

環境微生物を利用した石油・天然ガス資源開発技術

(中外テクノス株式会社 つくばバイオフィロンティアセンター)
藤原 和弘*・佐藤 朋之・川村 太郎・浅野 貴博

はじめに

主要エネルギー資源である石油および天然ガスは、ものづくり立国を目指す我が国にとって戦略物資であり、これらの安定供給は産業活動の生命線となっている。しかし昨今、我が国を取り巻くこれらの資源確保を巡る環境は悪化の一途をたどっている。一方、近年、各種の環境問題が地球規模で深刻化しており、経済・社会の発展を支える産業界の活動は、環境問題への配慮なしに成り立たない時代となっている。それ故、我が国においては、環境に配慮した技術を駆使することによってこれらの資源を開発し、中長期的な安定供給を果たすことが重要な課題となっている。

対策技術の一つとして、環境調和型資源開発技術の早期実用化が望まれており、微生物利用技術も有用な候補技術として貢献することが望まれる。環境微生物の機能を駆使した石油・天然ガス回収技術としては、微生物を利用して石油の増進回収を図る技術（微生物攻法）と、微生物により石油を天然ガスに変換して取り出す技術があげられる。本報では、これらの「環境微生物を利用した石油・天然ガス資源開発技術」について紹介する。

微生物を利用した石油増進回収技術（MEOR）の概要

枯渇油田とは、その時代に開発されている石油増進回収（Enhanced Oil Recovery: EOR、一次～三次回収）技術を駆使しても採算性を確保した石油回収が不可能になった油田のことであり、一般に、油層内には埋蔵量の40～80%程度の石油が依然として取り残されているといわれている。そこで、世界の石油業界では、これまであらゆるEOR技術を駆使した石油回収に注力してきた。

一般に、石油回収の制限要因としては、

- ①油層圧力が経時的に衰退すること（排油力の減退）
- ②水－油間の界面張力が高いこと（低置換効率）
- ③水に比較して石油の粘度が高いこと（低置換効率と低掃攻効率）
- ④油層の構造が不均一であること（低掃攻効率）

などがあげられ、EOR技術ではこれらの制限要因の一

部を克服することで回収率を向上させることを目的としている。これまでEOR技術としては、(1)熱攻法、(2)ガスミシブル攻法、(3)ケミカル攻法、(4)微生物攻法（Microbial Enhanced Oil Recovery; 以下MEORと称する）などが考案されている（図1）。

中でもMEORは、目的微生物を直接地下の油層内に圧入して増殖させ、各種の生成物を代謝させることにより、石油増進回収率の向上を図る技術であり、石油の三次回収技術の中で、もっとも環境調和型で、低コストな技術として注目されている。しかしながら、MEORは、1926年に世界で最初に提案されて以来¹⁾、これまでに数々の室内実験や100例を超えるフィールドテスト（大規模現場実験）が世界中で行われているにも関わらず²⁾、科学的根拠に基づいた信頼できるデータが希薄であり、いまだ実用技術に至っていないのが実情である。

これに対して、国内の主要な研究例として、筆者らも参加した「微生物攻法フィールドテスト（現在の中国石油と独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

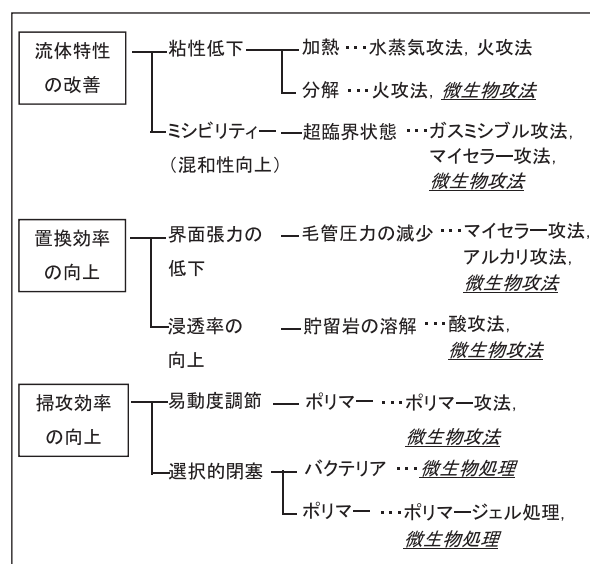


図1. EOR（石油増進回収技術）の特徴

*著者連絡先 E-mail: ka.fujiwara@chugai-tec.co.jp <http://www.chugai-tec.co.jp/>



との国際共同研究)」があげられる。この研究は、世界に先駆けて、科学技術に裏打ちされた普遍性のある知見を見いだすことを目的とし、1996年から2002年にかけて、中華人民共和国の東北地方にある吉林油田で実施された³⁾。

