

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:
 - GRC准教授・研究員着任
 - GRCが「共同利用・共同研究拠点」に認定
 - GRC連携先等に学長より感謝状
 - JpGU スペシャルレクチャー
 - WPI キックオフシンポジウム
 - Nature Communications に成果発表
 - GCOE+TANDEM シンポジウム開催
 - GCOE「地球深部物質学」終了
- ◆ ジオダイナミクスセミナー
- ◆ 新人紹介
- ◆ 海外出張報告
- ◆ ALUMNI レポート No. 1 New
- ◆ 最新の研究紹介
- ◆ センター機器紹介No. 22

◆ センター長あいさつ ◆



入船 徹男

今年の桜は開花が早く、ほとんど桜が散った後の花見となりました。花吹雪が終わった後の花見とい

うのは初めてでしたが、準備してくれた学生さんの一人が言った「桜は散ってもみんなが花であり蕾です、それを楽しんでください」、という言葉が心に残りました。折しも5年近くにわたる「グローバル COE」が3月末に終了し、このプログラムを通じて痛感したことは、「人」が一番大切だということだったからです。

GRC は研究重点のセンターであり、全学的にもこの点での貢献が期待されることは当然です。とはいえ私は、全員が世界レベルの研究者である必要はないと思っています。大学の組織としては、研究とともに、教育・管理運営また社会への貢献も大事です。各人が自分の役割を自覚する一方で、教員・研究員のみならず事務系・技術系を含め、他人が果たしている役割を正當に評価し、敬意を払うことが重要と考えています。良い人材とともに、良い人間関係があつてこそ、個人・組織としての力が最大限に発揮できます。

人といえば、桜もほぼ散ってしまった4月半ば、大変残念な知らせがありました。GRC を陰から支えてくれた野本壮一（新興工機）氏が、突然お亡くなりになったことです。OB 会会長をしている本学野球部の遠征先でのことでした。

野本さんには、GRC ができるずっと前から色々お手伝いいただきました。新しい超硬合金アンビル材の開発や、各種冶具・試料ステージの作製など、我々の様々な無理難題にに応じてくれました。特に15年ほど前、De Beers 社が焼結ダイヤモンドアンビルから突然手をひくことになったとき、その代替品の開発・製品化に奔走していただきました。その後、マルチアンビル装置の圧力限界が大幅に拡大されたのも、野本さんの存在が大きかったと思っています。

本学に限らず日本の大学、特に地方大学の自然科学分野が欧米の大学に比べて見劣りする点の一つは、技術室の不備と技術系職員の不足です。一方で、以前から民間技術の海外移転・空洞化が問題になっていますが、地方には高い技術を持つ企業もまだまだ多くあります。愛媛大に赴任した20年あまり前、このような地方の資源をうまく利用しつつ、地方大の弱点を補うことができないかと考えました。野本さんと出会うことによりこれが実現され、GRC の基盤作りに大きく貢献していただいたと感じています。

一方で野本さんは、本学出身で野球部 OB 会会長等の要職を務められてきました。愛媛大学野球部が、全日本大学野球選手権全国大会に出場した2008年度の主力選手を始め、これまで少なくない

GRC も発足以来 12 年となり、すでに数十名の教員・研究員や、100 名を越える学生が巣立ち、国内外において活躍しています。これらの「卒業生」の多くの方々には、今日の GRC の基盤作りにおいて大きな貢献をしていただきました。その重要なお一人ともいえる野本さんのご冥福を祈りつつ、今後も人と人間関係を大切にすることを念頭に置きながら、GRC の新たな発展を期したいと思います。

(H25. 4. 1現在)

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) (H25. 4. 1～)
國本健広 (特定研究員) (H25. 4. 1～)
磯部太志 (特定研究員) (H25. 4. 1～)
西 真之 (学振特別研究員)
飯塚理子 (学振特別研究員) (H25. 4. 1～)

土屋卓久（教 授）
 亀山真典（准教授）
 土屋 旬（准教授）（H25. 4. 1～）
 出倉春彦（助 教）
 市川浩樹（WPI研究員）（H25. 4. 1～）
 王 賢龍（学振外国人特別研究員）
 （H25. 4. 1～）

井上 徹 (教 授)
西原 遊 (准教授) (H25. 4. 1~)
木村正樹 (助 教)
境 毅 (助 教)

平井寿子 (特命教授) (H25. 4. 1～)
八木健彦 (特命教授)
桑山靖弘 (助 教)
木村友亮 (特定研究員) (H25. 4. 1～)

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（技術専門員）
河田重栄（技術補佐員）

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（JASRI利用促進部門 副主幹研究員）

柳原正幸	(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)
瀧崎員弘	(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	(理工学研究科准教授)
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)

遊佐 齊 (物質・材料研究機構物質ラボ主幹研究員)

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)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（九州大学理学研究科教授）
 加藤 工（九州大学理学研究科教授）
 金嶋 聡（九州大学理学研究科教授）
 久保友明（九州大学理学研究科准教授）
 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）（H25. 4. 1〜）
 外山廣子（再雇用事務補佐員）
 加藤智恵子（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 ⬅

❖ GRC 准教授・研究員着任

4 月 1 日付で、西原遊准教授（物性測定部門）と土屋旬准教授（数値計算部門）が愛媛大学上級研究員センター上級研究員から昇任、GRC に配置換えになりました。両氏はテニュアトラックの審査に合格（6 名中 5 名）し、愛媛大学における初めてのテニュアトラックを経た教員となります。また、以下の方々が新たに GRC 関連の研究員として採用されています：Xianlong Wang 学振研究員（前 COE 研究員）、飯塚理子学振研究員（前東大機関研究員）、市川浩樹 WPI 研究員（前 COE 助教）、Steeve Gréaux WPI 研究員（前 COE 助教）、木村友亮研究機関研究員（前 COE 研究員）、國本健広プロジェクト研究員（前 JASRI 研究員）、磯部太志プロジェクト研究員（前理工学研究科博士課程学生）。

