3-3-2 理研ビームライン

理研ではSPring-8におけるビームライン利用技術の研 究開発と放射光利用研究の推進を目標に、1997年の SPring-8供用開始当初から、構造生物学ビームライン I (BL45XU) 及び構造生物学ビームライン II (BL44B2) を運 用している。それ以降、物理科学ビームライン I (BL29XU) の蓄積リング棟内部、1 km実験ステーション(BL29XUL) 及び27 mアンジュレータビームライン (BL19LXU)、構造 ゲノムビームライン (BL26B1 & B2)の建設を進め、2004年 秋から物理科学ビームラインⅢ(BL17SU)の本格運用を 開始している。さらに、文部科学省ターゲットタンパク研 究プログラムのタンパク質微小結晶構造解析ビームライン として、1 μmの集光ビームサイズを持つターゲットタン パクビームライン(BL32XU)の建設を進め、2010年度か ら利用を開始した。現在、構造生物学関連4本、物理科学 関連4本の理研ビームラインで順調に利用実験を行ってい る。また、X線非弾性散乱研究用の量子ナノダイナミクス ビームライン (BL43LXU) では2011年秋に初ビームを観 測しており、現在調整運転を進めている。

基盤研究部は、生命系放射光利用システム開発ユニット、 物質系放射光利用システム開発ユニット、軟X線分光利用 システム開発ユニット、X線イメージング利用システム開 発ユニットの4ユニットで構成される。以下では、ユニッ ト毎に運用中のビームライン(BL26B1&B2、BL32XU、 BL45XU、BL19LXU、BL44B2、BL17SU、BL29XU)及 び立上げ調整中のビームライン(BL43LXU)について報 告する。

(山本 雅貴)

1. 構造ゲノムビームライン I & II (BL26B1、BL26B2)

BL26B1、BL26B2は構造ゲノム研究や基質複合体解析な ど、膨大な数のタンパク質結晶からの迅速かつ簡便なX線 回折強度測定を目的とし、回折強度チェック、連続データ 収集を含めたビームラインの自動運転を行っている。 SPring-8標準の偏向電磁石ビームライン光学系を採用し、 光学系・実験ステーションを含めたビームライン全体の制 御の為、ネットワークを介したクライアント/サーバ型の 実験スケジュール管理ソフトウェアBSS(Beamline Scheduling Software)^[1]を開発した。これらのシステム を活用しサンプルチェンジャーSPACE(SPring-8 Precise Automatic Cryo-sample Exchanger)^[2]を利用したビーム ライン自動運転及びWebインターフェースを備えたデー タベースD-Cha(Database for Crystallography with Home-lab. Arrangement)^[3] を活用したメールイン・デー タ収集を行っている。さらに2011年度より、従来から JASRI制御・情報部門及び構造生物グループと共同で開発 を進めていた、遠隔実験システムの利用を開始した。現在 共用ビームラインBL38B1にも同システムを導入し運用中 であるが、今後引き続き挿入光源ビームラインへの導入を 目指し、システムの高度化開発を進める予定である。

また2011年度はBL26B1の2次元CCD検出器SaturnA200 (リガク製)について、画像読み取り回路の低ノイズ化を目 指した改造・高度化を行った。標準のAD変換速度を2MHz から1MHzまたは500kHzに選択可能とし、さらにADU 出力値を18bit化し読み取りノイズを削減してデータ精度 の向上を目指している。さらにソフトウェアの高度化を行 い、実データによる性能評価を行う予定である。

一方、サンプルチェンジャーSPACEの高度化として、 実験効率化の為に試料ストレージの大容量化を図ってい る。ストレージ部の駆動機構を並進二軸から回転及び並進 の二軸に設計変更を行い、周辺機器と干渉することなくス トレージ部の大容量化を実現するものである。これにより、 ストレージ容量はUni-Puckを利用した場合、従来の4倍 (128サンプル)となる。2011年度は試作品を作成し、 BL26B1にて試験運用を行った。

また、偏向電磁石ビームライン光学系の高度化を目指し たサジタル集光光学系のR&Dを2010年度に引き続き JASRI、原子力機構、理研共同で実施した。サジタル集光 は二結晶分光器の第二結晶を光軸に直交する方向(サジタ ル方向)に円筒状に湾曲させて集光を行う。サジタル結晶



