



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

- ◆ センター長挨拶
- ◆ センター構成
- ◆ NEWS & EVENTS:
 - A. E. Ringwood 賞に選出
 - Am. Mineral. 誌の注目論文に選出
 - 固体地球物理学教科書の出版
 - ヒメダイヤ製乳鉢
 - 国際フロンティアセミナー
- ◆ ジオダイナミクスセミナー
- ◆ インターンシップ報告
- ◆ 海外出張報告
- ◆ ALUMNI レポート No. 4
- ◆ 最新の研究紹介
- 先進超高压科学研究拠点 (PRIUS)
- 地球生命研究所 サテライト (ELSI-ES)

▶ センター長あいさつ ◀



入船 徹男

平成20年度採択分グローバルCOEの事後評価結果が、3月末に届けられました。GRCを中核とした「地球深部物質学拠点」は、最高位の総括評価とともに、非常にポジティブなコメントをいただきほっとしています。特に「地方中規模大学の特徴を生かして特徴的な国際拠点形成を進めた優れた事例である」とのご意見は、本拠点の重要な目標の達成が高く評価されたものであり、大変嬉しいコメントです。本学関係者はもとより、東大をはじめとする連携拠点や、審査員の皆様のご尽力・ご支援にお礼申し上げます。

「地球深部物質学拠点」は、最高位の総括評価とともに、非常にポジティブなコメントをいただきほっとしています。特に「地方中規模大学の特徴を生かして特徴的な国際拠点形成を進めた優れた事例である」とのご意見は、本拠点の重要な目標の達成が高く評価されたものであり、大変嬉しいコメントです。本学関係者はもとより、東大をはじめとする連携拠点や、審査員の皆様のご尽力・ご支援にお礼申し上げます。

事業期間の5年間で、原著論文400編余りを含む約1600件の研究成果発表、30件の受賞、「学術創成研究」・「特別推進研究」を始めとした大型科研費の採択、50名に及ぶDC・PDの育成など、小さい拠点ながら、数の上では活発な研究教育活動を推進しました。GRCの国際的認知度も、事業前後で飛躍的に上がったことも実感します。

一方で、見かけはともかく、質の面で本当に大きな進展があったのか、事業が終了して冷静に考えると忸怩たるものがあります。梯子をはずすような事業途中での大幅減額や、フォローアップと思われた「卓越大学院」事業の、1年間での突然の打ち切りなど、長期的計画が立てられない施策にも振り回されました。今さらながら、GCOEとは何だったのかというのが正直な感想です。

折しもSTAP細胞問題が世間を騒がせていますが、渦中の人物は某大学のGCOE拠点出身で、GCOEの申し子とも言えるようです。同拠点の報告書によれば、「(気鋭の欧米教授に)学位論文の副査を委嘱し、審査の国際水準を保証」し、「研究倫理に関する教育プログラムを必修」にしたとのこと。

研究不正は論外としても、我々の拠点でもGCOE期間を通じて博士論文のレベルがどうだったのかは、自戒を込めて真摯に検証する必要があると感じます。私自身はDC学生に対して、以前は新しい技術や手法の開発を基礎とした、世界的に最先端の研究であることを、博士号の条件として課してきました。しかしここ数年、DCから入学する学生が増えたこともあり、そうも言っておれない状況が生まれました。

一方で、GCOEにおける育成対象として本拠点が重要視したPDは、拠点での活発な研究活動や教育プログラムを経て、そのほとんどが新たな職を獲得し、世界中で活躍しています。多数の留学生や外国人研究者を受け入れ、英語でのセミナーや議論が当たり前になり、GRCの国際化が大きく進んだことも明らかです。またGCOE事業を通じて、学内や関連分野におけるプレゼンスも上がり、優秀な若手研究者やシニアメンバーが集まりました。これを裏付けるように、今年度のGRC教員の科研費採択率は8割にものぼっています。

本拠点としては高い評価を得たとはいえ、GCOE事業には様々な功罪があったように思います。今後はこれらのうちポジティブな面を生かしつつ、質的にもより高いレベルでの研究と人材育成を進めることが重要であると感じています。



➡ センターの構成 ➡

(H26. 5. 1現在)

❖ 超高压合成部門

入船徹男 (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)
國本健広 (特定研究員)
磯部太志 (特定研究員)
小島洋平 (特定研究員) (H26. 4. 1～)
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)
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)

入船徹男 (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)
林 諒輔 (技術補佐員) (H26. 4. 1～)

❖ 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) アドバンスマテリアル研究所技師長/フェロー)

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)
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) (H26. 4. 1～)

客員准教授 舟越賢一 (CROSS 東海利用促進 部主任研究員)

❖ GRC研究員

榎原正幸 (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)
淵崎員弘 (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)
八木秀次 (理工学研究科教授)
山下 浩 (理工学研究科准教授)
豊田洋通 (理工学研究科教授)
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・材料研究機構先端の共通 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 (静岡大学理学部教授)
市田良夫 (CBN&D ナノ加工研究所所長・名誉教授)
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 (大阪大学レーザーエネルギ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) アドバンス マテリアル研究所技師長/フェロー)
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）
 Fabrice Brunet（CNRS研究員）
 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（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）
 長野絵理（事務補佐員）（H26. 4. 1～）



