

でしょうか。リングは一流、しかし研究内容は？流ではさえない話です。PFは創設以来10周年を迎えました。私たちスタッフもさることながらユーザーの方々も、共同利用実験の形態を含めた施設運営の方法を考え直す時期にさしかかっているのではないのでしょうか。

まとまりのない滞在記になってしまいましたが、

このあたりで終わりにしたいと思います。今回の滞在は実験結果ほぼ零でしたが、オルセーの間のおかげで楽しい2カ月を過ごすことができました。PFの皆さんには色々ご迷惑をおかけすることになってしまいました。誌上をお借りしてお詫び致します。

◁ 海外情報 ▷

ヨーロッパの放射光施設とPF

高エネルギー物理学研究所 野村 昌治

Masaharu Nomura

Photon Factory, National Laboratory
for High Energy Physics

1988年3月より12月までPFを離れる機会を与えて戴いたのでフランスのLUREのDCIを用いていくつかの実験をした。また、この間、西ドイツのDESYのHASYLAB(リング名はDORIS)、イギリスのダズベリー研究所のSRS、ヨーロッパ連合のESRFを訪問した。これらの研究所の現状をEXAFSを中心に報告すると共に滞仏中に考えたこと等を思い付くままに書き記してみた。LUREのsuper-ACOについては伊藤さんが別に書かれているので省略した。

1. ハードウェア

これらの施設のハードウェアの諸元を表1に示す。これらのデータの多くはActivity Report等から採った物¹⁻⁵⁾であるがいくつかについては伝聞や二次的な情報によっている。この内DCIについては1986年から採用されているオペレーティング

ポイントでのデータ、SRSについては1986年秋から1987年夏にかけて行われた改造後のHBL(High Brightness Lattice)のデータである。「何故High Brilliance Latticeではないのか」と尋ねたら「多分自信が無かったんだろう」という答えしか返ってこなかった。このHBL化計画は1983年に出来ていたが、ユーザーの実験がある程度まとまる迄は延期されたとの事である⁶⁾。DORISについては放射光専用モードの状況、ESRFについてはRed Book⁵⁾に記述された計画値である。この表を見ても明らかのようにPFは現在あるリング中ではSRSと並んで最高級の性能を有している。特に挿入型デバイスを含めて考えると長い直線部を持たないSRSよりも高性能の施設と言っても言い過ぎでは無いだろう。

LUREはパリの中心から約30km、電車で40分程度の所にあるフランス唯一の稼働している放射光利

表 1

施設名 リング名	LURE DCI	HASYLAB DORIS	SRS	ESRF *	PF
荷電粒子	e ⁺	e ⁻	e ⁻	e ⁻ / e ⁺	e ⁻ / e ⁺
エネルギー/GeV	1.85	3.7	2.0	6.0	2.5
蓄積電流/mA	300	80	250	100	300
入射方式	as	(fei)	as	fei	fei
$\epsilon_x/mrad$	7×10^{-7}	5.6×10^{-7}	1.1×10^{-7}	7×10^{-9}	1.3×10^{-7}
$\epsilon_g/mrad$	7×10^{-7}		3.3×10^{-9}	6×10^{-10}	4×10^{-9}
σ_x/mm	1.79	1.5	1.10	0.16	0.75
σ_y/mm	0.93	0.4	0.10	0.13	0.33
寿命 / h r	>50	数	~30	10	15~40

