

中央太平洋海盆北部の深海底堆積物コアの残留磁気測定

上 嶋 正 人*

JOSHIMA, Masato (1983) Measurement of remanent magnetization of deep-sea sediment cores from the northern Central Pacific Basin. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 34 (1), p. 1-9.

Abstract: Remanent magnetization was measured for deep-sea piston-cores obtained from a depth of 5,500 m in the northern Central Pacific Basin. Geological age of the sediments was determined from patterns of magnetic orientation referred to standard geomagnetic stratigraphy and micropaleontologic data. Three cores out of the four cores measured showed stable remanent magnetization suggesting ages corresponding to changes of magnetic direction. Cores P137 and P141 show a continuous sedimentation throughout the Upper Pleistocene and Recent. The bottom of P137 shows the Oligocene, which suggests a hiatus in-between. P138 shows a discontinuity at a depth of 2.5 m, which implies a hiatus between the Early Miocene (23 Ma) and the Late Pliocene (2 Ma).

要 旨

中央太平洋海盆北部の深海底(水深約 5,500 m)からピストンコアラーにより採取された堆積物試料の堆積残留磁気を測定した。試料の正帯磁, 逆帯磁のパターンと標準的古地磁気変動パターンを比較するとともに, 部分的に得られた微化石年代と組み合わせて試料の年代の同定を行った。堆積物の4本の柱状試料のうち3本について詳細な年代が求められた。P137では約 1.5 Ma 前より現在まで連続的に堆積しているが, それ以前に堆積間隙が存在するらしい。P137から約 5 海里はなれたP138では 2.5 m に岩相の不連続があり, その上位では約 1.9 Ma 前より現在まで連続的に堆積している。下位は中新世前期の微化石を含み 23.5-22.9 Ma と考えられる。P141では約 1.5 Ma の前より現在まで連続的に堆積していて最下部でも古い時代を示す微化石は発見されていない。P141の採泥点でさらに長い柱状試料を採取して同様な堆積の不連続が発見されれば約 1.9 Ma 前に中央太平洋海盆に広く堆積間隙が存在した可能性が示される。

1. 緒 言

深海底堆積物の年代同定には, 微化石による方法, 放射性同位元素を用いる方法, 古水温を酸素同位体比により追跡してそのパターンから求める方法, 堆積残留磁化の方向のパターンから求める方法等があり, それぞれの

適用法に特徴がある。たとえば前2者は絶対年代が数点で求められるが詳細を知ることが困難である。後2者は詳細が求められるが, 絶対年代が求められず単独では年代同定が困難なことが多い。一般には前者と後者から1つづつ以上の方法を組み合わせて年代を同定する場合が多い。しかし水深が約5,500 m をこえるような深海盆では, 水深が炭酸カルシウム補償深度 (CCD) をこえるため石灰質微化石が溶失している。そして主として遠洋性粘土が分布し, 放射虫類のような珪質微化石も石英化されていて同定が困難であり, 微化石による年代同定が不可能なことが多い。放射性同位元素法は原理的には有効であるが深海底堆積物中の存在量が微量であるため扱いが困難である。従って CCD 以深の深海底堆積物のコアに対しては堆積残留磁気の測定による正帯磁・逆帯磁のパターンから年代を推定する方法が極めて有力となる。しかし, この場合においても, もし入手できれば微化石のデータによりチェックする方がより信頼できる結果を生む上に良いことはいうまでもない。

筆者は中央太平洋海盆で得られた柱状堆積物の堆積残留磁気測定を行い, その中の1本ではたまたま微化石による年代が求められたので磁化方向のパターンによる堆積年代の同定を行い, 堆積過程を推定した。結果の概要についてはすでに報告したが (JOSHIMA, 1981), その後の検討結果を含めて, ここにあらためて報告する。この研究を行うにあたって, 東京大学海洋研究所の小林和男教授より数々の御教示を頂いた。厚く御礼申し上げる。

* 海洋地質部

2. 堆積物コアの概要

扱った試料は、工業技術院特別研究「深海底鉱物資源探査に関する基礎的研究」のGH79-1航海において中央太平洋海盆の北部から得られたピストンコアである。ピストンコアは6 m長、内径70 mmであり、得られた試料の長さは4-5 mであった。ピストンコアで得られた堆積物コアは、P137, P138, P140, P141である。その位置等を第1表に、位置の概略を第1図に示す。4カ所の位置関係は最も近いもので互いに10 km、遠いものでは500 kmほど距たっている。これらは水深約5,500mの深海盆に位置する。堆積物は遠洋性のいわゆる赤粘土(red clay)であり色は褐色から暗褐色を示す。最上部に珪質粘土(siliceous clay)を含むものもある(第2図)。

3. 測定

ピストンコアで採取された堆積物のコアから堆積物の試料の小片を取り出して堆積残留磁気を測定した。小片は $2.2 \times 2.2 \times 2.0 \text{ cm}^3$ の直方体の塩化ビニールのケー

