

CO₂貯留層における数値解析を用いた貯留性能評価

(株) JP ビジネスサービス 正会員 ○西 山 治希

(株) JP ビジネスサービス 非会員 重 岡 優希

(株) JP ビジネスサービス 非会員 木野戸 広

電源開発 (株) 正会員 鳥羽瀬 孝臣

1. 目的

2015 年のパリ協定を踏まえ、世界的な低（脱）炭素化が加速する中、気候変動の緩和策の一つとして、化石燃料を用いて発電しながら CO₂ 排出を抑制できる CCS（Carbon dioxide Capture and Storage）に期待が寄せられている。CCS を実現するためには CO₂ 地中貯留が必要であり、その貯留層評価が重要な課題となっている。貯留層の貯留性能として、圧入性能と貯留容量が重要である。圧入性能（injectivity）は単位時間当たりの圧入量（ton-CO₂/time）を示し、貯留容量（capacity）はどれだけの CO₂ が貯留できるのか（総 ton-CO₂）を示す。CO₂ 地中貯留の設計において、圧入坑井の数量や配置を検討する際に、貯留層の貯留性能が大きく影響する。本報告では圧入性能（injectivity）と貯留容量（capacity）の 2 つの評価項目に関する数値解析による検討結果を報告する。

2. 圧入性能（injectivity）

貯留層の圧入性能に対する地盤物性（浸透率・孔隙率）の影響を調べるために、解析的な感度分析を行った。貯留層の解析モデルを図-1 に、解析ケースを表-1 に示す。貯留層最上端より上部は遮蔽層（キャップロック）として扱う。また CO₂ は 100 万 ton-CO₂/year（一定量）のレートで 25 年間連続圧入することと仮定し、水と超臨界 CO₂ で構成される二相流の相対浸透率と水飽和率との関係を図-2 に示す。解析コードは多成分・多相流体を扱う TOUGH2-ECO2N を用いた。

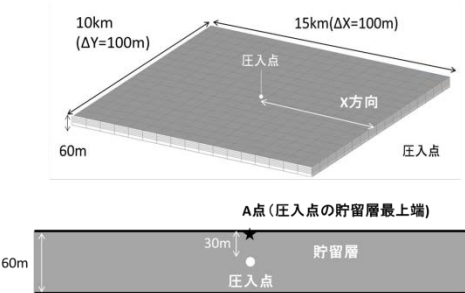


図-1 解析モデル

表-1 計算条件

Case	絶対浸透率 (m ²)			孔隙率 Φ	不動水 飽和率 Swir
	Kx	Ky	Kz		
Case 1-a	1.0 × 10 ⁻¹³	1.0 × 10 ⁻¹³	1.0 × 10 ⁻¹⁴	0.13	0.40
Case 1-b	1.0 × 10 ⁻¹³	1.0 × 10 ⁻¹³	1.0 × 10 ⁻¹⁴	0.13	0.52
Case 1-c	1.0 × 10 ⁻¹³	1.0 × 10 ⁻¹³	1.0 × 10 ⁻¹⁴	0.13	0.60
Case 2-a	1.0 × 10 ⁻¹²	1.0 × 10 ⁻¹²	1.0 × 10 ⁻¹³	0.13	0.40
Case 2-b	1.0 × 10 ⁻¹²	1.0 × 10 ⁻¹²	1.0 × 10 ⁻¹³	0.13	0.52
Case 2-c	1.0 × 10 ⁻¹²	1.0 × 10 ⁻¹²	1.0 × 10 ⁻¹³	0.13	0.60

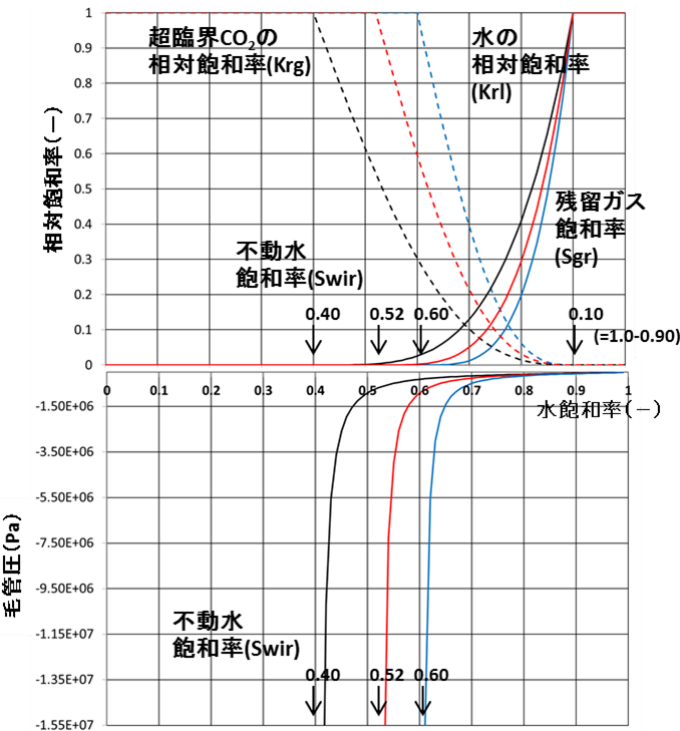


図-2 二相流における相対浸透率と水飽和率との関係

キーワード CCS, CO₂ 地中貯留, 貯留層シミュレーション, 貯留容量評価

連絡先 〒135-8451 東京都江東区深川 2-2-18 (株) JP ビジネスサービス 社会環境部 TEL 03-3642-9609

図3はCO₂圧入後のA点の圧力応答を示す。絶対浸透率の小さい方（Case1）が圧入直後の圧力上昇が大きく、不動水飽和率の差異は圧力応答に影響を与えないことが分かった。

