

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:
 - 丹下助教、西原上級研究員に日本高圧力学
会奨励賞
 - 磯部太志君に第51回高圧討論会ポスター賞
 - SiO₂の新高圧相とスーパーアースの構造
鍵GRC客員教授がMSAフェローに選出
 - 第2回TANDEMシンポジウム開催
 - 第8回水素量子アトムクス研究会報告
 - 第4回インターンシッププログラム
- ◆ ジオダイナミクスセミナー
- ◆ 国際会議・海外出張報告
- ◆ 最新の研究紹介
- ◆ 特別推進研究ニュース No. 5

この間研究面では、ネイチャー誌3編、サイエンス誌2編、米国科学アカデミー紀要4編など、高インパクトジャーナルを含め多数の先進的成果を上げています。このような活発な研究活動の結果、Humboldt賞、Jamieson賞、日本高圧力学会賞、日本鉱物科学会賞など、のべ18件の国内外の受賞者を輩出しています。特に独自に生み出したナノ多結晶ダイヤモンド(ヒメダイヤ)や、第一原理計算と超高压実験分野の共同により生み出された新しい圧力スケール(Ehimeスケール)などは、国内外から大きな注目を集めています。

一方、外部資金獲得の面では、大型科研費の「特別推進研究」、「学術創成研究」、「新学術領域研究(計画研究)」、「特定領域研究(計画研究)」、「基盤研究S」、「基盤研究A(5件)」などが採択され、設立後3年目からのGRC関係者の科研費獲得額は、連続8年間毎年1億円を越える高い水準を維持しています。例えば平成22年度の総額は約1億6千万円、愛媛大学全体(約9億円、全国大学中第23位)のうち約18%と、極めて大きな貢献をしています。

教育面においても、特に博士課程大学院生や博士研究員など、若手研究者・技術者の育成に多大な成果を上げています。このような人材育成面での成果も高く評価され、平成20年度にはGRCを中心とする「地球深部物質学拠点」が、我が国の数学・物理学・地球科学分野におけるグローバルCOE全14拠点の1つとして採択されています。最近公表された中間評価においても高評価を受け、この分野における世界的な教育研究拠点として認知されつつあります。

このように、GRC設立後の10年は、比較的順風満帆であったといえるかと思えます。今後10年のあり方については、現在関係者により鋭意検討をすすめています。1) GRCの核となる人材の確

◆ センター長あいさつ ◆

入船 徹男



新年おめでとうございます。

今年の3月でGRCも
設立後10年になります。
今後の「あり方委員会」

が設置され、これまでの活動の評価と今後のあり方の検討が始まりました。理学部と工学部の教員6名でスタートしたGRCも、現在16名の教員(COE教員・テニュアトラック教員を含む)、24名のDC・PDをはじめ、技術系・事務系職員等や学生を含めると約80名の大所帯となりました。

保・育成、2) 惑星科学や材料科学など関連分野への新たな展開、3) GRC の人材・技術・設備などの資源を活用した共同利用・共同研究拠点としての機能強化が重要なポイントであると考えています。

このように、今年はGRCにとっては「第2期」に踏み出す重要な年になります。グローバル COE に対する2年連続の「事業仕分け」など、先が読めない状況ではありますが、新たな10年を迎えるにあたり、今一度初心に戻りGRCの存在意義と今後の方向を検討したいと思います。今後とも皆様のご指導・ご支援をよろしくお願い申し上げます。

◆ センターの構成 ◆

(H23. 1. 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研究員)
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)
Qin Jiaqian (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)
河野義生 (COE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研究員)

❖ 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)
公募予定 (助教)
臼井佑介 (COE研究員)

市川浩樹 (COE研究員)

Arnaud Metsue (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))
Dirk Spengler (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^パシャリスト)
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助教）

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センター准教授）

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（岡山大学理学部准教授）

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助教）

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（高知大学理学部准教授）

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）

❖ 事務室

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）

❖ 丹下助教、西原上級研究員に日本高圧力学会奨励賞



日本高圧力学会の平成22年度奨励賞にGRC丹下慶範助教と、上級研究員センター西原遊上級研究員（GRC関係）がそれぞれ選出され、平成22年10月20日～22日に仙台市で開催された第51回高圧討論会の総会にて表彰されました。同学会は高圧力を手段として用いる物理学、化学、地球科学、生物学、材料科学などの学際的学会で、奨励賞は高圧力の科学・技術の進歩に貢献した若手研究者・技術者2名までに贈呈されます。丹下助教は焼結ダイヤモンドを用いた超高压発生と新しい状態方程式の確立に関する業績が、また西原上級研究員は高压下での流動特性・弾性に関する業績が高く評価されたものです。同じ大学の同じ分野から選出されたのは今回が初めてであり、GRCの研究面での高い水準を示す快挙といえるでしょう。

❖ 磯部太志君に第51回高圧討論会ポスター賞

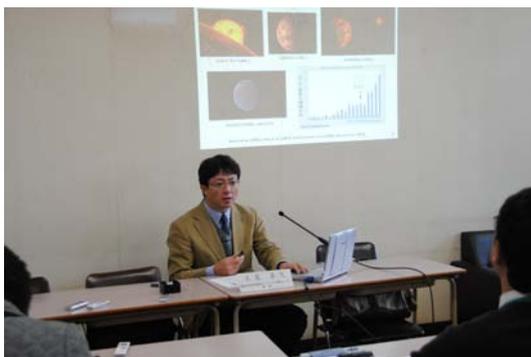


平成22年20日～22日に仙台市で開催された、日本高圧力学会主催の第51回高圧討論会において、GRCで研究をすすめている理工学研究科の磯部太志君（博士課程1年）の発表が、ポスター賞3件のうちの1件に選出され、同討論会の懇親会において表彰されました。磯部君は入船センター



