

国立大学法人 愛媛大学
地球深部ダイナミクス研究センター
〒790-8577 松山市文京町2-5
TEL : 089-927-8197 (代表)
FAX : 089-927-8167
<https://www.grc.ehime-u.ac.jp/>

目次

- ◆ センター長挨拶
- ◆ センター構成
- ◆ NEWS & EVENTS:
 - 入船センター長が地球化学フェローに選出
 - JNTO国際会議誘致・開催貢献賞受賞
 - 「先端研究院」の設置
 - 第10回PRIUSシンポジウム開催
 - 第6回惑星深部研究会開催
 - 第7回GRCイメージコンテスト結果発表
 - フロンティアセミナー
- ◆ ジオダイナミクスセミナー
- ◆ 新人紹介
- ◆ 国際会議・海外出張報告
- ◆ 最新の研究紹介
- ◆ センター機器紹介
- 先進超高压科学研究拠点 (PRIUS)

研究所・センター会議の第一部会（理工系）部会長を引き受けることになり、ようやくその役割も無事終えてほっとしているところですが、同会議に所属する全国 100 余りの機関の中で、所長・センター長在任期間の歴代最長記録ではないかと思えます。

愛媛大理学部に赴任したのが 1989 年ですから、今年でちょうど 35 年。この間の GRC 設立の経緯、またその後の発展については本ニュースレター挨拶 (No. 54~56) で概観するとともに、退職記念業績集にも再掲しました。前者は GRC ホームページからアクセスできますし、後者も記念パーティーの中止で行き場を失ってしまいたくさん残っておりますので、興味のある方はご請求ください。

本ニュースレターも、紙媒体による配布は 68 冊目にあたる本号が最後となる予定です。これまで毎回挨拶を書いてきましたが、放言も多く顰蹙をかったこともあります。一方で、少なからずの方から楽しみにしているとお声をいただき、また何人かの方からは毎回感想をお寄せいただきました。

紙媒体での最終号になる今回は、多少長めの挨拶でもいいとのことですので、この間の GRC の活動に関連してお世話になった方、また重要な役割を果たしていただいたり、強く印象に残っている方の中から、特に女性に焦点をあててお礼を兼ねたご挨拶としたいと思います。もちろん多くの男性も GRC の発展にご貢献いただきましたが、女神の国・愛媛ということでご了解ください。昔の記憶が曖昧で、どうしても最近の方を取り上げることが多くなってしまふこと、また実名を出ささせていただくこともご容赦いただければ幸いです。最後にまたまた顰蹙かってしまいそうですが…。

35 年前に愛媛大に赴任して驚いたのが、地球科学教室事務の小玉豊美さんの働きぶりでした。前任地の某旧帝大とは異なり、お願いしたことはすぐに対応してくれ、無理なお願いにも嫌な顔一つされずに応えてくれました。当時の地球科学教室は、全国の地球科学系の中でも若手の登竜門として一目おかれていましたが、事務にこのような人材がいるのもその一因かと、妙に納得した記憶が

◆ センター長あいさつ ◆



入船 徹男

4 年前の 2020 年 3 月をもって一旦退職しましたが、同時期に始まったコロナ禍において退職記

念イベントも無期延期され、気持ちの整理がつかないまま引き続き GRC センター長を拝命し、現在に至りました。特例的に卒論生・大学院生の指導も行ってきましたが、この 3 月に最後の学生が大学院修了するのを機会に、2001 年 4 月の GRC 設立以来 23 年間続けたセンター長を降板することにしました。センター長最後の年に、国立大学附置

あります。後年小玉さんは、理学部事務のトップも務められました。

地球科学教室事務・GRC 事務では、小玉さん以降も多くの素晴らしい人材に恵まれました。特に地球科学教室と GRC の両方で、事務をしていただいた外山廣子さんには、退職後の再雇用時代も含め、長きにわたり大変お世話になりました。教員はもとより学生さんへの親身な対応とともに、事務処理において色々と柔軟な対応をしていただきました。今ではきっと、お孫さんたちと楽しくすごされていることと思います。

その後も GRC 事務は、多くの有能な方に担当していただきました。昨年度から着任いただいた相澤麻衣さんも、多様な業務がある GRC において、痒いところに手が届き、かつ出すぎないお仕事をしていただき大変助かりました。はじめよければ終わりよしで、愛媛大赴任時とセンター長最後の年にこのような素晴らしい事務方に恵まれ、私の研究やその他の業務もスムーズに進めることができました。

数えてみると在任中に 72 名の卒論生、50 名の修論生、18 名の博士課程学生、41 名の博士研究員を担当してきましたが、学生のうち 3 割近くが女子学生でした。中でも印象に残っているのは一色麻衣子さんで、私が放射光実験を開始した 1990 年代半ばから後半に、大変重要な働きをしてくれた学生さんの一人です。修士の頃に体調を崩し長期入院を余儀なくされましたが、退院後は私の部屋に居場所をつくり、文献整理などをやってもらいました。大変な頑張り屋でその後博士号も取得し、今では東北大学の教授として、この 4 月から運用が開始される新世代放射光施設「ナノテラス」でビームラインの建設にあたっています。

栗尾文子さんは、世界最硬ナノ多結晶ダイヤモンド（ヒメダイヤ）の開発初期に、重要な働きをしてくれました。ヒメダイヤの合成可能温度圧力領域を詳細に明らかにした研究が、学会発表でダイヤモンドの専門家の目にとまり、その後の発展の契機となりました。栗尾さんは修士課程終了後、高圧業界では著名な某ダイヤモンド加工関連会社に職を得て、GRC で合成したヒメダイヤの加工を一手に引き受けてくれています。今では同社の部長・執行役員とか。

ヒメダイヤプロジェクトには多くの女子学生が参加してくれました。ヒメ（媛）は愛媛の媛、「彦」に対応する女性を意味する古語です。ヒメダイヤの名前は栗尾さんはじめ、これに関わった彼女らに敬意を表する意味も込められています。

私の担当した最後の女子学生で、昨年度修士課程を修了した小川知夏さんもその一人です。小川さんはこれまでに担当した学生さんの中で、驚きの TOEIC スコア記録保持者でしたが、地球科学教室の優秀研究発表者に送られる「桃井賞」を、卒論と修論で W 受賞した私の最初で最後の学生となりました。一方で、試料の透過型電子顕微鏡(TEM)

分析において「点状」に写る回折スポットが、「天井」に写ると勘違いして上を見上げたという、新たな学生伝説を残してくれました。

TOEIC と言えば、本学が設置した「スーパーサイエンス特別コース」の第一期生として入学した矢野春佳さんは、スコアが高い方で印象に残る学生さんでした。卒業後も研究支援員として GRC に残ってもらいましたが、分析機器利用のお手伝いや資料の整理などで活躍していただきました。実験室のマドンナとしての存在感は大きく、寿退職の際には、しばしば呼び出してお茶していた私を含め、多くのスタッフの間で「矢野ロス」感が広がった気がします。

学生さんではありませんが、土屋旬さんは次期 GRC センター長の土屋卓久さんとともに、20 年近く前に松山に来られました。当時は GRC として職を準備することができず、第 1 子が生まれる前後だったこともあり研究の継続が危ぶまれました。そこで、彼女の研究力とともに絵のセンスのよさを見込んで科研費で雇用し、第一原理計算による高圧相の安定性の計算に加えて、センター長室で ppt の作成などをお願いしました。ほどなく日本学術振興会から、出産・育児による研究継続のための特別研究員 (RPD) 制度がアナウンスされ、これに応募して見事にその第一期生として採用されました。その後研究者として大活躍し、昨年 GRC 教授に昇任されました。RPD 時代をお願いした $MgAl_2O_4$ の安定性に関する計算結果をもらっておりながら、論文にできなかったことをいまだに申し訳なく思っています。

GRC がグローバル COE 拠点に採択されたことを契機に、筑波大学におられた平井寿子さんに教授として赴任いただきました。高い研究業績を持ちながら筑波大ではやや冷遇されているようにお見受けしましたが、GRC においては短期間に 2 人の博士号取得者を輩出し、いずれもアカデミックポジションにつけるなど、ご活躍いただきました。平井さんは着物姿が大変お似合いになるとともに、多彩なご趣味の持ち主で、その一つの発表会を參觀させていただいたこともあります。現在も、GRC が運用する共同利用・共同研究拠点 PRIUS の運営委員を務めていただいております。また 2021 年には日本惑星科学連合 (JpGU) からフェロー称号を授与されました。

