GRC News Letter 2013.10.10 No.37

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設立以来12年余り。この間、「学術創成研究」や「特別推進研究」、また後者と同時に採択された「グローバルCOEプログラム」の等の事業推進により、設立時からのI言葉である「革新性」・「学際性」・「国際性」の実現にむけた活動を展開してきました。

この結果、「革新性」に関しては、上記2つの大型科研費による研究を中心に、地球深部科学における革新的技術開発・先端的研究推進において大きな成果をあげてきました。これらの研究活動は、昨年度採択された世界トップレベル研究拠点「地球生命研究所」(東工大)の国内唯一のサテライトとして、また本年度採択された科研費「基盤研究S」などを背景として、新たな段階への発展が期待されています。

一方「学際性」に関しては、地球科学分野内にとどまらず、理学・工学の幅広い分野との共同研究が推進されてきました。その成果の一例が、ヒメダイヤを始めとする、超高圧を利用した新物質の開発と応用です。GRCでは、高圧力に関連した学際的研究の更なる発展を目指し、共同利用・共同研究拠点の申請を行ってきました。この結果、「先進超高圧科学研究拠点(PRIUS)」が、本年4月に文部科学省の認定を受けるに至っています。本年度は試行期間として、事業を開始していますが、既に70件程度の共同利用・共同研究の申請が国内外から集まっています。

「国際性」に関しては、特にグローバルCOEプログラムの実施を通じ、GRCの国際的活動の幅や認知度が飛躍的に高まりました。同プログラムの終了後も、「卓越した大学院拠点形成」プログラムに採択され、引き続き国際的視野に立った人材育成にあたっています。GRC設立後、長期に渡り滞在した外国人大学院生・研究員・教員は約70名に及んでおり、その国籍もアメリカ、ドイツ、フランス、スペイン、イタリア、エジプト、南アフリカ、インド、ロシア、中国、台湾、オーストラリア、など10か国余りにのぼります。また、本学の博士課程に入学しGRCで研究をすすめる留学生も増加し、これまでに3か国10名の外国人学生がGRC教員の指導のもと博士号を取得しました。

以上のようなGRCの12年余りの研究教育活動の結果、多くの若手が国内外で教授・准教授や常勤の研究員などのポストを得て、地球深部科学およびその関連分野の第一線で活躍しています。本ニュースレターでは、前回から始まった「Alumniレポート」欄において、今後も毎回2〜3名ずつ、過去GRCに在籍した「卒業生」の方々の近況を紹介する予定です。

少林寺拳法の総本山は四国の多度津にあり、国

内はもとより国外からも拳士が修行に訪れると聞きます。GRC 設立時、このように四国の田舎にあって、国内外から人が訪れる国際的拠点の形成を夢想しました。共同利用・共同研究拠点 PRIUS としてスタートした GRC は、今ようやくその段階に近づいたと感じています。

共同利用・共同研究拠点の運営においては、関連分野コミュニティーの支持が極めて重要です。本 Alumni レポート連載を契機に、国内外の GRC 卒業生のネットワーク形成が促進されることを期待します。そして、彼ら自身やその学生・共同研究者が、GRC と PRIUS の活動を支える重要な一翼を担っていただければと考えています。

センターの構成

(H25.10.1現在)

❖ 超高圧合成部門
- 入舩徹男（教　授）
- 大藤弘明（准教授）
- 丹下慶範（助　教）
- 大内智博（助　教）
- Steeve Gréaux（WPI研究員）
- 國本健広（特定研究員）
- 磯部太志（特定研究員）
- 西　真之（WPI研究員）（H25.10.1～）
- 飯塚理子（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）
- 土屋　旬（准教授）
- 出倉春彦（助　教）
- 市川浩樹（WPI研究員）
- Xianlong Wang（学振外国人特別研究員）

❖ 物性測定部門
- 井上　徹（教　授）
- 西原　遊（准教授）
- 木村正樹（助　教）
- 境　　毅（助　教）

❖ 量子ビーム応用部門
- 平井寿子（特命教授）
- 八木健彦（特命教授）
- 桑山靖弘（助　教）
- 木村友亮（特定研究員）

❖ 教育研究高度化支援室（連携部門）
- 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（技術専門員）
- 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　YanbinWang（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　BaoshengLi（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（CROSS東海利用促進部グループリーダー）

❖ GRC研究員
- 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）
- 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・材料研究機構先端的共通技術部門主幹研究員）
- 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（大阪大学ﾚｰｻﾞｰｴﾈﾙｷﾞｰ学研究センター准教授）
- 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　聰（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）
田窪　光　（チームリーダー）
外山廣子　（再雇用事務補佐員）
加藤智恵子（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

❖ PRIUS の共同利用・共同研究課題募集

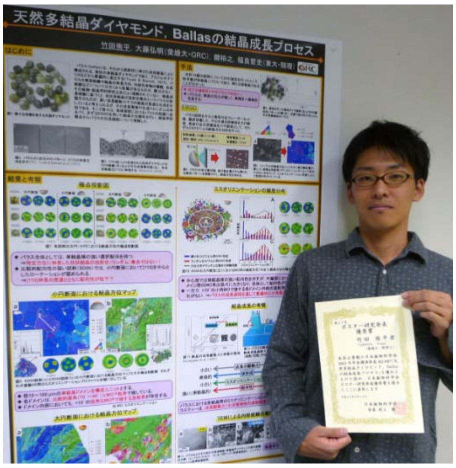
GRC を中核とした共同利用・共同研究拠点「先進超高圧科学研究拠点」(PRIUS)が 4 月に認定され、高圧力科学分野における全国的な共同利用及び共同研究拠点として活動を開始しました。本年度は予算措置がないため、規定や体制の整備とともに、共同利用・共同研究課題については、随時募集という形をとっており、旅費の支給も原則的にありません。それでも現在までに、従来からの共同研究者を中心に、国内外から 70 件近い共同利用・共同研究の課題申請があり、実質的な活動を開始しています。来年度からは課題の公募を行い、審査の上一定の旅費等も支給予定です。本年度の共同利用・共同研究申請ご希望の方は、愛媛大学教育研究高度化支援室の山田朗リサーチアドミニストレーター（yamada@sci.ehime-u.ac.jp）までご連絡下さい。

