

二酸化炭素地中貯留時の貯留層内圧力上昇の抑制に関する数値解析検討

大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 ○藤田 クラウディア
 大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 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) は火力発電所などから発生する CO₂ を大気中に放出する前に回収し、地中貯留に適した地層 (深さ約 1 km 以上) へ圧入することにより、CO₂ の大気排出を大幅に削減する地球温暖化対策である。しかし、商用化段階で想定される大規模圧入時 (100 万 t/年以上) の問題の一つとして、CO₂ 圧入による貯留層内圧力の上昇がある。圧入井で許容される圧力上限は地層の破壊圧等で制約されるため、貯留層内の圧力が大きく上昇すると、必要な圧入レートでの継続的な圧入が困難になる。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、①圧入前に地層水を揚水することにより予め貯留層圧を低減するデュアルモード坑井¹⁾、ならびに②圧入と並行して別の井戸で地層水を揚水する圧力緩和井の2つの手法を、数値シミュレーションによるケーススタディを通じて検討した。

2. 数値解析

解析には多成分・多相流体と熱流動の数値解析コード TOUGH2²⁾ を用いた。地質モデルとして、我が国の沿岸域地中貯留で想定されている深度約 1km の深部塩水層を考えた。

今回は大規模な貯留を想定した検討を行うため、1年当たりの CO₂ 圧入量 100 万トンを設定した。また、圧力上昇は有限な貯留層の体積に依存するため、2つの体積が異なる貯留層モデル (Lモデル (8km×15km×約 100m) と Sモデル (3.5km×7km×約 100m)) を作成した。

デュアルモード坑井と圧力緩和井の効果を検討するため、次の3ケースを考えた。まず基本ケースでは、揚水はせずに CO₂ を 100 年間継続して圧入する。

次にデュアルモード坑井のケースでは、圧入開始に先立って 5 年間地層水を揚水し、圧力を低減した後で CO₂ を圧入する。最後に、圧力緩和井のケースでは、圧力緩和井での地層水の揚水と並行して圧入井での CO₂ 圧入を行う。なお、CO₂ の圧入期間は 100 年間とし、CO₂ の圧入レートは 100 万 t/年とした。揚水レートも圧入と同じ質量レートとした。

3. 解析結果

基本ケースの解析結果を図 1 に示す。図 1 a、b を見ると、CO₂ の移行範囲 (CO₂ 飽和率) が限定的であるのに比べ、圧力は貯留層の全体にわたって上昇するのが分かる。圧入井内の圧力上昇量の経時変化 (図 1 c、d) を見ると、有限な体積の貯留層内に大量の CO₂ の圧入を継続したため、Lモデル、Sモデルとも、圧力が時間とともにほぼ線形に上昇している。Lモデルの結果では 22.7 年後には最大許容圧を達し、圧入ができなくなる (図 1 c)。貯留層の体積が小さい Sモデルでは、より早く 5.5 年後に最大許容圧を達する (図 1 d)。

デュアルモード坑井のケースでは、図 2 a、b に示すとおり、-5 年から 0 年までの揚水期間において、Lモデルと Sモデルの地層圧力は各々 0.88MPa、2.88MPa 低下した。その結果、圧入井の圧力が最大許容圧に達するまでの期間は、Lモデルおよび Sモデルで各々 25 年後と 9.5 年後に長くなる結果となった。この結果から、貯留層の体積が小さいほど、デュアルモード坑井の効果が大きいことが分かる。

圧力緩和井のケース (図 3) を見ると、圧入井の坑底圧は上昇するものの、圧入期間 (100 年間) にわたって圧力上昇を許容圧以下に抑制できることが分かる (図 3 a)。揚水の流量を増加すればさらに圧力

