

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。二酸化炭素を超臨界状態に液化させ地下に圧入する技術で、油田の増収技術や炭層に圧入することでメタンガスを回収する技術や帯水層に圧入し貯留する技術が世界各国で実際に行われている。その概念を図-1に示す。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、図-2に示すように、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、二酸化炭素溶解量に関する基礎的な研究を行った。

2. 二酸化炭素溶解量に関する基礎的試験

浅層帯水層に気体のまま二酸化炭素を圧入すると、圧入した二酸化炭素は間隙に気体として存在するものと、吸着水に溶解するもの、間隙水に溶解して移動するものがあると考えられる。二酸化炭素の貯留量を推定する時、二酸化炭素注入量、間隙水や吸着水に溶解する二酸化炭素量を算出できなければならない。そこで、図-3に示すように、実際に二酸化炭素を水の入った圧力タンクに注入し、二酸化炭素の収支計算を行った。なお、二酸化炭素の注入量は流量計から、圧力タンク内の二酸化炭素は二酸化炭素濃度計で算出

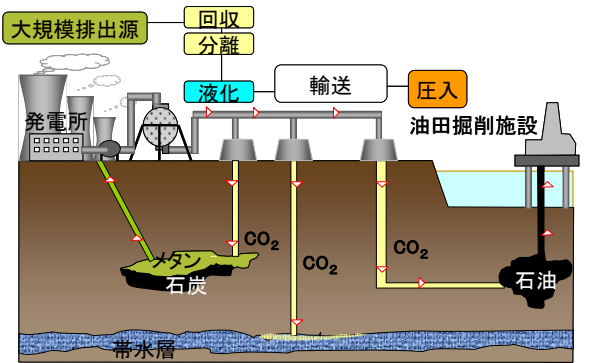


図-1 二酸化炭素貯留技術概念図

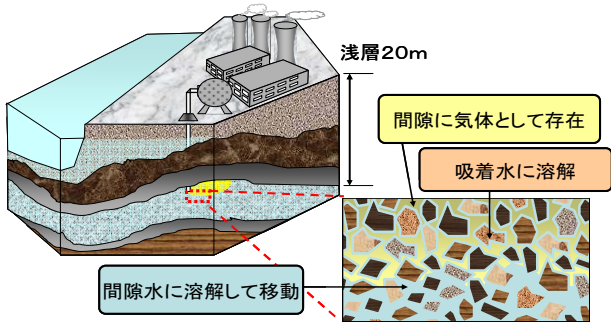


図-2 浅層帯水層貯留概念図

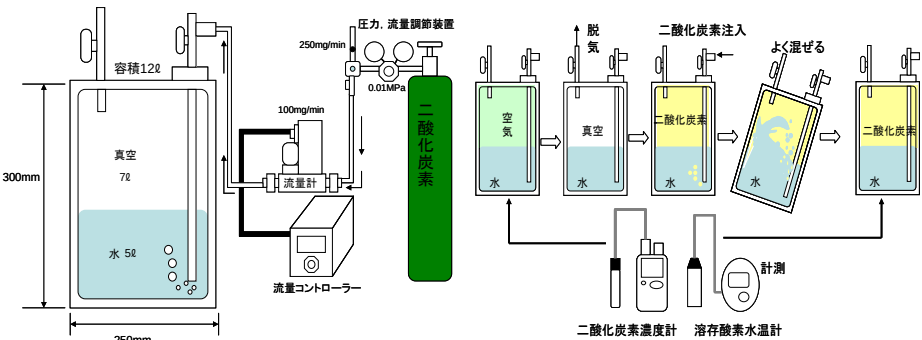


図-3 二酸化炭素溶解基礎的試験装置と試験方法

表-1 溶解量測定試験結果

試験番号	溶存酸素量 mg/l	水温 °C	CO ₂ 濃度(水) ①mg/l	CO ₂ 濃度(空隙) ②mg/l	水に溶解したCO ₂ mg ③(①の変化量×7)	CO ₂ 注入量 (算出値) mg	CO ₂ 注入量 (③+②×5) mg	誤差
1 注入前	5.8	25.1	12	0				
1 注入後	6.5	25.7	340	300	1638	3738	3233	505
2 注入前	6.5	26.8	2	0	1789	4099	3934	165
2 注入後	6.0	26.9	360	330				
3 注入前	5.1	25.9	8	0	1560	3520	3232	288
3 注入後	6.2	26.1	320	280				
4 注入前	6.4	25.1	10	0	1949	4259	4310	-51
4 注入後	6.4	25.7	400	330				
5 注入前	7.3	18.9	42	0	3140	6010	4950	1060
5 注入後	6.9	21.3	670	410				
6 注入前	3.8	40.8	26	0	1120	3150	3767	-617
6 注入後	4.9	38.4	250	290				