❖ NHK「サイエンスゼロ」でヒメダイヤ紹介

2013 年 7 月 7 日（日）23：30～24：00 に、NHK（E テレ）「サイエンス ZERO」で、入舩センター長と住友電気工業（株）が共同開発したナノ多結晶

ダイヤモンド（ヒメダイヤ）が、「誕生・スーパーダイヤモンド」のタイトルで特集されました。ヒメダイヤは入舩徹男教授らが 1990 年代に初めて合成に成功し、その後世界で最も硬い物質であることが明らかにされ、2003 年にネイチャー誌に発表されました。住友電工との共同研究により高品質化と大型化が試みられ、同社により 2012 年 2 月から工業用製品としても発売されています。番組では、ヒメダイヤの類まれな特徴とその合成の歴史、地球深部研究への応用について分かりやすく解説されました。詳細は下記の HP にてご覧いただけます。(http://www.nhk.or.jp/zero/contents/dsp431.html）

❖ 日本鉱物科学会ポスター研究発表優秀賞受賞



2013 年 9 月 11 日（水）～9 月 13 日（金）に筑波大学で開催された日本鉱物科学会 2013 年年会・総会（9 月 12 日）において、GRC で研究を進めている理工学研究科の竹田侑平氏（修士課程 1 年，指導教員：大藤弘明准教授）による発表が、ポスター研究発表優秀賞に選出され、同会総会において表彰されました。発表タイトルは、「天然多結晶ダイヤモンド、Ballas の結晶成長プロセス（竹田侑平・大藤弘明・鍵裕之（東大）・福良哲史（東大)」で、GRC が誇る高分解能電子顕微鏡と後方散乱電子線回折装置（EBSD）を用いた結晶方位分析を通して、地球のマントルにおける多結晶ダイヤモンドの結晶成長プロセスについて詳細な検

討をおこなったものです。

❖ JpGU 学生優秀発表賞受賞

2013年5月におこなわれた日本地球惑星科学連合(JpGU)大会において、入舩教授・丹下助教の指導のもと GRC 卒業研究を行った白石智子さんの発表が、学生優秀発表賞に選出されました。発表タイトルは「中央海嶺玄武岩(MORB)の下部マントル条件下における相関係と密度関係」で、焼結ダイヤモンドアンビルを用いた超高圧実験と放射光 X 線その場観察実験を組み合わせ、50 万気圧領域までの沈み込んだ海洋地殻物質の相関係と密度変化を精密に決定したものです。白石さんは愛媛大学卒業後、グローバル COE の連携先であった東大理学系研究科の鍵裕之教授のもとで研究をすすめています。

❖ ELSI-ES の研究活動開始

昨年採択された東京工業大学の世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)「地球生命研究所 ELSI」(廣瀬敬所長)において、国内唯一のサテライト拠点として連携している入舩教授を主任研究員とする GRC の研究チーム ELSI-Ehime Satellite (ELSI-ES)が、本格的に研究活動を開始しました。ELSI-ES では、初年度は研究室や必要装置の整備・研究員の採用など、研究グループの立ち上げを行いました。今年度からは、実験グループと数値計算グループの研究会や、東工大の関連グループとの定期的合同研究会を通じて報告や議論を行うとともに、初期地球物質の分化過程や地球深部の熱進化などに関して、実験および数値計算の両面から研究を進めています。

❖ SPring-8 萌芽的研究支援課題説明会開催

2013 年 6 月 13 日 (木) 16：30～18：00 に愛媛大学にて大型放射光実験施設 SPring-8 主催の「SPring-8 萌芽的研究支援課題説明会」がおこなわれました。萌芽的研究は、将来サイエンス・リーダーとして放射光を利用して研究を推進していく人材の発掘と育成のため、大学院生が研究代表者として研究を行う課題です。四国地区の研究機関代表を務める入舩センター長の挨拶に続き、JASRI 利用研究促進部の藤原明比古副部門長の説明、また、滋賀県立大学山田明寛助教 (元 GRC グローバル COE 助教) が実施体験談を話し、約 50 名の参加者がありました。

❖ 国際フロンティアセミナー

第48回

"Na-majorite $Na_2MgSi_5O_{12}$: phase relations, solid solutions, and structure"
講演者：Dr. Andrey Bobrov
(Moscow State University, Russia)
日　時：2013年8月9日 (金) 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）

１０月

10/11 "Influence of majorite on mantle convection"
Dr. Hiroki Ichikawa (Postdoctoral Researcher, ELSI-ES, GRC)

10/18 "Making planet from chondrite"
Dr. Yoshinori Tange (Assistant Professor, GRC)

10/25 "Coupled substitution of H^+ and Al^{3+} into dense hydrous magnesium silicate (DHMS) phases"
Dr. Toru Inoue (Professor, GRC)

１１月

11/1 "Experimental study on the phase stability and transition of $CaSO_4$ at high pressure and high temperature"
Taku Fujii (Ph.D. student, Ehime University)

"Dihedral angles of aqueous fluid in eclogite in the deep upper mantle"
Mika Hashimoto (Msc. student, Ehime University)

11/22 "Equations of state at multi-megabar pressure"
Dr. Takeshi Sakai (Assistant Professor, GRC)

11/29 "Microtexture and formation mechanism of impact diamonds from the Popigai crater"
Tomoharu Yamashita (Msc. student, Ehime University)

"A possible reason for forming tetragonal phase of filled ice Ic hydrogen hydrate inferred from Raman spectroscopy under low-temperature and high-pressure"
Shingo Kagawa (Msc. student, Ehime University)

１２月

12/6 "HP-HT phase relation of lunar highland regoliths: an analog of a subducted Earth's primordial crust ?"
Dr. Steeve Gréaux (Postdoctoral Researcher, ELSI-ES, GRC)

"Melting experiments on the lower mantle materials using a CO_2-laser heated diamond anvil cell"
Satoka Ohnishi (Msc. student, Ehime University)

12/20 "Sound velocities of almandine under high pressure and high temperature"
Takeshi Arimoto (Msc. student, Ehime University)

"In situ X-ray diffraction analysis of the experimental dehydration of chlorite at high pressure"
Hideki Suenami (Msc. student, Ehime University)

