

## 研究報告

## 秋田県北部峰浜地域に分布する上部鮮新統～下部更新統の浮遊性有孔虫化石層序

山崎 誠\*\*, 小松優子\*\*\*, 福永里実\*\*\*\*, 佐藤時幸\*\*

Upper Pliocene to lower Pleistocene planktic foraminiferal biostratigraphy from Minehama area in the northern part of Akita Prefecture, Japan

Makoto Yamasaki\*\*, Yuko Komatsu\*\*\*, Satomi Fukunaga\*\*\*\* and Tokiyuki Sato\*\*

## Abstract

Planktic foraminiferal biostratigraphy of the upper Pliocene to lower Pleistocene Tentokuji and Sasaoka Formations distributed in the Minehana area located in the northern part of Akita Prefecture, Japan, is described in detail. Totally 44 samples were analyzed for this study. Based on calcareous nannofossil and planktic foraminiferal assemblages, the studied section includes the horizon of global cooling that was resulted from Northern hemisphere galaciation in the latest Pliocene. *Globigerina bulloides* and *Globigerina quinqueloba* occurred throughout the studied section. Cold-water planktic foraminifera were generally observed in the middle to upper part of studied section. Especially, a polar to subpolar dweller, *Neoglobobadrina pachyderma* (sinistral coiling variety), was found commonly just after global cooling at latest Pliocene while dextral coiling variety of this species, which thrived in warmer water, were rare in the middle to upper part of the studied section. On the other hand, tropical to subtropical species such as *Globigerinoides ruber* were also found at the upper part of the studied section. It indicates that the studied area seems to be covered by warm water in the early Pleistocene.

## 1. はじめに

東北～中部日本の日本海側地域は古くから産油地として知られ、石油を胚胎する最上部新生界を中心として層序学的研究が進められてきた。層序学研究的進展は、石油が形成されるに至った地史の復元についても貢献をしている。日本海側地域の地史において、鮮新世中～後期（約360～258万年前）の気候は新生代における顕著な温暖化事件のひとつであり、日本海の海洋環境にも多大な影響を与えた。日本海が外海と狭小な海峡で接続する縁海であるために、日本列島の地史復元にあたって、南北の海峡を介し

2015年7月27日受理

\*\*秋田大学大学院工学資源学研究科地球資源学専攻,  
Department of Earth Science and Technology, Graduate  
School of Engineering and Resource Science, Akita  
University

\*\*\*神奈川県横浜市（地球資源学科2005年度卒業）,  
Department of Earth Resource Science, Faculty of  
Engineering and Resource Science, Akita University

\*\*\*\*三重県いなべ市（地球資源学専攻2008年度修了）,  
Department of Earth Science and Technology, Graduate  
School of Engineering and Resource Science, Akita  
University

た海流の動態に関する情報は重要である。鮮新世末、日本海には現在の対馬暖流に相当する暖流系が断続的に流入した結果、温暖環境を指標する動物相が形成されたと考えられている（Maiya et al., 1976<sup>(1)</sup>など）。間欠的に記録される暖流系化石の産出のうち、浮遊性有孔虫 *Globorotalia inflata* d'Orbigny s.l. (s.l.は「広義」を意味する sensu lato の略称) は、鮮新統から更新統層序の地質年代を決定する上でも重要な指標として伝統的に利用され（工藤, 1967<sup>(2)</sup>）、同時に、日本海側で開発される石油坑井の広域的対比に重要な役割を果たしてきた（平松・三輪, 2005<sup>(3)</sup>など）。同時代の地層群は、新潟県から秋田県にかけて広く分布するが、既存の研究をかつての日本海への海水の流入方向で概観すると、軟体動物化石（天野ほか, 2000<sup>(4)</sup>など）や珪藻化石群集（柳沢・天野, 2003<sup>(5)</sup>）は南方からの流入を示唆する一方、底生有孔虫化石（花方ほか, 2001<sup>(6)</sup>）と各種海洋生物相（北村・木元, 2004<sup>(7)</sup>）は北方からの流入を示唆する。さらに、貝形虫化石は暖流の流入を示唆するが（Irizuki et al., 2007<sup>(8)</sup>）、流入経路を指し示す情報は無いとして、暖

