

二酸化炭素の浅層帯水層への注入に関する基礎的研究

岡山大学大学院 正会員 小松 満
同 学生会員 ○ 藤田 知大
同 正会員 西垣 誠

1. はじめに

近年、地球温暖化問題を解決するために国際的な取り組みや技術対策が考案されている。しかし、エネルギーの効率化や省エネが実現されてきた現代において、更なる二酸化炭素の削減は困難であることから二酸化炭素処分技術の開発が急務となっている。この解決策の一つとして期待されているのが、二酸化炭素の地下貯留技術である。しかし二酸化炭素を超臨界状態で貯留するには地下800m以上の圧力環境が必要であるため、圧入サイトが限定的になる。また処分場への輸送や分離、回収、液化にかかるコストなど抱える問題も多い。そこで本研究では、二酸化炭素排出事業者のごく近傍において貯留することを念頭に置き、浅層の帯水層に気体として圧入する手法を提案した。

2. 二酸化炭素溶解量に関する基礎的試験

図-1のように浅層帯水層に気体の二酸化炭素を圧入すると、気体のまま間隙に存在するものと、間隙水に溶解し移動するもの、吸着水に溶解し留まるものがあると考えられる。そこで図-2に示すように二酸化炭素の溶解量の基礎的試験を行い、水に対する溶解量の調査と二酸化炭素収支を計測器によって正確に算出できるかどうか確認した。またヘンリーの法

則を用い、理論式から求められる溶解量と測定量を溶媒である水の温度や溶存酸素量を変え、比較した。その結果、溶解量は溶媒の溶存酸素量の違いによつては変化しないこと、また、図-3に示すように理論値と実測値では溶解量に差があることが分かった。しかし、加圧して多くの二酸化炭素を溶解させた後、圧力を下げ長時間置くと、図-4が示すように理論値と計測値がほぼ等しくなることを確認し、理論値の妥当性を確認した。

3. 仮想帯水層への二酸化炭素圧入試験

次に、実際の飽和した供試体への注入試験を行った。試験装置を図-5に示す。仮想帯水層としてカラム1に飽和した砂試料を詰め密閉し、供試体上部から二酸化炭素を圧入する。供試体の底部にはセラミックディスクを設置し、二酸化炭素によって押し出される形で間隙水がカラム2に排出される。間隙水が排出されると気体の二酸化炭素はセラミックディスクによってブロックされ、カラム1内の圧

