

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05325

研究課題名(和文) 例外的に保存の良い浮遊性有孔虫化石から読む鮮新世温暖期の北部日本海の海洋環境像

研究課題名(英文) Late Pliocene paleoceanographic history in the northern part of Japan Sea area: evidence from assemblage and isotopic records of planktic foraminifera

研究代表者

山崎 誠 (Yamasaki, Makoto)

秋田大学・国際資源学研究科・准教授

研究者番号：40344650

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：鮮新世後期の気候は顕著な温暖化で知られ、日本海の海洋環境にも多大な影響を与えた。本研究では、浮遊性有孔虫の群集・地化学分析に基づき、鮮新世末から更新世始めにかけての海洋表層環境を復元した。その結果、日本海北部地域は更新世始めの北極氷床の拡大に関連する汎世界的な寒冷化と海水準の低下の影響を受け、より沿岸環境へと変化したと推測される。また、従来温暖種とされてきた *Globorotalia inflata* s.l. の産出は、間欠的な多産で特徴付けられることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Late Pliocene to early Pleistocene paleoceanographic history in the Japan Sea was investigated based on faunal and isotopic records of planktic foraminifera from the Tentokuji and Sasaoka Formations in Akita Prefecture and the Maido Formation in Aomori Prefecture. In the early Pleistocene, the studied sections were characterized by neritic water fauna and stratified surface water from isotopic analysis while relatively warmer water fauna was abundant during the late Pliocene. These faunal and isotopic changes suggest that they correspond to northern hemisphere glaciation. This study also revealed that the occurrence of *Globorotalia inflata* s.l. was characterized by not only higher abundance, but also rather sporadic distribution throughout the studied section.

研究分野：微古生物学

キーワード：地球史 浮遊性有孔虫 北部日本海地域 後期鮮新世

1. 研究開始当初の背景

鮮新世(533~258万年前)以降,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など).この間欠的な暖流系化石の産出は,鮮新世以降の地質年代を決定する上で重要な対比基準として利用され,日本海側で開発される石油坑井の広域対比に重要な役割を果たしてきた.また,海峡を通過する海流がもたらす環境については,軟体動物化石・珪藻化石・介形虫化石・有孔虫の研究が精力的に進められてきた.新潟県から秋田県にかけて分布する鮮新世末期の鍬江(くわえ)層・天徳寺(てんとくじ)層を対象としたこれらの先行研究によれば,当時の日本海には現在よりも高温の暖流が冷水塊上を流れていたと考えられ(天野ほか,2000;柳沢・天野,2003;Irizuki et al., 2007など),南方からの暖流の流入が指摘される(天野ほか,2000).一方で秋田県の鮮新統に産する底生有孔虫化石の水平分布から,鮮新世末に日本海へ北方の海峡を介して海水が浸入した可能性が指摘され,更新世始めの凡世界的寒冷化に伴い,石灰質浮遊性の*Globorotalia inflata* sensu lato (s.l.) 系列種群(鮮新世以降の日本海に分布が知られる,狭義の*G. inflata* d'Orbigny sensu stricto (s.s.), *G. inflata praeinflata* Maiya, Saito and Sato, そして *G. orientalis* Maiya, Saito and Sato の3種からなる系統のこと)が分布域を「南」下させたという(花方,2007).このように,海洋環境復元でもっとも基本となるはずの海流の流入経路に関してすら未だ明確になっていない.そもそも,日本海の第四紀後期海洋コア試料中に見出された*G. inflata* s.s. (系列3種群で唯一の現生種)は,寒冷系種を伴わず,かつ黒潮を特徴づける*Pulleniatina* 属と共産することから暖流の指標とされ(Maiya et al., 1976)現在に至るものの,*G. inflata* s.l.の生態は以降,顧みられることなく,現在まで多数の古環境研究の根拠とされてきた.すなわち,初期の研究で古環境推定の前提となった*G. inflata* s.l.についての生態学的解釈が,鮮新世に適用するにあたり,決定的な証拠のないまま「寒流(もしくは冷水)に分布しない種」という,いわば「消極的暖流指標」として利用され続けている現状にあり,最終的な日本海表層海流の動態復元には決定打を欠く.

