

## PF-AR NW2 ビームラインの立ち上げ状況

物質科学第二研究系 河田 洋、森 文晴

PF-AR は光源研究系の報告にありますように、その高度化の改造が順調に達成され利用研究にとって良い環境が整ってきております。そのような中、昨年度建設した NW2 ビームラインの各ビームラインコンポーネントの立ち上げをこの 4 月 11 日から 6 月 28 日までの運転時に行ないました。

NW2 アンジュレーター放射光の光導入は 2 月 4 日に行ない、無事にフロントエンドを通り、実験ハッチに導かれました。その後、光軸の調整、スリットの調整等を行ない、4 月から本格的な分光器の立ち上げを行なってきました。ビームラインの全体構成は約 21m 地点に液体窒素冷却式の二結晶分光器、約 25 m 地点に湾曲円筒面による 2 次元集光 X 線ミラー、その後ろに高次光除去ミラーと縦方向集光用の両方の機能を有するミラーシステムがあり、約 30m 地点に実験ハッチとなっています。また、ビームラインの光源は基本的には周期長 40 mm の真空封止型アンジュレーターですが、本ビームラインの重要な実験テーマである時分割 XAFS 実験を D-XAFS で行なえるように 10keV 程度の 3 次光において 1 keV 程度のバンド幅が取れるようなテーパモードを有しています。この 4 月から 6 月の間に行なった立ち上げ項目は「液体窒素冷却式二結晶分光器の立ち上げ」「アンジュレーターのスペクトル測定とテーパモードの確認」「集光ミラーシステムの立ち上げ」です。以下順にそれらの結果及び現状を報告致します。

### <液体窒素冷却式二結晶分光器の立ち上げ>

二結晶分光器の詳細は別紙で紹介したいと思いますが、基本的に PF に BL-4C、14C、15B、18C に導入されているタイプの二結晶分光器をベースにし、それを液体窒素での冷却が可能になるように改造したものです。即ち、定位置出射が必要となる第二結晶の並進操作を結晶自身が持っている完全性を利用し、機械的な並進操作を除き、その代わりに長い結晶（約 200 mm）を用いている事が大きな特徴です。それ以外にも経済性、安定性の観点から結晶の調整軸を最少化している事もその特徴です。一方、液体窒素循環システムは SPring-8 石川哲也博士が率いる光学系開発グループの下、主に望月哲朗博士のご尽力によって開発されたシステムを導入させていただきました。このシステムは約 175W 程度の冷却効率を有する冷凍機を 2 台、液体窒素循環システム内に設置し、約 330W 以内の放射パワーに対して第 1 結晶を液体窒素温度に保つことが出来るものです。

図 1 はアンジュレーター光の熱負荷による第一結晶の熱変形の度合いを確認する為に最小ギャップ（10 mm）である  $K = 3.0$  の時の二結晶分光器におけるロッキングカーブを示しています。この時の第 1 結晶における放射パワーは約 300W です。高い熱負荷の状態での測定ですが、Si (111)

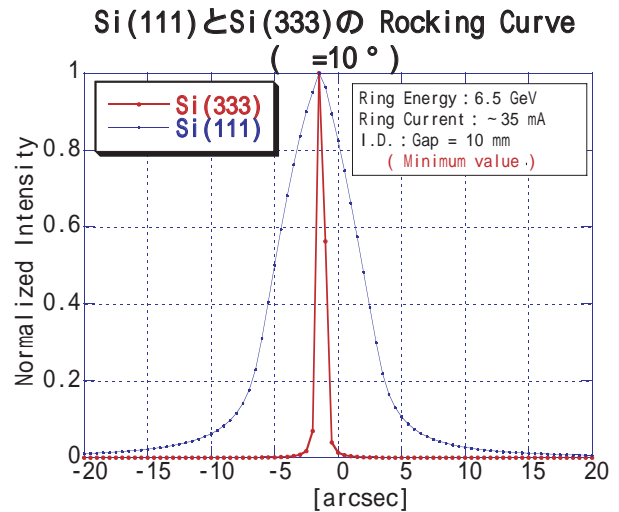


図 1. ブラッグ角が  $10^\circ$  の時の Si (111) (11.39 keV) と Si (333) のロッキングカーブ。第一結晶にかかる全熱負荷は約 300W であるが、熱変形は全く見られない。

