

## 3-2 ビームライン

### 1. 全体概要

ここ数年、空ポートを埋めるべく精力的に建設されてきたビームラインもほとんどが稼働を始め、すでに豊田ビームライン (BL33XU)、フロンティアソフトマター開発産学連合 (BL03XU)、東京大学放射光アウトステーション物質科学 (BL07LSU)、理研ターゲットタンパク (BL32XU)、及び革新型蓄電池先端科学基礎研究ビームライン (BL28XU) が利用段階に入った。これらに続き、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の燃料電池プロジェクトとして電気通信大学先端触媒構造反応リアルタイム計測ビームライン (BL36XU)、及び大阪大学核物理研究センターのレーザー電子光IIビームライン (BL31LEP) の建設が完了し、2012年度から試験調整運転が開始された。一方、理研量子ナノダイナミクス (BL43LXU) では挿入光源2台が追加設置され、当初予定していた3台フルセットでの調整運転が開始された。

以上のように、新規ビームライン建設が一段落した一方で、既存ビームラインに関しても大規模なビームライン改造が実施されるようになった。すでに、「低炭素社会構築に向けた研究基盤ネットワークの整備」事業のグリーン・ナノ放射光分析拠点として整備された分光分析ビームライン (BL37XU) 及び磁性材料ビームライン (BL39XU) の2本においてナノビームの供用が開始されているのに続き、軟X線固体分光ビームライン (BL25SU) の光学系及び実験ステーションの改修が開始された。これは、元素戦略磁性材料拠点として、BL25SUにナノビームXMCDステーションを整備することを契機に、光学系以降の大幅な高度化として実施されているものである。

さらに、以下に示すように既設ビームラインの挿入光源、フロントエンド、光学系及び輸送チャンネルのそれぞれの

部分において、ビームライン共通部に関する維持管理、高度化開発が継続的に実施された。維持管理、老朽化対策に関しては、光源・光学系の各部に起因する運転のダウンタイムの低減をあらためて目標に掲げ推進を図っている。高度化においても多様なニーズに応え、また、最新の光源・光学系技術を提供すべく高度化を推進している。

(後藤 俊治)

### 2. 挿入光源

#### 2-1 新規増設・改造

##### (1) BL43LXU第二期計画用アンジュレータの建設と設置

BL43LXUはSPring-8に4ヵ所存在する長直線部を利用したX線アンジュレータビームラインである。同じく長直線部を利用したX線アンジュレータビームラインであるBL19LXUでは、25 m長の真空封止型アンジュレータが光源として稼働中であるが、BL43LXUではこれとは異なる方針で光源が設計されている。即ち、5 m長の真空封止型アンジュレータを等間隔に3台設置し、その間のドリフト部に4極電磁石が配置されている。これは、アンジュレータの磁石ギャップをSPring-8の標準値である8 mmを超えてさらに閉めることができるように、垂直方向のベータatron関数を最適化するためである。

2011年度に設置を完了した中流部のアンジュレータに続いて、上流部及び下流部に設置するための2台のアンジュレータが製造され、2013年2月に設置された(図1)。これら3台のアンジュレータの仕様は同一である。但し、永久磁石の磁場特性や駆動架台の機械特性の相違などによって、同じ偏向定数(K値)を発生するギャップは僅かに異なるので、放射光利用時にはこれらの相違を考慮する必要がある。

