

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H01291

研究課題名(和文)非構造的帯水層への炭酸ガス地中貯留実現のための研究

研究課題名(英文)Research for realization of carbon dioxide capture and storage in non-structural aquifer

研究代表者

三谷 泰浩(Mitani, Yasuhiro)

九州大学・工学研究院・教授

研究者番号：20301343

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、非構造的帯水層として考えられる堆積岩を対象として、飽和岩石内でのCO<sub>2</sub>の流動特性、貯留特性を明らかにするための室内実験装置を開発し、室内実験からそのメカニズムを明らかにした。そして、岩石内の貯留の新しい透過・貯留モデルを構築し、そのモデルを実装した数値シミュレーションの開発を行った。その結果、難透過性砂岩中のCO<sub>2</sub>の透過挙動は、選択的経路をとりながら複数回拡幅していくこと、CO<sub>2</sub>は、一様に界面を維持しながら岩石内を侵入するのではなく、分岐しながら岩石内を侵入していくこと、CO<sub>2</sub>が貯留された岩石は、ガストラップによりCO<sub>2</sub>飽和度分布が不均一になることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CO<sub>2</sub>の地中貯留・固定は、構造トラップ、残留ガス、吸着、溶解といったCO<sub>2</sub>地中固定の深化過程があり、これまで、CO<sub>2</sub>貯留に関する様々な実験的研究が行われているが、非構造的帯水層を貯留層としたCO<sub>2</sub>の挙動を解明することができた。特にCO<sub>2</sub>の透過挙動が選択的な透過挙動が生じること、そして貯留されたCO<sub>2</sub>が岩石中にガストラップされることを明らかにすることができたことが大きな学術的意義である。また、この結果は、構造トラップに依存しない我が国の地質環境に応じた独自のCO<sub>2</sub>貯留・固定技術を確立することができる可能性を示すことにつながり、大きな社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a laboratory test apparatus to clarify the flow and storage characteristics of supercritical CO<sub>2</sub> in low permeable sandstone. And the mechanism of flow and storage in low permeable sandstone has been clarified. Furthermore, we constructed a new flow/storage model that considers the mechanism of supercritical CO<sub>2</sub> in rocks, and developed a numerical simulation has been conducted.

As a result, it confirms that CO<sub>2</sub> penetrates low permeable sandstone while branching. It was found that residual gas trapping is the dominant storage mechanism for CO<sub>2</sub> geological sequestration in rocks with low permeability. In addition, it is shown that low permeability sandstone is suitable for Deep Saline Aquifer (DSA) when caprock is not required because it can store a large amount of CO<sub>2</sub> over a long period of time through residual gas trapping.

研究分野：岩盤工学

キーワード：炭酸ガス地中貯留 透過特性 室内実験

1. 研究開始当初の背景

二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) など温室効果ガスに起因する地球温暖化問題が、気候変動に大きな影響を与えるという問題に対して、世界各国は協調・連携し、解決するという共通認識が構築されてきた。

このような社会的背景の中、世界各国で CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage : 二酸化炭素回収貯留技術) プロジェクトが実施されており、日本を含め世界でも様々な取り組みがなされ、CO<sub>2</sub> の地中への圧入の実施には大きな問題はないものと考えられているが、CO<sub>2</sub> が圧入された地層の中でどのような挙動をするのか未知の部分が多く、今後のさらなる研究開発の必要性が指摘されている。

CO<sub>2</sub> 地中貯留は、天然ガスや石油の貯留にその科学的根拠を求めており、長い時間ガスを閉じ込めておくような地質構造がその貯留対象となっている。しかし、変動帯に位置する我が国では、CO<sub>2</sub> の漏洩を防ぐために必要なキャップロックが完全無欠で、かつ、割れ目などからの漏洩箇所が全くないことを証明することは難しい。このような状況の中で、水溶性天然ガスに類似性を求めた非構造性帯水層貯留という考えが提案されている。これは、圧入された CO<sub>2</sub> は非構造性帯水層において、溶解するか気体ないしは超臨界状態の CO<sub>2</sub> として滞留もしくは鉱物に固定化されることになり、地質構造に由来する貯留メカニズムを必要としないことが特徴であり、このような非構造性帯水層への貯留が可能となれば、我が国においても高い貯留可能性が期待される。しかしながら、この貯留方式には、解決すべき課題が残されている。

この課題を解決するためには、貯留層となりうる岩石内での CO<sub>2</sub> の流動・貯留・固定化現象とそのメカニズムを解明し、その現象をシミュレーションするための数値モデルを開発し、シミュレーションにより実現可能性を評価することが必要である。

