

2-4 放射光実験実施ガイド

概要

この章では、放射光を利用した実験をはじめて行おうと考えている4年生を想定して、日本の代表的な放射光施設である SPring-8 における実験の流れ、および実験を進める際に役に立ちそうな事項を中心に述べる。

1. はじめに

現在、放射光を利用した研究は、あらゆる学問分野において行われており、それにともなつて実験手法も対象も多岐にわたっている。これらを網羅的に紹介するようなことをここではしないが、参考文献[1-5]を参照すると、どのような手法によりどのような情報を得ることができるのか、大まかに知ることはできる。したがって、国内外の放射光施設や放射光を利用した多彩な研究例については、文献や web site(3.1 節に一覧あり)で調べていただくとして、この章では、実験室においても一般的に利用されている X 線回折実験を、渡邊研究室がこれまで主に利用してきた SPring-8 (Super Photon ring 8 GeV)で行うことを想定して、ガイドとなりそうな事項について述べる。

2. 放射光 X 線回折実験

2.1 放射光を利用するメリット

放射光およびその発生の原理そのものに関しては、参考文献により詳しく知ることもできるし、講義で習う機会もあるかと思うので、ここでは、放射光を利用することにより、実験室で行う X 線回折実験と比べてどのようなメリットがあるかについて述べる。

まずは、よく知られているように、高輝度・高強度(実験室 X 線発生装置に比べ 1 億倍程度)が特徴である放射光ではあるが、X 線回折実験においては、高輝度よりも、高強度であることが何よりも有用となる。また、放射光は広いエネルギー領域(赤外線～硬 X 線まで)を持つ電磁波であるため、X 線管球ではほぼ利用が不可能な高エネルギー X 線(60keV 以上)を使用することができる。高強度および高エネルギーという特性は、例えば渡邊研究室で対象としている液体やアモルファスのように長距離秩序をもたない物質の X 線回折を測定し、構造解析を実施する上で極めて有効となる。結晶を対象とする場合でも、試料の量をごく少量しか作成できない場合や、高圧条件を必要とする場合においても、高強度 X 線の利用は有効である。強度にしても、エネルギーにしても桁が異なるため、実験室で多大な時間(数週間～数ヶ月)を割いて測定しなければならないデータを、数日のマシンタイムのうちの数時間で取得することが可能となる。

その他の放射光の特性として、数十 ps~1ns オーダーのパルス X線であることが挙げられ、この特性をうまく利用することにより、相変化や化学反応等における構造変化のその場観察に利用することが可能となる。

2.2 放射光実験を行うには

放射光実験を行うためには、放射光施設で実施する課題公募に申請する必要がある。SPring-8 においては、緊急課題を除いて、通常は 6 月頃と 12 月頃の年 2 回、課題公募が実施される。この課題申請を学部生が行うことはできないため、指導教官が実験責任者となって申請することになり、学生は共同実験者として実験に参加することとなるケースが多いであろう。ただ、大学院博士後期課程在籍者については、2009 年 11 月現在、「萌芽的研究支援課題」へ実験責任者として課題申請することは可能である。放射光実験の経験が少ない場合には通常「一般課題」として申請し、成果を公開する場合はビーム使用料が無料となる。課題申請に関する詳細に関しては、SPring-8 の website を参照のこと。

申請者および共同実験者は、SPring-8 でのユーザー登録をする必要があり、所属施設で放射線業務従事者登録および毎年行われる教育訓練を受講している必要がある。

2.3 ビームライン

SPring-8 では 50 を越えるビームラインが稼働しているが、共用ビームラインは 20 強であり、ビームラインごとに利用可能な測定手法が決まっている。したがって、SPring-8 の website にて測定手法や測定対象について調べ(データベースが用意されている)、希望のビームラインを選定することになる。

各ビームラインには、担当者が配属されており、課題申請を行う前に相談すると、実験実施に有用な回答やコメント等が得られるので、特に初めて利用する場合には有効である。また、希望の実験と同様の手法を用いた研究を既に実施している研究者を共同実験者とする、測定手法に関する具体的な情報を得られるだけでなく、課題申請に採択される可能性が高くなる。

2.4 ビームタイム

ビームタイムは、1 シフト(8 時間)区切りで割り当てられる。実験手法や内容にもよるが、通常は、3 シフト(1 日)単位で申請することが多い。また、実験装置を持ち込んでセットアップをする時間が必要な場合は、9 シフト(3 日)程度を申請する。ただし、施設側の判断によりマシンタイムが短縮される場合もある。

