

*Undergraduate Course Program of
Earth Resources and Energy Engineering*

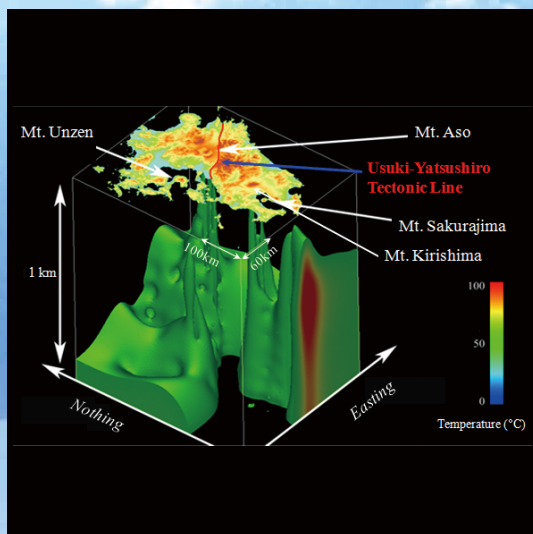
*Undergraduate Course Program of
Earth Resources and Energy Engineering*



資源工学は新しい資源エネルギー

今ある資源エネルギーをより有効に取り出すことはもちろん、海洋資源エネルギー活用が不可欠です。これら未来のエネルギーに挑戦するのが資源工学です。

地温の3次元モデリングによる九州地域の地熱資源評価



世界最大級の揚水発電所用空洞



資源工学は人々の暮らしと産業の土台を支える「基幹」工学です

人間は、その歴史の中で、石、土、金属などを地球から探し出して材料やものを作り、石油、石炭、水力、ウランなどをエネルギーとして活動してきました。これら人々の暮らしや産業の土台となる資源エネルギーを供給する技術を開発するのが資源工学です。

資源工学は人類の持続的発展を担う「調和」工学です

今や人類は、大量生産、大量消費によって、資源エネルギーの枯渇や環境破壊という自らの存亡にかかわる問題に直面しています。この答えを地球と人間の調和から考え出すのが資源工学です。

資源工学は地球の恩恵を大切にする「総合」工学です

省資源、省エネルギーに徹し、物を長持ちさせ、再利用やリサイクルすることで、地球に負担をかけないことが必要です。地球環境をまもり、資源エネルギーを大切に使う知恵を総合的に考えるのが資源工学です。

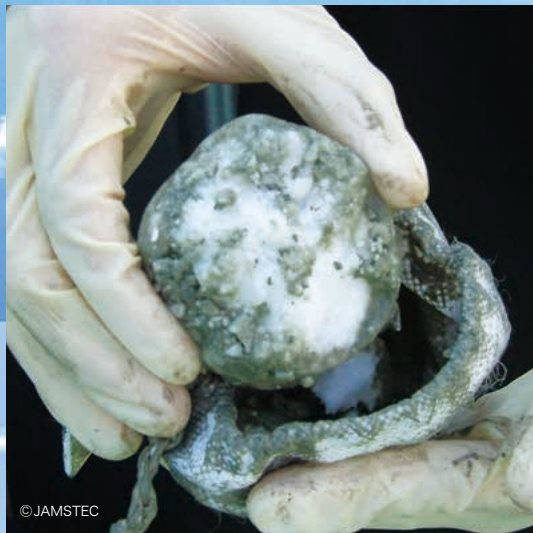
資源工学は新しい地球空間の利用を考える「創造」工学です

地上はもとより、海洋、地下などこれまで人類が利用していなかったフロンティアを安全に開発することが望まれています。このような新しい地球空間を創造するのが資源工学です。

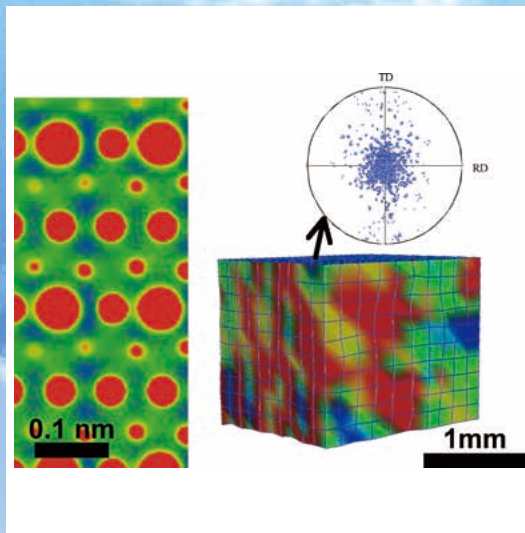
ギーに挑戦する「未来」工学です。

ルギー、地熱エネルギー、宇宙資源エネルギーなど新しい資源エネルギーの

日本海海底で採取されたメタンハイドレート



軽量化金属材料のマルチスケールシミュレーション



資源工学コースの構成

工学研究科・社会基盤工学専攻(桂キャンパス)

資源工学 講座

- 応用地球物理学分野
- 地殻開発工学分野
- 計測評価工学分野

工学研究科・都市社会工学専攻(桂キャンパス)

地球資源学 講座

- 地球資源システム分野
- 地殻環境工学分野

エネルギー科学研究科・エネルギー応用科学専攻(吉田キャンパス)

資源エネルギー学 講座

- 資源エネルギーシステム学分野
- 資源エネルギープロセス学分野
- ミネラルプロセッシング分野

研究テーマ (詳細は各分野の紹介を参照)