図1 BL26B1実験ハッチ現状

を湾曲させた時に光軸方向に発生するアンチクラスティッ クベンディング効果が集光精度を低下させる問題点が指摘 されていた。2010年度までに、有限要素法及びレイトレ ースシミュレーションを用いて設計・制作したSi (111) サ ジタル結晶により、アンチクラスティックベンディング効 果が低減され、従来のサジタル結晶と比較してフラックス ゲインの向上などの集光性能の安定化が実現できている。 2011年度は、新たに作成した同デザインのSi (311) 結晶に よる高エネルギー領域でのサジタル集光の性能評価実験を BL26B1で実施した。新しいSi (311) 結晶ではアンチクラ スティックベンディング効果が低減されており、高エネル ギーX線に対してもSi(111)結晶と同様にタンジェンシャ ルミラーとの組み合わせによる2次元集光が利用実験に有 用であることが確認された。また、Si (311) 結晶で可変傾 斜配置光学系を運用することにより、6 keV~35 keVの 広いエネルギー領域での高フラックスデンシティの2次元 集光の利用実験が実現できる。今後は第一結晶及び結晶の ベンド機構の改良を含め、より安定したサジタル集光光学 系の開発を進める予定である。

参考文献

- G. Ueno, H. Kanda, T. Kumasaka and M. Yamamoto: J. Synchrotron Rad. 12 (2005) 380-384.
- [2] H. Murakami, G. Ueno, N. Shimizu, T. Kumasaka and M. Yamamoto: J. App. Cryst. 45 (2012) 234-238.
- [3] N. Okazaki, K. Hasegawa, G. Ueno, H. Murakami, T. Kumasaka and M. Yamamoto: J. Synchrotron Rad. 15 (2008) 288-291.

(上野 剛、村上 博則、二澤 宏司)

2. ターゲットタンパクビームライン (BL32XU)

近年の医学、生命科学研究では、構造解析がより困難で ある疾病や重要な生命現象に関わるタンパク質群に重点が 置かれ、超高輝度マイクロビームを用いた難構造解析サン プルに対応したX線結晶構造解析が望まれている。そこで、 文部科学省『ターゲットタンパク研究プログラム』の解析 課題として、理研ターゲットタンパクビームライン BL32XUの研究開発を進めている。2011年度は、より効率 良くタンパク質の結晶構造決定を行うための装置開発・測 定技術開発を重点的に行った。2010年度に引き続き、ター ゲットタンパク研究プログラムのポータルサイトを通じビ ームタイム配分及びユーザー実験の利用支援を行った。

微小タンパク質試料結晶の放射線損傷について、標準タ ンパク結晶試料を用いた損傷伝播距離測定実験を行い、ユ ーザー実験において結晶のサイズ、ビームサイズ、フラッ クス密度、露光位置変更の際のステップ距離などを入力す れば、測定条件を提案するシステム(図2: KUMAシス テム)を開発した。この結果、高精度データ収集が実現し これまで困難であった構造解析が可能となりつつある。

微小結晶を用いたバックグラウンドの低下によるS/N 比向上も極めて重要なビームライン技術の一つである。 S/N比が向上すれば、低Doseでも同等品質のデータ収集 が可能になるため、特に損傷がシビアな微小結晶では有効 な実験効率化の手段である。このため、試料雰囲気をHe 置換できるHeチャンバを開発した(図3)。このHeチャ ンバはSPring-8で開発した試料交換ロボットSPACEと連 携して動作し、試料交換時にチャンバ内部のHe濃度が大 幅に下がらないというメリットがある。He雰囲気でない 散乱パターンを同じカメラ長、同じエネルギー、同じフラ ックスで測定するとビームストッパー周辺で、およそ 1/10程度のバックグラウンドとなっており、実サンプル を用いた測定でも回折プロファイルの改善やS/N比の向 上があった。