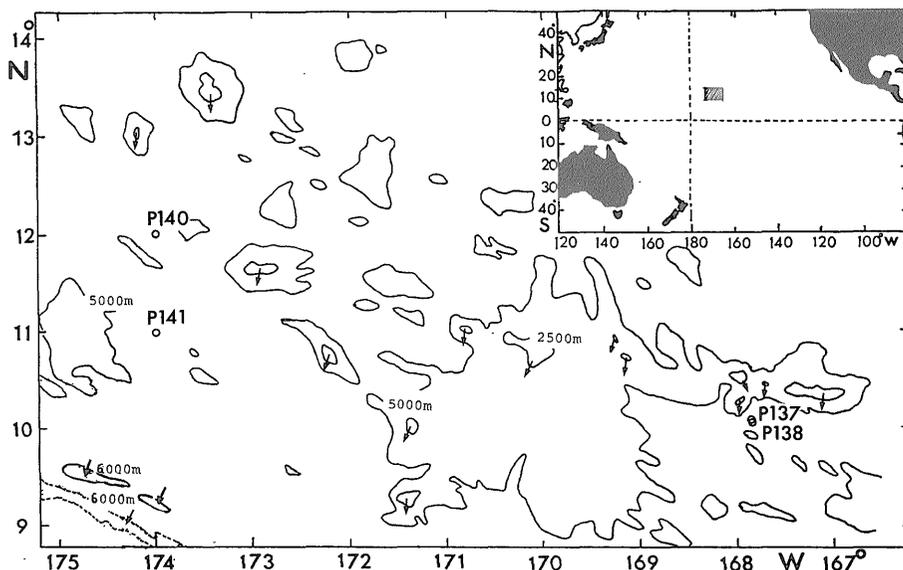
第1表

コア名	緯度(N)	経度(W)	水深(m)	岩相
P 137	10°01.72	167°49.7	5291	粘土
P 138	09°59.21	167°47.4	5270	褐色粘土
P 140	11°59.29	174°00.8	5601	暗褐色粘土
P 141	10°58.74	174°00.9	5541	暗褐色粘土

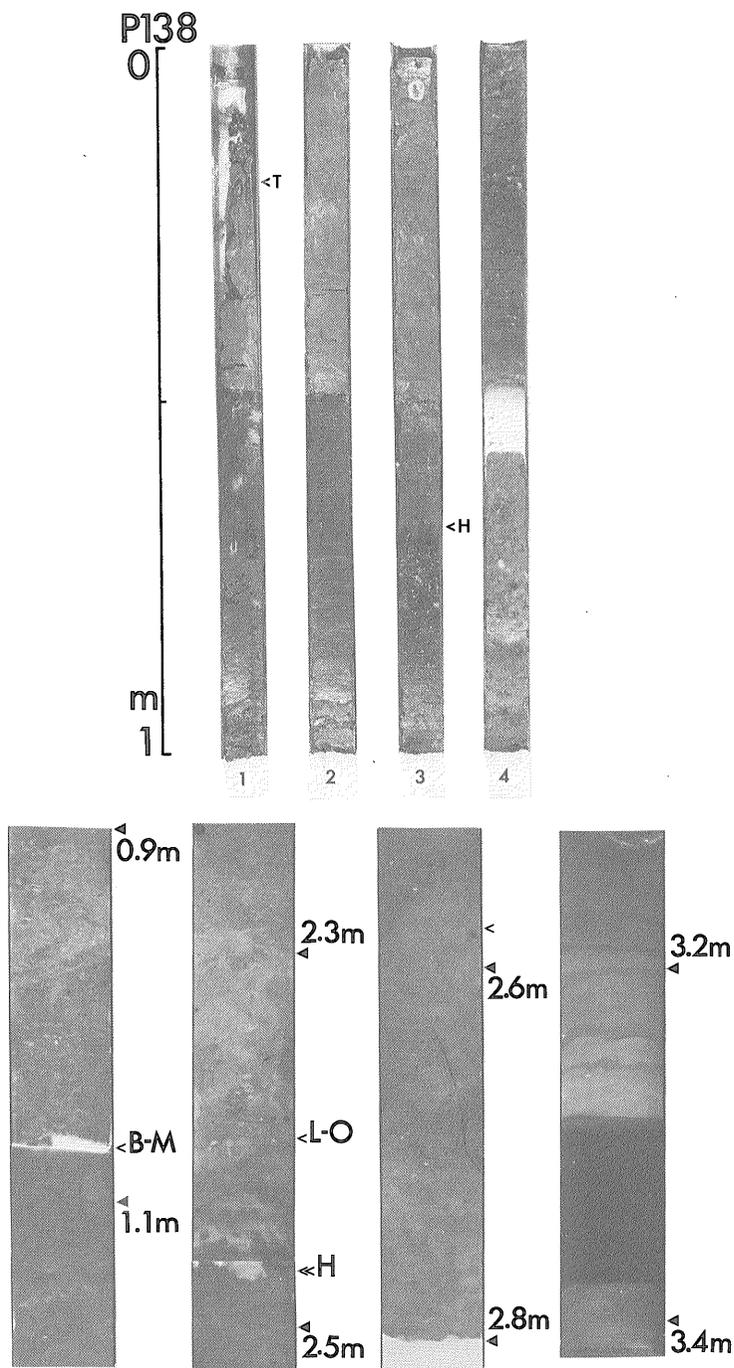
スによりコア(直径70 mm, 軸方向二つ割り)から船上において採取直後に連続的に採取した。コアの軸は鉛直方向である。直交座標の3軸のうち鉛直以外の2方向は水平面内の直交2方向であるが、定方向でないため相対的な方位だけを知ることができる。これは測定結果のうち偏角(declination)の絶対値(北から東廻りの方位)を知ることができないということを意味している。

