

八尾地域に分布する新第三系の古地磁気/珪藻化石層序

伊藤康人*・柳沢幸夫**・渡辺真人***

Yasuto ITOH, Yukio YANAGISAWA and Mahito WATANABE (1999) Magnetostratigraphy and diatom biostratigraphy of Neogene rocks distributed in the Yatsuo area, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 50 (3), p. 215-223, 9 figs., 1 appendix.

Abstract : Neogene sedimentary rocks in the Yatsuo area, central Japan, have been subjected to magnetostratigraphic and diatom biostratigraphic studies. On the basis of a progressive thermal demagnetization test for the mudstone samples of the lower Higashibessho Formation, reversed primary remanent magnetization was suggested although unstable magnetization hindered the determination of characteristic directions. Together with the previous stratigraphic framework, the present result indicates that the Higashibessho Formation is assigned to the upper part of the Chron C5Br of the standard geomagnetic polarity time-scale. Since well-established diatom marker horizons are identified in the formation, magneto-/ bio-stratigraphic correlation in Yatsuo provides an Early to Middle Miocene stratigraphic standard around the northwestern Pacific.

要 旨

八尾地域に分布する新第三系について古地磁気/珪藻化石層序学的研究を行った。東別所層下部の泥岩からは、不安定な磁化の影響で段階熱消磁によって初生磁化方向を決定できないものの、逆帯磁を示唆する傾向が得られた。これまで八尾地域で行われた古地磁気/化石層序学的研究の成果を総合すると、東別所層は標準地磁気層序の Chron C5Br 上部に対比される。同層では明瞭な珪藻化石示準面が見出されており、八尾における古地磁気/化石層序対比は前期~中期中新世の北西太平洋における標準となるものである。

1. はじめに

富山県の八尾地域(第1図)には、下部の火山岩と上部の堆積岩からなる新第三系が広く分布している。本地域は古くから北陸新第三系の模式地とされ、多くの地質学的研究が行われてきた(楨山, 1930; 坂本, 1966など)。1980年代になって、日本海が中新世に拡大したことが古地磁気学的研究によって示された(Otofujii *et al.*, 1985など)のを受け、日本海側に分布する新第三系の層相変化を縁海形成に関連付けて解釈する試みが盛んになった。

八尾地域においては、早川・竹村(1987)が層序の再検討を行い、新第三系が不整合で下位の八尾層群と上位の砺波層群に分けられること、両者は岩相・構造・化石・堆積環境などの点で非常に異なることを明らかにした。そして彼らは、同地域から得られている多くの微化石/放射年代を検討し、八尾層群堆積時に生じた基盤の急激な沈降の原因を、15 Ma 前後と考えられる西南日本の回転(ならびに回転を起こした日本海西部の拡大; 第2図)に求めた。

このような層序学的研究を礎として、伊藤・早川(1988, 1989)は八尾層群から得られた古地磁気方位を総括し、標準地磁気層序への対比を試みた(第2図)。ここで彼らは、八尾層群最上部の東別所層最下部に認められた正帯磁の1地点を考慮して、東別所層を標準地磁気層序の Chron C5Bn に対比した(第2図破線)。これに対して、長谷川ほか(1990)は黒瀬谷層上部と東別所層の微化石層序の再検討を行い、これに基づいて、Hasegawa and Takahashi (1992)は東別所層を Chron C5Br に対比する案(第2図実線)を示した。しかしながら、詳細な根拠は示していない。いずれの解釈が適切であるかは、東別所層最下部の正帯磁データの信頼性にかかっている。

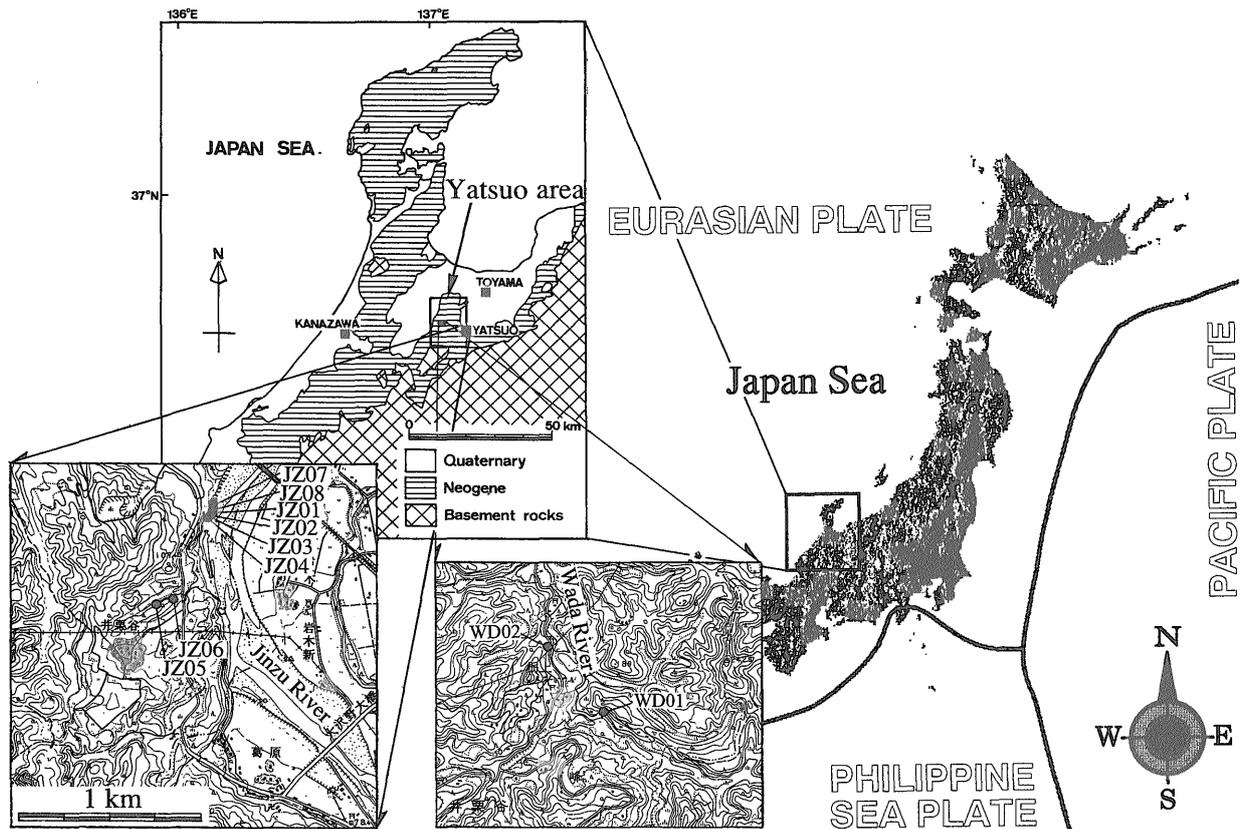
八尾地域では珪藻など多くの微化石層序示準面が得られており(伊東, 1986など)、信頼しうる古地磁気層序の確立は、日本海沿岸における縁海形成時の古環境の時空変化を明らかにするためだけでなく、北西太平洋における新第三紀標準層序を確立するためにも有意義である。特に北西太平洋で行われた海洋掘削調査(ODP Leg 145; Barron *et al.*, 1995)では、前期~中期中新世の古地磁