長の指導のもと、卒論以来ナノ多結晶ダイヤモンド（ヒメダイヤ）の大型化・高品質化に取り組んでおり、平成21年3月にGRCに導入された世界最大のマルチアンビル合成装置 BOTCHAN-6000 の立ち上げにおいても、重要な役割を果たしています（本号研究紹介参照）。ポスター賞に選ばれた発表のタイトルは「大型川井型マルチアンビル装置を用いた1cm級ナノ多結晶ダイヤモンドの合成」です。

❖ SiO₂の新高圧相とスーパーアースの構造



GRCの土屋卓久教授と、愛媛大学上級研究員センターの土屋旬上級研究員は、このほど第一原理シミュレーションに基づき、圧力約600万気圧でSiO₂（シリカ）がリン化二鉄（Fe₂P）型の新しい高圧相に相転移することを明らかにしました。また、地球マントルの深部で安定な、ペロブスカイト構造やポストペロブスカイト構造のMgSiO₃は、約1000万気圧でこの構造と岩塩構造のMgOに分解することも見出しました。これらの結果は、最近発見が相次いでいる、地球型の化学組成を持つが、より質量が大きい太陽系外惑星（スーパーアース）の、深部構造やダイナミクスに新たな制約をもたらすものとして注目されます。本研究成果はアメリカ科学アカデミー紀要の2010年1月5日の電子版において発表されるとともに、新聞各紙の全国版・WEB版やNHKニュース等で報道されました。

❖ 鍵GRC客員教授がMSAフェローに選出

GRCを中心とするグローバルCOE「地球深部物質学」の連携先代表であり、GRCの客員教授も務めている東京大学大学院理学研究科附属地殻化学実験施設の鍵裕之教授が、このたびアメリカ鉱物学会（Mineralogical Society of America, MSA）のフェローに選出されたとの連絡がありました。MSAは1919年に設立され、アメリカを中心に世界各国

に会員を有する鉱物科学分野の国際的学会組織です。フェローの称号は鉱物科学関連分野における顕著な研究業績を有する研究者に与えられ、毎年、選挙により全会員数の0.5%以下の会員に授与される規定になっています。鍵教授による、分光学や地球化学的な手法を駆使した天然ダイヤモンドをはじめとする高圧相鉱物の物性や生成条件の解明への多大な貢献が、高く評価されたものです。

❖ 第2回TANDEMシンポジウム開催



アジアにおける地球深部物質学分野の連携組織（TANDEM）の第2回シンポジウムが、中国武漢の中国地質大学において2010年11月5日～7日の計3日間開催されました。シンポジウムには関連分野の研究者約80名と、日本からGRCをはじめ約40名、また、韓国、台湾、アメリカ、ドイツなどから合計約130名の参加者があり、研究成果の発表と交流をおこないました。若手研究者（PD, DC）約30名の発表に対しては、優秀発表賞が6名選出されました。GRCからPDの大内智博氏、DCのFulong Wang、Chunyin Zhou両氏の計3名が選ばれ、懇親会においてそれぞれ賞状と副賞が授与されました。

❖ 第8回水素量子アトムクス研究会報告



2010年10月27日～28日、愛媛大学上級研究員センター土屋旬上級研究員および地球深部ダイナミクス研究センター（GRC）を中心としたグローバルCOEプログラム「先進的実験と理論による地球深部物質学拠点」の共催で、第8回水素量子アトムクス

研究会を開催しました。この研究会は水素の物質科学に関心をもつ研究者が集まって意見を交換し、今後の研究方向を議論する場として毎年開催されています。今回は学内外から約30名の参加者があり、「水素」をキーワードとした様々な分野の研究発表が16件おこなわれ、活発な議論が交わされました。27日にはGRC実験室見学や懇親会にて研究者間の交流を深めました。

❖ 第4回インターンシッププログラム

グローバル COE プログラムの一環として、第4回インターンシップを2010年12月1日～3日の3日間 GRC にて開催しました。講師は藤野清志 GRC 教授と大藤弘明 GRC 助教で、GRC の若手を中心として、本学の地球科学科や広島大からの学生、教員など、15名が参加しました。インターンシップでは、結晶学の基礎や TEM の原理、化学分析法に関するレクチャーの後、日本人グループと外国人グループに分かれて実際に TEM を使用した実地講習をおこないました。近年、TEM は高压下で合成された鉱物や複合物質の微細組織の観察や結晶構造、化学組成の分析に不可欠のものとなっており、今後も引き続き同様のプログラムを実施し、みなさんの需要にお答えしたいと考えております。



◆ 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）

1月

1/21 “Synthesis, physical properties, and applications of nano-polycrystalline diamond”
Dr. Tetsuo Irifune (Professor, GRC)

1/28 “Importance of water in the Earth’s interior”
Dr. Toru Inoue (Professor, GRC)

“Synthesis of polycrystalline MgSiO₃ perovskite and the elastic velocity measurement”
Ryo Negishi (Msc. Student, Ehime Univ.)

