GRC News Letter　　2009. 9. 10　No.25

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

センター長あいさつ

入舩　徹男

GRC を中心とした「地球深部物質学拠点」が、地球・惑星科学分野の 3 拠点の 1 つとしてグローバル COE に採択されてほぼ 1 年。教育面での育成対象である博士研究員などの若手研究者は、国内をはじめ、ドイツ・中国・フランス・アメリカなどから 10 数名集まり、GRC において先端的研究を開始しています。また、博士後期課程学生もこの間増加しつつあり、来年にはやはり 10 数名程度に達すると予想されます。その内訳も愛媛大学を中心に国内からの学生が 6 割、留学生が 4 割程度と、バランス良く集まりつつあります。

従来からもおこなっている、世界的研究者による国際フロンティーセミナーはこの 1 年で 12 回、また国際レクチャー2 回、国内での国際シンポジウム 1 回、海外でのワークショップ 1 回、国際サマースクール 1 回を主催するなど、グローバルな視点での教育活動が展開されております。また連携先の協力によるインターンシップも実行されており、GRC を中心としたグローバル COE の計画が着実に実行されていると感じております。加えて、GRC 全体の「ジオダイナミクスセミナー」の完全英語化が本年度から実行されており、また新たに設置された「地球深部物質学特別コース」における英語による授業も、本年度後期から実施される予定です。

一方研究面でも、実験分野・数値計算分野ともに様々な成果が得られています。両分野間のコラボレーションもすすみつつあり、先日は両者の共同による新しい圧力スケール「EHIME スケール」の記者発表がおこなわれました。地球深部物質学において、精度の高い圧力スケールの確立は緊急の課題であり、EHIME スケールは今後標準的な圧力計として用いられることが期待されます。更に、地球深部で重要な M_2O_3 型の新高圧相に関しても、数値分野と実験分野の共同研究が進みつつあり、成果の一部が米国国際誌の表紙を飾るなど、重要な結果が得られています。

これらの研究活動が高く評価され、GRC では今年度に入ってからだけでも、文部科学大臣表彰「若手科学者賞」・国際高圧力科学技術協会（AIRAPT）

「Jamieson賞」・AIRAPT「学生ポスター賞」・日本高圧力学会「学会賞」・日本鉱物科学会「論文賞」などが授与されるとともに、連携先の東京大学の拠点メンバーも日本鉱物科学会「学会賞」を受賞するなど、受賞ラッシュが続いているのは誠に喜ばしい限りです。

グローバルCOEに関しては、今後いかに若手研究者・博士課程学生を育成するかが重要な課題です。私としてはいくつかのプロジェクト研究を柱にしつつも、できるだけ自由な発想で研究を進めていただきたいと思います。このために必要な研究環境を提供するとともに、特に世界トップレベルを目指す意識の高揚と、そのための英語発表能力を高める訓練を重点的におこないたいと考えています。

センターの構成

(H21.9.1現在)

❖ 地球深部物質構造動態解析部門

入舩徹男（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）(H21.6～)
雷　力　（COE研究員）(H21.8～)
Matthew L. Whitaker（COE研究員）(H21.9～)
実平　武（特別推進研究支援者）(H21.7～)

❖ 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）
助　　教（21年度中採用予定）
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）
石河孝洋（助　教）
臼井佑介（COE研究員）
市川浩樹（COE研究員）(H21.5～)

❖ 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（PD研究員（GRC関連））
公 募 中（PD研究員（GRC関連））

❖ 教育研究高度化支援室分室

入舩徹男（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）

❖ 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･材料研究所ｽﾍﾟｼｬﾘｽﾄ）
客員教授　Yanbin Wang（シカゴ大学放射高圧地球科学コンソーシアム主任研究員）
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（ニューヨーク州立大学ストニーブルック校鉱物物性研究施設特任教授）
客員准教授　鍵　裕之（東京大学大学院理学系研究科准教授）
客員准教授　舟越賢一（(財)高輝度光科学研究センター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）
川嵜智佑（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）
渕崎員弘（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（理工学研究科准教授）
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（東京大学大学院理学系研究科准教授）
平賀岳彦（東京大学地震研究所助教）
川本竜彦(京都大学大学院理学研究科助教)
大高　理（大阪大学大学院理学研究科准教授）
重森啓介（大阪大学ﾚｰｻﾞｰｴﾈﾙｷﾞｰ学研究ｾﾝﾀｰ准教授）
角谷　均（住友電気工業（株）ｴﾚｸﾄﾛﾆｸｽ・材料研究所ｽﾍﾟｼｬﾘｽﾄ）
肥後祐司（(財)高輝度光科学研究ｾﾝﾀｰ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（岡山大学地球物質科学研究ｾﾝﾀｰ准教授）
安東淳一(広島大学大学院理学研究科助教)
中久喜伴益（広島大学大学院理学研究科助教）
片山郁夫(広島大学大学院理学研究科助教)
中田正夫(九州大学大学院理学研究院教授)
加藤　工(九州大学大学院理学研究院教授)
金嶋　聰(九州大学大学院理学研究院教授)
巨海玄道(九州大学大学院理学研究院教授)
吉岡祥一（九州大学大学院理学研究院准教授）
久保友明（九州大学大学院理学研究院准教授）
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）
Fabrice Brunet（ﾌﾗﾝｽ国立科学研究ｾﾝﾀｰ(CNRS）研究員）
Jennifer Kung（台湾国立成功大学地球科学研准教授）

