

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

AIRAPT-29が「国際会議開催貢献賞」を受賞

令和7年12月15日(月)、愛媛県県民文化会館にて開催された令和7年度MICE地元誘致懇談会において、入船徹男GRC特別荣誉教授/前先端研究院長、GRC土屋卓久センター長がそれぞれ組織・実行委員長として開催した国際学会「AIRAPT-29」が「国際会議開催貢献賞」を受賞しました。



松山観光コンベンション協会大塚岩男会長(左)、入船特別荣誉教授(中央)、土屋センター長(右)

【受賞学会】

第29回高圧力科学と技術に関する国際会議(AIRAPT-29)
(令和7年9月28日～10月3日 愛媛県県民文化会館にて開催)

【表彰者】

入船 徹男 特別荣誉教授 (AIRAPT-29組織委員長)
土屋卓久 教授 (AIRAPT-29現地実行委員会委員長)

【受賞理由】

松山で行われたものとしては最大規模の国際学術会議であるAIRAPT-29の開催において、松山市の観光・物産振興と松山市及び愛媛県におけるコンベンションの振興を図り、国際的な相互理解の増進、地域経済の活性化及び文化の向上に寄与したと評価されたことによるもの。

第12回PRIUSシンポジウム

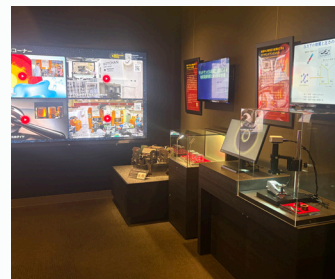
GRCが運用する共同利用・共同研究拠点(先進超高压科学研究拠点:PRIUS)の第12回PRIUSシンポジウムが、2026年3月2日(月)・3日(火)の2日間にわたり、対面方式で愛媛大学にて開催されました。PRIUSシンポジウムは毎年年度末に拠点の活動報告を兼ねて開催しており、今回のシンポジウムでは、招待講演を含めた30件の研究発表が行われ、66名の参加者がありました。

今回は通常の成果報告に加えて、Daniele Antonangeli上席研究員(IMPIC, フランス)による特別講演と「惑星深部研究」をテーマとした特別セッションが行われました。また、初日の夕方に開催されたポスターセッションに続いて同一会場で懇親会が行われ、参加者間で交流を深めることができました。



愛媛大学ミュージアムGRCコーナーリニューアル

愛媛大学ミュージアム内のGRCコーナーを一部リニューアルしました。超高压を発生させる大型・小型プレス装置の特徴や実験手法を紹介し、高圧力下の不思議な現象として室温の氷を展示しています。その他、動画視聴コーナーも増設し、GRCの研究活動をよりわかりやすく身近に感じていただける展示となっています。



JpGU-AGU Joint Meeting 2026ブース出展

2026年5月24日(日)から29日(金)まで幕張メッセで開催されたJpGU-AGU Joint Meeting 2026において、今年度もGRC展示ブースを出展しました。ブースでは、実験材料や合成物、鉱物標本、結晶構造モデルの展示に加え、ヒメダイヤペンの試し書きコーナーや、VRを活用したGRCラボツアーなどを実施し、多くの来場者にGRCの研究や研究環境について親しんでいただく機会となりました。



学生たちもポスター発表や口頭発表に積極的に取り組み、日頃の研究成果を広く発信するとともに、研究者同士の交流を深めました。



<参加者の声>

今回はブースのお手伝いという形でJpGU2026に参加しました。個人で見学した昨年とは異なり、今回はGRCの一員として参加することに不安もありました。しかし、ブースでは研究者だけでなく企業や一般の方とも交流する機会があり、研究内容を理解してもらうだけでなく、その意義や面白さが伝わるように説明を工夫することにやりがいを感じました。また、ポスターセッションでは活発に議論が行われており、異なる分野の研究からも自分の研究に応用できる視点や、相手がどのような点に関心を持つのかを学ぶことができました。今回は同期の発表を見る立場でしたが、来年は自分自身も発表者として参加したいと思います。(M1 細川 泰雅)

今回のJpGU2026は、私にとって初めて参加する学会でした。初めての学会ということで最初は少し緊張していましたが、実際に参加してみると、多くの研究者や学生が集まる活気のある場で、とても刺激を受けました。

GRCの展示ブースには多くの学生や先生方が訪れていました。展示物はいずれも魅力的で、来場者の方々が興味深そうに見ている姿が印象的でした。また、今年度はAGUとの共同開催であったこともあり、海外の学生や研究者の方々も多く参加されていました。そのため、私自身も英語でコミュニケーションをとる機会が多くありました。また、今回の学会では自身初めてのポスター発表も行いました。さらに英語での発表であったため、始まる前は不安もありましたが、発表中は終始和やかな雰囲気でも、参加者の方々と実りあるディスカッションを行うことができました。実際に対応してみると、自分の研究分野を英語で分かりやすく説明することの難しさを実感しました。一方で、自分の研究を相手に伝えようとする中で、研究内容を改めて整理する良い機会にもなりました。

今回の経験を通して、今後は日本語だけでなく英語でも自分の研究を分かりやすく説明できるようになりたいと感じました。(M1 根来 匠)



国際交流シンポジウムを開催

2026年6月1日(月)に、愛媛大学E.U. Regional Commonsにおいて、「Intercultural Communication and Science Research Symposium」を開催しました。

本シンポジウムには、GRCの教員・学生に加え、COM 475 Intercultural Communication in Japan Programの一環として来学したThe State University of New York at Buffaloの教員・学生16名が参加しました。開会にあたり、土屋センター長が歓迎の挨拶を行いました。



シンポジウムでは、両大学の学生による発表や質疑応答、意見交換が行われました。また、愛媛大学ミュージアムの見学やGRCラボツアーを通じて、本学およびGRCの教育・研究活動を紹介しました。



