

岩石コアを用いた超臨界 CO₂ の浸透試験装置

大成建設(株)技術センター 正会員 ○小川 豊和
 大成サービス 横山 正利
 大成建設(株)技術センター 正会員 青木 智幸

1. はじめに

CO₂ 地下貯留プロジェクトにおいては、対象地盤の貯留可能量や圧入性など貯留性能が最重要の経済リスク要因となるため、貯留層の物性を正確に把握することが大切となる¹⁻³⁾。特に、超臨界 CO₂ を用いた相対浸透率の実験データ取得は高度な技術が必要であり、世界的にも良質の測定データが非常に乏しいのが現状で、その測定手法の確立が急がれている⁴⁻⁶⁾。

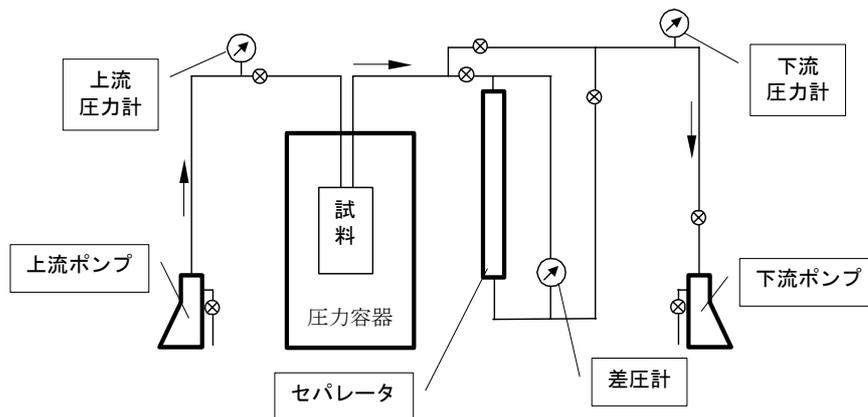


図1 浸透試験装置の概要

2. 実験装置

今回製作した実験装置は、深部地層位置相当の環境条件(温度、地圧、地下水圧、CO₂ 圧)を岩石コア試料に与え、水と超臨界 CO₂ の相対浸透率などを測定する実験装置である。CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) では、CO₂ を超臨界と呼ばれる状態で地下に圧入するが、原位置の環境条件における超臨界状態の CO₂ の相対浸透率を精度良く予測または監視するためには、CO₂ が浸透した状態での岩石物性(浸透性など)の変化を測定する必要がある。実験装置は大きく分けて圧力制御、温度制御、浸透制御、計測制御の各装置に分かれる。図-1 はそのうち、浸透装置の圧力制御、浸透制御の流れを模式的に示したものである。本装置では、圧力容器内で P 波・S 波速度の測定による CO₂ の飽和度予測や、セパレーターを用いた試料からの間隙流体(水と CO₂) 排出量の経時変化測定による相対浸透率測定が可能であるが、ここでは、初めに実施した基本性能試験の結果のみについて紹介する。

3. 岩石試料

表-1 に浸透試験で用いた試料の諸量を示す。実験には等方均質なベレア砂岩と堆積方向に縞状構造がある多胡砂岩を用いた。多胡砂岩の浸透は、堆積方向に直角な方向で実施した。CO₂ の圧入深度を地下 800~1,000m 程度と仮定し、地下で作用する土被り圧と間隙圧を考慮して、全ての試料について、封圧は 15MPa、間隙圧は 8MPa、間隙圧の差圧は 0.2MPa とした。多胡砂岩については常温と 40℃における蒸留水注入と 40℃における(超臨界状態) CO₂ 注入を行った。ベレア砂岩については常温 40℃における蒸留水の注入を行った。

表-1 試料諸量

Table 2 Physical properties of specimens

サンプル	多胡砂岩	ベレア砂岩
径・高さ	50mm×100mm	50mm×100mm
間隙率	22.5%	20.5%
乾燥密度	1.98g/cm ³	2.09g/cm ³

キーワード 超臨界 CO₂, 相対浸透率, 貯留岩, 地下貯留
 連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7237

