

南部マリアナトラフ海底熱水域における鉄依存化学合成生態系の出現要因 Appearance of iron-dependent chemosynthetic ecosystem at the Southern Mariana Trough

加藤 真悟^{1*}, 中村 謙太郎², 土岐 知弘³, 石橋 純一郎⁴, 角皆 潤⁵, 廣田 明成⁶, 大熊 盛也¹, 鈴木 勝彦⁷, 山岸 明彦⁸
KATO, Shingo^{1*}, NAKAMURA, Kentaro², TOKI, Tomohiro³, ISHIBASHI, Jun-ichiro⁴, TSUNOGAI, Urumu⁵, HIROTA, Akinari⁶, Moriya Ohkuma¹, SUZUKI, Katsuhiko⁷, YAMAGISHI, Akihiko⁸

¹ 独立行政法人理化学研究所バイオリソースセンター, ² 独立行政法人海洋研究開発機構・プレカンブリアンエコシステムラボユニット, ³ 琉球大学理学部, ⁴ 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門, ⁵ 北海道大学大学院理学院, ⁶ 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門火山活動研究グループ, ⁷ 独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域, ⁸ 東京薬科大学生命科学部

¹JCM, RIKEN-BRC, ²PEL, JAMSTEC, ³Faculty of Science, University of the Ryukyus, ⁴Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, ⁵Faculty of Science, Hokkaido University, ⁶Volcanic activity Research Group, Institute of Geology and Geoinformation, AIST, ⁷IFREE, JAMSTEC, ⁸Department of Molecular Biology, Tokyo University of Pharmacy and Life Science

光の届かない深海底熱水域には、熱水に含まれる還元型物質を酸化することで得られる化学エネルギーを用いて二酸化炭素から有機物を合成することのできる化学合成独立栄養微生物が生息している。酸化還元反応から得られる生物利用可能エネルギー量は、その環境の熱水化学組成にもとづいた熱力学計算から求めることができる(例えば McCollom and Shock, 1997)。特に水素酸化、硫酸酸化およびメタン酸化に関しては、その熱水化学組成から計算されるエネルギー量と実際の微生物学的観測データがよく一致することがわかってきた(Takai and Nakamura, 2010; 中村・高井, 2011)。本研究の目的は、熱水化学と微生物生態系との関係の一般原理の解明に向けて、上記の3つの酸化反応に加えて、これまで観測データの不足していた鉄酸化に関わる熱水化学と微生物について、その関連性を微生物学・地球化学・熱力学アプローチによって明らかにすることである。

本研究における調査地域は、南部マリアナトラフ背弧海盆拡大軸およびその周辺の熱水噴出地帯である。この地域においては、培養に依存しない分子生物学的手法による包括的な微生物群集解析が既に行われており、様々な温度域における硫化物チムニー、酸化鉄沈殿物、さらには人工掘削孔から採取した熱水中の微生物群集組成が調べられている(Kato et al., 2009a, b, 2010)。特に、酸化鉄沈殿物と掘削孔熱水中には鉄酸化独立栄養細菌に近縁な種が優先的に存在することがわかっており、それらの環境では「鉄に依存した微生物生態系」が成り立っていると示唆されている(Kato et al., 2009a, b)。本研究では、この南部マリアナトラフ熱水域を一つの海底熱水系のモデルフィールドとして、新たにYK10-10航海およびYK10-13航海で得られた熱水化学データも加えて、熱水化学組成と微生物生態系の群集組成との関連付けを試みた。

化学実測データをもとにして各酸化還元反応から得られる生物利用可能エネルギー量を計算すると、人工掘削孔や酸化鉄沈殿物周辺にみられるような低温流体では、鉄酸化によって得られるエネルギー量は硫酸酸化のそれに匹敵もしくはそれ以上であることが明らかになった。この計算結果は、これまで報告されている微生物群集解析結果と整合的である。しかしながら、熱水と海水との単純混合を仮定して生物利用可能エネルギー量を計算した場合、どの温度域においても硫酸酸化によって得られるエネルギー量が最も多く、鉄酸化によって得られるエネルギー量を下回ることにはなかった。この結果は、化学組成の実測データを用いた計算結果および微生物群集解析結果と一致しない。このことは、単純な熱水・海水混合モデルから低温流体の熱水化学組成および微生物群集組成を正しく推定することは困難であり、その推定には鉱物沈殿などのプロセスなどを考慮したより正確な流体形成モデルを導入する必要があることを示唆している。「鉄に依存した微生物生態系」は、トンガ島弧やハワイのロイヒ海山の海底熱水域にも存在すると示唆されている。南部マリアナトラフと同様に、これらの環境においても、詳細な化学分析および熱力学モデルを適用することで、「鉄に依存した微生物生態系」の出現要因に関する一般的な知見が得られると期待される。

キーワード: 化学合成生態系, 海底熱水系, 鉄酸化独立栄養細菌, 熱力学モデル, 海底下流体

Keywords: Chemosynthetic ecosystem, Deep-sea hydrothermal vent field, Iron-oxidizing chemolithoautotrophic bacteria, Thermodynamic modeling, Crustal fluid