2. 研究の目的

地殻変動などの影響で変化に富む地質構造を有する我が国において炭酸ガス (CO<sub>2</sub>) の地中貯留を実現するには、欧米などで実施されている構造性帯水層 (キャップロックを有する帯水層) への貯留ではなく、排出源 (日本の場合、沿岸部を想定) 近傍の地下に幅広く分布する非構造性帯水層 (キャップロックを有しない帯水層) へ CO<sub>2</sub> を貯留・固定技術を開発することが事業の採算性の観点からも合理的である。その技術を確認するために、本研究では、比較的透過性の小さい岩石内での CO<sub>2</sub> の流動、貯留、間隙水中への溶解、鉱物固定について室内実験からそのメカニズムを明らかにし、それに基づく新しい貯留性評価モデルを構築し、実規模レベルでシミュレーションを実施し、その実現可能性を評価し、CO<sub>2</sub> の貯留・固定化技術の実現に資することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、非構造性帯水層として考えられる堆積岩を対象として、以下の研究を実施する。

- (1) 岩盤中の地層水を考慮した二相状態での CO<sub>2</sub> の透過・貯留・溶解特性解明のための実験装置の開発
- (2) 岩盤条件、CO<sub>2</sub> の注入条件等の違いによる CO<sub>2</sub> の透過・貯留・溶解特性の実験的解明
- (3) 弾性波・CT を用いた CO<sub>2</sub> の透過・貯留メカニズムの検討
- (4) CO<sub>2</sub> 透過・貯留モデルによるシミュレーション

4. 研究成果

(1) 実験装置の開発

超臨界 CO<sub>2</sub> の透過メカニズムを適切にとらえ、実験をより厳密な条件下で実施可能なシステムを開発した。

具体的な開発点は以下の通りである。

- ① 試料サイズの変更によるセルの改良
- ② 温度制御機能の追加
- ③ 連続フローシステムの採用

開発した実験システムの概要図を図 1 に示す。

(2) 岩盤条件、CO<sub>2</sub> の注入条件等の違いによる CO<sub>2</sub> の流動・貯留・溶解特性

開発した実験装置を用いて、高浸透率砂岩であるベレア砂岩および難透過性堆積岩である相浦砂岩に対し超臨界 CO<sub>2</sub> 注入実験を実施し、試験体両端に生じる圧力差 (差圧) と CO<sub>2</sub> 飽和度 (S<sub>CO<sub>2</sub></sub>) の変化から CO<sub>2</sub> の透過・貯留・溶解挙動について実験

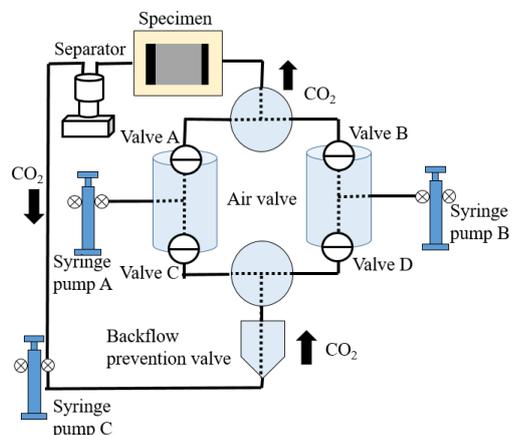


図 1 開発したシステムの概念図

を行った。

実験では、CCSの対象となる深度800~1,200 mの圧力・温度条件（拘束圧20 MPa、間隙圧10 MPa、温度40℃）を再現する。この条件下で注入されるCO<sub>2</sub>は超臨界状態となる。試験体の初期状態は純水飽和とし、間隙圧を10 MPaに設定する。CO<sub>2</sub>注入では、背圧制御用ポンプを定圧10 MPaに設定し、試験体下端面より超臨界CO<sub>2</sub>の注入を行う。注入流量は、ベレア砂岩は0.05 mL/min、難透過性である相浦砂岩は乱流の発生を抑えるために0.01 mL/minとする。排出側にセパレータを設置し、試験体から排出される水の重量を計測することでS<sub>CO<sub>2</sub></sub>の評価を行う。

最初に、ベレア砂岩の試験体1および試験体2に対し流量0.05 mL/minで超臨界CO<sub>2</sub>を注入後、定常となった際の差圧の変化を図2に示す。試験体1の差圧は注入開始後0.5分で15 kPaまで上昇し、その後9 kPaまで低下した後に、20時間から9~14 kPaの間で定常状態となる。試験体2の差圧は注入開始後0.5分で115 kPaまで上昇し、その後57 kPaまで低下した後に、27時間から57~62 kPaの間を上下しながら定常状態となる。定常時の差圧からダルシー則を用いて算出されたCO<sub>2</sub>透過係数、およびセパレータに回収された水量より算出されたS<sub>CO<sub>2</sub></sub>を表1に示す。試験体1と試験体2を比較すると、CO<sub>2</sub>透過係数は透水係数と同じく1オーダーの差があり、CO<sub>2</sub>の透過性は試験体1の方が高い。一方でS<sub>CO<sub>2</sub></sub>は試験体2が試験体1の2.81倍となっている。このことから、注入方向に対して平行な葉理を持つ試験体1ではCO<sub>2</sub>の透過性が大きくなり、垂直な葉理を持つ試験体2ではCO<sub>2</sub>の貯留性が大きくなると考えられる。

