

MR00-K05次航海で得られた海底コアの概要

山本 浩文^{*1} 金松 敏也^{*2}

最終氷期から現在までの、親潮系冷水の挙動と黒潮系暖水およびその混合水塊の動態を理解するために、三陸沖から房総沖の陸側大陸斜面上で2本のコアを採取した。船上で、各堆積物の肉眼、軟X線透過観察による記載と色差変化測定や帯磁率測定を行った。これらの2本のコアは、主にsilty clayの堆積物からなり、砂層や火山灰層が介在する。各解析結果から、これらの2本のコアは古環境解析に適した柱状試料であることが明かになった。

キーワード：黒潮続流域、ピストンコアラー、堆積学、色差変化測定、帯磁率測定

Lithology of piston cores recovered from the northwestern Pacific Ocean on R/V Mirai cruise [MR00-K05]

Hirofumi YAMAMOTO^{*3} Toshiya KANAMATSU^{*4}

Two piston cores were taken from the depth of 6000m area off the east coast of Honshu during MR00-K05 cruise. Our aim is to reconstruct the two distinctive surface currents system which are the north-flowing Kuroshio and the south-flowing Oyashio around Japan from last glacial to present. The lithology of two piston cores is described based on visual and x-radiograph observations, digital color and magnetic susceptibility respectively. All cores are composed mainly alternations of silty clay and laminated or bioturbated, fine-grained sand layers with intercalated volcanic ash layers. Based on these descriptions, it is suggested that the PC-1 and PC-2 cores are suitable for paleoceanographic studies.

Keywords : Kuroshio extension Piston core, Lithology, Digital color, Magnetic susceptibility

* 1 海洋観測研究部

* 2 深海研究部

* 3 Ocean Observation and Research Department

* 4 Deep Sea Research Department

1. はじめに

日本東岸の北西太平洋では、北上する黒潮系暖水と南下する親潮系冷水が流れている。これらの海流は三陸沖で会合し、その後、黒潮続流として東進し、北太平洋の亜熱帯循環系に大きな影響をおよぼしている。混合水塊が形成されている三陸沖の水深6000m海域における海洋環境変遷について詳しく研究された例はほとんどなく、採取された場所もわずかである。そのため、最終氷期最寒期(LGM)における親潮系冷水塊の挙動やそれにもなう海洋環境変遷に関して詳しく解明されていないのが現状である。そこで、数百年～数千年の時間スケールで、過去の親潮系冷水や黒潮系暖水の挙動、さらに、それらの混合水塊の動態を詳細に復元することを目的として、三陸沖の日本海溝東側の海域で採泥を行っている。

2. 採泥点

日本海溝東側平坦面の北緯34度30分東経147度30分・水深5,907m(PC-01)(図1A),北緯40度00分東経146度00分・水深5,177m(PC-02)(図2A)の2地点で採泥を行った。各採泥点は、シービームやサブボトムプロファイラーを使って海底地形および海底表層の堆積状況を調査した後、その場所を選定した。

(PC-01)

シービーム、サブボトムプロファイラーによる海底地形調査は、採泥予定位置を含め直線で20マイルを連続観測した。採泥点付近は6,000m前後の深海平原であった。時々小さな円錐形の海山が存在した。PC-01付近では、採泥地点の西側では東に緩やかに傾斜しており、南に行くほど海底が深くなっていることが観測された(図1A)。採泥地点はほぼ平坦で、サブボトムプロファイラーのデータを分析すると、調査海域付近は75mの層厚であった(図1B)。

(PC-02)

緯度方向に採泥地点を横切るように直線20マイルの海底地形調査を行った。海底の状況はなめらかで(図2A),サブボトムプロファイラーの記録から、明らかな音響未到達層を確認した(図2B)。

3. 採泥システム

使用したピストンコアラーは、PC-01、PC-02で中口径20mコアラー(内径80mm、パイプ長5 m×4本、重さ1.5トン)を用いた。トリガーコアラーとして、両地点ともアシュラコアラー〔ミニマルチプルコアラー〕を使用し、堆積物表層(約30cm)を乱すことなく採取した(表1)。