❖ 過去の講演

第356回 "Equation of state of hydrous phase A, $Mg_7Si_2O_8(OH)_6$ under high pressure and high temperature"
Cuiping Yang (Ph.D. student, Ehime University) 10 May 2013

第357回 "The role of mineral phase transition during high pressure faulting"
Dr. Alexandre Schubnel (Research Associate, CNRS, Ecole Normale Supérieure Paris) 17 May 2013

第358回 "Deformation of olivine and its implications for seismic anisotropy in Earth's upper mantle"
Dr. Tomohiro Ohuchi (Assistant Professor, GRC) 31 May 2013

第359回 "Structure and stability of carbon nitride under high pressure and high temperature"
Yohei Kojima (Ph.D. student, Ehime University) 7 Jun 2013

第360回 "Anisotropy in the Earth's inner core"
Dr. Yasuhiro Kuwayama (Assistant Professor, GRC) 14 Jun 2013

第361回 "Stability fields of dense hydrous magnesium silicates in the lower mantle"
Dr. Masayuki Nishi (JSPS Postdoctoral Fellow, GRC) 21 Jun 2013

第362回 "Thermal conductivity of $MgSiO_3$ perovskite and post-perovskite at deep mantle conditions from first principles"
Dr. Haruhiko Dekura (Assistant Professor, GRC) 28 Jun 2013

第363回 "The Synthesis and characterization of $Mj_{80}Py_{20}$ and $Mj_{59}Py_{41}$ garnet along the Majorite-Pyrope join"
Zhaodong Liu (Ph.D. student, Ehime Unoversity)

"Thermal equation of state of lawsonite"
Nao Cai (Ph.D. student, Ehime University) 12 July 2013

第364回 "Thermal convection of highly compressible fluids with depth-dependent physical properties: Implications for the mantle convection of super-Earths"
Dr. Masanori Kameyama (Associate Professor, GRC) 19 July 2013

第365回 "Phase changes of filled ice Ih methane hydrate induced by guest orientational ordering under low temperature and high pressure"
Dr. Hisako Hirai (Distinguished Professor, GRC) 26 July 2013

海外出張報告

❖ 2013 Joint AIRAPT-2 & APS-SCCM-18 Conference

2013年7月7～12日にアメリカ・シアトルで開催された AIRAPT-24 (International Conference of the International Association for the Advancement of High Pressure Science and Technology) に参加しました。今回の AIRAPT は表題に示すように APS (アメリカ物理学会、アルゴンヌ国立研究所の APS ではありません) の Topical Group on Shock Compression of Condensed Matter とのジョイントで開催されました。このため、参加者は例年の AIRAPT (500人程度) に比べ大変多く、約730人でした。AIRAPT は言うまでもなく高圧科学・技術に関する最も大きな国際会議で、現在このプレジデントを当研究センター長の入舩徹

男先生が務めていらっしゃいます。

地球惑星科学から高圧物性、硬質物質合成、新奇な技術開発など実に幅広い分野のセッションが設けられ、熱のこもった研究発表が行われ、毎日どの分野の発表を聞こうかと迷うほどです。私個人の毎回の楽しみは、水素の状態変化、どこまで高圧を出せたか（ショックは別として）、また時には新しい量子ビームを使って新しい学問領域が開拓されていくことを知ることです（内容は十分理解していませんが)。今回もそれぞれ十分期待にそえる発表がありました。

私自身はメタンハイドレートの低温高圧物性の最近の成果と氷の相転移に関する成果を発表しました。メタンハイドレートや水素ハイドレートは最近物質科学や惑星科学ばかりでなく新エネルギー利用技術開発の観点からも注目されている物質群です。これらの室温下の高圧物性については従来研究がなされてきましたが、低温高圧物性に関してはほとんどなされていませんでした。社会人博士課程学生の田中岳彦さんと行った研究で、低温高圧下ではゲスト分子が自由回転状態から配向秩序化を起こし、それにより物性が変わるという成果を発表しまし。また、氷に関しては室温10GPa という穏やかな条件下で相転移の存在や物性変化が次第に知られるようになってきましたが、昨年門林宏和くんが卒論研究で出した相変化の存在の新たな証拠を報告しました。各国の理論屋さんを含めた関連する多くの研究者と討論することができ大変有意義で、自分の研究に関してももちろん fruitful な会議でした。

シアトルは雄大な自然を保有するワシントン州にあり、またマイクロソフトとボーイング社の拠点のある都市としても知られています。学会最終日の午後に会議参加者らとボーイング社の見学に足を運びました。航空機の歴史を示すような実機を展示する博物館も興味をそそられましたが、実際のボーイング 747 型と 787 型機体の作製ラインを見学することができたのはちょっと興奮しました（ここは残念ながら撮影禁止でした)。747 は製作に 3 か月を要し、今話題の（問題の）787 はなんと 3 日でできるとのことでした。ほぼ完成された部品（と言っても主翼全体という巨大なもの）を製作先で作っておき、それを専用の航空機（これも特別に開発作成した巨大なもの）で運んできて繋ぐだけとの説明でした（だからかあ)。600 万個の部品からなる機体を効率よく作り上げる技術には圧倒されましたが、効率を求めることが航空機作成に最も重要な安全性の確保という観点から本当に意味があるのかと疑問も感じました。研究にも通じるような思いがしました。(平井寿子)

❖ AOGS-2013 in Brisbane

The 10th annual meeting of Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) was held on June 24th to 28th, 2013, at Brisbane Convention and Exhibition Centre of Australia, which is a conference aiming at exchanging scientific knowledge and discussion to address important geo-scientific issues among academia, research institution and public. I was so glad to attend it, and this was the second time for me to join the AOGS meeting, and I gave an oral presentation with title "Investigations on thermodynamic properties of Fe- and Al-bearing $MgSiO_3$ perovskite: an internally consistent LSDA+U" in the session of "Mineralogy, Dynamics and Evolution of the Earth's Deep interior".

It was a long trip from Matsuyama to Brisbane, since there is no direct flight from Tokyo to Brisbane and I transferred in Singapore. About 30 hours were spent on the trip for one-way, however, I enjoyed the meeting and Brisbane city so much. Before, I had stayed at Australia about 8 months, but for Brisbane, this was the fist time. Brisbane locates at the east coast of Australia, and she is a famous tourist city not only for foreigners but also for Australian, comfortable weather, beautiful forest, and so on. The conference place is close to the side of Brisbane-river, a big river in Australia. Because the river crosses desert area, its color is light yellow. At the beginning, I did not know the origin of the yellow water, fortunately, Prof. Jackson kindly explained that it was not caused by pollutions. He said that since lots of soil solute in the river, the color of water is yellow, however, it was good enough for swimming.