❖ GRC が「共同利用・共同研究拠点」に認定

GRC では、グローバル COE や大型科学研究費を通じて、また愛媛大学からの支援などにより達成された研究基盤をもとに、国内外の研究者との共同研究を促進するため、「共同利用・共同研究拠点」

化を申請していました。3 月に文科省においてヒアリングがおこなわれましたが、この結果拠点として認定されたとの通知が、4 月 23 日付で文部科学大臣名で届きました。拠点名は「先進超高压科学拠点」（Premier Research Institute for Ultrahigh-pressure Science; PRIUS）で、GRC の超高压装置群や高度な実験・数値計算技術に基づき、超高压関連分野の国内外の研究者との共同研究を一層促進する予定です。

❖ GRC 連携先等に学長より感謝状



GRC は 8 つの海外研究機関と部局間学術交流協定を締結していますが、この 3 月にこのうち 6 つの提携が終了になりました。3 月初めに愛媛大学でおこなわれた国際シンポジウムにおいて、これらの協定先の代表者等が集まり、主要研究者が異動したエコールノルマル高等研究教育機関を除き、5 つの機関と更に 5 年間の協定延長をおこないました。この機会にこれらの協定先を含め、以下の研究者を改装直後の学長室に招き、柳澤学長から感謝状や記念品が贈呈され、GRC の研究活動や人材育成に対する多大な貢献に謝意が表されました。贈呈されたのは、以下の方々です。ストーニーブルック大学 R. C. Liebermann 教授（前全米高压地球科学コンソーシアム長）、オーストラリア国立大学 I. Jackson 教授（地球科学研究所所長・オーストラリア科学アカデミー会員・元 GRC 客員教授）、エール大学唐戸俊一郎教授（日本学士院賞受賞者）、シカゴ大学 Yanbin Wang 博士（アルゴンヌ先進放射光実験施設 GSECARS ビームライン責任者）、H. K. Mao 博士（カーネギー地球物理学研究所研究員）、バイロイト大学桂智男教授（地球科学研究所所長）、中国地質大学 Z. Jin 教授（国家重点研究所前所長・中国科学アカデミー会員）、グルノーブル大学 B. Fabrice 博士（CNRS 研究員）、東工大廣瀬敬教授（地球生命研究所所長）、ノースウエスタン大学 C. Bina 教授（元 GRC 客員教授）。

❖ JpGU スペシャルレクチャー

毎年幕張で開催されている地球科学関連の国内最大の会議、日本地球惑星科学連合（JpGU）では 6 日間の会期中の昼に一般向けの特別講演（スベ

シャルレクチャー)を毎日各分野から1名選考して開催しています。5月19日～24日に開催される今回の大会では、22日(水)に固体地球科学分野のスペシャルレクチャーとして、入船センター長が「ヒメダイヤモンド：高圧地球科学のスピンオフ」と題して講演をおこなう予定です(12:00-12:40)。講演では2003年にネイチャー誌に発表されたナノ多結晶ダイヤモンド(ヒメダイヤ)の開発過程や、現状、また今後の応用などについて一般向けに話をする予定です。

❖ WPI キックオフシンポジウム

廣瀬敬東工大教授をリーダーとして昨年発足した、世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)「地球生命研究所:Earth-Life Science Institute, ELSI」のキックオフシンポジウムが2013年3月28～30日に東工大で開催されました。シンポジウムに先立って祝賀会が開催され、東工大学長や文科省・JST等の代表者の挨拶に続き、柳澤康信愛媛大学学長がサテライト機関を代表して祝辞を述べました。愛媛大学はハーバード大学・プリンストン高等研とともに、国内では唯一ELSIのサテライトとなっており、PIである入船センター長による愛媛サテライト(ELSI-ES)の今後の方針についての講演とともに、ELSI-ES関係者や八木健彦特命教授など9名がシンポジウムに参加しました。

❖ Nature Communicationsに成果発表

東北大学の菅谷栄治教授・宮原正明助教、および現GRCの境毅助教らの研究グループは、地球上に落下した隕石から超高压環境でのみ生成するシリカの超高压相(ザイフェルタイト)を発見しました。この隕石は月から飛来したもので、27億年前に月に小天体が衝突した時にザイフェルタイトが生成しました。その際には40万気圧以上の超高压環境が月表層で発生しました。月では38-41億年前に無数の集中的な隕石衝突が起きていたことが推測されていますが、今回の発見はそうした激しい隕石衝突が月で27億年前頃まで続いていた可能性を示唆するものです。また、月のすぐ隣に位置する地球にも同様の激しい隕石衝突が起き、進化しつつあった地球の原始生命圏に影響を与えた可能性もあります。本研究の成果は2013年4月24日(日本時間)に英国科学雑誌「Nature Communications」にてオンライン公開されました。

❖ GCOE+TANDEM シンポジウム開催

2013年3月4～6日に愛媛大学において、第3回目となるグローバルCOE「地球深部物質学」と、アジアにおける地球深部科学の連携組織「TANDEM」共催のシンポジウムが開催され、国内外の研究者100名あまりが参加しました。シンポジウムでは、

GRCの土屋卓久教授をはじめ、Ian Jackson オーストラリア国立大地球科学研究所長、Dave Mao カーネギー地球物理研究所研究員など6件の基調講演のほか、桂智男バイロイト大学地球科学研究所長などによる招待講演がおこなわれました。また、GCOE最後を締めくくるイベントとして、外部評価委員による活動評価や管理委員会が行われるとともに、GCOE打ち上げを兼ねたバンケットが開催されました。