その後の懇親会では、学術分野の話題に加え、それぞれの文化や学生生活についても話題が広がり、参加者同士が親睦を深め、国や専門分野を越えた交流の場となりました。



研究成果

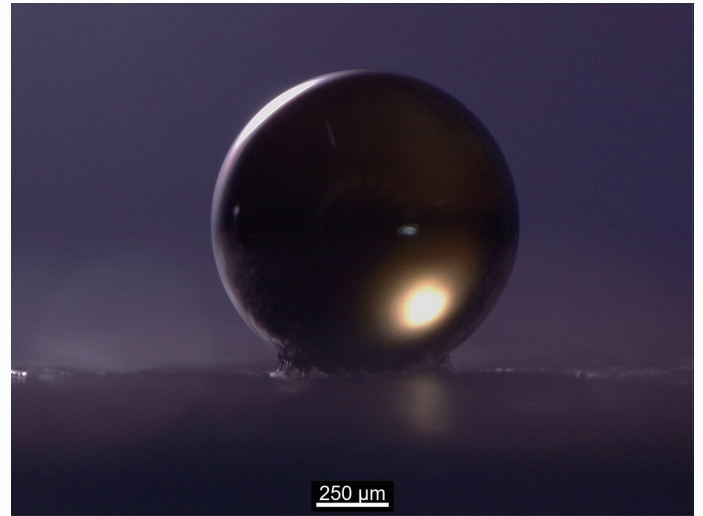
鉄価数とメルト構造の関係を解明

かんらん岩組成メルト中の鉄価数状態は、マグマの性質と挙動を理解する上で重要な情報です。メルト中の鉄価数状態は、温度、圧力、酸素フガシィ、組成に依存しますが、実験的制約によりかんらん岩組成メルトに関するこれらの知見は限定的です。

櫻原瑞穂さん(発表当時:博士前期課程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、 $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ 組成メルト中の鉄含有量変化($\text{Fe}\#=\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$)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、 $\text{Fe}\#=0.11-0.20$ の鉄価数比($\text{Fe}^{3+}/\Sigma\text{Fe}$)は約0.35であるのに対し、 $\text{Fe}\#>0.26$ では0.48へ急激に上昇しました。ガラス構造は、 $\text{Fe}\#\leq 0.26$ の場合には MgSiO_3 組成ガラスと類似しており、 Mg^{2+} が Fe^{2+} に置換されることを示しています。そして、 Fe^{2+} への置換は自由体積を消費し、 $\text{Fe}\#\sim 0.26$ 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 $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ 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。

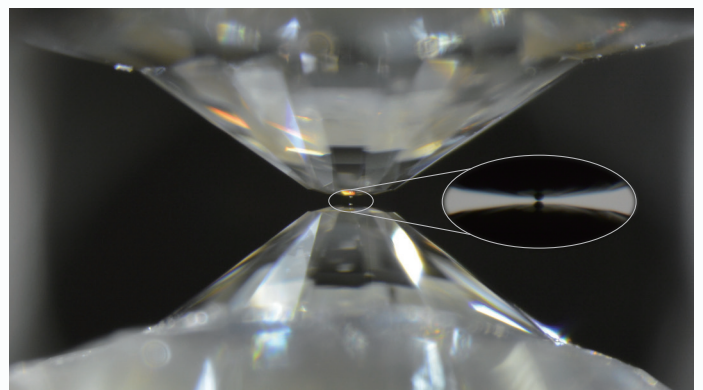
この研究成果は、2025年11月5日付で、地球化学分野の国際雑誌「Chemical Geology」に掲載されました。



ダイヤモンドアンビルセルで500万気圧を実現

惑星の内部の研究をするには、惑星深部の高圧力環境を実験室に再現する必要があります。高圧力の発生技術の発展は、より大きな惑星のより深い領域が研究可能になることを意味します。

境准教授らのグループは、地球の中心圧力(364万気圧)を大きく超える500万気圧の発生に成功しました。ダイヤモンドを用いた同様の装置では通常300万気圧程度が限界でした。これまでの先行研究では偶発的に高い圧力の発生報告があったとしても、その後の追試において全く再現できず、実験技術として再現性に問題がありました。今回の研究ではダイヤモンドの先端を半球状に加工して試料を挟みこむことで、行われた5回の実験のすべてにおいて400万気圧を超える圧力発生が実現され高い再現性を示すとともに、そのうち一つは500万気圧の発生を達成しました。この圧力は地球の数倍の質量をもつスーパーアースのマンテル全域の圧力に相当します。また、常温超伝導体として期待される水素の金属化予想圧力にも相当し、地球惑星深部科学に限らず物性物理学分野への応用も期待されます。



この研究成果は、2026年2月16日付けで高圧科学分野の国際雑誌「High Pressure Research」に掲載されました。また、掲載号は2025年10月に松山において開催された高圧力科学の国際会議 AIRAPT-29を記念する特集号になっています。

月は私たちが思うよりも鉄が多い？

井上義洋さん(発表当時:博士前期課程2年)、Steeve Gréaux准教授などからなる研究チームは、月内部に相当する高圧高温条件下で、月のマントル組成の直方輝石の弾性波速度(P波およびS波速度)を測定しました。得られた実験データを、NASAのアポロ計画で得られた地震観測モデルと比較した結果、月の上部マントル(深さ40~740km)は、これまで考えられていたよりも鉄を多く含む可能性が高いことが明らかになりました。この新たな知見は、地球-一月系の形成および進化の理解に重要な示唆を与えるものです。

この研究成果は、2026年2月16日付でアメリカ地球物理学連合(AGU)が刊行する地球科学分野の国際学術誌「Geophysical Research Letters」に掲載されました。< 研究内容についての詳細はp.6をご覧ください >

カンラン石の変形と結晶構造変化が誘起する深発地震

松田光平さん(博士後期課程3年)、大内智博准教授と高輝度光科学研究センターの肥後祐司主幹研究員らの研究チームは、今まで不明だった深さ400~600kmで発生する「深発地震」の発生原因の解明につながる実験に成功しました。深発地震が発生する地下条件に相当する高温高圧下での地震発生モデル実験によって、カンラン石が変形する際に起きる、カンラン石特有の結晶構造変化(新鉱物ポワリエライトへの変化)によって断層が形成され、深発地震の発生に至ることを明らかにしました。特に小笠原諸島の地下へと沈み込む太平洋プレートは深部にて激しい変形を被っており、ここでは深発地震が多発していることが知られています。これは、本研究で発見されたカンラン石に特有の「地震性の結晶構造変化」で説明することができます。

この研究成果は、2026年4月9日付でアメリカ科学振興協会(AAAS)が出版する科学雑誌「Science Advances」に掲載されました。< 研究内容についての詳細はp.6をご覧ください >

