

# 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、原子の周期配列を持つ結晶や原子の周期配列を持たない液体やガラスなどからの素励起観測に基づく原子ダイナミクスに加えて、最近では高圧・高温下での弾性率測定から地球最深部の核の組成同定を目指す地球科学分野への研究も行われている。これらの実験に共通するのは、X線非弾性散乱測定において入射X線エネルギーに対して6桁以上小さいエネルギー変化をいかに正確に測定するか、ということである。本稿では、分光器の安定性の観点から最も重要な要素の一つであるアナライザーの温度安定化に関する取り組みについて述べる。

## アナライザー温度の安定化

BL35XUでは高輝度の入射光学系及び高効率のスペクトル計測を高分解能光学系で実現するために、高分解能モノクロメータ及びアナライザーにおいて背面反射光学系を採用している。背面反射光学系ではチャンネル・カットを利用した高分解能モノクロメータと異なり、角度によるエネルギー走査の代わりに分光結晶の温度変化によってエネルギー走査を行い、非弾性散乱スペクトルを測定している。BL35XUで採用している光学系はSi(n n n) (n = 8, 9, 11, 13) 背面反射光学系であり、15 ~ 25 keVのX線を用いてmeV分解能のX線非弾性散乱測定を実現している。現在、BL35XUにおいてユーザー実験に供されている測定条件は表1のとおりである。安定な非弾性散乱測定を行うためには、分解能相当の1/10程度のアナライザー温度の安定性が要求され、必要とされるアナライザー温度の安定性は高分解能測定ほど安定性の要求は高くなる。現在、BL35XUの各測定条件のユーザー利用を考えると、全体の約2/3がSi(11 11 11)背面反射光学系を利用し、残りの約1/3がSi(9 9 9)背面反射光学系を利用している。分解能相当の1/10程度の温度揺らぎの振幅がビームライン光学系の安定度として許容される。現行のユーザー利用においては、図1(a)に示す2、

表1 BL35XUの背面反射光学系における測定条件

| 背面反射指数<br>Si(n n n) | 入射X線エネルギー<br>(keV) | エネルギー分解能<br>(meV) | 分解能相当の分光結晶の温度変化<br>(mK) |
|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| 8                   | 15.816             | 6                 | 143                     |
| 9                   | 17.793             | 3                 | 63                      |
| 11                  | 21.747             | 1.5               | 26                      |
| 13                  | 25.702             | ~ 1               | ~ 15                    |

