

論文審査の結果の要旨

氏名 泉 賢太郎

全 6 章からなる本論文は、ペルム紀から第四紀の海成層から産出する生痕化石 *Phymatoderma* を時系列的に解析し、顕生代の地球表層環境の変遷（特に中生代に起きた海洋プランクトンの多様化）に対する底生生物の応答様式について、新たな描像を示した。

第 1 章は、イントロダクションである。海洋表層で光合成によって生産される有機物は、底層に生息する生物の生存や活動を支えており、この有機物を介した海洋表層と底層のリンクは底生-遠洋性結合 (benthic-pelagic coupling) として広く認識されている。第 1 章では、この底生-遠洋性結合に関する知見とその重要性を記述している。

第 2 章では、本論文で使用したペルム紀から第四紀の海成層、計 11 地点（日本、スペイン、ドイツ、ポーランド、ブラジル、アルゼンチン、南極、ベンガル湾）から産出した *Phymatoderma* の標本がそれぞれ詳細に記載されている。その結果、*Phymatoderma* のサイズが顕生代を通じて（特に新生代以降に）大型化する傾向と、生息場が浅海域から深海域にシフトする現象が初めて認識された。

第 3 章では、*Phymatoderma* がどのような生物によってどのように形成された生痕化石かという点に焦点を当てた。3-1 ではドイツの下部ジュラ系浅海層から産出する *Phymatoderma* の炭素同位体比分析を行うことで浅海層から産出する *Phymatoderma* が表層堆積物食者（=海底面の堆積物を摂食する様式）の糞粒であることを明らかにした。3-2 では、日本の中新統深海層（三崎層）から初めて発見された、*Phymatoderma* と共産する放射状の生痕化石 (star-shaped trace fossil) を、現生生物による様々な生痕と比較検討し、少なくともこの *Phymatoderma* がユムシの糞粒であると推測した。

第 4 章では、*Phymatoderma* の顕微鏡観察と地球化学分析に基づき、形成生物の摂食に関する生態情報を復元した。4-1 では、*Phymatoderma* を構成する糞粒を顕微鏡観察し、糞粒中に様々なタイプのプランクトン微化石や、新鮮な有機物の存在を示唆する構造（バクテリア化石やフランボイダル黄鉄鉱）を見出した。これらのことから、*Phymatoderma* の形成生物が、海洋プランクトン

とそれに由来する新鮮な有機物を摂食していたことを明らかにした。4-2 では、*Phymatoderma* の元素組成分析を行い、形成生物の摂食のタイミングを推定した。その結果、白亜紀以降に、植物プランクトンのブルーム（大増殖）由来の有機物の堆積に同期して摂食を行っていたことが推測された。

第5章では、小型生痕によって二次的に乱された *Phymatoderma* について考究した。このような産状は、小型底生生物による再利用摂食を反映していると考えられる。その特徴を系統的に解析したところ、特に堆積物食者の小型底生生物は、*Phymatoderma* の糞粒を餌場として再利用する際にサイズの大きいものを好む傾向があることを示した。また、再利用摂食された *Phymatoderma* が新生代以降に限って産出することも明らかにした。

第6章は本研究で得られた結果とその解釈を全てまとめ、さらに先行研究をコンパイルしたデータと比較することで、顕生代の地球表層環境の変遷と生痕化石の変遷パターンのリンクを考察した。その結果、中生代白亜紀において、「生痕形成生物の生息場の深海域への移行」、「サイズの大型化」、「植物プランクトンのブルームに同期した摂食の開始」などの変遷が起きたことを初めて明らかにした。これらの変化は、中生代における植物プランクトンの多様化と、それに伴う海底への有機物輸送の効率化という現象に対する底生生物の応答様式を反映していると考えられる。

また、「小型底生生物による生痕充填物の再利用摂食の普遍化」という現象が白亜紀以降に起きたことも初めて明らかにした。これは、上述したプランクトンの変化・有機物の変化だけではなく、それに付随して起こる有機物をめぐる生物間競争の激化といった様々な生態系の変化にも影響を受けているものと思われる。

以上述べたように、本論文は、生痕化石の詳細な時系列的解析に基づき、地球表層環境の変遷に対応した底生生物の応答現象を新たに見いだした、オリジナリティの高い研究成果である。なお、本論文第X章は、XXとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。