2021 年に助教として赴任された井上紗綾子さんは、TEM の専門家として PRIUS 業務においても多大な貢献をしていただいております。コロナ禍中での着任ということで、隣の部屋にいなながら 1 年間くらいは直接お話しする機会はほとんどありませんでしたが、この間私が組織した全国規模のオンライン「鉱物物理研究会」(実はオンライン飲み会: 現在は活動休止中) に、常連として参加してくれました。ほとんどが高圧研究者ばかりの GRC に飛び込んでこられ、ご自分の研究の新たな方向性を模索中と見受けられますが、その物怖じしない性

格や高い英語・フランス語会話能力、幅広い国内外の人的ネットワークを背景に、将来の GRC を背負っていただける人材と確信しています。

JpGU や日本鉱物科学会など、関係する学会の事務局においても多くの方にお世話になりました。とりわけ日本高圧力学会の白岩千賀子さんは、同学会の役員みんなが頼りきっており、2009 年の東京での国際高圧力学会 (AIRAPT) 総会開催を機に退職された際には、皆さんと大きな「白岩ロス」を共有したものです。さりげない気配りと仕事をこなす能力の高さに、その後も事あるごとに役員経験者の間では、「こんなときに白岩さんがいてくれたら…」とため息をつくことが多々ありました。学会事務局が京都大学に関連した建物の中にあり、同大学出身である私としても評議員会や幹事会など、京都での役員会に出席するのが楽しみでさえありました。

2013 年に AIRAPT 会長を引き受けることになりましたが、会長 2 期目の Secretary として Sakura Pascarelli さんに就任していただき、AIRAPT の色々な改革と一緒にすすめることができました。ヨーロッパ放射光施設 (ESRF) における高圧ビームラインの責任者であった彼女とは、ヒメダイヤを多数提供して共同研究をすすめており、これを「きびだんご」にして仕事してもらったのですが、その調整能力の高さには驚かされました。彼女のお父さんは外交官で、その後ろ姿を見て育ったせいかもしれません。Sakura という名前の由来も、お父さんの日本在任中に生まれたからとのこと。現在はヨーロッパ X 線自由電子レーザー施設 (European X-FEL) のサイエンスディレクターを務めるとともに、昨年のエジンバラでの総会で、60 年近い歴史を持つ AIRAPT で初めての女性会長に選出されました。次回の AIRAPT 総会は松山で 2025 年に開催予定であり、再会できることを楽しみにしています。

最後になりましたが、GRC 設立以来ずっとお世話になってきたのが、当時研究支援推進員として採用された目島由紀子さん (現在技術専門職員) です。センターができて初めて採用する支援員で、センター長として何人かの方と面接をしましたが、一番まじめで信頼できそうな印象を受けました。ご出身が沖縄県で、珍しい名前もインパクトがありました。設立当初は GRC 専用の部屋もほとんどなく、地球科学教室の薄暗い「写真室」の一角に机を置き、GRC ホームページの維持管理やセンター長の補佐を中心に仕事をしていただきました。

今や私とともに、唯一の GRC 設立以来のスタッフとなってしまいましたが、この間多くの大型科研費やグローバル COE 拠点事業の採択、共同利用・共同研究拠点の認定を得るとともに、これらの事業がいずれも高い評価を受けてきたのも、目島さんが裏方として重要な役割を果たしてくれたおかげと大変感謝しています。本ニュースレターも、2001 年 9 月に発行された第 1 回からずっと編集作

業に携わっていただいております、原稿の取り立て業務に加えて私のダメ出しや亀山・山田さんの厳しい最終チェックにも耐え、粘り強く仕事をしてくれました。ニュースレターに関する彼女の仕事も本号で一旦終了となりますが、これまでの多大な貢献に心より感謝するとともに、今後も引き続き GRC/PRIUS の活動を支えてくれるものと期待しています。

さて、4 月からは土屋卓久センター長のもと、新たな GRC がスタートします。近く実験系・数値系の教員をそれぞれ新たに採用できる見込みであり、GRC が次のステージに進むことを楽しみにしています。私もこれで少し肩の荷がおり、今後は GRC で多少とも研究を継続するとともに、若手の研究成果発表のお手伝い、また産業界との連携や国際連携にも力を入れたいと考えています。特に松山で 2025 年秋に開催予定の AIRAPT 総会においては、組織委員長としてその成功に尽力するとともに、これまでの経験を活かして、企業における超高压合成装置・技術の導入と活用に関しても微力を捧げたいと思います。

と、考えておりましたが、そうのんびりはしてられないかもしれません。昨年末より学長の指示に基づき愛媛大学の組織改革が急速にすすめられており、4 月には GRC を含む 5 つの研究センターを統括する「先端研究院」が作られ、その院長を任されることになりました。このうち 3 つの研究センター (GRC、沿岸環境研究センター CMES、プロテオサイエンスセンター PROS) が共同利用・共同研究拠点に認定されていますが、これらのセンター群に加えて「先端研究高度支援室」の教員・リサーチアドミニストレーター・ラボマネージャーを含め、50 名程度の専任教員を擁する独立部局として、大学の特色ある先端研究を牽引する役割が求められています。

先端研究院では SNS を活用した情報発信の強化を検討しており、私も今後はこちらで発信を続けたいと考えています。GRC/PRIUS の活動に対する引き続きご協力・ご支援とともに、新たに発足する先端研究院 (Premier Institute for Advanced Studies, PIAS) をよろしくお願ひいたします。末尾になりましたが、長い間本当に有難うございました。



◆ センターの構成 ◆

(R6. 3. 1現在)

❖ 実験系地球科学部門

入船徹男 (特別荣誉教授)
西原 遊 (教 授)
河野義生 (准教授)
境 毅 (准教授)
大内智博 (准教授)
Steeve Gréaux (講 師)
桑原秀治 (講 師) (2024. 3. 1-)
井上紗綾子 (助 教)
國本健広 (特定研究員)
福山 鴻 (特定研究員)
小澤佳祐 (特定研究員)
Youyue Zhang (特定研究員) (2024. 1. 1-)
Jiejun Jing (学振外国人特別研究員)
(2023. 11. 27-)

❖ 数値系地球科学部門

土屋卓久 (教 授)
亀山真典 (教 授)
土屋 旬 (教 授)
出倉春彦 (講 師)
Shengxuan Huang (学振外国人特別研究員)

❖ 超高压科学部門

内藤俊雄 (教 授：理工学研究科兼任)
松下正史 (教 授：理工学研究科兼任)
山本 貴 (准教授：理工学研究科兼任)
清水克哉 (教 授：大阪大学兼任)
(2024. 2. 1-)

❖ 先端研究高度支援室 (連携部門)

山田 朗 (シニアリサーチアドミニストレーター)
新名 亨 (シニアラボマネージャー)
目島由紀子 (技術専門職員)
白石千容 (研究補助員)

❖ 客員部門

客員教授 Yanbin Wang (シカゴ大学GSECARS
代表・主任研究員)
客員教授 Ian Jackson (オーストラリア
国立大学地球科学研究所名誉教授)
客員教授 Baosheng Li (ストニーブルック大
学鉱物物性研究施設特任教授)
客員教授 鍵 裕之 (東京大学大学院理学
系研究科教授)
客員教授 八木健彦 (東京大学名誉教授)
客員教授 舟越賢一 (CROSS中性子科学セ
ンター利用推進部次長)
客員教授 平井寿子 (元愛媛大教授・前立
正大教授)
客員教授 井上 徹 (広島大学大学院先進

理工系科学研究科教授)

客員教授 大藤弘明 (東北大学大学院理学
研究科教授)
客員教授 西山宣正 (住友電気工業 (株)
アドバンストマテリアル研究所
グループ長)
客員教授 Jannick Ingrin (リール大学材
料変換研究ユニット・CNRS 研究
部長)
客員准教授 西 真之 (大阪大学大学院理
学研究科准教授)
客員准教授 丹下慶範 (住友電気工業(株)
アドバンストマテリアル研究
所主席)

❖ 事務

研究支援課・研究拠点第2チーム
若井重広 (副課長)
相澤麻衣 (チームリーダー)
宮本菜津子 (事務補佐員)
八城めぐみ (研究補助員)
濱田愛子 (事務補佐員)



◆ NEWS & EVENTS ◆

❖ 入船センター長が地球化学フェローに選出

入船徹男 GRC センター長が、地球化学分野の国際的学会である地球化学会 (Geochemical Society, GS) と、ヨーロッパを基盤とした同分野のヨーロッパ地球化学会 (European Association of Geochemistry, EAG) により決定される、2024 年の地球化学フェロー (Geochemistry Fellow) に選出されました。