On the morning of 24th/June, the first day of the meeting, I gave my presentation. Many researchers were interested in my results, and I got several comments and suggestions for my presentation in discussion time and after the session. Some of them are useful for me to improve my work in future. During the meeting time, I focused mainly on the sessions about techniques of high-pressure and properties of lower mantle and core of the Earth, such as "High-Pressure Minerals Physics". This was also a good chance to discuss with other researchers, both theorist and experimentalist, about the frontiers of the Earth physics and the First principle simulations. During the conference, Prof. Irifune organized a dinner party, and researchers from Japan, China, Australia, and Germany attended. Prof. Jackson reserved a restaurant at the riverside and treated us with very nice local wines. I enjoyed delicious stakes there. During the party, we talked a lot about not only research but also daily life. The atmosphere of the party was so nice!

Since Brisbane is a tourist city, its public services are very convenient. For example, there are many ferries in the river, and people can enjoy the city-views and visit downtown easily by using them. In my free time, I hiked along the river and visited some natural parks and science museums. The local culture is attractive, and the sight views are impressive. Furthermore, I looked around in China Town and ate Chinese food there. In the last day, I bought a toy koala as a present to my daughter, and she likes it so much! The trip left me a deep impression on the sight views of Brisbane, and I learned something new in the meeting. I like it! (Xianlong Wang)

研究会報告

❖ WPI 若手研究会報告

2013 年 9 月 26 日（木）、東京工業大学地球生命研究所 ELSI において、固体地球サブグループセミナー（若手研究会？）が開催されました。東京工業大学側からは廣瀬敬 ELSI 所長や丸山茂徳・John

GRC で行われた第二回研究会

Hernlund 主任研究者らをはじめ計 7 名が参加し、GRC（愛媛サテライト）からは Steeve Gréaux・市川浩樹 WPI 研究員、西真之 学振特別研究員（10 月 1 日より WPI 研究員）と丹下が参加して最近の研究結果を報告してきました。

これまで当ニュースレターでたびたび触れられて来たように、昨年廣瀬敬 東工大教授をリーダーとした世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)「地球生命研究所:Earth-Life Science Institute, ELSI」が発足し、GRC は入舩センター長を PI とし国内唯一のサテライト機関として参画しています。昨年度末には先号のニュースレターで報告されたように、開所式・キックオフシンポジウムが東工大で開催されました。今回私たちが参加してきたサブグループ若手研究会は、シンポジウムの終了後まもなく河合研志東工大グローバル COE 助教、GRC の市川浩樹 WPI 研究員を中心として立ち上げられたもので、これまで一ヶ月に 1 回程度の頻度で東工大、愛媛大と場所を移しながら開催され今回が 4 回目の開催となりました。

ELSI では「地球の起源と進化」、「生命の起源と進化」の解明を大きな研究目的に掲げています。私たち GRC は超高圧実験やシミュレーション計算による高圧物質科学や鉱物物理学を得意分野としていますが、ELSI で扱う固体地球・物質科学関連トピックは多岐にわたっています。そもそも地球の始原物質は何だったのか？どのようにして集積し分化してきたのか、マグマオーシャンの組成は？初期大気、海洋、地殻の組成は？それらを産み出した後、固体地球はどのように進化してきたのか？などなど･･･。これらのトピックを幅広い時間・空間スケールで考える必要があります。さらに固体地球の活動が表層環境に大きな影響を与えること、その地球表層が生命の発生と進化の場であったことを考えると、生命科学・生化学グループとの関係も頭に入れておく必要が出てきます。広大な研究背景についてメンバー全員で知識や意識を共有し、ELSI 全体にとって効果的な研究成果をあげるため、この若手研究会は企画されました。

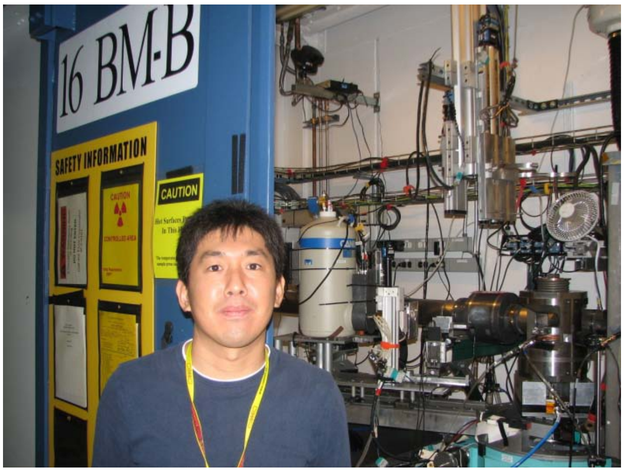
そのためこれまでのセミナーでは、固体地球サ

ブグループの構成員だけでなく、生命の起源と進化を主な研究対象としている上野雄一郎 東工大准教授・ELSI 准主任研究者や隕石化学・同位体宇宙地球化学が専門の横山哲也 東工大准教授､惑星形成理論が専門でジャイアントインパクトやマグマオーシャンの固化モデルなどに明るい玄田英典 WPI 長期研究員を招き、それぞれの専門分野についてレビューしてもらうことで、惑星の材料から形成・進化過程、さらに生命の起源から進化へとつづく ELSI の背景や概要の理解にまず力を入れてきました。

今回の研究会ではこれまでのセミナーで知見を得て議論し計画してきた新しい研究の結果、始原的な隕石の融解実験とそれにもとづく深部マントルの分化、現在は失われてしまった地球初期地殻モデル物質の高圧相平衡実験とその地震学的検出の可能性、相転移における潜熱の影響を組み込んだマントル対流シミュレーションにもとづく間欠的なプルーム発生メカニズムなどを、愛媛サテライトの成果として報告することができました。まだまだ予察的な部分もありましたが、新しい実験・シミュレーションの結果をもとに今後の研究計画を含め活発な議論が繰り広げられ、さらなる発展に期待が持てる研究会になりました。次回研究会は 11 月に愛媛大学での開催が予定されています｡興味を持たれた方がいらっしゃいましたら、ぜひふるってご参加下さい。(丹下慶範)

