

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:
  - 内藤教授が分子科学国際学術賞を受賞
  - 野村助教がドーンボス記念賞を受賞
  - 柿澤翔さんに学生優秀発表賞
  - 川村英彰さんに研究発表優秀賞
  - 柿澤翔さんらの論文がNoted Paperに
  - 土屋旬准教授が附置研会議のインタビューに
  - 第2回GRCイメージコンテスト2018
  - 第6回PRIUSシンポジウム開催
  - 国際NPDシンポジウム (STNPD-2019) 開催
  - 国際レクチャー
  - フロンティアセミナー
- ◆ ジオダイナミクスセミナー
- ◆ 新人紹介
- ◆ 海外出張・国際会議報告
- ◆ インターンシップ報告
- ◆ ALUMNIレポート No. 17
- ◆ 最新の研究紹介
- 先進超高压科学研究拠点 (PRIUS)

もに、式典・祝賀会に参加させていただきました。これに合わせて立派な 50 周年記念誌が発行されましたが、私が 1989 年に理学部に赴任してからほぼ 30 年、また GRC が全学の施設として設立されてからもうすぐ 20 年ということで、私もここに祝辞や GRC の概要について書かせていただきました。

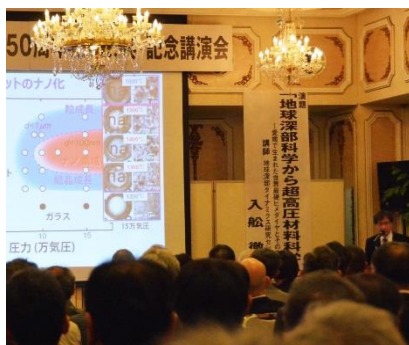
そこでふと思いだしたのですが、だいぶ前にも 50 周年記念誌に駄文を書いたような…。本棚を調べてみると確かに理学部 50 年史という、同様の冊子が 20 年前にも発行されていました。多くの地方大学同様に 1949 年に設立された愛媛大学も、来年が設立 70 周年となります。後者の 50 年史は大学設立当初の文理学部設置から数えて 50 年、今回は文理学部から分離してできた理学部設置後 50 年の記念誌とのことです。

当時の理学部は、私の所属していた地球科学科と生物学科が合体した「生物地球圏科学科」と、「数理科学科」・「物質理学科」の 3 学科体制でした。他の多くの地方大学同様に、博士課程設置に伴いこのような形態の改組が行われましたが、結果的には後に元の 5 学科制に逆戻りして現在にいたっています。理学部は来年度から 1 学科制に改組される予定ですが、祝賀会に参加されていた前々学長の小松正幸先生（当時の理学部長・生物地球圏科学科教授）の挨拶どおり「後のない」、あるいは「もう逆戻りできない」状況かと思われるます。

生物地球圏科学科には生物系の柳澤康信先生（前学長、現岡山理科大学長）も在籍され、当時私と交互に学科長を務めた記憶があります。そのせいもあり、前回の 1999 年発行の記念誌に私も寄稿を依頼されましたが、改めて読み直してみるとなかなか生意気な文章で気恥ずかしい限りです。当時は愛媛大に赴任してちょうど 10 年。完成したばかりの放射光実験施設 SPring-8 で最初の論文を発表するなど、研究成果を華々しく打ち上げていた頃でもあり、「地方にあっても研究のメッカとして各地からの巡礼を受ける研究室づくりを目指したい」と結んでいます。

この直後の 2001 年に、当時の鮎川恭三学長や小松副学長の強力な後押しもあり GRC の設立に至り

## ▶ センター長あいさつ ◀



## 入船 徹男

GRC の母体でもある理学部が愛媛大学に設置されて今年で 50 年ということで、記念講演を依頼されるとと

ました。GRCは順調な発展を遂げ、2008年には「グローバルCOEプログラム」において、地球惑星科学分野の全国3拠点の1つに選出されました。その後も引き続き、柳澤前学長や大橋裕一現学長をはじめとした本学関係者の強いご支援をいただき、5年間のCOEプログラム終了後の2013年には、全国の共同利用・共同研究拠点「先進超高压科学研究拠点(PRIUS)」として認定され、国内外から多くの研究者が集まる拠点として成長を遂げました。上記の20年前の私の目標は、ある意味達成されたといえるかもしれません。

GRCが運用するPRIUSは、今回の法人化第三期の拠点中間評価においても非常に高い評価をいただきました。残念ながら「国際共同利用・共同研究拠点」化には至りませんでした。国内外24の関連学協会長や研究所長各位から、申請にあたり強い支持・支援の声をいただいたのは心強い限りです。関係者の皆様に改めてお礼を申し上げますとともに、今後も超高压科学及び関連分野の国際的拠点として先進的研究の推進を目指しつつ、研究者コミュニティへの貢献や人材育成も重視した活動を進めていきたいと考えています。



## ◆ センターの構成 ◆

(H30.11.1現在)

### ❖ 超高压合成部門

入船徹男(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)  
Nadezda Chertkova (特定研究員)  
Wei Sun (WPI研究員)  
有本岳史(特定研究員)  
Youmo Zhou (特定研究員)  
近藤望(特定研究員)  
木村友亮(学振特別研究員)  
桑原秀治(学振特別研究員)  
門林宏和(学振特別研究員)  
坪川祐美子(学振特別研究員)

### ❖ 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)  
Sebastian Ritterbex(特定研究員)

### ❖ 物性測定部門

井上徹(教授:広島大学兼任)  
河野義生(准教授)(H30.7.1-)

西原遊(准教授)  
境毅(講師)  
木村正樹(助教)

### ❖ 超高压材料科学部門(H30.4.1-)

内藤俊雄(教授:理工学研究科兼任)  
石川史太郎(准教授:理工学研究科兼任)  
松下正史(准教授:理工学研究科兼任)  
山本貴(准教授:理工学研究科兼任)

### ❖ 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)  
白石千容(研究補助員)

### ❖ 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/超高压実験室長)  
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客員共同研究員)  
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

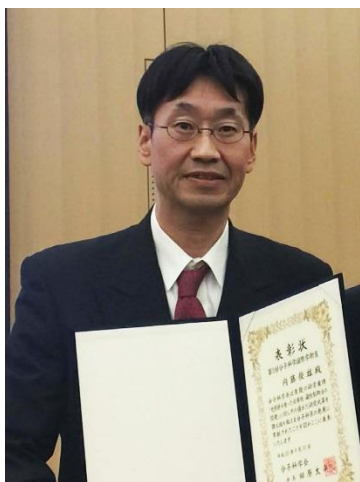
※GRC研究員・GRC客員研究員はPRIUS設置に伴い、委嘱を休止しています。

### ❖ 事務

研究支援課・研究拠点第2チーム  
田窪光(副課長)  
和田まどか(事務職員)  
宮本菜津子(事務補佐員)  
上田瑠美(研究補助員)  
大西梨紗(事務補佐員)  
八城めぐみ(研究補助員)(H30.10.1-)

NEWS & EVENTS

◆ 内藤教授が分子科学国際学術賞を受賞



本年度設置された GRC 超高压材料科学部門の兼任教員である、内藤俊雄教授（理工学研究科）が、「光照射を使った伝導性・磁性制御法の開発」の研究で「第3回分子科学国際学術賞」を受賞しました。

本研究では、本来磁性も伝導性も示さない有機物等の物質に光を当てただけで、瞬時に伝導性・磁性を示す物質を開発しました。伝導性の機能は、電気製品のほか、パソコンや携帯電話などの通信や情報処理に使われており、一方で磁性は磁石のような機能で、情報処理において記憶素子（メモリー）として使われています。