による基本反射（11.39 keV）、Si (333) による高次反射のロッキングカーブで示すように、高次反射のロッキングカーブの幅は 1 秒以内を保っており、全く熱負荷に依る歪みは観察されていません。また、定位置出射に関しても分光器を 5 ~ 23keV まで動かした時に発生する最大変移量は縦・横方向ともに 0.1 mm 以内であり、一般の XAFS 測定における 1 keV 程度のエネルギー変化においては、0.01 mm 以内を保証するところまで調整されています。

### <アンジュレーターのスペクトル測定とテーパモードの確認>

二結晶分光器が立ちあがったところでアンジュレーターの種々の K 値における放射光スペクトルを測定しました。図 2 は、後で述べる集光ミラーを導入した後の実験ハッチ内で集光した X 線強度を PIN ダイオードで測定し、それを光子数に換算した放射光の強度スペクトルです。従って、現在、実験ハッチ内でどの程度の光子数が利用できるかが分かります。一方、アンジュレーターから出射した放射光スペクトルを求めるには、この測定結果から、結晶の反射率、ミラーの反射率、グラファイト、ベリリウム窓の吸収等の補正を考慮する必要があります。それらは今後行なう予定です。図 2 に示しますように、実用範囲にある X 線のエネルギーは約 5 ~ 20keV であり、またその強度は 15keV 程度で  $3.5 \times 10^{12}$  光子 / 秒程度です。

図 3 はテーパモード時のスペクトル変化を示しています。テーパ = 0 mm の時のスペクトルは 3 次光のピークが約 14keV で、半値幅は約 300 eV 程度です。テーパ = 1 mm の時のスペクトルは、3 次光のピークがなだらかとなり、ピーク幅は約 1 keV に及んでいます。このことは十分に D-XAFS 実験が可能であることを示しており、今後更に詳細なスペクトル測定を行なうことを予定しております。

### <集光ミラーシステムの立ち上げ>

先に述べました様に本ビームラインには、2 次元集光用のロジウムコート湾曲円筒ミラーを用意しています。

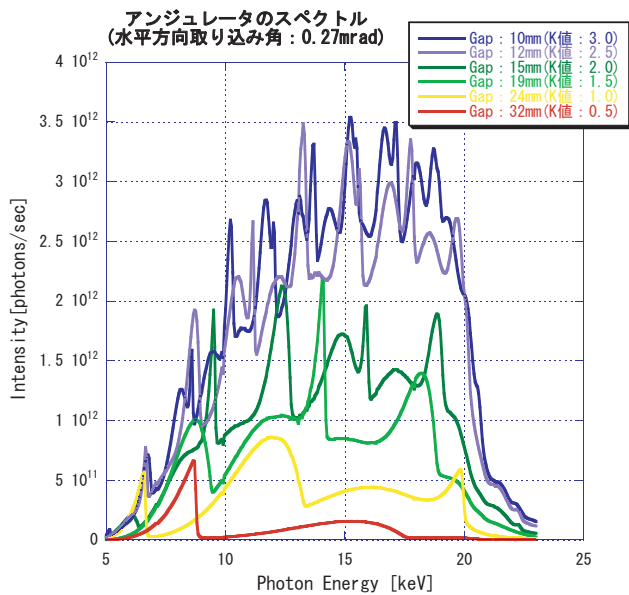


図2. NW2 ビームラインアンジュレーターの種々の K 値における放射光スペクトル。縦軸は、二結晶分光器+2次元集光ミラーを導入したときに得られる集光 X 線ビームの単位時間あたりの光子数。

