

マイクロバブルを用いた圧力下での CO₂ 溶解実験

(株)大林組 正会員 鈴木健一郎

同 上 正会員 三好 悟

同 上 正会員 人見 尚

同 上 正会員 桑原 徹

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方法が提案されている^{1), 2)}. マイクロ径の気泡 (以下マイクロバブルと呼び, 図中では MB と記す) 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) と呼ぶことにする (図-1 参照). CMS では, 揚水された地下水と同時に CO₂ をマイクロバブルとしてボーリング孔内の対象深度に注入することから, 短時間で効率的に CO₂ を溶解できるかが課題となる. そこで, この研究では, 1MPa までの高压で CO₂ を溶解させる実験を行い, 効率的に CO₂ を溶解させることが可能であるかを調べたので報告する.

2. CO₂ 溶解実験装置および実験条件

CO₂ マイクロバブル溶解装置を図-2 に示す. CO₂ 溶解タンクの注入側と排出側にそれぞれ CO₂ による圧力制御と流量計測計を設置したものである. マイクロバブルの発生は, 1 μ m 径のフィルターを用いているが, 図-3 に示すように空気の注入の場合は, 表面張力の関係で大きな気泡になってしまうため振動を与えることでマイクロバブルを作成した. CO₂ の溶解量を高压で計測するためには CO₂ を直接か, pH の変化を調べる必要があるが, ここでは, 比較的簡単に計測できる電気伝導度の変化をもって CO₂ 溶解水の CO₂ 濃度の変化として計測した.

実験条件は, CO₂ を注入する環境 (深度) を模擬する背圧をパラメータとして, 0.2~1.0MPa で変化させ, 差圧 0.1MPa 一定のもとでの溶解量の変化と溶解時間を調べ, マイクロバブル注入とフィルターなしの注入 (以下ミリバブルと呼び, 図中では mmB と記す) 比較した. また, 差圧を考慮せず 2.0MPa までの溶解実験も別途行った. CO₂ を溶解させる水は, 精製水を用いた.

3. 実験結果

CO₂ を溶解タンク内に注入することにより, 溶解タンク内では, 電気伝導度が増加する. その時間変化を図-4

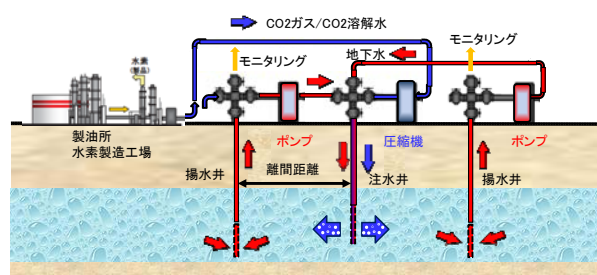


図-1 CMS の概念図

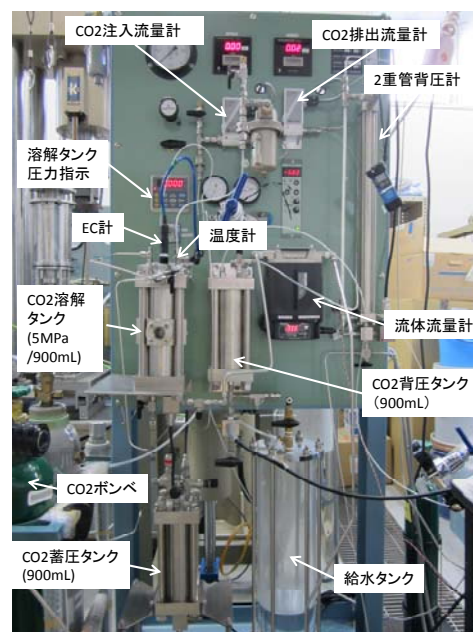
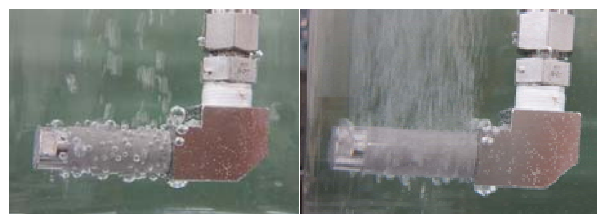
図-2 CO₂ 溶解試験装置

図-3 バブル発生フィルター

(空気バブル発生時)

(左: ミリバブル、右: マイクロバブル)

キーワード 二酸化炭素, 溶解, 地中貯留

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

に示す。マイクロバブル化した CO_2 は急速に溶解するが、ミリバブルは 100 分経過で定常になる。マイクロバブルによる溶解速度は、定常になるまでの時間は圧力に依存せずほぼ同程度の時間と考えられる。このような溶解速度の差は、比表面積の差により説明できる。ここまでは異なる実験条件として、高压下での実験も行った。結果を図-5 に示す。1.5～3.5MPa の注入圧で閉じた溶解タンクにマイクロバブルで注入した。この時、溶解タンク内の圧力が注入圧まで上昇するには 1 分の時間遅れがあり、その後の溶解はバブルの影響ではないが、電気伝導度の定常値は所定の圧力での最終値を示しているものと考えられる。