高圧含水鉱物の変形が引き起こすマントル深部のプレート内の地震波異方性

Wentian Wu研究員、西原遊教授らの研究グループは、マントル遷移層から下部マントル最上部に滞留するプレート周辺で観測される地震波異方性の原因解明につながる研究成果を発表しました。高温高圧条件下で高圧含水鉱物 δ -AlOOHおよびH相固溶体(δ -H)の変形実験を行った結果、これらの鉱物が強い結晶選択配向を示し、他の多くのマントル鉱物とは異なる特徴的な地震波異方性を生み出すことを明らかにしました。この成果は、これまで解釈が困難だった滞留プレート付近の地震波異方性の理解に重要な手が

かりを与えるものです。

この研究成果は、2026年5月12日付で「Geophysical Research Letters」に掲載されました。< 研究内容についての詳細はp.8をご覧ください >

地球・火星マントル深部の主要鉱物Majoriteに含まれる三価鉄量を高圧実験で解明

桑原秀治特任講師らの研究チームは、高温高圧下で安定な主要鉱物メージャライト中の鉄の価数状態を、高圧実験とX線吸収端近傍構造(XANES)分析によって明らかにしました。その結果、メージャライトが多量の三価鉄(Fe³⁺)を含むことを発見し、初期の地球や火星におけるマントルの酸化状態や酸化的なマグマ形成に重要な役割を果たした可能性を示しました。本研究成果は、岩石惑星内部の進化過程の理解につながる重要な知見として期待されます。

この研究成果は、2026年5月16日付でアメリカ地球物理学連合(AGU)が刊行する地球科学分野の国際学術誌「Journal of Geophysical Research: Solid Earth」に掲載されました。< 研究内容についての詳細はp.9をご覧ください >

受賞

金舛育実さんが土木学会西部支部研究発表会において「優秀講演賞」を受賞

2026年3月7日に九州産業大学にて開催された土木学会西部支部研究発表会において、金舛育実さん(博士後期課程2年・指導教員:先端研究高度支援室数理情報部門/GRC兼任 大村訓史准教授)が「優秀講演賞」を受賞しました。

土木学会西部支部では、研究発表会の一層の活性化を目的として、優れた講演を行った若手会員に対し「優秀講演賞」を授与しています。

金舛さんは、「第一原理分子動力学法による1.1nmトポモライトの力学特性評価と大規模シミュレーションに向けた機械学習型ポテンシャルの有用性」と題した講演を行い、その内容および発表の質が高く評価され、今回の受賞に至りました。



金舛育実さん

土屋センター長が「Springer Nature Editor of Distinction Awards 2026」を受賞

GRCの土屋卓久センター長が、国際学術出版社Springer Natureが主催する「2026 Editor of Distinction Awards」において、Editorial Contribution Awardを受賞しました。

本賞は、学術誌の編集活動において優れた貢献を行った編集委員を表彰するもので、土屋教授は学術誌 Physics and Chemistry of Minerals の編集委員として、投稿論文の適切な評価や査読プロセスの運営に顕著な貢献を果たしたことが評価されました。



セミナー

PIASセミナー

第12回PIASセミナー

2026.5.13 (Wed.)

「カンラン石の変形と結晶構造変化が誘起する深発地震」

松田光平（博士後期課程3年）

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。



海外出張報告

フランス・ポワチエ大学滞在報告

実験系地球科学部門：講師 井上 紗綾子

2026年3月5日ー24日までフランス・ポワチエ大学IC2MP研究所に滞在しました。ポワチエはパリの南西340kmに位置する街で、ジ

ャンヌダルクが尋問を受けた街として世界史の授業でその名前を聞いたことがある人もいらっしゃるかもしれません。IC2MP研究所(Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers)は、粘土鉱物や含水層状化合物に関する分野において、ヨーロッパの中心的な研究拠点として知られており、地球科学、化学、物理、材料科学分野の研究者が多数在籍しています。筆者のIC2MP研究所との関係は深く、共同研究者にもIC2MP卒業生が多くいます。今回は昨年度より行っているDimitri Prêt博士と行っている走査透過電子顕微鏡(STEM)を用いた含水鉱物の原子レベル化学組成分析手法の改善に関する実験を行うため滞在しました。

今回はポワチエ大学EUR IntREE大学院の招待により滞在中のため、実験に加えてEUR IntREE大学院所属の大学院生との懇談会とIntREEセミナーでの講演も行いました。大学院生での懇談会では、筆者が感じた日本、アメリカ、ヨーロッパの研究機関の雰囲気や働き方の違いについて紹介し、議論を行いました。ポワチエ大学の学生さんたちは(意外と)シャイな人が多いと感じましたが、GRCのYouTube動画を日本語でしたが紹介したところ楽しんでいただけよう、最終的には和やかな雰囲気での議論ができたのでよかったです。セミナーでは地球科学に加えて色々な分野の専門家から貴重な意見をいただくことができ、有意義な議論を行うことができました。

滞在中には、国立自然史博物館のJean-Christophe Viennet博士にご招待いただき一日のみでしたが、パリの国立自然史博物館とIMPMCを訪ね研究相談とセミナー発表を行いました。国立自然史博物館のバックヤードもご案内いただき貴重な試料をみることもできたことも良い経験になりました。出発前は2週間以上の滞在中で落ち着いて過ごせるかなと考えていましたが、実験とデータ解析・セミナーに日帰り出張と盛りだくさんの滞在となり時差ボケを治す間もなく寝不足のまま帰国するという濃密な時間を過ごすことができました。末筆ですが、本出張を可能にくださったポワチエ大学EUR IntREE大学院とIC2MP研究所、Pprime研究所の皆様にご礼申し上げます。



セミナーの様子

最新研究紹介

月は私たちが思うよりも鉄が多い？

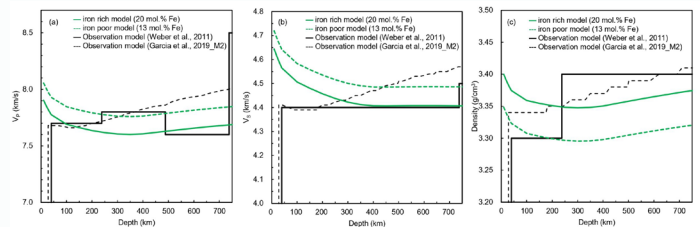
月は地球の唯一の天然衛星であり、地球から約38万4,000kmの距離を公転する岩石天体です。その起源として最も有力な説は「巨大衝突説」であり、約45億年前、火星サイズの原始惑星「ティア」が若い地球に衝突したことで形成されたと考えられています。誕生直後の月は「マグマオーシャン」と呼ばれる高温の溶融状態にあり、その後の冷却過程で鉱物組成や鉄の量が異なる層が結晶化し、現在の内部構造が形成されました。月には地球のような風化やプレートテクトニクスがほとんど存在しないため、その内部構造は形成当時の状態を比較的よく保っていると考えられています。このため、月内部の研究は、初期地球の組成や地球-月系の進化を理解する手がかりとなります。

