

堆積物の磁気的特性からみた 西フィリピン海盆における環境変動の記録

金松 敏也*¹ 池原 研*² 川村喜一郎*³ 藤岡換太郎*⁴

北西太平洋低緯度域西フィリピン海盆の深海底には広く赤色粘土が広く分布する。この深海底堆積物の磁気的特性を検討したところ安定した磁化を取得でき磁気層序を確立するのに成功した。磁気層序から得た年代を使って磁性鉱物の量,磁性鉱物の粒度変化,磁性鉱物の種類を検討した。これらの磁化特性の変化から80万年付近で磁性鉱物の量が少なくなっている事が分かった。一方,堆積物に含まれる磁性鉱物の種類は変化が見られずコアを通してmagnetiteが優勢である。一方磁性鉱物の粒度は80万年以降細粒化していることが分かり80万年以降,磁性鉱物の供給システムが変化したことを示している。

キーワード: 赤色粘土,古地磁気層序,磁気特性,帯磁率,SIRM,ARM

Rock-magnetostratigraphy on cores obtained from the West Philippine Basin : Implication for a change of sedimentary environment

Toshiya KANAMATSU*⁵ Ken IKEHARA*⁶
Kiichiro KAWAMURA*⁷ Kantaro FUJIOKA*⁸

We conducted rock-magnetic study on the pelagic red clay cores obtained from the West Philippine Basin, northwest Pacific. Sediments were recovered during KR9801 and KR9910 cruises from deep sea more than 5000 m water depth. The dominant lithology is red colored pelagic clay containing few amount of bionic materials. Stable natural remanent magnetizations of the sediments from six cores provided clear polarity changes up to a few million years ago. A continuous rock-magnetic study on cores performed in order to know sedimentary environment. Results show 1) parameters of magnetic concentration in cores show a drop at the 0.8 Ma, however, a parameter of magnetic mineralogy shows no significant change through cores. 2) Grain finning of magnetic minerals was identified from 0.8 Ma. These parameters indicate a drastic change of supply systems of magnetic mineral at 0.8 Ma.

Keywords : red clay magnetostratigraphy, magnetic parameters, magnetic susceptibility, SIRM, ARM

* 1 海洋科学技術センター深海研究部
* 2 地質調査所海洋地質部
* 3 深田地質研究所
* 4 海洋科学技術センター深海環境フロンティア
* 5 Deep Sea Research Department, JAMSTEC
* 6 Geological Survey of Japan
* 7 Fukada Geological Institute
* 8 Frontier Research Program for Deep Sea Environment, JAMSTEC

1. はじめに

太平洋の深海底に陸源物質が供給される2つのシステムがある。1) アジア大陸から吹き出す偏西風による風成塵と2) 氷床の解氷により陸源の物質がもたらされる漂流岩屑 (IRD; Ice Rafted Debris) である。それぞれは気候変動のインジケータと考えられその分布と出現のタイミングの時空的解析が行われている。こういった陸源起源物質の物質量を迅速に知る方法として環境岩石磁気学という岩石磁気学を適応した方法が使われ初めた。環境岩石磁気学は堆積物中に含まれる磁性鉱物粒子の磁気特性を利用して物質量の変動を推定しようとするものである。この手法は試料を非分離非破壊で迅速に測定できるため時空間的変動を追うのに適している。本研究はこの手法をフィリピン海域で採取された堆積物に適応し堆積環境の変遷を知ることを目指した。北西太平洋の大水深に分布する堆積物の岩相は地域によって変化する。一つは35°N以北では珪藻に富んだ粘土が広く分布するが一方以南では堆積速度が遅い赤色粘土が分布する。その境界はかなり明瞭に見え堆積量にして10倍以上北側の方が大きい。また上に述べた陸源物質は風成塵は25-40°N付近を中心にもたらされている (Uematsu et al., 1989)。IRDの南限は黒潮統流で40°N以北に分布する。フィリピン海域はこのうち堆積速度が遅く、IRDや風成塵の影響下でないセッティングである。今後より高緯