❖ GCOE「地球深部物質学」終了

GRCを中核として、東京大学・SPRING-8・ストーニーブルック大学と連携し、平成20年度～24年度実施されたグローバルCOEプログラム「地球深部物質学拠点」が、3月末に無事終了しました。この間先端的研究とともに、若手研究者(PD・DC)の育成に取り組み、その大部分が新たな研究職に就くなど、多くの成果をあげることができました。中間評価もAと高い評価をいただきましたが、今後詳細な終了報告書の作成に取りかかることとなります。GCOEの成果を基盤に、GRCではWPI「地球生命研究所」のサテライト活動などを中心として引き続き先端研究に取り組みます。また、新たに理工学研究科に設置された「先端科学特別コース」を核に、「卓越した大学院」プログラムの応募などにより研究者を中心とした人材育成に取り組みます。更に、GRCの共同利用・共同研究拠点の認定を受け、国内外における共同研究拠点としての機能アップも目指す予定です。



◆ ジオダイナミクスセミナー ◆

❖ 今後の予定(詳細はHPをご参照下さい)

5月

5/10 “Equation of state of hydrous phase A, $\text{Mg}_7\text{Si}_2\text{O}_8(\text{OH})_6$ under high pressure and high temperature”

Cuiping Yang (Ph.D. student, Ehime University)

5/17 “The role of mineral phase transition during high pressure faulting”

Dr. Alexandre Schubnel (Research

Associate, CNRS, Ecole Normale Supérieure Paris)

- 5/31 “Deformation of olivine and its implications for seismic anisotropy in Earth’s upper mantle”
Dr. Tomohiro Ohuchi (Assistant Professor, GRC)

6 月

- 6/7 “Structural study on carbon nitride with hydrogen-free starting material”
Yohei Kojima (Ph.D. student, Ehime University)

- 6/14 “Anisotropy in the Earth’s inner core”
Dr. Yasuhiro Kuwayama (Assistant Professor, GRC)

- 6/21 “Stability fields of dense hydrous magnesium silicates in the lower mantle”
Dr. Masayuki Nishi (JSPS Postdoctoral Fellow, GRC)

- 6/28 “Ab initio transport properties of minerals under high pressure and temperature”
Dr. Haruhiko Dekura (Assistant Professor, GRC)

7 月

- 7/5 “Next-generation in situ high-pressure techniques using high-power laser and XFEL: Toward femtosecond/terapascal regime”
Dr. Yoshinori Tange (Assistant Professor, GRC)

- 7/12 “Synthesis and the thermal elasticity study of garnets along pyrope-majorite join”
Zhaodong Liu (Ph.D. student, Ehime University)

“Thermal equation of state of lawsonite”
Nao Cai (Ph.D. student, Ehime University)

- 7/19 “Thermal convection of highly compressible fluids with depth-dependent physical properties: Implications for the mantle convection of super-Earths”
Dr. Masanori Kameyama (Associate Professor, GRC)

- 7/26 “Orientational ordering of guest molecules in methane hydrate at low temperatures

and high pressures”

Dr. Hisako Hirai (Distinguished Professor, GRC)

❖ 過去の講演

- 第349回 “Post-GCOE programs and recent advances in synthesis and applications of NPD”

Dr. Tetsuo Irifune (Professor & Director, GRC) 8 February 2013

- 第350回 “Melting, hydrogen, severe plastic deformation – some possible links in the properties of metals”

Dr. Yuh Fukai (Institute of Industrial Science, The University of Tokyo) 22 February 2013

- 第351回 “Crystallization and microtexture development of diamonds through the phase transition from graphite and related carbons”

Dr. Hiroaki Ohfuchi (Associate Professor, GRC) 1 March 2013

- 第352回 “Ab initio computation on the Fe L-edge X-ray emission spectroscopy of Fe-bearing MgSiO₃ perovskite under High Pressure”

Dr. Xianlong Wang (Global COE Postdoctoral Fellow, GRC) 8 March 2013

- 第353回 “First principles investigations of hydrous phases under pressure: Implications for the transportation of water into the Earth’s deep interior”

Dr. Jun Tsuchiya (Associate Professor, GRC) 12 April 2013

- 第354回 “High-pressure phase transitions in MgCr₂O₄ up to 34 GPa”

Dr. Takehiro Kunimoto (Postdoctoral Fellow, GRC)

“Sound velocity measurements of MgSiO₃ majorite garnet”

hunyin Zhou (Ph.D. student, Ehime University) 19 April 2013

- 第355回 “Application of HIME-dia for various high-pressure experiments”

Dr. Takehiko Yagi (Distinguished Professor, GRC)

.....

◆ 新人紹介 ◆

國本 健広 (特定研究員)

2013 年 3 月 1 日より GRC の超高压合成部門に特定研究員として着任しました、國本 健広 (Takehiro Kunimoto) です。私は学部から博士の学位を取得するまでの間を愛媛大学 (GRC, 入船研究室) で過ごし、2010 年 3 月から本年 2 月末まで、(公財)高輝度光科学研究センターの利用研究促進部門、構造物性 I グループに所属していました。従って今回の異動によって再び古巣に戻った事になります。JASRI では、大型放射光施設 SPring-8 の高温高压ビームライン (BL04B1) で、川井式マルチアンビル装置 (KMA) を用いた研究推進およびユーザーサポートに従事していました。この度は再び松山の地で生活出来る機会を与えて頂き、大変感謝しております。