ALUMNI レポート②

❖ カーネギー地球物理研究所 HPCAT 部門
ビームサイエンティスト 河野義生



私は，2011 年 4 月より、アメリカのカーネギー地球物理研究所の HPCAT 部門でビームラインサイエンティストとして働いています。HPCAT は、放射光施設のビームラインを運営する部門で、実際は、シカゴ郊外のアルゴンヌ国立研究所内にある放射光施設 APS にいます。高圧プレス実験をやっていた私が APS で働いているというと、高圧プレス実験で有名なビームライン 13 番、GSECARS の Yanbin Wang さんのところかとよく誤解されるのですが、HPCAT は 3 つ隣のビームライン 16 番になります。ビームライン 16 番と一括りに言っても、実際は 4 つの実験ステーション（+4 つの光学機器ハッチ）からなり、それら 4 つはすべて同時に運営されているので、SPring-8 などの感覚からいうと、4 つのビームラインがあるという考え方の方が合っているかと思います。HPCAT は、High Pressure Collaborative Access Team の略称で高圧放射光実験の専門ビームラインになります（https://hpcat.gl.carnegiescience.edu/)。これまで HPCAT ではダイヤモンドアンビルセルの高圧実験のみだったのですが、最近ビームライン 16-BM-B にパリーエジンバラ(PE)型の高圧プレスが導入され、高圧プレス実験も開始し、私はその高圧プレス実験の責任者として働いています。

ビームライン 16-BM-B の PE プレス実験の主な研究テーマは、高圧下における液体やアモルファス物質の構造、物性の研究になります、高圧下における鉱物の研究は、世界各地のビームラインで数多く研究がなされていますが、それに比べて高圧下における液体の研究は非常に限られているのが現状であると思います。日本でも PF や SPring-8 で、高圧下での液体の構造、もしくは密度、粘性などの物性の測定は行われてはいますが、鉱物の研究にくらべて明らかに少なく、そのため、高圧プレスのビームラインは液体の研究に最適化されていると言い難いのが現状だと思います｡そこで、我々は、高圧下における液体の構造、物性研究の拠点となるような液体の構造、物性測定に最適化したビームラインを目指して、開発を続けています。

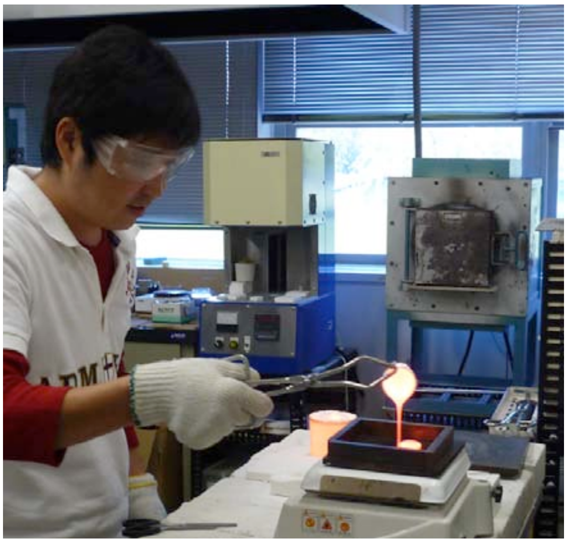
現時点での状況として、我々のビームラインでは、高圧高温（7 GPa, 2500 K）条件下で、液体もしくはアモルファス物質の構造、超音波弾性波速度、粘性の測定が可能です。特に、構造測定と同時に、超音波弾性波速度、もしくは粘性のいずれかが測定できるのが他のビームラインにない利点で、それにより、液体の構造と物性の関係を直接調べることが可能になっています。写真右側にあるのが､最大荷重 200 トンの PE プレスになります。液体の構造測定は､マルチアングル-エネルギー分散 X 線回折測定により行っています。また、X 線ラジオグラフィー測定用のカメラを 2 つ備えていまして、試料直後のカメラは主に超音波測定などで高精度の試料長測定に用いています(例えば、Kono et al., 2012, Rev. Sci. Instrum., 83, 033905)。一方、Ge-SSD 後ろには高速度カメラを設置しており、主に液体の粘性測定に用いています。この高速度カメラは、従来の X 線ラジオグラフィーで用いられていたカメラフレームレート (30-125 フレーム/秒)を遙かに凌ぐ 10,000 フレーム/秒以上の録画が可能であり、これにより、粘性率の大きな珪酸塩マグマなどのみならず、金属や

塩、水などの低粘性液体の粘性を精度良く測定することが可能となりました（例えば，Kono et al., 2013, Phys. Rev. B, 87, 024302）。ビームライン 16-BM-B は液体の研究実験が主とはなっていますが、限定はしておらず、実際固体試料の弾性波速度測定なども行っています。現在ユーザー募集中ですので、ぜひ一度実験しに来ていただけると幸いです。

❖ **滋賀県立大学工学部ガラス工学研究センター**
助教　山田明寛

本年 3 月まで GRC に研究員としてお世話になりました。学生の頃から数えると愛媛大学には約 14 年間在籍したことになります。研究室に配属されてからは、超高圧研究室から GRC へと移り変わる激動の期間を学生として過ごしたと言ってもいいかもしれません。私が超高圧研究室（入舩、井上研究室）に卒論生として配属したときは、まだ GRC の設立前で小さな「研究室」というアットホームな雰囲気の中で研究、教育が行われていたのを覚えています。その頃の研究室の先輩方は、遊びも研究も全力で、そんな姿によく感動したものです（希に遊びが過ぎて先生方に怒られることもありましたが…）。偉大なる諸先輩の皆様のお陰で、とても楽しい研究室生活を過ごさせていただきました。ほどなくして地球深部ダイナミクス研究センターが立ち上がり、超高圧研究室はその一部門になりました。そのころからスタッフが徐々に増え、国内外から著名な研究者の方々がセンターを訪れるなど、研究的な面で刺激を受ける機会が急激に増えました。今思えば、そのような研究者の方々との出会いはとても貴重で、その後の研究活動に大きく影響しています。もちろん、実験やセミナーの参加で来られた当時の学生さんや研究員の方々との出会いも人脈づくりに大いに役立ちました。おかげさまで、今でも学会の度に一緒に飲み歩けるような仲間達にも恵まれました。