また、解析が困難な試料の結晶化条件探索を迅速に進め るため、結晶化等に使用されているマイクロプレートの標 準規格である ANSI/SBS 規格の結晶化プレートをそのま まビームライン上に設置し、BL32XUの微小X線ビームに よって走査検索することを可能とするプレートスクリーニ ングシステムを開発した (図4)。同様にさらに、Lipidic Cubic Phase 法のための結晶化プレートをスライドガラス



図2 開発した KUMA システム



図3 回折計に設置したHeチャンバ



図4 SBS プレートスクリーニングシステム

大 (25×75 mm) にカットしたものをゴニオメータ上に 設置できるように簡易版プレートスクリーニングシステム の導入も行った。

参考文献

[4] K. Hirata, G. Ueno, A. Nisawa, Y. Kawano, T. Hikima, N. Shimizu, T. Kumasaka, H. Yumoto, T. Tanaka, S. Takahashi, K. Takeshita, H. Ohashi, S. Goto, H. Kitamura and M. Yamamoto: AIP Conf. Proc. **1234** (SRI2009) pp. 901-904.
(平田 邦生、河野 能顕)

3. 構造生物学ビームラインI (BL45XU)

BL45XUは、タンパク質の溶液中の構造やその動的変化、 高分子材料の構造と機能・物性などのナノスケールの構造 解析をX線小角散乱測定により進めている。ビームライン の構成は垂直偏光のタンデムアンジュレータを光源とし、 合成ダイヤモンド結晶を分光素子としたビーム分岐・単色 化機構を備え、実験ハッチA及びBにて同時に実験が可能 な特徴を持つ。実験ハッチAはX線小角散乱実験装置が 設置されている。実験ハッチBはタンパク質結晶回折測定 からX線中広角測定用に改修し、運用試験を行っている。

実験ハッチAに設置されているX線小角散乱実験装置 は、高輝度であると同時に単色性が高くかつ寄生散乱を抑 えた光学系設計により高い小角散乱分解能を実現している。 全ビームタイムの20%をJASRI共同利用課題に供出し、 80%を理研として利用している。しかし、建設から10年が経 過し、部分的に放射線損傷などによる機械的劣化が著しく、 所期の性能を発揮することが困難になってきていたため、 2006年度からはダイヤモンド二結晶分光器の改修、2010年 度は実験ハッチAに無散乱スリットやフォトンカウンティ ング型2次元検出器(Pilatus 300K-W; DECTRIS製)を導 入し、微弱散乱強度の測定精度の向上を進めてきた。

2011年度は2010年度に導入した Pilatus 300K-Wの特性

を最大限引き出すため、同検出器に最適化したビームライ ン測定制御ソフトウェアを開発した。本ソフトウェアは GUI操作によりストップドフロー装置を用いた高速時分割 測定や試料ステージとの連動が可能であり、様々な測定が 簡便に操作できるよう設計されている。さらに、イメージ インテンシファイアー用のCCD検出器を更新した。光学 系コンポーネントにおいては老朽化したフロントエンドス リットを更新するとともに、実験ハッチAの二結晶分光器 のダイヤモンド結晶をラウエ-ブラッグ配置からブラッ グ-ブラッグ配置に変更することにより第一結晶の品質と スループットを上げて実験ハッチAでの単色X線ビーム の性能向上を行った。この改良により、波長0.9 Åでのロッキ ングカーブは6.0から3.6 arcsec、試料位置でのビームサイズ は650×150 µm²から400×50 µm²へ減少し、フラックスは 2×10^{12} photons/secから5×10¹² photons/secへ増加し、ビ ーム中心でのフラックス密度は2.0×107 photons/sec/µm² から 2.5×10^8 photons/sec/ μ m²へと一桁向上した。この 結果、時分割測定の時間分解能向上と小角領域でのS/N 比の向上が達成された。ビームサイズの縮小化にともない、 微小ビームを必要とした GISAXS 用の試料ステージの導 入を進めている。

運用面では、構造生物学や材料科学の利用研究の支援を 進めるとともに、XFEL利用研究に向けた装置開発の評価 実験を進めている。加えて、タンパク質機能・構造相関研 究へのX線溶液散乱実験の利用促進及び新規ユーザー開拓 を目指した利用支援を展開している。

(引間 孝明)

4. 物理科学ビームラインII (BL19LXU)