■ 応用地球物理学分野

「地下を診る目」を創るセンシング・テクノロジー

■ 地殻開発工学分野

人類の持続的発展を支える地殻開発工学

■ 計測評価工学分野

構造物の維持管理・非破壊計測技術、環境調和型資源開発技術の創出

■ 地球資源システム分野

資源エネルギーの開発と断層運動の解明のために、地殻の特性を紐解く

■ 地殻環境工学分野

地殻環境評価と鉱物・水・エネルギー資源の時空間モデリング

■ 資源エネルギーシステム学分野

新エネルギー・省エネルギー技術に関する革新的研究

■ 資源エネルギープロセス学分野

マルチスケール計算力学の応用による省資源化、省エネルギー化への貢献

■ ミネラルプロセッシング分野

資源・素材・環境に貢献するミネラルプロセッシング

応用地球物理学分野

Geophysics

教授：三ヶ田 均
Prof. : Hitoshi Mikada

准教授：武川 順一
Assoc. Prof. : Junichi Takekawa

助教：徐 世博
Asst. Prof. : Shibo Xu

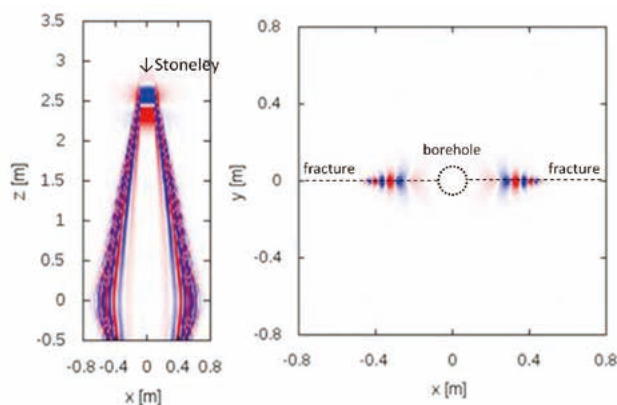
「地下を診る目」を創るセンシング・テクノロジー

エネルギー資源開発や地球環境保全など地球に関する諸問題の解決には、地殻構造を探る手段を有する「地下のドクター」の存在が必要不可欠です。本研究室では、地震波や電気、電磁気などの物理現象を用い、地下状態を非破壊で探査する物理探査技術を中心に、波動伝播や物性現象に関する基礎科学を含めた教育と研究を行っています。

研究概要

音波検層におけるマルチポールモード波動の分散・減衰特性を用いた新しい測定方法の研究

本研究では、ボアホールを伝わる様々なモード波動の挙動から、ケーシングセメンチングの健全性を評価する方法や、ボアホール軸に沿った亀裂の透水性を評価する方法などを提案しています。提案手法の有効性は、数値実験を基に検証をおこなっています。下図は亀裂を有するボアホールを伝わる波動伝播シミュレーションの一例です。側方の亀裂に沿ってボアホールから漏れ出る波動が確認できます。漏れ出る波動のエネルギーは亀裂とそこを満たす流体の性質（開口幅・粘性）に影響され、これはボアホールに沿って伝播するStoneley波の挙動（主に減衰特性）に影響を及ぼします。よって、Stoneley波の減衰特性を解析することで、亀裂や流体の性質を推定することが可能となります。

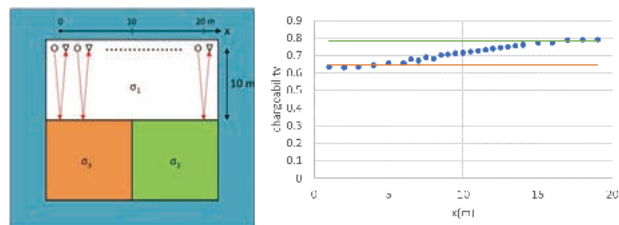


ボアホール軸に沿った亀裂を有するモデル内の波動伝播の様子
左) ボアホール軸に沿う断面, 右) ボアホール軸に直交する断面

Cole-Coleプロットによる複素導電率の空間分布推定

本研究では、地中レーダ探査で得られる反射電磁波を解析することで、地下媒質の物性にまで踏み込んだ探査手法の開発を目指しています。右上図は、提案手法の妥当性を数値実験により検討した結果です。左に示す数値モデルに対して反射記録を人工的に作成し、それを解析することで充電率

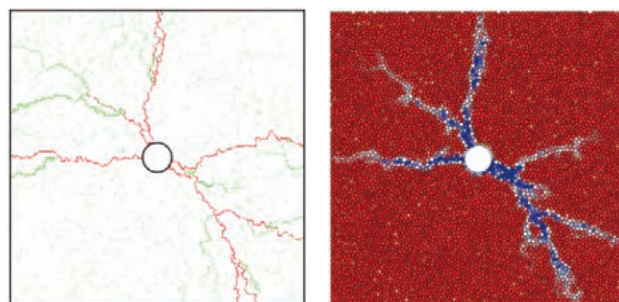
(chargeability) が得られます。 $x=10\text{m}$ に異なる物性の境界があるのですが、その前後で充電率の推定値が変化している様子が確認できます。このことから、地下媒質の物性分布を定量的に推定できる可能性が示されました。



左) 数値実験モデル, 右) 充電率の空間分布推定結果

脆性延性境界領域近傍における水圧破碎の個別要素法シミュレーション

本研究では、近年注目されている地下深部（おおよ5km以深）での地熱貯留層開発の実現可能性を数値実験により検証しています。このような深度では岩石は高温高圧条件下にあるため、脆性破壊ではなく延性挙動を示すとされています。そこで、これまで岩石の破壊シミュレーションに用いられてきた個別要素法に、温度の影響を取り入れることを試みました。その結果を下図に示します。中央の孔井（○印）から圧入された流体が周辺岩盤に水圧破碎亀裂を生じさせますが、温度が上昇すると生じる亀裂分布も変化します。下図の例では周辺岩盤の温度を600℃としており、この条件下では複雑な亀裂の枝分かれが生じることが確認できます。また、右の温度分布では寒色系が低温部を表していますが、水圧破碎亀裂に沿って温度が低下している様子も確認できます。



水圧破碎シミュレーション結果, 左) 亀裂分布, 右) 温度分布

地殻開発工学分野

Earth Crust Engineering

教授：福山 英一
Prof. : Eiichi Fukuyama

准教授：奈良 禎太
Assoc. Prof. : Yoshitaka Nara

助教：吉光 奈奈
Asst. Prof. : Nana Yoshimitsu

人類の持続的発展を支える地殻開発工学

資源・エネルギー開発や地下空間の有効利用などに代表される岩盤の利用は、人類・社会の将来的な発展において極めて重要です。安全な岩盤の利用のためには、岩盤力学に関する知見が必要不可欠です。本研究室では、岩盤力学に関する知見を基に、人類の持続的発展に欠かせない資源・エネルギー開発やその技術、岩盤構造物の安定性、周辺環境が岩石物性や破壊特性に及ぼす影響などに関する研究を行っています。特に、鉱物・エネルギー資源の効率的な開発、放射性廃棄物の地層処分、地球温暖化ガスである二酸化炭素の地中貯留に関する技術など、多くの岩盤工学に関連するプロジェクトや、それに伴って発生する誘発地震の被害低減に貢献できる研究を行っています。

