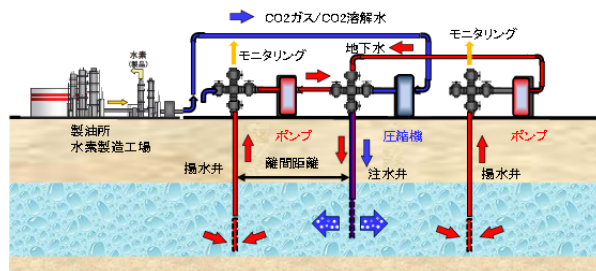


CO₂ 溶解水の中和能力算定のための岩石溶解特性

(株)大林組 正会員 鈴木健一郎、三好 悟、人見 尚、奥澤康一
ENAA 三井田英明、結城則行

1. はじめに

CCS (Carbon-dioxide Capture and Storage) のメニューの一つとして CO₂ を溶解させた状態で帯水層に貯留する地域分散型の方法が提案されている¹⁾。マイクロ径の気泡として地下水中に CO₂ を吹き込むことで急速に溶解させて、CO₂ 溶解水を地下水と置換する方法であり、この方法を CO₂ マイクロバブル地中貯留 (CMS) と呼ぶ (図-1)。CMS では、CO₂ 溶解水が酸性を呈し、それが地下岩盤に与える影響評価が一つの課題である。一方で、岩石によっては酸性水に対する緩衝作用を有することが知られている。そこでこの研究では、石灰岩および砂岩を対象に CO₂ 溶解水に対する中和能力を検討するために実施したバッチ式溶解試験と通液式溶解試験の結果を報告するものである。

図-1 CMS の概念図²⁾2. CO₂ 溶解実験装置および実験条件

対象とした岩石は、琉球石灰岩と来待砂岩である。BET 表面積はそれぞれ 0.35m²/g と 3.34m²/g である。これらを 10mm 篩通過まで粉碎し、5mm 篩に残ったものを対象にバッチ式溶解試験を、琉球石灰岩の直径 30 mm×高さ 60mm の円柱を対象に通液試験を実施し、pH の変化と通過溶液の水質を測定した。CO₂ 溶解水作製から岩石試料の溶解まで系を閉塞し、0.1 気圧の下で溶解攪拌実験を行った (写真-1 参照)。装置の系をすべて CO₂ で満たし、CO₂ 圧を若干 (10kPa 程度) 付加しながら、CO₂ ガス圧で溶解槽中の CO₂ 溶解水を反応器に満たした。その後、流量ポンプにより CO₂ 溶解液を系に充填させた。この充填の間に CO₂ 溶解水が石灰岩に接触するため、CO₂ 溶解水との反応が進行して、pH 計測開始時は、溶解水の pH より高い。試料は CO₂ 溶解水 2000g に対して 50g とし、一端溶解水に浸して溶解水で飽和させたものを用いた。この工程により、およそ CO₂ 溶解水で系全体が満たされたものと仮定し、系を閉鎖した。

通液試験は、写真-2 に示すように輸液ポンプを用いて定流量で琉球石灰岩に 40 日間の CO₂ 溶解水の通液を行い、④の流出液毎に pH, EC および水質分析を行った。CO₂ 溶解水はバッグ毎に新鮮な CO₂ 溶解水が供給されるものである。

3. 実験結果

琉球石灰岩の試験結果を図-2 に示す。投入量 400g

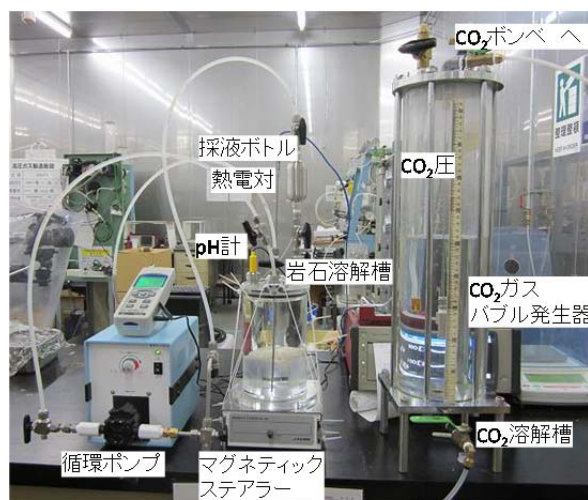
写真-1 CO₂ 溶解水岩石試験装置全景

写真-2 通水試験装置全景

キーワード 二酸化炭素, 地中貯留, 環境影響, 緩衝作用

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 042-495-1015

(L/S=5)では他に比べ、短時間で pH は 6 以上となり、十分な量との接触により、大きな酸性矯正能力が期待できる。来待砂岩の試験結果を図-3 に示す。図中の来待砂岩の投入重量と表面積の関係を表 2 に示す。投入量が多いほど時間に伴う pH の増加は大きく、少なくとも CO₂ 溶解水 2L に対して、400g の投入で pH は 6 以上となり、中和化能力があることがわかる。飲料水の水質基準である 5.8~9.5 を目標とするとこれらの岩で構成される地層への CO₂ 溶解水の注入により地下水の水質は岩石の中和能力により飲料水基準を満たすものと考えられる。