現在、月内部に関する情報は主に、NASAのアポロ計画で設置された地震計によって得られた月震データに基づいて推定されています。しかし、地震波の速度を具体的な鉱物組成に結び付けるためには、月マントルを構成する鉱物の弾性波速度を、高圧高温条件下で測定する必要があります。特に、月の鉱物は地球のものに比べて鉄に富んでいるため、その物性データは十分に調査されていませんでした。

GRCなどからなる研究チームは、大型放射光施設SPring-8に設置されたマルチアンビル装置を用い、超音波測定と放射光X線測定を組み合わせることで、月マントルの主要鉱物である直方輝石のP波・S波速度および密度を、最大5.5万気圧、1000°Cの高圧高温条件下で測定しました。さらに、得られた弾性データと鉄に富むかん

らん石の既存データを組み合わせ、月上部マントルの岩石モデルにおける地震波速度と密度を計算しました。

その結果、月の上部マントル(深さ40~740km)の地震観測データを説明するためには、約20mol%の鉄を含むマントル組成が必要であることが明らかになりました。この結果は、従来のモデルよりも月マントルが鉄に富んでいる可能性を示しています。本研究の成果は、地球-月系の形成および進化に関する理解に重要な影響を与えるものです。例えば、巨大衝突を引き起こした天体ティアは、従来考えられていたよりも高密度で鉄に富んでいた可能性が示唆されます。また、初期の月はより活発な火成活動や内部ダイナミクスを持っていた可能性があり、その結果として、より速い冷却過程や長期間持続するダイナモ(磁場生成)が起きていた可能性も考えられます。(実験系地球科学部門:GRÉAUX Steeve)

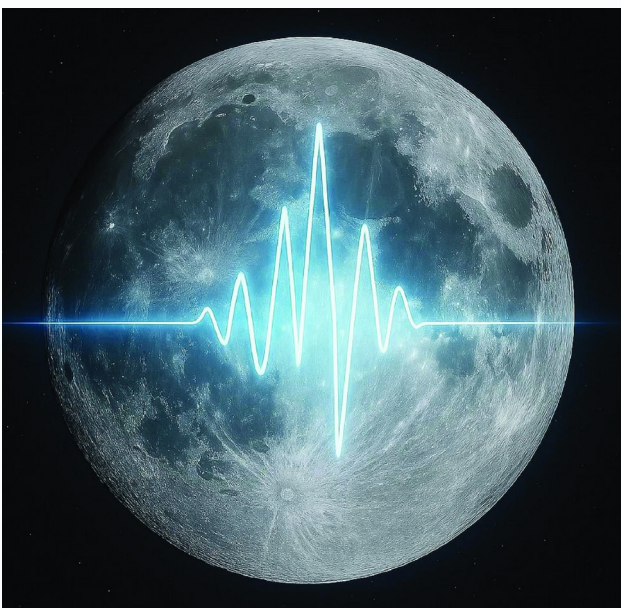


【図2】月の上部マントル岩石のP波、S波速度および密度モデル
平均的な月地温曲線(Guo et al., G3 2024)に沿った(a) P波速度(VP)と(b) S波速度(VS)、および(c)密度モデル。それぞれ鉄含有量が20mol.% (本研究)と13mol.% (以前の推定値)の月の上部マントル岩石について示されている。NASAのアポロ計画の地震データ(Weber et al., Science 2011; Garcia et al., SSR 2019)との比較から、月の内部は岩石学的研究に基づく以前の推定値よりも鉄が豊富であることが示唆される。

P- and S-wave Velocity Measurement of Lunar Orthopyroxene up to 5.5 GPa and 1,273 K: Implication for the Iron Content of the Lunar Upper Mantle, Yoshihiro Inoue, Yoshio Kono, Steeve Gréaux, Jie-Jun Jinger, Sho Kakizawa, Itaru Ohira, Noriyoshi Tsujino, Yuji Higo, Geophysical Research Letters, 53, e2025GL118120, doi:10.1029/2025GL118120

カンラン石の変形と結晶構造変化が誘起する深発地震

私達が住む地表のプレート(厚さ約60km)はゆっくりと流れるマントルに浮いているため、マントルの流れと一緒に移動します。プレート同士が衝突したり、プレートが地下深くへ沈み込む過程で地震が発生します。地震は、その震源位置の深さや場所によって分類されます。地表付近(地下10~40km)で起きる浅い地震はプレートの境目や陸の直下で度々起きるため、津波を伴う地震や直下型地震を引き起こし、時にはマグニチュード8に達することもあるため大きな被害をもたらします。一方、『深発地震』は深さ300km以深の沈み込むプレート内部で起きる地震ですが、その発生頻度は高くはありません。しかし発生した場合にはマグニチュード7クラスに達する機会が多い上、『異常震域』(震源から遠く離れているにもかかわらず強い揺れを観測する場所)を伴うといった特異な性質で知られ



