GRC News Letter　2014. 2. 10　No.38

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.ehime-u.ac.jp/~grc/

目　　次

センター長あいさつ

入舩　徹男

遅ればせながら、新年おめでとうございます。今年もGRC、及び昨年生まれたばかりの共同利用共同研究拠点 PRIUS をよろしくお願いいたします。

私ごとながら、今年は還暦を迎えることになります。10 年前は一念発起して、50 歳にして TOEIC の初受験を決意しました。愛媛大学にできたばかりの「スーパーサイエンス特別コース」の一期生と一緒に、何十年ぶりかの試験を受けたことを思い出します。誕生日にはまだ半年ほどありますが、今回の節目の年は何をしようかと色々悩んでいます。

一方で、この歳になるとそろそろ「お迎え」も気になります。最近は GRC のシニアメンバー（？）と昼食をご一緒することが多く、退職後の過ごし方や親の看取り方、また自分の墓をどうするかなど、少々暗い話題が増えてきました。もちろんサイエンスの話もしますが…。

墓といえば昨年 12 月初めの京都出張の折に、京大近くの哲学の道と法然院に立ち寄りました。晩秋の哲学の道は私の好きなコースの一つで、最後の紅葉にもなんとか間に合いました。一方、学生時代を京都で過ごしながら、法然院を訪れたのは今回が初めてです。ここには河上肇、谷崎潤一郎、福井謙一などの著名人のお墓があることも、恥ずかしながらこの歳になり初めて知りました。

河上は京都で学生時代を過ごした者なら誰でも知っている（少なくとも当時はそうだった）、コミュニストで京大マル経（マルクス主義経済学、これも死語？）の教授。また、谷崎は何度もノーベル文学賞の候補になったことでも知られています。福井は、そのノーベル賞を、化学分野では日本人として初めて受賞しました。

コミュニストと文学者とノーベル賞学者。考えてみれば私もこれらのいずれとも、全く無関係とは言えないかもしれません。人前で話すのは苦手ですが、文章を書くほうには少々自信があり、大学受験では理学部とともに文学部も選択肢の一つでした。また 70 年代の京都では、まだまだ学生運動やコミュニズムと無縁ではいられませんでした。自治会執行部とはいえ、人前でアジるなどとてもできない私は、もっぱらビラの原稿書きや立て看係でしたが。

また当時京大理学部で学んだ少なからぬ学生にとって、ノーベル賞が頭の中にあったことは否めません。もっとも私も含め、大多数は入学して 1 月もたたぬうちに、その夢は無残に打ち砕かれることになります。教養部の 2 年間は講義に出た記憶もあまりなく、いまだに出席不足で英語と体育の単位を落とした夢（現実ですが）を見ます。

「不惑」はとっくに過ぎて、「知命」も通過したはずなのに、これら 3 人の偉人に比べると、まだまだ迷いの多い昨今です。研究面では重点を地球科学に戻すのか、あるいは物質科学で新境地を拓くのか、今年は判断を迫られることになりそうです。

還暦は孔子の曰くところでは「耳順」、つまり人

の言葉を素直に受け取れるようになる歳とのこと。若手やシニアメンバーのご意見を素直に取り入れつつ、この機会に新たなGRCの方向性も模索したいと考えています。

センターの構成

(H26.1.1現在)

❖ 超高圧合成部門

入舩徹男（教　授）
大藤弘明（准教授）
丹下慶範（助　教）
大内智博（助　教）
Steeve Gréaux（WPI研究員）
西　真之（WPI研究員）
Wei Du　（WPI研究員）（H26.1.1～）
國本健広（特定研究員）
磯部太志（特定研究員）
飯塚理子（学振特別研究員）

❖ 数値計算部門

土屋卓久（教　授）
亀山真典（准教授）
土屋　旬（准教授）
出倉春彦（助　教）
市川浩樹（WPI研究員）
Xianlong Wang（学振外国人特別研究員）

❖ 物性測定部門

井上　徹（教　授）
西原　遊（准教授）
木村正樹（助　教）
境　　毅（助　教）

❖ 量子ビーム応用部門

平井寿子（特命教授）
八木健彦（特命教授）
桑山靖弘（助　教）
木村友亮（特定研究員）

❖ 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）
河田重栄（技術補佐員）

❖ 客員部門

客員教授　藤野清志
客員教授　角谷　均（住友電気工業（株）産業素材材料技術研究所主幹）
客員教授　YanbinWang(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　BaoshengLi(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）
客員准教授　舟越賢一(CROSS東海利用促進部グループリーダー)

❖ GRC研究員

榊原正幸（理工学研究科教授）
山本明彦（理工学研究科教授）
森　寛志（理工学研究科准教授）
渕崎員弘（理工学研究科教授）
小西健介（理工学研究科准教授）
田中寿郎（理工学研究科教授）
野村信福（理工学研究科教授）
平岡耕一（理工学研究科教授）
山下　浩（理工学研究科准教授）
八木秀次（理工学研究科教授）
豊田洋通（理工学研究科准教授）
松下正史（理工学研究科講師）
仲井清眞（理工学研究科教授）
阪本辰顕（理工学研究科講師）
中江隆博（理工学研究科助教）
佐野　栄（教育学部教授）

❖ GRC客員研究員

遊佐　斉（物質・材料研究機構先端的共通技術部門主幹研究員）
鍵　裕之（東京大学理学系研究科教授）
平賀岳彦（東京大学地震研究所准教授）
道林克禎（静岡大学理学部准教授）
川本竜彦（京都大学理学研究科助教）
大高　理（大阪大学理学研究科准教授）
重森啓介（大阪大学ﾚｰｻﾞｰｴﾈﾙｷﾞｰ学研究センター准教授）
山田幾也（大阪府立大学21世紀科学研究機構特別講師）
角谷　均（住友電気工業（株）産業素材材料技術研究所主幹）
吉岡祥一（神戸大学自然科学系先端融合研究環都市安全研究ｾﾝﾀｰ教授）
肥後祐司（JASRI利用促進部門研究員）
浦川　啓（岡山大学自然科学研究科准教授）
山崎大輔（岡山大学ISEI准教授）
奥地拓生（岡山大学ISEI准教授）
安東淳一（広島大学理学研究科准教授）
中久喜伴益（広島大学理学研究科助教）
片山郁夫（広島大学理学研究科准教授）
中田正夫（九州大学理学研究院教授）
加藤　工（九州大学理学研究院教授）
金嶋　聰（九州大学理学研究院教授）
久保友明（九州大学理学研究院准教授）
西堀麻衣子（九州大学大学院総合理工学研究院准教授）

