

地殻工学講座 地殻開発工学分野

AE と X 線 CT を用いた貯留層微小 地震観測に関する研究

石油の採掘では、自噴により回収される油の量は埋蔵量の 20% 程度であり、残りは水や天然ガス、二酸化炭素ガスなどの流体を地下に圧入する増進回収法により回収される。これらの流体の圧入過程において、間隙流体圧力の上昇に伴って引張またはせん断の岩石破壊が生じることが想定される。したがって、それらの破壊の発生位置や発生メカニズムを分析できれば、圧入した流体の動きを把握することが可能であると考えられる。そこで本研究では、まず初めに均質な岩石（ベレア砂岩）を用いて間隙水圧を上昇させる三軸破壊実験を実施し、その際に発生する AE の測定を行った。その結果、間隙水圧の上昇による岩石の破壊と AE の発生は、Mohr-Coulomb の破壊基準と Terzaghi の有効応力理論で説明できることが分かった。次に、不均質性の強い岩石（多胡砂岩）を用いて、同様に三軸圧縮応力下で間隙水圧上昇により岩石を破壊させ、その際に発生する AE の測定を行った。また、破壊試験前に同一の供試体に対して X 線 CT スキャナによる流体流動モニタリングを行い、透水性と破壊との関連性についても検討を行った。その結果、X 線 CT スキャナによる観察から、多胡砂岩内部に水の流れを妨げる難透水領域が存在することが分かり、AE の測定による震源決定からは、破壊の発生がその難透水領域に沿って発生していることが分かった。本研究により、岩石の水理-力学的相互作用に関する分析に AE 法と X 線 CT 法のカップリングが有効であることが分かった。

貯留層内ブロッキングによる掃攻率改善 効果に関する研究

プロセスがほぼ確立している EOR においてその効率を高め回収率を向上させるには、掃攻効率改善技術の開発が不可欠である。貯留層内の既掃攻域は選択的な圧入流体の流路となっているので、その領域をゲル化剤により強制的に閉塞して浸透率を低下させることが可能であり、それによってその後の圧入流体は未掃攻域に浸入して掃攻効率が改善されるものと考えられる。従来、このような強制閉塞手法は圧入プロファイルの改善を目的に圧入井近傍に対して実施されてきたが、貯留層内での強制閉塞は貯留層ダメージが懸念されることから積極的
に実施されることがほとんどなかった。しかしながら、

MEOR に用いられるバクテリアや水素生成菌あるいはメタン生成菌によって分解されるゲル化剤が開発されれば、それを用いることで貯留層ダメージをあまり懸念することなく、さらにバクテリアの副産物による増油効果を期待して掃攻効率を改善することが期待できる。しかし、既掃攻域全体をゲル化剤で閉塞することは経済的にも非現実的であるため、最も効率的なゲル化剤による閉塞方法について調査研究を行う必要がある。そこで本研究では上記のような生分解性のゲル化剤の開発は別途実施することとして、最も効率的なゲル化剤による閉塞方法についての調査の手始めとして、シミュレーションと掃攻可視化実験により強制閉塞による掃攻効率の改善効果を確認した。その結果、シミュレーションにおいて、5点法による水攻法の 1/4 領域に浸透率が 100 倍の高浸透率領域が存在するモデルでは、掃攻効率の顕著な改善が見られ、それにより回収率が改善することが分かった。また、ガラスビーズをバックグした貯留層モデルに対する可視化実験においても同様に掃攻効率の改善を確認することができた。

個別要素法による未固結堆積層の水圧破 砕の破壊過程に関する研究

メタンハイドレートは、石油や天然ガスに代わる非在来型炭化水素資源として注目を集めている。日本近海にも、我が国の年間天然ガス消費量の約 100 年分に相当する資源量が存在すると試算されており、将来の純国産エネルギーとしての開発が期待されている。現在メタンハイドレートを効率よく回収するために、貯留層に対して水圧破砕法を適用することが考案されているが、対象となる貯留層が従来の固結した岩盤とは異なり構成する粒子間の結合力が極めて小さく、浸透性の大きな未固結堆積層であることから、固結した岩盤に対する従来の理論モデルとは異なる新たなモデルの構築が課題となっている。この課題に対して、室内実験やシミュレーションによる検討が進められているが未解明な点が多い。そこで本研究では、岩石の亀裂の発生過程を忠実にモデル化でき、破壊に伴う大変形を容易に取り扱うことのできる粒状体個別要素法を用いて、未固結堆積層内での水圧破砕挙動のメカニズムについて検討を行った。その結果、実験で観察された多様な水圧破砕挙動を再現することができ、実験結果に対して合理的な説明ができることが分かった。

教授 石田 毅
准教授 村田 澄彦
助教 深堀 大介