

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25630415

研究課題名(和文)熱攻法シミュレータを用いた地下微生物利用技術の汎用シミュレータの開発

研究課題名(英文)Development of practical simulator for the technologies using subsurface microorganisms based on a commercial simulator for thermal EOR

研究代表者

菅井 裕一 (Sugai, Yuichi)

九州大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：70333862

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：微生物を用いた地下資源の回収技術などを普及させるためには、フィールドスケールでその効果を評価できる数値シミュレータが不可欠である。本研究では岩石コアを培養基として地下の温度や圧力などを再現した条件下における微生物の培養実験を実施し、これによって有用微生物の増殖や機能性を数値モデル化して地下における微生物の挙動を精度良く再現可能な数値モデルを導出した。さらに、その数値モデルを市販の商業用シミュレータであるSTARSに導入し、室内コア掃攻実験レベルおよびフィールドレベルのMEORの数値シミュレーションを実施し、その結果が妥当であることを示した。

研究成果の概要(英文)：A numerical simulator which can be used for evaluation of the effect of the techniques using subsurface microorganisms is indispensable to put those techniques into practical use. Numerical models which could accurately simulate the behavior of subsurface microorganisms were derived based on the results of experiments incubating subsurface microorganisms in rock cores under the subsurface conditions in this study. Those numerical models were installed into STARS, which was a commercial simulator for thermal enhanced oil recovery. Numerical simulation studies on core flooding experiments and field scale operation of microbial enhanced oil recovery, which was one of the techniques using subsurface microorganisms were carried out using the STARS. Reasonable results were shown by the numerical simulation studies and the practical simulator for the techniques using subsurface microorganisms was constructed in this study.

研究分野：資源開発・生産工学

キーワード：地下微生物 微生物攻法 地下水 シミュレーション 熱攻法 培養 増殖 フィールド

1. 研究開始当初の背景

微生物を地下に圧入し、その代謝活動によって地下資源の回収や地下環境の修復を図る技術は低コストで容易に実施できることから期待されている。しかし、微生物による効果の再現性と普遍性に乏しいことなどから、商業規模での実用例は少ない。微生物は地下の些細な環境変化にも影響を受けるため、多くのフィールドで普遍的な効果を得るためには、微生物への影響因子を含む対象サイトの詳細な地質学的情報を含む地層モデルを用いてシミュレーションスタディを実施し、その結果を基に実施計画を策定する必要がある。これを可能とする汎用的な数値シミュレータが未だ開発されておらず、地下微生物利用技術は、むしろ操業の難しい技術であるという印象を技術者らに持たれている。そのため、地下における微生物利用技術の実用化およびその普及が進んでいないのが実情である。

2. 研究の目的

微生物を用いた地下資源の回収や地下環境の修復を実用的な技術として普及させるためには、前述したように、フィールドスケールでその効果を精度良く評価できる数値シミュレータが不可欠である。とりわけ地下における微生物の増殖と機能性の発現は些細な環境変化によっても影響を受けやすく、同技術の不安定要素となっている。この課題を克服するために求められる数値シミュレータは、①微生物への影響因子を含む詳細な地質情報が設定可能であり、②地下環境を模擬した培養実験から導出された微生物の増殖・機能性モデルを有する、ことが必要である。本研究では、商業用の油層シミュレータに、地下の条件を模擬した培養実験から導出される微生物挙動の数学モデルを組み込み、上記を満たす地下微生物利用技術に関する汎用シミュレータを開発する。

