

MR02-K03航海で得られた海底堆積物コアの概要

三島 稔明^{*1} 山本 浩文^{*2} 金松 敏也^{*1}

過去数十万年間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, 黒潮・親潮混合域の堆積システムの変遷を理解するために, 日本東方海域において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測定・物性測定を行った。各解析結果からこれらのコアは古環境堆積に適した柱状試料であることが明らかになった。

キーワード: 黒潮続流域, ピストンコアラ, 堆積学, 色測定, 帯磁率測定

Lithology of piston cores recovered from continental slope off east coast of Honshu, Japan on the R/V Mirai cruise MR02-K03

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

Two piston cores were taken from the continental slope side off the east coast of Honshu on the R/V Mirai cruise MR02-K03. Our aim is to reconstruct the two distinctive surface current system which are the north-flowing Kuroshio and the south-flowing Oyashio around Japan, and to understand depositional system of the Kuroshio-Oyashio transitional region. From onboard observations, physical properties and digital color reflectance measurements, it is inferred that the two cores are suitable for paleoenvironmental studies.

Keywords : Kuroshio extension, piston corer, lithology, digital color, magnetic susceptibility

*1 深海研究部

*2 海洋観測研究部

*3 Deep Sea Research Department

*4 Ocean observation and 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暖水が流れている。これらの海流は三陸沖で会合し、その後、黒潮主流として東進し、北太平洋の亜熱帯循環系に大きな影響を及ぼしている。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、堆積物試料が採取された例も少ない。そのため、最終氷期最寒期(LGM)やそれ以前における親潮系冷水塊の挙動やそれにと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、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、黒潮・親潮混合域の堆積システムの変遷を詳細に復元することを目的として、日本東方海域において採泥を行っている。

2. 採泥点

日本海溝東側平坦面の北緯29度21分・東経146度00分・水深5750m(PC-1)、北緯36度00分・東経146度30分・水深5712m(PC-2)の2地点で採泥を行った。採泥点は、シービームおよびサブボトムプロファイラーを用いて海底地形・海底表

層の堆積状況を調査したうえで決定した。採泥地点はPC-1・PC-2ともほぼ平坦で、サブボトムプロファイラーでは両地点とも(特にPC-2の採取点で)音響反射の強い層がみられた。

3. 手法と予察的結果

3.1. 採泥システムと船上における堆積物の処理・解析

ピストンコアラーとして、両地点とも中口径20mコアラー(内径80mm、パイプ長5m×4本、重さ1.5t)を用いた。今回の採泥ではポリカーボネイトのインナーチューブ(内径75mm、5m×4本)を使用し、堆積物の変形を生じさせるおそれのあるコアバレルからの押し出しを行わないようにした。また、パイロットコアラーとして、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、堆積物表層を乱すことなく採取した。(表1)

採取した堆積物は、船上でインナーチューブを1mごとのセクションに切断し、マルチセンサーコアロガーによって γ 線減衰率・帯磁率・P波速度の測定を行った。次に各セクションを鉛直方向に半割した。半割したコアの片側(ワーキングハーフ)を用いて色測定・肉眼観察による記載・写真撮影を行った後、今後の分析用としてサンプリングを行った。残りの片側(アーカイブハーフ)からは軟X線撮影用の試料のみを採取した。(図1)