赤松　直（高知大学教育研究部教授）
本田理恵（高知大学教育研究部准教授）
田島文子（ミュンヘン大学客員教授）
Fabrice Brunet（CNRS研究員）
Jennifer Kung（台湾国立成功大学地球科学研究所准教授）
西山宣正（ドイツ電子シンクロトロン研究所DESY研究員）

❖ **事務**

研究拠点事務課（3F）
藤村　宗　（課長）
田窪　光　（チームリーダー）
外山廣子　（再雇用事務補佐員）
江口智恵子（事務補佐員）
宮本菜津子（事務補佐員）
兵頭恵理　（事務補佐員）
八城めぐみ（事務補佐員）

NEWS＆EVENTS

❖ 西研究員らの論文がNature Geoscience誌に掲載

GRCの西真之研究員、入舩徹男教授、土屋旬准教授、丹下慶範助教（以上東工大地球生命研究所ELSI兼務）、西原遊准教授、藤野清志客員教授、およびSPring-8の肥後祐司研究員らによる研究論文が、2014年2月2日付のNature Geoscience誌に発表されました。西研究員らは、マルチアンビル超高圧実験技術・第一原理計算・放射光実験などを駆使し、下部マントル深部領域において新しい高圧型含水マグネシウムケイ酸塩（DHMS）を見出し、Phase Hと名付けました。Phase Hの存在は土屋准教授により理論予測されていましたが、今回の発見はその予測を実証するものであり、マントル深部の水の挙動に関して新しい知見をもたらすものと期待されます。Phase Hは1989年に報告されたPhase E以来25年ぶりのDHMSであり、東北大学らのグループにより報告されているδ-AlOOH相と同じ結晶構造であると考えられます。

❖ PRIUS設立記念講演会・記念シンポ

平成25年4月に文科省より認定された、GRCを中核とする共同利用・共同研究拠点「先進超高圧科学研究拠点（PRIUS）」の設立記念講演会とシンポジウム、及び祝賀会が平成26年1月10日(金)に愛媛大学において開催されました。記念講演会では、鉄系超伝導物質や透明酸化物半導体で著名な、細野秀雄東工大教授に特別講演をしていただきました。引き続くシンポジウム「高圧力を利用した物質科学の新展開」では、細野先生やGRC関連教員とともに、西山宣正ドイツ電子シンクロトロン研究員、山田幾也大阪府立大学21世紀科学研究機構特別講師などをお招きし、愛媛大学の理学部・工学部や学外からの関連分野の研究者の参加により、超高圧を利用した新たな物質科学的研究の展開に関する研究発表と討論が行われました。また、夕方には愛媛大学主催による設立記念祝賀会が、これらの参加者や愛媛大学関係者の参加により開催されました。

❖ PRIUS共同利用・共同研究課題募集

PRIUSでは平成26年度の共同利用・共同研究課題の公募をおこない、1月末に締め切られました。平成25年度は試行的に主に従来からのGRC教員らとの共同研究者等に呼びかけを行いましたが、初の正式な募集となる今回の公募においても国内外から多数の申請が寄せられています。申請課題はPRIUS協議会等で審議の上、3月の運営委員会において採択が決定される予定です。尚、申請の公募は年1回の予定ですが、公募締め切り後でも受け入れる場合がございますので、該当研究分野の対応GRC教員にご相談ください。詳細はGRCのホームページ（http://www.ehime-u.ac.jp/~grc/index.html）中の共同利用（PRIUS）の項目をご参照ください。

❖ 創石ラボに新銘板

GRCの「創石ラボ」開設にご尽力いただいた前愛媛大学長の小松正幸先生により、このたび手作りの銘板が寄贈され、創石ラボの正面に掲げられました。銘板は先生ご自身の研究対象であった、

日高山脈のマントルかんらん岩でできており、このために自ら北海道に出向かれて採取いただいたものです。また銘も先生手作りの砥部焼でできています（写真左）。また、創石ラボ内部の入り口には、やはりかんらん岩に小松先生の揮毫をもとにしたもう一枚の銘板も寄贈されました（写真右）。

創石ラボは、GRC および沿岸環境科学研究センター（CMES）が中核となり採択された 2 件のグローバル COE 事業に伴い、総合研究棟の増築部分 1 階に 2009 年に設置されました。ラボには世界最大の多アンビル型超高圧装置 BOTCHAN-6000 と、より高い圧力発生を目指した MADONNA-1500 が設置されており、新しい“石”（新物質）を創りだすことを目指しています。

❖ 国際フロンティアセミナー

第49回
“On the properties of silicate perovskite: strength－a key to understanding deep earthquake mechanism and water solubility － how big the water reservoir can be in the lower mantle”
講演者：Prof. Jiuhua Chen (Florida International University)
日　時：2014年1月31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）

２月

2/7 “Development of an ab initio calculation method for liquid free energy based on the thermodynamic integration”
Takashi Taniuchi (Msc. student, Ehime University)

2/21 “Thermodynamic properties of Fe- and Al-bearing $MgSiO_3$ perovskite: an internally consistent LSDA+U study”
Dr. Xianlong Wang (JSPS Postdoctoral Fellow, GRC)
“Mechanisms of phase transitions of methane hydrate under high pressure”
Hirokazu Kadobayashi (Msc. student, Ehime University)

2/28 “Graphite-diamond transfomation and crystallization mechanism in impact diamonds”
Dr. Hiroaki Ohfuji (Associate Professor, GRC)

３月

3/7 “Alphabet phases and the discovery of phase H: A historical view”
Dr. Tetsuo Irifune (Director & Professor, GRC)

3/14 “Decomposition of methane at high pressures and temperatures”
Dr. Tomoaki Kimura (Postdoctoral Fellow, GRC)

3/20 “High pressure experiments using quantum beams”
Dr. Takehiko Yagi (Distinguished Professor, GRC)

