

BL22XU 原研 量子構造物性

1. はじめに

SPring-8における4本目の原研ビームラインとなるBL22XU（量子構造物性ビームライン）の建設は2000年度補正予算によって認可され、同年度末までに基本設計と発注作業を終えた^[1]。2001年度は引き続きその詳細設計と製作、現地設置工事を進め、2002年3月時点でほぼ建設を終了している（図1）。

本稿ではビームラインの概要と建設の経過、利用研究計画について述べる。

2. ビームラインの概要

BL22XUはやはり原研ビームラインであるBL23SUに次いでRI棟（非密封放射性試料用実験棟）に導入される2本目のビームラインであり、利用可能なエネルギー範囲においてBL23SUと相補性を持つ硬X線ビームラインである。

後述の通りBL22XUでの主な利用研究として、RI棟での共鳴X線回折及び磁気円二色性測定と、蓄積リング棟実験ホールでの高圧実験が想定されている。前者ではウラン化合物を試料とすることからそのM吸収端（ $\sim 3.5\text{keV}$ ）付近の低エネルギーX線の利用が不可欠であり、後者では角度分散型回折実験の精度向上などの点から70keV程度ま

での高エネルギーX線の利用が有効である。

このような広いX線エネルギーの利用範囲に対応するため、光源には磁場周期長38mmの真空封止アンジュレータを採用し、1次光のエネルギー範囲の下限を約3 keVとし、70keV付近では21次までの高次光を利用する。また二結晶分光器も35keV付近を境に低エネルギー用と高エネルギー用の2台を切り替えて使用できるよう、制御・インターロック系と合わせて設計を行った。低エネルギー用分光器は二結晶のブラッグ角が機械的に連結されたSPring-8標準型準拠であるのに対し、高エネルギー用分光器は二結晶を独立した回転・並進ステージに乗せる、いわゆる数値結合型である。これは高エネルギーX線使用時に二結晶間の水平距離が最大550mm程度となるため、二結晶間の平行度などに標準型と同じ機構で同程度の精度を保證することが困難になるためである。分光結晶冷却にはいずれも液体窒素循環システムによる間接冷却方式を採用した。

通常のX線ビームラインの構成要素であるベリリウム窓のほとんどを可動式とすることで、低エネルギーX線を利用する際に必要ならば光軸上からこれらを外し、吸収による光強度の低減が避けられるようにしている。非水冷タイプは標準的な窓付きゲートバルブを応用したものである



図1 量子構造物性ビームライン BL22XU
蓄積リング棟実験ホール内の全景。手前より光学ハッチ、実験ハッチ1、実験ハッチ2を見る。光学ハッチと実験ハッチ1の間は分離しており、また最後部の実験ハッチ3はRI棟内にある。

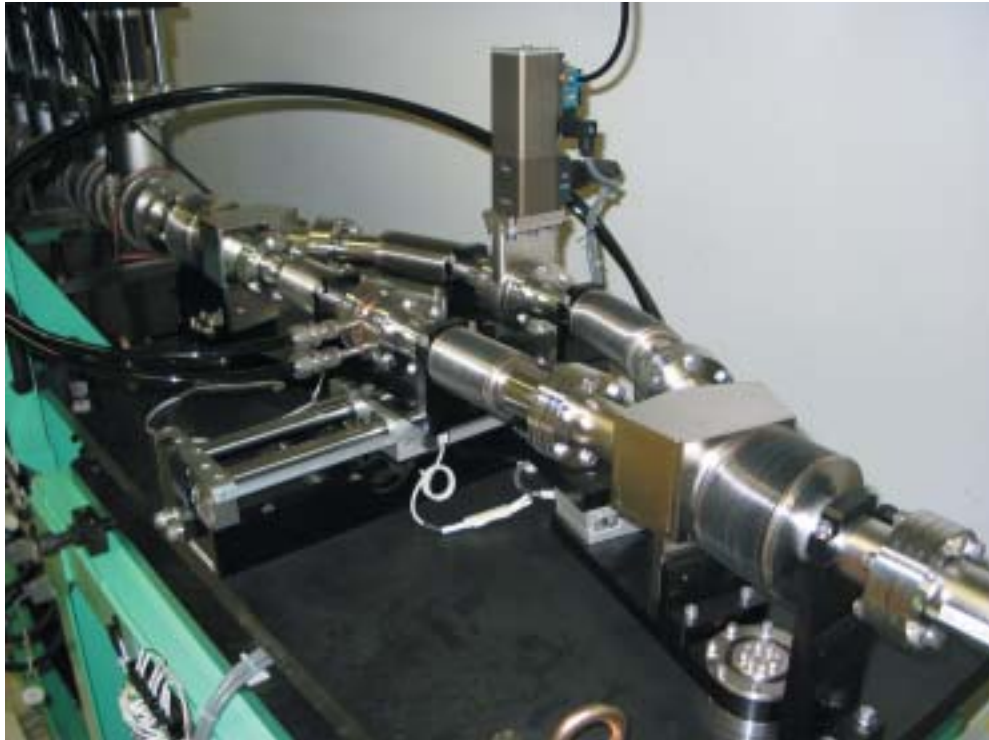


図2 水冷式可動ベリリウム窓
分岐したラインの左側がベリリウム窓、右側がゲートバルブ。写真ではベリリウム窓が光軸上にある。

が、水冷タイプでは分岐ベローズを利用して圧空式スライドユニット上のゲートバルブと水冷ベリリウム窓を真空パイプごと光軸上に入れ替える装置を考案し、製作した（図2）。