研究概要

大型2軸剪断摩擦試験機を用いた 岩石摩擦実験とシミュレーション研究

地下深くの岩石は多くの亀裂を有しており、その亀裂の進展が岩盤の不安定を引き起こします。しかしながら、岩盤が破壊するかどうかは、単純に亀裂の進展のみには支配されません。亀裂がずれることによる摩擦の影響も無視できません。地下深くでは高い封圧下にあるため、亀裂が進展したとしても、高い摩擦力のため、亀裂が大きくずれるかどうかは一概に判断できません。本研究室では、図1に示すような、メートルスケールの岩石に法線応力をかけたのち、剪断応力をかけ、剪断すべりを発生させ、剪断すべりの最中の摩擦力の変化を測定し、岩石の破壊安定性の性質を調べています。さらに、図2のような境界積分方程式法などを用いた数値シミュレーションにより、岩石摩擦と実際の剪断破壊との関係を調べます。大型岩石摩擦実験においては、これまで、実験室において簡単には測定できなかったデータが得られており、動摩擦理論構築のための重要な実験データとなっています。さらに、実験室で得られた摩擦の性質を考慮し、計算機上で破壊伝播の再現を行います。特に、既存破壊面(断層)が複雑な形状をしている場合、どこまで断層が壊れるかは、外部から働く力と断層面に働く摩擦力によって決まることになります。



図1 大型2軸剪断摩擦試験機
(防災科学技術研究所所有)

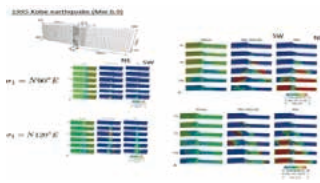


図2 三次元境界積分方程式法による複雑系断層を伝播する破壊(1995年兵庫県南部地震)

岩石・岩盤の亀裂・空隙の閉塞および 透水特性に関する研究

岩石の透水特性に関する情報の取得は、各種岩盤工学に関するプロジェクトを行う上で必須と言えます。岩石内の流体の流れは、亀裂や空隙のネットワークで生じます。ゆえに、岩石内の亀裂や空隙が透水特性に及ぼす影響を調べることは極めて重要といえます。そこで本研究室では、鉱物が岩石内の亀裂や空隙を充填する機構の解明を調査するとともに、室内試験および原位置岩盤における透水

試験を行うことによって、岩石・岩盤の透水特性に関する研究を行っています。

図3に原位置岩盤での透水試験の装置を、図4に粘土を含む水が流れる環境下で生じた花崗岩内の亀裂閉塞の様子を示します。これまでに、鉱物が亀裂や空隙を充填することによって、透水係数が低下することが明らかになっています。

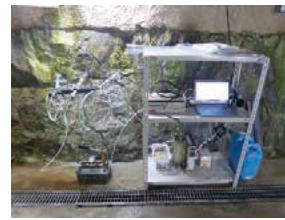


図3 原位置透水試験装置

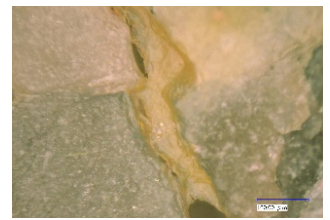


図4 粘土により閉塞した花崗岩の亀裂
画像の幅は0.5mm 高さは0.375mm

実験による資源採掘場近傍の 応力・不均質状態の推定研究

鉱山における採掘や石油やシェールガスの採掘に伴う応力変化で地震が誘発されることがあります。誘発地震を防ぐために、採掘がおこなわれる場の応力状態や亀裂の進展過程を知ることが重要です。誘発地震の発生場を直接観測することは難しいため、我々は実験室で地下環境を再現した実験を行っています。媒質にかかる力を可視化することができる光弾性法と呼ばれる手法を使うと、注水時に地下の弱面にかかる応力を視覚的に観察することができます。また、圧縮試験機を使って岩石試料を上下に押す実験をおこなうと、地下の応力状態を再現することができます。圧縮が進むにつれて岩石中では微小破壊が多数発生し、微小な亀裂が生成されます。岩石試料に人工的に弾性波を透過させると、透過波の振幅や速度の増減から試料内に生成される亀裂の増加・連結過程を間接的に推定することができます。また、微小破壊を小さな地震に見立ててその特性を解析することで、自然地震や誘発地震の発生過程の理解を目指しています。

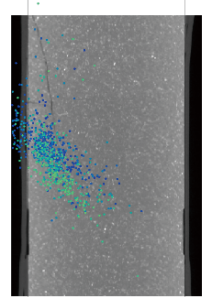


図5 岩石試料内で発生した微小破壊の震源分布

計測評価工学分野

Measurement and Evaluation Technology

教授：塚田 和彦
Prof. : Kazuhiko Tsukada准教授：村田 澄彦
Assoc. Prof. : Sumihiko Murata

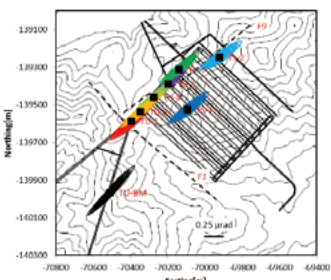
構造物健全性診断や資源開発に関わる非破壊検査・応用計測技術の開発、環境調和型資源開発技術の開発

本分野では、エネルギー関連施設など様々な構造物に用いられる鋼などの構造材の腐食や欠陥を非破壊にて評価する手法、状態監視のための先進的な計測手法、ならびに石油・天然ガス開発、鉱物資源開発における環境負荷低減技術に関する研究を行っています。

