



CO₂と水の注入による地下岩体フラクチャリングプロセスを予測する 大規模数値シミュレーションとCO₂活用型地熱発電への展開

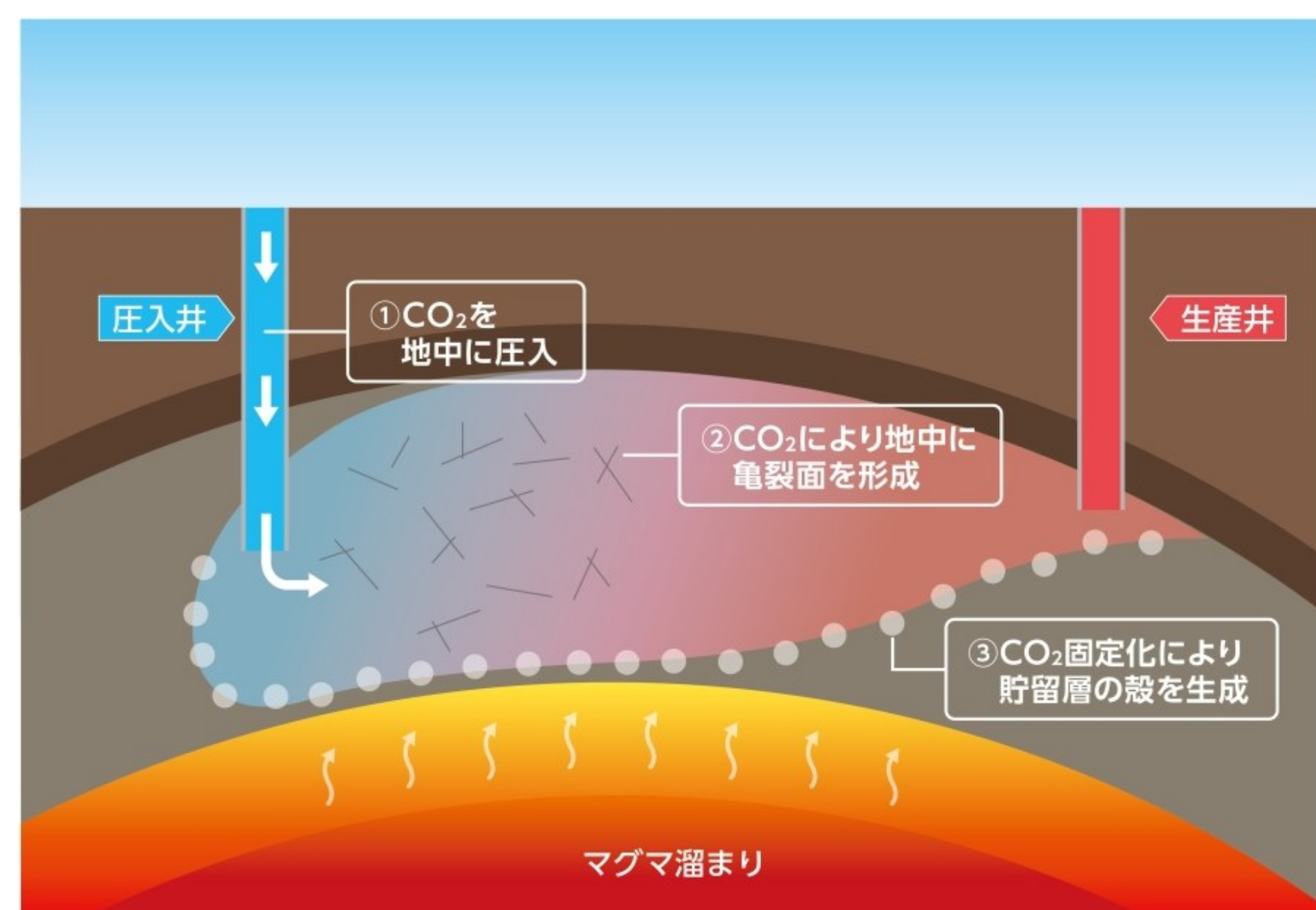
* 緒方 奨、福田 大祐、Gyeongjo Min、安福 健祐

※大阪大学大学院工学研究科 附属フューチャーイノベーションセンター・准教授(若手卓越教員)

1. カーボンリサイクルCO₂地熱発電

日本にとって、地熱発電は魅力的な再生可能エネルギー(世界三位の資源量)だが、発電量割合は国の電力供給全体の1%以下
地熱発電を促進する新技術～カーボンリサイクルCO₂地熱発電