ピストンコアが深海底の堆積物中に貫入する際、コアの軸が鉛直方向からどの程度ずれているかは厳密には不明である。しかし、コアにコア方位検知装置(COD)をつけた結果では鉛直から4°以内であったという例がある(HAMMOND, 1974)。事実、今回扱ったコアに関しては、P138では白色の石灰質軟泥の薄層がコア内壁にたいしてほとんど直交している。

試料の堆積残留磁気の測定は陸上の実験室で行われ、採取後30-50日を経ている。その間温度や磁場により試料の磁化を損わないように注意して取扱った。測定は採取した試料小片にたいして9つおき(22.5 cmに1点)に自然残留磁気(NRM)を測定した。その後1つおき(4.5 cmに1点)に交流消磁を行ってから測定した。堆積残留磁化を測定するには堆積残留磁化に付加している粘性残留磁化を消去する必要があり、交流消磁はそのために行う。粘性残留磁化は時間の対数で増加してゆく性質を持っており、長期間一定方向の磁場の中に試料を放置しておいた場合大きな磁化を示すようになるのであるが、安定性は弱く、弱い交流消磁で取り除ける。ここでは交



第1図 堆積物の柱状試料を採取した中央太平洋海盆(ハワイ諸島の南西方向)の略図と地形図
図中の等深線には6,000 m, 5,000 m及び2,500 mの3種が描かれている。図中の矢印は深くなる方向を示している。



第2図 深海底堆積物の柱状試料P138の写真, 及びその一部の軟X線写真

写真では上から下へと番号の順に続く。軟X線写真は左から順に堆積残留磁化の方向が反転している部分 (0.9-1.18 m), 岩相の変化している部分 (2.23-2.80 m), 及び微化石により年代の同定された部分 (3.14-3.42 m) である。微化石の出た部分が黒っぽくなっているのは、物質がちがうためX線に対する吸収度が変化していることを示す。ラミナ状の構造は黒い部分においてもその上部と同じように続いている。

流消磁のために交流磁場の値を100 Oe(エールステッド)¹⁾とし、周波数には商用電源の50 Hz(ヘルツ)を用いている。消磁法はCREER(1959)が用いた方法で、一軸性交流磁場(50 Hz)の中で試料を3軸方向とも均一に回転させながら交流磁場の強さをなめらかに増減させるものである。交流磁場の強さをなめらかに減少させるため、水の入った容器を用いて中の水を抜き、水面が下がるに従って中の銅線と水の接触面積を減少させて磁場を作るコイルに流れる電流を減少させる方法を用いている。

4. 堆積残留磁気測定の結果

P 137, P 138, P 140, P 141の測定結果をそれぞれ第3図a, b, c, dに示す。各コアとも深さ0 m付近に測定値がないのは、試料の入った内管の上端切口を0 mとし、最上部で試料が流れている部分は小片の試料採取を行わなかったためである。消磁前の自然残留磁化の測定は10個に1個の割合で(23 cmに1点)測定されているので折れ線で示されているデータは間隔が粗くなっている。強度はemu(電磁単位)/g(重量)を単位にして表示してあり 10^{-5} emu/g程度の強度である。偏角は右廻りの角度を横軸の右方向に取り1目盛を 60° としているので帯磁方向の反転に対しては約3目盛(180°)の変化があらわれる。堆積物コア採取の際の方位は測定されていないので絶対的な方位は不明であり図のような相対的表示をした。伏角は水平面から下向きを正として1目盛 15° としており、磁化方向反転の際には正負が逆になる変化があらわれる。

なお調査域に近い地点、北緯 10° 、西経 170° のIGRF(国際標準地球磁場)による計算値は全磁力33,300 nT(ナノテスラ)、偏角 $+10^\circ$ 、伏角 $+15^\circ$ である。P 140を除く各堆積物コアの測定結果では、最上部1 mでの伏角正(+)の部分についての伏角の平均値は 15° - 20° でありIGRF値の伏角値とほぼ一致している。

