

3-2 ビームライン

1. 全体概要

ビームラインの空ポートを埋め有効に利用すべく、2006年度から再びビームラインが精力的に建設されはじめ、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)、及び理研ターゲットタンパク (BL32XU) が利用段階に入っている。2011年度も引き続き、新設ビームラインの機器設計、建設、コミッショニングなどが進められた。理研量子ダイナミクス (BL43LXU) は、2011年夏期点検調整期間までに挿入光源 (3台中の1台)、フロントエンド、光学系、遮蔽等の整備が完了し、2011年9月から試験調整運転が開始された。新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の固体電池プロジェクトとして開始された革新型蓄電池先端科学基礎研究ビームライン (BL28XU) についても、2011年夏期点検調整期間までに光源及び光学系の基幹部分の整備が完了し、2011年9月から試験調整運転が開始された。さらに同じく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) の建設が2010年から開始され、2011年度も継続して建設が進められた。また、大阪大学の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) についても、引き続き2012年度の完成を目指して建設が進められている。

2010年度に、「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が整備され、2011年度は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た。

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) BL28XUの設置

2011年の夏期点検調整期間中に設置したBL28XUでは、BL33XUと同様の高速XAFSを利用した実験が想定されているため、光源としてもこれと同様の真空封止タープアンジュレータを採用した。

(2) BL43LXUの設置

BL43LXUは長直線アンジュレータビームラインである。光源は3台の5 m型真空封止アンジュレータ(周期長19 mm、最小ギャップ5.2 mm)で構成されるが、2011年度は1台のみを夏期点検調整期間中に設置した。しかしながら、フロントエンド部にスクリーンモニターを欠いていたこと、及び磁石列先頭部の不適切な設計により、狭ギャップ域で磁石列を覆うフォイルが熔融するという事態となった。対策は、2011年度末に一部を実施し、残部は2012年度夏期点検調整期間中に実施する予定である。なお、残る2台のアンジュレータは、2012年度に製作し、年度末点検調整期間中に設置する予定である。

(3) BL47XU真空漏れに対する対策

BL47XU先頭部に位置する形状変換部冷却水導入部において真空漏れが発生した。原因は、スウェーজロック締結においてバックフェールが欠如していたことであり、27時間に及ぶ蓄積リング運転のシャットダウンとなった。他のアンジュレータについて同様の施工不良のないことを確認した。しかしながら、今後も冷却水導入部などからの同種の真空漏れが起こる恐れがあるため、迅速な運転復帰(2時間以内)を目的として専用真空治具を製作した。

(4) BL07LSUにおける改造

BL07LSUはSPRing-8に4つある長直線アンジュレータビームラインのうちの1つである。水平偏光8の字アンジュレータ4台、垂直偏光8の字アンジュレータ4台で構成され、250 eV以上2 keV以下の軟X線領域において可変偏光高輝度放射光が供給できるよう設計されている。2010年度に全系の整備が終了し、偏光状態の高速スイッチングを目指したコミッショニングを行ったが、計7セットの電磁石型移相器内における電磁石とセラミックダクト・コパル部との磁氣的結合が著しく、スイッチングに支障があることが判明した。改善策として、セラミックダクトを薄肉ステンレス製に交換する案を採用することにした。予備実験の結果、当初の目標である10 Hzでのスイッチングが可能であることが実証された。2012年度に薄肉ステンレス

ダクトの先行型を製作し、良好な性能を確認した後、残り6台を製作する予定である。

(5) 新規ビームライン (BL36XU) の建設

BL36XUは、BL28XU、BL33XUと同様の真空封止テーパーアンジュレータである。2011年度から製作に着手し、2012年度夏期点検調整期間中に設置する予定である。

2-2 高度化

(1) クライオアンジュレータ

周期長15 mm、磁石長1.5 mのクライオアンジュレータ先行機 (図1) の開発を進めている。2011年度までに主要構成部品の整備が完了し、室温時での磁場評価が終了した。2012年度は、リング直線部 (34セルを予定) への設置を展望し、真空・低温試験、低温環境における磁場測定、これに伴う磁場測定装置SAFALIの改良を行う予定である。

(北村 英男)

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

2011年度夏期点検調整期間中にBL43LXU及びBL28XUの建設を終了して第5サイクルにビームラインコミッショニングを行い、高熱負荷機器の最高温度がシミュレーション値以下であること、真空度に問題がないことを確認した。また、新規ビームラインとしてBL36XUのフロントエンド建設を開始した。

BL36XUは2012年度夏期点検調整期間中に完成し、第4サイクル冒頭にコミッショニングを行う予定である。

(2) 既設フロントエンドの改造

1) 高性能ベリリウム窓への交換

BL13XU、BL37XU (下流側のみ) において、ビームライン担当者からの要求により、出射ビームの均一性向上のためベリリウム窓を高純度・高面粗度型 (融解素材) に交換した。