本研究実施者がこれまでに分離した資源開発や環境修復に有用な微生物について、地下条件(温度や圧力)ならびに培養条件(栄養源種・濃度など)を変化させて岩石コア内培養実験を行ない、これらの条件をパラメータとする各微生物の増殖と機能性の発現を数値モデル化する。これらの数値モデルを熱攻法の数値シミュレーションを得意とする汎用油層シミュレータである STARS (Steam, Thermal, and Advanced processes Reservoir Simulator, CMG 社、カナダ) に導入し、地下微生物利用技術の数値シミュレータを構築する。微生物を利用した採油増進技術(微生物攻法)を地下微生物利用技術の一例として取り上げ、本研究において実施する室内採油増進実験や、本研究の供試微生物を用いて過去に実施された同技術のフィールドテストの結果と、本開発数値シミュレータの計算結果とのヒストリマッチングを行ない、地下微生物利用技術をフィールドスケ

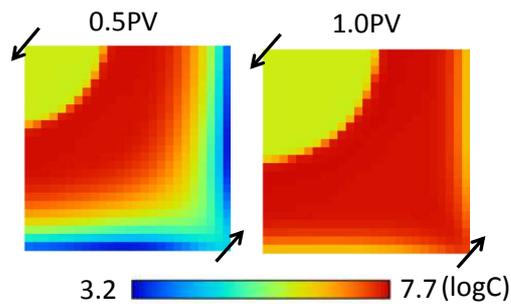
ールで精度良く予測可能な数値シミュレータを完成させる。

3. 研究の方法

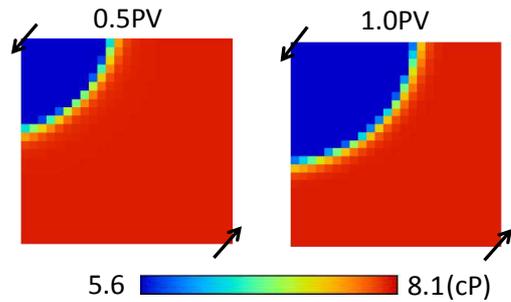
本研究では、詳細な地質条件の設定と地下環境での微生物挙動を精度良く表現しうる数値シミュレータを開発する。機能性の異なる3種類の有用微生物を模擬地下培養実験に供し、温度、圧力ならびに塩分濃度などの地下条件がそれらの増殖および機能性の発現に及ぼす影響を定量的に明らかにする。この実験結果を基に、STARS の原位置燃焼法モデルに用いられているアレニウスの式を改良した形の微生物の増殖および機能性モデルを導出する。これらの微生物を用いた室内採油増進実験を行ない、その結果と数値シミュレーション結果とを比較検討して本シミュレータの妥当性を検証した後、本研究に用いるバイオフィーム生産微生物を用いて行なわれた微生物攻法のフィールドテストの数値シミュレーションを行ない、本シミュレータがフィールドスケールでのシミュレーションに適用可能であることを示す。

4. 研究成果

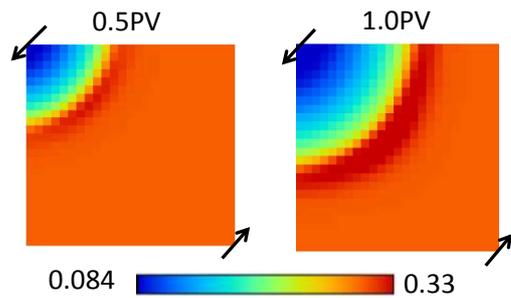
地下微生物利用分野において、微生物の効果のメカニズムを解明する目的で構築された研究用の数値シミュレータはいくつか提案されているが、これらはフィールドの詳細な地質モデルを設定することができないため、実フィールドにおける同技術の実実施計画の策定には適していない。また、これらの数値シミュレータに組み込まれている微生物の増殖および機能性の数値モデルは、地下環境を無視した培養実験から導出されており、地下における微生物の挙動を再現するのに精度が高いとは言えない。本研究実施者は、岩石コアを培養基として温度や圧力などを調整した地下条件下における培養実験を実施し、これによって得られる有用微生物の増殖や機能性を数値モデル化して地下における微生物の挙動を精度良く再現可能な数値モデルを導出した。さらに、その数値モデルを市販の商業用シミュレータである STARS に導入し、室内コア掃攻実験レベルおよびフィールドレベルの MEOR の数値シミュレーションを実施し、その結果が妥当であることを示した(図1)。これにより、本研究の目的であった、フィールドスケールでの使用に適した地下微生物利用技術の数値シミュレータが構築された。