４月

4/11 “LM phases’elastics”
Dr. Taku Tsuchiya (Professor, GRC)

4/18 “Towards comprehensive understanding of forsterite rheology at high pressure”
Dr. Yu Nishihara (Associate Professor, GRC)

4/25 “Synthesis, volume, and thermo-compression of pyrope-grossular garnet: implications for stability of mixing properites at high pressure and temperature”
Dr. Wei Du (Postdoctoral Researcher, ELSI-ES, GRC)

❖ 過去の講演

第366回 “Influence of majorite on mantle convection”
Dr. Hiroki Ichikawa (Postdoctoral Researcher, ELSI-ES, GRC)
11 October 2013

第367回 “Making planet from chondrite”
Dr. Yoshinori Tange (Assistant Professor, GRC)
18 October 2013

第368回 “Coupled substitution of H^+ and Al^{3+} into

dense hydrous magnesium silicate (DHMS) phases"
Dr. Toru Inoue (Professor, GRC)
25 October 2013

第369回 "Experimental study on the phase stability and transition of $CaSO_4$ at high pressure and high temperature"
Taku Fujii (Ph.D. student, Ehime University)

"Dihedral angles of aqueous fluid in eclogite in the deep upper mantle"
Mika Hashimoto (Msc. student, Ehime University) 1 November 2013

第370回 "Equations of state at multi-megabar pressure"
Dr. Takeshi Sakai (Assistant Professor, GRC) 22 November 2013

第371回 "Microtexture and formation mechanism of impact diamonds from the Popigai crater"
Tomoharu Yamashita (Msc. student, Ehime University)

"A possible reason for forming tetragonal phase of filled ice Ic hydrogen hydrate inferred from Raman spectroscopy under low-temperature and high-pressure"
Shingo Kagawa (Msc. student, Ehime University) 29 November 2013

第372回 "Sound velocities of almandine under high pressure and high temperature"
Takeshi Arimoto (Msc. student, Ehime University)

" Melting experiments on the lower mantle materials using a CO_2-laser heated diamond anvile cell"
Satoka Ohnishi (Msc. student, Ehime University) 6 December 2013

第373回 "HP-HT phase relation of lunar highland regoliths: an analog for the subducted primordial crust in the Earth ?"
Dr. Steeve Gréaux (Postdoctoral Researcher, ELSI-ES, GRC)

"Dehydration boundary and the EoS of chlorite under high pressure and temperature determined by in situ X-ray diffraction experiment"
Hideki Suenami (Msc. student, Ehime University) 20 December 2013

第374回 "High pressure synthesis of Nano-layered diamond sintered compact and its characterization"
Dr. Futoshi Isobe (Postdoctoral Fellow, GRC)

"Crystal growth process of ballas, a polycrystalline spherical diamond"
Yuhei Takeda (Msc. student, Ehime University) 24 January 2014

新人紹介

Wei Du
(WPI 研究員)

My name is Wei Du (杜蔚). I joined GRC as a postdoctoral researcher with ELSI group on January 1, 2014. I will work with Professor Irifune and other coworkers on a project about the phase relation and physical properties of materials at high pressure and temperature, corresponding to PT conditions for deep inside the earth.

I got my PhD degree on geology at Columbia University in the city of New York in 2012. As a graduate student, I worked with Professor David Walker on excess volume and exsolution of pyrope-grossular garnet. By using multi-anvil device to increase the pressure and temperature, we successfully synthesized pure and clear pyrope-grossular garnets solid solution. Synchrotron X-Ray method was used to measure the unit cell parameter of these garnets at high temperature or high pressure. The large positive excess volume that we observed from these garnet solid solutions affects other physical properties of pyrope-grossular garnet, for example, the bulk moduli of garnets of intermediate composition were found to be between ~155 and 162 GPa, which are smaller than those of the end-members. The large excess volume persists at high pressure and temperature, indicating that garnet phase exsolution at high PT condition should be observable, which was confirmed experimentally. Before I moved to Matsuyama, I worked as a postdoctoral research associate at Stony Brook University with Professor Donald Weidner. By using D-DIA high-pressure device, we had chances to deliver some new observation on the structure changes during partial melting and solid phase transition of KLB-1 peridotite under normal stress. We found that grain boundary diffusion is much faster than bulk diffusion thereby facilitating the phase transitions. Partial melting occurs fast on a minute's time scale, thus the melting rate may be faster than the seismic time scale and may be a dominant factor in defining the seismic velocity and attenuation of partially molten regions.

After I have been doing research on experimental petrology and mineral physics for these years, I want to explore other projects and materials by using the technique and methods that I have learned, especially to higher temperature and higher pressure. At the meantime, to find a place that I can work and stay closely with my family became my priority. Therefore, Professor Baosheng Li and Professor Robert C. Liebermann at Stony Brook University recommended Ehime University. They told me that GRC at Ehime University has one of the best team on experimental sciences to high pressure and high temperature and Matsuyama is a good city to stay and close to my hometown (烟台) in China. A former colleague, Yongtao Zou, who graduated from Ehime University, also gave me a great introduction on the staff, the experiment facilities at GRC and the convenient daily life at Matsuyama. Therefore, I decided to send my application to Professor Irifune and luckily I got the chances to start as a researcher at GRC, Ehime University.

Last but not least, I really appreciate all the introductions and help from Professor Irifune, Natsuko Miyamoto, Megumi Yashiro, Dr. Xianlong Wang, Zhaodong Liu, Youmo Zhou and Nao Cai. A lot of things need to be taken care for one person to move from one country to another, but with the help from them, I did not meet any difficulties through the translation from New York to Matsuyama. I am looking forward to the work at GRC and the life at Matsuyama.

