HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	原油増進回収法適用時における貯留層特性に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	下河原, 麻衣
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13656号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74047
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Mai_SHIMOKAWARA_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（工学）　氏名　下河原 麻衣

学 位 論 文 題 名

原油増進回収法適用時における貯留層特性に関する研究
(Study on the reservoir properties for Enhanced Oil Recovery (EOR))

石油天然ガスの開発では、新規油ガス田の探鉱とともに既開発の貯留層において油ガスの生産量を維持し更に生産量を増やすための手法である原油増進回収法を用いることにより、安定した油ガスの供給を可能とし日々の産業活動に使用されている。原油増進回収法では、本来は貯留層に存在しない流体やエネルギーを加えるため、貯留層や原油、地層水の物性や貯留層‐原油‐地層水間における相互作用の変化が指摘されている。本研究では、岩石と界面を構成する原油および原油増進回収法により岩石内に圧入した流体間における相互作用に着目し、増進回収メカニズムの解明を目的とし、岩石コアを用いたゼータ電位測定、浸漬試験および流動試験を実施するとともに表面電位やイオン交換を記述した数値シミュレーションを行うことにより議論する。

第 1 章では本研究の概要を説明するとともに本研究論文の章立て記述する。

第 2 章では文献調査を実施し、本研究の位置づけを説明する。現代的な社会生活の基盤は石油や天然ガスに代表される炭化水素エネルギー源 (石油等) を欠くことができない。原油は貯留層といわれる岩石の隙間 (孔隙) に賦存しており、坑井を掘削して地表まで取り出している (生産)。通常、地下に賦存する原油等をすべて生産することはできず、地質、貯留層、石油等の性状によるが可採埋蔵量の 30 パーセント程度の生産量に止まる。回収率を向上させるためには、対象とする貯留層の流動性や濡れ性等の特徴を把握した上で最適な増進回収法を適用する必要があり、これまでに様々な方法が研究開発されてきている。増進回収法には CO2 や低塩分濃度水を圧入する方法等があり、CO2 地下貯留や低コストで操業できるといった長所があり、近年はパイロットテストの報告例も増えているものの回収メカニズムは未だ解明されていない。本研究では増油効果をもたらすメカニズムについて実験ならびに数値シミュレーションを実施することにより検討を行った。

第 3 章では低塩分濃度水による増油には原油中のカルボキシル基が岩石表面の電位に影響を与えると考え、カルシウムイオンやマグネシウムイオン濃度を変化させ、水中油滴型エマルションのゼータ電位における水溶液の pH 依存性を測定した。実験結果との比較を通じゼータ電位の 3 層モデルを構築し、カルボキシル基の表面濃度およびカルシウムイオンとマグネシウムイオンの解離・吸着の平衡定数を決定した。作成した表面電位モデルを用い、実験条件と異なるイオン強度におけるカルシウムおよびマグネシウムイオン濃度ならびにゼータ電位を予測することにより岩石‐原油間における相互作用を再現することができた。本モデルによると、貯留層の地層水が低塩分濃度水に置換されると岩石の表面電位が負側にシフトするため、電気三重層が拡大することになる。結果として岩石‐原油間に斥力が働くこととなり岩石の濡れ性が親水性にシフトし、岩石表面に吸着していた油が脱離することにより原油の回収率が増加すると推測される。

第 4 章では増進回収法の検討が盛んに行われている中東地域に代表される炭酸塩岩を対象に増進回収法として炭酸水圧入法を適用した際の岩石‐炭酸水間における界面現象を模擬するための岩石コア流動試験を実施した。流動試験の前後における岩石の性状および流動試験から排出された流体の

イオン濃度を測定することにより、岩石と炭酸水間において生じる化学反応について検討した。炭酸塩岩内を炭酸水が流動することにより、炭酸塩岩が溶解し孔隙率が数パーセント増加するとともに浸透率が顕著に増加することがわかった。この現象を再現するため岩石と流体間の熱力学的平衡モデルを考慮した化学反応-移動モデルを作成した。本モデルは排出液の pH およびカルシウム濃度の実験値を再現しており、炭酸水圧入における炭酸塩岩のイオン交換モデルを説明していることが示される。また、岩石中に原油の存在、エイジングの有無、圧入流体の種類によって孔隙率、浸透率、排出液の濃度および原油の回収率に影響を与えることがわかった。

第 5 章では低塩分濃度水を用いた岩石コア流動試験の増油メカニズムの検討を行った。低塩分濃度水を用いた岩石浸漬試験を実施するとともに第 4 章において構築した化学反応モデルを用いた数値シミュレーションを実施することにより、低塩分濃度水による増進回収では岩石表面のイオン交換に基づく溶解現象が生じないことがわかった。一方、流動試験では低塩分濃度水の圧入に伴い pH が上昇しており、岩石の主要構成鉱物である石英ならびに原油のカルボキシル基が低塩分濃度水の圧入に伴い平衡状態となるようイオン化し表面電位が変化したことに起因している。また pH の上昇に伴いカルボキシル基に吸着したカルシウムが脱離したことによりカルシウム濃度がわずかに増加していることがわかった。

第 6 章では各章において増進回収法として低塩分濃度水ならびに炭酸水圧入に着目し、岩石‐原油間ならびに岩石‐圧入水間における界面相互作用を考慮した増油メカニズムの検討した結果をまとめるとともに本研究の総括を行った。