CO₂を利用した人工貯留層形成のしくみ



出典: https://www.jogmec.go.jp/publish/plus_vol03.html

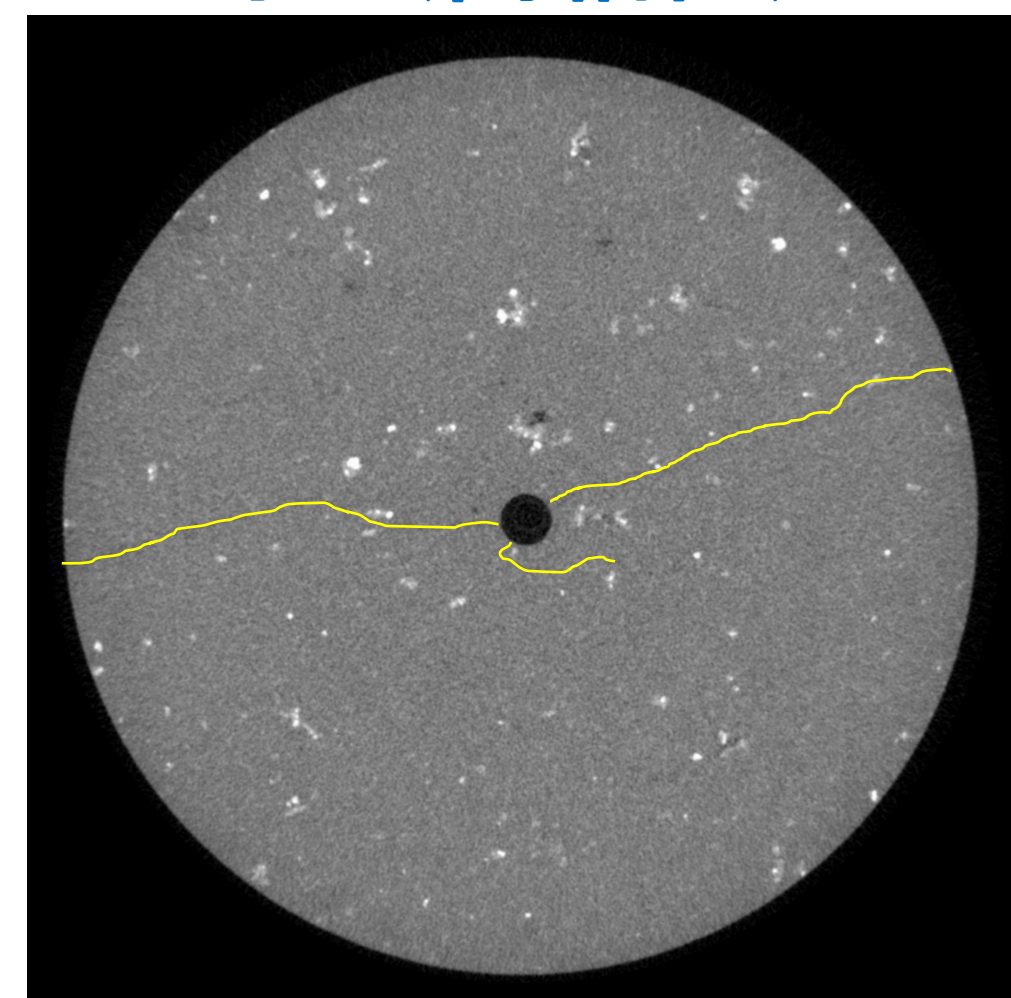
CO₂の地下高温岩体への圧入に伴う岩石破碎により地熱貯留層を造成し、その貯留層にCO₂を流通・加熱させて回収し発電を行う。
⇒地熱抽出に適した貯留層造成法(CO₂を用いた岩石破碎)必須

2. 研究経緯(実験・数値解析より最適な岩石破碎法開発)