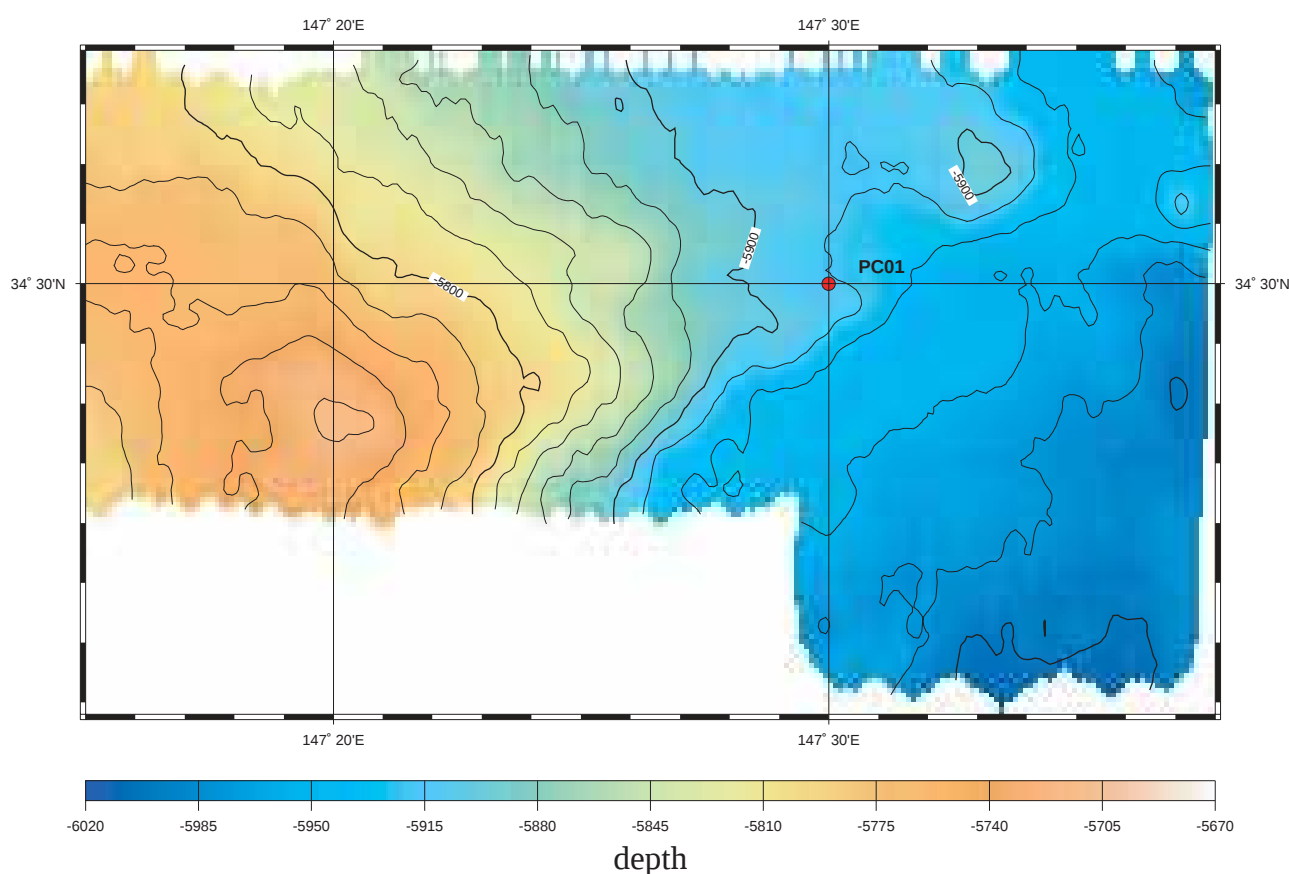


図1A PC-01の採泥地点の海底地形

Fig. 1A Topographic map in the adjacent are of PC-01 coring site.

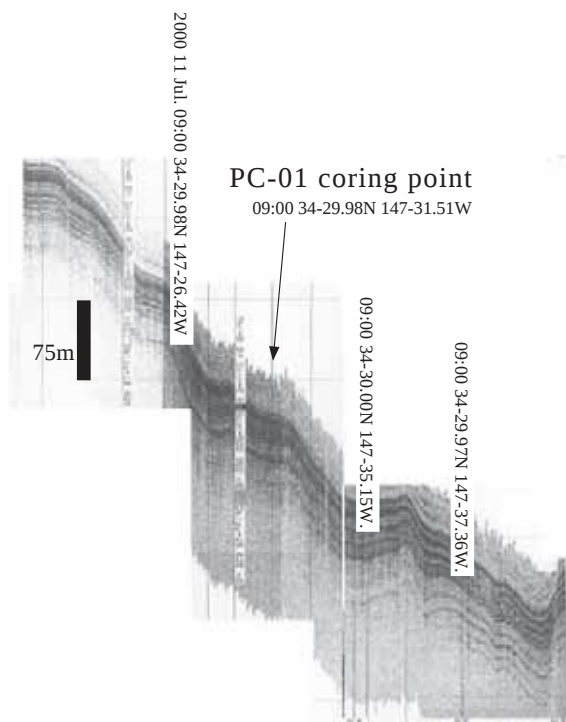


図1B PC-01の採泥地点付近のサブボトムプロファイラー記録図
Fig. 1B Subbottom profiling record across the PC-01 coring site.

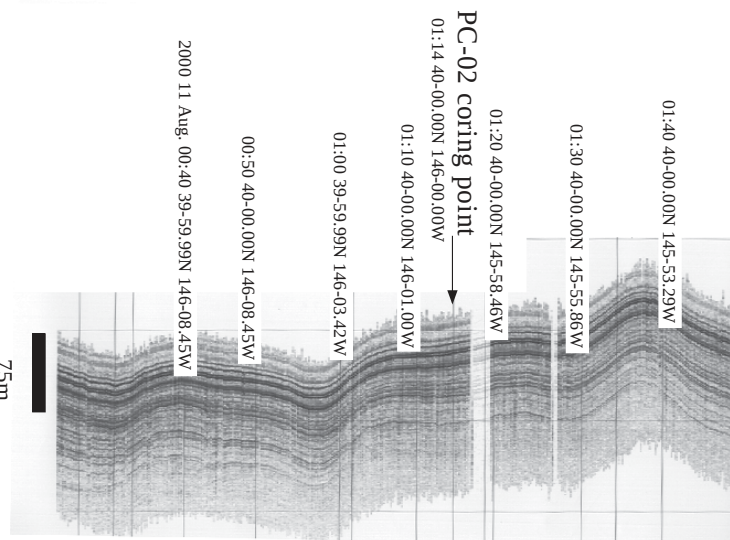


図2B PC-02の採泥地点付近のサブボトムプロファイラー記録図
Fig. 2B Subbottom profiling record across the PC-02 coring site.

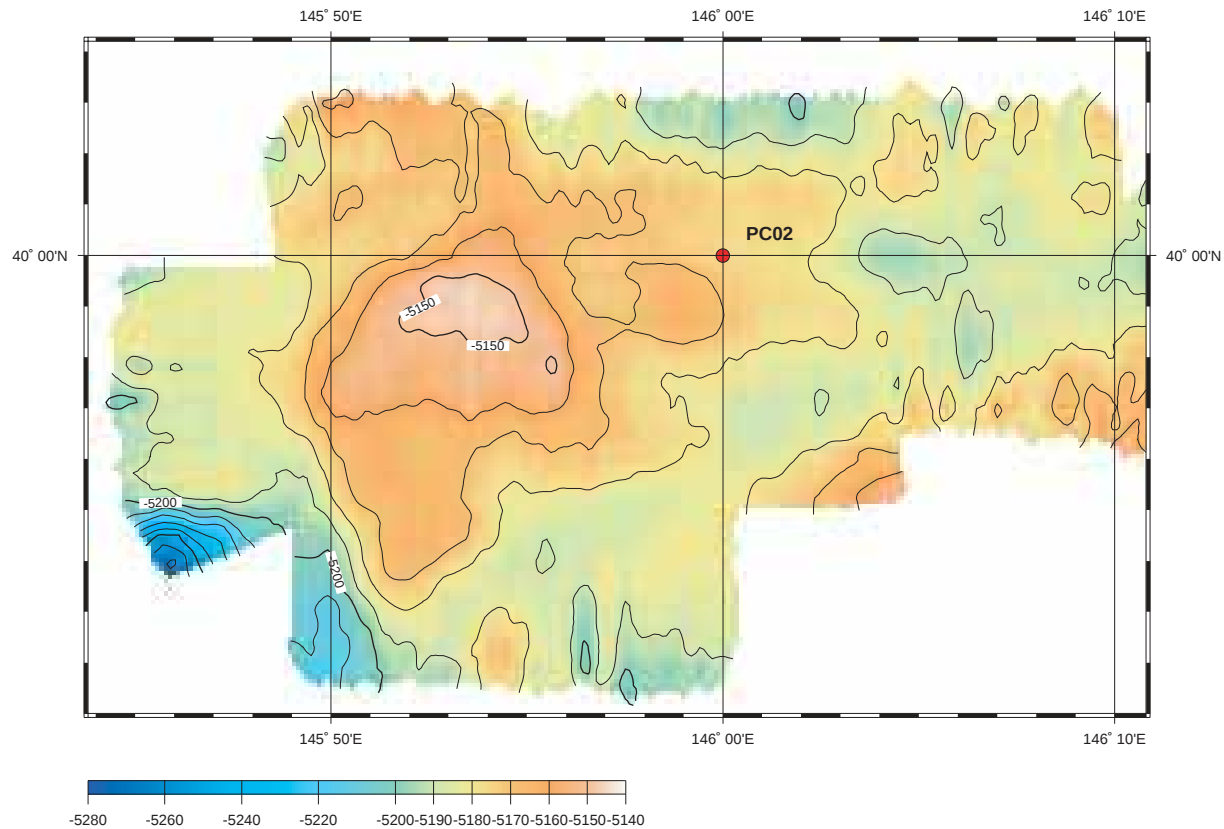


図2A PC-02の採泥地点の海底地形
Fig. 2A Topographic map in the adjacent are of PC-02 coring site.