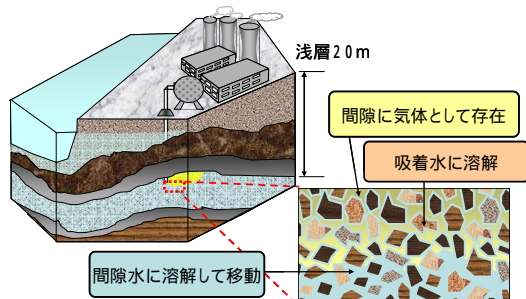


図-1 浅層帯水層貯留概念図

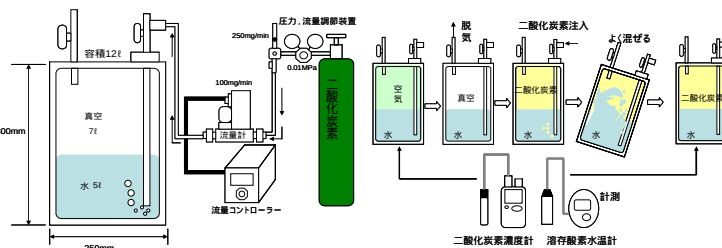


図-2 二酸化炭素溶解基礎的試験装置と試験方法

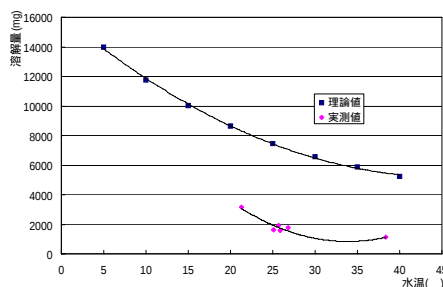


図-3 溶解量の比較

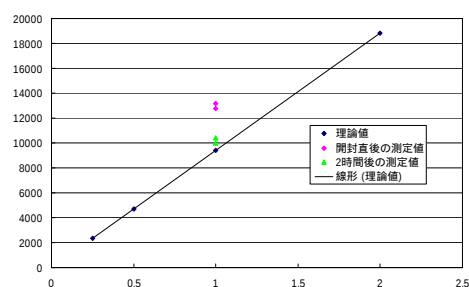


図-4 溶解量の時間的変化と理論値の比較

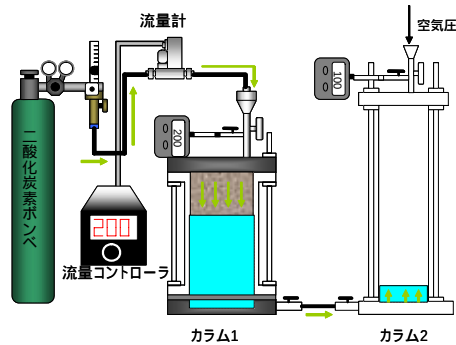


図-5 一次元カラム圧入試験装置概略図

表-1 各ケースの供試体の物性

	試料(状態)	間隙率 n	密度(q/cm^3)	温度($^{\circ}C$)
case1	川砂(密詰)	0.36	2.69	20
case2	川砂(ゆる詰)	0.45	2.69	22
case3	王子微細砂(密詰)	0.43	2.65	19
case4	王子微細砂(ゆる詰)	0.50	2.65	16
case5	霞ヶ浦砂(密詰)	0.35	2.69	19
case6	霞ヶ浦砂(ゆる詰)	0.45	2.69	17

キーワード: 二酸化炭素, 帯水層, 注入

連絡先: 〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1 Tel: 086-251-8160, Fax: 086-251-8167

力が注入圧と平衡になることからカラム内に一定の圧力下で二酸化炭素が貯留された状態になる。試験は、表-1 に示すように供試体の種類と間隙率を変え、6 ケース実施した。試験開始後、約 24 時間経過してから装置を止め、供試体の含水比、排出水量、排出水の二酸化炭素濃度、二酸化炭素注入量を計測し、二酸化炭素の収支を確認した。注入における収支の計算においては理論式を用い、誤差はわずかであることを確認した。結果として、間隙率、温度、圧力値より二酸化炭素の貯留量が算出できることを確認した。また、図-6 に示すように間隙率が大きいほど二酸化炭素が多く貯留されていることが、各ケース実験結果より確認することができた。

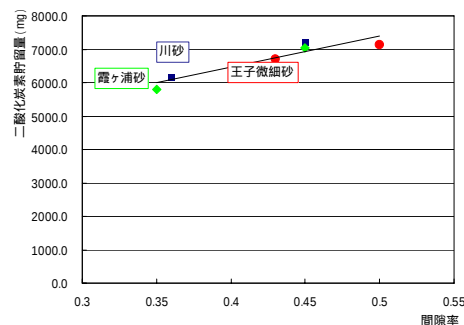


図-6 間隙率と貯留量の関係

4. 浅層帯水層内での二酸化炭素挙動評価試験

実際に浅層帯水層に気体の二酸化炭素を注入した場合、二酸化炭素が地下水の流れに影響されて移動する可能性がある。その挙動を調査するため一次元カラムにFDR水分計を設置し、二酸化炭素圧入後の各ポイントのセンサーから体積含水率の経時的変化を測定した。装置を図-7に示す。カラム1内の間隙水は常に下方に流れるように圧力差を与えていたにも関わらず、図-8に示すように圧入した二酸化炭素は注入口より常に上方に移動した。この結果を踏まえて図-9に示すように実際に気体の二酸化炭素を圧入すると、帯水層内を上方に移動することが予想される。したがって浅層に気体の二酸化炭素を圧入するとき貯留するためにはシール層がドーム型になっている必要がある。またシール層の物性は貯留可能性量や安全性の評価の上でも重要であり、今後調査が必要であることがわかった。

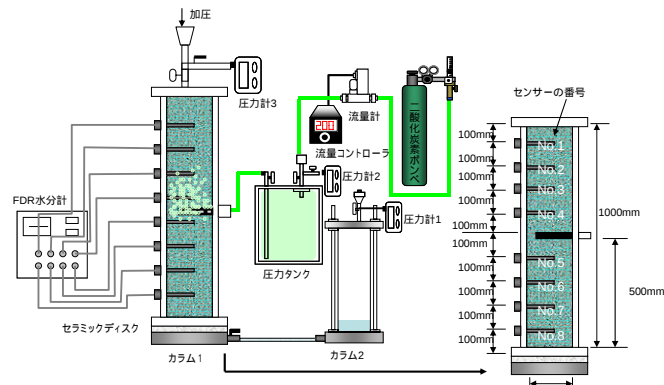


図-7 二酸化炭素挙動試験装置図

5. まとめ

本研究において得られた知見を下記に列挙する。

- (1) 気体の二酸化炭素を飽和した地盤に圧入する際、土粒子の吸着水に溶解する二酸化炭素量は塩分濃度や溶存酸素量に関係なく、圧力と温度のみ依存することを二酸化炭素の溶解量に関する基礎的実験から確認した。またその溶解量はヘンリーの法則を用いた理論式から算出できることを証明した。
- (2) 仮想帯水層に実際に二酸化炭素を圧入する試験を行い、二酸化炭素の注入前後の収支量をわずかな誤差で測定できること、間隙率の違いによって貯留量に傾向があることを確認し、有効間隙率と温度と圧力から二酸化炭素の貯留量を推定できることを証明した。
- (3) 仮想帯水層内に気体の二酸化炭素圧入し、FDR水分計を用いてモニタリングすることで、実際に浅層帯水層内での二酸化炭素の挙動を予測した。また二酸化炭素の貯留可能性量や安全性の評価のためにはシール層の物性を知る必要があることがわかった。

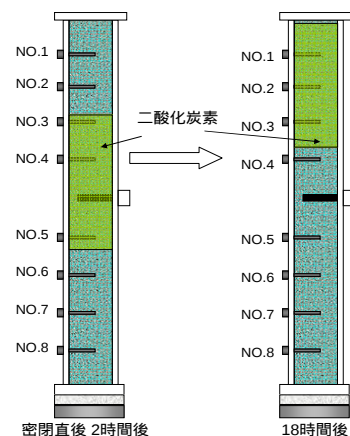


図-8 カラム内での気相の移動

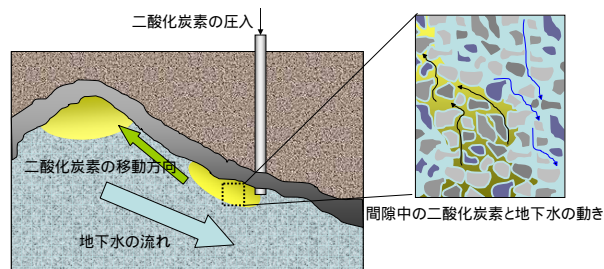


図-9 二酸化炭素の挙動予測図

【参考文献】

- 1) 財団法人地球環境技術研究機構：二酸化炭素地中貯留技術研究開発成果報告書，2007。
- 2) 西垣誠・小松満・高橋真理奈：二酸化炭素の浅層における海面下帯水層貯蔵に関する基礎的研究，第42回地盤工学研究発表会，pp.1077-1078，2007。
- 3) Perry D. Bergman, Edward M. Winter: Disposal of carbon dioxide in aquifers in the U.S., CO₂ sequestration potential and evaluation in aquifers, pp523-526, 1995。
- 4) C. Kervevan, M. Azaroud, P. Durst: Improvement of the calculation accuracy of acid gas solubility in deep reservoirs: Application to the geological storage of CO₂, CO₂ geological disposal: Estimation and simulation of dissolution kinetics and mineral formation, pp357-378, 2005。
- 5) 林栄治, 松本弘: 二酸化炭素の地中貯留研究 地盤工学会誌 Vol.57 No.2 Ser.No.613, p18-21, 2009。