

岡山大学 理学部 地球科学科 研究紹介2025

岩石学

中村	大輔	准教授	变成岩岩石学
野坂	俊夫	准教授	岩石学

地震学

竹中	博士	教授	地球物理学, 地震学, 地震工学, 地震防災
----	----	----	------------------------

地球情報学

隈元	崇	教授	サイスマテクトニクス, 地理情報学
山川	純次	助教	情報地質学, 鉱物学

地球惑星内部物理学

浦川	啓	教授	高压地球科学, 鉱物物理
寺崎	英紀	教授	地球惑星内部物質科学
櫻井	萌	研究助教	地球深部科学

地球化学

井上	麻夕里	教授	地球化学, 炭酸塩生物学, サンゴ年輪気候学
山下	勝行	准教授	宇宙・地球化学
大野	良和	特任准教授	細胞学・形態形成

大気科学

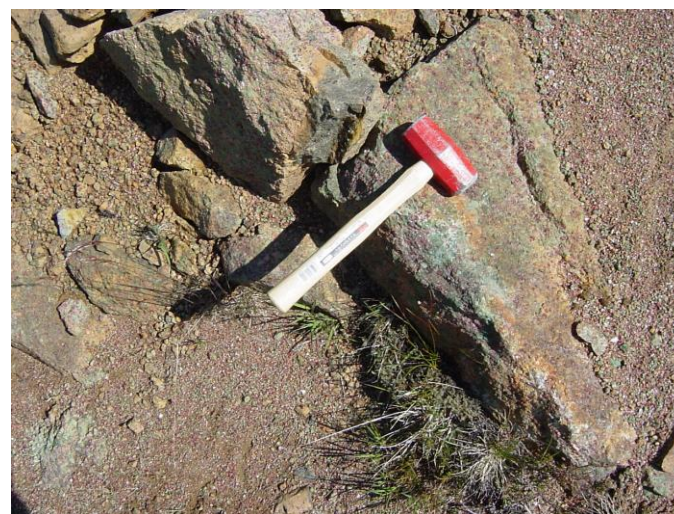
野沢	徹	教授	気象学, 気候学, 大気物物理学
----	---	----	------------------

惑星科学

堀	安範	准教授	惑星科学・系外惑星学
---	----	-----	------------

造山帯で起きている現象の解読

造山帯とは過去の大陸と大陸の衝突帯や海洋プレートが沈み込む地帯に沿って発達した地質帯です。例えば、ヨーロッパ・アルプスは比較的新しい造山帯で、高い山脈が形成され、その山脈が現在も残っています（右上の写真）。そのような造山帯を構成している岩石の多くは変成岩と呼ばれる岩石になり、エクロジャイトと呼ばれる高圧変成岩（右下の写真）も広く産出します。エクロジャイトは少なくとも1万気圧より高い圧力で安定化する岩石です。また、場所によってはコース石という約3万気圧以上の圧力で安定となる鉱物が含まれていたりします。そのような圧力は地下100kmの深さでようやく達成されます。広域的にそのような高圧変成岩が産することは、造山帯を構成している岩石が地下深部まで沈み込み、その後、地表まで戻ってきたことを意味しています。そのような地下深部物質が、どのようなメカニズムで地表まで戻ってくるのか謎です。私はそのような岩石に含まれている鉱物の化学組成分析と熱力学を基本とした解析で、高圧変成岩が経験した温度圧力履歴を推定し、造山帯で起きている現象を少しずつ解読しようとしています。



ヨーロッパ・アルプスの写真（上）とカレドニア造山帯（ノルウェー）のエクロジャイト（下）。

野坂 俊夫 准教授 岩石学

海洋底の岩石と水の反応

海洋底は岩石圏と水圏の間の最大の境界層であり、岩石と水の化学反応が盛んに起きている場所です。この反応が、日本などで多発する海溝型地震や火山活動、あるいは海底下数千mの岩盤中での微生物の繁殖など、地球上の様々な現象に深く関わっていることが、最近の研究によってわかってきました。

しかし「地球最後のフロンティア」とも言われる海洋底には、今なお多くの謎が残されています。たとえば、水はどのくらい深くまで岩石圏の内部に浸透しているのか？ そしてその最前線ではどのような反応が起きているのか？ などという基本的な疑問は未解決のまま残されています。

