

CO₂ 圧入による岩石試料の比抵抗変化測定と置換率の推定

Measuring resistivity variations and estimating replacement ratios of rock samples injected with CO₂

尾西 恭亮 [1]; 石川 慶彦 [2]; 山田 泰広 [3]; 松岡 俊文 [4]

Kyosuke Onishi[1]; Yoshihiko Ishikawa[2]; Yasuhiro Yamada[3]; Toshifumi Matsuoka[4]

[1] 京大・工・社会基盤; [2] 京大・工・社会基盤; [3] 京大・工・社会基盤; [4] 京大・工・社会基盤

[1] Civil & Earth Res. Eng., Kyoto Univ.; [2] Civil and Earth Resources Engi, Kyoto Univ; [3] Civ. Earth Res. Eng., Kyoto Univ.;

[4] Kyoto Univ

1. はじめに

地球温暖化の主要因とされる CO₂ の排出を抑え、温暖化の進行を抑制する技術の開発が求められている。火力発電所等で容易に回収可能な CO₂ を地層中に圧入隔離する地中貯留法が有望視されている。地中へのガス圧入技術は EOR 等で確立された技術を転用可能なことから現実性が高い。地中貯留方法には EOR における生産井への圧入や枯渇油田への隔離の他に、帯水層への貯留が考えられている。本研究は帯水層への貯留安定性の評価手法の開発や貯留モニタリング手法の開発を目指して行われている。帯水層への CO₂ 貯留固定化の実現には、地層内封入後の長期安定性の確認が不可欠である。帯水層へ圧入された CO₂ の挙動の解明には、当該地層の岩石コアを用いた CO₂ 圧入試験が有効であると考えられる。また、CO₂ 圧入後の地下構造モニタリングの手法確立のためには、地層水から CO₂ への間隙流体置換による物性変化値等の基礎データが重要である。後者に対しても、当該地層の岩石コアを用いた CO₂ 圧入試験が有効であると考えられる。本研究では、地下状態を再現した圧力容器内において、岩石コアに CO₂ を圧入し現象を観測する実験を行う。高压容器内における岩石コアの間隙流体分布の非破壊計測には、高周波振動子を用いた弾性波計測か、電極を用いた比抵抗分布計測が有効であると考えられる。弾性波計測では一定の成果が報告されている。本研究では比抵抗分布計測の手法開発を行った。CO₂ は電気的不良導体であるため、孔隙が一般地層水から CO₂ に置換されると岩石の全体比抵抗が上昇すると考えられる。電気探査は実フィールドにおけるモニタリングの際に弾性波探査に比して安価であり、技術の確立が期待される。

2. 実験方法

地下の高压条件を再現するため、油を封圧媒質とした圧力容器を用いた。高压流体の安定圧入はシリンジポンプを用いて行う。岩石試料は直径 5cm、長さ 12cm のペレア砂岩を用いた。用いた供試体の浸透率は 150md である。試料の両端面に円形網状の印可電極を配置し、試料側面にリング状の計測用電極を 1.5cm 間隔で計 7 つ設置した。計測用電極電位を計測し、電極間の比抵抗を算出した。模擬地層水は 1.0 m に調整した KCL 溶液を用いた。岩石試料の端面は流入口を拡散させるエンドピースで固められている。流体の入出経路は途中絶縁管で構成され、電気的に外部と乖離されている。岩石試料の横部は耐水ボンドや肉厚約 1cm のシリコンゴムで覆い、封圧流体槽と遮断されている。計測は同種の岩石試料（ペレア砂岩）において 3 種の温度圧力条件で行った。各条件は二酸化炭素が気体状態、液体状態および超臨界状態の場合に相当する。

3. 実験結果

気体状態および液体状態のいずれの場合でも、CO₂ 注入量の増加とともに比抵抗値の上昇が観測された。また、注入量がある一定量を超えるとその値は収束に向かった。液体状態と気体状態の比抵抗値を比較すると、液体 CO₂ を圧入した方が比抵抗値の上昇率が高く、早く上限に達し、上昇傾向が早い段階で収束化した。電気抵抗の変化から、アーチーの式を用いて置換率を推定した。推定した置換率は実際に排出された地層水量とよく合致した。比抵抗測定により間隙中の CO₂ 残留量の推定が可能であることが示された。

4. まとめ

CO₂ 地層貯留の長期安定性評価には、帯水層に圧入された CO₂ の挙動解析手法の確立が有効である。岩石サンプル内の圧入 CO₂ の挙動分析や原位置モニタリング手法の開発に発展可能である。そこで、高压実験装置を用い、気液 2 相について CO₂ 圧入による岩石試料の比抵抗変化を測定した。その結果、CO₂ 圧入に伴う比抵抗値の上昇傾向を観測できた。従って、CO₂ 地層貯留の電位計測による観測は可能であると考えられる。また、気体状態と液体状態の CO₂ の浸透速度や浸透範囲の相違が確認された。今後、岩石種類、注入流量、温度、圧力、電極配置間隔等の観測条件を試験し、様々な浸透様式について比抵抗測定による CO₂ 挙動モニタリングシステムの開発を進めていく。