

超臨界CO₂を用いた岩石浸透試験装置の開発 An Experimental Equipment for Permeability Using Super-Critical CO₂

小野 正樹^{1*}, 細田 光一¹, 亀谷 裕志², 上堂 蘭 四男¹, 竹島 淳也², 東 宏幸², 平松 晋一²

Masaki Ono^{1*}, Kohichi Hosoda¹, Hiroshi Kameya², Yotsuo Kamidozono¹, Junya Takeshima², Hiroyuki Azuma², Shinichi Hiramatsu²

¹ 応用地質株式会社 コアラボ試験センター, ² 応用地質株式会社 エネルギー事業部

¹OYO Corporation, OYO Core Lab, ²OYO Corporation, OYO Energy Division

CO₂の地層隔離の際に地中の流体流動を予測するためには、相対浸透率などの二相流の浸透特性が必要である。相対浸透率データを得るためには、実質3つの手段が考えられる。すなわち、(1)室内実験による直接測定、(2)毛管圧力データによる推定と(3)フィールドデータからの逆算である。CO₂の地中隔離においては、CO₂による水の非置換部分を表す残留水飽和度が非常に重要な意味を持つが、毛管圧力からこの値を見積もることは不可能であり、フィールドデータについてはCO₂地層隔離のデモンストレーションや油田におけるEORがガス貯蔵等の外には取得することが難しい。したがって、CO₂地中隔離のサイト選定を行うには室内実験による相対浸透率の直接測定が必要である。

室内実験で直接的に相対浸透率を決定するための方法は2種類あり、ひとつは定常法と呼ばれる手法、もうひとつは非定常(置換)法と呼ばれる手法である。

定常法では初期状態として試料を水で飽和させた後、2種類の流体を予め定められた流量比で注入し、流出側の流量比が注入側と等しくなるまで注入を続ける方法である。流入側と流出側の流量比が等しくなった状態で、試料内部は定常流動状態となったと考えられ、その時の飽和度は一定状態に達していると考えられる。この方法では流量比を変えて再度定常状態に達するまで試験を行うことでいっそうの水分を排出させて飽和度を変化させる。完全な相対浸透率のカーブを得るためにはこの手順を継続して繰り返さなければならない。したがって、定常法はかなりの手間と時間を要する試験方法である。

一方で、置換法は比較的簡単で迅速な試験方法である。初期状態では定常法と同様に試料を水で飽和状態とし、ガス(CO₂)だけを試料に注入する。定常法と異なり1種類の流体だけが試料に流入し、2種類の流体が流出することになる。

図.1に相対浸透率試験装置の概略図を示す。この装置を用いることにより、超臨界状態のCO₂による浸透実験を行うことが可能である。CO₂は圧入ポンプ内で加圧され、その後、定温のインキュベータに設置したコアホルダー内部の試料に流入される。コアホルダーの最大圧力容量は50MPa、配管経路の最大圧力容量は25MPaであり、この装置により地下2,000m程度の圧力状況を再現することが可能である。

相対浸透率試験の過程では、2種類の流体が試料から流出する。置換法の場合には、相対浸透率と飽和度の計算のために、それぞれの流体の積算流量を個別に計測する必要がある。2種類の流体は、その密度差によりセパレータ内部で分離し、1種類の流体(通常は、置換側の流体)はセパレータより流出させ、もう片方の流体(被置換側)をセパレータ内部に残留させる。また、背圧ポンプの制御量から総流出体積を求め、セパレータにおける液面変化を計測することにより、個別の流体の積算流量を計算することが可能である。一般にセパレータを用いて液面を計測する手法はいくつか提案されており、1つの方法はセパレータに設置した窓を通した光学的な計測、もうひとつは、差圧計または静電容量計を用いた間接的測定である。高圧のセパレータに観測窓を設置することは、法規制の面からやや難しく、著者らの装置では静電容量計を採用した。

一方で、定常法では主たる実験上の問題は飽和度の正確な計測となる。多くの場合、飽和度は試験後に試料質量を計測することによって直接測定されるか、実験中における試料の比抵抗値やNMR、電磁波の吸収率、X線CTスキャン等で間接的に測定する方法がとられる。この先、ここで紹介した装置を用いて定常法の実験を行う場合には、上記のような方法で飽和度の測定を行う技術の追加が必要である。

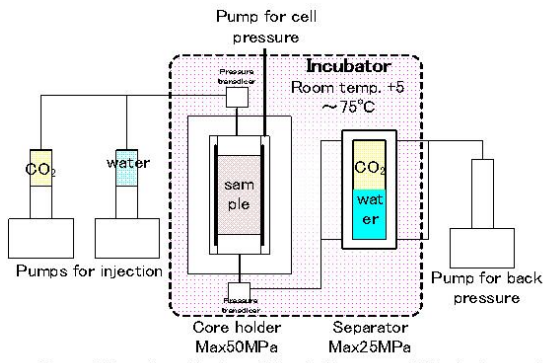


Figure 1 the schematic view of the relative permeability test apparatus

キーワード: CCS, 二相流, 相対浸透率, 室内実験

Keywords: CCS, Two Phase Flow, Relative permeability, laboratory experiment