

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

<http://www.grc.ehime-u.ac.jp/>

目 次

- ◆ センター長挨拶
- ◆ センター構成
- ◆ NEWS & EVENTS:
 - 土屋教授らが高圧力学会賞・功労賞受賞
 - 坪川研究員が鉱物科学会学生論文賞受賞
 - 大学院生3名が高圧討論会ポスター賞受賞
 - 入船センター長らが絵本を出版
 - 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
- ◆ 研究会報告
- ◆ インターンシップ報告
- ◆ ALUMNI レポート No. 20
- ◆ 最新の研究紹介
- 先進超高压科学研究拠点 (PRIUS)

➡ センター長あいさつ ➡



入船 徹男

前 回 に
続 き、GRC
設 立 以 来
の 思 い 出
ば な し を
書 か せ て
い た だ き
ま す。2001

年に設立された GRC は、2003 年には理学部構内に
新築された総合研究棟に、沿岸環境科学研究セン
ター (CMES) とともに移りました。幸いにも、こ
れとほぼ同時に文科省より大型特別経費が措置さ
れ、当時としては世界最大級のマルチアンビル装
置 ORANGE-3000 や、透過電子顕微鏡・電界放出型
走査電子顕微鏡・微小部 X 線回折装置・顕微ラ
ン分光装置などの先端的分析装置、また収束イオ

ンビーム装置・レーザー精密切断装置・大型 NC 旋
盤などの加工装置を含め、超高压実験科学に必要
なほとんどの装置を整備することができました。

並行して 2003 年度から 5 年間、大型科研費「学
術創成研究」が採択され、上記の装置の一部はこ
れにより整備されました。GRC では、その後も連
続して「特別推進研究」・「基盤研究 S」・「新学術領
域研究」などの大型科研費の代表者・領域代表者
を輩出するとともに、若手も「基盤研究 A」・「基盤
研究 B」・「若手研究 A」などを多数獲得してきまし
た。この結果、GRC 設立以来ほぼ毎年、直接経費で
年間 1 億円を超える科研費を獲得しています。本
年度は直接経費約 1.4 億円と、専任教員数 13 名
という小世帯ながら、愛媛大学の全部局の中で
トップとなっています。

GRC の設立当初からの目標・理念として、3 つの
「I 言葉」と称して” International” (国際性)、“
Interdisciplinary” (学際性)、“Innovative” (革
新性) を掲げてきました。詳細は省きますが、こ
れらは地方大学であるからこそ達成可能な目標と
考えました。教員の採用にあたっては、できるだけ
異なる大学・研究室の出身者を採用するとともに、
出身研究室の枠に収まらない人や、海外でいい成
果を挙げている人材を探しました。また教員・研
究員を問わず、採用後は基本的に「放し飼い」
(京大元総長・尾池和夫先生の言葉) を旨とし、
できるだけ自由にやってもらうことを心掛けまし
た。

このような方策が功を奏してか GRC の評価は
年々高まり、2008 年度には文部科学省の研究拠点
形成補助金事業「グローバル COE (GCOE) プログラ
ム」において、GRC を中心とした愛媛大学の申請
(地球深部科学) が、東北大学 (統合地球科学) ・
神戸大学 (惑星科学) とともに、地球惑星科学分
野における我が国 3 拠点の 1 つに選出されました。
CMES も前年度に GCOE 拠点に選ばれており、愛媛
大学クラスで 2 つ GCOE 拠点に採択された大学は
ほとんどなく、全国的に大きな注目を集めました。

5 年間の GCOE プログラム期間中には、多くの予
算が重点的に措置され、また同時に大型科研費「特
別推進研究」も採択されました。これらの予算に
より、新たに高压変形装置 MADONNA-1500 や、より

一つは大型科研費の継続的獲得で、これについては「基盤研究 S」や「新学術領域研究」の獲得に成功し、引き続き先端研究推進の大きな支えとなりました。また、東工大の WPI 拠点「地球生命研究所 (ELSI)」にサテライト拠点として参加することにより、一部の GCOE 研究員の継続雇用が可能になりました。更に、三つ目の対策として GRC の共同利用・共同研究拠点化を目指しましたが、これも GCOE 終了に引き続く 2013 年度には、「先進超高压科学研究拠点 (PRIUS)」として文部科学省から認定を受けることができました。

(R1.11.1現在)

入船徹男 (教 授)
大藤弘明 (教 授)
大内智博 (講 師)
西 真之 (講 師)
Steeve Gréaux (助教)
國本健広 (特定研究員)
Youmo Zhou (特定研究員)

※GRC研究員・GRC客員研究員はPRIUS設置

に伴い、委嘱を休止しています。

❖ 事務

研究支援課・研究拠点第2チーム

十河幸子（副課長）
和田まどか（事務職員）
宮本菜津子（事務補佐員）
上田瑠美（研究補助員）
大西梨紗（事務補佐員）
八城めぐみ（研究補助員）



坪川研究員（左）と榎並正樹鉱物科学会会長

NEWS & EVENTS

❖ 土屋教授が日本高圧力学会賞、和田氏が功労賞を受賞



土屋教授（右）と長谷川正高圧力学会会長

日本高圧力学会は、高圧力を手段として用いる物理・化学・地球科学・材料科学・生物科学などの広範な分野の会員からなる学際的学会です。同学会では毎年会員1名に学会賞を授与しており、令和元年の受賞者として GRC 土屋教授が選出されました。受賞理由は「第一原理計算に基づく独自の計算技術の開発と高圧地球科学の新しい展開への多大な貢献」で、理論分野からは初の受賞者となります。



また同学会の令和元年の功労賞受賞者として、GRC 出身の和田光平氏（富士ダイス（株）技術開発本部）が唯一選出されました。和田氏の受賞は、新しい超硬合金の開発と高圧力科学分野への応用に関する多大な貢献が高く評価されたものです。

