

◁「海外ビームライン」シリーズ▷

APS と PLS での実験記

石松 直樹 (東京工業大学*)

1. はじめに

おそらく日本の研究者が利用する硬 X 線領域の放射光施設といえば、高エネルギー物理学機構の Photon Factory (PF) か、最近共同利用が始まった SPring8 のどちらかではないかと思う。幸運なことに PF だけでなく Advanced Photon Source (APS: アメリカ), National Synchrotron Light Source (NSLS: アメリカ), Pohang Light Source (PLS: 韓国) で実験する機会を得た博士課程の学生である私が、今回、これらの放射光施設の利用記を書くこととなった。この紙面をかりて、複数回利用した APS と PLS について実験した印象や実験環境について紹介したい。

2. Advanced Photon Source (APS)

第三世代放射光施設の 1 つである APS はシカゴ中心部から南西に位置するアルゴンヌ国立研究所内にあり、オヘア空港から車で高速道路を利用して約30分のところにある。広大な敷地のアルゴンヌ国立研究所の奥に全長1100 m の蓄積リングをもつ放射光施設 APS がそびえている (Fig. 1)。APS は X 線源として挿入光源 (アンジュレーター, ウィグラー) と偏向電磁石が交互に35個並んでいるため、最終的に70本のビームラインが建設される予定であるが、現在、実験に利用されているビームラインはまだ約25本ということである (1998年1月現在)。実験ホールは色とりどりのハッチが所狭しと並ぶ PF とは異なり、白と青で統一された実験ハッチが整然と並んでいる (Fig. 2)。また、3輪自転車車で移動できるような広い通路もあり、実験ホールはとても広い。

私が使用したビームライン 1 ID はアンジュレーターを光源としたビームラインである。ここでダイヤモンド位相子により円偏光 X 線をつくりだし、鏡面散乱、散漫散乱などの共鳴磁気散乱実験を行った。磁気散乱実験のために位相子からの透過光が大強度であることと、位相子から完全な円偏光を得るために X 線が角度発散が小さいことが必要であるため、X 線源としてアンジュレーターが適している。実際に位相子に入射した X 線の角度発散は垂直方向が $9 \mu\text{rad}$, 水平方向が $20 \mu\text{rad}$ であった。

実験ハッチ内にある Huber 製の 6 軸ゴニオメーター、

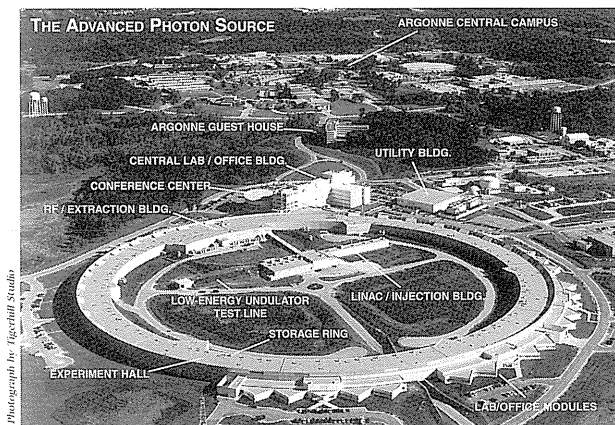


Figure 1. APS の全景。奥にアルゴンヌ国立研究所のメインキャンパスが見える。

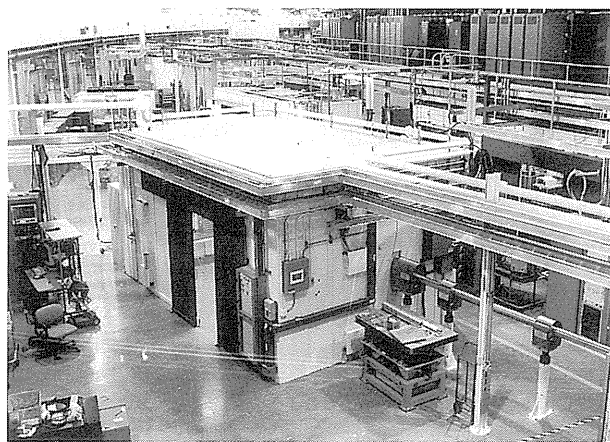


Figure 2. APS の実験ホール内部の様子 (写真はどちらも Advanced Photon Source Research Vol. 1 1998より引用)。

ダイヤモンド位相子やスリット系などの光学系は、その動作はもちろん、位置調整に至るまでほとんどがコンピューター (モーター) 制御である。このためセットアップや測定を順調に進めることができた。1ID では光学系の制御用として SPEC と UNIX 上で動くダイアログ形式の EPICS と呼ばれるソフトウェアを使用していた。SPEC は世界で広く使われている有名なソフトであるが、EPICS は APS 独自のソフトである。EPICS が Windows の

* 東京工業大学大学院総理工学研究所 〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259
TEL 045-924-5350 FAX 045-924-5339 e-mail naoki1@rlem.titech.ac.jp
現在 日本原子力研究所 〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町三原323-3