定常となった電気伝導度を圧力に対してプロットしたのが図-6 である。基本ケースの差圧 0.1MPa の他に差圧 0.3MPa のケース、背圧を制御せず溶解タンク内を閉じて圧力平衡にしたケースもプロットした。図中、破線は、純水に対して CO_2 を注入した場合の電気伝導度を化学計算ソフト phreeqc³⁾ を用いて計算した理論値である。低压 1.5MPa 以下では実測電気伝導度は、理論値とよく一致したが、高压になると次第に頭打ちになる傾向がある。 CO_2 の水への溶解度の高压データは少ないが、深度 400m 以上で溶解度は増加しない傾向を示している⁴⁾。

4. まとめ

マイクロバブルによる CO_2 の溶解特性を電気伝導度を媒介として実験的に確認した。同様の条件下でのミリバブルと比較して急速に水に溶解することを確認した。飽和までの溶解時間は、10 分程度と読み取れる。

今後、電気伝導度と圧力の関係を明確にし、注入 CO_2 量と排出 CO_2 量に関して検討を進めていく予定である。さらにこの CO_2 溶解水が貯留される岩石への影響について検討を進める。

参考文献

- 1) Koide, H. and Xue, Z.: Carbon microbubbles sequestration: a novel technology for stable underground emplacement of greenhouse gases into wide variety of saline aquifers, fractured rocks and tight reservoirs, GHGT-9, pp.3655-3662, 2009
- 2) 鈴木ほか: CO_2 マイクロバブル地中貯留 (CMS) の成立性に関するフィジビリティスタディ, 第 13 回岩の力学国内シンポジウム, 2013
- 3) David L. Parkhurst and C.A.J. Appelo: Description of Input and Examples for PHREEQC Version 3—A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations, U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A43, 497 p., available only at <http://pubs.usgs.gov/tm/06/a43.2013>
- 4) NEDO,RITE, (財)化学工学会: 平成 7 年度 二酸化炭素隔離技術に関する調査研究、NEDO-GET-9538, 1995

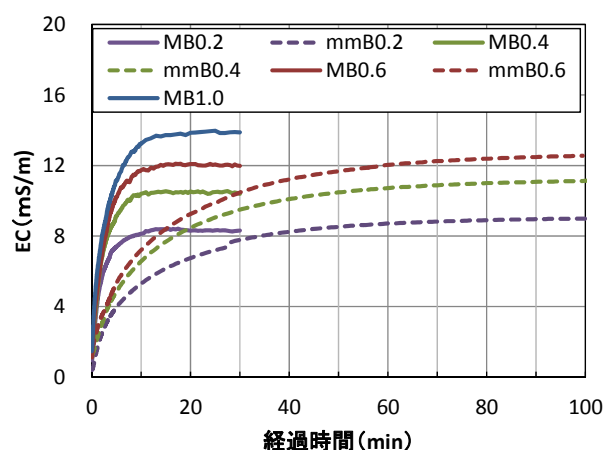


図-4 電気伝導度の経時変化

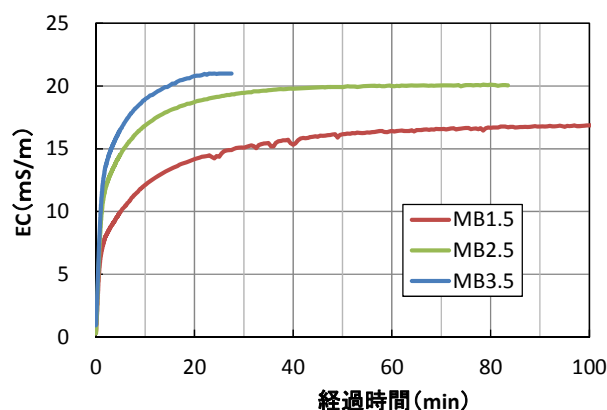


図-5 電気伝導度の経時変化 (高压)

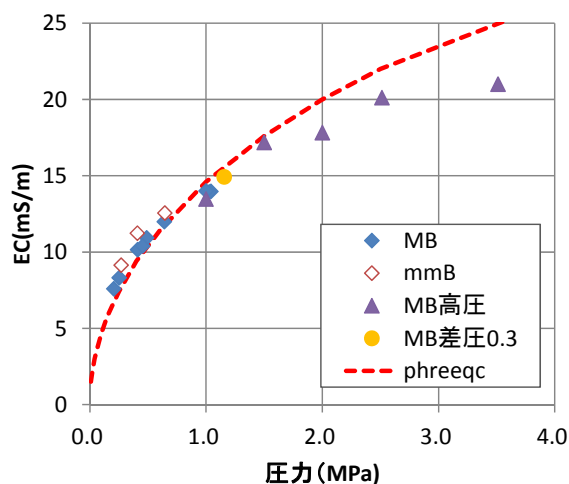


図-6 注入圧力と電気伝導度の関係