❖ 坪川研究員が日本鉱物科学会学生論文賞受賞

GRC の特別研究員、坪川祐美子さんが Journal of Mineralogical and Petrological Sciences (JMPS) に投稿した論文が、2018 年度日本鉱物科学会学生論文賞（第 8 回）に選出されました。JMPS は日本鉱物科学会が発行する英文誌で、学生論文賞は、学生会員である筆頭著者が同誌に投稿

した論文のうち、鉱物科学の発展に特に寄与した論文に対し贈呈されるもので、今回受賞した 2 件のうちの 1 つに選ばれました。

対象論文は坪川さんが横浜国立大学大学院博士課程在籍中に、その研究成果を投稿したもので、東南極大陸セールロンダーネ山地メーフェルに産する泥質変成岩中に正の累帯構造を保持したザクロ石を見出し、岩石学的・鉱物学的記載と分析・解析からその泥質変成岩の温度-圧力履歴・形成過程を明らかにしたものです。なお、坪川さんは現在 GRC で日本学術振興会特別研究員として、上部マントル条件下における斜方輝石の変形強度に関する実験的研究を行っています。

❖ 大学院生 3 名が高圧討論会ポスター賞受賞

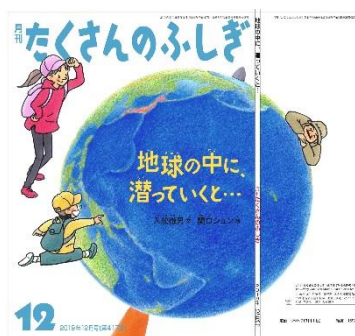
日本高圧力学会が主催する第 60 回高圧討論会で、理工学研究科博士修士課程 2 年の川村英彰さん（大藤教授指導）、同 2 年の上田千晶さん（入船教授指導）、同 1 年の三守秀門さん（境講師指導）の 3 名がポスター賞を受賞しました。

高圧討論会は、日本高圧力学会が主催する高圧力を手段として用いる物理・化学・地球科学・材料科学・生物科学などの広範な分野の会員による研究発表会で、第 60 回目を迎える令和元年度は 10 月 23 日（水）～25 日（金）の 3 日間にわたり、札幌市で開催されました。今回の討論会では、122 件のポスター発表のうちポスター賞にエントリーした 52 件の中から、5 名の発表者にポスター賞が授与され、愛媛大学から 3 名が受賞しました。同じ大学・研究機関から 3 名の受賞者が出たのは同討論会史上初めてで、受賞者の 3 名へは、同討論会 2 日目に開催された懇親会への招待とともに、賞状と副賞が授与されました。



左から川村さん、入船教授、上田さん、三守さん

❖ 入船センター長らが絵本を出版



入船GRCセンター長と、絵本作家の関口シュン氏による絵本「地球の中に潜っていくと・・・」が、福音館書店の「たくさんのふしぎ」シリーズの一つとして発売になりました。「たくさん

のふしぎ」は 1985 年に創刊された絵本シリーズで、「自然や環境、人間の生活・歴史・文化から、数学・哲学まで、あらゆるふしぎを小学生向きにお届けする…（福音館書店 HP より）」ことを目的としています。

「地球の中に潜っていくと・・・」は、おじいさんの地球科学者が、2 人の孫を連れてダイヤモンド製の地底探査船に乗って地球の中を旅するという設定のもと、地球深部の物質や構造・ダイナミクスなどを最新の科学成果に基づき解説する内容になっています。またこのダイヤモンドには、世界一硬くて割れにくい GRC が開発した「ヒメダイヤ」が使われています。

❖ フロンティアセミナー

第 79 回

“P-V-T equation-of-state of liquid Fe to the TPa regime from ab-initio simulations, and what we learn for super-Earth interiors”



講演者：

Dr. Gerd Steinle-Neumann
(Staff Scientist,
Bayerisches Geoinstitut,
University of Bayreuth)

日時：2019 年 5 月 24 日 16：30～18：00

第 80 回

“Experimental constraints on the crystallography and seismic velocity of calcium perovskite”



講演者：

Dr. Andrew Thomson
(Lecturer & NERC
Senior Research Fellow,
Department of Earth
Sciences, University
College London)

日時：2019 年 11 月 20 日 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）

12月

12/6 “First-principles prediction of iron viscosity at conditions of the Earth’s center suggests small inner core translation and superrotation”

Dr. Sebastian Ritterbex (Postdoctoral fellow, GRC)

12/20 “New high-pressure phases in the Al_2O_3 - SiO_2 system: Phase relations and crystal structures”

Dr. Youmo Zhou (Postdoctoral fellow, GRC)

1月

1/10 “High-pressure generation technique in a 6-8-2 type multi anvil apparatus”

Dr. Takehiro Kunimoto (Postdoctoral fellow, GRC)

1/24 “2-D numerical simulations on formation and descent of stagnant slabs: Important roles of trench migration and its temporal change”

Mana Tsuchida (Ph.D. student, GRC)

1/31 “Time-resolved measurement of the sound velocity of molten sulfide and olivine aggregates”

Dr. Hideharu Kuwahara (JSPS Postdoctoral fellow, GRC)

❖ 過去の講演

第516回 “First metamorphic diamonds? from Nishisonogi metamorphic belt, Kyushu, Japan”

Dr. Hiroaki Ohfuji (Professor, GRC)
2019. 5. 17

第517回 “Strength of dry orthoenstatite-aggregates under the lithospheric conditions”

Dr. Yumiko Tsubokawa (Postdoctoral Researcher, JSPS, GRC) 2019. 6. 21

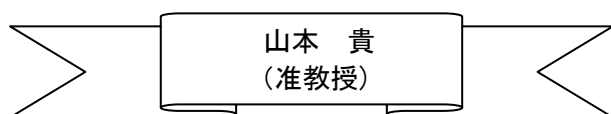
第 518 回 “D/H partitioning between forsterite, wadsleyite, and ringwoodite: ab initio free energy calculation”

