

定常法による相対浸透率測定 : X線 CT スキャンと物質収支法により測定された水飽和度の比較

Water saturation estimated by X-ray CT scan and mass balance methods during relative permeability measurements

小暮 哲也^{1*}, 西澤 修¹, 千代延 俊¹, 矢崎 至洋¹, 柴谷聖司¹, 薛 自求¹

KOGURE, Tetsuya^{1*}, NISHIZAWA, Osamu¹, CHIYONOBU, Shun¹, YAZAKI, Yukihiko¹, Seiji Shibatani¹, XUE, Ziqiu¹

¹ (公財)地球環境産業技術研究機構

¹RITE

二酸化炭素回収貯留 (CCS) 事業において、深部帯水層に圧入された CO₂ の挙動を予測することは事業の安全性を評価するうえできわめて重要である。CO₂ の挙動を予測するためには、帯水層内の水と CO₂ の相対的な流動特性を知る必要がある。通常、数値計算により多孔質媒体内の挙動予測を行うために、多相流の相対浸透率曲線が用いられる。CCS 事業では、CO₂ の圧入により地層内の水と CO₂ の割合が大きく変化する。貯留層内で CO₂ は超臨界状態となるため、CO₂ の挙動シミュレーションでは水 - 超臨界 CO₂ 系の相対浸透率曲線が必要となる。

室内試験により貯留層の温度・圧力条件を再現して水 - 超臨界 CO₂ 系の相対浸透率が測定されれば、貯留層内の CO₂ 挙動をより正確に予測できる。しかし、石油天然ガス開発分野における水 - 油系の相対浸透率に比べ、水 - 超臨界 CO₂ 系の相対浸透率を正確に測定した研究例はきわめて少ない。多くの研究の場合、岩石コアから流出する水と CO₂ の体積を気液分離装置の中で測定する物質収支法が用いられる。このとき、気液分離装置は CO₂ が超臨界状態を保てるように耐圧化されている必要がある。耐圧化されていない気液分離装置を用いた測定では、減圧により CO₂ が超臨界状態から気体に相変化し、体積を正確に測定できない。さらに、圧力低下は脱ガス作用を引き起こし、水に溶解していた CO₂ が気液分離装置中に解放されて CO₂ の体積が増加する。多くの研究では耐圧化されていない気液分離装置が用いられているため、我々は温度・圧力をコントロールできる気液分離装置を開発し、ガラス窓を通して水と CO₂ の界面変化量を記録した。これにより岩石コア内の物質収支を正確に計算することができ、水飽和度の算出が可能となった。

物質収支法以外に水飽和度を算出するための手法として、X線 CT スキャナーも使用される。X線 CT スキャナーの解像度が向上していることから、X線 CT スキャナーを用いた相対浸透率測定が近年増えている。

このように水飽和度の算出方法として物質収支法と X線 CT スキャナーが多く利用されるが、二つの手法によって得られた水飽和度の大きさや正確性は議論されておらず、どちらがより適した手法であるか不明である。そこで我々は一つの岩石コアの相対浸透率を測定し、物質収支法と X線 CT スキャンにより水飽和度を算出した。その結果、物質収支法と X線 CT スキャンにより得られた水飽和度は、多少の違いはあるもののほぼ同じ値であった。したがって、物質収支法と X線 CT スキャンは両者とも岩石コア内の水飽和度を正確に算出できると考えられる。理想的には、得られた値のクロスチェックを行うため、同一測定において両者を同時に用いることが望ましいと考えられる。

キーワード: 相対浸透率測定, 水 - 超臨界 CO₂ 系, 水飽和度, 物質収支法, X線 CT スキャン

Keywords: relative permeability measurements, water-supercritical CO₂ system, water saturation, mass balance methods, X-ray CT scanning