

タセット測定が可能である。測定したデータはビームラインに装備されたワークステーションにおいてその場でデータ処理することができ、解析結果をフィードバックしながら効率的なデータ収集を行うことができる。またユーザーによる波長変更、ビームアライメント、吸収端測定を簡便に行うため、LabVIEWベースのGUIソフトウェア群を装備している。これらのソフトウェアは特に多波長異常分散を利用した回折データ測定(MAD法測定)に威力を発揮している。また、0.6 までの短波長X線を利用した超高分解能X線回折実験や、白色X線を用いたラウエ法による時間分解X線回折実験なども可能であり、ユーザーに公開されている。

2000年度に行われたビームラインの改良点は以下の通りである。

3.1. 顕微分光装置の導入

以前より、X線による結晶試料のダメージを軽減するため100K付近での低温X線回折実験が定法となっているが、これに付随して低温条件下で結晶内反応中間体を捕捉し、反応中間体の構造解析を行う実験例が徐々に増加してきた。この場合、結晶内での反応中間体の生成をX線回折とは別の方法で確認する手段が必要になるため、実験ハッチ内でX線回折実験を行いながら、結晶の可視吸収スペクトルを同時測定するための顕微分光装置を製作、設置した。この装置は市販の落射型光学顕微鏡を改造したもので、直径100ミクロン程度の領域の透過スペクトルを測定することができる。これまでに、バクテリオロドプシンや一酸化窒素還元酵素などの結晶を用いて、低温条件下で結晶内に生成した反応中間体の可視吸収スペクトルの測定に成功しており、X線回折実験と組み合わせた構造解析研究が進行している。

3.2. ヘリウム吹き付け低温装置の導入

X線による結晶試料のダメージの更なる軽減、温度因子低下による回折データの質的向上を目指して、ヘリウム吹き付け低温装置の導入を行った。本装置は理学電気製であり、試料位置で35Kまでの試料冷却が可能である。

上記2つの装置はユーザー実験に公開されている。

4. 物理科学ビームライン (BL29XUL)

BL29XULは全長が1kmの長さを持つ長尺ビームラインである。蓄積リング棟内の光源から60mまでの部分は1998年に完成した^[1, 2]。その後2000年に長尺部分の拡張が完了した^[3, 4]。この長尺部分の完成によって、本ビームラインの研究目的である可干渉X線を用いたX線光学の研究が本格的に行えるようになった。

4.1. ビームライン

ビームラインの長尺化に備えて2000年3月に分光器の冷却方式がこれまでのピンポスト結晶を用いた直接水冷方式から、液体窒素による間接冷却方式に変更された。この液体窒素冷却装置は250Wの冷却能力を持つヘリウム冷凍機を3台用いて閉ループにて液体窒素を循環させるものである^[5]。液体窒素冷却装置の導入当初は液体窒素循環による分光器の振動や熱負荷による二結晶の平行性やエネルギーのドリフトなどに大きな問題を抱えていた。これらの問題は2000年を通して行われた装置改良の結果大きく改善された。この冷却システムの性能を示すものとして、Fig.1に熱負荷を0.5から約500Wまで変化させた時の実験ハッチ1で得られるビーム強度を示す。測定の条件は挿入光源のギャップ9.6mmでフロントエンドスリットの開口を1×1mm²とし、分光器のエネルギーを16.55keVにして行った。上記の条件で蓄積電流を1~100mAまで変えて熱負荷を変化させた。蓄積電流が増加するにしたがって、それに比例してビーム強度が増えていき最大負荷まで冷却システムに破綻は見られない。

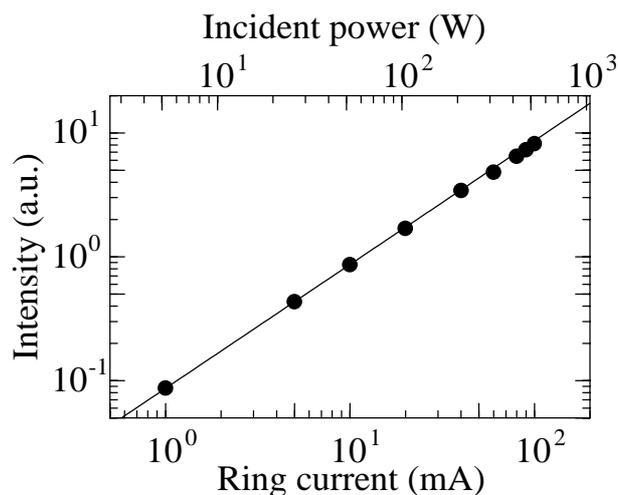


Fig.1 The heat load dependence of beam intensity from the monochromator.