Dr. Jun Tsuchiya (Associate Professor, GRC) 2019. 6. 28

- 第 519 回 “From high-pressure mineral physics to novel nano-ceramics science; my research history over the Heisei period”
Dr. Tetsuo Irifune (Professor, GRC)
2019. 7. 5
- 第 520 回 “Stable carbon isotope fractionation in the Fe-C system from first principles”
Dr. Haruhiko Dekura (Lecturer, GRC)
2019. 7. 12
- 第 521 回 “Rheology of hcp-iron studied using D111-type apparatus”
Dr. Yu Nishihara (Associate Professor, GRC)
2019. 7. 19
- 第 522 回 “The rock-iron-water interaction under pressure”
Dr. Masayuki Nishi (Lecturer, GRC)
2019. 7. 26
- 第 523 回 “Incorporation of cerium in a hydrous rhyolitic melt”
Dr. Nozomi Kondo (postdoctoral fellow, GRC)
2019. 10. 4
- 第 524 回 “Inter-comparison of pressure scales”
Dr. Takeshi Sakai (Lecturer, GRC)
2019. 10. 11
- 第 525 回 “Let’s think about 4th-generation high-pressure synchrotron X-ray experiments”
Dr. Yoshio Kono (Associate Professor, GRC)
2019. 11. 1
- 第 526 回 “Numerical experiments on thermal convection of highly compressible fluids: Influences for mantle convection of super-Earths”
Dr. Masanori Kameyama (Professor, GRC)
2019. 11. 15
- 第 527 回 “Semi-brittle behavior of dunite and harzburgite at high pressures: implications for intermediate-depth and deep-focus earthquakes”
Dr. Tomohiro Ohuchi (Lecturer, GRC)
2019. 11. 29

.....

◆ 新人紹介 ◆



GRC 兼任教員となりました山本です。本務先は理学部化学科です。GRC では圧力中の物性研究を行います。

私は大学の教養課程の間、なかなか専門分野を決めることができませんでした。そんな折に、導電性ポリマー



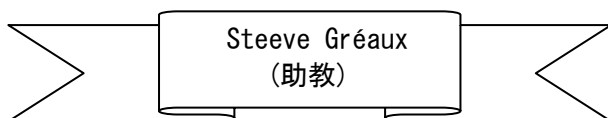
の講演を聞く機会があり、緻密な基礎研究の重要性を知りました。そこで、物質科学の基礎研究ができる理学部化学科へ進学しました。4年生では、運良く導電性ポリマーのテーマを与えていただきました。大学院も化学専攻に所属しましたが、活動拠点は物性研究所と分子研でした。ここで、現在も取り扱っている分子性導体に出会いました。分子性導体は、導電性ポリマーと同じく人工有機物（プラスチック）が主成分です。しかし、ポリマーとは異なり、防虫剤や氷のように、分子同士が互いに弱い力で凝縮する分子結晶に属します。カルコゲンを含む π 共役系分子から成る結晶なので、電気を流したり、磁石になったり、光応答を示したりします。

前述したように、分子性導体は分子結晶なので、弱い歪みを結晶に与えたり、分子サイズを変えたりするだけで、分子同士の距離が変化し、それにつられて物性（電気伝導性・磁性・光応答性）も変化します。この性質は応用面からも注目されていますが、基礎研究の面でも有用です。物質の組成はそのまま、分子同士の距離を少しずつ変えながら、物性の変化を追跡できるので、物性分野に共通した難問（例えば、「なぜ絶縁体から超伝導へ転移できるのか」、「なぜ絶対零度近傍でも電子スピンのエントロピーがゼロになりにくいのか」、など）に挑むことができます。このようなテーマには、GRC が得意とする高圧は大変有用です。

ところで、分子性導体における研究手段は、専ら X 線回折・磁氣的測定・輸送現象測定（電氣的・熱的測定）でした。どの研究手段も高圧中での実験が可能です。しかし、私が大学院生のとき、研究所移転と度重なる初期故障があったので、これらの装置を使ったテーマを諦めざるを得ませんでした。運良く分子研に高性能な赤外・ラマン分光器があることを知り、ひたすら分子振動の測定を行うことで学位を取得しました。その後も研究を継続した結果、物性を議論するのに必要な指標である、「各分子の価数・分子同士の結合力・価電子同士の斥力」を分子振動の測定から推定できるようにしました。禍を転じて福と為す、とはまさにこのことです。ところで、赤外・ラマンスペクトル測定は、高圧と大変相性が良いことはよく知られております。私も、絶縁体から超伝導に転移する分子性導体に着目し、高圧中のラマンスペクトル測定などにより、電荷揺らぎを見出しました。

理研に移ってから、一軸圧縮法とは逆の一軸延伸法を開発し、超伝導の促進や、絶縁体の金属化を実現しました。大阪大学では、分子振動を利用した機能性金属錯体の解析法を構築しました。機能性金属錯体の中には、絶対零度で電子スピンのエントロピーがゼロになりにくい物質が存在します。最近、この物質の分子振動を観測したところ、電子移動を伴う格子振動が関係することを突き止めました。現在は、ナノ多結晶ダイヤを用いた分子性導体の圧力印加法の開発や、分子結晶に特有な軌道自由度による物性変化の探索など、に力を入れています。

残念なことに、高圧中の輸送現象測定は、煩雑な作業が必要であり、その担い手が減少しております。既存のノウハウが通用しない分子性導体を用いることで、技術革新を促し高圧の担い手を増やしたいと考えております。ご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。



For those who do not know me yet, My name is Steeve Gréaux, I am from a French Caribbean island called Guadeloupe and I have been recently



appointed Assistant Professor at the GRC (although I have been around for more than 10 years as a research fellow).

I obtained my PhD at Paris-East University in November 2006, where I investigated the incorporation of U and Th in the calcium silicate perovskite (CaPv), by using various high-pressure techniques such as the multi-anvil apparatus, diamond anvil cell and even some first principle calculations. Since then my research life has been somehow connected to this elusive mineral, whose study was one of my motivation when I first came to the GRC in 2006.

