

地下深部条件を再現する超臨界 CO₂ 透過実験システムの開発

九州大学工学部 学生会員 ○舟津 薫輝 九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩
 九州大学大学院 正会員 池見 洋明 九州大学大学院 正会員 谷口 寿俊
 九州大学 非会員 北村 圭吾 九州大学工学部 学生会員 松尾 憲弥

1. はじめに

CO₂ 回収・貯留技術(CCS)は、CO₂ 排出量を削減する有効な技術の 1 つとして注目されている。CCS において、地下深部貯留層に圧入した CO₂ の挙動把握は CO₂ の効率的な地下貯留のために重要である。先行研究¹⁾では、地下深部条件を再現した実験システムを用いてベレア砂岩への CO₂ 注入試験を行ったが、岩石の測定用センサーの取り付け可能数の制限、ポンプの CO₂ 容量不足、およびそれに伴う CO₂ 補充作業のための実験室への出入りによる実験室内の温度の不安定化、といった課題が生じた。

本研究では、先行研究で生じた課題を解決するために実験システムの改良を行い、CO₂ の循環及び地下深部温度条件をより正確に再現する CO₂ 循環システムの開発を目的とする。本論文では、セルの改良、実験室の改良、実験システム内の改良、および新たに採用した連続フローシステムについて述べる。

2. 実験システムの開発

2.1 セルの寸法変更

従来のセルの寸法では岩石への測定用センサーの取り付け可能な数が制限されており、岩石全体にわたってのセンサーの取り付けおよび測定が不可能であった。

そこで本研究では、**図-1** に示すようにセルの寸法を拡大し、従来の直径 3.5 cm、高さ 7.0 cm の試験体に加え、直径 5.0 cm、高さ 10.0 cm のサイズまで対応可能にする。また上蓋部にはセンサー取り出し口を増設し、取り付け可能な測定用センサー数の増加を可能とする。

2.2 恒温室の改良

従来の実験室は、恒温室の温調器により実験室内の温度を一定に保っていた。しかし、実験時の恒温室内への出入りによって外気が流入し、実験室内の温度が一時的に変化し、実験結果に影響を及ぼしていた。

そこで本研究では、**図-2** に示すように、実験室の中にビニルハウスを設営し温調器をビニルハウス内に設置、さらにその中に直接的な温風を遮断した実験システムを設置する。温風の遮断には、実験システム内への熱の過剰充満を防ぐため、断熱材ではなく木製板を使用す

る。これによって、実験室への人の出入りがビニルハウス、およびその中の実験システム内に影響を及ぼさないようになり、作業の円滑な進行が可能となる。

2.3 実験システム内の改良

実験室の改良に並行して、実験システム内にも改良を加える。**図-3** に示すように、板の上方には隙間を確保し、圧力容器と分離管を板で区切る。これにより作業の円滑化、及び空気循環の確保が可能となる。

