

地中貯留二酸化炭素の再資源化を想定したメタン生成バイオプロセスの適応性評価

Feasibility study of methanogenic bio-process from geologically sequestered carbon dioxide

中田 ゆい子 [1]; 佐藤 光三 [1]; 川口 秀夫 [1]
Yuiko Nakata[1]; Kozo Sato[1]; Hideo Kawaguchi[1]

[1] 東大・工
[1] The U. of Tokyo

<http://gpre.geosys.t.u-tokyo.ac.jp/lab/index.html>

地球温暖化の主要因とされている二酸化炭素濃度の上昇を抑制する技術として、二酸化炭素地中貯留技術がある。しかし、地中貯留しただけでは二酸化炭素は炭素循環の環に加わっておらず、持続可能な社会の実現のためにはこの二酸化炭素を持続可能な炭素循環に組み込む必要がある。そこで二酸化炭素を地中貯留した後に、微生物を用いてメタンガスに変換し、存在形態を炭化水素に戻し循環させるという技術を提案したい。地殻内におけるメタン生成は報告されているが、CCS由来CO₂の再資源化に関する報告は非常に少ない。地中環境において効率的にメタンを生産、回収する技術の確立のためには、そもそもCCS地中環境においてメタン生成菌によるメタン生成は可能なのか、また、生成可能であるならばどれだけのメタン生産が見込めるのかを知る必要がある。そこで本研究は二酸化炭素圧入実施後の枯渇油ガス田を利用したメタン再生を想定し、メタン生成菌を利用した圧入二酸化炭素からのメタン生産に関する実現可能性を評価することを目的とする。

二酸化炭素地中貯留技術には様々な方法があるが、本研究は枯渇油層・ガス田への地中貯留を想定した。二酸化炭素圧入下の地中油層環境として、高CO₂濃度、pHの低下、高温、高圧、多孔質、栄養制限条件、の6条件が考えられる。本研究では高温・多孔質を除いた条件をCCS模擬条件として実験室レベルで再現することに重点を置いた。

現在二酸化炭素地中貯留を実施、もしくは計画中の枯渇油ガス田の温度が45～100であることから、地中貯留後の枯渇油ガス田の温度を65と設定した。また、新潟県南長岡鉱山内の岩野原坑井における二酸化炭素圧入実証試験の圧入前pH7.94が圧入後5.7まで低下したという報告から、pH5-8と設定した。

次に、65、pH5-8という条件で生育可能であり、水素-二酸化炭素資化性かつ油層環境での存在確認されているメタン生成菌として*Methanothermococcus thermolithotrophicus*と*Methanothermobacter thermautotrophicus*を選定した。実験条件は、もっともメタン生成菌の生育に適した理想環境として標準条件を気相部：H₂80% CO₂20%、生育培地：各標準培地(ATCC 1439 medium for *M. thermolithotrophicus*, ATCC 2133 for *M. thermautotrophicus*) 培地pH：7.5前後とし、CCS下の地中環境としてCCS模擬条件を気相部：H₂20% CO₂80%、生育培地：八橋油田より採取した油層水、pH：5.5前後と設定した。また、各影響因子(高CO₂濃度、低pH、栄養制限条件)を抽出するために、高CO₂濃度条件、低pH条件、栄養制限条件での実験も行った。

結果、*M. thermolithotrophicus*はCCS模擬条件ではメタン生成が確認できなかったが、*M. thermautotrophicus*はCCS模擬条件でもメタン生成を確認した。*M. thermolithotrophicus*については標準条件は4.03 mmol/h/L、高CO₂濃度条件1.38 mmol/h/L、低pH条件3.33 mmol/h/Lというメタン生成速度を得、その3条件での菌の増殖を確認した。しかし、栄養制限条件においては菌の増殖およびメタン生成が確認できなかったため、CCS模擬条件でメタン生成が行われなかった理由はおもに栄養条件(油層水培地)にあると考えることができる。一方で*M. thermautotrophicus*は、標準条件は1.50 mmol/h/L、CCS模擬条件0.045 mmol/h/L、高CO₂濃度条件0.69 mmol/h/L、低pH条件0.80 mmol/h/L、栄養制限条件0.89 mmol/h/Lというメタン生成速度を得た。また、すべての条件で菌の増殖を確認した。つまり、*M. thermautotrophicus*はCCS模擬環境(気相CO₂80% H₂20%、pH5.4、油層水培地)においてメタン生成可能であることが確かめられた。だが、そのメタン生成速度は標準条件の約3%にまで低下する。これは、低pHと油層水培地による栄養制限の両方の影響を受けているからだと考えられる。

最後に、上記結果の有効性を評価するため、フィールドを仮定してメタン生産量を算出した。秋田県八橋油田には620万トンのCO₂が貯留可能であるという報告がある。よって620万トンの地中貯留CO₂をメタン変換する際、*M. thermautotrophicus*の今回のCCS模擬環境条件実験結果0.045 mmol/h/Lでメタン生成速度が維持されたとしてメタン生産期間と累積メタン生産量を算出した。すると、約8年ですべてのCO₂がメタンへと変換されるという結果を得た。また、その際の累積メタン生産量は225万トン(32億立方メートル)にのぼり、この値は国内の天然ガス生産量の約1年分に相当することがわかった。つまり、CCS模擬条件におけるメタン生成速度は、標準条件の約3%にまで低下するものの、国内天然ガス生産量の約1年分を8年で生産する値であることがわかった。