

# NEWS LETTER

DECEMBER 2025

**TOPICS** NEWS & EVENTS / 海外出張報告 / 最新研究紹介 / 先端超高压研究拠点 PRIUS NEWS

## NEWS & EVENTS

### 第2回PIASシンポジウム

GRCが所属する先端研究院では、先端研究高度支援室の新設数理情報部門のキックオフを兼ね、令和7年7月14日、南加記念ホールで「愛媛大学におけるデータサイエンス・コンピュータサイエンスによる異分野融合研究」をテーマに第2回PIASシンポジウムを開催し、約70名が参加しました。

第1部では、仁科学長が数理情報科学の重要性と学際研究の活性化を呼びかけ、土屋GRCセンター長が趣旨説明を行いました。続いて平野副学長・データサイエンスセンター長が特別講演「数理情報・DS・AI分野の教育・研究・社会連携～愛媛大学の取組～」を行い、異分野融合研究の意義を紹介しました。



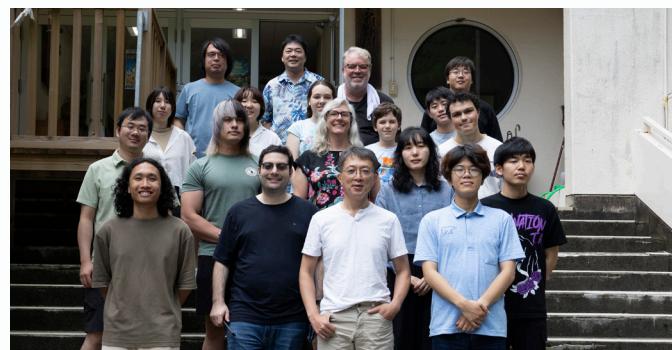
第2部では、大村准教授(GRC兼任)からの最新の研究発表が行われた後、土屋センター長の進行で6名のパネリストによる「数理情報技術・数値計算技術を用いた学内学際研究促進」をテーマとしたパネルディスカッションでは、学内外の数理情報共同研究の進め方や数理情報がもたらす成果などについて、6名ならびに会場との間の議論を行いました。

最後に、先端研究院の入船徹男院長が、先端研究高度支援室を核に学内交流を深め、学際・異分野融合研究をさらに推進し、新たな成果を生み出していくことを述べ、閉会しました。



### 第9回惑星深部研究会

GRC数値系地球科学部門のメンバーが中心となり、8月3日～6日に、第9回惑星深部研究会をしまなみの郷(高知県仁淀川町)で開催いたしました。今回は愛媛大学と東京大学、東京科学大学、ポアティエ大学、JAMSTECの研究者・学生ら計18名が参加し、高知県仁淀川町のしまなみの郷、四国カルスト天狗高原のカルストテラスにて、三泊四日の研究集会を行いました。



### 【参加者の声】

今回の研究集会では口頭の発表を行いました。外部で発表するのは初めての経験で心配していましたが、自分が思っている以上にたくさん質問や反響があり、研究内容がより深まるような充実した時間でした。またすぐ近くに川が流れる山間の静かな環境で、朝から晩まで活発な議論や勉強ができたことがとても良かったです。今回の集会で、より一層良い研究や発表がしたいというモチベーションが高まりました。今後の研究活動も楽しく頑張っていきたいと思います。(学部4年 梶原萌)



## 第29回高圧力科学と技術に関する国際会議 (AIRAPT-29)

GRCが中心となり、第29回高圧力科学と技術に関する国際会議(AIRAPT-29)を9月28日から10月3日までの6日間、愛媛県県民文化会館で開催しました。本会議は、日本高圧力学会が主催する第66回高圧討論会および第11回アジア高圧会議との共催で行われ、先端研究院院長・GRC入船徹男教授が会議の組織委員長を、GRC土屋卓久センター長が愛媛実行委員長を務めました。また、GRCの教職員・学生が企画・運営を担いました。

AIRAPT会議は、学際的な国際会議であり、1965年にフランスで第1回が開催されて以来、隔年でヨーロッパ、北米、アジアを中心に開催されています。今回のAIRAPT-29は、日本での開催としては2009年の東京大会以来16年ぶりとなり、前回の2023年はエディンバラで開催されました。

本会議には世界28か国から約600名の研究者・学生が参加し、物理学、地球惑星科学、化学、材料科学、生物科学など多くの分野における高圧力を活用した最先端の研究成果や技術開発が発表されました。また、一般向け講演会やバンケット、エクスカーションなどを通じて地域市民との交流も積極的に行われました。



ウェルカムセレブション



市民講演会「超高圧でつくる未来の材料」

会議は9月28日に同会場において、一般市民向け講演会「超高圧でつくる未来の材料」と、圧力スケールに関するワークショップで幕を開けました。夕方にはレセプションが行われ、愛媛大学ダンス部によるダンス指導もあり和やかな雰囲気で歓談が行われました。

翌29日朝にはオープニングセレモニーが行われました。冒頭にはダンス部により、地球の中に潜っていくことをイメージした創作ダンスが披露され、引き続きAIRAPT会長などによる挨拶とともに、愛媛大学を代表して仁科弘重学長からも挨拶がありました。

会議は朝一番の全体講演に引き続き、5つの会場に分かれて約550件の口頭発表やポスター発表が連日行われました。「水素化化合物の超伝導」、「ナノ多結晶物質」、「高圧下での物質の変形」に関する3つの特別セッションも開催され、圧力をキーワードに活発な討論が行われました。中でもドイツと中国の2つの研究グループによる、常温超伝導物質に関する発表には大きな関心が集まり、会議終了後も急遽関係者による検討会が開かれました。



セッション会場

会議の合間に会場において、「水引きづくり体験」、「抹茶セレモニー」、「着物着付け体験」などのコーナーが設けられ、とりわけ外国人参加者に人気でした。また、会期中に参加者が撮った写真のコンテストも行われ、松山観光コンベンション協会から豪華賞品が贈呈されました。会期中のランチは数台のキッチンカーや会場内のレストランから提供いただくとともに、愛媛大学の学生などによるハラルに対応した料理も提供されるなど、参加者が一日中会場で過ごせる工夫がなされました。



