



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:
  - 土屋教授に日本学術振興会賞
  - NHK「おはよう日本」でGRCの活動を紹介
  - GRCあり方検討委員会報告
  - 負の熱膨張率を持つ鉄系新物質の合成
  - GRC-GL シンポジウム (カーネギー研)
  - 第4回若手の会 (YESA) ワークショップ
  - 特別経費プロジェクトの開始
  - 成功大・四川大・カーネギー研で講演
  - 中性子実験用超高圧装置「圧姫」完成
  - Spengler 研究員にFlinn-Hart 賞
  - 国際レクチャー
  - インターンシッププログラム
  - 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
- ◆ 最新の研究紹介
- ◆ センター機器紹介①⑦
- ◆ 特別推進研究ニュース No. 6

名の研究員 (学振・COE 研究員) の計7名を受け入れていますが、このうち5名が、成都にある四川大学の原子分子物理学研究所 (IAMP) 出身です。

IAMP と GRC は、2008 年に研究所間の協定を結んでいます。このほど、更に大学レベルでの学術交流協定締結の合意に至り、学長や副学長、東アジア古代鉄文化研究センター長をはじめとした本学訪問団が、5 月末に成都を訪れました。私もその一員として参加する機会をいただき、同大での講演や IAMP でのセミナーをおこないました。

今回の訪問を含め、この1年ほどの間に講演や会議で武漢・蘇州など中国本土を3回、また台湾も台北・台南など3回訪れています。一方GRCは、アジアにおける高圧地球科学・高圧物質科学の、主要研究機関の交流強化を目的とし、2008年に連携組織「TANDEM」を立ち上げました。これには我が国や中国をはじめ、現在アジアの26の研究機関が参加しています。

このようなアジア諸国、特に中国との連携強化を機会に、中国人研究者の根底にある思いを理解することを一つの名目として、中学生の頃に読んだ「三国志」(吉川英治著)を、久しぶりに寝床の友に紐解いています。年頭から読み始め、ようやく最終巻に至り、できれば今回の訪中の間に読了したいと思っていました。残念ながら朝から晩まで多忙な毎日で、夜はホテルに戻るとすぐ寝入ってしまい、この目標は達成できませんでしたが…。

今回訪問した成都是、言うまでもなく三国の一つ蜀の都。四川大学や金沙遺址博物館等での公式行事もさることながら、最終日の空き時間に予定されていた、諸葛亮(孔明)や劉備玄德の霊廟である「武侯祠」(ぶこうじ)の訪問を、内心一番楽しみにしていました。

我が国の多くの人々同様、諸葛孔明は私の好きな歴史上の人物の1人です。武侯祠では、名文とされる出師表(すいしのひょう)が刻まれた石版を見学し、あらためて感銘を受けました。孔明と

## ◆ センター長あいさつ ◆



入船 徹男

GRC における外国人長期滞在研究者の中で、最近特に中国からの若手の割合が増えつつあります。現在中国からは5名の博士課程学生、2

例えば、天才的な戦略・戦術家であるとともに、独創的な武器の考案者であることはよく知られています。魏への遠征に際し、劉備の後継者である劉禪に対して書かれた出師表では、先帝劉備への報恩の思いとともに、人材登用の重要性を強調しています。

魏・呉に比べて圧倒的に国土も人口も少なく、西南の僻地にある蜀が、これらの大国と互角以上に渡り合えたのは、ひとえに良い人材を揃えたためだったとの由。彼の高度な戦略・戦術立案力や技術力もさることながら、同じく我が国の西南、四国の地にある GRC において、孔明の人材に関する卓見には参考になる点も多いと感じています。

出師表では、後漢の衰亡は良い人材を排し、つまらぬ人材で皇帝の周囲を固めたためと述べています。設立後 10 年を迎えた GRC において、現在いくつかの教員人事をすすめています。次の 10 年の新たな発展に向け、後憂のないよう、すぐれた人材を適材適所登用したいものです。



## ◆ センターの構成 ◆

(H23. 5. 1現在)

### ❖ 地球深部物質構造動態解析部門

入船徹男 (教授)  
 西山宣正 (准教授)  
 大藤弘明 (助教)  
 丹下慶範 (助教)  
 川添貴章 (COE助教)  
 Steeve Gréaux (COE研究員)  
 大内智博 (COE研究員)  
 雷 力 (COE研究員)  
 西 真之 (学振特別研究員)  
 秦 家千 (学振外国人特別研究員)

### ❖ 地球物質物性計測部門

井上 徹 (教授)  
 松影香子 (准教授(COE))

木村正樹 (助教)  
 Matthew L. Whitaker (助教)  
 山田明寛 (COE研究員)

### ❖ 量子ビーム応用部門

平井寿子 (教授(COE))  
 藤野清志 (教授(COE))  
 桑山靖弘 (助教)  
 町田真一 (COE助教)

### ❖ 地球深部活動数値解析部門

土屋卓久 (教授)  
 亀山真典 (准教授)  
 選考中 (助教)  
 臼井佑介 (COE研究員)  
 市川浩樹 (COE研究員)  
 Arnaud Metsue (COE助教)

### ❖ 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))  
 募集中 (研究員 (GRC関連))  
 出倉春彦 (研究員 (GRC関連))

### ❖ 教育研究高度化支援室分室

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)  
 矢野春佳 (技術補佐員)  
 Sabrina Whitaker (研究支援者)