少量の堆積物試料にも豊産が見込まれる微化石,特に浮遊性有孔虫は,日本海沿岸の油田開発の初期から地質年代の決定において有用視されてきた.しかし,実際の坑井中に認められる浮遊性有孔虫化石は,油田地域に特有の,埋積後の高熱環境(高い地温勾配)や圧密等の続成作用の影響から形態の変形や変色を伴うことが多かった.一方で,地表に露出している相当層準に産する浮遊性有孔虫化石群は,*G. inflata* s.l.を含めて透

き通るほどの殻を持ち,例外的に保存良好である(図1,2).保存の良い化石は一般に,



図1. 調査地域の位置

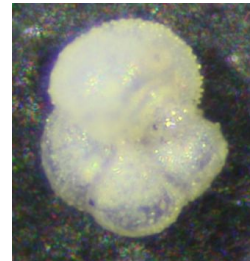


図2. *G. inflata* s.l.の光学顕微鏡写真

生体時の形態的・地化学的情報をより多く残していることが期待される.本研究では,これの試料群に基づいて以下の研究をおこなった.

2. 研究の目的

本申請研究では,(1)保存良好な有孔虫殻が認められる天徳寺層および相当層より*G. inflata* s.l.を採取し層位分布を明らかにする.そして,(2)保存良好な殻の地化学分析をおこない,安定酸素同位体組成などから海洋表層の環境を復元する.同時に(3)群集解析も行い,*G. inflata* s.l.を中心とした浮遊性有孔虫化石群集の指示する鮮新世末期の日本海の海洋環境を記述することを目的とする.

3. 研究の方法

本研究では,鮮新世末に日本海沿岸から沖合に存在したであろう海流の動態を把握するために,鮮新統海成層からの石灰質微化石の産出実績のある秋田県北部能代(のしろ)地域(佐藤ほか,2003)と青森県鯉ヶ沢(あじがさわ)地域(根本,1990)を中心として調査をおこなった(図1).先行研究の試料採集層準を参考に上部鮮新統に注目し能代地域では塙川沿いの層厚約300m,鯉ヶ沢地域では鮮新統最上部付近の約200mを対象にそれ

それ層位間隔 1~5m を目安に試料の採集をおこなった。その後、シルト岩ないしシルト質砂岩より浮遊性有孔虫化石を抽出した。そして、1 試料あたり 200 個体程度が含まれるように適宜試料を分割し群集解析をおこなった。また、殻の保存が良好な層準を選別し、安定酸素・炭素同位体比の分析を実施した。分析は、高知大学海洋コア総合研究センターにて実施した。

4. 研究成果

調査結果を能代地域と鱒ヶ沢地域それぞれについてまとめる。

(1)能代地域では、峰浜村西部埴川流域の埴地区、横内地区、上畑谷地区に分布する天徳寺層上部～笹岡層下部の層準で試料の採集をおこなった。調査地域に分布する天徳寺層は主に暗青灰色のシルト岩からなり一部礫岩層を頻りに狭在する。笹岡層は主に青灰色の細粒砂岩よりなり中粒砂や礫を含み淘汰が悪い。佐藤ほか(2003)により天徳寺層最上部に石灰質ナンノ化石基準面 A (2.75Ma) が追跡されている。浮遊性有孔虫化石群集は、調査層準を通して *Globigerina bulloides*, *Globigerina quinqueloba*, および *Neogloboquadrina pachyderma* が優勢に産出する(図3)。基準面 A 前後の層準に注目する

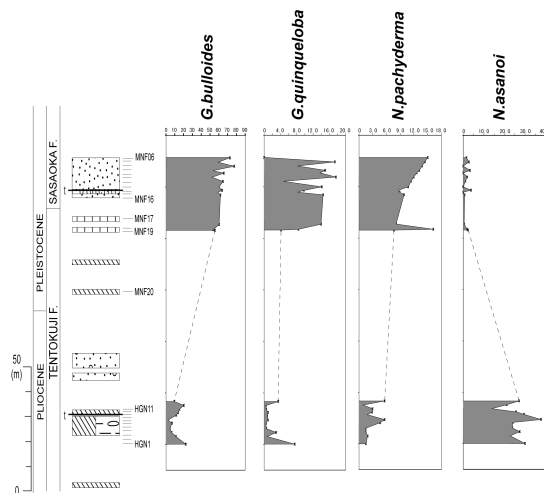


図3. 能代地域より産出した浮遊性有孔虫の層位分布

と、その下位では、*Globigerinita glutinata* のほか *Neogloboquadrina asanoi* や *Neogloboquadrina incompta* が優勢に産出するのに対し、上位では、*G. quinqueloba* と共に *N. pachyderma* が随伴する。両種は、極域から亜極域を特徴付ける種であることから、基準面 A より上位では、明らかな寒冷化傾向を示している。なお、最上部鮮新統の対比基準となっている *G. inflata* s.l. の産出は調査層準を通して少ない。有孔虫殻の酸素同位体比は、*G. bulloides* では、基準面 A より下位で 0.026 ~ 1.095‰, 上位で -0.58 ~ 0.256‰ となり、減少傾向を示す。*N. pachyderma* の酸素同位体比は、基準面 A より下位で 0.903 ~ 1.392‰, 上位で 0.236 ~ 0.669‰ で *G.*

