

論文審査の結果の要旨

氏名 王 権

大気中の二酸化炭素の増加は、地球温暖化と海洋酸性化という2つの地球環境問題を引き起こす。この中で、地球温暖化は複雑なプロセスを含むために多くの議論が行われているが、海洋酸性化は二酸化炭素が海水と反応するという単純なプロセスのみなので確実に進行すると危惧されている。この海洋酸性化は、海洋環境における酸性度の上昇と炭酸イオン濃度の低下をもたらすのが特徴である。人為起源の二酸化炭素は、海洋表層水に溶解し、海洋浅海層に蓄積されつつある。この酸性化した海水は、時間の経過とともに深海に広がり、海洋酸性化の影響は深海底にも及ぶと予想されている。特に、太平洋の深海底は、天然の緩衝剤となる炭酸塩を欠くため、将来の pH の下降に対してより脆弱であると推定されている。しかしながら、従来の海洋酸性化の研究の多くは海洋表層や浅海域を対象としており、深海底について研究が行われていなかった。また、海洋酸性化は海洋表層では浮遊性有孔虫などの石灰化を抑制することが予想されている。しかしながら生物の石灰化への影響は、飼育実験など現在の海洋環境を対象としたものが多く、海底コアから過去の酸性度の変化を復元する場合には、有孔虫の殻重量、殻厚さなど古典的なパラメーターを用いた評価にとどまっていた。そこで、本研究では、深海底での鉄マンガンノジュールを対象として海洋酸性化の影響を評価するとともに、浅海域での浮遊性有孔虫を対象にして新分析手法であるマイクロ X 線 CT スキャナ (XMCT) を用いて、海洋酸性化の殻形成への影響を時系列的に解明した。

本論文は4章からなる。第 1 章は、イントロダクションで、本研究の地球科学的意義を述べた後、従来の研究をレビューして、海洋酸性化に関する知見がまとめられている。特に、海洋深海と浅海の化学的特徴をまとめ、海洋酸性化のより普遍的な理解を目指すという、研究の目標が述べられている。

第 2 章では、深海の鉄マンガンノジュールを対象にして行った溶出実験の結果である。実験は第一段階としてリン酸緩衝溶液を用いて行い、第二段階として、自然の状態を再現するため、人工海水に二酸化炭素をバブリングして、金属などの溶出量を測定した。その結果、pH の減少に伴い、陽イオンまたは正に荷電した錯体として存在する元素の溶出が促進されることが明らかとなった。なお、これらの元素の濃度は、国際機関や先進国の定める水質基準の範囲内であり、将来の海洋酸性化によって、深海底での鉄マンガンノジュールによる深刻な海洋汚染が起こらないことが示唆された。

第 3 章では、東シナ海のリソクライン以浅から採取したピストンコアを使用して、海洋酸性化における有孔虫の殻への影響を時系列で調べた結果が記されている。浮遊有孔虫 *Globigerinoides ruber* (white) の殻を洗浄後、重量、サイズ測定および XMCT にて測定した。今回の結果は、サイズで規格化した *G. ruber* (w) の重量の変化は、大気中の二酸化炭素分圧や当時の海水 pH および炭酸塩イオン濃度の変化と整合的であった。本研究は、海洋酸性化は *G. ruber* (w) の殻密度でなく、殻体積 (殻の厚さ) に影響を及ぼすことを示した。また、今回分析に用いた XMCT による分析手法は、堆積後の続成作用の評価に活用が期待される。

本論文は、深海底のマンガンノジュールの酸性化応答を、はじめて実験的に明らかにしたことと、現在の海洋底での炭酸塩粒子の半分を占める有孔虫の殻形成について、大気中の二酸化炭素濃度とともに変化するものの、その変化は殻体積であることを具体的に明らかにした点が、海洋の酸性化応答に対して新しい知見をもたらすことが、地球惑星科学における重要な貢献であると判断される。

なお、本論文は川幡穂高・山岡香子・鈴木淳・真中卓也らとの共著で合計 2 編の学術論文として公表済み、さらに公表予定であるが、いずれも論文提出者が主体的に測定及び解析を行ったものでその寄与は十分であると判断された。

上記の点を鑑みて、本論文は地球惑星科学の発展に寄与するものと判断し、博士(理学)の学位を授与できるものと認める。