そのような疑問に対する答えを求めて、深海掘削プロジェクトに参加したり、陸上に露出した太古の海洋地殻・マントル岩の調査を行ったりしています。

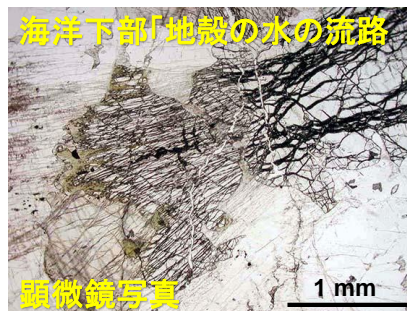
あなたも海洋底の謎に挑戦してみませんか？

詳しくは→ https://earth.desc.okayama-u.ac.jp/ja/research/staff_nozaka_02.html



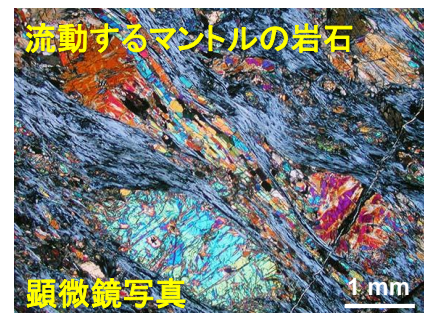
← 全長210m、高さ130mの、日本が誇る世界最大の掘削船。海底下7000mのマントルに達する大深度掘削ができる。

古生代の海洋底にあった岩石が → 大陸の衝突に伴って隆起し、いまは大草原の中に露出している。



← 岩石と水の反応に伴う膨張によって細かな割れ目が生じ、これが新たな水の流路となって反応がさらに進行する。

硬い岩石も水と反応することで → 柔らかくなり、地下深部の断層運動によってゆっくりと流動変形する。



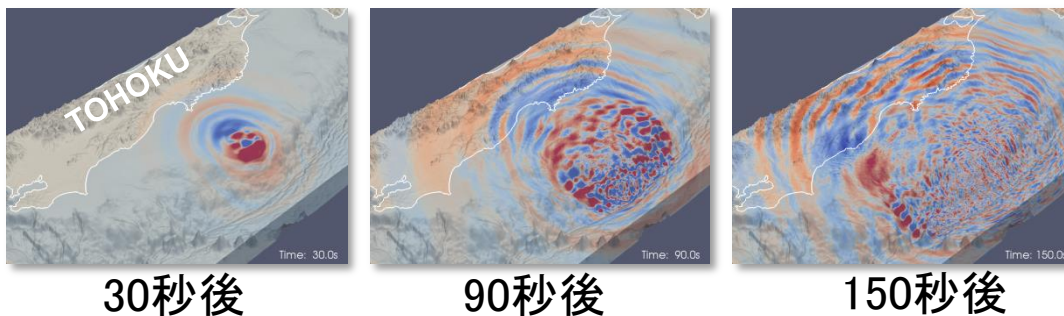
地震の波の科学

具体的には、現在以下のような研究を行っています。

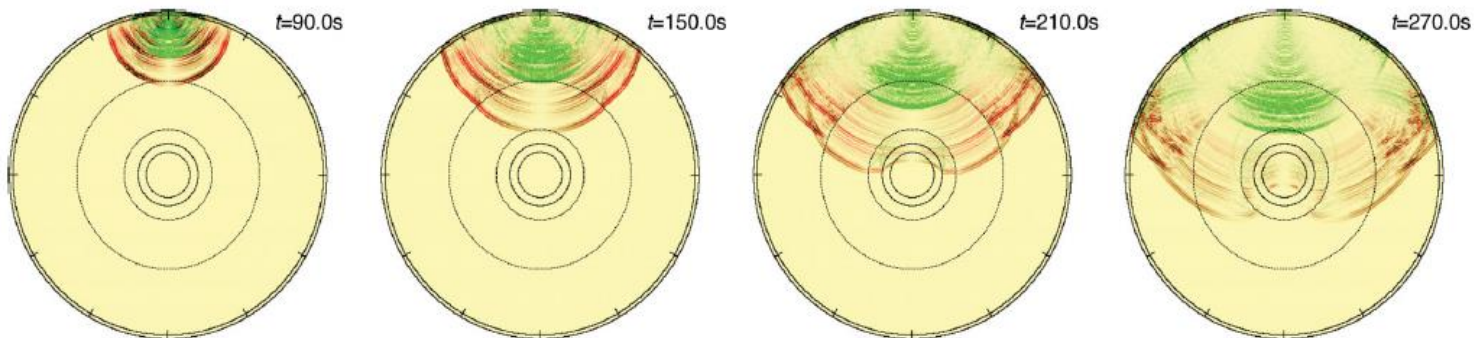
- ローカルなスケールから地球全球にわたるグローバルなスケールまでの地震波動伝播シミュレーション

