



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:
 - GCOE-TANDEM シンポジウムプログラム
 - アメリカ鉱物学会誌の注目論文に選出
 - ヒメダイヤ製品が十大新製品賞に選出
 - 土屋教授が Phys. Chem. Min. 誌の Editor-in-Chief に
 - 入船センター長が TBS ラジオに出演
 - 平井教授がミュージアム講座開催
 - 超高压合成部門・数値計算部門助教着任
 - GRC 卒業生が超硬工具協会賞を受賞
 - 国際フロンティアセミナー
- ◆ ジオダイナミクスセミナー
- ◆ 海外出張報告
- ◆ インターンシップ報告
- ◆ 最新の研究紹介
- ◆ センター機器紹介No. 21
- ◆ 特別推進研究ニュース No. 11

◆ センター長あいさつ ◆



入船 徹男

GRC が中核となったグローバル COE プログラム「地球深部物質学」もこの 3 月で終わり、並行して採択されていた

大型科研費「特別推進研究」も同時に終了します。3 月の国際シンポを締めくくりとして、つつがなく終わりを迎えることができそうで、とりあえず

はほっと一息というところです。成果の報告書や最終評価はいずれ出るでしょうが、これらの事業を通して何が達成されたのか、現時点の感想を少し述べたいと思います。

まず確実に言えるのは、GRC の地球深部科学・超高压科学分野での知名度が、国内外で大きく上がったということです。特にナノ多結晶ダイヤモンド（ヒメダイヤ）と関連物質の合成・応用や、第一原理計算に基づく地球惑星深部物質科学の推進面では、世界をリードする研究が展開され、国内外の研究機関と多数の共同研究がおこなわれています。また、高压下での中性子・放射光実験、新物質合成、レオロジーなどの分野でも、特筆すべき成果がでてきており、国際的研究拠点として認知されてきたことを実感します。

教育面では、博士研究員や博士課程学生の育成において、当初の想定どおりの成果があがっています。これらの研究者や一部の若手教員は GRC での研究成果をもとに、様々な研究機関や企業に職を得て、新たな活躍場所を見出しています。想定外の特筆すべき点は、彼らが国内の研究機関にとどまらず、アメリカ、ドイツ、中国、タイなど国外の研究機関や企業においても常勤職を得ている点です。8 つの海外拠点と協定を結ぶとともに、アジアにおける連携組織（TANDEM）を立ち上げ、また GRC セミナーをすべて英語化するなど、COE 事業を契機に開始した多くの試み実を結びつつあるといえます。

一方で負の側面としては、内部からの修士課程への進学者の減少があげられます。景気後退などの外的要因も大きく関係していますが、私個人で言えば COE 事業の若手研究者育成や国際的・先端的研究推進への対応に追われ、学部・修士課程学生への指導が不十分であった面も否めません。またこれまであまり見られなかった現象として、学部学生の他大学大学院への流出もあります。若手の流動化は一般的には悪いことではありませんが、COE 事業が拠点からの学生の流出を促したとなると、皮肉な結果といえるかもしれません。

この原因の 1 つとして、COE 事業を契機に外国人も含め急激な教員・研究員の増加があり、これ

に伴い GRC の伝統に様々な変更を余儀なくされたことも関連していると考えています。一方で海外からの博士課程の学生や、長期・短期のインターンシップ希望者は確実に増えており、国際化という点では大きな成果をもたらした面もあります。今後、COE 事業を通じた「実験」の結果を「理論」化し、より実効的な教育研究推進に役立てていきたいと考えています。

ポスト COE の施策として、愛媛大学では理工学研究科に新たな博士課程特別コースを設置し、本年度から募集をはじめています。また、研究面では東工大の世界トップレベル拠点 (WPI) 「地球生命研究所」において、私を PI とした GRC を中心とする愛媛大学は、ハーバード大学・プリンストン高等研究所とともにサテライトとして連携をすすめています。一方で、GRC は超高压科学分野での全国共同利用・共同研究拠点「先進超高压科学研究拠点 (Premier Research Institute for Ultrahigh-pressure Science: PRIUS) の申請をすすめており、今後 COE 事業の成果を生かした先進的研究教育拠点として、関連分野における役割の強化を図る予定です。

末尾ながら、本年も皆様のご健勝をお祈りするとともに、GRC の活動へのご理解とご協力を宜しくお願い申し上げます。

◆ センターの構成 ◆

(H25. 1. 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) (H25. 1. 1～)
川添貴章 (COE助教)
Steeve Gréaux (COE助教)
西 真之 (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)
出倉春彦 (助教) (H25. 1. 1～)
市川浩樹 (COE助教)
王 賢龍 (COE研究員)

❖ 物性測定部門

井上 徹 (教授)
松影香子 (准教授 (COE))
木村正樹 (助教)
境 毅 (助教)
山田明寛 (COE助教)

❖ 量子ビーム応用部門

平井寿子 (教授 (COE))
八木健彦 (特命教授)
桑山靖弘 (助教)
木村友亮 (COE研究員)

❖ 上級研究員センター (連携部門)

土屋 旬 (上級研究員 (GRC関連))
西原 遊 (上級研究員 (GRC関連))

❖ 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 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 鈹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)

❖ GRC 研究員

川寄智佑 (理工学研究科教授)
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)
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)

NEWS & EVENTS

GRC客員研究員

遊佐 斉 (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中心准教授)

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 聡 (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)

日野真成 (副課長)

外山廣子 (再雇用事務補佐員)

加藤智恵子 (事務補佐員)