2月

2/4 “Ab initio interpretation on the thermal chemical properties of Earth’s mantle”
Dr. Taku Tsuchiya (Professor, GRC)

2/18 “Experimental studies for origin of splitting of 660 km discontinuity beneath subduction zone”
Dr. Norimasa Nishiyama (Associate Professor, GRC)

2/25 “Partitioning of U-Th-Pb, Sr-Rb and lanthanoid elements between aqueous fluid and eclogite minerals in subduction zone”
Dr. Kyoko Matsukage (Associate Professor, GRC)

3月

3/4 “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, SRFC)

3/11 “Measurements of elastic velocities and elastic constants of nano-poly-crystalline diamonds with gas apparatus”
Dr. Masaki Kimura (Assistant Professor, GRC)

3/18 “Onset of Thermal Convection of a Fluid with Strongly Temperature-dependent Viscosity in an internally heated Spherical Shell”
Dr. Masanori Kameyama (Associate Professor, GRC)

❖ 過去の講演

第272回 “First principles prediction of a new high-pressure hydrous phase of AlOOH”
Dr. Jun Tsuchiya (Senior Research Fellow, SRFC) 2010.10.1

第273回 “Spin transition of ferric iron in the lower mantle: an experimental approach”
Dr. Kiyoshi Fujino (Professor, GRC) 2010.10.8

第274回 “Synthesis of 1cm³ class nano-polycrystalline diamond using a large-volume Kawai-type multianvil apparatus”
Futoshi Isobe (Ph.D. Student, Ehime Univ.)

“Numerical investigations of the effects of the spatial variations in transport properties on the convective patterns in the mantle”

- Arata Miyauchi (Ph.D. Student, Ehime Univ.) 15 October 2010
- 第 275 回 “Reaction between H_2 and Mg_2SiO_4 and incorporation of H_2 into olivine”
Ayako Shinozaki (Ph.D. Student, Ehime Univ.) 29 October 2010
- 第 276 回 “Cation order-disorder phase transitions in $LiGaO_2$: Observation of the pathways of ternary wurtzite under high pressure”
Lei Li (Global COE Postdoctoral Fellow, GRC)
“P-V-T equation of state of stishovite up to mid lower mantle conditions”
Fulong Wang (Ph.D. Student, Ehime Univ.) 12 November 2010
- 第 277 回 “Phase stability, compressibility and thermal expansion of Ca-rich aluminosilicate $CaAl_4Si_2O_{11}$ at high-P, T conditions”
Dr. Steeve Gréaux (Global COE Postdoctoral Fellow, GRC)
“Temperature-time constraints on majoritic garnet exhumation from breakdown experiments”
Dr. Dirk Spengler (Postdoctoral Fellow, SRFC) 19 November 2010
- 第 278 回 “Sound velocity measurement of liquid iron by laser-shock compression”
Dr. Tadashi Kondo (Professor, Osaka Univ.) 26 November 2010
- 第 279 回 “Phase stability and synthesis of majoritic knorringite garnet under high pressure and high temperature”
Yongtao Zou (Ph.D. Student, Ehime Univ.)
“Numerical simulation of mantle convection with chemical heterogeneity and continental drift”
Masashi Fukuda (Msc. Student, Ehime Univ.) 10 December 2010
- 第 280 回 “Experimental study on the stability of graphitic C_3N_4 under high pressure and high temperature”
Leiming Fang (Ph.D. Student, Ehime Univ.)
“Experimental study on phase relation of C_3N_4 under high pressure and temperature”
Yohei Kojima (Msc. Student, Ehime Univ.) 17 December 2010
- 第 281 回 “Determination of perovskite-bearing

phase boundaries in $MgSiO_3$ and Mg_2SiO_4 by in situ X-ray diffraction and ex situ Raman spectroscopic observations”
Yume Kinoshita (Msc. Student, Ehime Univ.) 24 December 2010

第 282 回 “Effects of trench migration on fall of stagnant slabs into the lower mantle”
Dr. Shoichi Yoshioka (Professor, Kobe University) 7 January 2011

第 283 回 “Core-Mantle equilibrium in the magma ocean”
Dr. Hiroki Ichikawa (Global COE Postdoctoral Fellow, GRC)
“Synthesis and Characterization of boron-based hard and superhard materials under HPHT”
Dr. Qin Jiaqian (JSPS Postdoctoral Fellow, GRC) 14 January 2011

◆ 国際会議・海外出張報告 ◆

❖ オーストラリア国立大学滞



9月22日から12月18日の3ヶ月間、オーストラリア国立大学、Research School of Earth Sciences (RSES) の Ian Jackson 教授の研究室に滞在して、実験を行ってきました。今回の滞在は、GRCにおけるグローバルCOEプログラムの海外インターンシップ制度を利用させていただいたものです。オーストラリアは日本とは季節が逆なため、着いた時はまだ春の始まりで寒く、その後滞在中に暖かくなっていきました。しかしながら、キャンベラの春は寒暖の差が非常に激しく、この原稿を書いている時(12/1)もオーストラリアではほぼ夏にも関わらず、最高気温が20℃を下回っていま

