

好熱性メタン資化菌を用いたメタノール生産技術の研究

蓮實文彦^{*1}・竹口昌之^{*1}・坪田潤^{*2}・山下信彦^{*2}・村上嘉孝^{*2}

(^{*1} 沼津高専 物質工学科, ^{*2} 大阪ガス株式会社)

キーワード：新エネルギー・産業技術総合開発機構、受託研究、メタン、メタノール、好熱性メタン資化細菌

1. はじめに

(1) 石油代替エネルギーとメタン

21世紀におけるエネルギー問題の解決においては、エネルギーの安定供給と経済成長をともに実現させながら、如何に地球環境保全を確保していくかが最も大きな課題である。世界のエネルギー需要の殆どを賄っている石油は有資源であり、現在見積もられている全世界の石油可採年数（約 43 年）がこの数年ほぼ横這い状態であることから、2020～30 年頃には原油可採埋蔵量の半分を消費し尽くした状態になると考えてよさそうである。一般的には、原油可採埋蔵量の半分を使い切った時点以降、石油供給は減衰カーブをたどるといわれており、石油枯渇時代がいよいよこの時期から始まる可能性が高い。

一方、地球環境保全の観点からは、よりクリーンな石油代替エネルギーへのシフト、クリーンな自動車用液体燃料の供給や新しい動力技術の導入が求められている。また、よりクリーンな輸送（自動車）用液体燃料の供給を確保するためには、石油系燃料を用いない環境適合型石油代替燃料製造技術が必要である。こうした背景から、石油以外のよりクリーンで、かつ安定供給が期待される化石エネルギーとして、二酸化炭素排出原単位が小さく、エネルギー利用効率の高い天然ガスの活用に大きな期待が寄せられている。

天然ガスの主成分はメタンであり、現在は、都市ガスの燃料として用いられている他、化学肥料や化学工業用原料としての用途としても利用されている。さらに、次世代の燃料として注目されているジメチルエーテル（DME）の原料としても利用可能であり、クリーンな石油代替燃料の原料としてメタンの利用価値は大きい。

(2) メタノール変換反応とメタン資化細菌

メタンのメタノール変換反応はエネルギー的にも極めて困難な反応であり、工業的には固体触媒を用いた高温・高圧下での、合成ガスを経由する二段階反応により行われている。メタンをメタノールに選択的に且つ効率的（1 段階反応）、経済的に製造するための触媒反応は見出されていない。メタンからのメタノール合成には、高温・高圧のための設備が必要であり、メタノールの製造原価の約 7 割は設備費であるとの試算

があり、設備費の低減が大きな課題となっている。天然ガスからのDMEの製造においても同様な問題があり、メタノールを経由しない直接DME合成法も検討されているが、メタノール合成と同様に合成ガスを経由する高温・高圧プロセスであることから設備は大きくならざるを得ない。

一方、ある種の微生物（メタン資化性細菌）は常温・常圧下においてメタンを資化することができる。これは、メタン資化細菌が含有する酵素・メタンモノオキシゲナーゼ(MMO)が、菌体の代謝作用の中でメタンをメタノールに変換できるためである。この酵素は、菌体より取り出した場合では、速やかに失活するが、菌体をリアクター内の最適な条件で培養すると、メタンを原料にメタノールを蓄積することが実験的に示されている。しかし、微生物反応であるため、反応が遅いことや微生物の大量培養・長期間の安定な培養が難しいこと、生成物を効率的に回収できないなど未解決な問題があり工業的な利用には至っていない。もし、本微生物を用いて、十分なメタノール製造速度・安定性・採算性を有する微生物リアクターを構築できれば、天然ガスから低コストでメタノール・DMEを工業的スケールで製造できる可能性がある。

2. 本研究の目的と受託経緯

国内では大倉一郎教授（東京工業大学生命理工学研究科）がメタン資化細菌の研究を精力的におこなっており、私たちも大倉教授から直接ご指導をいただき研究を進めていた。大倉教授からは既知のメタン資化細菌を利用した有用物質生産に関する研究をおこなっていた。一方、大阪ガス（株）を中心とする企業グループは、大倉教授らの研究に注目し、メタン資化細菌を利用した新規メタノール合成法の開発をめざし、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成を受けたプロジェクト「環境適合型石油代替燃料製造技術先導研究（以下本先導研究）」を立ち上げた。

大倉教授は学術的な観点からメタン資化細菌が有するメタン代謝酵素の活性部位に関する研究で、私たちグループは、メタノール分離に有効な好熱性の新規メタン資化細菌の探索を中心に本先導研究に参画した。このように、本研究は大学と高専の共同研究に企業が加わることで始まった。