as acceleration storage
 fei full energy injection
 * design value

用施設である。ACO, DCI, super-ACOと三つのリングを持っていたが、ACOは1988年4月末に停止されてしまった。DCIは元々衝突実験用リングの転用であるが早い時期からポジトロンを利用していた。利用した感想としては縦方向のビームサイズ (σ_y) が大きく、これがEXAFS実験では光学系の分解能を決めてしまっている。分解能を上げるために小さなダブルスリット系を用いるためか、ビーム強度の安定性もPFより劣るような気がした。また分解能を上げるため高指数の結晶面を用いていることもあって、同程度の分解能条件下での単色X線強度はPFの1/10から 1/200程度しか得られなかったしX線の集束も余り行われていなかった。ただし、朝270mA蓄積した電流が夜中の1時頃でもまだ 200mA近く残っているその寿命の長さは驚くほどである。それと共に夜中の1~2時になると 200mAもあるポジトロンを惜しげもなくダンプするフランス人気質にびっくりしたものである。「PFなら24時間運転する」と言ったら、「夜も寝ないで良い仕事出来るか」とやり返されてしまった。この考え方は運転スケジュールにも反映されており、文献1には次のように書かれている。“LURE is a national service, but also a laboratory,

where permanent and associate researchers are developing their own projects. This is why we try to avoid running the machines on Mondays, so that seminars and courses can take place regularly.”祭日は運転されているが利用者は極めて少ない、勿論土日は運転されていない。2月は電力需要のピークである為、8月はバカンスの為運転されない。また、EJPと呼ばれていたが、2月以外でも電力会社の要請によって急に運転が取り止めとなることもある。そんな日に限って暖かかったりしても余り苦情は無いようである。年間のユーザータイムは1600時間程度であろうか(1シフト16時間で年間200シフトと私のメモにはあるがどうしても計算が合わない)。稼働中の3本の偏向電磁石からの放射光を利用するビームライン(13テスション)の他に1本の5T5極ウィグラービームラインと天体物理学実験用の建屋が建設中であった。この中で分散型EXAFSステーション一つ、SEXAFSステーション0.5を含み5つのEXAFS用実験ステーションが稼働している。ただ、PFに比べて電離箱、増幅器を初めとしてhand made という感じの装置が多く、スタッフが自分の実験の為に作った物をユーザーが使ってい

るという感じがした。

DORIS は現在も高エネルギー実験と共存しており、年間ビームタイムの1/3を放射光実験専用として利用している。PFと比べると小さな施設でビームラインの数もスタッフの数もずっと少ないが、円偏向を用いたX線吸収スペクトルの研究等いくつかの先駆的な研究がなされている⁷⁾。また Saile を中心として全反射鏡の開発、評価が活発に行われており、全ての第一鏡は金属製となっている。HERA建設のためのシャットダウン後は1日24時間、週7日、年間40週の運転との事であった(1989年は44週の予定)。全運転時間の2/3を占める寄生モードでは1~2時間毎に入射があり、かなりビームが不安定になることもあるようだが、960ns という長いバンチ間隔を利用した実験等に積極的に利用されている。3本の多重極ウィグラービームラインを含み7本のビームライン、30強の実験ステーションを有しているがEXAFS 専用の実験ステーションは一つで(除EMBL)、現在分散型EXAFS 実験ステーションを建設中であった。

SRS は中華街のあるマンチェスターから車で30分程度の所にあり、現在のリングはNINAの跡地に作られている。イギリス唯一の放射光実験施設と云うこともあって赤外から硬X線までの全ての波長領域をカバーしている。オランダのグループと組んで多層膜の開発、評価等も行われていた。電子ビームの寿命もかなり長く、1日1~2度の入射でビームの安定度にも不満はないとユーザーが言っている反面、「PFのようなモニター専用ポートをもらえない」と加速器屋はこぼしていた。運転時間の約10~15%を単バンチモードに、約10%をマシンスタディに当てている。ここも1日24時間、週7日体制で諸説有りはっきりしないが年間ビームラインは4000時間程度であろうか。5 T超伝導ウィグラー用ビームライン1本、アンデュレーター用ビームライン1本を含み11本のビームライン、30ステーションを有している。その内軟X線用、表面用、分散型配置を含み6つの EXAFS 実験ステ

ーションが稼働している。またかなりの規模のBiology support laboratoryがスタッフ付きで機能している。生物、表面、軟X線利用に大きな力を割いているとの事であった。