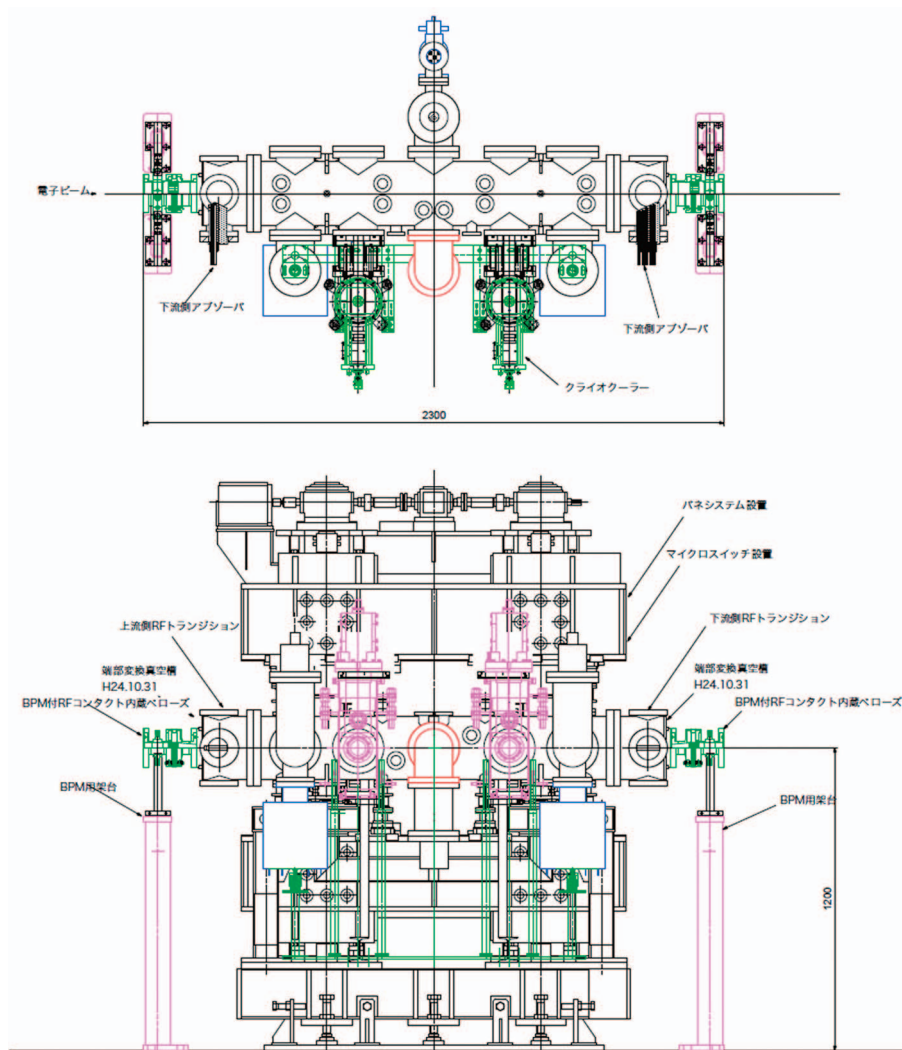


図1 クライオアンジュレータの構成

(3) ダウンタイム時間短縮への対応

1) ワイヤメッシュ挿入型高熱負荷機器の交換

2010年度において発生した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、BL44XU、BL45XUのXYスリットを改良型(ワイヤコイル挿入型)に交換した。2012年度はBL09XU(XYスリット)、BL11XU(一体型マスク・アブソーバー、XYスリット)においても同様の交換を実施する予定である。

2) 機器保護インターロックシステムの改修

2010年度にBL44XUにおいて発生したノイズが原因と思われる流量計誤作動によるビームアポートに関連した対応として、機器保護インターロックシステムを一部変更し、「流量低」検知からアラーム発報までにタイマーを設定することとした。タイマーの適正值を決定するために、最も熱負荷条件が厳しい機器であるアブソーバーに対して有限要素法を用いた非定常熱解析を実施し、冷却壁面における最高温度と熱流束を予測した。限界値はそれぞれ150℃(0.5 MPaにおける沸点)と2.5 W/mm²(プールの沸騰におけるバーンアウト熱流束)とした。光源は標準真空封止アンジュレータ及びID43のフルスペックを想定し、1秒間正常状態が続いた後、急に冷却水が停止するという境界条件を与えた。結果を図2に示す。標準真空封止アンジュレータの場合はいずれも問題ないが、ID43のケースでは冷却水停止から3秒後に冷却壁面における最高温度、熱流束とも限界値に達する。今回のモデルは流体の熱容量を考慮していないため安全側の評価でもあるため、タイマーの値は2秒とした。なお、各ビームラインのインターロックシステムに対する改修は制御・情報部門が実施するソフトウェアメンテナンス作業に含まれ、年間約15本のペースで順次実施中である。

