

## 利尻島の上部中新統, 鴛泊層の古地磁気層序 (その 2)

植木岳雪<sup>1)</sup>・近藤玲介<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1 中央第 7 独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門

<sup>2)</sup> 〒 156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40 日本大学・文理学部

### Magnetostratigraphy of the Upper Miocene Oshidomari Formation in the Rishiri Island, off North Hokkaido, Japan (Part 2)

Takeyuki UEKI<sup>1)</sup> and Reisuke KONDO<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST,

Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567 Japan

<sup>2)</sup> College of Humanities and Sciences, Nihon University, 3-25-40, Sakurajosui, Setagaya, Tokyo, 156-8550, Japan

**Abstract.** Paleomagnetic measurements were performed to the Upper Miocene Oshidomari Formation in the Rishiri Island, off north Hokkaido, Japan. The uppermost horizon of Oshidomari Formation south of Minatomachi, Rishirifuji Town, provided a normal paleomagnetic polarity. Based on diatom and radiolarian biostratigraphy, a reversed-normal paleomagnetic polarity transition indicates that the lowest Oshidomari Formation ranges from C5n.1r to C5n.1 of Cande and Kent's (1995) geomagnetic polarity interval sets. A normal paleomagnetic polarity from the uppermost Oshidomari Formation corresponds to an unidentified normal polarity interval after C5n.1n.

**Key words:** Oshidomari Formation, Paleomagnetsim, Magnetostratigraphy, Rishiri Island, Miocene

#### はじめに

北海道北部沖の利尻島は第四紀の利尻火山からなる火山島であり, 利尻火山の基盤岩は白亜紀の礼文層群 (海上保安庁水路部, 1982, 1991) と新第三紀の港町層 (松井ほか, 1967), 鴛泊層 (松井ほか, 1967) からなる。鴛泊層は珪藻質泥岩からなり, その年代は珪藻化石 (嵯峨山, 2002), 放散虫化石 (本山ほか, 2009) から後期中新世とされている。

植木・近藤 (2009) は, 鴛泊層の編年精度の向上を目的として, 利尻島北部の 2 地点で採取した泥岩の古地磁気測定を行い, 鴛泊層の古地磁気層序を議論した。本研究では, さらに 1 地点を追加して泥岩の古地磁気測定を行い, 嵯峨山 (2002) の珪藻

化石層序, 本山ほか (2009) の放散虫化石層序に基づいて鴛泊層の古地磁気層序を再検討する。

#### 試料採取, 残留磁化測定およびデータ解析の方法

古地磁気測定用試料の採取地点を図 1 に示す。植木・近藤 (2009) による試料採取地点は, 利尻郡利尻富士町富士野の地点 1 (世界測地系で北緯 45° 15' 15.12", 東経 141° 12' 13.45") と利尻富士町港町の約 300m 南の地点 2 (北緯 45° 14' 15.30", 東経 141° 13' 36.63") であり, 鴛泊層の最下部の層準に相当する。植木・近藤 (2009) では, 地点 1 で採取した古地磁気測定用試料を試料 1, 地点 2 の 3 層準で採取した試料を下位のものから試料 2-1,