ESRFは説明するまでもなくヨーロッパの新放射光施設であるが、パリからTGVで3.5時間のグルノーブルにある。敷地はILL と隣接しており、入構時はパスポートを預けさせられてしまった。Red Bookには海洋性の気候と書かれていたが、パリよりも寒く、雪まで降っていた。それでもストラスブールよりは2~3度は暖かいとの事であった。林を整地し終わったところでスタッフは二つのコンテナに仮住いしているが、加速器から測定器まで各国から来たかなりの数のスタッフが働いていた。ESRFは1977年にESF によって出されたレポート以来10年間の討論、政治折衝の末スタートしたプロジェクトである。29のストレートセクション、32の偏向電磁石からの放射光が使える予定であるが、その配分や建設予定はまだ決定していなかった。ヨーロッパの既存の放射光実験施設やアメリカの放射光実験施設との共同研究等も進んでおり、一人PFだけが取り残されたような寂しさを感じた。

2. ソフトウェア

各施設では各々の状況に応じて異なったスタッフ数、運営、課題の採択が行われているが、その内我々にとっても参考になることも多いと思われるので概略を示す。

LUREは40名のpermanentの研究者と50名のassociate な研究者、200名弱のsupport staffから構成されている。その内20~30%は女性で、彼女らもユーザーとともに夜遅くまで実験をしていた。余談になるが、各国とも女性の社会進出が進んでおり、タクシーやバスを初めメトロの運転手にもかなりの女性がいた。地理的な条件もあろうが、特にassociate な研究者がかなりの時間をLUREで使い、ユーザーやステーションの面倒を見ていることはPFとの大きな違いであろう(associateは研

究費をLUREからもらうことは出来ないが、ユーザーサービスの義務を負っている)。ちなみにLUREのスタッフはビームライン建設の義務を負っていないようで、かなりの時間を自分の研究に当てていた。しかし良いことばかりではなく、このためビームラインの光学系や測定装置、ビームそのものの性能はPFと比べて貧弱な物が少なくなかった。

「PFのデータはとてもきれいだ」とは言ってくれたが、「良いサイエンスをしている」とは到頭言ってくれなかった。共同利用課題は年1回採用され、採択率は課題数で1/2~2/3, 時間数で1/3~1/2との事であった。採択された課題は1年間有効で、1年間にDCIを使う課題数は約300である。この他に民間企業等による有料の課題もある(30kF/日)。申請時に以前の課題の出版状況を考慮に入れて課題の評価をしている。担当ステーションに出された課題のいくつかは共同研究者として参加する権利をスタッフは有しているようで、ユーザーとスタッフの共同研究がかなりの割合を占めているようであった。

HASYLABのscientific staffは20名弱であるが約30名の技術者やDESYの加速器研究者、技術者に支えられている。課題の採択もかなりフレキシブルな様であるがレフェリーに審査を依頼する時は申請者の名前をはずして学問的な事のみを判断してもらおう。「Excellent proposals are high risk」と言う言葉には耳が痛かった。スタッフはそれ程ユーザーサービスの義務を持たないと言う事で、何人もの人がここから動きたくないと言っていたことが他の施設と異なって印象的であった。

SRSは30名弱のPFの測定器系研究者に相当するscientistを含め約220名のスタッフから構成されている(含加速器研究者、技術者)。課題の採択はPFと同様に年2回、採択された課題は0.5~3年間有効である。ユーザーは申請を提出する前に担当者とgood discussionをすることが勧められているが、課題の採択率は20~30%で、「90%以上も採択して全てがよい仕事である訳が無いだろう」と