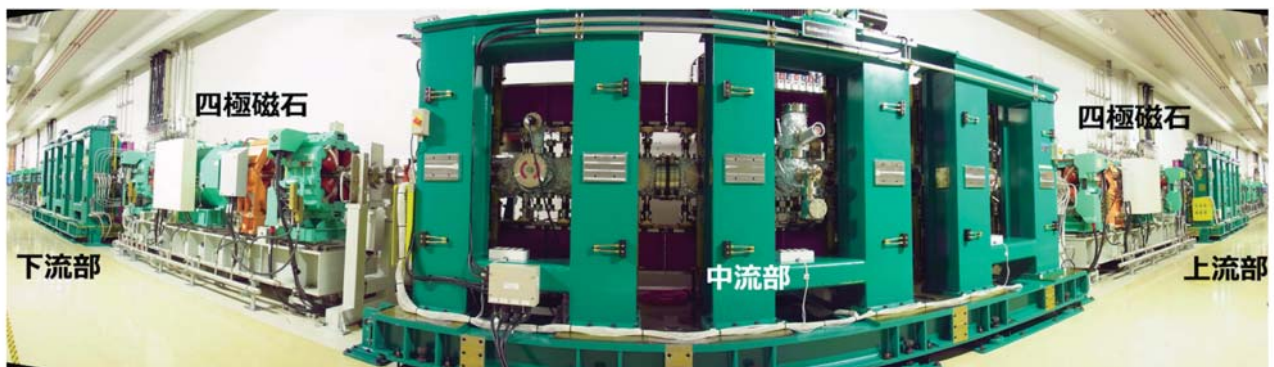


図1 BL43LXU用真空封止型アンジュレータ

2-2 高度化

(1) 複合周期型アンジュレータ

複合周期型アンジュレータは、SPring-8で考案された新たなコンセプトを持つ挿入光源である。アンジュレータ磁気回路に利用される永久磁石の磁化角度を、ある規則に従って傾けることによって、基本周期に加えてその倍の周期を持つ磁場成分を同時に発生する機能を持つ磁石列を上下に配置し、これらをアンジュレータ軸方向にスライド(位相駆動)させることによって基本周期と倍周期を切り替えることが可能となる。周期長を切り替えることによって従来に比べて遙かに広い波長範囲の光を利用者に供給することが可能となる。さらにこの磁気回路を応用することで、任意の偏光状態(左右円偏光、水平・垂直直線偏光、傾斜直線偏光)を生成することができる新型アンジュレータが考案された。これは、SPring-8の軟X線アンジュレータビームラインで標準的に利用されているヘリカルアンジュレータと8の字アンジュレータの機能を1台の装置で選択的に実現できる挿入光源であり、軟X線において高輝度光を生成するために必要な、高い偏向定数を適用した条件においても、光学素子を損傷あるいは変形させる可能性がある軸上熱負荷を低く保ったまま各種の偏光を発生することができる。これは、SPring-8のような高エネルギー電子ビームを利用する放射光施設の軟X線ビームラインで採用される挿入光源には必須の条件である。

この新たなコンセプトを持つ挿入光源の実現可能性について調査するために、基本周期 10 cm、全長 50 cm の試験磁石列を試作し、ヘリカル及び8の字の各モードにおける磁場分布を測定した。測定結果を図2 (a) 及び (b) に示す。水平磁場の周期が 10 cm から 20 cm に切り替えられていることが分かる。また、図2 (c) 及び (d) に示すxy平面

上での電子軌道(実測された磁場分布からの計算値)を見れば、これらがそれぞれヘリカルモード(円偏光)と8の字モード(直線偏光)に対応することが確認できる。これらの結果は、試作した磁石列が期待通りの性能を有していること、及び提案したコンセプトが実現可能であることを示すものであり、SPring-8の次期計画における軟X線ビームラインでの主力光源として活躍することが期待される。

(2) クライオアンジュレータ実証機

永久磁石クライオアンジュレータ(CPMU)は、2004年にSPring-8で提案されたアンジュレータで、NdFeB永久磁石の残留磁束密度と保磁力が低温下で増加する性質を利用した短周期型アンジュレータである。2012年度は、実証機の製作と磁場調整、据え付けを行った。図3に冷却

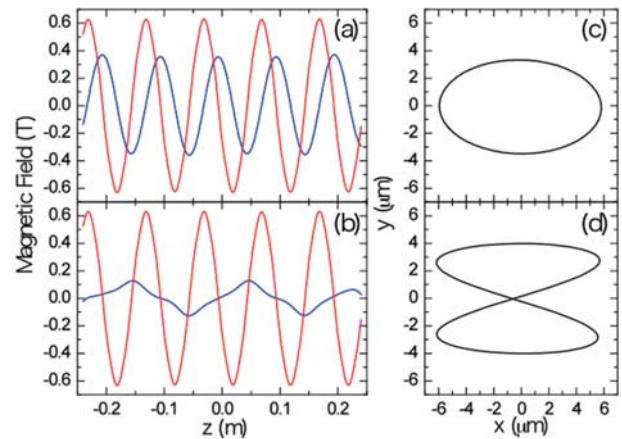


図2 複合周期型アンジュレータ試作磁石列磁場測定結果。(a)基本周期モード、(b)倍周期モードにおける磁場分布。赤線は垂直磁場、青線は水平磁場を表す。(c)及び(d)各モードでの磁場測定結果から計算された投影電子軌道。

