

令和 2 年 9 月 4 日現在

機関番号： 8 2 6 2 6

研究種目： 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間： 2017 ~ 2019

課題番号： 1 6 K K 0 1 5 4

研究課題名（和文）資源創成型CCS技術の開発に向けた国際共同研究（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Development of microbial enhanced energy recovery technology combined with CCS technology(Fostering Joint International Research)

研究代表者

眞弓 大介（Mayumi, Daisuke）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員

研究者番号： 3 0 5 4 9 8 6 1

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,800,000 円

渡航期間： 18 ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究は、排出CO₂の削減技術として期待されるCO₂回収・貯留（CCS）技術と、油層微生物（群）の機能を最大限活用して原油をメタンガスとして変換・回収する資源創成型CCS技術の開発を目標とし、CO₂地中貯留による生物的原油分解メタン生成反応の促進効果を検証するとともに、そのメカニズムの解明を自指した。

本研究ではカナダ・カルガリーを研究拠点とし、国内に比べて圧倒的に多様な油層環境を研究対象に原油分解メタン生成ポテンシャルが存在する油層を探索し培養実験を実施した。その結果、カナダ・アルバータ州に位置する地下試料から炭化水素を分解しメタンを生成する微生物コミュニティの獲得に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた原油分解微生物コミュニティを用いて、枯渇油田へのCO₂地中貯留による原油分解メタン生成活性の促進効果が実証できれば、それぞれの油層特性に応じて最適な促進条件を選定し適用する実践的な資源創成型CCS技術の礎となる。原発と同等の国内電力生産の3割以上を石油や天然ガスに依存する日本において、本研究で目指す低炭素エネルギー資源の創成は社会的ニーズに直接対応する学術研究である。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop a technology combining a microbial enhanced energy recovery with carbon capture and storage technologies in order to recover the energy from depleted oil reservoirs subjected to CO₂ injection. The aim of this study was to evaluate the effect of CO₂ injection on oil reservoir microorganisms capable of crude oil degradation and elucidate the mechanisms of methane production from crude oil.

In this study, we conducted incubation experiments using a variety of oil reservoir samples, which have a potential of crude oil degradation, in Canada. As the result, we found the microbial activity of crude oil degradation associated with methane production in a sample from a subsurface environment in Alberta.

研究分野： Petroleum microbiology

キーワード： Methane Crude oil oil reservoir

1. 研究開始当初の背景

近年、革新的な原油増進回収技術の1つとして、枯渇油田に大量に残留する原油を油層微生物の働きでメタンに変換し天然ガスとして回収する技術の開発が世界的に関心を集めている中で、我々はこれまで、国内油田を対象とした研究を遂行し、以下の研究成果を得ている。

(1) 独自に開発した現場油層環境を模擬する高温高压培養システムを駆使して、原油分解の中間代謝産物である『酢酸』からメタンが生成される代謝経路とその関与微生物群を特定した(引用文献1)。

一方で、枯渇油田は CCS 技術の有望サイトとしても知られるが、枯渇油田への CO₂ 地中貯留が油層微生物のメタン生成活性にどのような影響を与えるかについては明らかでなく、申請者はその影響評価試験を世界に先駆けて実施し、以下の研究成果を得た。

(2) 上記培養システムを用いて CO₂ 地中貯留後の油層環境を模擬した高 CO₂ 濃度条件では、『酢酸』からのメタン生成経路が劇的に変化し、それによってメタン生成速度が2倍以上に促進されることを発見した。さらに、このメタン生成経路の変化は原油分解メタン生成反応を誘起する可能性を熱力学的観点から発見した(引用文献2)。

このように我々は枯渇油田を対象とした CCS 技術は排出 CO₂ の削減だけでなく、油層微生物によるメタン生成活性を促進することで天然ガス資源を増産させる可能性を提示している。このような CCS 技術と枯渇油田再生化技術を組み合わせた『資源創成型 CCS 技術』を実現するためには、まず第1に原油分解メタン生成ポテンシャルが存在する油層環境を複数探索し、それらの油層試料を用いて高 CO₂ 濃度条件下での原油分解メタン生成活性の促進効果を多様な油層環境で検証する必要がある。