4.1 P 137

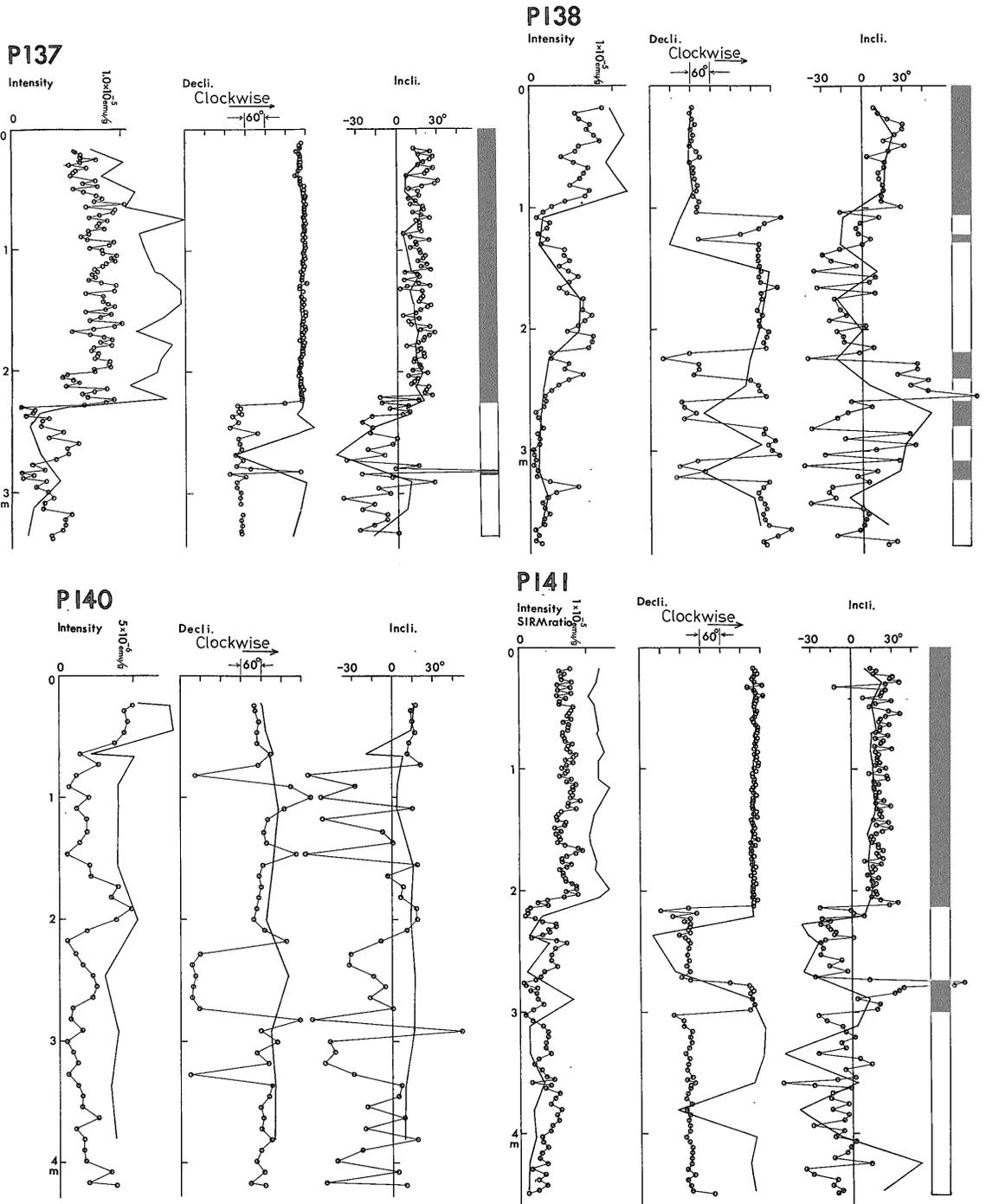
海底下2.25 mで磁化方向の反転があらわれる。偏角が約 180° 変化し、伏角でも符号が逆転している。強度は逆転場所の近傍では周辺部分の堆積残留磁化強度の数分の1に減少していて、それらは磁化方向逆転部分の一般的現象と思われる(KAWAI *et al.*, 1975)。また消磁後の堆積残留磁化の強度を見ると逆転部分の上位では約 1.0×10^{-5} emu/gであるのに対し、下位では約 0.4×10^{-5} emu/gであり上位の40%程度にとどまる。伏角は逆転部の上位で約 15° であり方向は安定しているが、下位では約

