

CO₂地中貯留における貯留層内圧力上昇とその抑制方法

| | | |
|--------------------|-----|---------|
| 大成建設株式会社 | ○藤田 | クラウドディア |
| 大成建設株式会社 | 平塚 | 裕介 |
| 大成建設株式会社 | 山本 | 肇 |
| 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 | 中島 | 崇裕 |
| 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 | 薛 | 自求 |

1. はじめに

二酸化炭素回収貯留技術(CCS)は、火力発電所等の大規模な固定 CO₂ 排出源の排ガス中から CO₂ を分離回収、輸送して地中に貯留する技術であり、CO₂ の大気放出を大幅に抑制可能な地球温暖化対策である。しかし、CCS を大規模に適用する上での大きな課題の一つとして、CO₂ を圧入に伴う貯留層内の圧力上昇がある。通常、貯留層は地下 1km 以深の浸透性の良い地層が選ばれるが、その体積が有限である場合、大量の CO₂ を圧入すると貯留層全体の圧力が上昇して、圧入レートの維持が困難になる可能性が指摘されている。

本研究では、CO₂ の圧入による圧力上昇を減少する方法として、事前の地層水生産により予め貯留層圧を低減する手法（デュアルモード坑井，Buscheck ら¹⁾）と圧入と並行して別の坑井で生産する2つの手法を対象に、それらの効果を数値解析的に検討した。数値解析コードとしてはローレンスバークレー国立研究所（LBNL）で開発された多成分・多相流体解析コード TOUGH2²⁾を用いた。

2. 解析モデルおよび検討ケース

ケーススタディーとして、苫小牧大規模 CCS 実証プロジェクトを参考に、15 km×8 km×100m の領域の貯留層を対象とした簡易モデルを作成した。解析格子には矩形の直交格子を採用し、格子間隔は水平方向 200m、鉛直方向 10m で一定とした。格子数は 75×40×10 で合計 3 万である。貯留層の水平方向の浸透率は 17mD（透水係数換算で約 1.7×10^7 m/s）、孔隙率は 28%とした。鉛直方向の浸透率は水平方向の 1/10 とし、岩石の圧縮率は 1.5（1/Pa）である。

解析ケースは次に述べる 3 ケースである。ケース 1 は基本ケースであり、地層水生産無しで CO₂ を連続圧入するケースである。ケース 2 はデュアルモード坑井の効果を検討するケースであり、圧入開始に先立って 5 年間地層水を生産してから CO₂ を圧入する。最後にケース 3 は CO₂ を圧入と同時に別坑井から地層水を連続的に生産するケースである。ケース 3 の生産井の位置は圧入井から 1.4km 離れた位置に設定した。CO₂ 圧入レートならびに地層水の生産レートはいずれも 200kt/年とし、圧入は 100 年間継続した。

3. 解析結果

3-1. 基本ケース

圧入井の圧力の経時変化を図-1 の緑色の線で示す。図中には、初期圧力ならびに最大許容圧を破線で示している。ここで、最大許容圧は、圧入によって地層が破壊することを防ぐために設定される。今回は、貯留層深度から地層の破壊圧力を想定し、初期圧力から約 3MPa を加えた圧力を最大許容圧とした。図-1 を見ると、圧入井の圧力は、時間とともにほぼ線形に上昇し続け、約 40 年で許容圧に達することが分かる。100 年間の圧入完了後も圧力は初期圧力に戻っていない。これは、有限の体積を有する貯留層内に大量の流体の圧入を継続したために貯留層全体の圧力が上昇した結果であり、所定の圧入レートの維持には、地層水の生産が必要と考えられる。圧入開始から 100 年後での貯留層内の圧力上昇量の平面分布を図-3a に示す。圧力上昇が貯留層全域に及んでいることが確認される。

キーワード 二酸化炭素の回収貯留(CCS)，圧入圧力上昇，デュアルモード坑井，個別生産井

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344 - 1 (株)大成建設技術センター TEL 045-814-7237

3-2. デュアルモード坑井

デュアルモード坑井（ケース2）での圧入井の圧力の経時変化を図-1中に赤色線で示した。事前の地層水生産により貯留層内の圧力を下げた後に圧入を開始することにより、基本ケースよりは若干の圧力低下が得られているが、その差は小さい。従って、基本ケースと同様に約40年後には圧力が許容圧に達し、所定のレートでの圧入継続は困難となる。

3-3. 個別生産井

圧入と同時に別の坑井から地層水生産を行う手法（ケース3）の結果を図-2に示す。全圧入期間にわたって圧力を一定に保つことができ、継続的かつ安定した圧力抑制効果が得られており、200kt/年の圧入レートに対して100年間の圧入期間にわたって圧力上限を超えていない。図-3bに、圧入開始から100年後における圧力平面図を示すが、貯留層全域に渡って圧力を低減していることが分かる。

