

## BL04B2 高エネルギーX線回折ビームライン

### 1. 概要

高エネルギーX線回折ビームラインBL04B2では、37 keV以上の高エネルギーX線を用いて、ガラス・液体・アモルファスといった非晶質物質の高精度構造解析を目的とした広い $Q (=4\pi \sin \theta / \lambda, 2\theta: \text{回折角}, \lambda: \text{X線の波長})$ 範囲データによる高実空間分解能構造解析（ランダム系ステーション）、ダイヤモンドアンビルセルを用いた高压下における結晶・非晶質物質の広角回折実験、高温・高压下における重元素液体・超臨界流体の小角散乱実験（高压ステーション）が行われている。近年では不活性ガスを用いて無容器で浮遊させた試料をレーザー加熱により融解することにより2000℃以上の超高温融体・過冷却液体を実現し、その構造の解析あるいは無容器液体からのガラス形成能の低い機能性ガラスの合成が注目されてきている。

このような背景のもと、外来研究員の協力を得てランダム系ステーションへの100 W CO<sub>2</sub>ガスレーザーの恒久的な設置及び不活性ガスにより試料を浮遊させるガスジェット浮遊炉の開発を行ってきた。その調整が終了し、2000℃以上の高温融体のユーザー実験が可能となった。

### 2. ガスジェット浮遊炉の立ち上げ

図1にBL04B2にインストールされた100 W空冷CO<sub>2</sub>ガスレーザーを示す。これまでもユーザー持ち込みでレーザーを一時的に設置することがあったが、図1に示すように実験ハッチにCO<sub>2</sub>レーザーを恒久的に設置したため、その光軸調整は非常に容易である。また、レーザー光のパス及び吸収板の設置を行い、実験ハッチ自動扉の開閉と連動したインターロックシステムと併せて安全面においても完成度

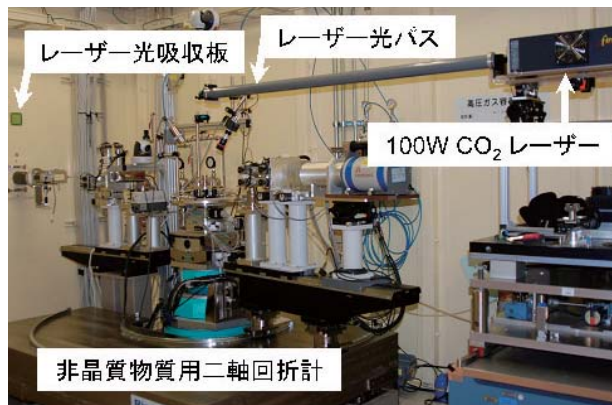


図1 BL04B2実験ハッチにインストールされた100 W空冷CO<sub>2</sub>ガスレーザー

の高いシステムとなった。

図2 (a) に大気雰囲気下実験用のガスジェット浮遊炉を示す。本システムの構成はシンプルで、水冷ノズル、光学系（ミラー、レンズ）、放射温度計、高解像度CCDカメラで構成される。この浮遊炉をセットアップするのに要する時間は20分であり、実験時間が制限されている放射光実験でも利用可能なシステムとして整備した。

図2 (b) に1800℃で浮遊するケイ酸塩融体の画像を示す。本浮遊炉を用いれば試料の揮発等の問題がない限り、2 mm程度の球状試料を容易に長時間浮遊させることができる。このサイズはBL04B2の放射光X線のエネルギー、ビームサイズ（0.5 mm×0.5 mm）及び散乱強度を考慮すると最適な大きさである。