At the time I was finishing my PhD, I started to search for a post-doc position and it is natural that I made contact with the Bayerisches Geoinstitut (BGI, Bayreuth) as many European students traditionally do. However at that time, I also talked with Prof. Gautron who was my PhD supervisor and a former post-doctoral fellow of the Australian National University (ANU), “Ringwood’s Lab”, where Prof. Irifune has left an undelatable mark when

he was himself a post-doc there. Although they did not stay at ANU at the same period, the link worked and he got me an appointment with Prof. Irifune at the AGU Fall meeting of the same year. After a warm discussion with Prof. Irifune and Prof. Inoue who came along, I was convinced and chose to move to Matsuyama as a JSPS post-doctoral fellow in 2006.

Since I moved to the GRC, I have been working on determining the phase relations and physical properties of minerals at high-pressure and high-temperature by using the multi-anvil press apparatus in combination with synchrotron X-ray techniques at SPring-8. In that long period, I have been working on several interesting projects including (but not limited to) the subduction of calcium-rich aluminosilicates as a G-COE post-doc (2008-2013), the fate the Hadean KREEP crust and the bulk composition of the Earth’s magma ocean as a WPI researcher (2013-2019). Along with the implementation of ultrasonic systems and fast acquisition devices on synchrotron beamlines, I also worked for the measurements of longitudinal (V_p) and shear (V_s) wave velocities of minerals under HP and HT. Using such techniques our group recently achieved the first measurements of lower mantle minerals at the relevant P and T conditions, such as CaPv... the loop started in my PhD is completed. Looking back at 2006, moving to GRC was a decision I am never going to regret. It gave the opportunity to work and interact with many brilliant researchers and smart students in an international environment while being supported by incredible staffs. With my new position starting from May 2019, I am willing to continue such work at GRC and I hope to collaborate with as many researchers and students as possible, in a friendly environment, and by such, carry on the legacy of the GRC for many years.

.....

➡ 研究会報告 ➡

❖ アメリカ・ボストン～フランス・グルノーブル出張報告

6月11日-21日の2週間の間に、2つの国際学会、ワークショップから招待をいただくという光栄な機会を得まして、アメリカ・ボストンからスペインを経由して、フランス・グルノーブルへの

世界一周出張を行ってきました。

まずアメリカ・ボストンで開催された International Congress on Glass (ICG2019)に参加しました。アメリカには7年以上住んでいましたが、ボストンには今回が初めての訪問でした。ボストンはMITなどの有名大学のあるきれいな街でした。ICGは初めての参加だったのですが、米国セラミックス学会のガラス・光学材料部門が3年に一度開催するガラス関連分野で最も大きな国際会議だそうです。ガラス関連分野の会議という性質上、企業の方が非常に多く参加されており、そこは地球科学のような理学系の学会とは大きく異なる点を感じました。私は、Glass under Extreme Conditions というセッションで、酸化ガラスの超高压構造変化について30分の招待講演をさせていただきました。



その後、フランス・グルノーブルに移動し、放射光X線施設 European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)で開催された Hands on! High-pressure techniques at the ESRF-EBS というワークショップで講演をしました。ESRFも今回が初めての訪問だったのですが、グルノーブルの街の中心からトラムで10分程度で行くことができる、非常に便利な位置にありました。ESRF-EBSというのは、ESRF-Extremely Brilliant Sourceの略で、日本のSPring-8を含むいわゆる第3世代放射光X線施設の次の世代となる第4世代放射光X線施設を意味します。日本でもSPring-8-II計画は議論されていますが、ESRF-EBSは今年の始めよりすでに工事を始めており、来年2020年には世界に先駆けて第4世代放射光X線実験が開始されている予定になっています。第4世代放射光X線では輝度が100倍になるなど、これまで行うことができなかった新しい実験の扉を開くことが期待されています。今回招待されたワークショップでは、第4世代放射光X線を用いた次世代の実験を議論するとともに、毎日午後は若手研究者への教育トレーニングプログラムが行われるなど、次世代の人材育成にも力を入れたプログラムとなっていました。

ワークショップは全てが非常に興味深い内容で、私がこれまで参加した多くの国際学会やワークショップの中でも最も充実したワークショップの一つに挙げられるものでした。全てを語ることは難しいですが、特に印象的だったのは Sakura Pascarelli の講演で、高压科学における屈指の問

題として、(1) The quest for metallic solid hydrogen, (2) Pressure-induced reactivity of rare gases, (3) Superplumes at the core-mantle boundary の3つを挙げていたことでした。近年、私も(3)の核-マントル境界のマグマについての研究を主に行っています。超高压下におけるマグマの構造・物性は日本ではあまり注目度の高くない研究ですが、ESRFでは最近の超高压下におけるX線ラマン測定などの成果もあり、注目度が高い研究分野として挙げられていたのが印象的でした。私の講演でも、大容量プレスを用いた液体の放射光X線測定実験について講演を行ったのですが、多くの方に興味をもっていただけたかと思っています。

今、日本でも第4世代放射光X線施設 SPring-8-II へのアップグレードに向けた議論が活発になってきていますが、日本の高压コミュニティでもこのような次世代の科学技術に向けた目標を考える必要があると思います。現在の第3世代放射光X線実験では不可能な次世代の高压放射光X線実験は何か？高压科学における次世代の科学課題は何か？そして世界の第4世代放射光X線施設 ESRF-EBS や APS-U と比べてどのような高压実験分野で SPring-8-II が世界一になるのか？などの将来の課題を考えていく必要性を改めて感じました。(河野義生)

❖ The 27th AIRAPT (リオ・デ・ジャネイロ) 参加報告

2019年8月5日から9日の日程でリオ・デ・ジャネイロで開催された AIRAPT (The 27th AIRAPT International Conference on High Pressure Science and Technology)に参加しました。会場は、有名なコパカバーナやイパネマの海岸から西に20 km程度(バーハ・ダ・チジュカ地区)のウィンザーバラホテルで行われ、目の前には非常に広い(長い)ビーチが広がっていて毎朝裸足で水際を歩きながら会場に向かいました。今回の参加者は全体で196名と、例年に比べ大分少ないようでした(ビザの関係で参加ができなかった方々(特に中国)もいたようです)。日本からの参加者は10数名程度で、地球の裏側ということで移動経路もヒューストン経由、フランクフルト経由、ドバイ経由と様々でした。私はヒューストン経由で、移動にはトータル30時間近くかかりさすがに疲れましたし、さらにはやっと空港に着陸したと思った瞬間に私のところだけ酸素マスクが落ちてきて一抹の不安を感じる謎の体験もありましたが、いい経験になりました。