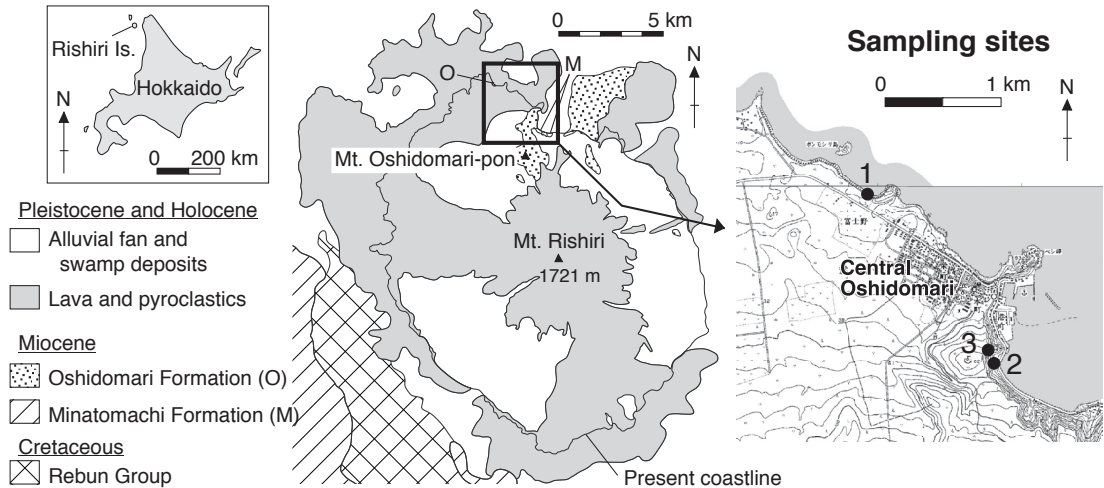


図1. 利尻島の地質概略と古地磁気測定用試料の採取地点。

利尻島の地質は石塚（1999）を簡略化。古地磁気測定用試料は後期中新世の鴛泊層から採取。地点1，2は植木・近藤（2009），地点3は本研究での採取地点。採取地点の基図は国土地理院発行の25,000分の1数値地図「稚内」を使用。

Figure 1. Outlined geology of the Rishiri Island, off north Hokkaido, Japan, and sampling site for paleomagnetic measurements.

Geology of the Rishiri Island is simplified after Ishizuka (1999). Samples for paleomagnetic measurements were derived from the upper Miocene Oshidomari Formation. Sites 1 and 2 are the sampling sites of Ueki and Kondo (2009), and Site 3 is the sampling site of this study. Base map showing the sampling sites is 1:25,000 digital topographic map of Wakkanai published by Geographical Institute of Japan.

2-2, 2-3とした。本研究の試料採取地点である地点3（北緯45°14′20.28″，東経141°13′31.90″）は、利尻富士町港町の約200m南の海食崖上部の標高約80mにあり、鴛泊層の最上部の層準に相当する。地点2と地点3は約70mの比高がある。地点3では、層厚約5.5mの塊状の珪藻質砂質泥岩が見られ、まれに円磨された細礫、軽石を含んでいる。本研究では、露頭の基底から0.3mおよび5m上位の層準から古地磁気測定用資料を採取し、それぞれ試料3-1, 3-2と呼ぶことにする。

各層準では、携帯型電動ドリルを用いて直径2.5cmのコア試料を6～8本採取した。各試料の方位付けには、磁気コンパスを用いた。

各コア試料からは、岩石カッターを用いて高さ20mmの試片を2つ切り出し、段階交流消磁実験 (progressive alternating field demagnetization, PAFD) と段階熱消磁実験 (progressive thermal demagnetization,

PThD) に供した。残留磁化の測定およびPAFDには、2G社製超伝導磁力計 (モデル760R) を用いた。PAFDは0～10mTでは2.5mTおきに、10～80mTでは5mTおきに行った。PThDは、Magnetic Measurements社製熱消磁装置 (モデルMMTD-18) を用いて2本のコア試料のパイロット試片に行った。PThDは、室温から、100～500℃では50℃おき、500～680℃では30℃おきの最高温度で行った。PAFD, PThDの各消磁段階における残留磁化ベクトルを直交面投影図 (Zijderveld, 1967) に表し、主成分分析法 (Kirschvink, 1980) によって原点に向かって直線的に減衰する安定な磁化成分の方向を求めた。そして、最大角分散 (maximum angular deviation, MAD) が15°以下の場合にその方向を採用し、安定な磁化成分の方向の平均を試片の残留磁化方位とした。なお、鴛泊層は緩く北東方向に傾斜するが (松井ほか, 1967), 露頭では走向、傾斜を測定できない程度であるので、

