

地圏微生物学～発展する分野融合研究～

眞弓 大介

昨今、分野融合研究という言葉をよく耳にするなか、ひととき注目を浴びる研究分野として微生物学と地球科学が融合した地圏微生物学がある。地圏微生物学は微生物学と地質学・地球化学が密接に関連する研究分野であり、一言で言えば、地下圏の物質循環メカニズムを微生物学と地球科学の観点から理解しようとするものである。その中でメタンの生成と消費は地質年代スケールで起こる地球規模の炭素循環であり、油田や炭田、ガス田、深海底地下では活発な生物的メタン生成反応の存在が知られている。ここでわざわざ「生物的」と表現したのは、地下圏で生成するメタンには、長い年月をかけて地下に堆積した有機物が地熱作用により分解されて生成する熱分解起源のメタンと、堆積有機物またはその熱分解有機物が細菌によってさらに低分子化された後、最終的にメタン生成菌によってメタンに変換される微生物起源のメタンに分けられるためである。地球上の天然ガス資源の20%以上は微生物起源のメタンであるため¹⁾、地下圏における生物的メタン生成メカニズムの解明は天然ガスとしてのエネルギー資源の形成メカニズムの理解につながる社会的ニーズに直結した研究テーマであるといえる。

油田を例にすると、現在の採油技術で油田から回収可能な原油は全資源量の50%にも満たないのが現状であり、残留原油を可能な限り回収できる原油増進回収技術の開発が常に求められている。そんななか、近年注目されるのが油層に生息する微生物の働きを活用して原油をメタンに変換し、天然ガスとして回収する技術であり、深部地下油層環境で起こる生物的原油分解メタン生成メカニズムの解明が世界中で進められている。ここでいうメカニズムとは、どんな油層環境で、どのような微生物によって、どういった反応経路を介して原油がメタンに変換されるかを意味しており、これらを理解するためには微生物学に関する知識は勿論のこと、油層の成り立ちや地下環境を把握する地質学や現場油層環境の生物的原油分解反応の有無を知る地球化学の専門的知識が必要となる。これまでにこれらを専門とする研究者達の融合研究によって、生物的な原油分解メタン生成反応は世界中のさまざまな油層環境に存在し、実際に現場で原油成分中の脂肪族炭化水素や各種芳香族炭化水素が嫌氣的な分

解を経てメタンに変換されることが報告されている²⁾。また、その反応は原油を分解する各種細菌とメタン生成菌の強固な共生関係で成り立っており³⁾、その共生関係は油層中のさまざまな環境要因（たとえば二酸化炭素濃度⁴⁾）によって劇的に変化することが知られている。一方で、深部地下油層環境で起こる一連の原油分解メタン生成反応において、原油を分解する最初のステップを担う微生物の正体については未だ明らかでなく、その解明が最近の当該研究分野のホットトピックである。

微生物学者にとっての地圏微生物学の魅力の一つは、油層環境に限らず地下生命圏にはさまざまな未培養微生物が広く存在することである。その未培養微生物群に対して抱く微生物学者の興味は、どのような代謝機能を有しているかであり、地球科学者にとっての興味は、その代謝機能は地球の物質循環にどの程度寄与しているかである。2016年に、特異な代謝機能を有するメタン生成菌が油層環境から単離されたことが報告されたが⁵⁾、この発見は二つの分野の研究者の知的好奇心を同時に満たすものであった。それまでに知られていたメタン生成菌は水素・二酸化炭素や酢酸などの単純な基質からしかメタンを生成することができなかった。一方で新たに発見されたメタン生成菌は、植物遺体中のリグニン構成分子として地下圏に広く存在するメトキシ芳香族化合物をメタン生成の直接的な基質として利用可能であった。実際に、このメタン生成菌は石炭中のメトキシ芳香族化合物から単独でメタンを生成したことから、石炭層に内包される天然ガス（コールベッドメタン）の形成に貢献している可能性が高い。

以上のように、地下生命圏にはエネルギー資源開発としての産業面での魅力と未知微生物との遭遇という学術面での魅力が存在する。これらの魅力を兼ね備えた地圏微生物学は今後、分野融合研究として大きく発展していくことが期待される。

- 1) Katz, B. J.: *Open Geol. J.*, **5**, 75 (2011).
- 2) Head, I. M. *et al.*: *Nature*, **426**, 344 (2003).
- 3) Mayumi, D. *et al.*: *Environ. Microbiol.*, **13**, 1995 (2010).
- 4) Mayumi, D. *et al.*: *Nat. Commun.*, **4**, 1998 (2013).
- 5) Mayumi, D. *et al.*: *Science*, **354**, 222 (2016).