

## 「みらい」のMR01-K02 ピストンコア中の放散虫遺骸群集に基づく 過去13万年間の黒潮・新潮水塊の変遷

山本 浩文\*<sup>1</sup> 山内 守明\*<sup>2</sup>

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。

北西太平洋の東経146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。海洋地球観測船「みらい」のMR01-K02次航海で黒潮統流域南側の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、過去13万年間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。さらに、現代の観測値、採泥試料トップ(0ka)の変数関数より求めた水温および最終氷期のピークの月別水温変化を比較した。

キーワード：黒潮統流域, ピストンコアラー, 放散虫

## Changes in the Kuroshio Current and Oyashio Current in the past 130,000 years, it is based on radiolalia fossils in the western North Pacific Ocean on the R/V Mirai cruise [MR01-K02]

Hirofumi YAMAMOTO\*<sup>3</sup> Moriyoshi YAMAUCHI\*<sup>4</sup>

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 [MR01-K02]. The radiolalia fossils contained in this sediment was classified in the Kuroshio current system warm species and the Oyashio current system cool species. Changes in the Kurosio current system and Oyasiho current system in the past 130,000 years was explained by this.

Furthermore, the water temperature found more than the variable function of the top (0ka) of the modern observation value and the core sample, and a change in water temperature by the month of the peak of the final ice term were compared.

**Keywords :** Kuroshio Extension, Piston corer, Radiolalia

---

\*1 海洋観測研究部

\*2 甲南高等学校(平成12年度海洋観測研究部流動研究員)

\*3 Ocean observation and Research Department

\*4 Ocean observation and Research Department Guest Researcher in 2000 (Konan boys' high school)

## 1. 目的

1997年より北西太平洋の黒潮統流域を中心に最終氷期以降の黒潮水・親潮水の挙動を把握するために延べ14本のピストンコアを採取した。2001年5月の「みらい」MR01-K02の航海では、調査海域を黒潮統流域以南に限定し、最終氷期最寒期に黒潮がどこまで南下をしたのかという点に注目し、1本のピストンコアを採取した。PC1の採取海域は炭酸塩補償深度(CCD)を越えた海域であるため、古環境解析は珪質微化石の放散虫と珪藻について実施することとなった。本報告では放散虫の解析結果をもとに過去13万年間の黒潮・親潮水塊の変遷と最終氷期極大期における黒潮の流路について考察する。

## 2. 調査地点の海洋環境

MR01-K02航海で採取したピストンコアPC1は、2000年7月の航海で採取したMR00-K05 PC1の1.5°南東に位置し、北緯33°05′東経146°30′、水深5758mよりなる。1995年4月および9月のNOAAの画像データから判断すると、黒潮統流域の南に位置していることがわかる(図1)。日本水路協会発行の海洋環境図(1978)の深度別の等温線、塩分、溶存酸素および力学的深度偏差平均値からも、同様の海況であることが確認できる。本海域の海洋環境を把握するために、海洋環境図の春季100mの等温線をもとに、採泥点の位置をプロットし、水深毎の月別データから水温、塩分、溶存酸素量を拾い出した(図2、表1)。この海洋環境図からコアの水温の年間変化を読みとると、水深0mの最高水温と最低水温の年較差は9.5℃となる。水深50mと100mの年較差は、それぞれ6.5℃、3.0℃と値が小さくなり、水深200mの年較差は、0.5℃とほぼ一定の値となっている。一方、塩分は、水深0m

で夏季に低く冬季に高い傾向があるものの、50m以深では顕著な季節変化は認められなくなる。溶存酸素の季節変化は水深200mにまでおよび、冬季から春季にかけて濃度が高く夏季に低い傾向がある。

## 3. 試料および分析方法

放散虫の群集解析に用いた試料は、古地磁気測定に用いられた試料からサンプリングを行った。本コアではシルトサイズ以上の陸源性碎屑物をあまり含んでいないことから、堆積速度が遅いことが予測されるので、コア最上部より200mまでは4cm間隔で、200cm以深では5cm間隔でサンプリングを行った。

### 3.1. プレパラートの作成法

- ・ ケースに入ったコアから、層厚1cmの試料をビーカーに取り出し、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。
- ・ 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63 $\mu$ m)の篩を用い、シャワーで水洗する。
- ・ 水洗の完了した試料を耐熱シャーレにうつし、100℃以下の恒温で乾燥させる。
- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ スライドグラスに封入剤(エンテランニュー)を数滴落とし、24×24mmのカバーグラスを静かに乗せ、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。

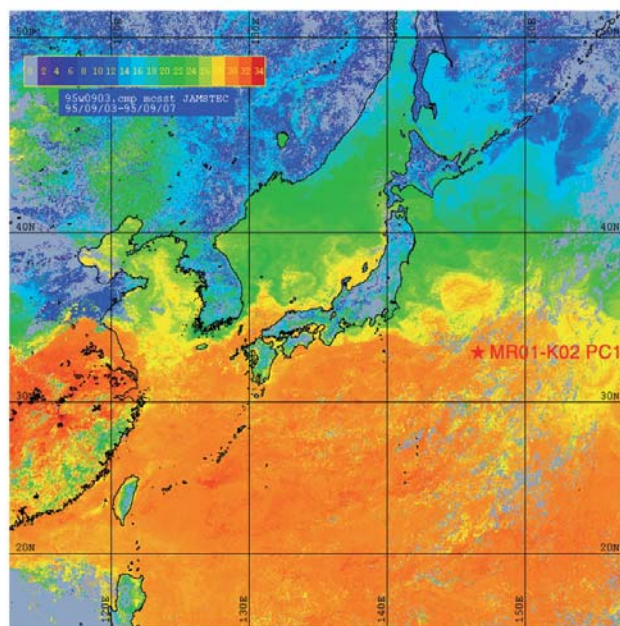
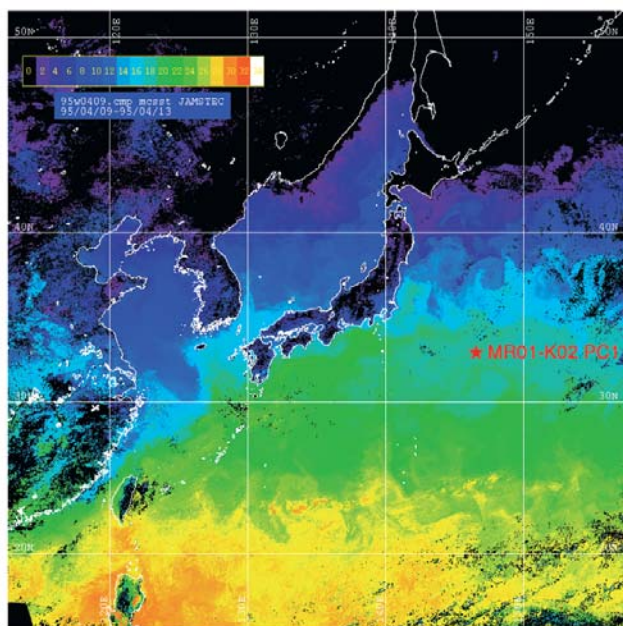


図1 衛星(TIROS/NOAA)による1995年4月、9月の海水温データ(MCSST)

Fig. 1 The seawater temperature data (MCSST) of April and September, 1995 by the satellite (TIROS/NOAA)