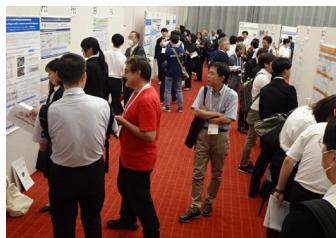
着物体験



松山三越・大街道でのバンケット

会議中のイベントで最も盛り上がったのが、10月1日に三越の坊ちゃんフードホールを借り切っておこなわれたバンケットでした。一部は隣接する大街道にも席を設け、商店街の方々や市民との交流も目指しました。出し物として東京から「大江戸助六太鼓」のグループに来ていただき、躍動感に満ちた和太鼓のパフォーマンスを楽しみました。また地元の神輿「小唐人大神輿」にもお越しいただき、大街道における両者の共演も実現しました。これには多くの参加者が集まるとともに、買い物などに訪れた市民も集まり大きく盛り上がりいました。翌週には松山地方祭を控えていたこともあり、松山の伝統的な行事の雰囲気を感じていただける機会となりました。

最終日のクロージングセレモニーでは、学生ポスター賞やフォトコンテスト入賞者の発表も行われ、最後まで多くの参加者が集まりました。また会議終了後も、GRCにおけるラボツーや、常温超伝導物質をめぐるラウンドテーブルミーティングが行われました。さらに翌日の10月4日には、内子・大洲コース、しまなみ海道コース、新居浜コースの3つのグループに分かれてエクスカーションが行われ、参加者に



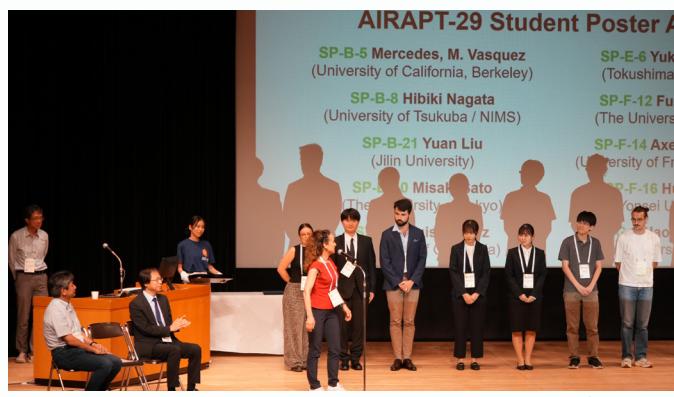
ポスターセッション



多くの学生さんにご協力いただきました

は、松山市のみならず愛媛県各地の文化・歴史や自然に触れていきました。

これらの他にも会議直前の9月24日～27日には、大阪大学で学生向けのサマースクールが開催されるなど盛りだくさんの会議でしたが、国内外を問わず多くの参加者から「これまでに参加した国際会議の中で一番素晴らしかった」と高い評価をいただきました。なお次回のAIRAPT会議は、2027年にシカゴで開催される予定です。



クロージングセレモニー

## 土屋センター長が高校生おもしろ科学コンテストで講演を行いました

11月9日(日)に、愛媛県教育委員会主催による「高校生おもしろ科学コンテスト」本選が愛媛大学で開催されました。競技の後には、GRCの土屋卓久センター長が「不思議で楽しい!高圧力の世界」と題した特別講演を行いました。会場では、普段あまりなじみのない「高圧力の世界」のお話に熱心に耳を傾けたり、メモを取ったりする高校生の姿が多く見られました。講演の終盤には多くの質問が寄せられ、会場は活気にあふれました。さらに、実際に高圧力発生装置を用いた実験も行われ、参加した高校生たちは装置の仕組みや現象の変化を観察し、科学の面白さを体感していました。



## 女子中高生向けラボツアーを開催しました

11月15日(土)に、愛媛大学次世代科学人材育成拠点とジェンダーアクション推進センターの共催で開催された「女子中高生のためのロードマップtoサイエンス2025」の一環で、GRCにてラボツアーを開催し、県内の女子中高生が参加しました。

当日は、研究施設や装置の説明に続いて実験も行われ、参加者は目を輝かせながら熱心に見学していました。実験では、「常温で氷をつくる実験」を体験し、生成された結晶を観察する場面では大いに盛り上がりいました。終始積極的に取り組む姿が印象的で、科学への高い関心がうかがえました。



## 研究成果

### 地震の発生頻度は岩石にかかる力の大きさを反映することを解明

GRCの大内智博准教授、入船徹男教授らの研究チームは、大型放射光施設SPring-8の強力な次世代X線と高温高圧発生装置を組み合わせて用いることで、高温高圧環境にてサブ秒オーダーで進行する岩石の破壊現象の観察に成功しました。

実験において、岩石の破壊(ミニ地震の発生)は、ある程度の高い応力が岩石に加わっている状態に限られることを明らかにしました。この結果より、地球内部で地震が頻発する状況は、「地震発生場に生じている応力が高い状況」にあると解釈することができます。今後、種々の実験環境下においても検証が進めば、大地震発生の評価への応用も可能になるものと期待されます。<研究内容についての詳細はp.8をご覧ください>

### 新しい人工的な金属物質合成に成功

内藤俊雄教授(GRC兼任)を中心とする研究グループは、超共役系の有機分子を使って、既存の金属にはない性質を持つ、人工的な金属物質の合成に成功しました。

本研究成果は英国王立科学会の学術誌Journal of Materials Chemistry Cに速報的にオンラインで公開されたのち、表紙の挿絵付きで冊子体に掲載されました。

## ハロゲンが解き明かす月地殻の形成過程

GRCのJiejun Jing研究員と桑原秀治講師らの研究グループは、これまで報告例の乏しい月環境に近い条件で高圧・高温実験を行い、塩素(Cl)が鉱物と共存するマグマとの間でどのように分配されるかについて新たなデータを取得しました。こうした実験結果を基に、月の内部進化モデルと組み合わせて地殻形成過程を検討した結果、表側の地殻には異常なほど塩素が多く含まれていることがわかりました。一方で、裏側の地殻にはこのような塩素の濃集は見られませんでした。こうした結果は月表側の地殻は塩素によって変質を受けており、裏側にはより始原的な地殻が残っていることを示唆しています。<研究内容についての詳細はp.8をご覧ください>

