

BL04B1 高温高压

1. 概要

BL04B1は偏向電磁石を光源としたビームラインで、主として白色X線を用いた高温高压条件下のX線回折実験とX線ラジオグラフィ実験に使用されている。光源は偏向電磁石から発生する白色X線を実験ハッチ（区分上は光学ハッチ）にそのまま導入しており、広いエネルギー範囲の放射光X線をそのまま利用可能である。また、小型のSi(111)二結晶分光器も備えており、30～60 keVの単色X線を利用したX線回折実験やX線ラジオグラフィ実験も可能である。2つの実験ハッチにそれぞれSPEED-1500川井型高压発生装置（DIA型プレス、光学ハッチ2）とSPEED-Mk II D川井型高压発生装置（D-DIA型プレス、光学ハッチ3）が設置されており、SPEED-Mk II Dでは焼結ダイヤモンドアンビルを使用した30 GPa以上の超高压実験の他に、D-RAMを使用した高压変形実験も行える。

2013年度は、X線ラジオグラフィ拡大光学系のステージや安全機構の整備及び、高感度高分解能sCMOSカメラの導入などの高度化を行った。本高度化によって、X線ラジオグラフィ画像を用いた試料の微小変形の検出が可能となり、高压鉱物の弾性波速度測定、Acoustic Emission実験や非弾性測定の高精度化が可能となる。

2. BL04B1の利用状況

2013A期2013B期併せて25課題が実施された。採択率は、2013A期、2013B期それぞれ、88.9%、75%であった。重点課題としては、愛媛大学のPU課題『マルチアンビル実験技術の高度化と下部マントル条件下でのレオロジー・弾性波速度・相関係の精密決定：地球深部のダイナミクスと進化過程の解明に向けて』が実施されている。本ビームラインでの高压実験は加圧・加熱などの一連の手順に非常に時間がかかるために、2013A期2013B期併せて6課題（24%）が一年課題として実施されており、他のビームラインと比較して一年課題の割合が高い。実験装置別の課題数の割合は、SPEED-1500川井型高压発生装置が10課題（40%）、SPEED-Mk II D川井型高压発生装置が13課題（52%）、両方の装置を使用する課題が2課題（8%）となっている。また光源別では白色X線が18課題（72%）、単色X線が4課題（16%）、白色・単色両方が3課題（12%）となっている（図1）。

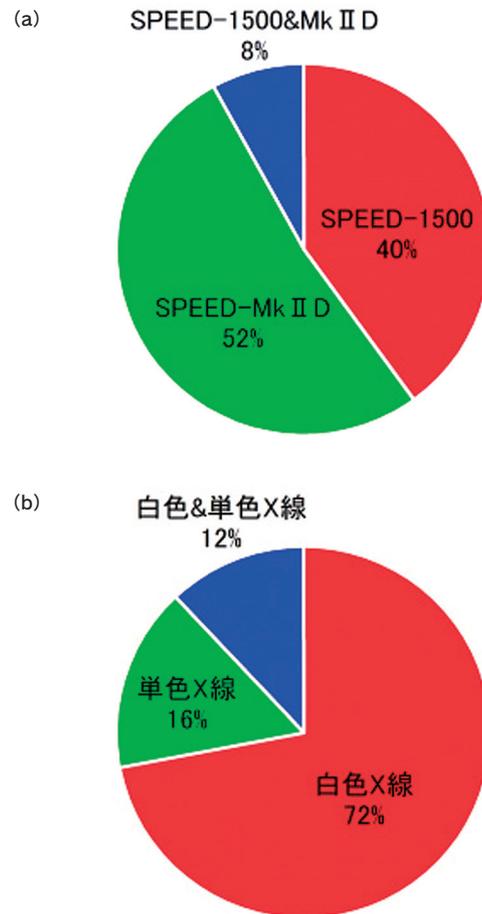


図1 全課題に対する (a) 各装置の課題数の割合、(b) 光源別の課題数の割合

3. 拡大光学系ステージ・安全機構

光学ハッチ3に設置されている拡大光学系はSPEED-Mk II Dの直後に配置しており、YAG蛍光板により可視化された像をf 200のリレー光学系によって仮想結像面に結像する。これを高倍率の対物レンズによって拡大することで、明るさを失うことなく高倍率を確保している（詳細は2012年度年報）。2013年度は電動ステージ、制御ソフト及び衝突安全機構を設置し、一般ユーザーが安全に使用可能な環境を整備した。

拡大光学系は高分解能のX線吸収コントラスト像を得るためにSPEED-Mk II Dの直後のX線光軸上に設置する必要があるが、同じ光軸上には既設の大型X線CCDカメラ、