度の陸源物質供給を知る上でリファレンスとして重要な地域である。

2. 研究地域

コアを採取した地点はフィリピン海プレートのほぼ中央に位置し河川によって陸源碎屑物の供給が同プレート内にはもたらされない場所である (Fig.1)。またフィリピン海プレートの拡大中心と考えられるセントラルベーズンフォルトは15 Maには活動を停止したと考えられているので (Fujioka et al., 1999, 2000), 近隣の火成活動による碎屑物の供給はないと考えられる。このように外部物質の寄与がないことは北西太平洋の複雑な深海底の堆積作用を考える上で参考となる地域である。西フィリピン海盆において堆積層は主にプレートの拡大によって形成されたグラベンに発達している。

3. 古地磁気層序, 磁気特性

採取された堆積物の主な岩相はいわゆる赤色粘土である。構造は一般に塊状で堆積構造は顕著でない (Fig.2)。いくつかのコアに表層から数メートルの層準に数センチの層厚で著しく固結した層が認められる。現在のところその成因は明らかでないが、これはサブボトムプロファイラーの記録にも明瞭に認められフィリピン海域に広く分布している

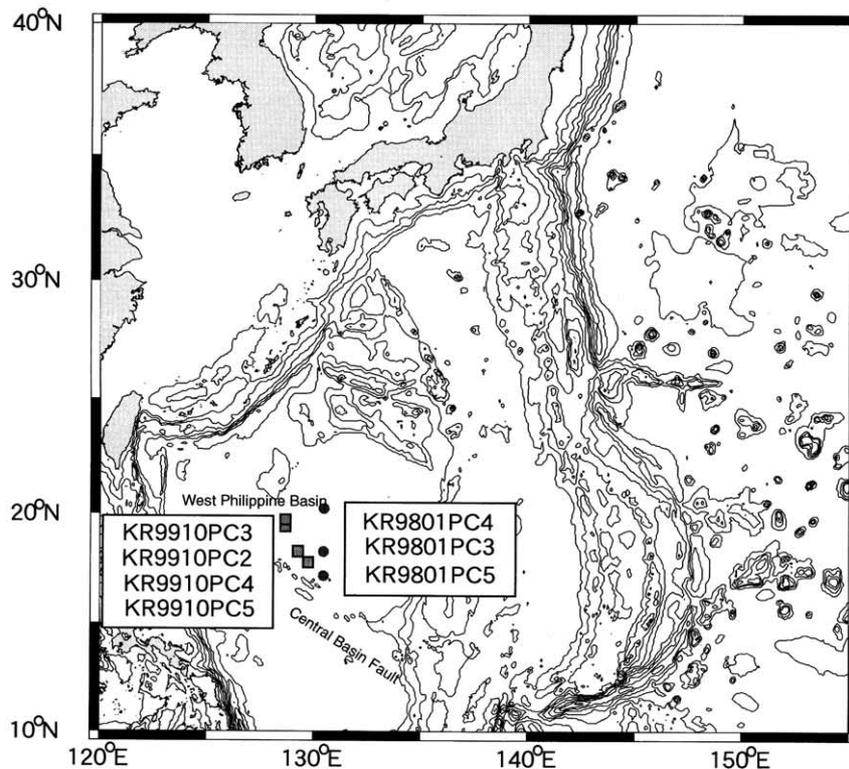


図1 西フィリピン海盆におけるコアリングのサイト。 と がKR9801およびKR9910でのコアリングサイトを示している。

Fig. 1 Location map of coring sites West Philippine Basin. Circles and squares indicate coring sites during KR9801 and KR9910 cruises.