## 昆虫の左右の羽の超微細構造はそれぞれ右巻きと左巻き

GRCの井上紗綾子助教らの研究チームは、モンスズメバチ後翅(羽)の高分解能走査電子顕微鏡法観察を行いました。

その結果、翅の表面は微小な棘状の毛で覆われ、その毛には螺旋状の溝があることが観察されました。その螺旋の溝は、左翅は右巻き、右翅は左巻きと左右で異なっていますことも分かりました。さらに、顕微スキャナ型多次元赤外円二色性分光装置を用いた解析で、この左右非対称構造の成因は棘を構成するタンパク質の構造と強く関係していることを示しました。

生物の左右非対称性はその生物が発揮する機能とも関連しており、今回の成果は非対称性の起源をより明確にするものです。本研究成果は、英国王立化学会の科学雑誌「Physical Chemistry Chemical Physics」に掲載されました。

## ヒメダイヤの新たな応用－蛍光X線ホログラフィーの高圧下での測定に成功

GRCの石松直樹教授、入船徹男教授らの研究チームは、蛍光X線ホログラフィーの高圧下測定に初めて成功しました。

蛍光X線ホログラフィーは特定元素周りの3次元の原子像を再生できる構造解析手法であり、「特徴的な機能を持つ材料は、どの部分がその機能に関わっているのか、を原子レベルで可視化する」という要望に応える実験技術として広く利用されています。しかし、その蛍光X線ホログラフィーは元来微弱なシグナルのためこれまで高圧下の測定が実現していませんでした。

今回、本研究チームは大型放射光施設SPring-8の強力な次世代X線と高圧発生装置、およびナノ多結晶ダイヤモンド(NPD=ヒメダイヤ)を組み合わせた測定システムを構築することで10万気圧以上の高圧下での明瞭なホログラフィー像取得に成功しました。今後、圧力誘起の超伝導観測、微量元素添加による特異的物性素材の探索といった、物質科学・材料科学などへの広い応用が期待されます。また、この成功は、GRCが開発したNPDの新たな活用例としても重要な成果となりました。本研究成果は、英國の国際科学雑誌「Journal of Synchrotron Radiation」に掲載されました。

## Al, H含有ステイショバイトの相転移を通じた中部～下部マントルにおける地震波散乱体の複雑な特徴の解明

GRCのZhan Youyue助教らの研究グループは、AlとHを含むステイショバイトの相転移挙動を高圧・高温条件下で包括的に調査し、その結果をもとにマントル深部の地震波散乱体の解釈に新たな視点を示しました。本成果は、中部～下部マントルにおける散乱体の複雑な深さ分布を理解する上で貴重な知見となるものです。<研究内容についての詳細はp.9をご覧ください>

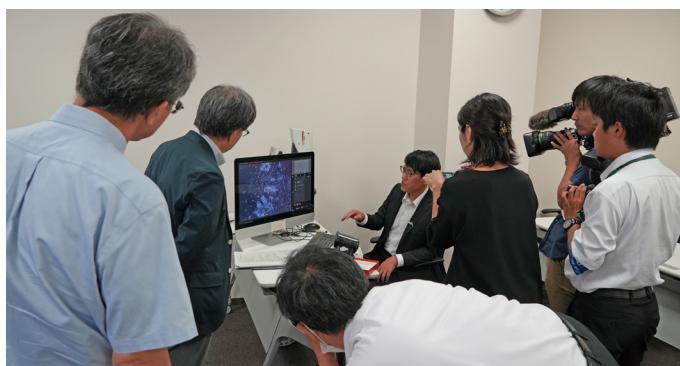
## (Mg,Fe)SiO<sub>3</sub>メルトのおける鉄価数状態とメルト構造の相関関係

GRCの櫻原瑞穂さん(Gréaux研・修士2年)らの研究グループは、ガス浮遊炉を用いることで実験的制約を克服し、(Mg,Fe)SiO<sub>3</sub>組成メルト中の鉄含有量変化( $Fe\# = Fe/(Fe+Mg)$ )が、メルト中の鉄価数状態とメルト構造に及ぼす影響を調査しました。その結果、 $Fe\# = 0.11 - 0.20$ の鉄価数比( $Fe3+/\Sigma Fe$ )は約0.35であるのに対し、 $Fe\# > 0.26$ では0.48へ急激に上昇しました。ガラス構造は、 $Fe\# \leq 0.26$ の場合にはMgSiO<sub>3</sub>組成ガラスと類似しており、Mg<sup>2+</sup>がFe<sup>2+</sup>に置換されることを示しています。そして、Fe<sup>2+</sup>への置換は自由体積を消費し、 $Fe\# \sim 0.26$ 付近で構造変化を起こす可能性があります。これらの結果は、鉄含有量が変化する(Mg,Fe)SiO<sub>3</sub>組成メルトにおいて鉄価数状態とメルト構造に相関関係があることを示しており、かんらん岩組成メルトにおける鉄価数状態を理解する上でメルト構造が重要であることを示唆しています。本研究成果は、地球化学分野を代表する国際雑誌「Chemical Geology」に掲載されました。

## ろうそくからダイヤモンドの合成に成功

GRCの國本健広研究員・入船徹男教授らの研究グループは、ろうそくの主成分であるパラフィンを原料として、粉末状のナノダイヤモンドの超高圧合成に成功しました。

ナノダイヤモンド粒子は、近年薬剤を癌などに直接運ぶドラッグデリバリーや、ダイヤモンドの蛍光を利用したバイオイメージングなどとして、医療分野や生命工学分野などにおいて大きく注目されています。本研究成果は、9月28日から松山市において開催された高圧力の科学と技術に関する国際会議(AIRAPT-29)で発表されました。



9月19日に行われた記者発表会の様子

## 受賞

### Roebling Medalの受賞者に入船徹男教授が決定

入船徹男教授が、アメリカ鉱物学会(以下MSA)の最高賞である Roebling Medalを受賞することが決定しました。MSAは1919年にアメリカで設立され、鉱物学・結晶学・地球化学・岩石学などの学術分野の推進と教育活動、産業応用の促進を目的とした国際的な学会です。現在はアメリカのみならず世界各国から多くの研究者が参画しており、同賞はMSAの最高賞として、関連分野で卓越した研究業績を称えるものです。