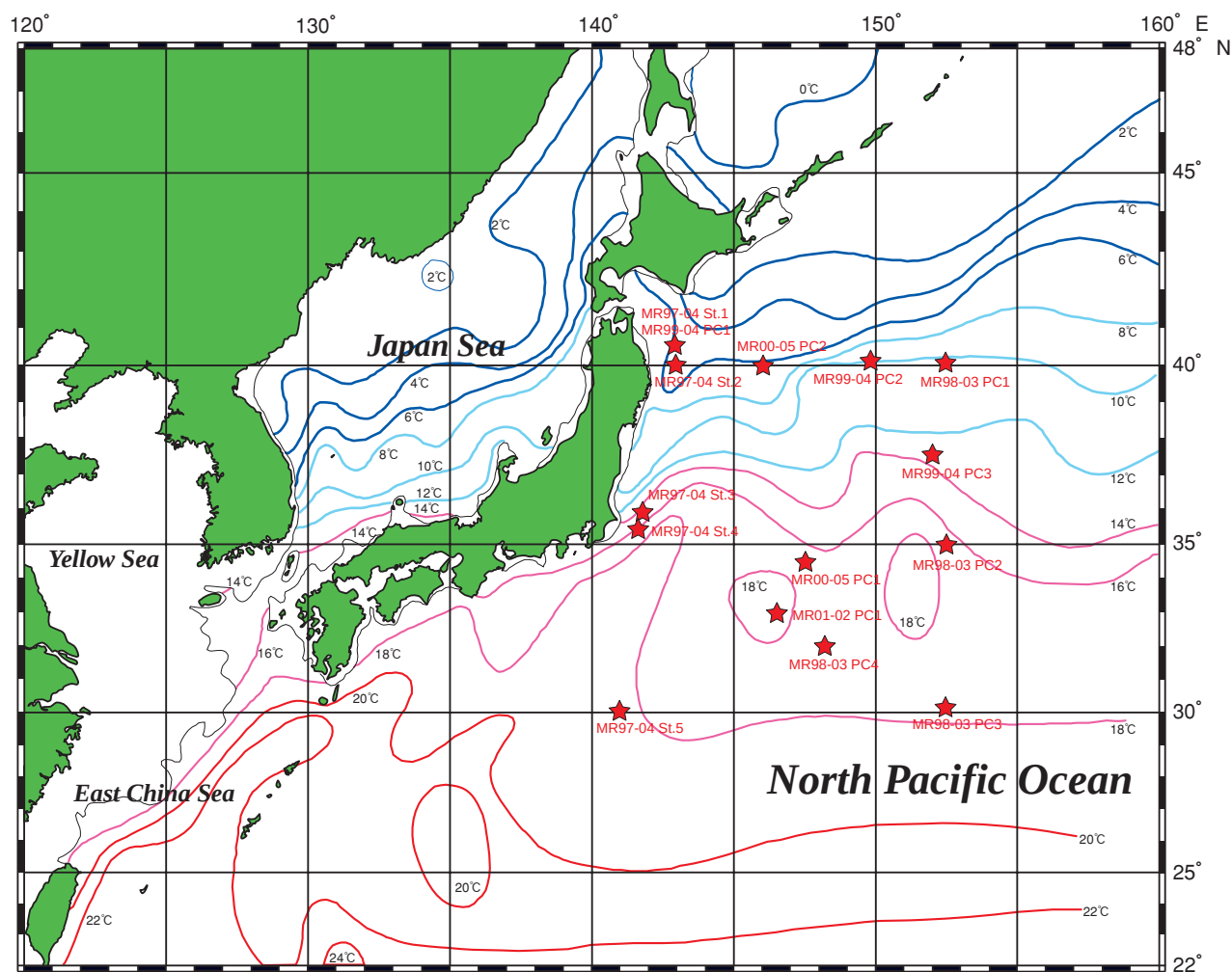


図2 みらいのピストンコア採泥点と春季100mの等温線(海洋環境図:1978改編)  
Fig. 2 The location of piston corer by R/V "MIRAI" and the isotherm of spring 100m

表1 採泥点における海水温, 塩分, 溶存酸素の変化(海洋環境図:1978よりプロット)

Table. 1 The change of seawater temperature, salinity, dissolved oxygen at the core sample point

|                  |                   | Depth | JAN  | FEB  | MAR  | APR  | MAY  | JUN  | JUL  | AUG  | SEP  | OCT  | NOV  | DEC  | Average | Max  | Min  | Remarks  |
|------------------|-------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|----------|
| MR01-K02<br>PC01 | Temperature<br>°C | 0m    | 18.5 | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 20.0 | 21.5 | 25.5 | 26.5 | 27.0 | 25.0 | 22.5 | 21.0 | 21.7    | 27.0 | 17.5 | 0-200Av  |
|                  |                   | 50m   | 18.5 | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 19.0 | 21.0 | 21.0 | 21.5 | 24.0 | 22.5 | 22.0 | 21.0 | 20.3    | 24.0 | 17.5 | 19.3     |
|                  |                   | 100m  | 18.5 | 17.5 | 17.0 | 17.0 | 18.0 | 17.5 | 19.0 | 18.5 | 20.0 | 18.0 | 19.0 | 19.5 | 18.3    | 20.0 | 17.0 | 50-200Av |
|                  |                   | 200m  |      | 17.0 |      |      | 17.0 |      |      | 16.5 |      |      | 17.0 |      | 16.9    | 17.0 | 16.5 | 18.5     |
|                  | Salinity<br>‰     | 0m    | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 34.9 | 34.8 | 34.6 | 34.4 | 34.4 | 34.4 | 34.5 | 34.6 | 34.7 | 34.6    | 34.9 | 34.4 | 0-200Av  |
|                  |                   | 50m   | 34.9 | 34.8 | 34.7 | 34.7 | 34.8 | 34.7 | 34.7 | 34.7 | 34.6 | 34.7 | 34.5 | 34.7 | 34.7    | 34.9 | 34.5 | 34.7     |
|                  |                   | 100m  | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 34.7 | 34.7 | 34.8    | 34.8 | 34.7 |          |
|                  |                   | 200m  |      | 34.7 |      |      | 34.7 |      |      | 34.8 |      |      | 34.8 |      | 34.7    | 34.8 | 34.7 |          |
|                  | Oxygen<br>ml/l    | 0m    | 5.50 | 5.25 | 5.25 | 5.00 | 5.25 | 5.00 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.83 | 5.25 | 5.03    | 5.50 | 4.75 | 0-200Av  |
|                  |                   | 100m  | 5.25 | 5.25 | 5.25 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.94    | 5.25 | 4.75 | 4.99     |
|                  |                   | 200m  |      | 5.25 |      |      | 5.25 |      |      | 4.75 |      |      | 5.00 |      | 5.06    | 5.25 | 4.75 |          |

### 3.2. 顕微鏡での検鏡

作成したプレパラートは100倍の倍率で、群集が安定する500個体を同定・カウントし基準として行った。両コア共に350cm以上の層準で52試料づつを検鏡した。

### 3.3. 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。

$$S_r = \Sigma (S \cdot n) / \Sigma n$$

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

求められた $S_r$ 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。

$S_r = 3.0$ : 黒潮本流 (温暖域)  
 $3.0 > S_r > 2.0$ : 黒潮変質部 (温暖～漸移域)  
 $S_r = 2.0$ : 黒潮前線  
 $2.0 > S_r > 1.0$ : 黒潮・親潮混合水帯 (漸移～寒冷域)  
 $S_r = 1.0$ : 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(1986)は、上記の理由で年間の50～200mの平均水温と $S_r$ の相関を調べ、次の水温回帰式を作成している。

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

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6月から7月までの水深100mでの水温に近似していることから、古水温を初夏の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., *Euchitonia 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*,  
*Ceratocyrtis 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 grande rugosum*,  
*Pterocanium* (?) kortonevi, *Tristylospyris* sp.

### 4. ピストンコアの時代観

ピストンコアを用いて古環境解析を行うにあたっては、正確な時間軸を得ることが必要となる。しかし、コアを採取した水深が炭酸塩補償深度 (CCD) を越えるため、石灰質微化石が溶解のため産出せず、 $^{14}\text{C}$  による絶対年代の測定や酸素同位体の変動曲線からの時代決定は行えない。船上では  $\gamma$  線量、帯磁率、分光測色計による色差の変化などが測定されたが、酸素同位体のカーブに明確に対応するものは無かった。したがって、今回のコアでは、第四紀の放散虫の生層序と放散虫の環境指標種の寒暖のパターンと Martinson et al. (1987) の酸素同位体曲線との対比から類推することとした。

さいわい、本コアの500cmより上位の層準には、第四紀の低緯度示準種として知られる *Collosphaera tuberosa*, *Buccinosphaera invaginata*, 高緯度示準種として知られる *Lychnocanium grande rugosum* が産出する。Nigrini (1971), Johnson & Knoll (1975) らは、このうち *C. tuberosa* の出現層準を37万年前、*B. invaginata* の出現層準を21万年前として生層序基準面を設定している。一方、高緯度示準種の *L. grande rugosum* は、現世の表層堆積物中にも僅かながら産出するが、Kruglikova (1976, 1977) は、35,000～40,000年前後の消滅を、Morley et al. (1982) は、49,000年の消滅を確認している。

検鏡を行った500cmより上位の層準では、*B. invaginata* は

散点的にしか産出しないものの、*C. tuberosa*はほぼ全層準にわたり産出した。一方、*L. grande rugosum*は、下位の500～215cmまではほぼ連続して産出し、その上位では、132cm, 184cm, 200cmの3層準のみ1個体ずつ産出する。以上を総合すると、500cmまでの堆積物は21万年より若く、132cm, 184cm, 200cm, 215cmのいずれかの層準が49,000年に相当することとなる。このことを前提に、後述する放散虫指数SrのカーブとMartinson et al. (1987)の酸素同位体のカーブとを対比させ時代軸を得た。その結果、最終氷期極大期18kaが36cmに、Kruglikova (1976,1977)の示す*L. grande rugosum*の約40,000年前後の消滅層準が132cmに、Morley et al. (1982)の示す*L. grande rugosum*の49,000年前の消滅層準が184cmに、Martinson et al. (1987)の酸素同位体ステージ4が245cmに、Martinson et al. (1987)の酸素同位体ステージ5eの65,220年が460cmに対比される。このことから、完新世から最終氷期極大期にかけての堆積速度は2.0cm/kaに、最終氷期極大期から酸素同位体ステージ4までは4.51cm/ka、ステージ4からステージ5eまでは3.64cm/kaとなる。なお、放散虫の検鏡用に用いた試料は層厚1cmよりなるので、完新世から最終氷期極大期までは500年間の積算を、最終氷期極大期からステージ4までは222年の積算を、ステージ4からステージ5e (460cm)までは275年の積算を見ていることとなる。

## 5. 調査結果

コアの水洗処理後の残渣は、陸源の粗粒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。船上のコア観察では、PC1のコアトップの酸化層の層厚とパイロットコアの酸化層の層厚はほぼ同じであり、ピストンコア最上部の欠如は無いものと見られる。しかし、パイロットコアの方がより表層堆積物を乱していない状態で回収できることから、パイロットコア0cmの試料を現世として海洋環境との対応・確認を行うこととした。ピストンコアPC1では500cmまでの87層準を検鏡し、合計88試料で群集解析を行った。試料中の指標種の産出状況を表2に、暖海種、温暖種、寒冷種の産出数を百分率に換算し、群集の多様度と古水温を求めて図3に掲げた。

PC1では1試料500個体あたり平均120種前後が産出し、延べ260種が確認された。暖海種、寒冷種の増減はどちらも寒暖の程度を表すが、温暖化の傾向は暖海種が、寒冷化の傾向は寒冷種がより強く現れる傾向にある。北方のMR00-K05 PC1では、温暖種の産出量の変化は寒冷種の増加に弱い負の相関が見られたが、本コアではそれほど相関を示さない。この温暖種は、黒潮の変質部から混合水域にかけての軸流以西の栄養塩の多い海域で多産することから、本海域は比較的栄養塩の少ない外洋としての海域であったこととなる。このため、多様度についても顕著な挙動を振る舞うまでには至っていない。