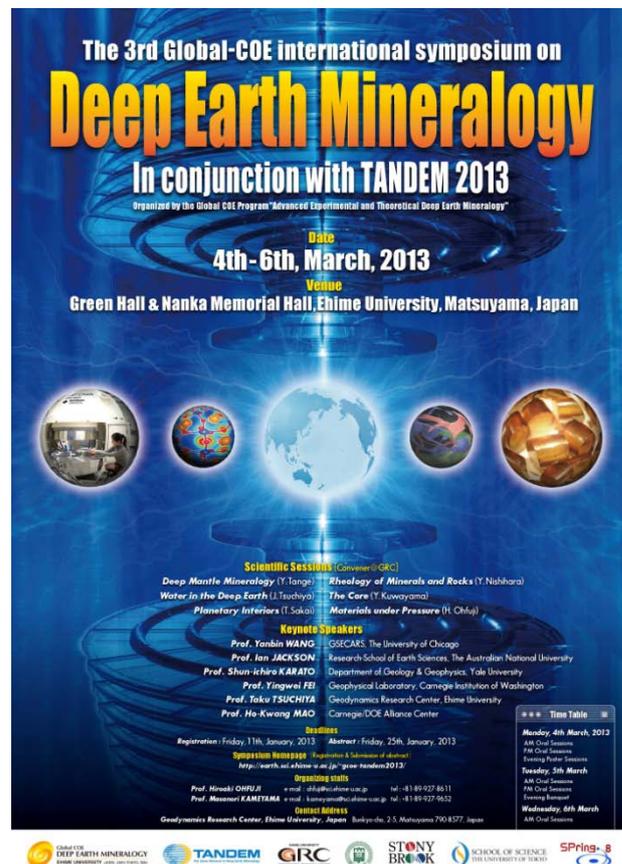
田中規志 (事務補佐員)

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)

GCOE-TANDEM シンポジウムプログラム



GRC を中核とするグローバル COE プログラム「地球深部物質学拠点」では、第 3 回目となる国際シンポジウムを愛媛大学キャンパスにて、2013 年 3 月 4 日(月)から 3 日間にわたって開催いたします。今回のシンポジウムは、隔年で開催している TANDEM (アジア域の地球深部物質学研究ネットワーク) の会合も兼ねつつ、本年度末で 5 年間の事業が満了となる COE プログラムの成果のとりまとめを主要な目的の 1 つとしています。

このシンポジウムでは、地球深部物質学に関する以下の 6 つのセッションを設け、それぞれ世界最先端の研究者による基調講演をはじめ、関連分野から合計約 90 件の研究発表が行われます。

詳細はシンポジウムのホームページ (<http://earth.sci.ehime-u.ac.jp/~gcoe-tandem2013>) をご覧ください。プログラム詳細等については順次掲載していきます。

日程 : 3/4 (月) 口頭発表、ポスター発表 (グリーンホール)
3/5 (火) 口頭発表 (グリーンホール)
3/6 (水) 口頭発表、GCOE 事業報告 (南加記念ホール)
ラボツアー他

セッション

1. Deep Mantle Mineralogy
2. Rheology of Minerals and Rocks
3. Water in the Deep Earth
4. The Core
5. Planetary Interiors
6. Materials under Pressures

基調講演者

- Yanbin Wang (GSECARS)
Ian Jackson (Australian National Univ.)
Shun-ichiro Karato (Yale Univ.)
Yingwei Fei (CIW)
Taku Tsuchiya (Ehime Univ.)
Ho-Kwang Mao (CIW)

その他の招待講演者

- Jay Bass (Univ. of Illinois)
Kei Hirose (TiTech.)
Tomoo Katsura (BGI)
Junfeng Zhang (China Univ. of Geosciences)
Daisuke Yamazaki (Okayama Univ.)
Bijaya Karki (Louisiana State Univ.)
Jiuhua Chen (Florida International Univ.)
Akio Suzuki (Tohoku Univ.)
Bruce Buffett (Univ. of California)
Hidenori Terasaki (Osaka Univ.)
Craig Bina (Northwestern Univ.)
Shijie Zhong (Univ. of Colorado Boulder)
Fabrice Brunet (CNRS)
Norimasa Nishiyama (DESY)
Robert C. Liebermann (Stony Brook Univ.)

❖ アメリカ鉱物学会誌の注目論文に選出

“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、東京工業大学河合研志特任助教と GRC 土屋卓久教授により同誌に発表された K ホーランダイトの高圧弾性特性に関する共同研究の成果が、同誌の “Notable Article” (注目論文) に選出されました。K ホーランダイトは下部マントルにおける K (カリウム) の主要ホスト相と考えられています。その弾性特性や高圧相転移について第一原理計算法により調べた結果、(1) K ホーランダイトから K ホーランダイト II への転移が 2 次の強弾性相転移であること、(2) 相転移が深さ 670km 付近で強い弾性異常を伴って生じること、(3) Na の固溶効果や陽イオン配列はこれらの挙動に大きな影響を及ぼさないこと、(4) K ホーランダイト II は下部マントルを超える圧力領域まで力学的に安定であることなどを明らかにしました。

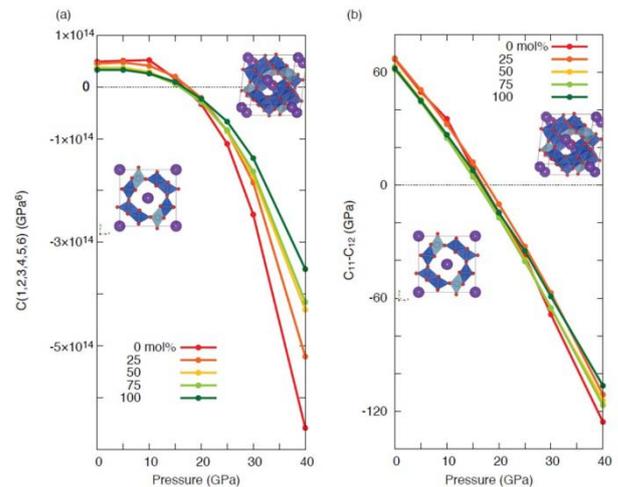
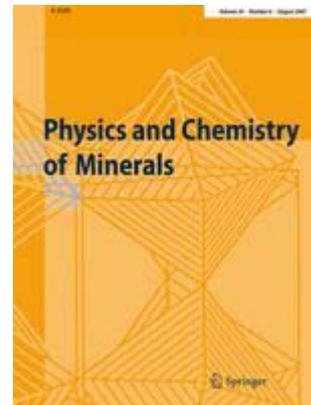


図: K ホーランダイトの力学的安定性を示す 2 種類の指標。約 17GPa 付近で負になり、弾性不安定化が生じて、格子が歪む。この結果は Na の固溶量や陽イオン分布に依存しない。

ちなみに K ホーランダイト II は GRC の入船徹男教授や八木健彦特命教授らにより 2004 年に実験的に発見され、沈み込む大陸地殻関連物質中で重要であることが、アメリカ地球物理学連合の専門誌 “Geophysical Research Letters” に報告されています。