- 波形記録から地震波の励起源である震源、伝える媒質である地下構造の性質を推定

2011年東北地方太平洋沖地震の地震波動シミュレーション。
下は発震後の時間。海底および地面の上下方向の揺れを可視化している。
赤と青は揺れの向きを表し、濃さは揺れの強さを表している。



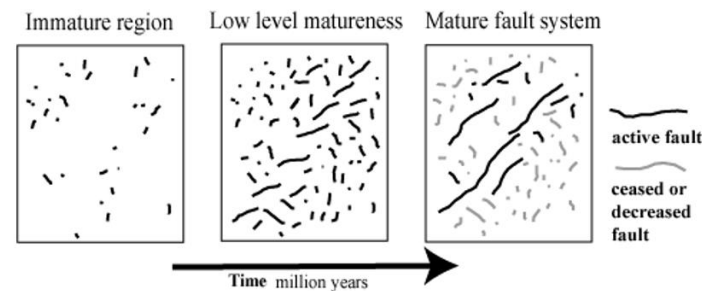
月震の地震波動シミュレーション。
波の伝わる様子を可視化している。赤がP波、緑がS波の波面。地表に沿って伝わる表面波も見える。



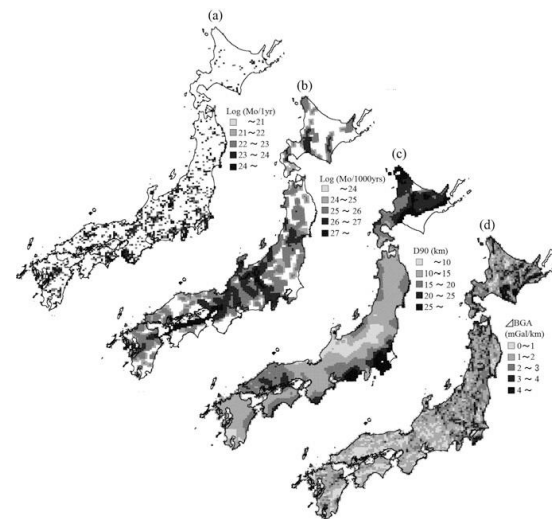
活断層の地震危険度評価

活断層から発生する地震の長期的な危険度評価を目的とした研究を行っています。そのために、まず、空中写真・衛星画像・デジタル標高モデルなど地形に関するデータをもとに変動地形を判読して活断層を抽出し、その位置や諸元に関するデータの取得と地理情報データベース化を行います。次に、活断層のデータを地震と結び付けるために、地震の規模と頻度の予測や地震発生の確率評価手法の検討を議論しています。その中では、右図に示すように、抽象的なモデルの定量的な評価手法の考案や、地理情報技術を応用した作業を行っています。これらの成果は、確率論的地震動予測地図の作成と高度化に寄与しています。また、地震発生時の地面の揺れまでを予測する強震動の研究分野でも、活断層データを予測に活かすための震源断層モデル構築の手法開発といったテーマで協力しています。

こうした研究で明らかとなった成果を社会に生かすための活動として、文部科学省・地震調査研究推進本部で進められている地震動予測地図の作成や、原子力施設の耐震安全性評価の高度化に関わる研究会に参加して、陸域および海域の活断層を将来の地震と結び付ける研究に取り組んでいます。



活断層の進化・成熟モデル（Wesnousky, 1999を一部改変）をもとに、地質時間の中で活断層が長大で支配的な断層へ変化することを数式で表して、将来の大地震の規模予測の高度化を目指しています。



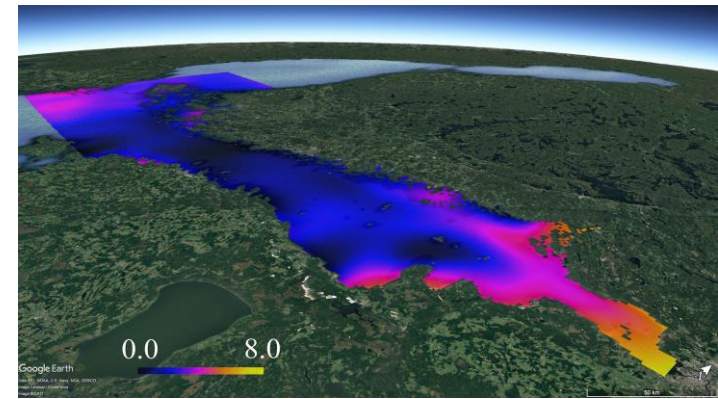
上から歴史地震の地震モーメント放出率、活断層の地震モーメント放出率、地震発生層の厚さ、ブーゲ重力異常の傾斜分布の図示。こうした地殻変動に関わるデータを統合して、地震の地域性を論じることで、将来の大地震の規模や頻度を検討しています。