表1 PL-01 ,PC-01とPL-02 ,PC-02のコア試料
Table 1 Sample information for each Section

Site PC-01 Location(30-30.0018N,147-30.0165E,water depth 5911m)

PC-01

section	length cm	top of section	end of section	sub-sample
1	29.5	0	29.5	Kx4,C,PL,SXC
2	101	29.5	130.5	Kx4,C,PL,SXC
3	101.5	130.5	232	Kx4,C,PL,SXC
4	100.5	232	332.5	Kx4,C,PL,SXC
5	99.5	332.5	432	Kx4,C,PL,SXC
6	101	432	533	Kx4,C,PL,SXC
7	102	533	635	Kx4,C,PL,SXC
8	100	635	735	Kx4,C,PL,SXC
9	101.5	735	836.5	Kx4,C,PL,SXC
10	99	836.5	935.5	Kx4,C,PL,SXC
11	102.5	935.5	1038	Kx4,C,PL,SXC
12	98.5	1038	1136.5	Kx4,C,PL,SXC
13	98.5	1136.5	1235	Kx4,C,PL,SXC
14	96.5	1235	1331.5	Kx4,C,PL,SXC
15	100	1331.5	1431.5	Kx4,C,PL,SXC
16	102	1431.5	1533.5	Kx4,C,PL,SXC
17	100.5	1533.5	1634	Kx4,C,PL,SXC
18	102	1634	1736	SXC
19	100.5	1736	1836.5	SXC
20	97.5	1836.5	1934	SXC
cc	19.5	1934	1953.5	SXC

PL-01

HAND	length cm	sub-sample
1	31	Kx4,C,PL,SXC
2	35	
3	32	

K:Kabuse
C:Plastic cube
PL:Plastic Bag
SXC:Soft-X casing

See Fig.3 for sampling procedure

Site PC-02 Location(39-59.9922N,145-59.9983E,water depth 5177m)

PC-02

section	length cm	top of section	end of section	sub-sample
1	86	0	86	Kx4,C,PL,SXC
2	103	86	189	Kx4,C,PL,SXC
3	103.5	189	292.5	Kx4,C,PL,SXC
4	98	292.5	390.5	Kx4,C,PL,SXC
5	99.5	390.5	490	Kx4,C,PL,SXC
6	97.5	490	587.5	Kx4,C,PL,SXC
7	99.5	587.5	687	Kx4,C,PL,SXC
8	100	687	787	Kx4,C,PL,SXC
9	97	787	884	Kx4,C,PL,SXC
10	98.5	884	982.5	Kx4,C,PL,SXC
11	101	982.5	1083.5	Kx4,C,PL,SXC
12	101.5	1083.5	1185	Kx4,C,PL,SXC
13	101.5	1185	1286.5	Kx4,C,PL,SXC
14	101.5	1286.5	1388	Kx4,C,PL,SXC
15	102	1388	1490	Kx4,C,PL,SXC
16	101.5	1490	1591.5	Kx4,C,PL,SXC
17	101	1591.5	1692.5	Kx4,C,PL,SXC
18	100.5	1692.5	1793	SXC
19	100	1793	1893	SXC
20	95	1893	1988	SXC
cc	21	1988	2009	SXC

PL-02

HAND	length cm	sub-sample
1	30.7	Kx4,C,PL,SXC
2	30.4	
3	30.3	

K:Kabuse
C:Plastic cube
PL:Plastic Bag
SXC:Soft-X casing

See Fig.3 for sampling procedure

4. 船上における堆積物の解析

採取した堆積物は、船上で採泥管を1mごとに切断した後、1mの採泥管から押し出しを行い、その後、半割した。直ちに色測定を行ない、堆積物全体の肉眼観察と軟X線透過観察による記載、帯磁率測定を行った。その後、各コア試料について、今後の分析用としてサンプリングを行った（図3）。

5. 岩層記載

採泥した作業用の各コアの岩層記載、色の特徴を述べる。また、特徴のある部分ではスミアスライドを作成した。概略の記載はPL-01とPC-01は図4Aに、PL-02とPC-02は図5に示す。

（PL-01）

PC-01でマルチプルコアラー（アシュラコアラー）による3本の試料を採取した。おのおののコアは、ほとんど同じ長さのコア（31, 32, 35cm）で、表層堆積物の鉛直混合がみられた。得られたコアは褐色で斑点の状態であった。ほとんどは珪酸の殻を持つ放散虫、珪藻の殻やその骨片で構成されている。コアの最下部1cmでははっきりとした色の変化が認められる。この最下部の堆積物はアシュラシステムの底部の蓋が閉まる時に、表層の堆積物を引き寄せてきたものと考えられる。

（PC-01）

PC-01では15.319mの無擾乱コアを採泥した。15.319m（Sec.17の8.5cm）の下部は、ピストンによって吸い込まれたとみら

れるフローイン構造（コアの鉛直方向に平行な筋）が存在した。

この試料は薄い褐色を示し、すべてのセクションで斑点の分布があった。ときおり薄いラミナ構造がみられた。数センチ幅のシルト質の火山灰層は頻繁に層中に含まれ、18の水平な火山灰層が存在する（図4A）。ほとんどの火山灰層は、細粒ガラス質の粒を含んでおり（very fine sand to silt）、いくつかの火山灰層は、単色層ではなく様々な色を呈していた。たとえば、Sec.15の24～55cmでは、はっきりとした4色の層の境界が存在しており、そのいくつかの火山灰層は、パッチ状もしくはまだら状の構造であった。火山灰層は非常に多くの透明なガラスからなり、そのバブルは陶器の破片に似た状態のものやパイプ状の破片が一般的に認められた。斜長石や有色鉱物は優勢ではなかった。孤立した軽石の小石は、Sec.6より下部に認められた。最大径6cmのものはSec.12の26cmに存在した。また、わずかな軽石が火山灰層に存在していた。

（PL-01とPC-01コアの比較）

船上の物理的分析や目視観察により、パイロットコア（PL-01 HAND2）とピストンコアの最上部の比較が可能であった。深さ方向のMSTデータ、色分析データを図4Bに示す。PC-01のSec.1のコア最上部から15cmのMSTデータは、試料がスープ状でコアの状態が良くなかった。しかしながら、どちらの試料もMSTの変動パターンや色分析によるデータが非常に類似していた。これらのことから、PL-01とPC-01の試料を組み合わせると、PC-01では連続したコアであると見なす。

