

HRE031-16

会場:303

時間:5月24日 12:30-12:45

CO₂ 挙動モニタリングに関わる drainage と imbibition における弾性波の走時と振幅の検討

Experimental study for CO₂ migration monitoring to estimate P-wave traveltimes and amplitudes by drainage and imbibition

坂下 晋^{1*}, 北村 圭吾¹, 信岡 大², 東 宏幸², 竹島 淳也², 斎藤 秀樹², 薛 自求¹

Susumu Sakashita^{1*}, Keigo Kitamura¹, Dai Nobuoka², Hiroyuki Azuma², Junya Takeshima², Hideki Saito², Ziqiu Xue¹

¹ 地球環境産業技術研究機構, ² 応用地質株式会社

¹RITE, ²OYO corporation

1. はじめに

CO₂ 地中貯留において、地下深部の帯水層に圧入された CO₂ 挙動のモニタリングは重要な課題であり、現状物理探査および物理検層が有効な方法と考えられている。

日本国内では、新潟県長岡市において CO₂ 地中貯留実証実験が行われ、弾性波トモグラフィによる圧入前後の速度変化から CO₂ の分布範囲が推定された (Saito et al., 2006)。また、圧入後のモニタリングでは、物理検層による 5 年間の比抵抗変化から溶解トラップと残留ガストラップを伴う imbibition 様の状態が進行しているとされている (Mito and Xue, 2010)。

本研究では、多胡砂岩試料を用いた室内試験において、drainage(排水過程)と imbibition(吸水過程)における弾性波の走時と振幅の関係を検討し、各過程の開始や終了時の特徴を把握した。この結果を踏まえ、長岡での弾性波トモグラフィ測定データの drainage に対応する圧入前後および imbibition の可能性がある圧入後 5 年経過したデータの特徴を検討した。

2. 室内試験方法

室内試験は、Lei and Xue(2009)と同様に下記の方法で実施した。

直径 50mm、長さ 100mm の円柱状試料の対向する側面に、1MHz の卓越周波数を持つ P 波振動子を 8 個ずつ合計 16 個貼り付けた。パルスジェネレータから発生するパルス信号を、高速スイッチング回路を通じて順番に全ての振動子に送信し、発振振動子を除く全振動子による受振信号を A/D ボードを介して PC に収録した。200MHz のサンプリングレートで 200 回のスタッピングを行い、1 サイクル(ch1 から ch16 までの発振と受振)を約 2 分おきに実施した。

試験は、試料全体を一定の静水圧に保つ圧力容器とシリンジポンプ、試料の上下端で差圧により流体を注入する 2 つのシリンジポンプを用いて実施した。十分乾燥させた試料を封圧 12MPa、温度 40 度の圧力容器内に置き、まず、CO₂ 飽和水を試料上端から 0.5MPa の差圧で注入し、水飽和状態とした。次いで、超臨界 CO₂ を試料下端から 0.3MPa の差圧で注入した (drainage)。その後、CO₂ 飽和水を試料下端から drainage と同程度の圧力勾配と圧入レートとなるよう制御して注入した (imbibition)。drainage と imbibition において収録した波形のうち、波線が最短となる対向する振動子での初動走時および初動の振幅を読み取った。

3. 室内試験結果

drainage では、CO₂ の圧入量の増加に伴い走時の遅れと振幅の減少が認められ、imbibition では、走時と振幅の回復が認められた。いずれのチャンネルも走時変化が 10% 程度に対して、振幅変化は 70% 程度であった。drainage では、CO₂ のブレイクスルーに相当する走時遅れと振幅減少の開始時間は、走時より振幅の方がわずかに早かった。imbibition では、drainage と比較して、走時と振幅の変化は緩やかで、両者の変化の開始はどちらが先か不明瞭であった。一方、変化の終了は、走時が振幅より先に一定値を取る傾向が認められた。

4. 原位置試験

長岡での弾性波トモグラフィ測定は、CO₂ 圧入前 (BLS)、3,200t 圧入時 (MS1)、6,200t、8,900t、10,400t 圧入時 (MS2~MS4) および圧入後 9 カ月、33 カ月、69 カ月 (MS5~MS7) の合計 8 回実施している。これらのうち、特に圧入範囲付近を通る波線を用いて検討した。その結果、圧入時 (MS1, MS2) と圧入前 (BLS) との比較から、室内試験 drainage と同様に、走時より先に振幅が変化しているデータが確認できた。また、MS5~MS7 では走時の変化が認められず、振幅は一部回復傾向が認められるものの、明瞭な変化は認められなかった。

5. まとめと今後の課題

長岡では、圧入後 69 カ月 (5 年 9 カ月) 後の弾性波の走時および振幅に変化が認められなかった。この結果は貯留層内の CO₂ が安全に貯留されていることを示す。今後は、走時と振幅は緩やかに変化していくと推定されるため、走時に加えてより変化の大きい振幅も着目することが重要である。