

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:
 - 超高压下で安定な水酸化鉄の新高圧相発見
稍深発地震の新たな発生メカニズムを提案
門林さんと土田さんに学生優秀発表賞
入船センター長に四川大学名誉教授称号
野村助教の研究が三菱財団研究助成に採択
門林さんが ACHPR 学生ポスター発表賞受賞
フロンティアセミナー
- ◆ ジオダイナミクスセミナー
- ◆ 海外出張・国際会議報告
- ◆ インターンシップ報告
- ◆ 研究会報告
- ◆ ALUMNI レポート No. 14
- ◆ 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



最近 GRC の研究員や教員から、Science や Nature 系のいわゆる高インパクトジャーナルへの投稿の相談や、原稿チェックの

依頼が増えてきました。これらのジャーナルに掲載されるのがいい論文とは限りませんが、専門が異なる分野の研究評価における一つの指標になっている事実は否めません。私も多少の経験をもとに、学内の講演等で自分の得たノウハウを時々話させていただいています。そのせいでしょうかはわかりませんが、ここ数年 GRC からこれらに掲載さ

れる論文数は着実に増加しているようです。

これらのジャーナルにかかわらず、科学者として研究成果を論文として発表することが最低限の義務であることは言を俟ちません。重要な成果を得ながら、学会発表だけでプライオリティーを主張するのは、現代の情報化社会では通用しないのは明らかです。

自然科学分野では原著論文は英語で書くのが当たり前になっていますが、私も含めて多くの日本人研究者は、英語で意見を述べることや文章を書くことが得意ではありません。公的英語教育に費やされる時間に比して、アジアの中でも英語力がとりわけ低いことは否めません。

日本人の英語力の低さは、英語教育だけの問題だけではなく、歴史や文化・習慣など様々な要因に根差しており、一朝一夕で改善されるものではありません。これを少しでも克服するために我々にはできることは、日々の努力以外にはないと思います。

以前にも書きましたが、私は 10 年あまり前に愛媛大に新設されたスーパーサイエンス特別コース (SSC) の一期生に交じって、50 歳にして初めて TOEIC 受験に挑戦しました。それなりに自信がありましたが、思ったより低い点数に発奮して本格的に勉強に取組み、半年後にはまずまずの点数をとることができました。

これを一つの契機に、現在も英語力の向上に少しずつではありますが取り組んでいます。朝 6:30 から始まる NHK の基礎英語 III と 6:45 からの英会話 (ついでに 7:00 からのドイツ語も) は、出張のとき以外はほぼ毎日欠かさず聞いています。また論文・申請書などの文書作成や、日々のメールのやりとりにしても、常にできるだけ正確で論理的な英文を書くように心がけています。

自分で論文を書くときや重要な共著論文の添削を行うときは、文法や論理に間違いがないか何度も見直します。特に自分の論文では、10~20 回は読み直して可能な限り完璧を期すようにしています。一方、最近一般的になっている外注による英文添削は、自分では依頼しないようにしています。添削に出すことを前提にすると、努力する気力が

削がれる気がするからです。また添削された部分は、たとえ間違っている場合でも無条件に受け入れてしまいがちです。時代遅れかもしれませんが、英語力は自己努力に比例し、それによりネイティブ並み、あるいはそれを越える文章も書けるようになると思っています。

実際、英語による文章は、ネイティブだからといって上手だとは限りません。これは日本人でも読むに堪えない日本語の文章を書く人がいるのと同じです。英語力、特に論文執筆能力の向上には日々の努力が重要であり、税金で研究活動をすすめている我々がこれを怠ってはプロの科学者として失格だと思っています。

冒頭から少々厳しいあいさつになってしまいました。先週の鉱物科学会大会松山開催を無事終えてほっとしているところへ、明日からのフランスでの国際会議の準備に加え、若手の論文添削が5～6件たまってきており、血圧急速上昇中につきご理解いただければ幸いです。

.....

◆ センターの構成 ◆

(H29. 10. 1現在)

❖ 超高压合成部門

入舩徹男 (教 授)
大藤弘明 (教 授)
大内智博 (講 師)
西 真之 (講 師)
野村龍一 (助 教)
Steeve Gréaux (WPI上級研究員)
國本健広 (特定研究員)
小島洋平 (特定研究員)
Nadezda Chertkova (特別研究員)
Wei Sun (WPI研究員)
桑原秀治 (特定研究員)
有本岳史 (特定研究員)
Youmo Zhou (特定研究員)
木村友亮 (学振特別研究員) (H29. 7. 1～)

❖ 数値計算部門

土屋卓久 (教 授)
亀山真典 (教 授)
土屋 旬 (准教授)
出倉春彦 (講 師)
Zhihua Xiong (特定研究員)
Sebastian Ritterbex (特定研究員)
白石千容 (研究補助員)

❖ 物性測定部門

井上 徹 (教 授：広島大学兼任)
西原 遊 (准教授)
境 毅 (講 師)
木村正樹 (助 教)

❖ 教育研究高度化支援室 (連携部門)

入舩徹男 (室長)
山田 朗 (リサーチアドミニストレーター)
新名 亨 (ラボマネージャー)
目島由紀子 (技術専門職員)
林 諒輔 (技術員)
河田重栄 (技術補佐員)
内山直美 (技術補佐員)

❖ 客員部門

客員教授 Yanbin Wang (シカゴ大学GSECARS
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/
高压実験室長)
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 (東京大学大学院理学
系研究科特任研究員)
客員教授 舟越賢一 (CROSS東海事業セン
ター利用研究促進部門次長)
客員教授 平井寿子 (立正大学地球環境科
学部特任教授)
客員准教授 丹下慶範 ((公財) 高輝度光科
学研究センター利用促進部門
研究員)
客員准教授 西山宣正 (東京工業大学科学
技術創成研究院准教授)

❖ GRC研究員・GRC客員研究員

※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
猪野周宣 (副課長)
田窪 光 (チームリーダー)
村上鋼次 (事務補佐員)
宮本菜津子 (事務補佐員)
兵頭恵理 (研究補助員)
八城めぐみ (研究補助員)
長野絵理 (事務補佐員)
上田瑠美 (研究補助員)

.....