ビームラインの長尺化は1999年から始められ2000年に終了した。この拡張は光源から1kmの位置に立つ長尺実験棟の建設、長尺実験棟内の実験ハッチ2の建設、及び2つの実験ハッチ間を結ぶ輸送部の建設からなる。長尺部分のコミッショニングは2000年6月に行われた。Fig.2に長尺実験棟で確認されたファーストビームの写真を示す。1kmという距離によって、挿入光源でありながら30(H)×15(V)mm²という大面積のビームが得られている。また光源からの距離が大きく取れることにより空間コヒーレンスが格段に高くなっている。例えば波長1 では空間的にコヒーレントな領域は0.1(H)×4.4(V)mm²と見積もられる^[4]。

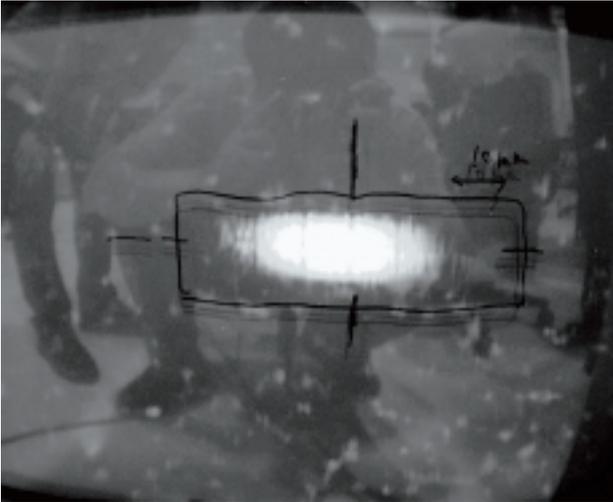


Fig.2 Photo of the first beam at 1-km-building taken on Jun. 2, 2000.

4.2 . 実験ステーション

実験ステーションでは制御系に変更が加えられた。これまでの被制御機器を1台のパーソナルコンピュータに接続する方法ではビームラインの長尺化に対応できないため、SPring-8の加速器・ビームラインで用いられているシステムをステーションにも導入した。これによって主な被制御機器をネットワーク経由で操作できるようになり1km離れたステーション間でも問題なく測定系を構築できる^[6]。

高解像度のイメージングのためにX線ズーム管の立ち上げも行われた。この装置によって最少0.2 μ m程度の高分解能で像の撮影を行うことができ、長尺ビームラインで得られる高空間コヒーレンスを利用した様々な研究が可能となった。

5 . 物理科学ビームライン (BL19LXU)

本ビームラインは、SPring-8 初の25 mアンジュレータを光源とするX線ビームラインである。世界最高輝度のX線を生かした非線形光学の研究や超高分解能光学系の開発と

ともに、X線の干渉効果を利用したビーム診断、さらに次世代放射光利用のためのR&Dを主目的としている。

本ビームラインは、1998年に設計が開始され、1999年に主要なコンポーネントが製作された。2000年には現地でのビームライン建設が開始され、秋に蓄積リング棟内の建設を完了した後、ビームラインコミッショニングが開始された。ビームラインの延伸が並行して行われ、2001年3月に延伸部の建設が完了した。

5.1 . ビームライン構成^[7-9]

アンジュレータは周期長 32mmの磁石列を781周期配列している。アンジュレータは各4.5m 長の5つのセグメントから構成されているが、磁石列は真空内に間隙なく並べられ(真空封止型) セグメント間の位相整合の必要はない。アンジュレータギャップを調整することで、7.2keVから18.7keVまでのエネルギー領域が1次光により利用可能である。フロントエンドは、特別に設計された高熱負荷機器(固定・可動マスク)を上流に配することで、軸外の熱負荷が下流の機器に与える影響を大幅に軽減させている。蓄積リング棟内実験ホールには、光学ハッチと3つの実験ハッチが設置され、約50m下流の蓄積リング棟付属施設W内に4番目の実験ハッチが設置される(Fig.3)。ビームライン光学系としては、SPring-8標準型の二結晶分光器が光学ハッチ内に設置される。実験ハッチ1には多軸精密ディフラクトメータが設置され、精密X線光学のR&Dとともに、長尺アンジュレータのビーム診断が行われる。実験ハッチ2にはfsレーザーと小型の多軸精密ディフラクトメータが設置され、非線形光学の研究が行われる。実験ハッチ3はオープンハッチであり、ユーザーが大型の機器を持ち込むことが可能である。実験ハッチ4は15T 超伝導マグネットと多軸回折計が設置され、X線磁気散乱の研究が行われる。ビームライン光学系及び実験ステーション機器の制御は、BL29XUと互換のシステムで行われる。

