

氏名	後藤 隆嗣		
学位の種類	博士（理学）		
学位記番号	総博甲第 89 号		
学位授与年月日	平成 26 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項		
文部科学省報告番号	甲第 515 号		
専攻名	マテリアル創成工学専攻		
学位論文題目	微化石群集解析に基づく後期鮮新世における日本海の海洋環境の時間空間的变化 (Spatio-temporal changes of marine environments in the Sea of Japan during the late Pliocene based on faunal analysis of microfossils)		
論文審査委員	主査	島根大学教授	入月 俊明
		島根大学教授	石賀 裕明
		島根大学教授	三瓶 良和
		島根大学准教授	酒井 哲弥
		島根大学准教授	林 広樹

論文内容の要旨

日本海の海洋環境は、今から 350 万年前頃の後期鮮新世の初期に南方海峡が開き、南から暖流が流入したため、それ以前と比較して大きく変化したと考えられている。そこで、この変化を主に石灰質微化石である甲殻類の貝形虫化石と“原生生物”の浮遊性有孔虫化石の群集解析に基づき、時間空間的に復元すること、およびこのような海洋環境の変化に伴う日本海における暖流系の貝形虫群集の変遷を解明することが本研究の主目的である。

北陸以北の日本海側に分布する海成鮮新統の堆積年代の推定と各地層の対比は、主に生層序と古地磁気層序に基づき行われてきた。特に上部鮮新統に関しては、浮遊性有孔虫化石の *Globorotalia inflata* (s.l.) の多産層準が広く認められ、この層準は No. 3 *G. inflata* bed と呼ばれ、地層の広域対比に有用であるとされた。また、日本海側の地層中から産出する *G. inflata* (s.l.) は温帯水塊の指標とされ、後期鮮新世の日本海中層には温帯水塊が形成されていた可能性を示唆すると考えられている。そこで、本研究ではこの浮遊性有孔虫種の産出が期待されるあるいは報告されている 4 地域；(1) 富山県富山市八尾地域の三田層；(2) 富山県氷見市灘浦地域の藪田層；(3) 新潟県新発田市上寺内地域の鍬江層；(4) 新潟県胎内市坂井周辺地域の鍬江層を対象に研究を行った。

本研究での検討事項は大きく以下のように区分される。

(1) No. 3 *G. inflata* (s.l.) bed に基づき研究地域の層序を対比すること；(2) 貝形虫化石群集の Q-mode クラスタ分析に基づき全試料間の類似性を比較すること；(3) 研究地域ごとに貝形虫化石群集と浮遊性有孔虫化石群集の R-mode クラスタ分析および因子分析に基づき、古環境の

時間空間的変化を復元すること；(4) 貝形虫殻の Mg/Ca 比に基づき古水温を定量的に推定すること；(5) 中新世から鮮新世における日本海的环境変遷に伴い暖流系種群がどのように変化したのか解明すること。

結果として、坂井周辺地域を除き、*G. inflata* (s.l.)が産出する3地域の調査層準は、No. 3 *G. inflata* bed の基底層準に対比された。一方、坂井周辺地域の No. 3 *G. inflata* (s.l.) bed は、これらより上位の層準に対比されることが明らかになった。

各地域から採取した試料から300種以上の貝形虫化石が認められ、それらのうち多産した種は現在の日本列島周辺海域に広く認められるものであった。しかしながら、絶滅種、熱帯-亜熱帯性種、環極域種、湾域種も試料によっては多産した。本研究では産出した貝形虫種の中で、現在の九州以南に分布域を持つ *Cytherelloidea hanaii*, *Paranesidea* sp. および *Triebelina* sp. の3種を特に熱帯-亜熱帯性種と認定した。貝形虫化石群集の Q-mode クラスタ分析の結果、検討した試料は4つの貝形虫化石相にまとめられることが明らかになった。4つの化石相は、浅い沿岸海域に堆積した三田層の試料(化石相②)、陸棚～深海域で堆積した藪田層、鍬江層試料(化石相③)、赤江川支流の三田層最上部の試料および藪田層下部の試料(化石相①, ④)であった。さらに、浮遊性有孔虫化石群集と貝形虫化石群集の R-mode クラスタ分析と因子分析の結果、各地域の海洋環境は以下のように復元された。

三田層では大きく2回の寒冷～温暖のサイクルが認められた。温暖期には暖流系種が産出し、現在より温暖な水塊が日本海に流入した。寒冷期には部分的に地層が削剥され、貝形虫化石の群集構成から当時は約50mの海水準低下が起きたと推定された。藪田層では1回の寒冷～温暖サイクルが認められ、中部層準付近から上位に向け相対的に温暖な環境へと変化した。新発田市の鍬江層では、最下部層準では寒冷な環境で、中部から上部層準にかけて、暖流系種の産出および *G. inflata* (s.l.)の多産が認められ、強い暖流の影響が示唆された。また、中部から上部層準にかけて浅海化が起き、暖流系貝形虫種の産出頻度が増加することから、この浅海化は半世界的な海水準変動によるのではなく、地域的な構造運動による可能性が示唆された。坂井周辺地域の鍬江層では、1回の深海化が認められ、深海化の層準付近で *G. inflata* (s.l.)が急増し、貝形虫殻の Mg/Ca 比に基づく古水温が6°C上昇したことが推定され、この深海化は汎世界的な温暖化に伴う海水準上昇によると考えられた。