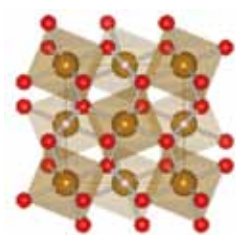
◆ NEWS & EVENTS ◆

❖ 超高压下で安定な水酸化鉄の新高圧相発見

GRCの西真之助教と土屋旬准教授を中心とする研究グループは、ダイヤモンドアンビルセルと放射光を用いたX線その場観察実験と、スーパーコ

ンピュータ「京」などを用いた第一原理電子状態計算に基づき、水酸化鉄(FeOOH)が約 80 万気圧の高圧下で新しい高圧相(パイライト型構造)に相転移することを初めて明らかにしました。

従来の学説では、水酸化鉄は水素(H_2)と酸化鉄(FeO_2)に同様の圧力条件下で分解すると考えられており、下部マントルの酸化状態と関連して注目を集めていました。今回の研究結果はその学説と異なり、新たに発見されたパイライト型水酸化鉄がプレートの沈み込みによりマントル深部へ水を輸送することを示唆するものです。本研究成果



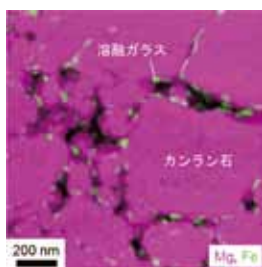
は、地球深部において未だに解明されていない水の役割と循環を明らかにする新たな知見となると期待されます。

本研究成果は Nature 誌の 7 月 13 日版において、発表されました。

(<http://www.nature.com/articles/nature22823>)

◆ 稍深発地震の新たな発生メカニズムを提案

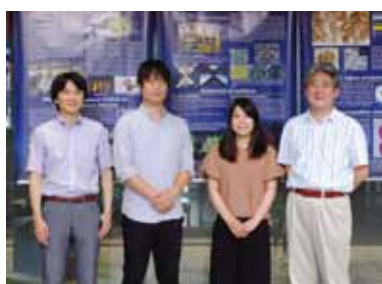
GRCの大内智博講師、入舩徹男教授(東工大ELSI兼務)を中心とする研究グループは、稍深発地震の原因は変形エネルギーが局所集中することによって起きるプレート岩石の溶融であることを明らかにしました。本研究では、SPRING-8にて稍深発地震が起こる深さに対応する温度圧力条件下での変形実験によってプレートの岩石を変形させ、岩石中でのアコースティック・エミッションを測定するとともに、得られた試料の微細組織の観察を電子顕微鏡により行いました。この結果、プレートの岩石の一部分に変形エネルギーが局所的に集中することで部分的に岩石が溶融し、その結果岩石の強度が低下して断層ができ、最終的に地震の発生に至るということが明らかになりました。



本研究成果は、Nature Geoscienceのオンライン版にて8月29日に発表されました。

(<https://www.nature.com/articles/ngeo3011>)

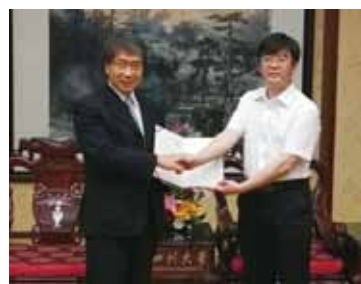
◆ 門林さんと土田さんに学生優秀発表賞



GRCで研究をすすめている理工学研究科の門林宏和さんと土田真愛さんが、5月20-25日に幕張メッセで開催された日本地球惑星科学連合(JpGU)とアメリカ地球物理学連合(AGU)の初の合同大会で学生優秀発表賞を受賞しました。

JpGUは我が国の地球惑星科学分野の学会や個人の連合体で、例年幕張メッセで全体の大会を開催しています。本年度は世界最大の地球科学分野の連合体であるAGUと初めての合同大会を開催し、約8500名の参加者がありました。学生優秀発表賞は6日間の会議中に発表を行った学生による口頭・ポスター発表の中から、1割程度の優秀な発表に対して贈られます。門林さんの発表は「高温高圧下におけるメタンハイドレートの実在性と分解挙動」というタイトル、また土田さんの発表は「2次元円環状モデルを用いたスラブの挙動・形態に関する数値シミュレーション」というタイトルで、それぞれGRCの大藤弘明教授と亀山真典教授の指導のもと研究をすすめています。

◆ 入舩センター長に四川大学名誉教授称号



GRCの入舩センター長に中国四川大学の名誉教授称号が与えられ、6月8日に成都にある同大学本部において授与式が行われました。山田朗リサーチ・アドミニストレーターとともに式典に参加した入舩センター長は、その後同大学で行われた高圧物理学関連の中国国内シンポジウムにおいて特別講演を行うとともに、成都近郊の綿陽にある中性子実験施設においてセミナーを行いました。これまでに四川大学から3名の博士課程学生と2名の博士研究員が入舩センター長の指導のもとGRCで研究を行っており、いずれも四川大学と上記の中性子実験施設、また吉林大学、タイのチュラロンコン大学で准教授の職についています。GRCは平成21年から同大学の原子分子物理研究所との間で学術交流協定を締結しており(現在は大学間協定に発展)、今回の訪問により両者のより強い連携が確認されました。

◆ 野村助教の研究が三菱財団研究助成に採択

公益財団法人三菱財団の自然科学研究助成は、自然科学の全ての分野にかかわる独創的かつ先駆的研究を支援するとともに、既成の概念にとらわれず、新しい発想で複数の領域にまたがる研究も