❖ 事務室

研究拠点事務室（3F）
日野さゆり（TL）
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）
COE事務室（4F）
小野由紀子（事務補佐員）
宮本菜津子（事務補佐員）
大熊　知　（事務補佐員）

NEWS＆EVENTS

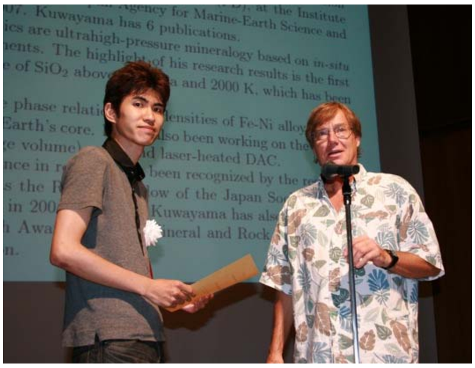
❖ 新しい圧力目盛り（EHIMEスケール）を開発

GRCでは、実験グループの丹下慶範助教と理論グループの土屋卓久教授らの共同研究により、100万気圧を越える超高圧領域まで使える新しい圧力目盛り（EHIMEスケール）の開発に成功しました。「EHIMEスケール」では、現存するすべての実験データを矛盾なく説明できる、最も信頼できる圧力目盛りとして、今後地球科学をはじめ高圧力に関係するの様々な分野で利用されることが期待されます。この研究成果はアメリカの著名な専門誌（Journal of Geophysical Research）などに出版されるとともに、グローバルCOEプログラム「地球深部物質学」の活動の一環として開催した国際サマースクール、「物質の圧力-体積-温度状態方程式」(主催土屋GRC教授ら：8月3日-8月5日）の初日に、丹下助教により発表されました。

❖ 桑山助教にJamieson賞

GRCの桑山靖弘助教は、国際高圧力科学技術協会(AIRAPT）の第22回総会において、“Jamieson 賞”を授与されました。AIRAPT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、材料科学など様々な分野にわたる学際的国際学会で、2年に1度総会を開いています。第22回目の今年はその重要な構成メンバーである日本高圧力学会の第50回高圧討論会との共催で、2009年7月26（日）-31

日（金）に東京で開催されました。AIRAPTでは、若手で顕著な業績をあげた研究者1名にこの賞を授与しています。今回のJamieson賞は、桑山助教のダイヤモンドアンビル装置を用いた、超高圧地球科学分野における傑出した研究に対して授与され、受賞講演がおこなわれました。



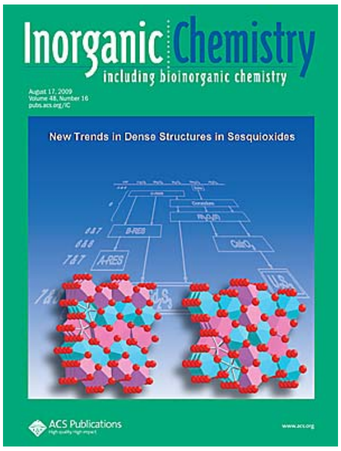
❖ 入舩センター長に日本高圧力学会賞

GRCの入舩センター長に、日本高圧力学会の平成21年度学会賞が授与されました。日本高圧力学会は、高圧力を手段として用いる物理学、化学、地球科学、生物学、材料科学など様々な分野にわたる学際的学会です。高圧力学会賞は同学会の最高賞で、高圧力の科学・技術の進歩に貢献し，内外から高い評価を受ける顕著な研究成果を収めた者の中から毎年1名以内が選ばれます。同センター長は、AIRAPTのBridgman賞受賞者であるカーネギー研究所 R.Hemley 教授とともに、会議の初日にそれぞれ1時間の受賞記念講演をおこないました。今回の国際会議における3つの記念講演のうち、Jamieson賞受賞の桑山助教と合わせて2つがGRCの研究者によるという快挙となりました。

❖ AIRAPT にて学生ポスター賞

上記の国際会議(AIRAPT）の第 22 回会議において、GRC で研究をすすめる理工学研究科博士課程の國本健広君がポスター賞を受賞しました。発表タイトルは“Development of a 6-8-2 type multi-anvil apparatus and its application: pressure-induced phase transition in GeO_2”で、GRC で開発された超高硬度ナノ多結晶ダイヤモンド（NPD=ヒメダイヤ）の、マルチアンビル装置への応用に関する発表で、同装置としては最高の120 万気圧を越える圧力発生と､高温高圧相転移 X 線その場観察実験への応用についての報告をおこないました。同会議でのポスター発表は合計 336 件あり､学生の発表の中から審査員の投票により、計 7 件がポスター賞として選出されました。