放散虫指数Srは、パイロットコアのコアトップ0cmが2.38、ピストンコアのコアトップ0cmが2.44と、どちらの値も黒潮前線の南に位置していたことを示しており、現在の海況との間に矛盾は存在しない。変換された古水温は、パイロットコア0cmが17.6℃、ピストンコア0cmが18.1℃となった。海洋環境図から読みとった

値は18.5℃となり、堆積物から見積もられた水温は現在の水温よりも0.4～0.9℃低い値となっている。なお、2000年に実施されたMR00-K02 PC1は、1.5°北東に位置するが、この場所でのパイロットコアのトップ0cmから求められた古水温が17.1℃であることから、現在の海況を適切に反映した値となっている。

ピストンコアの500cmまでの放散虫指数の変化は、黒潮と混合水塊の境界を表す2.0を境に寒暖を繰り返している。放散虫指数が水塊を区分するという観点から過去13万年間を見ると、ステージ1 (完新世)は黒潮統流の南側に、ステージ2 (最終氷期最寒期)は混合水塊の中に、ステージ3は混合水塊から黒潮前線付近に、ステージ4は混合水塊の中に、ステージ5は黒潮前線の南に、ステージ6は混合水塊の中に位置していたこととなる。

コア深度36cmの最終氷期極大期の暖海種と寒冷種の割合は、それぞれ6.6%, 20.2%からなる。銚子沖で採取されたMR97-04 St.3のパイロットコア0cmの群集組成は、暖海種が8.8%, 寒冷種が17.6%であり、混合水塊の南端に位置するMR99-04 PC3のコアトップ0cmの群集組成は、暖海種が12.8%, 寒冷種が19.2%からなる。従ってPC1の最終氷期極大期は、この2地点の現状よりもやや冷たい群集組成から構成されている。3つの指標種より合成された放散虫指数もPC1が1.60 (12.0℃)となるのに対し、MR97-04 St.3では1.68 (12.6℃)、MR99-04 PC3では1.82 (13.7℃)と、北方に位置する2地点よりもやや寒冷であったことになる。つまり、本海域では北方の水塊が約3°程度南下したこととなるので、最終氷期極大期における黒潮の流路は北緯33°よりも南に位置していたこととなる。

下位のステージ3の暖海種と寒冷種の増減は、過去に「みらい」で調査されたコアの中で最も変動が激しい。これはステージ3の期間、本海域が混合水塊から黒潮前線の南に位置していたことに起因し、水塊の水平移動が群集に顕著に現れたものと思われる。なお、ステージ3に見られる数千年周期の寒冷化は、北大西洋で知られるハインリッヒ・イベントに対応するものであるかもしれない。一方、ステージ4はステージ3の寒冷なピークとさほど変わらず、上位と下位の水塊変動の様子から認定されることとなった。また、ステージ5は通常3回の温暖なピークを持つことを特徴とするが、本コアでは5aと5eに相当する部分での顕著な温暖化が確認された。この5aと5eの古水温は現在の海水温とほぼ等しくなっているものの、群集組成には相違があり、5eの方が寒冷種がより少なく、北方の混合水の流入が少なかったことになる。ステージ6は、その層準に入ったところまでしか検鏡が行えておらず、ステージ6の最低水温を表しているかどうかは不明である。この層準では88試料の中で最も寒冷種を多産するが、暖海種は最終氷期極大期ほど少なくならず、結果として水温低下は12.4℃にとどまった。

第四紀における酸素同位体の変化は、10数万年のサイクルでのこぎりの歯のような急激な温暖化とゆっくりとした寒冷化で特徴付けられるが、本コアでも同様な傾向が認められた。しかし、ステージ3の中には数千年周期での顕著な寒冷化が認められた。最終氷期より上位の層準は、堆積速度が遅いために時代的な精度が無く、細かな水温上昇の記録は読みとることができなかった。

表2 MR01-K02 PC1における放散虫指標種の産出状況

Table 2 The producing condition of radiolarian index species in PC1 (MR01-K02)

|                                | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27  | 28  |
|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
|                                | p0 | 0  | 4  | 4  | 12 | 6  | 20 | 24 | 26 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 | 96 | 100 | 104 |
| Acrosphaera lappacea           |    | 4  | 5  | 3  | 4  | 6  | 6  | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 2  | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1   | 1   |
| Acrosphaera murayana           |    | 3  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 1   | 1   |
| Acrosphaera spinosa            |    | 13 | 15 | 8  | 10 | 16 | 10 | 13 | 7  | 4  | 6  | 3  | 6  | 9  | 3  | 5  | 4  | 9  | 6  | 6  | 5  | 7  | 5  | 7  | 9  | 7  | 11  | 13  |
| Acrosphaera sp. A              |    | 2  | 10 | 6  | 6  | 1  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2   | 1   |
| Collospheera huxleyi           |    | 6  | 6  | 7  | 5  | 4  | 6  | 6  | 3  | 3  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 5  | 5  | 6  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 7  | 5  | 8  | 8   | 5   |
| Collospheera tuberosa          |    | 1  | 1  | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 1  | 1  | 1  | 3  | 1  | 5  | 3  | 2  | 1  | 9  | 7  | 2  | 3  | 3  | 6  | 4  | 2   | 3   |
| Collospheera sp. C             |    | 2  | 1  | 1  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 1  | 5  | 3  | 1  | 9  | 7  | 2  | 3  | 3  | 1  | 1  | 1  | 2   | 3   |
| Disolenia quadraia             |    | 1  | 1  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Disolenia zanguebarica         |    | 3  | 7  | 3  | 2  | 3  | 3  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Otiopshera polymorpha          |    | 3  | 6  | 5  | 5  | 4  | 7  | 1  | 3  | 1  | 1  | 2  | 1  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 3  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2   | 1   |
| Siphonospheera martensi        |    | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Siphonospheera socialis        |    | 11 | 21 | 8  | 13 | 11 | 14 | 15 | 24 | 11 | 10 | 8  | 4  | 13 | 9  | 13 | 10 | 6  | 7  | 6  | 7  | 9  | 8  | 7  | 6  | 9  | 9   | 7   |
| Syrtospheera melponense        |    | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Ommatartus sp. A               |    | 27 | 17 | 24 | 14 | 12 | 8  | 7  | 8  | 5  | 7  | 4  | 8  | 5  | 8  | 12 | 6  | 8  | 7  | 6  | 9  | 4  | 7  | 9  | 11 | 11 | 6   | 11  |
| Heliodiscus echiniscus         |    | 5  | 4  | 6  | 5  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1   | 1   |
| Heliodiscus (7) sp.            |    | 2  | 3  | 5  | 3  | 3  | 4  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Euchtonia elegans              |    | 4  | 1  | 1  | 2  | 3  | 4  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Larocopia quadrangula          |    | 4  | 1  | 1  | 2  | 3  | 1  | 1  | 4  | 4  | 2  | 3  | 1  | 4  | 2  | 2  | 2  | 5  | 6  | 2  | 4  | 1  | 1  | 1  | 4  | 4  | 7   | 11  |
| Phunocorus (7) sp. A           |    | 3  | 8  | 6  | 6  | 3  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 5  | 3  | 6   | 1   |
| Carpacestinum aculeatidentum   |    | 2  | 1  | 3  | 3  | 8  | 8  | 5  | 1  | 2  | 3  | 11 | 14 | 16 | 15 | 7  | 7  | 8  | 9  | 8  | 5  | 6  | 15 | 4  | 2  | 2  | 3   | 6   |
| Carpacestinum fuscolum         |    | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  | 4  | 1  | 3  | 1  | 3  | 8  | 9  | 10 | 9  | 3  | 1  | 2  | 5  | 7  | 4  | 6  | 3  | 4  | 2  | 2  | 2   | 15  |
| Dicypophimus hiruado           |    | 3  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2   | 3   |
| Lihopera bacca                 |    | 2  | 1  | 2  | 1  | 4  | 4  | 1  | 3  | 8  | 3  | 3  | 5  | 5  | 5  | 9  | 11 | 14 | 12 | 9  | 8  | 14 | 18 | 12 | 10 | 11 | 13  | 7   |
| Linosyris reticulata           |    | 1  | 3  | 3  | 2  | 3  | 1  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Trissocirus lentillipes        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Buccinosphaera invaginata      |    | 1  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Collospheera macropora         |    | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 3  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Astrosphaera hexagonalis       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Cladococcus cervicornis        |    |    |    |    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Cladococcus staltactites       |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Lychnosphaera regina           |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Spongopileus streptacantha     |    | 1  | 1  | 1  | 5  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Syrtospheera spongilacea       |    | 1  | 2  | 3  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Amphilecta acrocloma           |    | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Amphilecta callistoma          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Arachnocorys umbellera         |    | 1  | 3  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Calimnira carolothae           |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Calimnira cf. elizabetae       |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Geratocorys sinuosa            |    | 2  | 2  | 5  | 4  | 3  | 4  | 4  | 7  | 4  | 1  | 7  | 2  | 11 | 4  | 5  | 2  | 4  | 5  | 1  | 4  | 3  | 2  | 3  | 6  | 4  | 4   | 3   |
| Clathromitra pentacantha       |    |    | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 2   |
| Dimlessa thoracites            |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 2  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Erinosephorus rotura           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Eucecyphalus cervus            |    |    |    | 1  | 3  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Eucecyphalus gegenbauri        |    | 2  | 1  | 2  | 4  | 3  | 3  | 2  | 1  | 3  | 3  | 1  | 1  | 8  | 3  | 4  | 5  | 3  | 5  | 1  | 1  | 3  | 4  | 2  | 1  | 4  | 2   | 2   |
| Eucecyphalus sestrodiscus      |    | 2  | 2  | 1  | 1  | 6  | 4  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  | 5  | 5  | 1  | 1  | 5  | 6  | 2  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 4  | 2   | 1   |
| Eucecyphalus sp. A             |    |    |    | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Lampromitra coronata           |    | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Lampromitra cracenta           |    | 2  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | 3  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 3  | 1  | 1   | 1   |
| Lophophæra hispida             |    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Lophophæronoma villazi         |    | 1  | 3  | 4  | 1  | 3  | 2  | 2  | 5  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Pseudocubus octostylus         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Pseudocubus sp.                |    | 2  | 1  | 2  | 1  | 2  | 2  | 1  | 4  | 2  | 1  | 4  | 2  | 7  | 4  | 2  | 4  | 1  | 2  | 3  | 1  | 2  | 3  | 1  | 3  | 2  | 3   | 3   |
| Sethipilum (7) sp. B           |    | 1  | 3  | 1  | 4  | 3  | 1  | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 2  | 1  | 2  | 4  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 5  | 2   | 4   |
| Verticillata hexacantha        |    | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Pterocorys hertwigi            |    | 2  | 1  | 4  | 4  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Dicypophimus infatiscus        |    | 2  | 3  | 4  | 4  | 2  | 2  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 2  | 4  | 4  | 4  | 2  | 4  | 6  | 3  | 3  | 4  | 3  | 2  | 4   | 2   |
| Dicypophimus platycephalus     |    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Limalachium eupilum            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Limalachium tentorium          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Pseudodicyphomus gracilipes    |    | 1  | 3  | 3  | 2  | 5  | 4  | 3  | 7  | 3  | 2  | 3  | 1  | 5  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 1  | 2  | 1  | 1  | 3  | 9  | 2  | 3   | 5   |
| Tholocorys scapitipes          |    | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 1  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Acrosphaera arkios             |    | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 1  | 1  | 3  | 1  | 1  | 3  | 2  | 1   | 1   |
| Acrosphaera sp. B Pacific type |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Acinomma cf. capillaceum       |    | 5  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 3  | 1  | 3  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 5  | 1  | 3   | 3   |
| Acinomma (7) sp.               |    | 1  | 1  | 2  | 2  | 4  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   |
| Ctenosphaera cristata          |    | 1  | 1  | 2  | 2  | 4  | 3  | 2  | 2  | 1  | 5  | 4  | 3  | 2  | 3  | 1  | 4  | 2  | 2  | 3  | 1  | 4  | 2  | 1  | 4  | 1  | 1   | 3   |
| Cladococcus abietinus          |    | 2  | 3  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 2  | 1  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 3  | 2  | 1  | 2   | 1   |
| Cladococcus proutii            |    | 1  | 3  | 1  | 6  | 6  | 6  | 10 | 8  | 5  | 3  | 1  | 10 | 6  | 7  | 5  | 7  | 5  | 6  | 1  | 3  | 6  | 5  | 2  | 5  | 3  | 7   | 1   |
| Corymochinus antarctica        |    | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4  | 1  | 1  | 1  | 3  | 1  | 4  | 2  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 4   | 3   |
| Corymochinus cf. icosacanthus  |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |

表2の続き

|                               | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  |   |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|                               | 108 | 112 | 116 | 120 | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 | 172 | 176 | 180 | 184 | 188 | 192 | 196 | 200 | 206 | 210 | 216 | 220 | 225 |   |
| Acropora lappacea             |     | 1   | 2   |     | 2   | 4   |     | 1   | 3   | 6   | 1   | 1   | 3   | 1   |     | 2   | 3   | 2   | 1   | 3   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 2   | 2   | 2   |   |
| Acropora murayana             |     | 1   |     | 2   | 1   | 1   |     |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |   |
| Acropora spinosa              | 8   | 9   | 13  | 4   | 16  | 8   | 6   | 4   | 13  | 7   | 10  | 7   | 5   | 5   | 3   | 2   | 7   | 10  | 8   | 7   | 4   | 13  | 14  | 13  | 7   | 10  | 7   | 15  | 15  |   |
| Acropora sp. A                | 1   | 6   |     | 1   |     |     |     |     | 1   | 1   |     | 1   |     |     |     | 1   |     | 2   |     |     |     | 1   |     | 2   |     |     |     | 2   | 9   |   |
| Collophora huxleyi            | 5   | 6   | 5   | 2   | 6   | 1   | 2   | 1   | 3   | 9   | 4   | 2   | 5   | 1   | 1   | 3   | 4   | 4   | 4   | 5   | 5   | 4   | 3   | 3   | 10  | 3   | 2   | 2   | 9   |   |
| Collophora tuberosa           | 8   | 3   | 3   | 2   | 6   | 7   | 4   | 2   | 5   | 9   | 5   | 4   | 3   |     | 1   | 3   | 5   | 4   | 2   | 3   | 4   | 1   | 6   | 3   | 3   | 5   | 4   | 3   |     |   |
| Collophora sp. C              |     | 2   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 2   |     |     |     |     |     | 2   | 1   |     |     |     |     |     | 1   |   |
| Disolenia quadrata            | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 2   | 1   |     |     |     |     |   |
| Disolenia zanguebarica        |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     | 1   | 1   | 2   |     | 1   |     |     | 2   | 1   | 1   |     | 2   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 2   | 3   | 1   | 1   |   |
| Otophrea polymorpha           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Siphonospheera martensi       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Siphonospheera socialis       | 7   | 6   | 5   | 13  | 11  | 9   | 15  | 4   | 13  | 7   | 5   | 11  | 7   | 14  | 6   | 11  | 18  | 8   | 13  | 5   | 7   | 16  | 10  | 16  | 30  | 21  | 27  | 24  | 18  |   |
| Syngonophora meliponene       |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Ornatulus sp. A               | 5   | 5   | 8   | 5   | 6   | 5   | 5   | 3   | 6   | 6   | 10  | 6   | 11  | 10  | 7   | 12  | 15  | 14  | 15  | 13  | 7   | 7   | 9   | 7   | 8   | 6   | 7   | 8   |     |   |
| Heliodiscus echiniscus        | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 2   |     | 1   | 2   | 2   | 3   |     | 1   | 1   | 2   | 3   | 3   | 1   | 2   | 2   | 2   | 4   | 2   | 3   |     | 2   | 3   | 4   |   |
| Heliodiscus (?) sp.           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Euchonia elegans              |     | 1   | 1   | 2   | 4   | 2   | 1   | 1   |     | 2   | 1   | 2   | 1   | 1   | 2   | 3   | 2   | 1   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 3   | 1   | 1   | 1   |     | 1   | 1 |
| Larospira quadrangula         | 3   | 1   | 4   | 3   | 1   |     |     | 2   | 3   | 2   | 1   | 5   | 2   | 4   | 1   | 4   | 2   | 2   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 4   | 6   | 4   | 4   |   |
| Prunocarpus (?) sp. A         | 1   | 1   | 1   | 1   |     |     |     |     | 1   | 2   | 1   |     | 1   | 2   | 1   |     |     | 1   | 1   | 4   | 3   | 1   | 1   | 2   | 1   | 2   |     |     |     |   |
| Carpocanstrum aculeidatum     | 4   | 5   | 8   | 11  | 10  | 12  | 9   | 11  | 4   | 6   | 7   | 8   | 8   | 6   | 10  | 8   | 9   | 8   | 15  | 5   | 5   | 5   | 1   | 6   | 4   | 4   | 3   | 1   |     |   |
| Carpocanstrum foscolum        | 2   | 1   | 3   | 5   | 4   | 5   | 9   | 14  | 1   | 5   | 6   | 7   | 7   | 3   | 5   | 7   | 10  | 7   | 5   | 2   | 3   | 2   | 1   | 6   | 3   | 5   | 2   | 1   | 2   |   |
| Dictyophimus hirundo          | 3   | 3   | 3   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 2   | 3   | 2   | 2   | 1   | 2   | 1   | 2   | 1   | 3   | 3   |     |     | 1   | 1   | 1   | 3   |     |     | 1   |   |
| Lithopora bacca               | 5   | 5   | 5   | 6   | 6   | 10  | 9   | 2   | 6   | 2   | 4   | 7   | 4   | 2   | 2   | 7   | 4   | 2   | 7   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 4   | 4   | 1   | 7   |     |   |
| Linopys reticulata            | 1   | 1   | 1   |     | 1   | 1   | 2   |     | 1   | 2   | 1   | 2   |     |     |     | 1   | 2   | 1   |     | 1   |     | 3   | 1   | 1   | 2   | 2   | 3   |     |     |   |
| Trissococcus lentellipis      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Buccinospheera invaginata     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     |     |     |     |     | 1   |     | 2   | 1   |     |     |     |     |   |
| Collophora macrophora         |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     |     |     | 1   |     |     |     | 1   | 1   | 2   |     | 1   |   |
| Astrophora hexagonalis        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Cladococcus cervicornis       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |   |
| Cladococcus staliactites      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Lychnospheera regina          |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Spongolegma streptacantha     | 1   | 2   |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     | 3   |     |     |     |     |     | 2   |     |     |     |     | 1   |     | 1   | 1   | 3   | 1   |   |
| Syngonophora spongiacea       |     | 2   |     | 1   | 1   |     |     |     | 1   | 3   | 1   |     | 1   |     |     | 1   | 1   | 1   |     | 1   | 2   |     | 1   | 1   | 1   | 2   | 4   | 1   |     |   |
| Amphiplecta acrotocha         | 4   | 1   |     | 1   | 2   | 2   |     |     | 3   | 2   |     | 1   |     |     | 1   | 1   |     |     | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 3   |     |     |     | 1   | 2   |   |