流の経路には言及していない(入月・石田, 2007<sup>(9)</sup>)。また, 各種海洋生物相の再解釈によっては南方からの暖流流入の可能性も依然として残るといい(北村, 2007<sup>(10)</sup>), 海洋環境情報として最も基本となる海流の経路復元ですら混乱しているのが現状である。本報告では, 同時代の古環境を検討する目的で, 秋田県北部の峰浜地域で調査をおこない, 鮮新世末から更新世にかけての浮遊性有孔虫化石の層位分布を明らかにした。

## 2. 調査地域の層序と試料

本研究報告では, 秋田県山本郡八峰町峰浜地域の塙川に分布する上部鮮新統から更新統を調査対象とした(図1)。本報告では, 地層区分の大枠を大沢ほか(1984)<sup>(11)</sup>に従って, 天徳寺層と笹岡層を対象に浮遊性有孔虫化石試料を採取した。なお, 塙川に沿った同様のルートで佐藤ほか(2003)<sup>(12)</sup>が石灰質ナンノ化石層序について, 天野ほか(2011)<sup>(13)</sup>が軟体動物化石群について検討をおこなっている。

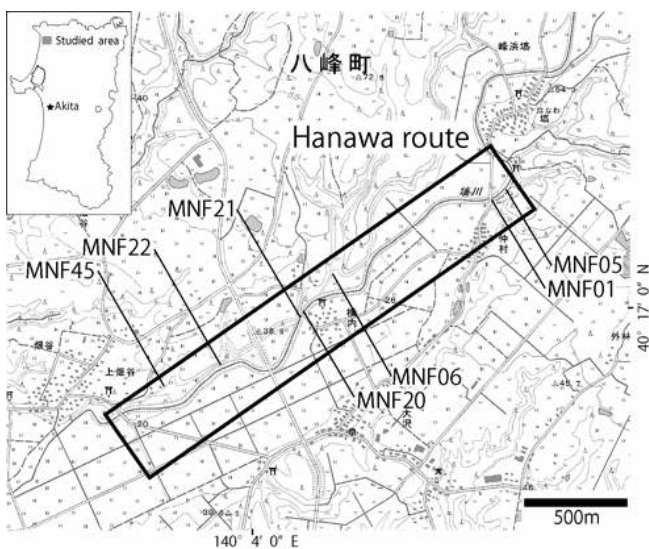


図1. 調査地域および試料採取地点(国土地理院の電子地形図25000を使用)

本調査対象下限の天徳寺層上部は暗青灰色から青灰色シルト岩を主に砂質礫岩との互層をなす。シルト岩には生痕も認められる。礫岩は細礫から中礫サイズで一部極粗粒砂岩からなり安山岩や軽石の垂角礫から垂円礫よりなる。礫岩の基底は下位のシルト岩を削り込む様子が観察される。本層最上部は礫岩が主体で極粗粒砂岩から細礫より構成される。礫岩は約5~20 cmの層厚で円礫から垂円礫である。最上部は青灰色シルト岩とともに中粒砂岩から粗粒砂岩の薄層も観察される。

笹岡層は青灰色の淘汰の悪い極細粒から細粒砂岩よりなり, 下位の天徳寺層を整合に覆う。サンドパイプなどの生痕のほか破片化した貝化石を豊富に産する。貝化石は一部合弁のものも認められる。

本報告では, 天徳寺層の上部から笹岡層にかけて採取した試料のうち合計44試料を浮遊性有孔虫化石調査に用いた(図1)。

## 3. 微化石層序

### 3.1 試料の処理

浮遊性有孔虫化石調査のため, 採取した試料は尾田(1978)<sup>(14)</sup>による硫酸ナトリウム法とナフサ法を併用して処理をおこなった。それぞれの試料をロックペンチで1~2 cm角に砕き恒温乾燥機で乾燥させた後80 gを秤量し, 岩石の固結度に応じて1~3回の硫酸ナトリウム法を繰り返す。その後, ナフサ法も同様に1~3回繰り返し最終的に砂粒にまで細片化した試料を浮遊性有孔虫化石調査に用いた。試料は, 簡易分割器を用いて, 1試料あたり200個体程度の浮遊性有孔虫化石が含まれるようになるまで分割し, 試料中のすべての個体を拾い出した。なお, いくつかの層準では同化石の十分な産出が認められなかったため, 100個体以上の産出が認められた試料についても調査資料に加えることとした(図2)。