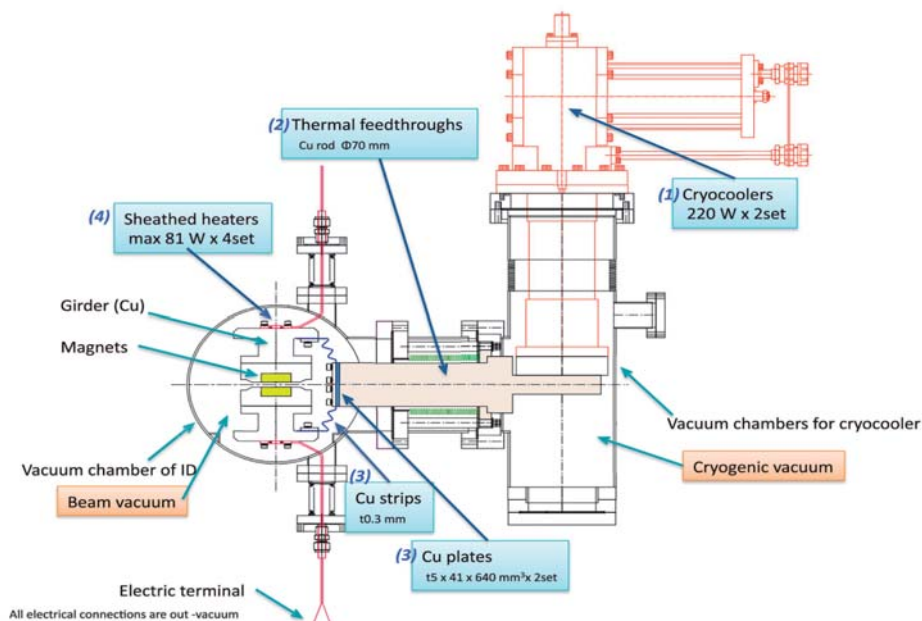


図3 クライオアンジュレータ冷却系



図4 蓄積リング34セルに設置されたクライオアンジュレータ実証機

システムを示す。冷凍機の断熱用真空と加速器電子ビームの真空は分離されており、冷凍機のメンテナンスを加速器側の真空を破ることなく行うことができる。上下磁石列の温度調整は、それぞれ2本のシースヒーターで行われる。磁場測定及び磁石列の曲がりの調整（フェイズエラーの調整）は、超高真空用SAFALI磁場計測システムと磁石列サポート長さ調整用差動アジャスタを用いて、磁石列を真空、低温に保持したまま行った。クライオアンジュレータに使用している磁石は、残留磁束密度は高いが保磁力が弱く耐熱性がないため、真空脱ガスベキングができない。しかし、クライオクーラーによる低温の効果（水の吸着、放出ガスの低減）で、ベキングなしでも $10^{-8}$  Pa台の真空に2日程度で到達できた。本機は2013年2月に蓄積リング34セル直線部に設置された（図4）。今後基本的な性能評価が進められる。

（田中 隆次、備前 輝彦）

### 3. フロントエンド

#### 3-1 新規増設・改造

##### (1) 新規フロントエンド建設

2012年度夏期点検調整期間中にBL36XUの建設を終了した。第4サイクルにビームラインコミッショニングを行い、スリット類の軸出し作業を実施した後、高熱負荷機器の最高温度や真空度に問題がないことを確認した。また、挿入光源チームがR&Dを進めているクライオアンジュレータの試験機がセル34に設置されることに伴い、BL34XU収納部に当該アンジュレータから出力される全放射パワーを受け止めるためのフロントエンドを設置した。

##### (2) ダウンタイム時間短縮への対応

###### (a) ワイヤメッシュ挿入型高熱負荷機器の交換

2011年度に引き続き、ワイヤメッシュ挿入流路における流量低下問題に対応するために、BL09XU（XYスリッ

ト）及びBL11XU（一体型マスク・アブソーバ、XYスリット）の高熱負荷機器を改良型（ワイヤコイル挿入型）に交換した。2013年度に実施予定のBL08W用XYスリットの交換が終了すると、ワイヤメッシュ挿入型の機器は全て撤去されることになり、ダウンタイムの一要因を無くすることができる。