次に、相浦砂岩に対し流量0.01 mL/minで超臨界CO<sub>2</sub>を注入後、定常となった際の差圧の変化を図3に示す。また、注入回数ごとの差圧（ピーク値および定常値）、定常時の差圧からダルシー則を用いて算出したCO<sub>2</sub>透過係数を表2に示す。初回の注入時、CO<sub>2</sub>は24時間で試験体の上端に到達し、633 kPaのピーク値を示す。その後、差圧は下降に転じて132 kPaで定常状態に至る。2回目注入は、初回注入と比較して、差圧の定常値とピーク到達時刻が減少し、3回目注入は、それらの値がさらに減少する。その後、4回目注入では、3回目注入時とピーク到達時刻が一致し、差圧の定常値が50 kPaで収束したため、注入を終了した。定常時のCO<sub>2</sub>透過係数は、注入を重ねるごとに大きくなり、3回目以降変化は生じなかった。

### (3) 弾性波・CTを用いたCO<sub>2</sub>の透過・貯留メカニズムの検討

地中に貯留されたCO<sub>2</sub>は経過時間によって、「構造トラップ」、「残留ガストラップ」、「溶解トラップ」、「鉱物化」の順に貯留形態が変化する。このCO<sub>2</sub>の透過・貯留メカニズムを明らかにするために、超臨界CO<sub>2</sub>注入実験において、岩石の2次元断面全体の弾性波速度をモニタリングし、CO<sub>2</sub>注入に伴う弾性波速度の経時変化を明らかにする。さらに、CO<sub>2</sub>注入実験後に水注入実験を行い残留ガストラップの評価を実施し、難透過性砂岩における4つのCO<sub>2</sub>貯留形態を明らかにする。

実験では、直径50 mm、高さ100 mmの円柱に成形した純水飽和状態の相浦砂岩（空隙率13.6%、単位体積重量2.37 g/cm<sup>3</sup>、透水係数2.05×10<sup>-8</sup> cm/s）に対してCO<sub>2</sub>地中貯留における貯留層の圧力および温度条件（拘束圧20 MPa、初期間隙圧10 MPa、温度40℃）を再現し、CO<sub>2</sub>を充填した注入用ポンプを一定流量0.01 mL/min、拘束圧制御用ポンプを定圧10 MPaに設定し、試験体下端よりCO<sub>2</sub>を注入する。実験後に、注入側配管のバルブを閉めて、試験体両端に生じる圧力差（差圧）を0 kPaに戻す。そして、注入用ポンプと

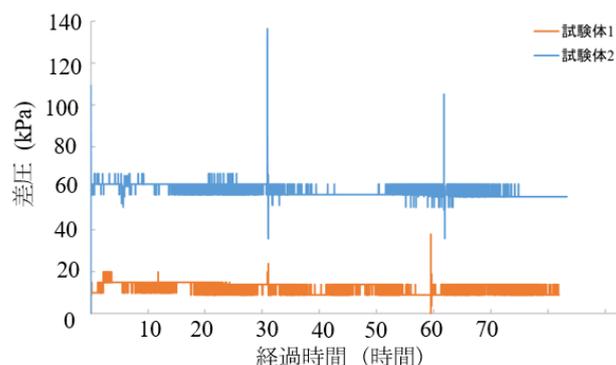


図2 ベレア砂岩における差圧変化

表1 ベレア砂岩におけるCO<sub>2</sub>透水係数およびS<sub>CO<sub>2</sub></sub>

	試験体1	試験体2
CO <sub>2</sub> 透過係数 (cm/s)	0.90×10 <sup>-8</sup>	1.18×10 <sup>-7</sup>
S <sub>CO<sub>2</sub></sub> (%)	10.2	28.6