-15° を中心としてかなり値がばらついている。この伏角の値は現在のIGRF値(伏角 $+15^\circ$)と良く一致している。以下、この正、逆帯磁のパターンを標準的古地磁気パターンと対比させるのであるが、参考までに0-2.6 Maのパターンと名称を第4図に示す。P 137では海底表層に20万年前より出現した*Collosphaera tuberosa*(Haeckel)等の第四紀後期の微化石が存在する(NISHIMURA, 1981)ので海底面から2.25 mまでが正帯磁のブルンヌ期に対比され、2.25 mより下位が逆帯磁の松山期に対比される。逆帯磁部の中の深さ2.82 mの部分に試料1個(約2.2 cm)分であるが正帯磁部が出現しており、ハラミロ・イベント(正帯磁)に対応すると考えられる。ブルンヌ期の始まりを0.72 Ma(Ness, 1981, 以下年代はこれによった)、ハラミロ・イベントの始まりを0.97 Maとすると、現世ブルンヌ松山境界、同境界-ハラミロ・イベント開始のいずれについても、平均堆積速度は3.2 mm/1000年と計算される。このコアではオールドパイ・イベント(正帯磁)で年代は1.87-1.66 Maに対応する正帯磁部は得られていない。またこのコアの最下部(海底下3.5 m: コアキャッチャー)から漸新世後期(26.5-25 Ma)の石灰質ナンノ微化石(*Sphenolithus ciperoensis* Zone, *Cyclicargolithus floridanus* Subzone)が得られている(NISHIMURA, 1981)。すなわちコア最下部とその上位の間には不連続が認められる。

4.2 P 138

P 137の南方5海里の地点で採取された。堆積残留磁気の測定結果から考えて、海底表層の部分は正帯磁であり、1.07 mより下で反対方向を示す部分は逆帯磁である。1.07 mより下位には、1.25 m付近に正帯磁部があり、また2.18-2.4 mにも正帯磁部が存在する。このパターンは第4図の堆積速度曲線がほぼ一直線になることから考えて、上からブルンヌ正帯磁期、ハラミロ・イベント、オールドパイ・イベントに対応させられる。これらの下位の2.5 mに岩相の不連続がみられ、オールドパイ・イベント以前に堆積間隙が認められる。その不連続の下位では微化石年代によれば、3.37 mに再堆積作用を受けた漸新世前期の化石(*Helicosphaera reticulata* Zone)を含む中新世前期の化石(*Triquetrorhabdulus carinatus* Zone, *Discoster deflandrei* Subzone, 21-23 Ma)があり、最下部(3.9 m)のコアキャッチャーの部分でも同様な中新世前期の化石が存在する(NISHIMURA, 1981)。P 137の最下部では不連続面が検出できなかったので全く同じとはいえないが、同様の不連続と考えられる。P 137ではオールドパイ・イベント以後、ハラミロ・イベント以前のある時期に、漸新世の微化石を含む乱泥流の影響を受けたためコアキ

1) SI系との関係は、1 Oe=0.1 mT(ミリテスラ)である。



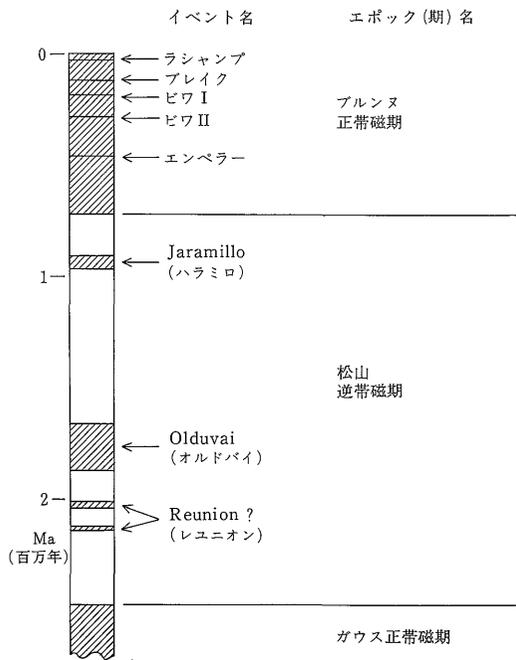
第3図 P137, P138, P140, P141の各堆積物の柱状試料の残留磁気測定結果

各柱状試料とも左から強度 (Intensity), 偏角 (Declination), 伏角 (Inclination), 及び正, 逆帯磁の想定されるパターン (黒: 正帯磁, 白抜き: 逆帯磁) である。また各図の折れ線は消磁前の測定値を結んだものであり, 白丸は交流消磁後の測定値を表示したものである。縦軸は堆積物の柱状試料中の深さをとっている。偏角は相対的な値で時計方向を正として1周を360度で表示している。伏角は下向きを正として+側に表示している。

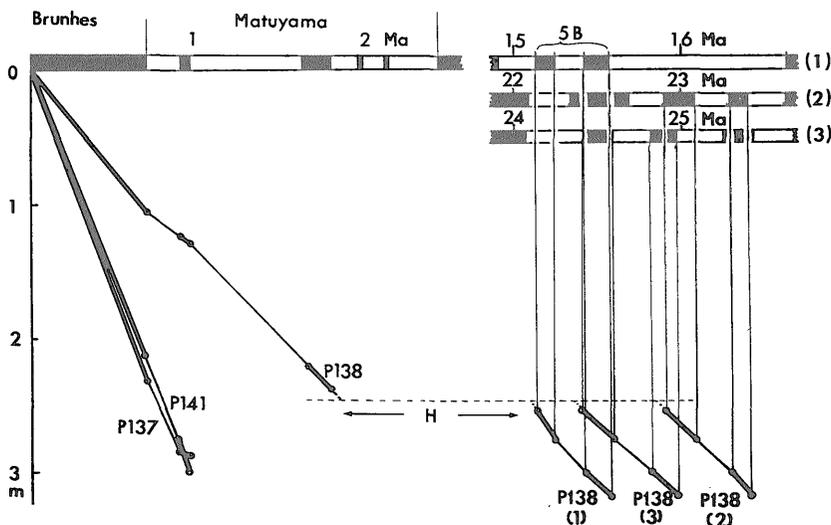
ヤッチャーの深さに微化石が存在するか、またはその時期に何らかの理由で侵食をうけ漸新世の微化石を含む地層まで削りとられ、その後堆積を再開したか、あるいは漸新世以後その時期まで無堆積であったかのいずれかの原因で堆積間隙が生じたと考えられる。P 138でも同様の原