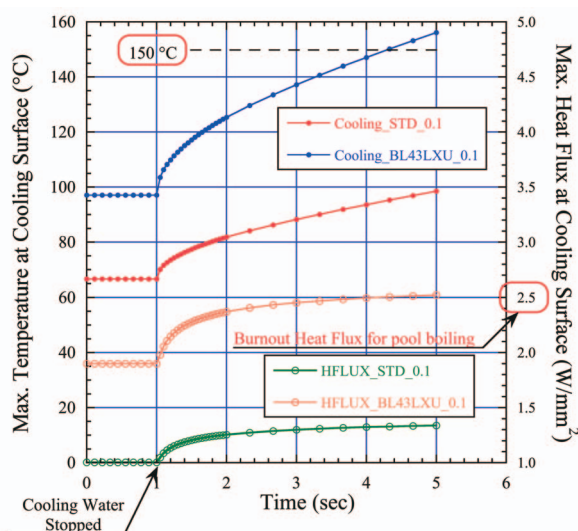


図2 冷却水がT=1秒で停止した場合の冷却壁面における最高温度と熱流束の予測

3) 挿入光源用光位置モニター(XBPM)の整備

検出部の駆動機構を左右分割型としたXBPMを、BL08WとBL25SUの2ヶ所に採用している。そのうちの一台(BL25SU)が検出部駆動機構に動作不良が発生したため、一旦フロントエンドから取り外し、オフラインにて調査・修理を実施した。故障の原因は、ベルトで動力を伝えるためのプーリーが固定プレートと接触していたためであった。また、検出部周りのセラミック部品の変色が著しかったため、洗浄・研磨にて対処した。修理、及び検出素子の再アライメントを行った後フロントエンドに再設置し、正常に動作することを確認した。また、10年以上使用している一部のXBPMで、光電子収集用電極プレート(印加電圧+100 V)の固定用セラミック絶縁リングの表面が茶褐色に変色し、沿面放電による電圧印加不良が発生した。検出素子の受光面を直接見込む側のセラミック表面が特に変色していることから、図3に示すように絶縁リングに溝を付けることによって導電面を連続させないように改造した。BL35XUに設置されているXBPMに対して、この溝付き絶縁リングの交換作業を行った(図4)結果、光電子収集用電極の電圧印加不良の問題を解消した。今後

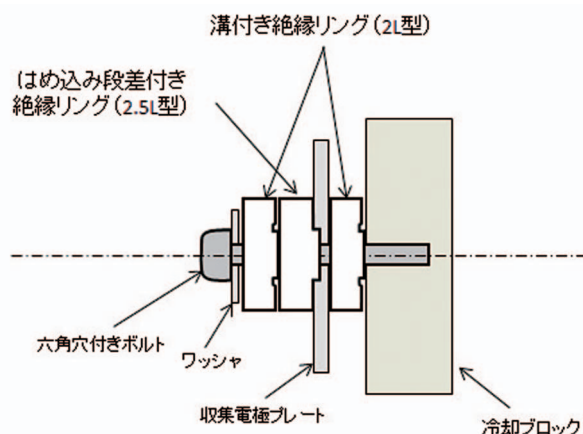


図3 溝付き絶縁リングの取り付け概略図

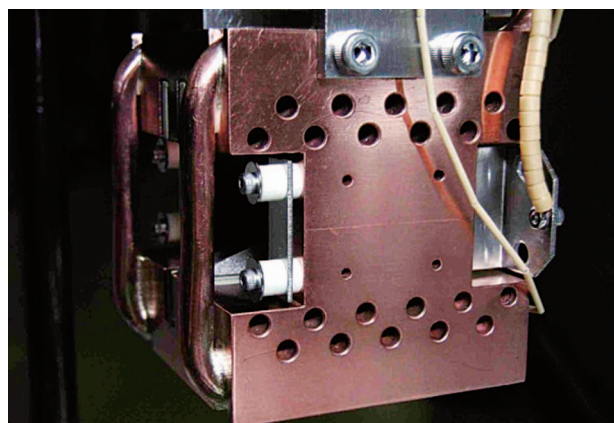


図4 溝付き絶縁リングを取り付けたXBPM検出部(BL35XU)

の新規XBPMは、この溝付き絶縁リングを採用することとした。

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材料の1つである無酸素銅の熱的限界調査を継続して実施している。2011年度は圧縮クリープの破損に及ぼす影響を調査するために、圧縮クリープ台形波を付与した低サイクル疲労試験を行った。これにより、クリープ・疲労相互作用の影響を考慮できる「歪み分割法」を用いた線形累積損傷則による寿命評価が可能となるが、クリープ歪みによる疲労寿命線図の精度を上げるために保持時間をより長くした試験データの取得が望まれる。その一方、電子ビーム照射装置を用いた疲労試験を450 W（照射回数は3条件）でも実施したが、表面・断面観察状況については基本的に550 Wの時と同じであった。さらに、各照射回数における破損の程度を定量的に評価するための空隙率測定も実施した。