地質年代を検討するために, 浮遊性有孔虫化石調査と同一の試料で石灰質ナンノ化石調査もおこなった。試料の処理は高山(1978)<sup>(15)</sup>に基づいてプレパラートを作成した。

### 3.2 調査結果

天徳寺層上部から笹岡層の試料において浮遊性有孔虫化石および石灰質ナンノ化石の産出が認められた。調査層準を通して浮遊性有孔虫の石灰質殻の保存は良好から中程度の保存状態であった。それらの試料に基づいて地質年代の検討および群集解析をおこなった。図2には, 調査した試料に認められる浮遊性有孔虫化石のうち比較的普遍的に産する種について示す。まず, 調査層準を通して *Globigerina bulloides* d'Orbigny や *Globigerina quinqueloba* Natland, *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) の左巻き個体 (Sinistral; 以下 S と略記) と右巻き個体 (Dextral; 以下 D と略記) 双方が普遍的に産する。また, 調査層準の下部で *Globigerina umbilicata* Orr and Zaitzeff や *Globigerinita uvula* (Ehrenberg) が認められる一方, 調査層準上部の笹岡層中に *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) が産する。*Neogloboquadrina asanoi* (Maiya, Saito and Sato) は調査層準最下部から浮遊性

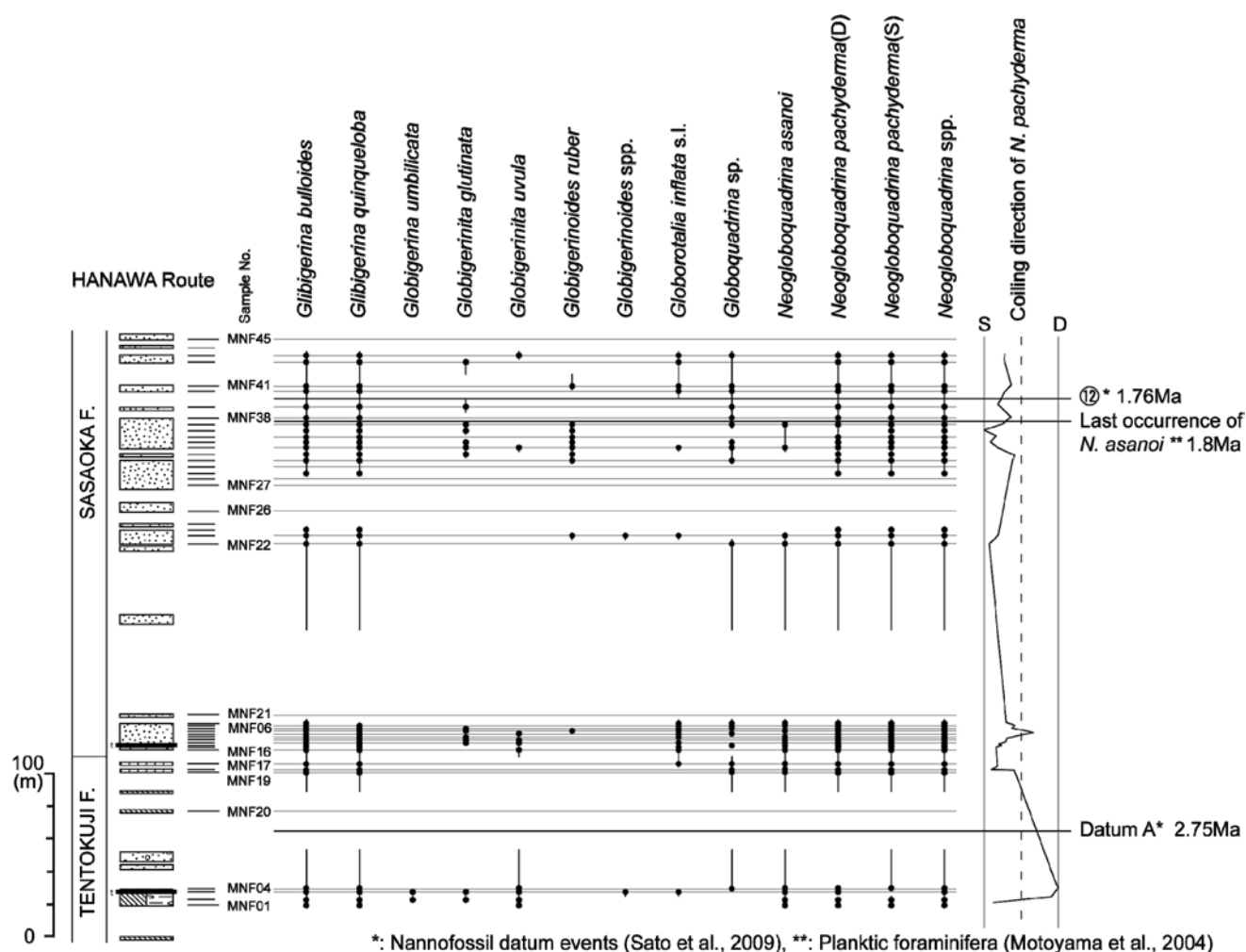


図 2. 峰浜地域から産出した浮遊性有孔虫化石

有孔虫化石の全く産しない試料を除いて、ほぼ連続的に産するものの、試料番号 MNF38 より上位でその産出は認められない。その他 *Globigerinita glutinata* (Egger) や *G. inflata* s.l. が調査層準内で断続的に産する。図 2 には示されないが、調査した試料中でわずかながら産出する種として、*Globigerina woodi* Jenkins や *Globigerina decoraperta* Takayanagi and Saito, *Globigerinella aequilateralis* (Brady) も挙げられる。