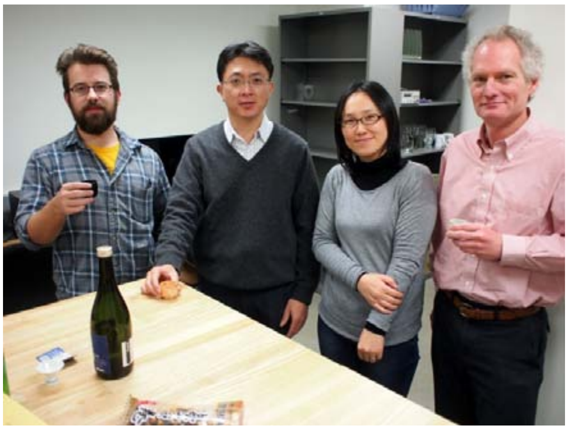
海外出張報告

❖ 2013 AGU Fall Meeting 参加とノースウェスタン大訪問

アメリカ地球物理学連合（AGU）秋季大会参加とノースウェスタン大訪問のため、昨年 12 月に約 2 週間アメリカへ出張した。AGU 秋季大会は、12 月 9 日から 13 日にかけて例年通りサンフランシスコのモスコーニセンターで開催された。自身の発表としては、まず下部マントル鉱物の熱伝導率の第一原理計算とそれに基づく CMB の熱特性に関する研究結果について下部マントルのセッションで発表した。我々の研究室では、5 年程前から大学院生や出倉春彦現助教とともに鉱物の熱伝導率の第一原理計算手法開発を行ってきたが、昨年実用化に漕ぎ着け Phys. Rev. Lett. 誌で公表するなどいよいよ成果も出始めたので昨年に引き続き発表を行った。静的性質の研究から輸送特性への新たな展開が望まれていた点、また我々の密度汎関数摂動理論に基づく手法が効率化と高精度化を両立していた点などにより、実験家、理論家両方から様々な反響を得ることができた。中でも UC Berkeley の理論家 B. Militzer 氏からは、長年望まれていた方法を実現させたとの賛辞をいただいた。また Minnesota 大のグループからは、異なるアプローチにより我々の計算結果がよく再現できたとの報告も受けた。

もう一つの発表では、$MgSiO_3$ ペロヴスカイトの状態方程式に対する鉄固溶効果に関して計算した結果について、オーガナイズしていた鉱物物性計算のセッションにおいて報告した。様々な固溶パターンについて調べた結果、下部マントルの密度とバルク音速を同時に再現可能なのは Fe^{3+} と Al が固溶したペロヴスカイトとフェロペリクレースをパイロライト比で混合したときだけであるというのが発表の主旨であった。近年特に実験的に非パイロライト組成の下部マントルモデル提案がなされており、今回の発表はそれらを否定するものだったが、実験家からも複数好意的なコメントをいただいた。この発表は本来我々の研究室の外国人学振特別研究員である X. Wang 博士が発表する予定であったが、ビザ取得が間に合わず、本人が発表するという貴重な機会を逸してしまった点は少々残念であった。

その他会議全体については、ここ数年間の傾向でもあるが、主に鉄含有珪酸塩鉱物・酸化物と金属鉄合金の高圧挙動に関する発表が多く、「鉄」がらみの研究が盛んだという印象を持った。前者は下部マントル、後者は当然核をターゲットとして



（写真左より J. Townsend 氏、土屋卓久教授、土屋旬准教授、C. Bina 氏）

いるが、これが現在の地球深部物質学の世界的な動向である。私の研究室でもほとんどの学生・研究員諸君がこのどちらかに関連したテーマで研究を行っている。将来ぜひ本学会で発表するようなチャンスを掴んでいってほしいと思う。

またこの学会には世界中から研究者が集まるため、私にとって国外の共同研究者と直接議論できる貴重な機会でもある。今年は予期せぬ喜びもあった。アリゾナ州立大のマントル対流計算グループが、沈み込んだ MORB は下部マントル底部に大量に蓄積されないという結果を最近報告したが、私の最近の研究と調和的であることをわざわざ私のところに話しに来てくれたのだ。今回はこれらの他、ルイジアナ大の B. Karki 氏と立ち上げた計算鉱物物理セッションの世話役や、Phys. Chem. Minerals 誌のエディター会議などもあり、一週間あっという間に過ぎたという印象だった。

その後、かねてから訪問を依頼されていたシカゴのノースウェスタン大まで足を延ばし、地球深部科学グループの C. Bina 氏や S. Jacobsen 氏のもとを訪れた。同行した土屋旬准教授がここの大学院生の J. Townsend 君の博士論文指導を手伝っていることもあり、この機会に研究進行状況やその他共同研究について、様々な議論を行った。2 日間の滞在であったが、その間砥部の地酒での歓迎（！）も含め大変お世話になった。この場を借りてお礼申し上げたい。(土屋卓久)

ALUMNI レポート③

❖ ドイツ電子シンクロトロン研究所（DESY）

研究員　　西山宣正

私は 2012 年 4 月からドイツ電子シンクロトロン (Deutsches Elektronen-Synchrotron, DESY) に勤務し、ドイツの第 3 世代放射光施設である PETRA III の拡張計画（PETRA III extension project）の中で建設される大容量高圧発生装置（Large Volume Press, LVP）を使用したビームラインの manager として、ビームラインの設計、および LVP を使った研究に従事しています。

第 3 世代放射光施設というと日本には SPring-8、アメリカには APS、ヨーロッパには ESRF があります。DESY の PETRA III はドイツ単独（EU 関係ではないという意味）で運営されている施設です。世界でも最も新しい第 3 世代放射光源であり、PETRA III の実験ホールの見た目も少し変わっています。SPring-8 では、円形の蓄積リングを取り囲むように円形の実験ホールが建設されています。DESY の PETRA III は、円形の蓄積リングの 8 分の 1 だけを覆うような弧状の実験ホールです。つまり、残り 8 分の 7 は実験には使っていません。それではもったいないということで、さらに 8 分の 1 を覆う実験ホール(実際には 16 分の 1 を覆う実験ホールを 2 つ) を建設して、ビームラインを増やそうというのが PETRA III 拡張計画です。2014 年 2 月から建設が開始される予定でようやく建設予定地の草刈りが始まったようです。