### ❖ 客員部門

客員教授 角谷 均 (住友電気工業 (株) エレクトロニクス・材料研究所スペシャリスト)  
 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)  
 客員准教授 舟越賢一 (JASRI利用促進部門 副主幹研究員)

### ❖ GRC研究員

大野一郎 (理工学研究科教授)  
 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)  
湊崎員弘 (理工学研究科教授)  
小西健介 (理工学研究科准教授)  
山田幾也 (理工学研究科助教)  
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)

#### ❖ 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)  
西堀麻衣子 (産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門研究員)  
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)  
角谷 均 (住友電気工業(株)エレクトロクス・材料研究所スペシャリスト)  
吉岡祥一 (神戸大学自然科学系先端融合研究環境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)  
赤松 直 (高知大学教育学部准教授)  
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)

#### ❖ 事務局

研究拠点事務課 (3F)  
藤村 宗 (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)



### NEWS & EVENTS

#### ❖ 土屋教授に日本学術振興会賞

第7回日本学術振興会賞受賞者として、土屋卓久教授が地球科学分野では唯一選出されました。日本学術振興会賞は、我が国の学術研究の水準を世界のトップレベルにおいて発展させるため、創造性に富み優れた研究能力を有する若手研究者を早い段階から顕彰し、その研究意欲を高め、研究の発展を支援する目的で、平成16年度に創設されました。受賞者は人文・社会科学及び自然科学の全分野を対象とし、学術上特に優れた成果をあげた45歳未満の研究者20名程度に贈呈されます。土屋教授の受賞対象業績は「地球惑星深部物質および関連物質の理論的計算物理学的研究」で、授賞式は、2011年3月3日に日本学士院においておこなわれました。

#### ❖ NHK「おはよう日本」でGRCの活動を紹介

2011年3月3日のNHKの朝のニュース番組「おはよう日本」(全国版)にて、土屋教授らの第一原理計算分野を中心とした、地球深部やスーパーアースの内部構造に関する研究活動が紹介されました。この分野で我が国をリードする同グループでは、国内外からの長期・短期の研究者や学生の滞在も多く、報道では北京大から滞在していた大学院生や、フランスからの博士研究員のコメントも紹介されました。また同番組では、入船教授らのヒメダイヤを初めとした、実験グループの研究活動の一部も報道されました。

#### ❖ GRCあり方委員会報告

2001年4月に発足したGRCが10年目を迎える

にあたり、学術関連理事を委員長とした「あり方委員会」により、今後のあり方に関して検討がなされ、このほどその結果が取りまとめられました。この間 GRC では3編の Nature 誌、2編の Science 誌、5編の PNAS 誌など、国際誌に約 300 編の論文を発表するとともに、大型科研費「学術創成研究」、「特別推進研究」、「特定領域研究（計画研究）」、「新学術領域研究（計画研究）」等を獲得するなど多大な成果をあげてきました。また、3 件の国際賞、2 件の学会賞、3 件の学会奨励賞、日本学術振興会賞、若手科学者賞をはじめ多数の受賞者を輩出したほか、グローバル COE の中心拠点に選出されています。あり方委員会では、このような活動が高く評価されるとともに、今後の方向として、材料科学等への研究の展開や、地球以外の巨大惑星やスーパーアースなども対象とした、新たな分野の開拓の重要性が指摘されました。また報告には、GRC の特徴ある機器や技術を最大限に活用し、更に学際的研究を展開するためにも、全国共同利用・共同研究拠点化の推進も盛り込まれています。

#### ❖ 負の熱膨張率を持つ鉄系新物質の合成

山田 GRC 研究員（理学部化学科助教）らは、GRC の西山准教授、井上教授、入船教授らとともに、15 万気圧・1000℃という超高压・高温条件下で、複合ペロブスカイト構造を持つ新しい鉄の酸化物  $\text{SrCu}_3\text{Fe}_4\text{O}_{12}$  の合成に成功しました。SPring-8 の高輝度 X 線を用いた結晶構造解析により、この物質は氷点以下で大きな負の熱膨張を示すことが見出されました。鉄の化合物で、負の熱膨張を示す物質は初めて報告されたものです。また、この物質における負の熱膨張は、ストロンチウムサイトの状態が関与する銅-鉄間の電子のやり取りが原因となって起こり、これまでに知られていた負の熱膨張のメカニズムとは異なるものであることが分かりました。今回発見された新しい負の熱膨張のメカニズムを利用することで、将来的にはゼロ熱膨張材料として、精密部品・機械の開発に応用が期待されます。なお、山田助教は、このほど JST の事業「さきがけ」にも採択され、GRC を初め学内外の研究者と連携した学際的研究を推進しています。

#### ❖ GRC-GL シンポジウム（カーネギー研）

GRC ではグローバル COE プログラムの一環として、ワシントン DC にあるカーネギー研究所の Geophysical Laboratory (GL) において、若手を中

心とした 2 研究所間のシンポジウムを 9 月 19 日～21 日に開催します。GRC ではこれまでも北京大、APS、パイロイト大、中国地質大において 2 研究所間ワークショップを開催していますが、今回のシンポジウムでは、地球深部科学における歴史ある研究所である GL との共催になります。本ワークショップでは、双方からそれぞれ 15 名程度の若手研究者による口頭発表を中心とし、基調講演、ポスター発表、スミソニアン研究所への訪問等が企画されています。GCOE 連携先をはじめ、関連研究機関からの講演参加も歓迎します。

詳細はシンポジウムのホームページ (<http://people.gl.ciw.edu/grc/>) をご覧ください。



Geophysical Laboratory (GL) of the Carnegie Institution of Washington and Ehime University Geodynamics Research Center (GRC) present  
2011 GL-GRC Inter-Institutional Science Symposium  
September 19-21, 2011  
Washington, DC, USA

**Home** Researchers at the Geophysical Laboratory (GL) and the Geodynamics Research Center (GRC) are intellectual leaders in a variety of chemical, physical, and biological topics in the natural and applied sciences. To highlight the forefront of research at these institutions and foster scientific exchange between them, GL will host a GL-GRC Inter-Institutional Science Symposium in September 2011. The range of topics is intentionally broad, designed to showcase ongoing research and bolster international collaboration. The organizing committee invites abstracts in any field, and particularly encourages participation of young scientists.

