

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 大 田 隼 一 郎

本論文は、「多元素同位体比分析による超高濃度レアアース泥の生成年代の決定」と題し、全6章から構成される。

第1章では、本研究の背景が述べられている。レアアース資源の偏在性に起因する諸問題をまとめた上で、近年南鳥島南方の排他的経済水域内で発見され、レアアース資源として極めて高いポテンシャルをもつ深海底堆積物「超高濃度/高濃度レアアース泥」について概説している。さらに、今後、他の海域においてその探査を行っていくにあたっては、その成因を解明し、生成条件を制約することが強力な指針となることを提示した。そのための有用な手段として、超高濃度/高濃度レアアース泥の構成成分の特徴と堆積年代を把握し、海底への物質供給フラックスと、堆積当時の地球表層環境および当時の堆積場における地質学的条件を結びつけて成因を議論することを提案した。

第2章では、研究試料の鉱物学的特徴が詳細に説明されている。本研究では、南鳥島周辺の排他的経済水域内における調査航海で採取された3本の堆積物コア試料が用いられた。本章では、これらの研究対象コア試料に対して実施された詳細な顕微鏡観察および粒度分析の結果について説明がなされた上で、超高濃度/高濃度レアアース泥の鉱物学的特徴が詳細に述べられている。

第3章では、研究対象コア試料に対して実施された3つの年代決定手法（ウラン-鉛放射年代、ストロンチウム（Sr）同位体比層序年代、オスミウム（Os）同位体比層序年代）についてそれぞれ原理、分析手法、分析結果の説明がなされている。ウラン-鉛放射年代については、年代値計算結果を説明した上で、本研究試料については年代値計算に用いる鉛同位体の濃度が極めて低いことによる大きな誤差により、有意な年代値が得られなかったことが示された。

第4章では、まず、Sr 同位体比層序年代および Os 同位体比層序年代による年代決定の過程および結果が説明されている。Sr 同位体比層序年代については、試料の Sr 同位体比が初生的な情報を保持しておらず、得られた年代値が実際の堆積年代とは異なっている可能性が示された。Os 同位体比層序年代については、試料の Os 同位体比が初生的な情報を保持していることの確認がなされた上で、それを用いた堆積年代決定がなされ、超高濃度/高濃度レアアース泥の堆積年代が3400万年前頃の始新世／漸新世境界頃であることが示された。また、暁新世～始新世初期にも高品位なレアアース泥が生成したことも示された。次に、得られた年代値を用いて計算した堆積物の各構成成分の堆積フラックス、堆積当時の気候、および年代値に基づいて復元した当時の堆積場における地質学的条件を踏まえ、さらに国際深海掘削計画によって過去に南北太平洋から採取された

堆積物コアの先行研究データとの比較を行い、超高濃度/高濃度レアアース泥を含む高品位なレアアース泥の成因が検討された。これにより、従来一括りに扱われてきたレアアース泥は、成因および堆積年代の異なる3タイプ:「南鳥島型超高濃度レアアース泥」、「北太平洋型高品位レアアース泥」、および「南太平洋型高品位レアアース泥」に分類できることが提示され、成因はそれぞれ次のように説明されている。「南鳥島型超高濃度レアアース泥」の堆積年代は全球的な寒冷化が急激に進んだ時期に一致し、レアアースホストとなる生物源リン酸カルシウムの堆積フラックスの急増に特徴付けられることから、急激な寒冷期における強い底層流と南鳥島周辺の密な海山群の存在によって、活発な湧昇流の発生に伴う生物生産性の急激な増大、および底層流の局所的な強化に伴う粒度選別が起こり、生物源リン酸カルシウムが堆積物中に極度に濃集したことで生成したと考えられる。「北太平洋型高品位レアアース泥」は、復元された堆積当時の位置が生物生産性の高い海域の縁辺部にあったことから、生物源リン酸カルシウムの供給を増加させつつも、レアアースを濃集しない他の生物源成分(ケイ酸塩や炭酸塩)が多量に堆積しない程度の適度な生物生産性によって、生物源リン酸カルシウムが堆積物中に濃集することで生成したと考えられる。「南太平洋型高品位レアアース泥」は、堆積ときに生物生産性の高い海域および風成塵供給源となる大陸の双方から大きく離れた位置にあったことから、堆積速度の非常に遅い環境下で、生物源リン酸カルシウムが堆積層内にゆっくりと濃集することで生成したと考えられる。最後に、成因に基づいて上記3タイプの高品位レアアース泥の探査のターゲットとなる海域が絞り込まれ、「南鳥島型超高濃度レアアース泥」については、その生成に重要な役割を果たす密な海山群の存在する北西太平洋および中央太平洋が有望海域として提示された。また、「北太平洋型高品位レアアース泥」は北緯約 10-30° の広い範囲の深海底、「南太平洋型高品位レアアース泥」は南太平洋の広い範囲の遠洋域の深海底が有望海域として提示された。

第5章では上記の議論を総括した結論が述べられ、第6章では今後の課題として、始新世における堆積層欠落の原因解明、始新世末に起こった隕石衝突の可能性を検討するための白金族元素分析の重要性等が挙げられている。

以上、本研究では、堆積物の鉱物学的特徴の把握と堆積年代の決定により、超高濃度/高濃度レアアース泥を含む高品位なレアアース泥の生成メカニズムを明らかにし、今後の探査の指針を提示した。これは、極めて資源価値の高い高品位なレアアース泥の開発に資する重要な成果であり、システム創成学専攻の重点研究分野の1つであるグローバル循環システムに関する新たな知見をもたらすものである。審査委員会の評価点の平均値は、新規性:4.8, 有用性:4.2, 完成度:4.0, 外部発表実績:4.0であった。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。