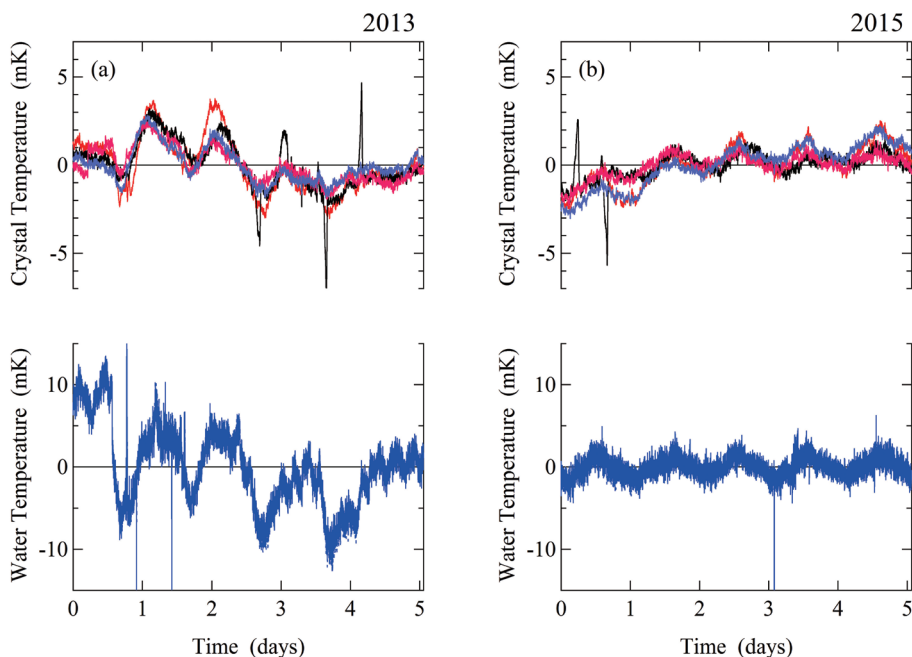


図1 アナライザー温度（上図）及びチラーから供給される冷却水温度（下図）の基準温度に対する変位。  
(a)2013年度及び(b)2015年度における標準的な基準温度に対する変位。

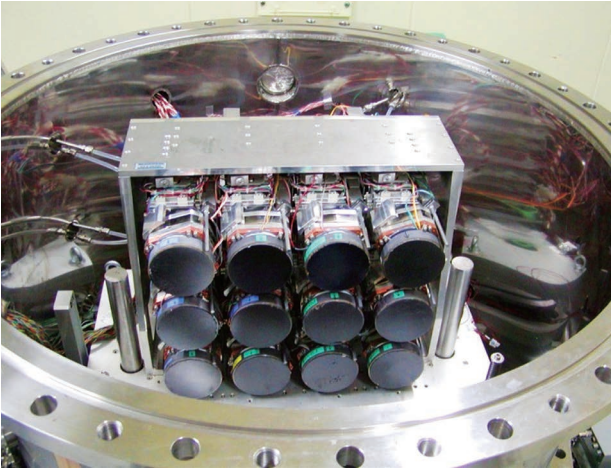


図2 BL35XUに設置されているアナライザークリスタル

3 mK程度のアナライザークリスタル温度揺らぎはその許容範囲内である。

BL35XUにおけるアナライザークリスタルの温度制御は10 mK以内に水温を制御できるチラーから供給される冷却水をアルミ製プレートに流して熱浴とし、そのプレートに密着させた銅製のアナライザークリスタルホルダーに取り付けたヒーターで温度制御を行っている(図2)。しかしながら、図1(a)に示す温度揺らぎは、これまでほとんどユーザー実験に供されてこなかったSi(13 13 13)背面反射光学系では必ずしも十分ではなかった。そこで、2015年度には図3のような断熱材を施すことでチラーからの廃熱やハッチ内の温度の冷却水への影響を低減化させ、図1(b)に示すように冷却水の温度の変動を2, 3 mK未満へ抑制させることに成功した。その結果、現在ユーザー実験に供されている2つの実験条件(Si(9 9 9)及びSi(11 11 11)背面反射配置)の分光器安定性の向上に加えて、アナライザークリスタルの温度揺らぎに対する安定化条件が厳しいSi(13 13 13)背面反射光学系でも現行のSi(11 11 11)程度の安定性を持ったユーザー実験が行えるようになった。

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

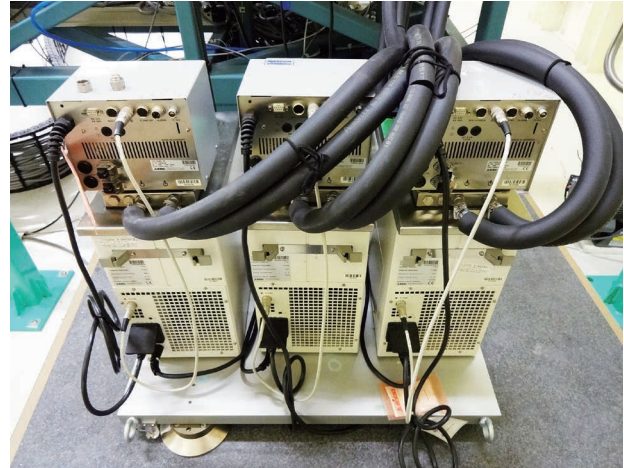


図3 チラーから供給される冷却水安定化のための断熱材(写真中の黒い配管)