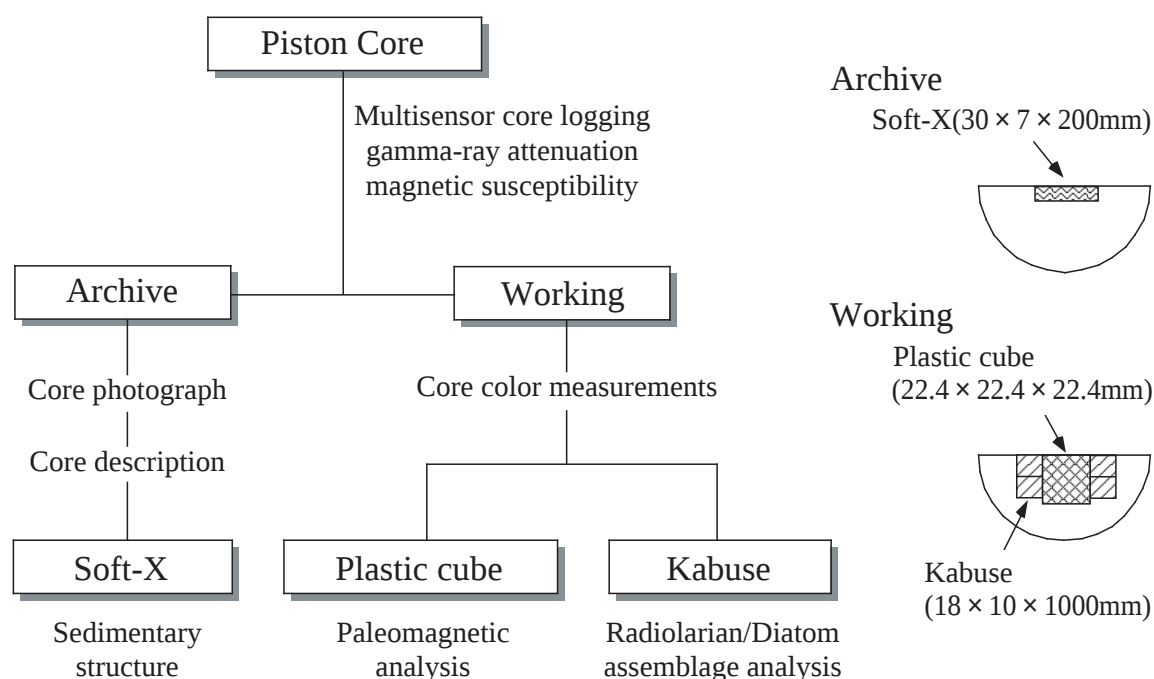


図3 コア試料の採取分割図

Fig. 3 Chart flow of core sample treatment.

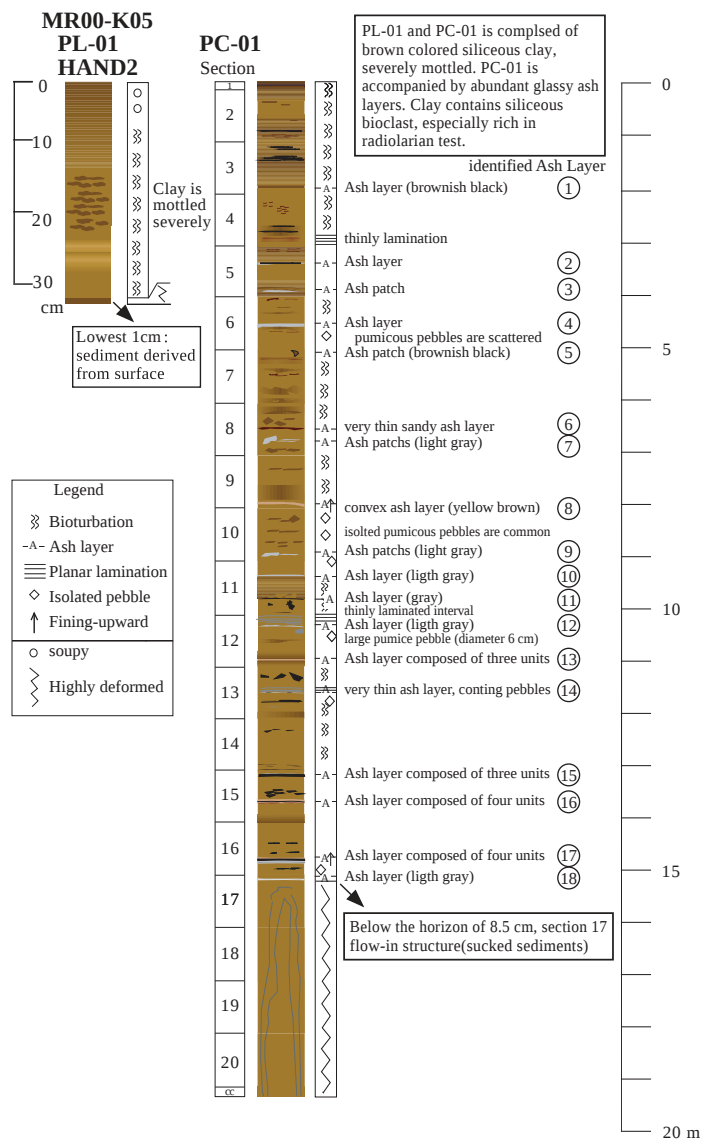


図4A PL-01とPC-01の岩層記載

Fig. 4A Summary of PL-01 and PC-01 lithology.

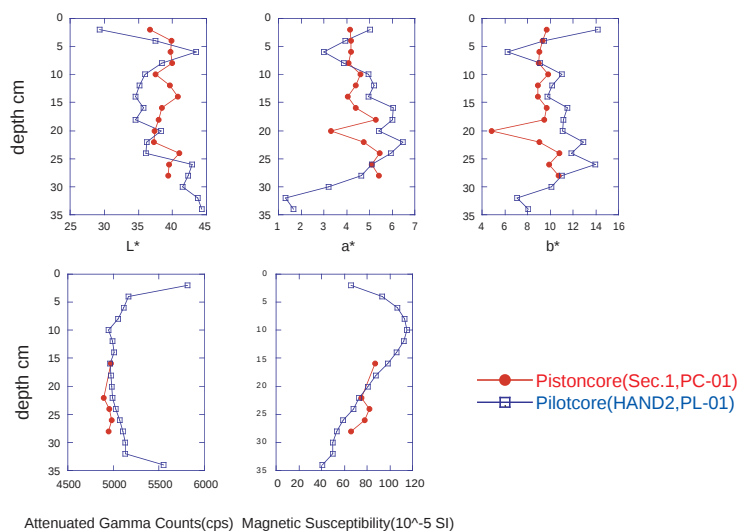


図4B パイロットコアラーとピストンコアラーの試料対比

Fig. 4B Physical property correlation between Pilot and Piston cores.

