

地圏メカニクス研究グループの紹介

グループの研究目的

当グループでは、マルチスケール(コアスケールからテクニックスケール)・マルチ分野(資源・環境・地震)・マルチアプローチ(実験岩石力学、地球物理学、構造地質学、数値計算)を包括・融合した地圏メカニクスに関する基礎研究と応用技術開発を推進する。具体的には、1) 超臨界地熱開発・CO₂地中貯留のための誘発地震予測・制御技術開発において、原位置条件下での岩石実験を通じた断層再活動と誘発地震発生メカニズムの解明、2) 掘削技術の発展を目的として、室内試験によるビット性能評価および掘削条件最適化のためのモデルの高度化、3) 沈み込み帯における水理学的モデルの発展による誘発地震予測モデル構築への展開や、誘発地震の事例研究を通じたジオメカニクスモデリングの最適化、さらにこれらの研究開発を通じ、4) 地下開発・利用技術の最適化と安全性評価に関わる新たな技術シーズの創出や、技術の社会実装への展開を念頭に置き、岩石の力学挙動の解析や物性評価に対する当グループの基盤技術の強化の4点を具体的なミッションとする。これらのミッションの下、高度化・多様化する社会のニーズに的確に応えるべく、地下資源の安定供給や地圏環境の継続的利用と保全あるいはリスク低減のための研究を積極的に展開し、安心・安全な社会の実現に貢献することを目指す。また、国内外での研究機関や民間企業との共同研究を積極的に推進することで、当グループの研究成果や技術を社会に還元する。

主要設備



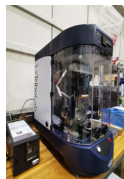
大型岩石注水破壊試験装置



岩石透水・透気試験装置



大型室内掘削試験装置

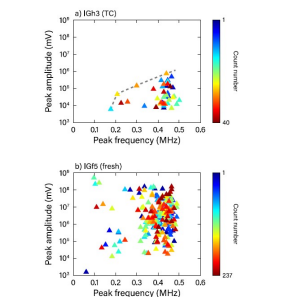


掘削カッティング試料試験装置

地熱開発などの注水に伴う誘発地震の発生メカニズムの解明に資する実験的研究

地圏の利用・開発、特に地熱開発における注水に伴う誘発地震発生メカニズム解明を目指す。注水時の有効圧が断層すべり特性に与える影響や、注水による断層すべり時の弾性波速度構造やAE発生について調べている。その結果、低周波数のAE信号は岩石破壊の予兆減少として扱える可能性がある一方で、低周波数に起因する破壊現象は岩石の初期亀裂の状態に依存することがわかった。

末吉和公、北村真奈美、雷興林、片山郁夫, Identification of fracturing behavior in thermally cracked granite using the frequency spectral characteristics of acoustic emission, Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 118, 2023/04.

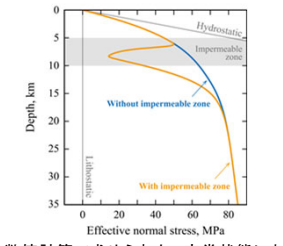


(a) 熱処理後試料と(b)インタクト試料における最大振幅と最大周波数の関係図

沈み込み帯における有効垂直応力の水理学的モデルの高度化

鉛直横ずれ断層を対象とした既存の水理学モデルを高度化し、沈み込み帯に特徴的な機構を考慮することで、岩石強度を支配する有効垂直応力の深度分布を推定した。得られた結果は、国際誌に掲載された。本モデルをさらに拡張することで(例えば時間軸の導入)、ジオメカニクスモデリングを高精度化し、地圏で発生する誘発地震のより詳細な知見を得られると期待される。

金木俊也、野田博之, Steady-State Effective Normal Stress in Subduction Zones Based on Hydraulic Models and Implications for Shallow Slow Earthquakes, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 128-2, 2023/02. <https://doi.org/10.1029/2022JB025995>



数値計算で求められた、定常状態における有効垂直応力の深度分布の例。青線は沈み込みによる力学効果(移流や圧密など)と鉱物の脱水反応を、橙線はそれに加えて局所的な透水係数の減少(図中の灰色領域)をそれぞれ考慮している。Kaneki and Noda (2023, JGR) の図 4b を改編