因が考えられるが、2.5 m より下位での堆積残留磁化が上位のそれに比べて弱くやや不安定になっている事から考えて、下位はかなり古い時代のものではないかと推定される。P 138の不連続の下位には 2.57-2.75m と 3.05-3.23m に正帯磁を示す部分があり磁気層位による年代推定を行った。第 5 図の右側に磁気的なパターンから可能な 3 通りの年代に対応する堆積速度曲線を示す。5 Ma より古い磁気層位は海洋底の拡大による磁気縞紋様から求められている。これらには正帯磁に対して名がつけられている (HEIRTZLER *et al.*, 1968)。第 1 の可能性は磁気異常番号 5 B 付近に相当するもので中新世中期である。第 2 は 23 Ma 付近のもので中新世前期である。第 3 は第 2 の時代より 2 Ma ほど前で 24.5 Ma 付近で、時代は第 2 と同じ中新世前期である。第 2、第 3 とも磁気異常番号では 6 と 7 の間に入る。しかし第 3 の場合は最下部の逆帯磁部が少し長すぎることになり、第 1 の場合は微化石の中新世前期という年代とあわない。中新世前期という年代と矛盾がなく、しかも堆積速度曲線の直線性が良いのは第 2 の考え、中新世前期 23 Ma 付近である (第 5 図の P 138, (2) に示される)。

堆積間隙の存在という点では、この採掘点の南東 300 km に DSDP のサイト 165 があり、WINTERER (1973) によれば、近くの海底表層の反射記録に侵食の跡があって、年代は推定であるが、中新世前期と中新世後期の間に同様の堆積間隙の存在が示されている。サイト 165 はライン



第 4 図 標準的古地磁気パターンとその名称



第 5 図 P 137, P 138, 及び P 141 の堆積速度曲線

第 2 図で示された正、逆帯磁のパターンを微化石年代を考慮に入れた上で年代との関係を示したもので横軸は年代、縦軸は堆積物の柱状試料中の深さを表している。P 138 では堆積の欠陥が考えられ図中 H で表示してある。右側の 3 つの堆積速度曲線：(1)、(2)、及び(3)は P 138 において正、逆帯磁のパターンから想定される 3 つの時代に対応させて描いたもので、微化石年代からは (2) がよく合うと思われる。

諸島の海山列に近く、海山の周辺では底層流が発達しやすい点、タービダイトの供給を受けやすい点などで同じく海山に近いP 138を採取した採泥点と良く似た条件にあると思われる。サイト165では、サンプリングされていないが、音波探査記録の解析により上部6 mほどの中に中新世前期から第四紀までの堆積物が含まれていると推定されており、P 138と良く似た構造になっている。WINTERER (1973) は、堆積間隙の有力な原因として、その間における堆積物の供給量の絶対的な減少と底層水による侵食をあげており、その原因として新生代の水期とそれによる環南極域の大量の底層水の存在が示唆されている。P 137ではコアキャッチャー部は漸新世であり、その上位はオールドパイ・イベントの後、ハラミロ・イベント以前のある時期以降連続的に堆積している。P 138にみられる不連続の下位は中新世前期に堆積し、上位はオールドパイ・イベントの直前以降連続的な堆積をしている。この連続的な堆積の再開時期については、P 137ではオールドパイ・イベントの後 (ハラミロ・イベント以前の堆積速度が小さかったとして推定で 1.5 Ma) であり、P 138ではオールドパイ・イベントの直前 (推定で2.0 Ma) となり、その年代差は底層流の勢いの差によって生じ、P 137では後々まで影響を受けて堆積物が流されて残らなかったとすれば、同じ時期に堆積作用を開始したと考えることができる。

4.3 P 140

このコアには磁化が不安定な部分が多い。そのような部分からの試料は50 Oe の弱い消磁によって堆積残留磁化は数分の1に減少し、その後のくり返し消磁やより強い消磁に対しても安定した方向を示さない。第3図に示したデータは50 Oe の消磁をほどこした直後に測定したものである。このコアの最上部では他のコア (P 137, P 138など) に比べると第四紀を示す微化石は得られず、また堆積残留磁化の点でもより不安定であり最上部がブルヌ期の正帯磁を示しているという証拠はない。