発表は、2日目火曜日のセッション International Practical Pressure Scales (IPPS) Symposium に Invited speaker として呼んでいただき、我々が開発を進めている2段式DACと凸型DACの話題に触れつつ、マルチメガバール

での圧力スケールの相互比較に関する講演を行いました。直前の放射光実験で 450~480 GPa の圧力発生に成功しており、Cold compression の結果ですが Hot な話題を提供できたと思います。前回北京での AIRAPT の時にも IPPS シンポジウムを開催しており、当時の招待講演者たち+ α を初期メンバーとして Task Group for IPPS (<http://www.airapt.org/?q=node/410>) が立ち上げられています。半ば強引に (Guoyin に?) メンバーにされた感はありますが、“絶対スケールの決定”は非常に難しいことはわかっている、とにかくコミュニティとしてもっともらしい“practical scale”を“模索”しようというものです。姿勢は健全ですが、4 日目木曜に設けられた総合討論の場では具体的に誰の報告したスケールがどうこうという話になってきて (予想通り) 難しい問題だなと考えさせられました。詳しい内容の紹介は紙面の関係上割愛しますが、今回はルビースケールを中心に常温、150 GPa 以下でのスケールが議論され、今後圧力定点や高温への拡張を議論していこうということになっており、今後の話題に関連の深い日本の MA ユーザーの参加が期待されているところです。その他のセッションは水素化物や超伝導に関する講演が大半を占め、地球科学関係の発表は極めて少ない状況でしたが、The 2019 AIRAPT Jamieson Award は地球科学分野から Jin Liu 氏 (HPSTAR) が受賞し、iron superoxide に関する講演がありました。

大会中日の水曜日は午前中に Plenary talk があって午後は予定が開いていたので、NIMS グループ主催?のツアー



に同行させていただき、リオ・デ・ジャネイロの観光といえば欠かすことのできないコルコバードのキリスト像に行くことができました。週の初めは天気が悪かったのですが、この日は晴天に恵まれて壮大な景色を楽しむことができました。キリスト様のお膝元付近では某アニメのキツネリスの様な小さなサル (人相 (サル相?) は悪め) やちょっと大きめのトカゲなどの小動物もみれました。懇親会は肉・肉・肉で、延々と様々な種類の肉が運ばれ、おなかがパンパンになるまで堪能することができました。また、最終日の Closing Ceremony のあとは陽気な楽団に先導されてホテルのテラスで名曲イパネマの娘を聞きながらカクテルで乾杯して終了となりました。サイエンスに加えて、食事も観光も音楽も楽しめて満足の旅となりました。ツアーに混ざって頂いたり、金欠のところを助けて頂いたりと多くの方にお世話にな

りました。この場を借りて重ねてお礼申し上げます。AIRAPT の次回開催はエジンバラ、そしてその次は日本 (松山) の予定となっています。2 年後はともかく? 4 年後は不可避 (皆様も!) のイベントですので、良い発表ができるようにまた精進していきたいと思っています。(境 毅)

❖ International Workshop for Geophysical observation in Thailand

During my participation in the international workshop for geophysical observations in Thailand, I presented our latest research results from the theoretical mineral physics group at GRC on “first-principles study of self-diffusion in iron: constraints on the rheology of the inner core”. In turn, I learnt about past results and future targets of geophysical research at Mahidol University, Bangkok, which particularly focuses on seismological observations. Fruitful collaborations between Japanese and Thai researchers in the “Thai Seismic Array” (TSAR) project has improved seismic observations of active faults in Thailand and seriously increased the amount of seismic data. The latter is particularly important to promote deep Earth study at Mahidol University. In the near future, they expect to be able to conduct seismic tomography of the mantle transition zone beneath Thailand with the obtained data. Although my research field is slightly different from most of the seismologists which were present, it was a very nice opportunity to make some new relationships.

Besides the workshops and lectures, I very much enjoyed the city of Bangkok, our small excursions, to for example Ayutthaya, and the very nice and good food we were able to enjoy. The whole workshop was extremely well organized for which I would like say many thanks to Champ-san (Dr. Sutthipong Noisagool) and his students! Thank you for the impressive and unforgettable experiences! (Sebastian Ritterbex)



◆ インターンシップ報告 ◆

❖ Synthesis and characterization of novel iron-based nitrides

Feng Zhang (M2) and Binbin Wu (M1)
(Sichuan University, China)



We are master course students from High-Pressure Science and Technology (HPST) Laboratory of Sichuan University, China. We came to GRC for the first time, from 19th July to 5th August this year, for the 18 days PRIUS collaborative study with our supervisor, Prof. Li Lei. Many thanks to Prof. Irifune and Prof. Lei for giving us this precious opportunity and making us great benefit.

During our stay, we carried out three multi-anvil experiments and some sample characterizations. On the one hand, we obtained high-pressure samples (including Fe-H-N, Fe-Nd-N and Fe-Ni-N) via multi-anvil experiments by using 18/11 and 10/4 cell assemblies in the large-volume presses (Orange-1000 and Orange-3000). We also used FE-SEM, SEM-EDS and micro-XRD to characterize our high-pressure nitride samples and we obtained some interesting results from our experimental data. Through these experiments, we have learned a lot including the preparation of precision high-pressure parts and carefully assembling cells, which could help us to conduct high-quality high-pressure experiments. We also found there are significant differences among six-anvils LVP that we used now at Sichuan University and the opposite-anvils LVP we used at GRC.

All the experiments in GRC were under the guidance of Prof. Lei with the great assistance from Dr. Youmo Zhou and Dr. Chaowen Xu, and we also thank them for their patient guidance. Further, we are much grateful to Prof. Ohfuji and Prof. Shinmei for helping us to solve the problems that we encountered during the experiments.