ソフトウェアのように視覚的にわかりやすく実験装置の状態を表示するため、初めてでもすぐ実験装置を操作することができた。実験では光軸合わせなど実験準備では EP-ICS, 共鳴磁気散乱の複雑な測定ルーチンはマクロを作成して SPEC で動かすという使い分けをした。リングの安定性は極めて良く、入射は1日一回、私が実験した1998年3月ではビームダンプはほとんどなく実験を順調に進めることができた。

次に実験中の生活として、食事と宿舎について簡単に触れたい。昼食は研究所内のカフェテリアで済ませることができ、量には全く問題ない(料理はアメリカ料理?)。夕食は研究所外の豊富なレストランなどで食べるか、スーパーマーケットなどで食材をそろえることができ、車があれば問題ない。研究所内の宿泊施設は一泊60ドルの Marriott Hotel 直営のホテルであるため、PF の安い宿舎になれた私にとっては贅沢な印象を受けた(もちろんホテルの寝心地は申し分ない)。現地の実験者にきいたところでは研究所外のモーテルなども同程度の値段だそうで、長期滞在者にとっては金銭的に楽とはいえないだろう。

3. PLS (Pohang Light Source)

PLS は韓国の南西部、日本海に面した都市 Pohang 市の Pohang 工科大学のキャンパスの奥にある。PLS は韓国政府と韓国の有名な製鉄会社 (POSCO) の出資により造られた放射光施設である。その蓄積リングの全長は PF リングよりも長く280 mあり、2.0-2.5 GeV で運転されている。筆者はこの実験の際にカメラを持たなかったために写真を紹介できないことをここでお詫びしたい。私が PLS を使用した時点(1998年9月)では全ビームライン中の5本(全てベンディングマグネット)のみが稼働していて、残りのビームラインはまだほとんど建設されていなかった。このため実験ホールがどちらかといえば閑散としているのが印象的だった。将来的にはベンディングマグネット22本、挿入光源10本の計32本のビームラインが建設される予定である。

蓄積リングのライフタイムが短いために、1日に3回入射が行われ、入射の際は常に実験者全員が実験ホールから退室することが義務づけられている。私が実験ホールで作業し続けた時には運転当番から退室を促されたことがあった(もっとも韓国語で正確な意味は分からなかったが)。実験が入射のため一時中断となるのは煩わしいが、入射中は実験者達が外でコーヒーを飲んだり談笑したりしていて、天気の良い日はとても気分が良く、今では良い思い出となっている。

私の実験ではベンディングマグネットのビームライン BL-5C2 を使用した。このビームラインは X 線回折用のビームラインであり、ビームラインには Huber 社製の四軸ゴニオメーターが備えられている。実験方法そのものは

APS と同様であるが、アンジュレーターと比較して輝度の弱い光源なのでビーム強度を稼ぐ目的でミラーを使用している。このため、入射ビームの角度発散が大きくなり、ダイヤモンド位相子からよい円偏光を得るのに苦労した。ただ実験装置の制御ソフトが APS と同様に SPEC であるため、回折装置の操作性は大変良かった。

PLS がある Pohang 工科大学は緑豊かな美しいキャンパスを持ち、たくさんの学生が大学内の寮で生活している。この実験で Pohang 工科大学の学生とも一緒に実験する機会を得た。この大学が韓国でソウル大学に並ぶ有名な大学であることがその理由かもしれないが韓国の学生は勤勉で、英語力が日本の学生よりも優れているという印象を持ち大変刺激があった。実験中に食堂に行く途中で学生生活を満喫している学生達の姿をたくさんみることができ、そんな雰囲気を味わいながら放射光実験できる環境は PLS だけではないだろうか。

食堂は大学内に職員食堂と学生食堂とレストランの3箇所ですべて食事が可能である(車があれば外食ができる)。実験中はその3カ所で食事をするが多かったが、韓国の庶民的な料理が安く(200円程度)食べられて非常に気に入った。なお、共同利用者は PLS から歩いて15分程度離れたマンションの一室を宿舎としており、毎日ベットメイキングされ非常に快適であった。さらに実験ホールに清潔な仮眠室があり、実験中はよく仮眠室のお世話になった。PLS は APS とは反対に金銭的な負担が軽いため長期滞在にも問題はないだろう。

4. 最後に

今回紹介した2つの放射光施設はまだ立ち上げられてまもないが、これからさらに共同利用の機会が広がっていくことと思う。海外の放射光施設といっても実験装置などは日本の放射光施設と大きな違いはないのが装置面の私の印象である。しかし、ユーザーが使いやすい実験ソフトウェアの充実という意味では、PLS, APS で SPEC が広く用いられていることや、EPICS の導入など目をみはるものがある。これらのソフトはコンピューターとの通信において測定機器の拡張が容易であるし、SPEC に慣れていればどのビームラインでもすぐ実験ができるという意味でユーザーにとっては楽である。こういった操作性の配慮の点では、外国の放射光施設が日本と比較して一歩進んでいるという印象を受けた。また個人的なことで恐縮だが慣習の異なる海外のスタッフとともに実験や、つたない私の英語ではあるが世間話をふくめた会話ができた、これらの経験は私にとって大きな収穫となった。

最後に私に海外で実験する機会を与えてくださった指導教官の橋爪弘雄教授と、APS, PLS, NSLS でお世話になった多くの皆さま方に深く感謝の意を表します。