少し研究紹介をさせていただきますと、私は学生時代からナノダイヤモンド多結晶 (NPD) のアンビル材への応用を中心に、主にマルチアンビル装置のための技術開発的な研究を行ってきました。特に、川井式マルチアンビル装置の圧力媒体に一对のダイヤモンドアンビルを配置する事によって、マルチアンビルとダイヤモンドアンビル装置の利点を併せ持つ装置 “6-8-2 式マルチアンビル装置” の開発に長く情熱を注いで来ました。その結果、マルチアンビル装置でありながら、最大 125 GPa 程度までの圧力発生に成功し、100 GPa 領域での GeO_2 や $\text{Fe}_{0.944}\text{O}$ の相転移その場観察に成功しています。また、一般的な超硬合金をアンビル材とした高压高温発生技術の開発も行っており、この場合は 35 GPa 近い圧力と 2000°C を超える温度を直径 1.5-2.5 mm, 厚さ 0.5-1.5 mm 程度の大きな試料容積を確保した上で発生させる事に成功しています。

さらに、近年では 1 cm に近い大きな NPD の合成技術が確立されたことに伴い、NPD の 6-6 式や 6-8 式などのアンビル材への応用が可能となっており、そちらへの研究にも係わらせて頂いております。

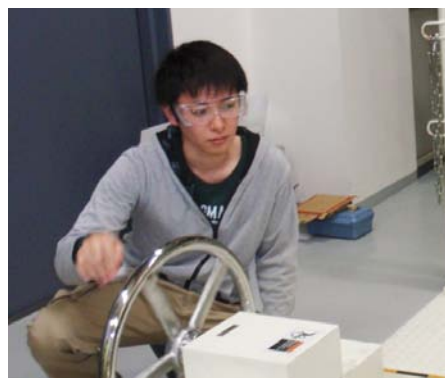
その他にも、マルチアンビル装置のパーツ、例えば圧力媒体やガasket材などに用いられる材料自身の相転移とその高压実験への影響への興味を持ち、マルチアンビル装置の圧力媒体 (Cr 含有 MgO) に含まれる苦土クロム鉱の高温高压相関係に関する研究、あるいは発生圧力の決定方法に疑問を持ち、マルチアンビル装置の圧力定点として用

いられる II-V 族あるいは III-VI 族半導体の圧力誘起金属化と構造相転移に関する研究を進めています。

これからは NPD・新物質合成グループの一員として、大型 NPD の合成と、NPD の高压実験への応用を中心とした研究、外来研究者や学生の皆さんの実験補助、そして放射光実験などを行っていく事になると思います。私はこれまでに超硬もしくは焼結ダイヤモンドアンビルを用いた一般的な KMA による幅広い圧力領域での実験 (TEL1.5 から TEL11 まで) から、6-8-2 式や 6-6 式の様な特殊な加圧方式の実験、さらに SPring-8 での放射光実験と、マルチアンビルというキーワードで括られた様々な実験を経験させて頂きました。微力ではありますが、今後はこれまで培わせて頂いた技術や経験を GRC に還元する事ができればと思います。

GRC 在籍中は SPring-8 での実験に出かけることを “山に籠る” と表現しておりましたが、まさにこの 3 年間、私は街に飲みに出る事も無く山に籠り放射光実験に密着した日々を過ごしてきました。そのためか、夜も明るい松山での生活に今は多少浮かれておりますが、はめを外しすぎないように自制しつつ、先生方、ポスドクの面々、そして学生の皆さんと松山の生活を楽しまれればと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

磯部 太志 (特定研究員)



今年 3 月に愛媛大学で学位を取得し、4 月から特定研究員として GRC でお世話になることになりました。

私は、学部生時代から GRC で開発されたナノ多結晶ダイヤモンド (NPD) に関する研究を続けてきました。NPD は単結晶ダイヤモンドと同等以上の硬さを持ち、さらに単結晶の弱点である劈開性がないという特徴を持っています。また、単結晶ダイヤモンドの場合、大型の試料を合成するには非常に長い時間がかかるのに対し、NPD の合成は試料サイズに関係なく数時間程度で合成できるという利点があります。このような特徴から、NPD は、工業用利用を始め、高压発生に用いるアンビ

それでも、勝手知ったるサンフランシスコ。つかの間ではありましたが、多少は息抜きをすることもできました。4月に来たのは初めてでしたが、ちょうどユニオンスクエアの桜が満開で（写真）、日本ではほとんど散りかけだった花見を再度楽しむことができました。また、夕方着の飛行機が予定より早く着いたので、すぐに中心街のホテルから歩いてフィッシャーマンズワーフまででかけ、夜桜とともに例によって屋台のクラムチャウダーとクラブサンドを楽しみました。

この半年あまりで3回サンフランシスコに行く機会がありましたが、アメリカの国際空港に近い都市としては、ボストンとともに歴史を感じさせるいい街です。坂の多い古い街並みは散歩にもちょうどよく、特にユニオンスクエアからフィッシャーマンズワーフまでの片道30分あまりのコースは、古いアメリカンスタイルからチャイナタウン～イタリア街のコントラストも面白く、ほぼ毎回でかけます。私の好きなオーストラリア映画「渚にて」(On the beach)の重要なシーンの舞台でもあります。是非皆さんもトラムもいいけど、歩いてでかけてみてください。ただしパウエル通りは安全ですが、一歩道を間違えると冷や汗をかくストリートもあるので注意が必要です。(入船徹男)

.....