*大阪府立大学総合科学部自然環境科学科 (Department of Earth Sciences, College of Integrated Arts and Sciences, Osaka Prefecture University, Gakuencho 1-1, Sakai, Osaka 599-8531, Japan)

**地質標本館 (Geological Museum, GSJ)

***資源エネルギー地質部 (Mineral and Fuel Resources Department, GSJ)

Keywords : Yatsuo, Toyama, Japan, magnetostratigraphy, diatom, biostratigraphy, Neogene



第1図 調査地域周辺の地質ならびに古地磁気試料 (WD01, 02; JZ01~08) 採取地点位置図. 2万5千分の1地形図「宮森新」「八尾」の一部を使用。
 Fig. 1 Index maps showing distribution of the Neogene rocks around study area, and paleomagnetic sampling sites (WD01, 02; JZ01-08) on a part of topographic map "Miyamorishin" and "Yatsuo" at 1 : 25,000 scale.

気層序と珪藻化石層序の直接対比は成功していないので、八尾でのデータは重要である。本研究では、以上の現状をふまえて、八尾地域東部の神通川左岸ルートおよび同地域西部の和田川ルート（第1図）での古地磁気測定の結果を報告し、神通川ルートで確認された珪藻化石示準面（柳沢，1999）との層位関係を論じる。

2. 試料採取と古地磁気測定

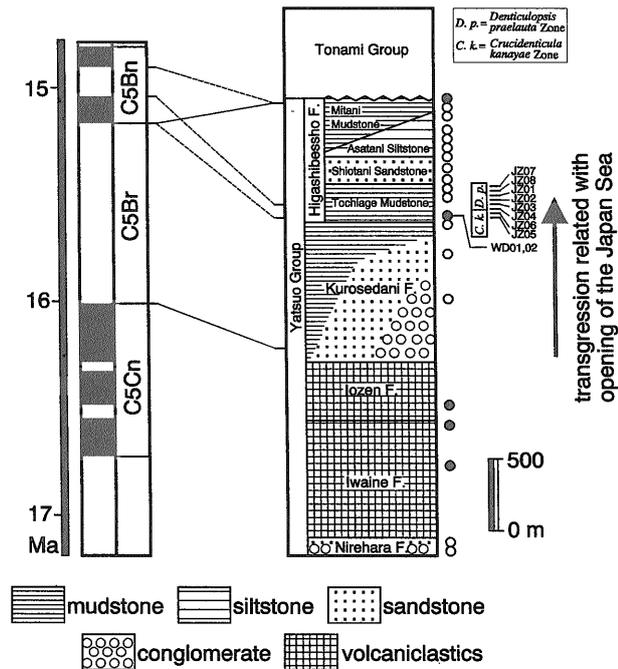
八尾層群は、下位より楡原層・岩稻層・医王山層・黒瀬谷層・東別所層からなる（早川・竹村，1987）。八尾地域西部では、黒瀬谷層最上部に山田中凝灰岩層が発達し、上位の東別所層と明瞭に区分される（早川・竹村，1987）。坂本（1966）は同凝灰岩層を八尾地域東部まで追跡している。東別所層は、下位より栃上泥岩部層・塩谷砂岩部層・浅谷シルト岩部層・三谷泥岩部層に区分される。試料は和田川と神通川左岸で採取した（第1図）。

和田川ルートでは、山田中凝灰岩層直上の栃上泥岩部層最下部にあたる泥岩を採取した。神通川左岸ルートにおいても、山田中凝灰岩層の上位になる珪藻質泥岩層か

ら試料を採取した。第2図では早川・竹村（1987）の岩相層序区分に準拠し、採取層準は栃上泥岩部層とした。

和田川ルートでの WD02（珪質泥岩）は伊藤・早川（1988）によって正帯磁とされた地点（YT25）と同一である。WD01は、これとほぼ同層準と考えられる泥岩を採取した。神通川左岸ルートでは、軽石の散在する塊状珪藻質泥岩より8地点（層準）で古地磁気試料を採取した（第1，2図）。JZ03地点のみ、3試料を珪藻質泥岩から、3試料を白色細粒凝灰岩から得ている。1地点につき4～6個の拳大試料を露頭から掘り出し、磁気コンパスを用いて方位付けを行った。