また、配管の再設計を行い、配管長を従来より 3 割短縮した。これにより、配管からの漏れによるシステムエラーのリスクを抑えることができる。

また、温調器の位置を恒温室の隅からビニルハウス内の中央奥へと変更する。これにより温調器からの温

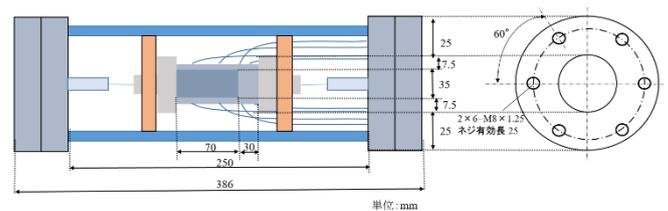


図-1 セル概略図

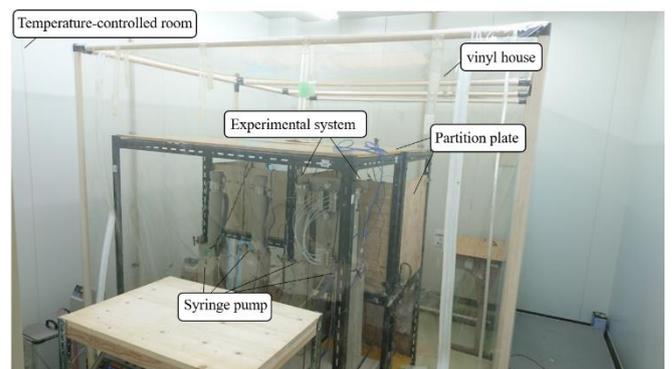


図-2 三重恒温システム

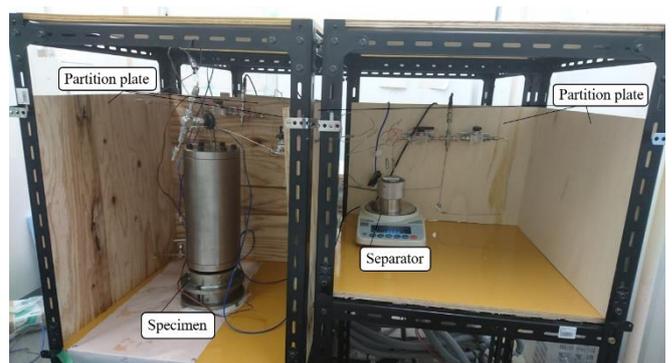


図-3 実験システム内写真

風がビニルハウス内に均一に拡散するようになり,安定した温度の維持管理が可能となる.

2.4 連続フローシステムの採用

従来の実験システムでは測定中,ポンプのCO₂容量が限られているために,長期間の実験を行う際には一時的に実験を停止し,CO₂の補充を行う必要があった.

そこで本研究では図-4 に示すような連続フローシステムを採用し,CO₂注入用ポンプを1台から2台に増設する.電子信号によってエアバルブ中の弁の開閉は自動で行われ,ポンプAからCO₂を注入する際は弁A,Dが開き,弁B,Cが閉じられ,実験システム内に注入されたCO₂が圧力容器内の試験体を透過し,ポンプCを経由してポンプBに貯留される経路が作られる.ポンプAの容量が25%未満になると,注入用ポンプがAからBに切り替わり,弁B,Cが開き弁A,Dが閉じられ,ポンプBからポンプAまでのCO₂注入経路が作られる.以上の操作を繰り返すことによって,システム内でのCO₂循環を可能とし,ポンプへの補充を行わずに実験装置を長時間稼働させることが可能となる.

3. 確認実験と考察

改良後の実験システムを用いて,流量30 μl/minでベレア砂岩へのCO₂透過実験を実施する.図-5に改良後の実験システムの概略図,図-6にCO₂透過実験中のポンプAおよびポンプBの流量推移と実験システムの圧力容器内の温度推移を示す.図-6に示すように,CO₂注入開始後1,200分で圧力容器内の温度が39.4℃に到達し,以降は誤差±0.1℃以内を保ちながら計測終了まで推移した.また流量に着目すると,圧力の平衡を保つために流量が上下している場合を除き,約2,600分おきにポンプAとポンプBの流量が交互に30 μl/minを記録し,継続的に実験システム内にCO₂を注入し続けていることが確認できた.一度目のポンプBの注入時間が他の区間よりも短くなっているのは,開始時のポンプB中のCO₂量が全量の6割程度だったためである.

以上の結果より,改良後の実験装置における連続フローシステムの正常な動作を確認し,実験中の温度変化は測定限界値である±0.1℃以内に抑えることができた.