2.5 実験準備

SPring-8 で実験を実施することが決定した場合、後日割り当てられるビームタイムについ

て、実験を実施できない時期を指定することはできるが、希望の時期を指定することはできない。したがって、割り当てられたビームタイムの日程にあわせて実験準備をすることになる。

ビームラインに希望の実験機器が備えられている場合は、基本的に使用可能であるが、申請の段階で担当者に確認しておく、ビームラインに常備していない機器でも準備してもらえる場合がある。クライオスタットや電気炉、真空ポンプ等はビームラインに常備されていることが多い。独自の実験装置を使用したい場合には、施設へ持ち込むことになるため、物品持ち込み申請をして、安全管理についてチェックを受ける必要がある。特に class4 のレーザーを使用する場合には、インターロックや緊急停止ボタンなどの安全措置に関して厳しくチェックされるので、ビームライン担当者と相談して安全措置を講じる必要がある。また、実験ハッチ内の実験機器を遠隔操作したい場合には、15m ほどの接続ケーブルを用意し、実験ハッチ内からケーブルダクトを通して引き出し、ハッチ外の制御装置へ接続することも可能である。

高圧ガスを使用する際にも、ビームラインに用意されていない場合は、予め持ち込みの申請をする必要がある。高圧ガスボンベは、付近の業者(タツミ産業株式会社テクノポリスCSセンター、[TEL:0791-59-8070](tel:0791-59-8070))へ手配すると、ビームラインへの搬入および引取を行ってくれる。

上記の物品を使用する場合の申請用紙は、[website](#) からダウンロードして作成するが、持ち込む物品によって提出期日がまちまちなので、締切りをチェックしておく。

実験機器を研究室から持ち込む場合、宅急便等で送付できる場合には、実験期間の前に施設へあらかじめ送って保管してもらうことは可能である。機器の数が多く、重量もある場合には、精密機器運搬を取り扱っている運送業者へ手配することとなる。あるいは、機器等の梱包をしっかりと行えば、引越業者へ依頼することもできる。

2.6 実験実施前の手続き

ビームタイムにあわせて SPring-8 へ到着した後、まず入構のための 30 分程度の講習を受講する必要がある。受講後、ユーザーカードと線量計、食堂用プリペイドカードが渡される。これらは、実験終了後に返却する必要があり、次回実験の際にも使用するので、取扱注意のこと。

2.6 実験の実施

実験を始める前に、ビームライン担当者と実験内容に関して相談し、光学系の設定(使用したい X 線エネルギー)や検出器の選択、実験条件の設定等について打ち合わせしておく。

割り当てられたビームタイムの開始からすぐに実験をはじめることができれば理想的だが、通常は、光学系や実験機器のセッティングで時間をつかってしまうため、効率よく作業

できるように段取りを決めておく。高温融体の X 線回折用に構築したガス浮遊装置をビームライン内へ設置した例を図 1 および図 2 に示す。設置機器が多い場合は、チェックリストを作成して、施設側の機器や工具と混同しないようにしておく。

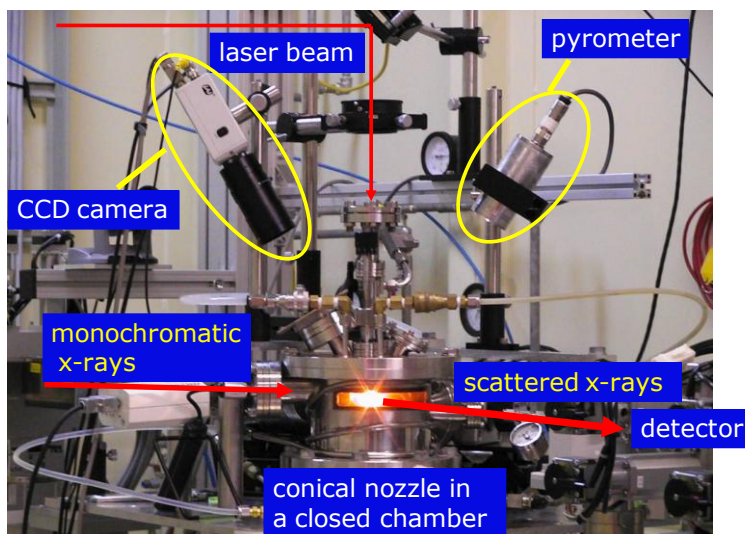


図 1 ビームライン(BL04B2)の実験ハッチ内へ設置したガスジェット浮遊装置



図 2 ビームライン(BL08W)の実験ハッチ内の様子

実験準備が整うと、いよいよ測定開始となるが、普段扱っていない機器やプログラムが多い場合、その操作方を適切に把握していないと、思わぬトラブルに発展してしまう可能性がある。したがって、独断で機器の操作をせず、担当者による説明や指示に従って慎重に操作を行うこと。大抵は、ユーザー用にマニュアルが準備されているので、熟読しておくこと。