地球統計学とコンピュータを使った 環境汚染物質の動態解析

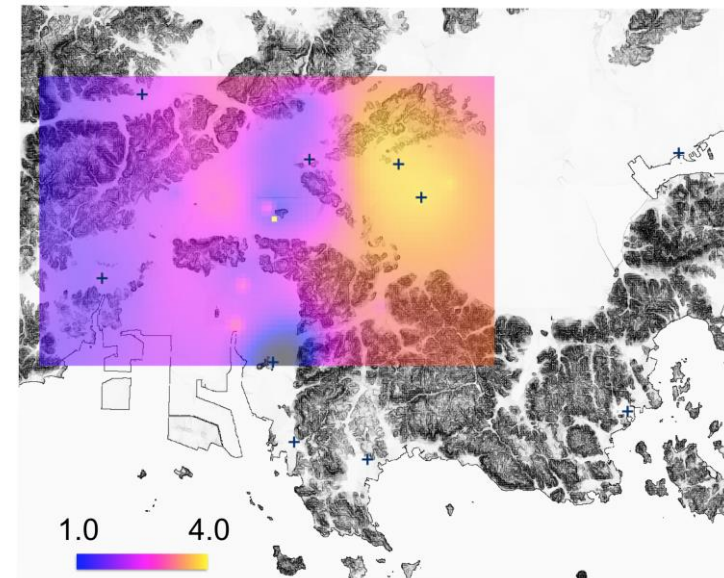
<研究の目的> (1) フィンランド湾表層においてクロロフィルが溜まり易い環境条件を推定し、陸上活動の結果として流入する物質により発生する富栄養化をコントロールする。(2) 岡山県南部においてPM2.5が溜まりやすい環境条件を推定し、大気の質を管理して、都市の一人当たりの環境上の悪影響を軽減する。

<研究の概要> 地球統計学と地理情報システムを用いた環境汚染物質の動態解析を行っている。(1) 地球観測衛星から送られてくるフィンランド湾表層のクロロフィル分布データを、フィンランド国立環境研究所のMalve教授、Taskinen博士およびAttila博士と国際協働して解析し、濃度分布モデルを検討する。(2) 岡山県環境保健センターから公開されるPM2.5の観測値(1時間値)を解析し岡山県南の都市部上空のPM2.5濃度分布モデルを検討する。両活動とも国際インターンシップ学生の受け入れを行なっている(2017年度:1名, 2018年度:2名, 2019年度:2名)。

<期待される成果> (1) フィンランド湾で発生している富栄養化を低減し陸上活動と海洋汚染防止の両立により海洋を持続可能な形で利用可能にする。(2) 岡山県南部で発生しているPM2.5高濃度化を抑制し経済活動と大気汚染防止の両立による持続可能な都市及び人間居住を実現する。



フィンランド湾表層のクロロフィル濃度の動態解析例



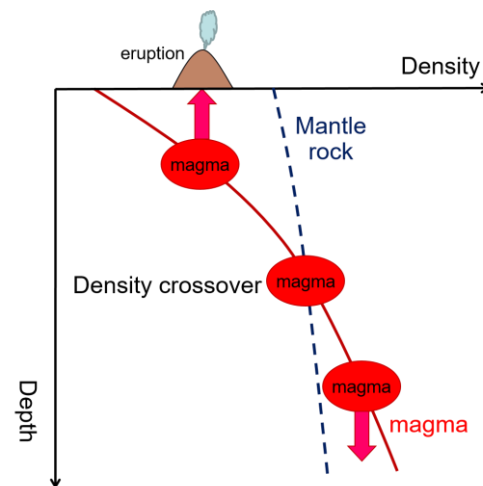
岡山県南部における PM2.5濃度の動態解析例

高温高压実験から地球と惑星の進化を探る

マグマは火山の噴火だけでなく、海洋プレートの形成や炭素・イオウのような軽元素の循環においても重要な役割をはたしています。また、マグマの物理的性質は、45億年前の形成期（マグマオーシャンの時代）から現在までの地球や惑星の内部構造の進化やそれらの内部の運動を知る鍵となります。例えば、マグマの密度は圧力とともに急増するため地球のマントル深部ではマグマは沈んでいくと考えられています。私たちの研究室では、放射光や中性子を用いた実験から高温高压条件でのマグマと鉄合金メルトの物理的性質を研究して、地球や惑星の内部構造とその進化過程の解明を目指しています。

