

BL28B2 白色X線回折

本ビームラインでは、前臨床小動物イメージング、マイクロビーム放射線治療の基礎研究、時間分解エネルギー分散XAFS (DXAFS) 測定、高温高压実験、高エネルギー白色X線による回折とイメージング実験など、異なった研究分野において異なった手法を用いた実験が行われている。各利用実験に関する現状と、2011年度高度化の内容は以下の通りである。

1. 放射線治療基礎研究での照射位置確認画像撮影

放射線治療では、体外から体内の正常組織に囲まれた癌組織へ照射するため、正常組織への影響を最小限に抑え、癌組織へは最大限の損傷を与えることが重要である。一般の治療では、まずX線CTで癌組織を画像化し治療計画を立て、続いて治療装置の治療用放射線で撮影した照射野確認画像で照射範囲を確定し照射する。しかし、一般の治療用放射線で撮影する透過像はコントラストや解像度が低く、照射野照合を正確に実施することが難しい。本高度化においては、実験動物を使った放射光でのマイクロビーム放射線治療の基礎研究のために、高画質な照射野確認画像撮影を実施可能とした。このため、着目部位の辺縁部分で放射光が屈折により直進軌道を曲げられる現象によって、着目部位の辺縁部分が輪郭強調される屈折コントラスト法での鮮明な画像を撮影するシステムを開発した。

マイクロビーム放射線治療の基礎研究では図1の上図において、コリメータで生成した厚さ25 μm 程度のシート状ビームを照射し、1回の照射毎に実験動物を上下方向へ200 μm 程度移動させる操作を順に繰り返すと、200 μm 間隔のすだれ状の白色ビームを一度に照射した場合と同じ状態となる。照射野確認画像の撮影は図1の下図において、上下左右のスリットを広げた広い視野で行う。この場合は治療用線量に比べ放射線損傷が生じない1/100以下の低線量での撮影を行う必要があり、X線シャッタにより非常に短時間での照射を予定している。しかし、現状では高速のシャッタ駆動ができないため、代わりに厚さ2~3 mmの鉛板を銅板フィルタに追加し線量を低く抑えている。なお、画像検出器はビームモニターを使っている。屈折コントラスト法では、被写体と画像検出器の間隔を長くする必要があり、本高度化により密着状態から6.5 mの距離まで設定でき、幅広い研究が可能となった。

2. リニアイメージセンサーを用いたDXAFS用検出器の高度化

時間分解エネルギー分散XAFS (DXAFS) 計測に関しては、時間分解エネルギー分散XAFS (DXAFS) 計測に関しては、Quick XAFSより高速な時分割XAFS測定を中心としたユーザー利用を行っている。2011年度も大き

