

BL04B1 高温高压

1. 概要

BL04B1は、2台のマルチアンビル型高压発生装置 (SPEED-1500、SPEED-Mk.II) を中心とした高温高压実験用のビームラインであり、約2300 K・90 GPaまでの高温高压条件下で生じる様々な構造変化や物性測定が可能である。ビームラインの光源は偏向電磁石からの白色光で、高エネルギー白色光を直接利用したエネルギー分散型X線回折測定やX線ラジオグラフィ、またSi 2結晶小型モノクロメーターによる単色光 (30~60 keV) を利用した角度分散型X線回折測定が主な測定手法である。BL04B1で展開されている実験は、地球科学分野を中心とした研究テーマが多く、鉱物の高压相転移や高压構造解析のほか、マン托の弾性率、電気伝導率、密度やマグマ・外核の粘性率といった物性値測定に利用されている。またこの他にも高温超電導に関連した高压新物質合成や、高硬度ダイヤモンド合成の反応経路の探索など高压物質研究や産業利用に関する実験も行われている。BL04B1では、こうした多様化する研究内容やユーザーが使いやすい実験環境整備に対応した実験装置の改良、高度化を進めており、2009年度では、小型モノクロメーター制御系の改良と単色X線回折用のフラットパネルセンサーの導入を行った。また、2008年度に導入された高感度弾性波速度測定システムは、2009年度より本格的な研究を開始した。本稿では、これらの詳細について紹介する。

2. 小型モノクロメーター制御系の改良

小型モノクロメーターは2008年度より供用を開始し、Si (111) 面を使って30~60 keVまでの高エネルギー単色

X線の利用が可能である。現在、高温高压下での応力一歪分布や、結晶核成長速度の実験に使用されているが、ユーザーインターフェースが煩雑でインハウススタッフしか操作することができなかった。このため、ユーザーでも自由に操作できるように全てのステージを自動で制御できるシステムに改良した。Si分光結晶架台のリニアステージ (3台) にマグネスケール及びエンコーダーカウンターを新たに取り付け、絶対位置の測定を可能にした。これにより位置再現性が保証され、迅速なエネルギー値の切り替えや光軸調整が可能となった。また、分光結晶のステージ位置をPC上で設定できる制御プログラムを作成し (図2)、ユーザーによる光軸調整を可能にした。

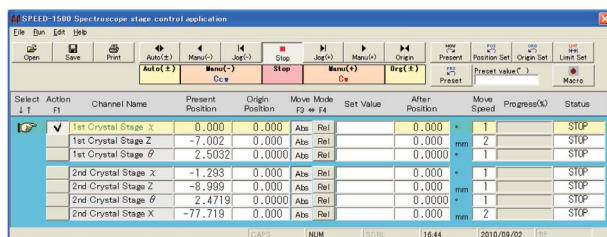


図2 小型モノクロメーター制御用プログラム

3. X線フラットパネルセンサーの導入

X線フラットパネルセンサーは大面積CMOSイメージセンサーを使用した二次元検出器であり、大面積のCCDカメラと比較して非常に安価で操作性にも優れる。浜松ホトニクス製のX線フラットパネルセンサー (C7943CA-22、図3) は、画素サイズ100×100 μm、受光面サイズ124.8×124.8 mm