内藤教授の研究によって開拓された機能は、将来の半導体材料として期待される有機物や金属錯体といわれる物質群への付与をはじめ、素子への加工や電気・光・磁気エネルギーの相互変換など、様々な応用が期待されます。

授賞式は、平成30年9月10日に福岡国際会議場にて、第12回分子科学討論会初日の総会後、執り行われました。

◆ 野村助教がドーンボス記念賞を受賞



GRC の野村龍一助教が、カナダ・エドモントン市で2018年7月8日から13日に開催された SEDI の第16回国際シンポジウムで、卓越した若手研究者に贈呈されるドーンボス記念賞 (Doornbos Memorial Prize) を受賞しました。

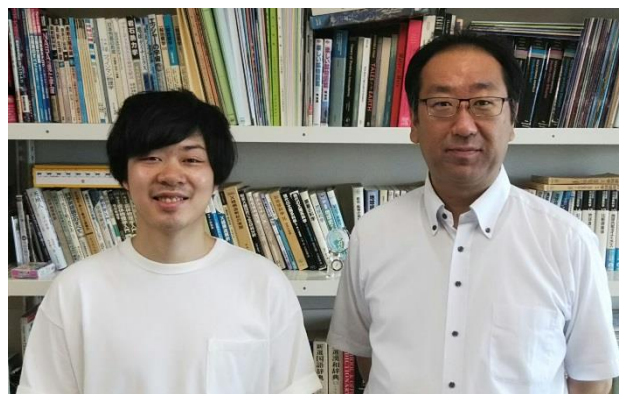
SEDI (Study of the Earth's Deep Interior) は、100年の歴史を持つ国際地球物理学測地学連合 (IUGG: International Union of Geodesy and Geophysics) の地球内部部会にあたるもので、2年に一度各国の持ち回りで

主に地球深部科学に関連した国際シンポジウムを開催しています。

ドーンボス記念賞は、1970年代から90年代にかけて地球深部構造の研究に活躍したオランダ地震学者ダーク・ドーンボス (Durk Doornbos, 1943-1993) を記念し、2年に1度、地球深部研究で卓越した業績を挙げた若手研究者2-3名に贈られます。今回、野村助教を含む3名の研究者が受賞しました。野村助教の受賞は、地球深部に相当する高压条件における、ダイヤモンドアンビル実験装置を用いた物質の融解と変形に関する独創的・先駆的研究が高く評価されたものです。

【SEDI Doornbos Memorial Prize 受賞者一覧】  
<http://hope.simons-rock.edu/~bergman/sedi/doornbos.html>

◆ 柿澤翔さんに学生優秀発表賞



GRC で研究を進めている理工学研究科博士後期課程3年の柿澤翔さんが、2018年5月20日（日）～24日（木）に千葉県幕張メッセで開催された日本地球惑星科学連合大会 (JpGU) 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おり、本年度は約8000名の参加者がありました。学生優秀発表賞は5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。国内外の研究機関から約600件の同賞へのエントリーがあり、このほど愛媛大学理工学研究科の柿澤さんを含む59名の受賞者が発表されました。

柿澤さんの発表は「AI に富む superhydrous phase B の安定性及び置換様式」というタイトルで、GRC の井上徹教授（広島大学とのクロスアポイントメント）の指導のもと研究を指導のもと進めている研究成果を発表したものです。

◆ 川村英彰さんに研究発表優秀賞

GRC で研究を進めている理工学研究科の川村英彰さん（博士前期課程1年）が、2018年9月19日～

21日に山形大学で開催された日本鉱物科学会2018年度年会・総会において研究発表優秀賞を受賞し、同年会の最終日に行われたクロージングセレモニーにおいて、榎並正樹同学会長より賞状が授与されました。

日本鉱物科学会は、日本鉱物学会（1955年設立）と日本岩石鉱物鉱床学会（1928年設立）という共に長い歴史をもつ2つの学会が統合され、2007年に設立されました。2016年からは一般社団法人化され、会員約1000名が野外調査、実験、分析、数値計算など様々な手法を用いて、地球や惑星を構成する鉱物や岩石の構造・特性や成因などの解明を目指しています。



研究発表優秀賞は、年会において口頭発表・ポスター発表を行った学生のうち特に優れた発表を行った者に贈られる賞で、受賞者には副賞として海外学会等で成果発表をするための渡航旅費が支援されます。今回の年会では川村さんを含む4名が研究発表優秀賞に選出されました。川村さんの講演題目は「上部マントル条件、C-H-O流体共存下におけるマグネサイトの分解」で、GRCの大藤弘明教授の指導のもと進めている研究成果を発表したものです。

【日本鉱物科学 HP】<http://jams.la.coocan.jp>

#### ◆ 柿澤翔さんらの論文がNoted Paperに

“American Mineralogist”はアメリカ鉱物学会が発行する伝統ある専門誌です。このほど、GRCで研究を進める柿澤翔さん（理工学研究科博士後期課程3年、指導教員：井上徹教授）らにより同誌に発表された論文（2018年8月号に掲載）が、同誌の編集委員により“Noted Paper”に選出されました。

本研究は地球深部での水について実験的に調べた研究で、マントル深部で存在可能なスーパー含水相に、Alの置換効果でさらに多くの水が存在可能であること、加えて温度安定性が上昇し、一般的なマントル温度に相当する温度まで安定に存在可能であることを示しました。

【対象論文】Kakizawa, S., Inoue, T., Nakano, H., Kuroda, M., Sakamoto, N., Yurimoto, H. (2018): Stability of Al-bearing superhydrous

phase B at the mantle transition zone and the uppermost lower mantle, American Mineralogist, 103(8), 1221-1227, doi:10.2138/am-2018-6499

【American Mineralogist Noted Paper HP】  
[http://www.minsocam.org/msa/Ammin/AM\\_Notable\\_Articles.html](http://www.minsocam.org/msa/Ammin/AM_Notable_Articles.html)

#### ◆ 土屋旬准教授が附置研会議のインタビューに

国立大学附置研究所・センター会議（附置研会議）は、60年余りの歴史を持つ「文部科学省所轄並びに国立大学附置研究所会議」を承継し、国立大学が法人化された平成16年度に「国立大学附置研究所・センター長会議」として



発足しました。平成30年4月現在、全国の30の国立大学法人に設置された99の附置研究所と研究センターで構成されており、本年からは「国立大学附置研究所・センター会議」へと改称されています。愛媛大学からはGRCが唯一、その構成員となっています。

附置研会議では広報活動の一環として、これを構成する研究所・センターから代表的な研究者を選び、「未踏の領域に挑む、知の開拓者たち」として、その研究内容や人物、また所属研究所・研究センターの紹介を行っています。本年9月5日に掲載されたインタビューではGRCがとりあげられ、土屋旬准教授が“「水の惑星」地球の内部に蓄えられた、大量の水：未踏の地球内部を、量子力学計算で明らかにする”というタイトルで紹介されました。

【国立大学附置研究所・センター長会議 HP】  
[http://shochou-kaigi.org/interview/interview\\_55/](http://shochou-kaigi.org/interview/interview_55/)

#### ◆ 第2回 GRC イメージコンテスト 2018

GRC 広報活動の促進のため、第2回 GRC イメージコンテスト 2018 を開催しています。皆様、奮ってご応募ください！

- 【主 催】愛媛大学 GRC ホームページ委員会
- 【募集内容】GRC での研究やその他の活動を題材とした写真、絵、図表等
  - \*未発表のものに限る。
  - \*顔がはっきりと映っている場合は、応募に関しその人物に許可をとること。
  - \*写真を加工したものでも可。
  - \*カメラ貸出可能（ミラーレス一眼カメラ・詳

細は土屋旬まで)