【図1】月の構成鉱物における弾性波速度測定概念図
月の構成鉱物の弾性波速度を測定することで、月の内部構造を探る。

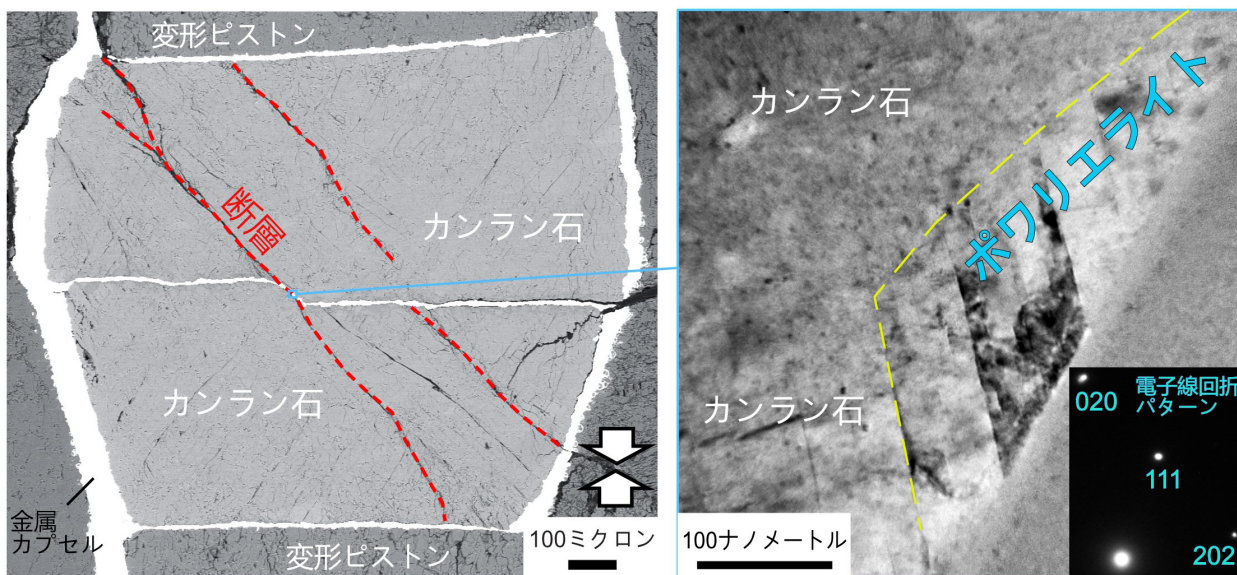
ています。これはプレートは周囲のマントルよりも温度が低いために、地震波が伝わりやすい性質をもつことに由来します。深発地震が起きた場合では、震源に近い側の地表ではそれほど揺れず、震源からより遠い海溝側の地表がよく揺れることとなるためです。

また、深さとともに地震は起きにくくなるのが一般的ですが、深さ400～600kmでは深発地震の発生頻度が例外的に高くなっていることも知られています。そのため、カンラン石(プレートの中で最も多い鉱物)の結晶構造が圧力によって変化することがきっかけとなって、『深発地震』が起きると考えられてきました。これは、カンラン石は特定の圧力に達すると結晶構造を変化させて別の鉱物となる性質をもつためです。マントル遷移層上部(410～470km)ではワズレアイト、マントル遷移層下部(470～660km)ではリングウッダイトとなります。しかしこれらの結晶構造変化は熱エネルギーを要するため、1100℃以上の高温環境下でないと進行しません。よって、1000℃以下の比較的低温環境にあるプレート内部にて、そのようなカンラン石の結晶構造変化が起きるかどうかは自明ではありません。深さ400～600kmは13～21万気圧もの高圧環境下に相当するため、カンラン石を用いた再現実験は技術的に困難であり、深発地震の発生メカニズムは謎に包まれていました。

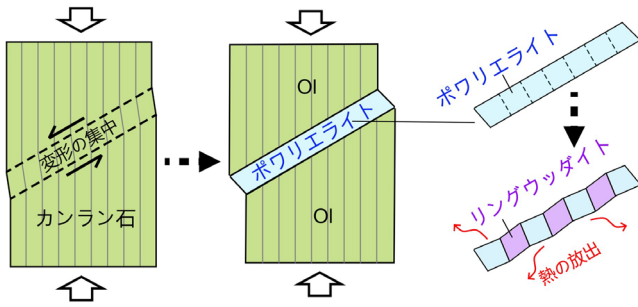
大学院生の松田光平(博士後期課程2年)、大内智博准教授(松田の指導教員)と、高輝度光科学研究センターの肥後祐司主幹研究員らの研究グループは、深発地震が多発する深さ400～600kmのプレート内部に相当する温度圧力条件下(600～1050℃、15～

20万気圧)でのカンラン石の変形実験を大型放射光施設SPring-8・BL04B1にて行いました。変形実験はマルチアンビル型高圧発生装置の一種である、D-DIA型変形装置を用いて行いました。6つのアンビルを大型のプレスで加圧し、中心に置かれた試料に高圧力を発生させ、その試料を上下方向から押しつぶして変形させた上に、さらに放射光X線を試料にあてることにより、試料にかかっている圧力、差応力、歪を測定することができます。この実験では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)』という音波を検出することに成功しました。これは、実験中に試料の中に断層が形成されたこと、すなわち実際の深発地震が発生する温度条件下における実験での地震発生を人工的に達成したことの証明になります。

通常、地球深部では圧力の上昇によって結晶構造を変化させ、ワズレアイトやリングウッダイトになります。しかし比較的低温の低い深部プレート内部ではカンラン石の結晶構造変化は容易に進行しません。しかしそのような深部プレート内部においてカンラン石が変形すると、カンラン石が変形する際にポワリエライトという別の鉱物(海洋開発研究機構の富岡博士によって隕石中から世界で初めて発見され、2021年に新鉱物として認定された)の結晶構造に一旦変化してから、リングウッダイトに変化することが本研究によって明らかとなりました(図1)。この結晶構造変化の際には、結晶の周囲に多量の熱エネルギーが放出される(図2)ため、局所的な強



【図1】15.4万気圧、850℃の実験環境下にて上下方向からカンラン石試料を押しつぶした際に形成された断層
 いずれも電子顕微鏡で撮影。左側：試料全体の写真。試料を横断する断層(赤破線)が見られる。右側：カンラン石の結晶構造が変形することで生成したポワリエライト。図右下は当該結晶がポワリエライトであることを示す、電子線回折パターン像。100ミクロンは1ミリの10分の1。100ナノメートルは1ミリの1万分の1。

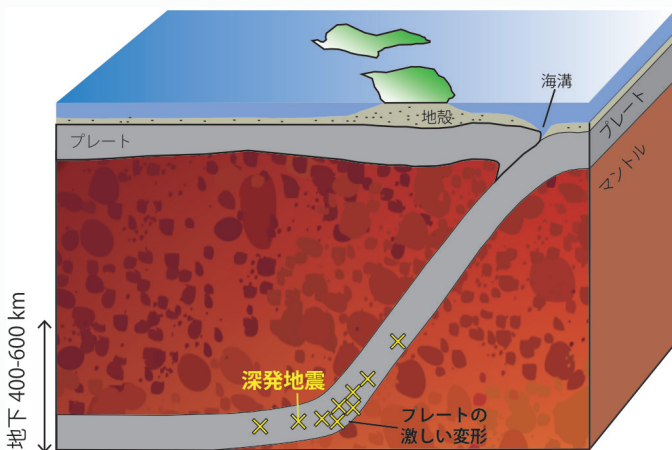


【図2】深発地震の発生メカニズムの概要

15万気圧程度の高圧力環境下でカンラン石が変形する際に、変形が結晶の一部に集中する(左図)ことでポワリエライトへと結晶構造が変化(中央図)。さらにポワリエライトがリングウッドイトへと結晶構造を变化する際に熱が放出される(右図)ことで、断層形成と地震発生に至る。

