

HRE031-15

会場:303

時間:5月24日 12:15-12:30

CO₂ 状態モニタリング手法と岩石の物性 地震波速度異方性と比抵抗 Monitoring subsurface CO₂ condition by applying rock physics

西澤 修^{1*}, 山田 達也², 薛 自求¹

Osamu Nishizawa^{1*}, Tatsuya Yamada², Ziqiu Xue¹

¹ 財団法人地球環境産業技術研究機構, ² 京都大学大学院工学研究科

¹ Res. Inst. Innovative Tech. Earth (RITE), ² Graduate School Engineering, Kyoto Univ.

CO₂ 地中貯留の安定性を確かめるため、地下貯留サイトでの CO₂ 挙動の把握が重要である。貯留層の中の CO₂ は温度圧力条件に応じて、液体、気体、超臨界状態をとるが、これら状態が岩石物性の変化に及ぼす影響を明らかにすることは CO₂ 挙動把握の重要な手がかりとなる。

CO₂ 状態変化が岩石物性に及ぼす影響が大きいのは気体状態への変化が生じた場合である。CO₂ が気体状態になると、岩石の弾性波速度や比抵抗の値が大きく変化することが期待される。ここでは、シール作用をはたす泥岩（キャップロック）の地震波速度異方性と、貯留層となる砂岩の比抵抗に対し、気体状態 CO₂ がどの程度の効果を及ぼすか、実験結果やモデル計算をもとに考える。

泥岩には層状ケイ酸塩鉱物が選択配向したものがおり、このような岩石は地震波速度異方性を示す。また、泥岩では面構造が顕著で、面に平行に割れやすいため、微小クラックの面が平行に配列した構造でモデル化できる。つまり、鉱物の選択配向とクラックの選択配向とが重なった構造である。

岩石が上記のような微細構造を持つ場合、岩石の地震波速度異方性は横等方性 (transverse isotropy: TI) を示し、P 波、S 波（一般に振動方向に依存する二つの速度を持つ）の速度は軸と伝播方向との角度のみで決まる。

TI では軸方向以外の伝播方向で、振動方向が伝播方向に平行（P 波）あるいは垂直（S 波）でない波が現れ、それぞれ、擬似 P 波 (quasi P: qP)、擬似 S 波 (quasi S: qS) と呼ばれる。等方に平行に振動する S 波（Sh 波）は擬似 S 波にはならないが、これに直交して振動する S 波（Sv 波）は qS 波で振動方向は qP 波の振動方向と直交する（qSv 波と表記）。Sh 波と qSv 波の速度差から TI 異方性媒質の S 波スプリティングが求められる。

クラック中の流体が液体から気体に変化すると、Sh 波の速度は大きな影響を受けないが、qSv 波の速度は変化する。このため、クラック内流体が液体から気体に変化したとき、S 波スプリティングの大きさも変化する。

CO₂ が拡散する際、低圧側に広がれば空隙内の圧力低下のためクラック内の CO₂ が気体となることが予想され、その際の S 波スプリティングの大きさをモデル計算で求めることができる。この量は、岩石自身の異方性の大きさとクラック量、クラックの扁平度に関係しており、実際の岩石で予想される変化量は観測で検出することが可能な大きさである。この関係は CO₂ 貯留サイトでの CO₂ 挙動モニタリングに利用できるかもしれない。

いっぽう、砂岩の比抵抗では 100 ~ 0.01 Hz の低周波数側の電流・電圧の位相差に気体となった CO₂ の影響が現れる。低周波側での位相差は岩石・流体の界面に現れる電気二重層中のイオンが電界変化によって移動する際の緩和現象とする説がある。もし、水中の溶存 CO₂ が気体となって一部の空隙を満たした場合、気体を含む空隙が分布した岩石は CO₂ 溶存水で満たされた岩石に比べ、位相差に大きな影響が現れる。これにより、貯留層内でガス化した CO₂ の分布を調べる手がかりが得られるかもしれない。

キーワード: 二酸化炭素地中隔離, 岩石物性, 地震波速度, 異方性, 岩石比抵抗

Keywords: CCS, rock physics, seismic velocity, anisotropy, rock resistivity