言われてしまった。課題は申請内容と申請者に大別して評価され、以前の課題のアウトプットが無かったり、重大な過失の記録があると評価が落ちるとの事であった。採択された課題は半年毎に結果、その後半年の利用計画を提出することが義務付けられており、1~6月の半年分のビームタイムが11月に既に決定されていた。日本からの申請はvery goodで短時間の場合は無料であるが、そうでない場合は課金される(税込みで£1400/8hr)。但しこれは現金である必要はなく、SRSで必要な物品や労働で支払っても良いそうである。

3. 近未来

各施設はそれぞれ異なった歴史を持っており、ESRFが稼働した後も独自に最先端の研究をする計画を立てている。

LUREでは先に記したように超伝導ウィグラービームラインと天文物理学実験室が建設されているほか円偏向用挿入型デバイスの計画⁸⁾も走っている。この挿入型デバイスをDCIに入れると言う人とsuper-ACOに入れると言う人としてどちらが本当か到頭ははっきりしなかった。それ以外に大きな計画は現在の所無いようである。これはESRFとの予算的な折り合いもあるようである。

HASYLABでは1991年の早い時期を目指してCrystal Ballが独占していた直線部に7つのウィグラー、アンデューレーターを入れるバイパスを作る計画が進行している。そのころ迄に反対側の直線部を占めているArgusを使った実験が終了すればlatticeを直してエミッタンスを下げ、そちらにもバイパスを作ろうというアイデアもあるそうである。

SRSでは6Tの超伝導ウィグラーを1994年迄に設置する他、「Storage ringは光源でしかなく光源からはscienceは出ない」という発想のもとMaterial science laboratoryを建設する計画がある。イギリス全体に他のリングを作る計画は現在の所無く、「それよりもSRSで良い成果を出すこ

とが重要だ」と言う考えをJ. Bordas は話してくれた。彼によるとイギリス政府は SRSよりもESRFに沢山出資しているとのことであった。

ESRFはこれからの施設であるが、第一期の計画としては15のビームラインが予定されている。ESRFが稼働すれば既存のリングの運転停止を予定している国もあり、いくつかの既存施設ではほぼ同じ波長領域を狙って計画していることもあって一筋縄では行かないであろうが、低エミッタンス高エネルギー放射光リングの元祖として支援したいものである。

4. 日本の放射光社会について考えたこと

滞仏中は日本に比べて時間が自由になったので同僚から送られてきた「放射光 創刊号」⁹⁾を読んだ。特に座談会はこれまでに余り表に出されなかった問題点等を明らかにして関心をそそられた。

先ず、EXAFSが「何の訓練も無しにやって来て成果を出す」実験テーマであるように考えられているのはある面では極めて心外であり、ある面では有難いことである。これまで実験経験の無い方がEXAFSの課題を申請された場合、必ず経験者の実験を1日見学して戴いている。この場合、宿舎の手配はするが旅費は実験者に負担して戴いている。また、10B、7C共に「取扱説明書」を用意している。この様にユーザー、スタッフ共に努力をした上で上記の様に見えるのである。但し、高次光や分解能に対する考え不足等全てのユーザーが意味のある測定をしている訳ではないと思っている。ましてEXAFSより難しいと考えている実験で当日来たらデータを採れると思うこと自体が間違いであろう。PF建設時にワーキンググループと言うものがあったが、図面と取扱説明書、性能評価レポートをきちんとまとめたグループが一体どれだけ在ったであろうか。いろいろな意味でスタッフとユーザーの関係を改善しないといけないのではなかろうか。放射光実験施設と放射光ソサエ

ティーの発展のためには多くの研究者が放射光施設のポジションを得たいと思えるような状況が必要であろう。

次に気になったことは「大衆食堂」論である。確かにこの分野の研究を進展させる為には研究者層の拡大は必要である。但し、数的に拡大することではなく、将来高度の研究をすると期待される研究者の意欲をそがない為に拡大するのである。大衆食堂に100回行ったって、グルマンにはなれてもグルメにはなれないし、高級レストランに行く意欲もわかないであろう。寿司を食べたことの無い人が生まれて初めてパック入れの寿司を食べたら寿司をたいして旨いものとは思わないであろう。従って、必要なのは大衆食堂ではなく、世界に通用する和食堂であり、中華料理店であるはずである。