キーワード 二酸化炭素回収貯留 (CCS), 圧力上昇, デュアルモード坑井, 圧力緩和井

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設技術センター TEL 045-814-7217

上昇量を低減することが可能と考えられる。

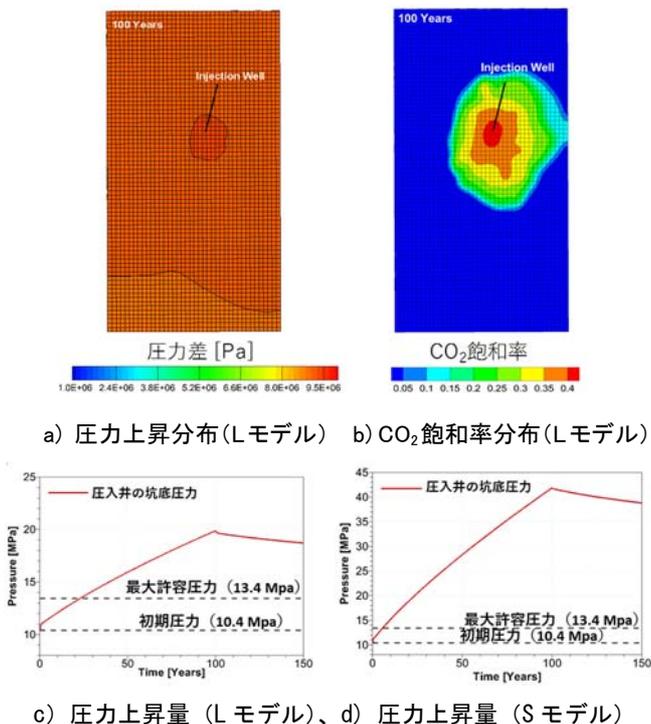


図 1 基本ケースの解析結果

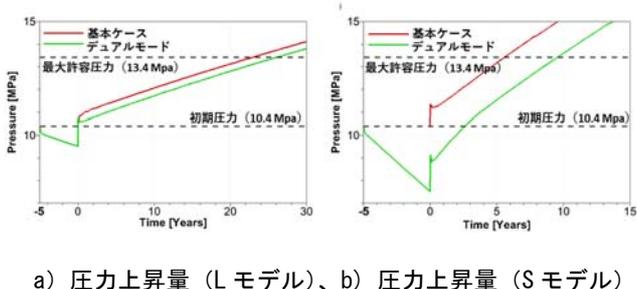


図 2 デュアルモード坑井ケースの解析結果

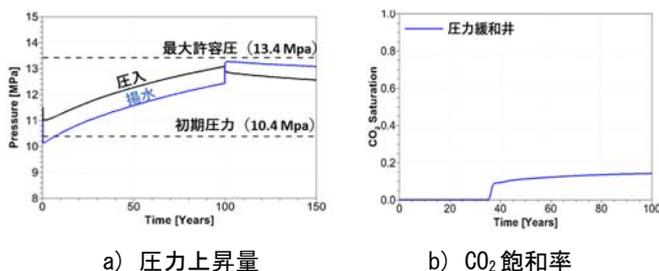


図 3 圧力緩和井ケースの解析結果 (Lモデル)

しかしながら、図 3 b に示した圧力緩和井の CO₂ 飽和率を見ると、約 35 年後に CO₂ が圧力緩和井に達していることが分かる。従って、実際には貯留した CO₂ が地上へリークする恐れから、約 35 年以降は揚水を継続できない。ただし、その場合でも、デュアルモード坑井と比べると CO₂ の圧入を 10 年程長く継続可能であり、約 1000 万トン多くの CO₂ 圧入をできることになる。

5. まとめ

大規模な CO₂ 貯留における圧力抑制に関し、デュアルモード坑井および圧力緩和井の 2 つの手法の効果を、ケーススタディを通じて検討した。

デュアルモード坑井は、圧入開始前の限られた時間でのみ揚水が可能であるため、長期的な圧力抑制には限界があるが、貯留層の体積が小さければある程度の圧力抑制効果が期待である。特に不均質で水理的連続性が乏しく、有効な連続体積が小さい貯留層の場合には、有用性が高まると考えられる。

圧力緩和井は揚水量を圧入期間中にコントロールできるため、デュアルモード坑井より長期的で安定した圧力の抑制が可能と考えられる。しかし、CO₂ が圧力緩和井に到達すると、CO₂ 漏洩が生じないように圧力緩和井を閉鎖する必要がある。また、圧力緩和井の設置位置の選定にあたっては、圧入井との間の水理的な連続性などにも留意する必要がある。

今回の解析で得られた結果は、地層水の揚水の効果は貯留層の地質条件や特性に大きく依存する。また、揚水した水に関しては適切な処理あるいは利用方法を検討する必要がある。

謝辞

本研究は、経済産業省から二酸化炭素地中貯留技術研究組合が委託された「二酸化炭素大規模地中貯留の安全管理技術開発事業」の成果の一部である。

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