

談話室

BNL と SSRL におけるシンク
ロトロンを用いた研究生活

橋 詰 富 博

東京大学物性研究所 〒106 港区六本木 7-22-1

(1989年3月29日 受理)

Research Activities at BNL and SSRL
Using the Synchrotron Light Sources

Tomihiro HASHIZUME

The Institute for Solid State Physics
The University of Tokyo
7-22-1, Roppongi, Minato-ku, Tokyo 106

(Received March 29, 1989)

スタンフォードとブルックヘブンにおけるシンクロトロンを用いた研究について紹介してみませんかとお誘いをいただいてから、既に1年半が経過してしまっただ。それは主に私の怠惰によるものであるが、その間にも3ヵ月程ブルックヘブンに行き、また、3ヵ月程 IBM のワトソン研究所に行っており、書き上げようとする度ごとに、いや、次の訪米の経験も含めようなどと考えていたせいもあると、多少の言い訳もしておき、ともかくここでは、スタンフォードシンクロトロン放射光研究所(SSRL)とブルックヘブン(BNL)国立シンクロトロン放射光源(NSLS)での研究生活を通じて、両者の比較を試みようと思う。但し、ここで述べるのは全く私個人の色眼鏡を通したもので普遍性を持つものではあり得ずその意味で以下では、どういう立場で研究していたかというバックグラウンドを述べた上で、それぞれの職場で何を感じたか書き記したい。

まず、私は Bell のポスドクとしてスタートしそのプロジェクトは、NSLS でシンクロトロン放射光を用いた表面 EXAFS (Surface Extended X-ray Adsorption Fine Structure) 用のいわゆるビームラインを設計・製作するというもので、最初の11ヵ月は、木地地のマレーヒルでデスクワークをして1~2週に1回 NSLS に行き、こちらで出した案に従って設計・図面引きをする人々と打ち合わせをするという生活であった。その後7ヵ月程は、ビームラインのパーツや真空チャンバも出来上がってきて組み上げが本格的になったので、アパートをブルックヘブン周辺に移し毎日作業を続けるのが日課となった。それらの期間中に3回、各々3週間程、スタ

ンフォードに行きそちらのビームラインを用いて表面 EXAFS の実験をした。ポスドクの契約は2年であったが、1年半経ったところで物性研のポジションが取れたのを機に帰国した後、もう一度 NSLS へ行きビームラインの完成を目指すとともに、もう一度スタンフォードへ行く機会も得た。

さて、1日のうちどれだけの時間仕事に没頭していたのかは、場所によりまた自分の状況により大きく異なっただ。米国では家族を仕事と同等あるいはそれ以上に重要なものとしており、例えば家族の都合で仕事を休むということは社会的にもかなり認められている。Bell および BNL に居住していたときは家族がいっしょであったので、遅くとも夕食はいっしょにとれる時間に帰宅して、必要があれば夕食後再び仕事に出かけるという生活であった。一方、単身赴任となった SSRL では、2週間程のマシントイムの間は1日中X線のビームが出るので、昼シフトと夜シフトに分け12時間の実働プラス数時間のオーバーラップというスケジュールであった。

SSRL は世界でも初期にできた“第一世代”のシンクロトロンで、既に十年余ビームを出し続けている“壮年”(ないしは“老年”)シンクロトロンで、例えば、表面 EXAFS ビームラインで有名な“ジャンボ”のミラーは、長年曲げ続けられたために塑性変形を起こしてしまい、光の収束が思うようにいかない(〜5 mm²)状況であった。本来 SSRL は SLAC (スタンフォード直線加速器施設)の一部であるため、年間で半年程度しか全体のマシントイムがなく、しかもインジェクション(電子の入射)の時も SLAC の極性を(陽電子のときと)反転して使う場合もあり、そのときは1日のインジェクションが2回に決められてしまい、途中でビームがダンプ(貯めこんであった電子が定常軌道からはずれて消滅してしまう現象で放射線が最も出るとき)してしまうと半日マシントイムを失うこともしばしばあった。(数年前から SSRL 専用のリニアックを建設する計画があり、現在は改善されているかも知れないが。)しかしながら、シンクロトロンの調子が良い時には、電子エネルギーが2.8 GeV、電流が50 mA、寿命(電流が半減するまでの予想時間)が48時間というときもあり、表面 EXAFS のようにモノクロメータを1回スキャンするのに30分かかり、1つの表面系に対し10回以上のスキャンを積算する実験に対しては非常に好都合であった(インジェクションを1回スキップして1日に1回しか行わないこともしばしばであった)。一般的に言って、シンクロトロンの稼働率が50%以上であればまあまあ(O.K.)というところであるが、私の数少ない経験の中で最悪であっ