(2) 体積発熱技術の熱的限界調査

体積発熱技術は、受光部にベリリウムやグラファイトといったLow-Z材料を採用することで光源からの放射パワーを深さ方向にも分散させて、受光部表面における局所的な温度上昇やそれに伴う熱応力の増大を抑制することを目的とした高熱負荷処理技術の1つである。当該技術は標準アンジュレータビームラインにおける「前置スリット」や、理研物理化学Ⅲビームライン（BL17SU）の「体積発熱型マスク」等に適用されており、その熱的限界調査を開始した。調査は受光部材（ベリリウム）だけでなく、受光部と冷却部の間のロウ付け接合部も対象とする必要があり、2011年度は接合部の疲労特性について調査した。その結果、接合部のサンプルを用いた機械的な疲労試験と、それに対応する弾塑性解析の結果を基にして接合部の寿命線図を得ることができた。

(3) 高速遮断シャッター（FCS）システムの定量的性能評価

FCSシステムは、ビームラインにおける真空事故を検知しフロントエンドに装備されたFCSを駆動させ、蓄積リングの超高真空を保護する重要な役割を担っており、当該システムの定量的な性能評価を進めている。

まず、断面変化の影響をより正確に模擬するために、2010年度に作成した準1次元流体解析ソフトを2次元軸対称モデルに拡張した。その結果、連続流体と仮定できる1 Pa以上の圧力領域においては、1）高圧力比（ 10^5 ）の条件下でも、衝撃波到達時間だけでなく到達後の圧力上昇についても実験と解析で良い一致を見る（図5）、2）断面変化のある流路では、ショックマッハ数は断面積比に比例して減少し、縦横比（L/D）に比例して増加することが確認できた。中間流領域に対する数値計算についても、2010年度作成のDSMCプログラムを管摩擦が考慮できる

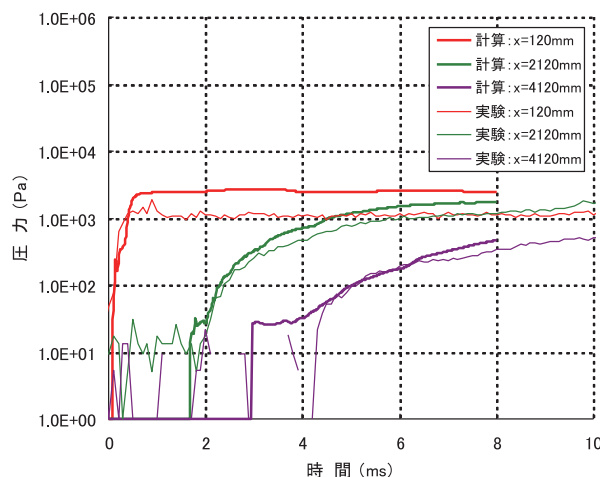


図5 2次元軸対称解析ソフトによる計算結果と実験結果との比較

ように改良した。その結果、1）流入マッハ数を1と設定すると実験結果と良く合致する、2）破膜後約100 msで管内の圧力分布が一定となる、3）中間流領域では連続流領域に比べて管摩擦の影響が少ないことが確認できた。また、中間流領域の実験では電離真空計を用いた高真空領域の高速圧力測定システムを開発した。

今後、より実機に近い状況での実験・評価に移行するために、衝撃波管の長さを延長し、かつFCSや各種フロントエンド構成機器を実際に装備した状態で高真空領域への大気突入実験を行うとともに、連続流と希薄流が混在する系に対する計算的アプローチ方法を検討する必要がある。

（高橋 直）

4. 光学系・輸送系・遮蔽

4-1 新規増設・改造

2010年度、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の整備を行った。2011年度は引き続き、分光分析ビームライン（BL37XU）及び磁性材料ビームライン（BL39XU）においてそれぞれナノビームX線蛍光分析装置とナノビームX線吸収スペクトル計測装置のための光学系の立上げ調整を進め、1ヶ月間の調整時間を経て、ユーザー利用を開始した。詳細は次項で述べる。

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コミッショニング

分光分析ビームライン（BL37XU）及び磁性材料ビームライン（BL39XU）では、グリーン・ナノ放射光分析拠点の整備として2012年3月に分光器及び循環システムを更新