GS は 1955 年に設立された北米を中心とした地球化学分野における国際的学会で、1985 年に設立された EAG との共催により、世界各地の持ち回りで毎年参加者 2000 人規模のゴールドシュミット会議 (Goldschmidt Conference) を開催しています。GS と EAG では、地球化学分野において顕著な業績をあげてきた各国の研究者を毎年 10 数名選出し、地球化学フェローの称号を授与しており、このほど GS 会長の Catherine Chauvel 氏と EAG 会長の Elisabeth Sikes 氏の連名で 2024 年の地球化学フェローに選出されたことが通知されました。選出理由は、地球深部に沈み込む多様な化学組成を持つ物質の相変化や、密度・弾性波速度変化の実験的決定に基づく、地球深部の化学組成と物質循環の解明における入船センター長の業績が高く評価されたものです。授章式は、本年 8 月にシカゴで開催予定の 2024 ゴールドシュミット会議で行われる予定です。

なお入船センター長は、2008年に北米を中心とした地球物理学分野における国際的学会である、アメリカ地球物理連合（American Geophysical Union, AGU）フェローに、また2017年に我が国中心の地球惑星科学分野の連合体である、日本地球惑星科学連合（Japan Geoscience Union, JpGU）フェローに選出されています。

【参照 HP】

地球化学フェロー（Geochemistry Fellows, Geochemical Society）
<https://www.geochemsoc.org/honors/awards/geochemistryfellows>

❖ JNTO 国際会議誘致・開催貢献賞受賞

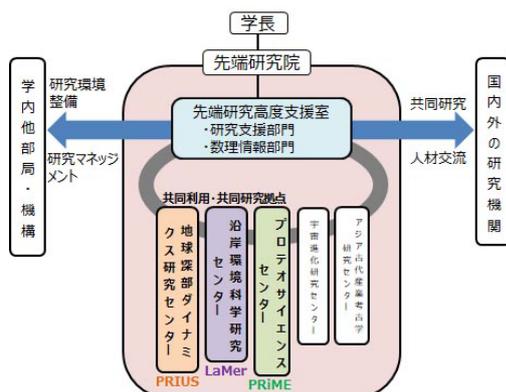
日本政府観光局（JNTO）は国際会議の優れた事例を表彰する「国際会議誘致・開催貢献賞」を2008年度から実施しています。



2023年度、GRCの入船徹男センター長・土屋卓久副センター長が中心となって開催の誘致に至った第29回高圧力科学と技術に関する国際会議（29th AIRAPT）が、松山観光コンベンション協会による推薦を経て、同賞の国際会議誘致の部における受賞会議に決定されました。本受賞は、愛媛では初めて、四国でも2010年の高松市開催会議に次いで2例目です。授賞式は2024年2月15日（木）に東京国際フォーラムにおいて開催された、「第33回 MICE 国際エクスポ（IME2024）」において行われました。なお、29th AIRAPTは、2025年9月28日から10月3日の6日間、松山市の愛媛県民文化会館で日本高圧力学会及びアジア高圧力会議との共催として開催される予定です。

❖ 「先端研究院」の設置

愛媛大学学長の指示により昨年から全学の機構等の組織見直しが行われ、GRCを含む5研究センター（沿岸環境科学研究センター「CMES」、プロ



テオサイエンスセンター「PROS」、宇宙進化研究センター「RCSES」、アジア古代産業考古学研究センター「AIC」と「先端研究高度支援室」が、それまでの先端研究・学術推進機構の傘下を離れ、4月より「先端研究院」（英名仮称：Premier Institute for Advanced Studies, PIAS）として独立部局化することになりました。PIASでは入船GRC前センター長が院長を務め、先端研究高度支援室の室長も兼ねることになります。

PIASでは、特色ある分野で世界レベルの先端研究を推進し、愛媛大学の研究を牽引することが期待されています。上記のうちGRC・CMES・PROSの3センターが共同利用・共同研究拠点として認定され、主に地球科学・環境科学・蛋白質科学分野における拠点として活動しており、今後はPIASの統括のもと先端的研究の一層の強化とともに、これらのセンター間の学際的共同研究を促進し、新たな分野への研究の展開も期しています。このために先端研究高度支援室の一層の機能強化を計画しており、令和6年度には新たに「数理情報部門」を設置して、多様な数値計算分野の横断的研究もすすめる予定です。PIASでは今後もセンターの研究と拠点活動を強力に支援するとともに、愛媛大学の研究力強化や他大学等との連携においても重要な役割を果たす予定です。

❖ 第10回 PRIUS シンポジウム開催

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10回 PRIUS シンポジウムが、2024年2月29日（木）～3月1日（金）の2日間にわたりハイブリッド方式で開催されました。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、地震の震源過程とプレートの沈み込みに関するテーマの6件の招待講演を含めた29件の研究発表が行われ、合計70名近い参加者がありました。



【日程】2024年2月29日（木）12：50-18：25～
 3月1日（金）09：00-11：55
 【開催方法】ハイブリット（Zoom利用）

【プログラム】

<2/28(木)>
 入船 徹男 開会あいさつ

【セッション1】（座長：亀山真典）

佐藤 嶺 (東京大)

波形インバージョンによる地震波3成分を用いた中米下D”領域の三次元S・P波速度構造推定

船橋郁地 (東京大)

北部太平洋下最下部マントルの方位異方性構造推定

河野克俊 (大阪大)

核-マントル境界における水と鉄の交換反応

[セッション2] (座長: 大内智博)

北佐枝子 (建築研) (招待講演)

稍深発深さのスラブ内地震の応力降下量の特徴

川方裕則 (立命館大) (招待講演)

岩石の破壊を地震学的に調べる

雷 興林 (産総研) (招待講演)

流体駆動断層形成に関する実験研究

[セッション3] (座長: 西原遊)

平内健一 (静岡大) (招待講演)

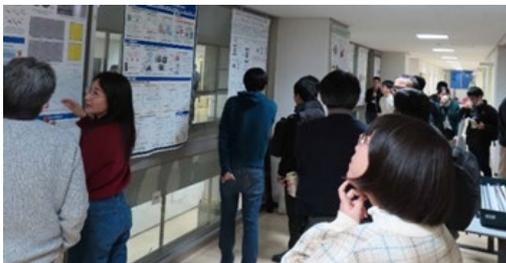
海洋マントルの熱水変質がプレートの沈み込み開始を促進する

澤 燦道 (東北大) (招待講演)

深発地震発生メカニズム解明に向けた実験地震学

大内智博 (愛媛大) (招待講演)

稍深発及び深発地震発生場の温度圧力条件下におけるアコースティックエミッション測定
の技術開発



<3/1(金)>

[セッション4] (座長: 井上紗綾子)

宮原正明 (広島大)

リュウグウ粒子に見られる衝撃変成作用の痕跡について

前田大地 (広島大)

高圧含水鉱物 phase D 中への Al の固溶及び安定領域への影響

福山 鴻 (愛媛大)

ferropericlasite が鉄の酸窒化物と固溶体を形成する可能性と下部マントルにおける窒素最大貯蔵量の再評価



[セッション5] (座長: 境毅)

高野将大 (東京大)

Reactivity of iron sulfides with hydrogen under high-pressure and high-temperature conditions

河野義生 (愛媛大)

Tetrahedral symmetry breaking in SiO₂ glass under pressure investigated by high-pressure pair distribution function measurement

松本 凌 (物材研)

電気二重層トランジスタの高圧力下駆動による結晶構造・キャリア密度同時制御の試み

西原 遊 閉会あいさつ

❖ 第6回惑星深部研究会開催



2024年3月13日(水)~14日(木)に第6回惑星深部研究会を開催しました。本研究会は、平成27~31年度文部科学省科学研究費助成事業新学術領域研究「核-マントルの相互作用と共進化~統合的地球深部科学の創成~」において理論計算班の構成員を中心として実施していた班会議に端を発しており、惑星深部研究の情報共有・共同研究推進の継続発展を目指し、2020年度から愛媛大GRC 鉱物物性理論グループが中心となって毎年開催しているものです。惑星深部研究に関連したさまざまなトピックに関する12件の講演がありました。今回は対面発表を中心とした開催となり、発表者と参加者との距離感の近い白熱した議論が繰り広げられました。

【日程】2024年3月13日(水)12:55-17:30~
3月14日(木)09:00-16:50

【開催方法】ハイブリット(Zoom利用)

【プログラム】

<3/13(水)>

開会挨拶

下田 玄 (AIST)

マントル内物質循環のタイムスケール: OIBのPb-Nd同位体組成からの制約

桑原秀治 (愛媛大)

Redox disproportionation of Fe²⁺ in terrestrial magma ocean from experimental and geological perspectives

奥田 尚 (京都大)

Convective structures of internally heated convection with temperature-dependent viscosity

大滝 壽樹 (AIST)

Seismic velocity structure of the lowermost outer core of the Earth

境 毅 (愛媛大)

Development of extreme pressure generation technology for research of planetary deep interior

<3/14(木)>

宮崎慶統 (Caltech, PD)

Magma oceans on growing embryos and their implications for metal-silicate partitioning

金嶋 聡 (九州大学)

Small-scale heterogeneities around the upper and lower mantle boundary beneath subduction zones
-Evidence for fragments of recycled basaltic crust-

Shengxuan Huang (Ehime Univ.)