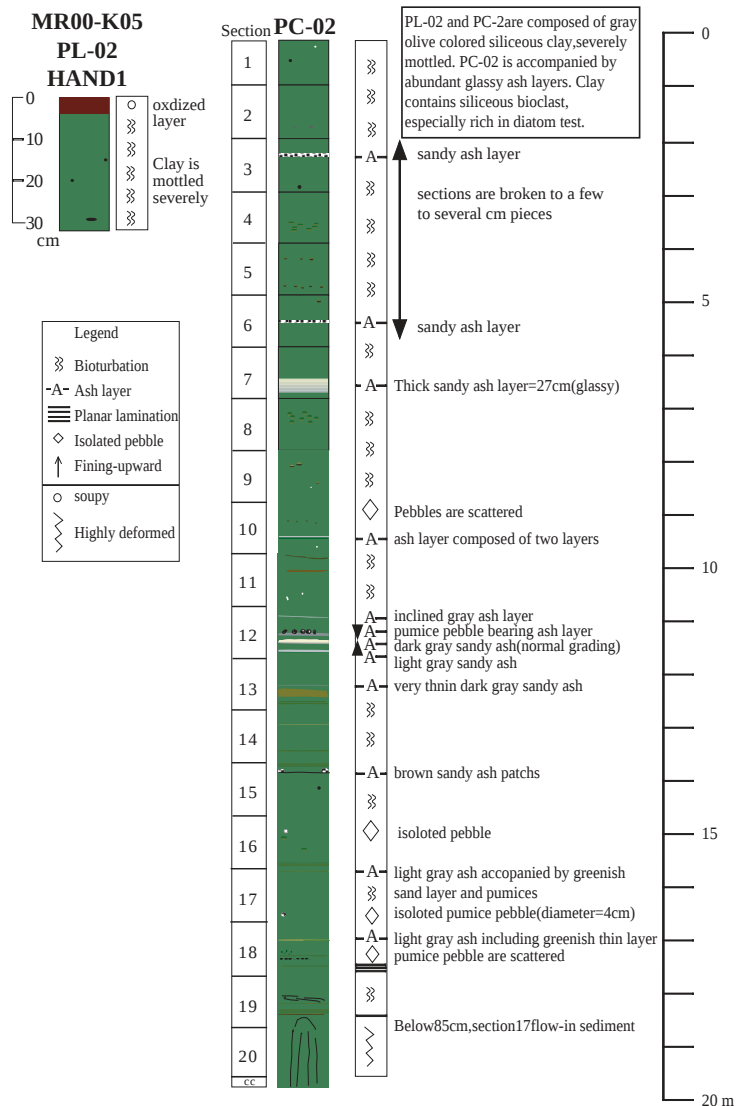


図5 PL-02 と PC-02の岩層記載

Fig. 5 Summary of PL-02 and PC-02 lithology.

(PL-02)

アシュラコアはコア最上部4cmに茶褐色の酸化した層が存在した。それは暗灰色のまだらのシルトであった。

(PC-02)

採泥管からコア試料を押し出し中に ,Sec.3,4,5で円柱形の堆積物の表面に泡が生じた。そのセクションは ,その泡の影響のために数センチの短片に割れた。それらのセクションでは ,砂質火山灰が短片の境界部分に存在し ,後述する地磁気の帯磁率は明らかに砂質火山灰の部分で明確なスパイクが生じた。酸化層はPL-02に認められたが ,その層はPC-02には存在しなかった。その堆積物はおもに暗褐色の粗い珪藻の殻を多く含んだシルトであった。まばらに緑色の斑点が存在した。黒と白のさや状のものはコアを通して普通にみられた。火山灰層は周期的に数センチの

厚さで層中に存在し ,10以上の層を確認した。Sec.7では 60 ,87cm間隔で存在し ,この火山灰のなかで厚い火山灰層はやや傾斜した構造がみられた。緑色の斑点部分は ,おそらく火山の噴火に伴う互層によるものと推定される。層序学的に独特な火山灰層はSec.12において50cmの部分で存在し ,火山灰層の上部で小石の軽石が確認された。Sec.19の85cmより下部のコア試料は ,フローインによる垂直構造が確認された。MSTの物理解析データも一定値を示していた。

6. マルチセンサーコアロガー(MSCL)

試料を分割するまえに ,GEOTEC社のマルチセンサーコアロガーを使用して ,すべてのコアについてガンマー線 (GRA)や帯磁率(MS)の計測を行った。MSCLはガンマ線 ,P波速度センサー(PWV) ,帯磁率センサーを装備している。

(PL-01とPC-01の結果)

コア試料の隙間と裂け目の偽データを取り除いたMSTデータを図6Aに示す。それらは体積帯磁率 ,ガンマ線密度や空隙率に変換される (図6B)。空隙率はガンマ線の数の減少から見積もられる。そのパターンはガンマ線密度のパターンとほぼ同じである。一般に帯磁率とガンマ線は反比例する。このように体積帯磁率とガンマ線密度は直接影響しあう。そのような高バルク密度を含むパターンは磁気を帯びた物質に関連づけられる。MSTのプロファイルはPL-01 (図6B)に示す。0 から 10 cm 間隔で ,帯磁率は下方に増大し ,10 cm から減少する。このパターンはガンマ線密度と色分析のL*値に類似している。特にコア最上部の帯磁率とガンマ線密度のプロファイルは ,水分によって強く影響する。すなわち ,低ガンマ線密度と低帯磁率は水分を多く含む堆積物に現れる。

PC-01のMSTプロファイルは明らかに擾乱のない堆積物とフローインの堆積物の境界を示している。15.319mの層準の下部では ,MSTデータの変化がみられなくなり ,なめらかなパターンになっている。この変化は ,フローイン堆積物の均等な物質が暗に示される。擾乱のないセクションにおいては ,帯磁率とガンマ密度の変動は層序学上の変化と一致する。帯磁率の突然の変化は明灰色の火山灰の出現を示

しており ,帯磁率の値が大きな時は ,暗色の火山灰や斑点状の堆積物を示している。その堆積物は ,孤立した小さな軽石を含んでいる。

(PL-02 と PC-02の結果)

PC-02においてガンマ線数の減少は層の下方に生じている (図7A,7B)。コア試料上部2mで多孔性が多くみられる。帯磁率の変動パターンは層序的に関連があり ,高い帯磁率は砂質の火山灰や軽石層に生じる。一方 ,ガラス質の火山灰は平均の帯磁率より低い帯磁率を示す。例えば ,Sec.7の60-87 cmの薄いガラス質の火山灰層の帯磁率は ,その帯磁率のパターンでは谷間に位置する。