**Register**

**Agenda**

**Travel**

**Lodging** An emphasis is placed on student and postdoctoral researcher talks. In addition, several invited senior faculty will provide presentations on their recent research work.

**Contact** A poster session on the evening of Sept. 19 will provide an additional opportunity for students to showcase their research.

Abstracts must be submitted no later than July 1, 2011.

Geophysical Laboratory of The Carnegie Institution of Washington  
5251 Broad Branch Rd. NW Washington, DC 20015

またれ若手研究者!

#### ❖ 第4回若手の会 (YESA) ワークショップ

愛媛大学グローバルCOE若手の会 (YESA) では、2011年9月1日～2日にGRCにて第4回ワークショップを開催します。このワークショップでは、マントル内部の不均質成分がダイナミクスに与える影響について、幅広く議論したいと考えています。若手研究者による議論や意見交換により、地球や惑星の深部ダイナミクスや進化の解釈について、マントル内部の不均質成分にフォーカスを当てた新しい提案を行うことも目標です。今回も、様々な分野の若手研究者の参加をお待ちしています。詳細はグローバル COE ホームページ (<http://deep-earth-mineralogy.jp>) をご参照ください。

問合せ先：市川 ([h-ichikawa@sci.ehime-u.ac.jp](mailto:h-ichikawa@sci.ehime-u.ac.jp))

#### ❖ 特別経費プロジェクトの開始

GRC から提出された概算要求プロジェクト「大容量超高压合成装置を用いた超硬物質・高温超伝導物質の開発—地球に学ぶ新しい物質科学の学際的展開—」(平成 23 年度～26 年度予定) が採択さ

れ、本年度から新たな研究プロジェクトが発足します。本プロジェクトでは、GRC で開発されたヒメダイヤの更なる大型化や良質化を図るとともに、その放射光実験や中性子実験への応用のための基礎的技術開発をおこないます。また、ヒメダイヤを合成した手法を利用し、新しい特徴を持つ超硬材料や高温超伝導物質の合成、またその特性評価も目指しています。このために既存のマルチアンビル装置 (ORANGE-1000, 2000, 3000) や、大容量マルチアンビル合成装置 (BOTCHAN-6000) を活用するとともに、学内外の材料科学・無機化学・物性物理学の研究者との共同研究を推進します。更に、このような共同研究を基盤とし、GRC における新たな学際的研究分野の設置を目指すとともに、全国共同利用・共同研究拠点化も視野に入れた活動を行う予定です。

#### ❖ 成功大・四川大・カーネギー研で講演

今年の3月・4月・5月に、GRCと学术交流協定を締結している成功大 (台湾・台南) と四川大 (中国・成都)、またカーネギー研究所 Geophysical Lab (米国・ワシントンDC) において、入船センター長が招待講演をおこないました。成功大からは、これまでGRCで数名の大学院生を受け入れた経緯があり、また四川大からは5名の大学院生・博士研究員を受け入れています。四川大では、公式の全学向けの講演に加えて、原子分子物理研究所でセミナーをおこない、GRCで大学院生として在籍し、博士号を取得した Wang 成都理工大学教授も参加しました。また、カーネギー研では、講演とともに、9月に予定されているGRC-GLの2研究所間ワークショップの打ち合わせもおこなわれました。

#### ❖ 中性子実験用超高压装置「圧姫」完成

東海村のJ-PARCに、新たな高压中性子実験ビームラインを建設中の、新学術領域研究「高温高压中性子実験で拓く地球の物質科学」(代表: 八木健彦東大物性研教授) の研究グループの服部高典原研研究員を中心として製作されていた、新しい6軸加压型マルチアンビル超高压装置(通称「圧姫」)が完成し、3月18日に愛媛県新居浜市の住友重機テクノフォートで検収がおこなわれました。これには八木教授を初め、計画研究の代表者の井上教授やGRCのメンバーも多数参加しました。ちょうど1週間前の2011年3月11日には、J-PARCにおいて新ビームラインの初ビーム祝賀会が予定されていましたが、その直前の施設見学中に東北地方

太平洋沖地震が発生しました。参加したメンバーは幸い無事でしたが、新ビームラインの建設にも遅れが生じています。しかし来年早々には、超高压下での新たな中性子実験が開始される予定です。



