

BL35XU 高分解能非弾性散乱

概要

BL35XUは、短周期アンジュレータから得られる硬X線を利用したmeV分解能の高分解能X線非弾性散乱ビームラインである。ビームラインでは、これまで周期的配列を持つ結晶や周期的な配列を持たない液体やガラスなどで観測される素励起を観測することにより物質中の原子の動きを明らかにし、物質の機能や性質を調べる研究が進められている。これらの研究に加えて、近年増加傾向にある地球科学分野の課題に対応するためBL35XUにおけるKBミラーの需要が増している。このため、KBミラーの確実かつ迅速な設置が求められている。この現状を克服し、ビームラインのより円滑な運用を目指すため、2013年度に引き続きKBミラーの設置やビーム位置・ビームサイズ評価の迅速化について取り組んだ。また、2014年度末に更新した液体窒素循環装置の現状についても述べる。

イズを実現するために、2012年度以前は最長数日間を要していた。その理由の一つは、2013年度の年報にも述べたスリットを駆動するためのステージのグリースが固着することによって入射ビーム位置を決定するスリット位置の再現性が失われることに起因していた^[2]。その他には、入射ビームの水平位置（試料の水平位置）がKB導入の有無にかかわらず固定されているというBL35XUにおけるKBミラー運用に関する特殊事情がある。このため、BL35XUにおいてKBミラーを使用する際には、ビームの集光度と同時にビーム位置の評価も行うことが必須である。これにより、KBミラー設置にかかる時間を短縮でき、集光ビームを用いたユーザー実験において効率的なビームライン運営が可能となる。

2014年度は迅速なKBミラー設置の習熟度向上とKB設置時のユーザーによる入射ビーム強度の最大化を簡便

1. KBミラー設置およびビーム位置とビームサイズ評価の迅速化

BL35XUでは、高エネルギー分解能光学系の要請からすべての実験において、ビームラインに常設されたトロイダルミラーにより $80 \times 100 \mu\text{m}^2$ ないしはそれ以下のビームサイズのX線を利用したX線非弾性散乱実験が行われている。しかしながら、近年採択課題数が増加している地球科学分野においては試料を高温高圧下にする必要があり、圧力発生及びレーザーによる加熱条件の要請から試料サイズが制限されるため、必要とされる入射X線のビームサイズは $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ 程度となる。この条件を達成するためには、KBミラーの導入が必要不可欠であり、BL35XUには2007年度に既に導入されていた^[1]。しかしながら、ユーザー実験に必要なビームサ