図1 小型モノクロメーター制御用ドライバーとエンコーダーカウンター

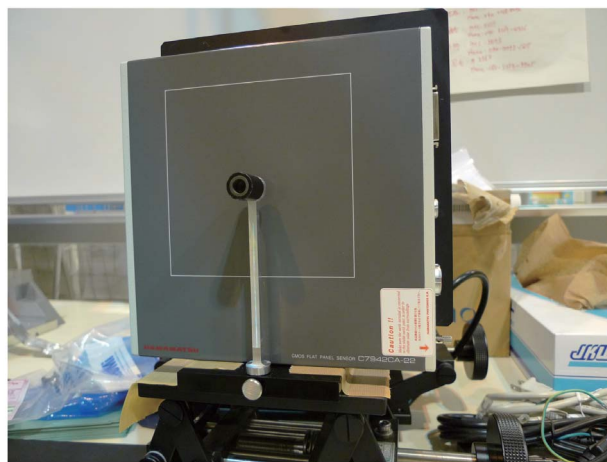


図3 フラットパネルセンサー

で、2008年度に導入した大型X線CCDカメラ（Rayonix製 SX 200）と比較すると受光面積はやや小さいが、ほぼ同程度の分解能を持っている。またフラットパネルセンサーは以前からX線ラジオグラフィーに使用していた画像取得ソフト（HiPic）を使って画像取得が可能である。これにより、従来のX線ラジオグラフィーと併用して角度分散型X線回折測定が利用できるようになった。

4. 高感度弾性波速度システムによる研究成果

微小試料の超音波測定を可能にすべく、2008年度に高感度超音波測定システムを導入し、2009年度から本格的な運用を開始した。ここでは本システムを用いた代表的な研究例を紹介する。

a. 下部マントル条件下における超音波測定法の開発

地球内部のマントル遷移層最下部～下部マントル領域は、マントル対流やホットプルームの活動に深く関わっており、地球深部ダイナミクスを考える上で非常に重要なカギとなる。しかしながら、技術的な困難さから下部マントルに相当する23 GPa・1800 K以上の高圧高温条件下での精密な熱弾性定数の測定は行われていなかった。我々は高温高圧セルの改良し、小型圧媒体においても高い断熱性と広いX線視野を確保することで、下部マントルに相当する圧力27 GPa、温度1800 K以上の超音波速度の測定に成功した（図4）。これによりマントル遷移層最下部や下部マントル構成鉱物の弾性波速度測定が可能となった。

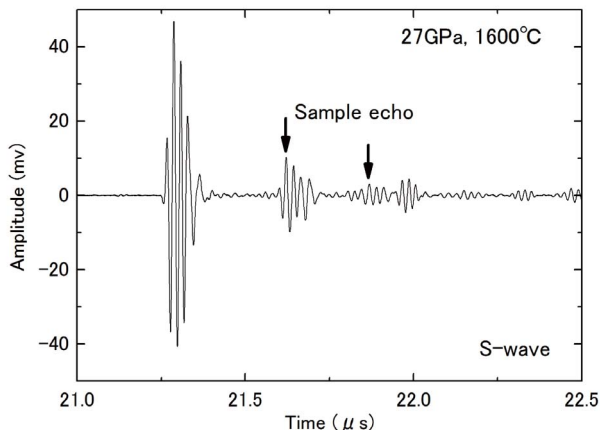


図4 高温高圧下での超音波エコー（試料： Al_2O_3 ）

b. 部分融解した岩石試料の超音波速度測定

上部マントルの地震波速度低速度異常を解明するために、部分融解に伴うかんらん岩の弾性波速度変化の測定は非常に重要である。しかしながら、従来の研究例は比較的低压低温条件に限られており、部分融融に関する研究例は非常に少ない。特に部分融融状態では超音波エコーの減衰が大きく、実験の遂行のためには高感度超音波システムの

導入が不可欠となる。愛媛大学グループは本システムにより4 GPaまでの高圧下において、最大1800 Kの高温での部分融融かんらん岩の弾性波速度の測定に成功した（2009B1075）。その結果、4 GPaまでの高圧下のソリダス近傍で超音波エコー強度の低下が観察され、部分融融の開始を検出することが出来た。また、超音波エコー信号強度に対して強い周波数依存性があることが見つかり、融融メルト同士の連結を反映している可能性がある。融融メルト同士の連結度の違いは、マグマ溜まりの形成の有無に深くかかわっており、現在の火山形成や初期地球におけるマグマオーシャンの規模に関して重要な情報が得られる。

利用研究促進部門

構造物性Ⅰグループ 極限構造チーム

肥後 祐司、舟越 賢一