メダル授与式および受賞講演は、2026年10月にアメリカ・デンバーで開催されるアメリカ地質学会にて行われる予定です。



12月3日に行われた記者説明会の様子

### JpGU 学生優秀発表賞

井上義洋さん(修士2年 / 指導教員: Gréaux准教授)

"月マントル組成直方輝石の高温高压下弾性波速度測定"

稻垣喜久代さん(修士1年 / 指導教員: 出倉講師)

"Ab initio structural models and infrared spectra of hydrous bridgemanite"



井上さん(左)と稻垣さん(右)

### プロジェクトE成果発表会 優良賞および特別賞

北野侃さん(学部3年 / 指導教員: 土屋教授)

"地球深部に潜むFe-richマグマの物性"

### HPCJ-66 Student Poster Award

稻垣喜久代さん(修士1年 / 指導教員: 出倉講師)

"Ab initio structural models and infrared spectra of hydrous bridgemanite of the lower mantle"



北野さん



稻垣さん

### 分子シミュレーション討論会 学生優秀発表賞

金舛育実さん(博士1年 / 指導教員: 大村准教授・GRC兼任)

"第一原理分子動力学法による 1.1 nm トバモライトの疲労に伴う引張特性の変化"

## セミナー

### PIASセミナー

#### 第3回PIASセミナー

2025.8.1 (Fri.)

"昆虫の左右の羽の超微細構造は、それぞれ右巻きと左巻き"  
井上紗綾子 助教

GRCが所属する愛媛大学先端研究院では、最新の研究成果を学内外に紹介し、愛媛大学内の共同研究や学外産学連携、自治体連携の契機作り、さらには一般の方々へのアウトリーチを目的として、毎月PIASセミナーを主催しています。どなたでもご参加いただけますので、ぜひ先端研究院ホームページをご覧ください。



### GRCフロンティアセミナー

#### The 91th GRC International Frontier Seminar

2025.10.3 (Fri.)

"Deep Earth melting and global water circulation. How can Earth maintain surface oceans?"

Dr. Shun-Ichiro Karato (Professor, Yale University)



## ワシントンDC海外出張報告

超高圧科学部門：准教授 境 毅

2025年6月22～27日にワシントンDCのヒルトンホテルで開催されたSCCM2025に参加しました。SCCM2025は正式には24th International Conference on the Science of Compression in Condensed Matterとなっており、アメリカ物理学会(APS)のTopical Group on Compression of Condensed Matterが隔年開催する会議です。実は前回まではShock Compression of Condensed Matterの略でSCCMとなっており動的圧縮分野を主とした歴史のある会議だったらしいのですが、今回からScience of Compressionと改めて静的圧縮分野も含め幅広く発表が行われることになったようです。そこで静的圧縮でも比較的高い圧力領域での研究をしている人間として招待講演を依頼されました。

自分の発表では、集束イオンビーム加工装置(FIB)による2段式ダイヤモンドアンビルセル(ds-DAC)の作製や、直近で論文を公表していたトロイダル型DAC(t-DAC)による400GPa領域での状態方程式(圧力スケール)関係の話を紹介しました。ds-DACの作製動画はこれまで何度も何度か紹介していますが、懇親会でたまたま隣になつたりバモアのPDの人からも「あれは印象的だった!」と言ってもらえて、励みになりました。その他、動的圧縮の専門家から色々とコメントを頂いたり、見過ごしていた重要な論文の情報も教えてもらったりと有意義な参加になりました。

会議の中では様々なセッションがありましたが、やはりまだ全体的に動的圧縮の発表が大多数を占めていました。正直にいって動的圧縮技術に関する知識が乏しい身としては理解しきれない部分も多々ありましたが、基本的な手法や議論の仕方自体が学びになりました。ユゴニオ曲線の変化の解釈に対して系の状態が平衡なのか過加熱なのか過冷却なのかでどう変化するのか、出発試料の結晶の方位でどれだけ差が出るか、また方位関係と相転移メカニズムの関係、Shock-Rampの切り替えによる多様なP-T条件の実現、はたまた温



スミソニアン自然史博物館にて

度測定の試みについてもひとつセッションがあり、動的圧縮とXAFSとの組み合わせによるEXAFS振動の振幅からの推定／ラマン散乱からの推定／XRDピーク(またはBG)強度からの推定など多岐にわたり、(私にとっては)普段あまり聞かない話がたくさん聞けました。特に条件の高い方向の話になると、圧力ではGbar(ギガバール)、温度では10keV(1億度以上!)といった単語がでてきて、研究対象も今はや惑星ではなく White dwarf(白色矮星)に及ぶような文字通り“桁違い”的な話を聞いて、そういえばそもそも核融合を目指すような人たちだったな…と、見ている世界の違いを強く感じるとともに自分自身の視野を広げることができました。恒星レベルとはいかなくても、ジャイアントインパクト時の岩石蒸気を狙った研究も実験・理論ともに展開されつつあり、研究対象の広さを実感しました。

私にとってワシントンDCは今回が初めての滞在だったので、到着日や最終日には少し時間があったので、スミソニアン協会の自然史博物館・航空宇宙博物館・動物園などを見学できたこともいい経験になりました。特に動物園では(上野では0.1秒しか見たことのなかった)パンダを初めてじっくりと好きなだけ見れたことはいい思い出です。これらがすべてタダで見れるというのはすごいことだなと強く感じたのですが、現在は情勢の変化から閉鎖されてしまっているのは悲しいことです。

さて、SCCMは隔年開催ですが2年後の次回は2027年のシカゴでのAIRAPTと共に開催となるそうです。AIRAPTは松山開催がちょうど終わったところですが、2年後にまたなんらかの発表ができるように精進したいと思います。



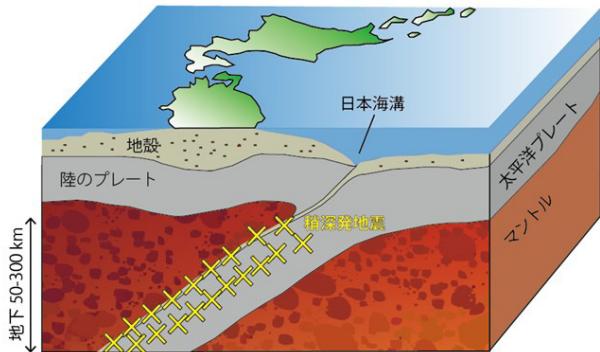
懇親会にて(左からInnocent Ezenwa, Ran Wang, Junjie Dong, 私)