bulloides 同様にわずかに減少する傾向にある。一般に、鮮新世末の北極氷床の増加は、酸素同位体比を重くする傾向にあるため、本研究での調査結果は、逆の傾向を示す。ここで両種の生息水深をみると、現在の日本海では、*N. pachyderma* は亜表層に、*G. bulloides* は主に海洋表層に生息する (Kuroyanagi and Kawahata, 2004)。これに基づけば、同一層準より抽出された両種の同位体値の差は、堆積当時の海洋表層から亜表層までの海水の成層状態を反映していると考えられる。そこで、両種の同位体値の差に注目すると、凡世界的な寒冷化の後(基準面 A の上位)では値の差が大きく、より海洋表層が成層化していた可能性が示唆される(図4)。ま

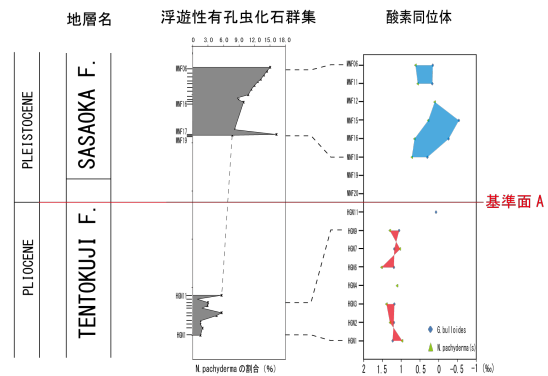


図4. 能代地域より産出した *N. pachyderma* の層位分布と酸素同位体比の比較

た、試料採集とともにおこなった岩相調査に基づけば、基準面 A よりも上位で岩相は粗粒化する傾向にあり、海水準の低下を示唆する。以上のことは、本調査地域が更新世の始めに海水準の低下に伴って浅海化し、沿岸水の影響により海洋表層が成層した環境であった可能性が指摘できる。

(2)鱒ヶ沢地域では、浜毛海岸と七里長浜、中村地域徳明川流域に分布する舞戸層上部～鳴沢層下部の層準で試料採集した。調査地域は舞戸背斜の東翼にあたり新第三系は東方に緩く傾斜する。同地域に分布する舞戸層は緑灰色ないし暗青灰色の塊状珪藻質シルト岩を主とし、時折凝灰質砂岩や珪長質細粒凝灰岩を挟む。鳴沢層は下位の舞戸層を整合に被覆し、主に塊状の青灰色極細粒砂岩からなる。嶋田ほか(2017)により本調査地域に分布する舞戸層上部に *Neodenticula koizumii* - *N. kantschatica* 帯と *N. koizumii* 帯の境界 (2.7~2.6 Ma) が追跡される。浮遊性有孔虫化石群集は、化石の産出が良好であった舞戸層上部について精査した。その結果、調査層準を通して *Neogloboquadrina asanoi*, *Neogloboquadrina incompta*, および *Globigerina quinqueloba* が優勢に産し、層準下部で *Globigerina bulloides* や一部層準で *Globorotalia inflata* s.l. が多産した