(a) 菌体濃度分布の推移



(b) 油粘度分布の推移



(c) 油飽和率分布の推移

図1 MEORのフィールドスケールシミュレーションによる(a)菌体濃度分布、(b)油粘度分布、ならびに(c)油飽和率分布の推移

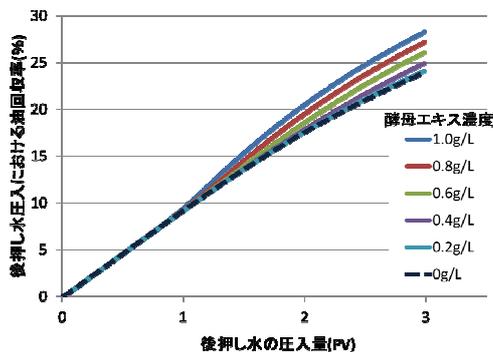


図2 酵母エキスを栄養源として用いた場合のMEORにおける油回収率

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

① Isty Adhitya Purwasena, Yuichi Sugai, Kyuro Sasaki, Estimation of the potential of an anaerobic thermophilic oil-degrading bacterium as a candidate for MEOR, Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 査読有, Vol.4, No.2, 2014, pp.189-200

② Isty A. Purwasena, Yuichi Sugai, Kyuro Sasaki, Utilization of Natural Reservoir Brine in Enrichment Culture Medium: An Alternative Approach for Isolation of Anaerobic Bacteria from an Oil Reservoir, Petroleum Science and Technology, 査読有, Vol.32, No.7, 2014, pp.783-789

③ 菅井裕一, 微生物 EOR～「その他の EOR」からの脱却を目指して～, 石油技術協会誌, 査読有, Vol.78, No.6, 2013, pp.455-462

[学会発表] (計7件)

① 菅井裕一, 小松圭太, 佐々木久郎, Kristian Mogensen, Martin Vad Bennetzen, 北海油田における MEOR の適用に関する基礎的研究, 平成 27 年度石油技術協会春季講演会開発・生産部門シンポジウム, 2015

② Yuichi Sugai, Keita Komatsu, Kyuro Sasaki, Kristian Mogensen, Martin Vad Bennetzen, Microbial-Induced Oil Viscosity Reduction by Selective Degradation of Long-Chain Alkanes, Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, SPE-171850-MS, 2014

③ 小松圭太, 菅井裕一, 佐々木久郎, 石油分解菌を用いた MEOR における油層内塩分濃度の影響に関する考察, 平成 26 年度石油技術協会春季講演会, 2014

④ 小松圭太, 菅井裕一, 佐々木久郎, 高塩濃度油層における微生物利用石油増回収法の検討, 平成 26 年度資源・素材学会九州支部春季講演会, 2014

⑤ Yuichi Sugai, Yukihiro Owaki, Kyuro Sasaki, Fuminori Kaneko, Takuma Sakai, Numerical Prediction of Reservoir Souring Based on the Growth Kinetics of Sulfate-reducing Bacteria Indigenous to an Oilfield, Society of Petroleum Engineers (SPE) International Oilfield Corrosion Conference and Exhibition, SPE-169629-MS, 2014

⑥ 菅井裕一, 地下微生物群による CO₂ の CH₄ 変換に関する数値モデルの構築, 海底下の炭化水素資源・炭素循環と地球生命工学シンポジウム, 2014

⑦菅井裕一, 佐々木 久郎, 森亮, 藤原和弘,
中村孝道, 地下微生物群による CO₂ の CH₄ 変
換の数式化, 資源・素材 2013 (札幌), 2013

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅井 裕一 (SUGAI, Yuichi)
九州大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号 : 70333862

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :