

CO₂ マイクロバブル原位置小規模注入実験

日本大学 竹村 貴人, 東京大学 濱本昌一郎
(株)大林組 鈴木健一郎 奥澤 康一

1. はじめに

CO₂の溶解貯留は, CCS (CO₂分離回収貯留) の一つの選択肢である. 溶解貯留には, 大量の CO₂貯留は望めないが, 小規模排出源を対象に, 少量を多点で注入することにより量を確保し, 帯水層において岩盤と地下水との反応により鉱物化という安定貯留となる可能性がある. Carbfix プロジェクトでは, 溶解させた CO₂は2年という短期で鉱物化したという報告もされた¹⁾. 筆者らは, マイクロバブルによる CO₂ガスの瞬時溶解に注目し, 小規模貯留の可能性を探る目的で, 小規模の原位置注入実験を行い計測を試みた. ここでは, マイクロバブル注入システムの検証と計測による貯留管理の検討事例を報告する.

2. 実験概要

図-1 に示す地層構成を有する某地点において, 深度-10m から-12m の礫層を対象とした CO₂ 注入実験を行った. 深度-10m から-12m の2m 区間にストレーナを設け, 注入孔 (#2) では, マイクロバブル発生装置 (OK エンジンアリング製ループ式 OK ノズル, 容量 300mL/分) を用いて, ウラニン入り水道水を 300mL/分と CO₂ ガスを 200mL/分で孔内に定流量で 40 分間注入を行った. 1m 間隔で直線状に観測孔を 2 本 (#1 および #3) 設置し, 10 分間隔で深度-12m から採水して地下水の温度, pH, 電気伝導度 (EC) を計測した. また, #3 孔において 200mL/分の揚水を行って確実に注入孔からの注入量を計測できるようにした. さらに, 注入終了後, #3 孔において 20L/分の揚水を行い, 直後と 5 分間揚水後, 10 分間揚水後に採取した地下水についてマイクロ・ナノバブルの粒径分布の計測を実施した. また, 注入前後に地盤の比抵抗計測を行い, 前後での比抵抗の違いも調べた.

3. 試験結果と考察

CO₂ ガスの定流量注入状況とその時のガス圧の経時変化を図-2 に示す. 定流量で 40 分間注入を行い CO₂ の累積注入量は 8880mL である. 注入孔でのガス排出累積量は 1.07mL と少量であり, かつ回収は可能であることが示された. マイクロバブル注入システムにより CO₂ ガスの定流量注入ができたものと考ええる.

観測孔での水質調査結果を図-3 と図-4 に示す. 図-3 は pH の経時変化である. 水道水量 300mL/分に対して CO₂ ガス 200mL/分でマイクロバブル水を作成するとその pH は 4.4, 電気伝導度は 40mS/m 程度となることを別途計測した. 図-3 より, 注入孔#2 の両側の#1 および#3 孔において pH の低下が確認されバブル到達の影響と考えられるが, 図-4 に示す電気伝導度の若干の低下傾向はバブル到達の影響とは考えにくい.

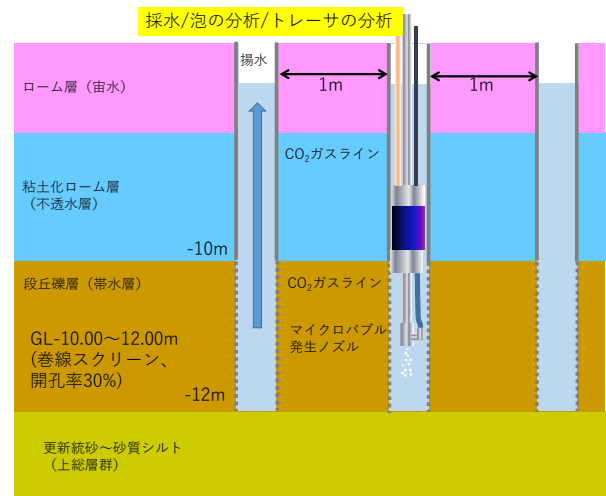


図-1 破碎実験概要図

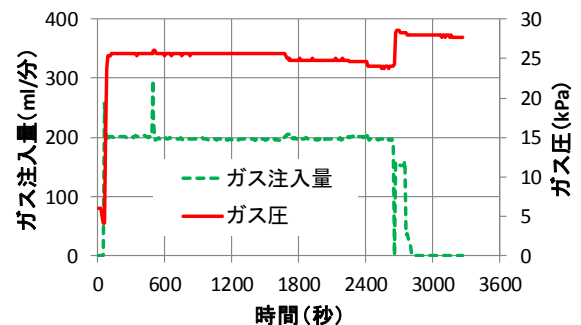


図-2 定流量注入時ガス圧

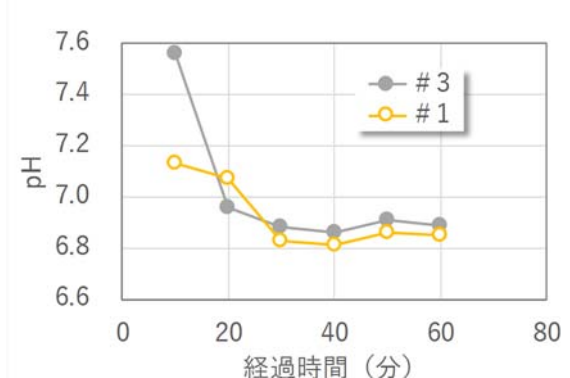


図-3 pH 計測結果

キーワード 二酸化炭素, 溶解注入, 水質調査, 比抵抗計測

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL 042-495-0916

レーザ回折・散乱法によるナノ粒子径分布測定装置 SALD-7500nano（島津製作所）を用いて採水中の気泡分布を計測した。気泡の分析は注入水であることがウラン濃度の確認された 1 日後の#3 孔で採水した試料を対象に実施した。図-5 にレーザ回折・散乱法による計測結果を示す。マイクロからサブマイクロの粒子の存在が確認された。しかし、レーザ回折・散乱法では、粘土鉱物やバクテリアなどの固体粒子とマイクロ・ナノ気泡の区別ができない。そこで、共振式質量分析計 アルキメデス (Malvern) を用いて気泡と固体粒子の径分布を個別に測定した。共振式質量測定法による気泡径分布を図-6 に、固体粒子径分布を図-7 に示す。自然状態の地下水中には、固体粒子の存在が気泡に比べて 1 桁多いことがわかったと同時にナノサイズの気泡の存在も確認できた。気泡粒子の個数は 10 分間揚水後が最大となっており、広範囲に拡散していることが推定される。

注入前後の比抵抗計測結果を図-8 に示す。明らかに注入側の比抵抗が大きくなり、CO₂ 溶解水の拡散している状況を示しているものと考えられる。

4. まとめと今後の課題

CO₂ マイクロバブル注入システムの検証および注入管理の検討のために小規模注入実験を実施した。その結果、システムの適用性が示され、観測孔での水質、気泡の存在が確認された。また比抵抗計測により、注入範囲の推定の可能性も示された。

多くの課題が残されている。存在が確認された気泡が注入した CO₂ であるかの確認、地層中のバブルの長期挙動の確認、など今後の計測と実験を行い、広域の地下水流動との関係などを考慮した貯留設計・管理・監視方法などを検討し、CO₂ 地中貯留の一助としたい。

参考文献

1) J.Matter et.al. Rapid carbon mineralization for permanent disposal of anthropogenic carbon dioxide emissions, Science 352(6291), 1312-1314, 2016

