

(様式 2)

議事録番号

提出 2017 年 9 月 19 日

会合議事録

研究会名：高圧物質科学・地球惑星科学合同研究会

日 時：2017 年 9 月 5 日 16 時～9 月 6 日 12 時

場 所：広島大学東千田未来創生センター

出席者：（議事録記載者に下線）

東 真太郎(九州大学)、石松 直樹(広島大学)、井上 徹(広島大学)、内海 渉(量研)、大石 泰生(JASRI)、太田 健二(東京工業大学)、柿澤 翔(愛媛大学)、片山 芳則(量研)、河口 沙織(JASRI)、佐藤 友子(広島大学)、清水 克哉(大阪大学)、下村 理、瀬戸 雄介(神戸大学)、丹下 慶範(JASRI)、辻野 典秀(岡山大学)、辻本 直人(東京大学)、平尾 直久(JASRI)、肥後 祐司(JASRI)、福岡 宏(広島大学)、増野 いづみ(東京大)、町田 晃彦(量研)、松岡 岳洋(岐阜大学)、松本 徹(JAXA)、森 嘉久(岡山理科大)、遊佐 斉(物質・材料研究機構)、芳野 極(岡山大学)、綿貫 徹(量研) 計 27 名

議題：

- (1) 新分野、新領域に関する研究開発ニーズの収集 -放射光の多様な利用
- (2) 研究開発成果の展開 -最近のトピックから
- (3) 施設について現状と将来計画紹介
- (4) 総合討論

議事内容：

- (1) 新分野、新領域に関する研究開発ニーズの収集 -放射光の多様な利用

1.九州大学の東真太郎氏が「300 GPa 以上の超高压における変形実験を目指した回転 DAC の開発」というタイトルで講演を行い、超高压下での変形実験を行うために開発された回転型ダイヤモンドアンビルセル(DAC)装置が紹介された。多段ギヤを導入した回転機構や、試料セルにトルクを伝えるためのアンビル形状の工夫などによって、現状で 100 GPa を超える圧力下での回転変形実験に成功していることが報告された。また、X 線ラミノグラフィー技術によって変形し

たサンプルのバルク歪みを 3 次元的に直接観察する手法や、X 線回折パターンの解析によって結晶の格子歪みを解析した例などが報告された。さらに講演の後半では、地球中心圧力(〜300 GPa)を超える条件での変形実験に向けた技術開発要素が議論された。

2. 東京大学の辻本直人氏が「不完全な回折実験データを利用した結晶構造予測」というタイトルで講演を行った。今後、高压科学において計算科学をより積極的に取り入れて行くべく、異分野の講師に講演を依頼したものである。講演では、第 1 原理計算で構造予測をする際に、不完全な回折実験データであってもその情報を利用することにより構造予測性を向上させる方法（データ同化法）について、開発者の一人である講演者から原理の説明および応用例の紹介などの解説が行われた。超高压下の X 線回折や SACLA におけるレーザー圧縮時の X 線回折、或いは、超高压下での同時多重測定時の X 線回折など、フロンティアになるに従って回折データは不完全にならざるを得ない状況であるが、このようなフロンティアを開拓する場面で非常に有効な手法であると認識した。

（2）研究開発成果の展開 -最近のトピックから

1. 東工大の太田健二氏が「地球コアの伝導度：高いのか？低いのか？」というタイトルで講演を行った。地球のコアを構成する六方晶系の鉄合金の電気/熱伝導率は地球内部の熱輸送やダイナミクスを支配する重要な物性値であるが、過去のいくつかの研究結果は一致しておらず、地球科学における未解決の大きな問題であった。太田氏は、収束イオンビーム加工装置(FIB)を用いて金属鉄を四端子測定法用に微細加工し、試料をレーザー加熱 DAC 内に導入することによって、圧力 26 - 212 GPa および温度 3600K までの範囲における六方晶金属鉄の電気抵抗を測定することに成功した。得られた電気抵抗値から計算された熱伝導率は非常に高い値を示すことから、地球内核の形成時期は従来考えられていた時期よりもかなり早い(7 億年前)可能性があることが報告された。

2. 岡山大の辻野典秀氏が「ブリッジマナイトの結晶選択配向から推測されるマントル・ダイナミクス」というタイトルで講演を行った。スラブ周辺の下部マントル領域で観測されている地震波速度異方性の原因として、ブリッジマナイト(下部マントルの主要鉱物)のせん断変形による結晶選択配向が候補として考えられきたが、その実験的な証明はこれまで行われていなかった。講演では、実際の下部マントル条件(25GPa、1600°C)でせん断変形させたブリッジマナ

イト多結晶体試料に対して、2次元 X 線回折パターンの解析を行い、結晶選択配向を測定した結果が報告された。この結果によって、下部マントルのスラブ近傍で観測されている地震波速度異方性はスラブに沿った変形によって説明できることが明らかになった。

3. JAXA の松本徹氏が「微粒子の表面構造に記録された小惑星イトカワのレゴリス活動」というタイトルで講演を行った。小惑星イトカワの表面で起こるレゴリス流動の様相、そしてイトカワ形成の歴史を探る目的で、人工衛星はやぶさによって採取されたレゴリス（砂の微粒子）表面に記録された構造を、X 線 CT (BL47XU/SPring-8) および走査型電子顕微鏡観察により調べた。レゴリス表面へ太陽風中の水素およびヘリウムが照射・蓄積することによって生じるブリスター構造（発泡構造）がレゴリスの多くの面で観測されたこと、そしてレゴリスの摩耗具合の観察により、イトカワ表面でレゴリスが転がっている（流動する）ことが明らかとなった。また、自形鉱物の形成の観察により、直径 20 km 程の母天体内部の高温状態で鉱物が形成され、13 億年前に母天体が破壊してイトカワが形成されたと見られることが報告された。