❖ 土屋教授が Phys. Chem. Min. 誌の Editor-in-Chief に



GRC の土屋教授が、雑誌「Physics and Chemistry of Minerals」の主任エディター (Editor-in-Chief) に 2013 年 1 月から就任しました。同誌は、Springer 社から発行されている鉱物物理化学分野の国際誌で、鉱物の構造・相転移や物性、また化学的特性などに関する専門誌として、国際的に高い評価を受けています。現在土屋教授以外に 3 名の主任エディターが、アメリカ (A. Kavner)、ドイツ (C. McCammon)、チェコ (M. Rieder) から選ばれていますが、同教授は特に理論分野における同誌の投稿論文を中心に審査にあたる予定です。

❖ ヒメダイヤ製品が 2012 年十大新製品賞に選出

入船徹男センター長らが 2003 年にネイチャー誌に発表し、その後、住友電気工業（株）との共同研究で大型化がすすめられてきたヒメダイヤ合成技術を利用した製品が、日刊工業新聞社が選定する「2012 年（第 55 回）十大新製品賞本賞」に選出されました。

十大新製品賞は、日刊工業新聞社が 1958 年に創設した表彰制度で、今回で 55 回目を迎えます。審査にあたっては、(1) 独創的な発明で国内外で反響が大きかった、(2) 抜きん出た独創性はなくてもさまざまな工夫や研究改良により、性能が世界最高水準に達する、(3) 至難とされていた技術課題を解決し、商品価値からみてわが国産業水準の向上に著しく貢献する、(4) 産業・社会の発展に役立つ先導的役割を果たしたとみられる、ことが選定基準となっています。今回、住友電工から製品化された「ナノ多結晶ダイヤモンド工具」が、68 件の応募の中から、10 件の「本賞」の 1 つとして選出されました。

なお、ナノ多結晶ダイヤモンド工具の他には、パナソニックのスマート家電、シャープの酸化物質半導体採用液晶パネル、島津製作所の超高速質量分析計などが本賞に選出されています。ヒメダイヤは地球深部ダイナミクス研究センターなどのグループにより、新しい超高压発生装置への応用もすすめられています。

❖ 入船センター長が TBS ラジオ「夢・夢・Engine」に出演



左：松尾貴史さん、中：入船センター長、右：加藤シルビアさん

「夢・夢 Engine」は、TBS ラジオをキーステーションとして全国ネットで放送する科学番組です (<http://www.tbssradio.jp/yumeyume/index.html>)。パーソナリティーとして放送タレントの松尾貴史さん、アシスタントを TBS アナウンサーの加藤シルビアさんがつとめ、研究者を中心としたゲストの 3 名による 30 分間のトークで校正されています。このほど GRC の入船センター長が招かれ、東京赤坂の TBS スタジオで地球深部の研究や、ダイヤモンドに関する話題提供をおこないました。収録では、入船センター長が最近出版した一般向け新書

の内容や、実物を目の前にしたヒメダイヤの話題について松尾さんの軽妙なリードと、加藤さんのアシスタントにより約 1 時間おこなわれました。首都圏では 2012 年 12 月 29 日（土）の深夜 24 時 30 分～25 時、また愛媛では南海放送で 2013 年 1 月 2 日（水）の夜 18 時～18 時 30 分に放送されました。

❖ 平井教授がミュージアム講座開催

GRC では、愛媛大学ミュージアムにおいて世界最硬「ヒメダイヤ」をはじめとした地球惑星深部や物質科学研究の常設展示を行なっています。今年度から学外公開イベントとして始まったミュージアムの定期企画「ミュージアム講座」の第 5 回目として、平成 25 年 1 月 26 日（土）に GRC 平井教授が「ダイヤモンドの窓を通して地球や惑星の内部を見る！」と題して講演しました。平井教授の研究は、ダイヤモンドアンビルセル (DAC) という手のひらサイズの小さな高压装置を用いた実験を通して、地球内部に加え、氷惑星・衛星の内部を調べるものです。

講座では、圧力や温度をかけると水に沈む重たい氷やアツアツの氷ができることや鉛筆の芯がダイヤモンドに変わることを紹介し、燃える氷として注目されるメタンハイドレートが土星衛星タイタンなどの氷衛星内部に存在する可能性についてお話しされました。

GRC では、次年度以降も定期的にこのミュージアム講座での講演・体験を行っていくとともに、常設展示も適宜更新しながら最新研究を紹介していく予定です。

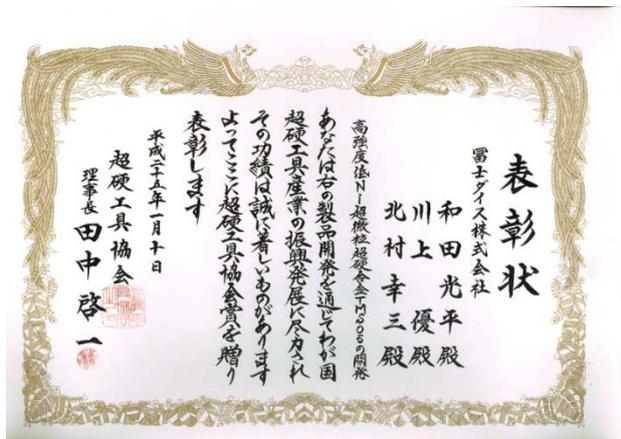
❖ GRC 超高压合成部門・数値計算部門助教着任

GRC 数値計算部門の助教として愛媛大学上級研究員センター研究員の出倉春彦氏、また同超高压合成部門の助教としてグローバル COE 助教の大内智博氏が公募の結果任用され、1 月 1 日付で着任しました。それぞれ第一原理計算と、高压変形実験を主な研究手段とした先端的研究を推進しており、今後の GRC の新たな発展において重要な役割を果たすものと期待されています。なお、本公募は JST の平成 24 年度テニュアトラック普及・定着事業に採択された愛媛大学の申請に基づいています。また、愛媛大学では平成 25 年度から、原則的にすべての新規採用若手教員等にテニュアトラック制度を適用する予定です。