❖ GRCの研究成果が米専門誌の表紙に



GRCの土屋卓久教授の理論シミュレーションと物質材料研究機構の遊佐斉GRC客員研究員の高圧放射光実験により、M_2O_3組成を持つ化合物（三二酸化物）における新たな高圧相関係が明らかとなりました。今回実験と理論の両面からSc_2O_3の圧縮挙動を調べ、約20GPaにおいてGd_2S_3構造を有する新しい高圧相への相転移を発見しました。この結晶構造は陽イオンが8配位という極めて高い配位数を取り、これまで三二酸化物において実際に検証された中では最も稠密な原子配列を有する構造です。そのため相転移に伴い約13%という極めて大きな密度増加を生じるという特徴があります。In_2O_3などに対しても同様の相転移をすでに発見しており、これら一連の研究により三二酸化物の

高圧相関系の理解が、大きく前進しました。この研究成果はアメリカの著名な専門誌であるInorg. Chem.に出版されるとともに、注目論文として掲載号の表紙を飾りました。

❖ 国際サマースクール報告

2009年8月3日～5日の3日間、グローバルCOEプログラムの一環として、“International Summer School on *P-V-T* Equations of State of Materials”がGRCで開催されました。このサマースクールは、直前まで東京で開催されていたAIRAPTのサテライトミーティングとして企画され、国内外から約50名の参加がありました。国内（東京大学、大阪大学、愛媛大学、熊本大学、物質・材料研究機構、海洋研究開発機構、高輝度光科学研究センター）はもとより、アメリカ（ニューヨーク州立大学、ハーバード大学、）・オーストラリア（オーストラリア国立大学）・ドイツ（パーダーボルン大学）・ロシア（ロシア科学アカデミー）から招待された12名の講師らによって、理論・モデリング、衝撃圧縮実験、静的圧縮実験といった異なる観点から、物質の高温高圧状態方程式に関連した講演が多角的に行われ、活発な議論がくり広げられました。

❖ 第1回インターンシップ報告

グローバルCOEプログラムの一環として、第1回インターンシップ（結晶構造解析）“Tutorial for Crystal Structure Analysis”を2009年8月19日～21日の3日間GRCで開催されました。今回の講師は、COEの連携先である東大地殻化学実験施設の小松一生特任講師で、GSASというソフトウェアを使って、粉末X線あるいは中性子回折パターンの結晶構造解析法（リートベルト解析）についての解説と実習がおこなわれました。また、VESTAという結晶構造、及び電子・核密度等の三次元可視化プログラムの使用法とGSASを使った粉末回折パターンのシュミュレーション法についても学びました。インターンシップには、GRC及び東大から総勢20名の大学院生や博士研究員を中心に参加がありました。夜は二晩ともGRCの建物の前でバーベキューパーティーがおこなわれました。

❖ GRC-BGIワークショップ報告

2009年6月17日～19日の3日間にわたり、ドイツのバイロイトにおいて、GRCと学術交流協定を結んでいるバイロイト地球科学研究所(BGI)と、GRCや東大を中心とした研究者・学生による合同ワークショップを開催しました。約70人の参加者があり、双方の若手研究者と博士課程学生による、口頭発表を中心とした発表および質疑応答がおこなわれました。発表は12名の審査員により評価され、優秀発表者としてMicaela Longo氏（PhD学生：BGI側）と町田真一氏（COE研究員：GRC側）が表彰され、それぞれ賞状とともに副賞の日本酒とドイツワインが手渡されました。このワークショップは、グローバルCOEプログラム「地球深部物質学」の教育プログラムの一貫として実施されたものであり、この後、若手研究者の多くはダボス（スイス）で開催された国際地球化学会での研究発表や、パリのエコールノルマル高等教育機関・パリ大学等の研究拠点を訪れてセミナー・ワークショップを開き、積極的に自らの研究成果をアピールしました。

❖ 第2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、2009年9月28日～29日に第二回YESA ワークショップを開催します。YESAワークショップでは、様々な分野の若い研究者が一堂に会し議論することで、実験と理論と観測の融合を図り、地球深部ダイナミクスの新しい解釈を創案することを目指しています。今回のテーマは「地震波観測とその解釈」です。地震波観測における現状と問題点、及び室内実験・野外調査・計算機シミュレーションなど多分野から得られるその解釈を議論し、活発な意見交換を行う予定です。第一回ワークショップ同様、多くの分野の若手研究者のお越しをお待ちしています。

問合せ先：幹事　臼井 (usui@sci.ehime-u.ac.jp)

❖ 第8回 GRC国際レクチャー

講演者：Prof. Shun-ichiro Karato (Department of Geology and Geophysics, Yale University)

日時：2009年9月2日　13:00-16:00
　　　2009年9月3日　9:00-12:00

Lecture I: Some recent progress in the study of plastic deformation in minerals: Applications to the dynamics of Earth and other terrestrial planets

LectureII:A new approach to the equation of state of liquids: Applications to the evolution of Earth and other terrestrial planets