私が GRC から DESY に異動したのは 1 年半以上前です。実験ホールもない状態（今もまだありませんが…）で異動した理由は、私が赴任するまで DESY には、LVP を使ったサイエンスを行ったことがある研究者が一人もいなかったからです。赴任後は、完全なゼロ、既存の装置も一切何もない状態、オフィスに机と椅子とパソコン 1 台からのスタートでした。将来の研究の場となる実験ホールがないので、それとは別に研究所内に実験するためのスペースを割いてもらう交渉から始まりました。これには半年くらいの時間がかかりました。その後は 2012 年終わり頃から GRC からの装置移設（硬度計 2 台）を開始し、2013 年 4 月 26 日、小雨のちらつく金曜日の朝に、自分の研究費で購入したオフライン専用（放射光実験ハッチでは使用しない）の 1000 トンの川井型マルチアンビル型装置を導入することができました。あの朝のうれしさは決して忘れることができません。どんよりと曇った北ヨーロッパの暗い空がきれいに見えました（写真は、装置導入直後に装置会社の会長さんと）。その後、デスクトップの X 線回折装置、高圧セルを作るのに必要な加工装置などを導入し、現

（写真左：西山宣正氏）

在では一端の高圧ラボになっています。2013 年 7 月の終わりからは、東工大応用セラミックス研究所の共同研究をしている研究室の学生さんを皮切りに、ロシア、ドイツ国内の複数の大学、愛媛大学工学部などから学生さんや共同研究者に DESY に来てもらって共同研究を行っています。

2014 年 2 月から、いよいよ PETRA III 拡張計画のための工事が始まります。実験ホールの完成が 2015 年 2 月、2015 年 3 月からホール内に実験ハッチの建設が始まり、2015 年 3－5 月くらいに放射光実験に使用する 6 軸プレス（一軸 500 トン）が搬入される予定です。現在は、実験ホール内、LVP 実験ハッチ近くのレイアウトを検討しています。今後、検出器台の設計と発注などを 2014 年中に行う予定で、2015 年 12 月頃には LVP 実験ハッチにビームを導入し、高温高圧その場観察実験を開始したい、そして 2016 年の暖かくなるころにはユーザーの研究者や学生さんたちに来てもらって実験をしてほしいと願っています。

DESY で 1 年半を過ごして感じていることは、GRC の世界でも突出して恵まれた研究環境です。私自身、GRC に所属していた時にはそれを実感として、肌身で感じることができていなかったと思います（申し訳ありません…）。ただ、GRC の世界最高レベルの研究環境を知っているからこそ、ここ DESY においても、そのレベルを目標に実験環境、研究のネットワークを作っていきたいと思っています。GRC スタンダードを DESY に導入したからこそ、少なくとも高圧合成環境ではドイツ国内、あるいはヨーロッパ内でもトップレベルにあると自負しています。今後も、自立した研究者、世界の研究ネットワークに繋がる研究グループを目指して精進したいと思います。(西山宣正)

❖ The University of La Rochelle
Assistant Professor　Arnaud Metsue

こんにちは、みなさん！メツエ　アルノーです！ I stayed in GRC from February 2010 to June 2012 as GCOE post-doc and assistant professor. During that time, I learned a lot about mineral physics and ab initio calculations with the help of Taku Tsuchiya. I had many opportunities to present my work in international meetings and meet so many people!

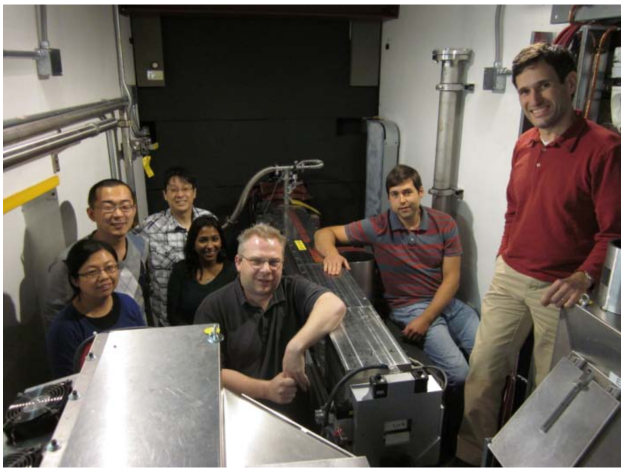
I joined the University of La Rochelle in France as an assistant professor in September 2012. My time is divided between teaching activities (192h/year) and research activities. My teaching activities are both in the department of physics and in the department of Earth science of the university. I teach optics, semiconductors physics and the processes of deformation in minerals. My research projects are now related to the incorporation of pollutants in building materials from ab initio calculations. In particular, I am interested in the incorporation of hydrogen in metals with a special focus on the interactions between H and crystalline defects (point defects, dislocations, stacking faults and grain boundaries). This topic has many implications for the industry in the understanding of hydrogen embrittlement and corrosion processes. First results may be published very soon! But, of course, I did not forget mineral sciences! I am also interested in the incorporation of chlorine in minerals exploited in the cement and concrete industries such as $Ca(OH)_2$ portlandite and gypsum. The results of this study might be very helpful to understand the action of brine on the behavior of bridge's pillar in the sea.

(Contact: Arnaud.metsue@univ-lr.fr)

❖ 一般財団法人総合科学研究機構(CROSS)
研究系職員　町田真一

私は、2009 年よりおよそ 3 年間、GRC にお世話になりました。GRC 着任当初は、数多くの最先端の実験装置が備わっていることとともに、研究者の多さに驚いたものでした。それまでは研究室を飛び出してのディスカッションの機会は、年数回の学会などしかありませんでしたが、GRC では「高圧」というキーワードの元いつでも皆さまとお話することができ、刺激的な毎日を送ることができました。さらに、年齢の近い若手研究者の方々と出会うことができ、時に研究のアドバイスをいただき、時に飲み歩き、また時に励まされつつ研究生活を行うことができました。

2011 年 9 月からは、グローバル COE 先端技術インターンシッププログラムにより、3 か月間の海外研究施設における実験の機会を与えていただきました。インターンシップでは、アメリカのテネシー州にあるオークリッジ国立研究所の、中性子研究施設 Spallation Neutron Source (SNS)を訪れました。SNS は、パルス中性子を利用した実験



写真：左より3番目、町田真一氏

施設でありまして、近年日本の茨城県東海村に建設された J-PARC と同様の世界最大レベルの中性子実験施設であります。この中で私は、高圧中性子ビームライン BL-3 SNAP でガスハイドレートの中性子実験を行いました。初めての海外での実験（生活）は、非常に不安でしたが、ここでも周りの研究者の皆さまに非常に親切にしていただき、充実した研究生活を送ることができました。さらにインターンシップ期間中に、ビームラインサイエンティストの Chris さんより、「引き続き SNS で研究をしないか？」とのお話をいただきまして、2011 年よりカーネギー地球物理研究所のポスドクとして SNS で働き始めました。まさに、GRC のインターンシッププログラムのおかげで次の職を得ることができたということができます。また、GRC で働いていた 3 年の間に築かれた国内外の皆さまとの人脈は私の財産でありまして、このような貴重な出会いの場をいただき本当に感謝しております。