支援するものです。一つのテーマとして独立した個人及び少数グループの研究を対象とした完全公募制で、平成 29 年度は佐藤勝彦氏を委員長とする選考委員会による第一次書類審査、第二次面接審査を経て助成先が決定されました。この結果、GRC の野村龍一助教の「大歪変形実験限界圧力の 1 桁向上による地球中心核ダイナミクス解明への挑戦」が課題の一つとして採択され、1 年間計 600 万円の研究助成を受けることになりました。この研究は、地球の中心核ダイナミクス解明のため、当研究グループが開発している超高压大歪変形実験装置である回転式ダイヤモンドアンビルセルの、実験圧力限界を大幅に延ばすための技術的試みです。超高压を発生させるための部品に GRC で開発されたナノ多結晶ダイヤモンド(ヒメダイヤ)を用い、更にデザインを最適化することで、地球中心核に相当する約 300 GPa (ギガパスカル、1 GPa は約 1 万気圧)の超高压力環境下での変形実験を目指します。

❖ 門林さんが ACHPR 学生ポスター発表賞受賞

GRC で研究をすすめている門林宏和さん(理工学研究科博士課程 3 年)が、8 月 19 日~24 日の 6 日間に渡り北京で開催された国際高圧力学会(AIRAPT)とアジア高圧力学会(ACHPR)の合同大会において、学生ポスター発表賞を受賞しました。

AIRAPT は 50 年あまり前に設立された高圧力の科学と技術に関連する研究分野の国際学会で、ACHPR は同分野のアジアにおける国際会議です。それぞれ 26 回目を迎える AIRAPT-26 総会と 8 回目の ACHPR-8 総会は、本年は合同大会として北京で開催され、世界 25 か国から 1000 名あまりの参加者がありました。

会期中に多数の口頭発表とともに、若手研究者を中心とした約 300 件のポスター発表が行われ、AIRAPT と ACHPR はそれぞれ 3 名、5 名の優秀な発表を行った学生に対してポスター賞を授与しました。このうち ACHPR ポスター賞には 2 名の日本人が選出され、GRC の門林さんが東京工業大学博士課程 2 年の尾形昂洋さんとともに受賞しました。

門林さんは、大藤弘明 GRC 教授の指導のもと高温高压下におけるメタンハイドレートの構造と安定性に関する研究発表を行い、高い評価を受けました。授賞式は最終日の閉会式中心に行われ、ACHPR 国際アドバイザーボードを代表して入船 GRC センター長から賞状が手渡されました。なお、AIRAPT 前会長でもある入船センター長は、会議中に総会講演(Plenary Lecture)を行いました。

❖ 国際フロンティアセミナー

第 66 回



“A laboratory-based framework for the interpretation of seismological models”

講演者: Prof. Ian Jackson (Australian National University)

日時: 2017 年 5 月 29 日 (月) 16:00-18:00



“Structural controls on fluid escape from the subduction interface”

講演者: Prof. Bruno Reynard (ENS Lyon)

日時: 2017 年 5 月 29 日 (月) 16:00-18:00

第 67 回

“Stably stratified layer formed by superionic NH_3 in Uranus and Neptune”

講演者: Dr. Tomoaki Kimura (Tohoku University)

日時: 2017 年 6 月 21 日 (水) 16:30-18:00

“Laboratory measurements of transport properties of planetary materials at deep planetary interior conditions”

講演者: Dr. Stewart McWilliams (University of Edinburgh)

日時: 2017 年 6 月 21 日 (水) 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)

10 月

10/6 “Melting experiments of Earth’s lower mantle minerals in binary systems”

Dr. Youmo Zhou (Postdoctoral Researcher, GRC)

10/13 “Numerical simulations on the formation and avalanche of stagnant slabs”

Ms. Mana Tsuchida (Msc. student, GRC)

“Experimental study on the phase transition mechanism of graphite to lonsdaleite/diamond”

Mr. Motosuke Nakaya (Msc. student, GRC)

10/20 “TBA”

Dr. Sebastian Ritterbex (Postdoctoral Researcher, GRC)

10/27 “Relationship between Al substitution mechanism and the physico-chemical properties of Al-bearing anhydrous bridgmanites”

Mr. Shunta Doi (Msc. Student, GRC)

11 月

11/17 “TBA”

Dr. Wei Sun (Postdoctoral Researcher, ELSI-ES, GRC)

11/24 “Numerical studies on the flow structures of the 3-D thermal convection of rotating fluids”

Mr. Fumito Miura (Msc. student, GRC)

“TBA”

Mr. Takashi Miyamoto (Msc. student, GRC)

12 月

12/1 “Ab initio predictions of He and Ar partitioning between silicate metal and liquid iron under high pressure”

Dr. Zhihua Xiong (Postdoctoral Researcher, GRC)

12/8 “Crystallization temperature of grossular from glass under high pressure”

Mr. Daisuke Furuta (Msc. student, GRC)

“Mineralogical study of micro inclusions in olivine in pallasite meteorite”

Ms. Yoshie Takayama (Msc. Student, GRC)

12/22 “Thermoelastic properties of Al-bearing hydrous bridgmanite”

Mr. Sho Kakizawa (Ph.D. student, GRC)

“Experimental investigation of diamond formation conditions in the C-H-O system under high pressure and high temperature”

Mr. Hirokazu Kadobayashi (Ph.D. student, GRC)

❖ 過去の講演

第 471 回 “Synthesis of a hydrogen-free

carbon nitride with a diamond-like structure”

Dr. Yohei Kojima (Postdoctoral Researcher, GRC) 2017. 6. 16

第 472 回 “Shear localization in peridotites and the occurrence of intermediate-depth earthquakes”

Dr. Tomohiro Ohuchi (Lecturer, GRC)

2017. 6. 23

第 473 回 “Technical development of Kawai-type multianvil technology using nano-polycrystalline diamond”

Dr. Takehiro Kunimoto (Postdoctoral Researcher, GRC) 2017. 6. 30

第 474 回 “The effect of Al on the stability of DHMS and water transports into the Earth’s interior”

Mr. Chaowen Xu (Ph.D. student, GRC)

2017. 7. 7

第 475 回 “Numerical experiments on thermal convection of highly compressible fluids with variable physical properties”

Dr. Masanori Kameyama (Professor, GRC) 2017. 7. 14

第 476 回 “High-pressure deformation experiments using rotational diamond anvil cell”

Dr. Ryuichi Nomura (Assistant Professor, GRC) 2017. 7. 21

第 477 回 “Melting temperature of sahara 97072 (EH3) meteorite from 7 to 40 GPa”

Dr. Steeve Gréaux (Postdoctoral Researcher, ELSI-ES, GRC) 2017. 7. 28

.....