❖ GRC国際フロンティアセミナー

第 27 回

"Rheology of serpentines, seismicity and mass transfer in subduction zone"

講演者：Prof. Bruno Reynard (Laboratoire de Sciences de la Terre UMR CNRS 5570 Ecole Normale Supérieure de Lyon)

日時：2009 年 5 月 28 日　17:00-18:00

第 28 回

"Effects of Hydration on the elastic properties of transition zone minerals"

講演者：John R. Holloway (Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University & Dept. of Chemistry & Biochemistry, and School of Earth and Space Exploration Arizona State University)

日時：2009 年 7 月 22 日 17:00-18:00

第 29 回

"Pressure generation and investigation of the post-perovskite transformation in $MgGeO_3$ by squeezing the Kawai-cell equipped with sintered diamond anvils"

講演者：Prof. Eiji Ito(Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama University)

日時：2009 年 8 月 24 日　17:00-18:00

第 30 回

"Water Distribution Across the Mantle Transition Zone in Earth and Its Implications for the Evolution of Ocean"

講演者：Prof. Shun-ichiro Karato (Department of Geology and Geophysics, Yale University)

日時：2009 年 9 月 2 日　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）

１０月

10/9　"Break down products of synthesized

majorite and its implication for geodynamics"
Dirk Spengler（上級研究員センター研究員）

10/16 "Thermal distribution during the planetary core formation by iron rain model"
市川浩樹（COE 研究員）

10/23 "Strength of single crystal of ortho-pyroxene under lithospheric conditions: implications for the strength of lithosphere"
大内智博（COE 研究員）

10/30 "Pressure-induced coordination changes in $LiBO_2$"
雷　力（COE 研究員）

１１月

11/6 "Technical development of a 6-8-2 type multianvil system with nano-polycrystalline diamond"
國本健広（博士課程 4 年）

"Phase relation and equation of state in Fe_2O_3-Al_2O_3 system at high pressure and high temperature"
和田光平（修士課程 2 年）

11/13 "Calculation of thermal conductivity by using first-principles simulations"
八幡直也（修士課程 2 年）

"Technical developments toward synthesis of larger nano-polycrystalline diamond"
磯部太志（修士課程 2 年）

11/20 "Technical development for deformation experiments at conditions of the mantle transition zone"
川添貴章（COE 研究員）

11/27 "Constraint on Ca-Al-silicate hosts near the 660 km depth discontinuity in the Earth's mantle"
Gréaux Steeve（COE 研究員）

１２月

12/4 "Experimental study on rheology of olivine at deep upper mantle conditions"
西原　遊（上級研究員センター上級研究員）

12/11 "Pressure dependence of water content of magma generated in the Earth interiors"
曽我部昭人（修士課程 1 年）

"Phase relation of C_3N_4 by in-situ X-ray diffraction experiments under high pressure and high temperature conditions"
小島洋平（修士課程 1 年）

12/25 "Melting curve of $MgSiO_3$ perovskite determined from in-situ X-ray diffraction measurements using a laser-heated diamond anvil cell"
村上さやか（博士課程 1 年）

"Numerical simulation of mantle convection with chemical heterogeneity and continental drift"
福田将志（修士課程 1 年）

❖ 過去の講演

第 231 回 "High pressure neutron experiments in ISIS and ILL"
小松一生(東京大学大学院理学系研究科特任講師)　2009. 5.22

第 232 回 "Relaxation of $MgSiO_3$ glass"
山田明寛（COE 研究員）　2009. 5.29

第 233 回 "Spin state of ferric iron in Mg-perovskite up to 200 GPa by X-ray emission spectroscopy"
藤野清志（GRC 教員）　2009. 6.5

第 234 回 "High pressure properties of gas hydrates and their implications on icy planets and their moons"
平井寿子(GRC 教員)　2009. 6.12

第 235 回 "Elastic wave velocity measurements for understanding the distribution and transportation of water in subduction zone"
河野義生(COE 助教)　2009.6.26

第 236 回 "First principles investigation of serpentine"
土屋　旬（上級研究員センター上級研究員）　2009.7.3

第 237 回 "Intermolecular interactions in gas hydrates and its implication for their stabilities under high pressure"
町田真一(COE 研究員)　2009.7.10

第 238 回 "Pressure generation using sintered

diamond anvils in multianvil apparatus and primary pressure scales"
丹下慶範（GRC 教員） 2009.7.17

第239回 "Numerical modeling of seismic anisotropy in the lowermost mantle by the calculation for polycrystalline elastic anisotropy"
臼井佑介（COE 研究員） 2009.7.24

新人紹介

市川 浩樹
（COE 研究員）

2009 年 5 月から COE 研究員として、本センターで研究させていただくことになりました市川浩樹です。2008 年 3 月に東京大学地震研究所で博士号を取得し、その後、ほぼ一年間、フランスの ENS Lyon (École normale supérieure de Lyon)でポスドクをやっていました。