❖ GRC 卒業生が超硬工具協会賞を受賞

西山宣正 GRC 准教授（現ドイツシンクロトロン研究所研究員）の指導のもと修士号を取得した和田光平氏らにより、就職先のフジロイ（株）で開

発された新しい超硬合金が、超硬工具協会の技術功績賞を受賞しました。この超硬合金は、超微粒子のタングステンカーバイド粉末に対して、ニッケルを結合材として用いて焼結したものであり、超硬合金としては最高レベルの極めて高い硬度と高い靱性を同時に実現しています。これらの優れた機械的特性に加え、中性子実験用のアンビル材として適していることや、本年度から施行された安全衛生法により、従来の結合材であるコバルトの使用に制約がかかる可能性がある等の理由で、大きな注目を集めています。この素材は大型化も可能ということで、GRC においても大型超高压装置 BOTCHAN-6000 用のアンビルとしての試験を開始しています。



❖ 国際フロンティアセミナー

第46回

“Recent Technical and Scientific Advances in High Pressure Neutron Scattering”

講演者: Dr. Christopher A. Tulk (Neutron Sciences Directorate, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge TN, USA)

日時: 2013年1月10日 (木) 14:30~16:30



◆ 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)

2月

2/8 “Post-GCOE programs and recent advances in synthesis and applications of NPD”

Dr. Tetsuo Irifune (Professor & Director, GRC)

2/22 “Melting, hydrogen, severe plastic deformation - some possible links in the properties of metals”

Dr. Yuh Fukai (Professor, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo)

3月

3/1 “Martensite-like phase transformation mechanism of graphite to hexagonal and cubic diamond under high pressure and high temperature”

Dr. Hiroaki Ohfujii (Associate Professor, GRC)

3/8 “Theoretical modeling for the X-ray spectroscopy of iron-bearing MgSiO₃ under high pressure”

Dr. Xianlong Wang (Global COE Postdoctoral Fellow, Ehime University)

4月

4/12、4/19、4/26 を予定しております。

❖ 過去の講演

第340回 “Pressure estimation using “diamond Raman” method at low-pressures below 10GPa”

Taku Fujii (Msc. Student, Ehime University)

“Phase changes of hydrogen hydrate under low-temperature and high-pressure”

Shingo Kagawa (Msc. Student, Ehime University) 26 October 2012

第341回 “Ab initio lower mantle model”

Dr. Taku Tsuchiya (Professor, GRC)

12 November 2012

第342回 “Investigation of Al-bearing hydrous minerals in the uppermost lower mantle condition”

Kohei Hayashi (Msc. Student, Ehime University)

“Transformation mechanism of graphite to hexagonal diamond - Influence of graphite crystallinity and hydrostaticity -”

Tomoharu Yamashita (Msc. Student, Ehime University) 6 November 2012

第343回 “Deep magma feeding system of Fuji volcano, Japan: High-pressure experimental study using 850MPa HIP apparatus”

Dr. Eiichi Takahashi (Professor, EPS, Tokyo Institute of Technology)

22 November 2012

第344回 “Melting experiments of water in a diamond anvil cell using double sided CO₂ laser heating system”
Dr. Tomoaki Kimura (Global COE Postdoctoral Fellow, GRC)
“In situ X-ray diffraction analysis of the experimental dehydration of chlorite at high pressure”
Hideki Suenami (Msc. Student, Ehime University) 30 November 2012

第345回 “Melting experiments in diamond anvil cells under the CMB condition”
Satoka Ohnishi (Msc. Student, Ehime University) 21 December 2012

第346回 “Lattice preferred orientation of hcp iron induced by shear deformation”
Dr. Yu Nishihara (Senior Research Fellow, Senior Research Fellow Center, GRC) 11 January 2013

第347回 “Pressure and temperature dependences of sound velocities of minerals in the Earth’s mantle transition region”
Dr. Steeve Gréaux (Global COE Research Fellow, GRC)
“Microstructures of nanopolycrystalline diamond synthesized directly from highly crystallized graphite”
Fotoshi Isobe (Ph.D. Student, Ehime University) 18 January 2013

第348回 “Measurements of elastic velocities and elastic constants of nano-polycrystalline diamonds and sintered diamonds with fluid pressure”
Dr. Masaki Kimura (Assistant Professor, GRC) 25 January 2013

.....

➡ 海外出張報告 †

❖ AGU 参加報告

2012年12月3～7日にかけて米国サンフランシスコで開催されたAGU Fall Meetingに参加してきました。今回は第45回目になるのだそうで、参加者も年々増加傾向にあり、23000人以上の参加者があったそうです。口頭発表も6800件程度、ポスター発表はほぼ14000件もあり、今や世界で最大の学会といえましょう。その中で感じたことを1つ2つ。

今回はセッション “Volatiles in the Earth’s Interior and their Effect on Physical Properties” のコンビナーを行いました。セッションのプログラムを作る際、invited speakerを4人程度選んでくれとのこと。結果としてcontributed paperの口頭発表枠は減ってしまいます。最近のAGUはこのような方針のようです。どのセッションでもそうですから、それぞれのセッションで有名どころの発表があり、参加者も集まると思います。しかし、若手研究者の口頭発表の場が少なくなっている感も否めません。実際、口頭発表を聞いていると既に論文で発表されたレビュー的な話が多くなっている傾向があると思います。

その分、若手研究者の発表の場はポスターセッションに移動するわけで、かなり熱心に説明をしてくる発表者も多くいました。ポスターセッションは広い会場で行い朝から夕方まで貼ってありますので、発表者は目立ちはしませんがきちんとした議論ができるところが利点です。いろいろな所で白熱した議論が行われており、このような方向でAGUはポスターセッションにも力を入れてきていると感じました。

これだけ大きな学会になると、この学会で1年に1回会う旧友というのも大勢おり、それも学会参加の楽しみです。特に今年は、私がニューヨーク州立大学ポスドク時にお世話になった Robert Liebermann 博士(通称Bob)がAGUからEdward A. Flinn III Awardを授賞され、そのため多くの旧友と会うことができました。この賞は以下のような基準で優れた研究者に与えられるものとされており、まさにBobに相応しい賞と思います。Bob, congratulations!