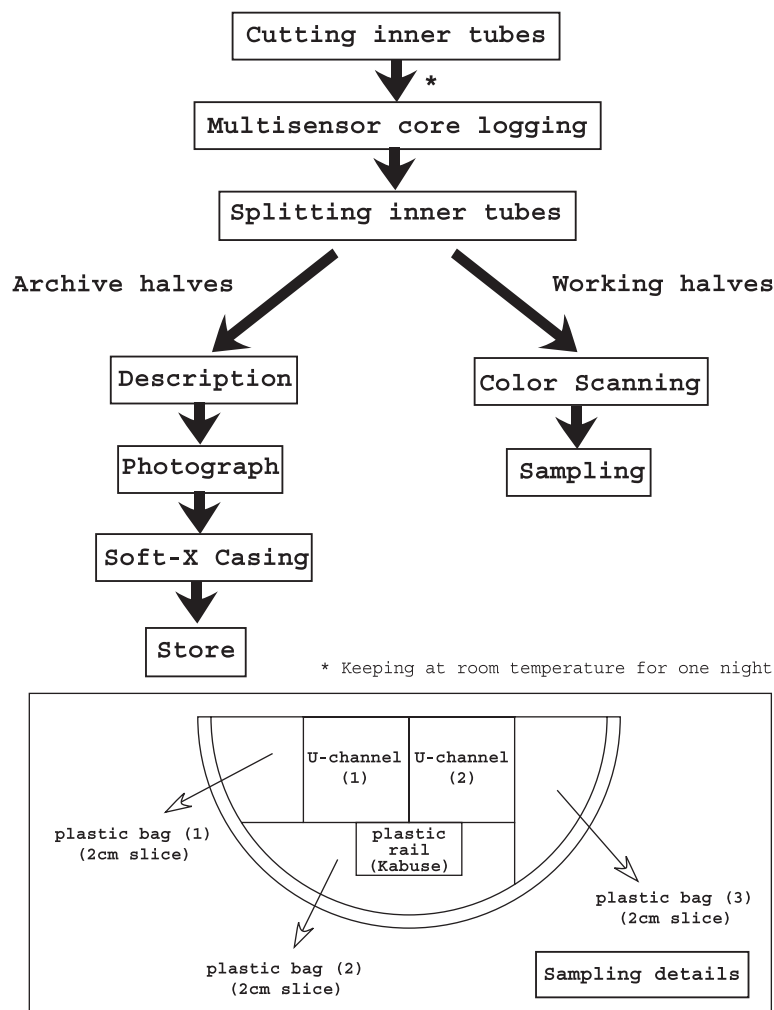


図1 コア試料の処理概略

Fig. 1 Chart flow of core sample treatment.

表1 PC-1, PL-1, PC-2, PL-2のコア試料
Table 1 Sample information of each section.

PC-1	Section Number	Working Half		Archive Half		U-channels	Plastic rails (Kabuse)	Plastic bags (2cm intervals)
		Length (cm)	Total (cm)	Length (cm)	Total (cm)			
	1	95.0	95.0		(95.0)	2	1	x
	2	88.5	183.5		(183.5)	2	1	x
	3	99.5	283.0	99.5	283.0	2	1	x
	4	100.0	383.0	100.0	383.0	2	1	x
	5	100.0	483.0	100.0	483.0	2	1	x
	6	100.0	583.0	100.0	583.0	2	1	x
	7	100.0	683.0	98.5	681.0	2	1	x
	8	98.5	781.5	98.0	779.0	2	1	x
	9	100.0	881.5	100.0	879.0	2	1	x
	10	100.5	982.0	100.0	979.0	2	1	x
	11	100.0	1082.0	99.5	1079.0	2	1	x
	12	100.0	1182.0	100.0	1179.0	2	1	x
	13	96.0	1278.0	96.0	1275.0	2	1	x
	14	99.5	1377.5	99.0	1374.0	2	1	x
	15	100.0	1477.5	100.0	1474.0	2	1	x
	16	100.5	1578.0	100.0	1574.0	2	1	x
	17	100.0	1678.0	100.0	1674.0	2	1	x
	C. C.	8.5	1686.5	6.0	1680.0	1	1	x

PC-2	Section Number	Working Half		Archive Half		U-channels	Plastic rails (Kabuse)	Plastic bags (2cm intervals)
		Length (cm)	Total (cm)	Length (cm)	Total (cm)			
	1	99.0	99.0	99.0	99.0	2	1	x
	2	100.0	199.0	99.0	198.0	2	1	x
	3	98.0	297.0	98.0	296.0	2	1	x
	4	100.5	397.5	100.0	396.0	2	1	x
	5	100.0	497.5	100.0	496.0	2	1	x
	6	100.5	598.0	100.0	596.0	2	1	x
	7	100.0	698.0	100.0	696.0	2	1	x
	8	100.5	798.5	100.5	796.5	2	1	x
	9	100.0	898.5	99.5	896.0	2	1	x
	10	100.5	999.0	100.0	996.0	2	1	x
	11	100.0	1099.0	100.0	1096.0	2	1	x
	12	100.5	1199.5	100.0	1196.0	2	1	x
	13	102.0	1301.5	100.0	1296.0	2	1	x
	14	7.5	1309.0	8.0	1304.0	2	1	x
	15	98.5	1407.5	99.0	1403.0	2	1	x
	16	100.0	1507.5	100.0	1503.0	2	1	x
	17	100.5	1608.0	100.0	1603.0	2	1	x
	18	100.0	1708.0	100.0	1703.0	2	1	x
	19	97.5	1805.5	97.5	1800.5	2	1	x
	C. C.	13.0	1818.5	12.5	1813.0	2	1	x