\*入選作品は加工し、GRC トップページに掲載予定。

【提出方法等】データ(10MB まで). USB での持参, e-mail での提出可。

【参加資格】不問。一人何点でも応募可。

【締切】2018年12月14日(金)

【提出先】土屋旬 (GRC 准教授)

【賞品】GRC オリジナル T シャツ

【審査方法】委員会メンバーと GRC 構成員の投票による。受賞者は数人(3~5名)の予定。

【結果発表】GRC 忘年会にて(日時未定)

【著作権】応募作品の使用権は GRC に帰属。

【詳細 HP】<http://www.grc.ehime-u.ac.jp/archives/4057>



(昨年度受賞作品例)

#### ❖ 第6回 PRIUS シンポジウム開催

2019年2月27日(水)~28日(木)に先進超高压科学研究拠点(PRIUS)の共同利用・共同研究の成果報告会を兼ねた「第6回 PRIUS シンポジウム」を開催いたします。これまで共同利用・共同研究の実績のない方のご参加も歓迎いたしますので、これを機に本拠点を利用した超高压科学や関連分野の研究推進・強化にご協力いただければ幸いです。

【PRIUS シンポ HP】

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

#### ❖ 国際 NPD シンポジウム開催

2019年2月28日(木)~3月2日(土)に、先進超高压科学研究拠点・新学術領域研究「核マントル共進化」技術開発班共催でナノ多結晶ダイヤモンド(NPD=ヒメダイヤ)の超高压科学への応用に関する国際シンポジウム(Science and Technology of Nano-Polycrystalline Diamond, STNPD-2019)を開催いたします。

現在、NPD は様々な分野への応用が進められ、多くの先進的な研究成果があがっています。本シンポジウムは、国内外の主要な NPD ユーザー等をお招きし、NPD 及び関連物質の超高压科学・技術

## Science and Technology of Nano-Polycrystalline Diamond (STNPD-2019)

28 February-2 March 2019

Deadlines for contributed papers/posters and registration:  
**15 December 2018**  
<http://www.grc.ehime-u.ac.jp/archives/4350>

Venue: GRC, Ehime University, Matsuyama, Japan

### Topics and keynotes

- Synthesis of NPD and related materials (Tetsuo Irfune, GRC)
- Features and physical properties (Yanbin Wang, University of Chicago)
- Applications to ultrahigh pressure generation (Takehiko Yagi, University of Tokyo)
- Applications to X-ray spectroscopy under pressure (Sakura Pascarelli, ESRF)
- Applications to other high-pressure studies (Yoshihiko Takano, NIMS)
- New ideas and various applications (Yoshio Kono, GRC)
- Discussion & future perspectives

Registration fee: free of charge  
Banquet: 5000 yen (on-site payment at the registration desk, cash only)  
Excursion to Uchiko-town: 5000 yen (on-site payment at the registration desk, cash only)

**GRC** **PRIUS** **CoreMantle evolution**

Contact: Madoka Wada (GRC official); [wada.madoka.oh@ehime-u.ac.jp](mailto:wada.madoka.oh@ehime-u.ac.jp)

への応用についての現状や成果をご紹介いただくとともに、今後の課題についての議論を行なうことを目的としています。

口頭発表につきましては基本的に招待者に講演・発表いただきますが、一部の口頭及びポスター発表も歓迎いたしますので、NPD ユーザーに限らず、今後 NPD の利用を考えている方、関連超硬物質・ナノ多結晶体などの合成や特性評価などに携わっておられる方は、ぜひご参加くださいますよう、どうぞ宜しくお願いいたします。

【詳細 HP】

<http://www.grc.ehime-u.ac.jp/archives/4350>

#### ❖ 国際レクチャー

第15回

“Rheology of Deep Earth Materials”

- Point defects - Diffusion - Nabarro Herring creep
- Line defects - Dislocations core structure and mobility (mostly glide)
- From dislocations to creep - Dislocation dynamics
- Advanced TEM techniques for characterizing dislocations and plasticity

講演者: Prof. Patrick Cordier (Université Lille 1)

日時: 2018年11月5日(月) 13:00~16:30  
2018年11月6日(火) 13:00~16:30

場所: 愛媛大学総合研究棟 I 4F 共通会議室・3F 共通ゼミ室

❖ フロンティアセミナー

第 74 回



“Rheology of Deep Earth Materials”  
 講演者：Prof. Patrick Cordier (Université  
 Lille 1)  
 日時：2018年11月5日(月) 17:00-18:00



◆ 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)

11月

11/30 “Semi-brittle behavior of olivine at  
 high pressures: implications for  
 occurrence of intermediate and deep-  
 focus earthquakes”  
 Dr. Tomohiro Ohuchi (Lecturer, GRC)

12月

12/7 “Torsional deformation of hcp-iron up to  
 3Mbar”  
 Dr. Ryuichi Nomura (Assistant Professor,  
 ELSI-ES, GRC)

12/21 “Sound velocities of Al, Fe-bearing  
 bridgmanite in the Earth’s slower mantle”  
 Dr. Steeve Gréaux (WPI Postdoctoral  
 fellow, GRC)

1月

1/11 “First-principles study of high-P, T iron  
 diffusion properties with implications  
 to inner core plasticity”  
 Dr. Sebastian Ritterbex (Postdoctoral  
 fellow, GRC)

1/25 “Epitaxial growth of semiconductor  
 nanostructure”  
 Dr. Fumitaro Ishikawa (Associate  
 Professor, Faculty of Engineering, GRC)

❖ 過去の講演

第 495回 “High-pressure and high-temperature  
 stability of methane hydrate in H<sub>2</sub>O-  
 CH<sub>4</sub>-NH<sub>3</sub> system”  
 Dr. Hirokazu Kadobayashi (Postdoctoral  
 Researcher, JSPS, GRC) 2018. 6. 8

第 496回 “Hydroxides in the Earth and planetary  
 interior”  
 Dr. Masayuki Nishi (Assistant  
 professor, GRC) 2018. 6. 15

第 497回 “Crystallographic preferred orientation  
 of MnGeO<sub>3</sub> perovskite: An experimental  
 study using a D111-type guide block”  
 Dr. Yu Nishihara (Associate  
 Professor, GRC) 2018. 6. 29

第 498回 “Effects of iron on lattice thermal  
 conductivity of lower mantle  
 minerals from first principles”  
 Dr. Haruhiko Dekura (Assistant  
 professor, GRC) 2018. 7. 6

第 499回 “Al partitioning between phase D and  
 bridgmanite up to 31 GPa:  
 Implications for high electrical  
 conductivity, discontinuity and  
 deep earthquakes occur between 670  
 to 850 km”  
 Chaowen Xu (Ph.D. student, GRC)  
 2018. 7. 13

第 500回 “Optical and mechanical properties  
 of nano-polycrystalline ceramics  
 synthesized under ultra-high  
 pressure: Toward science and  
 technology of “transparent nano-  
 ceramics”  
 Dr. Tetsuo Irifune (Professor,  
 ELSI-ES, GRC) 2018. 7. 20

第 501回 “Combined in situ X-ray diffraction  
 and electrical resistance  
 measurements of pressure-induced  
 phase transition and metallization  
 in ZnTe, ZnS, GaAs, and GaP”  
 Dr. Takehiro Kunimoto (Postdoctoral  
 Researcher, GRC) 2018. 7. 27

第 502回 “Technical development of double-  
 stage diamond anvil cell and  
 equations of state at multi-megabar  
 condition”  
 Dr. Takeshi Sakai (Lecturer, GRC)

2018. 9. 28

第 503 回 “Major element composition of the Hadean crust: constraints from Sm-Nd isotope systematics and high-pressure melting experiments”  
Dr. Nozomi Kondo (Postdoctoral Fellow, GRC) 2018. 10. 5