◆ ALUMNI レポート① New ◆

◆ 九州大学大学院総合理工学研究院エネルギー物質科学部門 准教授 西堀 麻衣子

今から〇〇年前、高校3年生の私は、高校の担任に促されるまま理学部地球科学科の研究室見学に参加しました。そこで外山さんに出していただいたケーキを食べながら、(なぜか)小松先生が熱く語る「自分で作るダイヤモンドの話」を聞きました。それから1年後、「入船研に入る!」という思いを胸に、地球科学科へ入学しました。入船研に配属が決まったときは、大学入試に合格したときよりもうれしかったものです。

私が研究室に配属された当時、入船先生は助教授でした(ちなみに井上先生は博士研究員でした)。研究室に所属する教員・研究員・学生を含めて、毎週土曜日の朝に理学部1階の実験室でゼミを行った後、皆で揃って貧乏通りのお店へランチに行くのが決まりでした。先生方に叱られた後のランチは実に気まずく、学生にとっては地獄です。しかし、今自分が教員になってはじめて、あのランチで先生方は学生をフォローしていたんだ・・・と気づくことができました。

私は修士課程を修了後にSPRING-8/JASRIへ就職し、博士後期課程(DC)へ社会人入学して学位を取得しました。DCで大学へ戻ると、そこには私の知っている「超高压研究室」ではなく、「GRC」

というとてつもなく大きく立派な組織に変わっていました。研究設備も最新・最先端のものが揃っており、とても恵まれた環境だと感じました。と同時に、そこにいる学生さんたちの研究に対する高揚感・研究ができることに対する感謝の念が希薄になっていくような気がして、少し寂しくもありました。



伝説の愛媛大チーム

博士の学位を取得後、私はテクニカルスタッフ、博士研究員を経て、縁あって産業技術総合研究所に入所し機能性無機材料を扱う部門へ配属されました。ここまで来ると、地球科学も、高圧も、これまでの自分のバックグラウンドは全く関係ありません。そこにあるのは、やる気と熱意と覚悟だけです。言うまでもなく、荊の道です。

そんな私が、平成24年4月より、九州大学大学院総合理工学研究院に小さな小さな城を持つことができました。現在はこの小さな城で、「機能性材料の“動的環境下での特性”と“ナノ/メソ/マクロ構造”の相関解明」をキーワードに、機能性材料の開発、その動作条件下での精密な特性分析や局所構造分析の結果を機能性デバイスの開発プロセスへ生かす、実用指向型の基礎研究を進めています。「今そこにある問題の解決」をモットーに、ディーゼル自動車排ガスに含まれる有害成分を除去する技術やその濃度を測定する技術の開発、また、放射光を使った新しい材料評価手法の確立を目指しています。教員としてはまだまだで、教授からの学生指導を通じて暗に私が指導されている毎日ですが、学びの楽しさを改めて感じています。

「荊の道」と前述しましたが、これまで苦勞が絶えず、辛いことがたくさんありました。私の経歴は回り道ばかりで、何が何に繋がっているのが全く見えませんでした。それが今になって、GRCで学んだこと、SPRING-8で知ったこと、産総研で得たことが不思議と絡んでいます。「縁」は大事にしないといけない、歳をとったせい最近特に思います。「自分で作るダイヤモンドの話」を聞いてから〇〇年経過しましたが、私は一度もダイヤモンドを合成したことがありません。いつか合成したい、そういう想いを胸に、今日も私はまた学生

と実験し、議論し、掃除しながらくだらない話をしていることでしょう。

最後に、福岡は何を食べても安くて美味しい素敵な街です。ぜひ遊びにいらしてください。



研究室の学生たち

❖ 四川大学原子与分子物理研究所 准教授 雷 力

Hello GRC! A greeting from 'Lei-san'. It was a great pleasure to meet GRC friends in GCOE-TANDEM 2013 symposium on March this year. I have been a G-COE Postdoctoral fellow at GRC between 2009 and 2012, and I left GRC just one year before. Thanks to the kind help of GRC members during my sky with my family in Matsuyama. After I left GRC, I went back to my former Sichuan University (SCU), being a new principle investigator (PI) at Institute of Atomic and molecule physics (IAMP) in SCU, one of the members of TANDEM. The High Pressure Science and Technology (HPST) Lab. is the largest research group in IAMP. Currently, there are 5 faculties, and nearly 40 graduate students in the Lab. We are carrying out unique high-pressure researches mainly focusing on large volume press (LVP) technology, materials under high pressures, high-pressure physics and chemistry, shock-wave experiments and large-scale molecular dynamics simulations. The HPST Lab. houses a two-stage gas gun,



6×800 ton, 6×1400 ton and 6×2500 ton cubic presses. The domestic cubic press equipped with self-designed 6-8 two-stage system recently enhances the pressure to 35 GPa.

It is a new scientific career and challenge for me to be a new PI in HPST. At present, Lei's group has 3 master course students and 1 undergraduate student. In next semester, another 2 new master students will join my group. Supported by start-up funds of SCU, we are carrying out unique researches mainly on Raman spectroscopy under extreme conditions (Raman Lab. is under construction) and chemical reaction under high pressure.

Similar to *temperature* and *chemical composition*, *pressure* is one of the essential factors that can influence the chemical reaction process. It was generally considered that the advantage of use of high pressure in a chemical reaction fundamentally lies in increasing the surface intimate contact between two reagents, enhancing the collision cross section for reaction, preventing thermal decomposition and volatility of the reagents and products at high temperature. Actually, the effect of pressure on chemical reaction is far more than we understood. In early 2008, I independently discovered a novel high-pressure solid-state metathesis (HPSSM) reaction between BN and LiGaO_2 and produce GaN and LiBO_2 . Subsequently, the HPSSM reaction was successfully extended to other elemental systems. Recently, more than ten kinds of HPSSM reactions between BN and ternary metal oxide ($\text{A}_x\text{M}_y\text{O}_z$, A = alkaline or alkaline-earth metal, M = main group or transition metal) have been found. The striking feature of the chemical routes is that they are based on a solid-state reaction proceeding via the ion exchange between B and M, in which pressure play an essential role in the reaction process. Fig.2 is the typical optical image of metal-ball-like Fe_xN ($x=2.5\sim3.5$) product of a HPSSM reaction.