(a)地熱環境を模擬した室内でのフラクチャリング実験

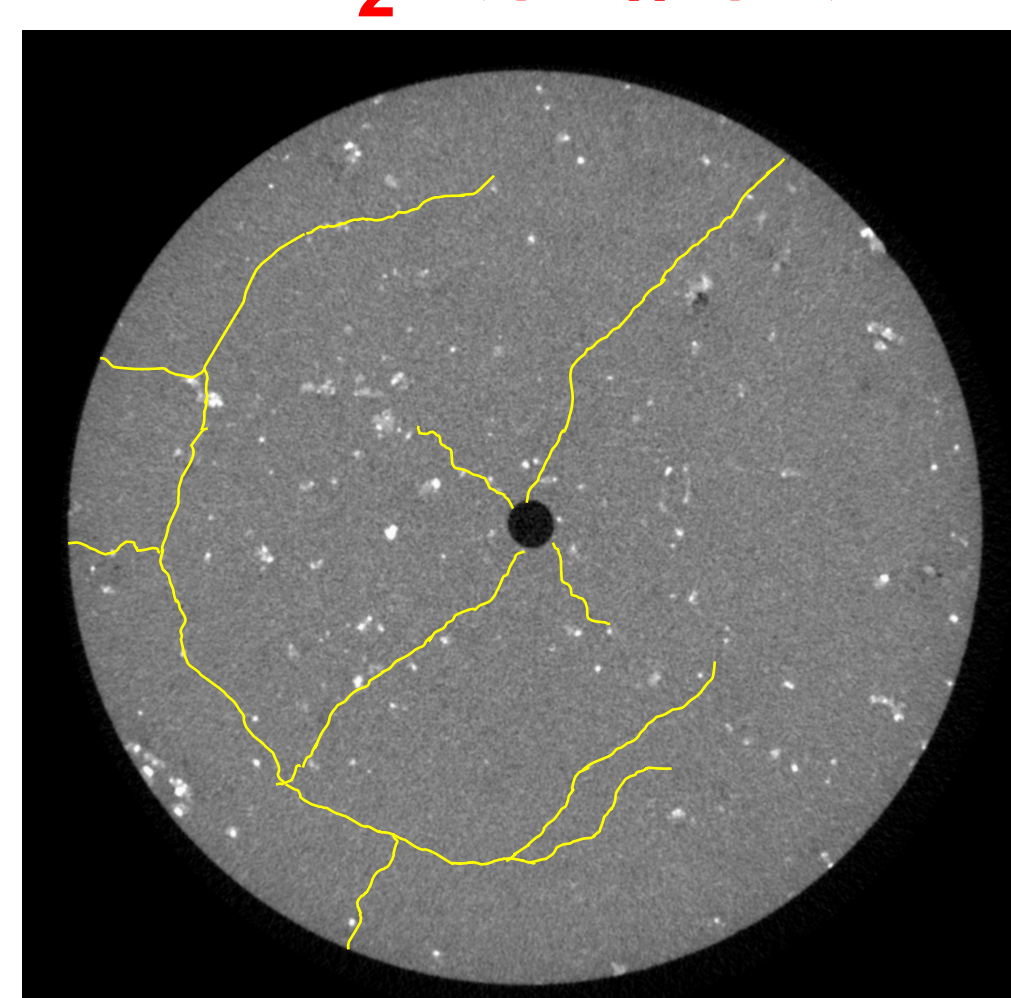
圧入流体の粘度により岩石破碎の特徴が変化

水 (高粘性)



- ・破碎に要する圧力が高い
- ・単純なき裂パターン形成
- ・き裂の開口量が大きい

CO₂ (低粘性)