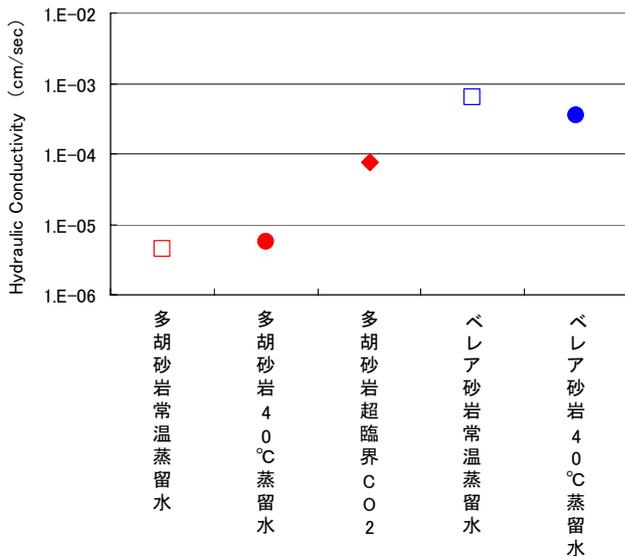


図-2 砂岩の蒸留水と CO₂ の浸透試験結果

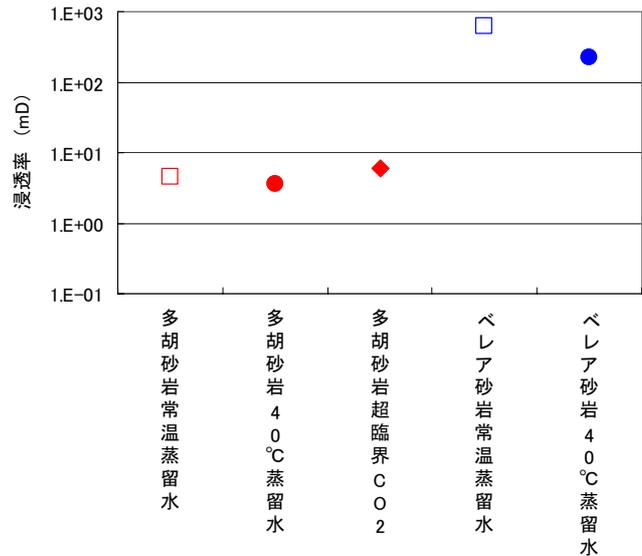


図-3 砂岩の蒸留水と CO₂ の浸透試験結果

4. 浸透試験結果

温度の影響

図-2, 図-3 に, 多胡砂岩とベレア砂岩の浸透率測定結果を示す (凡例は□と●). 間隙率に大差がないにもかかわらず, 粒径が均一なベレア砂岩の浸透率は異方的な微視構造を有する多胡砂岩の浸透率より大きな値を示している. また, 温度が増加することにより, 間隙流体の粘性が低下するため, 透水係数 (hydraulic conductivity) は常温時よりも大きくなるが, 温度の影響はそれほど大きく現れていない. ここに示したように両砂岩ともそれぞれほぼ同じ固有浸透率 (intrinsic permeability) を与えている.

間隙流体タイプの影響

図-2, 図-3 に, 多胡砂岩について 40°C で蒸留水と CO₂ を注入した場合の浸透率を比較した (凡例は●と◆). 超臨界状態の CO₂ の粘性が小さいため, 見かけの透水係数は CO₂ を注入した場合の方が大きくなるが (図-2), 試験時の温度圧力下での密度ならびに粘性係数 (水の密度 1g/cc, 粘性 0.5×10⁻³Pa s; 超臨界 CO₂ の密度 0.6-0.7g/cc, 粘性 0.6×10⁻⁶Pa s) を考慮すると間隙流体が異なっても多胡砂岩の浸透率はほぼ同じ値となることが分かる (図-3). またこの値は, 薛と大隅 (2004)⁶⁾ に掲載されている多胡砂岩の浸透率とほぼ同じ値を示しており, 今回の基本性能試験で実施した浸透率測定は妥当なものと考えられる.

6. まとめと今後の展望

超臨界状態の CO₂ の浸透特性を実験的に調べるために, 貯留対象となる地盤中の温度・圧力条件下で岩石の浸透率を測定できる実験装置を作成した. 2 種類の砂岩試料を用いた浸透率測定装置の基本性能試験では, 浸透率を正しく測定できることが確認できた. 今後は相対浸透率測定試験や弾性波速度測定を実施して, 岩石の物理特性を理解し, 原位置における超臨界 CO₂ の浸透現象の把握ならびに物性パラメータを精度良く測定するための実験技術・手法の開発に努めていく. その結果は今後報告していく予定である.

参考文献

- 1) 小川豊和, 青木智幸: 二酸化炭素地中貯留に関する技術の現状と動向, 大成建設技術センター報, 第 41 号, No.41, 2008.
- 2) 山本肇: 地下水-岩石反応を考慮した水理・物質移行解析, 大成建設技術センター報, 第 38 号, No.48, 2005.
- 3) Yamamoto, H., Zhang, K., K. Karasaki, A. Marui, H. Uehara, and N. Nishikawa, Numerical Investigation concerning the impact of CO₂ geologic storage on regional groundwater flow, Int. J. of Greenhouse Gas Control, vol. 3, pp.586-599, 2009.
- 4) Bennion & Bachu: Supercritical CO₂ and H₂S – Brine drainage and imbibition relative permeability relationships for intergranular sandstone and carbonate formations, SPE 99326, 2006.
- 5) Benson, S.: PPT., Security of geological storage of CO₂: What do we and don't we know, GCEP, Woods Institute for the environment energy seminar, 2007.
- 6) 薛自求, 大隅多加志: 二酸化炭素注入に伴う多孔質岩の透気係数と弾性波速度の測定に関する実験的研究, 資源と素材, Vol.120, pp.91-98, 2004.