通液試験における pH と EC の変化を図-4 に示す。通液した初期 CO₂ 溶解水の pH は 4.23 であり、通液後の透過溶液は、2L 通過後には pH6 を超えてほぼ一定で推移している。ポンプ流量は、0.21g/min である。24 分間で 6cm の石灰岩を透過することになる。EC の急激な上昇が 10600g 透過以降で現れるが、このような現象の前後で注入側水圧が増加し、その後低下することを追試で確かめた。図-5 には水質分析結果を示す。その他の陽イオンは検出しなかった。Ca イオンの濃度が EC 変化と同様な変化をしており、必ずしも定常な流れでないことが予想されるが、通液させた岩石の試料の分析を待ちたい。平均の溶解速度は、 $3.87 \times 10^{-15} \text{ mol/cm}^2/\text{s}$ と推定された。

通液前後の試料の X 線 CT から間隙分布を調べた結果、CT 観察範囲では、初期空隙容積 825mm³ が 40 日に通液後には、1015mm³ と増加していた。この差は石灰岩の溶解量と考えられる。

4. まとめ

琉球石灰岩と来待砂岩についてバッチ式溶解試験で酸性矯正能力があることを示し、石灰岩の通液型溶解試験では通液後の水質分析から溶解速度を求めた。これらの岩盤への適用が検討課題である。

本研究は、(財)JKA による競輪の補助金を受けて一般財団法人エンジニアリング協会で実施した。

参考文献

- 1) (財)エンジニアリング協会：平成 23 年度 CO₂ マイクロバブル地中貯留の成立性に関する調査研究報告書

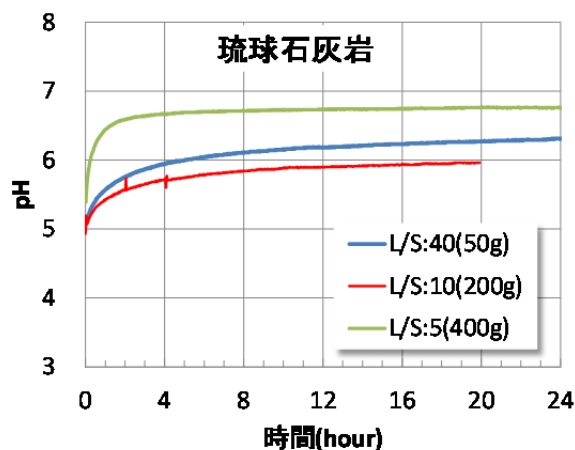


図-2 pH の経時変化 (琉球石灰岩)

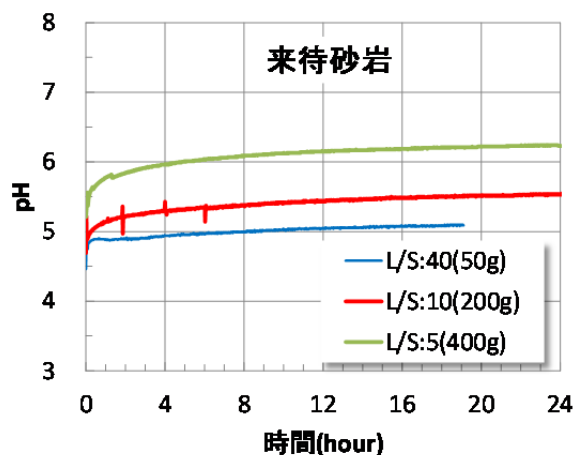


図-3 pH の経時変化 (来待砂岩)

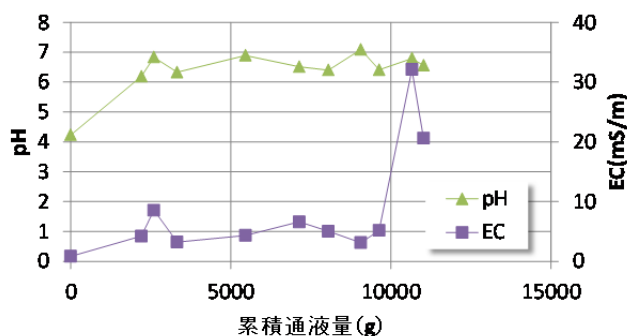


図-4 pH および EC の変化

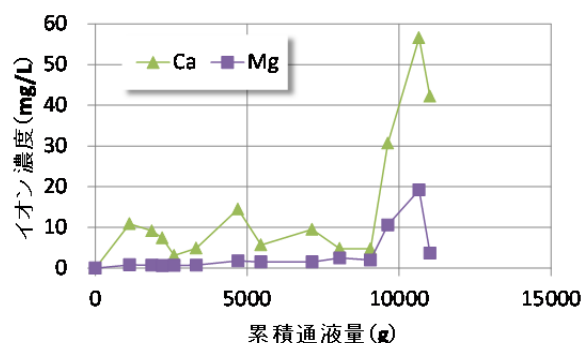


図-5 Ca および Mg イオン濃度変化