

2 県有ビームライン

1. はじめに

2010年度下期に6本目の県有ビームラインであるBL07の供用を開始して以来、全てのビームラインにおいて順調にシンクロトロン放射光の利用を行った。また、2019年度においても引き続き、シンクロトロン放射光利用技術の高度化を継続的に行った。これらの概要について、以下に示す。

2. 県有ビームラインの現状

表1に県有ビームラインの概要について示す。40 eVから35 keVの幅広いエネルギー範囲で、シンクロトロン放射光を利用した様々な実験が行えるようになって

いる。BL18については、ユーザー利用再開に向けて、ビームライン光学機器駆動系および制御系の状態調査を行い、動作不良・老朽化部分の特定とその機器更新の検討を行っている。

3. 県有ビームラインの高度化・保守

利用者の利便性を高めるために2019年度に行った主な機器導入等の高度化は以下のとおりである。

- ① イメージングプレート読取装置 (BL15)
- ② 高感度・高速X線画像検出器 (BL07)
- ③ X線小角散乱測定高度化 (BL11)
- ④ XAFS測定系高度化 (BL07・15)

表1 県有ビームラインの概要

ビームライン	光源	光子エネルギー	主な実験手法
BL07 バイオ・イメージング	超伝導ウィグラー (4 T)	5 keV – 35 keV 白色光 (ピーク 8keV)	<ul style="list-style-type: none"> ・ X線イメージング (CT) ・ X線回折 ・ タンパク質 X線回折 ・ 高エネルギー-XAFS ・ 蛍光 X線分析 ・ 照射 (放射線効果)
BL09 照射・結晶構造	偏向電磁石	白色光 (ピーク 4 keV)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 照射 (放射線効果) ・ 白色・単色 X線トポグラフィ
BL10 ナノサイエンス	偏光可変 アンジュレータ	40 eV – 900 eV	<ul style="list-style-type: none"> ・ 光電子顕微鏡 ・ 角度分解 X線光電子分光 ・ NEXAFS
BL11 局所構造	偏向電磁石	2.1 keV – 23 keV	<ul style="list-style-type: none"> ・ XAFS ・ X線小角散乱
BL12 表面界面	偏向電磁石	40 eV – 1500 eV	<ul style="list-style-type: none"> ・ NEXAFS ・ X線光電子分光
BL15 物質科学	偏向電磁石	3.5 keV – 23 keV	<ul style="list-style-type: none"> ・ X線回折 (薄膜、粉末) ・ X線反射率測定 ・ 単色 X線トポグラフィ ・ XAFS
BL18	偏向電磁石	～ 92 eV	<ul style="list-style-type: none"> ・ EUV 照射

① BL15における粉末X線回折では回折像撮影にイメージングプレートを使用している。これまで使用してきた読取装置(富士フィルム製)が2018年4月に故障した。既にメーカーは製造および修理対応を終了していたため、2019年度に別メーカー(GE センシング&インスペクション・テクノロジーズ社)製の読取装置「CR^xVision (図1)」と専用イメージングプレートを新規導入した。「CR^xVision」はこれまでの読取装置より高速読取りが可能(3分→2分)で数倍以上のダイナミックレンジを有する。専用イメージングプレートは感度・分解能の異なる数種類が用意されており、現在それらの性能評価と最適な使用条件の検討を行っている。



図1 GE S.I.T社製 CR^xVision

② X線イメージングの一手法である屈折コントラスト法では、試料とX線カメラの間に配したアナライザ結晶を振りながら撮影を行うことで、試料中の屈折率の違いを画像化することができる。これにより生体試料のような軽元素のみからなる試料においても高精細な画像を得ることができる。しかし、撮影枚数が透過法に比べ数倍から十数倍必要となり、1回の測定に長大な時間を要する。そこで高感度・高速X線画像検出器としてAndor社製「Zyla-HF (図2)」を導入



図2 Andor社製 Zyla-HF

して高速化を図った。「Zyla-HF」の持つ高感度特性により1撮影あたりの露光時間を短縮でき、また高速な画像転送性能を生かして試料回転とアナライザ結晶揺動の同期を連続スキャン方式に変更できたことで、1測定に要する時間をこれまでの数時間から最短6~10分程度にまで短縮することに成功した(図3)。