「The award honors individuals who personify the Union’s motto ‘unselfish cooperation in research’ through their facilitating, coordinating, and implementing activities.」

Bobが授賞されたのでAGU Honors Ceremonyに参加してきました。AGUは毎年このセレモニーを行っています。私は長年参加してきたにも関わ



受賞スピーチをおこなうLiebermann 教授

らず初めての参加でした。12月5日の夜、2時間に渡って開催されたのですが、そのセレモニーは華やかでかなりのエンターテインメントぶりでした。いかにもアメリカのセレモニーという感じでした。

その翌日には夜の8時から10時にかけて授賞者を交えたバンケットが開催され、それにも参加させていただきましたが、その豪華さには驚きました。日本の学会とは大きな違いです。テーブルでのコース料理の後、生演奏、その後ダンスパーティーになっていました。いかにもアメリカです。

このようなセレモニーはやり過ぎ感もなくはないですが、賞を称えて皆も楽しむ、また授賞をエンカレッジするという意味では効果的に働くのではないのでしょうか？今回、またAGUの違う側面を見たような気がします。（井上徹）



バンケットにて。奥ではバンドの生演奏。

◆ インターンシップ報告 ◆

❖ JSPS Summer Fellow 2012 GRC report

This past summer I spent 2 months at the GRC as a JSPS Summer Fellow. I worked with Dr. Jun Tsuchiya on creating hydrogen defect models of hydrous postperovskite, the existence of which is a major topic of my research at my home institution of Northwestern University (USA). By cooperating with Dr. Tsuchiya I am combining experimental techniques to synthesize this material with computational techniques to investigate the physical properties of hydrous silicates under lower mantle conditions. During my stay at the GRC I developed 4 distinct potential defect models for postperovskite and computed their elastic and vibrational properties and investigated their stability under lower mantle conditions. Back in the USA, I am now developing experimental techniques to

synthesize and characterize this material.

My time at the GRC was unforgettable. I made so many friends who I miss dearly and look forward to visiting Japan again in the future! (Joshua Townsend)



Tsuchiya group out to dinner on my last night in Matsuyama. I am second from right.

◆ 最新の研究紹介 ◆

❖ 上部マントル最下部条件下におけるカンラン石の剪断変形実験：上部マントルの地震波速度異方性パターンの全容解明に向けて

地球内部の不均質構造を探る上で、地球内部を伝播する地震波よりもたらされる情報は非常に重要です。観測される地震波速度異方性の情報より、地球内部の不均質構造が詳細に理解されるようになってきています。地球の上部マントルにおいては、主要構成鉱物であるカンラン石の結晶軸の選択配向が地震波速度異方性の主要な原因となります。カンラン石の結晶方位選択配向はマントルの流動過程において発達しますが、その選択配向パターン（ファブリック）は圧力・水の分圧をはじめとした種々の物理的・化学的条件によって変化しうることが知られています。そのため、流動方向（剪断方向）と結晶選択配向の関係が予め実験的に分かっているならば、地震波速度異方性の観測結果から実際のマントルの流動方向や水の分圧を推定することができます。

マントル構成鉱物の結晶選択配向特性を理解するためには、マントルの温度圧力条件下にてその鉱物の変形実験を行う必要があります。従来、その実験は技術的に困難でした。近年、D-DIA型変形装置が開発された（Wang et al., 2003）ことに加え、GRCの研究グループにおける技術開発の結果（Nishiyama et al., 2008; Kawazoe et al., 2010）、上部マントル～マントル遷移層中部（深さ30-600km）条件での定量的な変形実験（歪速度や変形開始のタイミングはいずれも制御可能）が可

能となってきました。

鉱物の結晶選択配向特性を理解する上で、実験において変形の剪断面と方向がそれぞれ単一（単純剪断変形）であるのが理想です。単純剪断の変形実験を行うためには、試料の上下に配置した変形用ピストンを精密に前進させる必要があります。このことが実験の難度を上げる要因となっています。さらに、カンラン石ファブリックの発達条件を理解する上で、鉱物中の含水量（水の分圧に対応）をコントロールして実験を行うことが非常に重要となります。

私は、GRC に設置されている D-DIA 型変形装置 “MADONNA” を用いて上部マントル条件下でのカンラン石の剪断変形実験を行ってきました。現在では、13GPa・1500°C の上部マントル最下部条件（深さ 390km）におけるカンラン石の剪断変形実験に成功しています。上部マントル下部～最下部においては、上部マントル浅部におけるカンラン石の各種ファブリックの発達条件とは大きく異なることが分かってきました。特筆すべきは、カンラン石 A-type ファブリックの出現条件の違いです。A-type ファブリックは、上部マントル浅部条件（深さ 200km 以浅）では水に乏しい条件下にて発達することが実験的によく知られており、天然のカンラン岩において最も普遍的に観察されるファブリックです。我々の最新の実験結果により、上部マントル深部～最下部（200–410 km）において水に乏しい条件では C-type ファブリックが発達し、A-type ファブリックは水に富んだ条件下にて発達することが確認されました (Ohuchi and Irifune, 2013)。上部マントル深部における水に富んだマントルの上昇流 (A-type ファブリックが発達していると考えられる) はメキシコ東海岸沖の東太平洋海嶺下に起こっていると予想されます。

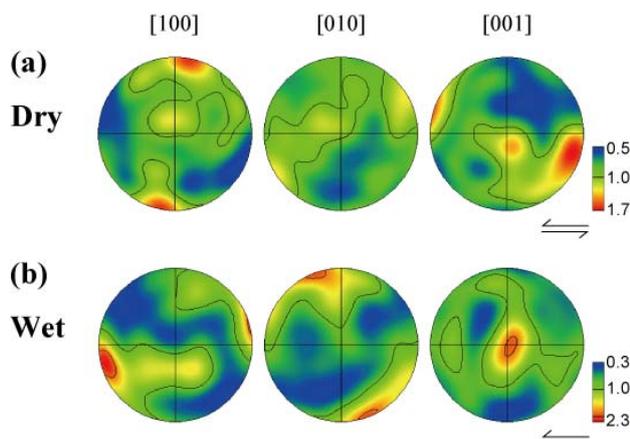
今後は、マントル遷移層条件下での剪断変形実験を目指していくとともに、放射光 X 線を用いた “その場観察” の変形実験・応力測定実験を行っていく予定です。ファブリック発達を現象論で扱うだけではなく、どのような素過程でファブリッ

クの発達が進行していくのかを理解することを目指していきます。(大内智博)