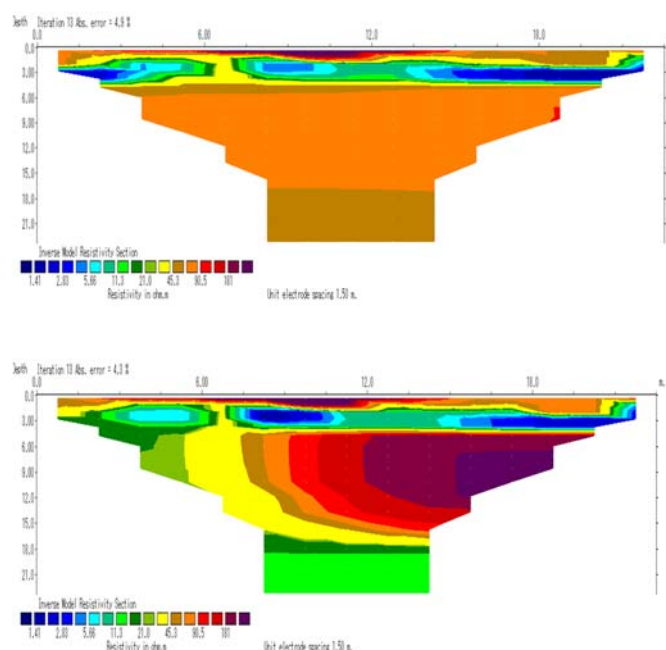


図-8 比抵抗計測結果（上：注入前，下：注入後）

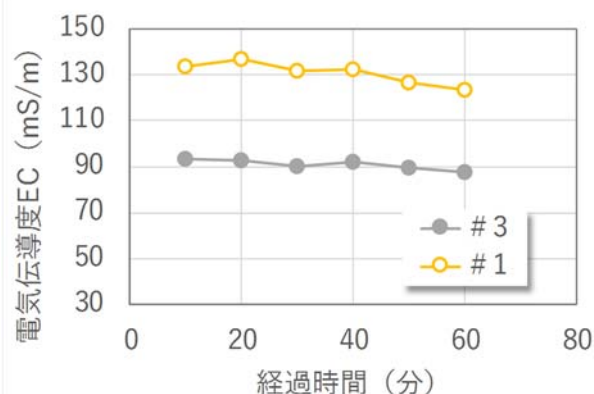


図-4 電気伝導度 EC 計測結果

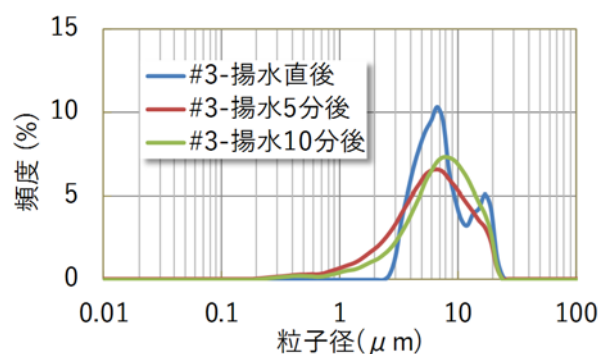


図-5 レーザ回折・散乱法による粒子径分布

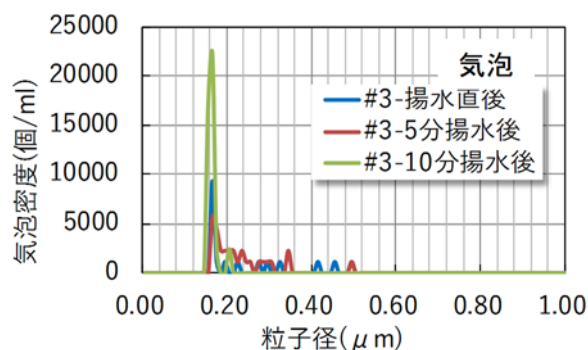


図-6 共振法による気泡径分布

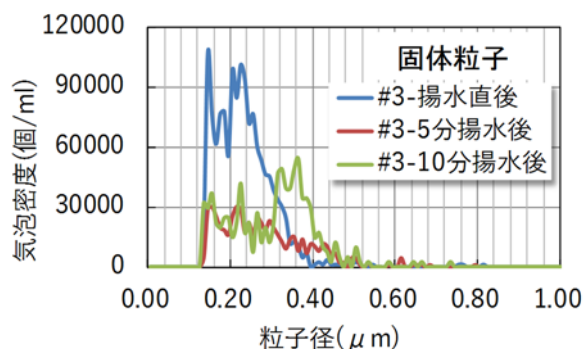


図-7 共振法による固体粒子径分布
(固体密度を 2.6 g/cm³ と仮定し算出)