した(その前の週は最高気温約30°Cくらいでした)。

RSES では forced oscillation 技術を用いた岩石の弾性波速度の周波数依存性測定を行ってきました。Ian Jackson 教授のグループでは、世界中を見てもわずかしかなない高温高压下での岩石の forced oscillation 実験を行うことが可能です。この実験は、私が学生の頃から行いたいと思っていた研究の一つであり、ようやく願いが叶ったという思いです。特に最近、これまで行ってきた剛性率の測定のみならず、新たに体積弾性率の測定も可能となっており、S 波速度だけでなく、P 波速度の周波数依存性も議論可能な環境が構築されつつありました。しかしながら、彼らにとっても高温条件下での体積弾性率の測定は初めての試みであり、そのような非常に新しい実験をさせていただいたことに非常に感謝しています。やはり新しい実験には問題がつきもので、完全に計画通りという訳にはいきませんでした。それでも十分興味深いデータがとれました。

また、forced oscillation 実験を行う一方で、今回の滞在中にゆっくりと新しいアイデアなどを考えられたのが非常に良いことでした。実際、実験を開始してデータ収集が始まると、一つの温度でのデータ収集につき、最低でも5、6時間かかるため、そのデータ収集中は、新しい実験のアイデアを考えたり、プログラムを作ってみたりと色々新しいことができました。これは今回の滞在中で一番考えさせられたことの一つでして、このようなことは日本にいるときでもできるはずなのですが、なぜか日本ではできず、オーストラリアにいると時間に余裕がありました。オーストラリアでは、みなさん帰るのが早いため、自然と私も早く帰っていたのですが、仕事効率としては悪くなるどころか、愛媛にいるときよりも仕事が進んでいるのではないかと思います。何がいいのかよく分かっていませんが、研究時間と仕事の効率について色々考えさせられる経験でした。

最後にキャンベラでの生活について、少し触れておきます。今回の滞在中はオーストラリア国立大学のキャンパス内にある大学のアパートを事前に借りておいたので、生活をスムーズに開始することができました。特に、最近のオーストラリアでは、物価の高騰と非常に強い売り手市場のためアパート探しが一番大変だそうでした。その点が問題なかったのは非常に幸運だと言われました。キャンベラの街は、非常にきれいかつ治安もいいところでした。特にオーストラリア国立大学は街の

中心街まで歩いて15分程度のところにあり、快適なところ。オーストラリア国立大学の中は緑が豊かで、鳥や動物などがたくさんおり、日本に帰りたくなるような非常に良いところでした。この原稿が出版されるころにはすでに帰国しているはずですが、できればもう一度長期キャンベラを訪問したいと思っています。(河野 義生)

❖ 北京大学訪問記



本稿は、北京大学の Xiang Wu 博士の協力の下2010年11月9日に北京大学にて行われたセミナーの報告をするものである。以下、著者の感想を含め、時系列的に報告する。愛媛大学からのセミナーへの参加者は、著者含め土屋卓久教授、臼井祐介(COE 研究員)、及び Arnaud Metsue (COE 研究員)の4人である。

我々はセミナーの前日(11月8日)到北京に到着したが、現地空港にて Wu 博士及び学生が迎え入れて下さり、北京大学の宿舎まで案内して下さい。現地の気温は既に冬の様相を呈しており、些か震える我々を Wu 博士はレストランにて持て成して下さい。温かい食事とともに暖を取り、我々は安堵感と共に夕食を楽しんだのであった。そこに出た中華料理の品々は著者の予想を超えた美味で満ちており、加えて、中国酒の強烈な喉越しは我々の意識を小気味良くパンクさせた。著者としては、翌日のセミナーの事が多分に気掛かりであったせいか、意識に入り込むアルコールと必死で格闘していたのを思い出す。

翌日11月9日のセミナーは、我々と Wu 博士の学生、そして同研究室スタッフと共に行われた。我々愛媛大学側のメンバーが発表した内容は以下の通りである。土屋教授は、最近の幾つかの研究概要を、理論計算手法(密度汎関数理論、格子力学、及び熱力学的量の計算法)を踏まえて発表した。臼井博士は SiO₂ の融解曲線の決定に関する、第一原理による定量的評価に関する研究、Metsue 博士は

ポストペロブスカイトである $MgSiO_3$ に関して、不純物である鉄の混入がもたらす種々の電子物性を第一原理計算により評価、吟味した研究を紹介した。著者は二酸化物の高圧構造相転移に関し、理論、実験の両面から研究した結果を報告した。北京大学側は Wu 博士の研究室の学生が 3 人発表し、「 Sc_2O_3 の高圧安定性と弾性評価」(Q. Zhang)、「フルオロペロブスカイトの相転移」(J. Yang)、そして「プレナイトの熱膨張及び圧縮率」(T. T. Gu) をそれぞれ発表した。このセミナー中に著者が強く印象に残った事は、彼等学生が自分の研究に非常なる熱意を傾けているという事である。また、彼等は主として実験的手法による研究を行っているが、彼等皆が第一原理計算による物性評価を行うべく努力しており幾人かは実際に計算結果を発表中に示していた。その熱意はセミナー後も続き、土屋教授への多分に技術的な質問が後を絶たなかった事を思い出す。セミナー全般に関して言えば、我々の発表も含め個々の発表後は質問が多くあり、大変有益かつ生産的な議論が活発に行われたと認識している(注. 恥を忍んで書くが、これら発表の中で唯一、著者の発表は彼等のレベルに到達していなかったと思う。功夫が全く足りぬ)。セミナーは昼頃に終わり、夕食までの間は、臼井、及び Metsue 両博士は学生の方々と観光に向かったようである。対して著者は白昼から惰眠を貪り、日暮れの頃に土屋教授に起こされるという為体を呈したのであった。