Carbon partitioning during core-mantle differentiation constrained from ab initio simulations

松永拓巳 (東工大)

Towards Building Core-Mantle Boundary Heat Flux Map

鈴木勝彦 (JAMSTEC)

Why use isotopes to understand core-mantle interactions?

高橋 太 (九州大学)

Recipes for anomalous planetary magnetic fields based on symmetry-antisymmetry interaction

土屋 卓久 (愛媛大)

Charge disproportionation reaction of iron in silicate melts predicted from first principles free energy calculations

閉会挨拶

❖ 第7回GRCイメージコンテスト結果発表

GRC では広報活動と PRIUS における交流活動の一環として、GRC 構成員や PRIUS ユーザーを主な対象として、写真や動画などを中心とした「イメージコンテスト」を開催しています。第7回目を迎える2023年度のコンテストは、「GRCの復活」というテーマで募集いたしました。国内外より25件近い応募作品が寄せられ、オンラインツールを用いた作品の展示とコメントのやり取り、また投票もオンラインで行ないました。12月22日に開票の結果、11件が受賞作品として選出され、オンラ

インで結果発表を行ないました。受賞作品は本ニュースレターの最後に掲載しています。

❖ フロンティアセミナー

第85回

“Constraints on the interior structure and interior evolution of planet Mercury”

Dr. Jurrien Knibbe (Postdoctoral Researcher Royal Observatory in Belgium, VU University of Amsterdam)



日時：2024年1月26日(金) 16:30~18:00

第86回

“Hydrogen isotopic signatures of the upper mantle recorded from xenoliths: What diffusion experiments tell us”

Dr. Jannick Ingrin (GRC 客員教授/リール大学材料変換研究ユニット・CNRS 研究部長)



日時：2024年3月15日(金) 16:30~18:00



◆ ジオダイナミクスセミナー ◆

❖ 今後の予定 (詳細はHPをご参照下さい)

5月

5/10 “TBA”

❖ 過去の講演

第598回 “Deformation of olivine under conditions of the lower part of the mantle transition zone: the role of olivine transition on deep-focus earthquakes”

Mr. Kohei Matsuda (Master Student, GRC) 2023. 10. 20

第599回 “月の化石バルジを形成・保存するための数値計算プログラム”

Ms. Seina Terado (Master Student, GRC) 2023. 10. 20

第600回 “The stability of hydrous SiO₂ stishovite in the deep mantle”

Mr. Goru Takaichi (PhD student, GRC) 2023. 10. 27

- 第601回 “Resolution of inconsistencies in experiments of iron-silicate sulfur partitioning based on ab initio calculations”
Mr. Kei Ito (PhD student, GRC) 2023. 11. 10
- 第602回 “Acoustic emission monitoring at high pressures using small sensors optimized for D-DIA apparatuses”
Mr. Tetsuya Kubota (Master student, GRC) 2023. 11. 17
- 第603回 “Acoustic emission monitoring at high pressures using a broadband piezoelectric transducer combined with a D-DIA apparatus”
Mr. Yamato Miyagawa (Master student, GRC) 2023. 11. 17
- 第604回 “Lattice preferred orientation of phase D deformed at high pressure and high temperature”
Mr. Wentian Wu (PhD student, GRC) 2023. 12. 1
- 第605回 “2-D cylindrical mantle convection simulations on tectonic plates with stress-history-dependent rheology model”
Mr. Hiroki Taito (Master student, GRC) 2023. 12. 8
- 第606回 “Phase relations in a natural hydrous basalt under the lower mantle conditions”
Mr. Yuta Ishikawa (Master student, GRC) 2023. 12. 8
- 第607回 “History and current status of Kawai-type multi-anvil high-pressure technology”
Dr. Tetsuo Irifune (Professor/Director, GRC) 2023. 12. 22

◆ 新人紹介 ◆

Zhang Youyue
(特定研究員)

2024年1月から愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター(GRC)の研究員として着任致しました、張友悦(Zhang Youyue)



と申します。子どもの頃から、私は自らが住む地球についての興味を持っていました。惑星の進化と生命の起源は、私にとって常に魅力的なテーマでした。このため、私は中国科学技術大学に入学したときに地球物理学を専攻に選びました。地球内部の環境や活動を自分で再現したいと思い、学部3年生のとき、毛竹(Mao Zhu)教授の研究室で高圧実験に参加し、DAC技術について学びました。学部卒業後、より安定した温度と圧力条件を実現するプレス技術に憧れて、日本へと渡りました。博士課程のスーパーバイザーは岡山大学IPMの芳野教授です。芳野先生と、同じくHACTOグループの山崎先生には、プレス技術の基礎知識からサンプル合成実験まで、丁寧にご指導いただき、その後の研究の基盤を築くことができました。私は惑星の熱進化に興味を抱いており、熱伝導率測定の実験家である大迫博士と、有限要素法を用いて熱伝導率測定の精度を評価された米田先生にも指導いただきました。学生時代には様々な丁寧なご指導やご支援をいただき、本当に幸運であり心から感謝しております。

ここからはもう少し、私がこれまで取り組んできた研究のお話をさせていただきたいと思います。学部時代に先輩方とともに、超高压下でのCaPvの相転移、結晶構造、および状態方程式に関する研究を行いました。その結果、正方晶相から立方晶相への転移は、地震観測において観察された冷たい沈み込むスラブ周囲の中部および下部マンテルの不連続性と一致する可能性があることが示されました。博士課程および岡山大学での特任助教の期間中には、惑星の熱進化を探ることを目指し、熱伝導率と熱拡散率の精密同時測定を可能とする高精度パルス加熱法の応用と改良に力を注ぎました。マルチアンビル高圧実験技術を組み合わせることで、地球の上部マンテルから下部マンテル最上部までの条件下で、惑星マンテルの構成成分の熱的特性を精密に測定できるようになりました。オリビン、フェロペリクレス、ブリッジマナイトなどのマンテル鉱物を対象に測定を行っていました。太陽からの距離の違いによる分化の違いにより、地球型惑星の内部の化学組成が異なる可能性があることを考慮し、測定用の試料調製過程で組成の異なる試料を特別に合成しました。一連の測定実験の結果は非常に興味深いものであり、熱の観点から惑星の熱進化を探求するための新しい手がかりが得られました。例えばカンラン石の熱伝導率の組成依存性は、火星の上部マンテルが予想より温かく、地殻が厚いことを示唆しています。またこれにより、水星の鉄に乏しいマンテルでは他の地球型惑星よりも冷却が速く進むことや、鉄を多く含むカンラン石が優勢な小惑星では冷却の歴史が長く地表の熱慣性が小さくなることが予想されます。さらに、地球下部マンテルにある2つの最も重要な鉱物フェロペリクレス、ブリッジマナイトは、地球内部の熱の分布と損失に対して

異なる影響を示します。実験結果は、フェロペリクレース中の少量のFeでも、MgOペリクレースと比較して、低温で熱伝導率を数倍大きく低下させる可能性があることを明らかにしました。Fe含有フェロペリクレースの熱伝導率は、ケイ酸塩と比較して温度の影響を受けず、温度の上昇とともに最初は増加し、その後減少する傾向を示します。Feに富むフェロペリクレースの低い熱伝導率は、ULVZの起源の1つと考えられるだけでなく、フェロペリクレース中の鉄含有量が地球型惑星の冷却の歴史を制御する重要な要因であることを示唆しています。一方、下部マントルで最も豊富な鉱物であるブリッジマナイトは、異なる種類の不純物を添加しているにもかかわらず、マントル条件下でも同様の伝熱性能を示しており、これは、マントルの冷却プロセス中の下部マントルの熱流の安定化に対するブリッジマナイトの寄与を示している可能性があります。

GRCに来てからも、惑星の熱進化に関する研究を続けていきたいと思っています。また、最近では東京大学の鍵教授と共同研究を行っており、含水リングウッダイトの高圧中性子回折研究も始めました。中性子測定を通じて含水リングウッダイトの物理的性質の変化を結晶学的に説明したいと考えています。三朝温泉から道後温泉へとやってきました。より古い温泉地で、歴史、文化、食を楽しみながら研究をより一層進めていきたいと思っています。生活面でも実験面でも、GRCの皆さんの助けをいただくことも多いかと思いますが、ご指導ご鞭撻のほどどうぞよろしくお願い致します。

Jiejun Jing
(学振外国人特別研究員)



Greetings to everyone at GRC! This is Jiejun Jing who gained a two-year JSPS postdoctoral position at GRC. My research interests are planetary and lunar sciences (rocky bodies). Since last November 27th, I have been working with Drs. Yoshio Kono and Steeve Gréaux in GRC, focusing on measuring seismic sound velocity of lunar minerals.