集光光学系も低エネルギー用と高エネルギー用の2つのシステムを用意している。30keV以下では平面ベント+サジタルのダブルミラーによって集光・高調波除去を行う。カットオフエネルギーに応じてサジタルミラーを曲率半径・蒸着金属が異なる3種類の中から選択できるようにした。高エネルギー用にはベリリウム屈折レンズの挿入スペースを光学ハッチ内に設けた。（小西啓之）

3. ビームライン建設の経過

挿入光源の据付・ベーキングは冬期加速器運転停止中の2001年12月から翌1月にかけて行われた。基幹部も夏期運転停止期間中の2001年7、8月で蓄積リング収納部への据付・調整およびベーキングを大部分終了し、冬期運転停止期間中に遮蔽壁貫通部を含む残りの部分のベーキングと動作試験を行った。放射線遮蔽ハッチの据付は2001年9月より開始し、2002年1月下旬から順次製作された輸送部構成機器を搬入した。これら機器は2月末までに据付・調整・配線・配管・真空引きを行い、3月の制御・インターロック系設置工事によってビームラインの製作を完了した。

3月30日にインターロック自主検査を行ない、合格した。2002年4月もしくは5月よりコミッショニングを開始し、夏期停止期間に入るまで光学系調整作業を行ない、順調なら同年

9月より利用研究に供する予定である。（小西啓之）

4. 利用研究の概要

4.1 蓄積リング棟での高圧実験

蓄積リング棟実験ホールにある実験ハッチ1にはダイヤモンドアンビルセル（DAC）用回折計およびマルチアンビルプレス用回折計が備えられており、試料を高圧下に置いた状態でのX線回折実験が行われる。DAC用回折計は、100万気圧に至る高圧下での物質の構造および構造変化を精密に測定するために設計した。単結晶試料および粉末試料の何れも実験可能であり、検出器としてイメージングプレートおよびCCDカメラを備えている。試料圧力をその場で測定する装置も有している。DAC用4K冷凍機を搭載することができ、幅広い温度圧力領域での実験が可能である。また入射光には、光学ハッチに備えられたベリリウム屈折レンズによって集光された高密度光を使用することが可能である。

一方、マルチアンビルプレス用回折計は高圧下における液体およびガラスの角度分散型回折実験用の装置で、BL11XUから移設したものである。入射光にはHigh-Q領域までのデータを得るために、高エネルギー光（50-70keV）を用いる。また、装置は高効率の角度分散型実験を行なうために、BL11XUにおいて確立されたイメージングプレートと可動式放射状スリットとを組合せた検出システムを備えている。

（綿貫 徹）

4.2 RI棟でのX線共鳴回折実験

RI棟では、主に3d遷移金属(Ti~Cu)のK吸収端、ランタノイド(Ce~Yb)のL吸収端、アクチノイド(U)のM吸収端を用いたX線共鳴回折実験を計画している。主に用いられるエネルギー範囲は3.5~9 keVで、実験装置として、鉛直振りの四軸回折計と水平振りの二軸回折計とを実験ハッチ3内に設置する。

四軸回折計は標準的なEulerianクレイドルを用いたもので、幾種類かの冷凍器を用意して、2K~室温での測定を可能とする。また偏光解析アナライザも使用できる。この回折計では主に、軌道秩序、四重極秩序、電荷秩序、磁気秩序等の共鳴X線回折による研究を予定している他、ミラーによる集光が30keVまで可能であるので、非共鳴での実験、例えばDAC(ダイヤモンド・アンビル型高圧発生容器)を用いたUを含む試料の低温高圧実験等も計画している。

一方、二軸回折計は、四軸回折計には載せられない大型のオプション装置を使用するために用いる。例えば、超伝導マグネットを載せる事により、磁場下にある試料に対する回折実験を行なう。試料テーブルにはスイベル()と回転ステージ()が付いており、ある程度の試料の軸合わせが可能である。研究対象としては、磁場誘起の四重極秩序、構造相転移などが考えられる。また、超伝導マグネットは水平磁場を印加するタイプなので、ここではさらに磁気円二色性の実験が可能である。これに備えて水平偏光を円偏光に変換する移相子を同じ実験ハッチ3内に設置する。この移相子は、特に空気による吸収が大きいUのM端での使用を考慮して、全体を真空槽に入れられるようにしてある。(稲見俊哉)

日本原子力研究所 関西研究所
利用系開発グループ

小西 啓之

極限環境物性研究グループ

綿貫 徹

重元素科学研究グループ

稲見 俊哉

参考文献

- [1] 小西啓之、塩飽秀啓、稲見俊哉、片山芳則、他：
SPRING-8 利用者情報 Vol.6 . No.3 (2001) 198 .