実験室に持ち帰った試料から、直径25mm高さ22mmの円筒形測定用試料片を切り出した。残留磁化の測定には、神戸大学と地質調査所の2-G Enterprise 製超伝導磁力計を用いた。作成した全試料片（1地点につき7～14個）の自然残留磁化を測定した後、1地点につき1～3個の平均的な磁化強度・方位を示すパイロット試料片を選び、段階熱消磁実験によって磁化の安定性を検討した。段階熱消磁は無磁場に近い空気中で、最高600°Cまで10～12段階で行った。その結果、消磁によって系統的な磁化方位



第2図 八尾地域の層序区分と従来の古地磁気データ, 本研究の古地磁気試料採取層準 (WD01, 02; JZ01-08). 岩相層序は早川・竹村 (1987) による。古地磁気層序 (丸印) は伊藤・早川 (1988) に基づき, 黒塗りが正帯磁, 白抜きが逆帯磁である。標準地磁気層序 (Berggren *et al.*, 1995) への対比案は, 破線が伊藤・早川 (1988), 実線が Hasegawa and Takahashi (1992). 珪藻化石帯は Yanagisawa and Akiba (1998) に基づく。

Fig. 2 Paleomagnetic sampling horizons (WD01, 02; JZ01-08) of this study with schematic lithostratigraphy of the Yatsuo area after Hayakawa and Takemura (1987). Previous magnetostratigraphic results are shown by circles after Itoh and Hayakawa (1988). Solid (open) symbols correspond to normal (reversed) polarity data. Possible correlation with geomagnetic time-scale (Berggren *et al.*, 1995) is shown by broken (Itoh and Hayakawa, 1988) and solid (Hasegawa and Takahashi, 1992) lines. Diatom zonation is after Yanagisawa and Akiba (1998).

変化がまったく得られなかった地点を除いて, 1地点ごとに4試料片を追加して段階熱消磁を行った。

3. 結果

和田川ルートでの WD01 では逆帯磁の残留磁化が確認できた (第3図) が, 熱消磁による試料の崩壊が激しく, 安定成分を分離することはできなかった。一方ほぼ同層準の WD02 では, 段階熱消磁によって安定な正帯磁成分が観察された (第4図)。この成分の方位は, 傾動補正前の状態で現在の地球磁場方位に近い。したがって, 伊藤・早川 (1988) の示した東別所層最下部の正帯極期は, 二次磁化成分を完全に消去できていないものである可能性が高い。

神通川左岸ルートで採取した珪藻質泥岩は, 一般に残留磁化が弱く (1×10^{-8} Am²程度) 不安定である。実験室内の地球磁場によって, 容易に粘性残留磁化を獲得する。熱処理の過程で磁化率が上昇して, 不安定磁化成分が成長する場合もある。

第5~8図に, 典型的な熱消磁結果を傾動補正前の状態で示す。残留磁化強度は300°Cまでの消磁レベルで減少が激しく, ベクトル投影図 (左) では現在の地球磁場方位に平行な正帯磁成分が目立つ。しかし, 高温でのベクトル方位を拡大した図や等面積投影図 (右) では, 消磁により磁化方位が反転する傾向が認められる。

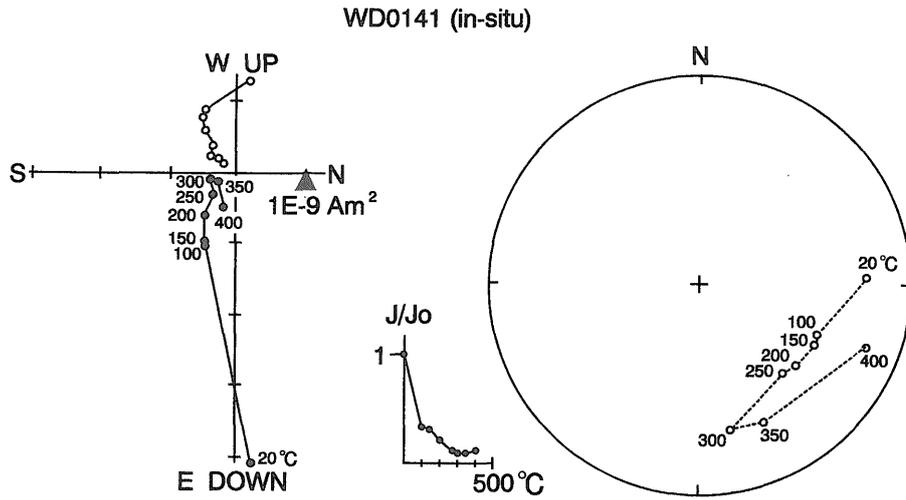
図に掲げた4地点では採取した定方位試料のすべてについて同様の変化が認められたが, 不安定磁化の影響が深刻で二次磁化を除去しきれないので, 今回の結果から初生磁化方位および極性を決定することは不可能である。残る3地点でも, いくつかの試料で, 熱消磁によって残留磁化方位が現在の地球磁場方位から遠ざかる傾向が認められた (付図参照)。

