

## 量子構造物性ビームラインBL22XUの現状

日本原子力研究所 関西研究所 放射光科学研究センター  
小西 啓之、塩飽 秀啓、菖蒲 敬久、戸澤 一清  
稲見 俊哉、片山 芳則、綿貫 徹

### 1. はじめに

量子構造物性ビームラインBL22XUは平成12年11月の補正予算によって建設が認可された、SPRING-8における4本目の原研ビームラインである。平成13年度末までに製作・据付調整をほぼ終了し、本年5月からコミショニングを開始している。

前回<sup>[1]</sup>は建設計画の概要について紹介したが、本稿では建設の経過と現状について報告する。

### 2. 建設の経過

#### 2-1. 搬入扉の新設

蓄積リング棟実験ホールのBL22XU設置場所は隣に医学利用実験施設へ伸びるBL20B2やRI実験棟へ伸びる原研ビームラインBL23SUが既設しているなど、多くの中・長尺ビームラインに囲まれている。このため大型の装置や建設用資機材を通常の搬入扉から搬入したとすると、周辺のビームライン上を天井クレーンによって搬送することになり、作業効率の悪さと搬送物を誤ってハッチにぶつけるなどの事故の可能性が懸念された。そこでJASRIの安全管理室ならびに施設管理部門にお願いし、設置場所近くの蓄積リング棟外壁に新しく搬入扉を付けていただいた。この扉は将来BL21XUやBL22B2を建設する際にも使用されると考えられる。ただし中・長尺ビームラインを跨ぐ中二階廊下の高さや外壁の鉄筋の間隔に制限され、開口寸法は高さ約3.5m×幅約1.9mと小さめである。

#### 2-2. 製作開始から据付調整まで

平成13年3月末までにほとんどの発注作業を終了し、4月から受注業者との協議を重ねながら詳細設計を進めた。特に5月に設計、据付の基本となる現地測量を実施し、床上への光軸の墨だし・マーキング、基準高さを示すターゲットシールの設置を行った。

ほぼ標準仕様である基幹チャンネルは、夏期長期運転停止期間中に大部分の構成機器の据付調整・ベークンク・動作試験が行われた。

9月に入って遮蔽ハッチ・ユーティリティの現地据付を開始して以降、概ね工事は順調に進んでいた。しかし11月30日13:30頃、光学ハッチ内での溶接作業中に溶接煙吸引のためにハッチ製作者が持ち込んだヒュームコレクターの排気口から突然黒煙が発生し、近くにいた作業員が消火器を使用するという事態があった。原因はモーターの異常加熱と思われる。製造メーカーの異なる代替品を用意して安全が再確認されるまでの間、約1週間近く現地工事が中断した。

冬期長期運転停止期間にアンジュレータの据付調整と基幹チャンネルの壁貫通部周辺のベークンクをはじめとする残作業が行われ、両者の製作が完了した。

本年1月末までに大部分の輸送チャンネル機器の工場製作が完了し、順次ハッチ内への据付を進めた。この間、ハッチパネルを含めたほとんどすべての大型機器・機材が新設の搬入扉より持ち込まれ、最も困難と思われた2台の結晶分光器も一部を分解して搬入後、実験ホール内で最終組み立てを行うなどの方法を取り、他の搬入扉を使うことは避けられた。

輸送チャンネル機器の据付と真空排気試験は2月末でほぼ終了し、3月に入って制御・インターロック関連設備の設置工事ならびに液体窒素循環装置の据付・配管を行った。

#### 2-3. ビームライン・コミショニングの準備

3月31日にインターロック自主検査、5月14、15日にビームライン使用前検査が実施され、機器や設備の製作・設置状況と動作シーケンスが特に放射線安全上の観点から確認された。

この間に分光器への結晶の取り付け・調整や液体窒素循環装置の試運転を行ったほか、JASRIビームライン技術部門・制御グループによってビームライン機器の制御用ソフトウェアが作成・インストールされた。これに引き続いてオンラインでの各種機器の駆動確認を行い、コミショニングに向けた準備を整えた。

