

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 見 邨 和 英

論文の概要

本論文では、画期的な新規レアアース資源として注目を集める「レアアース泥」を対象として、堆積年代決定と化学組成解析を行うことでその生成機構を明らかにするとともに、高品位な資源の時空間分布を特定し、将来重点的な探査を行うべき海域を明らかにすることを目的とする。

本研究ではまず、堆積年代を知ることが極めて難しいとされていたレアアース泥を含む遠洋性粘土について、堆積年代の制約を与えることを試みた。そして、魚類の歯や鱗の微化石「イクチオリス」の効率的な採取・観察を可能とする新たな手法を確立することで、太平洋の複数の深海掘削コアに対する高解像度の年代制約を可能とした。さらに、遠洋性粘土において堆積速度の指標と考えられてきたコバルト濃度を制約として堆積速度を推定することにより、取り得る可能性が高い速度および堆積年代をモンテカルロシミュレーションで絞り込む新たなモデルを開発した。これにより、深海掘削コアの深度方向に高精度かつ高解像度な堆積年代の制約を行い、太平洋広域の様々な地点から採取された遠洋性粘土コアについて、全岩化学組成と堆積年代に基づいた対比を可能とした。

次に、南北太平洋全域をカバーし、遠洋性粘土層を長く連続的に回収している10本の深海堆積物コアについて、全岩化学組成の検討を行った。その結果、全てのコアに共通して見られる遠洋性粘土を構成する起源成分について、リンの濃度は主に生物源リン酸カルシウム (BCP) の寄与に由来していること、コバルトの濃度は主に海水起源のマンガン酸化物に由来していること、アルミニウムの濃度は主に大陸起源成分に由来していることを確認した。

さらに、本研究の堆積年代モデルで制約した堆積速度を用いてリンおよびアルミニウムの質量沈積フラックスを算出し、それぞれ BCP の供給フラックスおよび大陸起源のダストのフラックスの指標となることを考察した。以上の結果を基に各コアにおける2つの環境指標の変化を検討した結果、(1) 検討を行った全てのサイトで、BCP のフラックスがコアの下層から上層に向かって減少傾向にあること、(2) そのような長期変動とは別に、短期間で BCP のフラックスが急激に高まるという現象が太平洋の複数のサイトで生じたこと、(3) ダストのフラックスは全てのサイトにおいて、中層で低く上層で高い値をとること、の3つを見出した。

さらに、本研究で制約した堆積年代を用いて上記3つの化学組成変動が生じた年代の検討を行った結果、BCP のフラックスは白亜紀後期から暁新世 (7500 万年前～5500 万年前) にかけて高い値を取り、その後緩やかに減少していることが明らかになった。これは新生代を通じた地球の寒冷化と良く対応しており、

BCP フラックスが地球の気候変動に対する海洋生態系（特に魚類の生産性）の応答を反映している可能性が示された。また、BCP フラックスがピーク的に高まる現象の発生した時代は、コアによって異なることがわかった。一方で、ピークの堆積が生じた場所が、北太平洋の一定の緯度帯（北緯 10°-20°）に集中していることが見出された。このことから、BCP のフラックスが急激に高まる現象は、堆積した時代ではなく堆積場に規制されて生じていたことが示唆された。さらに、大陸起源ダストのフラックスは漸新世（約 3000 万年前）で低く、中新世（約 2000 万年前）以降に急激に増加することが見出された。これは、大陸配置の変化に伴ってダストの後背地である東アジアの内陸部およびオーストラリア大陸が乾燥化したことや、約 1,500 万年前以降に地球の気候モードが一段と寒冷化したことで風が強まったことを反映していると考えられた。また、BCP とダストはそれぞれレアアースの「濃集」と「希釈」を担う主要な因子であることから、両者のフラックスの時代変動はレアアース泥の品位とも密接に関連しており、BCP のフラックスが低くダストのフラックスが高い現在は、新生代の中では高品位なレアアース泥の生成に適さない時代であり、過去に遡るほど平均的なレアアース泥の品位は高いことが初めて示された。

最後に、上記の結果を踏まえて、レアアース泥の実開発に向けて重点的に探査すべき海域について検討を行った。まず、過去に生成した高品位なレアアース泥が海底面下浅部に存在している海域を探すという観点からは、BCP の濃集する緯度帯を、ダストのフラックスが低かった漸新世以前に通過したサイトで、かつ現在深層海流による堆積の阻害が生じていると考えられる海域が望ましく、このような海域としては北西太平洋の北緯 15°-25°が有望であることが示された。一方、現在の海底面上に生成している高品位なレアアース泥を探すという観点からは、現在の海洋において最もダストのフラックスが低い海域が有力な候補であると考えられ、そのような海域としては、中央南太平洋が有力な候補になることが示された。

審査の結果

以上のように本学位論文は、これまで困難だったレアアース泥の堆積年代を決定する手法を確立し、レアアース泥の化学組成変化に時間軸を入れて成因を議論することに初めて成功した。その結果、新生代を通じた地球の寒冷化に伴う魚類の生産性低下と、ユーラシア大陸およびオーストラリア大陸の乾燥化に伴う風成塵の供給増加が、レアアース泥の品位を決めていることを初めて明らかにした。さらに三千万年前までは、魚類の生産性が特に高く、高濃度のレアアース泥を形成する海域が北緯 10°~20° に存在していたことも明らかにされ、この結果を元にレアアース泥開発に向けて探査すべき有望海域が示された。審査では、本研究の有用性や新規性、完成度が高く評価されるとともに、外部発表実績についても十分であると認められた。

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。