

## 地殻環境・エネルギー技術の新展開

Toward advanced environmental geomechanics and energy technology

教授 松木 浩二  
Professor  
Koji Matsuki



准教授  
坂口 清敏  
Associate Professor  
Kiyotoshi Sakaguchi

助教  
木崎 彰久  
Assistant Professor  
Akihisa Kizaki



Fig.0 Members of our laboratory

The objectives of our research subjects are development of technology utilizing the earth crust for the conservation of the global environment in fields of geological disposal of high-level radioactive waste and development of clean energy such as geothermal energy, natural gas and methane hydrate. For that purpose, we investigated mechanical and hydraulic properties of a fracture and developed methods both for evaluating groundwater flow by the inversion of surface tilt and for measuring in situ stress with high precision. Moreover, we developed high-pressure waterjets systems to drill rock formation and to remove hard scales precipitated on the wall of casing pipe.



Fig.1 Photo of direct shear test apparatus

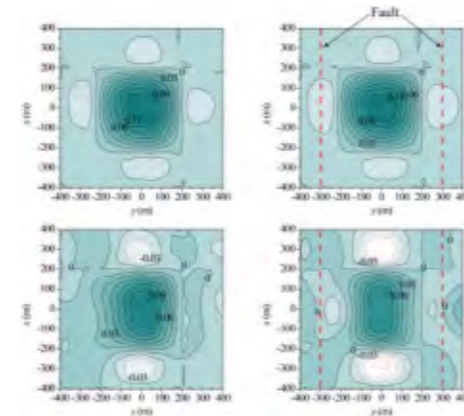


Fig.2 Effect of faults on the estimation of the change in groundwater volume from surface tilt

### 研究成果

き裂の力学的挙動とその寸法効果のメカニズムに関する研究 (基盤研究B 代表: 松木)

種々の寸法のき裂に対応できる一面せん断試験機を設計・製作し、垂直応力とせん断応力が同時に作用する場合のき裂の力学的挙動とその寸法効果に関する実験的研究を行った。せん断変位とき裂寸法の増加に伴い、初期間隙の標準偏差が大きくなること、せん断変位の増加とともにき裂上下面の噛み合いが悪くなるため閉口変位が増加すること、また、き裂寸法の増加とともに、せん断の初期段階では垂直剛性とせん断剛性が共に減少するのに対し、残留強度の段階ではせん断剛性は増加することなどを明らかにした。また、せん断方向と水の巨視的流れ方向が異なる場合のき裂透水性の評価式を提案し、一般的な応力場におけるき裂の透水性を評価した。

高精度傾斜計を用いた広域地下水流動評価法の開発 (萌芽研究, 共同研究 代表: 松木)

放射性廃棄物の地層処分に関連し、地表傾斜データから地下深部の水理構造を評価することを目的とした理論的研究を行った。断層を二次のジョイント要素としてモデル化した三次元有限要素法に基づく地表傾斜量解析法を開発し、地下水流動に起因する

地下体積変化に伴う地表面傾斜に及ぼす垂直断層と傾斜断層の影響を解析した。その結果、断層が体積ひずみを吸収するために断層を超えると地表面傾斜量が小さくなること、また、岩体と断層のヤング率の差が大きいほどこの影響が大きいことを明らかにした。

海底下メタンハイドレート層を対象としたウォータージェットによる枝掘り技術の開発 (若手研究B 代表: 木崎)

地下岩盤に対するウォータージェットボーリング技術を開発することを目的として、ノズル回転ヘッドの軸部にベーンポンプを内蔵した掘削用低速自転型ノズルの開発を行った。ノズル装置は、外径30 mm、全長155 mmであり、回転しないボディおよびカバーと回転するノズルヘッドおよびベーンポンプ部からなっている。ベーンポンプの吸引口と吐出し口は、内部の流路により連結されており、ノズルが回転するとベーンポンプが駆動し、その吐出し圧力によってノズルの回転を抑制するトルクを生み出す構造を有している。

低速自転ノズルによる地熱スケール除去に関する実験的研究 (共同研究 代表: 松木)

地熱発電所の還元井に用いられているケーシングパイプに付着したスケールをウォータージェットにより除去する技術の開発研究を行った。来待砂岩と鋼製パイプを組み合わせた模擬スケール試料に対して室内スケール除去試験を実施し、ノズル送り速

Feed rate (cm/min)