PL-1	Hand Number	Length (cm)	Sliced Samples	U-channels	Plastic rails (Kabuse)	Plastic bags (2cm intervals)
	1	36.0				
	2	36.0	x			
	3	37.0		2	1	x

PL-2	Hand Number	Length (cm)	Sliced Samples	U-channels	Plastic rails (Kabuse)	Plastic bags (2cm intervals)
	1	21.0		2	1	x
	2	20.0	x			
	3	20.0				

パイロットコアは各地点で3本の試料のうちもっとも長いものを選択し、ピストンコアと同様の処理を行った。また、1本は2cmごとにサンプリングを行い、1本は処理せずに残した。

3.2. 岩層記載

採取した各コアの岩層記載・色の特徴を以下に述べる。

PL-1 (図2)として、マルチプルコアラー(アシュラ)によって3本の表層試料を採取した。各コアの長さは36.0, 36.0, 37.0cmで、このうち長さ37.0cmのものについて記載を行った。

このコアは褐色を呈する粘土質の堆積物であった。

PC-1は長さ16.865mのコアを採泥した。なお、上部の1.835m (Sec. 1およびSec. 2)は採泥時にインナーチューブが破損したため、Sec. 3以下とは異なる面をもって半割した。コア下部にフローイン構造(採泥時にピストンによって吸い込まれたと考えられる、鉛直方向の筋構造)は見られなかった。