研究概要

地下空洞の経年安定性評価のための計測技術

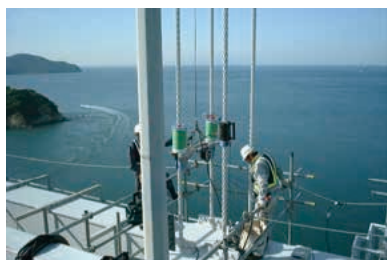
高感度傾斜計による岩盤タンクの力学的安定性評価
地下石油備蓄タンク周辺岩盤に複数埋設されたナノオーダの精度を持つ高感度傾斜計によって長期間取得された計測データから、空洞周辺岩盤の力学的安定性の経年変化の把握に結びつく有益情報の抽出について検討しています。傾斜計時系列データには、それが高精度であるがゆえに、地球潮汐、気圧変動、空洞内圧変動、地震など、様々な要因による変動が含まれています。右図は、潮汐に対する応答だけを抽出した結果を示したものであって、応答の場所ごとの差異やその経年変化から空洞周辺岩盤の力学的安定性とその変化を捉えようとしています。



石油備蓄地下空洞周辺の地球潮汐による傾斜変化

電磁的手法を用いた非破壊評価技術

吊橋ケーブルの経年腐食劣化の非破壊評価
供用期間数十年を経過した吊橋では、橋桁を懸吊するハンガーロープなどで、腐食による経年劣化が問題となっている事例があります。当研究室では、長年にわたり磁気を利用するワイヤロープの非破壊検査手法の開発に取り組んでいます。下写真は、当研究室で開発した全磁束法と呼ぶ腐食程度を断面積損失量として定量的に評価できる検査法を、吊橋ハンガーロープに適用している状況であり、10年近い検査実績をもち、有効な手法との評価を得ています。

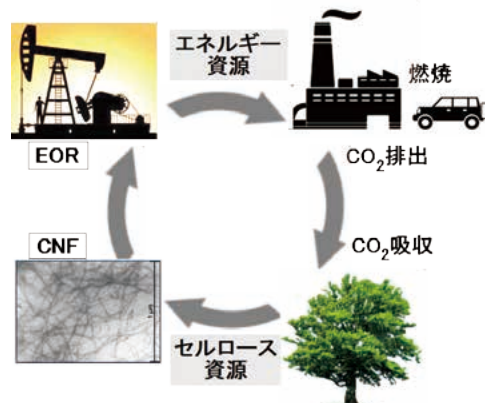


全磁束法によるハンガーロープの腐食評価

環境調和型資源開発技術

環境調和型石油天然ガス開発技術の開発

現在の石油の回収率は高々40～60%であり、まだ多くの石油が既存油田に残されています。石油を資源として未永く使用していくためには、地球温暖化にも配慮した環境調和型の石油増進回収法(EOR)の開発が必要です。また、近年活発化しているシェールガス、シェールオイル開発では、フラッキングに大量の水を使用することやフローバックする有害な水処理が環境問題となっており、出来る限り使用する水の量を削減することが必要です。当研究室では、豊富な木質資源を原料とし、生分解性で環境負荷が低いセルロースナノファイバー(CNF)を用いた石油天然ガス開発技術の開発を行っています。一つは、CNFをナノ粒子化して石油貯留層の卓越流路に送り込むことで卓越流路の浸透率を低下させEOR流体による油の掃攻効率を向上させ、石油の回収率を上げる技術です。もう一つは、CNFを用いて強固な炭酸ガスおよび窒素ガスの泡を作製し、それぞれ炭酸ガスEORおよびシェールガス、シェールオイル開発でのフラッキング流体に用いることで、従来の炭酸ガスEORの掃攻効率を向上させることができるとともにフラッキングで使用する水の量を大幅に減らし、水環境への影響を低減する技術です。下図に示すように、生産された石油・天然ガスの燃焼で排出された炭酸ガスは植物に吸収され、新たなセルロースとして再生してCNFが生産されます。CNFを用いた本技術開発はカーボンニュートラルな技術開発でもあります。



CNFによる石油天然ガス開発のカーボンニュートラル化

地球資源システム分野

Earth and Resource System

教授：林 為人
Prof.: Weiren Lin助教：石塚 師也
Asst. Prof.: Kazuya Ishitsuka

資源エネルギーの開発と断層運動の解明のために、地殻の特性を紐解く

石油・天然ガスや地熱などの地下エネルギー資源を開発する地球工学分野から、科学掘削における地下応力状態の測定による沈み込み帯の断層運動を解明する地球科学分野まで、“地球”、“資源”、“エネルギー”、“断層”、“環境”などをキーワードに、手法・ターゲットともに幅広く研究を行っている。

研究概要

地震断層掘削や石油坑井における
三次元原位置応力状態の解明

南海トラフなどの海底にあるプレート境界や陸上の活断層の活動により、大地震が繰り返し発生している。地震発生のサイクルにおいては、応力が次の地震発生までに震源断層とその周辺に蓄積し、地震時に急激に解放するとされているが、応力と地震の定量的な関係は、いまだに解明されていない。一方、石油・天然ガス等の地下エネルギー資源を開発する坑井においては、坑壁安定性の確保や水圧破砕で造成するフラクチャーの方向制御のために、深部地層中の応力状態に関する情報を知ることが不可欠である。

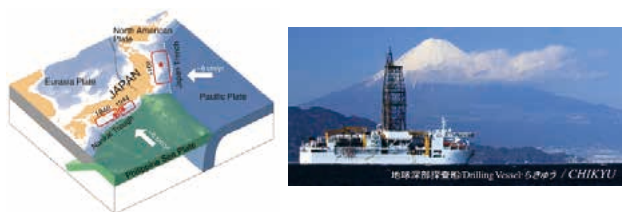


図1 日本列島およびその周辺のプレート構造(左)と世界最高の掘削能力を誇る深海科学掘削船『ちきゅう』(右)

当研究室では地震断層掘削や石油開発の坑井から得られるコア試料や検層データを用いて、地下深部内の三次元応力状態の時空間分布特性を明らかにすることにより、地球科学・地球工学の発展に貢献することを目指している。