した。表-1 に示すように水温や溶存酸素量を変え試験を行った。ここで、注入量の収支計算において誤差はわずかであったため、流量計や濃度計が妥当であることが確認できた。また、図-4、図-5 から、二酸化炭素の溶解量は水温に依存し、溶存酸素量には影響されないことが分かった。

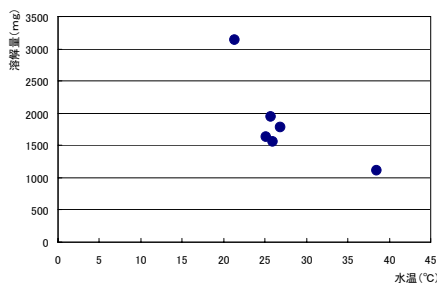


図-4 水温と溶解量の関係

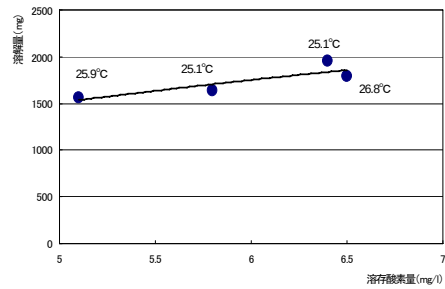


図-5 溶存酸素量と溶解量の関係

3. 二酸化炭素溶解量の理論値との比較

二酸化炭素の水に対する溶解量はヘンリーの法則を用いた理論式から求めることができ、次式で表すことができる。

$$W1 = p \times W2 / (E - p) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、w1は溶質である二酸化炭素の物質質量、w2は溶媒である水の物質質量、Eはヘンリー定数(atm/モル分率)、pは水に対して平衡にある気相中の溶質ガスの分圧(atm)である。実際に試験で溶解した二酸化炭素量と理論式から算出した溶解量を比較すると図-6 に示すように実測値は理論値よりかなり低い値を示した。これは装置内の圧力が二酸化炭素の溶解によって低くなったことが要因であると考えられる。しかし、

図-7 に示すように、加圧して二酸化炭素を溶解させた後、圧力を下げ長時間置くと理論値と計測値がほぼ等しくなったため、理論式の妥当性が確認できた。また、濃度が異なる塩水を用いて実施した試験結果を表-3 に示す。これらより、溶解量は塩分濃度の影響を受けないことが分かった。

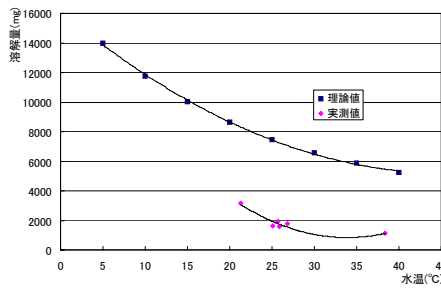


図-6 溶解量の比較

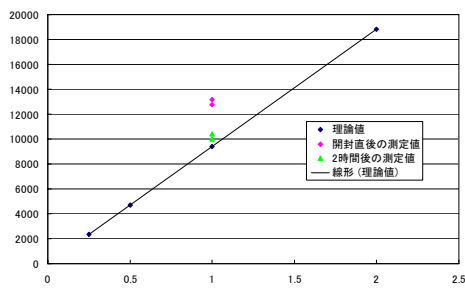


図-7 溶解量の時間的変化と理論値の比較

表-3 塩水と真水の溶解量

	水温(°C)	二酸化炭素濃度(mg/l)			溶解量(mg)	
		①注入前	②注入後(開封直後)	③注入後(開封2時間後)	直後	2時間後
真水	9.9	1.72	3200	2500	12793	9993
塩水	9.8	2.01	3300	2600	13192	10391

5. 結論

本研究において得られた知見を列挙する。

- 1) 二酸化炭素溶解量の基礎的試験から二酸化炭素の溶解量は溶存酸素量、塩分濃度にほとんど影響を受けず、温度のみに依存することが分かった。
- 2) 理論式から算出される水に対する二酸化炭素の溶解量は、安定した圧力環境で実測値と一致することを確認した。また、気体の二酸化炭素を帯水層に圧入した場合、温度と圧力の関係から貯留量が理論式から推定できることを示した。

【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。