

メタン生成細菌による二酸化炭素のエネルギー変換

Energy Conversion of Carbon Dioxide Using Methanogen

須藤 孝一[1], 今井 健太[1], 井上 千弘[1], 千田 信[1]

Koichi Suto[1], kenta Imai[1], Chihiro Inoue[1], Tadashi Chida[1]

[1] 東北大・工・地球

[1] Geosci. Technol., Tohoku Univ.

<http://gogh.earth.tohoku.ac.jp/index-j.html>

地球温暖化問題に対応するため、大気中の二酸化炭素濃度の削減を目指した研究の一つに、二酸化炭素の地中処分がある。これは大量の二酸化炭素を大気圏から切り離すものであり、主に帯水層、廃ガス田、枯渇油田などの貯留層を利用することが検討されている。地中処分技術を効率的に行うために、二酸化炭素を地中に送り込む方法をはじめ数多くの検討が進められている。また、地中処分と周辺環境との相互作用、リスク評価などについても検討がなされている。中でもオーストラリアでは、二酸化炭素を地中に隔離する際のパラメーターの評価を目的とした4カ年のプロジェクト研究が実施されている。

地中処分は二酸化炭素を貯留層に半永久的に保管する方法であり、その再利用については特に考慮されていない。それに対し著者らは地中に処分した二酸化炭素をメタン生成細菌の働きを利用してメタンに変換し、再度エネルギーとして使用するという循環型システムを構築することを検討している。メタン生成細菌は、嫌気性環境下においてメタンを生成する微生物であり、始原菌(Archaea)に分類される。その際に利用できる基質としては、有機酸、メチルアミン類およびアルコール類があり、生成物としてはメタンと二酸化炭素である。また、メタン生成細菌の中には、水素と二酸化炭素から独立栄養的にメタン生成を行う種も存在し、この場合には、二酸化炭素の生成は認められない。本研究では、二酸化炭素が封入された貯留層をメタン生成バイオリクターとして利用することを目指し、その第一歩としてメタン生成細菌による二酸化炭素からのメタン生成について検討する。

本研究で使用したメタン生成細菌は、*Metanococcus maripaludis* JCM10011 である。この細菌は、最適温度 35-40℃、最適 pH6.5-8.0 に持つ海洋性の微生物であり、水素資化性メタン生成細菌の一種である。培養実験には JCM228 培地 (General salts solution, 500mL; Trace minerals solution, 10.0mL; Iron stock solution, 5.0mL; NaCl, 22.0g; KH₂PO₄, 0.14g; Sodium acetate, 1.36g; Bacto yeast extract 2.0g; Rwsazurin, 1.0mg; NaHCO₃, 5.0g; L-Cystein HCl H₂O, 0.5g; Na₂S 9H₂O, 0.5g; Distilled water, 485.0mL; General salts solution: MgCl₂ 6H₂O, 5.5g; MgSO₄ 7H₂O, 6.9g; NH₄Cl, 1.0g; KCl, 0.67g, CaCl₂ 2H₂O, 0.28g, Trace minerals solution: Nitrilotriacetic acid, 1.5g; Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ 6H₂O, 0.2g, NaSeO₃, 0.2g; Na₂MoO₄ 2H₂O, 0.1g; Na₂WO₄ 2H₂O, 1.0g; MnSO₄ xH₂O, 0.1g; ZnSO₄ 7H₂O, 0.1g; NiCl₂ 6H₂O, 0.025g; CuSO₄ 5H₂O, 0.01g; Distilled water, 1.0 L; Iron stock solution: Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ 6H₂O, 0.2g; Distilled water, 100mL) を使用し、以下のように行った。まず密封できる 100mL (総体積 125mL) バイアル瓶に培地 30mL を入れ、培地を窒素で脱気した後に、細菌懸濁液を接種し、水素 80%および二酸化炭素 20%の混合ガスでヘッドスペースを置換した。密封後、37℃の恒温槽中でインキュベートした。所定時間ごとにバイアル瓶のヘッドスペースより気相を採取し、ガスクロマトグラフィーにて水素およびメタン濃度を測定した。

実験開始 1 日後から水素濃度の減少およびメタン濃度の増加が見られ、メタン生成細菌によるメタン生成が確認された。実験開始時にバイアル瓶の中に入っていた水素は 0.036 mol/L であり、15 日後には 0.01 mol/L にまで減少した。一方、メタン生成については、0.006 mol/L が生成された。メタン生成と水素減少の比を考えると、およそ 1:4 となり、ほぼ化学量論通りにメタンが生成していることがわかる。

地下環境においては、培地成分に含まれるような栄養源が不足することも考えられるため、上記の培地から Sodium acetate および Bacto yeast extract を除いた培地を作成し、そこでのメタン生成を試みた。この場合、15 日間に生成されたメタンは 0.0015mol/L であり、yeast extract を含む場合の約 1/4 であった。本研究で使用したメタン生成細菌は水素と二酸化炭素からのメタン生成よりエネルギーを獲得するため、増殖のためのエネルギー源として直接有機物を利用することはないと考えられる。しかし、上述のように培地中の有機物成分を除くと、その活性の低下が見られ、有機物成分の影響を無視できないようである。これは、貯留層においてメタン生成を行う場合に、その環境に留意しなければならないことを示している。