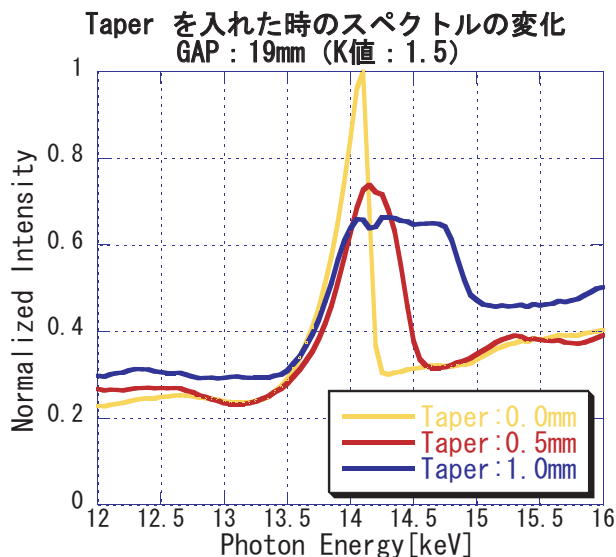


図3. K = 1.5 における 3 次光スペクトルのテーパモードの依存性。テーパ=0 mm では半値幅が 300 eV 程度の広がりであるが、テーパ=1 mm では 1 keV に広がっている。

図4はその集光特性を示すもので、レイトレースの結果と実験結果を並べて表示しています。図から明らかなように、その集光サイズは横方向約 0.45 mm、縦方向約 0.15 mm 程度であり、レイトレースの結果と良い一致を示しています。図2の光子数はこの集光サイズでのものですので、単位面積当たりの強度は PF の偏向電磁石ビームラインの約二桁上であり、PF のマルチポールウイグラービームラインと比較しても十分にそれに優る強度を有しています。また、D-XAFS の為の縦方向だけの集光を単色 X 線でテストし、約 70 ミクロン程度の値が得られています。来期には白色 X 線でのテストを開始する予定です。

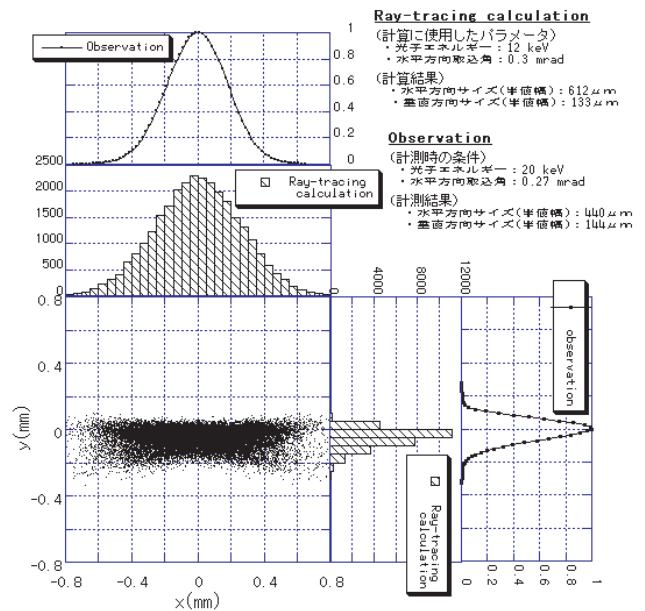


図4. 湾曲円筒ミラーによる 2次元集光特性。縦方向: 0.15 mm、横方向: 0.45 mm を実測値として得ており、これらの値はレイトレースの結果と良く一致している。

<今後の予定と皆様へのお願い>

ここに紹介致しましたように NW2 ビームラインは一步一步ですが着実にその性能を上げてきております。本来の最終目的はパルス光を利用した時分割 XAFS を描いておりますが、そこに到達するには未だ暫く時間がかかるでしょう。その様な立ち上げ調整はこの秋からのマシンタイムに予定しております。しかし、紹介しました様に大強度利用実験に関しては集光ミラーを用いて出来る状態になってきています。勿論実験装置はまだ整備できていませんが、持ちこみの装置であれば十分対応できるでしょう。まだ正式にオープンできる状態ではありませんが、「一度使ってみたい」という希望を持っておられる方は遠慮せずに担当者までご連絡下さい。勿論 XAFS の実験にとらわれる必要はありません。