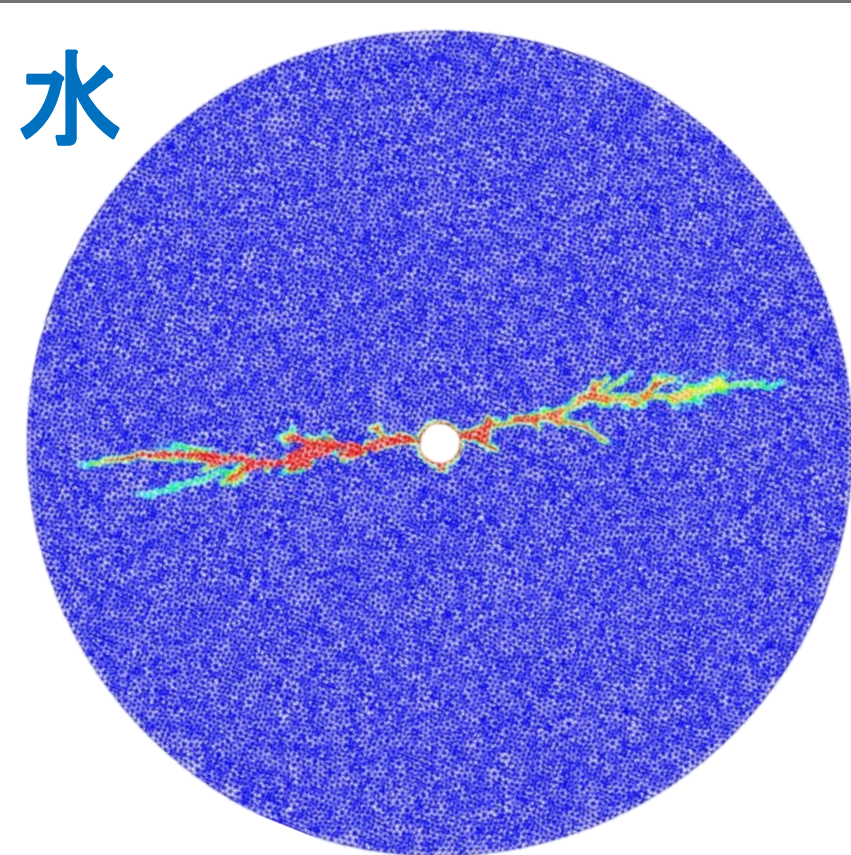


- ・破碎に要する圧力が低い
- ・複雑なき裂パターン形成
- ・き裂の開口量が小さい

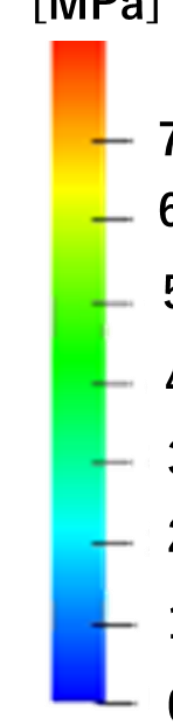
(b) 室内実験を模擬した数値シミュレーション

数値解析を通じて流体により異なる破碎機構を解明

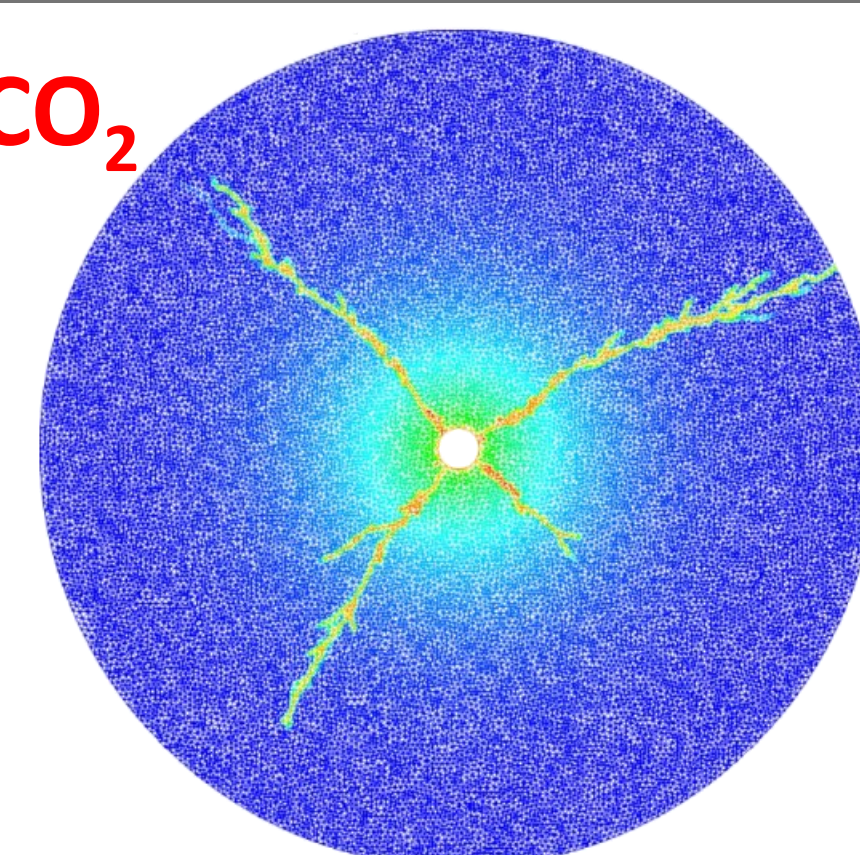
水



流体圧
[MPa]

