

HRE031-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 16:15-18:45

弾性波アクロスと地震計アレーによるCO₂地中貯留の長期連続監視法・そのI Semi-permanent continuous monitoring of the CO₂ sequestration zone using Seismic ACROSS and multi-geophones - Part I

笠原 順三¹, 羽佐田 葉子^{2*}, 鶴我 佳代子³
Junzo Kasahara¹, Yoko Hasada^{2*}, Kayoko Tsuruga³

¹ 静岡大学理学部, ² 大和探査技術株式会社, ³ 東京海洋大学

¹ Univ. Shizuoka, ² Daiwa Exploration and Consulting Co. Ltd, ³ Tokyo Univ. Marine Sci. and Tech.

地中貯留したCO₂に対して環境保全と安全性の観点からその後の状態を常時監視することが求められている。この監視方法には孔井内の連続モニターや3D地震探査の繰り返し法があるが、孔井掘削は高額でありまた孔井の広がりや300m程度であるので広範な場所の監視は難しい問題がある。また3D地震探査の繰り返しによる4D探査はやはり調査費用と震源の再現性に難点がある。本報告では、比較的安い費用でかつ精度を高くCO₂の常時監視を行うため、長期安定な地震波震源として開発されてきた弾性波アクロス震源(ACROSS: Accurately Controlled and Routinely Operated Signal System)を持いた手法について述べる。Part Iではその基本的手法と2Dシミュレーションの結果について述べる。Part IIでは3Dシミュレーションの結果について報告する。地震予知研究を目的とした弾性波アクロスの場合、対象深度は20~30kmと深いプレート境界であるが、CO₂貯留層の監視では空間スケールが数kmであり、検証したい精度は深さと水平方向でともに数10m~数kmと言われている。そこでその要求を達成するためのシミュレーションとアクロスを用いたフィールド実験を行っている。本2Dのシミュレーションでは深さ1kmに水平の長さ50m、厚さ10mの4つのブロックを置いた。周囲の速度は3.5km/s、ブロック中は2.5km/sから2km/sと変化させる。同時に表層の堆積層中にも1%の速度変化を与えた。震源はアクロス1台、受信波形は100m毎に81箇所計算した。15Hzのリッカーウエーブレットの上下加震のシングルソースを用い、有限差分法によりマルチレーサーの波形を計算し、速度変化前と後の差分を取り差分波形を逆伝搬させて、速度変化領域のイメージを試みた。逆伝搬には4個の速度異常域を含む、速度変化前の構造を用いた。均質構造を用いると再現できるイメージはそれほど明瞭なものではないが、異常域の位置はある程度再現できる。表層の影響と震源位置、観測点位置を検討した結果、適切な震源・観測点配置を選び、~20%の速度変化が期待できる場合、1台の地震アクロスで、幅50m、厚さ10m程度の地下の速度変化領域をイメージできる可能性が示唆された。複数の地震アクロスの使用はより良い結果を得るのに有効であろう。2011年2-3月、淡路島において改良型弾性波アクロス(10-50Hz起振、発生力は50Hzで400kN)を用い、100mの深度に注入した空気に対するイメージング試験観測を行っている。

キーワード: CCS, CO₂ 地中貯留, タイムラプス, 弾性波アクロス震源, 逆伝搬

Keywords: CCS, CO₂ sequestration, time lapse, ACROSS, back-propagation, time-reversal

超臨界CO₂を用いた岩石浸透試験装置の開発 An Experimental Equipment for Permeability Using Super-Critical CO₂

小野 正樹^{1*}, 細田 光一¹, 亀谷 裕志², 上堂 蘭 四男¹, 竹島 淳也², 東 宏幸², 平松 晋一²

Masaki Ono^{1*}, Kohichi Hosoda¹, Hiroshi Kameya², Yotsuo Kamidozono¹, Junya Takeshima², Hiroyuki Azuma², Shinichi Hiramatsu²

¹ 応用地質株式会社 コアラボ試験センター, ² 応用地質株式会社 エネルギー事業部

¹OYO Corporation, OYO Core Lab, ²OYO Corporation, OYO Energy Division

CO₂の地層隔離の際に地中の流体流動を予測するためには、相対浸透率などの二相流の浸透特性が必要である。相対浸透率データを得るためには、実質3つの手段が考えられる。すなわち、(1)室内実験による直接測定、(2)毛管圧力データによる推定と(3)フィールドデータからの逆算である。CO₂の地中隔離においては、CO₂による水の非置換部分を表す残留水飽和度が非常に重要な意味を持つが、毛管圧力からこの値を見積もることは不可能であり、フィールドデータについてはCO₂地層隔離のデモンストレーションや油田におけるEORがガス貯蔵等の外には取得することが難しい。したがって、CO₂地中隔離のサイト選定を行うには室内実験による相対浸透率の直接測定が必要である。

室内実験で直接的に相対浸透率を決定するための方法は2種類あり、ひとつは定常法と呼ばれる手法、もうひとつは非定常(置換)法と呼ばれる手法である。

定常法では初期状態として試料を水で飽和させた後、2種類の流体を予め定められた流量比で注入し、流出側の流量比が注入側と等しくなるまで注入を続ける方法である。流入側と流出側の流量比が等しくなった状態で、試料内部は定常流動状態となったと考えられ、その時の飽和度は一定状態に達していると考えられる。この方法では流量比を変えて再度定常状態に達するまで試験を行うことでいっそうの水分を排出させて飽和度を変化させる。完全な相対浸透率のカーブを得るためにはこの手順を継続して繰り返さなければならない。したがって、定常法はかなりの手間と時間を要する試験方法である。