SNS の SNAP ビームラインでは、パリ―エジンバラ(PE)プレスやダイヤモンドアンビルセル(DAC)を用いた高圧下における、低温～室温の物性研究が行われています。特に、中性子回折は水素などの軽元素を見ることに優れているため、氷物質の結晶やアモルファスの構造を調べる研究が盛んに行われています。このような実験施設の中で、私はメタンハイドレートや CO_2 ハイドレート、水素ハイドレートなどのガスハイドレートの、構造や結晶化プロセスを調べる研究を行いました。ガスハイドレートとは、水分子が水素結合によりケージ状の構造を形成し、このケージ中にゲストの原子や分子が内包された固体結晶をいいます。近年、地球の気候変動や、外惑星氷天体の形成や進化に、ガスハイドレートが重要な役割を果たしていると考えられるようになってきましたが、その高圧物性、特に結晶化プロセスなどは不明のままになっています。そのため、ガスハイドレート物性の解明が、氷天体の進化の推定を行うため、また地球の次世代のエネルギー資源の開発のためにも、重要な課題と考えられるようになってきました。SNS 滞在中には、アモルファスメタンハイドレートの結晶化プロセスの一部を明らかにすることなどに成功しました。

SNS で 1 年半働いた後帰国しまして、現在は一般財団法人総合科学研究機構(CROSS)の研究系職員として働いております。CROSS は、J-PARC の特定中性子施設に関わる業務を行う登録機関でありまして、その中で私は BL11: 超高圧中性子回折装置 PLANET の利用支援業務を担っています。また、研究分野では引き続きガスハイドレートの高圧実験を行うことを目標としまして、現在装置の開発に取り組んでいます。SNS、そして GRC で培った経験を生かして支援業務に携わっていきたいと考えております。最後に、PLANET ビームラインでは、高圧中性子のユーザーを募集中でありまして、ぜひ実験にお越しいただければと思います。

❖ MegaDiamond

Research Engineer　Fulong Wang

I am Fulong Wang, a research engineer, coming from Megadiamond, A Schlumberger Company. I spent three years as a doctoral student and received my Ph.D. in geophysics from the Geodynamics Research Center, Ehime University in August 2012. I am serving as an research engineer of MegaDiamond, A Schlumberger from October 2012.

Schlumberger is the world's leading supplier of technology, integrated project management and information solutions to customers working in the oil and gas industry worldwide. Employing approximately 123,000 people representing over 140 nationalites and working in more than 85 countries, Schlumberger provides the industry's widest range of products and services from exploration through production. MegaDiamond became a part of Schlumberger in August 2010. MegaDiamond designs and manufactures advanced ultrahard materials used worldwide in cutting tools, construction, oil and gas driling, and mining applications. As an innovative leader in high-pressure, high-temperature technology, we combine several decades of experience, expertise, and creativity to provide value-added, high-perfomance products that address your specific application requirements. The main production of MegaDiamond includ Polycrystalline diamond (PCD) shear cutters, cutting tools, Domed inserts, and Polycrystalline cubic boron nitride (PcBN) cutting tools. Polycrystalline diamond cutters and bits have been a significant contributor to the greatly improved efficiencies and economics of oil and gas drilling over last 30 years. In 2012, PDC bits account for an astounding 75% of foot-age drilled in oil and gas aplications and still do not appear to have peaked in their development. Using HPHT technology, we produce polycrystalline diamond and polycrystalline cubic boron nitride, offering a full range of products in full round blanks, as well as pre-cut pieces. PCD Shear cutter is our most important production now. We provide PCD shear cutters with diameters from 11 to 19 mm and in lengths from 8 to 16 mm, our shear cutters are produced with a diamond grade that is effective in most applications requiring high-impact and high-abrasion resistance. The cutters incorporate a unique nonplanar interface desigh for enhanced performance.

As a research engineer, I am working to develop the next generation PCD shear cutters. According to the problem during the filed test, our group is working to figure the relationship between the performance and sintering conditions out. We are going to improve our database about the impact effect of PCD shear cutter performance, such as pressure, temperature, diamond grain size, and carbide interface. After building this database, we can develop the different PCD shear cutter with different drilling conditions. Also the quality control of production is my main work, we try to work out production process as different requirment.

最新の研究紹介

❖ マイクロアンビルによる超高圧発生の試み

超高圧実験技術は 1970 年代に初めて 100 GPa を越す圧力領域での実験が行われて以来、さらなる圧力領域拡大の努力が続けられてきたが、現在静的圧縮実験としての最高圧力はダイヤモンドアンビルセル(DAC)によるもので 410 GPa (Akahama and Kawamura, 2010)であり、400-1000 GPa 領域は今も未開拓地である。100 GPa を越す圧力領域の実験では、新規構造をもつ物質の発見だけでなく、電子構造の変化に伴う相転移など多様な現象が観測され、地球科学のみならず物性科学の大きな進展に寄与してきた。一方で、400-1000 GPa の圧力領域には MgO の B1-B2 相転移や、$MgSiO_3$ や $CaSiO_3$ の分解反応など数多くの物質の構造相転移が理論予測されている(e.g. Karki et al. 1997, Tsuchiya and Tsuchiya 2011)。従って、この領域での実験を可能にすることは、多くの新規構造物質の発見や地球以外の巨大惑星、さらには太陽系外惑星内部の研究にも繋がると期待される。現在までのところ 400 GPa 以上の圧力発生は衝撃波実験などの動的圧縮手段によるしかなく、断熱圧縮による急激な温度上昇や、ごく短時間（ナノ秒オーダー）でしか保持できず分析手法が限られるといった問題点がある。その点、静的圧縮実験では粉末 X 線回折やラマン散乱といった様々な光学測定が可能になるため、静的圧縮による実現は重要である。

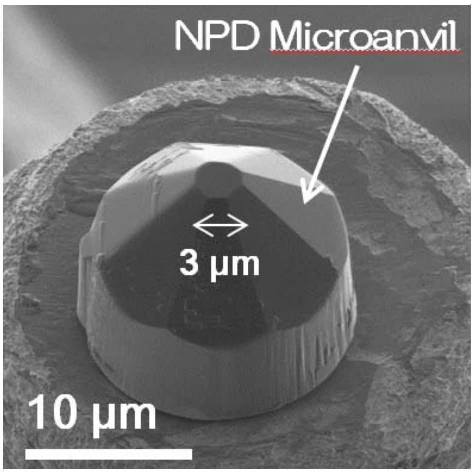


Fig. 1 NPD microanvil made by FIB.