私はこれまで、流体力学に基づいた数値計算コードを作り、それを用いて地球ダイナミクスや地球進化に関連する問題を計算してきました。具体的には、大きく二つに分けることができます。一つは、空間に固定された格子を用いて空間を離散化した流体コードによる熱対流の計算です。もう一つは、空間を自由に動き回る粒子で空間を離散化した流体コードによるマグマオーシャンの計算です。前者の方は地球科学で従来からよく用いられていた手法ですが、後者（粒子法）は地球科学では、ほとんど用いられていませんでした。

マグマオーシャンとは地球や他の惑星の形成初期に存在していたと推定されている、惑星表層が完全に溶けていた状態です。例えば、地球の場合、少なくとも表面から数 100km 以上の深さまで溶融していたと推定されています。惑星の形成は隕石の衝突合体により説明されますが、マグマオーシャンの原因は隕石の衝突による加熱です。そのドロドロに溶けたマグマオーシャン中で、もともと隕石に含まれていた金属と珪酸塩は分離します。その過程には表面張力が重要な働きをします。表面張力により、金属は 1cm 程度の液滴を保ち、秒速 10cm 程度で溶融している珪酸塩の中を降下していきます。私はその過程を 10cm スケールの大きさの空間における数値計算により確かめました。この過程はマントルの金属コアの分離の最初の過程であり、マントル全体とコア全体の化学物質や熱の分配を決定する大きな要因です。

数値計算をするうえで一番やっかいだったのは表面張力を計算することでした。私は粒子法を用いることで、その問題の半分（金属の流体と珪酸塩の流体の区別）を自然に回避し、新たな独自の表面張力の計算アルゴリズムを考案することにより残りの半分を解決しました。

現在、10cm スケールの領域で計算された金属の液滴の性質を組み込んだマグマオーシャン全体を模した数値計算を行っています。その計算により、マグマオーシャンの深さや、珪酸塩-金属間での熱エネルギーの分配について見積もっています。数値計算の結果では、マグマオーシャンの底に形成される液体金属の層は熱的に安定、すなわち熱を逃がしにくい構造になっています。現在の地球を基準に熱史を理論的に計算した結果、地球形成初期にはコアの温度が高かったと予想されており、本研究の結果と話がつながるのではないかと思っています。

GRC でセミナーに参加していると、私の研究していた手法や分野は GRC の他のメンバーと大分異なると感じているのですが、なにか、私が役に立ちそうな共同研究課題などがありましたら、お気軽に声をおかけください。今後ともよろしくお願いします。

大内 智博
（COE 研究員）

2009年6月より、GCOE研究員として着任いたしました、大内です。私は、2007年3月に東北大学理学研究科地学専攻にて博士号を取得した後、東北大学及び米国Yale大学にてそれぞれ一年間PDとして研究を続けてきました。

下部地殻以深に相当する比較的高い温度条件下においては、岩石中の全界面エネルギーを極小にすることにより、その岩石は“安定”な状態になろうとします。例えば、無重力空間で無数の水玉が散らばっている場合を考えた場合、最終的には一つの大きな水玉になることで、水玉の表面積は最小になる（即ち界面エネルギーも最小になる）はずです。これと同じ原理の過程が、岩石中の界面が移動することによって、各鉱物粒子の縮小あるいは成長が進行していきます。その界面移動の結果として、岩石は粗粒化し、それぞれの鉱物・流体相はエネルギー的に安定な分布をすることになります。花崗岩などをきれいに磨いた壁板をデパートなどでよく見かけますが、花崗岩のなかに見られる、石英・長石（白い鉱物）黒雲母・角閃石（黒い鉱物）の分布は決して一様でない（ランダムではない）ことに気づきます。長石同士が集合体（クラスター）を形成していることが特に多いのですが、これは、花崗岩マグマ中において長石が成長する際、クラスターを形成することで系の全界面エネルギーが低下することによります。（＊注＊花崗岩はマグマ溜まりでの複雑なプロセス（結晶分化・固液共存状態でのメルトの絞り出し等）を得ているため、その組織を界面エネルギーのみで全てを説明することはできません）。

このように、例えば界面エネルギーのようなパラメターによって、身近に体験できる現象と、一見複雑そうに見える地球科学的な現象が繋がっています。このようなところが何となく面白いと思い、修士課程の学生時代より、ピストンシリンダー型高圧発生装置を用いることにより、最上部マントル条件下における、『岩石中における流体相の空間分布状態』や『二相系多結晶体における粒成長』といった、“材料組織学”的な研究を行ってきました。

地球内部においては、“全マントルダイナミクス”といった言葉からもわかるように、絶えず固体(または固液共存系)が流動をつづけています。岩石が変形を受けることは、熱力学的には“仕事”を受けることになります。このプロセスは、エネルギーを解放する界面移動のプロセスとは対照的です。それらの対照的なプロセスが進行することにより、岩石組織にはどの程度の多様性が生まれ、それが地球の進化においてどの程度の意味をもつのかを理解できればと思い、Yale大学時代より、変形実験を始めました。GRCでも引き続き、変形実験を中心に研究を進めていく予定ですが、これからも、“組織”から地球（及び惑星）の進化を考えていきたいと思っています。

