

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 村宮 悠介

論 文 題 目 The formation process and environment of
glendonite and glendonite concretion (玄能石および玄能石コンクリーシ
ョンの形成過程と形成環境)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学博物館	教 授	吉田英一
副 査	名古屋大学宇宙地球環境研究所	教 授	南 雅代
副 査	岐阜大学教育学部	准教授	勝田長貴
副 査	名古屋大学博物館	特任教授	大路樹生

論文審査の結果の要旨

本論文が対象とする玄能石および玄能石コンクリーションは、近年、コンクリーションに関する成因解明や応用研究が進む中で、未だその成因が不明なままとなっていたコンクリーションの1つである。このような研究背景の元、本研究は包括的な調査・分析によってその成因を明らかにし、環境指標としての地球科学的応用性について言及している。

本論文は、4つの章から構成されている。第1章では、玄能石と玄能石コンクリーションに関するこれまでの研究のレビューから、その成因や課題についての整理がなされている。研究対象である玄能石コンクリーションとは、長さ数 cm~十数 cm の双角錐形をした、‘玄能’のような結晶塊（これを玄能石と呼ぶ）を中心部に内包する球状の炭酸カルシウムを主成分とするコンクリーションのことを指す。この玄能石は、海底堆積物中に形成されるイカアイト（ikaite: $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）の仮晶で、方解石（ CaCO_3 ）が主成分である。玄能石や玄能石コンクリーションは低温環境を示す温度指標として利用されてはいるものの、それらの成因についてはほとんど不明であった。本研究の目的は、その成因を明らかにし、環境指標としての応用性を明確にすることである。

第2章では、玄能石コンクリーションの成因を解明するために実施した調査内容、方法が詳述されている。日本国内全ての玄能石および玄能石コンクリーション産出地点に関する記録を網羅的に収集（文献調査および現地調査 10 地点・採取試料数約 500 点）し、それらを含む地層における堆積環境の特徴の調査を行った。また、これらの採取した全試料について実施した鉱物組成分析、元素組成分析、元素マッピング、酸素・炭素安定同位体比分析の手法および実施条件が詳述されている。

第3章では、これらの調査および実験研究の結果がまとめられている。国内での現地調査の結果、新たな発見も含め 36 地層からの産出を確認した。これらの国内での網羅的な調査の結果、玄能石の先駆物であるイカアイトの結晶は、低温かつ溶存リン酸イオン濃度が高い間隙水が存在するような、深海底に堆積した有機物に富む泥質堆積物中で形成されやすいことが確認できた。また、玄能石コンクリーションの産出に時代的・地理的偏りはなく、玄能石コンクリーションの形成が、特定の条件に限られた現象ではないことも明らかとなった。このことは、環境指標として用いる場合の重要な条件となる。

また今回の調査で、合弁で閉じた二枚貝化石（*Mya grewinkki*）から成長した玄能石を内包する玄能石コンクリーションを世界で初めて確認することができた。このコンクリーションでは、二枚貝の開口部が玄能石の中心に位置しており、また、その玄能石自体がコンクリーションの中心付近に位置する。この産状から、二枚貝の有機炭素成分がイカアイトの結晶成長とコンクリーションの形成に密接に関わっていることが明らかとなった。さらに、これらの炭素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）分析

を行った結果、有機炭素起源を示す $\delta^{13}\text{C}$ の低い値を確認することができた。これら一連の証拠によって、堆積物中で局所的に濃集した炭素源（＝生物遺骸）から、イカアイト結晶と方解石質コンクリーションが順に形成されることで、玄能石コンクリーションが形成されることを初めて明らかにするに至った。

第4章では、これらの結果に基づいて示される玄能石コンクリーションの成因が論じられている。玄能石コンクリーションの形成過程は、まず生物遺骸の分解によって、間隙水中にリン酸イオンと重炭酸イオンが供給される。遺骸の分解が生じると、有機酸が生成され、間隙水のpHが低下する。このとき、リン酸イオンの溶解度が上昇し、間隙水に溶解する。この段階では、生物遺骸由来の重炭酸イオンはイカアイトとして沈澱する。しかし、時間の経過とともに海水による緩衝によって、間隙水のpHは海水の値に近づくことで、リン酸イオンの溶解度は低下し、リン酸カルシウムとして沈澱し始める。こうして間隙水のリン酸イオン濃度が低下すると、残された生物遺骸由来の重炭酸イオンは方解石質コンクリーションとして、イカアイト結晶の周囲に沈澱・成長する。このようにして、玄能石を中心に含む球状のコンクリーションが形成されることが明らかとなった。また、形成速度についても検討されており、コンクリーション中のCaの濃度分布から、直径約10 cmの玄能石コンクリーションの形成速度は、他の球状コンクリーション同様、数ヶ月～数年程度と非常に速いことも示された。

これらの形成過程から、玄能石コンクリーションの形成にはリン酸イオンの寄与が重要であることが示された。つまり、玄能石コンクリーションの産状は、初期続成過程における間隙水のリン酸イオン濃度の変化を記録している可能性が高い。このことは、玄能石コンクリーションが、温度指標としてだけでなく、初期続成過程における地球化学的環境の指標としても使用できることを示している。

本論文は、玄能石および玄能石コンクリーションの成因について始めて明らかにしたものである。また、形成過程でのpHやリン酸イオン濃度の変化をトレースできる地球化学的指標としても活用可能であることを示すに至った。このような球状コンクリーションの成因のみならず、地球化学的指標の応用性に関する新規展開性を示す研究成果は、地球科学並びに応用地質学分野への新たな貢献として評価される。したがって、村宮悠介さんは、博士（理学）の学位を授与される資格があると判断した。