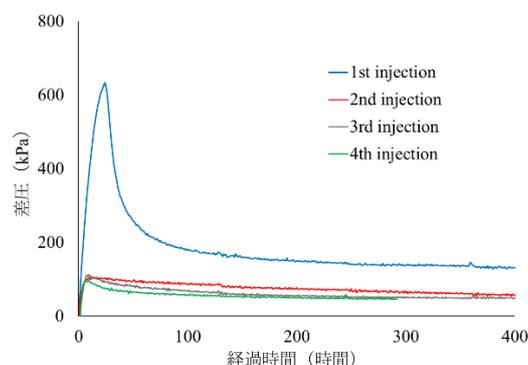


図3 相浦砂岩における差圧変化

表2 CO<sub>2</sub>注入回数ごとの差圧およびCO<sub>2</sub>透過係数

CO <sub>2</sub> 注入回数	ピーク値 [kPa]	ピーク到達時刻 (時間)	定常値 [kPa]	CO <sub>2</sub> 透過係数 [cm/s]
1	633	24	132	2.17×10 <sup>-8</sup>
2	106	13	58	4.93×10 <sup>-8</sup>
3	114	9	50	5.72×10 <sup>-8</sup>
4	97	9	50	5.72×10 <sup>-8</sup>

4回目注入では、3回目注入時とピーク到達時刻が一致し、差圧の定常値が50 kPaで収束したため、注入を終了した。定常時のCO<sub>2</sub>透過係数は、注入を重ねるごとに大きくなり、3回目以降変化は生じなかった。

注入側配管内の CO<sub>2</sub> を排出して真空引きを行った後、注入用ポンプと注入側配管内に水を充填する。注入圧が 10 MPa で安定したことを確認後、注入用ポンプを一定流量 0.01 mL/min に設定し、注入側配管のバルブを開けて、試験体下端より水を注入する。CO<sub>2</sub> 注入実験および水注入実験は、差圧の定常値が一定となるまで行う。

超臨界 CO<sub>2</sub> 注入実験では、差圧は、実験開始後 9 時間で CO<sub>2</sub> が試験体下端に到達し、その後、CO<sub>2</sub> は試験体内へ侵入し、23 時間で試験体の上端に到達（ブレイクスルー）し、その後、差圧は下降に転じて、193 時間と 459 時間で差圧が急下降し、502 時間で定常状態に至る。また、セパレータ重量から、試験体全体の CO<sub>2</sub> 飽和度を算出した結果、ブレイクスルーが生じた 23 時間は 0.299、差圧が定常となった 502 時間は 0.39 であった。差圧が複数回減少した結果から、CO<sub>2</sub> を長時間注入することで、CO<sub>2</sub> 流路は複数回拡張すると推測される。また、**図 4** に示す  $V_p$  分布の時間変化 480 時間における  $V_p$  分布図では、Ch.1 と Ch.9 の中間地点および Ch.14~16 周辺で  $V_p$  減少がみられた。

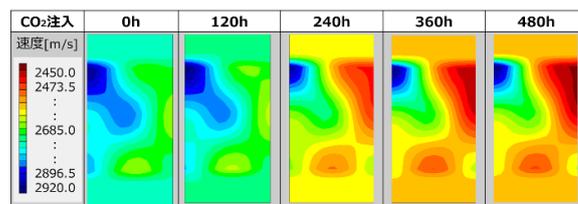


図 4  $V_p$  分布の時間変化 (CO<sub>2</sub> 注入実験)

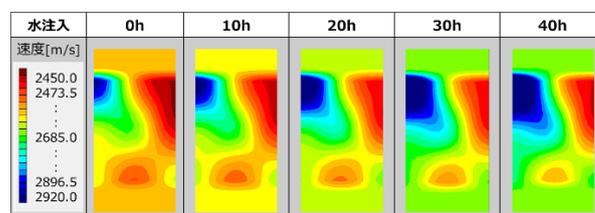


図 5  $V_p$  分布の時間変化 (水注入実験)

超臨界 CO<sub>2</sub> 注入実験後に実施した水注入実験では、差圧は、水注入後 4 時間で水が試験体下端に到達し、114 kPa を示す。その後、水は試験体内へ侵入し、12 時間で試験体の上端に到達し、2,818 kPa を示す。その後、差圧は下降に転じて、47 時間で定常状態に至り、1,536 kPa を示す。セパレータ重量から、試験体全体の CO<sub>2</sub> 飽和度を算出した結果、差圧が定常となった 47 時間は 0.36 であった。

実験終了時に Ch.8 以外のチャンネルで  $V_p$  変化率が一致した結果から、CO<sub>2</sub> が貯留された岩石に水注入して、定常流になったとき、排出面付近を除いた試験体の CO<sub>2</sub> 飽和度分布は均一になることが明らかになった。また、40 時間における  $V_p$  分布図では、**図 5** に示すように CO<sub>2</sub> 注入で  $V_p$  が著しく減少していた領域は、 $V_p$  の変化があまり見られないのに対して、その他の領域は  $V_p$  が均一になった。この結果から、注入された水の流路は CO<sub>2</sub> 飽和度を均一にすると考えられる。