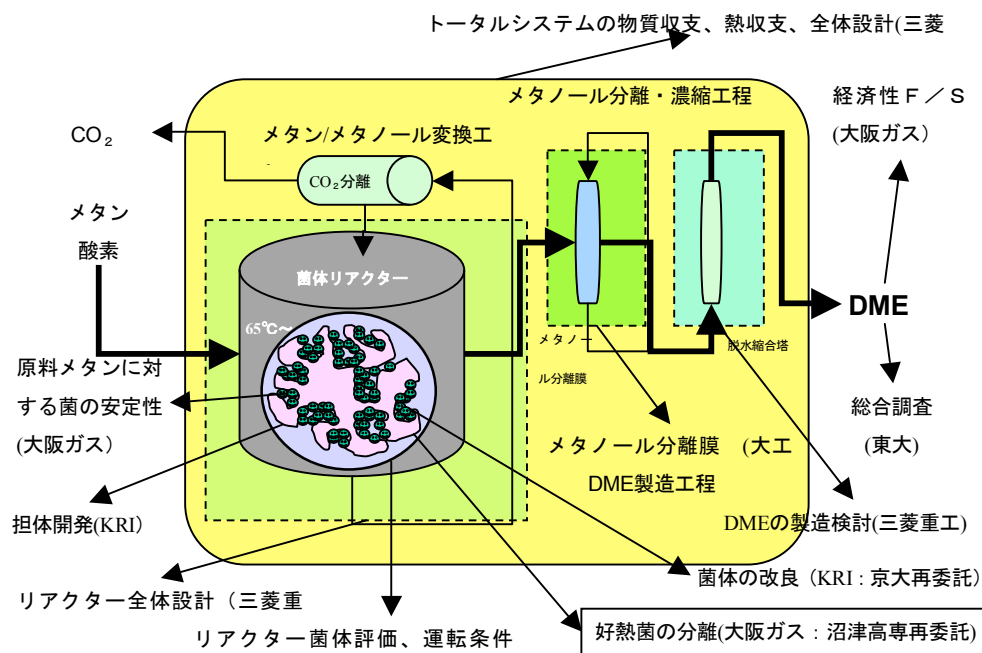


図1 本先導研究プロジェクト連携図

本校担当課題（好熱性メタン資化細菌の探索および培養技術の開発）は、本先導研究における最も重要な課題の一つであったことから、2研究室体制で研究にあたった。

3. 本先導研究の成果

目的とする好熱性のメタン資化細菌は、常時高温である場所に存在している可能性が高いと考え温泉の源泉などを中心として好熱性メタン資化細菌の探索をおこなった。その結果、新規の好熱性メタン資化細菌 *Thermus* sp. T-109 株、*Methylocaldum* sp. T-125 株および *Methylocaldum* sp. T-025 株の単一株を得ることが出来た。本研究で得られた菌株の性質を表1に示す。また、*Methylocaldum* sp. T-025 株の電子顕微鏡写真を図2に示す。本校で得られた *Methylocaldum* sp. T-025 株を用いてメタノール合成装置が実際に構築され、メタノール

ル合成が可能なることを実証した。

本先導研究に関する詳細な結果は新エネルギー・産業技術総合開発機構より報告書として公開されている。

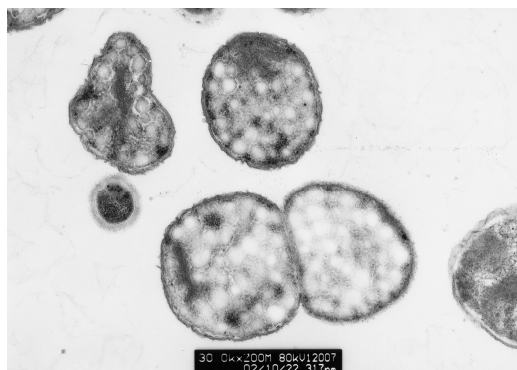


図2 新規好熱性メタン資化細菌 *Methylocaldum* sp. T-025 株

表1 新規好熱性メタン資化細菌の性質

	<i>Methylocaldum</i> sp. T-025	<i>Thermus</i> sp. T-109	<i>Methylocaldum</i> sp. T-125
生育温度	55_	60_	50_
コロニー形状	円形で光沢あり、全円なめらか。褐色	円形もしくは不規則形で光沢あり。薄い黄色	円形で光沢あり、全円なめらか。薄い黄色
窒素固定能	+	ND	+
利用炭素源	メタン、メタノール	ND	メタン、メタノール
G+C 含量	58%	ND	57%