BL19LXUは、27 m長真空封止アンジュレータを光源と するX線ビームラインである。2000年度にビーム導入、 実験ハッチ1~3の立ち上げが完了、2001年度には実験 ハッチ4の利用が開始された。以来、光学ハッチでは、 MOSTAB(分光器安定化システム)や縦集光ミラーの設 置(2004年度)とその直下流位置での4象限スリット設 置(2010年度)など高度化を進めてきた。また、整備と して、2010年度にフロントエンドスリット位置調整に加 え可動マスク位置の再調整を行った。実験ハッチでは、シ ングルパルス利用のための高速回転シャッターの導入(実 験ハッチ2、2009年度)、K-Bミラーによる100 nm サイズ の集光(実験ハッチ4、2010年度)を行った。また、各 実験ハッチの上流上部に放射光ビームの位置と一致するよ うにレーザーマーカーを整備し、装置設置の際の粗調と真 空パスの設置が迅速に行えるようになっている。2011年 度は、維持調整として、実験ハッチ2に設置されているフ ェムト秒パルスレーザーシステムのQスイッチパルスレー ザーの入れ替えを行い、安定したレーザー出力が得られる ようになった。このシステムを用いて、夏の学校、ケイロ



図5 時間同期型フェムト秒パルスレーザーシステムに整備されたQスイッチレーザー装置

ンスクールなど、講習レベルのデモストレーションも確実 に行えるようになった。

各実験ステーションでは高輝度光源を有効利用した実験 の他、次世代光源に向けた新しい測定法の開発が進められ ている。2007年度~2010年度でX線自由電子レーザー (XFEL)利用推進研究にも利用され、2011年度では、そ の継続的な課題も実行された。以下に2011年度行われた 主な研究項目を実験ステーションごとに示す。実験ハッチ 1では、X線パラメトリック変換過程の基礎実験、硬X線 光電子分光実験、磁気散乱実験が行われた。実験ハッチ2 では放射光パルスに時間同期させた超短パルスレーザーを 用いてピコ秒時間分解X線回折実験が行われた。実験ハッ チ3では天井高さ4.5mのオープンハッチで大型機器の導 入が可能となっており、X線励起下での走査型トンネル顕 微鏡による表面物性研究が行われた。また、実験ハッチ1 ~3を使って、コヒーレンスを利用したX線光子相関分光 法によるソフト界面のダイナミクス研究が行われた。実験 ハッチ4では達成した100 nmビームを用いたX線磁気散 乱マッピングが行われた。

(田中 義人、伊藤 基巳紀、玉作 賢治)

5. 物質科学ビームライン (BL44B2)

BL44B2は、高エネルギー粉末回折法を利用した物質科 学ビームラインである。主な研究分野は、新奇機能性物質 の物性発現機構を電子レベルの構造をもとに解明する構造 物質科学の研究である。そのために、高い統計精度かつ高 い角度分解能の粉末回折データが短時間で得られるよう、 光学系の最適化、回折計の設計がされている。

具体的には、Si (111)の二結晶分光器により単色化さ れたX線は、白金コートされたシリコンのベントシリンド リカルミラーによって、高次光の低減、鉛直方向及び水平 方向の集光を行っている。実験ハッチで得られるビームサ イズは、粉末試料を封入するガラスキャピラリーの形状に 合わせて、鉛直方向が0.2 mm、水平方向が3 mm 程度に 最適化されている。利用可能なエネルギー範囲は12.4 keV から33.5 keVとなっており、特に、高エネルギーを利用 することにより、重い元素を含んだ物質においても、吸収 補正の必要のない高い信頼性のデータを得ることが可能で ある。試料位置でのフォトンフラックスは、水平方向の集 光により約10¹¹ photons/sec に達する。

実験ハッチ2には、2次元検出器イメージングプレート (IP)を備えたカメラ半径286.48 mmのデバイシェラーカ メラが設置されている。IPの手前に10 mmのスリットを 設置しIPを動かすことにより、1枚のIPに最大20データ を記録することが可能である。そのデータは、実験ハッチ の外にあるリーダーにより、20で75度までを0.01度間隔 で読み出される。また、窒素ガス吹き付け型の装置により、 試料の温度を大気中で容易に約90 Kから1000 Kまで制御 することが可能である。

