題として、単に黒潮・親潮の進捗のみでなく、過去の黒潮の蛇行メカニズムを知り得るコアを採取する必要がある。

7 結論

今回の2地点のピストンコアには、最終氷期の温度低下がそれぞれ反映されており、St. 1では完全に親潮の支配下に入ったことが、St. 3では親潮前線が付近の海域まで南下していたことが解った。また、古水温の変化はSt. 1では極めて少なく、最終氷期から現在まで1以内の変化で、St. 3では変動が大きく5.7の水温低下が存在した。

両コアとも、17.77ka以降、14.41または13.73kaまでは温暖化は緩やかに進行し、13.73ka以降に急激な温暖化が訪れたことになる。St. 3では完新世中に複数回の寒冷な記録が示されるが、従来このような大規模な寒冷化が知られていないことから、海況が変化し、親潮水が流入しやすい状況になったことが考えられる。今後、黒潮の蛇行を把握するためには、St. 3の南方も含め、面的な配置となるよう試料の採取を行い検討する必要がある。

8 おわりに

本研究を進めるに際し、海底コアの採取にあたり、海洋地球観測船「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いただいた。ここにあらためて御礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 村山雅史, 山根雅之, 岡俊太郎, 大場忠道, 山本浩文, 山内守明: MR97-04 次航海で得られた海底コアの概要, 海洋科学技術センター試験研究報告, 39, 85-94. (1999)
- 2) 山本浩文: 「みらい」MR97-04 次航海で採取された微化石の温暖種による過去2万年の黒潮変動, 海洋科学技術センター試験研究報告, 39, 95-109. (1999)
- 3) 大場忠道, 村山雅史, 山内守明, 山根雅之, 岡俊太郎, 山本浩文: 「みらい」MR97-04 次航海で採取された海底コア中の有孔虫の酸素同位体比
- 4) 海洋試料センター編: 海洋環境図外洋編 - 北西太平洋・ . . 日本水路協会発行. (1978)
- 5) 山内守明: 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, 141-156. (1986)

(原稿受理: 1999年6月16日)

表3 各試料における指標種の産状

Table 3 The producing condition of indicator species in each samples.