- ・ マグマの構造
惑星内部の高温高压状態のマグマと鉄合金メルトの構造
- ・ マグマの物性
マグマと鉄合金メルトの密度や粘度，界面エネルギーなど
- ・ マグマの相関係
マグマと鉄合金メルトの高温高压における融解関係

これらの研究は、主に放射光施設（高工ネ研PFやSPring-8）と中性子施設（J-PARC）を利用して進めています。



マントル深部ではマグマの密度は周りの岩石より大きくなるため、マグマは上昇しない。



中性子を用いた高压実験（東海村・J-PARC）。

寺崎 英紀 教授 地球惑星内部物質科学

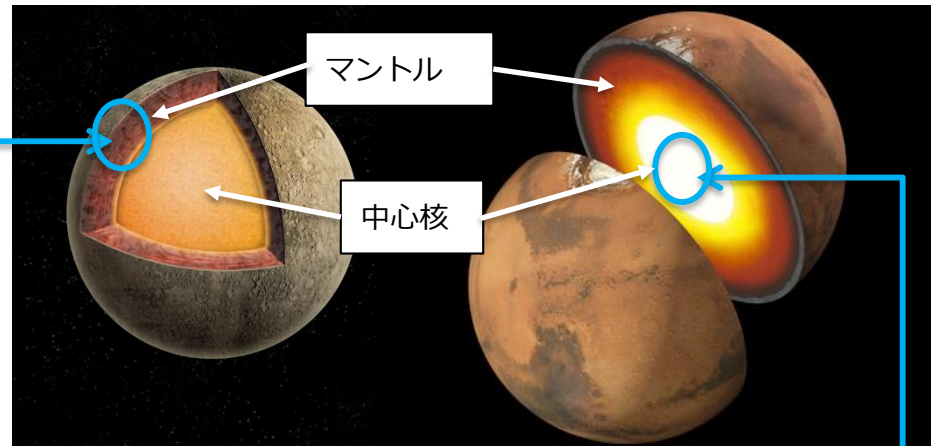
地球型惑星や衛星の内部を探る

水星や火星といった地球型惑星や月は、内部が金属の中心核と岩石質のマンテルや地殻に分離した構造を持っています。

この惑星内部構造について
どのようなプロセスで分離したのか？
どのように進化してきたのだろうか？
惑星により内部分離や進化の過程は違うのか？
惑星内部の物質はどのような性質を持つねん？

このような疑問・問題を解明するために、我々は惑星内部の高温・高圧環境を実験室で再現し、惑星を構成する物質の物理的・化学的性質を調べています。

大学実験室での測定に加え、他大学や放射光施設(SPring-8など)においても測定を行い、国内外での共同研究を実施しています。



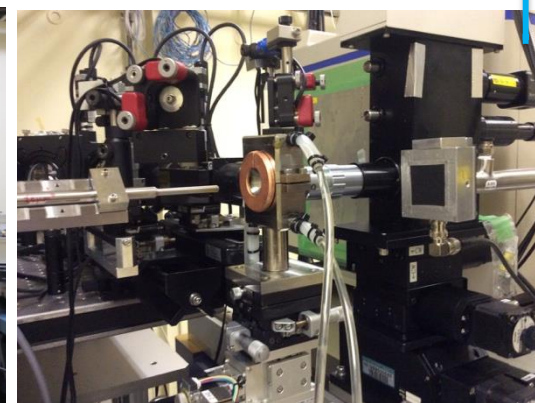
(左) 水星は大きな中心核を持ち、(右) 火星は内部が酸化するという特徴を持つ。これら惑星では惑星探査が現在進行中である。