➡ NEWS & EVENTS ⬅

❖ A. E. Ringwood 賞に選出

オーストラリア地質学会（Geological Society of Australia, GSA）は、1952年に設立されたオーストラリア唯一の地球科学関連の学会です。GSAでは、オーストラリアを代表する地球科学者故A. E. Ringwood オーストラリア国立大学教授の業績を記念して、2012年に同教授の名前を冠した賞を創設しました。2014年の受賞者にGRCの入舩徹男教授が選出された旨、3月に同賞選考委員長から連絡がありました。A. E. Ringwood Medalは地球の基礎的なプロセスに関する研究においてすぐれた貢献をした国際的に著名な研究者1名に贈呈され、第2回となる本年は、2014年7月にNewcastleで開催されるオーストラリア地球科学会議（AESC-2014）において授賞式と受賞講演が行われます。

❖ Am. Mineral. 誌の注目論文に選出

アメリカ鉱物学会（MSA）発行の100年近い歴史を持つ専門誌、「American Mineralogist」にフィレンツェ大学・モスクワ大学・愛媛大学の連名で投稿された、下部マントル鉱物中のクロムの挙動に関する研究成果が、2014年4月号の注目論文に選ばれました。本論文は、モスクワ大学修士課程

のSirotkinaさんが合成に成功した、クロムに富むMgSiO₃ペロブスカイトの結晶構造を解明したもので、地球のマントル深部におけるクロムの挙動に重要な制約を与えるものです。Sirotkinaさんは、2012年と2013年にそれぞれ2か月程度GRCに滞在し、入舩徹男教授の指導のもとクロムに富むザクロ石の高温高压下での挙動に関する研究を行いました。GRCとモスクワ大学地質学部とは、本年度新たに部局間学術交流協定を締結し、現在いくつかの共同研究をすすめています。



GRCにおいて実験準備中のSirotkinaさん（左）

❖ 固体地球物理学教科書の出版

愛媛大学理工学研究科の山本明彦教授を編者として、固体地球物理学分野の教科書「地球ダイナミクス」が朝倉書店から本年4月に発行されました。本書においてはGRCの井上徹教授と亀山真典准教授も執筆者として加わっており、地震・火山や地殻変動、また地球内部の温度・熱・重力などの基礎的な事柄とともに、地球内部の物質やダイナミクスについても系統的に学べるようになっています。設問や解答、また巻末の付録等も充実しており、著名なTurcotte & Schubertの教科書「Geodynamics」の日本版ともいえる内容です。一方、GRCの土屋卓久教授も訳者として加わり、F. Stacyの名著である「Physics of the Earth」の日本語訳が、「地球の地球物理学辞典」というタイトルで、やはり朝倉書店から2013年7月に、本多了東大地震研教授が翻訳代表となり出版されています。

❖ ヒメダイヤモンド製乳鉢

GRCで合成された1cm級のナノ多結晶ダイヤモンド（ヒメダイヤモンド）を用いて、世界で最も硬い乳鉢と乳棒がシンテック（株）の協力で製作されました。超硬材料を粉末にする必要がある場合、通常タングステンカーバイド（WC）製の超硬乳鉢が用いられますが、これより硬い試料に対しては、WCのほうが削れてしまい、試料への混入が避けら

れません。ヒメダイヤモンド製乳鉢は、高圧下で合成が期待される超硬材料を粉碎・粉末化することを目的としています。同乳鉢は4月28日～5月2日に横浜で開催された地球惑星科学連合 (JpGU) の大会において、GRC のブースで展示されました。期間中の4月29日には、「幻の矛×盾対決」と称して、ブース前で天然単結晶ダイヤモンドをすり潰す実演が行われ、高校生を中心に多くの参加者が集まりました。



❖ 国際フロンティアセミナー

第50回

“The Legacy of Earth-Moon Formation for Earth’s Internal Evolution and Present Day Structure”

講演者：Prof. John Hernlund (ELSI, Tokyo Institute of Technology)

日時：2014年5月15日 (金) 17:00-18:30



▶ 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)

6月

6/13 “Elastic wave velocity of $Mj_{80}Py_{20}$ to the mantle transition zone conditions”
Zhaodong Liu (Ph.D. student, Ehime University)

6/20 “A new hydrous silicate in the upper mantle”
Nao Cai (Ph.D. student, Ehime University)

6/27 “Next-generation in situ high-pressure techniques using high-power laser and XFEL: Toward femtosecond/terapascal regime”
Dr. Yoshinori Tange (Assistant Professor, GRC)

7月

7/4 (The 3rd Advanced Science Seminar)

“Linear and nonlinear analysis on the thermal convection of highly compressible fluids: Implications for the mantle convection of super-Earths”
Dr. Masanori Kameyama (Associate Professor, GRC)

7/11 “Synthesis of nitrogen-doped nanopolycrystalline diamond”
Youmo Zhou (Ph.D. student, Ehime University)

7/18 “High-pressure phase transitions of lunar highland anorthosite in the Earth’s mantle”
Dr. Masayuki Nishi (Postdoctoral Researcher, ELSI-ES, GRC)

7/25 (The 4th Advanced Science Seminar)

“Van der Waals compounds induced by pressure and synthesis of novel materials”
Dr. Hisako Hirai (Distinguished Professor, GRC)

❖ 過去の講演

第375回 “Development of an ab initio calculation method for liquid free energy based on the thermodynamic integration”
Takashi Taniuchi (Msc. student, Ehime University) 14 February 2014

第376回 “A pyrolytic lower mantle with $(Mg, Fe^{3+})(Si, Al^{3+})O_3$ perovskite”
Dr. Xianlong Wang (JSPS Postdoctoral Fellow, GRC)

