

HRE031-19

会場:303

時間:5月24日 14:45-15:00

CO₂ 挙動予測のための相対浸透率の測定 Relative Permeability Experiments for Estimating CO₂ Movement

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

Hiroshi Kameya^{1*}, Kohichi Hosoda², Masaki Ono², Yotsuo Kamidozono², Junya Takeshima¹, Hiroyuki Azuma¹, Shinichi Hiramatsu¹

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

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

地球温暖化対策のひとつとして、CO₂ の回収、地中隔離 (CCS) が検討されている。地中貯留の対象層としては廃油・ガス田や炭鉱などが考えられているが、日本国内では帯水層中への貯留が最も有望と考えられている。地中貯留のため CO₂ を帯水層中に圧入した際に CO₂ がどのように帯水層中に広がるか、さらに長期間に渡りどのように移動するか、また浸透率の小さな遮蔽層を通過して地表に到達することが無いかなど、解明すべき点は多い。これらの挙動を評価するために、帯水層中への地中隔離における CO₂ の浸透シミュレーションはこれまでに多く行われている。しかしながら、CO₂ を用いた二相流の相対浸透率等の物性については十分なデータが得られているとはいえない。

相対浸透率の測定は古くから油層工学の分野で行われており、試験手法は定常法と非定常法 (置換法) の 2 つの方法に分けられる。定常法は 2 種類の流体を一定比率で同時に供試体に浸透させる方法で、それぞれの流量と供試体両端の圧力差から浸透率を求めることが可能である。しかし貯留や生産で扱う二相流問題は、基本的に一方の流体が別の流体を置換する過程であり、定常法の試験はこの条件を満たしていない。非定常法 (置換法) は、通常ぬれ性の流体で飽和された試料を非ぬれ性の流体で置換する試験である。

置換法の試験では、置換過程での飽和度分布は試料内部で均一でないことから、相対浸透率の計算には解析解や、数値解析を用いる必要がある。一般に油層工学の分野で良く用いられるのは JBN 法と呼ばれる一次元の置換 (石油の回収) 問題の解析法である。この手法は流量や圧力などの計測値の差分を必要とするため、直接測定データを用いた場合には誤差が生じ易く、適当な関数で測定結果を近似する等の工夫が必要である。また JBN 法は毛管圧や流体の圧縮性、重力の影響を無視しているため、これらの影響が大きな条件下では適用が難しい。このため実験の条件を考慮した二相流の数値解析を行い、実験値と解析値の差が最小となるような浸透率を求めるヒストリーマッチング法が研究されている。

以上のような問題を背景として、筆者らは超臨界 CO₂ を用いた岩石浸透試験装置を開発した。開発した装置は置換法の相対浸透率試験を基本とし、流量収支による飽和度を把握する方法を採っている。流量の計測には、高圧対応の分離容器を試料下流側に設置し、試料から排出された流体を分離した。供試体の飽和度変化を評価するためには流体の積算体積に影響する配管の貯留量 (デッドボリューム) を把握する必要がある。デッドボリュームにはポンプから供試体に入るまでの配管部分と、供試体から出て分離容器に達するまでの 2 種類があり、それぞれ別の方法で評価する必要がある。前者は置換する流体が供試体に到達する前後の流量や圧力変化から判断し、後者は事前に配管のデッドボリュームを計測しておいて、その分を排出した流体の積算流量から減じて算出した。

国内の砂岩や泥岩などを用いて、置換法による相対浸透率の測定を行った。特に年代の若い堆積物を対象とした場合、遮蔽層のシール性能もさほど大きなものでなく、遮蔽層内部に CO₂ がどのように浸透していくかを相対浸透率の測定結果を用いて評価することも重要であると考えられる。試験結果から以下のことが判明した。

1) JBN 法の相対浸透率は平均的な流量から計算した結果と比較すると、置換側の流体である CO₂ ではほぼ一致するが、水では差が生じる。

2) JBN 法から算出した相対浸透率を用いて、Tough2 により数値シミュレーションを行うことにより試験時の挙動を概ね再現できる。

3) 得られた CO₂ の相対浸透率は、Corey(1954) など既存の理論モデルとは必ずしも適合しない。試験結果をモデル化するにはより自由度が必要である。

キーワード: CCS, 二相流, 相対浸透率, 室内実験

Keywords: CCS(Carbon dioxide Capture and Storage), Two Phase Flow, Relative Permeability, Laboratory Experiment