以上の標準的なセットアップに加えて、CCDアレイか らCMOSフラットパネル、1次元及び2次元Si半導体検 出器までを必要な時間分解能と検出面積に応じて使い分け ることが可能となっている。また、様々な in-situ 回折実験 に対応するべく、物質科学研究で不可欠な温度変化に関し ては、室温データの質に匹敵するデータが液体窒素温度以 下でも得られるよう、元々単結晶用に作られた Open-flow Heクライオシステムを導入し、キャピラリー粉末用に最 適化を行った。これを利用すれば、15 Kまで窓材からの 散乱のない高品質なデータが得られるだけでなく、液体窒 素温度以下でのみ起こる光誘起相転移現象や水素ガス吸着 現象の観察が可能となる。さらに、吹き付け装置では到達 不可能な極低温領域 (~3 K) をカバーする Close-flow He クライオを組み込んだ回折計を粉末回折計とドッキング可 能なように設計を施し、超伝導物質の研究に寄与するだけ でなく、薄膜試料の電場印加実験も実施している。最近で は、温度だけでなく湿度を制御することができるキャピラ リーセルを開発し、電解質材料等に応用されている。

(加藤 健一)

6. 物理科学ビームラインIII (BL17SU)

BL17SUは、軟X線領域の各種分光・計測技術やビーム ライン要素技術の高度化を図り、先端的な光科学研究や物 質科学研究の推進を主な目的として、理化学研究所専用の 軟X線アンジュレータビームラインとして運用されてい る。研究を多角的且つ効率的に推進するため、ビームライ ンは排他的利用形態となるブランチa、ブランチbに分岐 した構成となっている。それぞれのブランチには恒温ブー スによって精密に温度調節された超高分解能回折格子分光 器が整備され、エネルギー的に安定した高輝度軟X線ビー ムを各ブランチに配備された実験ステーションに供給して いる。各種調整運転の後、2004年の秋から本格的な運用 を開始しており、2005年の秋からは全ビームタイムの 20%をJASRI共同利用課題にも供出している。

ブランチaでは、主要実験ステーションの1つである高 分解能光電子分光ステーションにおいて先端物質科学の実 験的研究が行われ、そしてもう1つの主要装置である高効 率軟X線発光ステーションにおいては、各種溶液系試料の 電子状態を観察するための軟X線発光分光実験が2010年 度に引き続いて進められた。ユーザー持ち込みエリアでは、 JASRI共同利用課題として、分光型光電子・低エネルギー 電子顕微鏡(SPELEEM)を利用した顕微分光実験が行わ れている。2011年度からは、ナノ表面界面などの表面科 学、またMRAMなどの産業利用あるいは"はやぶさ"サ ンプルの観察など、幅広い分野で活用されている。特に最 近では、レアメタルフリーの磁性材料研究も展開されてお り、様々なユーザーと共同して利用実験が進められている。

ブランチbでは、常設の実験ステーションの1つである 軟X線回折実験装置による長周期秩序物質の電子状態の直 接観測などが2010年度に引き続いて行われた。またブラン チbの末端にある表面科学実験ステーションでは、表面科 学に関する研究が高分解能光電子分光法や軟X線発光分光 法などにより2010年度同様精力的に行われた。この他2010 年度末に導入された新たな後置鏡システムの調整運転が行 われ、試料位置でのスポットサイズが~22(H)×3(V)μm² 程度の集光ビームが利用可能であることが確認された。こ のエリアは持ち込み装置用のステーションとして整備さ れ、2011年度には持ち込み装置の切り換えが円滑に行え るような切り替え機構等の整備も行われた(図6参照)。

a、b両ブランチとも、挿入光源のヘリカルアンジュレ ータモードを用いた左右円偏光、擬似水平・擬似垂直の各



図6 持ち込み装置用の実験ステーションに整備されたステーション切り替えレールと2つの滑車式架台に搭載された 実験装置。手前が液体分子線光電子分光実験装置、奥側 が時間分解型軟X線発光分光器である。