“Mechanisms of phase transitions of methane hydrate under high pressure”
Hirokazu Kadobayashi (Msc. student, Ehime University) 21 February 2014

第377回 “Microtexture and formation mechanism of impact diamonds from the Popigai crater, Russia”
Dr. Hiroaki Ohfuji (Associate Professor, GRC) 28 February 2014

第378回 “Alphabet phases and the discovery of phase H: A historical view”
Dr. Tetsuo Irifune (Director & Professor, GRC) 7 March 2014

ました。

インターンシップでは高温高压合成に用いる圧力セルやパーツの作成、川井式加圧方式に用いる二段目アンビルの準備、加圧、加熱時の操作の指導を行っていただきました。センターには多くの加圧装置があり、実験条件により加圧装置や二段目アンビルの先端径を変更しますが、今回は圧力、温度条件及び試料サイズを考慮した結果 1000ton プレスを用い、二段目アンビルには先端 11mm の超硬アンビルの、圧力セルは一辺 18mm の (Mg, Co)O 八面体を使用しました。また、試料を加熱するヒーターにはグラファイトを使用し、グラファイトの周囲は温度保持のためにジルコニアで覆いました。試料は BN カプセルに詰め、ヒーターに電気を流す電極にはモリブデンを用いました。試料の温度を測定する熱電対にはタングステンレニウム熱電対を使用しました。高温高压合成実験は圧力 8GPa、1500°C と 10GPa、1500°C の条件で 2 回行いました。結果としては、残念ながら γ 相を得るには至りませんでしたでしたが、今回のインターンシップでこれまでの実験より温度、圧力条件を拡大することができました。

今回学んだ高温高压合成の技術をさらに向上させ、今後 γ 相が得られる温度-圧力相図を SPring-8 等での放射光その場観察実験により作成すると共に、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターとの共同研究を通して、最終的には Lu_2S_3 の γ 相の大容量試料を得たいと考えています。最後にお忙しい中、親身にご指導していただいた入船徹男先生をはじめ GRC のスタッフの方々に感謝いたします。ありがとうございました。

➡ 海外出張報告 ‹

❖ フランス二人旅

フランス中部のグルノーブルにある、ヨーロッパ最大の第三世代放射光施設 (ESRF) のワークショップに招かれ、アメリカの第三世代放射光施設 (APS) の Yanbin Wang 博士とともに、2 月初めの寒い中 2 人であちこちと回りました。

ESRF では日本の SPring-8 の宿舎より狭く、あまり快適とはいえない宿に 3 泊し、缶詰状態でのワークショップでした。日本からは私と GRC の八木健彦先生、また SPring-8 の平尾直久さんと、3 人だけの参加で完全アウェイ状態でしたが、ヨーロッパの放射光高压科学の現状をつかむことができました。

特に有意義だったのが、ビームライン担当の Sakura Pascalelli 博士による関連 BL の案内です。彼女はイタリア人ですが日本生まれで、国際高压力学会 (AIRAPT) で秘書をしてもらっています。高压装置の破壊でけが人が出たことで有名(?)

な、マルチアンビル BL では、破壊されたガイドブロックの破片を、怪我をした当人の案内で見せてもらいました。今や装置は完全に修復し、ルーチン的に実験が行われつつあります。

Sakura 担当の EXAFS 関係の BL は、光源もさることながら検出系や解析ソフトに様々な工夫がされており、この分野で世界をリードしていると実感しました。彼女を含む ESRF のいくつかの研究グループとは、ヒメダイヤ製の DAC 用アンビルの貸与を通じて共同研究を進めています。

ワークショップの後は、Wang さんとともに Denis Andrault 博士の運転で、パスカル大学があるクレルモン=フェランに向かいました。ここは圧力の単位になっている Blaise Pascal の生誕地であり、彼が近くの山上と平地での気圧差を初めて測定した場所でもあります。高压科学の研究者にとっては、聖地と言えるかもしれません。研究所にはフランスで最も古い地質図が無造作に壁に掛けられているなど、歴史を感じさせる大学でした。我々 2 人がセミナーで話をすると、向こうの研究者もそれぞれの仕事を発表し、セミナーというよりさながらミニシンポのようでした。

次に電車で数時間かけて最初の到着地であるリヨンに戻り、超エリートであるエコールノルマルの学生 50 人程を相手にレクチャーを行いました。リヨンはこの秋に再訪予定のため、街の詳細な探検は控えましたが、ホストの Bruno Raynerd 博士に連れられて、ローヌ川沿いと旧市街を 3 時間ほど歩きまわり、歴史のある街並みを楽しむことができました。

Wang さんと私は同世代で、それぞれアメリカとオーストラリアで研究を始めたのも同じ 1984 年の 11 月ということもあり、20 余年来の友人です。今回は 2 人でフランスの 3 都市を回り、ご本人が体験した中国文化大革命の実態など、政治も含めて様々な話ができて、更に交友を深めることができました。1 週間という短い期間に、異なる話題で 3 つの長い講演を行ったのは初めての経験で、さすがに最後は疲れ果てましたが。(入船徹男)



ESN リヨンでのレクチャー

▼ ALUMNI レポート④ ▼

❖ フジダイス（株）技術開発本部開発センター 技術部主任 和田光平



私は2010年3月にGRCの修士課程を修了し、縁あって同年4月から富士ダイス株式会社で働いております。弊社は主に硬質材料で製作した金型の生産・販売を行っている会社です。その為、産業界では有名ですが、表市場に出てくる事が滅多に無い為に、普通に生活している限りは聞かない会社だと思います。ただ、高压業界においては、超硬合金やセラミックスで製作したアンビルやシリンダーなどの販売をしている為に、ご存知の方も多と思います。