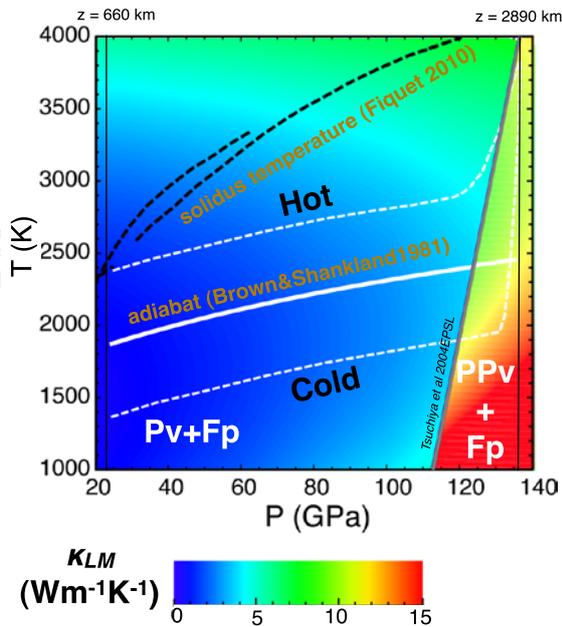
◆ MgSiO₃ ペロブスカイト及びポストペロブスカイトの第一原理格子熱力学計算

熱伝導は物質中を伝わるエネルギーの流れであり、物質の移動を伴う熱対流や電磁波の輻射による熱放射とともに、基本的な熱伝達の方式である。金属では電気伝導に寄与するキャリアによる熱伝導への寄与がある。一方、絶縁体である鉱物では電子系は局在傾向にあり、イオンの格子振動のエネルギーがイオン間相互作用を通じて伝わるのが熱伝導の機構となる（格子熱伝導）。地球内部物質科学における熱伝導の役割は大きく、地球内部ダイナミクス及び熱構造を理解する上で熱伝導特性の知識は必要不可欠である。特に、マントル対流による物質循環、外核の対流による磁場の生成、内核の成長といった現象は下部マントルの熱伝導率に強く制約される事が知られており、下部マントル構成鉱物の熱伝導率を精度良く決定する事は地球深部科学における重要な課題の一つとなっている。しかしながら、高温高圧下における熱伝導率の実験的な測定は依然として困難であり、下部マントルの主要相である MgSiO₃ (ポスト) ペロブスカイトの深部マントルその場条件下における格子熱伝導率 (κ_{lat}) は未だ明らかではない。そこで我々は密度汎関数摂動論 (DFPT) に基づいた κ_{lat} の第一原理計算手法の開発に取り組み、任意の温度・圧力下における κ_{lat} の計算を可能にした (Dekura, 2013)。 κ_{lat} はフォノンの運動論的表式によって $\kappa_{lat} = \frac{1}{3} \sum_s \int |v_{q,s}|^2 c_{q,s} \tau_{q,s} dq$ と表される。ここで、 $v_{q,s}$ 及び $c_{q,s}$ は波数ベクトル q 、ブランチ s のフォノンの群速度及び比熱で、DFPT に基づく調和格子力学計算により精度良く求める事ができる。一方 $\tau_{q,s}$ は格子の非調和性に起因したフォノンの寿命であり、調和近似では評価できず、 κ_{lat} を計算する上で最大の鍵となる物理量である。本研究では、3 次の動力学テンソルに対しても同様に DFPT を適用する事で $\tau_{q,s}$ の高精度・高効率計算を実現した。

最近、我々のグループではこの手法をペロブスカイト (Pv) 型及びポストペロブスカイト (PPv) 型 MgSiO₃ へと適用し、下部マントル全域の温度圧力条件下でそれらの κ_{lat} を決定した。図 1 に、本研究で得られた、下部マントル深部条件下における κ_{Pv} 及び κ_{PPv} を示す。両構造共に、 κ_{lat} は温度に反比例して減少した。これは、高温下 (>> デバイ温度) における絶縁体の κ_{lat} の一般的な温度依存性である。我々の κ_{lat} の計算結果は、室温実験外挿値 (Ohta, 2012) とまずまず調和的である事が分かったが、PPv の温度依存性は目に見えて異なっている。また、 κ_{PPv} は κ_{Pv} よりも 2 倍以上大きくなって



変形した試料中のカンラン石粒子の結晶方位を極点図にプロットした一例。(Ohuchi and Irifune, 2013 より)。



下部マントルの熱伝導率プロファイル(κ_{LM})。
 $(\text{Mg}_{0.95}, \text{Fe}_{0.05})\text{SiO}_3$ と $(\text{Mg}_{0.8}, \text{Fe}_{0.2})\text{O}$ とが8:2の体積比で下部マントルを構成しているとして計算。

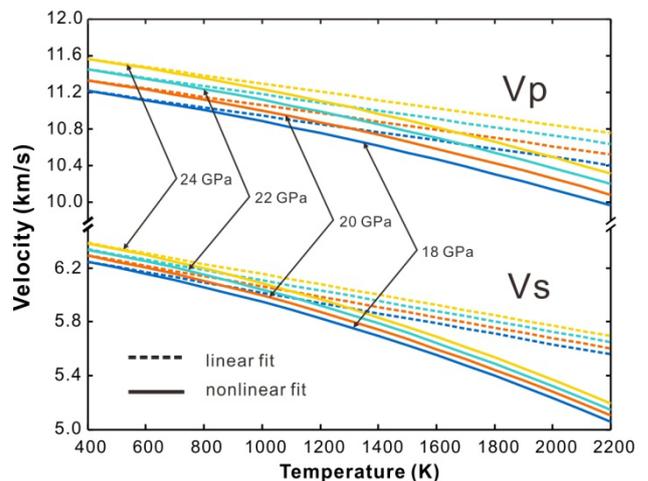
いるが、(本稿では説明を割愛するが)これは Pv 及び PPv の両構造における非調和格子力学特性(フォノン崩壊のチャンネル数)の違いに起因して生じている。次に、本研究で得られた結果と MgO の κ_{lat} (Stackhouse, 2010)を用いて、下部マントルの熱伝導率プロファイル(κ_{LM})を決定した。この際、鉄の固溶効果 (Manthilake, 2011) 及び放射熱伝導 (Hofmeister, 1999) も考慮した。得られた結果を図 2 に示す。Pv から PPv への相転移に伴い、 κ が増加する事が分かる。また、温度が上昇するにつれて放射熱伝導度は大きくなり、特に核-マントル境界 ($P \sim 136$ GPa, $T \sim 3800$ K) 近傍で無視できない寄与をもたらす事が分かった。これらの要因が重なった結果、最下部マントルにおいて κ は温度構造に非常に敏感となり、しばしば仮定される深さ依存性を持たない $\kappa (= \text{const.})$ と比べ様相は大きく異なっている。

