

CO₂ 地中貯留安全性評価に関する基礎的研究

長崎大学工学部 正会員 棚橋由彦 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静
 (財)地球環境産業技術研究機構 正会員 李 小春 長崎大学工学部 学生員 〇太田良平

1. はじめに

近年 CO₂ の温室効果による地球温暖化が懸念されるようになった。現在、CO₂ 削減の方法の一つとして CO₂ 地中貯留が提案されている¹⁾。図-1 は CO₂ 地中貯留候補地の分類を示したもので、地層の形状によって Category II から IV まで、貯留容量で rank1 から 3 までに分類している。CO₂ 地中貯留は、このような場所の新第三紀と第四紀の砂岩頁岩互層間で行うことが構想されているが、環太平洋造山帯に位置する日本では地震活動が頻繁であり、断層・活断層の密度が高いことがよく知られている。これらの断層の透水性(逆にシール性)及び力学的性質の把握は、CO₂ 地中貯留の安全性評価に最も重要なファクターと思われる。砂岩頁岩互層間における断層は必ずしも透水係数は大きくないと考えられている。この理由は、塑性のよい頁岩は十分なズレ変位がなければ、割れずに延性的に変形して断層層内に入り込み、断層面上を覆うと考えられ、マクロ的には断層が存在するにもかかわらず、マイクロ的には断層の水理的連続性は小さいので、結果的に断層の一部では透水係数が小さいと考えられる。頁岩のこのような変形過程は smear と呼ばれ、smear の透水性の把握は CO₂ 地中貯留の安全性を評価する上で非常に重要である。本研究では、smear を一面せん断試験³⁾により発生させ、透水性の変化を調べ、CO₂ 地中貯留の安全性評価を試みることを目的とする。

2. 試験概要

(1) 供試体の作成

CO₂ 地中貯留は、砂岩頁岩互層間で行うことが構想されているので、頁岩を砂岩で挟んだ三層をイメージして、供試体を作成した。一般的に砂岩の圧縮強度や弾性係数は頁岩のそれらの 5~10 倍であるため、配合を表-1 のように決定した。

表-1 供試体配合試験(重量比)

試験体	石膏	石灰	砂	水	遅延材	圧縮強度	弾性係数
A(砂岩)	1.00	0.00	1.00	0.29	0.005	26.1MPa	17.1GPa
B(頁岩)	1.00	1.00	0.50	1.12	0.005	2.4MPa	2.0GPa

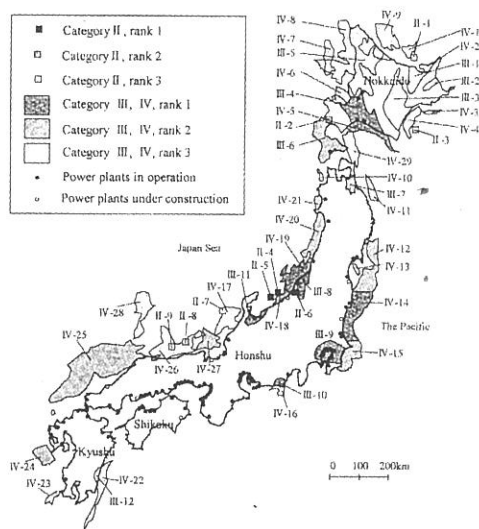
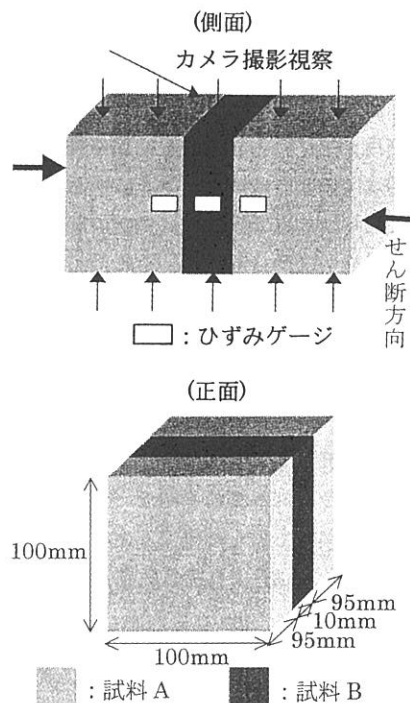
図-1 CO₂ 地中貯留候補地分類²⁾