4. 広島大学の石松直樹氏が「XAFS/XMCD ビームライン BM23 と ID24 での圧力下実験の報告」というタイトルで講演を行った。氏は 2016 年度に半年間 ESRF に滞在し、その間にコバルト水素化物、ユウロピウムクラスレートの XAFS および XMCD 実験を行った。この実験において、以前報告されていた Co 水素化物の超格子構造が存在しないことを明らかにし、Debye-Waller 因子の変化から水素原子の侵入の進行とともに結晶格子が柔らかくなる（結合がゆるくなる）様子を見出した。合わせて、2019 年から予定されている ESRF アップグレードに際して高圧物性研究に用いられているビームライン（BM23 と ID24 を含む）のアップグレード計画とその進行状況が報告された。

5. 広島大学の佐藤友子氏が「衝撃圧縮下その場 X 線回折による石英の一軸圧縮下相転移の探索」というタイトルで講演を行った。SiO₂ の Quartz から Stishovite への転移機構を解明する目的で、パルスレーザー光を用いた衝撃圧縮下にある SiO₂ の結晶構造を SACLA の XFEL による X 線回折測定によって明らかにする取り組みを紹介した。現在、圧縮の初期段階において SiO₂ がユゴニオ弾性限界である 15 %を超えて圧縮される様子の観測に成功しており、今後出力をましたパルスレーザーの導入により、Quartz から Stishovite に至る一連の構造変化が捉えられると期待される。

6. 下村理氏が「MAX80 顛末記」と題して、PF/KEK 建設時に高圧物質科学および地球惑星科学に関わる研究者がどの様にサイエンスの展開を構想し、そのためのビームライン建設と実験設備の立ち上げにどの様に活動したかについて講演を行った。当時の活動として特筆すべきは、PF 建設時には実験装置（特に高圧力発生装置 MAX80）は既にデータを出せる状態に準備されていたことであり、このことがビームライン獲得とその後のスムーズな成果取得に有利に働いたことが印象付けられた。

（3）施設について現状と将来計画紹介

1. BL10XU ビームライン担当者の平尾直久氏から、BL10XU の現状と将来計画の報告がされた。2017 年度前期に新しい低振動型クライオスタットを実験ハッチ 2 に導入が完了し、またメスバウアー分光測定系をハッチ 1 に移動したこと、ラマン散乱分光器を更新したことが報告された。将来計画として、2018 年度 9 月末にサブミクロン集光用光学系を新規導入することで、強度を 1 桁増強すること

と、同年度 12 月末に 50-62 keV 用集光光学系を導入する計画が示された。また、アンジュレータを交換し、利用可能な放射光を 6 keV からに拡大すること、これにともなって放射光全体の強度は 1/2 になるものの、上記の新集光光学系で対応して強度に影響は無いようにする計画が示された。これらに加えて、現在ラミノグラフィー測定手法の開発を進めている。

2. BL04B1 ビームライン担当者の肥後祐司氏から、BL04B1 の現状と大容量マルチアンビルプレスの将来計画の報告がされた。2017 年度中の高度化案件として、 I_0 モニター用のイオンチャンバーの設置、高計数率の新しい Ge-SSD をハッチ 2 のプレス後方に設置する計画が報告された。また、mkII プレスの制御システムの再整備が行われたことが報告された。新光源に関連した将来計画として、2017 年 2 月にユーザー主体の JASRI ワークショップの開催、8 月には高エネルギー利用検討会が発足したことが報告された。高エネルギー利用検討会では次世代プロトタイプ高エネルギー BL 構想があることから、これに向けて BL10XU においてピンクビームを用いた大きな視野でのイメージングのテストの結果が紹介された。

（4）総合討論

SPring-8II 次期光源計画への対応について

・BL10XU では地球中心の温度圧力条件での測定を達成するのに、SPring-8 供用開始後 10 年がかかった。SPring-8II ではこれを繰り返すのではなく、稼働するまでに新しいサイエンスを展開する基本技術は確立しておくことは必要である。特に、ナノビーム利用に対応した光学系および試料の位置制御技術は必須である。その他、ピンクビーム利用についても積極的に取り組みたい。また、検出器については、施設側に頼るのではなくユーザー側でも積極的に開発に取り組んでいく。

大容量高圧ビームラインに関しては、高フラックスの新光源を用いた今後展開していきたいサイエンスについて 2017 年 2 月の JASRI 研究会で議論された。今後の方向性として、高時分割のイメージング、X 線回折による地球深部ダイナミクスの研究が重要である。これらの新しいサイエンスを開拓するために新しい挿入光源での大容量高圧ビームラインを新しく建設することを基本方針とすることが確認された。ピンクビームを利用した高エネルギーアンジュレータを SPring-8II に向かった新しい挿入光源とする方向で意見が一致した。また、次世代プロトタイプ高エネルギーBL 構想にも対応するため、技術開発を今から開始することが必要である。