2. 研究の目的

我々は過去に、国内主要油田(秋田県の2油田,山形県の2油田)の15坑井を対象に原油分解メタン生成ポテンシャルに関する地球化学的データ(油層水のイオン組成や原油成分組成,ガス状炭化水素の炭素安定同位体比など)や分子生態学的データ(油層中の微生物群集構造など)を収集し、これらをそれぞれの地質情報と統合した油層特性データベースを構築した。その上でそれぞれの油層試料(油層水と原油)を用いて、油層環境を模擬する条件(55 MPa, CO₂ 非圧入条件)で高温高压培養実験を行った結果、上記データベースにおいて原油分解メタン生成ポテンシャルが最も高かった坑井の油層試料で、実際に原油分解メタン生成反応を観察した。このことは申請者が構築した油層特性データベースが原油分解メタン生成ポテンシャルの存在指標として有効であることを意味している。しかしその一方で、原油分解メタン生成ポテンシャルを確認できた国内の油層は上記1カ所のみであり、それでは高 CO₂ 濃度条件下における原油分解メタン生成活性の促進効果についてその普遍性を評価することができない。また、本研究の最終目的である CO₂ の圧入によってメタン生成の促進効果が最大限発揮されるために必要な油層特性を特定することも困難な状況にあった。そこで本研究では、現状の課題を打破するため、研究拠点をカナダに移し国内に比べて圧倒的に多様な油層環境を研究対象に以下の研究を遂行することとした。

3. 研究の方法

1) 油層特性データベースに基づいた原油分解メタン生成ポテンシャルが存在する油層の探索
カナダには大規模な油田が複数存在し、それらの坑井(油層)数は日本の比ではない。また、海外共同研究者の Lisa Gieg 博士(University of Calgary, Associate Professor)はカナダ国内の油田を対象に申請者と同様の枯渇油田再生化技術の開発を目指した油層微

生物生態学研究を展開し、様々な油層の地球化学的・微生物学的・地質学的データを既に蓄積している。それらを申請者の油層特性データベースと照合することによって、原油分解メタン生成ポテンシャルが存在する様々な油層を効率的に探索し選出することが可能である。

2) 現場油層環境および CCS 環境を模擬した高圧培養実験

1)で選出した油層の油層試料(油層水+原油)を用いて、現場油層環境を模擬する高圧培養実験を実施し原位置の原油分解メタン生成反応を実験室で再現する。その一方で、高CO₂濃度条件下の高圧培養実験を実施し、CO₂圧入による原油分解メタン生成活性への促進効果を検証する。

4. 研究成果

我々がこれまでに蓄積した油層特性データベースと Gieg 博士の持つ油層データに基づき、原油分解メタン生成ポテンシャルが存在する可能性が高い油層を3カ所選出した。次に、これらの油層試料(油層水と原油)を用いて培養実験を実施した。その結果、アルバータ州に位置するオイルサンド試料から炭化水素を分解しメタンを生成する微生物コミュニティの獲得に成功した。現在、当該微生物コミュニティの高CO₂濃度環境におけるメタン生成活性への影響を評価する培養実験を実施している。

引用文献 1) Mayumi *et al.*, 2011, *Environ. Microbiol.*

引用文献 2) Mayumi *et al.*, 2013, *Nat. Commun.*

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kato Souichiro, Wada Kaoru, Kitagawa Wataru, Mayumi Daisuke, Ikarashi Masayuki, Sone Teruo, Asano Kozo, Kamagata Yoichi	4. 巻 34
2. 論文標題 Conductive Iron Oxides Promote Methanogenic Acetate Degradation by Microbial Communities in a High-Temperature Petroleum Reservoir	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microbes and Environments	6. 最初と最後の頁 95 ~ 98
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1264/j sme2.ME18140	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Daisuke Mayumi
2. 発表標題 Geomicrobiology associated with methane production in deep subsurface
3. 学会等名 Annual Congress on Plant Science and Bio Security（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ギーグ リサ (Gieg Lisa)	カルガリー大学・Biological Sciences・Associate Professor	