し、2012年4月に分光器の立上げ調整を行った。この2台の分光器は、2010年度開発を行った4種の安定化対策、(a) 液体窒素循環経路の単純化、(b) 液体窒素配管の低振動化、(c) 液体窒素配管の断熱、(d) 放射線シールドの設置を初めて本番導入するものであり、実利用における安定度を評価した。2結晶ステージの相対振動の大きさは従来の1/5に減少し、液体窒素冷却の分光器について安定利用を可能とした。

(B) 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

上記(A)と同様の安定化対策を既存の分光器に対して普及するため、表面界面構造解析ビームライン(BL13XU)で安定化のための改造を実施した。BL13XU分光器の主な改造は(a) 液体窒素用低振動配管の設置、(b) 散乱線シールドの設置、(c) 精密温調ユニットによるステージ温度安定化、(d) 耐放射線被覆ケーブルの導入(図6)である。この改造により、2結晶ステージの相対振動は1 kHzのサンプリング時において1秒角から0.15秒角へと減少し、高度な安定化を実現した。

(C) 標準型X線二結晶分光器の老朽化対策

分光器の長期間にわたる使用により、モーター、ギア等の部品の老朽化や、ケーブル被覆等の放射線劣化が見られる。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、2011年度はXAFSビームライン(BL01B1)、医学・イメージングⅡビームライン(BL20B2)、産業利用Ⅲビームライン(BL46XU)に対して行った。上記3台に対して異常箇所は発見されなかった。ステージギア部の潤滑剤塗布と全駆動軸の動作確認を行い良好な結果を得た。

(D) 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

2011年度では新たに4つのビームライン(BL28XU、BL37XU、BL39XU及びBL43LXU)で液体窒素循環装置

の整備を進め、合計5台の装置が稼動開始した。現在稼動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21ビームラインとなった。循環装置の稼動開始から10年を超えるビームラインが増えつつあり、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

2010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、5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。

グリーン・ナノ放射光分析拠点の整備として、分光分析ビームライン(BL37XU)及び磁性材料ビームライン(BL39XU)では、蛍光X線分析法、X線吸収スペクトル計測法、X線磁気円二色性分光法等のX線分析手法において、100 nm分解能のX線プローブ光の供用を目的とし、高強度・高安定100 nm集光ビームが利用可能なKBミラー集光光学系の導入を行った。図7にBL39XUに導入したナノビーム集光装置を示す。2011年4月から立上げ調整を行い、4月下旬にはBL37XU、BL39XUとも100 nm集光ビームを実現した。図8にBL37XUにおける集光ビームプロファイルを示す。この測定では、分光器下流の輸送チャンネルスリットによりビームを垂直6 μm 、水平16 μm で切り出しており、12.4 keVにおいて集光ビームサイズは水平・垂直ともに100 nm(半値全幅)でフォトン数 10^9 photons/sと設計通りの性能が得られていることが確認された。また、輸送チャンネルスリットの垂直方向を全開、水平方向を50 μm 程度に制限した場合、ビームサイズは水平・垂直とも300 nmにてフォトン数 10^{12} photons/sという明るい集光ビームも利用可能である。安定な100 nm集光ビームを実現するために、ハッチ内壁面を断熱構造とするとともに精密空調を装備しており、実験ハッチ内の温度変動

