



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_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 下河原 麻衣

審査担当者 主 査 准教授 エラクネス ヨガラジャ
 副 査 教 授 五十嵐 敏文
 副 査 教 授 佐藤 努

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))

現在の産業活動を維持するために必要不可欠な資源の一つである石油天然ガスは、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増産することを目的とする増進回収法を適用することにより、安定的な石油天然ガスの供給を行っている。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貯留層に加えるため、貯留層を構成する岩石や原油、地層水の物性が変化するとともに岩石-原油-地層水間における相互作用も変化することが指摘されている。しかしながら、これらの貯留層における物性変化に関しては様々なメカニズムが提唱されている一方で、実際に増油効果をもたらしたメカニズムについて総合的に検討している例は多くない。本研究では、増油効果をもたらすメカニズムの内、「濡れ性の变化」ならびに「岩石の溶解」に注目し、増進回収法である低塩分濃度水攻法における原油-塩水間における静電的相互作用に基づく岩石表面の濡れ性の变化について、また、炭酸水圧入法における岩石の溶解現象に伴う増油効果に関して実験ならびに数値計算から貯留層特性の変化を評価し、最終的に低塩分濃度水攻法適用時にこれら複数のメカニズムが増油をもたらす効果に関する検討を行った。

第1章は序論であり、石油天然ガスの生産を維持するためには増進回収法の適用が不可欠であること、それと同時に、最適な増進回収法を選定するためには貯留層特性を正確に把握し評価するための技術が求められている背景について説明し、本研究の目的を述べた。また本研究論文の章立てを記述した。

第2章では文献調査を実施し、本研究の位置づけを説明した。近年増加傾向にある増進回収法の適用性検討において貯留層の正確な評価技術が求められていることから、本研究では石油天然ガス開発における増進回収法適用時の成功確率向上ならびに最適な増進回収法の選定に係る作業効率およびそれに伴う経済面での向上をもたらす技術の改良を目的として貯留層特性の評価ならびに増油メカニズムの検討を行った。

第3章では、増油効果をもたらす要因の一つとして考えられている濡れ性の变化に注目し、低塩分濃度水攻法適用時における原油-塩水間における静電的相互作用に関して、実験ならびに数値計算モデルによる界面現象の変化に基づき貯留層特性の変化について検討を行った。また、同手法では、岩石表面に吸着する原油は原油中に含まれる極性成分が低塩分濃度水の圧入に伴い脱着することに起因して増油効果を生じると考えられているため、原油と塩水間における実験では、塩分濃度、原油の極性、について併せて検討を行った。数値計算モデルでは表面錯体モデルの適用を試み、原油-塩水間の界面近傍におけるイオンの吸着現象を従来の電気二重層モデルより実際に近い

状況で表現可能な電気三重層モデルを用い、原油-塩水間における油の吸着・脱着現象に関する考察を行った。

第4章では、増油メカニズムとして岩石の溶解に注目し、炭酸水圧入法適用時における岩石の溶解現象と増油効果に関して、同手法を模擬した岩石コア流動試験を実施するとともに数値計算モデルの構築を行い、溶解に伴う増油効果に関する検討を行った。同手法では、炭酸水の圧入に伴う岩石の溶解の他、炭酸水の圧入パターン、エイジング実施の有無に伴う岩石の濡れ性、炭酸水の成分、についても検討を行った。特にエイジングに伴う岩石表面における原油の吸着現象に関しては、岩石-炭酸水間における反応エリアの減少について残油飽和率を用いることにより岩石溶解現象を評価した。

第5章では、第3章ならびに第4章において検討した増油メカニズムを基に、低塩分濃度水攻法を模擬した岩石コア流動試験における増油、差圧の上昇、排出水のpH上昇に関する検討を行った。本章では新たに界面張力測定ならびに岩石の浸漬試験を実施し、低塩分濃度水の圧入に伴う原油-塩水間における界面張力の変化が岩石コア全体の差圧上昇を生じたことを明確にした。また浸漬試験ならびに第4章において構築した化学反応モデルを用いた数値計算から、本試験系では岩石の溶解が生じないことを明らかにした。さらに、第3章の原油-塩水間における静電的相互作用の検討を基に原油-岩石間における静電的相互作用へ拡張することにより岩石表面における原油の吸着・脱着現象に伴う濡れ性の変化を検討するとともに、イオン交換を考慮した数値計算モデルを用いた数値計算を合わせて考察し、本試験において生じる複数の増油メカニズムの効果について検討を行った。

第6章は結論であり、本研究の統括を行った。また本研究の成果による増進回収法における評価技術の適用性について技術するとともに、更なる改良に伴う評価技術の精緻化につながる今後の課題について述べた。

これを要するに、著者は、石油天然ガス開発における貯留層評価技術について増進回収法を適用した際に生じる貯留層特性の変化に関して貯留層を構成する岩石、原油、塩水の物性変化、相互作用を考慮し、岩石の溶解や濡れ性変化を考慮した数値計算モデルから予測可能であるという新知見を得たものであり、石油工学および資源工学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。