夕食は、これまた素晴らしいレストランにて催され、セミナー参加者一同は大いにくつろぎ、大いに食べ、大いに飲み、大いに飲んだ(注. 飲んだ事を 2 回記したのは誤字ではない。事実の強調法である)。それは大変素晴らしい会合であり、皆は実に楽しそうであった。翌日朝、我々は日本へと帰路に就いた。

北京滞在中、セミナーはもとより、Wu 博士をはじめとする彼等の「持て成す精神」には大変感激した。彼等のきめ細かい気配りを、北京滞在中の何時如何なる時においても我々は感じたのであった。こういった「人間交流」も含め、本セミナーが双方の大学交流にとって実に価値あるものとなった事を確信している。(出倉春彦)

❖ 第 2 回 TANDEM シンポジウム (武漢)

2010 年 11 月 5~7 日 中国湖北省武漢市にある中国地質大学 (China University of



Geosciences) にて第 2 回 TANDEM シンポジウム (The 2nd TANDEM Symposium on Deep Earth Mineralogy) が開催されました。開催国の中国はもとより、日本、台湾、韓国、アメリカ、ドイツから総勢約 130 名が集まり、分野をまたいだ活発な議論が行われました。

今回のシンポジウムでは、初日と二日目に口頭発表が行われ、最終日にはポスターセッションが行われました。口頭発表は愛媛大学の入船教授による SOSEKI ラボの紹介に始まり、東京大学の鍵教授による氷の中性子回折実験についての招待講演、北京大学の Xiang 教授による軽元素を含む鉄の第一原理計算についての招待講演と続き、なぜか四番手が私という大変緊張するプログラムが組まれていました。他にも、北京大学の Zhai 准教授によるリンを含む岩石の異方性に関する研究や、カリフォルニア大学の Dobrzhinetskaya 博士による全地球的な窒素循環の研究など、多様な研究テーマについての発表がなされました。

私の発表では、物性の空間変化を加えたモデルによる対流シミュレーションの結果について述べました。このシミュレーションは線形解析による方法に基づいており、対流の起こり始めに最も卓越する対流の特徴を求めています。今回の発表では、熱伝導率と熱膨張率の空間変化が対流パターン形成に与える影響について議論しました。残念ながら時間の制約と私の力不足から質疑応答ではあまり本質的な議論ができませんでしたが、ある意味で恵まれた順序のためか、発表内容には一定の理解と興味を持っていただけたようでした。

シンポジウムの進行は余裕を持って行われ、空き時間には学内を歩きまわったり、集まって議論を始めたりと、皆様々に過ごしていました。私も各大学から来ていた学生達と色々な話をしましたが、そのなかで私の発表内容は難しくてなかなか理解できなかったと聞き、プレゼンテーション技術の不足を痛感しました。

ポスターセッションでは各ポスターの前で活発な議論が行われ、私自身も岡山大学の米田准教授から高压下での熱伝導率と熱拡散率の直接的測定方法とマンタル物質での測定結果について説明を受けました。この方法で得られた測定値と状態方程式から間接的に求められた値との比較により、これらの実験結果の妥当性を議論できるとのことでした。また他の発表でも、研究を進める上で参考になる点があり、有意義な議論となりました。

シンポジウム終了後には巡検が行われました。シンポジウム開催地である武漢市は、湖北省の東部に位置する人口約 910 万人の大きな都市です。街中には真新しい近代的なビルやショッピングモールが立ち並び、経済発展の著しさが伺えます。その一方で、黄鹤楼に代表される長い歴史と伝統をもつ建築物や、東湖のように雄大な自然が共存するという独特な雰囲気を持つ街が形成されました。また、渡航前に心配していたデモ活動も滞在期間中には行われず、現地スタッフの協力によってシンポジウム期間中は参加者全員が安全に過ごせたようです。

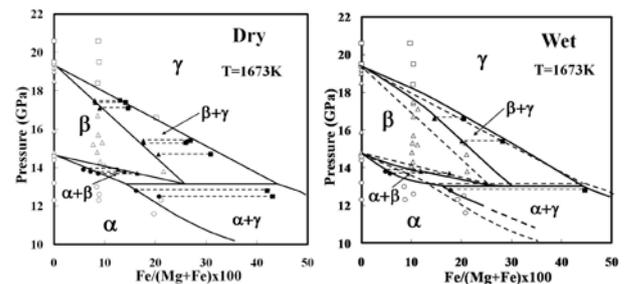
最後に、研究室の皆様からの手助けにこの場を借りて感謝の気持ちを表したいと思います。特に亀山准教授には多大なご支援をいただきました。先生の的確なアドバイスとご協力がなければ無事に発表を終えることもできませんでした。また、発表の機会を与えてくださった Global COE プログラム、および TANDEM 運営に携わる皆様、円滑なシンポジウム開催のためご尽力下さった中国地質大学の皆様に心から感謝いたします。(宮内 新)

最新の研究紹介

地球内部での水の分配と相転移境界に及ぼす影響

地球は水の惑星と言われ、水の存在によって地球上には生命が宿り、他の惑星とは異なる様相を示している。水の存在は表層環境にとどまらず、地球内部の活動にも影響を及ぼしている。スラブの沈み込みにより地球深部へ水が運搬されていることは、高压実験による含水鉱物の安定領域の研究や、スラブ中に存在する含水相に伴うと考えられる低速層の存在、さらに含水鉱物の脱水分解反応に伴うマグマの生成の観察結果から自明であ