以上の結果から、超臨界 CO<sub>2</sub> 注入後および水注入後の試験体全体の CO<sub>2</sub> 飽和度の結果から、難透過性砂岩内に貯留された CO<sub>2</sub> のうち、残留ガストラップの比率は、以下となる。

$$\frac{S_{CO_{2r}}}{S_{CO_{2i}}} = 0.928$$

$$\left( \begin{array}{l} S_{CO_{2r}} : \text{水注入後の試験体全体の CO}_2 \text{飽和度} \\ \quad \text{(残留ガストラップ)} \\ S_{CO_{2i}} : \text{CO}_2 \text{注入後の試験体全体の CO}_2 \text{飽和度} \\ \quad \text{(試験体内に貯留された CO}_2 \text{)} \end{array} \right)$$

このように、難透過性砂岩における残留ガストラップの比率は、帯水層貯留の基準として用いられるベレア砂岩 ( $S_{CO_{2r}}/S_{CO_{2i}} = 0.6$ ) より大きいことから、難透過性砂岩は残留ガストラップの比率が高いことが明らかとなった。

溶解トラップについて、圧力 10 MPa、温度 40°C における純水に対する CO<sub>2</sub> の溶解度は 2.09 である。このことから、試験体中で CO<sub>2</sub> は、試験体の空隙を飽和する水に最大 0.558 mL 溶解することとなる。

また、実験前の試験体断面と水注入実験後の注入側の試験体断面を、SEM を使用して元素分析を行った。元素分析の結果、炭酸塩の生成は確認できておらず、本実験で実施した約 500 時間のタイムスケールの実験では、難透過性砂岩に貯留された CO<sub>2</sub> の各トラップの比率は、以下となる。

$$r_{st} : r_{re} : r_{so} : r_{mi} = 0.068 : 0.881 : 0.051 : 0$$

$$\left( \begin{array}{l} r_{st} : \text{構造トラップの比率} \\ r_{re} : \text{残留ガストラップの比率} \\ r_{so} : \text{溶解トラップの比率} \\ r_{mi} : \text{鉱物化の比率} \end{array} \right)$$

以上の結果から、難透過性砂岩は、多くの CO<sub>2</sub> を残留ガストラップにより保持することが可能であることがわかった。これは、長期的な CO<sub>2</sub> 地中貯留に際し、保持された CO<sub>2</sub> と地下水との地科学的な反応に期待で

きることから、より多くのCO<sub>2</sub>が安全に地下固定できるといえる。

(4) CO<sub>2</sub>透過・貯留モデルによるシミュレーション

試験体内のCO<sub>2</sub>挙動を再現する流路予測シミュレーションに、インバージョンパーコレーションを用いる。インバージョンパーコレーションは多孔物質中の一つの流体を他の流体に置き換える過程をモデル化した動的パーコレーションであり、石油と水の置換流動などに用いられる。毛管圧は空隙径が小さいと高くなるため、最も小さな毛管圧を持つ孔に流体が侵入する現象を利用して、空隙を与えた空隙分布モデルを作成する。CO<sub>2</sub>が最も大きな径を選択し透過するアルゴリズムを与えることで、CO<sub>2</sub>の試験体への透過開始から上端到達までの流路を再現するシミュレーションを実施する。ここでは、1つのメッシュにCO<sub>2</sub>が透過する過程を1STEPとする。シミュレーションに用いる空隙分布モデルとして、試験体の実験前後において産業用X線CT (TOSCANER-20000, 東芝ITコントロールシステム) で撮影した試験体画像を用いる。図6に示す6つの断面に対して、乾燥状態と水飽和状態のCT値の差分を取得し、シミュレーションで用いる132×66ピクセルに空隙分布を割り振ることでモデルを作成する。なお、シミュレーションは、前述した相浦砂岩による実験結果に対して実施する。

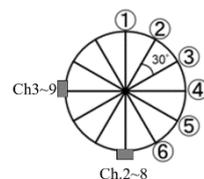


図6 X線CTの撮影断面

相浦砂岩の各撮影断面における空隙分布モデル、およびシミュレーション結果を図7に示す。いずれも上部への透過が卓越した挙動を示しているが、断面によって透過経路およびメッシュ占有率が異なる結果を示した。このことから、実際の透過挙動においてはこれらが複合した流路を形成すると考えられる。また、各シミュレーションの透過経路は、空隙分布モデルの中央の領域に広がっている。このことから、相浦砂岩に注入されたCO<sub>2</sub>は試験体中央の領域を主経路として透過し、その後周方向に流路が増加することで選択的な透過挙動を示すと考えられる。この現象は、前述した実験結果における弾性波速度分布の傾向と合致しており、本シミュレーション手法により、超臨界CO<sub>2</sub>の透過挙動を再現できていると考えられる。