度低下が引き起こされます。その結果、断層形成と地震が引き起こされる(図1)ことも明らかとなりました。なおポワリエライトは、ワズレアイトとリングウッドイトの中間的な結晶構造をもつ鉱物であり、フランスのポアリエ教授らの研究グループによってその存在が理論的に予測されていました。カンラン石からポワリエライトへの結晶構造変化は高圧力だけでは進行せず、14万気圧以上の高圧環境下での「カンラン石の変形」が必要となります。カンラン石からポワリエライトへの結晶構造変化は変形のエネルギーによって進行するため、理論上では室温のような低温環境でも進行しようといった特異な性質をもっています。

本研究によって世界で初めて確認された『カンラン石からポワリエライトへの結晶構造変化』は変形によって促進されるといった“特異性”をもちます。小笠原諸島の地下へ沈み込むプレートのうち、激しい変形を被る場所では深発地震が頻発していることが知られていますが(図3)、これはカンラン石に特有の性質ともいえる、



【図3】列島下に沈み込むプレートと深発地震の概念図

マントル深部へと沈み込んだプレートが折れ曲がる場所(激しい変形を被る場所)では、深発地震が多発することが知られている。本研究の結果より、そのような場所では「カンラン石からポワリエライトへの結晶構造変化」が促進されるため、断層形成及び地震発生が多発しているものと考えられる。

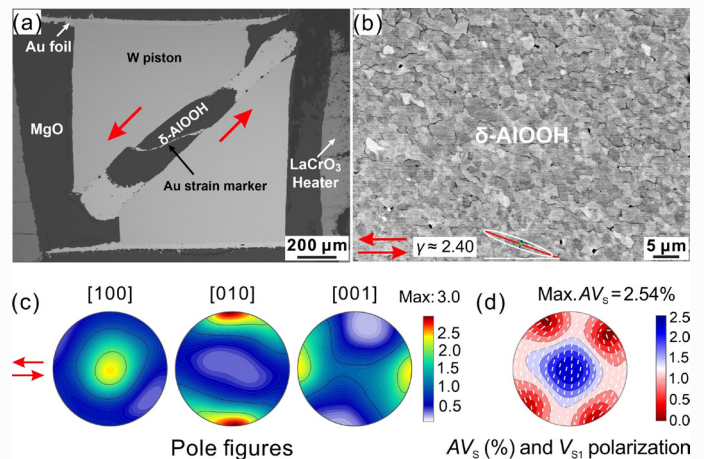
『地震性の結晶構造変化』が変形によって促進されることに由来します。沈み込んだプレートの形状は地震観測網によって捉えることができるため、プレートの変形が激しい地域を集中的に監視することで、深発地震の発生時期・発生頻度・規模などをモデル化していく上での手掛かりが得られるものと期待されます。(実験系地球科学部門:大内 智博)

Faulting triggered by a quasi-diffusionless shear transition of olivine in deep subducted slabs. Kohei Matsuda, Tomohiro Ohuchi, Sayako Inoue, Yuji Higo, Noriyoshi Tsujino, Sho Kakizawa, Takeshi Sakai, Science Advances, 12, 15, doi:10.1126/sciadv.adu5181

高圧含水鉱物の変形が引き起こす マントル深部のプレート内の 地震波異方性

地球内部を伝わる地震波は、方位によって異なる速度で伝わることもあり、これは地震波異方性と呼ばれています。この地震波の異方性は、地球マントルの深部に沈み込み、マントル遷移層から下部マントル最上部(深さ約500~1000km)に滞留しているプレートで、しばしば観測されています。しかし、この異方性の原因はよく分かっていませんでした。

本研究では、地球深部に沈み込んだプレートの比較的低温部分に存在すると考えられている含水鉱物に注目し、その変形挙動を調査しました。 δ -AlOOHとこれにH相成分(MgSiO₄H₂)を含んだ固溶体(δ -H)という、2種類の高圧含水鉱物を、地球深部に相当する圧力20.5~24.5GPa、温度800~1000°Cの条件下で実際に変形することによって、マントル遷移層に滞留するプレート内で変形するこ

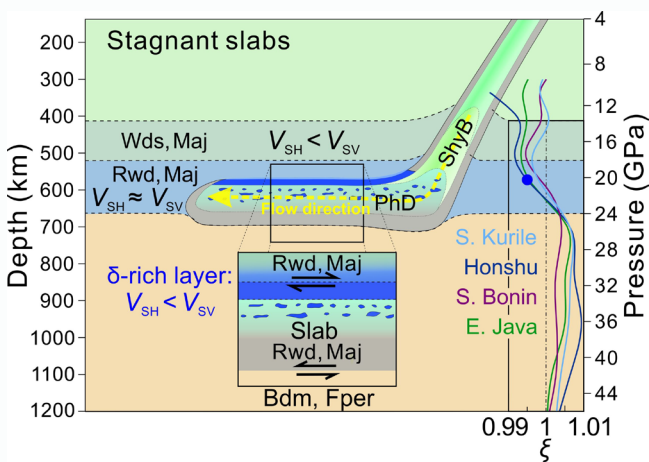


【図1】 δ -AlOOHの変形微細組織、結晶選択配向と地震波異方性

(a, b)マントル遷移層下部条件(20 GPa, 950°C)で剪断変形された δ -AlOOHの試料構成と微細組織。赤矢印は剪断変形方向を表す。金の歪マーカの大きな回転が確認でき、試料に大きな歪が与えられたことが分かる。(c)試料の結晶選択配向を示す極点図。 δ -AlOOHの(010)面が剪断面と平行に、[001]方向が剪断方向にそろっていることが分かる。(d)この試料から計算された、S波の偏向異方性の強度と高速な波の振動方向(白いバー)。鉛直方向に振動するS波が高速となることが示されている。

これらの鉱物の挙動を明らかにしました。

実験の結果、変形によってこれらの高圧含水鉱物は、特定の結晶方位に向きがそろった結晶選択配向を顕著に示すことが分かりました。そして、この強い結晶選択配向は、マントル中での水平方向の剪断変形によって、特徴的な地震波異方性を生み出すことも分かりました。地震波のうち横波であるS波は、異方性を持つ物質中では、速度と振動方向が異なる2つの波に分裂しますが、 δ -AlOOHと δ -Hでは、鉛直方向に振動するS波が水平方向に振動するものより高速となることが分かりました。この特徴は、負の偏向異方性と呼ばれ、他の大部分のマントル鉱物と異なります。このような特徴から、滞留プレート内の一部の地震波異方性が δ -AlOOHか δ -Hが変形することによって生じていると解釈できます。(実験系地球科学部門:WU Wentian)