以上の調査地域ごとの対比や古環境の変遷を総括すると、各地域に認められた寒冷化は海洋酸素同位体ステージの MIS M2 に対比された。また、鮮新世の日本海における暖流の流入開始時期はそれ以前に起きており *G. inflata* (s.l.)が初めて日本海に出現する層準は MIS M1 に相当することが明らかになった。さらに、坂井周辺地域における *G. inflata* (s.l.)の多産層準は MIS G19 に相当すると推測された。

中期中新世初期に日本全国で繁栄した暖流系貝形虫群集と、本研究で認められた後期鮮新世の暖流系貝形虫群集を比較した結果、両者は種構成が大きく異なっていた。これは後期鮮新世の暖流系種は新たに南方海峡が開いたときに日本海へ移動した種群であり、中新世からの生き残りの暖流系種とは異なることが明らかになった。

論文審査結果の要旨

日本海へは約 1000 万年前に南方海峽が完全に閉鎖したため、南からの暖流が流入しなくなった。その後、約 350 万年前の後期鮮新世初期に南方海峽が開き、以前と環境が大きく変わったとされている。また、この時代は現在よりも暖かく、その後、徐々に約 4 万年周期の氷期-間氷期サイクルが汎世界的に顕著になった時代でもある。この時代の日本海における暖流の流入動態や汎世界的気候変動に伴う海洋環境の変化についてはいくつかの説があり、明らかになっていなかった。そこで、本論文では 1) 石灰質微化石である甲殻類の貝形虫化石と“原生生物”の浮遊性有孔虫化石の群集解析と、貝形虫化石殻の微量元素分析に基づき、後期鮮新世初期の日本海の環境変化について、高精度の時間軸の設定と地層の対比を通じて復元すること、2) このような海洋環境の変化に伴う日本海における暖流系の貝形虫群集の起源や変遷を解明することを目的としている。そのために、本論文では後期鮮新世の浅海成層である富山県八尾市の三田層、氷見市の藪田層、新潟県新発田市～胎内市の鍬江層の地質調査と微化石試料の採取と種々の分析を行い、これらの研究結果と従来の研究結果を統合して考察を行った。

結果として、対象地域の上部鮮新統には浮遊性有孔虫化石の No. 3 *Globorotalia inflata* bed の基底層準（約 325 万年前）が挟在することが明らかになり、この層準を基準として、時間空間的な環境変化を初めて復元できるようになった。次に、産出した貝形虫化石群集と浮遊性有孔虫化石群集の統計学的解析による古環境の復元と、貝形虫化石殻の微量元素分析に基づいた古水温の復元を行った。その結果、以下のような新しい知見を得た。1) 従来、後期鮮新世初期には恒常的に暖流が流入していたとされてきたが、数万年周期の海面変動を伴う氷期-間氷期サイクルを認め、氷期には暖流の影響がほとんど無いことを指摘した。2) 最も寒冷化し、海水準が低下した年代は、海洋酸素同位体ステージ (MIS) の M2 (約 330 万年前) であり、その時に約 50 m の海面低下が起きたことを指摘した。3) 鮮新世において初めて日本海に暖流が流入した時期は MIS M2 以前の約 350～330 万年前の間であり、本格的に強い暖流の流入が起きた年代は MIS M1 (約 325 万年前) に相当することを初めて明らかにした。4) 約 300 万年前の深海化が起きた層準で温帯性の浮遊性有孔虫種が急増し、この層準付近で産出した貝形虫化石殻の Mg/Ca 比に基づくと、当時の古水温は 6°C 上昇したことが推定され、この深海化は汎世界的な温暖化 (MIS G19) に伴う海水準上昇によると示唆した。5) 約 1600 万年の中期中新世初期に日本全国で繁栄した暖流系貝形虫群集と、本研究で認められた後期鮮新世の暖流系貝形虫群集を比較した結果、両者は種構成が大きく異なっており、これは後期鮮新世の暖流系種は新たに南方海峽が開いた時に日本海へ移動した種群であり、中新世からの残存暖流系種とは異なることを明らかにした。6) 同定した貝形虫種のうち、1 新種の記載を行った。

上記のように、本研究では正確な地層の対比と膨大な試料の微化石分析を行うことによって、日本海の浅海環境が時間空間的に詳細に復元され、これまでの論争に決着をつけるような成果や今後の研究の発展が期待できる成果を得ている。これらの成果は地質学、層位・古生物学、古海洋学の分野に大変貢献すると判断され、高く評価されるものである。成果の一部は日本地質学会発行の査読誌である「地質学雑誌」に 2 編と、国際誌の「*Paleontological Research*」に 1 編、関連論文として公表または受理済みである。

以上を総合して、本論文は博士（理学）の学位授与のための論文として合格と判断した。