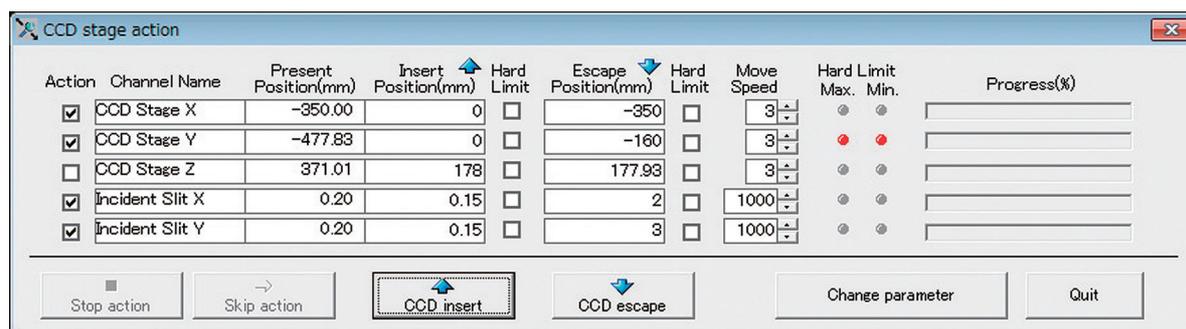


図2 拡大光学系ステージ制御用ソフト

白色X線回折測定用のコリメーターと受光スリットがあり、これらを電動ステージによって、相互に入れ替えを行う必要がある。設置後のユーザーによる試運転で数度の衝突が起きたため、機器切り替えの自動シーケンシャル制御ソフトウェアと衝突センサーを導入した。ソフトウェアはワンクリックで拡大光学系の挿入と退避が可能となっている。また、エンコーダー等の故障による誤動作に対応すべく、大型 CCD カメラに接触センサーを追加し、万一の暴走の際は高圧プレスステージ、大型 CCD カメラステージ、拡大光学系ステージを自動的に緊急停止させる。このシステムの導入によって2013期以降、ユーザーの使用時に衝突等は発生していない。大型 CCD カメラや拡大光学系は非常に精密に調整された機器であり、これまではビームライン機器に習熟したユーザーのみが使用してきたが、今後これらの機器を広く開放していく予定である。

4. 科学計測用高感度 sCMOS カメラ導入

2013年度は、上記の拡大光学系に高感度の sCMOS カメラ (ORCA-Flash4.0 v2、浜松ホトニクス製) を導入した。400万画素の高解像度かつ、70%以上の高い量子効率をもち、高感度で低ノイズの科学計測用 sCMOS カメラである。高感度かつ高速であるのが大きな特徴であり、単色X線を利用したラジオグラフィー像の撮影が非常に短時間でできる。

また、100枚/sの高速撮影が可能なることから、落球法による粘性測定や2012年度に導入した短周期変形油圧システムを利用した、鉱物の粘弾性測定に威力を発揮する。最大解像度、最大撮影速度時は800 MB/sの大きなデータ転送速度を実現する必要がある。本 sCMOS カメラは CameraLink Full Configuration 規格に準拠しているが、同規格は最大5 mのケーブルしかサポートしていないが、カメラリンク・エクステンダー (CLE-600LC、STAC製) を導入することで実験ハッチ外へのデータ転送を可能としており、実験ハッチ外から容易にコントロールできるようになっている。

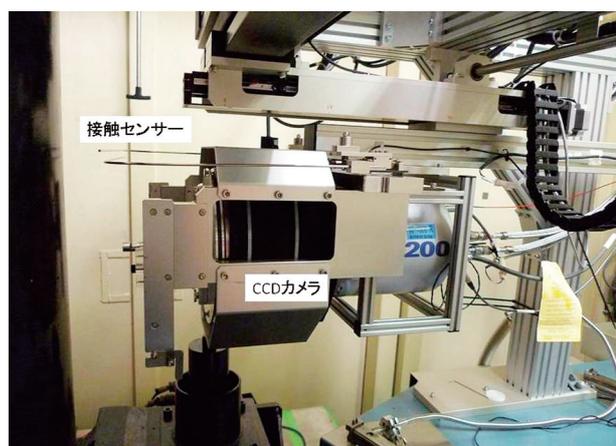


図3 大型 CCD カメラの接触センサー

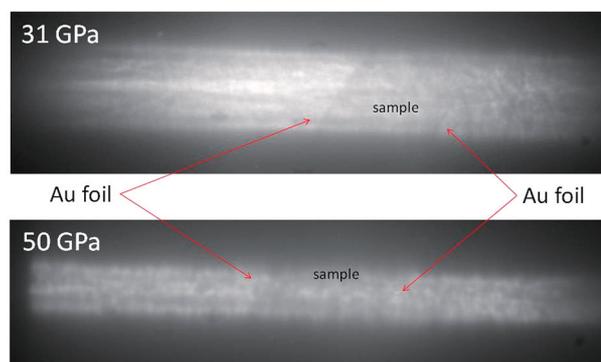


図4 高温高圧下でのX線ラジオグラフィー像

図4は本カメラを用いて撮影した約31 GPa及び50 GPaで撮影したX線ラジオグラフィー像である。直径0.4 mmの $(\text{Mg}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{O}$ 試料を視認することに成功しており、今後拡大光学系と sCMOS カメラを利用して微小試料の変形実験や粘弾性測定への活用が期待される。

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、丹下 慶範