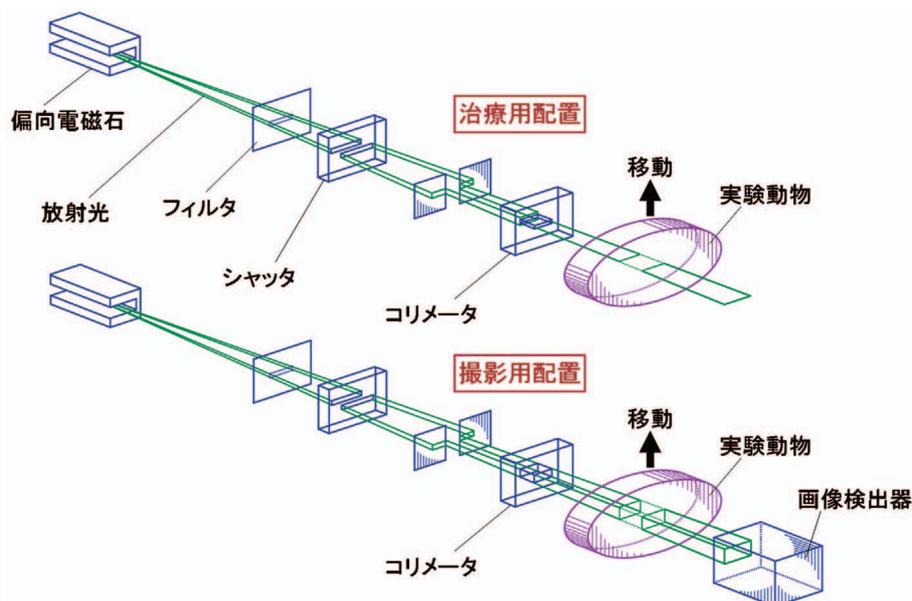


図1 放射線治療と確認画像撮影での装置構成

なトラブルが無く順調にユーザー実験に供されている。

DXAFSスペクトルの測定領域は、位置敏感X線検出器のX線受光幅によって制限を受ける。これまで使用していた可視光変換型位置敏感検出器(X線ビームモニタ(浜松ホトニクス製、ビームモニタBM2) + CCD(浜松ホトニクス製、C4880-80))の場合、例えば、25 keV付近で2 keVのエネルギー領域の計測が可能なセッティングにすると、エネルギー分解能の低下が生じた。そこで、検出器本体としてCCDよりも受光幅が広いNMOSリニアイメージセンサーを用いたDXAFS用位置敏感検出器の開発を行った(図2)。NMOSリニアイメージセンサーには、浜松ホトニクス製、NMOSマルチチャンネル検出器ヘッド(C5964-1010)を用いた。素子サイズは24.5 mm (w) × 2.5 mm (h)、画素数は1024 chである。図3にPdホイルのPd K吸収端のXANESスペクトルを示す。新検出器ではエネルギー分解能の低下は殆ど見られなかった。また、露光時間：14 msでは、ほぼ同等の質のスペクトルが得られた(図4)。以上より、新検出器はエネルギー分解能、エネルギー幅及びスペクトルの質について、いずれも良好な性能をもつことが示された。

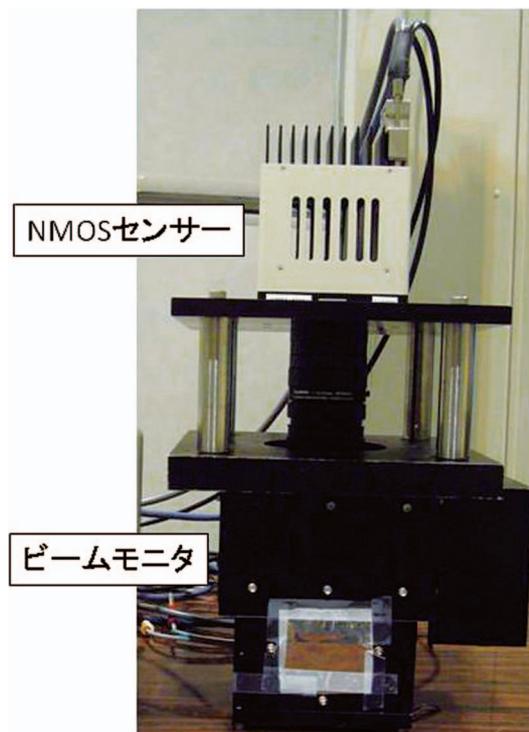


図2 可視光変換型NMOS検出器

3. 高温高圧実験の現状

2011年度は、高温高圧下の液体セレンに対するX線散乱実験が11月に行われた。この実験は、2010年度に高圧容器のヒータートラブルにより未完了であった実験の再試行であったが、今回は高圧容器内部の汚染によりHeガス雰囲気が増え、高温下で試料が劣化したためデータの取得が達成されなかった。このため年度末の長期停止期間中に高圧容器のオーバーホールが実施された。

4. 白色X線マイクロビーム金属材料局所応力測定のためのアブソーバ装置改良

本ビームラインでは、白色X線マイクロビームを用いて金属材料の結晶粒内の応力測定を行うことが可能である。白色X線は広い波長帯を有しているため、試料内で任意の方位を有している結晶粒であっても確実に回折パターンを得ることができる。結晶粒毎に回折パターンが異なるため本測定法では、まず2次元検出器で回折スポットの位置を測定し、その後、半導体検出器で各回折スポットの波長を測定する。複数の回折スポットの波長を測定することでX線を照射した結晶粒の応力を算出することができる。この実験では回折スポット毎に強度が異なるため、それに対応したアブソーバの種類(厚さや材質)が必要である。しかしながら、これまでのアブソーバ装置はアブソーバ材の種類が少なく、また装置の構造上、アブソーバ材の交換も難しい。そこで、これらの問題を解決するために、アブソーバ装置を改良した。