◆ 海外出張・国際会議報告 ◆

❖ The 26th AIRAPT International Conference



2017 年 8 月 19–24 日の日程で北京において開催された The 26th AIRAPT International Conference on High pressure science and technology に参加しました。私にとって北京はもちろん中国自体が初めての訪問だったのですべてが新鮮な体験であり、シートベルトをしないタク

シー運転手に衝撃を受けつつ、ホテルでも開かないドアや止まらないトイレの水、延々と聞こえる謎の流水音に抗いながら(?) 滞在を楽しみました。期待していた中国料理も、セッションコンビーナである Guoyin Shen 博士に誘われていった四川料理、Xianlong Wang 教授など GRC にゆかりのある中国人若手研究者といったしゃぶしゃぶ、ひとり歩きで見つけた担々麺など、どれも大満足で存分に味わうことができました(サソリの串焼きはさすがに無理でしたが)。

会議では、水素関連のセッションが金属化をめぐる大いに盛り上がっていたということでしたが、あいにく自分の発表のあった圧力スケールセッションと重複しており聞けませんでした。一方でもちろん、圧力スケールは全ての高圧研究者に共通の話題ですので、こちらも盛会でした。自分の発表はというと、マルチメガバール領域での状態方程式の議論における Keane 状態方程式(EoS)の重要性の紹介と、MgO の Keane EoS から導かれた MgSiO_3 -PPv EoS の紹介、Pt, NaCl(B2)といった圧力スケール物質 EoS との整合性とそこから導かれる鉄合金系 EoS と地球核の密度欠損と軽元素量に関する議論の紹介、そして 2 段式 DAC の紹介をしました。折角の招待講演でかつ聴衆も高圧のプロばかりということで、細かい部分は言わずもがなで通じるだろうと話題を盛り込みすぎの感もありましたが、発表後の質問も沢山頂けましたし、幾人かの感想を聞く限り好評のようでよかったです。

圧力スケールセッションの最後の Discussion の時間には、International Practical Pressure Scale (IPPS)の構築について提案がありました。これは学会として推奨する圧力スケール(群)あるいは圧力定点(Reference point)を制定しようという試みです。次回の AIRAPT までに AIRAPT-2019 IPPS を作ることを大目標として圧力スケール検討 WG を組織しようという話になり、DAC/LVP(MA)/Shock/Ab initio それぞれの分野から、今回のセッションのコンビーナと発表者を中心とした初期メンバーが提示されました。WG としてはどういった活動から始めるべきか、どういう情報をどういった形で発信すべきかについてゼロベースで意見を出し議論をしようということでした。実際には「ひとつのスケール」を推奨するのは非常に難しい問題で、2 年後に果たしてどこまでのことが言えるのかというのは何とも言えないところです。しかしこれは、absolute なものを決定するというのではなく progressive scale として更新していこうというスタンスに基づくものです。一つの結論を目指して真摯な議論を重ねようという点はコミュニティとして健全な態度と思われまふ。

今回、個人的には「500 GPa」というのがキーワードでした。件の水素金属化に関する発表も 500 GPa 近くの現象ですし、我々と同じく 2 段式 DAC の開発を進めている Yogesh Vohra 教授の発表でも約 500

GPa に達したという発表がありました。一方我々は、発生圧力は EoS の選択で 400 GPa から 600 GPa まで変化し得る、という発表でした。「500 GPa」付近のサイエンスとその圧力発生技術、種々の測定技術に関する競争はさながら戦国時代に入っているといえるでしょう。圧力スケールの議論も含め、今後 500 GPa 以上の「サブテラパスカル領域」がますます熱くなってくることを感じさせる有意義な会議でした。(境毅)

❖ Magmatism of the Earth and related strategic metal deposits 2017



8 月 4 日から 7 日にかけて、ロシアのウラル地方のミアスで行われた国際会議「Magmatism of the Earth and related strategic metal deposits」に参加しました。ロシア人を中心とした欧米の研究者に混ざって、日本からは GRC から 3 名、広大から 2 名、東大から 2 名、東北大から 1 名が参加しました。開催地であるミアスは、2013 年に隕石落下で注目されたチェリャビンスク州にある小さな街で、多くの湖とウラル山脈を有する自然豊かな風土です。太陽の日差しは強いですが、日本と比べて湿度が低くカラッとしており、秋のような大変過ごしやすい気候でした。

本会議ではポスター発表と口頭発表が行われ、口頭発表はテーマごとのセッションに分かれ、数日間かけて行われました。私は High-Pressure Mineralogy というセッションで、パラサイト隕石中の微小包有物に関する研究について口頭発表を行いました。パラサイト隕石とは石鉄隕石の一種で、ケイ酸塩鉱物であるカンラン石と Fe-Ni 合金が混在した組織を持つ隕石です。その特異な産状により、古くから多くの注目を集めている隕石ですが、未だにその形成メカニズムは明らかになっていません。私はパラサイト隕石のカンラン石中に普遍的に含まれる液滴状の微小包有物に着目し、電子顕微鏡を用いた微細組織観察や化学組成分析を行いました。その結果、包有物中にシリカ鉱物の高温低圧相である α 型単斜晶系のトリディマイトを発見しました。このトリディマイトの存在はパラサイト隕石が経験した熱史や圧力などの形成条件を制約する手がかりになると期待されます。