###### (b) 光位置モニター（XBPM）用ケーブルの交換

供用開始から15年が経過し、XBPMの光電子収集電極に電圧を印加するためのケーブルに経年劣化の症状が見え始めている。主な原因は2種類考えられる。実験ホール側のケーブルは、天井照明（主に水銀灯）からの紫外線による表面被覆（シース）の劣化が生じており、赤色のケーブル被覆部分が白色化し、ひび割れや脱落している箇所が数多く見受けられたが、芯線とシールド線間の絶縁体（ポリエチレン）の劣化は見られなかった。一方、収納部内では、散乱線量が比較的高いと思われる個所において、シースの硬化のみならず、ポリエチレン絶縁体の脆性が進んでいる状況であった。これらの劣化を修復するために、初期に建設されたフロントエンド（約20本、共用ビームラインの全数）のXBPM電圧印加用ケーブルを新たに敷設した。新設ケーブルのシースの材料はノンハロゲン難燃性ポリエチレンとし、また、耐候性能が高いとされる黒色を選択した。

###### (3) 光ビーム診断ステーションの移設

光ビーム診断システムは、SPring-8蓄積リング棟内における光ケーブルを用いた信号収集システムで、複数台のXBPM及び電子ビーム位置モニターのアナログ出力を光ケーブルにて1ヶ所に集約させ、それらのデータを同時に収集するものである。本システムの中核をなす光ビーム診断ステーションは、2台の19インチラック内に組み込まれており、送信モジュール、受信モジュール、光ケーブル接続モジュール、分電盤等により構成されている。本ステーションは、実験ホールBL46XU下流付近の床面に設置されていたが、BL46XU実験ハッチ拡張の為、マシン収納部屋根上（BL47XU上部付近）に移設した。

### 3-2 高度化

#### (1) 無酸素銅製高熱負荷機器の熱的限界調査

フロントエンドの高熱負荷機器用母材として使用されている無酸素銅の熱的限界調査を継続して実施している。

##### (a) 寿命予測法の確立

2011年度に実施した、無酸素銅に圧縮クリープ台形波を付与した低サイクル疲労試験結果を「歪み分割法」により評価し、寿命予測式を作成した。電子ビーム照射による疲労破壊試験結果を空隙率により評価した寿命が、FEM弾塑性解析結果を当該式によって推定した予測寿命と因子2の精度で一致した。この結果は、グリッドコップとの対比を含め、これまでの成果と共に論文として纏められた<sup>[1]</sup>。

(b) 放射光を使った残留歪みの定量的評価

上記の電子ビーム照射による疲労破壊試験に用いた無酸素銅製試験片の残留歪みを、BL02B1において、X線回折法により測定した。なお、試験片形状はこれまで同様の評価試験を行ってきたグリッドコップ製のものと同一である。試験片には予め電子ビームによる周期的な熱負荷が加えられている。電子ビームの入熱量は550 Wで、照射回数が0、2、10、50、100回の5種類のを準備した。無酸素銅はグリッドコップに比べて粗大粒であることが確認されていたため、ゲージ体積内の結晶粒数を増やす揺動法により測定を行った。測定はCu(220)、(222)、(311)、(331)、(400)、(420)、(422)面で行った。各照射回数における残留歪みの測定結果(各回折面からの値の平均値)を図5に示す。照射回数0回(未照射)の試験片で既に圧縮方向に残留歪みが生じていることが分かる。これは、少ない照射回数で疲労破壊を促進するために、無酸素銅がステンレスホルダーに強固に拘束されているためだと考えられる。照射回数2回以上では引張方向に残留歪みが生じ、10回以上ではほぼ一定になる。残留歪みの値は0回照射を基準に考えると2回照射以上で $5.2 \times 10^{-4}$ から $6.9 \times 10^{-4}$ であった。一方、FEM解析から得られた残留歪みは2回照射で $7.5 \times 10^{-4}$ 、8回以上の照射では $9.0 \times 10^{-4}$ で一定であった。FEM解析結果は実験値に比べてやや大きい値を示したが、照射回数が多くなるにつれて一定の値になるなど、ほぼ実験を再現する結果となった。但し、実験から得られた回折面別の残留歪みでは照射回数が2回または10回で最大値を示す場合もあった。この結果は無酸素銅では早い段階で疲労破壊が進展する可能性を示唆しておりグリッドコップとの相違を示している。