My journey in Earth and Planetary Science began during my undergraduate study in China University of Geosciences (Wuhan) in 2012. After I got my Bachelor degree in 2016, I went to the Institute of Geophysics and Geology, Chinese Academy of Science where I worked

with my supervisors Drs. Hong-Fu Zhang and Ben-Xun Su on the evolution of lithospheric mantle beneath NW Turkey (the European continental margin). Until my graduation in 2019, I have still been identified as 'geochemist' as I studied on trace elements, stable and radiogenic isotopes (Re-Os, Li, O and S) of mantle xenoliths. Finally, I got an opportunity to get into experimental petrology and lunar science under the supervision of Dr. Wim van Westrenen in Vrije University Amsterdam in the Netherlands.

Since my PhD program started in late 2019, I have been mainly focusing on the evolution of the lunar magma ocean (LMO) and the composition and structure of the lunar interior. To do so, I used the high-temperature, high-pressure experiments to model the melting and crystallization of the LMO; and investigated on the returned lunar soils sampled by the Chang'e-5 mission. Trace element contents (e.g., rare earth and metal elements) in returned lunar soil and volatile elements (F and Cl) partitioning behavior are my most used indexes and tools to reveal the evolution of the LMO, providing implications on the lunar mantle lithology and degassing history of the early Moon. In addition, by melting the 'bulk silicate Moon', I have determined the depth at which lunar garnet can remain stable and the lunar lower mantle structure. The findings provide valuable chemical and physical constraints on the structure and composition of the lunar lower mantle. However, this research is still limited in geochemical modeling and the 'garnet effect' on LMO trace element evolution. Question regarding whether the lunar garnet can be used to explain the seismic velocity increases at the depth of ~500-700 km of the Moon remains unclear. My research on the garnet stability of the Moon and the lunar garnet compositions serves as a good pilot study for the further geophysical research. Thus, I propose to provide novel constraints on the structure and composition of the deep lunar interior by performing experimental measurements of seismic velocities of lunar garnet and coexisting minerals at lunar mantle pressure and temperature conditions. This made my decision to come GRC and work with Drs. Yoshio Kono and Steeve Gréaux, the top research team in this field.

Now I am keen to become a researcher who's

labeled by both ‘geochemist’ and ‘geophysicist’ and start this by learning how to do physical property measurements at high pressure and high temperature, to complement my previous experience with chemical property measurements. I hope expand my research toolkit by learning physical property measurement techniques in Japan.

I have spent four years in rainy and windy Amsterdam for my PhD, and three and a half years are filled with COVID-2019, which made me a typical ‘night owl’ who likes working from home alone at quiet midnight. Finally, I can become more active during the day in the sunny and quiet Matsuyama. I am happy to live in Matsuyama and work with all the scientist in GRC the prestigious high-pressure institute. Outside of science, I like quiet atmosphere for relaxation and also like playing badminton with friends. I am also foodie, bookworm, history buff and skiing beginner. Happy to become a new member of GRC and looking forward to collaboration and exchanging ideas with everyone!



◆ 国際会議報告 ◆

◆ ICHIBAN竣工記念ワークショップ

アリゾナ州立大学 (ASU) に新たに設置された高圧地球科学・材料科学の研究組織 “FORCE” (Facility for Open Research in Compressed Environment) において、大型のKAWAI型超高压合成装置 (KMA) “ICHIBAN” の完成を記念したワークショップが2024年1月3日～5日に行われました。私も招待されたため正月早々の1月2日の午後に、羽田から久しぶりにアメリカへと飛び立ち、ASUのあるフェニックスに向かいました。



同日ホテルに着くと、知り合いから「大丈夫だったか？」と聞かれたので、新型コロナか地震のことかと思ったら、私の出発直後のANA便が事故を起こし、羽田空港が閉鎖されているとのこと。事故があと少しずれていたら、ワークショップ参加もキャンセルせざるを得ない状況だったようです。元旦の能登での大地震に続けて2日の大事故と、到着早々「日本大丈夫か」と、快晴のフェニックスの広大な景色を眺めながらも暗澹たる気持ちにな

りました。

りました。

3日と4日に開かれたワークショップは、ASU関係者を中心に50名程度の参加者によるこじんまりしたものでしたが、高圧力の地球惑星科学や材料科学への応用を中心に、話題提供に引き続くディスカッションに長い時間がとられました。また、会議の合間にはICHIBANをはじめとして、FORCEに新たに設置された高圧装置や多様な透過電子顕微鏡、小型X線自由電子レーザーなどのラボツアーが開催されましたが、ASUオリジナルの装置も多く大変興味深く見学しました。

私は、大阪大学の故川井直人教授がその原型を開発した、KMAの発展・技術開発の歴史と、その応用についてのレビューとともに、大型KMAを用いたヒメダイヤモンドや透明ナノセラミックスなどの新材料の開発に関する講演を行いました。折しも川井先生が同装置を日本学士院紀要に発表されてちょうど50年 (Kawai et al., Proc. Jpn. Acad. 49, 623-626)、また学士院紀要の100号を記念してレビュー論文の執筆を依頼されており、その内容に沿った講演となりました。ちょうどこの3月に当該論文が学士院紀要にオンライン出版されたので、ご興味のある方はご笑読ください (https://www.jstage.jst.go.jp/article/pjab/100/3/100_pjab.100.013/_article/-char/en)。

アリゾナ州立大は、砂漠の都市フェニックスのTempeに広大なキャンパスを持つ、全米でもトップクラスの大学です。特に材料科学関連の工学分野において著名であり、企業等からの寄付も多く新しい建物が次々と建設されています。米国の一州立大とはいえ、我が国の地方大との差は歴然としており、この点でも日本大丈夫かと愕然としてしまいました。FORCEのリーダーを務めるAlexandra Navrotsky教授は、80歳というご高齢ながら元気に活躍されており、この点でも我が国との違いに驚きます。更に、彼女はASUに私財を1000万ドル (現在のレートで約15億円!) 寄付したとのこと。日本の教授とのスケールの違いにも圧倒されました。

ちなみにFORCEに設置されたICHIBANは、愛媛県新居浜市の住友重機でつくられましたが、GRCのBOTCHAN-6000と同型の双子機です。私も10年近く前からこの構想のお手伝いをし、ICHIBAN設置についても色々と言葉を行って来ました。設置チームのリーダーのKurt Leinenweber教授は、ワークショップの冒頭で “Our dream has come true” と表現していましたが、BOTCHANが設置されたのは2009年。GRCはこの点で米国より15年先を行っていることとなります。装置の名称も「一番」と、彼らの喜びが表現されています。内心二番じゃないかと思いつつも、名前の由来は「全米で一番」とのことなので、あまり深く追及しないことにしました。

会議の2日目の夜にはNavrotsky教授の家に招かれるとともに、3日目にはFORCE関係者と少人数で

のICHIBANの技術的な検討会への参加を要請され、より詳細なディスカッションを行いました。FORCEが今後GRCの強力なライバルになることは確かですが、競合しつつも協力しあえる良い関係を維持・発展させることができればと思います。

滞在期間中には、関係者にフェニックス市郊外に連れて行っていただき、砂漠の中につくられた都市であることが実感されました。フェニックスでは、完全自動タクシーの試行的運用が全米に先駆けて開始されており、あちこちでドライバーのいないタクシーが走っているのを見かけました。大学と市とのコラボレーションも色々な面を取り組まれており、これが大学の地域貢献の先進例かと肌身をもって感じました。日本の地方大学も、このように世界に目をむけなければ取り残される一方だなと感じつつ、超高压科学・地球深部科学分野でのGRCの先進性が再確認されたワークショップでした。(入船徹男)

❖ AGU 参加報告

2023年12月11-15日にサンフランシスコで開催されたAGU Fall Meeting 2023(アメリカ地球物理学連合大会秋季大会)に参加してきました。コロナ前はほぼ毎年参加していましたが、しばらく足が遠のいていました。最近問題になっている航空券の高騰や円安の影響で、海外出張も行きにくくなっている上に、サンフランシスコの治安が著しく悪化しているとのニュースも聞いていたので、参加するかかなり悩みました。しかし、今回セッションコンビナーを引き受けており、また自分自身はこのAGUコミュニティの一員として活動をしていきたいとの思いもあり、参加を決めました。