#### ❖ Spengler 研究員に Flinn-Hart 賞

国際リソスフェア計画 (International Lithosphere Program, ILP) の2011年 Flinn-Hart 賞の受賞者に、GRC で西原遊上級研究員と研究をすすめている、Dirk Spengler 研究員が選出されました。ILPは1980年に国際地質科学連合 (IUGS) と国際測地学および地球物理連合 (IUGG) の要請により、国際科学会議 (ICSU) が組織したプログラムであり、リソスフェアの性質・ダイナミクス・起源・進化を、地質学と地球物理学の学際的研究により解明するための国際的な研究計画を企画・実施しています。Flinn-Hart 賞は、ILP の関係する固体地球科学分野における優秀な若手研究者に授与される賞で、その前身の Flinn 賞 (1991年に設置) を含めて、過去約20年間に11名が受賞しています。Spengler 研究員の受賞は、我が国の研究機関からは初めてであり、授賞式は4月にウィーン開催のヨーロッパ地球科学連合 (EUG) 会議にておこなわれました。

#### ❖ 国際レクチャー

第10回

講師: Prof. Baosheng Li

(Mineral Physics Institute, Stony Brook University, USA)

日時: 2011年2月21日 10:00-12:00, 14:00-16:00

“Tutorial for Ultrasonic Interferometry Measurements of Sound Velocities at High Pressure”

## ❖ インターンシッププログラム

### 第5回

講演者：Prof. Baosheng Li  
(Mineral Physics Institute, Stony Brook University, USA)

日時：2011年2月22日 - 23日

1. Lectures on elasticity of materials, principles of ultrasonic interferometry, and implementation in high pressure apparatus.
2. Hands-on exercise of ultrasonic measurement at ambient pressure.
3. Hands-on exercise using high pressure apparatus for ultrasonic measurements.
4. Data analysis for the derivation of elasticity (bulk and shear moduli, Young's modulus, Poisson's ratio, etc) as well as their pressure derivatives.

## ❖ 国際フロンティアセミナー



### 第38回

“The Elasticity of Synthetic Polycrystalline Almandine, Grossular and CMNF Garnet at High Pressures and High Temperatures”

講演者：Prof. Gabriel Gwanmesia (Delaware State University)

日時：2011年2月23日 16:30-17:30

### 第39回

“Fe-bearing perovskite and post-perovskite: Phase stability, spin transitions, and the consequences for the lower mantle”

講演者：Dr. Razvan Caracas (CNRS, ENS de Lyon, Lab. Sciences de la Terre)

日時：2011年3月1日 16:30-17:30

### 第40回

“Indoor vs. Outdoor Geophysics”

講演者：Prof. Robert C. Liebermann (Department of Geosciences, Stony Brook University)

日時：2011年4月15日 16:30-17:30



## ◆ 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

6/17 “Experimental study on the phase transformation mechanism of hexagonal diamond from graphite”

Dr. Hiroaki Ohfuji (Assistant Professor, GRC)

6/24 “Phase relation of Fe-Ni alloy at high pressures”

Dr. Yasuhiro Kuwayama (Assistant Professor, GRC)

#### 7月

7/1 “Lattice thermal conductivity of deep mantle minerals”

Dr. Haruhiko Dekura (Senior Research Fellow Center, Postdoctoral Fellow, GRC)

“Si-Al interdiffusion rate in garnet and implication for metastable mineral proportion of pyrolite”

Dr. Masayuki Nishi (JSPS Postdoctoral Fellow, GRC)

7/8 “Preliminary results on sound velocity measurements of MgSiO<sub>3</sub> akimotoite”

Chunyi Zhou (Ph.D. Student, Ehime University)

“Melting study of pyrolite and MORB under hydrous conditions”

Quiping Yang (Ph.D. Student, Ehime University)

7/15 “Developments of large 6-6 type compression for high-pressure neutron diffraction”

Dr. Akihiro Yamada (Global COE Postdoctoral Fellow, GRC)

“Seismological and mineral physical joint modeling on seismic anisotropy

- above/below D” beneath the Antarctic Plate”  
Dr. Yusuke Usui (Global COE Postdoctoral Fellow, GRC)
- 7/22 “Low temperature and high pressure properties of methane hydrate”  
Dr. Hisako Hirai (Global COE Professor, GRC)
- 7/29 “Fe distribution in the lower mantle”  
Dr. Yoshinori Tange (Assistant Professor, GRC)
- ❖ 過去の講演
- 第 284 回 “BOTCHAN-6000: current status and future perspectives for synthesis of NPD and other new materials under high pressure”  
Dr. Tetsuo Irifune (Professor & Director, GRC) 21 January 2011
- 第 285 回 “Water content in the Earth’s mantle: dry or wet?”  
Dr. Toru Inoue (Professor, GRC)
- “Elastic wave velocities of stishovite at high pressures”  
Ryo Negishi (M.Sc. Student, Ehime University) 28 January 2011
- 第 286 回 “Ab initio modeling of the deep mantle thermal chemical properties”  
Dr. Taku Tsuchiya (Professor, GRC) 4 February 2011
- 第 287 回 “Experimental studies for origin of splitting of 660 km discontinuity beneath subduction zone”  
Dr. Norimasa Nishiyama (Associate Professor, GRC) 18 February 2011
- 第 288 回 “Partitioning of U-Th-Pb, Sr-Rb and lanthanoid elements between aqueous fluid and eclogite minerals in subduction zone”  
Dr. Kyoko Matsukage (Global COE Associate Professor, GRC) 25 February 2011
- 第 289 回 “High pressure deformation experiments on fine-grained forsterite: implications for deformation mechanism in the Earth’s deep upper mantle”  
Dr. Yu Nishihara (Senior Research Fellow, Senior Research Fellow Center, GRC) 4 March 2011
- 第 290 回 “Measurements of elastic velocities and elastic constants of nano-poly-crystalline diamonds with gas apparatus”  
Dr. Masaki Kimura (Assistant Professor, GRC) 11 March 2011
- 第 291 回 “Inference from two-dimensional numerical simulations of thermochemical mantle convection with drifting supercontinent”  
Dr. Masanori Kameyama (Associate Professor, GRC) 18 March 2011
- 第 292 回 “Dynamics of slabs subducting in the mantle transition zone”  
Dr. Tomoeeki Nakakuki (Assistant Professor, Department of Earth and Planetary Systems Science, Graduate School of Science, Hiroshima University) 8 April 2011
- 第293回 “Indoor vs. Outdoor Geophysics”  
Dr. Robert C. Liebermann (Professor, Department of Geosciences, Stony Brook University) 15 April 2011
- 第294回 “Flow and seismic anisotropy in the mantle transition zone: Shear deformation experiments on wadsleyite”  
Dr. Takaaki Kawazoe (Global COE Postdoctoral Fellow, GRC)
- “Deformation of olivine and implications for the dynamics of Earth’s upper mantle”  
Dr. Tomohiro Ohuchi (Global COE Postdoctoral Fellow, GRC) 22 April 2011