The HPSSM reveals that *pressure* can open an unexpected ion-exchanged pathway for synthesis reaction. The metathesis reaction is one of four basic chemical reactions (synthesis, decomposition, replacement, and metathesis); however metathesis reaction under high pressure has attached less attention. We believe that HPSSM is just the tip of the iceberg. It can be expected that much more important materials could be synthesized through the proposed HPSSM reaction. It is also possible to access novel materials via

different high-pressure chemistry synthetic strategy.

We are also looking forward to establishing close and sustained collaborations with GRC on any high-pressure related researches and training of young scientists and graduate students.



◆ 最新の研究紹介 ◆

❖ MgSiO_3 ポストペロブスカイト相の状態方程式

太陽系の外にも惑星系が存在することが観測されて以来 18 年が経ち、発見された系外惑星の数は 883 個を数える。NASA の Kepler 宇宙望遠鏡による候補段階のものも含めればその数は 2000 を超えている。この多くは観測されやすい木星クラスの大きな惑星だが、近年では地球の数倍から 10 倍程度の質量をもつスーパーアースも多数発見されるようになってきている。つい先日地球の 1.4 倍の半径を持つ系外惑星 Kepler-62f が、恒星から程よく離れた軌道を持っており、水が液体で存在できる領域（ハビタブルゾーン）に見つかったという報告があった。系外惑星の探査は、ドップラー法、トランジット法、重力マイクロレンズ法および直接撮像など種々あるが、個々の観測法では半径だけあるいは質量だけしか分からない。一方、複数の観測法で確認されれば平均密度が求まる。例えば系外惑星 Corot-7b は、地球の 4.8 倍の質量と 1.8 倍の半径を持ち、平均密度が $5.6 \pm 1.3 \text{ g/cm}^3$ と推定され、地球型の岩石惑星であることが予想されるため注目されている惑星のひとつである (Queloz et al., 2009)。このような天体では、その内部圧力は地球をはるかに凌ぐものとなる。スーパーアースの様な天体の内部構造を議論するためには、数百万気圧領域（マルチメガバール領域）での物質科学、特に主要構成物である珪酸塩や酸化物の状態方程式が必要となる。岩石マントルと金属核からなる地球型惑星の構造は、当然のことながらこれまで地球を中心に考えられてきた。地球マントルの主要構成鉱物である MgSiO_3 ペロブスカイトがマントル最下部の条件で CaIrO_3 型のポストペロブスカイト相へと相転移することが発見 (Murakami et al., 2004) されて以来、ポストペロブスカイト相に関する数多くの実験的・理論的研究がなされてきた。この相は地球では最下部に存在するのみだが、スーパーアースではさらに広い領域で存在することが期待される。しかし上述のスーパーアースの様な天体を想定したマルチメガ

バール領域での実験はなされておらず、内部構造を議論するための基礎物性データが欠乏している。従って、地球型惑星マントルの主要構成物質である MgSiO_3 ポストペロブスカイト相について、スーパーアースの様な系外惑星への適用が可能なマルチメガバール領域の状態方程式の確立を目的として実験を行っている。

出発試料には Mg_2SiO_4 フォルステライトを用い、金 5 wt.% を粉末混合した後ディスク状に圧着し、さらにプラズマスパッタリングによって表面に均質な金コーティングを施した。この試料をダイヤ表面との間の断熱材である MgSiO_3 エンスタタイトガラスとともに対称型ダイヤモンドアンビルセル（以下 DAC）に封入し高圧力を発生した。また DAC 内の試料に Fiber レーザー（ $\lambda=1092\text{nm}$ ）を照射し高温を発生した。ここでレーザーの吸収体は金である。SPRING-8 BL10XU において高温高圧下の試料の X 線回折パターンを取得し、相同定を行った。このとき用いた X 線のエネルギーは約 30 keV であり、回折パターンの取得には IP を用いた。圧力は金の格子体積から決定した (Tsuchiya, 2003)。約 120 GPa, 2500 K での加熱後に CaIrO_3 型のポストペロブスカイト相の生成を確認した。この後、加圧と加熱を繰り返し、290 GPa までの圧力範囲と 300 K 及び 1500–2000 K までの温度条件での体積データの取得に成功した。290 GPa, 300 K での格子定数は $a=2.341(3) \text{ \AA}$, $b=7.570(11) \text{ \AA}$, $c=5.823(3) \text{ \AA}$ で、体積は $103.19(46) \text{ \AA}^3$ であった。この実測された体積は先行研究である Oganov and Ono (2004)、Tsuchiya et al. (2005)、Ono et al. (2006)、Guinot et al. (2007) からの予測値に対して、それぞれ 0.3 %、0.7 %、1.7 %、2.7 % の違いがあった。この違いはもちろん圧力スケールの違いという問題も内包している。今後、マルチメガバール領域でどの圧力スケールが整合的であるのかも議論しながら、スーパーアースの実験的な密度構造モデル構築を目指していきたい。(境毅)

❖ メタンハイドレートの低温高圧相変化

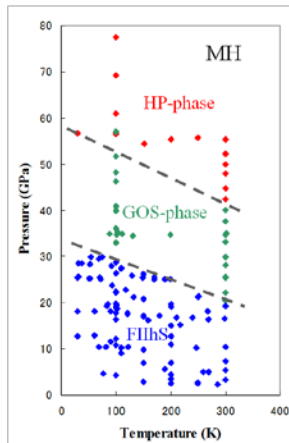
メタンハイドレート（以下 MH と記す）は“燃える氷”とも呼ばれ、次世代のクリーンなエネルギー資源として期待されている。一方、メタンは二酸化炭素より高い温室効果を持つ物質でもある。また、地球外に目を向けると太陽系内外の氷天体の主要な構成成分と考えられている。MH をはじめとするガスハイドレートはいろいろなゲストを包有し多様な構造を形成する。低圧下では水分子の作るかご（ホスト）にゲストが包有されたクラスレート構造をとり、高圧下では氷のフレームワーク（ホスト）の空隙にゲスト分子が満たされたような filled ice 構造をとる。ガスハイドレートの室温高圧下の研究は精力的に進められてきたが、低温下の研究は極めて限られ、水素ハイドレートの 2–3 の研究があるだけで、MH に関して低温高圧下