図2 応力計測に用いた岩石コア試料

岩石の物理的性質の評価

地球資源の探査や開発、断層運動の解明において、岩石の物理的特性の理解は必要不可欠である。特に掘削の岩石コア試料や坑井の検層データを用いた評価は、対象地層の熱物性や比抵抗、弾性波速度といった岩石物性を直接的に理解する最重要な手段である。そのため、本研究室では、岩石コア試料や検層データを用いた物理的特性の評価を通じて、対象地域の地質および地球物理学の特性の解明を行っている。

具体的な研究対象の例としては、2016年熊本地震を引き起こした布田川断層を貫通した掘削孔を用いて、温度や熱物性、比抵抗特性等の評価を行っている。また、より多様な範囲・条件での計測を可能にするために、カッティングス試料を用いた計測手法の開発や原位置の高温高压条件下での計測を行い、地下深部の物理特性の正確な評価を目指している。



図3 熊本地域の掘削孔における温度の深度分布の計測風景(左)、岩石コア試料を用いた熱物性の計測例(右)

深部地熱資源評価のための温度・物性分布推定

地下深部に存在している高温岩体の持つ地熱資源の開発が可能となれば、従来よりも多くのエネルギーを得ることが可能となり、さらには二酸化炭素排出量の削減にも貢献することが可能となる。そのためには、掘削地点の選定のための有望地域における深部地熱資源の定量評価が重要となるが、地質や物理的性質に関する原位置のデータが限られている点、予測される現象に不確実性がある点が課題となっている。

当研究室は、地熱地域で取得された検層データや物理探査データ、地質学的知見を基に、機械学習や数値計算等を用いて、より信頼性の高い深部地熱資源評価手法の開発を行っている。また、開発した手法は有望地域に適用し、手法の評価を行っている。

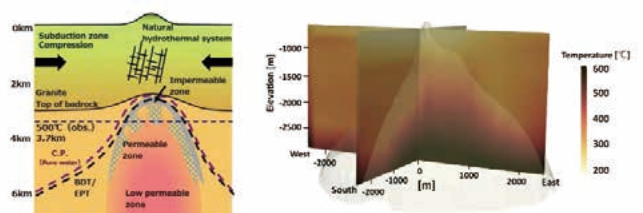


図4 深部地熱システムの概念図(左)、葛根田地熱地域で推定された温度分布(右)

地殻環境工学分野

Environmental Geosphere Engineering

教授：小池 克明
Prof. : Katsuaki Koike

准教授：柏谷 公希
Assoc. Prof. : Koki Kashiwaya

助教：久保 大樹
Asst. Prof. : Taiki Kubo

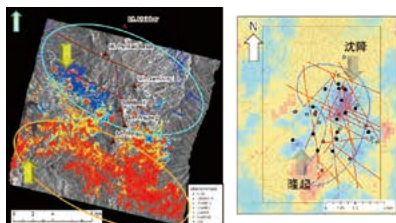
地殻環境評価と鉱物・水・エネルギー資源の時空間モデリング

資源と共存し、地球環境と調和した持続的発展社会の構築や地層貯留機能の高度利用などを目的として、地球計測法と数理地質学による鉱物・水・エネルギー資源の分布形態モデリング、地殻ガス・流体の化学的性質と流動現象の解明、地殻の地質・熱・物性の構造推定の高精度化に関する研究を行っています。

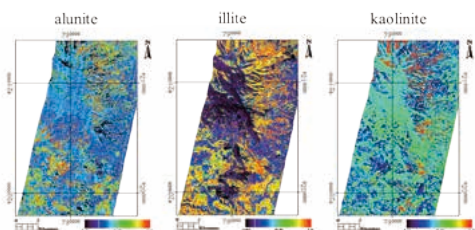
研究概要

リモートセンシングによる地殻構造と物性の推定技術の開発

鉱物・エネルギー資源の分布を明らかにするには、地質構造、岩石・鉱物の種類、物性、化学成分、地殻変動パターンなど、広範囲にわたる静的・動的な地質情報が必要となります。そのためにリモートセンシング技術を応用し、地質・物性の空間分布を推定する手法、および合成開口レーダ画像の干渉処理によって地形変化を高精度に抽出する手法などの開発を行っています。また、リモートセンシングで用いられる技術を用いた画像解析や地中レーダへ応用する試みも進めています。



SBAS D-InSAR処理によるインドネシア地熱地域の地表変動の抽出断層を挟んで、北部は沈降、南部は隆起の変位パターンを示す

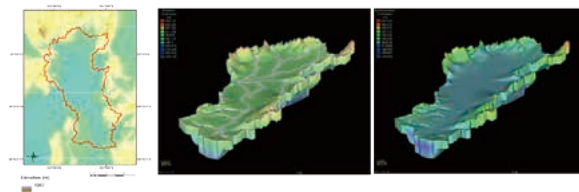


ハイパースペクトル衛星(Hyperion)データを用いたLSU(Linear Spectral Unmixing)によるインドネシアWayang Windu地区の変質鉱物分布の推定図

地球化学分析と数値シミュレーションによる地殻流体の流動状態の解明

地殻における流体流動現象の理解は、様々な地球資源を利用したり、効果的な環境問題対策を講じたりする上で重要となります。例えば、重要な水資源である地下水の持続的利用のためには、帯水層の空間的広がりや地下水の涵養・流動・流出状態を踏まえた適切な資源管理が必要となります。また、地熱資源を開発し、持続的に利用するためには、地下の熱水や蒸気といった地熱流体の循環状態の把握が求められます。

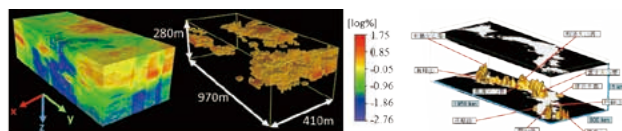
当研究室では、安定同位体、放射性同位体を含む流体の地球化学的指標(環境トレーサー)を駆使するとともに、地球統計学的手法を活用した水理地質構造のモデル化や、地下水流動と水-岩石反応を考慮した反応輸送シミュレーションを行うことで、地殻流体の流動状態とそれに伴う物質循環を高精度に把握・予測する手法の構築を進めています。



京都盆地のモデル化領域(左)と作成した水理地質モデル(中央) 水理地質モデルを用いた地下水流動解析で算出された水頭(右)