雷　力
(COE研究員)

I began my research career in single crystal growth of optical crystals (such as: $LiAlO_2$:Co^{2+}, YAG:Nd^{3+} and $MgAl_2O_4$:Co^{2+}) by Kyropoulos or Czochralski method during my master study. An interest in the effects of high pressures on material synthesis led me to the High Pressure Science and Technology Laboratory (HPST) of the Sichuan University during my PhD study. There I began to apply chemical and physical techniques in material synthesis at high pressure with the guide of Professor Duanwei He. Fortunately, I have discovered an effective synthetic route to the semiconductor material Gallium Nitride (GaN). GaN is considered as one of the most promising semiconductor materials for ultraviolet light-emitting diodes (LEDs) and laser diodes (LDs) because of its wide-band gap as well as thermal and chemical stability. The growth of GaN crystals has not been achieved by standard Czochralski or Bridgman growth due to the decomposition problem. The existing methods (for instance: High Pressure Solution Growth, Flux Growth and Hydride Vapor Phase Epitaxy) for commercial GaN production are less practical because of the low growth rate and expensive, complicated setups. The newly found synthetic method to well-crystallized GaN crystals is based on a novel solid-state metathesis (SSM) reaction which differs fundamentally from traditional ones.

Interestingly, the novel chemical reaction is involved in the high-pressure behaviors of $LiBO_2$ and $LiGaO_2$. Furthermore, I have also investigated the high-pressure phase transitions of ternary mixed metal oxides $LiMO_2$ (M=B, Al, Ga). At HPST, I obtain the first high-pressure phase diagrams for $LiMO_2$ compounds and find that borate exhibits interesting behaviors at high pressure.

In August this year, I am pleased that I have opportunity to start my postdoctoral researches at GRC. I am enjoying the lovely Matsuyama city and the state-of-the-art experimental facilities at GRC. To be a new G-COE postdoctoral fellow, I am very happy to work with everyone at GRC. My current researches will focus on high-pressure synthesis of novel materials as well as exploring the nature of borate at high pressure. It will be an impressive and precious scientific experience in my research career.

海外出張報告

❖ IMPMC 及び ENS での研究発表

6月17日～19日にドイツのバイロイトで行われた GRC-BGI ワークショップの後、桑山助教、丹下助教、河野 COE 助教、Gréaux COE 研究員と共にフランスのパリへと向かいました。さすがに花の都パリと呼ばれることだけあって、バイロイトとは一転してとても煌びやかで賑やかな街でした。

6月22日に、パリ大学鉱物・多元物質科学研究所 (IMPMC: Institut de minéralogie et de physique des milieux condenses)へと向かい、桑山さん、丹下さん及び飛び入りで河野さんがセミナー発表を行いました。副所長の Guillaume Fiquet さん他、多くの研究員の皆さんが聴講に来てくれて、特に丹下さんの MgO を用いた新しい圧力目盛りの研究成果発表では、多くの質問があり有意義な議論が交わされました。セミナー後、Fiquet さんたちが研究所内の実験室等を案内してくれました。GRC とはまた一味違った研究環境で興味深いものでした。特に、Stefan Klotz さんたちが行っている超音波測定機は、DAC を用いたピコセカンド(ps)オーダーの超音波を用いて、岩石の超高圧下での弾性波を測定できるもので、河野さんをはじめ興味津々でたくさんの質問をしました。IMPMC はパリの中心街から少し離れた郊外に位置する静かな場所にあり、建物も赤レンガ風のお洒落な建築で、日本の大学とは違いとても雰囲気があっていい大学でした。

明くる23日は、パリのエコールノルマル高等教育機関 (ENS: Ecole normale supérieure)へと行き、私と河野さん、Gréaux さんがセミナー発表を行いました。ENS はパリ中心地の5区に位置し、フランスでトップレベルの大学です。ENS では、一月から八月までの半年間 GRC へとインターンシップで来ていた Sophie Guillon さんが所属する大学です。セミナーは、Sophie さんのアドバイザーである Fabrice Brunet さんがお世話してくれました。私は、地球深部の異方性の研究成果について発表し、異方性をどのように地震波で観測するかについて多くの質問を頂きました。セミナーでは、ENS の地質学部門長である Christian Chopin さんもお越し頂き、とても有意義な議論が行えました。セミナー後のラボツアーでは、特殊なアンビルであるパリ－エジンバラセルや、岩石破壊に伴う地震波(Acoustic Emission)検出装置など、GRC にはない実験設備を見学しました。

今回、パリの大学へ行って研究成果を発表でき、一流の研究者の皆さんから多くの質問を頂き議論ができたことは、我々若手研究者にとっては非常にありがたいことでした。さらに当地の若手研究者のみなさんと交流できたことで、国際会議での発表時により多くの人と議論したり、共同研究を行えたりするきっかけとなりました。セミナーをする機会を作ってくださった Fiquet さん及び Brunet さんを始め多くの関係者の皆様に感謝を申し上げます。