私は現在、滋賀県立大学工学部ガラス工学研究センターの助教として研究教育の仕事をさせて頂いています。理学部地球科学科という比較的カジュアルな文化の中で教育を受けてきたということもあり、色々と初めて経験が多く、勉強の毎日です。工学部は企業の方との繋がりが強く、「社会人」として学ぶところが多々あります。研究に関しても、学術的な視点はもとより、実用を視野に入れて研究を行う必要があります。それでも、GRC で培った研究経験や研究者との出会いは確実に現在の研究にも役立っていて、GRC の展開する学際的な研究活動のすごさを実感しています。私の所属する研究室では、ガラス材料に関して基礎的な研究から現場で起きる諸問題に至るまで幅広い課題について取り組んでいます。特に、ガラスの破壊、強度やガラス融液の熱物性についての研究では、



世界に先駆けたデータの取得を独自に組み上げた装置を用いて挑戦しています。私はこの研究室で、これまでの研究経験を生かしてガラスまたはその融液の構造解析を行っています。ただ、以前まで扱っていた「マグマ」とは少し異なる部分もあります。例えば、マグマではシリカ（SiO_2）が主要な構成成分ですが、材料分野で用いられるガラスにはホウ酸（B_2O_3）が多く含まれる場合がよくあります。ホウ酸はシリカと同様にそれ自身が良好なガラス形成成分で、シリカより低融性で生産性の高い物質です。このホウ酸のガラス及び融液状態での振る舞いは学術的にも興味深く、その構造単位は温度、組成で多様な形態をとることが知られています。そのことが、ガラスそのものの性質を大きく変化させていると考えられています。ところが、ホウ酸あるいはホウ珪酸ガラス中でのホウ酸の構造についてはまだわかっていないことも多く、取り組まれるべき新しい研究分野といえます。まだまだ研究を始めたばかりですが、GRC での研究経験を生かしつつ、どんどん新しいことに挑戦していこうと思っています。

滋賀県立大学のある滋賀県彦根市は松山と同じ、彦根城下の城下町です。松山ほど大きくはありませんが、程よい規模の町でとても気に入っています。大学も決して大きな大学ではありませんが、教員-学生間の距離も近く、研究教育にはとても適した場だと思っています。そんなアットホームな雰囲気の中で学生さんやスタッフの方々と研究に、イベントに楽しい毎日を過ごしています。

❖ Mineral Physics Institute, SUNY
Postdoctoral Fellow　Yongtao Zou

Time really flies, and one year is just a blink of an eye. Since graduating from Ehime University and obtaining a Ph.D degree with the supervision of Prof. Tetsuo Irifune, I have been working as a postdoctoral associate of Mineral Physics Institute, Stony Brook University

Prof. R.C. Liebermann and the author (right)

in collaboration with Prof. Baosheng Li. The Mineral Physics Institute, as an international partnership of G-COE program and a member of TANDEM, has a very intimate/close relationship with GRC. My current research interests mainly focus on the crystal structure, phase stability and elasticity of transition metals and their nitride/boride compounds using ultrasonic interferometry techniques at simultaneous high *P–T* conditions in a multi-anvil apparatus combined with first-principles calculations. To achieve much higher pressure, I have also conducted high-pressure experiments to study the compressibility and structural stability of some semi-conducting/hard materials in a diamond anvil cell at X17C at NSLS.

One of my current researches is studying the density and elasticity of hard superconducting niobium nitride (H_V= ~20 GPa) at high pressure. In this study, high quality (well-sintered, free of cracks, small grain size and homogeneous) polycrystalline *h*-NbN specimens were hot-pressed and measured using ultrasonic interferometry techniques up to ~12 GPa in a multi-anvil apparatus. Fitting the present data to finite strain equations, the compressional and shear wave velocities, density, and the bulk and shear modulus as a function of pressure are derived. These new data not only allow us to compare with previous EOS data on NbN and those of other transition metal nitrides, but also enable us to further explore the constitutive relations between elastic moduli and hardness in these nitrides.

最新の研究紹介

❖ 強い圧縮性と深度依存物性をもつ流体の熱対流 ～スーパー地球のマントル対流に関する考察～

「井の中の蛙､大海を知らず｣ではあるまいが、つい最近まではこの地球こそが我々の知る最大の「地球型惑星」であった。 だから地球型惑星の研究では、地球サイズやそれ以下のものだけを考えれば十分だった。しかし近年の天文学的観測手法の進歩により、太陽系以外の惑星系の存在が数多く知られるようになってくると、そこには地球より大きな地球型惑星がいくつか含まれているらしいことも分かってきた。 これらは最大で地球の 10 倍程度の質量を持っており、｢スーパー地球」(super Earth) などと呼ばれている。 「スーパー地球」の発見により、地球より大きな地球型惑星のマントルダイナミクスが新たな研究テーマの 1 つになってきた。 そこで本研究では、地球型惑星の大きさの違いがそのマントルダイナミクスに与える影響を調べる第一歩として、スーパー地球のマントル内部に存在する大きな圧力（ーTPa）条件下で重要になると期待される、マントル物質の（i）断熱的圧力変化、および（ii）熱膨張率と熱伝導率の深さ変化、の 2 つに注目し、これらがスーパー地球のマントル内の鉛直方向の流れに与える基本的な影響を考察した。