第 504 回 “New high-pressure phases in the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> system”  
Dr. Youmo Zhou (Postdoctoral Fellow, GRC) 2018. 10. 19

第 505 回 “Towards numerical modeling of 3-D mantle convection with magmatism and plate tectonics”  
Dr. Masanori Kameyama (Professor, GRC) 2018. 11. 2

第 506 回 “Development of a 2-D numerical model for studying the interrelation between the plate subduction and back-arc opening”  
Mana Tsuchida (PhD. student, GRC) 2018. 11. 9



◆ 新人紹介 ◆

河野 義生  
(准教授)



7 月より GRC に着任した河野義生です。新人紹介ですが、GRC には 2006-2011 年以來の 2 回目の着任になります。2011 年 3 月に GRC を離れた後、2011 年 4 月から 2018 年 6 月までの 7 年少しの間、アメリカ・シカゴ郊外にある放射光 X 線施設 Advanced Photon Source の HPCAT のビームライン 16-BM-B でビームラインサイエンティストをしていました。HPCAT は、Advanced Photon Source の

セクター16 に位置し、高圧プレス実験で有名な Yanbin Wang 氏のいる GSECARS、セクター13 の 3 つ隣になります。HPCAT の 4 本のビームラインのうち、3 本はダイヤモンドアンビルセルを主に使った高圧実験用のビームラインになりますが、私の担当していた 16-BM-B は、パリ-エンジンバラ型の小型高圧プレスを用いたビームラインになります。

16-BM-B は、私の着任した 2011 年にユーザー運転が開始したもので、当時パリ-エンジンバラ型高圧プレスとエネルギー分散型 X 線回折測定があるのみでした。約 7 年の間に、弾性波速度測定、超高速カメラを用いた液体の粘性測定、位相コントラストイメージングを使った高圧イメージング実験、新しい対向型二段式大容量高圧セルの開発など、新しい実験技術の開発と研究分野開拓を行ってきました。私は特にマグマや金属液体、ガラスなどの非晶質物質の研究に最適化したビームラインの開発を行い、高温高圧条件下で液体、ガラスの構造だけでなく、弾性波速度、粘性、密度などの様々な物性測定を行うことが可能なビームラインを作りあげました。このような非晶質物質の研究に特化したビームラインは世界的に見ても唯一の特徴あるビームラインであり、アメリカ国内のみならず、ヨーロッパ、アジアなど世界中から共同研究を受け、高インパクトファクター雑誌論文も含む、多くの素晴らしい研究をすることができました。また、私自身も液体、ガラスなどの非晶質物質の構造と物性についての研究を行っており、カーボネートメルトが非常に低い粘性を持つことの発見 (Kono et al., 2014, Nature Communications, 5, 5091) や、100GPa を超える超高压下での MgSiO<sub>3</sub> ガラスの構造変化 (Kono et al., 2018, PNAS, 115, 1742-1747) などの多くのよい研究をすることができました。

高圧下におけるマグマの構造、物性の研究は、特に近年、放射光 X 線測定技術の開発とともに多くの新しい高圧実験が開発され、現在も世界中の多くの研究者が興味を持って成長している分野だと思います。この 4 月にフランスの Sanloup 教授と共同で Elsevier より ‘Magmas under pressure: Advances in high-pressure experiments on structure and properties of melts, Y. Kono and C. Sanloup, Editors, Elsevier’ という本で最近の高圧下におけるマグマの構造、物性実験の進展についてまとめています。一方で、高圧下におけるマグマの研究は近年急速に進んでいるものの、まだまだ実験できる条件でさえほとんどが上部マントル上部程度に限られており、これからもさらなる実験技術の開発と新技術を使った研究の開拓が必要だと実感しています。日本の SPring-8 には大型のマルチアンビル型高圧発生装置もありますので、今後特にマントル遷移層や下部マントルの高圧下におけるマグマの構造、物性研究を開拓していきたいと考えています。

## 海外出張・国際会議報告

### ❖ IMA 2018 参加報告

2018年8月13-17日にオーストラリアのメルボルンで開催された国際鉱物学連合(International Mineralogical Association, IMA)の第22回General Meeting “IMA2018”に参加してきました。IMAは38か国の鉱物学関連組織によって構成されている鉱物学分野最大の国際組織です。IMAでは、新しく発見された鉱物の鑑定や命名などが行われています。このIMAのGeneral meetingは4年ごとに毎回場所を変えて開催されていますが、今回はオーストラリア地質学会がホストとなって5日間のわたりメルボルン国際会議場で開催されました。

私にとっては初めてのオーストラリア訪問(というか南半球への訪問自体が初めて)でしたので、今回のIMA2018の参加は楽しみにしていました。南半球なので8月は冬にあたります。出発前に気温を確認して冬服を準備して行ったのですが、初日から風邪をひいてしまいました(幸い軽い風邪ですみましたが)。北半球と大きく違うのは天体についてです。北半球とは逆に、日中の太陽が右から左に動いていくのは知識として理解してはいるものの不思議な感じです。夜になれば、日本から見るのが難しい南十字座などの南天の星座や天体が空に昇ります。メルボルンでは、食事がおいしいのに驚きました。もちろんオージービーフのステーキもよかったです。ガイドブックのおすすめレストランなどに行ったわけでもないのにどこで何を食べても必ずおいしかったです。歴史的に食文化の発達した街のようです。



IMAでは最大6つの会場で同時にセッションが行われました。各セッションは講演時間15分の一般講演と30分のKeynote講演から成ります。このほかに大会場で午前・午後に各1講演ずつのPlenary講演、夕方のポスター発表なども行われました。私は、 $MnGeO_3$ ペロフスカイトの変形誘起結晶選択配向の研究について一般講演を行いました。

たが、講演後に関連分野の数名の研究者に多くのコメントをもらうことができ、IMA2018の参加は私にとって研究上有意義なものとなりました。またETHの村上元彦教授のPlenary講演やリール大学のP. Cordier教授のKeynote講演は素晴らしく、印象に残るものでした。

今回のIMA2018は、開催日程がGoldschmidt会議(米国ボストン、2018年8月12-17日)とほぼ同時期となっていました。Goldschmidt会議は毎年開催の地球化学分野の国際会議ですが、その参加者には鉱物学・岩石学の研究者も多く含まれます。しかし、この日程ではIMA2018とGoldschmidt会議の両方に興味があったとしても、どちらかの参加を諦めざるを得ません。おそらくこの日程的問題のせいで、参加者があまり増えなかったように思われたのは残念でした。なお、次の第23回General meeting IMA2022は2022年7月17-22日にフランスのリヨンで開催される予定だということです。(西原遊)

### ❖ 2018 Workshop of the IUCr Commission on High Pressure

2018年7月29日~8月2日にホノルルで開催されたワークショップ「2018 Workshop of the IUCr Commission on High Pressure」に参加しました。会場はアラモアナショッピングセンターのすぐ近くのアラモアナホテルで、80名以上の参加者がありました。9つのセッションがあり内容は多岐にわたりました。アモルファスダイヤモンドなどの材料に関する報告や、ダブルメンブレンあるいはピエゾ駆動のDACで加減圧を自在に操ったり、様々な波長のレーザーを簡単に切り替えて測定できるラマンシステムといった技術的な話も聞くこともできました。また小さなことですが、X線でもルビー蛍光が励起できるという話を聞いて、自分でも今度試してみたいと思える情報も手に入れることができました。