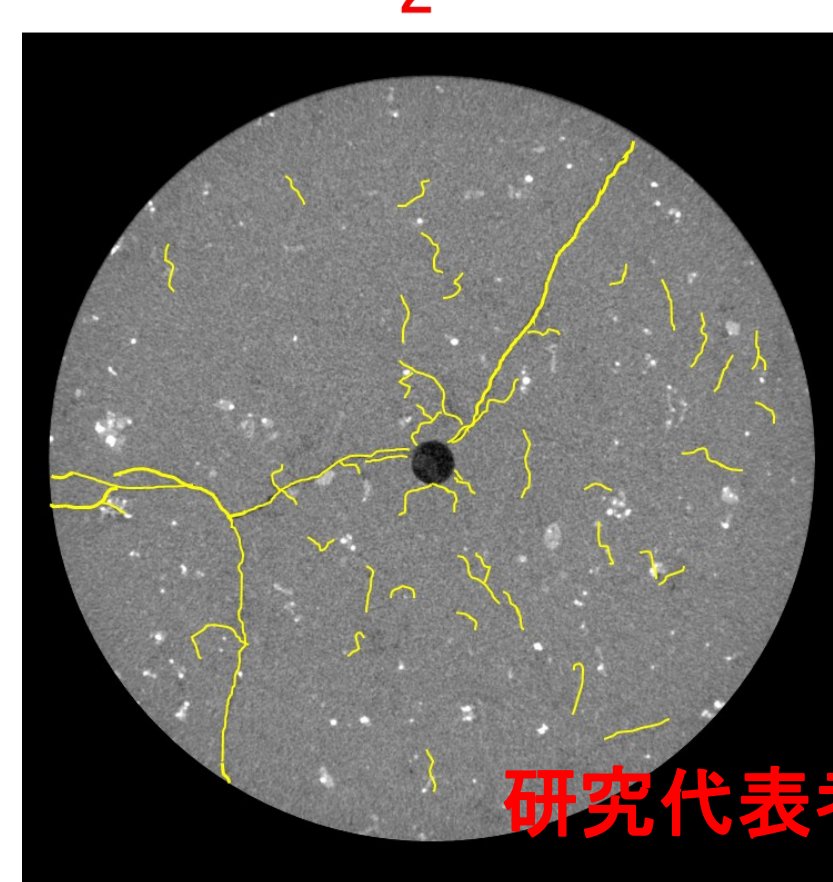


CO₂

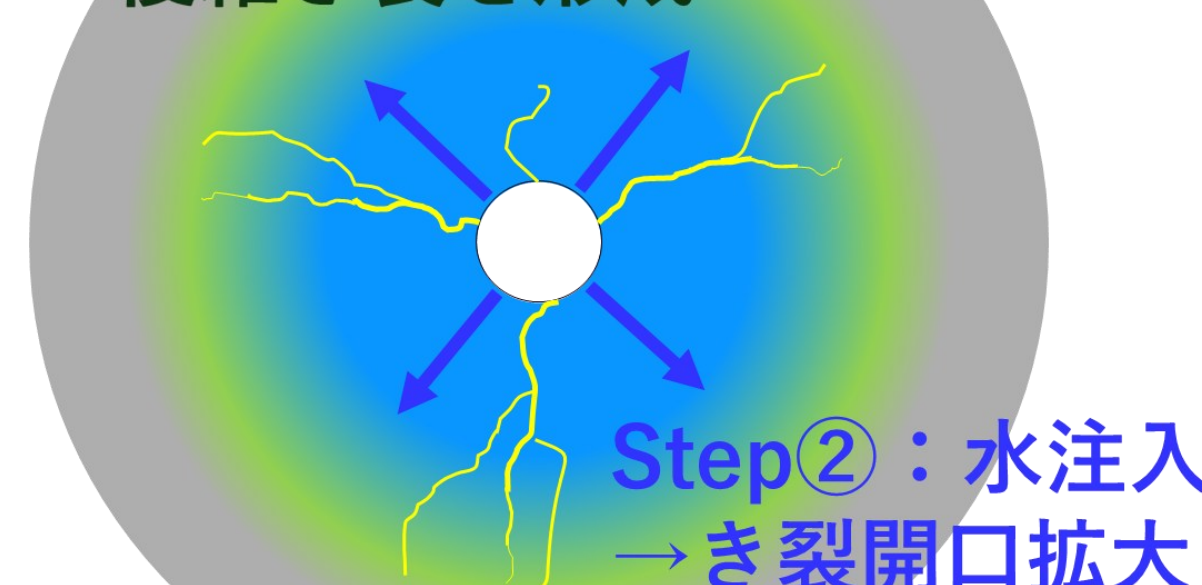


(c)CO₂と水を組み合わせた破碎法開発(地熱抽出に最適)