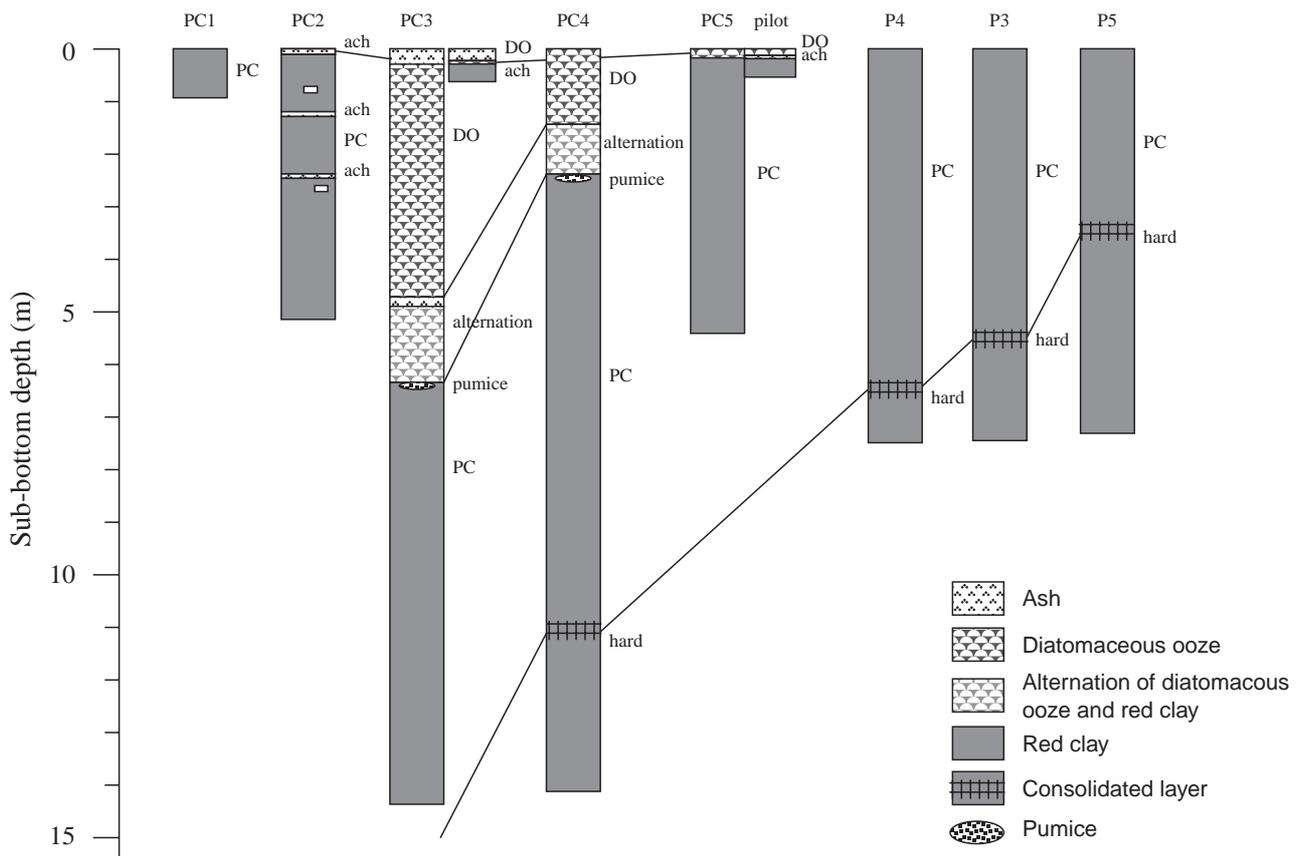


図2 得られた堆積物の簡略化した岩相
 Fig. 2 Simplified lithology of obtained sediment cores

と考えられる。この固結層の年代は予察研究によると1.5Ma付近にあたる。またいくつかのコアの上に珪藻質ウーズが出現する。この岩相は赤色粘土と違い非常に含水率が高く赤色粘土に比べ極最近堆積したものであると考えられる。また比較的上位の層に薄い火山灰層や軽石の産出が認められる。

ピストンコアで採取した堆積物試料はU-channelやプラスチックキューブを使って連続的にサンプリングした。U-channelでは2cmおきに、キューブは連続して磁化をパススルー型の超伝導磁力計によって測定した。各層準の磁化の安定性は段階交流消磁を施しながら吟味した。その結果20mT以上の消磁によって安定な単一磁化ベクトルが観察できることから20mT消磁後のデータを代表させて磁化方位とした。その後、磁性鉱物の量、磁性鉱物の粒度、磁性鉱物の種類の変動パラメーターを取得するため、帯磁率、飽和等温残留磁化(IRM)、履歴性残留磁化(ARM)の獲得実験およびその段階消磁をおこなった。本研究においては磁性鉱物の粒度、種類、量を示す以下のパラメーターを使った。