残留磁化ベクトルの傾動補正は行わなかった。

### 段階消磁実験の結果

PAFD と PThD の代表的な結果を図2に示す。また、各試料の残留磁化方位を表1にまとめる。

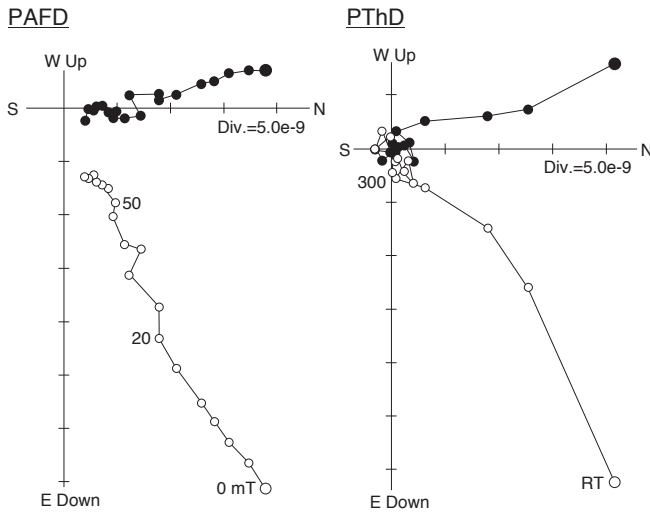
#### (1) 試料 3-1

試料 1 の自然残留磁化 (natural remanent magnetization, NRM) の強度は、 $4.6 \times 10^{-9}$  ~  $4.1 \times 10^{-8} \text{Am}^2$  であった。PAFD では、安定な磁化成分は 8 本の試料のうち 7 本から得られた。安定な磁化成分は 0 ~ 40mT の間のある消磁段階から、45 ~

80mT の間のある消磁段階までの範囲で認められ、北向きの偏角と下向きの伏角で特徴づけられる (図2の試料 3-1B)。それらの MAD は  $2.4 \sim 5.5^\circ$  であった。PThD では、 $250 \sim 450^\circ\text{C}$  の間のある消磁段階以上で試料が変質し、残留磁化ベクトルは不規則に変化したため、安定な磁化成分は得られなかった。しかし、試料が変質していない消磁段階での残留磁化ベクトルの挙動は PAFD と同様であった。

したがって、PAFD による残留磁化方位を試料 3-1 の残留磁化方位をみなす。試料 3-1 の残留磁化方位は、偏角  $30.7^\circ$ 、伏角  $61.5^\circ$  であり、95% 信頼

#### sample 3-1B



#### sample 3-2A

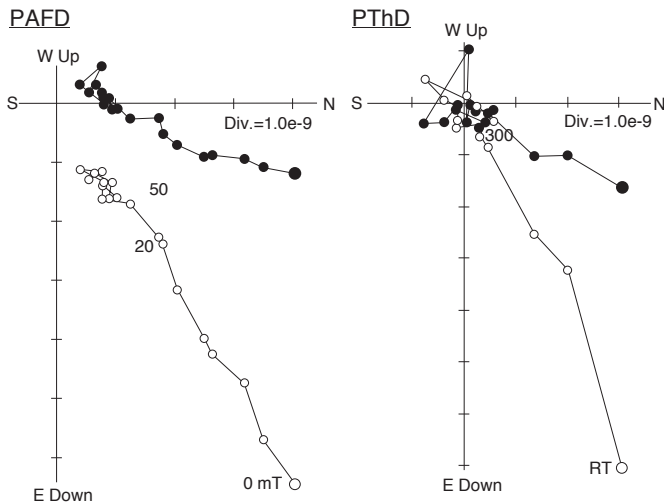


図2. 段階交流消磁実験 (PAFD) および段階熱消磁実験 (PThD) の結果の代表例。黒丸および白丸は、それぞれ残留磁化ベクトルの水平面および鉛直面への投影を示す。磁化強度の単位は  $\text{Am}^2$ 。

Figure 2. Progressive alternation field and thermal demagnetization (PAFD and PThD) results for representative samples plotted on orthogonal vector diagrams. Solid and open circles are the projections in the geographic coordinates of remanence vectors on the horizontal and north-south vertical planes, respectively. Unit of magnetization intensity is  $\text{Am}^2$ .

表 1. 段階交流消磁実験による鴛泊層の試料の残留磁化方位のデータ

Table 1. Sample-mean remanent direction data for the Oshidomari Formation by progressive alternating field demagnetization experiments.

Sample	N	D	I	$\alpha_{95}$	$\kappa$	$\lambda$	$\phi$
3-1	7	30.7	61.5	24.7	6.9	67.9	-133.1
3-2	5	29.0	44.2	15.2	26.2	59.8	-98.9

N, total number of samples

D, declination; I, inclination;  $\alpha_{95}$ , radius of 95 % confidence cone (°); $\kappa$ , Fisher's (1953) precision parameter; $\lambda$  and  $\phi$ , latitude and longitude (°) of virtual geomagnetic pole (VGP).