4. 考察

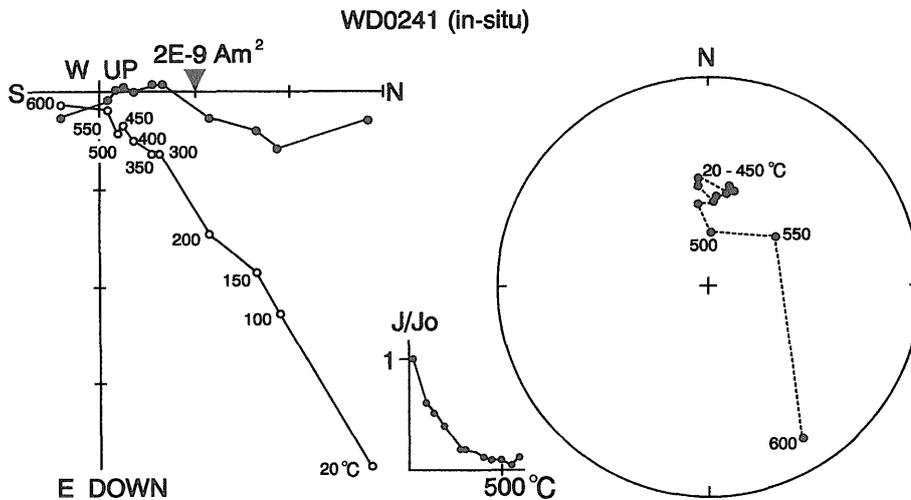
八尾地域 (和田川ルート) の東別所層下部の古地磁気測定結果は, 最上部を除く東別所層全体が逆帯極期にあたることを示唆している。第9図に, これまでの研究結果を総合した対比案を示す。下位より, 岩稲層と医王山層下部は, 伊藤・早川 (1988) の古地磁気極性と柴田 (1973) の放射年代に基づき, 標準地磁気層序 (Berggren *et al.*, 1995) の Chron C5Cn に対比される。伊藤・早川 (1989) の結果により, C5Cn 上限は医王山層中部に引かれる。医王山層上部・黒瀬谷層・東別所層 (最上部以外) からは逆帯磁データのみ報告されているので, これら一連整合に堆積した地層の逆帯極期は, Chron C5Br に対比される。珪藻化石層序に関しては, 東別所層下部で Akiba (1986), Yanagisawa and Akiba (1998) の *Crucidenticula kanayae* / *Denticulopsis praelauta* 帯境界と *Denticulopsis praelauta* / *Denticulopsis lauta* 帯境界が見出されている (第9図; 柳沢, 1999) ので, これらの示準面は Chron C5Br に対比されることになる。

これは北陸の他地域で得られている結果と調和的である。Itoh and Ito (1989) は Koizumi (1985) の *Actinocyclus ingens* 帯, すなわち Akiba (1986) の *Crucidenticula kanayae* 帯 (NPD3A) に対比される金沢の七曲層や, 浮遊性有孔虫層序の Zone N.8/N.9 境界を含む大聖寺の中新統から古地磁気方位を報告しているが, それらはすべて逆帯磁である。

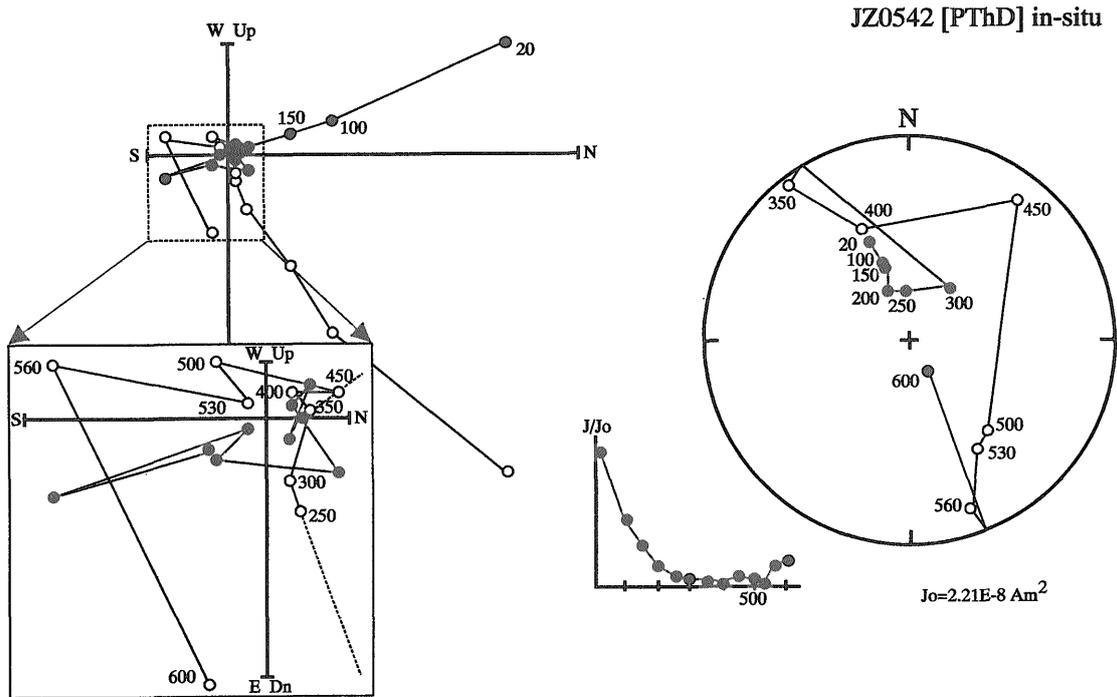
北陸以外で同時代の古地磁気/珪藻化石複合層序について研究が行われた地域としては, 東北日本太平洋側の松島丘陵があげられる。Yamazaki (1989) は新第三系松島湾層群の古地磁気層序を検討し, *C. kanayae* / *D.*



第3図 WD01地点における段階熱消磁結果。傾動補正前の磁化方位を vector-demagnetization 図にプロットしたものを左側に示す。黒丸は水平面、白丸はN-S方向の垂直面への投影。右側には等面積投影図(黒丸は下半球、白丸は上半球投影)と磁化強度減衰曲線を示す。図中の数字は消磁温度(°C)である。
 Fig. 3 Result of progressive thermal demagnetization test for site WD01. Vector-demagnetization diagram is shown on the left in in-situ coordinates. Unit of coordinates is bulk remanent intensity. Solid and open circles are projections on horizontal and N-S vertical planes, respectively. Equal-area net and normalized intensity decay curve are shown on the right. Solid and open circles are on the lower and upper hemispheres of the net, respectively. Numbers attached to symbols are degrees in Celsius.