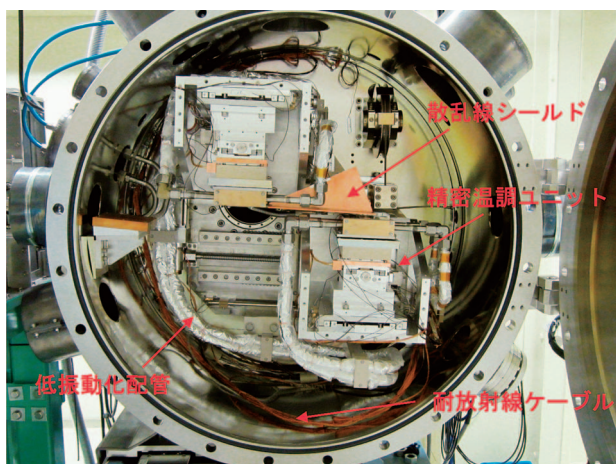


図6 安定化対策後のBL13XU分光器

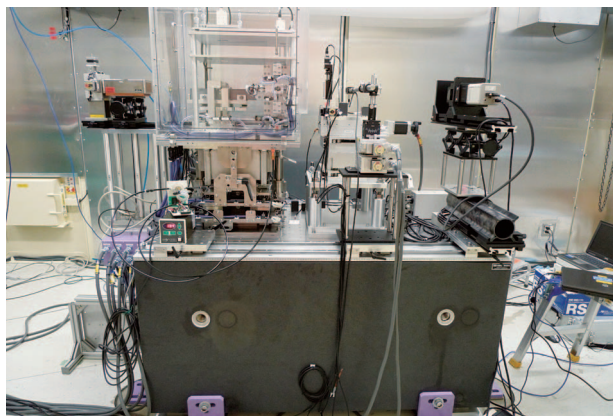


図7 BL39XU KBミラー集光装置写真

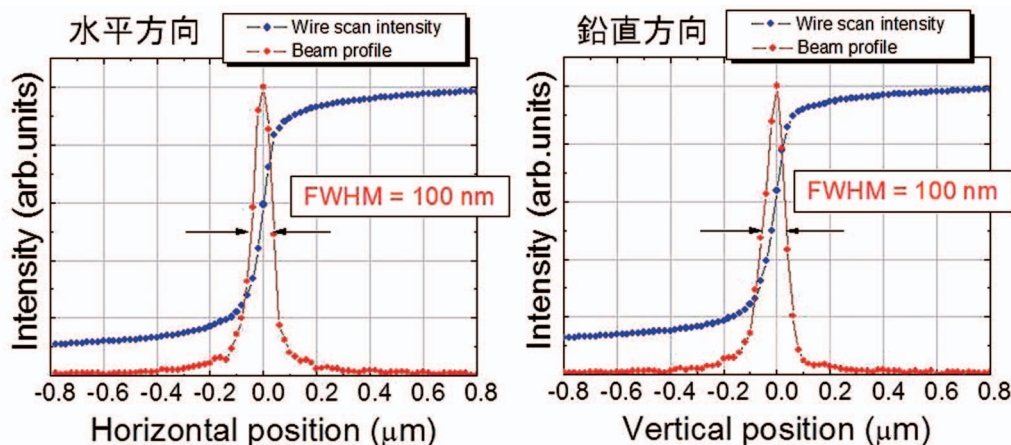


図8 BL37XUにおける集光X線ビームの形状 (左) 水平方向、(右) 鉛直方向

は $\pm 0.05^{\circ}\text{C}/\text{日}$ に安定化されている。精密な温調システムと空気の流れを考慮することで、ハッチ入退室に伴う温度変動を抑制し、かつ静穏状態を確保する工夫を行っている。形成した集光ビームを用いてテストパターンの2次元マップを測定した結果、100 nmのL&Sが解像できていることが確認された(図9)。2011A期のうちにユーザー利用が開始され、迅速な立上げ調整が行われた。

革新型蓄電池先端科学基礎研究ビームライン(BL28XU)では、マイクロビームによるQuickXAFS計測のためのKBミラー集光光学系のビームラインでの調整を行った。KBミラーとミラー調整機構は、ワーキングディスタンス100 mmとし、高強度1 μm 集光ビームを、10 keV以下のX線エネルギーにおいて利用可能とする。本KBミラー集光光学系をビームラインに導入し調整を進め、7.7 keVのX線エネルギーにおいて、図10に示すように集光ビームサイズ0.63 μm (水平) $\times$ 0.81 μm (垂直)(FWHM)、集光フォトン数 3×10^{12} (photons/s)の高強度マイクロビームを実現した。さらに、アンジュレータテーパー量に対する集光サイズの変化を評価し、3種類のテーパー量(4.5 m