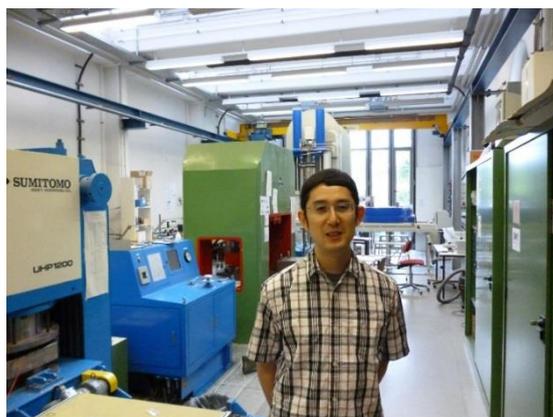
現在私が所属している材料開発部は神奈川県秦野市にあります。神奈川県と聞くと都会のイメージを持たれる方もいるかもしれませんが、秦野市は静岡県寄りです。松山市と比較しても田舎であり、とてものんびりした環境で毎日を過ごしております。一方で電車を使えば新宿まで一時間強で行く事ができ、また湘南や箱根、富士山等の観光地も近く、遊ぶのにも困らない暮らし易い良い場所です。

GRCには教員、スタッフの方々が徐々に増えていき、設備も増え、組織が大きくなっていく過程時に学部、修士の学生として在籍させていただきました。学生時代の睡眠時間は今の半分以下で、土日祝日関係なく大学にほとんどの時間いた為、大学に住んでいるのではないかと問われたくらいでしたが、それだけ研究に夢中にさせていただきました。毎日の様にパイナップルやメロン等、違う果物を買ってきて、学生部屋で研究の合間の昼食時にみんなで楽しみながら食べていたのは本当にいい思い出です。在籍時には感じなかった事ですが、GRCはすごく恵まれた環境であったと今は痛感させられています。設備的な面はもちろんの事、研究の進め方や物事の考え方等、厳しいながら丁寧に教えていただき、国際学会での発表やSPRING-8での実験等多くの経験を積ませて頂きました。また、外部の方々と関わる機会もたくさん与えていただき、それらの経験が今の私の基礎になっていると思っております。先生方や研究員の方々、先輩、後輩には感謝しきれません。

会社での今の主な仕事は材料開発ですが、生産技術、マーケティング、技術営業など、様々な職種の仕事も経験させていただいております。先日もGRCにリクレーターとしてお伺いさせていただき、新しい事にも積極的に挑戦させていただいております。本業の材料開発に関しては、粒子分散型合金である超硬合金の開発を主に行っており、従来難しいとされてきた超微粒低Ni超硬合金の開発（2012年度超硬工具協会賞受賞）やナノ微粒バイナドレス超硬合金の開発、製品化に成功しております。また、合金の一評価方法として、東大物性研にある元八木研究室の設備をお借りして超硬合金の一軸圧縮実験も行っております。入社当初は硬さすら知らず、材料に関して全くの素人でしたが、学生時代に鍛えていただいたおかげで、材料の分野にもすんなりと入っていく事が出来ており、材料を専門としてきた方々とは少し違った視点で物事を見る事ができている気がします。

大学を卒業するとあまり関わる事はないと思っていた高压業界ですが、就職してからの方が高压討論会やHPMPS等の学会での発表やブースの展示などで関わりが深くなった気がします。今このニュースレターの原稿を書いている事ですが、自分自身では想像もしなかった予想外な事ばかり起こっております。そのような状況でも日々楽しみながら成長できている事は、とても幸せな事だと思っています。GRCには今年に数回はお伺いさせていただいておりますし、高压討論会に参加させていただくことも多いと思いますので、お会いした時には声をかけていただければ幸いです。

❖ バイロイト大学バイエルン地球科学研究所 助教 川添 貴章



私は2013年2月からドイツにあるバイロイト大学バイエルン地球科学研究所(BGI)に助教(マルチアンビル実験室マネージャー)として勤務しています。前任者のダニエル・フロスト氏がBGIの教授に昇進され、その後任として採用されました。地球深部ダイナミクス研究センター(GRC)には、2008年8月から2013年1月にかけて機関研究員・グローバルCOE研究員・グローバルCOE

助教として在籍させて頂きました。GRC に移った直後にグローバル COE プログラムが始まり、終わる頃に BGI に異動しました。

BGI は欧米における高圧地球科学分野を中心とした研究教育拠点です。研究対象分野は新奇物質探索・結晶学や岩石学・隕石学にもわたっています。特徴として、実験装置・分析機器が非常に充実している点が挙げられます。詳しくは HP をご覧下さい (<http://www.bgi.uni-bayreuth.de/research/downloads/Pamphlet2014%20Faltblatt.pdf>)。また、西山宣正氏やニコラス・バルテ氏が整備を進められている放射光・中性子ビームラインにおいて、マルチアンビル装置を用いた高圧放射光実験・高圧中性子実験も可能になる予定です。さらにこれらの実験装置・分析機器を管理するための研究スタッフ・技術職員も充実しています。BGI の最大の利点は、専門家である研究スタッフと容易に議論ができ、一研究所で様々な実験・分析が行えることによって、研究者の発想・議論に基づいて研究が発展しやすい点にあると感じています。構成員や短期滞在者の方は欧米・アジアをはじめとした世界各国から集まっておりとても国際的です。それらの方の異動や訪問者の来訪も頻繁にあり、人材交流が活発に行われています。日本人は、桂智男先生、宮島延吉氏、新名良介氏、飯塚理子氏、吉岡貴浩氏、私がいまして、今や一大勢力(?) です。