1) 磁性鉱物の粒度変化; ARM_{30mT}/ARM (Thouveny, et al., 2000) 非履歴性残留磁化とそれを30mTで消磁した後の磁化強度の比。

- 2) 磁性鉱物の量の変化; 帯磁率(SUS), 飽和等温残留磁化(SIRM), 非履歴性残留磁化(ARM)
- 3) 磁性鉱物の種類の変化; $S_{-0.3T} = (1 - \text{IRM}_{-0.3T} / \text{IRM}_{2.5T}) / 2$ (Bloemendal et al., 1992); 2.5TのIRMと0.3TのバックフィールドのIRMを使った比。 $S_{-0.3T}$ が高いとマグネタイトのような保持力が低い鉱物が多い, 低いと保持力が高いゲーサイトやヘマタイトが多い。
- 4) また代表的な試料には2.5Tまで段階的にIRMを獲得されざる実験をおこなった。

4. 結果

4.1. 磁気層序(Fig.3)

極性の反転は20mT消磁後の伏角の方向より判断した。一部に磁化が不安定な区間が認められるコアがあったが(KR9801P4), 他の物性データ(帯磁率や色)を参照して他のコアと対比することにより極性を想定した。また厚い珪藻軟泥の層準(KR9901P3, KR9901P4)については安定磁化を得られていないが、赤色粘土に比べ堆積速度が速いと考えこの層準を除外した。これらの極性をCande and Kent, 1995を参照して年代モデルを構築した(Table 1)。もっとも古いコアにおいてオールドバイ磁極期の基底(1.95Ma)を認識できた。このようにして古地磁気層序によって得た年代から

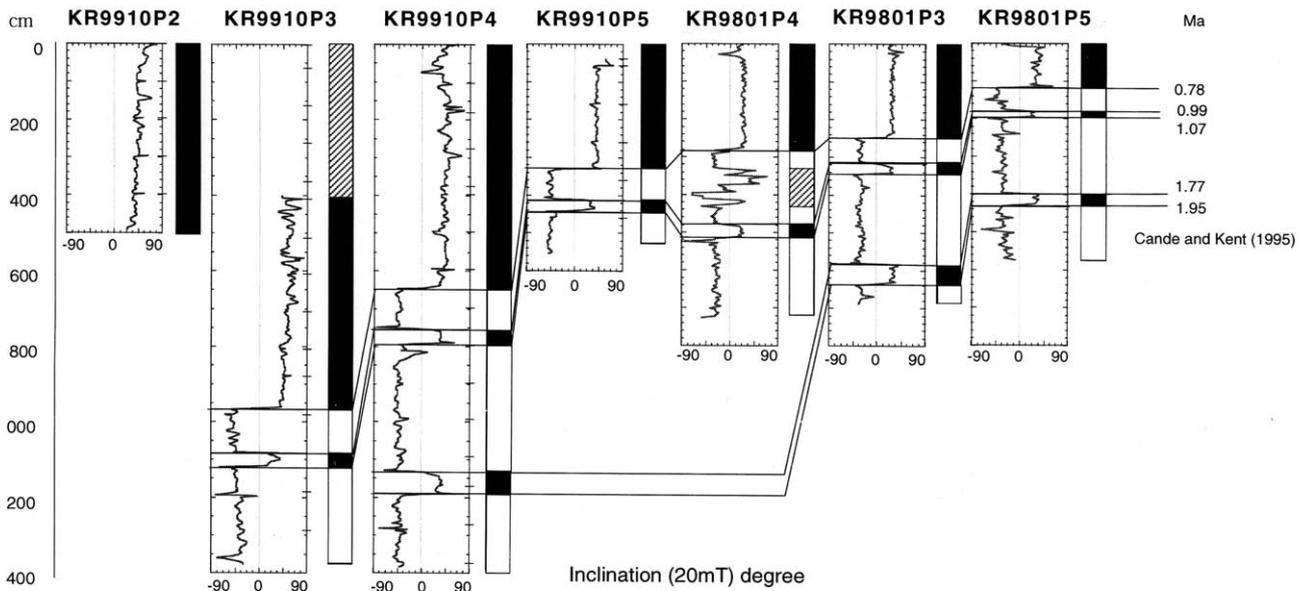


図3 KR9801P3, KR9801P4, KR9801P5, KR9910P3, KR9910P4, KR9910P5のコアの20 mTの交流消磁後の伏角
 Fig. 3 Inclination of the after 20 mT AF demagnetization for cores KR9801P3, KR9801P4, KR9801P5, KR9910P3, KR9910P4, KR9910P5 obtained from the U-channel samples and cubic samples.