第 295 回 “Predictions of the shear response of (Mg, Fe)SiO<sub>3</sub> post-perovskite”  
Dr. Arnaud Metsue (Global COE Research Fellow, GRC)

“Intermolecular interactions in deuterated hydrogen hydrate under high pressure and its implication for the stability of gas hydrates”  
Dr. Shinichi Machida (Global COE Research Fellow, GRC) 13 May 2011

第 296 回 “The RPR and its extension to ACROSS for active monitoring of the Earth’s interiors”  
Dr. Mineo Kumazawa ( Visiting Professor, Tokyo Institute of Technology) 3 June 2011

.....

## ◆ インターンシップ報告 ◆

### ❖ Ultrasonic Interferometry Measurements at High Pressure

From February 21-23, 2011, the Geodynamics Research Center at Ehime University played host to an internship program sponsored by the Global Center of Excellence in Deep Earth Mineralogy centered at the GRC. This internship was designed for young scientists interested in learning about the utilization of ultrasonic sound waves in studying elastic properties of materials at high pressures. Elasticity of materials at high pressure is of great importance in many scientific fields, such as materials science, physics, and of course, Earth science.

The internship was organized locally by Professor Matthew Whitaker with Dr. Yoshio Kono. The keynote lecturer and primary contact for the program was Professor Baosheng Li of the Mineral Physics Institute at Stony Brook University, USA. Prof. Li is the world’s foremost expert in ultrasonic interferometry measurements at extreme conditions using multi-anvil techniques, and the state-of-the-art techniques that are now used routinely at advanced facilities across the

world were originally developed by Prof. Li and his team. Prof. Li has had very strong ties with the GRC, and in fact was the Ph.D. advisor of Prof. Whitaker, so it was a very good experience to have him come to Japan for this internship program.

This program was split into two distinct parts. First, on Feb. 21, was the 4<sup>th</sup> International Special Lecture Series in the Global COE program. These lectures were given by Prof. Li, and served as an introductory course about the principles and methods of ultrasonic velocity measurements and their implementation in a high pressure apparatus to make precise sound velocity measurements for materials behavior and properties characterization at high pressure. This Special Lecture was open to anyone who wished to attend, and was well-received by the GRC community.

The following two days consisted of an experimental tutorial course that was targeted at young scientists, with or without prior experience, who might like to incorporate this advanced technique into their research program. The morning of Feb. 22 saw the group do a measurement of ultrasonic velocities in a sintered polycrystalline aggregate at ambient pressure and temperature, followed by an experiment in the afternoon measuring the ultrasonic wave speeds in polycrystalline pyrope garnet at high pressure and room temperature using the Orange-2000 multi-anvil apparatus installed in the high pressure laboratory of the GRC. The final day, Feb. 23, saw the participants learn how to analyze and process the data collected in the two experiments they conducted the previous day.

In planning the internship program, we set out with four major goals in mind:

1. To give introductory lectures and impart a clear understanding of elasticity of materials, principles of ultrasonic interferometry, and implementation in high pressure apparatus.
2. To give participants hands-on experience with conducting ultrasonic measurements at ambient pressure.
3. To give participants hands-on experience conducting ultrasonic interferometry measurements in the high pressure multi-anvil



apparatus.

4. To teach the participants how to analyze the resulting data and derive the elastic properties (bulk and shear moduli, Young's modulus, Poisson's ratio, etc) as well as their pressure derivatives.

All in all, these goals were definitely achieved during this program, and the internship was considered a great success. We at the GRC are extremely grateful for the effort and expertise of Prof. Baosheng Li, and we look forward to continued scientific interaction with him in the future. (Matthew L. Whitaker)



ができ、圧力媒体に高压流体を使います。シリンダは、サポートリングで外部を支える2重管方式です。シリンダ高さは262 mmで、最高圧力4 GPaでシリンダ内部の直径19 mm、高さ100 mmの空間に流体により均一な圧力発生ができます。

弾性波速度の測定には流体圧下でのパルス法とともに、共振法も用いています。ヒメダイヤは弾性波速度が大きく、試料寸法が小さいため、高い周波数のニオブ酸リチウム振動子を使います。パルス法では100 MHzの縦波振動子、50 MHzの横波振動子を使います。弾性波速度は試料の長さを伝搬時間で割って求めますが、反射波や信号波形の重ね合わせで精度を高めています。共振法では縦波振動子や横波振動子で試料を自由振動させ、減衰する様子をフーリエ変換して、周波数と振動のモードを対応させて弾性定数を決定します。