初心者の意欲をそがずにかつ高度の研究を支援するためには次のような方法が考えられる。先ず、初心者の申請に対しては従来と同様な審査を行い、特に問題がなければ採択する。二度目以降の申請に対しては以前の課題による成果（報文ないし報文原稿または無出版の理由書）とステーション等の問題点をきちんとレポートし、その上で評価を加え、良い研究を重点的に支援することであろう。良い研究の定義は難しいところもあるが、ある研究分野（放射光でもEXAFSでも物質科学でも）に新しい概念を与えるものであろう。レフェリーによる全ての評価はscientificな評価を基に行われるべきであり、HASYLABで一部採用されている申請者名を外す方式も検討に値しよう。使用経験は担当者がもっともよく知っていることだし、技術的可能性は申請者が努力すれば突破出来ることも少なくない。ユーザー層の拡大の為に無制限的なサービスをスタッフに要求することは間違った発想ではなかろうか。お互い研究者であるのできちんとした形で共同研究を申し込み、お互いが興味を持って研究を進めるべきではなかろうか。ユーザーとスタッフの立場を替えても良いと思える範囲の

要求をお互いすべきだと思っている。これに関連するシステムとしてSRSでEXAFSサービス、粉末回折サービスと言うものが行われていた。これは分析依頼を受けるのではなく、ポテンシャルユーザーと経験のあるポスドクが組んで、実験、解析、解釈を進めて行くもので、ポスドクは共同研究者として報文を出し、その過程で良いポストを見つけて行く。勿論そのポスドクはSRSのスタッフ（EXAFSの場合はDr. S. S. Hasnain）の指導を受けているがそのスタッフは共同研究者とはなっていない。

試料調製施設の必要性はスタッフが最もよく感じていることである。例えば、PFでもIR, XPS, ESR, 粉末回折計等を欲しいと思っている。この様な大型設備は予算もかかり更にそれらを効率的に運用しようとするれば専任のスタッフが必要となろう。もっと小型の物については各々の準備室の担当者にきちんとした形で要求されれば対応できよう。計算機についても我々はかなりの努力をして端末機等を揃えてきたが残念ながら余り利用されていないように思われる。全般的にユーザーの方々がどれくらい本気で使おうとしているのか我々は掴めていない様である。高価な装置を1～2時間使った後は誰も使わなかったでは納税者の方々に申し訳無いではないか。

大学院生に放射光を利用するテーマを与え難いと言う考えも在るようだが、一番いい方法は優秀な大学院生を受託大学院生として放射光実験施設に滞在させ、出来れば指導教官も併任教官となることであろう。この様にしてビームライン、光学系も分かる若手研究者を育てなければ各地で提唱されている新しい放射光用リングの建設も画に描いた餅になってしまうだろう。

総体として、PFのユーザーは世界の第一級のリングを世界一楽な審査で使えていると言うことが実感である。

参考文献

- 1) LURE 1985-1987 Activity Report from 1st August 1985 to 30 April 1987.
- 2) HASYLAB am DESY Jahresbericht 1987
- 3) Daresbury 1986/7
- 4) Synchrotron Radiation, Appendix to the Daresbury Annual report 1986/7.
- 5) ESRF Foundation Phase Report Feb. 1987
- 6) V. P. Suller et al. Daresbury Lab. DL/SCI/P 590A.
- 7) G. Schutz, W. Wagner, W. Wilhelm, P. Kienle, Phys. Rev. Lett., **58**, 737(1987).
- 8) J. Goulon, P. Elleaume, D. Raoux, Nucl. Instr. and Methods, **A254**, 192(1987).
- 9) 放射光 1, (1) 85 (1988).