CO₂ & 水



Step①: CO₂注入
→複雑なき裂を形成



研究代表者らの最新の成果

水のみを用いていた一般的なフラクチャリングよりも複雑性や浸透性に優れたき裂ネットワークを少ない刺激で岩石中に造成

3. 研究目的

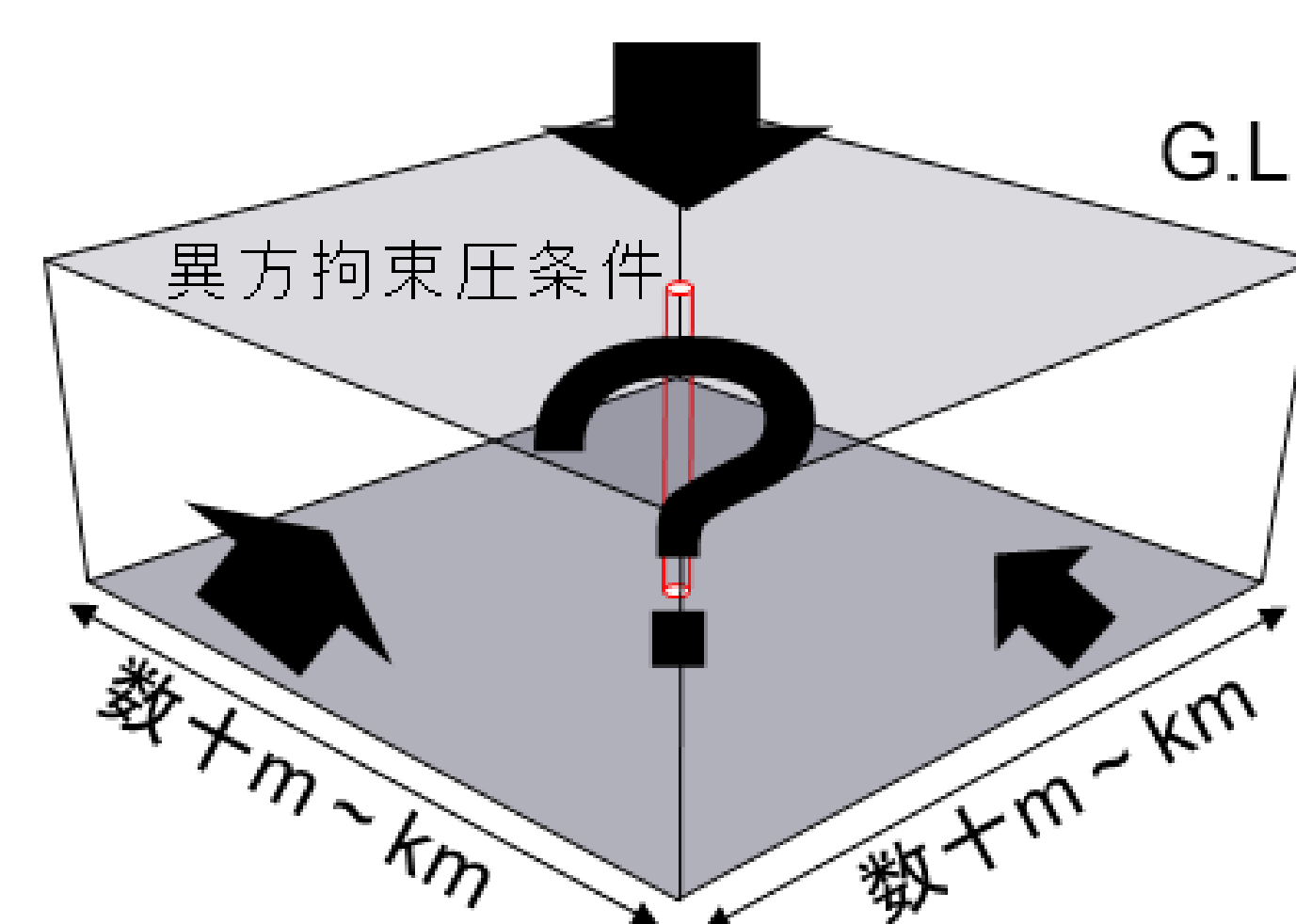
■課題

火山岩内にCO₂を先行注入した後に続けて水を注入することでCO₂のみを用いた場合の問題点を水の機能で補うことのできる世界初のCO₂×水ハイブリッドフラクチャリング手法を開発し、地熱流体抽出を想定した場合の有効性が実験室規模で確認された。

⇒実験室規模での検討に続く研究ステージは地下深部の実岩体における貯留層人工造成への応用展開である。しかし、地下でのフラクチャリングは極めて高価であるため、**大規模数値シミュレーションによって、実岩体でのフラクチャリングによる貯留層人工造成過程に対する事前予察を行うことが必須である。**