アンジュレータモードによる水平・垂直の各直線偏光の利 用がされており、偏光特性を積極的に利用した先端的研究 の展開が鋭意図られている。

(大浦 正樹)

7. 物理科学ビームライン I (BL29XU)

BL29XUは全長が約1 kmの長尺ビームラインである。 アンジュレータを光源とする硬X線ビームラインで、タン デムに配置された4つの実験ハッチを有する。1998年に 実験ハッチ1(光源から52 m)までの部分が完成し利用 が開始された。2011年夏より凍結生体試料の回折顕微鏡 実験のための実験ハッチ2(光源から58 m)の建設がな され2011年度末に完成した。これに伴って、これ以前に 下流に建設されていた長尺棟内の実験ハッチ4(2000年 に完成、光源から987 m)、蓄積リング棟内最下流部の実 験ハッチ3(2004年度末に完成、2005年から利用開始、 光源から98 m)の名称を変更した。

本ビームラインでは、可干渉性X線(コヒーレントX線) を用いた利用研究が主に行われている。2011年度も、高 感度のX線回折顕微鏡、高精度K-Bミラーによる回折限界 集光、K-Bミラーを用いた走査型蛍光X線顕微鏡、X線磁 気散乱などの多岐にわたる研究が進められた。また、X線 自由電子レーザーに向けた光学素子や検出器の評価・開発 も精力的に行われた。

新設された実験ハッチ2は、側面や天井面など壁面に厚 さ66 mmの断熱材を敷設し、吸気ダクトにリング棟施設空 調をつなぎ、排気ダクトのファンを用いて、1時間辺り10回 換気を実現できる設計とした。これで0.5~1度(PV)の温 度安定性が保証される。将来、吸排気ダクトを入れ替えて、 精密空調機を導入し、その空気を入れる事で、0.1度(PV)の 温度安定性に向上できるという設計とした。温度安定性を 確保し、集光プローブを用いたタイコグラフィー法(走査 型回折顕微鏡)実験など、低ドリフトを厳しく要求する実 験を非常に高い精度で実施できる様に設計した。

2010年度から、実験ハッチ3の上流側に設置されてい る生物・医学利用用の走査型蛍光X線顕微鏡のユーザーフ レンドリー化を進めるため、制御ソフトを根本的に見直し ているが、2011年度は、ソフトの英語対応なども開始さ れた。

リング棟から長尺棟にかけて、64軒のポンプ小屋があ り、高低差1mで2本の真空パイプが通っている。約5年 ぶりにポンプ小屋の地盤沈下を補正する作業を2012年3 月に実施した。この際、GPSの測量結果などを元に2次元 的にパイプ位置を補正した。一方、パイプのサポート部の 錆がひどかったため、塗装作業を2011年12月から2012年 1月にかけて実施した。

(香村 芳樹、玉作 賢治)

8. 量子ナノダイナミックスビームライン/ Quantum NanoDynamics Beamline (BL43LXU)

BL43LXU saw first light in the fall of 2011. In the following, we describe the status and progress with some specific items. Aside from projects done by external companies, the in-house work has largely been done by members of the Materials Dynamics Lab with assistance on some projects by members of JASRI, and RIKEN, or, occasionally, members of the RIKEN beamline support group. In an effort to preserve some record of issues encountered, the following tends to emphasize problems. In general, however, the beamline is performing well, and, at the end of the 2012A run it was even possible to spend a few weeks doing some first test experiments.

Insertion Device: Commissioning began with only one of the expected three 5 m IDs. Performance was generally very good, especially after a design error (that led to local heating depending on gap and orbit) was corrected. The flux on the sample is noticeably larger (~20 to 30%) than BL35XU.

Front End: Mostly very good, though we are not yet at full power with only one of the three 5 m IDs installed. One encoder (on the front-end slits) had to be replaced.

Mirrors (M1, M2, M3): The beamline has 3 mirrors, of which the first, M1 is an LN_2 cooled long mirror (downward reflecting, ~2.1 mrad grazing angle) to reject harmonics and reduce the heat-load on the mono, and the second, M2, (upward reflecting, 2.1 mrad grazing angle) is for returning the beam to the horizontal and the third, M3, is a elliptically bent cylinder for focusing the beam onto the sample. M1 and M2 were specified to have large horizontal travel ranges to allow use of either bare silicon (for maximum harmonic rejection) or a Pt covered strip.

