

氏名 大井 剛志

## 主論文審査の要旨

日本海は日本列島とアジア大陸の間に位置し、我が国の歴史・気候・風土など、様々な面で多大な影響を及ぼす海域である。地球科学においては、水深 3000m を超す日本海盆を有する一方で、外海とは水深 130m 程度の対馬・津軽両海峡、ならびにそれより浅い海峡で結ばれる特異な地形をなしており、その海底堆積物に、とくに第四紀後期の気候変動の影響が外海よりもさらに顕著な記録として残される海域として注目されている。本論文は、対馬海峡で繋がる日本海南部と対馬海峡で繋がる日本海南部と東シナ海北部の過去 4 万 2 千年における海洋環境の変遷史について、合計 6 本の海底堆積物コアに連続的に多産する有孔虫化石群集をもとに検討したもので、10 章より構成される。

第 1 章「緒言」で、日本近海の新環境変遷に関する従来の研究をもとに本研究の到達目標を設定し、第 2 章「試料と分析方法」で、日本海南部の山陰沖中深度域と深海域、秋田沖漸深海、および東シナ海北部の男女海盆より採取された各コアの基本情報と年代モデルを提示した。第 3 章で日本海と東シナ海における各コアより産出する有孔虫化石の概要を記載し、大まかな特徴を比較した。第 4 章から第 7 章は日本海コアをもとに、有孔虫群集の解析にもとづく過去 4 万 9 千年間の古環境変遷史と併せて、分析の解析手法の吟味を行った。つづく第 8 章は、東シナ海コアの底生有孔虫群集解析にもとづく過去 4 万 2 千年の古海洋変遷の検討で、その結果をもとに、第 9 章では日本海南部と東シナ海の古環境変遷の関連性を追究し、グローバルな地球気候変化の関係を探求した。第 10 章は研究成果の総括である。

本論文前段の主題である日本海については、第 4 章で、底生および浮遊性有孔虫群集の Q モード因子分析にもとづいて、底生有孔虫により中深度域で 6 帯、深海域で 5 帯に、また浮遊性有孔虫で 6 帯の biozone に区分した。それらの結果をもとに各コアを対比して、中深度域の変化を基準に、各 biozone が示す堆積期間を、下位より I から VI の 6 ユニットに区分した。各ユニット境界の年代は、ユニット I/II が約 35 ka, ユニット II/III が 21.0 ka, ユニット III/IV が 18.8 ka, ユニット IV/V が 16 ka, ユニット V・VI が 11.5 ka と見積もられている。

第 5 章では、日本海コアにおいて推定される溶解イベントを評価する目的で、有孔虫組成から求めた 2 種類の溶解指数、北日本周辺海域に広く分布する底生 2 種の存在比 (A-E 比) および全有孔虫に対する浮遊性種の割合 (P/T 比) を検討し、それらを組み合わせて準定量的溶解指数を設定した。そのうえで、日本海の中深度域では LGM 期に、深層域では後氷期前期と、それぞれ異なる時期に溶解度が高まったことを明確にした。それに続く第 6 章では、表層には低塩分が拡がり、深海底が無酸素環境にあったことが知られている最終氷期最寒期 (LGM 期) に焦点を当てた。この時期は本研究におけるユニット III にほぼ相当するが、中深度域のコアから底生有孔虫が産出し、中層水が底生生物の生息可能な酸素

量を含むことを初めて明確にした。それと同時に、堆積物に多く含まれる黄鉄鉱や LGM 直後の石膏などの自生鉱物の形成、陸源物質の過剰供給と pH 低下による炭酸塩溶解の増加など、酸化還元環境や深層循環の特異な変動について考察した。

第 7 章では、日本海からオホーツク海に至る北日本周辺海域における現生有孔虫種の分布とそれに対応する水塊の温度・塩分・溶存酸素・有機物負荷などの特性を整理したうえで、第 4 章で区分した 6 ユニットのそれぞれについて、古海洋環境を推定し、それぞれの海洋構造モデルを復元した。その結果、

- ・ 底生有孔虫群集の変化で表される環境変化が、全球的な細かな海水準変化や地球気候変化に対応する、
- ・ ユニット V 以前の日本海は、ユニット III を除いて、北方より寒冷な表層水が、南方より東シナ海沿岸水がそれぞれ流入しており、中層環境は密度の大きな北方系表層水の影響を強く受けていた、
- ・ 各ユニットにおける水塊の水温・塩分・溶存酸素の特性の推定により、LGM 期以降は、おおむね高塩分化の傾向にある、
- ・ 日本海が現在の海洋環境にほぼ達するのは、*Pullenia apertura* が消滅するユニット VI の中期である、

などが明らかになった。

本論文の後段は、対馬暖流起源域である東シナ海と日本海の関係史で、第 8 章では、東シナ海コアの底生有孔虫群集を解析し、北部漸深層域の過去 4 万 2 千年を約 42-31 ka, 約 31-15 ka, 約 15-0 ka の 3 期に大別した。約 15 ka 以降の底層環境の変化は、黒潮の影響が東シナ海北部で強まったことに対応し、浮遊性有孔虫群集による表層環境の変遷に対応することを示した。つづく第 9 章では、日本海と東シナ海の海洋環境変化を比較検討した。その結果、15 ka 頃に生じた大きな変化が両海域でほぼ共通するものの、直接的な関連性が認められず、両海域における変化はグローバルな気候変化に対する別個の応答であることを示した。一方、日本海へ対馬暖流が本格流入する開始時期には、東シナ海では小規模な群集変化が認められるのみであり、海水準の上昇期に、しきい値を緩やかに超過した程度の、比較的小さなイベントとみなされる。

本研究は、日本海の第四紀古環境変遷研究が、従来、深海域のコア試料でのみ論じられてきたのに対し、新たに中層域の試料を加えることによって表層から深層に至る海洋構造の変化を立体的に捉えたこと、隣接する東シナ海との関係史を併せて検討することにより、とくに日本海の変遷史の意義をより鮮明にした点に特徴がある。また、研究対象である有孔虫類は石灰質殻を有するため、その溶解に伴う群集組成の二次的変質が問題となる。本論文では、これまでの研究で避けられてきたこの問題を正面から受け止め、溶解指標を設定することにより、試料の吟味や変質をもたらす古環境特性の解明に利用する手法を構築した。さらに、古環境復元においては、化石群集構成種の現在の北日本周辺海域の分布を整理し、中～深層水の水質特性との対応関係を精密に分析して、より具体性のある海洋構造の変遷史を編んだことは、古海洋学におけるあらたな展開に繋がる成果として価値があると考えられる。

### 最終試験の結果の要旨

審査委員会は論文提出者に対して当該論文の内容および関連する専門分野について試問した。その結果、該当する研究分野において十分な知識と理解力および研究遂行能力を有するものと判断した。また、3度の国際学会に参加しており、英文要旨の作成、発表・討論の状況、ならびに来日外国人との討議など、いずれもが適切であったことから、外国語に関しても学位授与に値する十分な能力があるものと認められる。

以上の結果に基づき、論文提出者は博士（理学）の最終試験に合格と判定した。

審査委員	理学専攻地球環境科学講座担当教授	長谷川 四郎
審査委員	理学専攻地球環境科学講座担当教授	松田 博貴
審査委員	理学専攻地球環境科学講座担当准教授	秋元 和實
審査委員	理学専攻地球環境科学講座担当教授生命科学講座担当教授	高宮 正之