#### 4. 峰浜地域に分布する天徳寺層・笹岡層の地質年代

本研究で対象とする峰浜地域の埴川ルートでは佐藤ほか (2003) <sup>(12)</sup> によって石灰質ナンノ化石層序の詳細な検討がおこなわれ、本研究で最下限の天徳寺層に鮮新統／更新統境界の直下に追跡される基準面 A (Sato and Kameo, 1996 <sup>(16)</sup>) が見出されている。本研究でも浮遊性有孔虫化石を検討した同一試料で石灰質ナンノ化石層序を検討したところ、調和的な結

果を得た (図 2)。また、試料番号 MNF39 と 40 の間に石灰質ナンノ化石基準面 12 (図 2) の *Gephyrocapsa caribbeanica* Boudreaux and Hay の産出下限が追跡され、その地質年代は 1.76 Ma と見積もられる (Sato et al., 2009 <sup>(17)</sup>)。なお、浮遊性有孔虫 *N. sasnoi* の産出上限は下部更新統に追跡され日本海側地域での層序対比に有用視されるが (Maiya et al., 1976 <sup>(11)</sup>)、本調査地域での同種の産出は MNF37 より下位にのみ認められ、MNF38 以上の層準には産しない。したがって、同層準は下部更新統に対比され、その地質年代は 1.8 Ma と推定される (Motoyama et al., 2004 <sup>(18)</sup>)。この結果は、石灰質ナンノ化石層序と矛盾しない。なお、本報告でも産出が確認された *G. inflata* s.l. は、その多産層準に対して上位から順に No.1 から No.3 の番号が付され (工藤, 1967 <sup>(2)</sup>)、日本海側地域での坑井層序間の対比に有用視されてきた (米谷, 1978 <sup>(19)</sup>)。群集組成および層位分布から本調査層準下部での同種の産出は、最上部鮮新統の No.3 *G. inflata* bed に対比

される可能が否定されないが、その頻度は調査層準下部に限れば浮遊性有孔虫全体に対して 4.8% を占めるにすぎず、多産の傾向は認められないため本報告では判断できない。

以上の結果から、峰浜地域の埴川ルートは佐藤ほか (2003) <sup>(12)</sup> と同様に後期鮮新世から更新世の前期に対比されることが明らかとなった。