図5に旧アブソーバ装置の写真を示す。この装置には、6枚のアブソーバ材が光軸中に一列に並んで取り付けられ

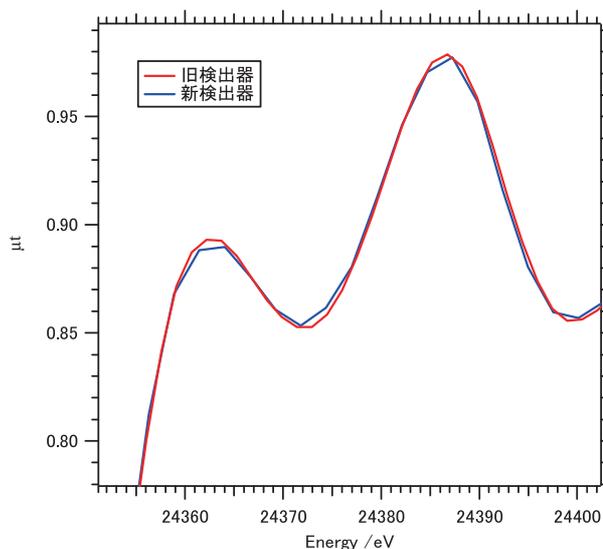


図3 PdホイルのPd K吸収端XANESスペクトル

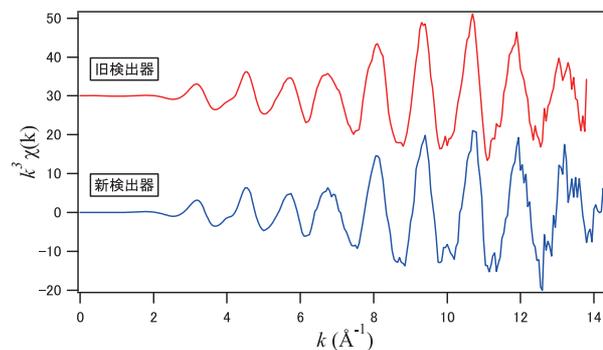


図4 PdホイルのPd K吸収端 $k^3\chi(k)$ - EXAFS スペクトル

ており、それぞれ独立に光軸中への挿入抜去ができる。最上流のアブソーバ材は鉛 15 mm の板であり、シャッターとして用いている。この装置は、白色 X 線トポグラフィ用であるため、白色 X 線かつ大きなビームサイズを想定して作製された。最も懸念されたことは、白色 X 線の吸収による熱がアブソーバ装置にダメージを与えることと、散乱 X 線による不要なバックグラウンド信号の増加である。熱によるダメージを抑えるためにアブソーバ材は水冷されており、散乱線を減ずるためにアブソーバ材はステンレス製の箱の中におさまられている。このような理由により、装置が大がかりになり、設置スペースも限られているため、前述の通りアブソーバ材の種類が少なく、また、アブソーバ材の交換にも手間がかかる。今回改良した装置（図6）ではアブソーバ材は空冷にして、散乱線遮蔽シールドはアブ

ソーバ材下流にのみ設置することで、問題点を解決した。アルミニウム製の円盤に 8 箇所窓が開いており、必要に応じて窓にアブソーバ材を取り付ける。円盤はベークライト製の治具を介して回転ステージに取り付けられている。同様の装置を 3 組準備した。電動の回転ステージではシャッターとしては動作が遅いため、シャッターのみ圧搾空気のアクチュエータで駆動する。

新しい装置にしたことによるバックグラウンドの増加は見られていない。また、装置使用中に熱による装置の誤作動は無かった。アブソーバ材の組み合わせは、古い装置では 32 通りであったが、新しい装置では 512 通りであり、より細かいアブソーバ材の組み合わせが可能となった。



図5 旧アブソーバ装置

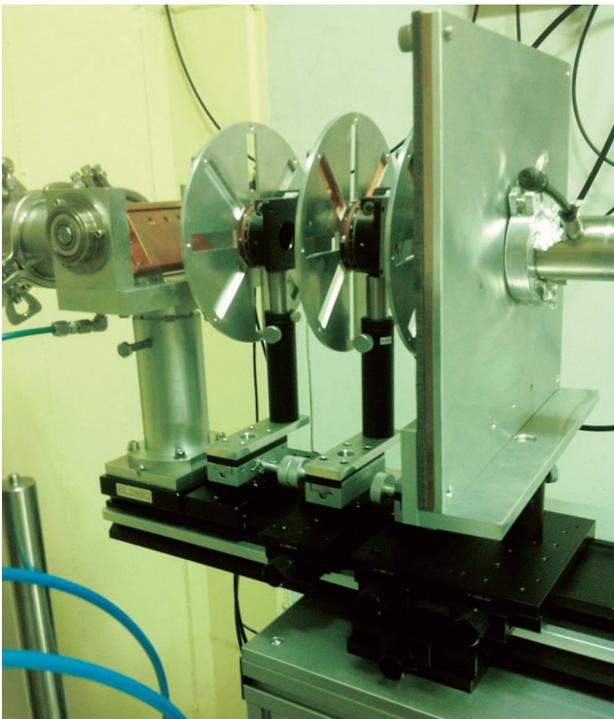


図6 新アブソーバ装置

利用研究促進部門

バイオ・ソフトマテリアルグループ

梅谷 啓二

利用研究促進部門

分光物性 I グループ

加藤 和男

産業利用推進室

産業利用支援グループ

梶原 堅太郎

利用研究促進部門

バイオ・ソフトマテリアルグループ

八木 直人