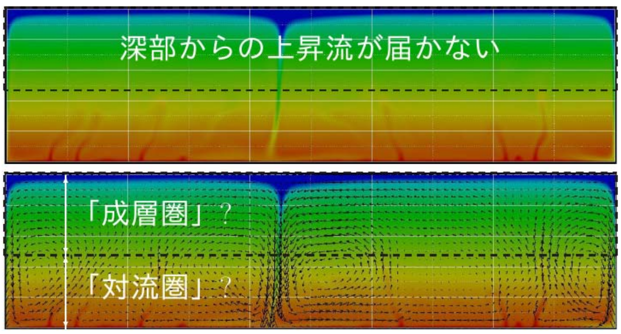
モデルとして、静止状態にある圧縮性流体の層を考える。流体中の重力加速度と定圧比熱は一定とするが、熱膨張率と熱伝導率は深さとともに指数関数的に変化（前者は減少、後者は増加）するものとした。流体層の上面と下面での温度は一定とし、流体層内部の温度分布は鉛直方向の定常 1 次元熱伝導状態によって与えられるものとする。本研究では、この流体中の温度成層構造の安定性を「パーセル法」により検討する。 具体的には、ある深さにある流体塊（パーセル）を鉛直方向に断熱的に（微小）変位させたときに、流体塊がそのまま動き続ける（静力学的不安定）か、あるいは元の位置に戻ろうとする（静力学的安定）かのどちらかを調べる。 特にここでは、流体の熱膨張率・熱伝導率の深度依存性、及び流体の圧縮性の効果の強さをさまざまに変化させたときに、流体層中で静力学的不安定となる深度の範囲がどう変化するかを調べた。

本研究の結果、圧縮性の効果を取り入れた場合には、熱膨張率の深度依存性が大きいほど流体層全体が不安定になりやすいことが分かった。これは深部の熱膨張率が小さいほど断熱温度勾配が小さく、鉛直方向の変位によって熱的な浮力を失いにくいことに起因している。 また地球質量の 10 倍の「スーパー地球」に相当する条件では、静力学的に不安定となる深さ範囲が、流体層の置かれた条件によって大きく変わることも分かった。例えば流体層全体が静力学的に不安定となるのは、熱膨張率の深さ依存性が十分強く、かつ表面温度が十分低い場合に限られる。特にこれらの条件を満足しない｢スーパー地球｣のマントルの内部は、静力学的に不安定な「対流圏 (troposphere)」と安定な「成層圏 (stratosphere)」の 2 つの層に分

離している可能性が示唆されるが、その妥当性は我々が並行して行っている2次元熱対流シミュレーションからも確認できる（図参照）。 なおこれらの結果は圧縮性の効果を無視した場合とは極めて対照的であり、「スーパー地球」のマントル対流の描像や進化の過程を理解する上で、圧縮性の効果が決定的に重要であることを意味している。

もしこの結果が正しいとすると、「スーパー地球」のマントル対流は（あったとしても）地球のそれと比べてごく弱いものになるであろう。さらに想像をたくましくすれば、スーパー地球の表面は、豊かな生命を育むこの地球の表面とは大きく異なった環境にあるとも考えられる。「スーパー地球」という折角の夢のある話が、「スーパー地球人は存在しない」などという夢のない結論に終わってしまうのも実に残念なことではあるのだが。

なおこの研究は、本学卒業生の木下祐也氏、及び海洋研究開発機構の宮腰剛広氏らと共同のもと実施しているものである。記して感謝する。(亀山真典)



図：地球質量 10 倍のスーパー地球のマントルに相当する条件下で行った 2 次元熱対流シミュレーション結果の一例。（原図：海洋研究開発機構宮腰剛広氏）

❖ 下部マントル領域における新たな高圧含水マグネシウムケイ酸塩相の理論予測

この研究は、昨年 10 月にテニュアの最終審査が終わった直後、憑き物が取れたように新たに何かを始めようという気分になったので、いろいろ試してみたうちの一つである。

多くの含水鉱物は 2 次元層状構造をとり、層間は弱い水素結合で結び付けられている。このような構造をとる鉱物は通常、無水鉱物と水へと分解することが多いが、圧力をかけると 3 次元フレームワーク構造を持つ含水鉱物へ相転移する場合がある。地球内部へと水を運搬する役割を担うとして重要視されている含水鉱物の蛇紋石は圧力をかけると phase A, Superhydrous phase B, hydrous β, hydrous γ相を経て phase D へと相転移を起こす。すなわちこれら一連の高圧含水マグネシウムケイ酸塩鉱物(DHMS)は相転移をしながら水のバトンを地球深部へとリレーすることが知られている。これまで phase D は、下部マントル圧力領域で安定であるが約 1200 km の深さで分解されるという実験報告があるため、DHMS の最高圧相であると認識されていた。一方で、我々は 2005 年に phase D 構造中の水素結合が約 40 GPa において対称化すると報告している。すなわち対称化により結合が強固なものになり、高圧下でも高い安定性を保っていると考えられる。同様に対称水素結合をもつ他の相（δ-AlOOH, 氷 X 相）では、分解するのではなく、さらなる加圧により新たな含水相への相転移が予測されている。そこで、私は phase D においても新たな相転移が起こりうるのではないかという直感に基づき、新たな高圧相探索を行った。

実際に高圧相探索にかけた時間はそれほど長くはなく、一週間ほどの試行錯誤の後、約 40 GPa で phase D よりも低いエンタルピーを持つ構造が見つかった。全く無作為に結晶構造を構築したわけではなく、1. 高圧下で対称水素結合をとり得ること、2. 構造中の Mg と Si の酸素配位数が 6 よりも大きい、というルールを設定して、過去の文献で知られている結晶構造を基に陽イオンサイトを Mg と Si に置き換え水素を適切な位置に挿入するなどして新たな結晶構造を構築した。結果、奇しくもこれまで私が博士課程から研究対象にしてきた δ-AlOOH とほぼ同じ結晶構造が新たな phase D の高圧相として得られた。図 1 のように Mg 八面体と Si 八面体が頂点共有され、我々には馴染みのルチル（もしくは $CaCl_2$）型構造に類似している。ルチル型構造ではすべての八面体が同じ陽イオンで占有されるが、この構造ではサイズの異なる Mg, Si によって占められている。よって得られた構造は若干ひずんだ単斜晶であった。

Phase D からこの新しい相と SiO_2(スティショバイトもしくは $CaCl_2$ 型)への相転移圧は 0 K で約 40 GPa、1500 K で約 50 GPa で起こると見積もられた（図 2）。この理論予測を基にしてすでに GRC で実験が行われ、ほぼ同様の組成を持ち、類似した結晶構造を持つ物質が新たに見つけられ “phase H” と名付けられた。詳細は今後発表されるだろう。結果として下部マントル圧力領域において AlOOH, SiO_2, $MgSiO_4H_2$ がすべてほぼ同じ結晶構造をとるということが判明した。よって今後は下部マントルのような高温条件下で起こり得る固溶効果なども調べる必要がある。今回計算を行った phase D 組成($MgSi_2O_6H_2$)では約 40 GPa で新相＋SiO_2 に相転