Ma	subbottom depth (cm)						
	KR9801P03	KR9801P04	KR9801P05	KR9910P05	KR9910P03	KR9910P03*	KR9910P04
0	0	0	0	0	0	0	0
0.78	251	291	114	293	966	566	646
0.99	322	493	176	372	1082	682	750
1.07	350	527	195	405	1119	719	790
1.77	586		403				1133
1.95							1193
2.58							

*珪藻ウーズの層準を抜いて計算した

表1 磁気層序によるコアの年代

Table 1 List of Polarity chron boundaries obtained from the cores

各コアの堆積速度を計算すると平均で数mm/Kyr.である。得られた古地磁気層序を使って各コアの各測定点の年代を外挿した。

4.2. 磁気特性の年代変化

1) KR9801P3, KR9801P4, KR9801P5のコアについて磁性鉱物の量比の変化を表すパラメータSUS, ARM, SIRMを検討した (Fig.4にはSUSとSIRMをプロット)。どのコアも同じ変動パターンを示すことが分かった。すなわち上部で堆積あたりの濃集度は低く, 0.8Ma付近に極小があるのが認められる。また1.5Ma付近に正のスパイクが認められる。上部で磁性鉱物の含有量が低いのは含水量が大きいことによる。また1.5Maにあたる層準は固結層に相

当する。検討の結果として0.8Ma付近で磁性鉱物の含有量が小さいのが特徴として認められる。

2) $S_{-0.3T}$ の測定をKR9801P3, KR9801P4, KR9801P5のコアについておこなった。磁性鉱物の種類の変化を表すパラメーター: $S_{-0.3T}$ は比較的一定の値を示し0.95-1内にあり変化に乏しい (Fig.5)。 $S_{-0.3T}$ が1に近い値は他の高緯度地域の風勢塵に見られるようなヘマタイト, ゲーサイトの貢献が低くマグネタイトが優勢であることを示している。またIRMの獲得実験においては試料は0.3Tで磁化が飽和する事もこれを示唆する。

3) ARMの測定をKR9801P3, KR9801P4, KR9801P5, KR9910P3, KR9910P4, KR9910P5のコアについておこないその後段階消磁を施した。磁性鉱物の粒度を示す