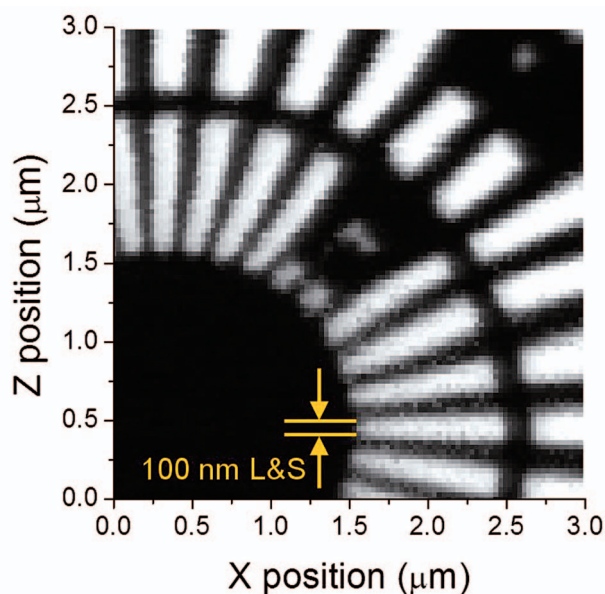


図9 テストパターンの2次元マッピング像 試料位置送りのステップは30 nm

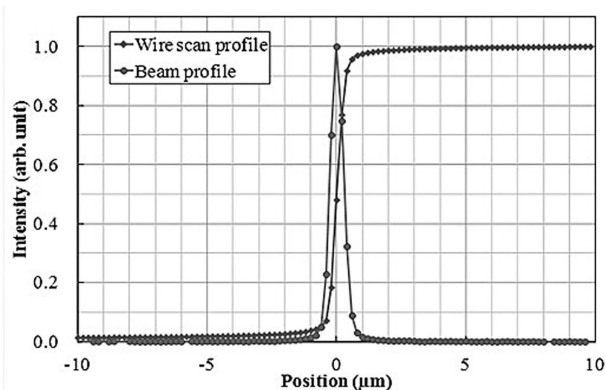
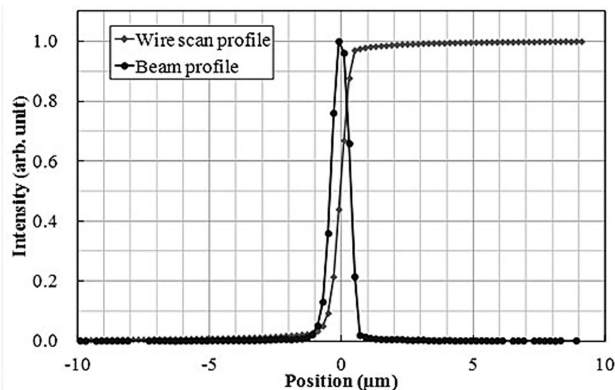
(a) 垂直方向集光プロファイル
FWHM 0.63 μm (b) 水平方向集光プロファイル
FWHM 0.81 μm

図10 BL28XU集光プロファイル(水平方向のみ仮想光源あり)

のアンジュレータ長に対して0 mm、0.5 mm、2.0 mmのテーパー量)について、集光サイズに特に影響しないことを確認した。これは、光源のエネルギー幅変更のため、アンジュレータテーパー量を変化させた際に、集光サイズが変化しないことを意味する。以上のように計画通りの光学系の立上げに成功し、利用実験が可能な状態として引き渡しを完了した。

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ミラー集光調整機構を搭載した定盤の設計、開発を行った(図11)。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。KBミラーは2010年度に光学設計ならびに装置開発を行った。1.5 m×2.5 mサイズの石定盤上に、KBミラー姿勢調整ユニットを2つ搭載し、サンプルユニットを固定したままKBミラーユニット部分を自動ステージで切り替え可能な装置設計を行った。KBミラーユニットの切り替え運用がスムーズに行えるように、KBミラーユニット部分に対する、サンプル走査用ステージや、サンプル環境調整装置、検出器等との立体配置を考慮し、分析装置として一体でKBミラー集光光学系の機器開発を行った。KBミラー姿勢調整部を交換した際に、サンプルと集光ビームの位置合わせを補助するた

め、集光ビームのX線照射領域を、45度反射鏡を利用した高分解能可視光顕微鏡により、X線上流側から観察可能とした。本ビームラインは、2012A期までにビームラインの建設を終了し、2012B期から始まるビームラインの立上げ調整後、KBミラー集光光学系のX線を利用した調整、評価を行う予定である。

(B) 高精度集光光学素子評価技術の開発

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RADSI(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に対応するために、大幅な改造を行った。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、アライン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。ラウンド形状をしている光源(XFELやSpring-8 II)への利用では、縦横の焦点距離が等しい部分回転楕円面は、KBミラー光学系よりも集光効率の点で優れている。しかしながら、ミラー表面形状の作製の困難さが原因で、現状では、理想的な表面形状を持つ部分回転楕円面は未だ実現されていない。そこで、部分回転楕円面開発の基盤技術となる形状計測法の開発を進めている。最大の課題は、ナノ集光を得るためには、曲率半径数mmの部分回転楕円形状に対して、サブナノメートルの高分解能で、100 mm以上の領域にわたって表面形状を計測することである。このため、相対角度基準スティッチング法を応用し、被検面搭載部のステージ系に関し、レーザー測長機、高分解能リニアスケールを組み込み、曲率半径数mmに対応する新たなシステムとして開発した。顕微干涉計の高速データ取得化も同時に進め、さらに、機器の低振動化を目的とし、本計測装置を搭載する定盤を石定盤に変更するなど、ハードウェアを完成した。顕微干涉計のシステムエラーの評価を行い、計測装置の安定データ取得化を進めた。

(3) 軟X線ビームライン超高分解能分光器の回折格子の評価

軟X線分光器で用いられる不等刻線間隔平面回折格子の刻線密度の精密評価を行った。図12に示すように、Littrow配置に設置された回折格子上をレーザー走査することで、これまでに開発を進めてきたLong Trace Profiler(LTP)の60 nrad以下の高精度角度計測性能を利用した微小な回折角度変化を計測する。回折角度変化を25 mradにわたりスティッチング測定できるようにステージと制御ソフトウェアを改良した。120 mm長さの回折格子の刻線密度変化を高精度に計測することに成功し、g1、g2パラメータに関して分解能10,000を超える高分解能分光器に求められる高精度で計測することができた。

