原油増進効果に対する炭酸水と炭酸塩岩の相互作用の影響
—実験と地化学モデリング—

（JOGMEC*・北大**）○下河原 麻衣*・Elakneswaran YOGARAJAH**・名和 豊春・高橋 悟*

1. はじめに

地中に賦存する原油を地表により多く取り出す技術として、地下に潜在的に存在しない物質を地下に圧入して原油の増進を図る技術は増進回収法（Enhanced Oil Recovery, EOR）と言われ、以前からたくさんの研究や実証試験が行われている。その 1 つの技術である二酸化炭素（CO2）を圧入する手法は、原油の回収率を上げるとともに温暖化ガスである CO2 を地下に封じ込めることも期待されている。CO2 を圧入する場合、CO2 の圧入圧や圧入パターン、原油の性状等により増油効果をもたらすメカニズムが異なる。本研究では、CO2 が水に溶解し炭酸水を形成した時の炭酸水及び岩石との関係に着目し、岩石コアを用いた流動実験を行い、岩石コアの性状および岩石コア内を流動した排出水を分析することで炭酸水が岩石に及ぼす影響を検討した。さらに熱力学的平衡反応を考慮した移流モデルを用い実験結果との比較を行った。

2. 実験試料と方法

日本で採取した炭酸塩岩（主成分はカルサイト）の露頭試料を直径約 3.8cm、長さ約 6cm の円筒形に成形し流動実験に使用した。岩石試料の孔隙率は 12-18%、空気浸透率は 12-100m である。炭酸水は蒸留水を温度 25℃、80psig の条件で十分な時間バブリングして作成した。また、原油は中東産のタンク原油で API 比重は 30°である。

岩石コアの初期状態（エイジング有無、水飽和率）や圧入パターンが異なる 5 ケースの流動実験を実施した。流動実験中は岩石試料に生じる差圧及び原油の排出量を測定した。また排出水 pH 及びイオン濃度を測定した。

3. 数値計算モデル

地球化学コード（PHREEQC）を用い、炭酸水圧入に伴う岩石-炭酸水間におけるイオン交換現象による岩石の溶解量を評価した。なお、岩石の溶解量はカルサイトの平衡定数（Kp)を用いて計算した。

$$CaCO_3 \leftrightarrow CO_3^{2-} + Ca^{2+}$$

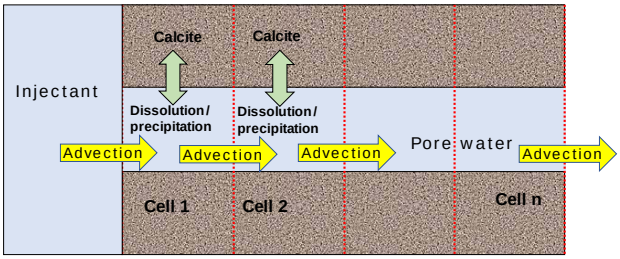

図　数値計算過程の模式図

4. 結果・まとめ

排出水の pH およびカルシウムイオン濃度が増加するとともに差圧が低下した。また、流動実験前後に岩石の孔隙率及び空気浸透率測定を行ったところ、全ての岩石で増加しており、孔隙率は最大で約 9%、浸透率は最大で 300 倍以上も増加した。すなわち炭酸水の圧入に伴い岩石が溶解したことが示唆された。産出水の pH およびカルシウムイオン濃度に関して数値計算を行ったところ、良い相関が確認された。

今回、エイジングした岩石における数値計算では、油飽和率を参考に溶解現象が生じる岩石の反応エリアを減少させて再現したが、岩石表面に吸着した原油の脱着も考慮したモデルの改良が必要である。

Copyright(C) The Japan Petroleum Institute 2020 All rights reserved.