# ▶▶▶ 最新研究紹介

## 地震の発生頻度は岩石にかかる力の大きさを反映することを解明

地震発生予測技術の実用化は、地震大国である我が国にとって悲願です。これまで、大地震の前兆現象の有無について経験的・統計的な観点から検討され続けてきました。その結果、予測の指標となりうる観測値(例えばグーテンベルク・リヒター則のb値)が見い出されていますが、いずれの指標も防災に応用できる程の高い有効性はありません。そもそも、経験的・統計的な観点から得られた“指標”は、「なぜそれが指標となりうるのか?」といった問いに明確に答えることができません。

一方、物質科学的に裏付けされた地震発生予測の指標があれば、より信頼しうる指標となりえます。カイザー効果は、その代表例です。カイザー効果はもともと1950年にドイツのカイザー博士によって金属の変形・破壊のプロセスにて見い出された現象で、その物質が受ける力が過去に受けた力の最大値を超えた場合に破壊が発生する、というものです。岩石でも同様にカイザー効果が成り立つことが知られており、常温常圧の実験室におけるミニ地震の発生は岩石が受ける差応力が過去最大値を更新した場合に限られます。仮にカイザー効果が実際の地震発生場でも成り立つのであれば、微弱地震が頻発する状況は「地下の岩石がかつてないほどの力を受けている」ことを意味します。これはすなわち、大地震発生の可能性が高まっていることを示唆することとなります。このよう

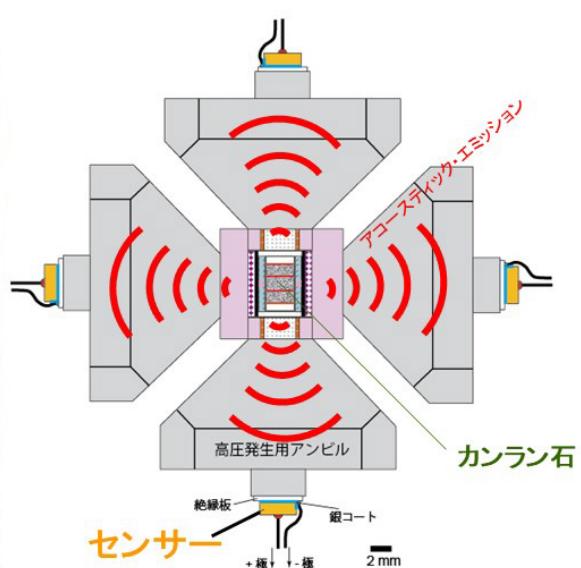


【図1】日本列島下に沈み込むプレートと稍深発地震

稍深発地震とは、深さ50~300kmにて発生する地震のことです。稍深発地震のほとんどは、日本をはじめとした沈み込み帯において、地球深部へと沈み込むプレートの内部にて発生する。稍深発地震は、プレート内部にて「二重深発地震面」という地震発生場を形成する。

な背景から、カイザー効果に関する研究は防災への応用が期待されます。これまで多くの研究がなされてきましたが、地下10~700kmに位置する地震発生場の高温高圧環境下(200~1000°C, 0.3~25万気圧)での実験は行われてきませんでした。そのような環境下にて、サブ秒単位(1秒以下)で進行する破壊現象を連続的に観察するのは技術的に困難だったためです。

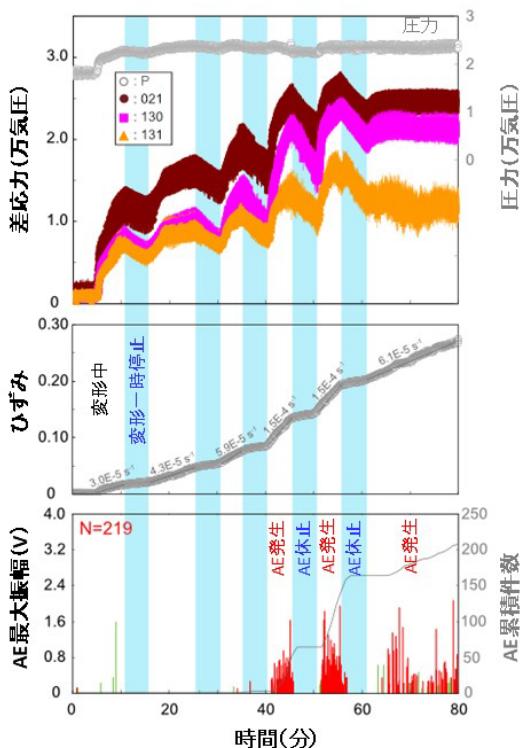
GRCの大内智博准教授を中心とする本研究チームは、稍(やや)深発地震(図1)が多発する深さ60~90kmのプレート内部の温度圧力条件下(600~900°C, 2~3万気圧)でのカンラン石の変形実験を大型放射光施設SPring-8のビームラインBL15XU及びBL04B



【図2】マルチアンビル装置(左)と高温高圧下でのアコースティック・エミッション検出技術の概要(右)  
マルチアンビル装置では、超硬合金製の高圧発生用アンビルを上下左右の6方向に配置し、その中心に配置した立方体の高圧力発生容器(ピンク)内のカンラン石試料に高圧力を加える。カンラン石の破壊の際に発生する特徴的な音波である『アコースティック・エミッション』を高圧発生用アンビルの背面に張り付けた計6個のセンサーで検出する。

1にて行いました(図2)。特にBL15XUでは強力な次世代X線と高温高压発生装置(マルチアンビル装置)を組み合わせて用いることで、高温高压下にてサブ秒単位で進行するカンラン石の破壊現象の観察に成功しました。実験ではGRCで独自に開発した高圧力環境用の測定技術を用い、カンラン石試料を押しつぶした際に発生する『アコースティック・エミッション(AE)』という音波を検出しました。これは実験室における“ミニ地震”に相当し、自然地震を実験室で模した状況を再現できることになります。