水星マンテル環境を
再現

火星中心核環境を
再現



大型プレス装置を用いた
X線回折測定の様子



ダイヤモンドアンビル装置を用いた
試料の密度測定の様子

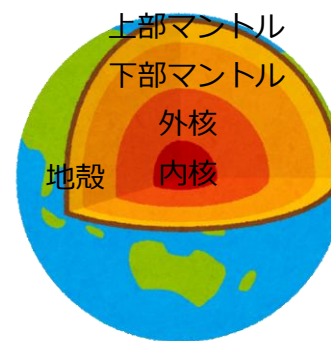
地球の中の水の挙動を探る

地球の半径は約6400 kmに対し、人類の到達した最大掘削深度は10 km程度です。地球内部の詳細な推定を行うために、地球深部の条件(温度・圧力など)を再現した高温高压実験を行っています。

地球のマントルは構造や化学組成の異なる様々な鉱物で構成されています。マントルを構成する主な鉱物は無水鉱物と呼ばれ、 H_2O としてではなく水酸基(OH基)として結晶構造中に水を取り込むことが知られています。構造内に取り込むことのできる水の量は数ppm~数%と幅広い値を取ります。

鉱物中の水は、鉱物の振る舞い(物性)に大きな影響を与えます。また、近年水がどれだけ入っているか(量)だけではなく、鉱物中のどこに入っているか(位置)ということも物性に影響を与えると考えられており、鉱物中の水素位置を決定することが重要な課題となっています。

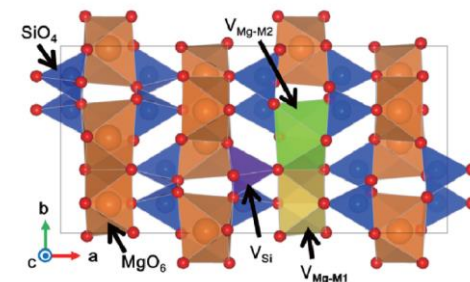
水素は軽く、位置を特定するのは困難ですが、高压実験と第一原理計算を合わせた新たな手法を提案し、地球マントル鉱物中の水素位置の特定を目指しています。



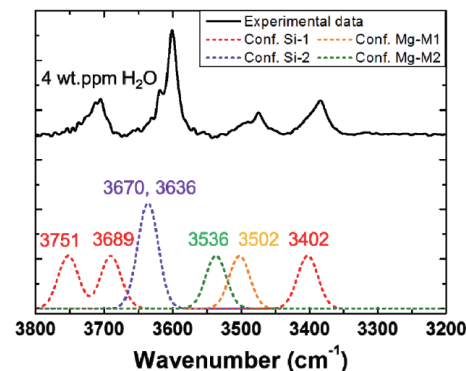
地球の断面図



高压発生装置



En(MgSiO₃)の結晶構造



En中の水から得られる赤外スペクトル
: 実験結果(黒線)と計算結果(色付き点線)の比較

サンゴ礁の成長メカニズムの解明

熱帯～亜熱帯海域に広がるサンゴ礁は、生物多様性が高いだけでなく、そこに住む人々の暮らしも支えている。造礁サンゴはこのサンゴ礁の土台となる重要な生き物であるが、近年の地球温暖化や海洋酸性化がサンゴの成長に負の影響を与えることが懸念されている。しかし、そもそもサンゴがどのように成長しているかはまだよく分かっていない点が多い。そこで本研究では、サンゴの骨格成長に焦点を当て、その成長メカニズムの解明および環境ストレスが骨格成長に与える影響評価について地球化学的視点から研究を行っている。また、インドネシア原子力庁との国際共同研究により、インドネシア多島海における気候・環境変動を復元し、現地のサンゴ礁へのその影響について調査している。

本研究では主に岡山大学所有の誘導結合プラズマ発光分光分析計を用いて、Sr, Mg, Caの微量元素、誘導結合プラズマ質量分析計を用いて、UやPbなどを始めとする重金属元素類の測定を行なっている。また、ドイツ・ミュンスタ―大学、琉球大学、高知大学、東京大学大気海洋研究所、産業技術総合研究所等と共同研究を実施している。

造礁サンゴ

サンゴ礁

自然の防波堤の役割も果たす

サンゴの骨格が成長することで魚の住処となる空間を生み出す
→ 生物多様性へつながる

ミドリイシサンゴ

サンゴポリプ

褐虫藻

サンゴの骨格：
左は褐虫藻と共生しているサンゴ

ハマサンゴ (*Porites* sp.)