一方で、置換法は比較的簡単で迅速な試験方法である。初期状態では定常法と同様に試料を水で飽和状態とし、ガス(CO₂)だけを試料に注入する。定常法と異なり1種類の流体だけが試料に流入し、2種類の流体が流出することになる。

図.1に相対浸透率試験装置の概略図を示す。この装置を用いることにより、超臨界状態のCO₂による浸透実験を行うことが可能である。CO₂は圧入ポンプ内で加圧され、その後、定温のインキュベータに設置したコアホルダー内部の試料に流入される。コアホルダーの最大圧力容量は50MPa、配管経路の最大圧力容量は25MPaであり、この装置により地下2,000m程度の圧力状況を再現することが可能である。

相対浸透率試験の過程では、2種類の流体が試料から流出する。置換法の場合には、相対浸透率と飽和度の計算のために、それぞれの流体の積算流量を個別に計測する必要がある。2種類の流体は、その密度差によりセパレータ内部で分離し、1種類の流体(通常は、置換側の流体)はセパレータより流出させ、もう片方の流体(被置換側)をセパレータ内部に残留させる。また、背圧ポンプの制御量から総流出体積を求め、セパレータにおける液面変化を計測することにより、個別の流体の積算流量を計算することが可能である。一般にセパレータを用いて液面を計測する手法はいくつか提案されており、1つの方法はセパレータに設置した窓を通した光学的な計測、もうひとつは、差圧計または静電容量計を用いた間接的測定である。高圧のセパレータに観測窓を設置することは、法規制の面からやや難しく、著者らの装置では静電容量計を採用した。

一方で、定常法では主たる実験上の問題は飽和度の正確な計測となる。多くの場合、飽和度は試験後に試料質量を計測することによって直接測定されるか、実験中における試料の比抵抗値やNMR、電磁波の吸収率、X線CTスキャン等で間接的に測定する方法がとられる。この先、ここで紹介した装置を用いて定常法の実験を行う場合には、上記のような方法で飽和度の測定を行う技術の追加が必要である。

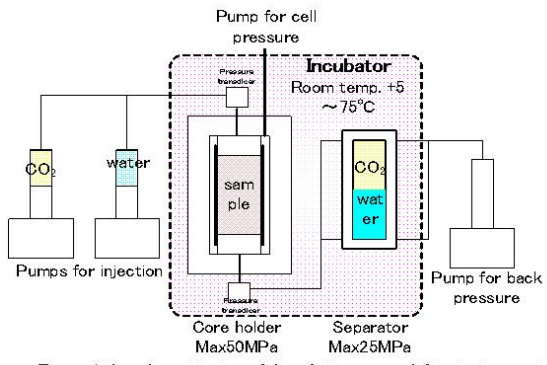


Figure.1 the schematic view of the relative permeability test apparatus

キーワード: CCS, 二相流, 相対浸透率, 室内実験

Keywords: CCS, Two Phase Flow, Relative permeability, laboratory experiment

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



HRE031-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 16:15-18:45

CO₂ 漏洩事象ナチュラル・アナログとしての松代地域（長野県） - フォローアップ調査結果の速報 -

Matsushiro district, Nagano, as a natural analogue of leakage of stored CO₂ - A preliminary report of follow-up study -

奥山 康子^{1*}, 船津 貴弘¹, 萩原 育夫², 吉岡正光², 高本尚彦²

Yasuko Okuyama^{1*}, Takahiro Funatsu¹, Ikuo Hagiwara², Masamitsu Yoshioka², Naohiko Takamoto²

¹産総研地圏資源環境研究部門, ²サンコーコンサルタント株式会社

¹Institute for Geo-Resources and Environm, ²Suncko Consultant, Co. Ltd.

CO₂ 地中貯留では、CO₂ を圧入することによる地盤・岩盤の変形、亀裂系の伸展や再活動、そしてこの種のメカニカルな変化に起因する漏洩が懸念される。この問題は、地質学的変動帯に位置する我が国においては、地中貯留の成立のみならず、この事業が社会的に受け入れられるためにも、事前に影響評価をおこなう手法の確立が急務になっている。しかし貯留・圧入法等の実証試験と異なり、漏洩事象については実験的発現は趣旨として許されない。このため、天然でCO₂ 湧出やそれに関わる地盤・岩盤変位の認められる地域を対象とした「ナチュラル・アナログ」研究を行う必要がある。産総研では、かつて顕著な群発地震活動とともに大量の水やCO₂ の湧出を記録した松代地域（長野県）を対象に、CO₂ 漏洩事象のナチュラル・アナログ研究を行ってきた（當舎ほか、2008）。産総研では平成22年度より経済産業省からの委託研究として「二酸化炭素挙動予測手法開発事業」を実施し、この中で、流体流動-熱輸送-ジオメカニクス（岩石力学）連成シミュレーションにより地下流体圧上昇に原因するCO₂ 漏洩可能性を評価する研究開発を行うこととなった。今回は本委託研究の一環としておこなった松代ナチュラル・アナログ研究でのCO₂ フラックスおよび湧水等の地化学に関する予備的研究の結果を報告する。

キーワード: CO₂ 地中貯留, 漏洩事象, ナチュラル・アナログ, 松代

Keywords: CO₂ geological storage, Leakage, Natural analogue, Matsushiro