自分はSession 3: New frontiers in extreme conditions crystallographyにおいて、今年3月にHigh Pressure Research誌に発表した2段式DACの話に基づき、マルチメガバール領域におけるMgO圧力スケールと白金およびレニウムの状態方程式に関する発表を行いました。また、最近進めているユニカルサポート型の2段式DACと、その形状を1段目アンビルに再現した凸型DAC(通称でベソ型)を簡単に紹介しました。ちょうど本会議の直前にフランスグループのトロイダル型DACによる600 GPa到達の論文がNature communications誌に掲載になっており、我々の凸型DACは非常に似通った形状になっています。トロイダル型を開発してきたグループと、2段式DACを開発してきた我々の考えるアンビル形状が結局似たようなところに収束しつつあるというのは大変興味深いことです。本会議においても、自



分の発表の直後にはリバモアグループが進めているトロイダル型 DAC の発表があり、当時彼らの論文もちょうど掲載が決まったところということで、タイムリーでエキサイティングな議論を交わすことができました。



会期中は毎日朝 8 時から午後 6 時半までみっちりのスケジュールでしたが、朝食昼食間食の「おもてなし」で快適に過ごすことが出来ました。招待講演者にはハワイらしく花の首飾りがプレゼントされます。写真は、自分の発表を終えてほっと一息ケーキとコーヒーを楽しむ著者近影です。懇親会ではフラダンス・・・ではなく、今話題となっているハワイ島の火山噴火について 1 時間しっかりと専門家の講義（+質疑応答）の時間が取られ、ハワイの現状をより広く知って頂きたいという LOC の気持ちが伝わってきました。また会期中、セッションとは別に女性研究者の待遇に関して議論する場を設けるという一幕もあり、やはりこういった話題は世界共通なのだなという思いがしました。

今年は我々に加え上記フランス、リバモアグループのトロイダル型 DAC、アラバマ大学の CVD 法による 2 段式 DAC など、極高压発生の技術開発を進めてきた世界各地のグループがこれまでの沈黙を破って一斉に「現状報告」をしている感があります。今回発表はありませんでしたが、中国でも 2 段式 DAC 開発を進めていること、ドイツグループもさらに開発を進めていることなどの話も聞くことができました。背景には水素金属化の報告があるかと思いますが、そのような開発競争の“宴”に微力ながら参加できていることを楽しく思うとともに、より一層の研鑽が必要であると再認識することができました。(境毅)

#### ❖ 高圧ゴードン会議参加報告

2018 年 7 月 15 日～20 日にアメリカ合衆国ニューハンプシャー州ホルダーネス校にて行われた、高圧ゴードン会議 (Research at High Pressure, Gordon Research Conference) に参加しました。この会議は 1955 年よりほぼ隔年で開催されており、

厳選された講演者が未出版かつ最先端の研究成果を発表します。今回私は回転式ダイヤモンドアンビル装置を用いた変形実験の研究成果について発表を行うべく、日本を発つ直前に得られた出来立てほやほやの実験データを持って会議に臨みました。

会議には約 140 名の研究者と学生が参加しました。午前中は講演、昼食後は自由時間、夕方はポスターセッション、夕食後に 21 時半まで再び講演、その後バーでインフォーマルセッション、という 1 日のスケジュールでした。今回の会議では “Bridging Time-Scale, Temperature, and Pressure Gaps in High-Pressure Compressed-Matter Science” というテーマのもと、静的圧縮と衝撃圧縮をつなぐ実験や理論研究に関して、地球科学や物質科学、生物学など多彩な分野から最新の研究成果が報告されました。講演後の質疑応答ではまず学生からの質問が促されるなど、参加者全員が議論に参加しやすい工夫もなされていました。また、連日最後は高压水素に関連した講演になっており、白熱した議論のなか一日を終えていました。他にも女性研究者が直面する問題を議論するセッションや、“GPa チーム” と “TPa チーム” に分かれての毎回恒例のサッカー大会などが行われました。



最終日の朝はビジネスミーティングが行われ、米国以外からの学生の参加が少ないことや、宿舍のマットレスが快適でないこと(!?)など、次回の会議をより良くするための活発な議論が交わされました。同時に「講演内容は最先端だったか」「最先端であり続けるにはどうすれば良いか」といった内容の無記名式アンケートも実施されました。会議が目指す方向性が明確に示された上でその手段を参加者に問う、非常に洗練されたアンケートであったように感じられます。Chair を中心としたオーガナイザーによる講演者のセレクションや 200 名を参加者数の上限とする少人数方式など、サイエンスの質を高く保つための一連の取り組みは、一方で会議が仲良しクラブ化しかねない脆さを内包しています。歴史ある会議がその質を保つための不断の努力を垣間見ることができた気がし

ました。

最終日のセッションラストは太田健二博士(東京工業大学)の Alvin Van Valkenburg 賞受賞講演を皮切りに、GRC Jamieson 賞 2 名の受賞講演、最後に前回会議で Chair を務められた Shanti Deemyad 博士の講演で締められました。次回の高圧ゴードン会議が今から楽しみです。(野村龍一)

#### ❖ Goldschmidt2018 参加報告

日本はお盆真っ只中の 2018 年 8 月 12 日~17 日、アメリカ合衆国のボストンで開催された Goldschmidt 会議 2018 に参加してきました。Goldschmidt 会議は主に地球化学系の研究者が集まる国際学会で、話題も資源や環境から、火山活動、気候変動、太陽系形成まで多岐に渡ります。毎年異なる国で開催され、アメリカ合衆国での開催は四年ぶりでした。ボストンはだいたい北海道と同じ緯度であり、冬の厳しさと魚介類の豊かさで有名な都市です。ボストンの石畳の街路や赤煉瓦の建物群はヨーロッパの町並みを彷彿し、アメリカ合衆国建国の歴史を色濃く残す町だということを実感させるものでした。一方で、ハーバード大学やマサチューセッツ工科大学を擁し研究・科学技術で最先端をゆく学術都市の面も持っており、現地のポストクや学生の方との交流は大きな刺激になりました。

今年の Goldschmidt 会議では Habitability に注目が集まっていたようで、Habitable planet の探索や深海底微生物の研究、生物と環境の相関関係・共進化などのセッションが盛況でした。私もいくつかの発表を聴きに行きましたが、耳慣れない分野の話も、自分の研究との関連性を考えながら聴くと面白いものでした。世界的な研究の潮流を読み取るのは、それに乗るにしろ逆らうにしろ、国際学会の醍醐味のひとつでしょう。私は Early Earth Processes というセッションで、冥王代における地殻の主成分元素組成についての発表を行いました。冥王代とは、最古の確たる岩石遺物が見つかった 40 億年前より前の時代をいい(つまり約 46-40 億年前の 6 億年間)、この時代に地殻がどんな主成分元素組成を持っていたのかを知ることは、地球のマントルや表層環境の初期進化を理解するうえで欠かせないものです。これまでの先行研究は、冥王代唯一の遺物であるジルコンという鉱物の化学分析を手がかりにしてきました。しかし、化学分析で得られた冥王代ジルコンの同位体比や微量元素組成は、冥王代に未分化マントルの融解から生じた一次地殻と、この一次地殻の含水再融解によって生じた二次地殻があったことを示すものの、これら冥王代地殻の主成分元素組成を推定するには不十分でした。私は新しい試みとして、太古代から現代までの岩石に残る同位体の手がかりから、冥王代に起きたマントル-地殻分化の温度・圧力条件を推定しました。そして、

推定した条件での未分化マントルの融解を高温高圧実験で再現し、生成したメルトの組成を分析することで、冥王代一次地殻の主成分元素組成を推定しました。そして、冥王代一次地殻(の組成を持った出発物質)の含水融解実験を行い、これが融解する条件と、生成するメルトの主成分元素組成を決定しました。結果として、冥王代一次地殻、二次地殻はそれぞれ超苦鉄質、苦鉄質な組成となり、どちらもチタンとリンに富むことがわかりました。リンは重要な生命必須元素の一つであり、これら冥王代地殻からのリンの供給が生命の誕生・進化を助けていたかもしれません。発表後には今後の研究の発展やコラボレーションにつながるような議論もでき、またボストン名物のロブスターも最終日の夜になんとか食べられ、充実した国際学会となりました。今回の成果をもとに、来年に向けさらに励んでゆきたいと思います。(近藤望)

#### ◆ インターンシップ報告 ◆

#### ❖ Synthetic Nanocomposite Ceramics of Jadeite and Coesite

Alena Krupp (B3, University Kiel)



My name is Alena Krupp and I am a B.Sc. student at the Institute for Geosciences, University of Kiel in Germany.