実験では、差応力が過去最大値を更新しながら上昇しつづける場合にはミニ地震が発生し、差応力が低い状態ではミニ地震の発生が休止するという結果が得られました(図3)。この結果はカイザー効果の定義と一致します。しかし一方で、カイザー効果の定義から外れる結果も得られました(差応力が過去最大値を下回っている場合でも、ある程度差応力が高い状態が維持され続ける場合にはミニ地震は発生する)。以上の結果は、高温高压下にて微弱地震が頻発する状況は、どちらの場合であっても「地震発生場の岩石がある一定程度の強い力を受けている状態」と解釈することができます。



【図3】温度880°C、圧力2.3万気圧におけるカンラン石試料の変形実験の結果の一例

変形中には差応力が上昇する(白)。変形を定期的に一時停止することにより、差応力は低下する(水色)。試料の変形がある程度進行すると(ひずみ0.08以上)、アコースティック・エミッション(AE)が発生した。ただしAE発生は差応力が上昇する過程(白)に限定されており、差応力が低下する過程(水色)ではAEは発生しなかった(カイザー効果の成立)。ただし試料が大きく変形すると(ひずみ0.2以上)、カイザー効果の定義に反して差応力が過去最大値未満の状態でもAEが発生した。なお、差応力はカンラン石の複数の回折線(茶:021、ピンク:130、オレンジ:131)より決定しているため、回折線の種類によって得られる応力値は多少異なる。

とができます。

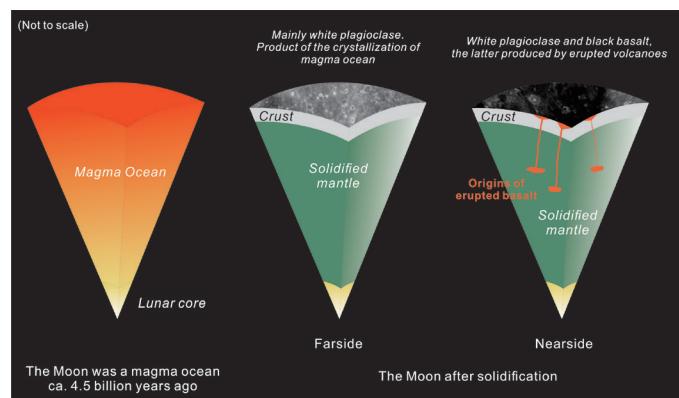
本研究では微弱地震の発生頻度における差応力の効果を検証しましたが、微弱地震の発生頻度は他の効果(例えば地下水の侵入など)によっても影響を受けるものと予想されます。そのため、防災への応用には本研究のような基礎実験を継続して積み重ねていく必要があります。今後、室内実験の結果と地震観測の結果を合わせることによって、大地震発生の可能性評価への展望が期待されます。(実験系地球科学部門:大内智博)

A Stress Memory Effect in Olivine at Upper Mantle Pressures and Temperatures. Tomohiro Ohuchi, Yuji Higo, Noriyoshi Tsujino, Sho Kakizawa, Yusuke Seto, Yoshio Kono, Hirokatsu Yumoto, Takahisa Koyama, Hiroshi Yamazaki, Yasunori Senba, Haruhiko Ohashi, Ichiro Inoue, Hiroyuki Ohsumi, Yujiro Hayashi, Makina Yabashi, and Tetsuo Irfune Geophysical Research Letters, 52, e2025GL114960, doi:10.1029/2025GL114960

## ハロゲンが解き明かす月地殻の形成過程

月は約45億年前、原始地球と火星ほどの大きさの天体「テイア」との衝突によって誕生したと考えられています。この衝突によって膨大なエネルギーが生まれ、地球と月の表面はマグマの海に覆われたと推定されています。そしてマグマが冷却する過程で月全体に均一な地殻が形成したと考えられてきました。しかし、実際の月表面は均一ではなく、地球から見える表側と、見えない裏側では、まったく異なる表情をしています。表側には黒い「海」と呼ばれる地域が広がっていますが、裏側はほぼ全面が白い高地で、「海」はほとんど存在しません。月の「海」は、約35億年前に主に表側で噴出した玄武岩質のマグマによって形成されたことがわかっています。一方で、裏側ではこのような活動はほとんどありませんでした。月の表と裏ではその進化はまったく異なっていたのです(図)。

この違いのカギは、月のサンプルに含まれるごく微量のハロゲン元素(フッ素や塩素)にあるかもしれません。GRCのJiejun Jing研



【図4】月表側地殻(Near side)と裏側地殻(Far side)の形成過程

約45億年前、月の表面は全球的なマグマの海に覆われていた。その後の固化に伴い、月表層には斜長石に富む地殻が形成されたと考えられている。この地殻は、現在の月の裏側に広く分布する。一方、月の表側の大部分は、その後の火山活動によって噴出した玄武岩に覆われている。

研究員らの研究チームは、ドイツのミュンスター大学とオランダのアムステルダム自由大学と連携し、これまで乏しかった月環境に近い条件で高圧・高温実験を行い、塩素(Cl)が鉱物と共に存するマグマとの間でどのように分配されるかについて新たなデータを取得しました。こうした実験結果を基に、月の内部進化モデルと組み合わせて検討した結果、表側の地殻には異常なほど塩素が多く含まれていることがわかりました。一方で、裏側の地殻にはこのような塩素の濃集は見られませんでした。

我々はこうした表裏の塩素量の違いは、気化した塩化化合物(おそらく金属塩化物)が表側の岩石に取り込まれたことに起因すると結論づけました。塩素は揮発性が高く、マグマに溶けにくいため、この現象は表側の月の「海」の広範囲な火山活動や衝突にともなう脱ガス現象と関連している可能性があります。一方で、塩素を含まない裏側の地殻は、約43億年前に月の内部から供給されたマグマから形成されたものであり、月誕生直後のマグマの海(マグマオーシャン)の痕跡を保存していると考えられます。

この研究から、塩素に富む蒸気の存在が、私たちが目にする月の表側を変貌させた大きな要因だったことが分かりました。逆に、私たちには見えない裏側はそうした蒸気にさらされず、より始原的な情報を保存しているのです。この結果は、近年進む月の裏側探査の科学的重要性を支持するものです。(実験系地球科学部門: Jie-Jun Jing)

Halogen abundance evidence for the formation and metasomatism of the primary lunar crust. Jie-Jun Jing, Jasper Berndt, Hideharu Kuwahara, Stephan Klemme and Wim van Westrenen, Nature Communications doi: 10.1038/s41467-025-60849-4.