このコアは全セクションを通して褐色～暗褐色を呈する粘土質の堆積物が支配的であった。多くのセクションでは大きさ数mm～数cm程度の斑点の分布が見られた。また、大き

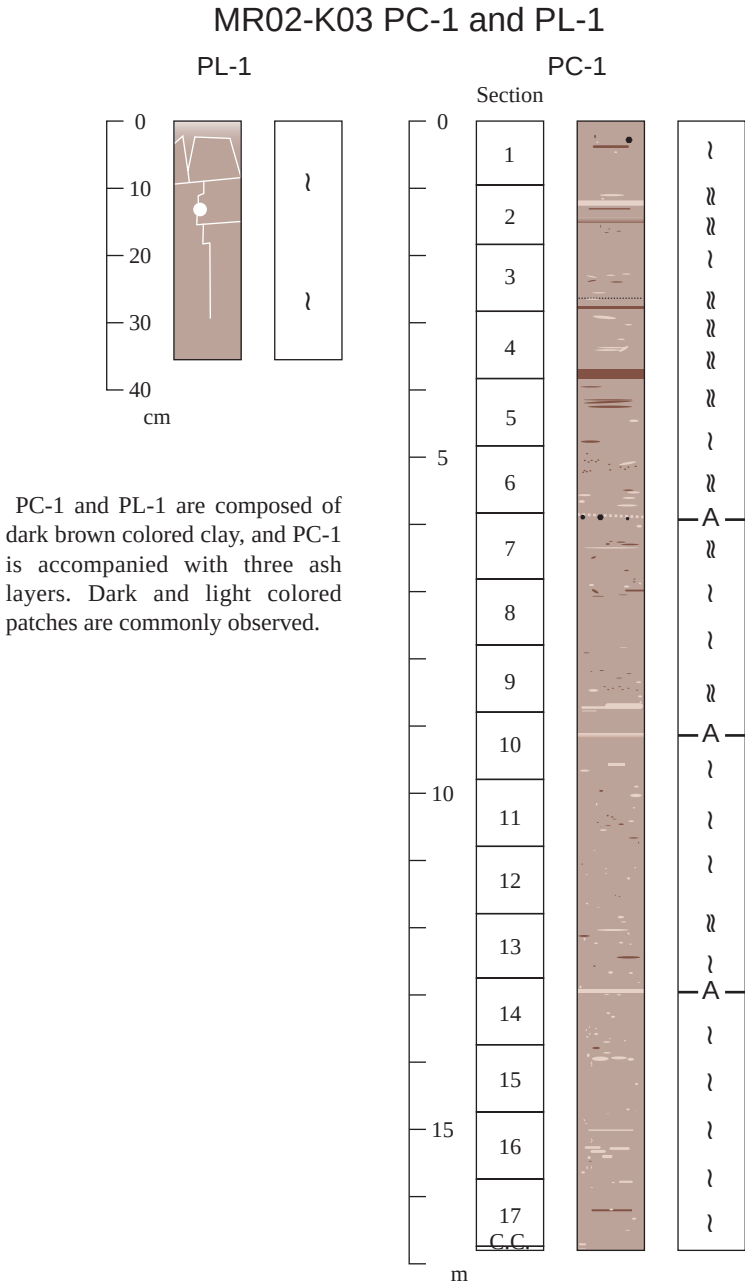


図2 PC-1とPL-1の岩相概略
Fig. 2 Summary of PC-1 and PL-1 lithology.

さ数mm～1cm程度の礫を含む層準も見られた。火山灰層が4層準(Sec. 7の2～6cm; Sec. 8の16～18cm; Sec. 10の32～38cm; Sec. 14の17～22cm)含まれていた。

PL-2(図3)としては、マルチプルコアラー(アシュラ)で3本の表層試料を採取した。各コアの長さは21, 20, 20cmで、このうち長さ21cmのものについて記載を行った。このコアの上部8cmはオリーブ褐色、下部13cmは灰色～オリーブ灰色を呈するsilty clayであった。

PC-2は長さ18.185mのコアを得た。コア下部にフローイン

構造は認められなかった。このコアは暗オリーブ灰色～暗緑灰色を呈し、粒径はclayey silt～silty clayに相当する。また、いくつかのセクションでは暗緑灰色や赤黒色の帯が数cm間隔で見られた。

火山灰層は9層準でみられ、そのうち多くの層準は複数枚の色の異なる火山灰で構成されていた。認定された火山灰層の位置は以下の通りである: Sec. 4の24-30cm; Sec. 5の82-83cm; Sec. 6の14-24cm; Sec. 7の31-42cm; Sec. 9の5-11cm; Sec. 15の87-96cm; Sec. 17の47-49cmおよび75-83cm; Sec. 19の70-80cm。