パルス法による、高压力下のヒメダイヤの弾性の温度特性を図に示します。体積弾性率  $K$ 、合成率  $G$ 、ヤング率  $E$  の絶対値は超硬合金などに比べて非常に大きい値をもちます。体積弾性率、剛性率、ヤング率の温度係数はそれぞれ  $-3.0 \times 10^{-3}$  GPa/°C、 $4.8 \times 10^{-3}$  GPa/°C、 $-9.6 \times 10^{-3}$  GPa/°C と非常に小さい値です。このようにヒメダイヤは高温下でもその弾性定数があまり低下しないことがわかりました。(木村正樹)



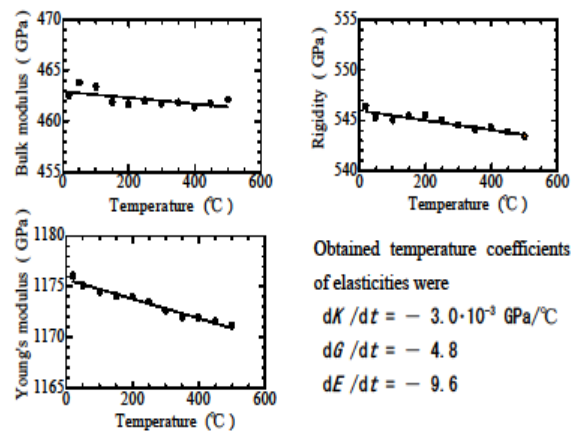
### 最新の研究紹介

#### ❖ 高压流体圧下でのヒメダイヤの弾性定数測定

高压流体圧装置は圧力媒体の静水圧性や非反応が良いため、材料の弾性測定のために適しています。これまでに超硬合金(WC-Co)の弾性定数などを、この装置を用いて決めました。ヒメダイヤは10から30ナノメートル程度の微結晶ダイヤモンドが、異方性なく緻密に焼結しています。一方、宝石の単結晶ダイヤモンドは、結晶軸の方向により硬さなど物性値に大きな差があります。

ダイヤモンドの工業的利用として研削や研磨用に人工の砥粒が広く使われています。靱性の大きいヒメダイヤは、工具材料として有用です。ただし、工具として利用するためには、弾性定数、温度特性、耐熱性など物性値を求めることが重要です。等方的な材料では、弾性波速度や弾性定数は2種類だけ求めればよく、他の値は簡単な数式で決定できます。

我々が用いているピストン・シリンダ型流体圧装置は、高さ3.6 m以上あり、上部プレスは300トン、下部プレスは1200トンの荷重を加えること



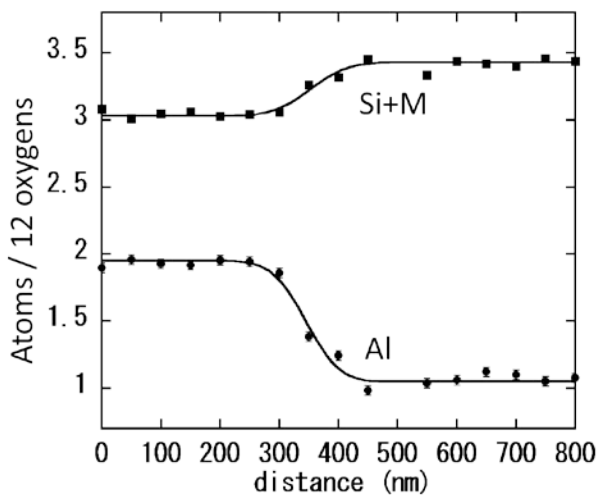
ヒメダイヤの弾性定数の温度依存性

#### ❖ ガーネット中のSi-Al相互拡散係数の決定

海溝から地球深部に沈み込むプレートの鉍物構成は、プレートの密度や粘性等あらゆる物性値に影響するため、マントル対流を理解する上で非常に重要である。沈み込むプレート内を構成する鉍物は、マントル遷移層領域(深さ410-670km)付近で次々と高压相転移を起こし、それに伴いプレートの密度は増加する。その相平衡はほぼ明らかになっているが、沈み込むプレートは比較的低温で

あるため、鈳物が相境界を超えても平衡相関係に  
従わず、非平衡相として存在する可能性が示唆さ  
れている。従って、地球内部の鈳物構成を明らか  
にするには相転移速度を考慮する必要がある。マ  
ントル鈳物の相転移速度に関しては、これまで特  
にオリビン成分に関しての定量的な実験データが  
得られており、非平衡相の存在が示唆されている。  
しかしながら、プレートがマントル遷移層領域へ  
と沈み込む過程で起こるパイロキシン-ガーネッ  
ト相転移の定量的な速度は明らかとなっていない。  
本研究では、この相転移の速度を解明するため、  
この反応を律速するガーネット粒内の拡散速度  
( $\text{Si}+\text{M} \leftrightarrow 2\text{Al}$ ,  $\text{M}=\text{Mg}+\text{Ca}+\text{Fe}$ )を決定することを目的  
とした。

拡散実験には愛媛大学のマルチアンビル装置  
(Orange-3000)を使用した。出発物質は天然のガー  
ネット単結晶とあらかじめ合成したパイロライト  
的組成のメジャライト多結晶を用いた。これら  
の出発物質はそれぞれ数百ミクロン角の直方体  
に加工した後、接触面を研磨し張り合わせて試料  
カプセルに封入し、17GPa、1550-1700°Cの温度圧  
力条件下でお互いを接触反応させた。回収試料の  
加工と拡散プロファイルの分析には、愛媛大学設  
置の集束イオンビーム加工装置(FIB)と透過型