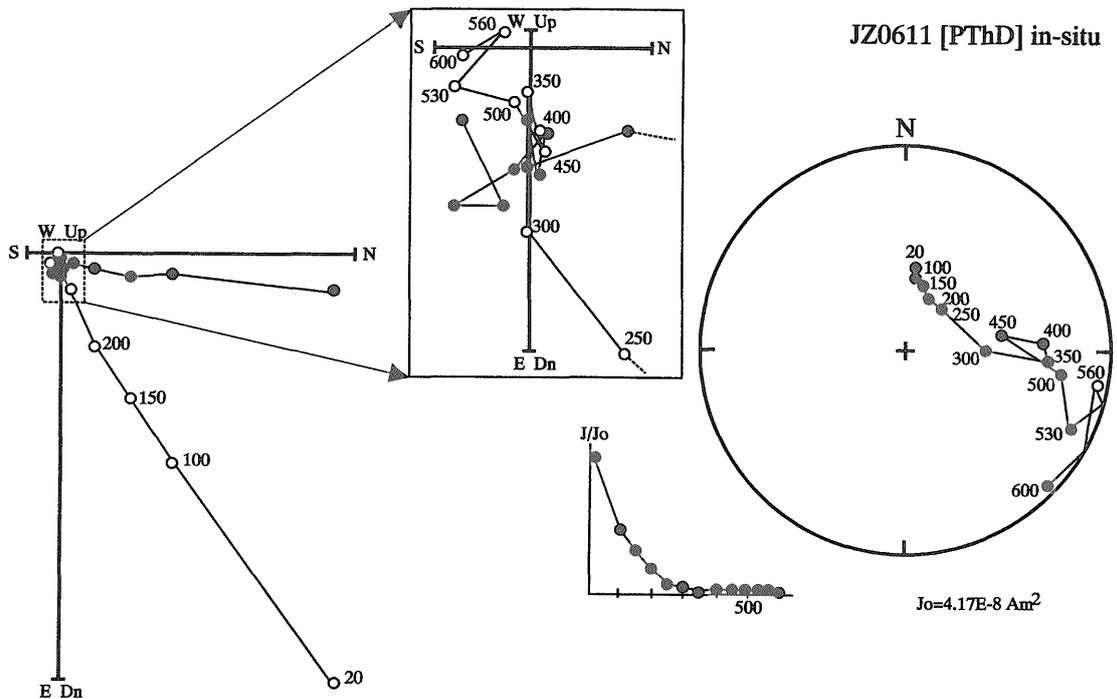


第4図 WD02地点における段階熱消磁結果。凡例は第3図参照。
 Fig. 4 Result of progressive thermal demagnetization test for site WD02. See Fig. 3 for annotations.



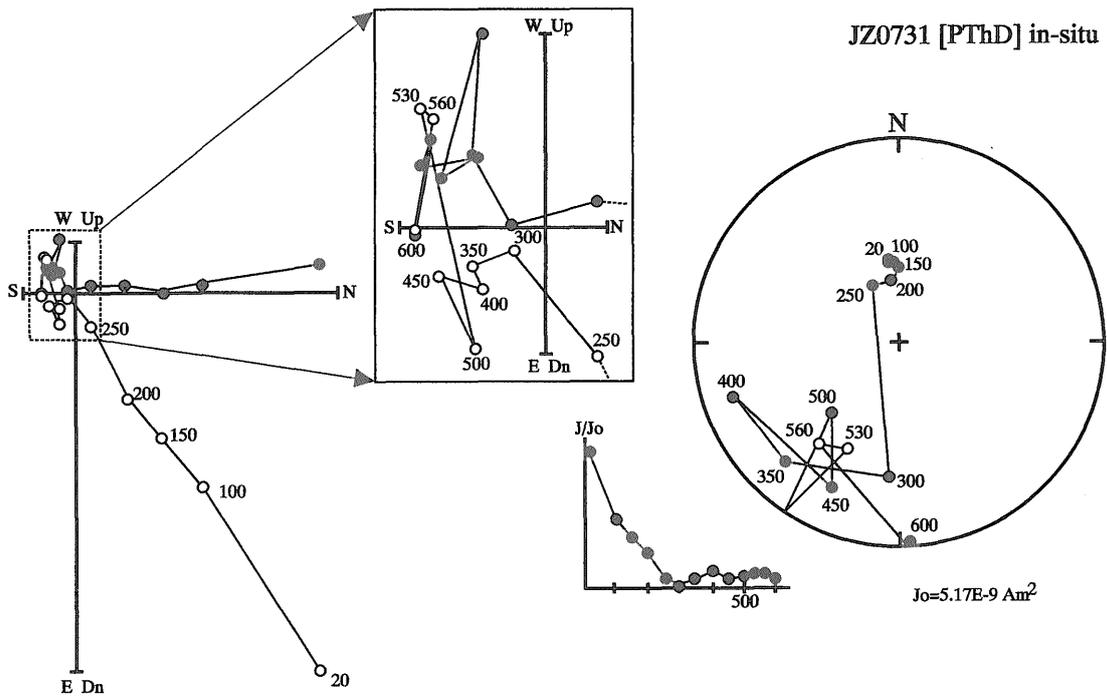
第5図 JZ05地点における段階熱消磁結果。傾動補正前の磁化方位を vector-demagnetization 図にプロットしたもの、ならびにその拡大図を左側に示す。黒丸は水平面、白丸はN-S方向の垂直面への投影。右側には等面積投影図(黒丸は下半球、白丸は上半球投影)と磁化強度減衰曲線を示す。図中の数字は消磁温度(°C)である。

Fig. 5 Result of progressive thermal demagnetization test for site JZ05. Vector-demagnetization diagram and its enlargement are shown on the left in in-situ coordinates. Solid and open circles are projections on horizontal and N-S vertical planes, respectively. Equal-area net and normalized intensity decay curve are shown on the right. Solid and open circles are on the lower and upper hemispheres of the net, respectively. Numbers attached to symbols are degrees in Celsius.