■本研究の目的

世界最新のCO₂×水ハイブリッドフラクチャリング手法を地下深部実環境の実岩体に適用した際の貯留層人工造成過程を明らかにする大規模数値シミュレーションを実現する



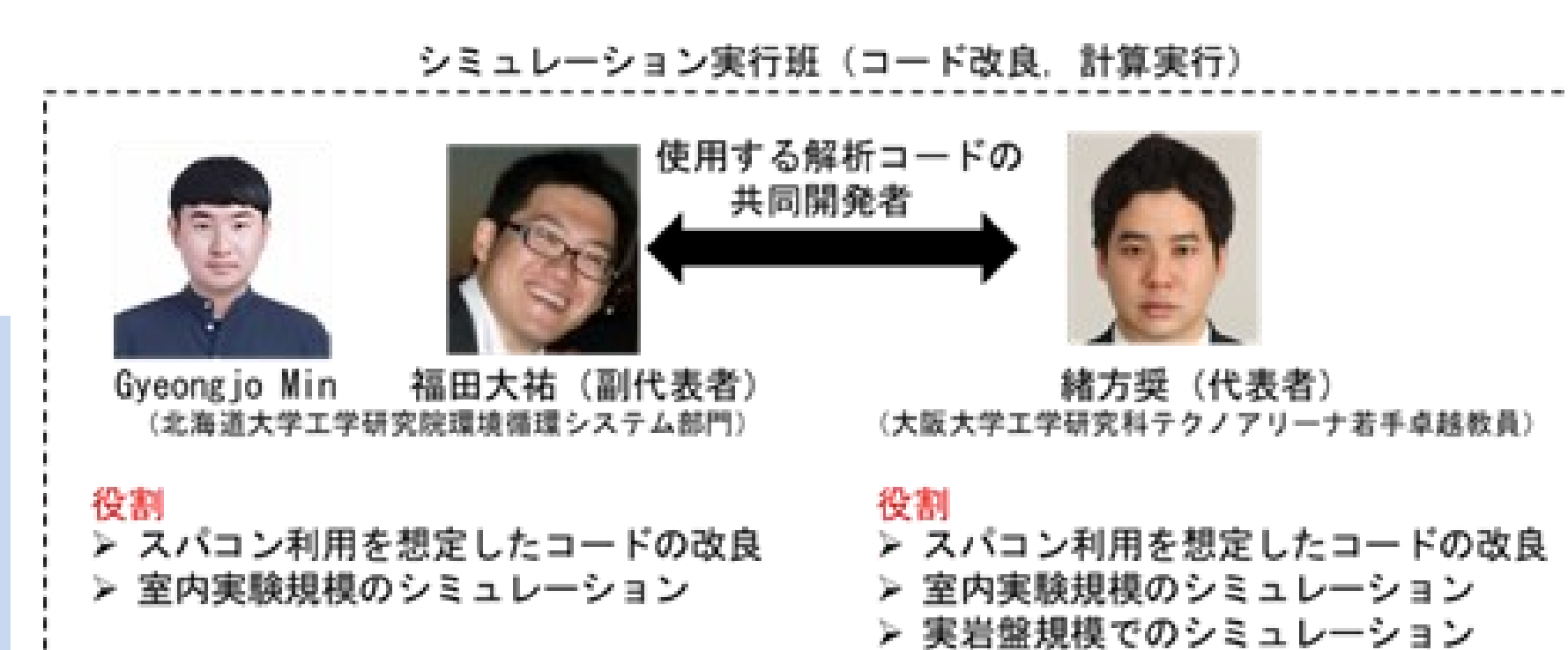
3D実岩体規模の計算が必要

4. 研究体制・研究内容

本課題の研究体制

学際的融合研究

- ・情報科学
(分担: 阪大・安福)
- ・岩盤工学・資源工学
(分担: 北大・Min、福田)
- ・岩盤工学・地球化学
(代表: 阪大・緒方)