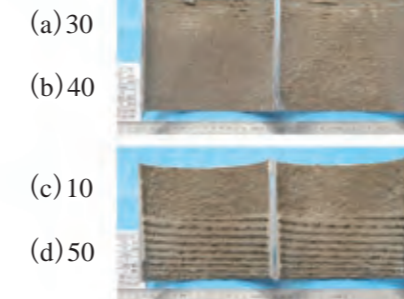


Fig.3 Inner walls of specimens after scale removal experiments

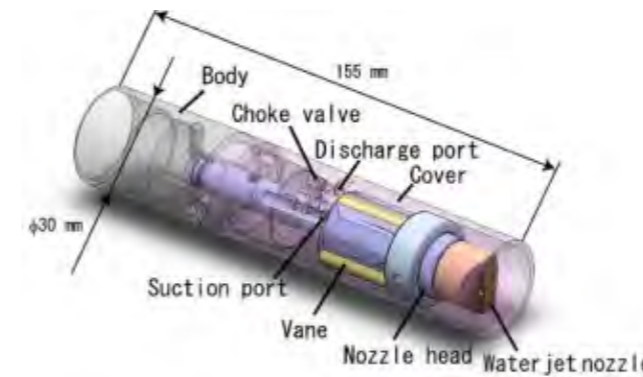


Fig.4 Schematic diagram of self-rotating nozzle with vane pump for waterjet drilling

度および回転速度がスケール除去能に及ぼす影響について実験的に明らかにした。また、自転型ノズルの回転速度に及ぼす吐出圧力および環境圧力の影響を実験的、理論的に明らかにした。

オールマイティ地圧計測・評価システムの開発 (基盤研究B 代表: 坂口)

直交異方性岩盤を対象とした高精度地圧計測法の開発を目的とした研究を行った。構築した測定理論を検証するため、異方性の異なる岩石試料を用いて異方性の主軸がボアホール軸と一致する場合について室内実験を行い、等方性を仮定した場合と異方性測定理論の結果を比較した。载荷応力方向の異方性が顕著な場合、等方性を仮定すると無視できないほどの誤差が生じるが、異方性を考慮すると誤差は小さくなること、また、等方仮定に起因する応力の大きさの誤差は、载荷応力方向の異方性、特に最大载荷応力方向の異方性に依存することを明らかにした。

### 学会等での活動

- 松木: 日本ウォータージェット学会(顧問), 石油技術協会(理事)他。
- 坂口: 岩の力学連合会(専門幹事・Rock Net委員長・電子ジャーナル), 日本地熱学会(行事委員・学会賞選考委員),

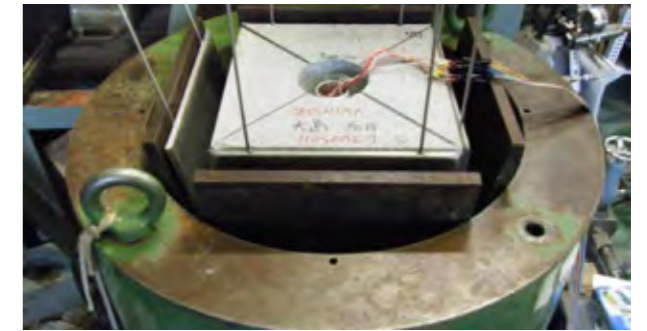


Fig.5 True triaxial compressive test to verify the applicability of the DCCBO technique to orthotropic rock



Fig.6 Extension course for pupil

砕石研究会理事, IODP Expedition 319 (Estimation of horizontal stress magnitudes from hydraulic fracturing tests using the MDT dual packer tool) 共同提案者、(財)深田地質研究所(岩盤応力に関する研究委員会)他。

● 木崎: 日本ウォータージェット学会(会誌部会幹事・総務経理部会・WWW委員)他。

### 外部資金の獲得

- 科研費: 基盤研究B (H19-H21年度, 松木), 萌芽研究(H19-H20年度, 松木), 基盤研究B (H18-H20年度, 坂口), 挑戦的萌芽研究(H21-H22年度, 坂口), 若手研究B (H21-H22年度, 木崎)
- 共同研究等: JAEA, シュルンベルジュ, 関東天然瓦斯開発(株), 応用地質(株), ジオテクノス(株)

### 社会貢献

- 平成21年1月23日: 坂口が仙台市立上杉山通小学校で出前授業「磁石」を行った。
- 平成21年7月30日, 31日: 坂口がオープンキャンパスにおいて、公開講座「一番身近な自然エネルギー ~ 水力発電 ~」(小学生対象)を行った。