余談ですが、ENS の研究室に、修士課程の学生さんの成績表が貼ってありました。我らが Sophie ちゃんは、なんと学年でトップの成績でした。ENS でトップということは、フランスで一番ということを意味します。我々も負けていられません。

(臼井　佑介)

最新の研究紹介

高温高圧下のメタンの振る舞いと巨大氷惑星内部構造の推定

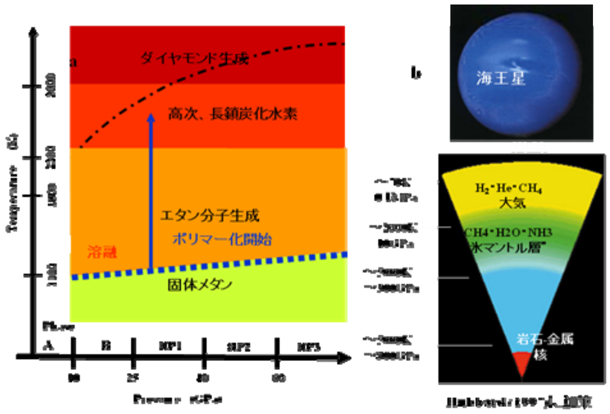


図 a メタンの相変化 一点鎖線は海王星の温度圧力分布をしめす。b 海王星の内部構造（NASA、JPL より）

メタンはもっとも単純な炭化水素で、地球、太陽系、宇宙にガス、液体、気体として広く存在する。特に氷惑星の海王星や天王星では重要な構成成分と考えられている。これらの氷惑星は、H_2 と CH_4 からなる大気層と、メタン、水、アンモニアからなる氷マントル層、そして、岩石—金属の核で構成されると予測されている。しかしながら、これらの成分が各層でどのような状態にあるかは、十分に明らかにされていない。固体メタンは典型的な分子性結晶であり、分子の配向の違いにより、低温域ではさまざまな相の存在が知られている。室温高圧下でも多くの研究がなされ、37GPa まで I 相—A 相—B 相—H1 相という相転移が生じることが報告されていたが、最近われわれの研究によって 86GPa までにさらに二つの高圧相の存在が明らかにされた。一方、高温下では、衝撃圧縮やレーザー加熱ダイヤモンドアンビルセル（LHDAC）によってポリマーやダイヤモンドの生成が報告されている。しかし、これらのポリマー化（分子重合）とダイヤモンド生成（分子乖離）がどのように進行するか十分に理解されていない。そこでわれわれは、LHDAC を用いて固体メタンの高温高圧実験を 10—80GPa、1100—3000K の範囲で行い、ラマン分光、X 線回折、光学顕微鏡観察によってメタンの相変化を調べ、温度に依存してポリマー化が進行し、最終的にはダイヤモンドが生成することを明らかにした。そして、これらの知見をもとに海王星氷マントルの状態を推定した。

本実験によって固体メタンは主に温度に依存して変化し、その変化は大きく 4 つの領域に分けることができた。図 a にこれらの領域の特徴をまとめる。1100 K 以下では 10-80GPa の範囲で溶融は観察されず、固体メタンのそれぞれの高圧相が保たれた。1100 K 以上では 10-80GPa の範囲で固体メタンは溶融し、分子重合が開始されエタンの生成が始まった。特に 1800 K 以上では、生成されるエタンの量が増加した。2200 K 以上では種々の高次の炭化水素が形成され、3000 K 以上ではダイヤモンドが生成した。理論計算（Ancilotto, 1997）では、100-300 GPa、4000 K で、メタン分子の一部はポリマー化し、エタンやプロパンが生成すると報告されていたが、本実験ではかなり低い温度で（1100K 以上）、広い圧力範囲で（10GPa でも）溶融し、そこからポリマー化が始まり、常温常圧力でも安定な高次炭化水素や長鎖炭化水素が生成することが示された。分子性結晶の場合、高温高圧下では分子重合が起きるか分子乖離が起きるかが議論の対象となってきた。メタンの場合、分子重合は分子乖離へのプロセスととらえることができる。水素を分離しながら重合が進み、最終的に水素が全部分離されダイヤモンドになる。言い換えれば、ダイヤモンド生成、すなわち、分子乖離はポリマー化の最終段階である。

海王星、天王星の内部構造と状態については、探査機からのデータ解析や理論研究によって議論されてきた（図 b）。なかでも氷マントル層と呼ばれる層には興味がもたれていた。この層の最上部の温度･圧力は 10 GPa、2000 K、中間部では 300 GPa、5000 K と推定されている。この層は“氷”層とは名づけられているが、実際は溶融している可能性が理論計算によって指摘されていた（Hubbard, 1997）。本実験結果を海王星の温度圧力分と重ねると、海王星“氷”層ではメタンは完全に溶融していることになる。氷層はメタンのほか水とアンモニアからなるが、Cavazzoni（1999）による理論計算では水とアンモニアはこの層の条件では流体であることが示されている。したがって、海王星“氷マントル層“はメタンリッチな高密度の熱い海となっているとの理論予測は実験的にも正しいと考えられる。また、より深部ではダイヤモンドが生成している可能性もある。古く、理論計算によって海王星の内部にダイヤモンドが生成しているのでは（Diamond in the sky?, Ross, 1981）という論文が報告されていたが、これもありうること考えられる。（平井　寿子）