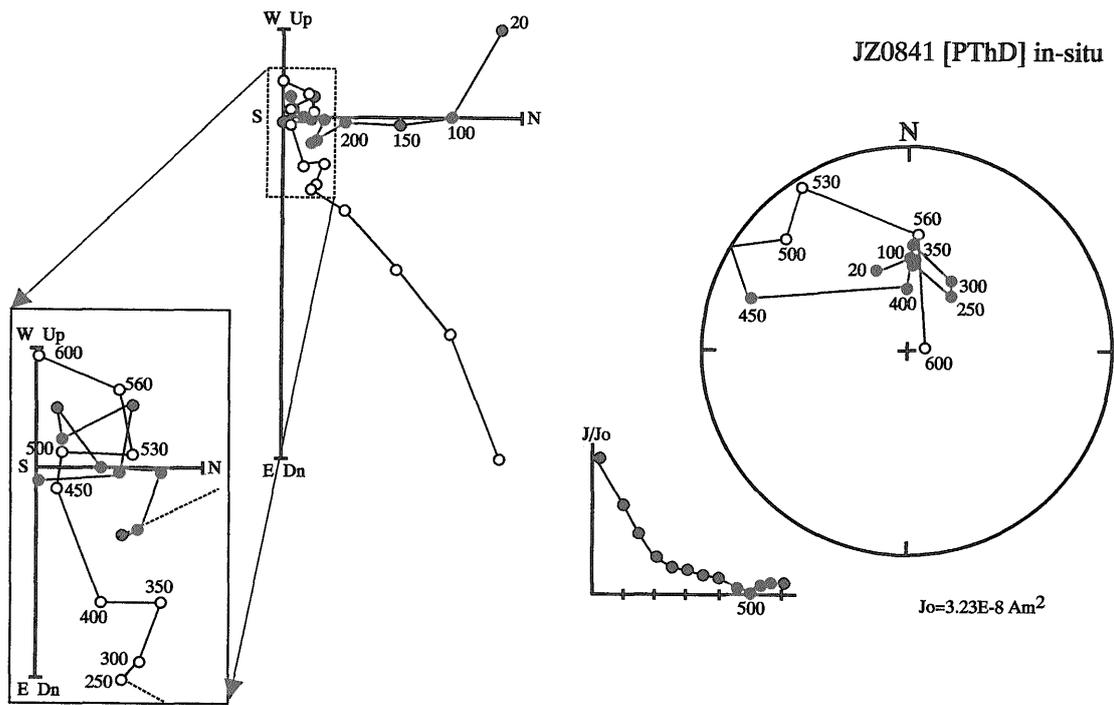
第6図 JZ06地点における段階熱消磁結果。凡例は第5図参照。

Fig. 6 Result of progressive thermal demagnetization test for site JZ06. See Fig. 5 for annotations.



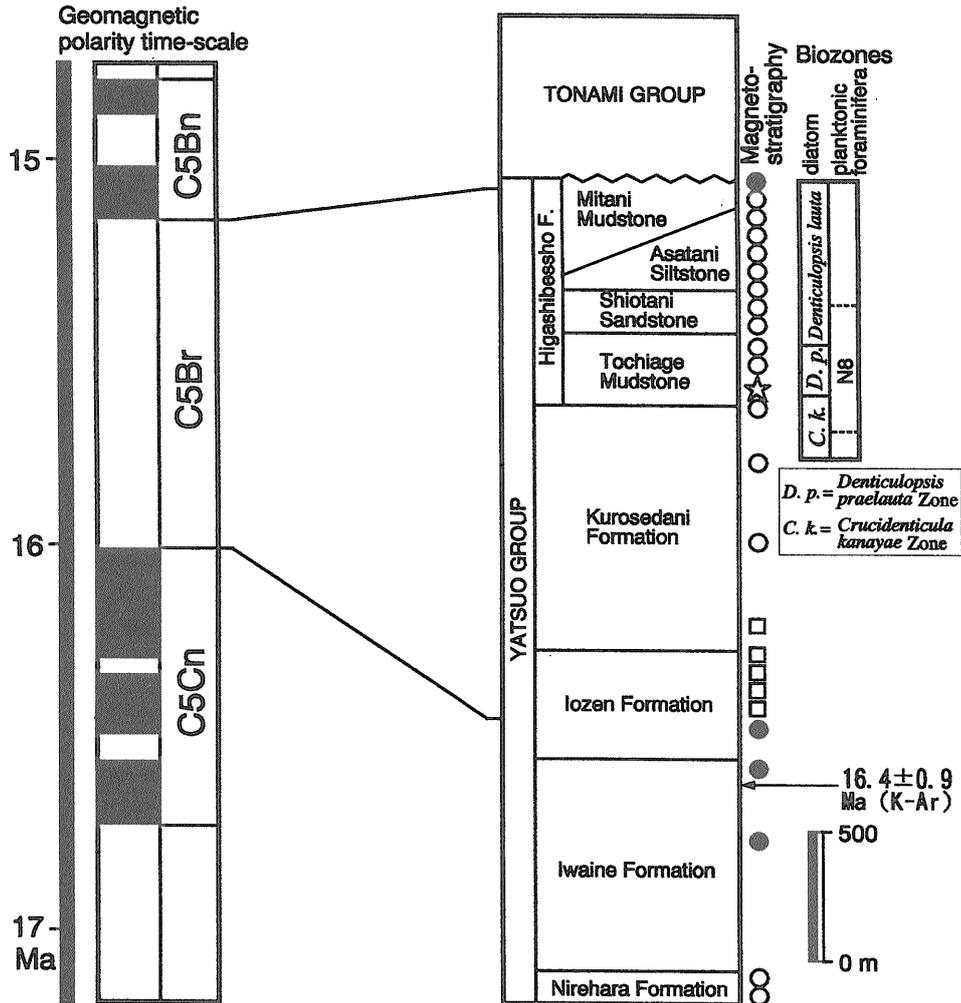
第7図 JZ07地点における段階熱消磁結果。凡例は第5図参照。

Fig. 7 Result of progressive thermal demagnetization test for site JZ07. See Fig. 5 for annotations.