発表後、参加者の皆さんから、包有物を構成する析出鉱物の詳細な生成条件を制約することや、包有物全体のバルク組成を把握することの必要性

等、様々なご指摘をいただきました。また、会議最後の巡検ではこの地方に広く分布する Nulari オフィオライトを観察し、斑れい岩や輝岩、カンラン岩などかつてのモホ面近傍に分布していた岩体の産状を観察しました。

また、今回の会議の合間には、Nadya さんや現地のロシア人の方が付近の名所を案内してくださいました。中でもミアスの湖の1つであるトゥルゴヤク湖はとても美しく、隕石衝突によってできたと言われている隕石湖のようです。湖にはヴェリ島という小さな島があり、みなでボートに乗って行ってみました。ヴェリ島は、島自体がユネスコ世界遺産に登録されているらしく、古代の人が巨石で作った住居などが点々と残っていました。ボートの運転手さんや、現地のガイドさんの説明がとても詳しく、そこに住んでいた人々の営みを感じることができました。また、ミアスの中心地から少し離れると、北海道のような草原が続いていて、牛や馬、さらにはアヒルも放し飼いられていました。道路では車よりも牛の通行が優先されている事に驚きましたが、それがとても愛らしく感じられました。

今回の会議は私にとって初めての学会参加で、今まで大学内でしか発表しなかったものを外に示すということに、不安と緊張でいっぱいでした。その中で多くの課題も発見することができましたが、やはり伝える上で重要なのは語学力だと痛感しました。自分の伝えたいことが伝わらないもどかしさは、とても悔しかったです。研究のみならず語学に関しても、これから精進していきたいと思います。(高山愛枝 M1)

.....

◆ インターンシップ報告 ◆

❖ Synthesis of nanocomposite ceramics Alena Krupp (B2, University Kiel)



My name is Alena Krupp and I am a second year undergraduate student from the University of Kiel in Germany. There I study geoscience with a special focus on petrology and mineralogy combined with material science. This summer I

got the great opportunity to spend four weeks at the Geodynamics Research Center of Ehime University through the PRIUS program. This was made possible by Prof. Astrid Holzheid, who has submitted the application and stayed with me the first two weeks, and Assoc. Prof.

Norimasa Nishiyama, who has established the contact and is furthermore a project member.

At GRC we worked together with Dr. Youmo Zhou using one of the high-pressure apparatuses to perform eight experiments. In order to synthesise nano-polycrystalline aggregates of jadeite ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$) and the SiO_2 high-pressure mineral coesite, a bubble-free single chip of albite glass ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) was decomposed. The post-run samples were studied by optical microscopy, XRD, SEM and TEM to get information on composition and grain sizes.

Nano-polycrystalline materials tend to have enhanced mechanical properties (e.g. hardness, toughness or transparency) compared to their single crystal equivalents. For instance, the transparency of our post-run samples so far seems to increase with decreasing grain size. Besides, nano-polycrystalline geomaterials are very promising to supersede the common but economical critical metal raw materials which are still essential in the synthesis of materials that combine high hardness and high fracture toughness. Therefore, the aim of our project is a state-of-the-art high pressure-high temperature technology synthesis of economical non-critical materials made of nano-polycrystalline geomaterial composites with controlled texture, which have enhanced mechanical properties.

I really enjoyed my stay at GRC where I have learned so much during these four weeks, which will help me to proceed in the field of high pressure research. We are very thankful for all the help and kindness we experienced here and hope it was just the first of many more stays at GRC.

.....

◆ 研究会報告 ◆

❖ Crust to Core 2017 Workshop



2017年7月30日～8月1日の間、愛媛県今治市の大三島にて開催された Crust to Core 2017

Workshopに参加しました。このワークショップには、国内から30名、海外6ヶ国(アメリカ、イギリス、スイス、イタリア、フランス、オーストラリア)からの招待講演者7名の総勢37名(うち学生9名)が参加し、和室という一風変わった環境の中で行われました。また、このワークショップではタイトルのように地殻から内核まで、実験・理論・観測の様々な見地から研究手法を横断した総合的な議論が活発にくり広げられました。今回は口頭発表が約20件、ポスター発表が約10件行われ、外国人の参加者が多かったこともあり、口頭発表はすべて英語で行われました。私自身は、このようなワークショップに参加するのは初めての経験で、発表中はわからない単語を調べるので精一杯でした。そういった状況でも、私以外の日本人学生は果敢に質問し議論を深める場面も多く、私にとって非常に刺激の多い場となりました。また、私はこのワークショップ中に発表することができなかったのですが、時折設けられたコーヒープレイクの時間に自分の研究内容について話す機会があり、英語で伝えることの難しさを改めて知りました。さらに、研究内容についてほかの研究者に質問することもあったのですが、なかなか理解できず、自分の勉強不足による悔しさを感じることも多かったです。

口頭発表は、Early crust generation and where is it now?、Constraints on Earth's early thermal state from core modeling and observations、Core-mantle interactions、Geologic constraints on early magnetism、Predicted and observed properties of crustal rocks at high temperatures and pressures、Beyond the Earth、Planetary surfaces and magma oceansの全部で六つのセッションに分けられていました。この中でも、特に Core-mantle interactions は比較的近いところのある発表であり、その中でも分子動力学法を用いた研究の発表はほかの発表と比べると特に聞きやすく感じました。また、私にとって TMPG(鉱物物性理論グループ)以外で分子動力学法を用いている方の発表を聞くのは初めての経験だったのでとても印象深かったです。また、その他のセッションでは初めて聞くような研究も多く、視野が広がったような気がします。特に、Joe Kirschvink 教授(カルフォルニア工科大学)の冥王代と始生代の稲妻を取り扱った発表には驚かされました。