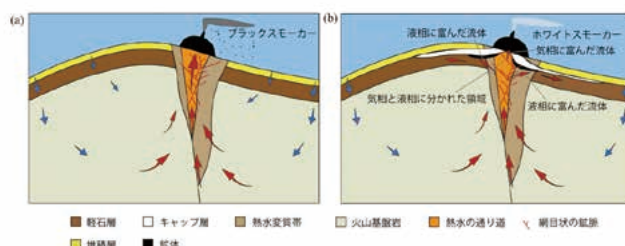
陸・海域での資源分布形態の高精度モデリング

黒鉱鉱床、斑岩銅鉱床、海底熱水鉱床、地熱資源、地下水資源などを対象とし、地球統計学や機械学習を種々の地質情報や計測データに適用することで、陸域・海域でのこれらの資源の有望地、分布形態、品位分布を明らかにしています。これと各種数値シミュレーション、岩石や流体試料の分析、地表地質調査、現地計測調査などを組み合わせることで、資源の形成要因や生成プロセスの解明にも取り組んでいます。



主成分分析を併用したkriging(PCA-kriging)による熱水性鉱床の垂鉛空間モデル

水の臨界点を越える国内深部高温域の分布



研究室で明らかにした海底熱水鉱床の生成メカニズム(断面図)。(左)鉱床生成の初期、(右)鉱床生成の成熟期。ブラックスモーカー：金属成分を多量に含んだ流体、ホワイトスモーカー：金属成分に乏しい流体

資源エネルギーシステム学分野

Resources and Energy System

教授：馬淵 守
Prof. : Mamoru Mabuchi

准教授：袴田 昌高
Assoc. Prof. : Masataka Hakamada

助教：陳 友晴
Asst. Prof. : Youqing Chen

新エネルギー・省エネルギー技術に関する革新的研究

当研究室では、材料科学や資源地質学等を基礎として、新エネルギー、省資源・省エネルギーおよび近未来における資源・エネルギーの安定供給に関する幅広い分野の研究を行っています。具体的には、新エネルギー・省エネルギーの促進に貢献する金属系ナノマテリアルと超軽量合金、資源開発の基礎となる岩石の間隙構造の解析等に関する研究に取り組んでいます。研究室のキーワードは、エネルギー・資源問題解決に向けた革新的技術開発とそれに挑戦する意欲、です。

For details, please visit our website: <http://www.res.energy.kyoto-u.ac.jp/> !!

研究概要

ナノ複合・ナノポラス金属に関する研究

本研究室では、近年注目を集めているカーボンナノチューブを使った“金属／カーボンナノコンポジット”、およびナノメートルオーダーの微小孔径を有するスポンジ状の“ナノポラス金属”の研究を行っています。これらナノ材料は今までのバルク材料とは異なる画期的な材料特性（触媒、磁性、酵素固定、力学等）を示すことを確かめました。これらの研究を通じ、新エネルギーや省資源を促進するブレイクスルーを目指しています。

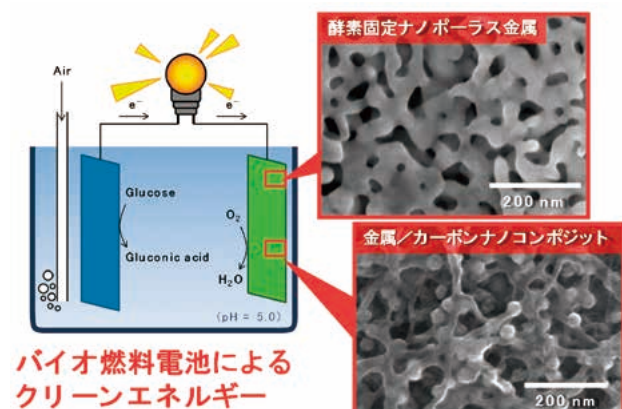
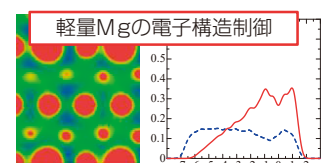


図1 クリーンエネルギーを提供するバイオ燃料電池に向けたナノ金属電極の開発

超軽量マグネシウム合金の開発に関する研究

マグネシウム (Mg) 合金は、超軽量な次世代基盤材料として期待される材料ですが、最密六方格子構造をとることから加工性が著しく悪く、実用化の大きな障害となっています。本研究室では、コンピュータ解析による最適電子構造設計を基に、加工性に優れたMg合金の開発を行い、成果を上げています。



輸送・新エネルギー分野の構造材料

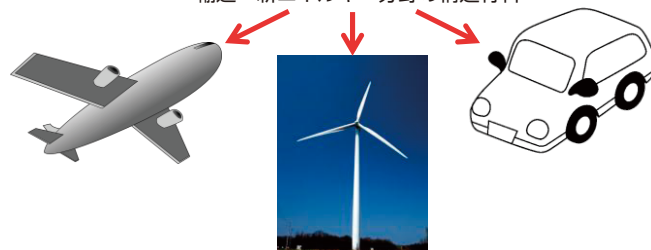


図2 高加工性Mg合金の開発から省エネルギー社会へ

岩石中の間隙の評価に関する研究

岩石中に存在する間隙や割れ目の状況を明らかにすることは、資源開発を含む多くの工学的課題の解決に貢献します。当研究室では、従来認識が困難であった微小な間隙や割れ目を、蛍光剤を用いて可視化し観察することに成功しました。この方法を用いて、石油や天然ガスなどの地下資源貯留層中の間隙の評価や岩石の破壊過程の解析に取り組んでいます。