今回の研究により、Pv 及び PPv の深部マントルその場条件下の格子熱伝導率を初めて第一原理的に決定し、その結果を踏まえて下部マントルの熱伝導率プロファイルモデル化ができた。しかし下部マントル深部条件下における鉄の固溶及び光輻射の熱伝導率への影響は、それらの低圧下での実験結果を外挿する事によって評価しており、第一原理計算又は実験によって直接決定されたものではない。また、 κ_{lat} の第一原理計算に関しても、フォノン-フォノン相互作用のより高次の素過程がもたらすフォノン寿命への影響など、定量的に検討すべき点が多い。これらは地球深部科学及び計算物理学の双方において挑戦的な課題であり、今後も活発な研究が望まれる。(出倉春彦)

❖ Sound velocities of MgSiO_3 akimotoite and

its nonlinear temperature dependence at HPHT conditions

MgSiO_3 akimotoite is one of the high pressure polymorphs of enstatite with the ilmenite structure. Akimotoite is restricted to be stable at very high pressures of 20~25 GPa and at relatively low temperature conditions according to previous high pressure experiments. Thus, akimotoite is believed to occur in some cold stagnant slabs at the bottom of mantle transition zone and uppermost lower mantle. The elastic properties of akimotoite are of significance for understanding the three-dimensional structure around the bottom of mantle transition zone with cold stagnant slabs. Using ultrasonic technique, we investigated the elastic wave velocities of polycrystalline MgSiO_3 akimotoite up to pressure of 25 GPa and temperature of 1500 K.

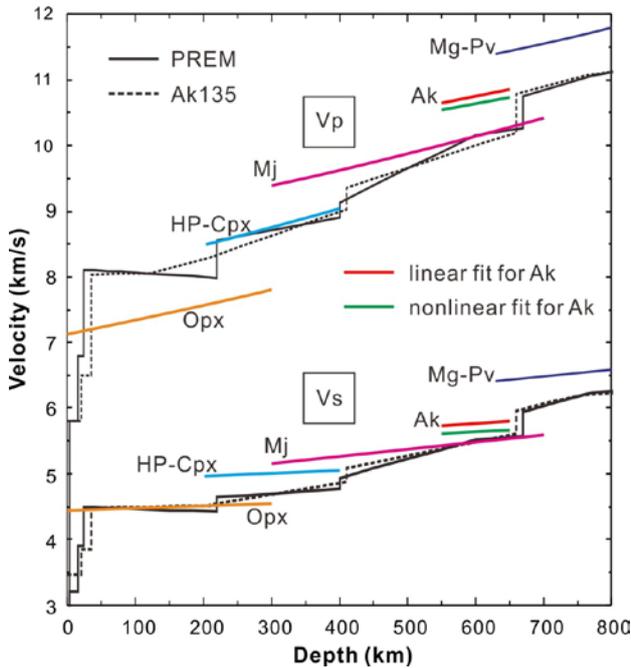


Velocity changes with a linear (dashed lines) and nonlinear (solid lines) temperature effect at various pressure conditions of mantle transition zone

The results show that both V_p and V_s increase with increasing pressures and decrease with temperatures. Present data demonstrated nonlinear temperature dependences at high temperature conditions, particularly for V_s . The velocity differences predicted from linear and nonlinear relations are $>1.1\%$ at high temperatures.

We compared the velocities of mantle minerals with MgSiO_3 composition using present and other available data on the end-members. The results indicate that the velocities of akimotoite are always higher than those of geophysical models in the transition zone. The velocity jumps across Ak-Pv transition at the lower part of mantle transition zone, $\sim 5-6\%$ for P-wave and

~10-12% for S-wave, are very large, suggesting this transition may contribute to the discontinuities observed above 660 km. (Chunyun Zhou)

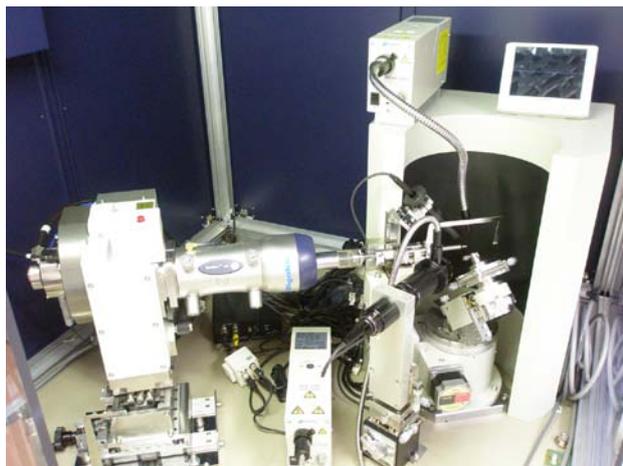


Comparison of velocities of various mantle minerals with composition of $MgSiO_3$ along a typical adiabatic mantle geotherm.

.....

◆ センター機器紹介No. 21 ◆

微小部 X 線回折装置 (RIGAKU RAPID II)



2012年9月下旬に、総合研究棟 I の 1 階 162 号室に微小部 X 線回折装置 (RIGAKU RAPID II) が納入された。この装置は、湾曲 IP (イメージングプレート) を検出器とする 2 次元 X 線回折装置である。この装置の特徴は、人工多層膜集光ミラーにより集光された高強度の光が得られるところにある。また、目的に応じて Cu 線源 ($\lambda_{K\alpha 1}=1.5405929 \text{ \AA}$)

と Mo 線源 ($\lambda_{K\alpha 1}=0.70931715 \text{ \AA}$) の 2 つを切り替えて使用することができる。出力は 1200 W (40 kV × 30 mA (Cu 線源)、50 kV × 24 mA (Mo 線源) である。

写真 1 に装置の外観を示す。装置は、X 線発生電源・回折光学系・解析 PC およびチラー (屋外に設置) からなる。写真 2 は光学系部分である。写真左側から順に、X 線源、ミラー、コリメーター、試料ステージ、湾曲 IP という並びになっている。コリメーターは通常 $\phi 0.05-0.1 \text{ mm}$ を使用しているが、この他にも 0.8, 0.3, 0.01 mm が使用できる。試料ステージには、x, y, z, ϕ 軸の 4 軸があり、さらにステージ全体を回転する ω 軸がある。測定を試料配置は反射と透過の 2 通りが選択でき、透過配置でダイヤモンドアンビルセル内の高压試料の測定を行うこともできる (この際は専用のステージを使用する)。