たのは、当時 (1986~1987年) 試験的に始められていた angiography 実験の時であった。これはシンクロトロン医学的応用の1つで、血液中にヨウ素を入れておきX線でその吸収を見ることにより血管の透視像を得るもので、成功すればそれまでの内視鏡を用いる方法に比べ、患者の苦痛をほとんど取り除くことができるという画期的な方法である。そしてヨウ素のK吸収端が42 KeV という高エネルギーにあるために、シンクロトロンの電子エネルギーを3.0 GeV にする必要があった(光量が電子エネルギーの4乗に比例するため)。ところが、そのためには電子ビームをコントロールするパラメータを変えなければならず、ついに適正な軌道を見つけれずに2日程が過ぎてしまい、その間全くビームが得られなかったのでユーザーの怒りが頂点に達し、ユーザーミーティングで電子エネルギーは変えないで実験を続けるという方針に落ち着いたのであった。ちなみに、この一連の実験は好成果をあげ、本格的に始めようとする実験設備が、実は、NSLS のプロジェクトに組み込まれ、後で述べる NSLS のシャットダウン(工事)へとつながるのである。

SSRL では、シンクロトロンとビームラインが専属のスタッフによって運営されていて、例えば“ジャンボ”ビームラインには“ジャンボ”を設計・製作した人間がスタッフとして残っていて、トラブルなどの面倒をみるシステムになっている。ユーザーは自分のマシンタイム前日か前々日に自分の実験装置を持ち込み調整をする。これらの段取りはかなり日常化していて、またサポートも整っているため、装置を運んで取りつけるときも力仕事はほとんどやってもらえる。マシンタイムが終わって帰る時も、1週間程時間がかかるが、いろいろな物を送り出してくれるので、荷物を残して自分だけは実験終了直後に帰ればよい。

さて、NSLS は幼年期から青年期にさしかかった、SSRL と比べて新しいシンクロトロンで、専用のインジェクション装置もあり1986年の段階で2.5 GeV, 200 mA で稼動していた。NSLS ではシンクロトロンには専属スタッフがいるが、各ビームラインは、放射線遮断用のコンクリート壁のすぐ外側の真空バルブ以降が各国体の所有で、NSLS は光を出すだけであり、それ以降光をどう使うかはビームラインの建設費も含めて Bell, IBM, NBS, ゼロックス, エクソン etc. の各研究所の責任になっている。ほとんどのビームラインの建設から2~3

年が過ぎ去ろうとしている現在、一般ユーザーを年間2~3ヶ月とらなければならないという規定を NSLS が持ち出しているため、誰が一般ユーザーを指導するのか、装置が壊れたときの補償をどうするかなど、解決すべき問題が多く残されていて、NSLS が今後どのような方向に進むのか、まだわかっていない。研究者へのサポート要員という点では、ビームラインの運営の責任が NSLS にはないという理由からか、SSRL に比べ、今後充実しなければならない部分が多いように思えた。

NSLS では、結果を出し続けないと大型プロジェクトであっても予算が打ち切られるという米国特有の研究費への厳しさのため、最初の建設時に手抜きのできる所は、時間をかけずに後で直すという方針をとった。その結果、研究成果はかなり早くから出始め、第2次工事のための予算獲得もできた。しかし、工事をするにはシンクロトロンを止めねばならず、いろいろな反対意見もあったが、最終的には1987年2月から約半年の予定でシャットダウン大工事を始めた。その工事の目的の1つは、先に述べた angiography 施設で、患者専用の入口、待ち合い室を設けるなど、実際の病院に近い形を作ることになった。この工事は様々な研究者の人生にも影響することになった。米国でのポストドクは普通、1年目に成果を出し、2年目にその成果をもとに次のポジションを捜さねばならず、もともとビームラインの建設などという時間のかかる仕事はあまりしたからないのであるが、私の場合、せっかく急いでビームラインを仕上げても2年目のほとんどがシャットダウンによってビームさえ得られないという最悪の結果になる可能性もあった。幸運な事に、私はそうした事態を回避することができたのであるが、ポストドクがシンクロトロンの仕事をするのはかなりリスクがあるという説に、なるほどと思わざるを得なかったのである。

ともあれ、この2次工事でも数ヶ月の工事の遅れはあったものの、現在、シンクロトロンは2.5 GeV, 150 mA で稼動していて、(自画自賛ではあるが)“X-15 B”ビームラインのようにアドバンストなビームラインもでき上がり、X線の光密度で言えば“ジャンボ”より一桁程度大きいという結果が得られている。

以上、取りとめもない話になってしまったが、SSRL と NSLS の雰囲気ぐらいは感じていただけたのではないかと思う。