また筆者らは、現在、油層内微生物の機能を最大限発揮させ、石油増進回収効率を大幅に高める新しいMEORプロセスについて研究を進めており、今後も、より科学技術に裏打ちされた技術開発を積極的に進め、普遍性のある知見を蓄積していくことがMEORの実用化に不可欠と考えられる。

微生物を利用した地中メタン生成技術の概要

近年、CCS技術として、枯渇油田にCO₂を貯留しようとする試みが世界中でなされており、筆者らも枯渇油田へのCO₂貯留に着目している。油田は岩石中の多孔質部に石油や天然ガスを数百万年もの長い期間にわたり貯蔵していたという実績があり、また不浸透性のキャップロックという地質構造を有しているため、CO₂の貯留場所として適していると考えられている。さらに油田には、既存の生産・圧入施設が具備されているため、CO₂の圧入に対してこれらを最大限に有効利用することで、イニシャルコストを最小限に留めることができるなどのメリットもある。

そこで筆者らは、環境微生物の機能を利用した石油回収技術の一つとして、化石燃料の燃焼によって排出されるCO₂を枯渇した油田の貯留層に圧入し、CO₂を地中貯留すると同時に、貯留層を高圧反応器と見立てて、同層内で水素生成菌やCO₂還元メタン生成アーキアなどを働かせ、CO₂をメタンに変換した上で天然ガス鉱床の再生を図り(Microbial Restoration of Methane Deposit: MRMD技術)、化石燃料として再び利用する持続的なカーボンリサイクルシステム(図2)の本格的な開発を2003年より進めている⁴⁻⁷⁾。筆者らが研究を進めているMRMD技術は、油層内に残存する回収困難な石油を微生物で分解して水素に変換し、そこに地上からCO₂を圧入することによって、これらを微生物反応によりメタンに再変換するものであるため、いわば石油を加速的にメタンガスに変換(ガス化)して取り出すことになり(Enhanced Gas Recovery: EGR)、高い回収性が期待できる。また本MRMD技術は、前節で述べたCCS-EORプロセスの後段に位置づけられ、CCS-EOR技術にインセンティブを与え得る技術として有望であるばかりか、CCSの商業的な普及を目的としたCO₂回収・利用・貯留技術(Carbon Capture Utilization and Storage: CCUS)においても重要な技術と考えられる。MRMD技術にお

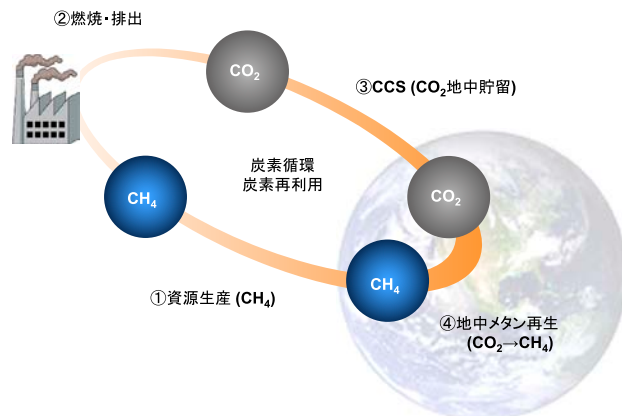


図2. 環境微生物を利用した天然ガス資源開発技術(カーボンリサイクル)

いて想定しているフィールドオペレーション技術としては、水素生成の基質や活性化因子などを油層に圧入して、油層内に常在する土着の水素生成菌やCO₂還元メタン生成アーキアの働きを利用する方法、あるいは、能力の高い水素生成菌やCO₂還元メタン生成アーキアを、基質や活性化因子とともに油層内に圧入する方法などがあげられる。ただし本MRMD技術では、水素生成菌とCO₂還元メタン生成アーキアのスムーズな種間水素伝達が必要となることから、複合微生物系かつ大深度地下油層環境下で、これらの微生物活動を人為的に制御し、効果を発揮させるフィールドオペレーション技術が不可欠である。そこで、MRMD技術の根幹を成す上記フィールドオペレーション技術の実用化に際しては、前項で述べた、すでにフィールドレベルの検討段階に入っているMEORのノウハウを有効に活用することが望ましく、これにより実用化を加速的に進展させることが可能になると考えられる。

文 献

- 1) Beckman, J. W.: *Ind. Eng. Chem.*, November, **10**, 3 (1926).
- 2) Maudgalya, S. et al.: *Society of Petroleum Engineers*, 106978 (2007).
- 3) Nagase, K. et al.: *Society of Petroleum Engineers*, 68720 (2001).
- 4) Fujiwara, K. et al.: *Proceeding of Society of Petroleum Engineers, Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Adelaide*, 101248 (2006).
- 5) 藤原和弘ら: 環境バイオテクノロジー学会誌, **8**, 17 (2008).
- 6) Kano, S. et al.: *J. Jpn. Petrol. Inst.*, **52**, 297 (2009).
- 7) 藤原和弘ら: 環境バイオテクノロジー学会誌, **25**, 25 (2012).