これまでと変わらず、名札を受け取るだけで30分以上並ばないといけなかったり(2015年GRCニュースレターNo. 41のAGU参加報告によると2時間以上並んだようで、これでも少しは改善されたか)、いくつも平行して興味のあるセッションが行われていて、会場の移動にかなり時間を取られたりという、「AGUあるある」はそのままでした。私自身の発表は、高压氷における水素原子核の量子効果に関する発表でしたが、それなりに反響があり、今後の研究の活力になりました。

さて、今回このような執筆機会をいただいたので、アメリカへの出張自体についてちょっと書いてみたいと思います。昨今、以前より少しハードルが高くなっています。特に女性は要注意です。今回は入国審査の際、かつてなく執拗に質問され

て(訪問先で誰と会うのか、その人はどこで働いていて、どこに住んでるのか?とか…そんなん知らんがな)、いやな思いをしました。このところ女性一人での入国は厳しくチェックされているようです。また、心配していた治安の面ですが、一人で歩いていたらサンフランシスコの街中で見知らぬ人に通りすがりに肘鉄をされて(特にけがはなかったですが…一人歩きのアジア人女性をターゲットにしたのでしょうか。心が痛かった)、雰囲気が悪さが感じられました。昼間はそれなりに観光客もおりますが、夕方以降めっきり人通りが少なくなり、夜はUberで移動するのさえも怖い気がしました。それでいて、ダウンタウンの(普通の)ホテルの料金は、日本人のまっとうな研究者が(笑)到底払えるような値段ではありません。もちろん出張旅費は研究費で支払いますが、支払える限度額があるので、足が出てしまいます(でも最近ではホテルを実費で支払えるようになったとか、ならないとか…)。部屋をシェアできる知り合いもおりませんので苦勞しました。結局、郊外に宿を借り、電車(BART)で移動せざるを得ませんでした。遠いし、会場へ移動中も治安の面から気が抜けません。以前からBARTもなかなか気が抜けない乗り物でしたが(過去には車内で見知らぬ女性に頭をなでられた経験ありで…GRCニュースレター2015年No. 41を参照)、ますます雰囲気が悪くなったような。会場に近いホテルに誰かと部屋をシェアできたら宿泊費も安く上がるし、移動距離が短くなる分時間も節約できるし安全です。実際、男性研究者で部屋をシェアしているというのはよく聞きます。しかし私の場合は、部屋をシェアできる女性研究者にまず心当たりがないし、わがままを言うと孤独を愛する人間なのでホテルでは一人でゆっくりしたいです。今後も頑張っAGUには参加したいと思っていますが、どなたかよいアイデアをお持ちであれば教えていただきたいです。(土屋旬)



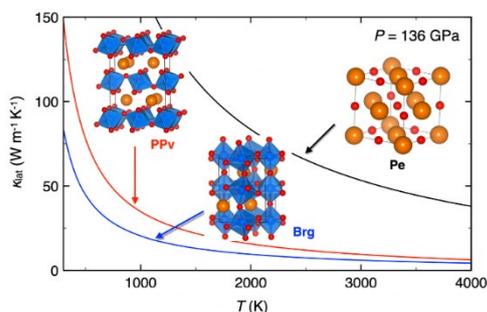
◆ 最新の研究紹介 ◆

❖ Lattice thermal conductivity of lower mantle minerals from ab initio mineral physics

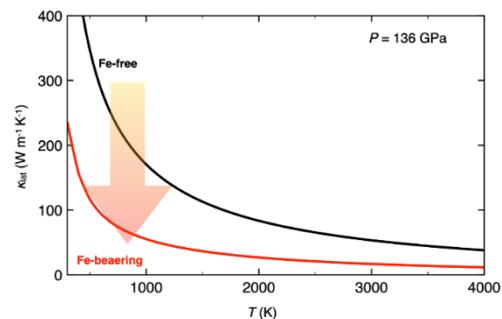
Lattice thermal conductivity, κ_{lat} , is a fundamental physical parameter in controlling the activity of heat transfer in a solid. It attracts researchers from wide ranging fields such as materials science, engineering, and Earth and planetary science. The determination of κ_{lat} of Earth's constituent materials is key to understanding the dynamics and thermal evolution of the Earth's interior. Despite

its importance, studies on the measurement of κ_{lat} of the Earth's lower mantle (LM) minerals at high pressure (P) and temperature (T) have, thus far, been limited; most likely due to the technical difficulties involved in carrying out these experiments. Therefore, extrapolation of κ_{lat} measured at limited P and/or T conditions is often made to discuss the thermal transport properties of the Earth's LM.

Prof. Taku Tsuchiya and I have been conducting computational determinations for κ_{lat} of the LM minerals at any P and T conditions. Our approach is based on the density functional theory (DFT) combining with phonon transport theory describing anharmonic phonon-phonon interaction. In the last decade, we successfully determined the κ_{lat} of the end-members of the LM minerals, MgO periclase (Pe), MgSiO₃ bridgmanite (Brg) and post-perovskite (PPv) under deep mantle P and T conditions (Dekura et al., 2013; Dekura & Tsuchiya, 2017; 2019) (Fig. 1). The relation of κ_{lat} of the LM end-member phases is found to be $\kappa_{\text{lat}}^{\text{MgO}} \gg \kappa_{\text{lat}}^{\text{PPv}} > \kappa_{\text{lat}}^{\text{Brg}}$. The significantly high κ_{lat} of MgO can be explained by large phonon lifetime of MgO, which is more than twice larger than that of the PPv and Brg. This is because the number of atoms in the primitive unit cell is only two with six phonon branches, resulting in weaker phonon-phonon scattering.



Next, we recently extended our computational techniques to Fe-bearing systems, more realistic composition in the LM, in conjunction with the internally consistent DFT+*U* method (Wang et al., 2015) to deal with the electronic structures of such strongly correlated systems. The method was then applied to the Fe-bearing (Mg,Fe)O ferropericlase, the second most abundant LM mineral, and strong negative iron effect on the κ_{lat} of MgO was predicted (Dekura & Tsuchiya, 2023). For example, the κ_{lat} of MgO, which is ~ 20 and ~ 80 $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ at 30 and 136 GPa at 2000 K, respectively, is substantially reduced to be ~ 3 and ~ 30 $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ by the 12.5 mol% FeO



incorporation (Fig. 2). We elucidated the physical origin of the observed strong negative iron effects on the κ_{lat} of MgO. Our analysis demonstrates that the strong iron effect is caused by decrease in both anharmonic phonon lifetime and phonon group velocity by the iron incorporation. The decrease in the phonon group velocity is due to the replacement of Mg atoms with Fe atoms of larger mass, and the decrease in the lifetime is related to the larger number of anharmonic decay channels for the three-phonon process.

It is widely accepted that the major mineral components of the LM are thought to be (Mg,Fe)SiO₃ Brg in the most part and its high-*P* phase, PPv in the base. The κ_{lat} of these phases, therefore, primarily controls the LM conductivity. We are currently investigating the effect of iron solid solution on both phases to provide a realistic thermal transport model of the lowermost mantle. (Haruhiko Dekura)

❖ コンドライト的なマンツルの融解相関係と固液分離に関する実験的研究

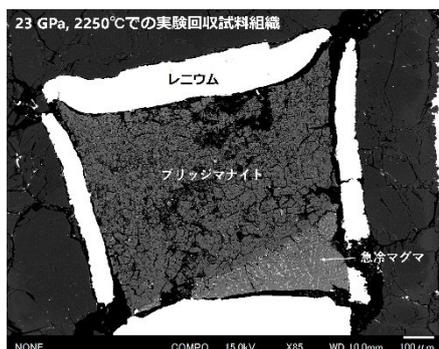
これまでの地震学的観測や地球化学的研究によって地球のマンツルには大きな不均質性があることが知られています。たとえば、液相濃集性の元素に枯渇し、均質な組成をもつ中央海嶺玄武岩の組成は高度に分化した上部マンツルの存在を示しています。一方で、液相濃集性の元素に富み、始原的な希ガスを多く含む海洋島玄武岩の存在は下部マンツルにある比較的未分化な領域の存在を示唆しています。これらは地球形成期において、マンツル深部に液相濃集性元素の貯蔵庫が形成された可能性を示唆しており、地球形成期に存在したであろうマグマオーシャンの固化過程における固液分離機構はこの問題を解くうえで非常に重要です。

マグマの結晶化には晶出した鉱物が溶融領域から分離しながら結晶化が進行する分別結晶化と晶出した鉱物が溶融領域に留まる平衡結晶化の2つがあります。マグマオーシャンの対流が激しく、鉱物とマグマが良く攪拌される領域では平衡結晶化が進行すると考えられており (e. g., Solomatov,