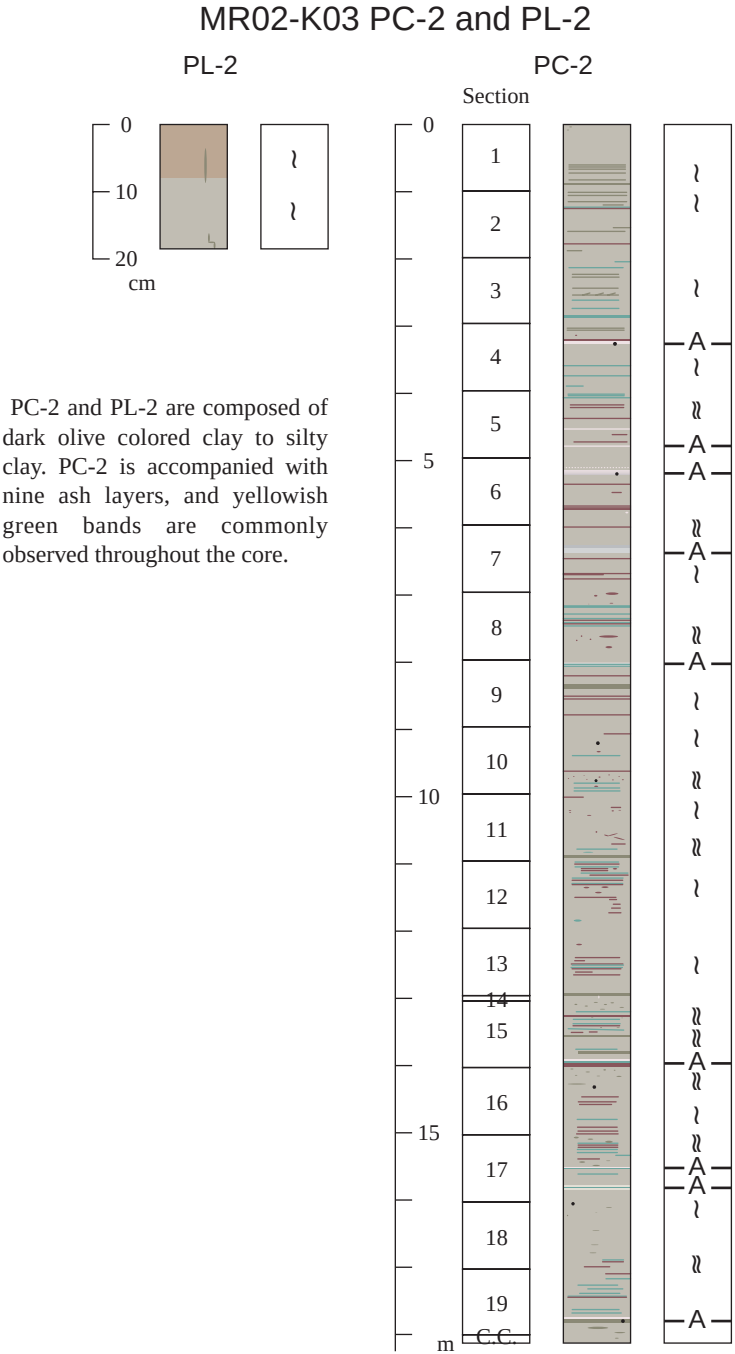


図3 PC-2とPL-2の岩相概略
Fig. 3 Summary of PC-2 and PL-2 lithology.

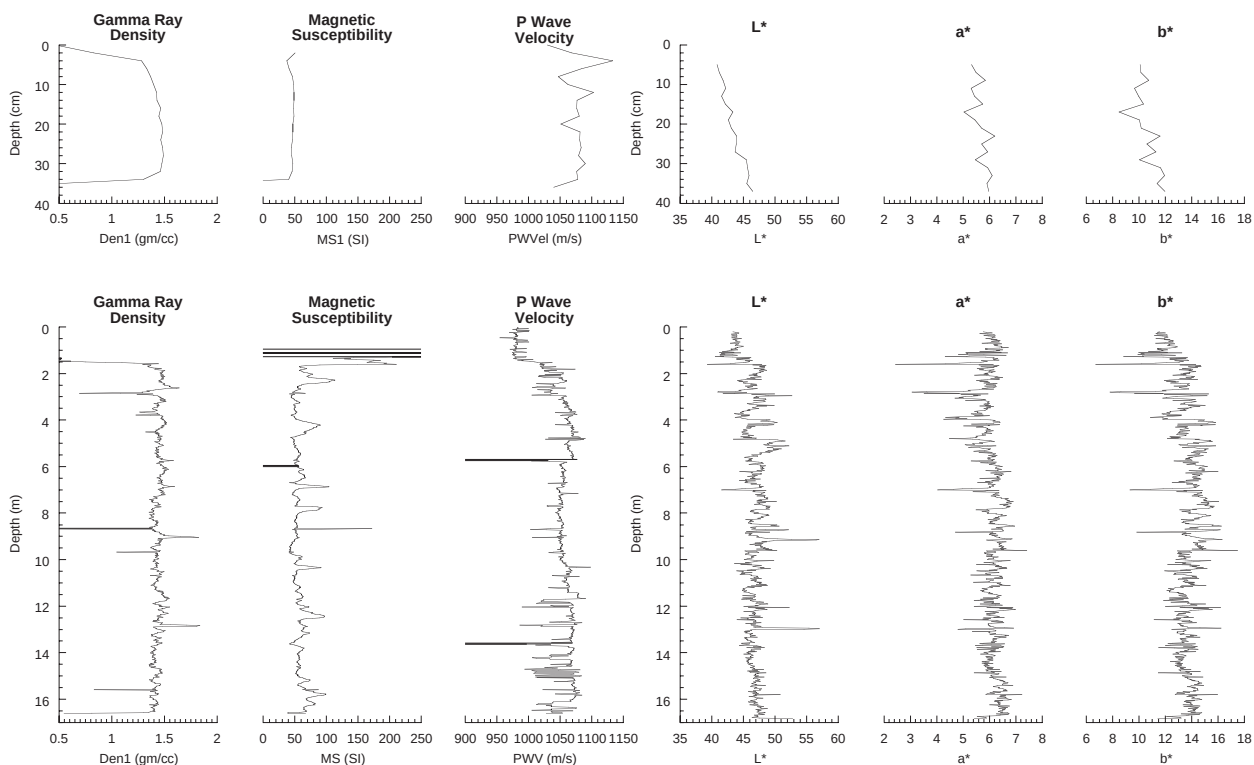


図4 PC-1とPL-1の色・物性分析

Fig. 4 PC-1 and PL-1 physical properties.