### 3. 漏洩検査と今後の予定

BL22XUのコミッシュニングは第5サイクル途中の5月22日より開始された。JASRI光源・基幹チャンネルグループによってアンジュレータ、基幹チャンネルの調整が行われた後、蓄積電流10mA、アンジュレータの磁石列間ギャップが最小値9.96mmの条件でMBS（メイン・ビームシャッター）を開け、初めて光学ハッチに放射光を導入した。この時は高エネルギー用分光器の第一結晶にアンジュレータからのダイレクト光を当てており、最初の光学ハッチ漏洩検査を実施した。

ここでBL22XUのハッチ漏洩検査の条件について説明する。BL22XUでは五連フィルターの使用や結晶分光器の切り替えに伴って、光学ハッチ内での放射光の散乱条件が変わる。光学ハッチ内の機器については後述するが、アンジュレータからのダイレクト光が照射される機器として、五連フィルター、高エネルギーX線用分光器第一結晶、高エネルギーX線用分光器ビームキャッチャー、低エネルギーX線用分光器第一結晶を考えなければならない。また通常のアンジュレータ・ビームラインにおける実験ハッチの漏洩検査は、全放射パワー最大すなわちギャップ最小の時の3次光を導入して行う。BL22XUではこれは9keVの単色X線の漏洩を調べることの意味するが、実際に使用するエネルギーの上限70keVとは透過能が大きく違うため、両方のエネルギーで検査が必要ということになった。まとめると漏洩検査には光学ハッチで6つ、各実験ハッチで2つずつの検査パターンがある。

5月22日から28日までの間に、低エネルギーX線用分光器に関係しない全てのパターンで光学ハッチの漏洩検査を行い、合格した。第5サイクルの間に全パターンの検査を終了するつもりであったが、液体窒素循環装置の温調系統にトラブルが発生したため已む無く検査を中断し、循環装置の修理完了後の第6サイクルに残りの検査を行うこととした。しかしユーザータイム初日の6月20日18:00頃、突然ID22の真空度が悪化し、18:30頃には中央制御室よりギャップ全開でロックがかけられた。その後も真空度は悪化する一途で、19:15には蓄積リングのビーム破棄のシーケンスが開始された。我々としてはJASRI光源グループの方々の原因調査の結果と、できれば修理完了の連絡を祈る思いで待ったが、現場でのリーク箇所特定は困難であつたらしく、23日曜日にID22の蓄積リングからBゾーン組立搬入室

への撤去が決定され、全ビームラインのユーザータイムが26日10:00まですべてキャンセルされる事態となった。

リーク箇所は状況証拠から冷却水配管の何処かであるようだが、最終的にはすべての配管部が交換され、ベーキング・単体での真空排気試験の後、8月2日に再び蓄積リングに設置された。この原稿を書いている8月8日の時点ではまだリングの真空チェンバーとは接続されていないが、9月より運転を再開できるものと確信している。

### 4. ビームラインの現状

#### 4-1. 遮蔽ハッチと屋外部

蓄積リング棟実験ホールならびにRI実験棟に完成した遮蔽ハッチの様子をそれぞれFig. 1、Fig. 2に示す。蓄積リング棟には光学ハッチと実験ハッチ1および2が、RI実験棟には実験ハッチ3が設置され



Fig. 1 BL22XUの概観（蓄積リング棟実験ホール）  
手前のビームラインはBL20B2



Fig. 2 実験ハッチ3の概観（RI実験棟）

ている。光学ハッチ - 実験ハッチ1間は分離しており、その間に真空パイプと真空排気ユニット、配管・ケーブル用ラックなどを敷設している。実験ハッチ2と3の間も同様である。

遮蔽ハッチ外の真空パイプの大部分は鉛による局所遮蔽を施していない。代わりに光学ハッチ内および実験ハッチ2内の下流端近くに設置したタングステン製のコリメータによって、放射光が真空パイプ内面に照射しないことを保証している。

Figure 3には蓄積リング棟～RI実験棟間の屋外に建てた機器収納ハウスを示す。これは真空パイプと真空排気ポンプ、電力・信号用ケーブル類の防風・防雨のためのもので、やはり真空パイプと同様、ハウス自体には放射線遮蔽能力を持たせていない。