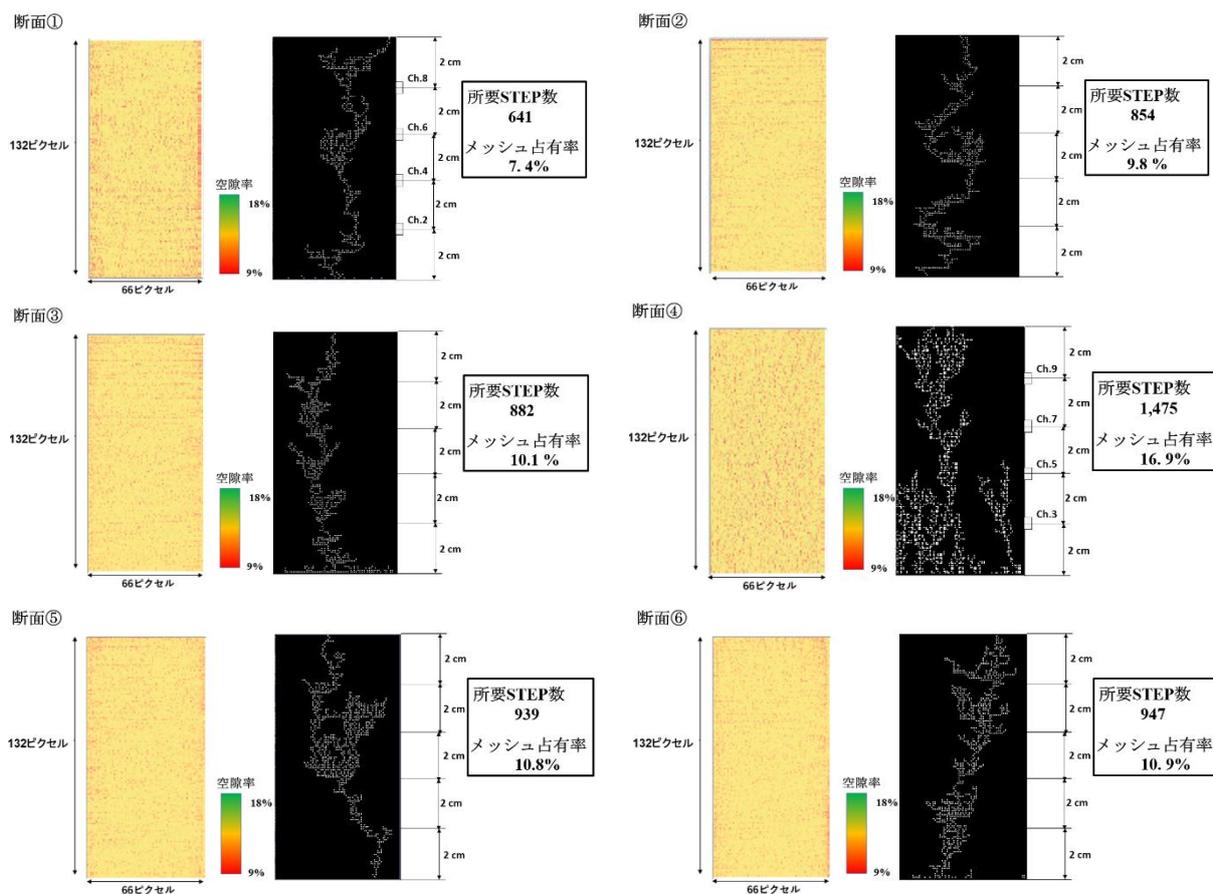


図7 相浦砂岩における空隙分布モデルおよびシミュレーション結果

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Akira Sato, Haowen Tang	4. 巻 9(1)
2. 論文標題 Analysis of Ore Pass Hang-Ups in Long Vertical Ore Passes by 3-D DEM	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Mining Engineering and Mineral Processing	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5923/j.mining.20200901.01	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Keigo Kitamura*, Hiroyuki Honda, Osamu Nishizawa, and Yasuhiro Mitani	4. 巻 107,103228
2. 論文標題 Capillary number impacts on geophysical parameter estimation of CO <sub>2</sub> -brine flow in porous sandstone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Greenhous Gas Control	6. 最初と最後の頁 CD
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Akira Sato, Jyuntaro Nishizono, Kentaro Fujita and Michiyo Obata	4. 巻 59
2. 論文標題 Verification of the Inhibitory Effect of the Aquo-Siloxane Method on Material Migration in Porous Rock using the $\mu$ -Focus X-ray Computed Tomography Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 1731-1738
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2320/matertrans.M-M2018840	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Akira Sato and Yuzo Obara	4. 巻 191
2. 論文標題 Analysis of pore structure and water permeation property of a shale rock by means of X-ray CT	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Procedia Engineering	6. 最初と最後の頁 666-673
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.proeng.2017.05.230	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akira Sato, Minami Egashira, Michiyo Obata	4. 巻 8
2. 論文標題 Evaluation of Preservation Effect by Aquo-Siloxane Method towards Water Permeation and Material Diffusion into Porous Rocks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials Science and Applications	6. 最初と最後の頁 419-435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/msa.2017.86029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hiroyuki Honda, Keigo Kitamura, Shinnosuke Takaki, Hiro Ikemi, Yasuhiro Mitani	4. 巻 14
2. 論文標題 Measurement of Electrical Impedance and P-wave Velocity of a Low Permeable Sandstone Core During the Displacement of Saturated Brine by CO2 Injection	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Energy Procedia	6. 最初と最後の頁 4879-4885
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.egypro.2017.03.1629	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keigo Kitamura, Hiroyuki Honda, Sinnosuke Takaki, Masamichi Nishihara, Kenneth T.Christensen, Yasuhiro Mitani	4. 巻 14
2. 論文標題 Experimental Study of Two-phase Fluid Flow in the Porous Sandstone by P-wave Velocity and Electrical Impedance Measurement	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Energy Procedia	6. 最初と最後の頁 4948-4953
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.egypro.2017.03.1636	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 黒木貴一, 後藤健介, 池見洋明
