

論文審査の結果の要旨

氏名 ジェンキンズ ロバート

本論文で扱われている化学合成群集はメタンや硫化水素などを利用する化学合成細菌を共生や摂食などにより主たる栄養源としている生物群集を指す。化学合成群集はメタンや硫化水素を含む熱水や冷水が噴出する海嶺や海溝斜面域において化学合成生態系を構築している。確実な化学合成化石群集はシルル紀以降の海成層から多く報告されているが、従来の研究では群集を支える化学的環境や一次生産者である微生物を含めた古生態系全体の復元には至らなかった。

そこで、論文提出者は現代型化学合成群集が出現した白亜紀という時代に着目し、先行研究により化学合成化石群集が報告されている北海道北部中川町の上部白亜系カンパニアン階(大曲層)中の炭酸塩岩を対象として、地質学、古生物学、地球化学を統合した多面的な手法により化学合成古生態系の復元を試みた。研究対象とした炭酸塩岩は、中川町南部アベシナイ川沿いの2地点(安川サイトと大曲サイトに)に露出する。

論文の前半では、炭酸塩岩と周囲の碎屑岩との関係、炭酸塩岩の岩相、鉱物組成、生物相、安定同位体比の分析結果が詳細に記載され、それに基づき炭酸塩岩の起源と化学合成化石群集の特徴が議論されている。安川サイトでは小規模な炭酸塩岩が複数確認されるとともに、それらの周囲の碎屑岩中に多数の炭酸塩小団塊や湧水の経路と思われるパイプ状構造が観察された。また、各炭酸塩岩は明色のミクライト・スパライト部が角礫化していることや、ミクライト質部分の炭酸塩含有量が80%以上と高いことなどから、炭酸塩鉱物の沈殿=炭酸塩岩の形成が海底面付近であったことが示された。一方、大曲サイトの炭酸塩岩体は幅10m、高さ5mに達し、露頭観察から現地性岩体であることが判明した。この岩体は、2つの岩相(フレイムストーン相と角礫岩相)、3つの生物相(チューブワーム相、ツキガイ超科二枚貝卓越相、小型巻貝卓越相)に区分され、それらは水平方向に漸移する。炭酸塩岩の炭素同位体比は安川岩体の灰黒色ミクライト質部で $-44.0\sim -31.1\%$ 、大曲岩体で $-47.1\sim -41.8\%$ と軽く、メタン起源の炭素がこれらの形成に寄与したことが判明した。一方、酸素同位体比は、大曲岩体では、チューブワーム相では $-11.0\sim -8.5\%$ と非常に軽く、二枚貝、巻貝相では $-6.0\sim -2.5\%$ とやや重いことから、チューブワーム相が比較的高温($40\sim 60^{\circ}\text{C}$)でメタン湧水の中心に位置し、周辺に向かって低温となったことが判明した。本研究により、大曲・安川サイトの炭酸塩岩および周囲の泥岩か

ら、現生化学合成群集に比較できるチューブワーム、小型のネオンファルス科・ハイカプリニナ科・笠型巻貝類、ツキガイ超科・キネタレガイ科二枚貝からなる化石群集が初めて確認され、それらがメタン湧水域付近に生息していた化学合成化石群集であることが明確になった。

論文の後半部では、炭酸塩岩および周囲の碎屑岩の有機物とその炭素同位体比分析結果とその解釈が述べられている。炭酸塩岩中の全有機炭素同位体比は、大曲岩体のチューブワーム相で -76.3% と最も低く、ツキガイ超科二枚貝卓越相、小型巻貝卓越相、そして安川サイトの炭酸塩岩、泥岩の順で、化学合成化石群集を伴わない周辺堆積物中の有機炭素同位体比の値(-22%)に近づく。両サイトの炭酸塩岩からは古細菌を特徴づけるバイオマーカーの PMI および Crocetane が高濃度で検出され、それらの炭素同位体比は -110% 以下の著しく軽い値を示すことがわかった。炭酸塩岩中の有機物の著しく低い炭素同位体比は、メタン起源の炭素を利用していた生物が炭酸塩岩の周囲に比較して相対的に多く、とくに大曲岩体のチューブワーム相でそれが顕著であったことを示している。

本研究により、後期白亜紀における北西太平洋の陸棚縁辺～大陸斜面付近で、メタンを含む熱水が湧出し、このメタンを利用して嫌気性メタン酸化古細菌が繁茂していたことが明らかになった。この古細菌は嫌氣的にメタンを酸化し、炭酸イオンと硫化水素を生成、炭酸イオンは炭酸塩岩の形成に、硫化水素はチューブワームなどの共生細菌に利用され、彼らのエネルギー源になっていたことが推定される。湧水中心部からの距離に応じて、化学合成群集の種構成が変化することから、それらの分布は嫌気性メタン酸化古細菌濃度やメタンと硫化水素濃度に支配されていたことが示唆された。

本論文は指導教員の棚部一成を含む7名の研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となって野外調査、室内分析、および考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断される。この点を鑑み、審査委員全員は本論文が地球惑星科学、とくに地球生命圏科学の新しい発展に寄与したと判断し、論文提出者が博士(理学)の学位を授与できると認める。