Fig. 3 屋外機器収納ハウス

#### 4-2. 光学ハッチ内の機器設置状況

Figure 4は光学ハッチ内部の最上流付近の様子を示している。BL22XUには基幹チャンネル標準構成要素の一つであるベリリウム窓真空排気槽がなく、光学ハッチ内最上流のゲートバルブが基幹チャンネル最下流の機器であり、それに続く差動排気装置が真空到達度の点で基幹チャンネルと輸送チャンネルの境界になっている。

差動排気装置の下流には結晶分光器への熱負荷を制御するために、グラファイト箔や金属箔をフィルターとして光軸上に出し入れできる圧空駆動式の水冷ホルダーを五式用意してある。

この五連フィルターに続いて、可動式水冷ベリリウム窓が設置されている（Fig. 5）。実験ハッチ1および3の中にある可動式ベリリウム窓は冷却の必要がないため、窓付きゲートバルブ（VAT社製標準品）にベリリウム箔を接合した構造であるが、光学ハッチでは結晶分光器の上流側に位置するため確実な冷却が必要である。そのため分岐ベローズを用いて真空配管を2系統にわけ、一方にはゲートバルブを、他方には基幹チャンネル標準仕様と同等の水冷ベリリウム窓を取り付け、圧搾空気で駆動するスライドユニットによって両者を光軸上に入れ替える方式とした。インターロックによってスライドユニットの位置とゲートバルブの開閉状態を他の可動式ベリリウム窓とあわせて制御することにより、ビームラインの窓あり・窓なしを切り替えることができる。ウランのM吸収端を使うX線共鳴回折実験など窓材での吸収による光強度の不足が問題となる場合を考慮して製作した。ただし高エネルギーX線用結



Fig. 4 光学ハッチ内上流部の設置状況  
左から差動排気装置、真空排気ユニット、局所遮蔽体を付けた五連フィルター

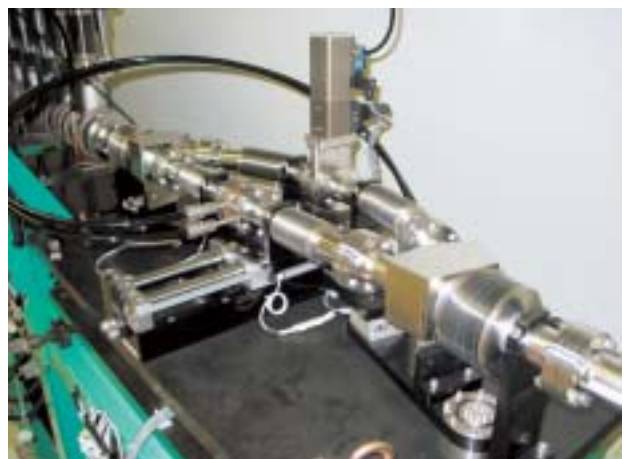


Fig. 5 可動式水冷ベリリウム窓  
写真はBe窓が光軸上に挿入された状態

晶分光器を使用する際は、必ずベリリウム窓が光軸上に挿入されて基幹チャンネルと輸送チャンネルの真空が直結しないようにインターロックを組んでいる。低エネルギー用と高エネルギー用の2台の二結晶分光器はFig. 6のようにタンデムに並んでおり、第一結晶のみ（高エネルギー用）もしくは架台全体（低エネルギー用）の高さを変えることで、使用する分光器を切り替える。写真では鉛遮蔽体に隠れて高エネルギーX線用分光器チェンバーが見えないが、外側から結晶周辺に手が届きやすいようにメンテナンス用の蓋を大きくとってある。そのため第一結晶から外れたダイレクト光を受ける水冷ビームキャッチャーが本体の真空チェンバーの中に一緒に収められなくなり、別途独立した真空機器として製作した。分光器の切り替えに伴い、このビームキャッチャーも圧空を用いて上下に移動させる。

#### 4-3．高圧実験ステーションの設置状況

実験ハッチ1には高圧実験用の2つの装置が常設する。

上流側には既設の原研ビームラインBL11XUからマルチアンビル型高温高圧発生装置SMAP180を移設した（Fig. 7）。床に敷いた定盤上のレールによって、後方の装置を使う場合は容易に光軸上から撤去できるようになっている。