2. 発表標題 写真解析におけるGNSS受信機の座標計測効果
3. 学会等名 日本応用地質学会研究発表会講演論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒木貴一, 池見洋明, 後藤健介, 宗建郎
2. 発表標題 桜島東麓の火山山麓の地形面区分
3. 学会等名 日本地理学会発表要旨集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 拓実, 佐藤晃
2. 発表標題 立坑払出口形状を考慮したDEMによる立坑閉塞現象の分析
3. 学会等名 資源・素材学会九州支部「若手研究者および技術者の研究発表会」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤晃, 森拓実, 小畑三千代, 松下由香里
2. 発表標題 風化岩石を対象とした水分移行特性改善効果の評価
3. 学会等名 第15回岩の力学国内シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中滉大, 佐藤晃
2. 発表標題 鉱石投入に伴う露天掘鉱山立坑壁面破壊プロセスシミュレーション
3. 学会等名 資源・素材学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 舟津薫輝, 三谷泰浩, 本田博之, 谷口寿俊, 北村圭吾, 八木裕之
2. 発表標題 ペレア砂岩の葉理に対するCO2透過の異方性に関する研究
3. 学会等名 第15回岩の力学国内シンポジウム講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八木裕之, 三谷泰浩, 本田博之, 谷口寿俊, 舟津薫輝
2. 発表標題 難透過性砂岩への超臨界CO2繰返し注入条件下におけるCO2透過特性に関する研究
3. 学会等名 令和2年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増岡健太郎, 山本肇
2. 発表標題 ペレア砂岩を対象とした空隙スケールでの水-空気多相流解析の試み
3. 学会等名 令和元年度土木学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大久保裕一, 三谷泰浩, 北村圭吾, 谷口寿俊, 舟津薫輝, 松尾憲弥
2. 発表標題 低浸透率砂岩の超臨界CO2透過挙動に関する実験的研究
3. 学会等名 令和元年度土木学会西部支部講演発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 舟津薫輝, 三谷泰浩, 北村圭吾, 松尾憲弥, 大久保裕一
2. 発表標題 多様な岩石の超臨界CO <sub>2</sub> 透過実験を実現するための新しい実験システムの開発
3. 学会等名 第47回岩盤力学に関するシンポジウム講演集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akira Sato, Kentaro Fujita
2. 発表標題 Analysis of Two-Phase Flow in Low Permeable Porous Rocks aimed for Establishing Small Scale and Regional CCS
3. 学会等名 YSRM2019 & REIF2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Sato, Kentaro Fujita, Yukari Matsushita, Michiyo Obata
2. 発表標題 Preservation Effect of Aquo-Siloxane Method Towards Weathered Rock Materials
3. 学会等名 YSRM2019 & REIF2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田賢太郎, 佐藤晃
2. 発表標題 天草下浦石の風化とAquo-Siloxane法による水分移行特性改善効果の評価
3. 学会等名 令和元年度資源・素材学会九州支部「若手研究者および技術者の研究発表会」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Sato and Haowen Tang
2. 発表標題 Effect of Cross-Sectional Shapes of Vertical Ore Paths on Ore Path Hang-ups by 3D-DEM
3. 学会等名 Effect of Cross-Sectional Shapes of Vertical Ore Paths on Ore Path Hang-ups by 3D-DEM (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keigo Kitamura, Hiroyuki Honda, Kenya Matsuo, Hiro Ikemi and Yasuhiro Mitani
2. 発表標題 Monitoring CO2 penetration and storage in the brine-saturated low permeable sandstone by the geophysical exploration technologies
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keigo Kitamura, Hiroyuki Honda, Kenya Matsuo, Hiro Ikemi and Yasuhiro Mitani
2. 発表標題 Impact of CO2 injection speed on CO2 behaviour in two types of sandstone
3. 学会等名 GHGT14 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keigo Kitamura, Hiroyuki Honda, Hiro Ikemi and Yasuhiro Mitani
2. 発表標題 Effect of CO2 injection speed and pore structure on CO2 behaviour in two types of sandstone