## 5. 峰浜地域に分布する鮮新統・更新統の古環境変遷

鮮新世末から更新世初めにかけての日本海の古環境変遷はこれまで数多くの研究がおこなわれてきた (たとえば Maiya et al., 1976<sup>(11)</sup>). 特に鮮新世の中頃から末にかけては mid-Pliocene warmth として知られる (Raymo et al., 1996<sup>(20)</sup>), 現在よりも 2~3°C 気温の高い環境であったと考えられている (Dowsett et al., 2011<sup>(21)</sup> など). 日本海では、この時期に多産が知られる *G. inflata* s.l. が暖流を示唆するとして (Maiya et al., 1976<sup>(11)</sup>), 多くの研究で鮮新世末に日本海沿岸を流れる暖流の存在が指摘されてきた (三輪ほか, 2004a<sup>(22)</sup> など). また、軟体動物化石群の解析からも当時日本海沿岸には、ごく薄い暖流が存在したと推測されている (天野ほか, 2000<sup>(4)</sup>). 本報告の調査下限の天徳寺層中の浮遊性有孔虫の層位分布をみると、*N. pachyderma* の石灰質殻の巻き方向が右巻き優勢であり、その後笹岡層最下部で一時的に右巻き優勢となるものの、上部では左巻き個体の割合が優勢である。一般に寒冷な環境下で同種の左巻き個体が優勢に産するという観測 (Ericson, 1959<sup>(23)</sup>) に基づくと、調査層準最下部では温暖な環境が予測され、北極氷床の拡大時期を示唆する基準面 A (Sato and Kameo, 1996<sup>(16)</sup>; Sato et al., 2004<sup>(24)</sup>) を挟んで寒冷な環境へ移行したものと考えられる。これは峰浜地域で軟体動物群の検討をおこなった天野ほか (2011) <sup>(13)</sup> の結果と調和的である。また、典型的な温暖種として知られる *G. ruber* の層位分布に注目すると (例えば Bé, 1977<sup>(25)</sup>), 調査層準最上部付近でその産出が認められる。従って、鮮新世の末に急激な寒冷化が認められるものの、その後、更新世の前期 (~1.8 Ma) には、徐々に温暖化する傾向も示される。ここで、汎世界的に寒冷化した鮮新世末に相当する天徳寺階と笹岡階の境界付近に注目すると、従来、暖流の指標とされてきた *G. inflata* s.l. がわずかながらも連続的に産する。富山県灘浦地域 (三輪ほか, 2004b<sup>(26)</sup>) と新潟県北蒲原郡の胎内川ルート (三輪ほか, 2004a<sup>(22)</sup>) でおこなわれた浮遊性有孔虫化石層序の研究とともに、

秋田県峰浜地域の 3 つの地域で産する *G. inflata* s.l. に関して石灰質ナンノ化石基準面 A 直下付近、すなわち汎世界的寒冷化直前の同種の産出割合を比較する (図 3)。それぞれの地域の堆積速度、化石の産出層準の相違から必ずしも同時面での比較とはならないが、高緯度でその割合が減少する傾向は明らかである。このことは、もし *G. inflata* s.l. が暖流を指標

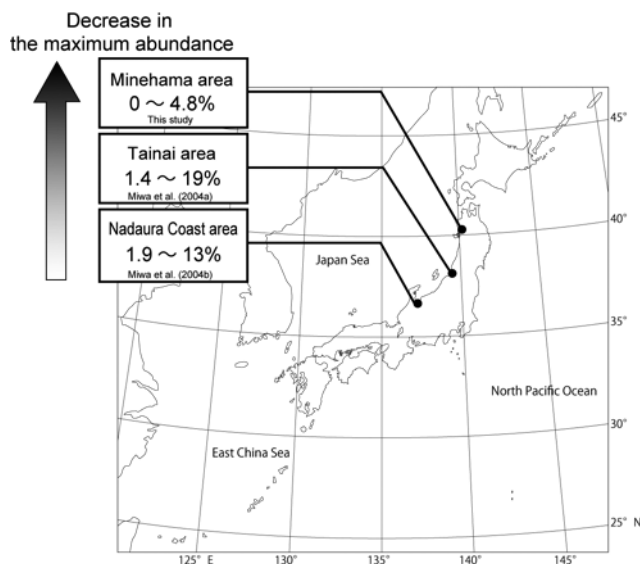


図 3. 基準面 A 直下層準の *G. inflata* s.l. の産出割合

するならば、その流れは南方海峡より日本海に侵入したと推測される。ただし、北極氷床の形成に伴う汎世界的寒冷化以降 (基準面 A より上位の層準) でさえも、*G. inflata* s.l. が産し、かつ連続産出することは、同種の指し示す古環境が単純な温暖環境 (たとえば暖流) を示唆しない可能性も指摘される。したがって、今後さらに鮮新世末以降の *G. inflata* s.l. の層位分布ならびに地理分布についての詳細を検討する必要がある。