## AI, H含有スティショバイトの相転移を通じた中部～下部マントルにおける地震波散乱体の複雑な特徴の解明

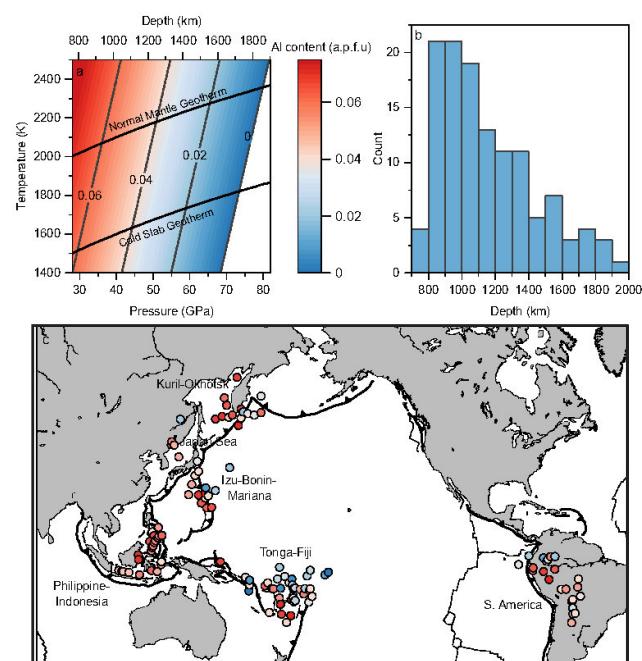
地震学的研究により、中部から下部マントル(深さ700～1900 km)にかけて、低S波速度(VS)異常や、深さ方向に複雑な変化を示すさまざまなスケールの地震波散乱体が同定されています。これらの散乱体の形成機構を解明することは、マントルのダイナミクスや化学進化を理解するうえで極めて重要です。

先行研究では、このような散乱体の形成が、沈み込んだ海洋地殻中の $\text{SiO}_2$ における構造相転移(スティショバイトからポストスティショバイトへの転移)に関連しており、さらにAIおよびHの含有量が相転移深度に影響を及ぼす可能性が示唆されていました。しかし、これまでの実験は高圧・常温(300K)の条件下のみで実施されており、沈み込んだ海洋地殻の組成変化と下部マントルにおける小規模散乱体との関係を定量的に評価するには十分ではありませんでした。

本研究では、AIおよびHを含むスティショバイトの相転移を、高温高压条件下で詳細に調査しました。その結果、H/AI比がおよそ1/3

の条件下で、スティショバイトに0.01 a.p.f.u(atoms per formula unit)のAIが取り込まれると、相転移圧力が6.7(3)GPa低下することが明らかになりました。一方、相転移のクラペイロン勾配(Clapeyron slope)はAI含有量の変化による影響をほとんど受けず、その値は12.2～12.5(3) MPa/Kでした。

さらに、本研究の結果によれば、 $\text{SiO}_2$ 中のAI含有量が0～0.07 a.p.f.uの範囲で変化することで、環太平洋地域で観測される地震波散乱体の深さ分布(800～1900km)を合理的に説明できることが示されました。これらの成果は、下部マントルにおける小規模散乱体の形成と、それに関連するダイナミックなプロセスを理解するための重要な実験的証拠を提供するものです。(実験系地球科学部門: Youyue Zhang)



【図】環太平洋地域における中部～下部マントルの地震波散乱体の複雑な深さ分布と、AIおよびH含有量の変化によって影響を受けるポストスティショバイト転移深度

(a)AI含有量の違いによるスティショバイト→ポストスティショバイト間の相境界。等高線は、H/AI比が約1/3の場合におけるAI含有スティショバイトの相境界を示す。地温勾配(geotherm)はKatsura (2022)に基づく。

(b)環太平洋地域における下部マントルの地震波散乱体の深さ分布ヒストグラム(He & Zheng, 2018; Kaneshima, 2019; Li & Yuen, 2014; Niu, 2014; Niu et al., 2003; Vanacore et al., 2006; Yang & He, 2015; Yuan et al., 2021を参照)。

(c)環太平洋地域周辺の中部～下部マントルに分布する地震波散乱体の地図。各点の色は、観測された散乱体の深さを説明するために $\text{SiO}_2$ 中に必要とされるAI含有量を示す。AI含有量の推定は、H/AI比が約1/3、および通常のマントル地温勾配の条件下で行った。図(a)および(c)のカラーバーは同一である。

Unraveling the complex features of the seismic scatterers in the mid - lower mantle through phase transition of (Al, H) - bearing stishovite. Yingxin Yu, Youyue Zhang, Luo Li, Xinyue Zhang, Dinglei Wang, Zhu Mao, Ningyu Sun, Yanyao Zhang, Xinyang Li, Wanhai Li, Sergio Speziale, Dongzhou Zhang, Jung-Fu Lin and Takashi Yoshino, Geophysical Research Letters, 52(14), e2024GL114146, doi: 10.1029/2024GL114146

# PRIUS NEWS

## 2026年度PRIUS共同利用・共同研究課題の募集について

GRCでは、センター設置・所有の高圧装置・分析機器群や、超高压実験・数値計算技術、また、ナノ多結晶ダイヤモンド（「ヒメダイヤ」）をはじめとした新素材の活用を図るため、共同利用・共同研究拠点「先進超高压科学研究拠点 Premier Research Institute for Ultrahigh-pressure Sciences (PRIUS)」を運営しています。

本拠点では、国内外の関連研究者との協同による超高压科学の発展を目指し、2026年度の共同利用・共同研究・研究集会を募集いたします。

公募要領・申請書等、応募についての詳細は、PRIUSホームページをご覧ください。

(<https://www.grc.ehime-u.ac.jp/prius>)

応募締切

2026年2月1日（日）

詳細はこちら

お問い合わせ

E-mail: prius@stu.ehime-u.ac.jp (PRIUS事務)

〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5

愛媛大学研究・产学連携支援部研究・产学連携課研究拠点第二チーム

TEL: 089-927-8165 / FAX: 089-927-8167



## 第12回愛媛大学先進超高压科学研究拠点(PRIUS)シンポジウムのご案内

2026年3月2日（月）・3日（火）に本拠点の共同利用・共同研究の成果報告会を兼ねた「第12回PRIUSシンポジウム」を開催いたします。本シンポジウムは今まで本拠点での共同利用・共同研究の実績がない方々のご参加も歓迎いたしますので、これを機に今後の本拠点での共同利用・共同研究を基にした超高压科学研究の推進にご協力いただければ幸いです。

また、今回は通常の成果報告に加えて「Planetary interior exploration（惑星深部研究）」をテーマとしたセッションを企画しております。幅広い研究分野からのご講演の申込をお待ちしております。

【日 程】 2026年3月2日（月） 12:50～（ポスター発表・懇親会 18:00～）  
3月3日（火） 9:00～12:30 ※各時間変更の可能性有

【開催方法】 対面方式

【開催場所】 愛媛大学 理学部構内 総合研究棟Ⅰ 6F 理学部会議室（口頭発表）

愛媛大学 大学会館 1F カフェテリア食堂パルト（ポスター発表・懇親会）

詳細はこちら

【発表形式】 口頭発表 ⇒ 一人20～30分程度（質疑応答込み）。  
ポスター発表 ⇒ 縦長のA0で作成下さい。

【発表・参加申込】 ホームページの専用フォームからお申込みください。

【発表申込締切】 2026年1月15日（木）

【参加申込締切】 2026年2月20日（金）

【参 加 費】 無 料（懇親会費：一般 4,000円 学生 2,000円）

【お問い合わせ】 愛媛大学PRIUSシンポジウム実行委員 (prius@stu.ehime-u.ac.jp)



※プログラムは順次PRIUS(GRC)ホームページに掲載いたします。(2月初旬頃予定)

※ご発表（口頭・ポスター）いただく方には、国内の旅費を支給いたします。

ただし、予算には限りがございますので、支給は先着順となります。



## PRIUS利用者者の声

### マントル遷移層条件下で生成される含水メルトの含水量の実験的検討

江木祐介

(広島大学博士後期課程2年)

広島大学大学院先進理工系科学研究科地球惑星システム学プログラム博士課程後期2年の江木祐介と申します。私の研究テーマはマントル遷移層条件下でのモデルマントルの含水溶融関係、とりわけメルト中の含水量を決定することにあり、川井型マルチアンビルプレスを用いて高圧溶融実験を行っています。メルトとはその移動性から地球深部における物質輸送の要であると考えられます。一例を挙げると、ダイヤモンドなどの高圧下で安定な鉱物を地球表層に輸送するキンバーライトマグマは、深部マントルの物質を我々が手にする数少ない機会をもたらすものの1つです。そういうマグマの移動特性を議論する上で、メルトの含水量は非常に重要なパラメータとなります。しかし、マントル条件下で生成されるメルトの含水量は未だ正確には理解できていません。その理由の1つに、含水メルトは急冷してもガラス化せざることが困難であり、不均質な結晶と水に分離してしまうため、含水量の直接測定が困難なことがあります。そこで私は、急冷回収試料から得られた各鉱物及びメルト部の正確な化学組成分析法を工夫し、さらにマスバランス法を用いてメルトの含水量を決定し、その有効性について検討を行っています。そして、地球深部で生成されるマグマの等含水量プロファイルの構築を試みています。私の結果から、平均的なマントルの温度で生成されるメルトの含水量は、マントル遷移層条件下では10wt%以上となることが示されます。



### Exploring New Frontiers at GRC

Zhu Mao

(中国科学技术大学教授)

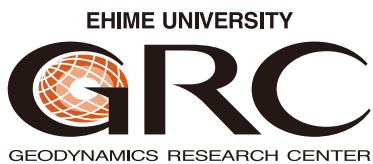


This was my first-time doing experiments at GRC. It has been a place I admired since I was a student, especially for its important work in Earth and Planetary Sciences. At the beginning, I wasn't very familiar with the application process for the GRC PRIUS project. I would like to sincerely thank my collaborators, Profs. Nishihara and Zhang, for their support and help throughout the process. I was very excited when my project was approved and I got the chance to work there.

The two weeks I spent at GRC were very rewarding. What impressed me most was how friendly and supportive my collaborators were. Since my past research focused on using diamond anvil cells, I didn't have much experience with large-volume presses. From preparing the experiments to collecting and analyzing samples, the GRC team gave us patient guidance and help every step of the way. In particular, we needed to synthesize samples containing  $\text{Fe}^{2+}$ , which required extra time to reduce the starting materials before the experiments began. We are very grateful to our collaborator, Prof. Zhang, for helping us develop a well-planned experimental schedule so that each experiment went smoothly. I was also very impressed by the professionalism of the researchers at GRC. They helped us avoid many possible mistakes. Since the experiments required the use of different large-volume presses, Profs. Nishihara and Zhang helped us plan the experiments in detail and guided us through each step of the process. Another thing that stood out was how well the lab was managed – everyone took great care of the equipment, used materials efficiently, and worked hard to keep the lab clean and organized.

I'm especially happy that we successfully synthesized the samples we had planned, which gives us confidence and excitement for the next steps in our research. I truly hope to have more chances to work at GRC again in the future.

PRIUSではORANGE-3000超高压発生装置を利用させていただいている。私にとって利用のメリットは、高荷重をかけられることにより、セルサイズ(試料サイズ)を小さくすることなくより高圧下での実験を行える点にあります。先述の通り、急冷メルトの不均質な特徴から試料サイズを可能な限り大きくすることは化学組成の分析において非常に重要なポイントになります。広島大学の超高压発生装置の最高荷重は600トンに限られますので、それ以上の荷重での実験を行いたい場合にお世話になっています。施設訪問の際にはGRCの諸先生方及びPRIUS事務の皆様には手厚いサポートを頂きいつも感謝しています。D取得を目指して、今後も実験は継続して行いますので、引き続きよろしくお願ひいたします。



# NEWS LETTER

vol. 72 2025年12月(年2回発行)

愛媛大学  
地球深部ダイナミクス研究センター

〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5  
愛媛大学城北キャンパス理学部構内 総合研究棟 I  
TEL 089-927-8165 / FAX 089-927-8167  
<https://www.grc.ehime-u.ac.jp>