(c) 高速遮断シャッター(FCS)システムの定量的性能評価

FCSシステムの性能評価用衝撃波管(ICF70系)の全長を8 mまで延長し、さらに配管内の圧力を希薄流領域( $10^{-3}$  Pa程度)まで下げた状態で、ベリリウム窓破損を模擬したセロファン膜の破膜による大気突入試験(圧力比は $10^8$ )を実施した。結果を図6に示す。破膜前の衝撃波管内が連続流領域(1 Pa程度)である従来の圧力比 $10^5$ の場合に比べて、圧力波の伝播が遅くなることを確認できた。さらに、2011年度に作成した連続流体解析用2次元軸対称ソフトウェアを、圧力比が $10^8$ (大気圧 $\sim 10^{-3}$  Pa)まで計算できるように改良した。但し、希薄流による影響は考慮できていない。その結果、上記の大気導入実験結果と比較すると、連続流と希薄流が混在するにもかかわらず、最下流点における管内の圧力上昇傾向についてかなりよい一致を見た。一方で、管摩擦の影響が考慮できていないために衝撃波の到達時間について予測ができないこと、並列計算機能が無いため計算時間が非常にかかること、等の問題を残している。

(高橋 直)

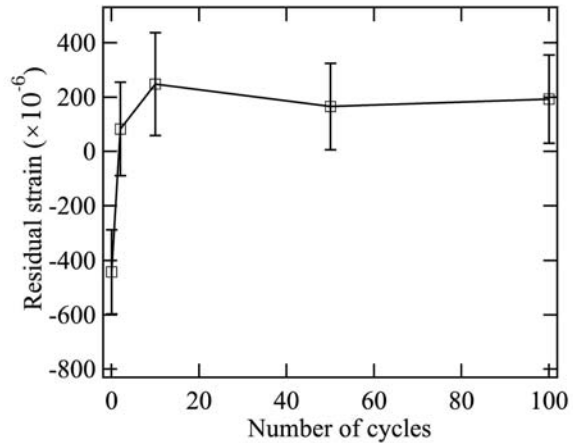


図5 無酸素銅試験片の電子ビーム照射回数と残留歪みの関係

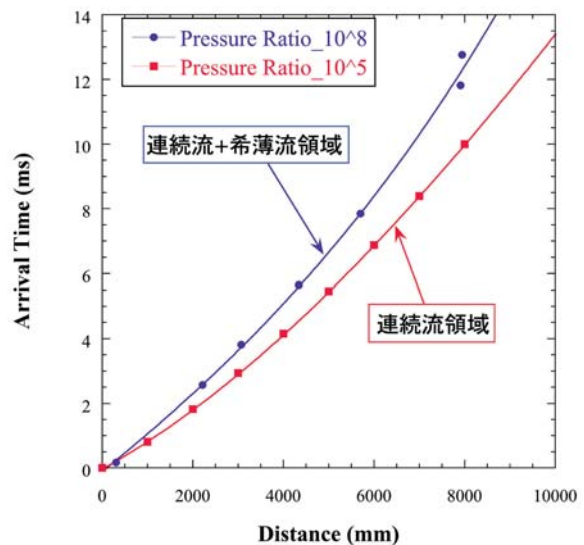


図6 圧力比の違い( $10^5, 10^8$ )による衝撃波伝播時間の比較

4. 光学系・輸送系・遮蔽

4-1 新規増設・改造

国家課題対応型研究開発推進事業の元素戦略磁性材料拠点として軟X線固体分光ビームラインBL25SUにナノビームXMCD(X線磁気円二色性)装置に適したビームラインの改造に着手した。詳細は後述する。

4-2 光学系・輸送系

(1) 標準型X線二結晶分光器の安定運用のための改良と老朽化対策

(a) アンジュレータ用液体窒素冷却結晶分光器の安定化改造

構造生物学Iビームライン(BL41XU)及び産業利用IIIビームライン(BL46XU)の分光器では高熱負荷対策分光結晶として回転傾斜配置の水冷シリコン結晶を使用してきたが、ピンポスト加工結晶の調達が困難になりつつあった。このため、2013年2月に安定供給可能な液体窒素冷却型

に改造した。ステージ構成を液体窒素冷却型に最適化すると共に、老朽化した部品（モータ、ケーブル等）を更新した。改造は2011年度に行った表面界面構造解析ビームライン（BL13XU）分光器の安定化を踏襲し、二結晶ステージの相対振動は1 kHz サンプリング時において0.2秒角程度と、高い安定性を得た。