この手法は、圧入可能なCO₂容量を増やすことができ、CCSの対象サイトの選択肢を増やす上で役立つと考えられる。ただし、生産した地層水の処理や有効利用が大きな課題となる。また、地層の水理物性が不均質な場合には、圧入井との水理的な連続性の確保を含め、効果的な配置や本数設定が重要になるものと考えられる。

4. 結論および今後の課題

以上のように、今回の貯留層条件においては、地層水生産を、圧入に先立ってする手法（デュアルモード坑井）よりも、別に生産井を設置して同時に行う手法の方がCO₂圧入時の貯留層圧力上昇を抑制し圧入レートの維持する上で有効であった。ただし、地層水生産の効果は、貯留層の地質条件や特性に大きく依存する。今回の結果は、苫小牧地点を参考に作成した簡易な事前検討であり、今後、新たなデータを加えた検討が必要である。

謝辞

本研究は、経済産業省からの委託事業「二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業」の一部として実施したものである。

参考文献

1) Buscheck, T.A., White, J.A., Chen, M., Sun, Y., Hao, Y., and Bielicki, J.M., 2014. Pre-injection brine production for managing pressure in compartmentalized CO₂ storage reservoirs, International Conference on Greenhouse Gas Technologies (GHGT-12), 5-9 October, 2014, Austin, TX, USA

2) Pruess, K., Oldenburg, C., Moridis, G., TOUGH2 User's Guide, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2012

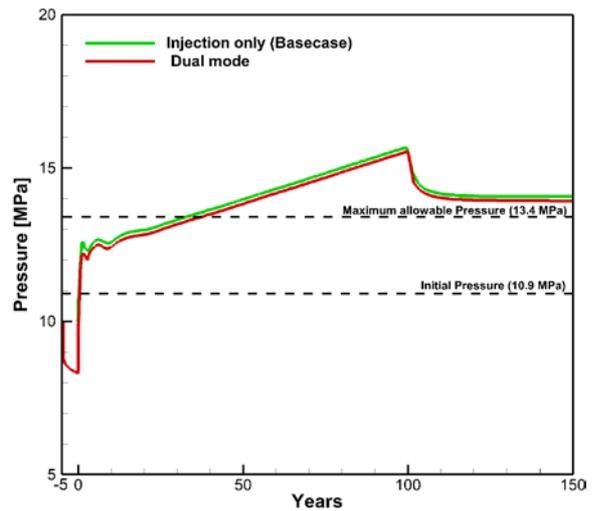


図-1 圧入井の圧力上昇量（基本ケース、デュアルモード（5年間生産））

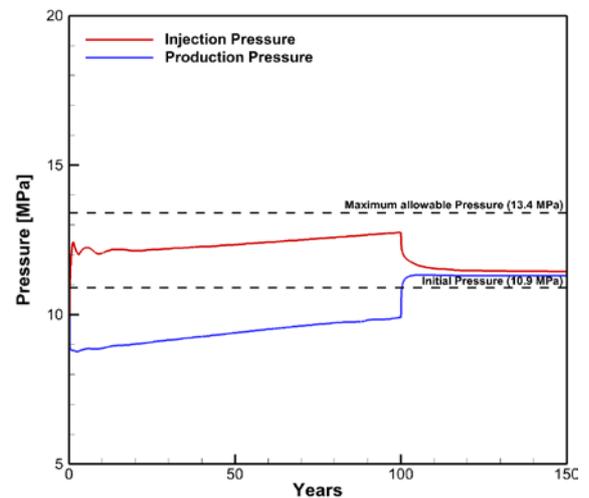


図-2 圧入井の圧力上昇量（個別生産井）

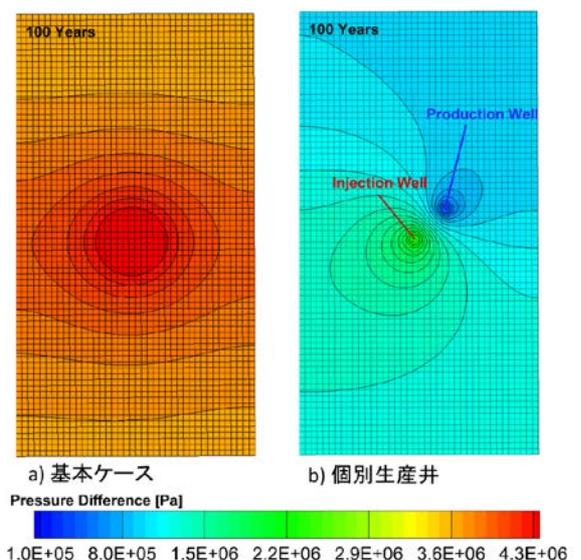


図-3 初期からの圧力変化量の平面分布