3.3. マルチセンサーコアロガー（MSCL）および色測定

船上のマルチセンサーコアロガー（GEOTEK社製）を使用し、全てのセクションに対して γ 線減衰率（GRA）・帯磁率（MS）・P波速度（PWV）のパススルー測定を行った。これらのデータを γ 線密度・堆積帯磁率・P波速度に変換した。また、ミノルタ社の色彩色差計 CM-2002 を用いて色測定を行い、 $L^*a^*b^*$ 表色系で表示した。

PC-1とPL-1の結果

まず、4層の火山灰層すべてにおいて高い γ 線密度と低いP波速度が記録されていた。火山灰層の帯磁率と色測定については、Sec. 8の16-18cmに位置する火山灰層では高い帯磁率と低い $L^* \cdot a^* \cdot b^*$ の値（暗く鮮やかさの低い色）に相当する）を示したが、残る3層の火山灰層では特徴的な帯磁率の変化はみられず、高い L^* （明るい色）を示した。磁性鉱物の含有率の違いが色と磁化率に反映されていると考えられる。

また、火山灰層以外では $L^* \cdot a^* \cdot b^*$ は似た変動パターンを見せる。磁化率の変動パターンは $L^* \cdot a^* \cdot b^*$ とは逆のパターンのように見える。陸源物質が暗色で磁性鉱物の含有量が多いと仮定すれば、これらのパラメータの変化は陸源物質の供給量の変化に対応しているかもしれない。 γ 線密度とP波速度は似た変動パターンを見せるが、これは堆積物中の含水量の変化が2つのパラメータに反映されていると考えられる。

PC-2とPL-2の結果

火山灰層ではPC-1と同様に高い γ 線密度・低いP波速度が特徴的であった。火山灰層の帯磁率や色指標の特徴は個々の火山灰によって異なる。特に色指標は数cmのオーダーで急激な変化を示しているものもあり、これは色の異なる複数の層で構成されていることを反映している。帯磁率についてはセンサーの有効範囲が広いため、そのような細かい変動が仮にあったとしても測定データに反映されない可能性がある。

火山灰層を除く層準では γ 線密度と帯磁率の増加・減少のパターンは類似している。さらに、これらと逆の変動パターンを L^* が示している部分もある。これはPC-1と同様に陸源物質の供給量の変化を反映する可能性がある。また、P波速度と γ 線密度は似た変動パターンを示し、これは堆積物の含水量の変化を反映していると考えられる。特に、上部約3mで γ 線密度やP波速度が低く、含水量が多いことを示している。

3.4. 軟X線写真解析

船上でソフトX線写真撮影装置（SOFTEX PRO-TEST 150）を使用して、堆積物試料の構造、特にフローインの有無や地層の擾乱を分析した。写真撮影用の試料はコアのアーカイブハーフから連続的にプラスチックケース（200×30×7mm）を利用して採取した。なお、PC-1のSec. 1のみアーカイブハーフに十分な量の試料が残らなかったため撮影しなかった。（付図A）