ポスター発表では比較的に日本人の発表者が多かったのですが、口頭発表と比べると自分が質問できる機会もあり、分からないながらも少しばかりは議論を深められたように感じます。

今回のワークショップは大三島で行われたこともあり、研究以外にもたくさんの発見がありました。自然豊かであったので、時折昆虫たちが発表を聞きに教室に入ってきたり、研究者の中には休み時間に海で泳ぐ人も多く、研究以外でもコミュ

ニケーションをとる機会がたくさんありました。特に、二日目の夜に行われた BBQ では、スイカ割りや花火などのイベントもあり国籍や世代を問わず、交流している参加者の姿が印象的でした。さらに、その中で研究内容だけではなく、研究に取り組む心意気やこれまでの苦労など、研究発表だけでは聞くことができないお話を聞ける場面もあり、非常に充実した時間になりました。

私自身は全体を通して、やはり英語や能動性などの点で自分の力不足を感じることは多かったですが、しかしながら、このワークショップで学ぶことは多く、自分の研究や勉強に対するモチベーションを上げることができました。また、TMPG では毎年サマースクールが開催されていますので、次の機会には今回できなかったことを一つでも多くできるように日々精進できればと思います。

最後に、このワークショップに参加させていただいた土屋卓久先生をはじめとする TMPG のメンバーとその他の参加者の方々に感謝いたします。

(藤谷宝海 B4)

.....

◆ ALUMNI レポート⑭ ◆

❖ 国立研究開発法人産業技術総合研究所

特別研究員 大西里佳



2017年3月にGRCで学位を取得してから、半年が過ぎました。現在私は、国立研究開発法人 産業技術総合研究所(以下、産総研)地質調査総合センター活断層・火山研究部門マグマ活動研究グループで、特別研究員(イノベーションスクール第11期生)として働いています。

私は2010年、学部3回生後期に配属されてから6年半という非常に長い間GRCでお世話になりました。大学入学当初からGRC配属を希望しており、折角なら他の研究室ではできない地球深部条件下での実験を行いたいと考え、ダイヤモンドアンビルセル(以下、DAC)グループであり、その頃CO₂レーザー加熱システムを立ち上げ始めていた桑山靖弘助教(現東京大学)の元で学ぶことを希望しました。私が4回生の頃には研究室の後輩が3人となり、ポスドクで赴任された木村友亮研究員(現日本学振特別研究員)とともにCO₂レーザー加熱システムの立ち上げを進めました。2014年からは井上徹教授(現広島大学)の研究室に配属となり、CO₂レーザー加熱システムを用いて、下部マントルの最も基本的な組成であるMgO-MgSiO₃系

の溶融実験を行いました。実験は失敗も多く、なかなか結果に繋がらず途中何度も投げ出したい気持ちになりましたが、井上教授と桑山助教のご指導のおかげで何とかやり遂げることができました。2015年にアメリカ合衆国で開催されたAGU Fall meeting等、成果報告のために様々な学会に参加することができ、多くのことを学ぶ貴重な経験となりました。

学生数が多いにもかかわらず、博士課程から学部生まで交流しやすい環境にあるというのがGRCの一つの特徴だと思います。その中で、私は学生同士の仲の良さにいつも助けられていました。特に、現在GRCでポスドクとして働いている同期の有本岳史研究員、D3の門林宏和君とD2の柿澤翔君とは長い付き合いになりましたが、いつもお世話になって（お世話をして？）いました。3人とも非常に優秀で良い刺激となっていました。この原稿を執筆している間にはM2の土田真愛さん、B4の上田千晶さんからそれぞれ博士課程後期・博士課程前期への進学が決まったと報告を受け、半年たった今でも近況を随時報告してくれることを非常に嬉しく感じます。

私が雇用されている産総研イノベーションスクールは企業をはじめ大学、公的研究機関など、社会の中で広く活躍の場を見出すことのできる博士人材を育成するためのプログラムで、産総研の中鉢理事長や各分野のユニット長、企業で活躍されている方など、普通では聞くことができない様々な講義を受講することができています。また、同期は触媒化学や生命科学、情報工学など異なる専門分野を持つ研究員ばかりのため、視野が広がる非常に貴重な経験となっています。研究としては東宮昭彦研究員の下、ガス圧装置やEPMA、LA-ICP-MSなど様々な装置の技術習得を行っているところです。ガス圧装置を用いた実験は、これまで行ってきたDACを用いた実験というよりはマルチアンビル型高圧発生装置の実験に手順が似ており、私にとっては非常に新鮮に感じています。今後、進路によっては地球科学から離れてしまう可能性もありますが、GRCで培ってきた実験技術や課題への取り組み方など、必ず活かせると思います。

最後になりましたが、これまで研究を進めるにあたりGRCの教員、研究員、スタッフの皆様には様々なご協力・ご支援を賜りました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

❖ Stony Brook University Research Assistant Professor

Matthew L. Whitaker

My relationship with the GRC and its members is one that changed my life in many ways, and all for the better. 10 years ago, I first met Nishiyama-san, Tange-san, and Irifune-sensei at a synchrotron workshop at

the Advanced Photon Source (APS) near Chicago, USA. This was the same meeting at which I met my wife, Sara. Everything that has happened in my life over the last decade can be traced back to that workshop, and I am incredibly grateful that my Ph.D. advisor at the time, Prof. Baosheng Li, sent me there to learn and meet new people in the Mineral Physics community.

When I was getting ready to finish my Ph.D. at Stony Brook University, Nishiyama-san informed me of some post-doctoral positions that would be opening up in the Global Center of Excellence centered at Ehime University. I of course jumped at the chance, and both my wife and I were graciously given positions in the GRC. I finished my Ph.D. in July, 2009, and in August we picked up and moved across the world to Matsuyama.