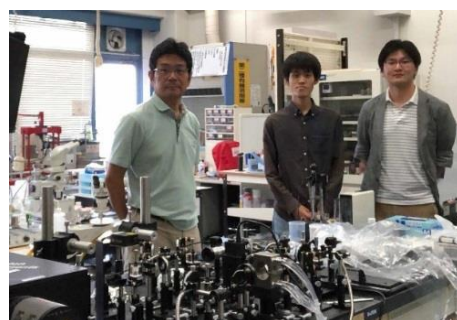
On the last day of our visit, we were very lucky to participate in the summer BBQ of GRC, which was very interesting and we had a good time. It is the GRC that provided us such a friendly and smooth research atmosphere that finally made our experimental results very productive. We enjoyed this memorable time and are looking forward to visiting GRC again in the near future.

◆ ALUMNI レポート② ◆

❖ 京都大学白眉センター

特定准教授, 野村龍一

2016年4月より約3年間、GRCで研究員と助教としてお世話になりました。



2019年1月より京都大学の白眉センターというところに籍を移し研究に励んでいます。白眉センター/プロジェクトは若手研究者に対し、学内業務を最小限に研究に専念させるためのプロジェクトです。採用された研究者は受け入れ先となる所属を選び、自由な環境で研究に専念できます。私は人間・環境学研究所の小木曾哲教授の実験室を間借りし研究を行っています。

私はGRCに所属する前は、博士の学位を取得した東京工業大学で研究員をしていました。東京工業大学を離れGRCに向かう飛行機の中で、これから研究者として生き抜くためにとにかくまだ誰もやっていない研究を探して旗を上げるんだ、とても強い覚悟のようなものを抱いたことを今でも鮮明に覚えています。その後の3年間で、GRCでは様々なプロジェクトを立ち上げ、一部の成功と多くの失敗を経験させていただきました。研究者として未成熟なイチ研究員に対し、究極に自由な環境の下でこのようなtrial&errorの経験の機会を与えてくれたGRCには感謝の念に堪えません。GRCではまずポストドクに独立したPIとして研究をやらせてみて、厳しそうならいつのまにか世話役(?)の教員が付くという、かなり手厚い教育体制が暗黙の内に構築されているような気がしています(私の思い違いかもしれませんが)。このようなポストドクを育てるGRCの経験・ノウハウを肌で感じられたことも非常に大きな財産になりました。

このような自由で深みのあるGRCの環境の中で、当時九州大学に在籍されていた東真太郎博士との

回転式ダイヤモンドアンビル装置(回転式 DAC)の開発による超高压変形実験のプロジェクトを上手く軌道に乗せられたことは研究者としての成長を考えるうえで非常に重要な成功体験になりました。GRC の西原遊博士、大内智博博士という高压レオロジー研究のスペシャリスト達からの助言が非常に重要な役割を果たしたことは言うまでもありません。回転式 DAC の設計から放射光施設の高度化までの技術開発段階が終わり、ようやく地球科学への応用研究に展開できるフェーズに入ってきました。この一区切りを GRC 在籍中に迎えられたことにほっと胸をなでおろしています。今後も GRC との共同研究の下、回転式 DAC を用いた超高压変形実験研究を進めていきたいと思っています。

さて、新しいもの好きな(飽きっぽい)私は、京都に移ってから早速新しいプロジェクトを立ち上げ中です。まだまだ内容を紹介できる段階にありませんが、理学の枠を超えた異分野統合プロジェクトにワクワクする毎日を過ごしています。日常のセミナーに関しても理学研究科 地球惑星科学専攻の鉱物学グループや宇宙地球化学講座のゼミに顔を出させて頂き、久々のほとんどが高压以外の話題という状況を楽しんでいます。

京都大学における白眉プロジェクトの知名度は抜群で、異分野の先生に共同研究を持ちかける際にそれなりの信頼感をもって話を聞いてもらえること、毎年数百万円程度の研究費がセンターから支給されるため、申請科研費のステップアップにチャレンジしやすいことなど、これから旗を上げる若手研究者にとって非常に良い環境が整っていると感じています。ポスドク・学生の皆さん、ぜひキャリアのステップアップ先として、京都大学白眉センターを考えてみてはいかがでしょうか？

❖ 静岡理科大学先端機器分析センター ラボマネージャー、 有本岳史

私は学部からポスドク間の約 10 年住んだ愛媛(みかんの国)を離れ、今年の 4 月から静岡(お茶の国)



で暮らしています。現在は静岡理科大学の先端機器分析センターという施設にラボマネージャーとして勤務しています。浜松駅から静岡市方面の電車に乗り 4 駅目にある袋井市というところに大学はあります。大学周辺は田舎の風景が広がっており、お茶畑に囲まれ、お茶摘みの時期はお茶の香りがします。そのため大学近辺は田舎なので車が必要になってきます。地元の学生は隣の愛野駅からのスクールバスを利用して通学しています。通

学時は、駅にバスを待つ学生の大行列ができています。本センターは 3 階建ての施設であり、化学、生物、材料系まで多様な分析装置が約 30 台設置されており、それらを現在は 3 人体制で管理しています。そのため我々の日々の業務は多岐にわたります。分析機器の管理はもちろんですが、学生や教員の分析のフォロー、また企業の分析の受け入れを随時行っています。企業や教員の方の分析依頼は非常に多様なので専門的な知識は必須になります。ラボマネージャーとして責任重大ですが、やりがいのある仕事だと思っています。私は、学生の頃から国内・外国からの研究者との共同研究やビジターの対応を行っていたのでそういった経験が現在の業務に生きていると思っています。

