

地下微生物圏に対する地球微生物学的アプローチ

Geomicrobiological approaches toward subsurface biosphere

稲垣 史生[1], 高井 研[1]

Fumio Inagaki[1], Ken Takai[1]

[1] 海洋科技セ・深海環境フロンティア

[1] DEEP-STAR, JAMSTEC

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

近年、深海掘削計画(Ocean Drilling Project; ODP)や陸上掘削の成果から、これまで無生物の世界であると考えられてきた地下環境にも微生物が存在することが明らかとなってきた。我々は、地下微生物圏の微生物の分布、多様性や生態、さらに地質学や地球化学などの地球科学的ダイナミズムとの関連を解明するため、陸域及び海底下環境について研究を行っている。本演題では、地下微生物圏の解明に向けたいくつかの地球微生物学的アプローチとその結果から垣間見えてきた地下微生物圏の姿について紹介する。

近年、深海掘削計画(Ocean Drilling Project; ODP)や陸上掘削の成果から、これまで無生物の世界であると考えられてきた地下環境にも微生物が存在することが明らかとなってきた。我々は、地下微生物圏の微生物の分布、多様性や生態、さらに地質学や地球化学などの地球科学的ダイナミズムとの関連を解明するため、海洋科学技術センター深海環境フロンティア内に地殻内微生物研究グループ(SUGAR Project)を組織し、陸域及び海底下環境について研究を行っている。本演題では、地下微生物圏の解明に向けたいくつかの地球微生物学的アプローチとその結果から垣間見えてきた地下微生物圏の姿について紹介する。

1. 陸域地下熱水溜まりにおける微生物群集

陸域地下微生物圏へのアプローチとしては、地表の温泉や鉱泉を介した間接的なアプローチと、陸上掘削によって得られたコアや地下水の解析といった直接的なアプローチが考えられる。我々は陸域地下微生物圏への直接的なアプローチとして、地熱発電所の地下に存在する熱水溜まりの熱水と金鉱脈熱水環境のコアサンプル及び熱水を用いて地下高温環境における微生物の多様性解析を行った。八丁原地熱発電所の地下約1500mからの250を超え熱水から微生物DNAを抽出し、16S rRNA 遺伝子によって菌相解析を行った結果、地熱発電所の地下熱水溜まりには特異な超好熱菌のみから成る微生物圏が存在することが明らかとなった。一方、鹿児島県菱刈金鉱山には、地下約300m以深に70-100の熱水が存在している。火山岩層と断層という地質学的特徴を有する八丁原地熱発電所地下の熱水溜まりに比べ、菱刈鉱山地下の熱水溜まりは下部四万十累層群と上部火山岩層に存在し、堆積層に封じ込められた白亜紀の微生物群集や有機物の影響を受ける複雑な地下微生物圏である。同様の研究の結果、菱刈鉱山地下熱水溜まりには少なくとも6千500万年以上前の白亜紀の海底堆積物中の未知の古細菌が生きた微化石として優占し、坑道内の酸化還元フロントに大規模な群集を形成していること、また深度及び地質学的条件の異なる地下環境において、白亜紀の海底堆積物中の海洋性細菌群集から温泉型好熱細菌群集へ微生物相が遷移してゆくことが推測された。

2. 深海底熱水湧出および冷泉湧出環境にみる地下微生物圏

海底下環境についての間接的なアプローチとして、地下微生物圏の窓ともいえる海底熱水孔環境および海底冷泉湧出環境の微生物群集を検討した。我々は、熱水孔からの湧出熱水によって地下の微生物が海底に運ばれるという考えに基づき、熱水中の微生物群集構造解析を行うと共に、熱水孔下環境とほぼ同じ環境条件で規定されるチムニー状構造物内の微生物群集の解析を行った。その結果、深海底熱水孔環境に見られる超好熱菌の多くが熱水孔下微生物圏に由来し、様々な熱水孔下微環境に適応した棲み分けが行われていることが示唆された。一方、深海底冷泉湧出環境は断層面を経由した海底下からの還元的な水圏環境であり、それらの微生物生態系は海底下断層面の還元的環境における微生物群集を反映する可能性がある。我々は、より生菌に依存した鉛直的微生物群集構造を解明するため、RNAを用いて解析を行った。その結果、通常の深海底堆積土の微生物とは大きく異なる還元的環境下で生育する新奇な微生物群集が検出された。

3. 大洋底下微生物群集の解析と古海洋環境変化

ODP や Ocean Drilling Project in the 21st century (OD21) における微生物研究の研究手法や方法論の確立のために、掘削コアに対し分子生態学的解析に地質学的解析を加えた学際的研究を試みている。西フィリピン海深海底堆積層ピストンコアは、およそ250万年前から現在に至る珪藻土層、海洋粘土層、軽石を含む変色層から構成されている。示相微生物あるいは示相微化石として古細菌に注目した場合、現存深海底海水の浸透が深さ約4.5mまで及んでいることが明らかとなった。軽石を含む変色層は、過去の陸上または海底火山活動を示す地質学的証拠と考えられ、実際、海洋性超好熱菌の優占が観察された。しかしながら、明確な火山活動の地質学的証拠のない堆

積物中にも、海洋性と陸水系超好熱菌の層状分布が観察され、地質学的解析では明確ではなかった第四紀の内陸性地熱活動や海洋性熱水活動が、微生物（特に古細菌）の DNA を用いた群集構造解析によって推測できる可能性が示唆された。さらに、フランス南部域から中生代白亜紀の OAE（Oceanic Anoxic Event）を含む黒色頁岩層を陸上掘削し、そのコア中の微生物 DNA から同様の解析を行った結果、約 1 億年前に起きた OAE の堆積層に、還元的古海洋環境に生息する海洋性微生物群集が存在することを明らかにした。