This was my second time opportunity to spend four weeks at the GRC and continue my project “Synthetic Nanocomposite Ceramics of Jadeite and Coesite”, which finally became the topic of my Bachelor Thesis.

The major objective of this study is to synthesize nano-polycrystalline ceramics consisting of jadeite and SiO<sub>2</sub>-polymorphus, as nanocrystalline texture is known to enhance physical properties like hardness and toughness (Nishiyama et al. 2012).

During our last stay in summer 2017, my

supervisor Prof. A. Holzheid and myself were able to synthesize polycrystalline compounds of Jadeite + Coesite at a pressure of 8 GPa and a temperature range from 1300 - 1700 ° C. This time we focused on Jadeite + Stishovite at 15.6 GPa and similar temperatures to compare our results.

Therefore, I used the 2000 ton split-sphere multi-anvil press with a 18/11 cell and in addition for post-run analysis the Micro-XRD, FE-SEM and TEM. We observed diverse behaviour for the Coesite and Stishovite regarding texture and grain sizes. The Jadeite + Stishovite samples show a nice nanopolycrystalline texture, whereas the Jadeite + Coesite samples show a rather surprising dendritic texture of micro-crystalline Jadeite with nanosized Coesite inclusions.

As there are still many open questions, we are looking forward to continuing our PRIUS project and visiting the GRC and all its kind of friendly members again very soon. A very special thanks is due to Prof. Irifune, Prof. Ohfuji, Dr. Shinmei and Dr. Zhou for their help and advice at any time. I learned a lot and had a great time!

❖ Characterization of Iron-based Nitrides  
Meifang Pu (M2) and Shan Liu (M1)  
(Sichuan University, China)

We are master course students from High Pressure Science and Technology (HPST) Lab. of Sichuan University, China. We came to GRC for the first time, from 20th July to 3rd August this year, for a two-weeks PRIUS collaborative study with our supervisor, Prof. Li Lei.

In this visit, we mainly used FE-SEM, TEM, FIB-SEM and micro-XRD to characterize our high-pressure samples, including Fe-H-N, Fe-Nd-N and deformed diamonds. We obtained some interesting result from our experimental data.



During our stay, we not only learned how to drill the MgO octahedron and how to polish the sample surface for SEM, but also learned to use various analytical instruments, such as micro-XRD, FE-SEM and so on. We are very grateful to Prof. Ohfuji for taking the time to explain us how to use SEM/TEM and related data analysis, and we also thank Youmo Zhou and Chaowen Xu for careful guidance. It is the GRC that provided us with this kind of research atmosphere that finally made our experimental results very satisfactory.

We are honored to join Prof. Irifune's 500th GRC seminar in GRC, and his report is very interesting and benefits us a lot. Many thanks to Prof. Irifune and Prof. Lei for giving us this valuable opportunity making us fruitful. We enjoyed the time especially delicious Japanese food and are looking forward to next visit.

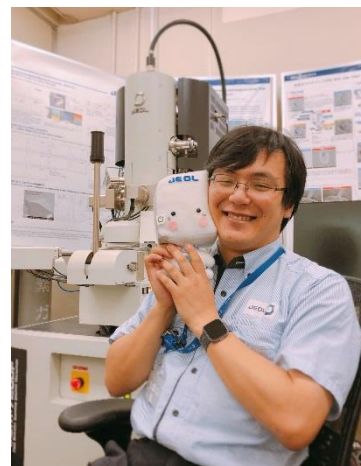


➡ ALUMNI レポート⑰ ⬅

❖ 日本電子 (株) EP 事業ユニット EP アプリケーション部 SEM チーム

小島 洋平

GRC には地球科学科の学部生だった頃から博士課程、PD 時代を含めて約 9 年の長い間大変お世話になりました。現在は、縁あって 2018 年 4 月から日本電子株式会社の EP 事業ユニット EP アプリケーション部 SEM チームという部署で働



いています。この部署は SEM を用いて、お客様からお預かりした試料の依頼測定・分析を行い、来社されたお客様へ装置のデモンストレーション (デモ) を行う仕事をしています。日本電子はさまざまな SEM を開発・販売しており、汎用型 SEM から高分解能型の FE-SEM をラインナップしています。それぞれチーム員が専任の装置を担当しており、私は高分解能 FE-SEM を担当しています。

日本電子は昭島 (あきしま) 市に本社があり、私もそこに勤務しています。昭島というとあまり聞いたことがないという方も多いと思いますが、ここは東京の多摩地域、立川市の西隣にあります。市内でも自然が残っている地域で、松山の少し郊

外に出たところという感じです。しかし、青梅線・中央本線が走っているため交通の便は良く、立川へ電車で5分、新宿へ30分程で行けるので、かなり便利な生活ができています。都心に比べると田舎だとは思いますが、松山に比べると電車網が発達しているため、気軽に旅ができるのも楽しみの一つになっています。

私が大藤助教（現教授）の研究室に入ったときは、まだグローバルCOEが始まっておらず、現在と比べると規模の小さいセンターであったと思います。当時はNPDの応用に力を入れ始め、地球科学だけでなく高圧物質科学の開拓を模索していた時期だったかと思います。その流れの一環として、私は超硬度窒化炭素の研究を始めることとなりました。地球科学とは一線を画した研究で、出発試料のチョイス等のノウハウが全くありませんでしたので、自分で一から道を切り開かなければならない経験をさせていただきました。兎に角、様々な手法を試しながら行った研究で一つの結果が出て、成果が論文として受理された際の喜びは大きいものがありました。その間、教員、研究員や事務員の方々には、かなりご迷惑をお掛けしたにも関わらず、優しく御指導頂き、非常に感謝しております。また、全国共同利用・研究拠点としてPRIUSが2013年に走り始めてから、分析補助という形で様々な方々と共同研究を進めるなど、いろいろな経験を積むことができました。

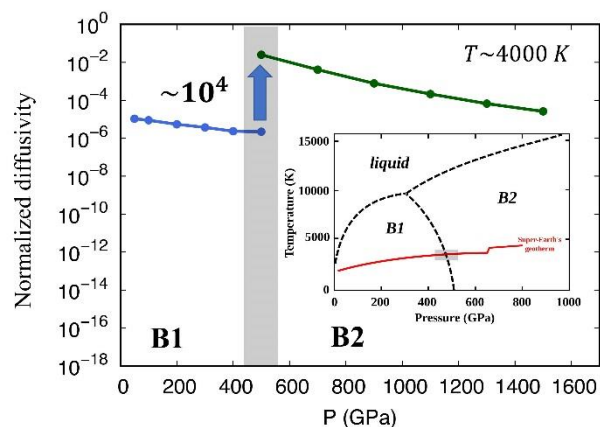
現在の会社では大学関係者や企業を含めた様々な分野の方に対し、依頼分析、あるいはデモを行う仕事メインです。鉱物だけでなく、生体試料や建築材料、高分子材料など毎回様々な試料を観察・分析することになるため、視野が広がる非常に良い環境にあります。SEMはGRCでよく使用していたので馴染み深い装置ではあるのですが、やはりユーザーとメーカーでは電子顕微鏡に対する向き合い方が違うことを痛感しております。一台数千万～数億円の装置が売れるかどうかの分析・デモを任されるわけですから、その責任も重大です。現在は電子顕微鏡の“プロ”になるために、これまで自分が得た知識を一から学びなおすと同時に新しい知識を吸収できるよう勉強する日々を送っています。また、自身の部署では応用研究として個人でテーマを設定して研究を行うことができ、成果が出れば対外発表を行うことも可能で、今後も学会等でお目にかかることができるかもしれません。今回の就職で高圧業界からは遠ざかってしまいましたが、地球科学あるいは材料科学にはこれからも関わることが多く、GRCの学生生活・研究生活で得た知識・経験を存分に活かすことのできる環境にあると感じています。