挑戦

大規模マルチスケールフィジックス

二相流体が数十～数百m規模の実岩体に圧入され、微細な亀裂(mm)が発達・連結していく連成プロセス



(1) フラクチャリング解析コードをスパコン上で実行するための改良

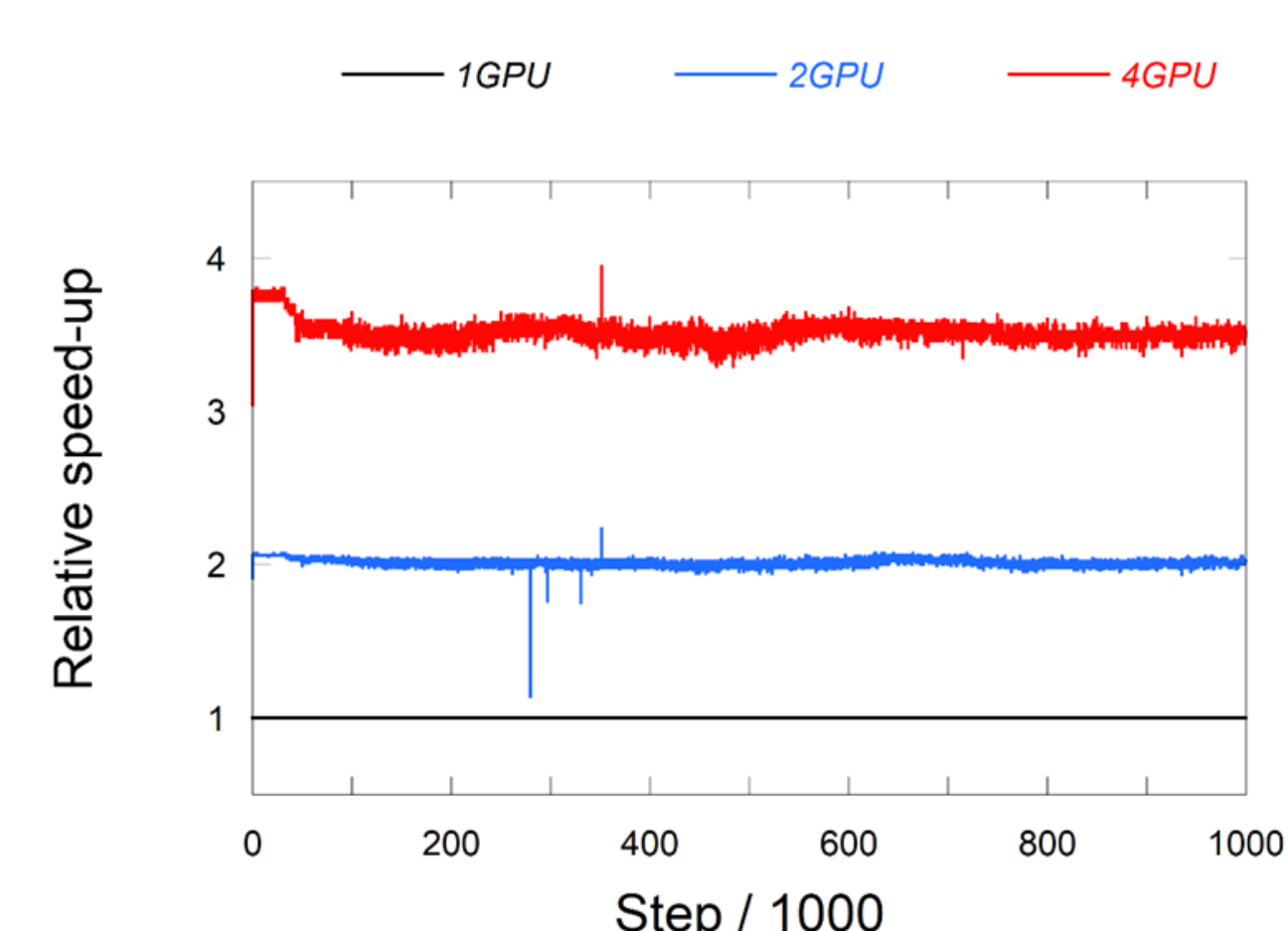
- ・ 現行の連成解析コード(流体流動モデルとExtrinsic Cohesive Zoneモデルの連成計算)はMPIに基づく3DのマルチGPU並列計算を実装済み。従来のGPU並列自体を実装していないコードと比べおよそ2000×GPU枚数(倍)の超高速化(下図)。
- ・ 単相の流体流動を仮定しており、二相流問題となるCO₂×水フラクチャリングに適用できないため二相流系に拡張する。

(2) 実施工を想定した実岩体規模の貯留層造成シミュレーション

- ・ (1)で改良した解析コードをスパコン上で実行した際の計算速度を確認。実現象との整合性は大型岩石ブロックを使用した室内破碎実験との比較より検証。

(3) 実施工を想定した実岩体規模の貯留層造成シミュレーション

- ・ 実環境での人工貯留層造成試験を想定した大規模数値シミュレーションを実施する。50m×50m×50m程度の3D地下岩体を想定する予定である。



単一GPUに対する複数枚GPUの速度向上率