2.7 実験終了時

割り当てられたビームタイム中に実験を全て終了させ、次のユーザーのビームタイムには実験ハッチを明け渡すことができるようにする必要がある。したがって、ビームタイムの終盤では、撤収作業の時間も考慮に入れて、実験のペースを調整する。

実験終了時には、実験責任者は利用報告書を web 上で提出する必要がある。また、次のユーザーがいる場合、実験ハッチ内の点検および必要物品などの引き渡し手続きがあるので、前ユーザーから引き継いだときの状態に戻しておく。

測定データは、持参した HDD やメディアに保存し、解析プログラム等についても担当者の了承が得られれば、コピーさせてもらう。

3. 放射光実験便利メモ

3.1 放射光実験の関連情報

国内だけでも 10 以上の放射光施設が存在するが、大型の放射光施設としては、つくばにある PF と、兵庫県の SPring-8 があげられる。以下に各施設および放射光関連の web site のアドレスを示しておく。

表1. 放射光実験に関する情報が得られる web サイト

サイト名	アドレス	内容
SPring-8 ウェブサイト	http://www.spring8.or.jp/ja/	SPring-8 関連全般
SPring-8 User Information	https://user.spring8.or.jp/ja/	SPring-8 ユーザー登録, 課題申請, 利用情報等
lightsources.org	http://www.lightsources.org/	国内外の放射光施設に関する情報全般(英語)
Photon Factory	http://pfwww.kek.jp/indexj.html	Photon Factory(つくば)関連全般
日本放射光学会	http://www.issrr.jp/	日本放射光学会による放射光関連情報

3.2 SPring-8 への行き方

新幹線相生（あいおい）駅から SPring-8 行きバス(図 3)が運行しており、40 分弱で到着する(2009 年 11 月現在, 片道 710 円)。本数は 1 時間に 1 本程度のため、SPring-8 の web サイト中のリンク(http://www.spring8.or.jp/ja/about_us/access/)で時刻表をチェックしておくといい。



図 3 相生駅-SPring-8 間運行バス

3.3 ストックルーム

実験を行う際に、ちょっとした物品が不足する場合に備えて、施設内にストックルームが設置されている。電池やネジ，端子やホース継手等の小物，配線ケーブルなどがストックされており，必要部品を購入することができる。各部品のリストと価格は，http://user.spring8.or.jp/pdf/stockroom_unit_price.pdf を参照のこと。

3.4 構内施設等

放射光リングから徒歩数分の場所に宿泊施設(図 4)があり，1泊 2,000 円(2009 年 11 月現在)で宿泊可能である。宿泊予約は，ビームタイムの 10 日前までに利用申請することにより行える。



図 4 宿泊施設外観

食事は，構内の食堂(図 5)を利用し，プリペイドカードで料金を支払う。車が利用できれば，構外にも店はあるが，相生駅側へ片道で 5 分程度の場所にある光都プラザに数軒存在する程度である。光都プラザを過ぎると，店を見付けることは困難になる。



図 5 食堂入口

構内には、自動販売機(飲み物、軽食)、生活雑貨等の売店(図 6)があるが、品数はあまり多くはないので、必要な物品は持参したほうが良い。



図 6 売店外観

4 最後に

以上、放射光施設での実験の流れ、実験を実施する上で有効となりそうな情報について述べてきた。学部生だけで放射光実験を行うことはできないため、2節の実験実施のための概要よりも3節の内容のほうが有用かもしれないが、今後、大学院へ進んで実験を主体的に進める際に役に立つことを期待する。

参考文献

- [1] 放射光科学入門, 佐藤繁, 渡邊誠 編, 東北大学出版会, 2004
- [2] シンクロトロン放射, 日本物理学会編, 培風館, 1986
- [3] シンクロトロン放射光の基礎, 大柳宏之 著, 丸善, 1996
- [4] 新しい放射光の科学, 菅野暁, 藤森淳, 吉田博 編, 講談社サイエンティフィク, 2000
- [5] シンクロトロン放射光, 上坪宏道, 太田俊明 著, 岩波書店, 2005