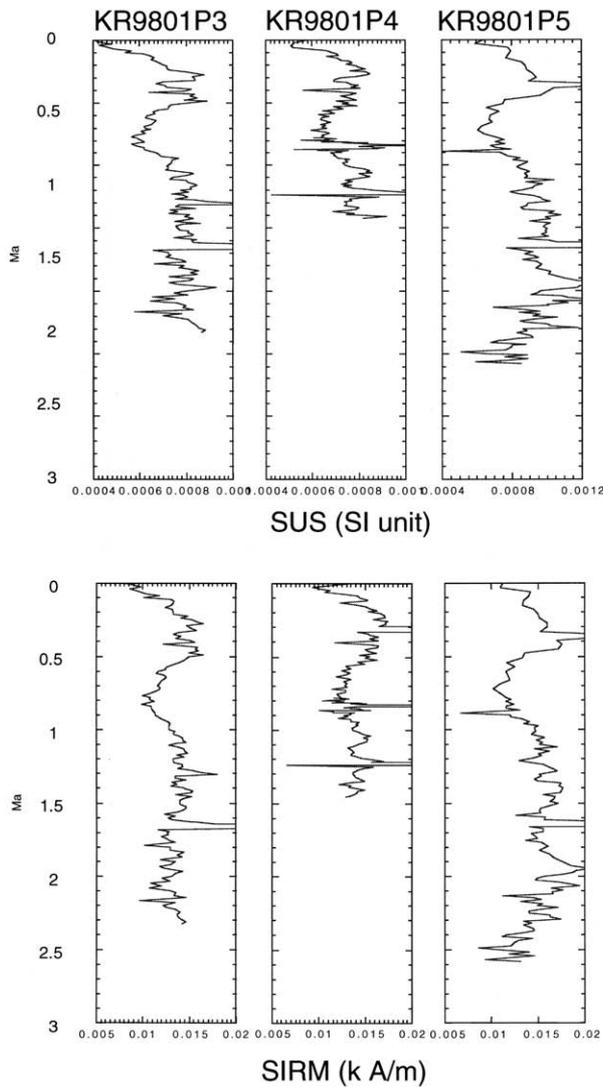


図4 KR9801P03, KR9801P04およびKR9801P05コアの帯磁率およびSIRMの年代変化
 Fig. 4 Age profiles of concentration parameters: SUS and SIRM from cores KR9801P03, KR9801P04 and KR9801P05

ARM30mT/ARMの比は0.8Maから細粒化の傾向にあることが全てのコアに認められる (Fig.6)。すなわち磁性鉱物の粒度は0.8Ma以前は比較的粗く、0.8Ma以降は細かい方へシフトしているのが認められる。KR9801P3, KR9801P4, KR9801P5についてSIRMと帯磁率を軸に0.8Ma以前の年代と以後の年代のデータを別にプロットした (Fig.7)。このプロットでは明らかに2つのグループが読み取れる。磁性鉱物の種類は一定であることがS-0.3Tから分かっているのでSUS, SIRMは磁性鉱物の含有量を示すが反応する粒度に依存性があるためグルーピングの違いは粒度変化を見ていると考えることができる。SIRM側の軸に立っている方はより単磁区的な影響が大きい事が分かる。従って0.8Ma以降は単磁区的な量比が多い事を示唆している。

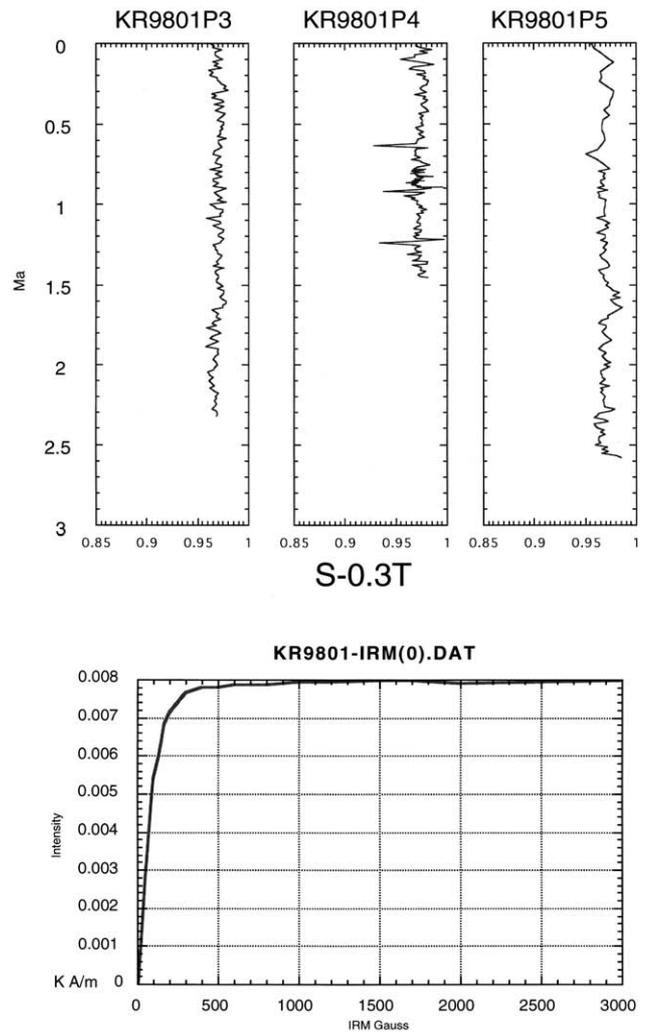


図5 KR9801P03, KR9801P04およびKR9801P05コアのS-0.3T値の年代変化およびIRMの獲得実験
 Fig. 5 Age profiles of magnetic mineralogy parameter: S-0.3T ratio from cores KR9801P03, KR9801P04 and KR9801P05. And example of progressive IRM acquisition curve.