2015, Treatise on Geophysics)、特に下部マントル領域では平衡結晶化が卓越したとも考えられています(e.g., Ballmer et al., 2017, G-cubed; Xie et al., 2020, Nat. Commun.)。平衡結晶化を考えた場合、固化が進むに連れ、固相の割合が60体積%にまで達した場合、固相部分が互いに連結し部分熔融領域が単相としてふるまうようになることで対流速度が劇的に低下し、Rheological transitionが起こると予想されています(e.g., 阿部, 1991, 鉱物学雑誌)。このとき、相全体の対流速度と固液間の密度や粘性といったパラメータの兼ね合いで液相部分は浸透流により固相から分離します。とりわけ、浸透流の質量流速は液相の割合がRheological transitionが起こるとされる40体積%で最大となります。したがって、平衡結晶過程においてRheological transition付近での固相と液相の組成の違いがマグマオーシャン固化過程で生じる化学的不均質性を考えるうえで重要になります。こうした概念は阿部(1991, 鉱物学雑誌)などで詳しく述べられており、最近では放射光X線ラジオグラフィを用いて液相が30~40体積%付近でRheological transitionが起こることも確認されています(e.g., Pierru et al., 2022, Sci. Adv.)。

平衡結晶化におけるRheological transitionの存在は融解の程度に応じた固相液相の化学組成を制約することの重要性を意味しますがこれまでの融解相関係はこれらの点について明らかにしておらず、Rheological transition付近の固相と液相の化学組成や密度の違いについては全くわかっていませんでした。そこで私は地球のマグマオーシャン固化過程における固相と液相の化学組成が融解の程度(液相の割合)によってどう変化するのか実験的に調べることにしました。

難揮発性の親石性元素の同位体類似性からエンスタタイトコンドライトから成るマントル組成(Javoy et al., 2010, Earth Planet. Sci. Lett.)を出発試料に選び、平衡結晶化が起こっていたであろうと推測されている下部マントル圧力条件の最上部に相当する23 GPaでマルチアンビル高圧発生装置を用いた実験を行いました(Kawahara, 2024, Phys. Int. Earth Planet.)。実験結果は液相からブリッジマナイトが晶出し、その割合が増加するにつれて液相中の鉄とカルシウム濃度が増加し、Rheological transition(本研究では40体積%付近を仮定)では鉄濃度がFeO換算で約17質量%に達することがわかりました。このような液相と共存す



るブリッジマナイトのFeO量は10モル%程度であり、密度計算からRheological transitionで分離した液相はブリッジマナイトよりも軽く、上昇することが示唆されました。一方で、マントル遷移層圧力条件下ではFeOを10モル%含むメージャライトよりもこのマグマは重く、マントル遷移層の底に溜まる可能性があることがわかりました。こうした滞留層は液相濃集性元素に富んでいたはずであり、上部マントルから枯渇した液相濃集性元素の貯蔵層になりえると考えています。今後、この液相濃集元素と鉄に富むマグマが完全に固化した後の行方を詳しく調べる必要がありますが、周辺のマントル鉱物に比べて鉄に富むことからその後のマントル対流によってマントル深部に沈降した可能性があると考えています。(桑原 秀治)

❖ GRC で学んだ安全保障管理

本ニュースレターとしては一風変わった一文を書いている私は、現在、愛媛大学の先端研究高度支援室というところでリサーチアドミニストレーターというのを務めています。最近では、“URA”という名称がそれなりに広まっているので、この職種をご存じの方も多いかと思います。支援室には、ラボマネージャーという職種が並列されていて、PRIUSにご参画されていらっしゃる方々にとっては、まさにそのラボマネージャーである新名さんが馴染み深いかと思います。国内各大学等のURA的組織と違う愛媛大の特長は、高度な技術開発・支援を行うラボマネージャーとURAをセットにして、いわばハード・ソフトの両面から先端研究を支える体制になっているところです。この仕組みは、2008年にGRCが採択されたGlobal-COEプログラムにおいて整備されたものです。

さて、PRIUSを通してGRCの設備やNPDを利用されている方にはラボマネージャーの役割はご理解くださっているかと思いますが、一方のURAが何をやっているのか、研究支援、研究推進、研究戦略などの言葉で括ることは可能ですが、その中身はあまりご存じではないかとも思います(大学によってURAがやっていることも違いますし)。本稿では、愛媛大URAである私が日々就いていることの一つ、全国のURAの方々の業務の中でも多分にマイナーである安全保障管理について思うことをご紹介します。

GRC/PRIUSの特長の一つは、学内で最も先端的な研究活動を行っている部局の一つということです。そのため、その研究活動の基盤となる外部資金をはじめとした研究資金の申請・報告や研究活動成果の広報などの研究関連・研究周辺の業務事例が学内でも多い部署です。それらを研究者や事務の皆さんと協調しながら進めるのが私の役割でもあり、一般的なURAの姿かとも思います。さらに、GRC/PRIUSのような先端的な研究活動の場では、当然ながら海外との連携活動も増えるわ

けで、その結果生じる必要業務の一つが安全保障管理ということになります。安全保障輸出管理（または貿易管理）、の 8 文字熟語は最近では科研費をはじめとした各種の公的競争的資金の要領には必ず出てきますので、皆さまも目にしているかと思えます。

ただ、10 年ほど前はそうではなく、私自身の経験としても、2011 年の AIRAPT-23 のことを思い出します。それにご参加された方はご記憶でしょうが、この時の開催地はインドの研究所でした。この研究所は、安全保障輸出管理を司る外国為替及び外国貿易法（外為法）での懸念先機関リスト（ユーザーリスト）に掲載されています。私も GRC/PRIUS の展示ブース要員として参加しましたが、当時はまだ安全保障管理にさほど知見が深かったわけでもなく、コンプライアンス的対応に拙さがあった気がします。

その頃に比べると、安全保障輸出管理に対する政府からの要請も強化されましたし、アカデミアの自律的対応も格段に進みました。その結果、皆さんにもこのコトバが耳慣れたものになっているかと思えます。愛媛大学での対応も同様に確立されつつあり、微力ながらもその一助にはなれているかと思っています。それを支えた要因は 2 つと思っており、一つはほかの大学にいらっしゃるこの分野の知見豊富な方々にご教示を頂いていることで、特に、九州大、OIST、徳島大、琉球大などの皆さまには大変お世話になりました。この場を借りてお礼申し上げます。もう一つの要因は、GRC/PRIUS が進める高度な国際連携活動に伴う事例・事象の多さでのいわば OJT 的な経験を積めたことによると思っています。この点については、GRC/PRIUS にご参画・ご協力頂いている皆さまの共同研究の賜物であり、心よりお礼申し上げます。そのような GRC/PRIUS での事象は、そこでの研究が先端的であるがゆえに、単純に法令通りに進めたらその研究活動自体を止めてしまう、ということすらあり得ますが、それは避けないといけません（と言って、法令違反状態で進めているわけではありませんので念のため）。抽象的ですが、輸出管理という 4 文字だけであれば、外為法という法律遵守が対応の範囲内とも言えるのですが、安全保障管理となると、研究活動の倫理的観点（最近ではインテグリティとも）やアカデミアの本質である知見共有性（アカデミック・フリーダムやナレッジ・コモンスとでも言うのでしょうか）への十分な配慮の下での対応に留意しないと研究活動の萎縮につながってしまいます。そういう柔軟・微妙な“コンプライアンス”の必要性を教えてくださいましたのが GRC/PRIUS の研究活動と思っています。

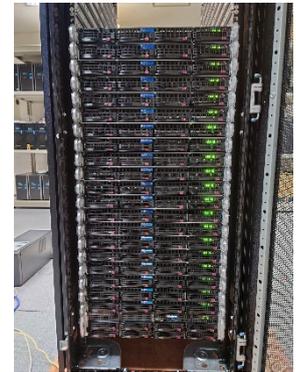
事例自体に具体的に書きづらい微妙な点があることに加え私自身がうまく表現できず抽象的な表現を続けていて申し訳ないのですが、GRC/PRIUS という研究活動の現場の一助として存在している身として、研究現場を忘れた法令遵守に陥ること

のない、研究者の活動を支える安全保障管理の対応、さらには、それを大学全体、そして学外の方々との共有を日々心掛けているところです。（山田朗）

▼ センター機器紹介 ▼

❖ 並列クラスタ型計算機システム (GRC-PCS)