での相変化は未だ報告されていない。

MH は室温下ではクラスレートの sI 構造をとり、1GPa でクラスレートの sH 構造に、2GPa で filled ice Ih 構造 (FIIhS, 斜方晶) に相変化する。90GPa まで FIIhS の基本構造は存続するが、20GPa でゲストメタン分子の配向秩序化が生じ、40GPa でさらに高压相への構造変化が起きることが報告されている (Hirai et al., 2006, Machida et al., 2006)。配向秩序化とは、ガスハイドレート構造ではゲスト分子は室温低压下ではランダム回転している (配向の無秩序状態) が、その回転が抑制・静止させられ方位が決まること (配向の秩序状態) をいう。ゲスト分子がランダム回転から定方位配向することは一つの相変化である。従来、MH のゲストの秩序化に伴う構造上の変化は捉えられていなかった。最近、水素ハイドレートにおいて、低温高压下でゲストの配向秩序化が生じ、これに誘起された立方晶から正方晶への構造変化が見いだされた。MH においてもゲスト配向秩序化がひろく低温高压領域に広がり、これに伴う何らかの構造上の変化が誘発されることが期待される。そこで、本研究では MH- FIIhS の室温～低温高压下での構造変化を明らかにするため、X 線回折とラマン分光とによって格子定数の精密測定を行い、メタン分子の振動モードを調べた。

低温高压実験は DAC とヘリウム冷凍クライオスタットを用いた。圧力範囲は 2GPa～77GPa、温度範囲は 300K～30K である。X 線回折 (XRD) は SPring-8 と KEK-PF の放射光を用い、ラマン分光は GRC の装置を用いた。

XRD とラマン分光によって、MH は 2GPa 以上の低温高压領域に 3 つの相、FIIhS (ゲスト無秩序状態)、ゲスト秩序状態 (図に GOS と記す)、および、高压相 (HP-phase) が存在することが明らかになった。この相変化は以下のようにして捉えられた。XRD では 300K では 40GPa まで、100K では 57GPa まで FIIhS として指数付けでき、それ以上の圧力では新しい回折線が現れ、これは先に報告した高压相と一致し、高压相が低温領域に広がることが示された。また、FIIhS の格子定数や体積は加圧とともに一様に減少するが、軸比を取ると圧力に対する明瞭な傾きの変化が浮き彫りになった。この傾きの変化する圧力はラマン分光によって観察された配向秩序化の圧力とほぼ一致した。従って、この軸比変化はゲスト分子の配向秩序化によってホスト格子が変形し、斜方晶のフレームワークは保たれるが軸比の変化をもたらしたと考えることができる。水素ハイドレートにおける同様の現象



を考慮すると、ガスハイドレートにおいては高压や低温によってゲストの自由なランダム回転が抑制され、配向秩序化が起きることができると考えられる。高压相については、ひとつには水素結合対称化に関連した変化と推測され、また、他には異なる配向秩序化により生じた相と解釈することもできる。(田中岳彦 (D3))

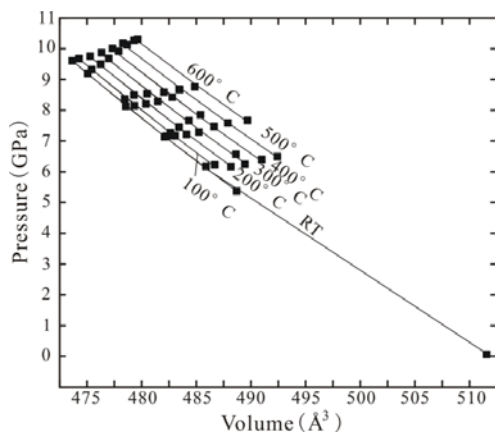
❖ Equation of state of hydrous phase A, $\text{Mg}_7\text{Si}_2\text{O}_8(\text{OH})_6$

Dense hydrous magnesium silicate minerals (DHMS) are important potential water carriers in the deep mantle, where most of the hydrous minerals were dehydrated. Phase A is one of the members in $\text{MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ (MSH) system with the general formula $m\text{Mg}_2\text{SiO}_4 \cdot n\text{Mg}(\text{OH})_2$, and the ideal endmember is $\text{Mg}_7\text{Si}_2\text{O}_8(\text{OH})_6$, with about 12wt% water. It was synthesized first by Scar et al. (1976) and by Ringwood and Major (1976) in the studies of the MSH system at pressures greater than 5GPa. Phase A is a breakdown product of serpentine at high pressure and low temperature condition (Komabayashi et al., 2006). Ohtani et al. (2004) also reported that the serpentine transformed to phase A at depth greater than 180 km (~ 6 GPa) in a cool subduction slab, and phase A is stable to 11 GPa before hydrous phase E becomes the main water carrier in the slab. So phase A is of great interest since it might be a potential water carrier in subduction zone after serpentine dehydrated. Its equation of state (EoS) therefore has been of particular interest.