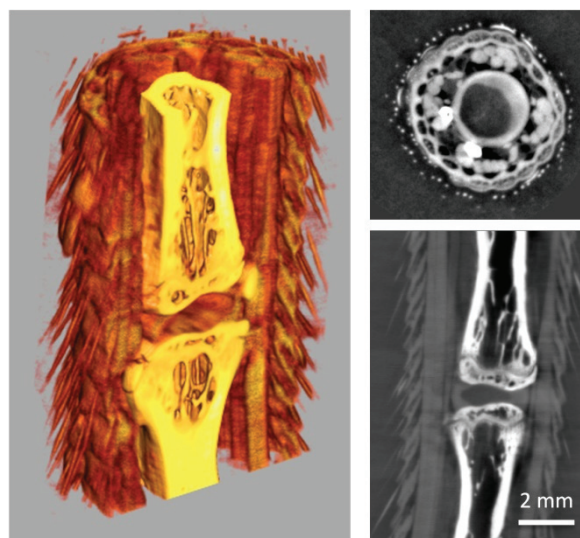


図3 ラット尾の屈折コントラストCT像。測定に要した時間は 1 撮影0.05秒×アナライザ結晶揺動15枚×500投影=375 秒。

③ X線小角散乱実験では、試料加熱による融解等の相転移時におけるマクロ構造の変化を観察することがよく行われている。これまでは利用者が各自で試料加熱装置を持ち込んで実験を行っていたが、より広く利用を促すため、汎用的な試料加熱装置としてジャパンハイテック社製「10033」を導入した(図4)。この装置では600℃まで昇温できるヒートブロックにφ2 mmの透過穴が開けてあり、貼り付けた試料の透過X線散乱像を観察できるようになっている。

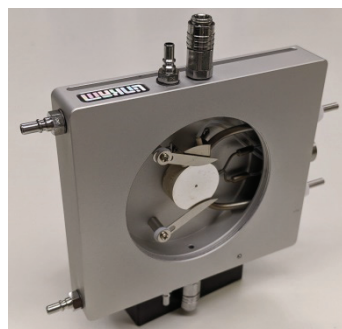


図4 ジャパンハイテック社製 10033

また、相転移における分子内や分子間レベルのマイクロ構造変化の間の相関性を調べるためには、2 θ で数十度の広角領域の散乱・回折を観察する必要があります。このような広角領域と小角領域を同時測定できるように広角部分に観察窓の開いた真空パスノーズを新規導入した(図5)。このノーズでは $\pm 9^\circ$ 以下の小角領域を後方に透過しつつ、25~55°範囲の広角領域を観察することができる。

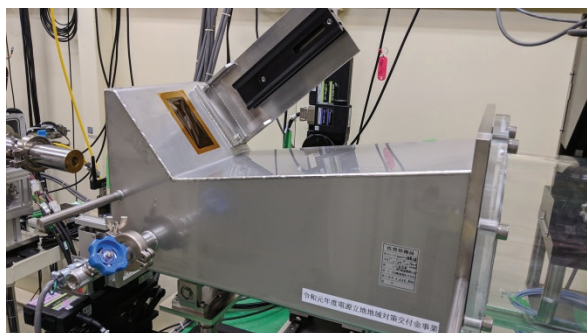


図5 小角・広角同時測定用ノーズ(広角用検出器は非搭載)。写真中央左の橙色部分が広角散乱観察窓。

④ 硬X線ビームラインの2結晶分光器では、メインビームシャッターの開閉や実験ホールの気温変動により、その出射エネルギーに0.4 eV程度のズレが経時的に生じることが分かっている。高精度XAFS測定では、試料透過X線強度計測系(I1)の下流に設置した参照試料と透過X線強度計測系(I2)で参照試料のXAFSスペクトルを毎回同時測定し、それを用いてエネルギーを校正することが行われている。これまでBL11にのみ設置されていたエネルギー校正用I2計測系(イオンチャンバー及びアンプ・電圧/周波数変換器からなる信号処理系)をBL07とBL15にも増設した(図6)。

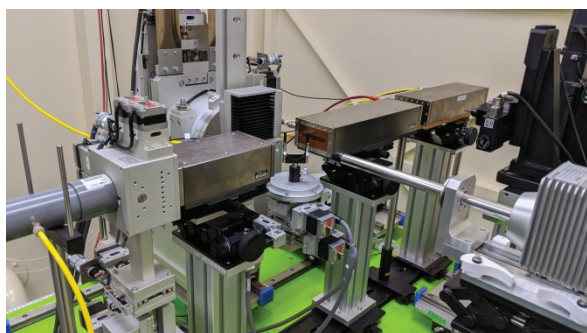


図6 BL07に設置されたエネルギー校正用I2計測系。写真右のイオンチャンバーがI2計測用のもの。

4. まとめ

ビームライングループでは2019年度を通じ7本の県有ビームラインの維持管理を行った。また県有ビームラインの利用者に対する利用支援を継続的に行った。一方これらの日常業務に加え、ユーザー利用の利便性を高めるために、測定装置等の導入を新たに図り、それら装置の立ち上げや利用技術の高度化に関する研究開発を引き続き行った。

九州シンクロトロン光研究センター
ビームライングループ
河本 正秀