サンゴ年輪

Sr/Ca比, $\delta^{18}\text{O}$, U/Ca比などの化学分析

ハマサンゴの骨格には年輪が見られるため、年輪に沿って骨格中の化学成分を分析することで、過去の海洋環境や気候変動に関する情報を得ることができる。また、化石サンゴを用いてより古い時代の環境を復元することもできる。

山下勝行 准教授 宇宙・地球化学

太陽系と惑星の物質科学

太陽系や惑星はいつ、どのようにして誕生したのでしょうか。我々が暮らす大陸は、どのようなプロセスを経て現在の大きさ・姿になったのでしょうか。このような問いに対する答えを求めて、隕石や地球の岩石を化学的手法を用いて研究しています。新しい分析方法の開発にも力を入れており、化学実験をクリーンルームで行うことで、極微量の試料から高精度のデータを得ることを目指しています。主な研究テーマは、（１）超精密同位体分析による、隕石の年代測定や初期太陽系における同位体不均一性、（２）火成岩の微量元素濃度や同位体分析による地殻・マントルの進化プロセスの解明ですが、最近はこれらの研究で開発した分析技術を利用した、（３）顕生代の海水Sr同位体組成の復元や、（４）河川水や地下水の水循環プロセスの解析を含む環境科学研究も行っています。

これらの研究は、国内外の大学の他、国立科学博物館、総合地球環境学研究所、国立環境研究所と共同で進めています。



始原的隕石の写真。光学顕微鏡を使って記載を行った後、クリーンルーム・質量分析装置を使って元素濃度や同位体比の分析をします。

岡山大学理学部のクリーンルーム。HEPAフィルターを通して、大気中の微粒子を除去しています。地球外物質や地球・環境試料から分析対象となる元素を分離するのに使います。

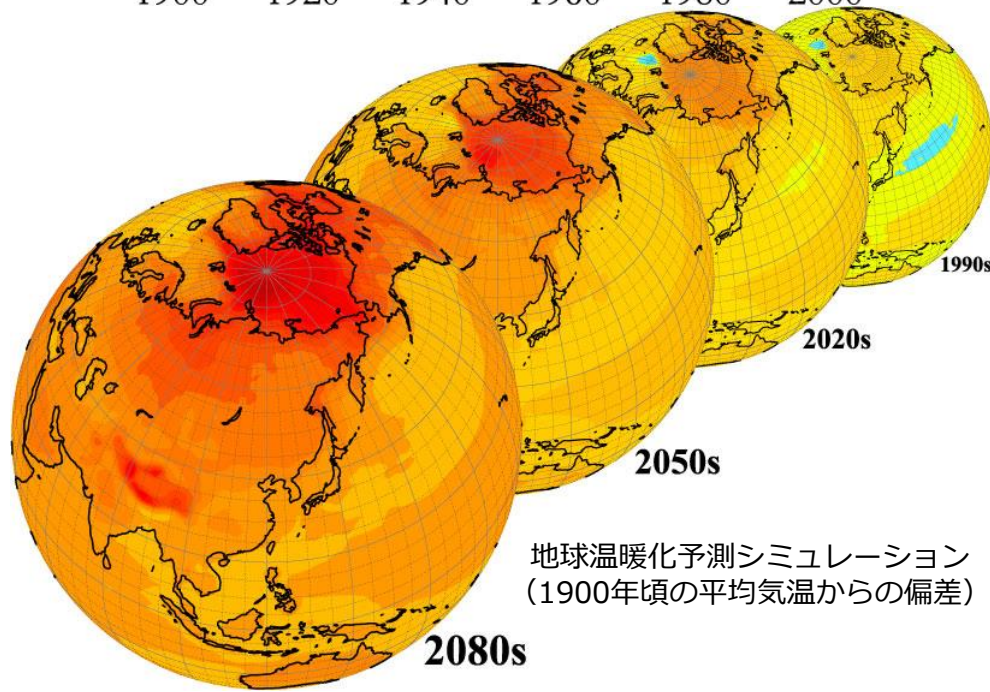
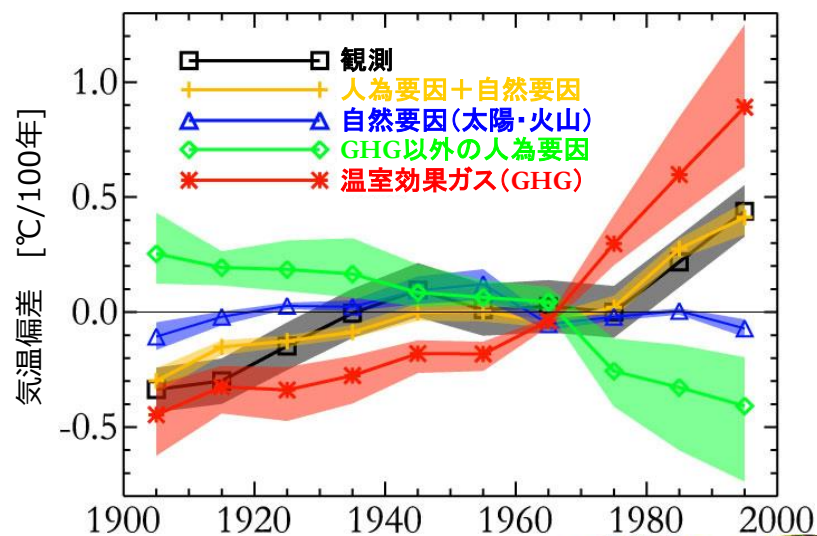