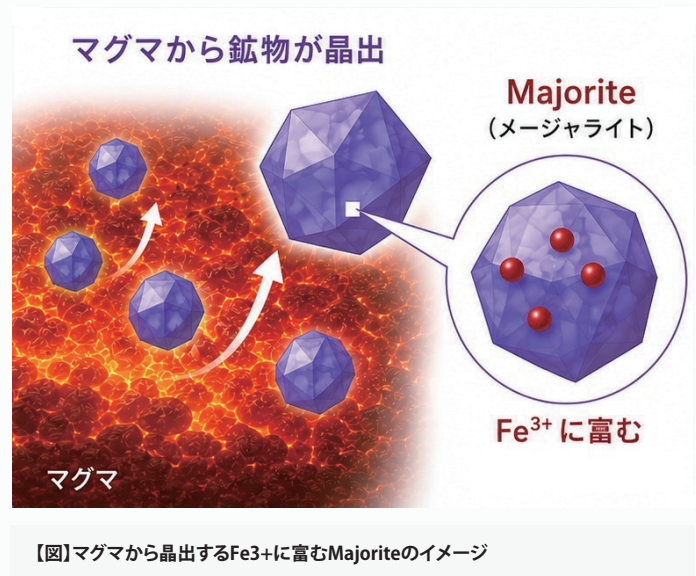


【図2】滞留するプレート付近のS波の負の偏向異方性と δ -AlOOH/ δ -H地球下部マントル最上部に滞留するプレート中の高圧含水鉱物 δ -AlOOHとそのH相固溶体(δ -H)に富んだ岩層(濃青部分、 δ -rich layer)の変形とS波異方性の関係を示した模式図。実験結果に基づいて計算された変形後の δ -AlOOH/ δ -Hの地震波異方性(右グラフ中の青丸)は、負の偏向異方性($\xi = (V_{SH}/V_{SV})^2 < 1; V_{SH}$ はそれぞれ鉛直方向と水平方向に振動するS波の速度)を示す。これは、下部マントル最上部に滞留するプレート付近の観測(右グラフ中の曲線、Ferreira et al., 2019)をよく説明できる。

Deformation of δ -AlOOH and its solid solution with phase H as a potential source of intra-slab seismic anisotropy in the mid-mantle, Wentian Wu, Yu Nishihara, Noriyoshi Tsujino, Sho Kakizawa and Yuji Higo, Geophysical Research Letters, 53, e2026GL122235, doi: 10.1029/2026GL122235

地球・火星マントル深部の主要鉱物 Majoriteに含まれる三価鉄量を 高圧実験で解明

地球や火星などの岩石惑星では、マントルの酸化状態がマントル物質の融解温度(マグマの形成)や火山ガスの組成、さらには表層環境の進化に大きな影響を与えられています。特に、惑星形成初期に広く存在したと考えられる「マグマオーシャン」が冷え固まる過程では、鉄がどのような酸化状態で鉱物に取り込まれるかが、その後のマントル進化を左右する重要な要素となります。鉄



は主に Fe^{2+} (二価鉄)または Fe^{3+} (三価鉄)として存在しますが、高圧条件下で形成される鉱物中の Fe^{3+} 量を正確に測定することは容易ではありません。Majorite(メージャライト)は、地球では深さ約500~600km、火星ではマントル底部に相当するような高温高圧条件下で安定な主要鉱物です。そのため、Majoriteがどの程度 Fe^{3+} を含むかを明らかにすることは、惑星内部の酸化状態を議論するうえで重要な課題となっています。

研究グループは、GRCのマルチアンビル高圧発生装置を用い、18万気圧・2150~2200°Cの高温高圧条件下で、マグマと共存するMajoriteの合成に成功しました。さらに、大型放射光施設Spring-8において、元素の価数を推定できるX線吸収端近傍構造(XANES)分析を行い、合成したMajorite中の Fe^{3+} 量を決定しました。その結果、マグマオーシャンから形成されるMajoriteは、地球下部マントルで最も豊富な鉱物とされるBridgmanite(ブリッジマナイト)に次いで、多くの Fe^{3+} を含むことが明らかになりました。さらに、 Fe^{3+} に富むMajoriteを含むマントル物質が上昇し、浅部で別の鉱物へ相転移または分解する際には、鉱物中に取り込みきれない Fe^{3+} がHematite(ヘマタイト)などの鉱物として放出される可能性があります。この過程は、酸化的なマグマの形成に寄与した可能性があり、地球や火星におけるマントル酸化状態の進化を理解するうえで重要な知見となります。

本研究成果は、地球や火星内部の酸化状態に新たな制約を与えるとともに、初期惑星における酸化的マグマ形成過程の理解にも貢献すると期待されます。(実験系地球科学部門:桑原 秀治)

Ferric iron content of majorite coexisting with reducing melt at 18 GPa: Implications for the mantle oxygen fugacity of Mars and Earth. Hideharu Kuwahara, Ryoichi Nakada, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, doi:10.1029/2025JB033231

PRIUS NEWS

PRIUS利用者の声

Research Experience at GRC through the PRIUS Program.

Donghoon Kim
(Korea University 助教)

My visit to GRC through the PRIUS program was both scientifically productive and personally rewarding. During our stay, our research group used the ORANGE - 3000 multi-anvil press to synthesize high-pressure phases of silicates and oxides that are relevant to the deep interiors of planets. These high-pressure materials are essential for our group's research on the behavior of planetary materials under extreme conditions.

One of the major motivations for using the multi-anvil press is to prepare well-characterized starting materials for dynamic compression experiments performed at large-scale facilities such as the SACLA X-ray Free Electron Laser (XFEL) in Japan and the Omega high-powered laser facility in the United States. In these experiments, materials are compressed to extreme pressures and temperatures on nanosecond timescales using intense laser-driven shock waves. To properly interpret the structural and physical changes observed during dynamic compression, it is critical to begin with high-quality high-pressure phases synthesized under controlled conditions. The ORANGE-3000 system provides a unique opportunity to produce sufficiently large and homogeneous samples that are difficult to obtain elsewhere.