私は学部で 3 年生から入船研究室に入門しました。その当時はグローバル COE が走っており、私が入った当時は学生が私一人でしたが、次第に学生が増えていきにぎやかになってきました。そのころから透光性ヒメガーネットの合成や大型化、川井型マルチアンビル装置が設置されている SPring-8 の BL04B1 におけるパワーユーザープロジェクトに関わってきました。私は現在まで放射光実験をメインに用いてきましたが、マスターまで川井型マルチアンビル装置を用いて高温高压下におけるざくろ石の合成や弾性波速度測定を行っていました。ドクターからは焼結ダイヤモンドを用いた高温高压発生や下部マントル条件下における Fe 系鉱物の相転移の研究へシフトしていきました。下部マントル領域における鉱物の相転移の研究は技術的な困難さから非常に報告が限られており今後の発展が期待されます。しかし、近年の報告されている川井型マルチアンビル装置を用いた発生圧力や温度の拡大は、目覚ましいものがあり、その影響により川井型マルチアンビル装置を触りたいと思っています。

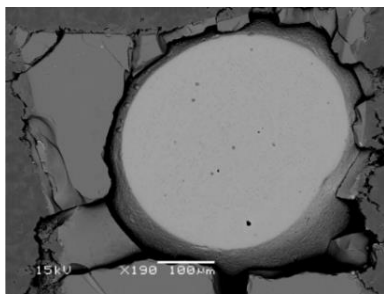
本学には地球科学系の教員は在籍しておらず、川井型マルチアンビル装置もない環境なので以前と同じ分野を研究することは難しい状況ですが、新しい分野に挑戦する良い機会だと思います。本センターでは多様な分析装置が設置されており、X 線回折装置や走査型電子顕微鏡はもちろん、電子線プローブマイクロアナライザ、蛍光 X 線分析装置等も設置されており試料分析を行う環境は非常に素晴らしいです。興味を持たれた方は、お気軽にメールか電話して頂ければと思います。最後になりましたが、愛媛在住中は、入船先生をはじめ GRC の皆様ならびに他の研究機関の皆様には大変お世話になりました。SPring-8 における実験は長期戦でしたが、先輩や後輩並びに教員の皆さんと楽しく自由に実験できたことは良い思い出です。長年住んだ愛媛を離れたのは少し寂しいですが、ぜひこちらにも一度分析にお立ち寄りください。

.....

最新の研究紹介

❖ 高温高压下における鉄-ケイ酸塩液相間の炭素分配実験

地球型惑星形成期では微惑星の衝突や惑星を覆ったと考えられている水蒸気大気の温室効果によって惑星表面は深いマグマの海、いわゆるマグマオーシャンで覆われていたと考えられています[e.g., Abe and Matsui, 1986]。マグマオーシャン中では不混和相である金属鉄がマグマから分離し、沈降していく過程で金属核を形成します。この過程において親鉄性の高い元素は金属鉄に取り込まれ、結果としてコンドライトや太陽組成と比較して親鉄性元素に枯渇したマントルが形成されたと考えられています[e.g., Li and Agee, 1996; Wood et al., 2006]。こうしたことから、コンドライトと地球型惑星のマントルの化学組成を比較し、また核-マントル間の元素分配を理解することによって惑星集積過程を紐解くことができます。最近、私は生命や大気を構成する重要元素である炭素の核-マントル間分配に関する高温高压実験を行いましたのでここではその結果を簡単に紹介致します[Kuwahara et al., 2019]。



炭素は鉄と非常に適合性が高く、これまで地震波観測から推定されている外核の密度欠損を説明する有力な軽元素候補のひとつとされてき

ました[e.g., Wood, 1993; Nakajima et al., 2009]。また、核-マントル間の炭素分配に関する実験的研究からは炭素の親鉄性があまりにも高いため、核形成過程でほとんどの炭素が核に取り込まれてしまい、マントルに分配される炭素量が現在の見積もりを大きく下回ってしまう問題が指摘されてきました[e.g., Dasgupta et al., 2013; Li et al., 2016]。したがって、現在見積もられている地球マントル中の炭素量を説明するには核形成後に炭素に富んだ天体が降着するか、もしくは先行研究で見積もられた炭素の核、マントルへの分配量を再評価する必要があります。

先行研究では高压実験で出発試料を封入する容器にグラファイトカプセルを使用しており、試料内が常に炭素で飽和した状態で鉄とケイ酸塩液相間の炭素分配実験を行っています。しかし、地球の主要な材料物質と考えられているエンスタタイトコンドライトに含まれる炭素量を考えると地球全体が炭素に飽和していた可能性は考えにくく、また、分配係数は対象元素の濃度によって同一温度圧力条件でも変化することが知られているため、私は先行研究で見積もられた鉄-ケイ酸塩液相間

の炭素分配係数の妥当性に疑問を感じました。そこで、試料容器としてグラファイトカプセルの代わりに窒化ホウ素を用い、また出発試料中の炭素濃度をエンスタタイトコンドライトに近い 0.2~0.5 wt%とすることによって炭素が未飽和な系における高压下での鉄-ケイ酸塩液相間の炭素分配係数を再評価しました。

実験は愛媛大 GRC 内に設置されたマルチアンビル高压発生装置を用い、実験回収試料中(図を参照)の金属鉄、ケイ酸塩中の炭素はそれぞれ海洋研究開発機構高知コア研究所に設置された電子線プローブマイクロアナライザ、京都大学伊藤正一研究室の二次イオン質量分析装置を用いて定量しました。その結果、未飽和な系における金属鉄-ケイ酸塩液相間の炭素分配係数は炭素に飽和した先行研究よりも数倍低いことが示唆されました。このことはグラファイトカプセルを用いた先行研究の結果を見直す必要があることを示しています。今後、未飽和な系における金属鉄-ケイ酸塩液相間の炭素分配がどのような要素(温度、圧力、出発試料の化学組成)によって変化するのか調べていく予定です。(桑原秀治)

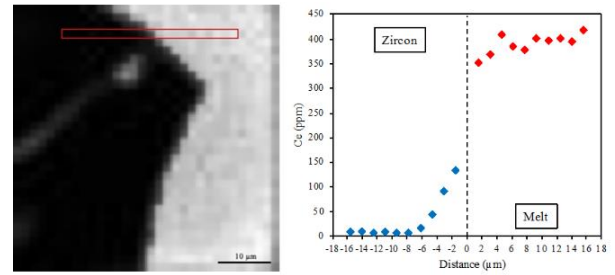
❖ ジルコン-ケイ酸塩マグマ間のセリウム分配から、マグマの酸化還元状態・含水量を推定する