#### (b) 標準型X線二結晶分光器の老朽化対策

分光器内部は高い放射線に曝されるため、ケーブル被覆に劣化が見られる。また、長期の使用により、モータの老朽化やギアが磨耗する。異常の早期発見のためのメンテナンスを長期運転停止期間に順次行っており、2012年度は単結晶構造解析ビームライン（BL02B1）、核共鳴散乱ビームライン（BL09XU）、高圧構造物性ビームライン（BL10XU）、構造生物学Ⅲビームライン（BL38B1）、光電子分光・マイクロCTビームライン（BL47XU）に対して行った。アンジュレータビームライン3本に関しては、ケーブルの劣化及びステージ部品の老朽化が見受けられた。2013年度のステージの全面的な更新が必要と判断し、BL09XUとBL47XU用の交換部品を先行して製作した。BL10XU分の交換部品は2013年度の手配を検討している。

#### (c) アンジュレータ用液体窒素冷却結晶分光器の安定性高度化のための試験

これまで行ってきた液体窒素冷却型分光器の安定化対策により、二結晶ステージの相対振動は0.15から0.2秒角に抑えられてきた。しかし、将来の高度利用に対応するには0.05秒角以下に抑える必要がある。実験ホールに建設したオフライン分光器評価ベンチ（図7）にて、液体窒素配管の振動に関わる様々な試験、例えば、

- ・乱流抑制型フレキシブルチューブの開発
- ・配管径の増大による液体窒素の流速低下
- ・配管の曲げ径の増大による乱流抑制

を行っている。これらの試験は2013年度以降も継続して行う。

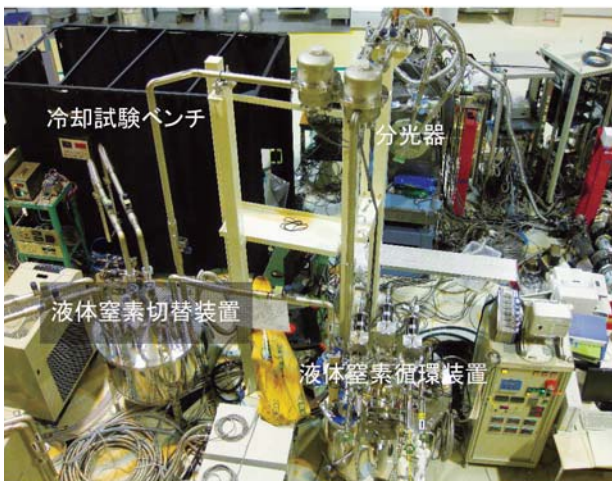


図7 オフライン分光器評価及び冷却試験ベンチ

#### (d) 分光結晶の冷却能力高度化のための試験

SPring-8の高度化により、近い将来、分光結晶が処理すべき熱量及びその発熱密度は1 kW及び1 kW/mm<sup>2</sup>に達すると想定される。今現在この熱負荷に安定に対処できる冷却結晶は存在せず、早急な対応が必要と考えられる。1 kWレベルの放射光を模した局所過熱装置を含む評価装置を設計し、2012年度に「オフライン冷却試験ベンチ」を製作した（図7）。本ベンチは液体窒素循環系をオフライン分光器評価ベンチと共有し、結晶に液体窒素を流すことができる。局所加熱装置として、最大1 kW出力、CW、シングルモードファイバーレーザーを採用した。コリメータを用いて、直径1 mmの平行ビームを作ることが可能である。アンジュレータビームラインで使用されている現行の冷却シリコン結晶に300 W入射し、放射光300 W入射と同等の熱の吸収があることを確認した。熱変形を測定するための装置を2013年度整備し、評価装置を完成させる予定である。

#### (e) アンジュレータビームライン用二結晶分光器の液体窒素循環冷却装置

2012年度に新たにBL36XU、BL41XU、BL46XUの3つのビームラインで液体窒素循環装置を設置した。現在稼働している液体窒素冷却分光器を使用するビームラインは、合計24ビームラインとなった。循環装置の運転状況は順調であるが、稼働開始から10年を超えるビームラインも増えつつあり、性能及び安全維持のための定期保守に加えて、長期の老朽化対策を検討している。

#### (2) 集光光学系の普及と高度化

##### (a) 集光光学系の普及促進

2011年度までに実施した高強度マイクロ・ナノビームの普及促進を推し進め、4本のビームラインにおいて、ビームライン・実験担当者との緊密な連携のもと、それぞれの実験系に最適化したKB（Kirkpatrick-Baez）ミラーとミラー姿勢調整機構の設計と開発、あるいはビームラインへの導入、評価を進めた。