7. 堆積物表面の色

色差測定については ,色彩色差計 (ミノルタ社製 , CM2002型) をもちいて ,反割試料の表面を透明なポリエチレン製のラップで覆い ,1~2cm間隔で計測を行った。測定結果は ,1976年に国際照明委員会が定めたL*a*b*表色系で表示した (図8)。各表色系は ,それぞれ明度 [α 黒) ~ 100 (白)] をL*値 ,色相と彩度を示す色度をa*[+(赤) ~ -(緑)] , b*[+(黄色) ~ -(青)] として表示する。

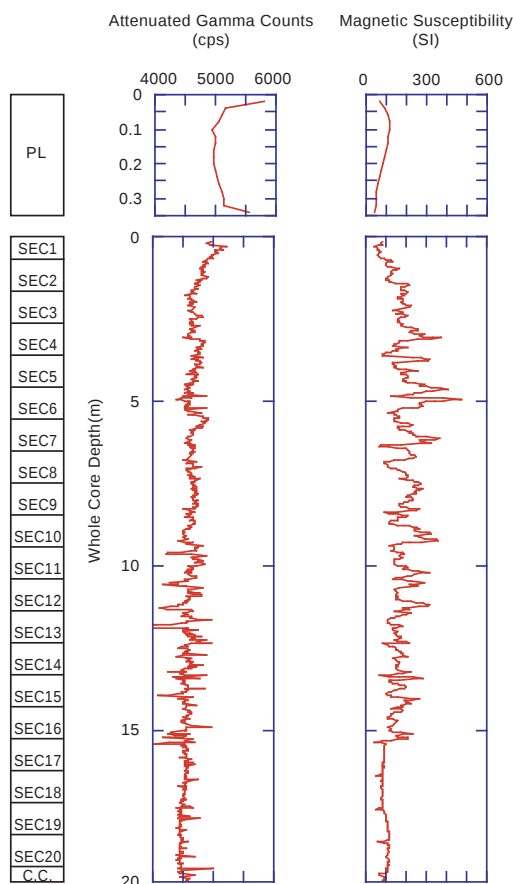


図6A PC-01とPL-01の物性解析

Fig. 6A MR00-05PC-01&PL-01 Physical Properties (RAW DATA)

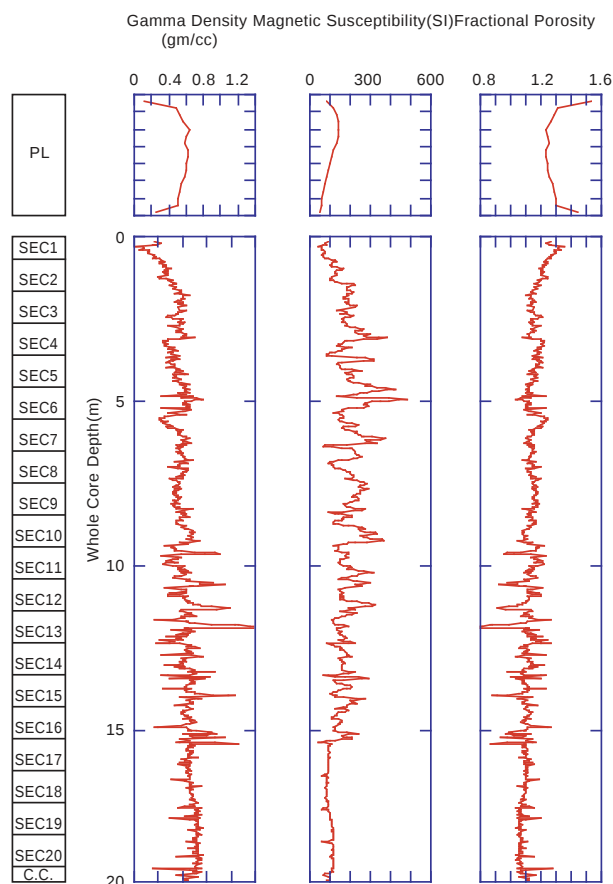


図6B PC-01とPL-01の物性解析

Fig. 6B MR00-05PC-01&PL-01 Physical Properties

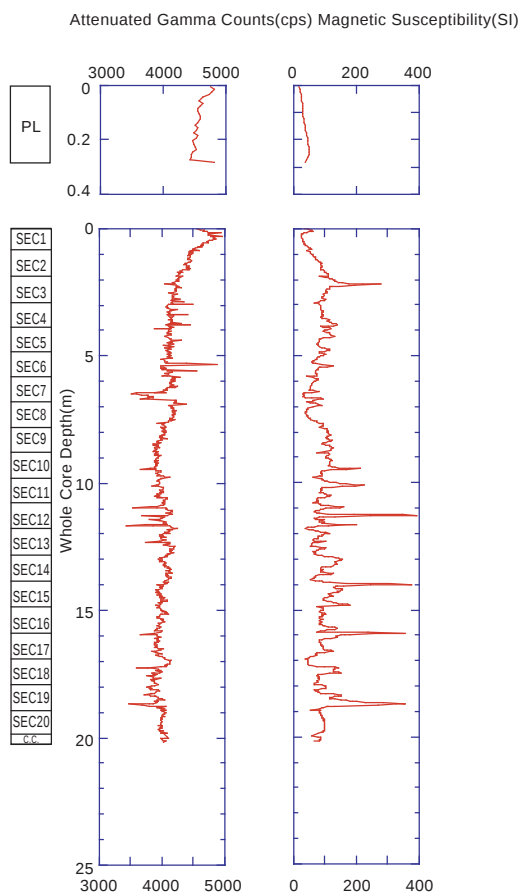


図7A PC-02とPL-02の物性解析

Fig. 7A MR00-05PC-02&PL-02 Physical Properties (RAW DATA)