るように思える。地球深部に水が運搬される場合、含水鉱物の含水量を調べる以外に、マンタル中の主要構成鉱物であるいわゆる「無水鉱物」(nominally anhydrous mineral) 中の含水量を明らかにすることも重要である。我々はマンタル遷移層中に存在するカンラン石の高压相であるウォズレアイトとリングウッドイト中に 2-3 wt% もの水が含まれることを実験的に明らかにしてきた。一方最近、カンラン石の高压相転移に伴う水の分配とその相転移境界に及ぼす水の影響をまとめたのでその結果について簡単に紹介する^{1,2}。



まず、カンラン石相転移境界についての結果を図に示す。この実験は1つのセルに無水 (Dry)、含水 (Wet) の2つの試料を入れ、全く同一条件でその違いを観察するために行った。試料は Fe/(Mg+Fe) の異なる3つの試料(10, 20, 30 mol %)を用意し、含水の出発試料の含水量は 1 wt% と固定した。図の無水 (Dry) の相境界(実線)は Akaogi et al. (1989) に基づいており、そこに今回の含水試料を用いたデータがプロットされている。このようにして求めた圧力値を基に含水の相平衡図を作成した。

図の含水 (Wet) の相境界は点線が無水の Akaogi et al. (1989) のものを示しており、実線が今回求めた含水の相境界を示している。結果、カンラン石 (α)—ウォズレアイト (β) 境界は低压側に、ウォズレアイト (β)—リングウッドイト (γ) 境界は高压側にシフトすることが明らかとなった。カンラン石 (α)—ウォズレアイト (β) 境界の結果は今まで報告されている Chen et al. (2002) の結果とほぼ一致する。また、ウォズレアイト (β)—リングウッドイト (γ) 境界の含水による変化の程度は、マンタルカンラン石の Fe/(Mg+Fe)= \sim 0.1 で考えると \sim 0.7 GPa 高压側にシフトし、さらに \sim 0.5 GPa の圧力幅で起こることから(無水では \sim 1.0 GPa)、含水の場合 520km 不連続面は \sim 15 km ほど深くなり、さらに無水よりシャープな不連続面が期待される。一般的に 520 km 不連続面は地

震学的な観測が困難であるが、ある地域では観測されやすいという事実が報告されており、このことはマントル遷移層の含水量の分布を表わしているのかもしれない。

この相転移境界における水の影響は鉱物相間の水の分配によってもたらされていると考えられる。よって、我々はこの相転移における水の分配も決定した。ここではそれぞれの相転移境界上で共存相を得る実験を行い、それぞれの鉱物中の含水量は二次イオン質量分析計で行った。その結果、カンラン石 (α): ウォズレアイト (β): リングウッドイト (γ): ケイ酸塩ペロブスカイト (Pv) 中の水の分配は 6:30:15:1 と決定された。この結果を見ても、マントル遷移層は地球内部の水の貯蔵庫となりうるということが分かる。さらに我々はザクロ石や他の相の含水量及びその水の分配の研究を進めており、地球内部の水の分配を系統的に明らかにしようとしている。(井上 徹)

参考文献

- 1) Inoue et al., *Phys. Earth Planet. Inter.*, 183, 245-251, 2010.
- 2) Inoue et al., *J. Phys.: Conference series*, 215, Art. No. 012101, 2010.

❖ 水素ハイドレートの分子間相互作用の探査

近年、原始星の凝集過程における温度圧力条件において、水素ハイドレートが安定に存在することが明らかとなり注目を集めている (Mao et al., 2002)。水素ハイドレートとは、水分子が水素結合によりケージや氷のフレームワークを作り、その空隙中に水素分子を内包した固体結晶である。水素と水のみで形成される水素ハイドレートの材料は、宇宙に豊富に存在するため、大量の水素ハイドレートが宇宙空間中に存在していると考えられる。仮に、天体が形成される際にこの水素ハイドレートが取り込まれれば、水素分子のリザーバーとして天体の進化に大きな役割を果たしている可能性がある。そこで我々は、天体の形成や進化のモデリングに寄与する情報を得ることを目的とし、水素ハイドレートの高圧構造の変化やその安定性を調べている。

水素ハイドレートはこれまでの研究で、少なくとも 80 万気圧の高圧まで存続することが明らかとなっている。この高圧安定性は、水分子と水素分子との間で働く特異的な分子間相互作用によってもたらされていると考えられる。そこで本研究



図 1 : 水素ガスの低温液化充填装置

では、この分子間相互作用を調べるため、水素ハイドレートの高圧実験を行った。

高圧発生装置にはダイヤモンドアンビルセルを用いた。試料となる水素ハイドレートの作成を行うためには、ダイヤモンドアンビルセルの試料室中に水と水素を封入しなければならない。室温常圧においてガスである水素の充填を行うためには、装置の開発が不可欠である。そこで筆者は、液体ヘリウムを用いた水素ガスの低温液化充填装置の開発を行った (図 1)。これは、水素の沸点が、冷媒として用いられる液体ヘリウムの沸点 (4 K) より高いことを利用している。あらかじめ水(氷)を充填したダイヤモンドアンビルセルに液体水素を導入して、封入・加圧することで、水と水素を直接反応させて水素ハイドレートを生成した。