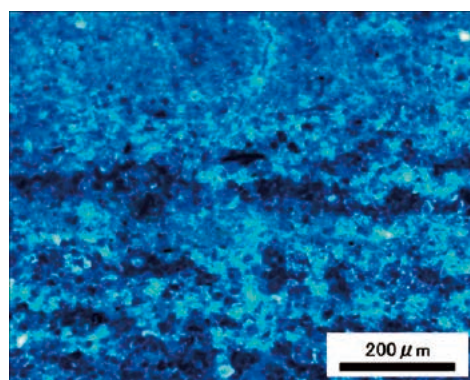


図3 シェールガス・オイルの貯留岩として注目されているシェール（頁岩）中の間隙構造の評価（白色部が可視化された微小な間隙）

資源エネルギープロセス学分野

Advanced Processing of Resources and Energy

教授：浜 孝之
Prof.: Takayuki Hama

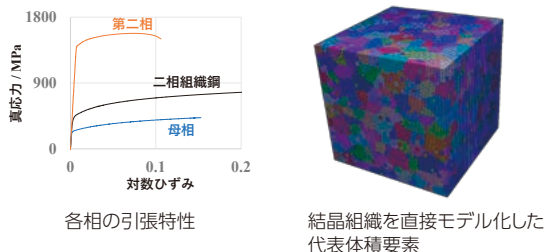
マルチスケール計算力学の応用による省資源化、省エネルギー化への貢献

持続可能な社会の構築には、素材から製品を加工、利用するまでの一連のプロセスにおいて省資源化、省エネルギー化を促進することが重要です。当研究室では、金属板をはじめとする素材の加工プロセスに焦点を当て、幅広い時空間スケールを対象とした高度な計算力学と実験技術を駆使することで、その実現に向けた基礎的、実用的研究に取り組んでいます。その成果は、輸送機器の軽量化に資する難加工材のモデリングやその成形性の向上、また高い成形性を有する素材の創製などに生かされます。

研究概要

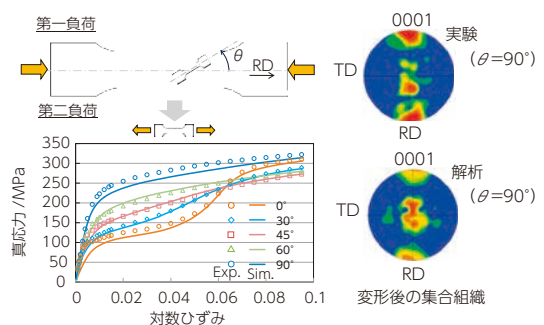
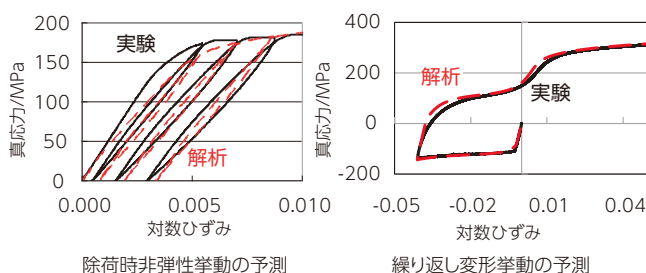
二相組織鋼板のマルチスケールモデリング

自動車の軽量化には、二相組織鋼板に代表される高強度材料を使用して部材の薄肉化を図ることが有効な手段である。しかし、軟質な母相と硬質な第二相から構成される二相組織鋼では、従来用いられてきた単相鋼とは変形挙動が大きく異なるため、その変形特性の解明が切望されている。本研究室では、各相の変形特性を高精度に評価する実験技術を検討するとともに、複雑な結晶組織を直接モデル化した代表体積要素を用いることで、変形特性の高精度な予測技術の開発や変形メカニズムの解明を進めている。



マグネシウム合金板のマルチスケールモデリング

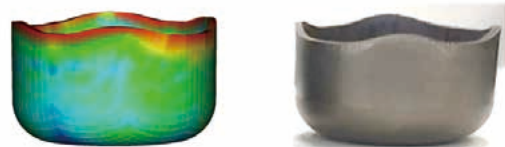
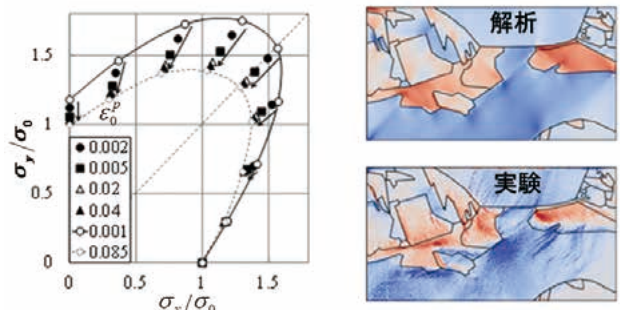
自動車の軽量化には、アルミニウム合金やマグネシウム合金などの低密度材料の利用も有効な手段である。マグネシウム合金は六方晶金属であることに起因して特徴的な変形特性を示すため、幅広い利用にはその理解が不可欠である。本研究室では、結晶粒レベルの微視情報に基づいて本合金の巨視的な変形を予測する数値解析技術の開発を進めている。最近では、除荷時の非弾性挙動や繰り返し変形挙動、異方硬化挙動などをシミュレーションにより高精度にモデル化するとともに、その変形メカニズムを明らかにした。



予圧縮を受けた材料の引張変形挙動の予測

純チタン板のマルチスケールモデリング

工業用純チタンは優れた耐食性や高い比強度といった特性を持つことから、航空機や自動車部品、熱交換器などで広く用いられている。しかしながらマグネシウム合金同様に六方晶金属であることから、極めて異方性の強い変形挙動を示す。本研究では、純チタンに関するマルチスケール数値解析技術を開発し、その複雑な異方変形挙動の解明を進めている。最近では実験と数値解析を駆使することで、その不均一な塑性変形挙動や異方性の強いプレス加工性が発現するメカニズムを結晶粒レベルの微視変形から明らかにした。



カップ成形性の予測 (左:解析、右:実験)