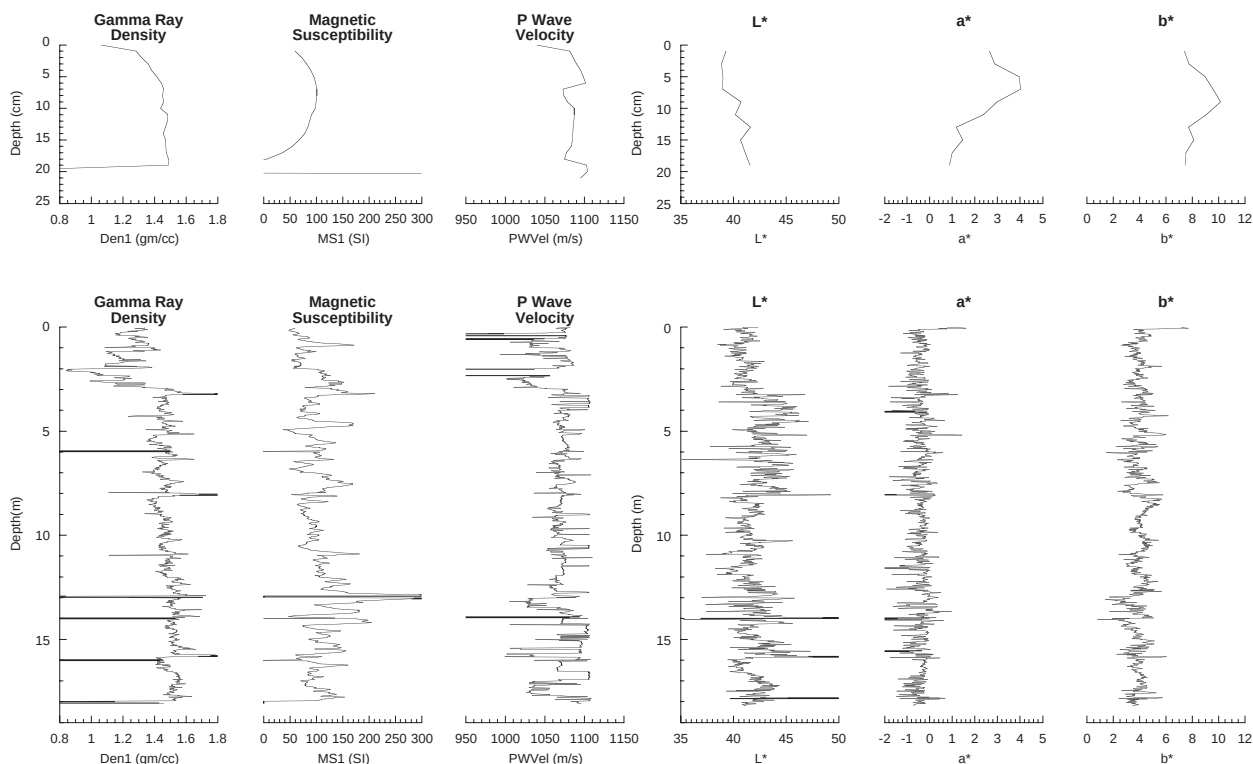


図5 PC-2とPL-2の色・物性分析
Fig. 5 PC-2 and PL-2 physical properties.

3.5. XRD・XRF

PC-1の6試料について、船上のX線回折装置 (RIGAKU RINT2002) および蛍光X線分析装置 (RIGAKU RIX2000) を用いた分析を行った。分析を行った試料はSec. 4の20~22cm・Sec. 6の10~12cm・Sec. 7の2~6cm・Sec. 10の34~38cm・Sec. 13の48~50cm・Sec. 14の18~22cmより採取した(PC-2は時間の都合上、分析を行えなかった)。XRDについては図6に分析結果を示す。また、XRFについては主要な30元素についての結果を表2に示す。

4. まとめ

今回採取した試料について、船上で岩相記載や各分析を行った結果、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、今後火山灰分析および古地磁気測定によって年代を推定する作業を行う。また、本航海で採泥を行った2地点は炭酸塩補償深度以下であり、有孔虫のような炭酸カルシウムの殻を持つ微化石を用いた分析は困難である。そこで珪質の殻をもつ放射虫や珪藻化石群集、磁気的特徴の変遷記録から過去の海洋環境を推定し、さらに古水温の推定を行う。

5. 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協力を頂いた。また、(株)GODIや(株)MWJの観測技術員の方々からもさまざまなご支援を頂いた。ここに記して、感謝の意を表します。

(原稿受理: 2002年8月1日)