限界円錐の半径 ( $\alpha_{95}$ ; Fisher, 1953) は  $24.7^\circ$ , 集中度パラメーター ( $k$ ; Fisher, 1953) は 6.9 であった (表 1).

## (2) 試料 3-2

試料 3-2 の NRM の強度は、 $2.9e-8 \sim 7.7e-9 Am^2$  であった。PAFD では、安定な磁化成分は 6 本の試料のうち 5 本から得られた。安定な磁化成分は 0 ~ 5mT の間のある消磁段階から、35 ~ 65mT の間のある消磁段階までの範囲で認められ、北向きの偏角と下向きの伏角で特徴づけられる (図 2 の試料 3-2A)。それらの MAD は  $3.0 \sim 10.4^\circ$  であった。PThD では、200 ~ 300 °C の間のある消磁段階以上で試料が変質し、残留磁化ベクトルは不規則に変化したため、安定な磁化成分は得られなかった。200 ~ 300 °C 以下の消磁段階では、残留磁化ベクトルの挙動は PAFD と同様であったが、それは粘性残留磁化 (viscous remanent magnetization, VRM) である可能性がある。したがって、試料 3-1 よりも確実さに欠けるが、PAFD による残留磁化方位を試料 3-2 の残留磁化方位とみなすことにする。試料 3-1 の残留磁化方位は偏角  $29.0^\circ$ , 伏角  $44.2^\circ$  であり、 $\alpha_{95}$  は  $15.2^\circ$ ,  $k$  は 26.2 であった (表 1)。

## 鴛泊層の古地磁気層序

鴛泊層の珪藻化石層序 (嵯峨山, 2002), 放散虫化石層序 (本山ほか, 2009) に基づくと、鴛泊層の古地磁気層序は以下のように決定される (図

3)。利尻富士町富士野の地点 1 の鴛泊層は、放散虫化石帯のうち 9.9 ~ 9.1Ma (Kamikuri *et al.*, 2004; Motoyama *et al.*, 2004) の *Lychnocanoma magnacornuta* 帯上部に相当する (本山ほか, 2009)。しかし、植木・近藤 (2009) では試料 1 の古地磁気方位、極性を決定できなかったため、地点 1 の鴛泊層の古地磁気層序は不明確である。

利尻富士町港町から約 300m 南の地点 2 の鴛泊層は、珪藻化石帯のうち 9.9 ~ 9.16Ma (本山・丸山, 1998) あるいは 10.0 ~ 9.2Ma (Yanagisawa & Akiba, 1998) の *Denticulopsis dimorpha* 帯に相当し (嵯峨山, 2002), 放散虫化石帯のうち 11.7 ~ 9.9Ma (Kamikuri *et al.*, 2004; Motoyama *et al.*, 2004) の *Lychnocanoma magnacornuta* 帯下部に相当する (本山ほか, 2009)。このように、鴛泊層が異なった年代の珪藻化石帯と放散虫化石帯に対比される理由として、本山ほか (2009) は鴛泊層と下位の港町層との不整合面の起伏が大きく、鴛泊層の堆積開始時期が場所によって異なるためとした。しかし、*Denticulopsis dimorpha* 帯の珪藻化石と *Lychnocanoma magnacornuta* 帯下部の放散虫化石はともに地点 2 で産出し、異なった場所で産出したわけではない。むしろ、*Denticulopsis dimorpha* 帯の珪藻化石と *Lychnocanoma magnacornuta* 帯下部の放散虫化石がともに産出することから、地点 2 の鴛泊層の年代を 9.9Ma 前後とする方が適当である。その場合、植木・近藤 (2009) では試料 2-1, 試料 2-2 の古地磁気極性は逆、試料 2-3 の古地磁気極性は正であること

から、地点2の鴛泊層の逆極性はCande & Kent (1995)の地磁気極性年代表の中の9.92~9.88Maの磁極帯C5n.1r, 正極性は9.88~9.74Maの磁極帯C5n.1nに対比される。