Sample No.	MR97-04 St.1															MR97-04 St.3																								
	Multiple Core					Main Core										Multiple Core					Main Core																			
	A0	A5	A10	A15	A19	00	06	12	18	21	24	27	31	34	38	A01	A10	A20	A28	2.2	5.0	9.4	14.6	19.9	24.9	29.9	34.8	40.0	45.3	49.7	53.3	56.4	60.0	64.9	69.9					
Total No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	3	4	5	2	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
<i>Acrosphaera lappacea</i>				1		1						1				3		1	1	3	3	5	2	1	2	2										1		3	3	
<i>Acrosphaera murrayana</i>																				1		1		2	2			1									1			
<i>Acrosphaera spinosa</i>		1	2	1	1											14	5	14	10	4	18	8	10	10	17	3	12	10	9	6			2	5	7	3				
<i>Acrosphaera</i> sp. A																																							1	
<i>Collospira huxleyi</i>																		2	3		5	4	4	5													1			
<i>Collospira tuberosa</i>																				1						1											1	1	1	
<i>Collospira</i> sp. C																1																								
<i>Disolenia zanguebarica</i>																		2				1	1		2			1										1	1	
<i>Otosphaera polymorpha</i>																		1																					1	
<i>Siphonosphaera marteusl</i>			1																	1																				
<i>Siphonosphaera socialis</i>							1									6	2	6	2	5	8	4	3	8	7	1	6	1	2					2		2	1	5		
<i>Stylosphaera melpomene</i>																2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3									1			
<i>Onmatartus</i> sp. A		2	3	2	3	4		2							1	14	9	18	12	12	21	19	8	20	16	3	5	14	2	4	1	3	5	5	7					
<i>Heliodiscus echiniscus</i>		1			1										2	2	1	4	3	4	3	2	3	5	3	1	1	2								1	2			
<i>Heliodiscus</i> (?) sp.																			1	1																		3		
<i>Euchilonia elegans</i>			1				1		1						1	4	4	1	7	3		1	2	1	1												1			
<i>Larospira quadrangula</i>		1			1					1					3	1	1	2	1	1	2	1	1	1			2	3	7	1	1	2				3	1			
<i>Prunocarpus</i> (?) sp. A			2	1			1								1	4			1	7	3	7	4	4	3	4	2	1								3	2	3		
<i>Carpoanistrum acutidentatum</i>																1	1	2	2	3	1					2										1		3	3	
<i>Carpoanistrum flosculum</i>			1																3		1		1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2		
<i>Dictyophimus hirundo</i>																1	1	1		1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Lithopera bacca</i>																				1																	3	3	1	
<i>Liriospyris reticulata</i>																	3	1	1			1		1	1												1			
<i>Trissocircus lentellipsis</i>																	1	1																			1			
<i>Collospira macropora</i>																																								
<i>Cladococcus cervicornis</i>																	1				3	3	1	2	1		1	1												
<i>Cladococcus stalactites</i>																	1	3																						
<i>Spongoplegma streptacantha</i>				2	1	1																		1																
<i>Styptosphaera spongicea</i>				1	5												1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	3	3	
<i>Arachnocorys umbellifera</i>																																								
<i>Ceratocystis sinuosa</i>				1																																				
<i>Ciathronitra pentacantha</i>												1					1	1																			1			
<i>Eucecryphalus gegenbaui</i>																																							1	
<i>Eucecryphalus sestrodiscus</i>																	4					2																		
<i>Lampronitra coronata</i>				1															1																					
<i>Lophosphaeromma wiljazi</i>			1																																					
<i>Pseudocubus octostylus</i>			1																																					
<i>Pseudocubus</i> sp.																																								
<i>Verticillata hexacantha</i>			1													1	1	4	2			2		2	2	1		1									1	1		
<i>Dictyophimus infabricatus</i>										1						1	1																						2	
<i>Dictyophimus platycephalus</i>																																					4	10	3	1
<i>Pseudodictyophimus gracilipes</i>				1						1		1																										5		1
<i>Tholospyris scaphipes</i>																																								
<i>Acrosphaera arktos</i>		2	2	5	4					2	5	3		2	2	1	3		2	1	1	1	1	1	2											2	1			
<i>Actinomma</i> cf. <i>capillaceum</i>	52	62	22	26	24	3	7	13	2	1		3	1	2	2	8	36	40	37	12	19	8	9	5	8	5	3	14	3	3	1	1				3	1			
<i>Actinomma</i> (?) sp.	2			4													1	1	1																					
<i>Cenospira cristata</i>	27	46	17	39	54	14	4	50	1	6	1	4	1	3	8	6	11	7	9	20	16	13	19	10	11	2	14	34	7	19	7	5	6	9	7					
<i>Cladococcus abietinus</i>	1	1	2	3								3				1	5	2			4	1	2	7	2	3	1	1	7							1	2	1	1	
<i>Cladococcus pinetum</i>	1	2	3	4	2												2	5	6	6	6	8	7	3	2	3											2	1	2	4
<i>Cromyechinus antarctica</i>	2	4	3	7	5	3	1	5		7	8	3	2	7	9		2		3	5	4	5	3	7	4	10	10	8	16	11	17	10	4	7	9					
<i>Cromyechinus</i> cf. <i>icosacanthus</i>	1	1	2	2						2	2	1				2	1	3	2	2	3		3	3	3	4	3	5	6	4	1	7	2	2			2	2		
<i>Cromyodrymus</i> sp. A	7	7	9	7	8	2		17								3	4	8	2	4	5	3	10	3	3	2	6	2	4	1	1					3	1			
<i>Cromyodrymus</i> sp. B	2	3	2	4	2											3	4	2				4	1	2																
<i>Hexastylus</i> cf. <i>minimium</i>	4	1	6	1	4					2	2	3				4	5	4	4	5	4	2	3	2	1													1		
<i>Rhizosphaera</i> sp. A	23	1	4	3	4	11	2	4								2	9	5	4	1																				
<i>Sphaeropyle mespilus</i>	7	9	3	4	1	6				1	9	1	3	4	7	2	1	2	1	6		1																		
<i>Styptosphaera</i> (?) spumacea	17	11	13	3	2		1	4		3	1	2	2	1	1	4																								