3. 学会等名 AOGS 15th Annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keigo Kitamura , Hiroyuki Honda, Hiro Ikemi and Yasuhiro Mitani
2. 発表標題 Vp monitoring for channel formations of CO2-brine flow in two different types of sandstones
3. 学会等名 JpGU2018 ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田賢太郎, 西園隼太郎, 唐皓文, 佐藤晃
2. 発表標題 Aquo-Siloxane法の岩石を対象とした水分・物質移行抑制効果の経時変化
3. 学会等名 平成30年度資源・素材学会九州支部「若手研究者および技術者の研究発表会」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本裕之, 内田景己, 佐藤努, 佐藤晃, 鮎沢潤, 未永弘
2. 発表標題 釧路地方の岩層メタンガスについて
3. 学会等名 平成30年度資源・素材学会北海道支部 総会および春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田賢太郎, 西園隼太郎, 唐皓文, 佐藤晃
2. 発表標題 Aquo-Siloxane法の岩石を対象とした水分・物質移行抑制効果の経時変化
3. 学会等名 第39回西日本岩盤工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kentaro Fujita and Akira Sato
2. 発表標題 Verification of the Preservation Effect of the Aquo-Siloxane Method towards Porous Rock Materials
3. 学会等名 Engineering Workshop 2018 in Kumamoto (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松尾憲弥, 三谷泰浩, 池見洋明, 谷口寿俊, 北村圭吾
2. 発表標題 ベレア砂岩中の葉理が超臨界CO2透過挙動に与える影響に関する実験的研究
3. 学会等名 第39回西日本岩盤シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 舟津薫輝, 三谷泰浩, 池見洋明, 谷口寿俊, 北村圭吾, 松尾憲弥
2. 発表標題 地下深部条件を再現するCO2透過実験システムの開発
3. 学会等名 平成30年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾憲弥, 三谷泰浩, 池見洋明, 谷口寿俊, 北村圭吾, 本田博之
2. 発表標題 層理を有するベレア砂岩を用いた低流量条件下でのCO2透過特性に関する実験的研究
3. 学会等名 土木学会西部支部発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今里光紀, 本田博之, 三谷泰浩, 池見洋明, 北村圭吾
2. 発表標題 難透水性岩石中におけるCO2透過の長期挙動に関する実験的研究
3. 学会等名 西日本岩盤力学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 今里光紀, 三谷泰浩, 池見洋明, 本田博之, 北村圭吾
2. 発表標題 難透過性岩石中における超臨界CO2の透過挙動解明のための実験的研究
3. 学会等名 第45回岩盤力学に関するシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keigo Kitamura, Hiroyuki Honda, Shinnosuke Takaki, Mitsunori Imasato, Yasuhiro Mitani
2. 発表標題 Impact of fluid injection velocity on CO2 saturation and pore pressure in porous sandstone
3. 学会等名 European Geosciences Union General Assembly 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keigo Kitamura, Hiroyuki Honda, Shinnosuke Takaki, Mitsunori Imasato, Yasuhiro Mitani
2. 発表標題 Impact of the injection speed on CO2 saturation and pore pressure
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西園隼太郎, 佐藤 晃
2. 発表標題 白亜紀層釧路頁岩の広域的な透水性・空隙構造の評価
3. 学会等名 平成29年度資源・素材学会九州支部「若手研究者および技術者の研究発表会」
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	増岡 健太郎 (Masuoka Kentaro)  (10393711)	大成建設株式会社技術センター・その他部局等・課長代理  (92702)	
研究分担者	山本 肇 (Yamamoto Hajime)  (10417090)	大成建設株式会社技術センター・その他部局等・チームリーダー  (92702)	
研究分担者	佐藤 晃 (Sato Akira)  (40305008)	熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・准教授  (17401)	
研究分担者	北村 圭吾 (Kitamura Keigo)  (60618825)	九州大学・工学研究院・学術研究員  (17102)	
研究分担者	池見 洋明 (Ikemi Hiroaki)  (90380576)	日本文理大学・工学部・准教授  (37501)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	本田 博之  (Honda Hiroyuki)  (40894001)	九州大学・工学研究院・助教    (17102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関