| Amphiplecta callistoma        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Arachnocorys umbellifera      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Callimira carolothae          |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Callimira cf. elizabethae     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Ceratosyllis sinuosa          | 4   | 4   | 2   | 5   | 4   | 5   | 3   | 1   | 6   | 1   | 6   | 2   | 4   | 5   | 7   | 4   | 2   | 5   | 3   | 4   | 5   | 1   | 3   | 2   | 2   | 7   | 7   | 4   |     |   |
| Clathromitra pentacantha      | 1   | 2   | 2   | 1   |     |     |     |     |     | 1   | 2   | 2   | 2   | 1   |     |     | 2   |     |     | 2   |     |     | 1   | 2   | 1   | 1   | 1   |     | 2   |   |
| Dimelissa thoracites          | 1   | 1   | 2   | 2   | 2   | 1   | 1   |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     |   |
| Emmeaphormis rotunda          |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |     |     |     |     | 1   |   |
| Euceryphalus cervus           |     | 1   | 1   | 1   | 1   |     |     |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |     |     | 1   |     |     | 1   | 1   |     |     |     |     |     |   |
| Euceryphalus gegenbauri       | 2   | 8   | 2   | 4   | 2   | 4   | 1   | 2   | 1   | 2   | 3   | 1   | 2   | 2   | 5   | 1   |     |     | 1   | 2   | 1   | 1   | 3   | 1   | 2   | 1   | 3   |     | 1   |   |
| Euceryphalus sestrodiscus     | 3   | 1   | 2   | 1   | 2   | 2   | 1   |     | 1   | 3   | 4   | 4   | 1   |     | 1   |     | 4   | 1   | 1   | 4   | 7   | 4   | 5   | 3   | 3   | 1   | 6   | 2   | 6   |   |
| Euceryphalus sp. A            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Lampromitra coronata          |     | 2   |     | 1   |     |     |     |     | 2   |     |     |     |     | 1   |     | 2   | 2   | 1   |     | 1   | 2   |     |     | 1   | 2   | 3   | 2   |     |     |   |
| Lampromitra cracenta          | 2   | 3   | 2   | 1   |     |     |     |     | 3   | 1   |     | 2   | 2   |     |     | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   |     | 3   | 1   | 1   | 4   |     | 1   |   |
| Lophospheera hispida          |     |     |     |     | 2   | 1   | 1   |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   |     | 1   | 2   |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 2   |     |   |
| Lophospheera wiggizi          | 1   |     |     | 1   |     | 1   |     |     | 1   | 1   | 1   | 2   |     | 1   | 1   |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     | 1   | 1   |     |     |     |   |
| Pseudocubus octostylus        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Pseudocubus sp.               |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |   |
| Sethophorus (?) sp. B         | 1   | 4   | 2   | 2   | 3   | 4   | 3   |     | 3   | 2   | 2   |     | 1   | 3   | 1   | 3   | 2   | 1   | 2   | 3   |     | 3   | 2   | 3   | 2   | 2   |     | 1   | 1   |   |
| Verrillia texacantha          |     | 5   | 2   | 1   | 2   |     |     |     | 3   |     | 2   | 5   | 3   |     |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |     | 3   | 1   | 1   | 1   | 2   | 2   |   |
| Pterocorys hertwigii          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Dictyophimus infabricatus     | 2   | 7   | 3   | 5   | 5   | 2   | 4   | 3   | 2   | 5   | 2   | 2   | 1   | 5   | 1   | 1   |     |     | 1   | 2   | 2   | 2   | 2   | 4   | 3   | 2   | 2   | 4   | 1   |   |
| Dictyophimus platycephalus    |     | 1   |     | 2   |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Lithalacnium eupilium         |     | 1   |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Lithalacnium tentorium        |     |     |     | 1   |     | 1   |     |     | 2   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Pseudodictyophimus gracilipes | 5   | 5   | 2   | 2   | 1   | 2   | 6   |     | 2   | 2   |     | 1   | 3   | 2   | 4   | 1   | 6   | 3   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |     | 3   |   |
| Tholopys scaphites            |     |     | 1   |     |     |     | 1   |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |     |     |   |
| Acropora arkios               | 1   |     | 1   | 1   |     | 3   |     |     | 2   |     |     | 2   | 1   |     | 1   |     | 3   |     |     | 1   |     | 2   | 1   |     | 1   |     | 2   | 2   | 2   |   |
| Acropora sp. B Pacific type   |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   | 1   |     |     |     | 2   |     | 2   | 1   |     | 2   |     | 3   |   |
| Actinomma cf. capillaceum     | 8   | 7   | 8   | 1   | 4   | 2   |     |     | 6   | 5   | 5   | 4   | 2   | 2   | 3   | 7   | 4   | 7   | 8   | 11  | 8   | 5   | 3   | 4   | 4   | 3   | 1   | 3   | 8   |   |
| Actinomma (?) sp.             | 3   | 4   | 1   | 1   | 1   |     | 2   |     | 5   | 3   | 3   | 6   | 4   | 1   | 1   | 3   | 1   | 1   | 1   | 2   | 4   | 3   | 5   | 2   | 1   | 1   | 1   |     | 1   |   |
| Cenospheera cristata          | 3   | 5   | 6   | 1   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 1   | 2   | 5   | 2   | 2   | 1   | 1   | 2   | 2   | 1   | 3   | 3   | 2   | 2   | 4   | 3   | 2   | 5   | 1   |     |   |
| Cladococcus abietinus         | 2   | 2   |     |     | 2   |     |     |     | 3   | 4   | 2   | 3   | 2   | 2   | 3   | 2   | 3   | 1   |     | 2   | 2   | 4   | 1   | 4   | 1   | 1   | 3   | 2   | 2   |   |
| Cladococcus pretium           | 5   | 11  | 4   | 9   | 2   | 5   | 2   | 2   | 6   | 10  | 8   | 9   | 6   | 3   | 6   | 2   | 4   | 2   | 9   | 3   | 4   | 9   | 4   | 6   | 4   | 2   | 4   | 1   | 19  |   |
| Cromyechinus antarctica       | 4   | 5   | 5   | 3   | 1   | 4   | 1   | 2   | 3   | 3   | 3   | 3   | 1   | 3   | 1   | 3   | 2   | 1   | 3   | 3   | 2   | 5   | 1   | 3   | 1   | 3   | 3   | 2   | 4   |   |
| Cromyechinus cf. isosacanthus | 2   | 4   | 3   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 3   | 1   | 4   | 1   | 2   | 4   | 1   | 1   | 1   |     | 2   | 2   | 1   | 1   |     | 1   | 2   | 2   |     |     |   |
| Cromyechinus sp. A            | 5   | 1   | 1   |     | 2   | 2   | 1   |     | 3   | 3   | 2   | 1   | 1   |     |     | 3   |     | 3   |     | 2   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 3   |     | 1   | 3   |   |
| Cromyechinus sp. B            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
| Hexastylus cf. minimus        | 6   | 10  | 1   | 4   | 2   | 2   | 5   | 5   | 3   | 1   | 5   | 3   | 5   | 4   | 2   | 2   | 2   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |

表2の続き

|                                | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  |   |   |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|
|                                | 230 | 235 | 240 | 245 | 250 | 255 | 260 | 270 | 280 | 290 | 300 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 360 | 370 | 380 | 390 | 400 | 410 | 420 | 430 | 440 | 450 | 460 | 470 | 480 | 490 | 500 |   |   |
| Acrosphaera lapidea            | 2   | 3   |     |     | 1   |     | 3   | 1   |     | 1   |     |     | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 2   |     | 2   | 3   | 2   | 2   | 1   | 3   |     | 1   | 1   | 5 |   |
| Acrosphaera murrayana          | 1   | 2   | 1   |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 2   |     | 1   | 2   | 1   | 1   | 2   | 1   | 1   |     | 1   | 2   | 1 |   |
| Acrosphaera spinosa            | 10  | 9   | 7   | 5   | 12  |     | 19  | 8   | 9   | 10  | 45  | 39  | 36  | 24  | 14  | 11  | 35  | 18  | 25  | 22  | 15  | 27  | 15  | 30  | 33  | 49  | 26  | 44  | 25  | 24  | 11  | 5 |   |
| Acrosphaera sp. A              |     |     | 1   |     |     | 1   | 2   |     |     | 2   | 1   |     | 1   | 1   | 1   | 2   | 2   | 1   | 1   |     |     |     |     |     | 1   | 1   | 1   |     | 2   |     |     |   |   |
| Collospheera huxleyi           | 3   | 6   | 1   |     |     | 2   | 2   | 1   | 2   | 3   | 2   | 3   |     | 3   | 3   |     | 4   | 4   | 13  | 7   | 11  | 10  | 6   | 1   | 4   | 9   | 7   | 14  | 13  | 10  | 3   | 3 |   |
| Collospheera tuberosa          | 2   | 3   | 1   | 2   |     | 1   | 2   |     | 1   | 2   |     |     | 1   | 1   |     | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   |     | 5   | 1   | 4   | 1   | 5   | 3   | 1   | 3   | 1   |     |   |   |
| Collospheera sp. C             |     | 2   |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   | 1   | 2   |     |     |     |     |     | 1   | 1   | 1   | 1   |     |     |   |   |
| Disolenia quadrita             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     | 1   | 1   |     |     |     |   |   |
| Disolenia zanguebarica         |     |     |     |     | 1   |     |     |     | 1   | 3   | 3   | 1   | 2   | 1   |     | 3   | 1   |     |     |     |     |     | 1   | 1   | 2   | 2   | 1   | 2   |     | 3   |     |   |   |
| Otiopshera polymorpha          | 1   | 3   | 2   | 1   |     |     | 3   |     |     | 7   | 9   |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 3   | 2   | 4   | 4   | 7   | 2   | 1   | 1   | 6   | 8   | 7   | 5   | 3   | 1   |     |   |   |
| Sphionosphaera martenesi       | 2   | 18  | 2   | 1   |     | 1   |     | 1   | 2   | 2   | 4   | 4   | 2   | 1   |     | 5   | 5   | 3   | 1   | 2   | 4   | 3   | 1   | 3   | 3   | 3   | 3   | 2   | 3   |     | 1   |   |   |
| Sphionosphaera socialis        | 25  | 18  | 25  | 13  | 14  | 22  | 14  | 14  | 15  | 24  | 21  | 42  | 37  | 21  | 17  | 45  | 31  | 28  | 35  | 24  | 23  | 32  | 29  | 29  | 25  | 22  | 18  | 11  | 11  | 10  |     |   |   |
| Cylospheera melomene           | 1   | 1   | 1   | 2   |     |     | 1   |     |     | 2   | 1   |     | 2   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |   |   |
| Ommatartus sp. A               | 7   | 6   | 1   | 2   | 13  | 12  | 22  | 19  | 18  | 12  | 9   | 13  | 11  | 4   | 6   | 11  | 3   | 9   | 3   | 4   | 8   | 4   | 17  | 8   | 12  | 9   | 9   | 8   | 8   | 9   | 9   |   |   |
| Heliodiscus schinus            | 3   | 3   | 1   |     |     | 1   | 2   | 2   | 4   | 3   | 3   | 7   | 3   |     | 1   | 3   | 1   | 2   | 6   | 2   | 3   | 1   | 5   | 2   | 2   | 3   | 8   | 4   | 4   |     |     |   |   |
| Heliodiscus (?) sp.            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Euchtonia elegans              | 3   | 5   | 1   | 1   |     | 1   |     |     | 3   | 3   | 2   |     | 3   |     | 3   | 3   | 3   | 3   | 2   |     |     | 2   | 1   | 8   | 2   | 6   | 2   | 2   | 1   |     |     |   |   |
| Larospira quadrangula          | 3   | 7   | 2   | 2   | 2   | 2   | 4   | 10  | 4   | 5   | 4   | 3   | 3   | 3   | 3   | 2   | 2   | 4   | 3   | 8   | 6   |     | 1   | 4   | 8   | 2   | 1   | 1   |     |     |     |   |   |
| Prunocarpus (?) sp. A          | 2   | 2   | 1   |     |     |     |     |     | 2   | 1   |     | 1   |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     | 4   | 2   | 1   |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Carpocarpistrum acudetatum     | 4   | 1   | 7   | 6   | 9   |     | 1   | 4   | 7   | 9   | 2   | 9   | 12  | 2   | 17  | 1   | 11  | 3   |     | 2   | 7   | 3   | 3   | 2   | 3   | 5   | 5   | 7   | 1   | 2   | 2   | 7 |   |
| Carpocarpistrum flosculum      | 1   | 1   | 8   | 3   | 5   | 2   |     | 7   | 8   | 4   | 10  | 2   | 3   | 3   | 4   | 2   | 6   |     | 1   | 2   | 1   | 3   | 1   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 3   | 5 |   |
| Dicyophimus hirundo            | 3   | 7   | 2   |     | 2   | 1   | 2   | 1   | 2   | 1   | 1   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 3   |     | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2 |   |
| Lithops bacica                 | 3   | 7   | 5   | 4   | 3   | 2   | 8   | 7   | 5   | 5   | 7   | 6   | 7   | 3   | 2   | 6   | 2   | 6   | 4   | 1   | 3   | 5   | 7   | 4   | 4   | 5   | 3   | 2   | 1   |     |     |   |   |
| Unioyris reticulata            | 3   | 1   | 2   | 1   | 1   |     | 1   | 3   | 1   | 6   | 6   | 1   | 5   | 4   | 5   | 2   | 1   | 1   | 2   | 2   | 2   | 8   | 2   | 2   | 3   | 6   | 2   | 1   | 1   | 2   |     |   |   |
| Thissocoris lentipennis        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Buccinosphaera invagnata       |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   | 1   |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   |     |     |     | 2   | 2   |     |     |     |     |     |   |   |
| Collospheera macrospora        |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     | 2   |     |     | 1   |     |     |     |     | 1   | 1   | 1   |     | 2   | 3   | 3   | 3   |     |     | 1   |   |   |
| Astrosphaera hexagonalis       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Cladococcus cervicornis        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Cladococcus stalticites        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Lychnosphaera nigra            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Spongoplegma streptactinea     | 1   | 1   |     |     |     | 1   | 2   | 2   |     | 1   |     |     |     | 1   | 1   |     | 1   | 5   | 4   |     | 2   |     | 2   |     | 4   | 3   |     |     |     | 2   | 1   |   |   |
| Styptosphaera spongiacea       |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 2   |     |     |     | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 4   | 1   | 1   | 1   |     |     |   |   |
| Amphiplecta acroctoma          | 1   | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   |     |     | 3   | 1   | 2   | 1   | 1   |     | 2   | 1   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |     |     |   |   |
| Amphiplecta callistoma         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Arachnocorys umbellifera       |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Callimira carolthae            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Callimira cf. elzabehae        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Ceraboytes sinuata             | 4   | 5   | 1   | 5   | 1   | 2   | 2   | 4   | 5   | 4   | 4   | 5   | 2   | 4   | 2   | 2   | 1   | 5   | 5   | 10  | 3   | 4   | 3   | 3   | 6   | 4   | 2   | 2   | 3   | 1   |     |   |   |
| Cliathromita pentactantha      | 1   | 1   |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 2   | 2   |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |   |   |
| Dimlessa thoracites            |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   | 1   |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Enneaphormis retusa            | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Euceryphalus cervus            | 1   | 1   |     |     |     | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |   |   |
| Euceryphalus gegenbauri        | 1   | 1   | 3   | 1   | 1   |     | 3   | 1   | 1   | 2   | 2   | 4   | 4   | 3   | 4   | 1   | 3   | 1   | 2   | 3   | 4   | 1   | 1   | 3   | 1   | 1   | 2   | 1   | 1   |     |     |   |   |
| Euceryphalus lentidiscus       | 1   | 2   | 2   | 4   | 3   | 3   | 3   | 3   | 1   | 1   | 3   | 4   | 2   | 8   |     |     | 2   | 2   | 4   | 6   | 5   | 1   | 4   | 5   | 3   | 4   | 4   | 3   | 1   |     |     |   |   |
| Euceryphalus sp. A             | 1   | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Lampromitra coronata           | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   |     | 1   |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     | 1   | 1   | 1   | 3   |     | 1   | 3   | 1   |     |     |     |   |   |
| Lampromitra cracentia          | 2   | 1   | 2   | 2   | 2   |     | 2   |     |     | 2   |     | 3   |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |     |     | 1   |     |     |     |     |   |   |
| Lophophora hispida             |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   | 1   |     | 2   | 1   |     | 1   | 1   | 1   | 1   |     |     | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Lophophanomena wilgazi         |     |     | 2   | 1   |     | 1   | 2   |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   | 1   | 1   | 1   |     | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Pseudocubus octostylus         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Pseudocubus sp.                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Sethophium (?) sp. B           | 4   | 6   | 1   | 1   | 1   | 2   | 4   |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 2   | 1   | 3   | 2   | 1   | 3   | 2   | 1   | 2   | 1   | 1   |     |     |   |   |
| Verticillata hexactantha       |     | 3   | 2   | 1   | 1   | 2   | 4   |     |     | 2   |     | 1   | 3   | 1   | 1   | 1   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 1   | 5   |     | 1   |   |   |
| Pterocorys herlitzgi           |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Dicyophimus infabricatus       | 2   | 2   | 3   | 1   | 5   | 1   | 3   | 3   | 1   | 3   | 1   | 2   | 3   | 4   | 1   | 3   | 1   | 2   | 6   | 3   | 4   | 2   | 1   | 1   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 2   |     |   |   |
| Dicyophimus phyllocephalus     |     | 1   | 2   | 2   |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   | 2   | 1   | 2   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Lithalchnium eupilium          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     |   | 1 |
| Lithalchnium tentorium         |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     | 2   | 2   | 3   | 1   |     |     |     |     |     | 2   |     |     |     | 1   | 1   | 3   | 3   | 4   | 2   | 2 |   |
| Pseudodicyophimus gracilipes   | 2   | 5   | 2   | 2   |     | 3   | 2   |     |     |     |     | 1   | 2   | 3   | 1   |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 8   | 2   | 4   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   |     |     |   |   |
| Tholopsis scaphops             | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Acrosphaera arkotis            |     |     | 1   | 2   |     |     | 1   |     |     |     |     |     | 1   | 1   | 1   |     | 1   |     |     |     | 1   |     |     |     | 2   |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Acrosphaera sp. B Pacific type |     | 1   |     |     | 1   | 1   |     |     |     | 1   | 1   | 1   | 1   |     | 1   | 1   | 2   | 2   | 1   |     | 1   | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Actinomma cf. capitaceum       | 2   | 10  | 2   | 5   | 2   |     | 1   | 1   | 2   | 7   | 4   | 2   | 2   | 4   |     | 5   | 3   | 5   | 4   | 4   | 4   | 1   | 4   | 3   | 5   | 2   | 3   | 1   | 8   | 2   |     |   |   |
| Actinomma (?) sp.              |     | 3   |     | 3   | 1   |     | 3   | 1   | 1   | 2   |     |     |     |     |     | 2   | 1   | 2   | 3   | 2   | 1   |     | 1   | 1   | 3   |     |     |     |     |     |     |   |   |
| Cenosphera cristata            |     | 1   | 2   | 1   | 3   | 6   | 2   | 1   |     | 3   | 2   |     |     |     | 1   | 3   | 1   | 2   |     | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 1   | 3   | 2   | 4   | 3   |   |   |
| Cladococcus abietinus          |     | 1   | 1   |     | 1   | 5   | 2   |     |     | 5   | 1   | 1   | 1   |     | 2   | 1   | 8   | 2   | 1   | 2   | 1   | 2   | 1   | 2   | 2   | 1   | 2   | 1   | 2   | 1   |     |   |   |
| Cladococcus pinetum            | 4   | 10  | 3   | 4   | 3   | 5   | 2   | 1   | 6   | 5   | 4   | 4   | 7   | 4   | 4   | 2   | 7   | 2   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |   |