Figure 8にはダイヤモンドアンビルセル用回折計の設置状況を示す。オンライン読取型イメージングプレートが架台上に載せられているのが写真で分かるが、検出器としてはこの他にCCDカメラが利用できる。また4K冷凍機の搭載が可能である。

#### 4-4．全反射ミラーの設置状況

実験ハッチ2は実験ハッチ3に置かれた試料上に単色X線を集光するための全反射ミラーと、実験ハッチ3での真空破断事故を想定した高速ゲートバルブの設置用ハッチである。

計四式のミラー用真空チェンバーの設置状況をFig. 9に示す。ミラーの使用を想定しているエネルギー領域が3.1~30keVと広いため、ストライプ状に2種類の金属反射材蒸着面を分けた下振り機械曲げ平面ミラーM1と、上振りサジタルミラーM2~M4のいずれかとの組み合わせをカットオフエネルギーに応じて替え、最適な条件で縦横同時集光と高調波除去ができるようにしている。



Fig. 6 二結晶分光器の設置状況  
左が高エネルギーX線用、右が低エネルギーX線用。中央にあるのはダイレクトビームキャッチャー



Fig. 7 マルチアンビル型高温高圧発生装置SMAP180



Fig. 8 ダイヤモンドアンビルセル用回折計



Fig. 9 ミラー用真空チェンバーの設置状況



Fig. 10 RI棟に搬入された二軸回折計

#### 4-5. 実験ハッチ3内の機器設置状況

実験ハッチ3では主に軌道・電荷・磁気秩序の研究のための共鳴X線回折実験が計画されている。そのための装置として標準的なEulerianクレードルを用いた鉛直振り四軸回折計と、超伝導マグネットなどの大型オプション装置が搭載可能な水平振り二軸回折計が設置される。

四軸回折計は2003年1月に搬入の予定であるが、二軸回折計の方は8月上旬に搬入が行われた (Fig. 10)。8月末までに据付調整・精度確認試験を終了する予定である。

二軸回折計では磁気円二色性の実験も可能で、このためにアンジュレータからの水平偏光を円偏光に変換する移相子が既に同じ実験ハッチ3内の上流に設置されている。特にウランM吸収端での使用を考慮して、全体が真空チェンバーに収納されている。

#### 5. 謝 辞

先行する3本の原研ビームラインと同様、BL22XUも多くの方のご協力・ご支援がなければ完成はあり得ませんでした。特にJASRIの安全管理室、施設管理部門、計画調整グループ、ビームライン技術部門のとりわけ光源、基幹チャンネル、輸送チャンネル、制御、放射線評価の各グループ・チームの方々には一方ならぬご協力をいただきました。ここに御礼を申し上げますとともに、今後引き続きご支援くださいますようお願いいたします。

ビームライン建設中、周辺ビームラインを使用されていた方には何かと不都合をおかけしたと思います。また本ビームラインにおける発煙・真空漏れ事

故等により、多くの関係者やユーザーの方に多大なご迷惑をおかけしました。ここに謹んでお詫び申し上げます。

#### 参考文献

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

#### 小西 啓之 KONISHI Hiroyuki

日本原子力研究所 関西研究所 放射光科学研究センター  
〒679-5143 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-2613 FAX : 0791-58-2740  
e-mail : konishi@spring8.or.jp

#### 塩飽 秀啓 SHIWAKU Hideaki

日本原子力研究所 関西研究所 放射光科学研究センター  
〒679-5143 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-2615 FAX : 0791-58-2740  
e-mail : shiwaku@spring8.or.jp

#### 苜蒲 敬久 SHOBU Takahisa

日本原子力研究所 関西研究所 放射光科学研究センター  
〒679-5143 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-2615 FAX : 0791-58-2740  
e-mail : shobu@spring8.or.jp

#### 戸澤 一清 TOZAWA Kazukiyo

日本原子力研究所 関西研究所 放射光科学研究センター  
〒679-5143 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-2615 FAX : 0791-58-2740  
e-mail : tozawa@spring8.or.jp