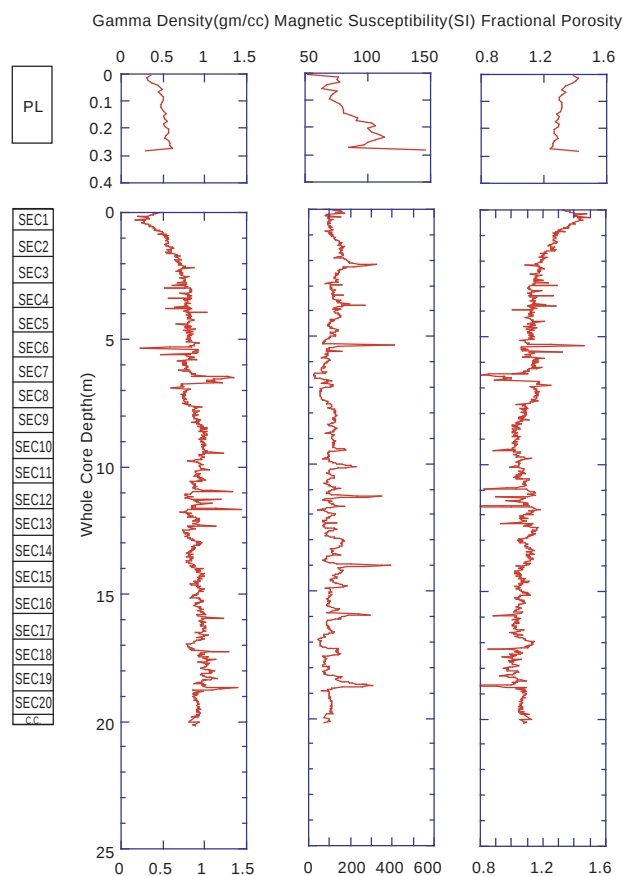


図7B PC-02とPL-02の物性解析

Fig. 7B MR00-05PC-02&PL-02 Physical Properties

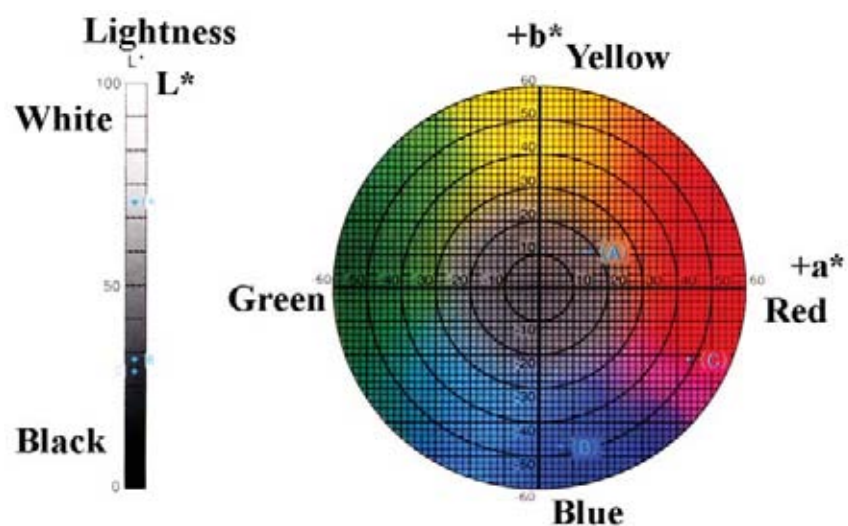


図8 L^* , a^* , b^* 値の色指数図

Fig. 8 Color index of L^* , a^* and b^* parameters.

(PL-01とPC-01の結果)

コア試料の深さ方向の反射変数 L^* , a^* , and b^* を図9Aに示す。フローイン堆積物の色分析の値はMSTデータに類似している。その値は、乱されていない堆積物上部の層のものに一定の値を示す。 L^* 値は一般的に a^* 値や b^* 値よりも異なった値を示す。 L^* 値の変化は、目視可能な層序変化に一致する。ガラス質の火山灰は普通ホワイトグレーを示し、 L^* 値が高い。斑点の物質が頻繁に出現する層ではもっと暗い色を示し、 L^* 値が低い。また、 L^* 値の変動は帯磁率の変動パターンと同様に变化する。このように L^* 値は主として陸源の物質の堆積によって大きく変化する。一方、 a^* 値と b^* 値の変動パターンはほぼ同じで、周期的な変動も一致するように見える。これらの大きな変動パターンの周期はメートルオーダーで生じている。その大きな周期的な変化は、層序学的見地からは考えられない。なぜなら、層序学的変化はセンチメートルのオーダーだからである。原因は不明であるが、海洋学上の変化が長期間の変動が特徴的なパターンとして生じた可能性がある。

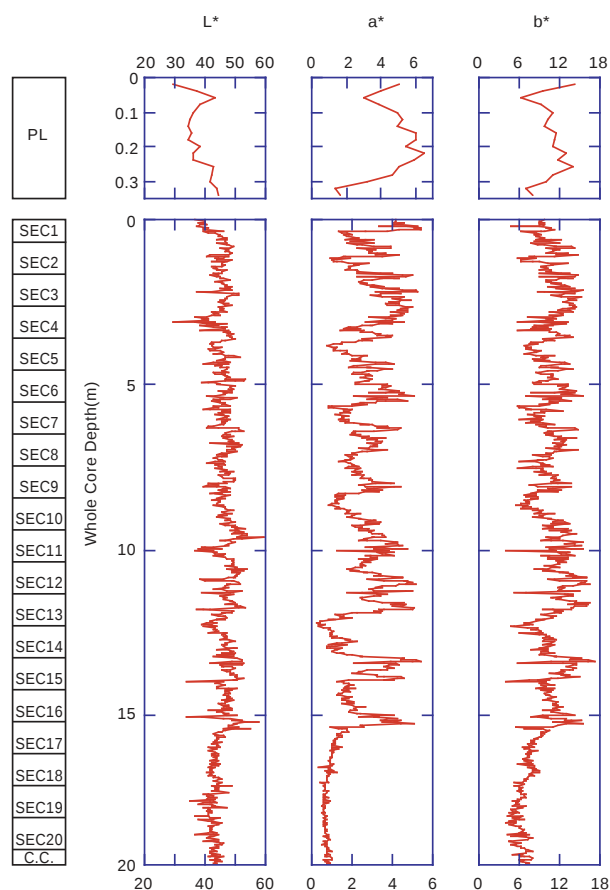


図9A PC-01とPL-01の色分析

Fig. 9A MR00-05PC-01&PL-01 Physical Property (Color reflectance)

(PL-02 & PC-02と結果)

色変数 L^* , a^* , b^* の深度プロファイルを図9Bに示す。 L^* 値は目に見える層序的な変化に一致する。ガラス質の火山灰層は普通白灰色を示し、 L^* 値は大きい。斑点の物質が頻繁に産出する層ではもっと暗い色を示し、 L^* 値が低い。 a^* 値と b^* 値の変動は周期的なパターンを示す。これらの大きな変動パターンの周期はメートルオーダーで生じている。

8. ソフトX線写真解析

船上に装備されているソフトX線写真撮影装置(SoftX)を使用して、堆積物試料の構造を分析する。特に、採泥の時の、フローインや他の場所からの流れ込みなどによる地層の擾乱を判別する事ができる。保存用のコア試料にプラスチックケース(200×30×7mm)を差し込み、蓋をして撮影用のサンプルを作成する。X線撮影は一定の条件で(50kVp, 2mA, 200秒)そのプラスチックケースごとに行う。本航海では、22枚のネガフィルムに総計110サンプルのX線写真を撮影した。そのネガフィルムは、船上で現像を行った(付図参照)。