BGI での私の仕事内容は、(1) マルチアンビル実験室の管理・運営、(2) マルチアンビル実験の高度化、(3) 大学院生・博士研究員の研究指導、

(4) 短期滞在者の実験補助、(5) 自分の研究です。マルチアンビル実験室には、高圧変形実験が可能な 6 軸加圧装置・D-DIA 型変形装置や大容量高圧実験が可能な 5000 トン川井型装置を含め 6 台のマルチアンビル装置があります。これらの装置の大部分がフル稼働しています。さらに桂先生が導入される高精度均等加圧用 DIA 型装置の納入が控えています。これ程大規模な実験室で上記の仕事内容を一人でこなすことは不可能ですので、構成員の方に仕事の割り振りのお願いに行くのが重要な仕事となっています。また高精度均等加圧用 DIA 型装置や PETRA III に導入する 6 軸加圧装置の設計段階でマックス・フォーゲンライター社の設計者の方との会議に参加させて頂きました。ドイツ研究協会の研究費にも応募しました。この 4 月からは修士課程大学院生の研究指導を務め始めました。日々、色々な経験・勉強をさせて頂いております。

今回 2014 年 5 月に共同利用 PRIUS を利用し、BGI に異動して以来の 1 年半ぶりに GRC を訪問させて頂きました。同世代の若手スタッフや博士研究員の方々のご活躍に刺激を受けるとともに、研究スタッフとして学ぶべき点が多くありました。GRC は BGI と学術交流協定を結んでもいます。ヨーロッパにお越しの際にはぜひ BGI にお立ち寄り下

さい。また短期滞在も歓迎しております。地ビールや郷土料理での「お・も・て・な・し」をお約束します。

❖ Metallurgy and Materials Science Research Institute (MMRI), Chulalongkorn University
Researcher, Jiaqian Qin



I stayed in GRC from July 2010 to July 2012 as JSPS postdoctoral researcher. During that time, I learned a lot about high-pressure synthesis and characterization techniques with the help of Irifune-sensei, Ohfuji-sensei, Shinmei-san, and other GRC colleagues. I had many opportunities to present my work in international meetings and meet so many people. Thank you so much for all your help!

I joined Metallurgy and Materials Science Research Institute (MMRI), Chulalongkorn University in Bangkok, Thailand as a researcher in September 2012. Chulalongkorn University, Thailand's first institution of higher learning, officially came into being in March, 1917. The groundwork and preparation for it in terms of planning and development, however, took place more than a century ago. The worldwide economic, social and political changes in the late nineteenth century contributed to Siam's decision to adapt herself in order to avoid being colonized by the Western powers ("Siam" became "Thailand" in the year 1939). Thus King Chulalongkorn (Rama V) has royal policy to strengthen and improve government so that the country could successfully resist the tide of colonialism. One of the major parts of the policy, which would later prove to be deep-rooted and highly effective, was to improve the Siamese educational system so as to produce capable personnel to work in both the public and private sectors. When it was first founded, the university had 380 students taking

classes in four faculties which were located in 2 campuses. From 1934 to 1958, the university emphasized improvement of undergraduate education; thus more faculties were established. In 1961 the university set up the Graduate School to be responsible for graduate level education. From 1962, the university started to focus on graduate education and began to set up research centers and institutes.

My job description is doing research and advising student. Now, I am running three projects (Thailand Research Fund, Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund of Chulalongkorn University, and National Research University Project, Office of Higher Education Commission), and advising 1 doctoral, 1 master, and some internship undergraduate students. My research projects are now related to the prediction of novel materials using CALYPSO approach in combined with Vienna ab initio simulation package (VASP), hard composite coatings by electrodeposition, carbon and nano oxides for energy conversion and storage.

❖ (株) エステック技術部

エンジニア 宮内 新

私は 2013 年 3 月まで愛媛大学の亀山真典准教授の下で、「地球型惑星のマントル構成物質物性がマントル対流の形成に与える影響」について研究を行いました。研究成果は博士論文ほか国際論文二編にまとめ、同年 4 月からは横浜にあるエステックという企業にて技術コンサルティングという仕事をしています。

GRC ニュースレター読者様方は技術コンサルティングという仕事になじみがないかもしれません。弊社で行っている技術コンサルティングでは、メーカー等のお客様が直面している・もしくは潜在的に存在している様々な技術的課題の解決をお手伝いしています。

私達の仕事は、お客様も気づいていないような重要な課題やその本質的原因を発見し、それに対して最良の解決策を示せるかによってその価値が決まります。研究も同様で、多くの課題や未解決問題がある中、より重要でより良い解決方法を示すことが研究の価値を高めるのだと思います。その意味では技術コンサルティングと研究とは似通った仕事と言えるのかもしれません。

さて、以下では私が担当した仕事 2 件をご紹介します。近況報告に代えさせていただきたいと存じます。お客様の都合上、具体的な内容については記載できませんが、産業界にも地球科学に負けないチャレンジングな課題が沢山あるのだという様子