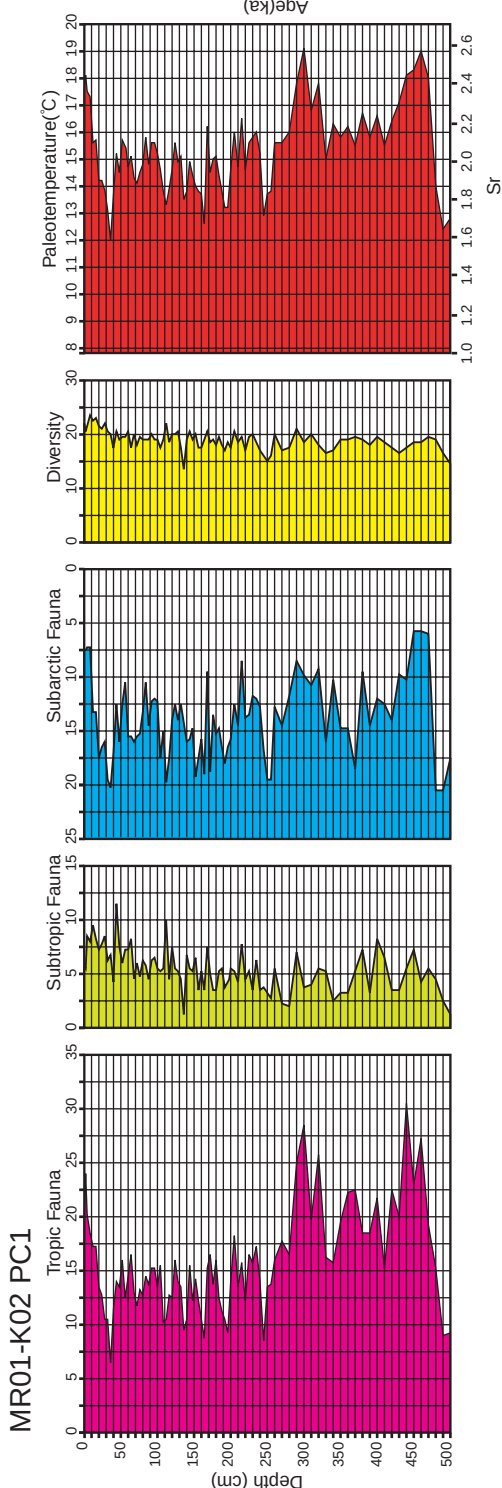


図3 MR01-K02 PC1における指標種、多様度、Sr (古水温)  
Fig. 3 The changes of index species, species diversity, Sr. ratio at the PC1 (MR01-K02)

## 6. 最終氷期の古水温

放散虫の示す古水温は、Srと観測で得られた50～200mの年間平均水温との相関関係から求められているが、同様の変換関数を各水深の月別データと相関関係を調べることで作成できる。そこで観測値、コアトップおよび最終氷期のピークの水温変化を比較して見た(表3, 図4)。

放散虫指数Srから求められる古水温は、水深別の黒潮域から親潮にかけての水溫減率にしたがって復元されている。本邦周辺海域では、北方になるほど表層水温の年較差が増大する傾向にあるので、最終氷期の古水温として復元される水温は、見かけ上水深が浅いほど夏季の水溫低下は少なく、水深が深くなるほど水溫低下をおこしているように見える。水塊の区分は元々Srで定義されているが、ここで復元される水深50m, 100mの寒冷な水も、黒潮、混合水塊、親潮といった水塊の違いを反映している。したがって氷期における寒冷化という意味合いで表層水を捉える場合、暖かな夏季の水溫に着眼するよりも冷たい冬季の水溫を重視しなければならない。なお、水深0mの表層水は大気との熱交換を伴うので、風系を含めたローカルな季節・気候についての検討に有効となるものと見られる。

表3および図4に見られるように海洋環境図から求められた観測値とパイロットコア試料0cmから求めた古水温は、水深の月別データと極めて良い一致をする。表3より観測値の年間平均からパイロットコア0cmより見積もられた年間平均との差(年間平均誤差)を比較すると、水深0mで0.03℃、水深50mで0.31℃、水深100mで0.28℃となっている。また、観測値から求められた各水深での最高値と最低値の差、つまり年較差は、水深0mで9.5℃、水深50mで6.5℃、水深100mで3.0℃となる。一方、パイロットコア試料から換算された年較差との誤差はそれぞれ0.3℃、0.2℃、0.3℃となり、年間変動の大きい各水深の誤差としてはその値が極めて小さいことになる。上記のことを踏まえて水深別に最終氷期の年平均水温を見てみると、水深0mでは4.2℃、水深50mでは5.3℃、水深100mでは5.7℃の温度低下があった。また水深0mにおける最終氷期の年較差は12.8℃に達し、パイロットコアより求められた水深0mの年較差との差が、3.0℃広がったことになる。なお、パイロットコア試料0cmと比較すると、最高水温が2.7℃の低下、最低水温が5.7℃の低下となり、現在とさほど変わらない暖かな夏と冷たい冬があったことになる。最終氷期の水深50mでの年較差は7.0℃で、表層堆積物から求められた値より0.7℃しか拡大しないが、最高水温は4.9℃、最低水温は5.6℃低下し、明らかに北方の冷たい水塊に変わったことを示している。水深100mでの年較差は3.7℃で、表層堆積物の値よりも0.4℃しか拡大しないが、最高水温が5.4℃、最低水温が5.8℃とそれぞれ低下するため、水深50mと同様、明らかに北方の冷たい水塊に置き換わったこととなる。

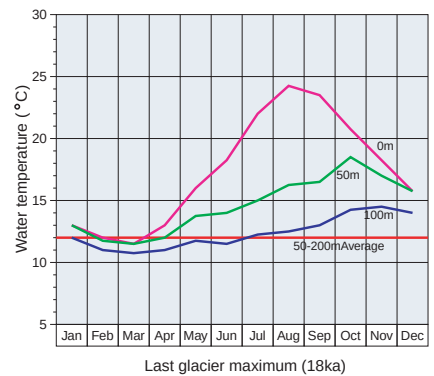
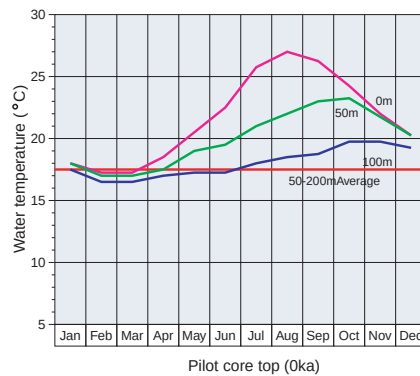
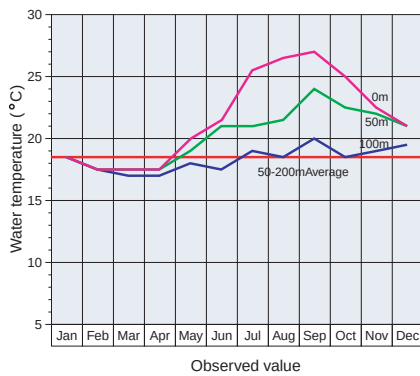
表3 観測された水温と回帰式によって求められた完新世0kaと最終氷期18kaの水温比較

Table 3 Comparison with the observation temperature, core top value and the peak value of the LGM