グループの研究体制

坂本靖英(研究グループ長、兼務): 地圏環境工学, エネルギー資源工学
雷 興林: 岩石力学, 地震学
及川寧己: 岩石力学, 地圧計測, 地熱開発
竹原 孝: 岩石力学
宮崎晋行: 岩石力学, 土質力学
北村真奈美: 岩石力学, 構造地質学
金木俊也: 岩石力学, 数値解析
KIM Garam (RA)

研究予算

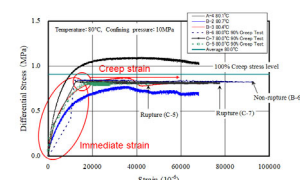
- 地圏メカニクスの研究(運営費交付金)
- 水が関連する誘発地震発生メカニズムの解明(運営費交付金, 部門内部競争 Grant)
- 岩盤の掘削効率評価システムの開発(運営費交付金, 部門内部競争 Grant)
- 掘削井と既存断層の距離が誘発地震の発生に及ぼす影響(科研費(若手))
- 地震観測網に係る情報収集・整理を含めた技術コンサルティング(技術コンサル)
- 安全なCCS実施のためのCO₂貯留技術の研究開発に係る再委託(委託費)
- 地熱発電導入拡大研究開発/超臨界地熱資源技術開発/資源量評価(葛根田地域)(委託費)

岩石の破壊強度やクリープ変形挙動に及ぼす各種パラメータの影響評価

岩石の長期的な挙動を用いた三軸圧縮試験を行い、クリープ試験の挙動について検討し、考慮した構成方程式の挙動をよりよく表した考察を行った。

CO₂の地中貯留におけるキャプロックに相当する低透水性の泥岩に対するクリープ変形挙動に及ぼすCO₂の圧入による影響を明らかにするために、水飽和状態と水飽和状態に対し十分にCO₂を圧入した状態の2通りの条件での試験を実施した結果、CO₂の圧入によりクリープ破壊しやすくなる傾向は見られず、変形挙動はいわゆる階乗則がよく当てはまることを明らかにした。

竹原孝、宮崎晋行、坂本靖英, 三軸圧縮応力下における珪藻土の時間依存性挙動とそのモデル化, Journal of MMIJ (投稿中).



湿潤珪藻土の三軸圧縮強度試験およびクリープ試験結果例



クリープ破壊した供試体の最小クリープ速度とクリープ寿命の関係

岩石掘削条件の最適化に向けた研究開発

掘削パラメータ(荷重、回転速度等)、岩石パラメータ(圧縮強度等)、ビットパラメータ(耐久性、切削性能等)からPDCビットの掘進速度を推定するモデルを構築した。地熱井の掘削現場で取得されたデータを用いた検証により、カッティングス(岩石の掘りくず)の張り付きや過大な坑内摩擦の発生といった事態が起きず、ビットの掘削性能が発揮されている限りにおいては、当該モデルが現場データにも概ね適用可能であることを示した。

宮崎晋行、竹原孝、都築雅年, Application of Laboratory-Based Rate of Penetration Model for Polycrystalline Diamond Compact Bit to Geothermal Well Drilling, Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources, 9, 103, 2023/08.

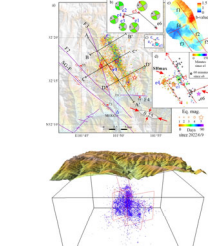


室内掘削試験で使用したPDCビット

深部流体関与自然地震及び注水誘発地震に関する事例研究

2022年6月9日、最大Mw 5.8の地震を含む群発地震が、Bayan Harという大陸プレートの内部で発生した。震源の再決定、Mw > 4の地震の震源メカニズムの逆解析、応力場の逆解析、潮汐ひずみの計算、および地震活動の統計を行った結果、この地震群は一連の未知の断層の連続的な活動によるものであることが分かった。また、連鎖的なトリガリング、アフタースリップ、および深部流体が共同して役割を果たした可能性も示された。

Su, J., X. Lei, J. Li, and C. Huang, Detailed View of the Seismogenic Structures and Processes of the 2022 Bayan Har Intraplate Earthquake Swarm on the East Margin of the Qinghai-Tibet Plateau, Seismological Research Letters, 94-5, 2167-2180, 2023/06.



上図 (a) 地形に重ねられた地震震源と活断層の分布、(b) 主要地震のメカニズム解と震源移動経路、(c) 最大のイベント(c5)の前に発生した地震の震源分布、(d) 推定された地震震源断層(11-15)と最初の150分間の地震震源分布、(e) 地震の規模-頻度分布を示すb値の分布
下図 震源と推定地震断層の3Dビュー