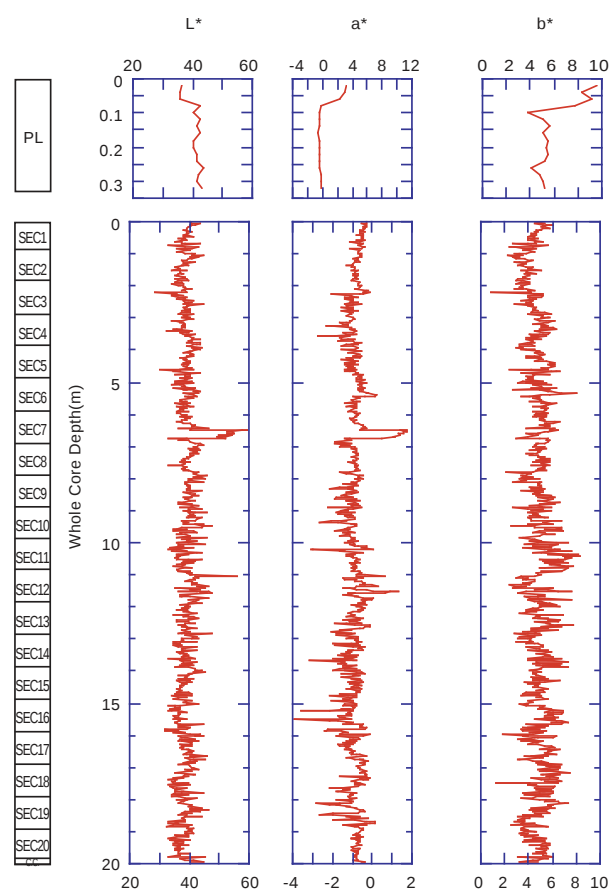


図9B PC-02とPL-02の色分析

Fig. 9A MR00-05PC-02&PL-02 Physical Property (Color reflectance)

9. スミアスライド観察

船上で行ったおもな採泥試料のスミアスライド観察を次に示す。

PC-1 Smear Slides Observation

Smear slide		Description		
Sec. 2	1cm	Diatom	Silicoflagellates	Sponge spicules
Sec. 2	30cm	Diatom	Radiolaria	Silicoflagellates
Sec. 2	80cm		Faecal pellet	Less microfossils
Sec. 3	10cm	Diatom	Sponge spicules	Silicoflagellates
Sec. 3	90cm	Qz, Felds	Volcanic glass?	Diatom
Sec. 4	9cm	Volcanic glass (fragments, pipe vesicles)		Qz, Felds
Sec. 4	75cm	Micronodule	Diatom	Qz, Felds
Sec. 5	10cm	Diatom	Sponge spicules	Clay mineral
Sec. 5	30cm	Volcanic glass (almost bubble wall shards type)		
Sec. 5	60cm	Diatom	Sponge spicules	Radiolaria
Sec. 5	83cm	Volcanic glass	Radiolaria	Diatom
Sec. 6	20cm	Diatom	Silicoflagellates	Radiolaria
Sec. 6	55cm	Volcanic glass (bubble wall shards, pipe vesicles)		
Sec. 7	5cm	Volcanic glass (fragments, pipe vesicles)		Opaque mineral
Sec. 8	46cm	Volcanic glass fragment	Biotite	Opaque mineral
Sec. 8	70cm	Volcanic glass (fragments, pipe vesicles)		Biotite
Sec. 9	10cm	Diatom	Silicoflagellates	Radiolaria
Sec. 9	93cm	Volcanic glass (fragments, pipe vesicles)		Less Qz, Felds
Sec. 10	10cm	Diatom	Sponge spicules	Silicoflagellates
Sec. 10	89cm	Volcanic glass (almost bubble wall shards type)		
Sec. 11	10cm	Diatom	Sponge spicules	Radiolaria
Sec. 11	27cm	Volcanic glass fragments		
Sec. 11	68cm	Opaque mineral	Diatom	Volcanic glass fragment
Sec. 12	20cm	Volcanic glass (bubble wall shards, pipe vesicles)		Chlorite
Sec. 12	40cm	Diatom	Silicoflagellates	Sponge spicules
Sec. 12	90cm	Volcanic glass (fragments, pipe vesicles)		Opaque mineral
Sec. 12	92cm	Volcanic glass (bubble wall shards)		Opaque mineral
Sec. 12	94cm	Volcanic glass (bubble wall shards)		Qz, Felds
Sec. 13	20cm	Diatom	Silicoflagellates	Sponge spicules
Sec. 13	40cm	Volcanic glass fragments	Qz, Felds	
Sec. 13	80cm	Diatom	Silicoflagellates	Radiolaria
Sec. 14	60cm	Diatom	Silicoflagellates	Sponge spicules
Sec. 14	86cm	Qz, Felds	Less microfossils	
Sec. 14	94cm	Diatom	Volcanic glass	Silicoflagellates
Sec. 15	7cm	Volcanic glass (bubble wall shards, pipe vesicles)		Qz, Felds
Sec. 15	10cm	Volcanic glass (pipe vesicles)		Opaque mineral
Sec. 15	15cm	Silicoflagellates	Diatom	Radiolaria
Sec. 15	58cm	Volcanic glass (bubble wall shards, pipe vesicles)		
Sec. 15	61cm	Volcanic glass (bubble wall shards, pipe vesicles)		Opaque mineral
Sec. 15	63cm	Volcanic glass (bubble wall shards, pipe vesicles) Qz, Felds		
Sec. 15	80cm	Radiolaria	Diatom	Volcanic glass
Sec. 16	75cm	Volcanic glass (pipe vesicles, bubble wall shards)		Qz, Felds
Sec. 17	8cm	Volcanic glass (bubble wall shards)		Qz, Felds
Sec. 17	60cm	Biogenic detritus	Less microfossils	
Sec. 19	40cm	Biogenic detritus	Diatom	Sponge spicules
Sec. 19	80cm	Biogenic? detritus	Diatom	Radiolaria
Sec. 20	80cm	Biogenic detritus	Silicoflagellates	Radiolaria

10. まとめ

今回採取された2本の試料について、船上で岩層記載や各解析を行った結果、PC-01とPC-02は古環境解析に適している堆積物であることが確認された。

過去の海洋環境の変遷を解読し復元するために、現在火山灰分析および古地磁気の伏角変化から古地磁気境界を検出し年代を推定する作業が行われている。MR00-K05航海で採泥を行った場所は水深6000m海域なので、有孔虫のような炭酸カルシウムの殻をもつプランクトンの遺骸は産出しない。そこで珪酸の殻を持つ放射虫や珪藻化石群集から過去の海洋環境を推定し、さらに古水温の推定を行っている。

11. 謝辞

本研究航海を行うに当たって、「みらい」の赤嶺船長および観測士官をはじめとする乗組員の方々には全面的なご協力をいただいた。また、(株)MWJの観測技術員の方々には試料分析作業を行っていただき、(株)GODIの観測技術員の方々には海底地形調査作業を行っていただいた。ここに記して、感謝の意を表します。

(原稿受理：2001年7月31日)

付図 軟X線写真

Appendix Soft X-Ray photographs of 2 piston cores