MR01-K02 PC1

|         | Observed value | Holocene pilot 0cm | Residual pl 0cm-Ob | LGM 36cm | Residual 18-0ka |         | Observed value | Holocene pilot 0cm | Residual pl 0cm-Ob | LGM 36cm | Residual 18-0ka |          | Observed value | Holocene pilot 0cm | Residual pl 0cm-Ob | LGM 36cm | Residual 18-0ka |
|---------|----------------|--------------------|--------------------|----------|-----------------|---------|----------------|--------------------|--------------------|----------|-----------------|----------|----------------|--------------------|--------------------|----------|-----------------|
| Jan 0m  | 18.5℃          | 18.1℃              | -0.4℃              | 12.9℃    | -5.2℃           | Jan 50m | 18.5℃          | 18.1℃              | -0.4℃              | 12.9℃    | -5.2℃           | Jan 100m | 18.5℃          | 17.6℃              | -0.9℃              | 11.9℃    | -5.7℃           |
| Feb 0m  | 17.5℃          | 17.3℃              | -0.2℃              | 12.1℃    | -5.2℃           | Feb 50m | 17.5℃          | 17.1℃              | -0.4℃              | 11.7℃    | -5.4℃           | Feb 100m | 17.5℃          | 16.6℃              | -0.9℃              | 10.9℃    | -5.7℃           |
| Mar 0m  | 17.5℃          | 17.2℃              | -0.3℃              | 11.5℃    | -5.7℃           | Mar 50m | 17.5℃          | 17.0℃              | -0.5℃              | 11.4℃    | -5.6℃           | Mar 100m | 17.0℃          | 16.5℃              | -0.5℃              | 10.7℃    | -5.8℃           |
| Apr 0m  | 17.5℃          | 18.5℃              | +1.0℃              | 13.0℃    | -5.5℃           | Apr 50m | 17.5℃          | 17.5℃              | 0.0℃               | 11.9℃    | -5.6℃           | Apr 100m | 17.0℃          | 16.9℃              | -0.1℃              | 11.1℃    | -5.8℃           |
| May 0m  | 20.0℃          | 20.4℃              | +0.4℃              | 15.9℃    | -4.5℃           | May 50m | 19.0℃          | 19.0℃              | +0.0℃              | 13.7℃    | -5.3℃           | May 100m | 18.0℃          | 17.3℃              | -0.7℃              | 11.7℃    | -5.6℃           |
| Jun 0m  | 21.5℃          | 22.6℃              | +1.1℃              | 18.3℃    | -4.3℃           | Jun 50m | 21.0℃          | 19.4℃              | -1.6℃              | 14.0℃    | -5.4℃           | Jun 100m | 17.5℃          | 17.2℃              | -0.3℃              | 11.4℃    | -5.8℃           |
| Jul 0m  | 25.5℃          | 25.7℃              | +0.2℃              | 22.1℃    | -3.6℃           | Jul 50m | 21.0℃          | 20.9℃              | -0.1℃              | 15.1℃    | -5.8℃           | Jul 100m | 19.0℃          | 17.9℃              | -1.1℃              | 12.2℃    | -5.7℃           |
| Aug 0m  | 26.5℃          | 27.0℃              | +0.5℃              | 24.3℃    | -2.7℃           | Aug 50m | 21.5℃          | 22.1℃              | +0.6℃              | 16.2℃    | -5.9℃           | Aug 100m | 18.5℃          | 18.5℃              | 0.0℃               | 12.6℃    | -5.9℃           |
| Sep 0m  | 27.0℃          | 26.3℃              | -0.7℃              | 23.4℃    | -2.9℃           | Sep 50m | 24.0℃          | 22.9℃              | -1.1℃              | 16.6℃    | -6.3℃           | Sep 100m | 20.0℃          | 18.8℃              | -1.2℃              | 12.9℃    | -5.9℃           |
| Oct 0m  | 25.0℃          | 24.3℃              | -0.7℃              | 20.7℃    | -3.6℃           | Oct 50m | 22.5℃          | 23.3℃              | +0.8℃              | 18.4℃    | -4.9℃           | Oct 100m | 18.0℃          | 19.8℃              | +1.8℃              | 14.3℃    | -5.5℃           |
| Nov 0m  | 22.5℃          | 22.1℃              | -0.4℃              | 18.2℃    | -3.9℃           | Nov 50m | 22.0℃          | 21.8℃              | -0.2℃              | 17.1℃    | -4.7℃           | Nov 100m | 19.0℃          | 19.7℃              | +0.7℃              | 14.4℃    | -5.3℃           |
| Dec 0m  | 21.0℃          | 20.2℃              | -0.8℃              | 15.8℃    | -4.4℃           | Dec 50m | 21.0℃          | 20.2℃              | -0.8℃              | 15.7℃    | -4.5℃           | Dec 100m | 19.5℃          | 19.3℃              | -0.2℃              | 14.0℃    | -5.3℃           |
| Average | 21.67℃         | 21.64℃             | -0.03℃             | 17.35℃   | -4.20℃          | Average | 20.25℃         | 19.94℃             | -0.31℃             | 14.56℃   | -5.30℃          | Average  | 18.3℃          | 18.01℃             | -0.28℃             | 12.34℃   | -5.70℃          |
| Maximum | 27.00℃         | 27.00℃             | 0.00℃              | 24.30℃   | -2.70℃          | Maximum | 24.00℃         | 23.30℃             | -0.70℃             | 18.40℃   | -4.90℃          | Maximum  | 20.0℃          | 19.80℃             | -0.20℃             | 14.40℃   | -5.40℃          |
| Minimum | 17.50℃         | 17.20℃             | -0.30℃             | 11.50℃   | -5.70℃          | Minimum | 17.50℃         | 17.00℃             | -0.50℃             | 11.40℃   | -5.60℃          | Minimum  | 17.0℃          | 16.50℃             | -0.50℃             | 10.70℃   | -5.80℃          |
| Max-Min | 9.50℃          | 9.80℃              | 0.30℃              | 12.80℃   | 3.00℃           | Max-Min | 6.50℃          | 6.30℃              | -0.20℃             | 7.00℃    | 0.70℃           | Max-Min  | 3.0℃           | 0.30℃              | 0.30℃              | 3.70℃    | 0.40℃           |

MR01-K02 PC1



MR00-K05 PC1

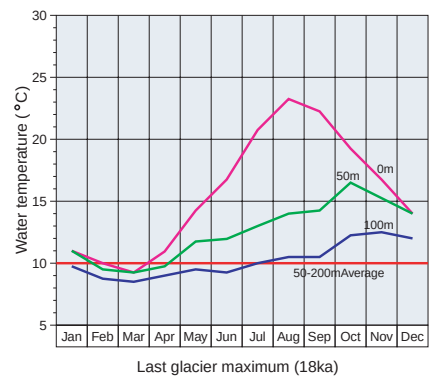
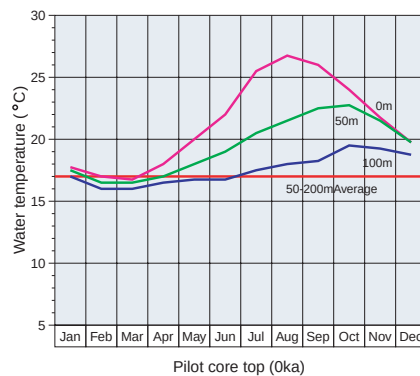
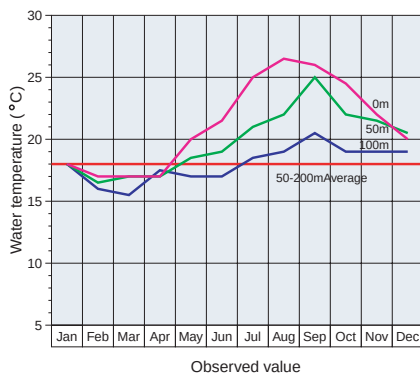


図4 観測された水温と回帰式によって求められた完新世0kaと最終氷期18kaの水温

Fig. 4 The annual water temperature by each depth of 0ka and 18ka looked for due to the Recurrence-type

## 7. 最終氷期の黒潮

現在の海況では、黒潮の勢力は親潮に比べ圧倒的に強く、氷期において親潮の南下に伴い黒潮が南へ押し下げられるほどのことは予測しがたい。ここ数十年間の観測では、黒潮の大蛇行(A型)と直進時(N型)の流路は、どちらも伊豆海嶺の北の三宅島付近を流れ、C型やD型といった弱い蛇行の時に、八丈島の南まで離岸することが報告されている(川辺, 1994)。しかし、海洋情報研究センターのホームページより、1975年から2000年の26年間の海洋速報をもとに作成された黒潮のGIF画像を調べてみると、八丈島の南を流れる年が22年あり、青ヶ島の南を流れる年が少なくとも15年はある。もともと黒潮の大蛇行は安定した流路の1つであるが、現在までの古環境解析の結果から最終氷期極大期には北緯33°より南を流れていたことになるので、この時期、伊豆海嶺の南、特に青ヶ島の南を東進していた可能性が高い。なぜ、黒潮が北上せず離岸してしまったのかという点については明言ができないが、最終氷期の水面低下に伴い伊豆海嶺がより障害になったこと、偏西風などの風系が変化したこと等が考えられる。いずれにせよ、北緯30°付近での黒潮の東進に伴い、勢いの弱い親潮を南方へと引き込みやすくしていたと考えるのが賢明であろう。

## 8. 結論および考察

本海域において、最終氷期極大期には北方の混合水が南下し、5.6℃の水温低下が認められた。過去に解析が実施された北緯34~36°線のコアでは、最終氷期極大期には北方の寒冷な水塊が約5°南下したことを示しているのに対し、本海域では約3°程度の水塊の南下に留まっている。従って、黒潮は東経146°付近では北緯30~31°付近を東進していたものと見られる。

今後、北緯30°以南で調査を行うことで、最終氷期における黒潮の流路が確定されるものと考えられる。

## 参考文献

- 1) 海洋資料センター編(1978): 海洋環境図外洋編 - 北西太平洋 -。日本水路協会発行
- 2) 海洋情報研究センターホームページ:  
<http://www.mirc.jha.or.jp/fushigi/kuroshio/>
- 3) 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.
- 4) 川辺正樹(1994): 黒潮. 月刊海洋号外, 6, p.135-139.
- 5) Kruglikova, S.B., 1976. Radiolarians in the upper Pleistocene sediments of the boreal and northern subtropical zones of the Pacific Ocean. *Oceanology*, 16: 113-117.
- 6) Kruglikova, S.B., 1977. Peculiarities of the distribution of radiolarians in the sediments of the boreal and subtropical zones of the Pacific Ocean in the Pleistocene. *Oceanology*, 17: 1055-1062.
- 7) Johnson, D.A. and Knoll, A.H., 1975. Absolute ages of Quaternary radiolarian datum levels in the Equatorial Pacific. *Quaternary Research*, 5: 99-110.
- 8) Martinson, D. G., Pisias, N. G., Hays, J. D., Imbrie, J., Moore, T. C. Jr. and Shackleton, N. J. (1987): Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy. *Quaternary Research*, 27, 1-29.
- 9) Morley, J.J., Hays, J.D. and Robertson, J.H., 1982. Stratigraphic framework for the late Pleistocene in the northwest Pacific Ocean. *Deep-Sea Research*, 29: 1485-1499.
- 10) Nigrini, C., 1971. Radiolarian zones in the Quaternary of the equatorial Pacific Ocean. In: *The Micropaleontology of Oceans*, ed. B. M. Funnell & W. R. Riedel, pp.443-61, Cambridge University Press, Cambridge.
- 11) 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.

(原稿受理: 2002年7月29日)