が伝われば幸いです。

まず 1 件目は、ある工業製品の振動・騒音メカニズム解明と予測ツールの開発についてご紹介いたします。このお客様は、新しい機械部分を使用して製品の性能を大きく向上させましたが、稼働時の振動・騒音がひどく実用化できませんでした。そのため弊社に振動の改善とメカニズムの解明をご依頼されました。この業務ではシミュレーションによる予測と理論的な予測モデルの構築という 2 つの軸から検討を行い、振動発生の主要なメカニズムの解明と発生する振動・騒音の予測を行う計算ツールの開発を行いました。計算ツールは現在、お客様の設計・開発段階で使用されています。

2 件目は、ある加工機械の動作時における変形量予測手法開発についてご紹介いたします。このお客様の販売されている加工機械では、動作時に発生する空気の流れによって、加工品が数十マイクロンほど変形して残留応力が発生していました。この変形量を予測し、次世代機の設計に生かしたいというご要望でした。この業務では、機構解析モデル（機械の運動を解く）と流体の運動方程式（空気の流れを解く）を連成し、機械の運動に伴う空気の流れを予測する手法を開発しました。この業務は現在も進行中で、機械全体+空気という計算負荷の高い対象物を、いかに簡略化してシミュレーション可能にするかという問題に取り組んでいます。



最新の研究紹介

❖ 蛇紋石の弾性軟化現象

蛇紋石の中の多形の 1 つである antigorite は高温高压下で安定な相であり、沈み込むスラブに伴って水を地球深部に輸送する重要な含水相の 1 つと考えられます。したがってこの相の熱弾性的性質を明らかにすることは、高温高压下での密度や弾性的振る舞い、さらに相平衡境界を熱力学的に計算する上で重要となります。現在までに室温下での圧縮特性についてはいくつかの報告があり、特に最近の室温圧縮実験により 6-7 GPa での弾性

軟化現象の存在が指摘されました (Nestola et al., 2010)。この現象は Bezacier et al. (2013) において Brillouin 散乱法でも確かめられ、相転移現象と述べられるとともに、200°C までその存在が確認されました。しかしながら、6-7 GPa (~200 km) 付近でのスラブの温度は 200°C よりも低いとは考えにくく、さらに高温下での振る舞いを明らかにする必要があります。我々は、特にこの現象の高温高压下での存在にターゲットを絞って研究に取り組みました。高温高压 X 線回折実験は高エネルギー加速器研究機構の PF-AR NE5C ビームラインで行いました。実験で得られた結果を 2 次のバーチ・マーナガン状態方程式でフィッティングした結果を図 1 に示します。

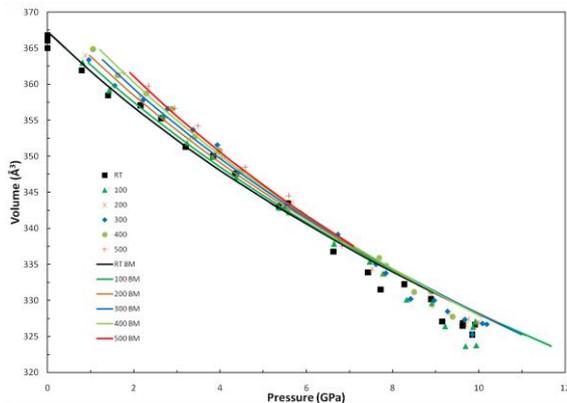


図 1 antigorite の PVT データと高温バーチマーナガン状態方程式でのフィッティング

室温での結果は今までの報告されている Hilaireret et al. (2006) や Nestola et al. (2010) と極めてよく一致することを確認しました。圧縮特性は約 7 GPa 付近で変化が見られ、~7 GPa までの体積弾性率は $K_0=65$ (3) GPa でした。一方、高温下でのデータは今回初めて得られたものであり、高温下でもこの弾性軟化現象が顕著にみられることがわかりました。図 2 にはこの圧縮特性の変化を軸圧縮から見た図を示します。c 軸方向の

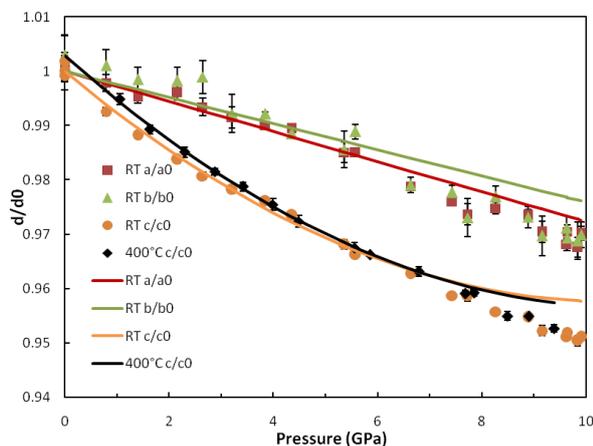


図 2 antigorite の軸圧縮特性

縮み量が大きく、それゆえに非線形な縮み方をしている様子がわかります。また c 軸では ~7 GPa 付近で顕著に弾性軟化を示す一方、a 軸及び b 軸は縮み量が少なく、軸圧縮率の比は $\beta_a : \beta_b : \beta_c = 1.15 : 1.00 : 3.33$ という結果を得ました。また高温下 400°C でも c 軸の弾性軟化が顕著な様子がわかりました。ちなみに、この弾性軟化現象は他の蛇紋石の多形 lizardite にも存在することが第一原理計算から示されており (Mookherjee and Stixrude, 2009; Tsuchiya, 2013)、他の含水相でも見られるようです。我々は緑泥石でもこの現象を見出しています (末次, 愛媛大学修士論文)。