ちなみに弊社にはろくまるくんというゆるキャラ(?)がいます。ご存知でしたか？私は入社して初めて知りました。

## 最新の研究紹介

### ◆ The influence of high-pressure phase transitions on mantle rheology of super-Earths

The Earth and other terrestrial planets typically dissipate their internal heat by solid-state convection of their rocky mantles. These mantles, like that of the Earth, are expected to be mainly composed of high-pressure silicates and the oxide ferropericlase, which is likely to be the weakest phase. Thus, the rheological properties of periclase play a key role to understanding the dynamics of the Earth and planetary interiors. Although the B1 phase ( $Fm\bar{3}m$ ) of MgO is stable under pressure and temperature conditions of Earth's mantle, it changes into the ultra-high pressure B2-type polymorph ( $Pm\bar{3}m$ ) if pressure exceeds  $\sim 500$  GPa in the interior of super-Earths.



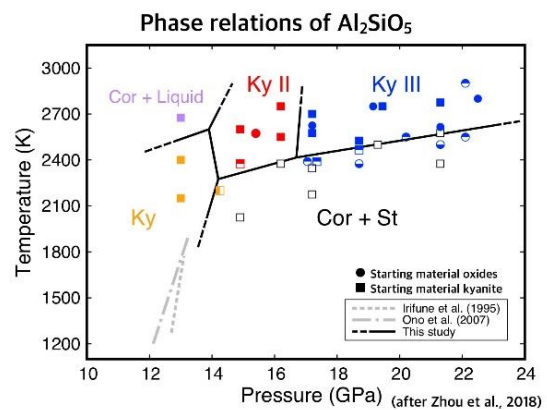
With increasing pressure, MgO becomes denser, which is thought to induce a viscosity increase with increasing depth. On the contrary, experimental deformation of analogue materials suggests the B2 phase of MgO to be mechanically weaker than its B1-type polymorph. The latter implies that the B1-B2 phase transition may rather affect mantle rheology of super-Earths by a viscosity decrease with increasing depth (Karato, 2011). So far, no deformation experiments are conducted in B2-type MgO. Recently, we have investigated the above paradox by studying self-diffusion across the B1-B2 phase transition of MgO via the vacancy mechanism (Ritterbex et al. 2018, Icarus). Plastic deformation may be accommodated by the motion of numerous lattice defects (e.g. dislocations, point defects, grain boundaries,

etc.), but bulk diffusion is expected to play a rate-controlling role in most deformation mechanisms at high temperature in planetary interiors. Our theoretical approach relies on electronic structure calculations of MgO supercells using first-principles density functional techniques. We have elucidated the importance of non-interacting Schottky defects in the B2 phase in the intrinsic and extrinsic regimes. Across the B1-B2 phase transition, we find substantial reductions in defect energetics and demonstrated that a reduction in migration enthalpy of the individual anions and cations accounts for an effective increase in diffusivity of by a factor of  $\sim 10^4$  (see Figure). Careful examination of atomic relaxations indicated that reductions in defect energetics across the phase transition are likely to be associated with increasing coordination number from 6 in the B1-phase to 8 in the B2-phase. Our analysis suggests that diffusion-controlled viscosity may decrease across high-pressure phase transitions with increasing coordination number. Results of this work support the idea that mantle convection in the deep interior of super-Earths may be more vigorous than previously thought. (Sebastian Ritterbex)

#### ❖ New high-pressure forms of $\text{Al}_2\text{SiO}_5$

$\text{Al}_2\text{SiO}_5$  has three well-known polymorphs, andalusite, sillimanite, and kyanite. We recently discovered two new high-pressure forms of  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ . The new phases are tentatively named kyanite II and III, respectively, and they are new members to the  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  polymorphs. Previous studies showed that kyanite is stable up to about 13 GPa in the temperature range from 1200 to 2000 K and dissociates into corundum and stishovite at higher pressures. We first systematically investigated the phase relations of  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  by multi-anvil experiments at 13–23 GPa and 2000–2900 K and found that kyanite transformed into two new high-pressure forms of  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  at temperatures exceeding 2400 K: the first phase transition (kyanite II) occurs near 14 GPa, and the second (kyanite III) occurs near 17 GPa. Kyanite II and III have triclinic and monoclinic symmetries with zero-pressure densities of 3.876(2) and 3.982(1)  $\text{g}/\text{cm}^3$ , respectively, which are denser than kyanite (3.666  $\text{g}/\text{cm}^3$ ) but less

denser than the isochemical mixture of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  corundum and  $\text{SiO}_2$  stishovite (4.036  $\text{g}/\text{cm}^3$ ).



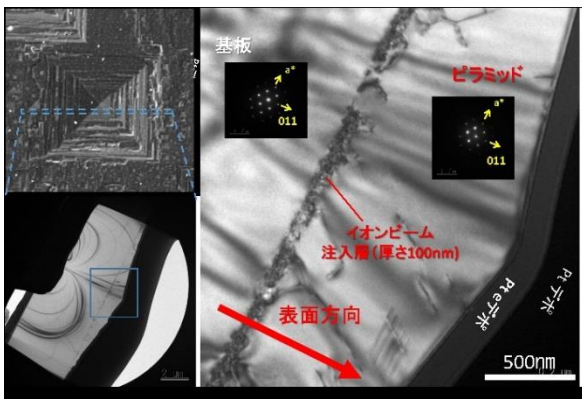
These density relationships agree with the phase relations. The structural analysis on kyanite III using single-crystal X-ray diffraction indicated a  $\text{V}_3\text{O}_5$ -like structure, which confirms the existence of  $\text{V}_3\text{O}_5$ -like  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  that was ever debated between an old experimental study (Ahmed-Zaid and Madon, 1991) and an old ab initio calculation study (Oganov and Brodholt, 2000). Since the extreme stability temperatures of kyanite II and III are much higher than the mantle geotherm, they can hardly exist in the current mantle, but they may form in some shock events, which can generate high-pressure and high-temperature conditions comparable to the stability conditions of kyanite II and III. (Youmo Zhou)

#### ❖ 高温・高圧合成を用いたダイヤモンドの電子材料展開

ダイヤモンドは物質中で最高の硬度と熱伝導度に加え、高いバンドギャップと絶縁破壊電界、電子・正孔ともに移動度の優れた半導体としての物性を併せ持つ。近年これら電子物性から半導体材料としての将来性が大きく注目されている。特に電力変換に用いるダイオードやトランジスタといったパワー半導体デバイスへの応用が見込まれ、将来の省エネルギー技術の中核を担う可能性を持った材料として期待されている。従来、高温・高圧合成ダイヤモンドでは半導体デバイスは実現されておらず、下地の基板利用までにとどまっている。その大きな理由として導電性を制御するドーピングや、これを正確に行うための高純度なダイヤモンドの作製が困難であることがあげられる。特に電子が電気輸送を担う n 型化は困難を極め、他の合成手法でも成功例は限定的である。そのような背景のもと本研究では、高温・高圧合成