However, the delivered benders had the wrong bellows, so that the motion was not within spec. This was corrected, with the finally achieved ± 27 mm motion almost within the ± 30 mm specification. It was hoped that given the specified 0.3 microrad slope error on M1 and M2 that these mirrors could be used to collimate or to focus the beam. The use of M1 and M2 together, however, increases the beam divergence by ~10 micro-radians. This is now under investigation: M2 was measured and seems to be within the 0.3 urad spec. Also, there was no evidence of vibrations of the beam passing through M1 and M2, suggesting, that, at the microradian level the care used to design M1 to avoid vibrations (general design, and its large size - $100 \times 100 \times 1300$ mm³) was successful. What remains is to check the surface quality of M1 (now, the summer of 2012, in progress), and to consider effects of mounting the indirect cooling blocks onto this mirror. Note, the Cu blocks, pressed against the mirror sides with In foil to promote heat conduction, had adhered to the silicon and required a special jig for removal (which was done successfully).

Liquid Nitrogen Cooling Systems: After some fine tuning, the two systems (one for M1 with 7 refrigerators and one for the mono with 4 refrigerators) seem to be mostly reliable. One notes there is a steady loss of LN_2 from the systems that requires some LN_2 be added form tanks on a regular basis (about once every 6 to 8 weeks). Also, whereas one refrigerator had initially been enough to keep M1 cold in the absence of beam, by spring of 2012 two were required for this. Possibly, this is due to slow degradation in the refrigerator cooling power.

Vacuum Systems: M1 and M2 are both ion pumped to avoid vibrations. Both of these systems seem to generally run at slightly poor, but acceptable, pressures, $\sim 10^{-5}$ Pa. However, one should note that the pressure of M1 increased strongly as the flux was increased. Thus the M1 chamber will require some additional baking and/or conditioning. Also, possibly as a result of radiation damage, two controllers for the turbo-pumps used as first-stage pumping for M1 died.

Radiation Shielding: Radiation surveys were finally fine. There was a problem with some small leakage noted during a test of one flight path when it was filled with air. This was solved by increasing the shielding.

High Heat-Load Monochromator: The mechanics of this setup, with two independent rotation stages, the first crystal at fixed position along the beam (i.e. only the second crystal translates for fixed exit), and with LN2 cooling on only the first crystal, seems to be quite good. The Si (333) harmonic rocking curve at ~60 keV was generally good (~2.5 µrad, up to heat load) after re-mounting of the second crystal (the first mounting was strained). Meanwhile, fast vibrations seem to be only at the level of ~0.25 µrad, rms, which is quite good. However, all of the electronic encoders (theta 1, theta 2 and Y2), made by Renishaw, failed during the first year and are being replaced during the summer shutdown. This might be the effect of radiation damage, and therefore radiation shielding is also being increased. Also, the angular encoders, which were specified at 0.02" resolution, seem only to be reliable at 0.08" resolution. This is under investigation.

Offset Crystals: Two reflections (Si (111), (220) or (400), depending on setting) are used to translate the beam vertically by ~400 mm and to reduce the heat load onto the backscattering crystal. These optics are mounted on a long table upstream of the backscattering monochromator. This table, as compared to BL35XU, initially seemed to be somewhat unstable. However, over a ~1 to 2 week period when the hutch is closed, these optics stabilize. Performance has now improved due to adding thermal shielding and to more care in keeping the hutch door closed. Also notable is that one stage (a special design by Kohzu, based on a previous design, but less robust) has the motor relatively close to a mechanical support for the crystal - and for this even small scans of the motor lead to temperature changes in one weight bearing part. This is ok for occasional scans (as is used in normal operation) but can lead to angular drifts when many scans are done (alignment of new crystals).

Backscattering Monochromator: This generally seems to perform reasonably, with desired resolution. However, the thermal control is slightly sluggish. Some changes to the control setup (using an SRS temperature controller) slightly improved things, however, probably this is mostly due to the large thermal mass of the monochromator, as compared to BL35XU. This is a slight irritation for some setup issues, but is survivable.