水素ハイドレートの高圧下における分光学的な実験により、水分子に内包された水素分子の回転が、およそ 20 万気圧という圧力で、一時的に抑制されることが明らかとなった。固体水素 (水素単体) では、水素分子の回転が止まるためには 160 万気圧以上の高圧が必要であることを考慮すると、この低圧における水素分子の回転抑制は、フレームワークによる強い相互作用が働いた結果であると考えられた。また、同位体置換系の水素ハイドレート (H_2-D_2O 系) では、60 万気圧以上における水素分子の伸縮振動状態が、 H_2-H_2O 系水素ハイドレートのものとは明確に異なることが明らかとなった (図 2)。これは、水-水素分子間の相互作用が H_2-D_2O 系と H_2-H_2O 系とでは明確に異なっていることを示している。また、この振動状態変化は、水素ハイドレートの結晶構造が壊れアモルファス化したことによって引き起こされた可能性がある。仮にアモルファス化が起こっているとすれば、水

素ハイドレートの高圧安定限界の理解について、ひとつの重要な情報を与えることとなる。今後は実験を重ねて、さらに水素ハイドレートの高圧安定性を議論するため、分子間相互作用の定量化を行うことを目標としている。(町田真一)

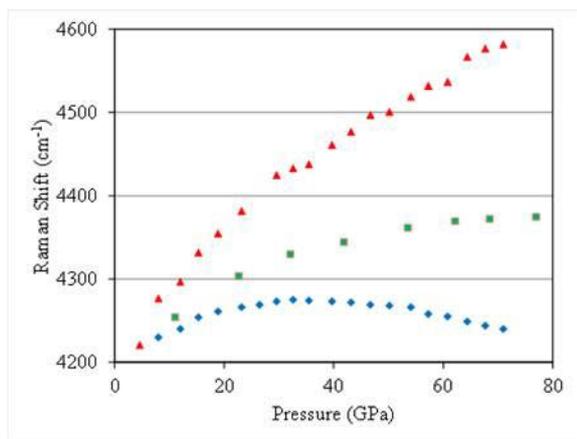


図 2：減圧下における水素分子の伸縮振動状態の圧力変化。

❖ 1cm 級ナノ多結晶ダイヤモンドの合成技術開発

グラファイトから高温高圧下で直接変換焼結により得られるナノ多結晶ダイヤモンド (NPD) は、非常に微細な組織からなり、単結晶ダイヤモンドを凌駕する硬度を有する。このような特性から、NPD は高圧発生用の新たなアンビル材として注目されており、NPD をさまざまな高圧装置で利用するため、大型試料の合成、安定供給が強く望まれる。GRC では 2009 年 3 月に、6000tonf 駆動の川井型高圧発生装置 (BOTCHAN-6000) が導入され、筆者らは、この装置を用いて NPD の大型化に取り組んできた。ここでは、BOTCHAN を用いた初期の実験から最近の状況について紹介する。

BOTCHAN-6000 では、一辺が 52mm、65mm、75mm の三種類のサイズの大型超硬アンビルに対応し、それぞれのアンビルサイズに応じて常用 2500 tonf、4000 tonf、5300 tonf 程度の荷重が利用可能である。合成用セルの設計には、各アンビルサイズで利用可能な最大荷重付近で、できるだけ大きな体積に 15 GPa 程度の圧力発生を行うことを念頭に置いた。52mm 角アンビルを用いた初期の実験では、大型 KMA の実験で先行するバイロイト大の 5000ton プレスの圧力発生結果を参考に、アンビル先端サイズ (TEL) 15mm を用いた。さらに次の段階で行った 65mm 角、75mm 角アンビルを用いた実験では、それぞれ TEL18mm、TEL22mm を使い、ガasket サイズと圧媒体サイズを最適化した。

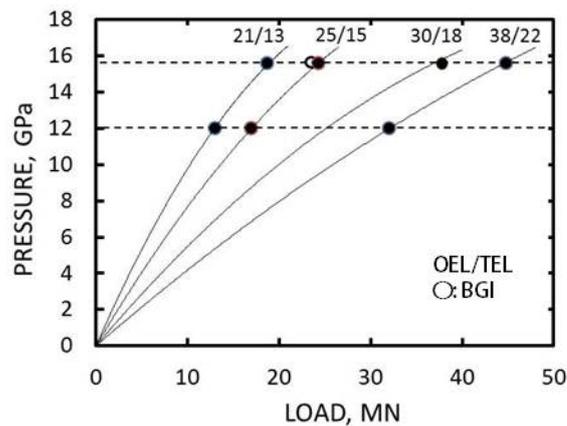


図 1. 各セルにおける、荷重と発生圧力の関係。

圧力標準物質 ZnTe (12 GPa)、ZnS (15.6 GPa) の室温での相転移に基づいた、装置荷重とセル中の発生圧力の関係を図 1 に示す。いずれのセルでも 15.6 GPa までの圧力発生が確認され、これらのセルを用いて合成実験を行った。