河川水や地下水の研究は野外調査から始まります。現地で気温、水温、pHや電気伝導度を測定してから、分析に必要な試料を実験室に持ち帰ります。

長期気候変動のメカニズム解明

地球の気候はさまざまな要因により変動しています。大気中の温室効果ガスや大気汚染物質の濃度増加など、人間活動に起因する要因もあれば、太陽活動の変動や大規模な火山噴火など、人間が全く関与できない要因もあり、たいていは複数の要因が重なり合った結果として生じています。地球全体から亜大陸規模の長期気候変動・変化に関するさまざまな観測データや、複数の気候モデルによる過去から将来にかけての数値シミュレーション結果などを総合的に解析し、温室効果ガスや大気汚染物質などの人間活動はもちろん、太陽活動や大規模火山噴火も含めたさまざまな要因により、地球の気候がどのように変化し得るのか、また、これら複数の気候変動要因が、過去の大規模な気候変動や近年の地球温暖化にどの程度影響を及ぼしているのか、を明らかにすることを目指しています。

20世紀に観測された地球温暖化の原因特定



堀 安範 准教授 惑星科学

惑星形成・大気進化を探る理論研究

太陽系以外で最初の惑星が発見されてから30年。多様な太陽系外惑星の姿 (例. 灼熱惑星, スーパーアース) は従来の惑星形成・大気進化の描像を一変させました。最新の観測結果をもとに、謎に包まれた**太陽系および太陽系外惑星の形成・大気形成と進化**の解明を目指した理論研究に取り組んでいます。

天体同士の衝突シミュレーション



(Liu, YH et al. 2019, Nature)

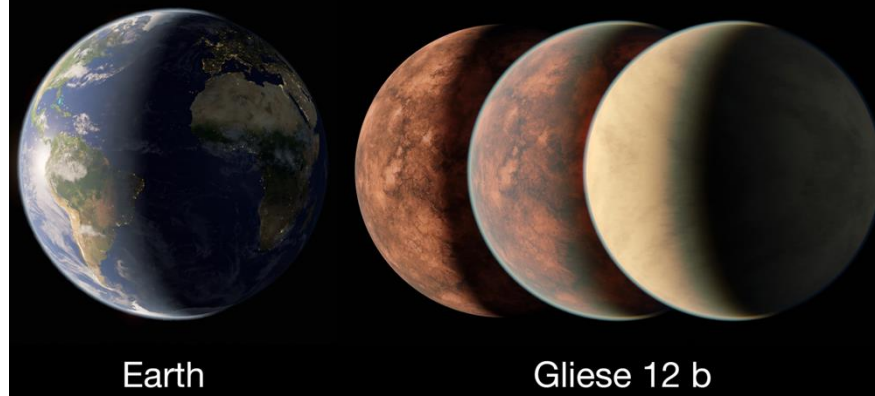
太陽系外惑星の探査と大気観測

東京大学, アストロバイオロジーセンター, 国立天文台の観測チームと共同で、国内外の地上望遠鏡を用いて、視線速度法やトランジット法、高コントラスト撮像の観測によって**太陽系外惑星の探索およびその大気の特徴付け**を行っています。

アストロバイオロジー研究

今後5年-10年以内に予定される30m級地上望遠鏡および宇宙ミッションを見据えて、**第2の地球候補および生命の兆候(バイオシグネチャー)の検出可能性**を理論と観測の両面から探っています。

Credit: NASA/JPL-Caltech



Earth

Gliese 12 b

2024年、金星に似た惑星グリーゼ12bを発見