第8図 JZ08地点における段階熱消磁結果。凡例は第5図参照。

Fig. 8 Result of progressive thermal demagnetization test for site JZ08. See Fig. 5 for annotations.



第9図 八尾における古地磁気/珪藻化石層序総括。従来の古地磁気極性データは、丸印が伊藤・早川 (1988)、四角印が伊藤・早川 (1989) による (黒塗りが正帯磁、白抜きが逆帯磁)。星印が今回逆帯磁と解釈された和田川ルートでのデータ (WD01)。標準地磁気層序は Berggren *et al.* (1995) に、珪藻化石帯は Yanagisawa and Akiba (1998) に、放射年代は柴田 (1973) に基づく。Fig. 9 A summary of magnetostratigraphy and diatom biostratigraphy in Yatsuo. Previous paleomagnetic results are shown by circles (Itoh and Hayakawa, 1988) and squares (Itoh and Hayakawa, 1989). Solid and open symbols correspond to normal and reversed polarities, respectively. Star denotes reversed polarity data from the Wada River route (WD01). Standard geomagnetic time-scale, diatom biostratigraphic zonation and radiometric age are after Berggren *et al.* (1995), Yanagisawa and Akiba (1998) and Shibata (1973), respectively.

praelauta 帯境界を含む松島層は正磁極期にあたるとして、同層を標準地磁気層序の Chron C5Cn に対比した。一方 *D. praelauta* / *D. lauta* 帯境界が見出されている大塚層は最上部を除き逆磁極期であり、Chron C5Br に対比されている。これは今回の結果と一部矛盾しており、珪藻化石示準面の同時性や磁化の安定性など検討されるべき課題を含んでいる。

上記対比案を認めると、層厚2000mに達する八尾層群上部は100万年以下の短期間に堆積したことになる。これは縁海形成時の急激な沈降によって可能になったのかもしれない。現在の陸域のみならず、Itoh *et al.* (1997) は金沢沖に掘削された資源探査井の層序と周辺の反射法地震探査断面を検討し、前期～中期中新世に落差1000m以

上の正断層が形成され、それを黒瀬谷・東別所相当層が埋積していることを示した。日本海沿岸での同時代の層厚・層相を古地磁気/珪藻化石層序を基準に対比することで、縁海形成時の詳細な古環境復元を行うことができるであろう。

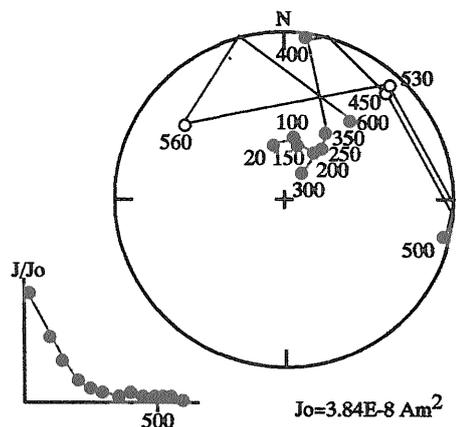
謝辞 本研究を行うにあたって、古地磁気実験室の使用に便宜を図っていただいた乙藤洋一郎・山崎俊嗣・小田啓邦の各氏、試料採取に協力いただいた山本裕雄・岩城啓美・隅田剣生の各氏に深く感謝いたします。山崎俊嗣氏には原稿を査読していただき、有益な助言を賜りました。重ねて御礼申し上げます。