こうした状況のなか、Dubrovinsky et al. (2012)が半球状のマイクロアンビルを DAC 内の試料室に組み込んだ 2 段式加圧方式により 640 GPa を発生したと報告した。ただこれには、①マイクロアンビルの形状制御が困難、②上下アンビルの位置がずれやすい、③試料設置が困難、といった問題点により再現性ある実験を行うことが難しい。これに対して我々は、単結晶ダイヤおよびヒメダイヤを用い、極微小物体を精密に加工できる集束イオンビーム (FIB) 加工機を使ってマイクロアンビルの作成を行った (Fig.1)。これによりアンビル形状の制御が可能になり、さらにデポジットによる固定と上下マイクロアンビルを一体型として同時作成する、試料も FIB 装置内で作成・設置するといった改良を加えて先行研究の問題点を克服した。マイクロアンビルの先端径は 3 μm とし、

圧力マーカーとして白金の薄膜を試料として用いた。発生圧力の確認のために、SPring-8 BL10XU において粉末X線回折実験を行った。アンビル先端径が非常に小さいことから、BL10XU で開発中のマイクロビームを利用した。先端部分に対して測定位置が 1μm ずれただけでも圧力値が大きく変わっていることが明らかになっており、発生圧力の評価にはマイクロビームが必須である。これまで、ヒメダイヤを用いた実験では 222 GPa、単結晶ダイヤを用いた実験では 340 GPa までの圧力発生に成功している。ヒメダイヤに関しては粒径や微細組織など素材自体の条件を変えることができる。さらにマイクロアンビルの形状、封圧の最適化を行い、さらなる高圧力の発生に挑戦したい。（境　毅）

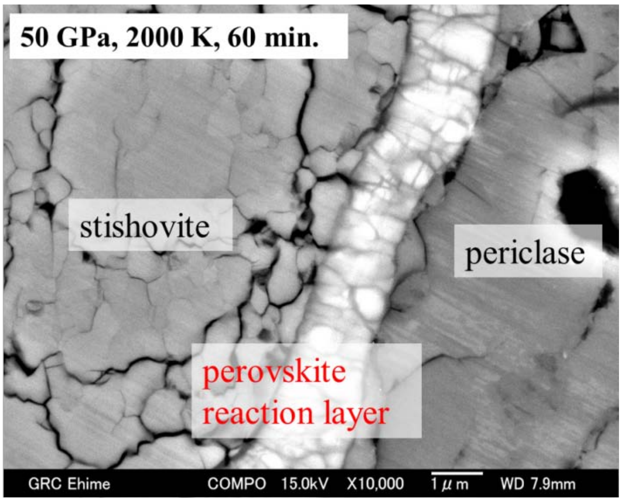
❖ $MgSiO_3$ perovskite の反応縁形成カイネティクスと粒界拡散係数の推定

鉱物を構成する原子の拡散速度は、地球内部のレオロジーやマントル物質の非平衡性、元素移動特性等に関係する重要なパラメータである。そのため、これまで地球深部物質の原子拡散係数が広く研究されてきた。一般に、鉱物中の原子の粒界拡散は格子拡散と比較して数桁速い。また、多くのケイ酸塩鉱物では Si が最も拡散の遅い元素であることが知られている。一方で、下部マントルの主要鉱物である $MgSiO_3$ perovskite では、Mg 成分の格子拡散係数が他のマントル鉱物と比較して極端に遅く、Si と Mg の格子拡散係数が同程度であるという特徴的な拡散特性を持つことが報告されている。しかしながら、粒界拡散係数についてはあまり理解されていない。また、perovskite はマントル最下部までの非常に広い安定領域を持つため、その原子拡散係数の圧力依存性は重要な研究対象である。本研究では、MgO periclase と SiO_2 stishovite を高温高圧条件下で反応させることで $MgSiO_3$ perovskite 反応縁成長速度を明らかにし、この成長を律速する元素の特定とその粒界拡散係数の決定を目的とした。

実験には、愛媛大学設置の川井型高圧発生装置(Orange 3000 と MADONNA II)を使用し、目的の発生圧力に応じてタングステンカーバイト(25 GPa)と焼結ダイヤモンド(32-50 GPa)を2段目アンビルとして用いた。出発物質の MgO periclase 単結晶と SiO_2 quartz 粉末は、お互いと接した状態でグラファイトカプセルに封入した。下部マントルに相当する高温高圧条件下では、これらの物質の間には安定相である $MgSiO_3$ perovskite 反応縁が形成される。また、反応における元素の移動方向を調べるため、これらのサンプルの接触面の一部に Pt marker を挟んだ。高圧下で目的の温度(1650-2150 K)まで加熱し、15-1500 分間維持した。回収試料は、SEM と TEM による組織の観察を行った。

回収試料の組織観察から、すべての実験条件で MgO と SiO_2 の反応に伴う perovskite 反応縁が確認された（図参照）。また、Pt マーカーは常に perovskite と periclase の間に位置していた。このことは、本実験における反応縁形成の速度は、perovskite 中の Mg もしくは O 成分の拡散に律速されていることを示唆している。典型的な拡散律速型の反応縁形成の場合、反応縁の幅の二乗は反応時間に比例する(放物線則)。しかしながら本研究により得られた反応縁の幅の成長は反応縁の粒成長によって抑制され、理論値とは異なる時間依存性を有した。

