

CO₂ 地中貯留層からの漏洩修復法の検討A possible way to remedy leakage from reservoirs of geological CO₂ storage

田中 秀宜 [1]; 櫻井 雅徳 [2]; 関根 孝太郎 [3]; 伊藤 高敏 [4]
Hidenori Tanaka[1]; Masayoshi Sakurai[2]; Kotaro Sekine[3]; Takatoshi Ito[4]

[1] 東北大・流体研; [2] 東北大 流体研; [3] 東北大・流体研; [4] 東北大・流体研
[1] Inst. Fluid. Sci., Tohoku Univ.; [2] IFS, Tohoku Univ.; [3] Inst. Fluid. Sci., Tohoku Univ.; [4] Inst. Fluid Sci., Tohoku Univ.

CO₂ 地中貯留で計画されている貯留層の深度は 800~3000m である。そのような深度になると CO₂ が圧力で高密度化するものの、地下水より依然として 3~4 割軽く、浮力が発生する。これによる CO₂ の上昇を防ぐため、キャップロックと呼ばれる天然のシール層構造の下に CO₂ を注入する。そのキャップロックは、低浸透性で十分な厚さ(数十 m)と広さ(数 km²)を持った連続体でなければならない。しかし、地殻変動の激しい日本では特に、キャップロックを縦断する活断層が存在、あるいは地震等によって新たな断層が発生し、そこを通して CO₂ の漏洩が起こる可能性は大きい。また、適当に配置された観測井によるモニタリングで漏洩を検出すること自体は可能と考えられるが、検出した後にどう対処するのかということについてはほとんど検討されていないのが実状である。このような観点から、漏洩を人工的に修復するための新技術として原位置反応法が提案されている (Ito et al., GHGT, 2006)。これによれば、まず漏洩箇所の近くにある観測井、あるいは新たに掘削した坑井を通じて適当な溶液(反応性グラウト)を漏洩部周辺に注入する。反応性グラウトは、そのままなら状態が変化せず液状のままであるが、CO₂ 貯留層から漏洩した CO₂ と混合すると化学反応を起こし、固体ないしゲルを生成する。それによって間隙を充填し、漏洩部周辺の浸透性を低下させて CO₂ の漏洩を止める。その要となる反応性グラウトには、次のような特性が求められる。すなわち、CO₂ との反応前の状態では粘性が低くて拡散性が良く、CO₂ と混合した際には比較的短時間に反応生成物で岩体の空隙を充填でき、さらには、自然環境中にある岩体中へ大量に圧入することになるので、無害で安全性が高く、かつ、比較的安価でなければならない。一方、土木分野で用いられている止水剤の一種として珪酸ソーダ(水ガラス)(Na₂O・nSiO₂)がある。工事の際は、その水溶液に硬化剤となる重炭酸ソーダ(重曹)(NaHCO₃)などの水溶液を混ぜて地中に圧入する。このとき以下の反応が起きてゲル(nSiO₂)が析出して間隙を閉塞する。



NaHCO₃ 水溶液の代わりに、CO₂ の水溶液を硬化剤として利用することも原理的には可能であるが、土木の対象となる浅層の深度では圧力が低いために CO₂ の濃度が小さくなるので適さない。これに対して、CO₂ 地中貯留の対象となる千 m 前後の深度であれば、水溶液に含まれる CO₂ 濃度が大きくなって硬化剤として十分に機能する可能性がある。そこで本研究では、Na₂O・nSiO₂ 水溶液を反応性グラウトに応用することの可否を室内実験で検討してみることにした。このため、粒径 100 μm のガラスビーズを詰めて水で満たした压力容器の内部を、深度 1000 m 相当の圧力 10MPa と温度 40℃ に保ったところで、模擬岩石中央部に反応性グラウト(Na₂O・nSiO₂ 水溶液)を注入した後、CO₂ を压力容器下部から注入した。そして、CO₂ 注入から所定時間(24h, 48h, 120h 後)が経過した後、模擬岩石の浸透率を計測した。その結果、CO₂ 注入から 24h 後には約 1/1000 まで浸透率が大幅に減少し、その状況は 120h 後まで変わらずに安定していた。また、反応生成物となる nSiO₂ のゲルが低い pH で安定な物質であり、粘性も水の 2~3 倍程度に過ぎない。これらのことから、Na₂O・nSiO₂ 水溶液が反応性グラウトとして非常に有望であることがわかった。なお、原位置反応法は廃止坑井からの漏洩修復にも適用できると考えられる。