## 6. まとめ

秋田県峰浜地域に分布する天徳寺層上部から笹岡層の地質時代は鮮新世末から更新世の前期に対比されることが示された。浮遊性有孔虫化石の層位分布に基づけば、天徳寺層最上部に追跡され、汎世界的寒冷化の時期に相当する石灰質ナンノ化石基準面 A を挟んで、下位では温暖な、上位では寒冷な環境が示唆される。また、調査層準上部に対比される更新世の前期では温暖種の存在から徐々に温暖な環境となったことが示唆される。本報告で認められる浮遊性有孔虫群集は鮮新世末の日本海の環境を議論する上で重要であり、周辺地域での調査がさらに必要で

ある。

### 謝辞

本報告の試料の採取および岩相調査について吉田新氏（地球資源学科 2005 年度卒業）にご協力いただいた。ここに記し感謝の意を表します。

### 参考文献

- (1) Maiya, S., Saito, T., and Sato, T. (1976): Late Cenozoic planktonic foraminiferal biostratigraphy of Northwest Pacific sedimentary sequences, In Takayanagi, Y. and Saito, T., eds., *Progress in Micropaleontology, Special Publication Micropaleontology*, 395-422.
- (2) 工藤哲朗 (1967): 新潟ベーズンにおける Foraminiferal Ratio の利用について, 第 32 回石油技術協会定時総会個人講演要旨集, 13-14 頁.
- (3) 平松 力・三輪美智子 (2005): 秋田県海域および沿岸地域における鮮新世～更新世の浮遊性有孔虫化石マーカーの出現パターンと集油構造形成時期, 石油技術協会誌, 70 巻, 1 号, 104-113 頁.
- (4) 天野和孝・鈴木正憲・佐藤時幸 (2000): 鮮新世中期における暖流の日本海への流入: 秋田県太平山周辺の天徳寺層軟体動物群, 地質学雑誌, 106 巻, 4 号, 299-306 頁.
- (5) 柳沢幸夫・天野和孝 (2003): 新潟県上越地域西部に分布する鮮新統の珪藻化石層序と古海洋環境, 地質調査研究報告, 54 巻, 1/2 号, 63-93 頁.
- (6) 花方 聡・本山 功・三輪美智子 (2001): 日本海地域における底生有孔虫 *Spirosigmoilinella compressa* の消滅と *Miliammina echigoensis* の出現の年代およびその古海洋学的意義—中新世～鮮新世の海水準変動との関連—, 地質学雑誌, 107 巻, 101-116 頁.
- (7) 北村晃寿・木元克典 (2004): 3.9 Ma から 1.0 Ma の日本海の南方海峡の変遷史, 第四紀研究, 43 巻, 6 号, 417-434 頁.
- (8) Irizuki, T., Kusumoto, M., Ishida, K., and Tanaka, Y. (2007): Sealevel changes and water structures between ca. 3.5 to 2.8 Ma in the central part of the Japan Sea Borderland: analyses of fossil Ostracoda from the Pliocene Kuwae Formation, central Japan. *Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology*, **245**, 421-443.
- (9) 入月俊明・石田 桂 (2007): 日本海沿岸の鮮新世貝形虫群集と海洋環境との関係, 化石, 82 巻, 13-20 頁.
- (10) 北村晃寿 (2007): 後期鮮新世から前期更新世の間氷期における対馬海流の動態とその要因—特に下部更新統における浮遊性有孔虫 *Globocenella inflata* の産出の古環境学的意義の再検討—, 化石, 82 巻, 52-59 頁.
- (11) 大沢 穠・池辺 穰・平山次郎・栗田泰夫・高安泰助 (1984): 能代地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 91 頁.
- (12) 佐藤時幸・樋口武志・石井崇暁・湯口志穂・天野和孝・亀尾孝司 (2003): 秋田県北部に分布する上部鮮新統～最下部更新統の石灰質ナンノ化石層序—後期鮮新世古海洋変動と関連して—, 地質学雑誌, 109 巻, 5 号, 280-292 頁.
- (13) 天野和孝・吉田 新・佐藤時幸 (2011): 2.75 Ma の寒冷化の日本海沿岸域の軟体動物群への影響: 秋田県の中中部および北部の軟体動物群, 地質学雑誌, 117 巻, 9 号, 508-522 頁.
- (14) 尾田太良 (1978): 有孔虫・貝形虫, 高柳洋吉編, 微化石研究マニュアル, 朝倉書店, 33-46 頁.
- (15) 高山俊昭 (1978): 石灰質ナンノプランクトン, 高柳洋吉編, 微化石研究マニュアル, 朝倉書店, 51-59 頁.
- (16) Sato, T. and Kameo, K., (1996): Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Arctic Ocean, ODP Leg 151, In Thiede, J., Myhre, A. M., Firth, J. V., Johnson, G. L. and Ruddiman, W. F. eds., *Proc. ODP Sci. Results*, **151**, College Station, TX (Ocean Drilling Program), 39-59.
- (17) Sato, T., Chinyonobu, S., and Hodell, D.A. (2009): Data report: Quaternary calcareous nannofossil datums and biochronology in the North Atlantic Ocean, IODP Site U1308, In Channell, J.E.T., Kanamatsu, T., Sato, T., Stein, R., Alvarez Zarikian, C.A., Malone, M.J., and the Expedition 303/306 Scientists, *Proc. IODP, 303/306: College Station, TX (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.)*. doi:10.2204/iodp.proc.303306.210.2009.
- (18) Motoyama, I., Niitsuma, N., Maruyama, T., Hayashi, H., Kamikuri, S., Shiono, M., Kanamatsu, T., Aoki, K., Morishita, C., Hagino, K., Nishi, H., and Oda, M. (2004): Middle Miocene to Pleistocene magneto-biostratigraphy of ODP Sites 1150 and 1151, northwest Pacific: sedimentation rate and updated regional geological timescale, *The Island Arc*, **13**, 289-305.
- (19) 米谷盛寿郎 (1978): 東北日本油田地域に