4. おわりに

本研究では,CO₂透過実験において,地下深部条件の温度圧力条件の正確な再現を目標とした実験システム開発のために,従来の実験システムの改良に取り組ん

だ.その結果,圧力容器内の温度条件において,実験中の温度変化を測定限界値まで抑えることができた.また,連続フローシステムの動作を確認し,一週間以上のCO₂透過実験でも,ポンプへの補充をすることなく継続的な実験が可能となった.以上の結果により,長時間のCO₂透過実験を精度良く実施することが可能となると考えられる.

参考文献

- 1) 松尾憲弥: 層理を有するベレア砂岩を用いた定流量条件下でのCO₂透過特性に関する実験的研究

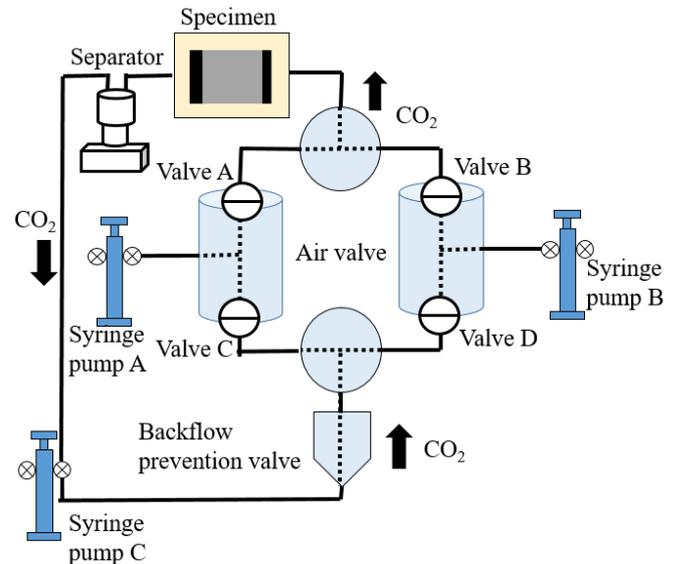


図-4 エアバルブによる連続フローの仕組み

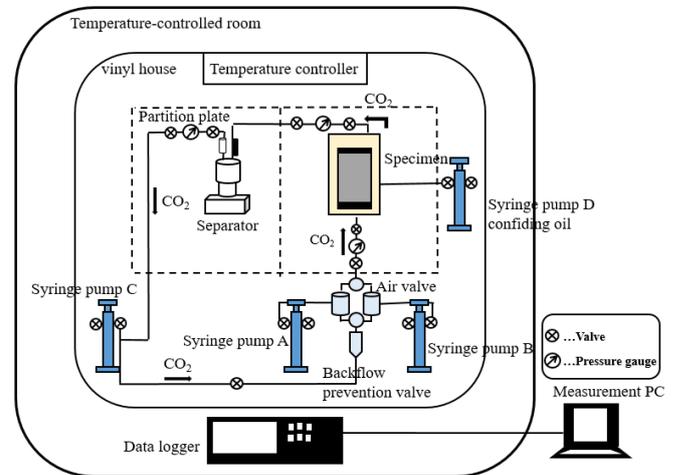


図-5 実験システム概略図

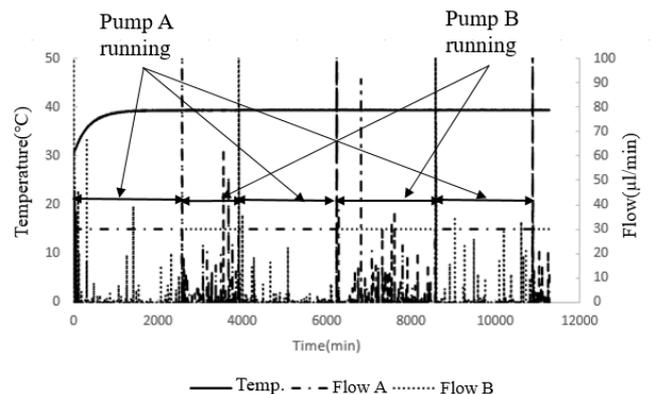


図-6 圧力容器内の温度とポンプの流量推移