In the two years I spent at Ehime, first as a post-doc and then as an Assistant Professor in the Department of Earth Sciences, I made some good friends and learned a great deal. Also, perhaps most importantly, my daughter Emiko was born in September of 2010. Now, nearly seven years later, she's grown into an amazing little girl, and has just had the addition of a little brother and little sister, as her twin siblings were born in April of this year (see picture of total cuteness).

I left the GRC in the summer of 2011 to return to the Stony Brook area as a Beamline Scientist for the high pressure beamline X17B2 at the National Synchrotron Light Source (NSLS) at Brookhaven National Laboratory in New York. In September of 2014, the entire NSLS was shut down to make way for the new synchrotron at NSLS-II. We then divided our equipment and began the process of building two new beamlines. The first, Beamline 6-BM-B at APS, is the spiritual successor of our white beam multi-anvil beamline at X17B2, and has been open to users for two years now. The second, located at Beamline XPD-D of NSLS-II, will undergo its final technical commissioning phase in October, and our first science commissioning experiments are scheduled for December of this year. Also during this time, we have

successfully developed a new ultrasonic measurement system that can collect acoustic wave data in less than 1 second. Between building labs and developing new techniques, it's been a busy few years!

One of my favorite experiences while I lived in Japan was going out and singing karaoke. This habit has stayed with me, and has led to me being asked to sing professionally. I am now the lead singer in two bands, one hard rock and one heavy metal. Now, instead of paying to sing, I get paid to sing!

Between work, home, and music, the GRC has played a significant role in making my current life possible, and it is a role for which I will always be grateful. I miss Matsuyama very much, and I hope to be able to come and visit someday soon. In the meantime, I hope you all are doing well, and don't forget to Stay Metal!

❖ School of Earth and Space Sciences, Peking University Research Fellow Wei Du

I joined the WPI/ELSI program and worked as a research scientist at Geodynamics Research Center (GRC) from January 2014 to April 2016. And now I am visiting Matsuyama as GRC alumni. Matsuyama city is beautiful as it was and everybody at GRC is friendly as usual. My days here were filled with doing experiments in the lab, talking with some old friends and getting to know some new friends. I showed some pictures of Matsuyama to my families, and my old brother was surprised to see life style in Matsuyama is so similar to our hometown in China, which reminds us the old days when we were bicycling to school together. I told him that this was why I adapted to the "new life" in Japan so fast after living in New York City for 8 years. Moving to Matsuyama was just like going back to hometown and living a life as I was still young. Everything could not have been better.

My research project with GRC was related to the early Earth, the origin and early differentiation of the Earth, which was quite



different comparing with what I have accomplished as a PhD student, during which period of time, I focused on minerals and their phase diagrams at high pressures. The new project broadened my research experience by pulling me back to a more fundamental question, and gave me more opportunities to think about our solar system, the Earth, the Moon, the Mars, and so on. In June 2016, I moved back to China and joined my home school Peking University, where I can continue my research interest, work with high pressure facilities, and collaborate with great Chinese geologists.

We have a Chinese social network group "Alumni of GRC", and members tried to collaborate on scientific projects and meet each other through conferences or workshops. To meet some Japanese friends that we got to know in Matsuyama became a great reason for us to get together and the days that we spent at GRC have become hot topics. We are happy to invite more Japanese colleagues and friends to visit China.

.....

◆ 最新の研究紹介 ◆

❖ First-principles calculations of lattice thermal conductivity of lower mantle minerals

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 their 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 in these experiments. Therefore, extrapolation of κ_{lat} measured at much lower P and/or T conditions to those at the Earth's deep mantle and core are often made to discuss physical properties of the Earth's deep interior.

Prof. Taku Tsuchiya and I recently established an accurate computational scheme

to predict κ_{lat} at any P and T conditions based on the density functional theory (DFT) and the many body quantum perturbation theory for the phonon-phonon interaction in Boltzmann transport theory. The technique was applied to end-member of major LM minerals, MgSiO_3 bridgmanite (Dekura, Tsuchiya, Tsuchiya, 2013, PRL), and MgO periclase (Dekura, Tsuchiya, 2017, PRB). Next, we extended our techniques to more realistic Fe-bearing systems in conjunction with the internally consistent DFT+ U method (Wang, Tsuchiya, Hase, 2015, Nature Geosci) to deal with the electronic structures of such strongly-correlated systems.

Recently, we performed anharmonic lattice dynamics calculations for Fe-bearing MgSiO_3 bridgmanite (Mg-Brg), which is believed to be the most widely prevalent mineral in the Earth's lower mantle. A simulation cell of $(\text{Mg}_{0.9375}, \text{Fe}_{0.0625})\text{SiO}_3$ that included 160 atoms in total was adopted in this study. The ferrous iron was treated in the high spin state. Because the crystal point group symmetry is broken associated with the incorporation of the iron atoms as impurities into the system, an enormous number of irreducible anharmonic force constants (more than 10,000,000) are required to be computed for the determination of phonon lifetimes and thus the κ_{lat} . This is quite a time-consuming task. We have been using several supercomputers in ISSP at the University of

Tokyo and Nagoya University for the computations.

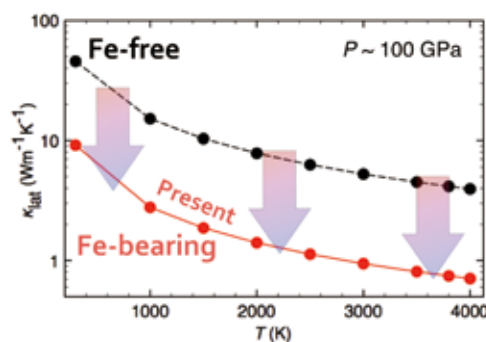


Figure shows our preliminary result of the κ_{lat} determined at ~ 100 GPa and temperatures between 300 and 4000 K. To the best of our knowledge, this is the first prediction of solid solution effects on κ_{lat} of Fe-bearing lower mantle minerals from fully *ab initio* calculations. The κ_{lat} of Mg-Brg was found to be reduced substantially accompanied with iron incorporation. In our analysis, we found that substantial reduction in phonon group velocity with softening bonding of Mg-Brg results in a distinct change in the κ_{lat} . Now, we are investigating the iron solid solution effects in LM minerals including $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}$ and $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$ postperovskite, aiming at providing a realistic thermal transport model of the lowermost mantle in near future.