Spectrometer Mechanics: These, including the large granite stages are now, after a lot of fine-tuning, performing well. Specific issues included shape changes as the vacuum flight path was evacuated, integration of the encoders, the complex air interlock system for the airpads and brakes, extremely poor two-theta motion until the motor was replaced by a harmonic driver, installation of the cable trays and analyzer cables, the lack of some gear reducers, changes in design to some of the slits, proper installation of tilt sensors. These issues are now either fixed or in progress. Over-all, performance is now good.

Analyzer Array Mechanics: This includes both highresolutions stages (2 for each for 42 analyzer crystals) and a slit assembly to control the analyzer acceptance. Both of these performed generally poorly, with several of the analyzer stages not reproducing or getting stuck, and with the slit being both non-uniform and then not moving properly. These are being repaired during summer shutdown. There was one instance where a (vendor-installed) hose broke, leading to flooding of the vacuum chamber. The design was then modified.

Analyzer Temperature Control: This system, with up to 84 channels of mK temperature control and ~200 temperature sensors planned, was done entirely in-house to save money, space, and because the system has somewhat unique requirements. For the present setup, with 24 control channels and ~100 sensor readouts it seems to perform very nicely, after the usual debugging and on-line improvements.

Analyzer Crystals: These are probably the single most difficult component to fabricate at the beamline. There are presently 24 analyzer crystals installed of 42 possible. Of these, 14 are cast-off crystals from BL35XU and 10 are new crystals made specifically for BL43LXU. However, the company changed from the work at BL35XU to BL43LXU, with the old company essentially downsizing, and the analyzer crystal design changed. The analyzer fabrication process, which took years to make work at the first company, is still being improved with the successor, and there is a lot of work needed However, with a lot of input from SPring-8, the new company is improving the fabrication process. It seems for the first batch of crystals from the new company, the largest issue may have been strain that was introduced by a nominally strain free polishing technique. This, along with other fabrication steps, is being modified. Notably, significant time at BL43LXU was also spent to investigate the quality of raw silicon ingot material - it was seen that whereas an early 6" ingot seemed to be of good quality (ie: good resolution over most of the surface area), a second ingot, delivered later, was not. We are now continuing with 4" material, which appears to be more reliable.

Analyzer Cross-Talk: Beam from one analyzer scattering into a detector that is designed for a different (neighboring) analyzer is called cross-talk. This results from the relative closeness of the detectors for the different channels, and from an imperfect analyzer focus. This is presently $\sim 5\%$ which is large, and will be reduced by installation of a collimator and by improvement of the analyzer crystals.

IXS Detectors: Lots of work was required to optimize the IXS detectors which were initially noisy (~0.01/s dark rate when installed). After several iterations that included changing of cabling, and the amplifier electronics, and improved shielding this has been improved to the level of ~0.002/sec (depending on channel), which begins to be acceptable for the envisaged low-rate experiments.

Software and Control: The control system is a SPEC user interface talking to some equipment directly (ethernet or USB) and controlling motors using the SPring-8 EM system on VME crates. The low-level software, after some finetuning, is working well, as is the SPEC interface. The SPEC interface uses a set of up to ~10 interlocking spec programs exchanging data using shared arrays. Three of these (one for the high-heat-load components, one for all user controlled motors and one for temperature scans) are directly user accessible, while the remaining ones are designed mostly for indirect use. Additional software is available for processing the collected data.

To summarize, after many small changes and improvements (mostly expected for an instrument of this size and complexity), the beamline seems to be working reasonably well for some classes of experiments. The poor analyzer performance, which will certainly improve with time, is probably the largest problem, while the lack of vibration for the monochromator is probably the largest improvement (qualitatively) over BL35XU. Presently the beamline is suitable for slightly lower resolution (2 to 7 meV experiments). While the flux onto the sample is significantly (20 to 30%) better than at BL35XU due to both a better ID and better mono performance (higher cooling, lower vibration) the over-all performance is hurt by the analyzer crystal quality improving this is the highest priority. The completion of the full 15 m ID, planned for the fall of 2012 will also be very much welcome.

(Alfred Q. R. Baron,)