この弾性軟化現象は高温下でも起こるので、沈み込むスラブ内で起こっている可能性があります。例えば ~9 GPa, ~400°C の低温スラブ (Syracuse et al., 2010) を想定した場合、この条件は antigorite の安定領域外ですが、カインテイクスの影響により antigorite は準安定的に存在可能です (Inoue et al., 2009)。したがって低温の沈み込むスラブ内でこの相転移現象が起こっている可能性があり、スラブダイナミクスへの影響や地震発生との関連性などが予測されます。今後、スラブの地震観測結果と比較して、その関連性を検討していく必要があります。(井上 徹)

(文献) Yang, C. Inoue, T. Yamada, A., Kikegawa, T., Ando, J. (2014) Equation of state and phase transition of antigorite under high pressure and high temperature, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 228, 56-62.

❖ オスミウム蒸着膜を用いた EDS 軽元素定量

電子線マイクロプローブ法による化学組成分析は、地球科学分野のみならず、生命科学や工学分野においても、試料観察や材料評価に広く利用されています。近年の半導体 (EDS) 検出器の性能向上は目覚ましく、熟練ユーザーでなくとも簡単に高精度の元素定量を行うことができます。岩石や鉱物などの非導電体の電子顕微鏡観察では、試料表面を導電性物質で覆う必要があります。一般には炭素や金などのコーティング材が用いられます。近年、第三のコーティング材としてオスミウム (Os) が注目されており、複雑な凹凸組織や高分解能像観察に特に有効であるとされています。当センターにおいても、メイワフォーシス製の Os コーターを 3 年前に導入し、主に EBSD 分析用試料の表面蒸着や凹凸の多い試料の組織観察に活用しています。Os 蒸着は、霧状の Os ガスソースから化学気相成長法によっておこなうため、膜厚の正確なコントロールが可能で、極めて薄い蒸着層が得られます。最近、この Os 蒸着の利点を生かし、EDS 元素定量分析 (特に軽元素の定量) への応用について検討を進めてきたので、その成果をご紹介します。まず、従来の炭素蒸着試料を用いた定量分析結果と比較するため、主要な造岩珪酸塩鉱物および酸

元素	C蒸着	Os蒸着	標準値
Al	52.66(12)	52.74(10)	52.93
O	44.94(17)	47.47(25)	47.07
Total	97.60(17)	100.21(28)	100.00

表 1. Corundum (Al₂O₃) の全元素定量結果

化鉍物について、鏡面研磨後、厚さ 5 nm の Os 蒸着を施し、FE-SEM 下において EDS 分析をおこないました。各元素の定量校正には、同様の処理を施した標準試料を用いています。定量結果は良好で、炭素蒸着を用いた場合と比較しても遜色のない、信頼性の高い値が得られました。嬉しい誤算(?) は、酸素濃度を極めて正確に求められる点でした。EDS 分析では、通常、各元素濃度を SiO₂ や Al₂O₃ などの酸化物の形で求めます(特性 X 線の強度より各陽イオン濃度を決定し、それに見合う量の酸素を付加します、つまり酸素濃度自身は定量しません)が、全元素定量とって、元素単体の濃度を個別に求めることも可能です。全元素定量をおこなった場合、炭素蒸着では酸素濃度が理想値よりも 2-3 wt% 低く見積もられるのに対して、Os 蒸着ではほぼ理想通りの値が得られました(表 1)。これには、炭素蒸着膜の厚さ見積もりの不確定性が関係しています。試料内部より発生した X 線の吸収は、原子番号の大きな Os の方が C に比べ大きいものの、膜厚コントロールと厚さの正確な見積もりが難しい炭素蒸着の場合、定量計算時に補正する膜厚と真の膜厚値の間にずれが生じやすくなります。このずれは、吸収されやすい低エネルギー X 線を発生させる軽元素ほど大きく影響し、酸素濃度では数 wt% の定量誤差が生じる原因となります(図 1)。酸素濃度を正確に定量できることのメリットは大きく、例えば、酸化状態の異なる Fe を含む試料において、それぞれの量比を見積もったり、含水鉍物中の水素濃度を“トータル欠

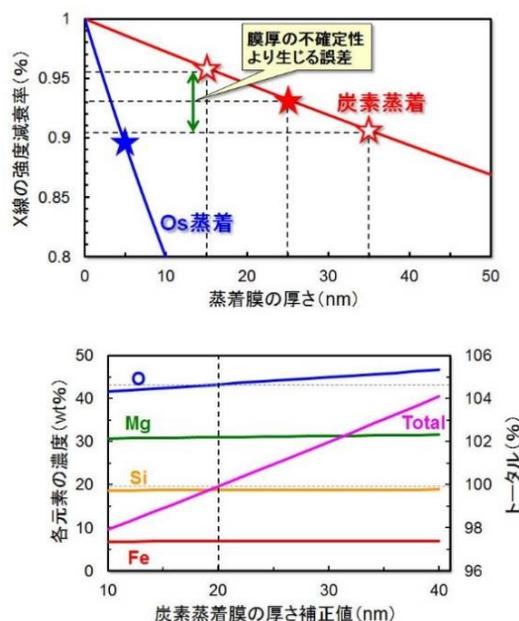


図 1. 蒸着膜の厚さと X 線の吸収効果 (上)、炭素蒸着の膜厚不確定性が定着値へ及ぼす影響 (下)