ガーネット中の原子拡散プロファイル(17GPa,  
1700°C 5時間)

電子顕微鏡(TEM-EDS)を使用した。得られた拡散プ  
ロファイル(図参照)から拡散係数を決定し、相転  
移速度とその温度依存性を計算した。

今回得られた拡散係数から推定されるパイロキ  
シン-ガーネット相転移速度は、その他のマント  
ル鈳物の相転移速度と比較して非常に遅い。沈  
み込むプレート内の鈳物の粒径を1mmと仮定した場  
合、パイロキシン-ガーネット相転移が平衡に進行す  
るために必要な温度は沈み込むプレート内の温度

より高く、沈み込むプレート内ではこの相転移が  
進行しづらいことが示唆された。そのため、沈  
み込むプレート内ではマントル遷移層領域に大規模  
な非平衡領域が存在すると考えられる。また、こ  
の非平衡領域はマントル遷移層領域において周囲  
マントルと比べ低密度であり、浮力を持つため、  
これがマントル遷移層領域におけるプレートの停  
滞に影響している可能性がある。

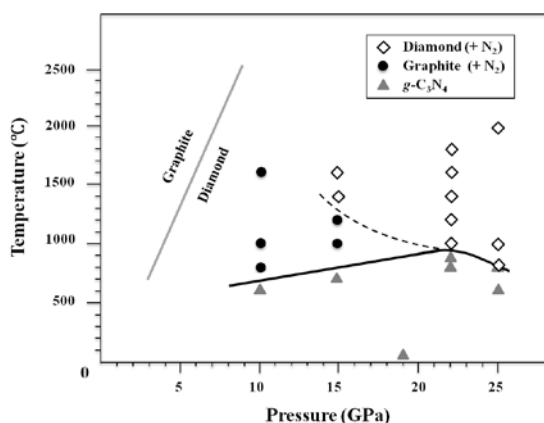
今回の研究から、沈み込むプレート内部にお  
ける鈳物の高圧相転移の様式は、これまでの平衡論  
から推測されるものとは大きく違ったものになる  
可能性が見出された。しかしながら、非平衡相を  
考慮したプレートの鈳物構成とその存在領域、密  
度プロファイルをより深く理解するためには、本  
研究だけでは十分とは言えない。パイロキシン-  
ガーネット相転移速度の含水量依存性や、マント  
ル遷移層下部で起こる可能性があるパイロキシ  
ンの高圧相への分解相転移速度など、明らかにす  
べき課題はまだ多い。(西真之)

#### ❖ Stability of graphitic $\text{C}_3\text{N}_4$ under high pressure and high temperature

Since  $\beta\text{-C}_3\text{N}_4$ , a carbon nitride phase, was  
theoretically predicted to have an extreme bulk  
modulus equivalent or greater than that of  
diamond, many efforts have been devoted to the  
of studieo of this potentially superhard  
material and related phases through  
theoretical and experimental approaches. In  
recent years, many efforts were made to study  
the stability and potential phase transition of  
graphitic  $\text{C}_3\text{N}_4$  ( $g\text{-C}_3\text{N}_4$ ) under high pressure  
and high temperature conditions. However,  
exploring a reproducible method for obtaining  
low-compressible bulk  $\text{C}_3\text{N}_4$  materials is still a  
challenging task.

In this work, we investigated the stability  
and decomposition of graphitic  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  in the  
pressure and temperature ranges of 10-25 GPa  
and up to 2000°C by multi-anvil experiments  
and phase characterization of the quenched  
products. The result showed that  $g\text{-C}_3\text{N}_4$   
was found to remain stable at relatively mild  
temperatures, but decompose into graphite and  
nitrogen at temperatures above 600-700°C  
and pressures up to 15 GPa, while it decomposes  
directly to diamond (plus nitrogen) above  
800-900°C and between 22-25 GPa. The estimated  
decomposition curve for  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  has a positive

slope ( $\sim 0.05$  GPa/K) up to  $\sim 22$  GPa, but becomes inverted (negative) above this pressure. The diamond formed through decomposition is characterized by euhedral crystals which are not sintered to each other, but loosely aggregated, suggesting the crystallization in a liquid (nitrogen) medium. The nitrogen release from the graphitic C-N framework may also play an important role in lowering the activation energy required for diamond formation and enhancing the grain growth. No phase transition of  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  was observed at P-T conditions up to 25 GPa and 2000° C, and the theoretically predicted, low-compressible superhard  $\text{C}_3\text{N}_4$  phases cannot be obtained. Further studies, for example at higher pressures and/or using well-crystalline  $g\text{-C}_3\text{N}_4$  with a stoichiometric composition as a starting material, are needed to investigate whether such superhard  $\text{C}_3\text{N}_4$  can really be synthesized in laboratory. (Fang Leiming)



P-T diagram showing the stability of  $g\text{-C}_3\text{N}_4$ .