における上部新生界の浮遊性有孔虫層序, 日本の新生代地質 (池辺展生教授記念論文集), 35-60 頁.

(20) Raymo, M.E., Grant, B., Horowitz, M., Rau, G.H. (1996): Mid-Pliocene warmth: stronger greenhouse and stronger conveyor, *Marine Micropaleontology*, **27**, 313-326.

(21) Dowsett, H.J., Haywood, A.M., Valdes, P.J., Robinson, M.M., Lunt, D.J., Hill, D.J., Stoll, D.K., Foley, K.M. (2011): Sea surface temperatures of the mid-Piacenzian Warm Period: A comparison of PRISM3 and HadCM3, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **309**, 83-91.

(22) 三輪美智子・山田桂・入月俊明・田中裕一郎・庄司真弓・渡辺真人・柳沢幸夫(2004a): 新潟県北蒲原郡胎内川における鮮新統鯨江層の浮遊性有孔虫化石層序 -No.3 *Globorotalia inflata* bed の下限の年代について-, 石油技術協会誌, 69 巻, 3 号, 272-283 頁.

(23) Ericson, D.B.(1959): Coiling direction of *Globigerina pachyderma* as a climate index, *Science*, **130**, 219-220.

(24) Sato, T., Yuguchi, S., Takayama, T., and Kameo, K. (2004): Drastic change of the geographical distribution of the cold water nannofossil *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller during the late Pliocene-with special reference to increase of ice sheet in the Arctic Ocean-, *Marine Micropaleontology*, **52**, 181-193.

(25) Bé, A.W.H.(1977): An ecological, zoogeographic and taxonomic review of recent planktic foraminifera, In Ramsay, A.T.S., eds., *Oceanic Micropalaeontology*, vol 1. Academic Press, London, 1-100.

(26) 三輪美智子・渡辺真人・山田 桂・柳沢幸夫(2004b): 富山県氷見市灘浦地域の藪田層 (鮮新統) の浮遊性有孔虫化石群集 -とくに No. 3 *Globorotalia inflata* bed の下限の年代について-. 石油技術協会誌, 69 巻, 6 号, 668-678 頁.