5. 議論

フィリピン海プレートの中央から採取したコアの磁気特性を測定した結果以下の事が明らかになった。1)採取されたコアの年代は最大で3Maまで達しており堆積速度は数mm/kyrである。2)磁性の担い手はコアを通じてマグネタイドが卓越している。3)0.8Ma以降、磁性鉱物の粒度サイズが小さくなる傾向が認められる。4)0.8Ma付近で磁性鉱物の量が極小となる。一方、古細菌のDNA情報を検討したInagaki et al., 2000では本研究で検討したコア (KR9910PC4) において1Ma以前には陸源性的古細菌が存在するがより新しい年代には見られないことが報告されている。これと磁性鉱物の粒度サイズの変遷を考えるとより大きな粒子が0.8-1Ma以前に大陸から供給されていて、その供給が0.8Ma以降、弱体化あるいは停止したことを示しているかもしれない。

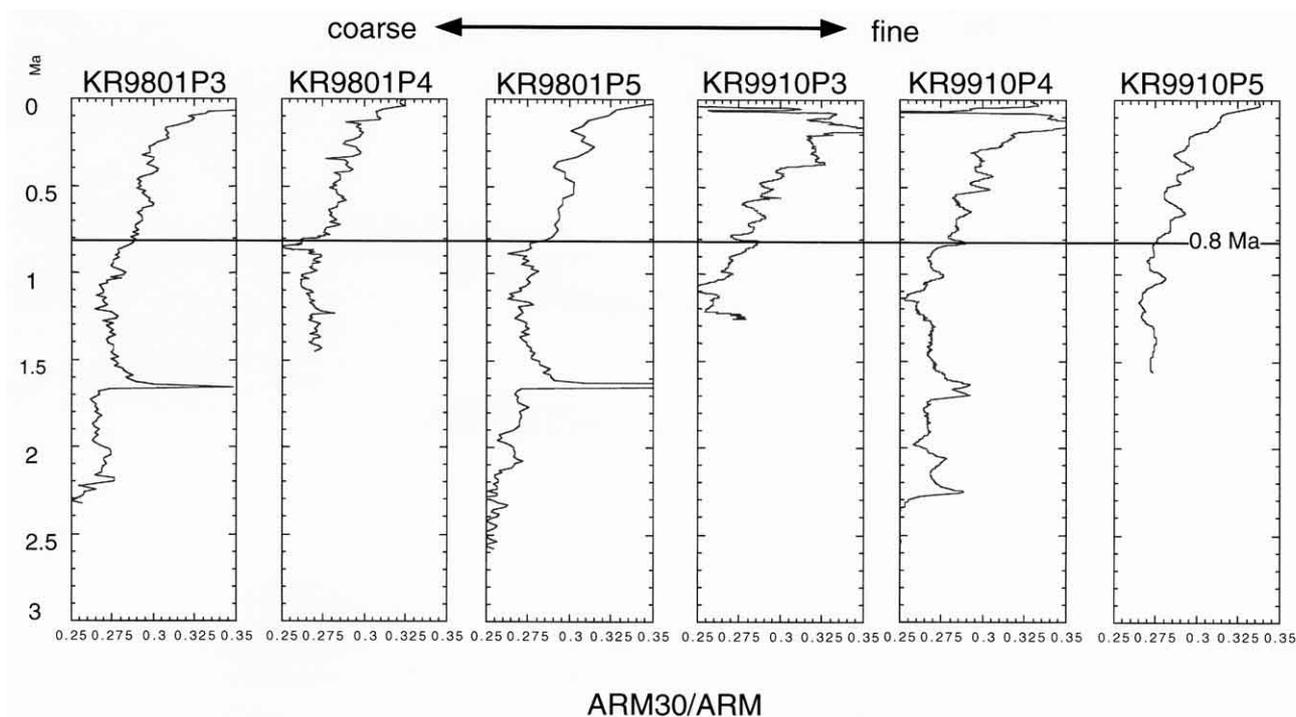


図6 KR9801P03, KR9801P04, KR9801P05, KR9910P03, KR9910P04, and KR9910P05のARM30mT/ARMの年代変化
 Fig. 6 Age profiles of magnetic grain size parameter: ARM30mT/ARM ratio from cores KR9801P03, KR9801P04, KR9801P05, KR9910P03, KR9910P04, and KR9910P05.

