

深海底熱水孔微生物群集と熱水孔下微生物圏及び HyperSLiME

Existence of Subvent Biosphere and HyperSLiME inferred from Deep-sea Hydrothermal Vent Microbial Communities

高井 研[1], 稲垣 史生[1]

Ken Takai[1], Fumio Inagaki[1]

[1] 海洋科技セ・深海環境フロンティア

[1] DEEP-STAR, JAMSTEC

<http://www.jamstec.go.jp>

本演題では、熱水孔下微生物圏のモデル環境としてマヌス海盆バックマヌスサイトの熱水孔チムニー状構造物に注目し、その微環境における古細菌群集構造を明らかにした上で、熱水孔下微生物圏との関連性について考察を行った研究について紹介する。また深海底熱水孔下の超高温環境において火成岩と海水の相互作用によって生成される地球化学エネルギーを利用した微生物、つまり火成岩を食べる微生物が存在し、超好熱性熱水孔下岩石帯微生物生態系(Hyperthermophilic Subvent Lithotrophic Microbial Ecosystem; HyperSLiME)を形成している可能性を提唱する。

深海底熱水孔環境は地球内部の地球化学エネルギーが地球表面(深海底)にもたらされ、温度、pH、化学成分、酸化還元電位などが急激に変動するダイナミックな環境である。演者らは、深海底熱水孔環境における微生物の多様性を明らかにするため、これまで様々な深海底熱水孔環境から、分離・培養法を用いて新規な微生物の分離を行ってきた。また一方で、培養に依存しない分子系統学的手法によって、極めて多様な、かつ始原的であると考えられる未知の古細菌が存在することを明らかにしてきた。これらの研究成果を通じて、深海底熱水孔環境における微生物、とりわけ超好熱菌をはじめとする古細菌の多様性が、熱水孔の下部に広がる微生物群集に大きく依存するという考えを強くした。

深海底熱水孔下の環境は、上昇する熱水と浸透する海水との相互作用による温度、pH、化学成分、酸化還元電位などの物理化学的要因の勾配によって大きく決定されると考えられる。このような環境条件は同じく熱水と海水との相互作用によって形成されるチムニー状構造物内部にも存在する。本演題では、熱水孔下微生物圏のモデル環境としてマヌス海盆バックマヌスサイトの熱水孔チムニー状構造物に注目し、その微環境における古細菌群集構造を明らかにした上で、熱水孔下微生物圏との関連性について考察を行った研究について紹介する。また同様の研究を水曜海山(現在解析中)やインド洋(解析予定)の熱水孔チムニー状構造物に適用し、背孤海盆と島孤、あるいは中央海嶺といったプレートテクトニックな背景や地理的条件の相違が及ぼす影響やそれらの影響を超越した根源の共通性を見い出してゆく予定である。

一方、近年の陸域の地下微生物研究の成果から、玄武岩と地下水の相互作用によって生成される水素と二酸化炭素をエネルギー源とする微生物を中心とした地下岩石帯独立栄養微生物生態系(Subsurface Lithoautotrophic Microbial Ecosystem; SLiME)の存在が示唆されている。SLiME 仮説は太陽光エネルギーに依存せず、岩石と水の相互作用によって生じる地球化学エネルギーに依存した微生物、つまり火成岩を食べる微生物、が存在する可能性を提示した。しかしながら SLiME 仮説は多くの微生物学研究者によって否定的に受け取られている。つまり、1) 玄武岩と地下水の相互作用によって生成される水素の量が、SLiME の一次生産者であるメタン菌や酢酸菌の生育に必要な量に比べ極めて少ないこと、2) 多くの地下微生物生態系においては、メタン菌や酢酸菌の役割は地球化学エネルギーに依存した一次生産者というよりは、むしろ太陽光に依存したエネルギー代謝の最終分解者と考えられること、といった指摘である。

これらの指摘をすべて克服できる可能性をもった環境として、深海底熱水孔あるいは深海底熱水孔下環境が考えられる。火成岩(マグマ)と海水の相互作用によって生成される水素及び二酸化炭素の量は高温になるに従い増加し、おそらく微生物の生育に必要なエネルギーを供給できる。深海底熱水孔や温泉環境から見つかった超好熱菌は多様な無機エネルギー変換代謝を有する。さらにこのような海底下超高温環境で、水素と二酸化炭素からメタン、エタン、プロパン、二酸化炭素と水から酢酸のような有機物が直接生成されるという報告もある。

以上のことから、深海底熱水孔下の超高温環境において火成岩と海水の相互作用によって生成される地球化学エネルギーを利用した微生物、つまり火成岩を食べる微生物が存在し、超好熱性熱水孔下岩石帯微生物生態系(Hyperthermophilic Subvent Lithotrophic Microbial Ecosystem; HyperSLiME)を形成している可能性が考えられる。

HyperSLiME の最も重要な微生物は、水素酸化好熱菌である。水素酸化微生物として、これまで Pyrodictium, Pyrolobus, Methanopyrus, Methanococcus, Archaeoglobus, Desulfurobacterium 属古細菌や細菌のみが中央海嶺

系熱水孔環境から分離されていたが、我々は沖縄伊平屋の熱水孔から *Methanococcus okinawaensis* sp. nov. を、水曜海山の熱水孔から *Deferribacter sulfovorans* sp. nov. と *Desulfurobacterium* sp. を分離することに成功している。さらに水曜海山からは、現在までに知られるすべての細菌の中で最も起源の古い細菌群として知られていた未知のグループに属する水素酸化好熱菌の分離にも成功した。これらの多様な水素酸化好熱菌の存在は、深海底熱水孔環境だけでなく、その下に広がる熱水孔下微生物圏においても重要な役割を果たしていると考えられる。今後、これらの分離株から得られた情報を基に、熱水孔下微生物圏における水素酸化好熱菌の分布や多様性及び1次生産量の見積もりを行い、HyperSLiMEの探索をすすめる予定である。