表4 (その2) 全試料で産出が多い種からソート

Table 4 (2) Sort from maximum species all samples

Sample No. Total No.	MR97-04 St.1															MR97-04 St.3																						
	Multiple Core					Main Core										Multiple Core					Main Core																	
	A0	A5	A10	A15	A19	00	06	12	18	21	24	27	31	34	38	A01	A10	A20	A28	22	50	94	148	199	249	299	348	400	453	497	533	564	600	649	699			
Botryocampe inflata		1	2		1							1				1	3	4	5	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Ciathrosphaera arachnoides				1	1								1			1																					1	
Hexastylus phaenaxoni																1			3								1											
Circodiscus (?) sp. C																			2		1	2																
Pylospira (?) sp. A	1	2										1												1														
Hexastylus cf. thalietis																1	2	1																				
Rhizosphaera (?) sp.	1							2								1																						
Carpocanistrum conithorax																							1				1				1		1					
Dictyophimus cf. crisiae										1														1											2			
Dictyophimus cf. plectaniscus													3			1																						
Eucyrtidium anomalum																	1	1					1													1		
Lipmanella virchovii	1	1									1										1																	
Plectopyramis dodecomma																				1														1		1		1
Stichocorys peregrina																												3							1			
Plegmosphaera endodictyon	2															1																						
Spongoplegma sp.																			3																			
Dictyocoryne sp.																2								1														
Euchiltonia cf. elegans																1						1	1															
Tholospira cf. dendrophora																			3																			
Peromellissa pharaca																	1							1							1							
Eucyrtidium hexagonatum				1	1																1																	
Eucyrtidium sp.			1																					1							1							
Pterocanium praetextum eucolpurn				1																							1									1		
Lophospyris pentagona pentagona					1											1			1																			
Tholospyris sp.																		1				2																
Zygocircus productus																			1		1																	
Zygocircus sp.																2			1																			
Cladococcus scoparius																		1				1																
Cromyechinus sp.																																						
Cromyodrymus (?) sp.			1																																			
Echinomma delicatum																																					1	
Liosphaera antarctica		1											1																									
Saturnalis curcularis																		1						1														
Stylosphaera litharactus	2																																					
Circodiscus (?) sp. B																			1	1																		
Artostrobos jorgenseni		1		1																																		
Eucecryphalus sp. B				1															1																			
Stichopillium bicorne									1										1																			
Dictyophimus hertwigii		1																			1																	
Eucyrtidium calvertense																																						1
Lipmanella bombus																			1			1																
Lipmanella cf. sphaerocephalum					2																																	
Pseudodictyophimus rectairi											2																											
Lophospyris sp. A																		1						1														
Acanthosphaera castanea																		1																				
C. (?) sp. in Petrushevskaya	1																																					
Cromyodrymus sp. C																		1																				
Cromyosphaera sp. A																																						1
Hexacantium cf. axotrias																							1															
Amphisphaera palliatum																			1																			
Axoprunum angellium	1																																					
Xiphatractus (?) sp.																			1																			
Phacodiscus (?) sp. A																		1																				
Euchiltonia frucata																																						1
Spongaster berminghani	1																																					
Spongodiscus (?) osculosus																																						
Prunocarpus (?) sp. C																																						
Tholospira cervicornis																							1															
Acanthocorys macroseras				1																																		
Antarctissa denticulata	1																																					
Arachnocorys cf. pentacantha																																						
Callmitra sp. A																																						
Ceratocyrtis campanula																																						
Ceratocyrtis sp. B																		1																				
Ciathrocanium coarctatum																			1																			
Ciathrocanium diadema																																						
Ciathrocyclus cassiopejae						</																																