これらの結果を踏まえて、得られた反応縁成長速度から、Mg 成分の粒界拡散係数を、粒成長の効果を考慮して計算した。その結果、$MgSiO_3$ perovskite の Mg 粒界拡散係数は Si のそれと比較して 4-5 桁程度速く、下部マントルの主要鉱物の一つである MgO ferropericlase の値と同程度だと見積もられた。今回の結果を用いると、下部マントル条件では perovskite 多結晶体の実効拡散係数は粒界拡散の影響を受ける可能性がある。また、得られた拡散係数の温度、圧力依存性から、Mg 成分の粒界拡散係数は地球の深さと共に減少すると考えられる。（西　真之）



反射電子像による $MgSiO_3$ perovskite 反応縁の観察

センター機器紹介No. 24-25

❖ 走査電子顕微鏡（エネルギー分散X線分光装置付）

本装置は、微細組織観察や局所化学組成分析を通して高圧実験回収試料のキャラクタリゼーションを行うための装置で、老朽化した既存の装置の世代交代を踏まえて 2014 年 1 月に納入・設置されたものです。システムとしては、日本電子社製の走査電子顕微鏡（SEM：JSM-6510LV）とオックスフォード・インストゥルメンツ社製のエネルギー分散型X線分析装置（EDS：X-Max50）より構成されます（写真）。SEM 本体は、熱電子銃（フィラメ

ント）タイプで、GRC が別に保有する電界放出タイプ（FE-SEM）に比べると電子ビームの細さや絶対的な分解能の面では劣りますが、電動ステージや最新の観察用インターフェースを備えているため、旧装置に比較して使い勝手は格段に向上しています。また、低真空（LV）観察にも対応していますので、非導電性試料の無コーティング観察や含水（ウェット）試料の観察も可能です。

一方、化学組成分析に用いる EDS 検出器は、検出素子の冷却に液体窒素を使用しない最新のドライ（電子冷却）タイプのシリコンドリフト検出器（SDD）です。この検出器は，従来の半導体検出器（SSD）に比べて計数率が 1 桁以上高く、短い測定時間で正確な定量データを得ることができます。さらに、同社製のデータ処理・解析用ソフトウェア（AZtec Energy）も従来の INCA システム以来、約 10 年ぶりに大幅改訂されており、波形解析やピーク分離性能が向上し、また、優れたドリフト補正機能も追加されています。同タイプの SSD 検出器およびデータ解析システムは、実は昨年 10 月に当センターの FE-SEM にも設置済みでして､すでに様々な鉱物試料の定量分析や元素マッピング分析において同装置が高い性能を発揮することを確認しております。

以上のように、本装置を用いると、高圧合成試料の微細組織や化学組成情報を局所領域より引き出すことができ、微小部 X 線回折装置やラマン分光装置などの分析と組み合わせた多角的な物質評価が可能となります。（大藤 弘明）

エネルギー分散 X 線分析装置付き走査電子顕微鏡

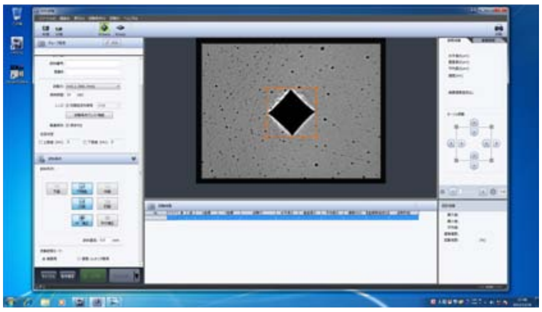
❖　マイクロビッカース硬度計

現在、当センターでは大容量超高圧発生装置を用いてナノ多結晶ダイヤモンド（ヒメダイヤ)、ナノ多結晶スティショバイト（NPS）といった超高硬度物質の開発や弾性波速度測定用の均質で細粒な焼結体の合成を行っています。昨年末、これら合成試料の硬度を測定する為に、島津製作所製のマイクロビッカース硬度計（HMV-G21DT）を導入しました。

このシステムは CCD カメラ内蔵のとてもコンパクトな硬度計と測定や解析を行う PC で構成され、装置に慣れていない方でも簡単に正確な硬度測定が可能です。

試料の硬度は単結晶ダイヤモンドでできた小さな圧子を一定試験力で試料表面に押し込み、表面に残ったくぼみの表面積と試験力から得られます。本装置には正四角錐の形状をしたビッカース圧子と菱形の四角錐の形状をしたヌープ圧子、また、試料表面観察や圧痕測定・解析を行う為の画像を取得する顕微鏡用の対物レンズ（×10，×40）が多連レボルバーに設置されています。測定は、画像を CCD カメラ経由でソフトウェアに取り込み、その画像上で被験試料の測定位置を決め、圧子を選択し、試験力、試料の形状を指定した後に測定ボタンを押します。後は自動でレボルバーが回転し、試料表面に指定した圧子、試験力で圧痕を付け、ソフトウェアが圧痕の自動計測を行い、硬度結果を表示します。この自動測長機能により人為誤差の無い結果が得られますが、手動計測も可能です。本装置では 9.807 mN（HV0.001）～19.61 N（HV2）まで 13 種の試験力が設定でき、試験力 9.807 mN～1.951 N の範囲では±1.5%以内、試験力 1.961 N～19.61 N の範囲では±1.0%以内の試験力精度での測定が可能です。また、40 倍の対物レンズ使用時の有効測定範囲は 120×90mm です。試料を固定する試料台としては水平が出ている試料用の標準バイスの他に、傾いた試料でも水平に固定できる万能バイスを備えています。

ヌープ硬さ試験法は、セラミックス等の硬い脆弱材料に適する試験法として開発されましたが、一般的なヌープ圧子では高硬度を示すヒメダイヤの正確な硬度測定は困難です。そこで現在ヒメダイヤを用いた特注のヌープ圧子の作成を検討しており、また、硬く脆い試料の圧痕の読み取り誤差を減らすため、さらに高倍率（×100 程度）の対物レンズも準備する予定で、今後はヒメダイヤなどのダイヤモンドの正確な硬度測定も可能になると思われます。（新名　亨）



編集後記： PRIUS の共同利用・共同研究拠点としての活動､及び東工大 ELSI と連携した愛媛大サテライト ELSI-ES の活動も、ようやく軌道に乗り始めました。（T. I. & Y. M.）