During my visit, I had the opportunity to work closely with Professor Steeve Gréaux and the GRC team. I was deeply impressed by both their technical expertise and their willingness to support visiting researchers. From sample assembly and pressure calibration to troubleshooting experimental challenges, the atmosphere at GRC was highly collaborative and welcoming. I particularly appreciated how openly ideas and experience were

shared among researchers, which made the experiments both efficient and enjoyable.

Beyond the scientific achievements, the PRIUS program itself plays an important role in fostering international collaboration and giving researchers access to specialized facilities that are not easily available worldwide. Our group is sincerely grateful for the support provided by the PRIUS program and the GRC staff, and we hope to continue this collaboration in future studies of planetary materials under extreme conditions.



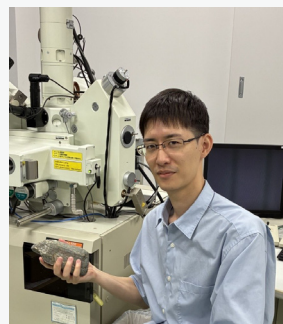
From left to right: Gunhee Lee, Minsu Jang, Sota Takagi, and Donghoon Kim standing in front of the UHP-3000 multi-anvil press at Ehime University.

高圧変成岩試料のFIB-TEM解析

福島 諒

(JAMSTEC 高知コア研究所 ポストドクトラル研究員)

私はこれまで、透過型電子顕微鏡(TEM)を活用した天然試料、主に高圧変成岩の研究に取り組んできました。なかでも、海洋地殻を構成する玄武岩が地下深くまで沈み込んで形成したとされる「エクロジャイト」と呼ばれる岩石は、





沈み込み帯の地下深く(深さ70-90km程度)をどのような水が、どのような速さで流れるのかといった、流体・元素の循環を理解するための鍵となります。エクロジャイトを構成する主要な鉱物はざくろ石(ガーネット)とオンファス輝石で、ざくろ石が結晶成長する際に包有物として取り込んだマイクロサイズの相の観察や、オンファス輝石に残されたTEMが無いと見られないような微細組織を観察することで、詳細な反応過程に迫ることができます。このような局所領域の分析には精密な試料加工が必須なので、集束イオンビーム装置(FIB)をセットで使用しています。GRCでは大学院生の頃からかれこれ5年近くFIB-TEMの共同利用でお世話になっており、その間に別の鉱物(ローソン石)の分解組織や火山岩中のピジョン輝石の微細組織も含めて、様々な組織を観察することができました。柔軟に装置を使わせてくださり深く感謝申し上げます。また、大藤弘明先生(東京大学)、境毅先生、井上紗綾子先生、事務室の皆さまには大変お世話になっております。

天然の岩石試料のTEM画像および微小領域の組成データは、通常の薄片スケールの岩石記載では見えてこない新情報を持っているポテンシャルがある一方で、TEMで見ることのできる領域は、仮に拳大の岩石試料があったとしてもそのさらに一部、ごく限られた領域なので、その解釈と大きなスケールでの意味づけが非常に難しいといえます。「天然試料をひたすら細かく見る」というアプローチは本当に長期戦で、根気がいることだと痛感しています。ただ、データを取ったときには何も分からなかったのに、時が経って急に解釈可能になるあの瞬間は、何にも代えられない喜びです。GRCの良い分析装置と、分析後に物思いに耽るのに最適な道後温泉がこれを可能にしているのだろうというのが私見です。今後とも、国内随一の高圧科学共同利用拠点としてのGRCの益々のご発展をお祈りするとともに、皆さまと引き続き共同研究ができることを楽しみにしています。

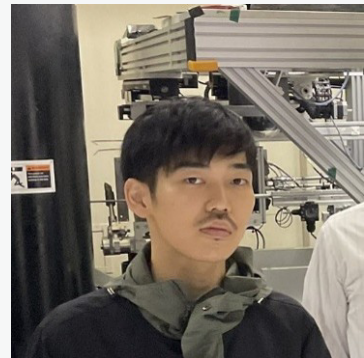
高温高圧実験と第一原理計算で探る地球核中の水素

高野 将大
(東京大学 博士後期課程3年)

東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、博士後期課程3年の高野将大と申します。

私が現在主に取り組んでいる研究テーマは、地球核の軽元

素問題です。地球中心部には鉄を主成分とする核が存在していますが、地震波観測などから推定される地球核の密度は、同じ温度・圧力条件における鉄の密度よりも小さく、鉄より軽い元素(軽



元素)が地球核の中に溶け込んでいると考えられています。一方で、地表からおよそ2900km以上も地下深くにある地球核由来の物質を直接手に取ることは極めて困難であり、地球核にどの軽元素が、どの程度含まれているのかは、現在も地球科学における重要な未解決問題として残されています。

私は、軽元素候補の中でも鉄の密度を下げる効果が特に大きい水素に着目し、川井型マルチアンビル装置を用いて、鉄系物質と水素の反応を高温高圧その場で観察する実験を主に行っています。PRIUSにおいては、土屋卓久教授のご指導のもと、GRC附設の並列計算機を利用した第一原理計算に取り組んでおります。マルチアンビルを用いた高圧その場X線・中性子回折実験からは、ある温度・圧力条件における熱力学的安定相や、その相の結晶構造、単位胞体積などの情報が得られます。これらの実験結果に、第一原理計算によって得られる電子状態や局所的な原子配置に関する情報を組み合わせることで、実験で観察された現象の背景にある物理的機構をより深く理解することができます。

また、PRIUSの共同利用を通じて、GRCに所属する学生・研究者の皆様と研究について議論する機会にも恵まれました。地球という同じ対象に興味を持ちつつも、異なる実験手法や計算手法を専門とする方々との交流は、自身の研究をより広い視点から捉え直すうえで大変貴重な経験となっています。

これまで主に主著論文として発表した研究においても、PRIUS共同利用による第一原理計算は、実験結果を解釈するうえで重要な役割を果たしました。この場を借りて、土屋教授をはじめ、GRCおよびPRIUS関係者の皆様に心より御礼申し上げます。現在進めている博士論文の執筆、ならびに今後の研究活動においても、PRIUS共同利用を通じて研究をさらに発展させていきたいと考えております。今後ともどうぞよろしくお願いいたします。



NEWS LETTER

vol. 73 2026年6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 1
TEL 089-927-8165 / FAX 089-927-8167
<https://www.grc.ehime-u.ac.jp>

Instagram



@PIAS_EHIME_U