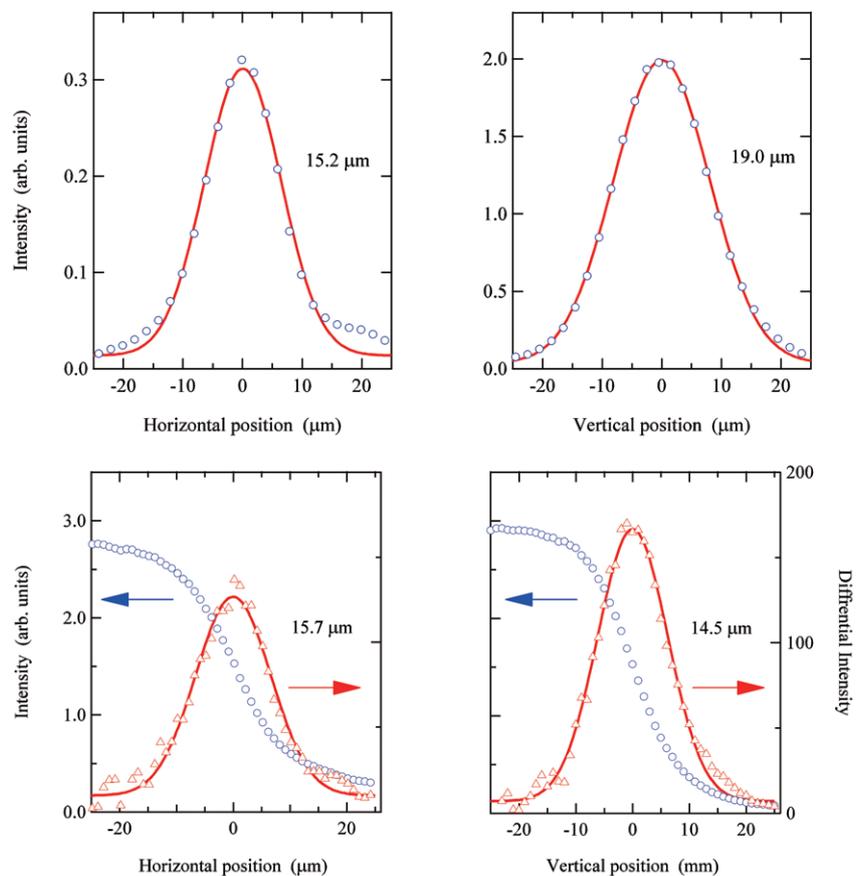


図1 KBミラーで集光したビームサイズ。上段はスリット・スキャンによる計測結果、下段はAu線を用いたナイフ・エッジ・スキャンによる計測結果。

に行う方法の確立に取り組んだ。その結果、入射ビーム位置を決定するスリットの再現性が十分にあれば、12時間程度でKBミラーを用いた集光ビームを確実に試料位置に導入できるよう新たなビームサイズ計測用治具を整備した。また、入射ビーム強度の最大化についてもマクロを用いて簡便に行える方法を確立することができた。

BL35XUでは、従来10 μm厚のアルミ箔を挟んだスリットを用いたX線ビームサイズの測定を行ってきた。前述のビーム水平位置の最適化とビームサイズ測定の簡素化を行うために、BL39XU（磁性材料ビームライン）で既に導入されていた上下及び左右方向に張られた金線によるナイフ・エッジ・スキャンを導入した。BL35XUで使用するX線エネルギーはSiの背面反射光学系を使用しているため、ユーザー実験に供しているX線エネルギーは15.816、17.793及び21.747 keVに限られる。さらに、金のL₁吸収端が14.35 keVであるため、金線の利用はナイフ・エッジ・スキャンに使用する材料として大変効果的である。このため、結果的に断面形状にあまり依存することなくビームサイズの計測に使用できることがわかった。図1に従来のスリット・スキャンと今回採用したナイフ・エッジ・スキャンによる同一条件でのビームサイズの計測結果を示す。水平方向では両者で大きな差異が無かったが、鉛直方向では計測結果に差が生じた。従来行っていたスリット・スキャンにおいては水平方向を測るスリットの配置において回転自由度により見かけのスリット幅に任意性があるのに対し、鉛直方向ではスリット幅に直接かかわる自由度が無いと考えると、得られた差異をピーク位置の強度差を含めて説明できる。また、金線は上下及び左右方向に張られているため、回折計の回転中心と集光したビーム位置の相対関係をビームサイズの計測と同時に行うことができる。このことで、水平

方向と鉛直方向のビームサイズとビーム位置の調整を効率的に行えるようになった。

2. 2結晶分光器の入替と液体窒素循環装置の更新

BL35XUで行われている高分解能X線非弾性散乱では、高輝度の入射X線とその輝度の安定性が実験遂行上必要不可欠である。この2つの条件を更新するために、光源光学系部門の協力の下で2結晶分光器及び分光結晶冷却用の液体窒素循環装置の更新を行った。ここでは、このうち液体窒素循環装置の更新について述べる。従来の液体窒素循環装置は図2(a)に示すように、BL35XUでの実験に必要とされる大強度の入射X線に耐えるために、2連の冷凍機にもう1基冷凍機を増設したタイプのものを使用していた。今回の更新で図2(b)に示す4連の冷凍機を有する循環装置に更新された。この更新によりユーザー実験で使用する各実験条件で30%ほど試料位置での入射ビーム強度の向上が見られた。さらに、今回の更新によって高熱負荷条件が大幅に緩和され、ビームダンプ後等からの復帰の際に、ユーザーの不注意によって生じた高熱負荷条件で液体窒素循環装置の緊急停止がほぼ解消されることが見込まれる。

参考文献

- [1] Alfred Baron、他：2007年度SPring-8年報、P.88.
- [2] Alfred Baron、他：2013年度SPring-8年報、P.71.

利用研究促進部門

構造物性IIグループ 非弾性散乱チーム

筒井 智嗣、内山 裕士、石川 大介

(a)



(b)



図2 (a) これまで使用した液体窒素循環装置 (b) 2014年度に新たに導入された液体窒素循環装置