編集後記：政権交代・地方分権など、日本も大きく変わりそうです。GRCも地方にあって、独自の技術開発と科学研究を展開したいところです。

（T. I. , Y. M. , T. O. ）

特別推進研究ニュース No.1

緒　言

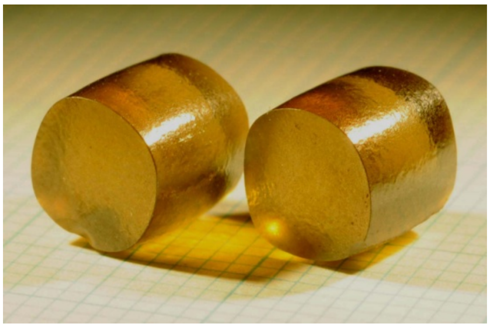
GRC の超高圧実験・第一原理計算分野の研究者による大型科学研究費「特別推進研究」（平成 20 年度～24 年度）が採択されて約 1 年。「Fe 系物質の超高圧下での挙動と最下部マントル～内核の物質科学」を研究課題とする本研究では、GRC が生み出した世界最硬ナノ多結晶ダイヤモンド（ヒメダイヤ）の、超高圧実験への本格的応用を試みています。また、焼結ダイヤモンドアンビルや、単結晶ダイヤモンドアンビルを用いた従来の実験技術を発展させ、Fe 系物質に焦点をおいたマントル下部～内核に至る地球最深部の物質科学的研究を目指します。このような実験分野に加えて、第一原理計算分野の研究者による理論予測や実験の解釈を通じ、より確かな地球最深部の物質像やダイナミクスを明らかにすることを目的とした研究をすすめています。本欄では、特別推進研究により得られた成果の解説や、最新のニュースを掲載します。

研究組織と主な研究テーマ・役割分担

研究代表者：
入舩徹男（GRC 教授）
全体統括・ヒメダイヤ合成
研究分担者：
土屋卓久（GRC 教授）
第一原理計算による Fe 系の挙動
西山宣正（GRC 准教授）
ヒメダイヤを用いた装置開発
大藤弘明（GRC 助教）
ヒメダイヤ DAC による高温高圧発生
丹下慶範（GRC 助教）
焼結ダイヤを用いたマントル物質探査
桑山靖弘（GRC 助教）
DAC による内核条件下での Fe 系の挙動
石河孝洋（GRC 助教）
第一原理計算による Fe 系物質構造探査
肥後祐司（JASRI 研究員）
X 線その場観察によるマントル物質探査
連携研究者：
臼井佑介（GCOE 研究員）
地震学と第一原理計算による深部構造

BOTCHAN-6000 の始動と大型ヒメダイヤ合成

本年 3 月末に完成した世界最大マルチアンビル装置 BOTCHAN-6000 は順調に稼動をはじめ、直径、長さともに 6-7mm 程度のヒメダイヤの合成が可能になりました(J. Phys., submitted)。このようにして得られた大型ヒメダイヤを加工し、ドリッカマー型超高圧発生装置への応用をすすめています。



（BOTCHAN により合成されたヒメダイヤ）

6-8-2 型 MA による 125 万気圧の発生

ヒメダイヤを第 3 段アンビルとして用いた 6-8-2 型 3 段階加圧方式のマルチアンビル装置において、常温～1000K の高温領域での 125 万気圧の発生と、このような条件における放射光 X 線その場観察実験による相転移実験が可能になりました(J. Phys., submitted)。この圧力はマルチアンビル装置において記録された圧力の世界最高記録であり、ほぼマントル全域の深さに対応するものです。

マントル最深部～核領域での新しい状態方程式

MgO、Au、Pt など、従来から圧力標準物質として利用されてきた単純な化合物に関する、新しい状態方程式が実験グループと理論グループの共同研究により提案されました(J. Geophys. Res., 2009; Phys. Rev. B, in press)。これらのスケールは「EHIME スケール」と称され、現存する実験データを最も良く再現する信頼性の高い圧力スケールとして、下部マントル深部～核領域の物質科学的研究に大きな威力を発揮すると期待されます。

特別推進研究現地調査実施

7 月15日の午後、3時間余りに渡り調査委員2名と学術振興会研究助成課職員2名がGRCを訪問、本研究課題の現地調査が実施されました。入舩代表を中心とした過去1年間の研究取り組みの現状について報告がなされ、この間に研究装置の整備や体制を整えるとともに、いくつかの重要な成果があがりはじめており、研究が順調に進展していることが説明されました。調査委員からは研究活動に対する高い評価とともに、他プロジェクトとの仕分けに関する点などのご指摘をいただきました。