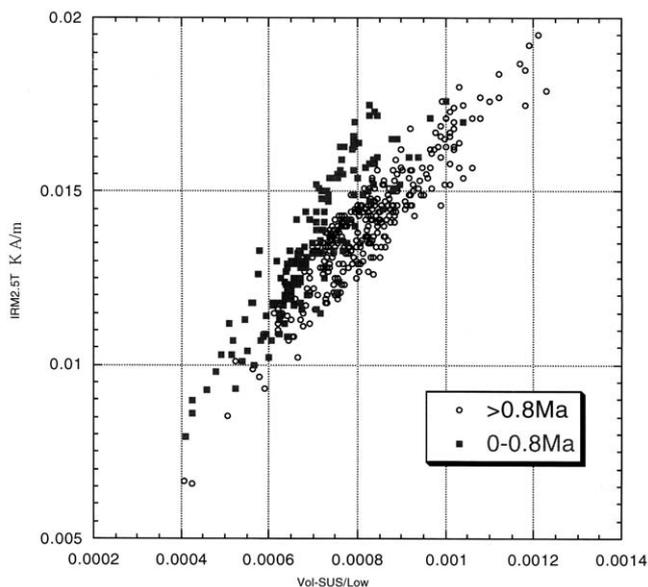


図7 KR9801P03, KR9801P04およびKR9801P05コアのSIRM と帯磁率の値。は0-0.8Maの試料を示し, は0.8 Ma より古い試料を示す。
 Fig. 7 Plot of specific SIRM against specific magnetic susceptibility of cores KR9801P03, KR9801P04, and KR9801P05. Square indicates samples of 0-0.8 Ma. Circle indicates samples older than 0.8 Ma does.

今後堆積物の組成の変化等を検討し, これら磁気特性の変化と同調するか検討してゆく必要がある。

6. 謝辞

磁化測定においては日頃よりマリンワークジャパン(株)の松尾和枝氏にお世話になっている。ここに厚くお礼申し上げます。

引用文献

- S Carde and D Kent, 1995, Revised Calibration of the geomagnetic polarity time scale for Cretaceous and Cenozoic, *J. Geophys. Res.*, **100**, 6093-6095.
- J. Bloemendal, J. King F. Hall and S.-J. Doh, 1992, Rock magnetic of late Neogene and Pleistocene Deep-Sea Sediments: Relationship to Sediment Source, Diagenetic Processes, and Sediment Lithology, *Journal of Geophysical Research* **97**, 4361-4375
- X Fang, J Li, and R Van der Voo, 1999, Rockmagnetic and grain size evidence for intensified Asian atmospheric circulation since 800,000 years B.P. related to Tibetan uplift, *Earth and Planetary Science Letters*, **16**, 129-144
- K Fujioka, K Okino, T Kanamatsu, Y Ohara, O Ishizuka, S Haraguch and T Ishii, 1999, Enigmatic extinct spreading center in the West Philippine backarc basin unveiled, *Geology*, **27** 1135-1138

K Fujioka, T Kanamatsu, Y Ohara, H Fujimoto, K Okino, C Tamura, S. Lallemand, A Deschamps-Boldrini, J Barretto N Togashi H Yamanobe6 and A SO, 2000, Geophysical swath mapping of the Parece Vela Rift and Central Basin Fault in the Philippine Sea- STEPS-IV cruise summary report, JAMSTEC Journal of Deep Sea Research, **17**, 65-72

F Inagaki, K Takai, T Komatsu, T Kanamatsu, K Fujioka, K Horikoshi, 2000, Archaeology of Archaea Reveals the

Pleistocene Geothermal and Hydrothermal Events Concealed in Subseafloor Environment, *AGU Fall Meeting*

N. Thouveny, E. Moreno, D. Delanghe, L. Candon, Y. Lancelot, and N.J. Shackleton, 2000, Rock magnetic detection of distal ice-rafted debris: clue for the identification of Heinrich layers on the Portuguese margin, *Earth and Planetary Science Letters*, **180**, 61-75

(原稿受理 : 2001年1月16日)