

議事録番号

提出 2018 年 12 月 11 日

会合議事録

研究会名：地球惑星科学研究会

日 時：2018 年 11 月 25 日 13 時～18 時

場 所：SPring-8、中央管理棟 1F 上坪記念講堂

出席者：(議事録記載者に下線)

大内 智博 (愛媛大学)、桂 智男 (バイロイト大学)、川添 貴章 (広島大学)、
久保 友明 (九州大学)、河野 義生 (愛媛大学)、柴崎 裕樹 (NIMS)、丹下 慶
範 (JASRI)、辻野 典秀 (岡山大学)、寺崎 英紀 (大阪大学)、西原 遊 (愛
媛大学)、西 真之 (愛媛大学)、肥後 祐司 (JASRI)、山崎 大輔 (岡山大学)、
芳野 極 (岡山大学)

計 14 名

議題：

- (1) SPring-8 と海外の放射光 X 線ビームラインにおける高圧プレス実験研究の現状
- (2) 大容量高圧プレスの次世代ビームラインに向けて、高強度の高エネルギー X 線を使った高圧プレス放射光実験についての各研究分野のニーズと新しい科学
- (3) プロトビームラインにおける高圧プレス実験の可能性についての議論

議事内容：

高強度の高エネルギー X 線の必要性とそれにより新しく開拓される高圧プレス放射光 X 線実験についての議論を行った。講演では、SPring-8 と海外の放射光 X 線ビームラインにおける高圧プレス放射光 X 線実験の最新情報と展望についての紹介、「変形・破壊実験と地震研究」、「火山・マグマ研究」、「時分割測定実験」の各研究分野について、各分野のメンバーで事前に議論された内容のまとめが報告された。それら発表を基に、特に高強度の高エネルギー X 線を使うことにより開拓される具体的な新しい高圧プレス実験科学と、将来の高圧プレス放射光 X 線実験に必要な X 線性能、その他検出器などの重要な技術について議論した。

(1) SPring-8 と海外の放射光 X 線ビームラインにおける高圧プレス実験研究の現状

(1-1) SPring-8 の現状について。肥後 祐司氏 (JASRI)

BL04B1 ビームラインにおける高圧プレス実験の現状と活動についての報告がなされた。さらに、8月のSPring-8シンポジウム2018の矢橋牧名氏の講演内容の中で紹介された高エネルギーのピンクビームを利用するプロトタイプビームラインについての紹介がなされ、この計画されているプロトビームラインのX線性能が高圧プレス実験研究に有用であることの紹介がなされた。

(1-2) ドイツ、PETRAIII の新しい高圧プレスビームラインについて。桂智男氏 (バイロイト大学)

来年中の実験開始が計画されているPETRAIIIの高圧プレスビームラインにおけるX線と高圧プレス、予定されている検出器の性能についての紹介がなされた。

(1-3) アメリカ、APS における高圧プレス実験について。河野 義生氏 (愛媛大学)

本年6月までアメリカの放射光X線施設APSでビームラインサイエンティストとしていた河野氏より、APSにおける高圧プレス実験の現状について紹介がなされた。APSでは6BMB、13BMD、13IDD、16BMBの4つのビームラインにおいて主に高圧プレス実験研究が行われており、それらビームラインにおける最新の情報が紹介された。また、APSのその他ビームラインにおけるX線トモグラフィーやX線回折マッピング、超高速X線イメージングなどの最先端放射光X線測定についても紹介がなされた。

(2) 大容量高圧プレスの次世代ビームラインに向けて、高強度の高エネルギーX線を使った高圧プレス放射光実験についての各研究分野のニーズと新しい科学

(2-1) 「変形・破壊実験と地震研究」について。久保 友明 (九州大学)

分野メンバー(久保氏、山崎氏、西原氏、大内氏、川添氏、辻野氏)により事前に議論された「変形・破壊実験と地震研究」分野における、高強度高エネルギーX線のニーズと高強度の高エネルギーX線を使った高圧プレス実験研究のアイデアについての報告がなされた。BL04B1における変形実験の現状では、変形実験中のX線回折、X線イメージングの測定の時間解像度が数分程度に限られ

ており、岩石破壊による地震発生現象の実験研究を行うためには現状よりも100倍以上の高強度かつ高エネルギーの X 線の必要性が強く訴えられた。またより高強度の高エネルギー X 線を用いることにより新たに開拓される可能性のある、二次元 X 線回折マッピング、三次元 X 線回折トモグラフィー測定と組み合わせた高圧プレス実験の可能性についても議論された。

上記のような将来の変形・破壊実験研究に必要な X 線性能として、以下の案が提案された。

-アメリカ、APS のアンジュレータービームライン 1-ID-E が、高圧変形・破壊実験に理想とする X 線性能に近い。

-エネルギー：80keV 以上。

-高フラックスの高速時分割測定用として、 $\Delta E/E=1 \times 10^{-3}$ 程度で 10^{12} 以上のフラックス。

-高解像度の X 線回折測定用に、 $\Delta E/E=1 \times 10^{-4}$ で 10^{11} 程度のフラックス。

-想定されるビームサイズは、イメージング実験を想定して、集光しない状態で 1mm x 1mm 程度、可能であれば 2mm x 2mm のビームサイズが望ましい。

-X 線回折マッピング、トモグラフィー用に集光光学系。集光後のビームサイズは、 $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ 程度。