測定手順について簡単に紹介する。作業としては、①電圧・電流を上げる、②制御 PC のソフトウェア「RAPID XRD」を用いて適宜試料ステージを移動し、試料をセットする、③揺動等の条件を入力し、④露光する、という流れになる。標準的な測定時間は 5 分程度で十分である。出力を上げるのに多少の時間はかかるものの、立ち上げからおよそ 1 時間以内にはデータを取得することができる。

解析についても、専用のソフトウェア「2DP」を用いて簡単に 1 次元プロファイルを得ることができる。その解析ソフトウェアでは background の除去、smoothing、積分範囲の設定、 $K\alpha 2$ 線由来の回折線の除去、といった作業がフローチャート式に行うことができるので、作業者は順にボタンをクリックしていけばよい。

この装置でスタンダード試料としての Cu 線源を用いて Si を測定した結果について紹介する。測定された 11 本の回折線を用いて格子状数を決定すると、導入時の設定では $a=5.4331(3) \text{ \AA}$ と文献値 (5.4307 \AA) と約 0.04% の違いがあるが、その後フィルム距離やビーム中心位置を調整することで $a=5.4305(1) \text{ \AA}$ となり、文献値との違いは 0.004% まで改善されている (注: この調整は 10 月下旬に行っているものでそれ以前の「2DP」を用いた解析精度は上記の導入時のものになっていることに注意されたい)。回折角度による多少の違いはあるものの、回折線それぞれから格子定数を決めた場合でも、それぞれの差は 0.02% 以内であった。

現在までの 4 ヶ月弱の間に、プレス実験の回収試料を中心として 100 回近く使用されており、ほぼ連日稼働している。今後 Mo 線源での精度評価や、ダイヤモンドアンビルセル内の高压試料の測定への拡張を進めていく予定である。(境 毅)

.....

編集後記: 1 月に発行する予定が、また遅れてしまいました。せめて梅の花が咲いている間にはお届けできればいいのですが... (T. I. & Y. M.)

.....

特別推進研究ニュース No. 11

特別推進ニュース終了に際して

2008年度に採択された特別推進研究も、この3月末で終了となります。本研究ではヒメダイヤの本格応用や、マントル深部と核の物質構成に関して、特にFe系の物質に注目した研究を推進してきました。この間、同時に採択されたグローバルCOE「地球深部物質学」における人材育成と、本研究を主体とした先端研究を両輪とした研究教育活動をすすめ、ともに中間評価はA評価と高い評価をいただきました。

本研究においては、先進的な超高压実験と第一原理計算、またこれらの分野の分担者の共同研究により、この結果、下部マントルにおけるFeスピン転移の詳細や、最下部マントルの温度構造、内核物質の構造や融点、更には系外惑星に存在する可能性のある高压相の発見など、様々な新たな知見が得られています。その結果はScienceやPNASなどの高インパクトファクター雑誌を含め多くの国際誌に発表されています。一方で、SPring-8に完成した自由電子レーザー(FEL)光源を利用した新たな試みも、本研究を契機に開始されています。

ヒメダイヤに関しては、本研究組織を核とした国内外との共同研究も多数推進し、その地球深部科学や高压物性科学における重要性が明らかになりました。応用面でも、パートナーである住友電工(株)から「ナノ多結晶工具」として製品化され、これが日刊工業新聞社が選ぶ2012年の10大新製品賞を受賞するなど、我が国のモノづくり産業の新たな発展に大きく寄与するものと期待されています。一方で本研究を一つの契機に、ヒメダイヤがもつ類まれな硬さと強度を地球深部掘削に応用することも検討が開始されています。

本研究の代表者は、本年度採択された東工大が中核となるWPIプログラム(地球生命研究所:ELSI)において、PIおよび愛媛大学サテライト(ELSI-ES)長として参加することになりました。また、GRCは来年度から全国共同利用・共同研究拠点(PRIUS)をめざした取り組みをおこなっています。本研究は間もなく終了になりますが、その成果はこれらの新たな事業に受け継がれ、更に発展するものと確信します。本ニュースは今回をもって終了させていただきますが、次回からはWPI-ESおよびPRIUS関連のニュースとして新たにスタートする予定です。

(特別推進研究代表者 入船徹男)

ヒメダイヤの密度・弾性精密測定

本研究代表者の入船らにより開発されたナノ多結晶ダイヤモンド(ヒメダイヤ)は、単結晶ダイヤモンド

と異なり機械的特性に方位依存性がないため、真球の試料をつくることができます。得られた真球試料に対して密度と共振法を利用した弾性波速度の測定がおこなわれ、その空孔率がゼロであることが確認されるとともに、球共振法を用いた弾性定数の決定がGRCの木村正樹助教や、単結晶共振法の開発者である愛媛大学名誉教授の大野一郎氏らとの共同研究により精密に決定されました。また、ノースウェスタン大学のY. Chen博士およびS. Jacobsen博士により新たに開発されたGHz(ギガヘルツ)超音波法により、他のヒメダイヤ試料に対して弾性定数の決定が独立におこなわれました。これらの結果、球共振法およびGHz超音波法によって得られたヒメダイヤの弾性定数は、測定誤差(0.1%程度)の範囲で一致するとともに、単結晶ダイヤモンドに対して得られた弾性定数から予想される値とも良く一致することが明らかになりました。

SACLAでの取り組み

本研究分担者の丹下慶範助教らと、大阪大学、理研の共同研究によって、SACLAにおける地球惑星関連物質の超高压下ポンプ・プローブ測定が開始されました。フェムト・ナノ秒同期レーザーを用いた高压発生技術とSACLAによる超高輝度なフェムト秒X線レーザー光を組み合わせると、これまでマルチアンビル装置やダイヤモンドアンビルセル、SPring-8などの放射光を用いて行ってきた静圧縮下における高压その場観察実験と同様の測定が、ピコ秒以下の時間幅で行えるようになります。この新しい実験手法により、これまで難しかった相転移ダイナミクスの詳細な観察が可能になると期待されます。