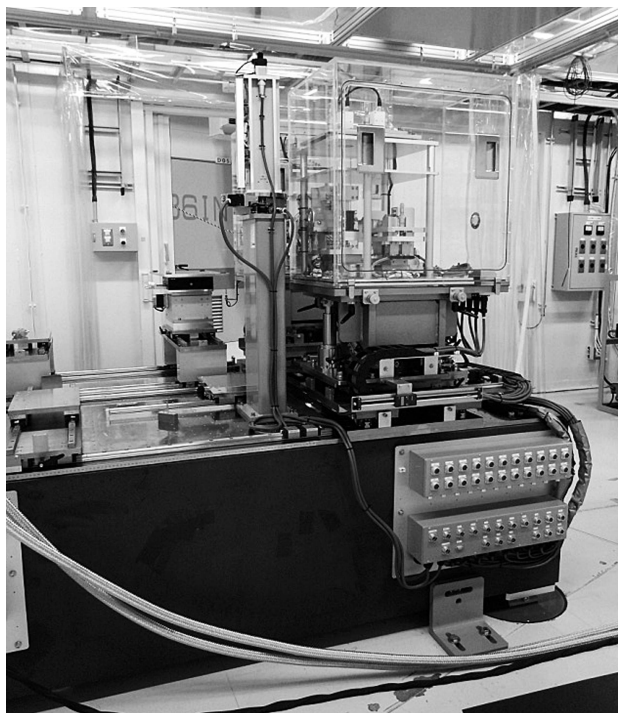


図11 BL36XU KBミラー調整機構搭載石定盤

(大橋 治彦)

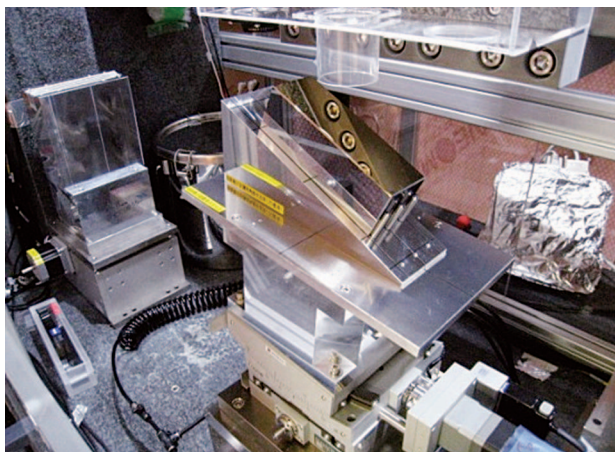


図12 LTPを用いた不等刻線回折格子の刻線密度分布の精密測定

4.2 mm、8.4 mmから導いた式を満足することを確認した。さらに、放射光を間欠化する回転円盤チョッパーの速度を遅くした場合、飽和に必要な印加電圧が高くなったことから、確かに連続X線ではなく、パルスX線に対する応答に変化していることを確認した。

(竹下 邦和、成山 展照)

光源・光学系部門

後藤 俊治

4-3 遮蔽

(1) 新規・増設ビームライン遮蔽計算

第30次変更許可申請において、ビームラインハッチ追加 (BL29XU) 及びビームライン延長 (BL33XU) に伴う遮蔽計算を実施した。また、第31次変更許可申請では、ビームライン新設 (BL36XU) に伴う遮蔽計算を実施した。

(2) 加速器遮蔽計算

モンテカルロコードFLUKAを用いて、シンクロトロン出射部付近の天井貫通孔出口における線量計算を行った。また、L2及びL3BT電子ビームダンプ周りの線量計算を行い、既存施設の線量分布データを整備した。

(3) ビームライン放射線漏洩検査

新規ビームラインの放射線漏洩使用前検査の計画作成をBL28XU、BL32XU、BL43LXUに対して行い、検査を実施した。同様に、改造等に伴う放射線漏洩使用前検査をBL04B1、BL07LSU、BL33XU、BL37XU、BL39XU、及びBL40B2に対して行った。

(4) 放射線測定手法の開発

ガフクロミックフィルムの読み取り時間短縮と高感度化のため、CCDカメラ/LED光源システムの性能試験を行っている。干渉フィルターを設置することにより感度を高められること、フィルムの方向依存性がないことがスキャナー読み取りに対するメリットである [N. Nariyama, Appl. Radiat. Isot. **70** (2012) 1214.]。しかし、コントラストのついたフィルムに対しては、スキャナーに劣る [N. Nariyama, World Congr. Med. Phys. 北京, 2012]。線量計のCCDカメラ読み取りは増えつつあり、短所を克服し実用に向けた開発を継続する。

電離箱については、XFELのようなパルスX線に対するイオン再結合特性の印加電圧とX線強度への依存性について明らかにした [N. Nariyama, Rev. Sci. Instrum. **83** (2012) 016104.]。その後、極板間隔18 mmの測定を新たに行い、