図-2 一面せん断試験概念図

圧縮強度と弾性係数は二週間養生における数値である。この二つの試料 A、B を用いて、図 2 のような供試体を作成した。

(2) 試験条件

既往研究⁴⁾によると、せん断変位 H を smear 形成の層厚 D で除した H/D が 0.5 から 2.0 の間では、透水性は小さいことがわかっている。今回の実験では D が 10mm であるので、smear を形成しやすいと思われるせん断変位 3、5、8、12、20mm で試験を行った。また、垂直荷重は 3MPa、せん断速度は 0.2mm/min とする。

(3) smear の評価法

現在のせん断試験機では浸透率をリアルタイムで計測できないので、試験中は側面からのビデオ撮影とひずみゲージにより、試験後は供試体を取り出して smear の形成を確認する。

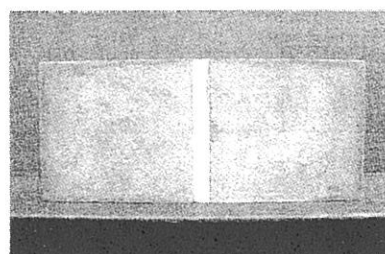
3. 試験結果

図-3 はせん断前とせん断変位 8mm、20mm の一面せん断試験後の供試体写真である。写真を見てわかるように、せん断変位 8mm、20mm どちらの場合も供試体両側の厚い層はせん断により亀裂が発生しているが、真ん中の層には亀裂がほとんど発生していない。さらに、真ん中の層がせん断により延性的に変化していることもわかる。つまり smear の発生が目視により確認できた。図-4 はせん断変位 8mm、20mm に対するせん断変位とせん断応力の関係を示したものである。二つのケースともせん断変位 2mm 前でせん断応力のピーク(5MPa 程度)をむかえ、せん断変位 3mm まではせん断応力が減少し、それ以降はせん断応力 3MPa 程度で延性的挙動を示す。

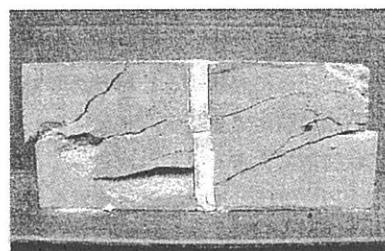
本研究の展開として、試験機の改良を行い、透水性をリアルタイムで計測できるようにする。試験機の改良により、より実現場に近い状況を再現した上で、smear と浸透率の関係を解明し、CO₂ 地中貯留の安全性評価のための基礎データを蓄積していく。

参考文献

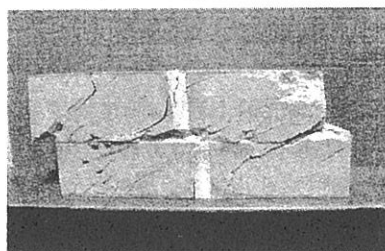
- 1) 小出仁：CO₂ 地中貯留、概要と可能性、地質ニュース 462 号，pp.6-12，1993.
- 2) Tanaka S., Koide H. and Sasagawa A. : Possibility of underground CO₂ storage in Japan, Energy Convers. Mgmt. 36(6-9), pp. 527-530, 1995.
- 3) 棚橋由彦，蔣宇静，溝上建，祐徳泰郎，渡辺秀一：デジタル制御型岩盤不連続面一面せん断試験機の作成と応用，第 56 回土木学会年次学術講演概要集，第 III 部門，CD-ROM，2001.
- 4) 高橋美紀：模擬断層スミアの発達と浸透率変化の関係，資源・素材 2002(熊本)論文集，pp.41-43，2002.



(a)せん断前

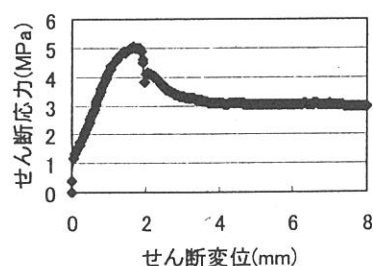


(b) せん断変位 8mm

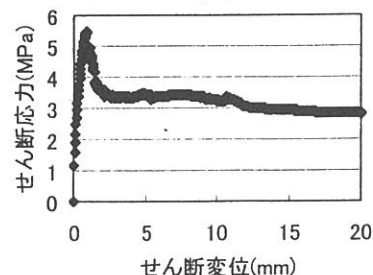


(c) せん断変位 20mm

図-3 smear の形成



(a) せん断変位 8mm



(b) せん断変位 20mm

図-4 せん断変位とせん断応力の関係