総合研究棟 1 階情報処理室には、Almandine、Pyrope2、Knorringite の 3 つの電子状態シミュレーション用並列クラスタ計算機システム (GRC-Parallel Computing System) が設置されています。この内、2010 年前後の期間に導入された Almandine システムは使用年数が最も長く、最近では高経年運用により一部の計算ノードで不調が生じていました。そこで老朽化した Almandine を更新し、新システム Almandine2 を導入することとなりました。



Almandine2 は、1 台の管理サーバと 20 台の計算ノードから構成されるクラスタ型並列計算機です。演算性能と電力効率のバランスを重視して仕様策定を行った結果、CPU に Intel 社の Xeon Silver を採用しました。スペックの詳細は以下の通りです。管理サーバは 10 コアを有する Xeon Silver を 1 個搭載するとともに、合計 77TB の巨大ユーザーディスク領域を有しており、ジョブ管理システム Torque、Intel コンパイラ、数値計算ライブラリ、MPI ライブラリを実装しています。一方、計 20 台の計算ノードは 1 ノード当たり 16 コアを有する Xeon Silver を 2 個と計 192GB の大容量メモリを搭載し、単ノードで 32 並列の大規模計算が可能な仕様となっています。ノード当たりで見ると、換装前の Almandine と比較して Almandine2 は約 2 倍の性能が実現されており、従来は困難であった規模の計算も効率的に実行することが可能です。特別なインターコネクトは採用しておらず、ノード間通信効率ではスーパーコンピュータには全く敵いませんが、32 並列の単ノードジョブを最大 20 ジョブ同時実行する場合、演算総量は大型の計算機にも匹敵するものとなります。並列化効率を高めることが容易くない第一原理計算にとっては申し分ない性能といえるでしょう。

情報処理室に設置されている並列計算機システムは、セキュリティ上ファイヤーウォールにより外部ネットワークとは隔絶されています。従って、Almandine2 には学内外を問わず外部から直接アクセスすることはできません。これでは利便性が悪いので、鍵認証により外部からアクセス可能

なゲートウェイサーバ Grossular を設置しています。この Grossular にまずアクセスし、これを經由することで GRC-PCS に外部からアクセスすることが可能となります。これにより、学内外を問わず世界中どこからでも Almandine2 システムが利用できます。最近では国際空港ともなると言いたい WiFi のアクセスポイントがありますので、海外出張の場合でも空港での待ち時間などを利用してノートパソコンから本計算システムを用いてシミュレーションを実行したり、結果を解析したりすることも可能です。

本システムはセンターの共同利用・共同研究活

動に供している機器となっていますので、申請いただければ外部の方であっても利用いただけます。利用を希望される場合はご一報ください。ただ、現在は学生さんや共同利用ユーザーなど複数の利用者が常時 GRC-PCS 使って計算を実行しています。計算機のパフォーマンスは年々着実に向上していますが、その分より大規模な計算を実行したいとなるので、いつまでたっても計算機性能が満ち足りるということはありません。限られた計算機資源を効率的に運用し、できるだけ質の高い研究成果を数多く出させるように心がけていきたいと考えています。(土屋卓久)

共同利用・共同研究拠点 (PRIUS)

❖ PRIUS 利用者の声



ブリッジマナイトの最大含水量の決定

岡山大学理学部地球科学科で研究助教をしております、櫻井と申します。私は、地球マントル鉱物中の水素挙動の解明を目指し、高温高压実験と第一原理計算を組み合わせた手法

を用いて研究を行っています。地球深部の水の振る舞いといったテーマは一見我々の生活に関係ないように思えます。しかし、水は地球表層のみを循環するのではなく、火山活動やプレートの沈み込みに伴い地球内部を含めて循環しています。マントルが十分に水を保持することが可能であれば、地球表層の水は年々減少を続け、地球を覆う水は消失します。この水が消失するか否かは、惑星の歴史・未来を推察するうえで非常に重要なテーマです。そして、この結論を見積もるために必要なのが、マントルが保持可能な水の量(マントルの含水量)です。

そこで、PRIUS では、地球マントル中にどれだけの水が保持可能か見積もるため、マントル中の最大体積を占める鉱物ブリッジマナイトの含水量を系統的に明らかにすることを目的とし、研究を行っています。高温高压実験にはマルチアンビル超高压発生装置(ORANGE-3000)、合成試料の結晶方位解析には走査電子顕微鏡 FE-SEM-EBSD(JSM-IT500HR)、含水量測定には顕微赤外分光装置 FT-IR(IRT-5200EUO) を利用させていただいており、実験から分析まで GRC に設置されている装置群にお世話になっています。実験では、最大で~250

wt. ppm の含水量を持つ Al を含んだ単結晶ブリッジマナイトの合成に成功しました。合成したブリッジマナイトは FE-SEM-EBSD により、結晶方位決定を行い、FT-IR により、結晶方位ごとの赤外スペクトルの取得に成功しました。しかしながら、まだブリッジマナイトの含水量を系統的に明らかにするには至っていません。今後もこの課題を明らかにするため、PRIUS を利用させていただきたいと考えています。

また、私の研究課題は 2022 年度から新たに設けられた「若手提案共同研究(設備利用型)」として採用されました。この若手枠に採用されると、旅費支援や装置利用回数が一般課題よりも優遇され、予算の不安を感じることなく、実験を進めることができました。実験・分析の際には、西原遊教授・大内智博准教授をはじめ、教員・事務の方には大変お世話になり、感謝しております。引き続きどうぞよろしくお願いたします。(櫻井萌：岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域研究助教)



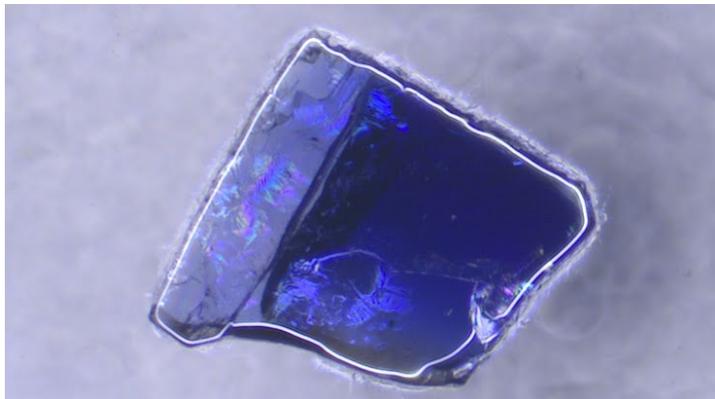
編集後記：紙媒体版ニュースレターの最終号をお届けします。2001年9月発行の第1号から20年余りに渡り、計68冊をお届けしてきましたが、次回からはオンライン版として生まれ変わる予定です。毎回原稿の最終チェックにあたっていただいた、亀山GRC教授・山田高度支援室シニアリサーチアドミニストレーターをはじめ、原稿提供をいただいた多くの皆様に感謝申し上げます。長い間どうもありがとうございました(T. I. & Y. M.)。



GRC image contest 2023: "Return of the GRC"

受賞作品

1位



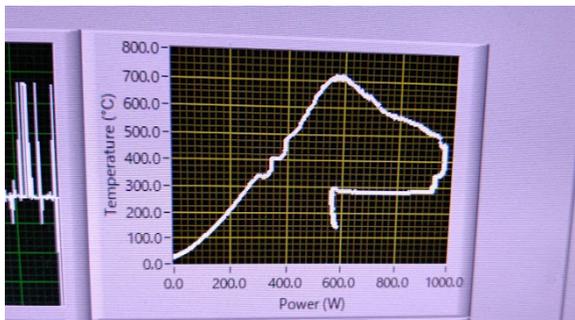
「マンツルの殻」

2位



「石のカーテン」

2位



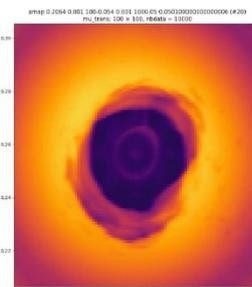
「やあ。がおーっ。」

2位



「割れた1段階アンビル」

3位



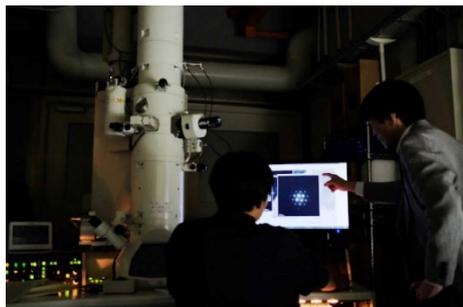
「Osmium beyond 300 GPa in a double stage DAC2021」

3位



「秘密の高圧実験」

3位



「ディスカッション中」

センター長賞



「試行錯誤の初測定」

センター長賞



「Image of Helix Nebula」

センター長賞



「GRC 訪問中」

センター長賞



「夏の思い出」