MR97-04 St.1 Radiolarian Assemblage Analysis

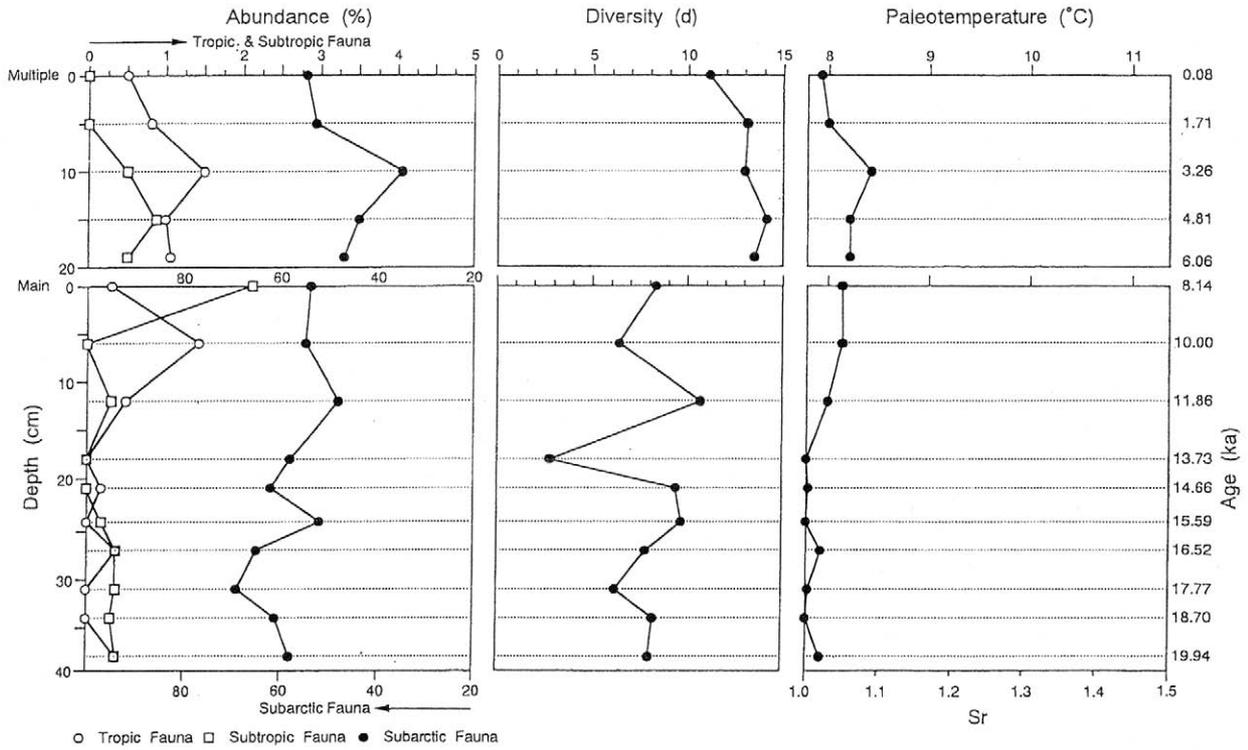


図2 St.1における指標種, 多様度, Srの変化
 Fig. 2 The changes of indicator species, species diversity and Sr ratio at the St.1.

MR97-04 St.3 Radiolarian Assemblage Analysis

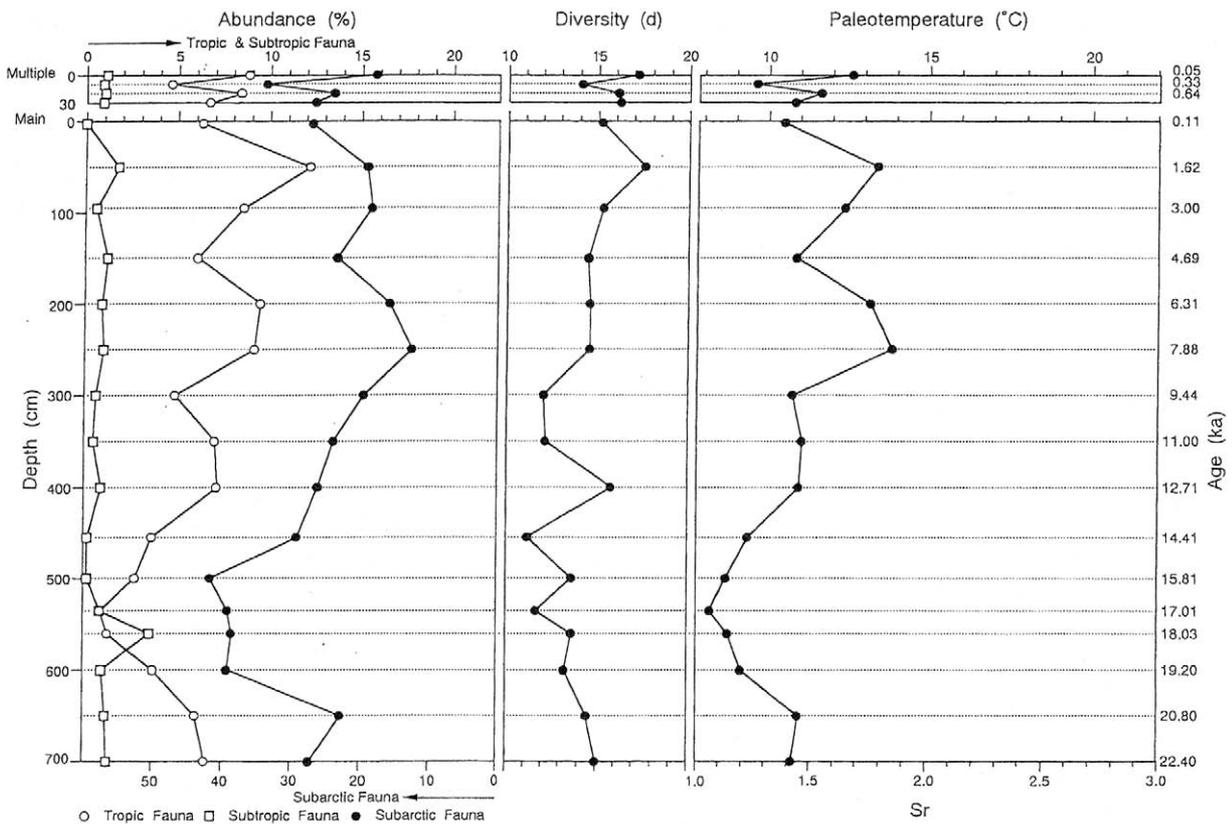


図3 St.3における指標種, 多様度, Srの変化
 Fig. 3 The changes of indicator species, species diversity and Sr ratio at the St. 3.