高圧下で安定した高温発生を行うためには、十分な断熱材の配置やヒーター寸法などを最適化する必要がある。まず始めに TEL15mm のセルを用いて、2400°C 程度の高温発生が行えるように、これらを最適化した結果、直径、高さ共に 6.5mm の円柱状 NPD の合成が可能になった。また、これまで克服が困難だった、試料に生じるクラックの抑制方法も、この段階で明らかになり、技術的に大きな飛躍があった。この結果を参考に、続いて行った TEL18mm のセルを用いた 4000tonf 級荷重下での実験では、安定した高温発生は行えるものの、減圧時にしばしばブローアウトが発生し問題となった。しかし、このブローアウトは減圧時間を調節することで、抑制可能であった。従って、このセルでは直径、高さ共に 8mm の NPD が合成可能になった。この 6.5mm と 8mm の NPD 合成用セルでは、非常に高い確率でクラックのない十分に変換した試料が回収可能である。これらの結果を考慮して、最終的に行った、TEL22mm のセルを用いた実験でも、安定した加熱実験が行えており、これまでに直径、高さ 1cm の NPD 合成に成功している。現在、このサイズの NPD を高確率で回収するため、合成条件を微調整しており、近いうちに安定した供給が見込まれる。(磯部太志)

編集後記：GRC 設立からちょうど 10 年。更に「坂の上の雲」を目指すのか、ここは思案のしどころです。(T. I. & Y. M.)

特別推進研究ニュース No. 5

セミナー「新しい超硬物質の高圧技術への応用」

本特別推進研究では、日本高圧力学会との共催により、同学会の未来を拓く高圧力科学技術セミナーシリーズの一環として「新しい超硬物質の高圧技術への応用」を下記の要領で開催します。このセミナーでは、特に焼結ダイヤモンド (SD) やナノ多結晶ダイヤモンド (NPD = ヒメダイヤ) など、新しい超硬材料の合成と高圧技術への応用に関して、合成手法、特性、応用などに主眼を置いて講演と討論がなされる予定です。

日時：2011年4月16日(土) 13:00~17:00 (予定)

会場：大阪大学 (予定)

定員：50名

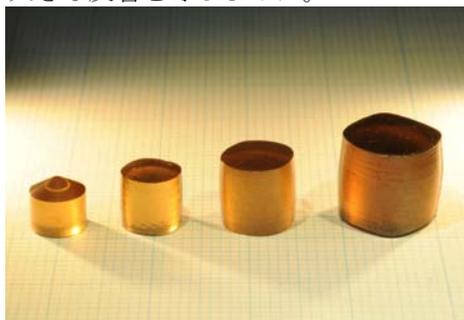
参加費：一般3000円、学生無料

実行委員長：愛媛大 GRC 入船徹男

世話人：住友電工ハードメタル 戸田直大

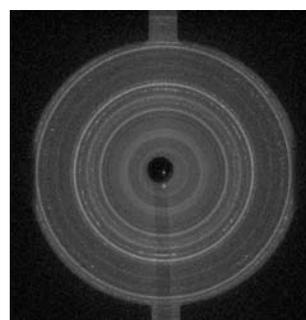
1cmヒメダイヤ合成に成功

GRC で研究をすすめている理工学研究科博士課程1年の磯部太志君と、新名亨ラボマネージャー、入船センター長らのグループは、このほどナノ多結晶ダイヤモンド (NPD=ヒメダイヤ) の1cm級の大型化に成功しました。ヒメダイヤは2003年にNature誌に発表当時は、直径1mm、厚さ0.4mm程度の大きさでしたが、その後合成方法に改良をおこない、特に2009年3月に世界最大のマルチアンビル超高压合成装置 (BOTCHAN-6000) が導入されてからは、更なる大型化が図られていました。磯部君は既に昨年8mm程度の大型化に成功していましたが、様々な改良を重ねた結果、このほど直径、長さともに1cm程度のヒメダイヤ合成に成功しました。現在GRCおよび関連研究機関で、大型ヒメダイヤを用いた新たな超高压発生装置の開発がすすめられています。この成果は11月24日付けの愛媛新聞および同紙のWEBニュースで紹介されるとともに、共同通信社からの配信により、各地の新聞およびWEBニュース等にも紹介され、大きな反響を呼びました。



SPring-8における本格的な超高压変形実験の開始

本特別推進研究の実験系分担者を中心として昨年夏に設置されたMADONNA型ガイドブロックと油圧システムにより、SPring-8のBL04B1において本格的な高温超高压下での変形実験が可能になりました。昨年秋にはこのシステムに放射光とIP検出器を用いることにより、15万気圧1700K領域の変形実験が行われました。現在更により感度の高いX線CCD検出器の設置をすすめており、より効率的なデータ収集が可能になり、マントル遷移層~下部マントル領域のレオロジーに関する研究が進展すると思われます。また、MADONNA型ガイドブロックでは、従来のガイドブロック程度以上の均等加圧が実現されており、SDやNPDを用いたマルチアンビル装置によるMbar実験にも威力を発揮するものと期待されます。



ヒメダイヤDACの圧力発生効率

GRC 客員教授である住友電工エレ材研の角谷均、阪大極限センターの中本有紀らは、ヒメダイヤ (NPD) をダイヤモンドアンビル装置 (DAC) のアンビルとして利用した場合、特にアンビル先端面が比較的大きい (0.3mm以上) 単結晶ダイヤモンド (SCD) の倍近い圧力の発生が可能であることを見出しました。この成果は第51回超高压討論会 (仙台) で報告されましたが、大型DACやマルチアンビル装置用アンビルとして、ヒメダイヤの大きなポテンシャルを示すものとして注目されます。GRCでは、6-6方式のマルチアンビル装置用アンビルにヒメダイヤを用いた装置を開発中であり、今後の成果が期待されます。