利尻富士町港町から約200m南の地点3については、嵯峨山(2002)の柱状2の地点が海食崖のどこに位置するのかわからないので、両者が同じ地点かどうかは判断できない。もし同じ地点であれば、地点3の鴛泊層は、珪藻化石帯のうち9.9~9.16Ma(本山・丸山, 1998)あるいは10.0~9.2Ma

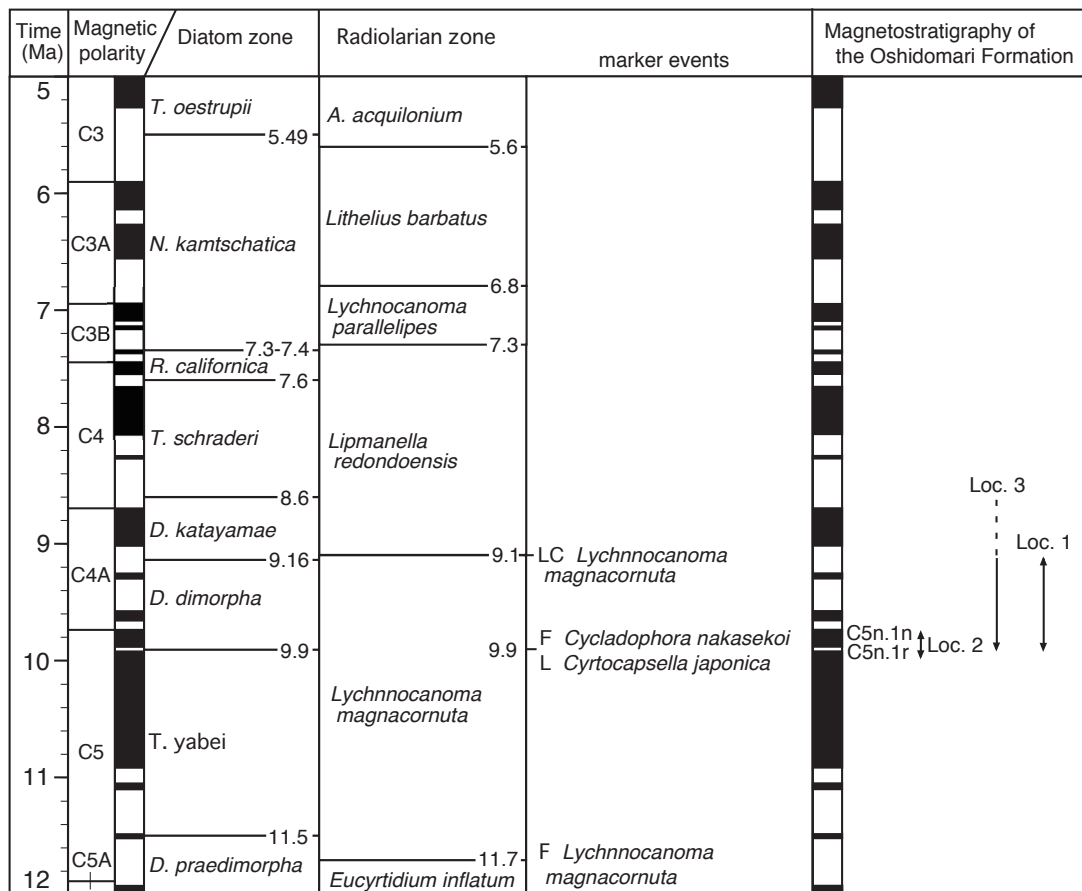
(Yanagisawa & Akiba, 1998)の*Denticulopsis dimorpha*帯に相当する(嵯峨山, 2002)。その場合、試料3の古地磁気極性は正であるので、Cande & Kent(1995)の地磁気極性年代表の磁極帯を参照すると、地点3の鴛泊層の正極性は9.880~9.740MaのC5n.1n, 9.642~9.580MaのC4Ar.2n, 9.308~9.230MaのC4Ar.1nのいずれかに対比される(図3)。本研究では、地点3の鴛泊層の古地磁気層序をC5n.1nよりも上位の正磁極帯とするにとどめておく。

図3. 鴛泊層の古地磁気層序。

地磁気極性年代はCande and Kent (1995), 珪藻化石帯は嵯峨山 (2002), 放射虫化石帯はKamikuri *et al.* (2004), Motoyama *et al.* (2004) による。鴛泊層の珪藻化石層序は嵯峨山 (2002), 放射虫化石層序は本山ほか (2009) に基づく。

Figure 3. Magnetostratigraphy of the Oshidomari Formation.