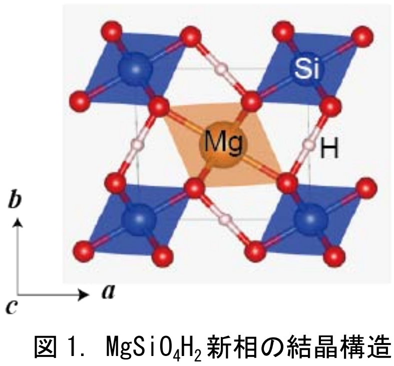


図 1. $MgSiO_4H_2$ 新相の結晶構造

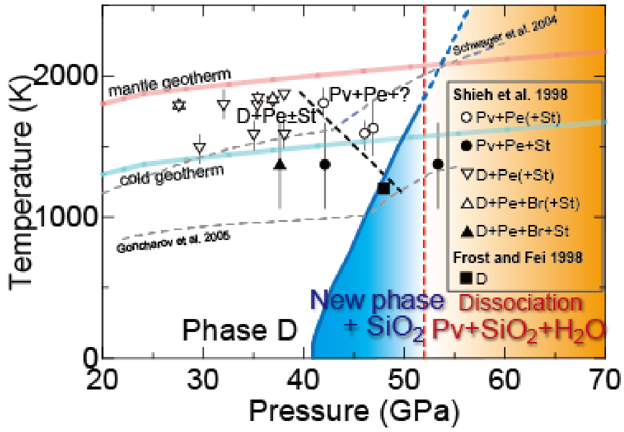
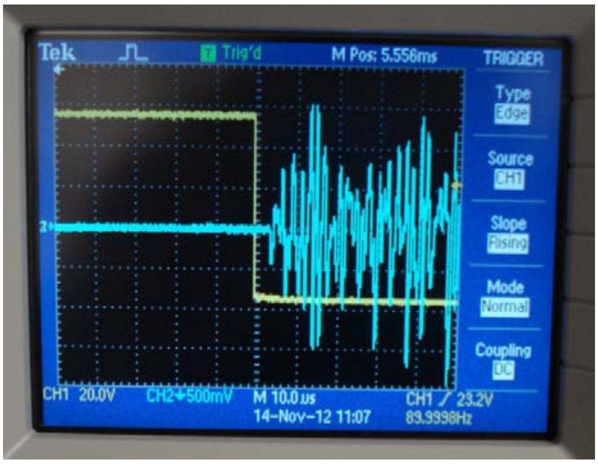


図 2. 高温高圧下における Phase D 組成の相図。

移し、さらに約 52 GPa で $MgSiO_3$ ペロヴスカイト $+SiO_2+H_2O$ に分解するという結果が得られている。しかし、アルミニウム等を固溶させることにより新相の安定領域が大幅に広がる可能性があり、今後の研究が期待される。(土屋旬)

センター機器紹介No. 23

多チャンネル型 AE 計測装置



本装置は、GAGE 社製アナログ-デジタル変換ボードを複数搭載したコンピュータシステムであり、D-DIA 型変形装置と併用した実験を行うことにより、高圧下における微小破壊を“その場”で測定することを目的として今年度中に導入される予定となっています。今回導入される多チャンネル型 AE 計測装置は、最大 8 つのチャンネルを同時に使用することが可能です。高圧発生装置に取り付けた多数の AE センサーから送信されてくるアナログ信号を高速で取り込み、デジタル情報として装置本体のコンピュータに保存することにより、AE 信号データの計測のみならず AE 波形データの解析をも可能とする装置となっています。本装置は、マイクロ秒単位の高速で信号を取り込むことを目的としているため、それに対応した大容量のトランジェント・メモリ及びハードディスクを搭載しています。それにより、マイクロ秒単位で破壊現象によって発生した AE をモニタリングすることが可能となっています（写真はオシロスコープにて観測した AE 波形の一例)。

実際の使用においては、本装置に加え、超硬アンビルに貼り付けた AE センサー及びプリアンプが必要となります。AE センサーより検出される信号は、高圧下の試料中にて発生する微小破壊によって発生します。通常、AE は非常に弱い信号であるため、それをプリアンプにて信号を増幅した後に計測装置に取り込みます。なお、AE センサーやプリアンプ以外にも、音速測定用の発信機をはじめとした周辺機器も実際の実験では必要となりますので、AE 計測システム全体としては、多数の機器から構成されることになります。本装置は、そのシステムの中核をなす機器となります。

これまで地球深部ダイナミクス研究センターでは、D-DIA 型変形装置を用いて高温高圧下における岩石の流動特性や異方的構造の評価に関する実験的研究を推進してきました。一方、地球深部は流動変形のみが起きるような高温の領域から成り立っているわけではありません。沈み込むスラブ内部を震源とする稍深発地震・深発地震が発生するような比較的低温の条件下においては、岩石は流動変形をするだけではなく、脆性・破壊的挙動を示すものと考えられます。高圧実験中に岩石試料が脆性・破壊的挙動を示すかどうかを評価する際には、微小クラックの発生に伴って生じる AE 信号を検出するといった手法が非常に有効になります。さらに、SPring-8 や KEK などの放射光施設における高圧下の“その場”観察実験を行うことにより、巨視的なクラックの発生や、試料にかかる差応力の測定も同時に可能となります。これまで、地球深部ダイナミクス研究センターでは放射光施設における“その場”の変形実験を多数行ってきた実績がありますので、AE 計測に関する技術が導入されることにより、稍深発地震・深発地震に関する実験的研究が可能となります。

高圧下における AE 計測実験は、2000 年以降技術開発に関する研究が多数行われるようになってきていました。最近では高圧下における AE の震源位置決定が可能となってきたことや、放射光施設における AE 計測実験が行われるようになってきている等の技術の進歩が目立つようになってきました。本装置が導入されたことにより、高圧下における“その場”の応力・歪・AE の同時測定に向けた技術開発が推進されることが期待されます。将来的には、稍深発地震・深発地震発生の謎を解明することを目指していきます。(大内智博)

編集後記：暑い夏がようやく終わったと思ったら、定例 NL 発行予定の 9 月も過ぎていました(T. I. & Y. M.)。