

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03800

研究課題名（和文）生物的炭分解メタン生成ポテンシャルとメカニズムに着目した炭層特性評価技術の開発

研究課題名（英文）Characterization of coal seam ecosystems based on potential of biological coal degradation associated with methanogenesis

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：30549861

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、深部地下石炭層において、炭層微生物（群）の機能を最大限活用して未回収石炭資源を天然ガスに変換し回収する革新的エネルギー資源開発技術の創成を目標とし、炭層中の生物的炭分解メタン生成のメカニズムとポテンシャルを解析した。本研究では、北海道の天北炭田の地球化学的分析によって石炭分解メタン生成ポテンシャルを検出した。さらに、その石炭試料を用いて炭層環境模擬高圧連続培養システムによる培養実験を実施した。一方で、石炭の主成分の一つである芳香族メトキシ化合物からのメタン生成メカニズムを調査するために、カナダのオイルサンドを微生物摂取源にメトキシ化合物を基質とした集積培養実験を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、炭層の生物的炭分解メタン生成ポテンシャルとメカニズムの多様性およびそれらの特徴づけるバイオマーカーを明らかに出来れば、これらの知見はCBM増産技術のための炭層特性評価ツールとして活用され、最適な石炭分解メタン生成促進法を炭層ごとに選定・適用する「テーラーメイド型CBM増産技術」の礎となる。日本はエネルギー資源に乏しい国として認知されているが、石炭埋蔵量は国内年間消費量の100年分を超える量を保有しながらも技術・コスト面の課題によって資源化されていない。本研究で目指す未回収石炭資源からのCBM増産技術の創成は「エネルギー資源国日本」に向けた夢の扉を開く社会貢献型学術研究である。

研究成果の概要（英文）：We investigated mechanisms and potentials of biological coal degradation associated with methane production in coal seams in order to develop a technology to recover the energy from unrecoverable coal resources using microbial metabolic functions in deep subsurface coal seams.

We found a potential of biological coal degradation associated with methane production in Tenpoku coal mine in Hokkaido by geochemical analyses. Next, we conducted a incubation experiment with its coal seam samples using a high-pressure incubation system mimicking coal seam environments. In addition, we also incubated an enrichment culture using an oil sand sample from Canada as an inoculum and an aromatic methoxy-compounds as a substrate in order to investigate a mechanism of methane production from the methoxy-compounds, one of major components of coal.

研究分野：Geomicrobiology

キーワード：メタン生成 石炭 芳香族メトキシ化合物

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年注目されるシェールガスやタイトサンドガスといった非在来型天然ガス資源(埋蔵量:在来型天然ガス資源の70%以上)の中で、石炭層に内包されるコールベッドメタン(CBM)の開発が世界各国で進められている。CBMの中には微生物活動によって作られたメタンも多く含まれており、最近では、そのような炭層微生物のメタン生成活動を活性化させることでCBMの増産を図る技術開発がアメリカや中国などの石炭資源国によって先駆的に進められている。しかし、深部地下石炭層のような無酸素環境下において、実際にどのような微生物が、石炭中のどのような有機物からメタンを生成するかは全く不明である。これらの疑問について提案者らは最近、石炭中のメトキシ芳香族化合物のメトキシ基(-OCH₃)がある種のメタン生成菌(*Methermicoccus shengliensis*)によって直接メタンに変換される(メトキシ化合物資化性メタン生成反応)を世界に先駆けて発見し(引用文献1)、CBMの形成メカニズムの解明に一步迫る成果を得た。

石炭は、高等植物のリグニンが地下に埋没していく過程で熱化学的変性(熟成)を受けた堆積有機物であり、その構造はメトキシ基などを含む芳香族化合物の重合体である。上記の研究で提案者らは石炭中のメトキシ基から生成されるメタンがCBMの生成起源の1つであることを実証したが、それだけでは量的に全てのCBMの生成起源を説明できない。すなわち、石炭中のメトキシ基含有量から試算されるメタン生成量は実際に炭層に存在するCBM量の一部でしかない。このことから、微生物活動に起因するCBMの形成過程において、褐炭などの未熟成石炭のメトキシ基からのメタン生成反応はCBM形成の初期段階であり、その後、さらに熟成された石炭(亜瀝青炭や瀝青炭など)の主な構成成分である芳香族化合物(特に芳香族炭化水素)からのメタン生成反応が進行し、そのメタンが量的にCBMの主要な生成起源であると提案者は推測している。すなわち、CBMの形成メカニズムの全貌を明らかにするためには、石炭中の芳香族化合物(以下、石炭)からのメタン生成メカニズム(関与微生物群や反応経路)の解明が必須であり、本研究において、炭層における石炭分解メタン生成メカニズムを明らかに出来れば、石炭資源としては回収できない深部地下に大量に眠る未回収石炭を炭層微生物の働きを活用してメタンに変換し、CBMとして回収する未回収石炭資源からのCBM増産技術の創成に大きく役立つ知見になる。さらに、炭層における石炭分解メタン生成ポテンシャルの分布について、様々な炭層を広範に調査し、その特徴を地球化学的・微生物学的観点から体系的に理解することで、炭層微生物を活用したCBM増産技術の適用可能性を判断する指標を見出すことが出来る。

2. 研究の目的

本研究では石炭(芳香族化合物)分解メタン生成ポテンシャルを有する炭層の分布を明らかにするとともに、その指標となる炭層の地球化学的・微生物学的特徴を見出すことで、新しい炭層特性評価技術を開発することを目的とする。そのために、様々な炭層の現場情報を網羅的に収集し、一方で提案者が独自に開発した深部地下環境を模擬する高圧連続培養システムを用いて炭層微生物の石炭分解活性と石炭分解メタン生成メカニズムを調査する。これらの結果を炭層別に整理して、石炭分解活性が検出された炭層に特異的な地球化学・微生物学的特徴、すなわちバイオマーカーを選定する。本研究の最終目的は、炭層微生物を活用したCBM増産技術に資するバイオマーカー検出法の開発である。

3. 研究の方法

(1) 現場炭層環境の地球化学的・微生物学的データの収集・解析

国内の主な炭田(北海道の2炭田)から石炭とガス試料、地層水を採取して地球化学的・

微生物学的分析を行い、現場炭層の基礎データを収集する。さらに、国外の炭田としてカナダ（アルバータ州）の炭田からも同様に現場炭層の基礎データを収集する。

(2) 炭層環境模擬高圧連続培養実験による石炭分解メタン生成反応の再現

各炭田から採取した石炭と地層水を用い、提案者が構築した静水圧条件を保ったままフレッシュな培地を連続的に供給できる高圧連続培養システムによる培養実験を行い、石炭分解活性の有無を調査する。その結果を(1)の現場炭層データと比較して、石炭分解ポテンシャルを有する炭層の分布とその支配要因を明らかにする。

4. 研究成果

様々な炭層の石炭分解メタン生成ポテンシャルに関連する現場情報を多角的な視点から収集するため、北海道の天北炭田および釧路炭田から石炭試料（石炭・ガス・地層水）を採取した。これらを用いて、石炭分解ポテンシャルに関連する(1)現場炭層環境の地球化学的データの収集・解析と(2)現場炭層環境の分子生態学的データの収集・解析を行った結果、地球化学的解析によって石炭分解メタン生成ポテンシャルを検出した。また一方で、(3)炭層環境模擬高圧連続培養システムを用いて炭層のメタン生成環境を実験室で再現し、石炭分解活性の有無を調査する培養実験を実施した。現在、長期培養およびその継代培養により石炭分解メタン生成微生物コミュニティの高度集積化を実施している。

一方で、石炭の主成分の一つである芳香族メトキシ化合物からのメタン生成メカニズムを調査するために、カルガリー大学のGieg博士の協力を得て、カナダのオイルサンドを微生物摂取源にメトキシ化合物を基質とした集積培養実験を実施した。現在、長期培養およびその継代培養により石炭分解メタン生成微生物コミュニティの高度集積化を実施すると共に、得られたコミュニティのメタゲノム解析を進めている。

引用文献 1) Mayumi *et al.*, 2016, *Science*

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0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)
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
研究分担者	玉木 秀幸 (Tamaki Hideyuki) (00421842)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・研究グループ付 (82626)	
研究分担者	金子 雅紀 (Kaneko Masanori) (80633239)	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 (82626)	