文 献

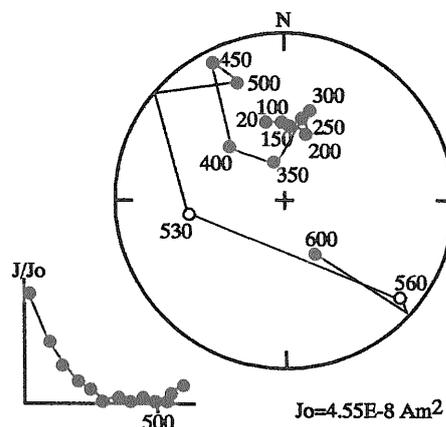
- Akiba, F. (1986) Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench, and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific. In Kagami, H., Karig, D. E., Coulbourn, W. T. *et al.*, *Initial Reports DSDP, 87*, US Government Printing Office, Washington, 393-481.
- Barron, J. A., Basov, I. A., Beaufort, L., Dubuisson, G., Gladenkov, A. Y., Morley, J. J., Okada, M., Olafsson, G., Pak, D. K., Roberts, A. P., Shilov, V. V. and Weeks, R. J. (1995) Biostratigraphic and magnetostratigraphic summary. In Rea, D. K., Basov, I. A., Scholl, D. W. and Allan, J. F., *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 145*, Ocean Drilling Program, College Station, Texas, 559-575.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, III, C. C. and Aubry, M-P. (1995) A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In Berggren, W. A., Kent, D. V., Aubry, M-P. and Hardenbol, J., *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation, SEPM Special Publication No.54*, Society for Sedimentary Geology, Tulsa, Oklahoma, 129-212.
- 長谷川四郎・丸山俊明・小笠原憲四郎・酒井豊三郎・茂林俊宏・高橋利宏・田中裕一郎 (1990) 富山県八尾地域の中新統複合浮遊性微化石層序. 日本古生物学会1990年年会講演予稿集, 62.
- Hasegawa, S. and Takahashi, T. (1992) Faunal succession of benthic foraminifera in the upper Yatsuo Group of the Hokuriku District, Central Japan - A temporal faunal trend during an Early-Middle Miocene transgression in Japan -. In Ishizaki, K. and Saito, T., *Centenary of Japanese Micropaleontology*, Terra Publishing Co., Tokyo, 51-66.
- 早川秀樹・竹村厚司 (1987) 富山県八尾地域の新第三系. 地質雑, **93**, 717-732.
- 伊東佳彦 (1986) 北陸地方新第三系の珪藻化石層序. *NOM* (大阪微化石研究会機関紙), no. 14, 1-27.
- 伊藤康人・早川秀樹 (1988) 富山県八尾地域に分布する新第三系の古地磁気層序. 地質雑, **94**, 515-525.
- 伊藤康人・早川秀樹 (1989) 富山県八尾地域の新第三系における磁極期 C5B/C5C 境界について. 地質雑, **95**, 133-136.
- Itoh, Y. and Ito, Y. (1989) Confined ductile deformation in the Japan arc inferred from paleomagnetic studies. *Tectonophysics*, **167**, 57-73.
- Itoh, Y., Nakajima, T. and Takemura, A. (1997) Neogene deformation of the back-arc shelf of Southwest Japan and its impact on the palaeoenvironments of the Japan Sea. *Tectonophysics*, **281**, 71-82.
- Koizumi, I. (1985) Diatom biochronology for late Cenozoic northwest Pacific. *J. Geol. Soc. Japan*, **91**, 195-211.
- 槇山次郎 (1930) 石川富山両県下の第三紀層概観. 地球, **14**, 161-174.
- Otofuji, Y., Hayashida, A. and Torii, M. (1985) When was the Japan Sea opened?: Paleomagnetic evidence from Southwest Japan. In Nasu, N., Uyeda, S., Kushiro, I., Kobayashi, K. and Kagami, H., *Formation of Active Ocean Margins*, Terra Publishing Co., Tokyo, 551-566.
- 坂本 亨 (1966) 富山積成盆地南半部の新生界とその構造発達史. 地調報告, no. 213, 1-27.
- 柴田 賢 (1973) 北陸層群中の火山岩類の K-Ar 年代. 地質学論集, **8**, 143-149.
- Yamazaki, T. (1989) Paleomagnetism of Miocene sedimentary rocks around Matsushima Bay, Northeast Japan and its implication for the time of the rotation of Northeast Japan. *J. Geomagn. Geoelectr.*, **41**, 533-548.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *J. Geol. Soc. Japan*, **104**, 395-414.
- 柳沢幸夫 (1999) 富山県八尾地域の下部-中部中新統の珪藻化石層序. 地調月報, **50**, 139-165.

(受付: 1998年 8月27日; 受理: 1998年12月11日)

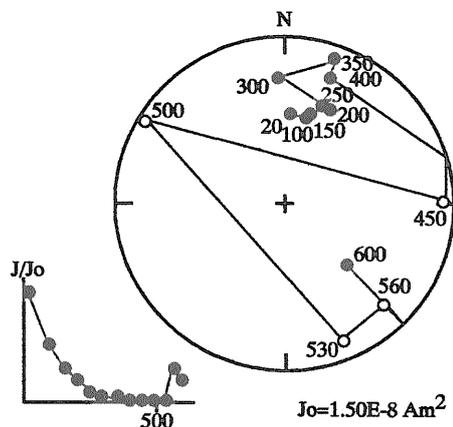
JZ0131 [PThD] in-situ



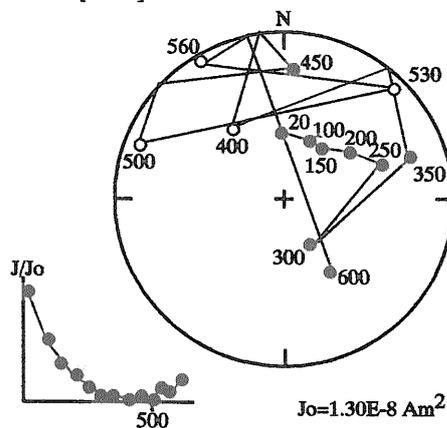
JZ0141 [PThD] in-situ



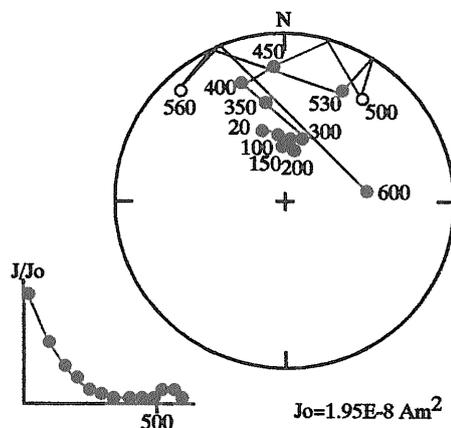
JZ0322 [PThD] in-situ



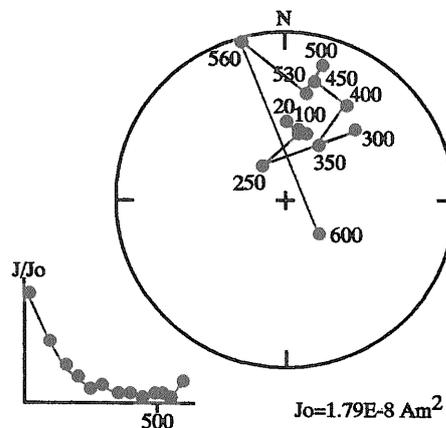
JZ0332 [PThD] in-situ



JZ0411 [PThD] in-situ



JZ0451 [PThD] in-situ



付図 神通川ルート of 試料の段階熱消磁結果例。等面積投影図の黒丸は下半球，白丸は上半球投影。図中の数字は消磁温度 (°C)。

Appendix Examples of progressive thermal demagnetization for samples obtained from Jinzu River route. Solid and open circles in equal-area nets are on the lower and upper hemispheres, respectively. Numbers in the figure are degrees in Celsius.