ミネラルプロセッシング分野

Mineral Processing

教授：藤本 仁
Prof.: Hitoshi Fujimoto

准教授：楠田 啓
Assoc. Prof.: Hiromu Kusuda

助教：日下 英史
Asst. Prof.: Eishi Kusaka

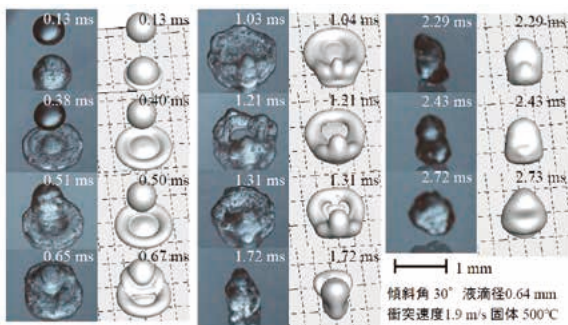
資源・素材・環境に貢献するミネラルプロセッシング

人類が今後も安全に暮らしていくためには、地球環境に配慮した素材開発、資源精製・循環プロセス技術の構築、およびそれらの高度化・高効率化が必要です。私たちは、資源・素材さらに環境に関わるさまざまな問題に取り組んでいます。

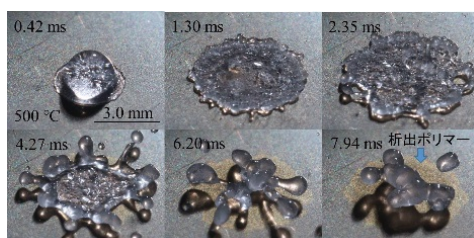
研究概要

混相流の物質・熱輸送

一つの空間に複数の流体が存在する混相流は、様々な素材製造プロセスで現れる。金属素材の冷却による熱処理では、数百℃に加熱された素材表面に冷媒を接触させて急冷し、所定の温度で冷却停止することで結晶組織の制御を行っている。水を使用する冷却では、沸騰により液体相と蒸気相および周辺の空気相が混在する流れとなる。また、冷媒が水中に油滴相が分散するO/W(Oil-in-water)エマルジョンでは、水の沸騰に加え、分散相(油)の濃化や相変化が発生する。水溶性高分子ポリマー水溶液を用いる場合は、ポリマーの析出や熱分解も起こる。これらは全て、微小な時空間スケールで発生する過渡現象であり、素材の冷却速度(単位時間当たりの温度降下量)に大きな影響を及ぼす。そのため、冷却プロセスの最適化には相変化を伴う混相流の物質・熱輸送現象の理解が不可欠である。しかし、これには学術的に未解明なものが数多く残されている。本研究室では、液体と高温固体との突然接触により誘起される流動の観察と熱計測手法の開発を行っており、その素過程を基礎実験や3次元コンピュータシミュレーションで解明する研究に取り組んでいる。



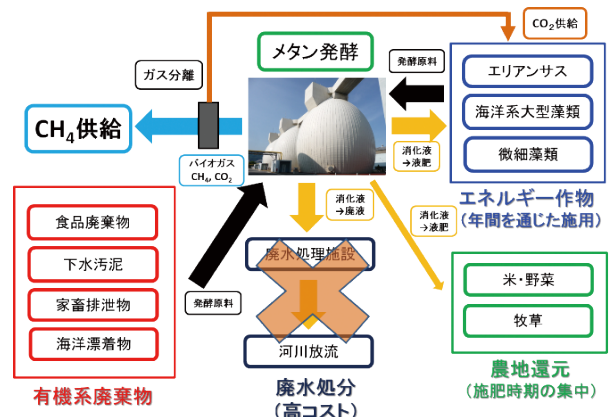
傾斜した高温金属表面に連続衝突する水液滴の挙動
(左):観察画像、(右):コンピューターシミュレーション。



高温固体面上のポリマー水溶液液滴の変形過程の例。
析出ポリマーは熱抵抗層として作用し、冷却速度を低減する。

メタン発酵によるエネルギー利用型資源循環

さまざまな有機廃棄物を処理しつつ、メタンを回収できるメタン発酵への期待は高まってきている。しかしながら、難分解性有機物の存在もあり、発酵効率の向上が求められている。また、発酵に伴って大量に発生する消化液の処分も大きな課題となっている。そこで本研究室では、前処理によるメタン発酵の高効率化とエネルギー作物への消化液の還元による資源循環システムの構築を目指している。



環境・リサイクリング

近年の環境規制の強化、資源リサイクリング意識の向上などにより、処理の対象物は複雑化かつ微細化の傾向にあり、これを処理する高度な分離技術開発が急務となっている。この問題を解決する一連の研究として、資源の分野で培われてきた省資源・省エネルギー型の分離技術(放射能汚染土壌の除染・減容化、排水浄化、水資源など)あるいは資源リサイクリング(廃棄物資源循環)などの分野に適用し、その機構解明と応用研究をミネラルプロセッシングの観点から行っている。

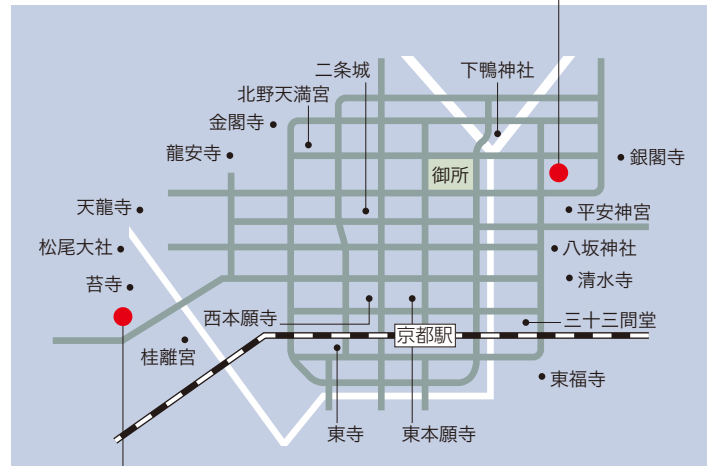


(左)新規分離技術(マイクロバブル浮選)の光景
(右)浮選前後の溶液の様子、左が浮選前

吉田キャンパス

工学部 地球工学科 資源工学コース
大学院エネルギー科学研究科・
エネルギー応用科学専攻

〒606-8501 京都市左京区吉田本町



桂キャンパス

大学院工学研究科・社会基盤工学専攻
大学院工学研究科・都市社会工学専攻

〒615-8540 京都市西京区京都大学桂

京都大学

工学部 地球工学科 資源工学コース

〒606-8501 京都市左京区吉田本町

URL <https://www.s-ge.t.kyoto-u.ac.jp/res/ja>