地球・月・火星・金星といった岩石惑星・衛星の進化を理解する上で、地殻がどのように形成されたか、という問いは無視することができません。地殻は源となる岩石が融解し、マグマが生成され、そのマグマが噴出することで形成されますが、そのマグマがどういった環境で生成されたのか、そしてどのように噴出したのか、ということが問題となってきます。まず、こうしたマグマの生成・噴出において重要なのが、温度・圧力・酸化還元環境・含水量といった条件です。このうちの酸化還元環境・含水量に着目し、地殻中の副成分鉱物であるジルコンからマグマの酸化還元環境・含水量を読みとる指標を作ることを目指しています。

ジルコンは地球・火星・月の地殻中に広く存在し、晶出した当時の化学組成をよく保存するため、惑星の黎明期から現在まで、年代を追ってマグマの生成・噴出過程を調べることのできる媒体です。先行研究では、ジルコンとマグマの間のセリウム(Ce)の分配が酸化還元環境・含水量と関係することを報告しており(例えば、Smythe & Brenan, 2015)、ジルコン中の Ce 濃度がマグマの酸化還元環境・含水量の指標となることを示唆しています。しかしながら、ジルコン-マグマ間における Ce の分配がどういったメカニズムで酸化還元環境や含水量と関係しているのか、はまだ明らかになっていません。そのため、私は 1) 異なる酸化還元環境の含水メルト(実験上の仮想マグマ)中での Ce の振舞いをメルトの構造変化の観点から調べる実験と、2) 異なる酸化還元環境の含水メルト中にお

るジルコン-メルト間の Ce 分配実験とを並行して進めており、これらの結果からジルコン-メルト間の Ce 分配が酸化還元環境と含水量に関するメカニズムを明らかにし、最終的にジルコンからマグマの酸化還元環境・含水量を読みとる指標を作ることを目的としています。

図は、愛媛大学理学部のピストンシリンダー型高圧発生装置を用いてある酸化還元状態でのジルコン-含水メルト間の Ce 分配実験を行った結果になります。回収試料の主成分元素組成は京都大学理学部の電子プローブマイクロアナライザー（波長分散型 X 線分析装置付き）で定量分析し、Ce は東京大学大気・海洋研究所の Nano-SIMS を用いてマッピング定量分析を行いました。これまでの実験では、ジルコン-メルト間の分配係数を求めるための最適な実験手法を確立するため、異なる実験手法で試料を作成し、分析を行いました。結



果として、Ce を添加したメルトとジルコン粒を反応させ、メルトからジルコンへの拡散プロファイルを取り、ジルコン-メルト境界面で平衡な Ce 分配係数を求める手法が最適と判りました。

今後は、異なる酸化還元状態で実験 1)、2)を進めていく予定です。(近藤望)

.....

共同利用・共同研究拠点 (PRIUS)

❖ PRIUS 利用者の声

希ガスの同位体には地球形成時から存在する始源的成分が主なもの（例えば ^3He 、 ^{36}Ar ）とウランやトリウム、カリウムからの放射壊変起源成分が主なもの（例えば ^4He や ^{40}Ar ）に分けることができ、これらの混合により地球内部の希ガス同位体比が決定されます。比較的浅いマントル起源の中央海嶺玄武岩 (mid-ocean ridge basalt: MORB) よりも、マントル深部から上昇したブルーム起源の海洋島玄武岩 (ocean island basalt: OIB) の方がより ^3He に富むヘリウム同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$) を示すことから、地球深部の何処かに始源的な希ガスのリザーバーが存在すると考えられています。そこで核がそのリザーバーになり得るかどうかを検証するために、マントルの主成分であるケイ酸塩と、核の主成分である鉄への希ガス分配実験の結果がこれまで2例報告されています。しかしそれらの結果は互いに整合的でなく、また希ガスの分析時に鉄とケイ酸塩が互いに混染している可能性や、液体ヘリウムを直接実験系内に導入したため過飽和状態であった可能性があるなどの問題点がありました。さらに核とマントルが分離した圧力は27GPa以上と考えられています、過去の実験の圧力は最高でも16GPaであり、より実際の核-マントル分離条



件に近い、低い希ガス濃度かつ高圧力下での実験が必要です。

そこで私達は飽和しない程度の希ガスを封入したケイ酸塩ガラスを出発物質として用い、レーザーで希ガスを抽出して局所分析することで上記の問題点を克服し、低圧から高圧 (1~28 GPa) までの液体金属鉄-溶融ケイ酸塩間の希ガスの分配係数を正確に決定する実験を行っています。これまで得られた低圧 (~5 GPa) のデータは、核が始源的希ガスのリザーバーになり得る事を示唆しています。現在はより高圧での実験 (8 ~28 GPa) を行っていますが、カプセルに使用しているグラファイトがダイヤモンド化して研磨し辛くなる事や、研磨の手間を減らすためグラファイトカプセルを薄くしたらプラチナカプセルと鉄が反応してしまう、など悪戦苦闘しているところです。分配係数は基本的な物性値の1つであるため信頼性の高いデータが出せるよう慎重に進めていきます。このようにして研究を進められるのは、PRIUSに受け入れて頂いた先生方やスタッフの方々のおかげです。特に桑原博士には試料準備から顕微鏡の操作まで、丁寧にご指導頂き感謝申し上げます。今後ともよろしくお願い致します。(田中友崇：東京大学M2)

.....

編集後記: 本年度の高圧力学学会賞と功労賞は、それぞれ土屋卓久GRC教授とGRC出身の和田光平氏が受賞。また学会が主催する高圧討論会では、ポスター賞受賞者5名のうち3名がGRCの大学院生と、我が国の超高圧科学分野においてGRCが大きな存在感を示し (過ぎ?) ています (T. I & Y. M.)。

.....