図4はCO₂圧入後のA点のCO₂飽和率を示す。絶対浸透率が同一であっても不動水飽和率の差異によりCO₂飽和率が異なることが分かった。なお、不動水飽和率（Swir）が0.40と設定される場合にはCO₂飽和率の上限が0.60であることを意味する。同様にSwir=0.52の場合のCO₂飽和率の上限は0.48で、Swir=0.60の場合のCO₂飽和率の上限は0.40となり、図-4よりすべてのケースで上限を超過しないことが分かった。

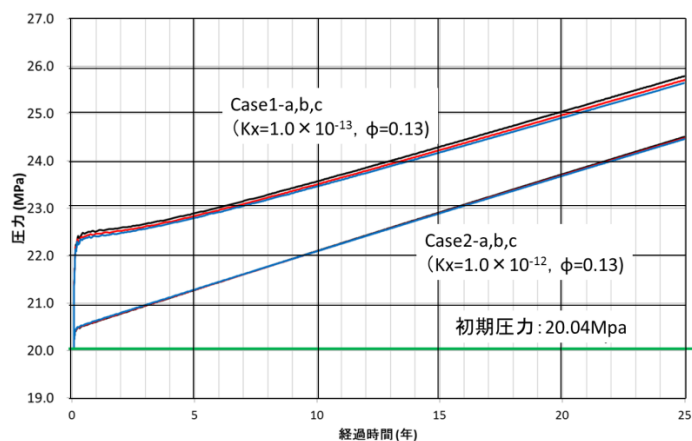


図-3 A点における圧力の経時変化

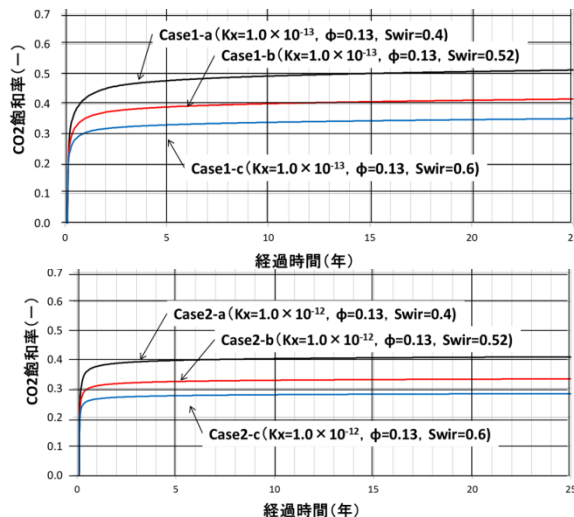


図-4 A点におけるCO₂飽和率の経時変化

3. 貯留容量 (capacity)

貯留層の貯留容量を評価する方法として、容積法と解析的手法がある。ここでは、大規模地質モデルとしてカナダ Quest 地点を想定し、解析的手法で貯留容量評価を行った。図-5に示すフローにより、貯留容量評価を行うためのベースモデルをヒストリーマッチングにより検討した。このベースモデルに対して図-6に示すフローにより、貯留容量が最適となるような最適設計について検討した。

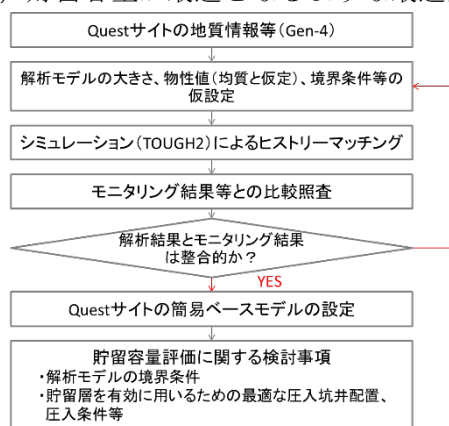


図-5 ヒストリーマッチングにおけるフロー

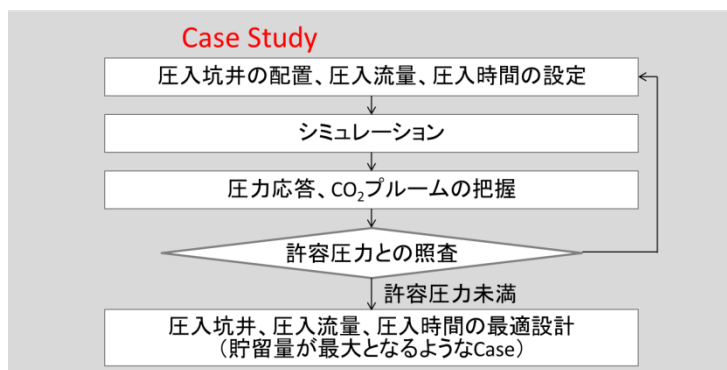


図-6 解析的手法による貯留容量評価フロー（暫定版）

4. 考察

圧入性能に関する検討により、貯留層内の圧力応答やCO₂プルームの分布・飽和率に影響を与える地盤物性として浸透率（絶対浸透率・相対浸透率）と孔隙率が重要であることが明らかとなった。貯留容量に関する検討は図-6に示すフローを暫定版として、今後具体的な事例を対象に解析的検討を行う予定である。圧入性能および貯留容量の評価手法を確立することで「貯留層マネジメント」を可能にするものとして期待できる。

5. 謝辞

本研究ではRITEの薛グループリーダーと中島主任研究員のご指導を賜りました。厚く御礼申し上げます。