損分”として推定したりできます。実際、磁鉄鉍 (Fe²⁺Fe³⁺₂O₄) で正しい Fe²⁺, Fe³⁺濃度が求まること、および、蛇紋石 (Mg₃Si₂O₅(OH)₄) の含水量が従来の H₂O 成分としてトータル欠損から求める方法に比べて正確に求められることが分かり、その有効性を確認しました。さらに、従来の炭素蒸着では困難であった炭素 (C) や窒素 (N) の正確な定量も Os 蒸着では可能で、有機化合物の組成分析などにも応用できることが分かりました。

以上のように良いことづくめの Os 蒸着ですが、蒸着時にガスソースとして用いる四酸化オスミウム (OsO₄) は毒性が強いため、取り扱いには多少の注意が必要です。現在、私の研究室やその周辺では、本手法をルーチンのように用いつつあり、高压実験からの回収試料に関しても化学分析の幅を広げられると期待しています。(大藤 弘明)

共同利用・共同研究拠点 (PRIUS)

❖ 平成 26 年度 PRIUS 申請課題採択

平成 25 年 4 月に共同利用・共同研究拠点として認定された PRIUS は、本年 1 月末を期限として平成 26 年度の課題申請を受け付け、外部委員も含めた協議会において採択課題を決定しました。合計 80 件程度の課題が採択されましたが、その後も課題の受け入れは随時行っており、平成 26 年 5 月の段階で合計 87 件 (うち海外から 32 件) の課題が採択されています。平成 25 年度に試行的に行っ

た課題募集では約 70 件の課題が集まりましたが、本格的に事業を開始した本年度はこれを更に 20 件ほど上回り、最終的には 90 件程度に上るものと思われま。これは当初の想定 (年間 40-50 件) の 2 倍近くに相当し、PRIUS への国内外の研究者からの大きな期待と要望の表れと言えます。

❖ PRIUS 利用者の声

私は入船教授のグループのもとで多結晶 cBN の

合成についての研究を行っています。cBN は地上ダイヤモンドに次いで硬く、ダイヤモンドよりはるかに高い耐熱性・化学的安定性を有するため、ダイヤモンド工具の適用が難しい鉄鋼材料の切削・研削用工具として重要です。新しい cBN の合成は、これら機械加工の高精度化・高能率化を図る上で極めて重要であると期待されます。

GRC にお世話になりまだ間がありませんが、教員、研究員、学生の皆さんが生き生きと研究に取り組んでいる姿に驚きました。教員と学生、研究員と学生などいろいろな組み合わせがあり、それぞれが一体となって活発に議論し研究している光景が見られ、またふと隣を見ると教授の先生が学生と顕微鏡を覗きながら議論しているところにも

しばしば遭遇しました。このように、教育と研究の両輪が見事に機能しており、このことが GRC における偉大な研究成果を生み出す源になっているのであらうと感じました。

GRC に来て以来、多くの方にお会いすることができ、多くの新しい出来事に出会い、毎日が感動の日々でした。ますます長く滞在したいという気持ちが強くなっています。懇切にご指導いただいております入船先生、井上先生、藤野先生、大藤先生、新名先生、國本研究員、磯部研究員をはじめ、温かく迎えていただいた GRC スタッフの皆様 に心より感謝申し上げます。

(CBN&D ナノ加工研究所所長・宇都宮大学名誉教授 市田良夫)

WPIサテライト拠点 (ELSI-ES)

❖ 愛媛県総合科学博物館で講演会



東京工業大学の同窓会である蔵前工業会及び同愛媛支部の主催による一般向け講演会「地球の奥深くを探索しよう」が、3月29日(土)に愛媛県新居浜市の愛媛県立総合科学博物館多目的ホールで開催されました。講演会では ELSI-ES 拠点長の入船徹男 GRC 教授が「地底旅行と地球の内部」、また ELSI 主任研究員の高井研 JAMSTEC プログラムディレクターが講演を行いました。入船 PI は地球深部の構造や運動をわかりやすく解説するとともに、GRC で開発されたヒメダイヤについて話し、また高井 PI は深海における生命探索活動の現状について、中継動画も含めてリアルに説明し、200名程度の聴衆が熱心に聞き入りました。

❖ 新含水相 Phase H の発見と結晶構造の解明

ELSI-ES の西真之研究員、入船徹男 GRC 教授、土屋旬 GRC 准教授、丹下慶範 GRC 助教を中心とするグループによる研究論文が、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压実験技術・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压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予測されていましたが、今回の発見はその理論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。また、発表後フィレンツェ大学の Luca Bindi 教授と西研究員、土屋准教授、入船教授は Phase H の構造を単結晶構造解析法により解明し、結果が Am. Mineral. 誌の Letter section に発表されました。

❖ GRC における ELSI 固体地球科学 G の会合

ELSI-ES の若手メンバーを中心に、ELSI 及び GRC で定期的に固体地球科学分野のセミナーを行っていますが、5月15日には ELSI の John Hernlund 教授と Christine Houser 研究員が GRC を訪れ、ELSI-ES 構成メンバーとともに今後の研究の進め方について議論を行いました。また、Hernlund 教授は海外から GRC を訪れた著名研究者による「GRC 国際フロンティアセミナー」の記念すべき 50 回目の講演者として、“The legacy of Earth-Moon formation for Earth’s internal evolution and present day structure” と題する講演を行いました。

.....

編集後記：STAP 劇場は、我が国の科学にまつわる様々な情景を見せてくれました。どのように幕が閉じるのか、まだまだ目が離せません。(T. I. & Y. M.)

.....