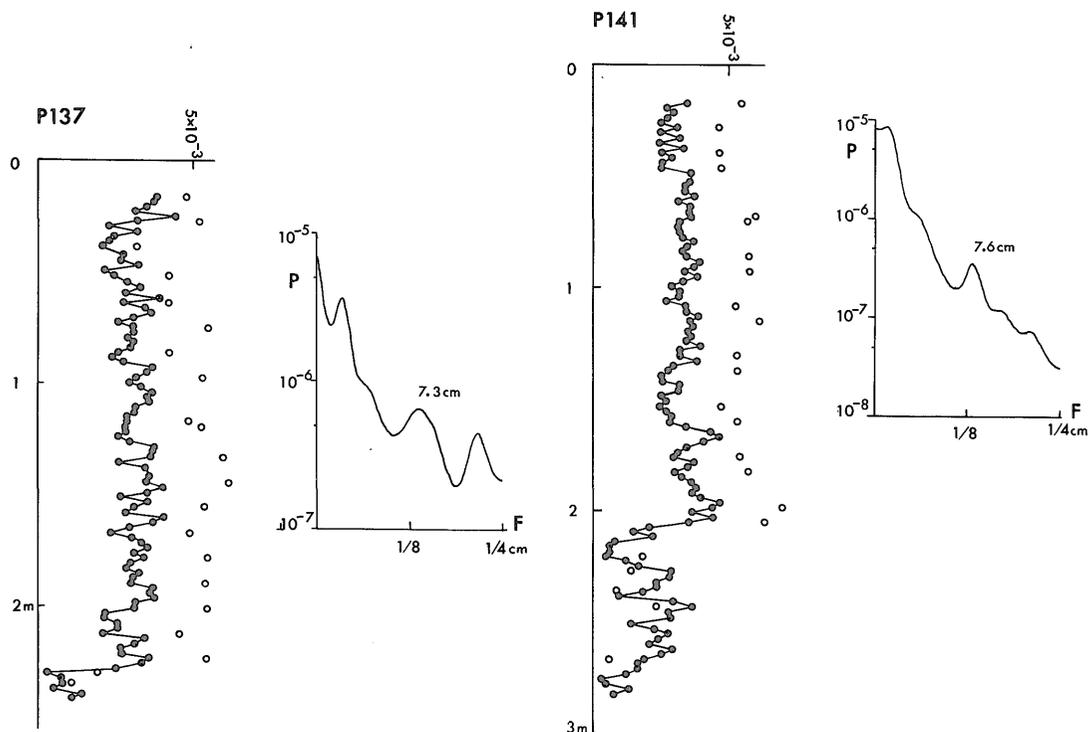
4.4 P 141

2.05 m までは伏角が正の正帯磁、それ以深2.75 m まで逆帯磁があらわれる。その下位2.75-3.0 m に正帯磁部があり、さらに下位では最下部まで逆帯磁が続く。2.05 m より上部をブルヌ正帯磁期 (0.72-0 Ma) に対応するとすれば、上記の2.75-3.0 m がハラミロ・イベント (0.97-0.91 Ma) に相当する。このコアではP 138の2.5 m にみられたような岩相上の不連続もなく一様に堆積している。したがって最下部はハラミロ・イベント部より堆積速度一定と仮定して外挿するとオールドパイ・イベント (1.87-1.66 Ma) より新しく 1.5 Ma 程度であると推定で

きる。海山列に近いP 137, P 138とはちがって海盆の中央部にあり底層流の影響など同じとはいえないが、同様に深海盆中央部にある DSDP サイトの170においても海底下数mで第四紀から中新世前期の堆積物に変化しており、P 141においてもあと2-3 m 長い堆積物コアが採取できればP 137, P 138と同じような堆積間隙が発見されたかもしれない。

5. ブルヌ期の磁化変動解析について

これまで深海底の堆積物の年代を求めるために堆積残留磁気の測定を行った場合72万年前のブルヌ-松山境界以後には年代を求める基準が存在しなかった。たしかにブレイク・イベント、ビロ I, II など短いイベントがいくつか存在する事は知られているが、深海底の堆積速度の遅いコアの場合には変化がマスクされてしまい測定にかからない事が多い。このようなコアでも何らかの変化を検出できるとしたらより長周期の変動だけであり偏角や伏角、あるいは強度等の中にそのような長周期変動成分がかくされていないかどうか調べてみる必要がある。NITSUMA (1977) によれば7 m でブルヌ-松山境界のあらわれるコアで zone-magnetization モデルで磁化を固定するための depth-lag は 39.9 cm であり、 $39.9 / 700 \times 72 \text{ 万年} \div 4 \text{ 万年}$ よりも短い周期の変動はあらわれにくくなっているといえる。もちろん2万年程度になるとなくなるというわけではないが、残される記録の変化量が小さくなってしまいう事である。このオーダーより長い周期の変動を解析するため、表層からブルヌ松山境界 (0.72 Ma) まで連続的に堆積していると考えられるP 137とP 141について精密に測定した。これによってブルヌ期内の古地球磁場の変化の情報が得られ、すべてのコアの磁化変動に共通する周期性がみつかるならば、ブルヌ-松山境界に達しないコアでも内部の年代が求められるようになる。ここではP 137とP 141のそれぞれ2.3 m 長、2.1 m 長のブルヌ期に相当する全試料について堆積残留磁化強度、偏角、伏角を測定した。特に強度については正規化するために等温飽和残留磁化 (Isothermal saturated remanent magnetization : 以下 ISRM と略称) を測定し、強度と ISRM の比を求める事で古地球磁場強度をあらわす指数 (ISRM 比) を得ている。強度は偏角、伏角に比べて試料小片採取時の誤差が生じにくいと思われるので、ISRM 比についてだけ波数スペクトル解析を行ってみた。結果は ISRM 比とともに第6図a, b に示してある。この0.72 Ma 前から現在の堆積物コアの堆積残留磁気の波数スペクトル解析については OKUBO and TAKEUCHI (1979) が25,000年の周期性を指摘してい