(図5).これらのうち現生種で分布地域が特

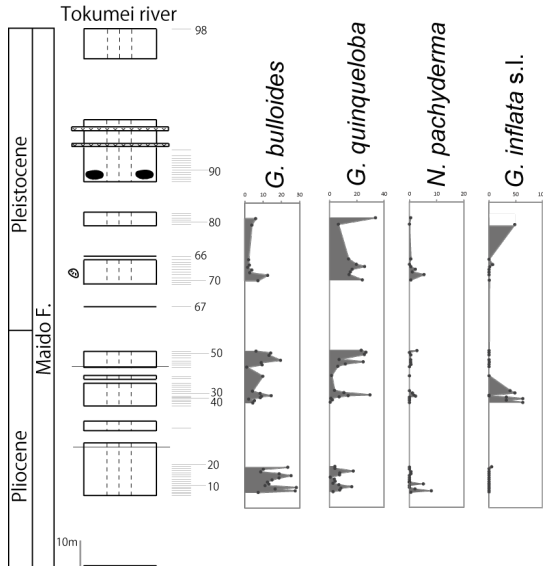


図5. 鱒ヶ沢地域より産出した浮遊性有孔虫の層位分布

定されている種群の生息環境に基づくと、鮮新世末は熱帯～亜熱帯ほどの環境には至らないものの、相対的に温暖な環境であったが、その後更新世の始めに沿岸水の影響をより強く受ける環境へと変化したことが示唆される。ただし、従来鮮新世の末に多産するとされてきた *G. inflata* s.l. の産出は、恒常的に多産するのではなく特定層準のみで間欠的に多産し、その多産は、更新世の始めにも認められた。大局的にみると、以上の結果は鱒ヶ沢地域が更新世始めの北極氷床の拡大に関連する汎世界的な寒冷化と海水準の低下の影響を受け、より沿岸環境へと変化したことを示している。さらに、安定酸素同位体比分析を同様の層準でおこなったところ、*Planocassidulina norcrossi* は 2.65～3.49‰ の範囲で変化した。底生有孔虫群集の示唆する舞戸層の古水深は上部漸深海帯であること(根本, 1990)に基づけば、表生種である底生有孔虫 *P. norcrossi* の酸素同位体比は鮮新世/更新世境界付近で重い値へと変化する傾向が認められ、汎世界的な酸素同位体比変動との関連が示唆される。

能代地域と鱒ヶ沢地域の結果は、いずれも鮮新世の末から更新世の始めにかけて沿岸環境の影響が強くなったことを示している。*G. inflata* s.l. の層位分布に注目すると、より北方に位置する鱒ヶ沢地域で多産し、しかもその産出は間欠的であった。同様の傾向は新潟県胎内地域も得られている(三輪ほか, 2004)。この産出傾向についてはさらなる考察を必要とするが、日本海地域に広域に追跡できうる同種の層位分布の特徴を抽出できたことは意義深い。今後さらに、同種の形態的特徴の層位変化などについても考察し、それらが指し示す海洋環境の復元を目指す。最後に、本申請課題を採択いただいたことにより申請者の研究は大いに進展した。深く感

謝申し上げます。

<引用文献>

- 天野和孝, 鈴木正憲, 佐藤時幸, 2000, 地質学雑誌, 106, 299-306
 花方聡, 2007, 化石, 82, 29-34.
 Irizuki, T., Kusumoto, M., Ishida, K., and Tanaka, Y., 2007, Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology, 245, 421-443
 Kuroyanagi, A., Kawahata, H., 2004, Marine Micropaleontology, 53, 173-196.
 Maiya, S., Saito, T., and Sato, T., 1976, Progress in Micropaleontology, 395-422
 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, 2004, 石油技術協会誌, 69, 272-283
 根本直樹, 1990, 化石, 48, 17-33
 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, 109, 280-292
 嶋田智恵子, 林駿介, 根本直樹, 山崎誠, 2017, 白神研究, 12, 16-31
 柳沢幸夫, 天野和孝, 2003, 地質調査研究報告, 54, 63-93

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

嶋田智恵子, 林駿介, 根本直樹, 山崎誠, 白神山北麓の鱒ヶ沢地域に分布する舞戸層の珪藻化石年代, 白神研究, 査読有, 12号, 2017, 16-31

山崎誠, 小松優子, 福永里実, 佐藤時幸, 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, 秋田大学大学院工学資源学研究所報告, 査読無, 36号, 2015, 9-14

[学会発表](計 2 件)

山崎誠, 椿野将輝, 池原実, 佐藤時幸, 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群集から, 日本地質学会第124年学術大会, 2017.9.17, 愛媛大学(愛媛)

林駿介, 山崎誠, 嶋田智恵子, 青森県西津軽郡鱒ヶ沢町に分布する上部鮮新統～下部更新統舞戸層の岩相層序と浮遊性有孔虫化石層序, 平成28年度石油技術協会春季講演会, 2016.6.8, 秋田ビューホテル(秋田)

6. 研究組織

(1)研究代表者

山崎 誠 (YAMASAKI, Makoto)

秋田大学・大学院国際資源学研究科・准教授
研究者番号：40344650

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
池原 実 (IKEHARA, Minoru)
高知大学・海洋コア総合研究センター・教授
研究者番号：90335919

嶋田智恵子 (SHIMADA, Chieko)
秋田大学・大学院国際資源学研究科・客員研
究員
研究者番号：60597186

(4)研究協力者
なし