電気通信大学先端触媒構造反応リアルタイム計測ビームライン（BL36XU）では、100 nmビームによるQuickXAFS計測のための、KBミラー調整機構を搭載した定盤（図8）を開発し、2012年度は本調整機構を利用したナノビーム調整を実施した。本ビームラインでは、ワーキングディスタンス100 mmを持つ2種類の100 nm集光プローブを切り替えて同一サンプルに照射し、分析を行うことを想定している。1つは入射X線エネルギーが15 keV以下用のKBミラーであり、もう1つは入射X線エネルギーが30 keV以下用のKBミラーである。2012A期までのビームラインの建設後、2012B期にビームラインの立ち上げ調整が行われた。その後、ナノビームの安定運用のための石定盤の低振動化対策を実施すると共に、2種類のKBミラー集光光学系をビームラインに導入しナノビームの集光調整を行



図8 BL36XU KBミラー集光装置写真

った。この結果、15 keV以下用のKBミラーにより、15 keVにおいて165 (V) × 140 (H) nm<sup>2</sup> (FWHM) を金ワイヤによるナイフエッジスキャン法により評価し、ナノビームを実現した。さらに、30 keV以下用のKBミラーにより、25 keVにおいて110 (V) × 100 (H) nm<sup>2</sup> (FWHM) (図9) をタンタルブレードによる暗視野ビームプロファイル計測法により評価し、ナノビームを実現した。以上のように計画通りの光学系の立ち上げに成功し、利用実験が可能な状態として引き渡しを完了した。

ナノ・フォレンジック・サイエンスにおける利用を目的としたBL05SSのためのKBミラーマイクロビーム光学系の設計の支援を行った。2013A期にX線を利用したマイクロビーム集光光学系の調整、評価を行う予定である。この他、2本のビームライン (BL19LXU、BL32XU) において、KBミラー設計の支援や超高真空対応ミラーチャンバーの開発を行った。

(b) アンジュレータビームライン用単色スリットの更新  
アンジュレータビームライン用単色スリットは、X線の

形状成形や微小集光のための仮想光源として使用されている。BL39XUに設置されている高精度スリットにおいて、老朽化によるものと考えられる駆動精度の低下が発生した。スリットブレードの衝突防止機構を備えた高精度スリットへの交換を実施した。

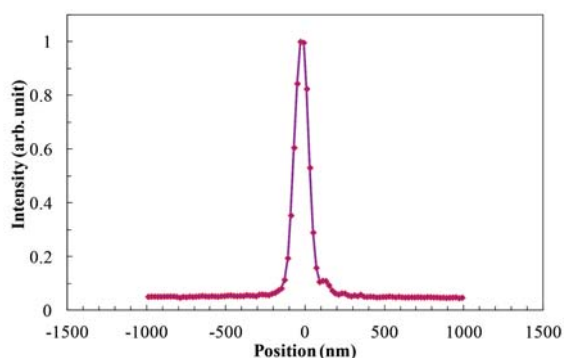
(3) 光学素子評価と高度化

(a) 回転楕円面製作技術の開発

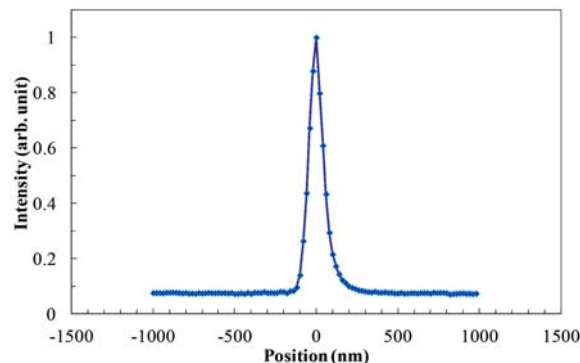
X線ナノ集光ミラーのための表面形状計測システム 顕微干涉計型RADS (Relative Angle Determinable Stitching Interferometry) 装置について、次世代のX線集光光学素子である部分回転楕円ミラーの表面形状計測への対応を進めた。

部分回転楕円面は、現在ビームラインで利用されているKBミラー集光光学系よりも、高い集光効率が達成可能である。1枚のミラーで2次元集光可能である部分回転楕円面を用い反射回数を減らすことで、反射率による損失が低減でき、アライメント装置の簡便化や、ビームの位置・サイズ安定性の点からも優位性がある。