法を駆使してダイヤモンドの合成と電子物性制御に取り組み、その電子材料としての可能性拡大を目的として研究を行なっている。

物質の導電性制御において、意図したドーピングを行っていない材料本来の特性把握はその後の物性制御に非常に重要となる。そこでまず、基礎構成材料となるナノ多結晶ダイヤ（ヒメダイヤ）の電子物性について評価した。抵抗率について調べたところ、室温では測定困難であったが、400℃以上の高温では低抵抗化してホール効果測定が可能となった。抵抗率は温度上昇とともに単調減少し、これは正孔密度の上昇を伴った。800℃の高温では102 Ω cm、2 cm<sup>2</sup>/Vsの抵抗率と正孔移動度を示し、半導体領域の伝導を示した（Fukuta et al., 2018）。この結果は、本質的にヒメダイヤが半導体としての性質を内在していること、キャリアの制御・注入によってよりさらに高い導電性が得られることを示唆している。



ダイヤモンドの電子、正孔のドーピングには、それぞれP（リン）、B（ホウ素）が適していることが従来の研究でわかっている。これらを高温・高圧合成法を用いてダイヤモンドに導入するため、いくつかの手法を試みた。Bの導入は比較的容易

で多く報告も存在するため、研究はPドーピングに焦点を絞っている。まず、ナノ多結晶ダイヤモンド合成時にP単体を出発物質グラファイトと同時に封入してみた。その場合、何度か実験を行ってみるものの高温印加時に試料が破裂してしまった。そこで比較的安定なPを含む固体材料としてInPを選定し、同様の実験を行った。その結果、内部にInとPが含まれたダイヤモンドの合成に成功している。同試料では結晶格子数数が変化するなど、それらの元素がC元素を置換したと思われる有望な結果もあり、現在は同試料に対するより詳細な評価を進めている。他には、市販の単結晶ダイヤモンドにP元素をイオン注入し、これに高温・高圧を印加することで特性を改質することを試みた。この実験は予想外の結果を生み、P注入を行った試料表面に上部から見るとピラミッド状に見える数μm～数十μmの構造体が析出した。同構造は非常に高純度のダイヤモンド単結晶であり、下地のダイヤモンドとのエピタキシャル成長が発生していることがこれまで判明している。なぜこのような構造が出来上がったかは今だ未解明であるが、その純度から電子材料として、また尖鋭性から微細構造材料としての展開も考えられる。

以上、高温・高圧合成法を用いたダイヤモンドの電子材料展開の取り組みのいくつかを紹介した。実験結果は当初想定していない新鮮な驚きが多く、その都度戸惑うものの、現象の把握や報告を楽しみつつ研究を進めている。例えば先述のピラミッド構造は、見た目の美しさから学会のフォトコンテストの受賞に至った。（福田ら、2017）各種のアプローチに対して発生する現象の正確な把握に努めながら、将来大きな機能を発揮する電子材料：ダイヤモンドの実現を目指しできる限りの取り組みを今後も続けていきたい。（理工学研究科 D1 福田玲）

## 共同利用・共同研究拠点（PRIUS）

### ❖ PRIUS 利用者の声



ホウケイ酸塩(B<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>系)ガラスは、比較的融性でかつ高いガラス化能をもち、化学的耐久性や熱的特性に優れていることから、医療用器具やディスプレイ用のガラスなどとして広く利用されています。このガラスに更なる機能性を付加することができれば、より一層の利用の拡大が期待されます。ガラス(融液)中のホウ素は、組成、温度、合成時に被った温度履歴によって3または4配位構造の割合が変化します。これを主とした原因でガラスの物性が非線形に変化します。この変化が圧力下でどのように生じるかを知ることは、ガラスの基礎科学的な観点からも大きな関心事の一つです。そこで、私たちは本学設置の50 tonプレスに

よってホウケイ酸塩ガラス ( $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系) について4 GPa、800°Cまでの条件で高压熱処理を行い、その構造と弾性率の変化を調べてきました。その結果、ヤング率は未処理のものに比べて最大で約1.6倍まで上昇しました。また、ガラス転移点よりも高温で熱処理を行うことで、弾性率が低下する弾性の“異常”が見られました。構造を調べた結果、これはガラス中の非架橋酸素を伴う3配位ホウ素の増加によって引き起こされていることがわかりました。さらに、高密度ガラスの光学特性を調べるためGRC設置の高温高压発生装置 (Orange-2000, 3000) を用いて大型 ( $\phi$  4.5 mm) の高密度ガラスを合成しました。得られたガラスについて、屈折率およびその波長依存性(アッベ数)を測定したところ、両物性ともに増加し、高屈折率・低分散性を有するガラスに近づくことがわかりました。一般的に、組成設計のみで高屈折率・低分散性を両立させたガラスを創ることは困難です。本研究によって、ホウケイ酸塩ガラスにおいても高温高压処理がその物性向上に有効な手法であることが示されました。今後は、10 GPaを超える圧力で高密度化されたガラスの物性がどこまで向上するか、またそのメカニズムについて原子レベルの構造の観点から調べていく予定です。

PRIUS では、よく研究室の学生を連れて実験に行かせていただいています。GRC での実験や装置利用は、技術者・研究者を目指す学生たちにとって大変良い経験になっています。今後ともどうぞよろしくお願いいたします。(滋賀県立大学 助教 山田明寛)

#### ❖ PRIUS 利用者の声



I am Wei Du from Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences (CAS). Before I got a tenured position at CAS, I have worked at GRC as a research scientist for more than two years (2014 to

2016), during which period of time I met many talented colleagues and friends. I returned to visit GRC by joining the PRIUS program and collaborating with Professor Irifune on the stability of pyrope-grossular garnet system at high pressure.

Considering that most natural garnets are

solid solutions, which are important for many geobarometers, the mixing parameters of the pyrope-grossular system are essential for thermodynamic calculation. However, the pyrope-grossular garnet system has been reported as a non-ideal mixing system because the large size difference between the two substituted cations Mg and Ca. Therefore, it is not proper to use linear interpolation to calculate the mixing volume of a solid solution from the end members (e.g. Geiger et al. 2008, Du et al. 2015). In addition, it is difficult to measure the mixing enthalpy or heat capacity or other thermodynamic mixing parameters directly because these garnet solid solutions are only stable at high pressure and it is not easy to get enough pure single solid solution samples to do these measurements. One way to solve this problem is to determine the compositions of coexisting garnet pair (two phases) at different pressure and temperature conditions, and the practical way to do this in laboratory is to observe exsolution of garnet phases.

I am really grateful to Professor Irifune for providing opportunities to use the high pressure facilities in GRC to solve the classic yet challenging thermodynamic problem. For the first visit in 2017, I carried two heating experiments at 10 GPa and 1300°C for about 3 hours heating. And for the second visit in 2018, I have chances to use FE-SEM equipped with EDS (JSM-7000F) to observed the run products at 8 GPa and temperature between 1200 to 1300°C. Our preliminary results show that increasing heating temperature is more efficient to quickly bring the system to achieve equilibrate condition than prolonging heating time from hours to days.

The days that I stayed in Matsuyama are particularly enjoyable because it is a very special and spiritual place. Now I am looking forward to my third visit to GRC and Matsuyama to get more fruitful scientific results and to see so many old friends. (Chinese Academy of Sciences, Professor, Wei Du)



先進超高压科学研究拠点

PRIUS

.....

編集後記：諸般の事情により当初の予定から大変遅れてしまい、9月発行の予定が師走になってしまいました。共同利用・共同研究拠点に対する、国立大学法人化第三期中間評価の結果が先日公表され、GRCが運用するPRIUSはA評価と大変高い評価をいただきました。引き続き来年もよろしく願いいたします。(T. I. & Y. M.)

.....