第6図 P137, P141の残留磁気/等温飽和残留磁気比, 及びブルヌ期の同比の変動の波数解析
 P137では深さ方向の7.3cmに, P141では7.6cmに変動の周期性を示すピークがあらわれている。

て, P137, P141でも第6図にみられるように同じような周期がみい出されている。この2本の柱状試料で $1/7 \cdot \text{cm}^{-1}$ の波数のピークがみられ, 堆積速度を $3.2 \text{ cm}/1,000\text{年}$ とすれば波長(波数の逆数) 7 cm は $22,000\text{年}$ に相当するので OKUBO and TAKEUCHI (1979) の指摘とほぼ一致する。しかし, 今回の測定での試料の鉛直方向の長さは1個あたり 2.2 cm であるから波長 7 cm というのは試料3-4個で1波長をあらわすことになり, 測定誤差の影響をうけた可能性を含んでいる。より綿密かつ精密な試料採取をすることにより検討を加えていく必要がある。

6. 結 語

堆積物コアの古地磁気学的性質から中央太平洋海盆北部の堆積物の年代の一端が明らかにされた。また堆積残留磁化の測定による磁気層位の手法で確実に年代を求めるためには, コアの最上部から最下部まで途中に不連続がないこと, または不連続があればその位置が判明していること, そしてそれらの連続した柱状部分に1つ以上年代の判明する化石データが存在している事が必要あるいは望ましい。P137, P138, P141はそれらの条件を

みたしている。またP140は不安定な堆積残留磁化を持つ堆積物である事が示されたが, この磁性的不安定の原因の解明が問題として残されている。またブルヌ期内の堆積残留磁気の変動解析でも, $22,000\text{年}$ の周期性が存在するらしいことが示されたが, この点についても今後さらに密な測定をするなど検討を加える必要がある。

引用文献

- CREER, K. M. (1959) A.C. demagnetization of unstable Triassic Keuper Marls from S.W. England. *Geophys. J.*, vol. 2, p. 261-275.
- HAMMOND, S. R., THEYER, F. and SUTTON, G. H. (1974) Paleomagnetic evidence of northward movement of the Pacific Plate in deep-sea cores from the Central Pacific Basin. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 22, p. 22-28.
- HEITZLER, J. R., DICKSON, G. O., HERRON, E. M., PITMAN, W. C. III and LE PICHON, X. (1968) Marine magnetic anomalies, geomagnetic field reversals, and motions of the

- ocean floor and continents. *J. Geophys. Res.*, vol. 73, p. 2119-2136.
- JOSHIMA, M. (1981) Remanent magnetization of deep-sea sediments in the GH79-1 area, in MIZUNO, A. ed., *Geol. Surv. Japan Cruise Rept.*, no. 15, p. 223-228.
- KAWAI, N. and NAKAJIMA, T. (1975) Vanished geomagnetism. *Proc. Japan Acad.*, vol. 51, p. 640-643.
- NESS, G., LEVI, S. and COUCH, R. (1980) Marine magnetic anomaly timescales for the Cenozoic and late Cretaceous: A precis, critique, and synthesis. *Reviews of Geophys. Space Phys.*, vol. 18, p. 753-770.
- NIITSUMA, N. (1977) Zone-magnetization model and depth lag of NRM in deep-sea sediments. *Rock Mag. Paleogeophys.*, vol. 4, p. 65-71.
- NISHIMURA, A. (1981) Deep-sea sediments in the GH79-1 area: their geological properties. *Geol. Surv. Japan Cruise Rept.*, no. 15, p. 110-142.
- OKUBO, S. and TAKEUCHI, T. (1979) Time series analysis of natural remanent magnetization in deep-sea sediments. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, vol. 56, p. 309-318.
- WINTERER, E. L. (1973) Regional Problems. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, vol. 17, Washington (U.S. Government Printing Office), p. 911-922.

(受付: 1982年7月19日; 受理: 1982年8月13日)