The EoS of phase A has been determined by using single crystal or powder X-ray diffraction (Crichton and Ross, 2002; Kudoh et al., 2002; Kuribayashi et al., 2003; Pawley et al., 1995; Sanchez-Valle et al., 2006), however, most of them were done at ambient temperature and few information about the thermal expansion (Pawley et al. 1995). Since the importance and uncertainty of the thermodynamic properties of Phase A, we have conducted a study on the high temperature and high pressure EoS of a synthetic Phase A by synchrotron powder diffraction, up to ~ 10 GPa, 500°C.

Fe-free Phase A was synthesized successfully by using mixture powder of MgO , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ and SiO_2 , and it was used for *in situ* X-ray diffraction experiment under high pressure and high temperature at beamline AR-NE7 in photon factory (PF), Tsukuba, Japan. 49 pressure - volume - temperature (P-V-T) data were fitted to a high temperature Birch-Murnaghan equation

of state (see the figure), yielding the values of $V_0 = 511.7(4) \text{ \AA}^3$, $K_0 = 106.4(32) \text{ GPa}$, $K' = 3.6(6)$, $dK/dT = -0.009(6) \text{ GPa / K}$, and thermal expansion $\alpha = 3.73(39) \times 10^{-5} / \text{K}$; for comparing with previous studies, we fixed K' to 6, and got the $V_0 = 512.9(4) \text{ \AA}^3$, $K_0 = 94.1(13) \text{ GPa}$, $dK/dT = -0.019(5) \text{ GPa / K}$, and thermal expansion $\alpha = 4.46(34) \times 10^{-5} / \text{K}$. V_0 is quite consistent with previous studies, while the bulk modulus obtained is much smaller than that reported by Pawley et al. (1995), and consistent with the results from recent studies within uncertainty. dK / dT of phase A was reported independently for the first time. The compressibility of phase A is very anisotropy along a- and c-axis, and a-axis is more compressive than c-axis, which supported previous studies (Holl et al., 2006; Crichton and Ross, 2002). (Cuiping Yang (D3))

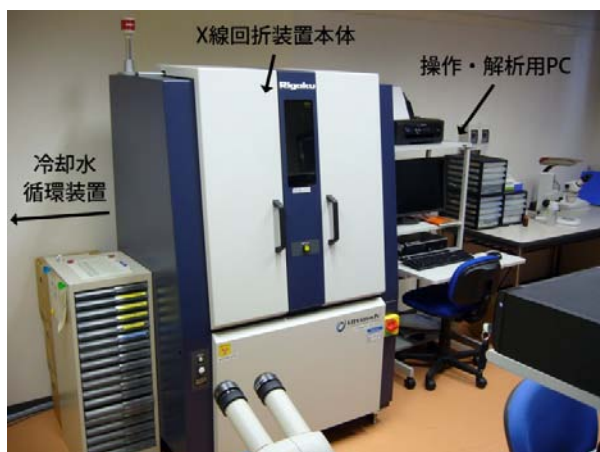


P-V-T data of Phase A with high temperature Birch-Murnaghan equation of state fitting. Solid lines are isothermal compression curves at room temperature (27°C), 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C and 600°C, respectively.

.....

◆ センター機器紹介No. 22 ◆

粉末 X 線回折装置



本装置（リガク社製 Ultima IV）は、高圧実験に用いる出発試料の純度や結晶性の評価や、合成試料のキャラクタリゼーション（鉱物相の同定や結晶構造の精密化など）を行うための機器です。先に導入された微小部 X 線回折装置（リガク社製 RAPID II、ニュースレター No. 35 参照）とともに、昨年故障し、修理不能となったマックス・エンス社製 X 線回折装置 M21X の後継を担います。X 線回折装置本体と冷却水循環装置、および操作・データ解析用の PC より構成されます（写真 1）。微小部 X 線回折装置が、100 ミクロン以下に細く集光した X 線を用いて、試料の局所からの回折線を後方に配置した 2 次元検出器（イメージングプレート）上に記録するのに対して、本装置では、粉末試料の比較的広域（数ミリ四方）に対して X 線を照射し、回折データをゴニオメーターと 1 次元検出器によって収集します。前者は、微小試料（高圧実験の回収試料の大半が相当）の分析や結晶の選択配向や格子歪などの観察に力を発揮するのに対し、後者は、粉末試料や（平坦な面を出した）バルク試料などから精密な回折データを取得することができます。両者を相補的に用いることで多角的な視点からの試料評価が可能となります。

通常使用では、専用のガラス板、もしくは無反射試料板に詰めた粉末試料に対して X 線を照射し、試料からの回折線を検出器で収集して回折角度と回折 X 線強度の関係（回折チャート）を得るというシンプルな流れになります。一般的に使用する集中光学系のほか、多層膜ミラーによる平行ビーム光学系への切り替えも可能で、物質の長周期構造や空孔分布を評価するのに用いる小角散乱法にも対応しています。また、通常の計数管（シンチレーションカウンタ）に加えて、高エネルギー分解能と低ノイズ特性を有する高速 1 次元半導体検出器も備えているのも本装置の特徴です（写真 2）。この高速検出器を用いると、計数管比で約 100 倍の強度のシグナルを収集することができるため、わずか 2～3 分での短時間測定や、微量試料や低結晶性試料の測定も可能です。一方、操作 PC には、測定データの解析用の統合ソフトウェア（PDXL）を備えており、ピークサーチと ICDD（International Center for Diffraction Data）データベースによる鉱物相や類似構造の自動検索をはじめ、リートベルト法による結晶構造の精密化や多相定量解析も簡便に行うことができます。本装置の導入により、高圧実験の出発物質や合成試料のキャラクタリゼーションや結晶構造解析の効率化が図られ、今後の研究の発展に貢献すると期待されます。（大藤 弘明）

.....
編集後記：今回から国内外で活躍中の GRC「卒業生」による、近況報告（ALUMNI レポート）をシリーズでお届けします。（T. I. & Y. M.）。
.....