Magnetostratigraphy of the Oshidomari Formation at Site 2 is shown as three possibilities. Magnetostratigraphy at Site 1 is unidentified. Geomagnetic polarity timescale is after Cande and Kent (1995), diatom zone is after Sagayama (2002) and radiolarian zone is after Kamikuri *et al.* (2004), Motoyama *et al.* (2004). Diatom and radiolarian biostratigraphy of the Oshidomari Formation is based on Sagayama (2002) and Motoyama *et al.* (2009).



## まとめ

本研究では、植木・近藤(2009)の2地点に1地点を追加して、鴛泊層の古泥岩の古地磁気測定を行った。その結果、鴛泊層最上部の層準から正の古地磁気極性が見出された。鴛泊層の珪藻化石層序(嵯峨山, 2002)、放散虫化石層序(本山ほか, 2009)に基づくと、鴛泊層最下部の古地磁気層序はCande & Kent (1995)の地磁気極性年代表の中の9.92~9.88Maの磁極帯C5n.1rから9.88~9.74Maの磁極帯C5n.1nに対比される。また、鴛泊層最上部の古地磁気層序はC5n.1nよりも上位の正磁極帯となる。

## 引用文献

- Cande, S. C. & D. V., Kent, 1995. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research*, 100: 6093-6095.
- Fisher, R., 1953. Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society of London, Series A*, 217: 295-305.
- 石塚吉浩, 1999. 北海道北部, 利尻火山の形成史. 火山, 44: 23-40.
- 海上保安庁水路部, 1982. 沿岸海の基本図「礼文島」(1/5 万分) および同説明書.
- 海上保安庁水路部, 1991. 沿岸海の基本図「利尻島」(1/5 万分) および同説明書.
- Kamikuri, S., H. Nishi, I. Motoyama & S. Saito, 2004. Middle Miocene to Pleistocene radiolarian biostratigraphy in the Northwest Pacific, Ocen Drilling Program Leg 186. *The Island Arc*, 13: 191-226.
- Kirschvink, J. L., 1980. The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophysical Journal of Royal astronomical Society*, 62: 699-718.
- 松井和典・一色直紀・秦 光雄・山口昇一・吉井守正・小野晃司・佐藤博之・沢村孝之助, 1967. 5 万分の1地質図幅「利尻島」および同説明書. 北海道開発庁.
- 本山 功・丸山俊明, 1998. 中・高緯度法制太平洋における新第三紀珪藻・放散虫化石年代尺度: 地磁気極性年代尺度CK92 およびCK95 への適合. 地質学雑誌, 104: 171-183.
- 本山 功・岩井雅夫・佐藤雅彦, 2009. 利尻島の新第三系と第四系より産出した放散虫化石. 大阪微化石研究会誌特別号, (14): 109-115.
- Motoyama, I, N. Niistuma, T. Maruyama, H. Hayashi, S. Kamikuri, M. Shiono, T. Kanamatsu, C. Morishita, K. Aoki, K. Hagino, H. Nishi & M. Oda, 2004. A Middle Miocene to Pleistocene magnetobiostratigraphy of ODP Sites 1150 and 1151, northwest Pacific: sedimentation rate and updated regional geologic time scale. *The Island Arc*, 13: 289-305.
- 嵯峨山積, 2002. 北海道利尻島および積丹半島の第三系の地質年代と対比. 北海道立地質研究所報告, (73): 99-106.
- 植木岳雪・近藤玲介, 2009. 利尻島の上部中新統, 鴛泊層の古地磁気層序. 利尻研究, (28): 1-10.
- Yanagisawa, Y. & F. Akiba, 1998. Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Journal of the Geological Society of Japan*, 104: 395-414.
- Zijderveld, J. D. A., 1967. A. C. demagnetization of rocks: Analysis of results. In Collinson, D., Creer, K. & Runcorn, S. (eds.), *Methods in Palaeomagnetism*: 256-286, Elsevier.