(Haruhiko Dekura)

共同利用・共同研究拠点 (PRIUS)

❖ PRIUS利用者の声



PRIUS program allows international researchers to use unique high-pressure techniques and analytical facilities of Geodynamic Research Center at Ehime

University. I was excited in the ability to use new FEI-SCIOS FIB system, new TEM and many other techniques, some of which I could see for the first time. From 2016 our group joined to PRIUS program and we expect significant outcome from this collaboration. We started joint research in several important directions: (i) study of recovered synthetic samples from DAC and multianvil experiments; (ii) study of various microstructures and high-pressure minerals in meteorites; (iii) study of nanocrystalline diamond and other carbon phases synthesized in experiments and found in nature; and (iv) *ab initio* modeling of carbon-bearing materials. Among all ongoing researches I

would emphasize two new findings from meteorite and high-pressure experiments based on the results obtained during 2016 project.

The enigmatic feature of ureilite meteorite is the presence of relatively large diamond crystals and various nanocrystalline carbon phases. In our new study, we identified different diamond structures in JAH-054 and Novo Urei ureilites. The former contains diamonds with grain size ranged below 100 nm, whereas the latter contains 5-20 nm diamonds. The graphite part of carbon aggregates is impregnated by Fe- and Cr-bearing sulfides. Olivine-bearing matrix of Novo Urei contains interstitial silica-rich glass (up to 85 wt.% SiO₂) and cristobalite crystals. New finds support an idea that ureilite parent body experiences multistage shock events, one of them could be catastrophic, and that formation of carbon aggregates and Fe-poor olivine may not be related to smelting.

In the diamond anvil cell experiments we modeled chemical interaction in the MgCO₃-Fe⁰ system at 70-149 GPa and 800-2600 K (the experiments were performed at APS, Chicago). Our results indicate that the reduction of Mg-carbonate can be schematically represented by the following reaction: $6 \text{MgCO}_3 + 19 \text{Fe} = 8 \text{FeO} + 10 (\text{Mg}_{0.6}\text{Fe}_{0.4})\text{O} + \text{Fe}_7\text{C}_3 + 3 \text{C}$. These results show that the interaction of carbonates with Fe⁰ or Fe⁰-bearing rocks can produce Fe-carbide and diamond, which can be accumulated in the D" layer atop the core-mantle boundary depending on the balance between carbon and Fe. The diamond was confirmed by detailed TEM analysis of the samples recovered from 100-150 GPa experiments at GRC.

Overall, I greatly acknowledge the hospitality of host researchers, interesting discussions and enjoyed nice motivating scientific environment in GRC. I hope on the new visits in near future!

(Russian Academy of Science, Novosibirsk, Honored Professor Konstantin Litasov)

❖ PRIUS 利用者の声

これまでの高圧変形実験は、ガス圧変形試験機、固体圧式変形試験機(Griggs type)、D-DIAや回転ドリッカマーなどといった様々な装置で行われてきており、各々が天然の条件を再現するべく開発・改良が進められてきました。しかし、これらの変形試験機が再現できる天然の圧力条件は地球の下部マントルの上部までに限られていました。そこ

で私はGRCの野村龍一助教と共同で、地球の中心圧力まで再現可能な既存のダイヤモンドアンビルセルを変形実験仕様に改良することで、メガバル領域における大歪変形実験を可能とする回転式ダイヤモンドアンビルセルの開発・改良に取り組んでいます。現在すでに130GPa以上での変形実験を成功させています。

この回転ダイヤモンドアンビルセルの開発や改良、実験方法の確立にはGRCの装置や技術、そして研究者や学生たちの協力が必要不可欠です。例えば、回転ダイヤモンドアンビルセルの試料室は小さいので、変形実験に必要な歪マーカを試料に仕込むためにGRC設置の集束イオンビーム加工装置(FIB)を用いています。他にも回転ダイヤモンドアンビルセルでは非常に高圧力で上部のダイヤモンドアンビルを回転させることで試料にねじり変形を与えるため、アンビルには高い硬度が求められます。そこでGRCで開発されたナノ多結晶ダイヤモンド(NPD)をアンビルとして利用しています。NPDは単結晶ダイヤモンドより高い硬度をもち、さらに微粒多結晶焼結体であるため結晶面や方向によって硬さの変化がなく割れにくいので、回転ダイヤモンドアンビルセルのアンビルとして非常に適しています。変形試料の歪その場観察については、SPRING-8における野村龍一助教のX線ラミノグラフィーの技術によって可能となりました。そして高圧変形実験の経験が豊富なGRC研究者らの助言、SPRING-8での実験への協力があってこそ、回転ダイヤモンドアンビルセル開発が推し進めることができています。

このような共同研究が行えるのも、PRIUSに受け入れてくださった愛媛大学の研究者方と学生たち、そしてスタッフの皆様のお陰です。この場を借りて、感謝申し上げます。私自身、非常に良い経験をさせていただいていると感じると同時に、今後も協力し回転ダイヤモンドアンビルセルの開発を推し進めていきたいと考えております。どうぞよろしくお願い申し上げます。(九州大学 学術振興会特別研究員 東真太郎)



回転ダイヤモンドアンビルセルとギアボックス

編集後記：本ニュースレターの多くが英文の記事となりました。これもGRC国際化の表われでしょうか。(T. I. & M. Y.)