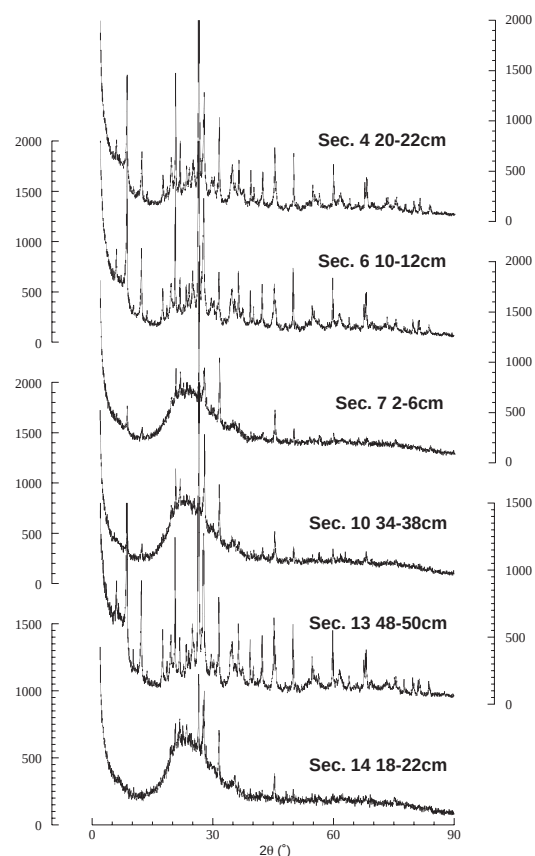


図6 XRD分析結果
Fig. 6 Results of XRD analyses.

表2 XRF分析結果
Table 2 Table 2. Results of XRF analyses.

	Sec.4 20-22	Sec.6 10-12	Sec.7 2-6	Sec.10 34-38	Sec.13 48-50	Sec.14 18-22
	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%
C	10.2145	7.8335	7.1572	5.907	8.2709	5.5181
Na ₂ O	3.7306	2.3615	4.6016	4.1211	2.7266	4.0993
MgO	4.7424	3.6874	1.2856	1.2197	3.7942	1.0391
Al ₂ O ₃	-	16.9496	14.0394	13.6045	17.0868	13.655
SiO ₂	59.0894	53.6564	61.0814	65.4397	51.8524	65.3674
P ₂ O ₅	0.1654	0.145	0.095	0.0698	0.1646	0.089
SO ₃	0.6069	0.4246	0.2622	0.2071	0.3848	0.1822
Cl	2.7664	1.2315	1.7905	1.4071	1.8891	1.2676
K ₂ O	4.4054	3.5098	4.446	3.9897	3.4377	3.9029
CaO	1.7277	1.388	1.4976	1.2497	1.269	1.9777
TiO ₂	0.9691	0.7538	0.379	0.2792	0.7708	0.3175
V ₂ O ₅	0.0559	0.0433	-	-	0.0392	-
Cr ₂ O ₃	0.0228	0.017	0.0085	-	0.0151	-
MnO	1.5785	0.3866	0.2092	0.1516	0.6229	0.1379
Fe ₂ O ₃	9.5941	7.3965	2.9229	2.2109	7.4489	2.2902
Co ₂ O ₃	0.0179	0.0068	0.0161	0.0169	0.0088	0.0228
NiO	0.0228	0.0135	0.006	0.0055	0.0148	0.0054
CuO	0.0312	0.0204	0.0067	0.005	0.023	0.0074
ZnO	0.0243	0.0156	0.0078	0.008	0.016	0.0071
Ga ₂ O ₃	0.004	0.0033	0.0023	-	0.0035	-
As ₂ O ₃	-	-	0.0029	-	-	-
Br	0.0187	0.0093	0.0059	0.0042	0.0104	0.004
Rb ₂ O	0.0249	0.0164	0.0177	0.0308	0.0163	0.0144
SrO	0.032	0.0211	0.0218	0.0164	0.021	0.0221
Y ₂ O ₃	0.0096	0.0088	0.0089	-	0.01	0.0059
ZrO ₂	0.0235	0.0186	0.0256	0.0126	0.0179	0.0215
Nb ₂ O ₅	-	-	-	0.0017	-	-
BaO	0.1144	0.0739	0.0673	-	0.0771	-
WO ₃	-	-	0.0349	0.0381	-	0.04
PbO	0.0074	0.0077	-	0.0038	0.008	0.0054
Total	100	100	100	100	100	100

付図A 軟X線写真
Appendix A Soft X photographs.