## ◆ センター機器紹介⑱ ◆

### 超高压発生装置 MADONNA-II

MADONNA-II は GRC に既設の MADONNA-1500 をもとに、特に焼結ダイヤモンドアンビル実験、6-6 加圧実験に特化した DIA 型装置として平成 22 年に導入されました。MADONNA-II では、既に焼結ダイヤモンドアンビルを用いた 60GPa 領域の実験がルーチン的に行われ、下部マントル深部領域での相転移実験や元素分配実験、また合成実験等に用いられています。特にグローバル COE に関連した博士課程学生や研究員等、若手研究者を中心として、

その研究・教育において積極的に活用されています。また、西山准教授らにより開発された 6-6 加圧方式による超高压発生や、この方式を大型化するための実験もおこなわれています。6-6 加圧方式は、J-PARC における新超高压地球科学ビームライン（「プラネット」）および、専用 6 軸加圧マルチアンビル超高压装置（「圧姫」：本ニューズレターのニュースの項参照）において重要な役割を果たすことが期待されています。

MADONNA-II は、現存する世界最大の川井式マルチアンビル大容量超高压合成装置 (BOTCHAN-6000) の横に設置されています。この実験室は「創石ラボ」と命名され、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」が採択された平成 20 年度に完成しました。これまで BOTCHAN が一台ぼつんと据えられて少々寂しそうでしたが、MADONNA の設置により、より新しい超高压地球科学・物質科学をめざすラボが完成したことになります。ちなみに「創石ラボ」には、超高压という極端条件を利用し、未知の新しい「石」、すなわちナノ多結晶ダイヤモンド（ヒメダイヤ）をはじめとした様々な新しい超硬物質や、新奇超伝導物質などを創り出すことを目指すという意味が込められています。（入船徹男）



編集後記：東日本大震災は、戦後最大の試練を我が国に与えています。このような状況下で我々ができる最大の貢献は、科学技術の一層の推進を通じて、我が国の新たな未来を創出することではないかと思えます。（T. I. & Y. M.）

## 特別推進研究ニュース No. 6

### 下部マントル領域での Fe の分配

丹下助教らは、焼結ダイヤモンドアンビルを用いたマルチアンビル装置により、かんらん石の相平衡実験を地球内部の深さ 1250km に相当する温度圧力 (50 GPa、2100K) でおこないました。得られた試料をもとに、下部マントルで安定なケイ酸塩ペロブスカイトとフェロペリクレス間の Fe の分配と、その組成・圧力依存性を詳細に検討した結果、フェロペリクレス中の  $Fe^{2+}$  のスピン転移が 40GPa 付近の圧力で開始することが強く示唆されました。これにより、先に入船らにより報告されたパイロライトにおけるフェロペリクレス中の  $Fe^{2+}$  のスピン転移に関する実験結果や、土屋らによる第一原理計算に基づく予測が裏付けられました。



### ヒメダイヤの組織コントロール

出発物質のグラファイトの結晶度が、ヒメダイヤの微細組織に及ぼす影響について、大藤助教らはマルチアンビル実験と出発・合成両試料のラマン分光分析や TEM 観察を通じた検討を行いました。その結果、グラファイト多結晶は、結晶度が良く比較的大きな粒子 (コークス由来) と、低結晶性のナノ粒子 (ピッチ由来) の混合よりなり、ヒメダイヤへ変換すると、前者はラメラ状組織を、後者は等粒状組織を形成することを見出しました。さらに、出発試料中のピッチ由来粒子の粒径が細かいほどダイヤの核形成が促進され、より細粒な結晶が形成されることも分かりました。この事実は、出発物質の調整を通じたヒメダイヤの組織コントロールの可能性を示唆しており、ヒメダイヤの高硬度化、高品質化への糸口となると期待されます。



### 日本高圧力学会とセミナーを共催

本特別推進研究と日本高圧力学会の共催により、セミナー「新しい超硬物質の高圧技術への応用」(入船実行委員長) を 2011 年 4 月 16 日大阪大学理学部にて開催しました。このセミナーでは、特にヒメダイヤや焼結ダイヤモンドなどの新しい超硬素材の、合成方法や特性、また様々な高圧装置への応用に関しての現状報告と議論がなされました。当日は 50 名ほどの研究者や学生、また企業関係者などが集まり、特別推進研究の成果の発表と普及において重要な成果がありました。このセミナーは今後も継続して行われる予定です。

セミナーの講師と講演タイトル：

住友電工ハードメタル (株) 戸田直大

「高圧発生用 SD・cBN の合成と特徴」

岡山大学地球物質科学研究センター 山崎大輔

「SD を用いた超高压発生」

大阪大学理学研究科 大高 理

「Diamond-SiC 複合焼結体の HIP 合成と高压アンビルへの応用」

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター

入船徹男

「ナノ多結晶ダイヤモンド焼結体の合成と特徴」

住友電機工業 (株) 角谷 均

「NPD-DAC による超高压発生」

東京工業大学 理工学研究科 館野繁彦

「DAC による超高压発生」

### ヒメダイヤのマルチアンビル装置への応用

大型 (6~9mm 程度) ヒメダイヤの大量合成に目途がたったため、そのマルチアンビル装置 (MA) への本格的応用が開始されました。MA への応用は、現在 2 つの手法による実験が開始・計画されています。一つは GRC で開発された 6-6 加圧方式を利用した、キュービックプレスとしての応用です。これに関しては、既にアンビル部分の加工が完成し、予備的実験が SPring-8 において開始されています。一方で、通常の 6-8 型 (川井式) MA への応用を目指し、直径 9mm 程度のヒメダイヤの安定的合成法を確立し、現在アンビル素材の合成をおこないつつあります。これらの応用により、最終的にはマントル核境界に対応する 140 GPa 程度の圧力下で、精密な高温高压実験および X 線その場観察実験を目指す予定です。