図3 (a) に2240℃で測定された液体アルミナ（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）

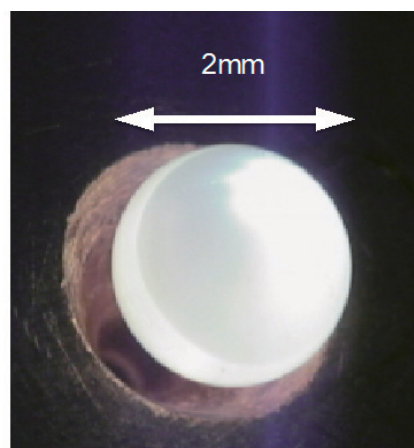
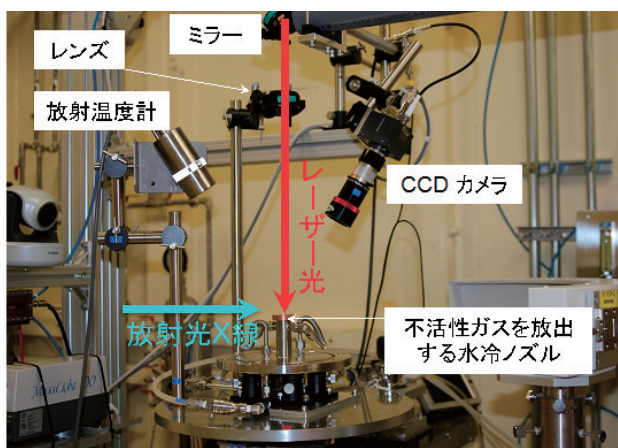


図2 BL04B2実験ハッチにインストールされたガスジェット浮遊炉 (a) と1800℃で浮遊するケイ酸塩融体 (b)

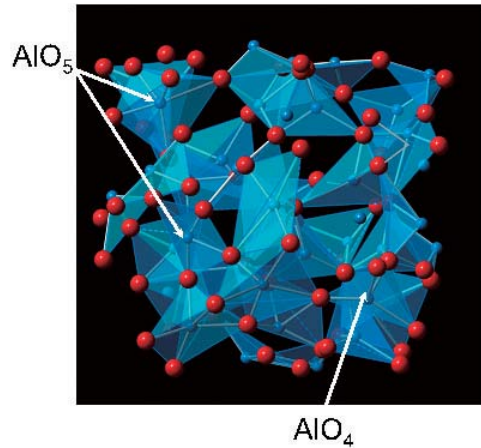
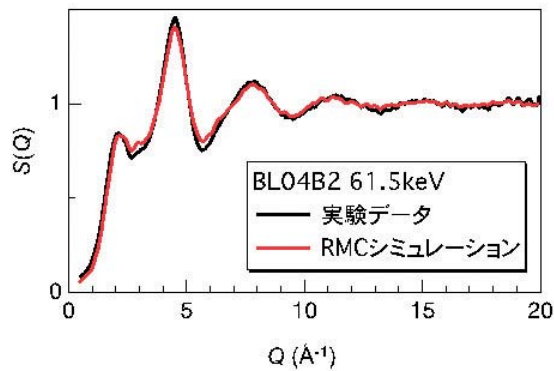


図3 液体アルミナ (2240°C) の構造因子 $S(Q)$  とRMCシミュレーションにより求められた3次元構造

の構造因子 $S(Q)$ を示す。黒線の実験データは統計精度も十分に逆モンテカルロ (RMC) シミュレーションにより非常によく再現されていることが分かる。図3 (b) にRMCシミュレーションにより得られた液体アルミナの構造を示す。本液体には $\text{AlO}_4$ と $\text{AlO}_5$ が存在し、それらがOを頂点及び稜で共有し、それ故ガラス形成能が低く、ガラスが得られないことがこの3次元構造から明らかになった。

このようにガスジェット浮遊炉の導入により、超高温融体及び過冷却液体の高精度放射光高エネルギーX線回折実験が可能となった。本浮遊炉を用いれば液体実験に加えて、無容器である利点 (固/液界面が存在しない) を利用して過冷却液体からガラス形成能の低い融体をガラス化することができる。よって、今後はガラス形成能の低い液体の構造解析とそのガラス形成過程を直接観察することにより、ガラス形成の基礎を明らかにすることができると考えられる。また、ここで得られた知見は新規機能性ガラス創製への基礎的知見となると考えられ、基礎及び応用の両方においての成果創出が期待される。

利用研究促進部門  
 構造物性Iグループ 極限構造チーム  
 小原 真司、大石 泰生、尾原 幸治