(2-2) 「火山・マグマ研究」について。河野 義生氏 (愛媛大学)

分野メンバー (河野氏、寺崎氏、坂巻氏 (当日欠席)) により事前に議論された「火山・マグマ研究」分野における高強度高エネルギー X 線のニーズと高強度の高エネルギー X 線を使った高圧プレス実験研究のアイデアについての報告がなされた。高圧下におけるマグマの構造・物性測定は、最近の高圧放射光 X 線測定技術の開発により精力的に開拓されている分野の一つであり、特にアメリカの APS やフランスの ESRF で精力的に研究が進められていることが紹介された。マグマなどの液体の動径分布関数測定を高圧プレス実験内で行うためには、非常に高強度かつ高エネルギーの X 線が必要であることが強く訴えられた。8月の SPring-8 シンポジウムで矢橋牧名氏より紹介された高エネルギーのピンクビームを用いるプロトビームライン案は、高圧下でのマグマの動径分布関数測定研究に非常に有用であり、プロトビームラインでの実験を強く要望することが挙げられた。

高強度の高エネルギー X 線を使った高圧プレス実験の科学目標として、(1) ケイ酸塩マグマにおける超高压下での 4 配位から 6 配位への Si-O 配位数変化の実験的解明、(2) 高速度イメージングを応用した吸収法による液体の密度測定

による液体—液体相転移の実験的解明、の2課題が重要科学目標として提案された。これら2課題の実験を達成するために必要なX線性能として、以下の案が提案された。

(1) ケイ酸塩マグマの配位数変化の実験的解明

-80keV以上の高エネルギー。理想的には110keV。

-エネルギー解像度はあまり重要ではないので、エネルギー幅を太くして可能な限り高いフラックス。白色X線を用いた動径分布関数測定の実験からCdTe検出器のエネルギー分解能で問題ないことを考えると、0.5keV幅程度のエネルギー幅でも問題ない可能性がある。

-フラックス： 10^{12} - 10^{13} 以上。

-想定ビームサイズ：縦200 μm x 横50 μm 。

(2) 液体の密度測定による液体相転移の実験的解明

-エネルギー：30-60keV。

-エネルギー解像度：0.05keV以下。

-フラックス： 10^{11} 以上。

-想定ビームサイズ：縦200 μm x 横50 μm 。

(2-3)「時分割測定実験」について。芳野極(岡山大学)、丹下慶範(JASRI)

芳野氏より現状のBL04B1における周期変形実験の時間分解能の限界と、将来的な周期変形実験には現状のBL04B1ビームラインと比べて少なくとも1000倍程度のX線強度が必要であることが議論された。また、芳野氏よりPilatus社のCdTe検出器を用いてBL04B1においてX線回折測定を試験した試験結果も紹介され、CdTe検出器の有用性が紹介された。

将来の周期変形実験に必要なX線性能として、(2-1)変形実験における高解像度のX線回折測定用と同様の性能($\Delta E/E=1 \times 10^{-4}$ 、 10^{11} 程度のフラックス)が提案された。

さらに、丹下氏よりSACLAにおける時分割X線回折測定の例が紹介され、SPring-8でのX線回折実験との違いについての紹介がなされた。



図1 研究会での講演の様子

(3) プロトビームラインにおける高圧プレス実験の可能性についての議論

8月のSPring-8シンポジウムで紹介されたユニークな基幹技術による世界との差別化の一環としてJASRI側から提案が出ている高フラックス高エネルギーアンジュレーターの「プロトビームライン案」について、BL04B1のマルチアンビル型大容量高圧実験ユーザーが中心となって、積極的にこのプロトビームラインに参画する意志を表明することを確認した。

プロトビームラインの参画に向けた具体的な高圧実験の可能性として以下の案が提案された。

-持ち運び可能な130トンの小型プレスを愛媛大学GRCで製作中(3月納入予定)であり、その小型プレスをプロトビームラインに持ち運ぶことにより高圧実験が可能である。小型プレスでは約10GPa以下の圧力下での高圧実験が可能、予算次第で更なる高圧下で実験が可能な大型プレスの運用も検討。

-CdTe二次元検出器と高速度カメラを購入し、小型プレスとともにプロトビームライン、もしくは他のアンジュレータービームラインに持ち込み実験を行うことにより、新しい高圧プレス実験研究の開拓に向けて、高強度の高エネルギーX線を用いた高圧プレス実験についての経験・知識を得ることが重要である。

-「変形・破壊実験」と「マグマ実験」に関して、プロトビームラインを使用し以下の実験案が提示された。

「変形・破壊実験」

小型プレスで一軸圧縮しながら鉱物・岩石の破壊過程の時分割X線回折測定を1秒以下の時間スケールで調べる。

「マグマ実験」

高精度(20Å⁻¹以上の高Q範囲)のガラス・液体の構造測定により、特に高圧下

におけるケイ酸塩マグマ中の 0-0 の変化を調べる。

環境が整えば、数百トンプレスを導入して D111 の変形ガイドブロックを用いて 20GPa を超える圧力での変形実験を行い、高フラックスの利点を活かして下部マントル物質の流動則などを精度よく決定する。また、D ラムの短周期振動実験においても試料の応力と歪の変化を時分割 X 線回折および X 線ラジオグラフィで 10 ミリ秒の時間スケールまで調査する。