2012年度は、部分回転楕円面表面の曲率半径数mmに対応した計測を行うため、測定系のシステムエラーを評価し、本エラーの補正法を開発した。走査型白色顕微干涉計により曲率半径数mmといった曲率半径の小さな表面を観察した場合、反射光が対物レンズ中で光軸と平行ではない光路を通過することに起因する反射波面収差が発生する。これは最終的に、取得形状データに誤差として現れる。そこで、平面基板を傾斜して測定し、傾斜せずに測定した場合と比較することで、光軸と平行でない光が対物レンズを通過する際に発生する誤差量を評価した。これにより、傾斜量に対応してシステムエラーが発生していることが分かった。観察されたシステムエラーを部分回転楕円面の傾斜量に応じて積分することで、部分回転楕円面を測定する際のエラーを予測し、発生するシステムエラーの校正データの作成が可能となった。さらに、開発した計測装置により部分回転楕円面を測定した結果、評価領域：99 mm (L) × 0.5 mm (W) で測定再



(a) 垂直方向集光プロファイル  
FWHM 110 nm



(b) 水平方向集光プロファイル  
FWHM 100 nm

図9 BL36XU集光プロファイル (評価エネルギー 25 keV)



図 10 可搬型 Fizeau 干渉計を用いたベントミラーのその場形状観察

現性 0.80 nm (RMS) が得られ、ナノ集光に必要な測定再現性を満足した。

(b) ベントミラーの調整

Long Trace Profiler (LTP) 光学系の高精度調整を行い測定精度の向上を達成した。これを用いてベント機構により曲げられた対称及び非対称ベントミラーの評価、調整を行った。

(c) ミラー形状のその場計測

ミラー形状のその場計測のために、動的解析が可能な可搬型 Fizeau 型干渉計を整備した。BL13XUにおいて、大気雰囲気にて SPring-8 標準型 X 線ベントミラーの曲率半径、再現性の評価試験 (図 10) を行い、有用性を確認した。

(4) 軟 X 線ビームラインの再構築

軟 X 線ビームライン BL25SU の再構築にあたり、分光光学系、後置集光光学系の検討を行った。集光素子としてミラーを用いる高分解能軟 X 線ビームラインとして a ブランチ、フレネルゾーンプレートを用いるナノ集光軟 X 線ビームラインとして b ブランチのビームライン光学系をそれぞれ最適化、設計し、構成物品の手配を行った。2013 年度末に機器設置、2014 年度からコミショニングを開始する計画である。

(大橋 治彦)

4-3 遮蔽

(1) 設計及び申請時遮蔽計算

32 次変更許可申請において、光学ハッチへの分光器設置 (BL33XU)、アンジュレータ増設 (BL43LXU)、及び実験ハッチ追加 (BL46XU) に伴う遮蔽計算を実施した。また、同変更許可申請において、RF 電子銃試験装置の性能向上に伴う追加遮蔽の検討及び線量再評価を行った。さらに、BL25SU の改造に伴う放射線安全関連の設計支援を行った。

(2) シミュレーション計算

モンテカルロコード FLUKA を用いて、ガス制動放射線及び電子損失時の高エネルギー X 線遮蔽におけるフロントエンド部鉛コリメータの寄与について解析を行った。

(3) ビームライン放射線漏洩検査

新規ビームライン放射線漏洩検査の計画作成を BL36XU について行い、検査を実施した。同様に、改造等に伴う放射線漏洩検査を BL28XU 及び BL29XU にて行った。散乱体の改良を行い、検査の効率化を図った。

(4) 放射線測定及び手法の開発

ガフクロミックフィルム読み取りシステムの運営を継続して行った。

電離箱については、放射光を間欠化する回転円盤チョッパーを用いた場合、毎秒当たりの光子数は激減するにも関わらず飽和電圧はむしろ高くなる場合があることを実験的、理論的に明らかにした<sup>[2]</sup>。

蓄積リング全周に渡り電子損失分布の測定を行い、入射部及び長直線部にてさらに詳細な測定を行った。

(竹下 邦和、成山 展照)

参考文献

- [1] S. Takahashi, M. Sano, A. Watanabe and H. Kitamura: *J. Synchrotron Rad.* **20**, (2013) 67-73.
- [2] N. Nariyama: *J. Synchrotron Rad.* **20**, (2013) 698-704.

光源・光学系部門  
後藤 俊治