

◁海外情報▷

中国の放射光施設の現状

馬場祐治 (日本原子力研究所*)

アジアの国々にも多くの放射光施設が稼動しているが、本稿では、近年経済発展著しい中国の放射光施設の現状を紹介する。中国は、アジアの中では日本に次いで放射光施設を建設した“放射光先進国”であり、また最近では上海に第三世代のVUVリングを建設することを決定し注目を集めているが、日本から近いわりには社会体制の違いもあって、西側諸国に比べやや情報が不足している。本誌の海外ビームラインシリーズでも過去にあまり紹介されていないようである。

そんな中、昨年(2001年)9月、中国科学院からの招待により中国へ行く機会があった。本来の目的は大学、研究所などで講演を行うことであったが、この機会にひと通り中国の放射光施設をまわるとともに、建設が決まった上海の放射光計画の現状について話を聞くことができたので、中国の放射光施設の現状を簡単に紹介したい。なお、上海の放射光計画は、昨年9月時点のものであることをお断りしておく。

1) 北京の放射光施設

人口約1300万人の巨大都市北京は中国の首都として近年発展が著しく、いたるところに東京よりはるかに立派なビルが建設されている。北京の放射光施設は、北京市の中央にある天安門広場から7~8 km西の地下鉄駅から歩いてすぐの便利な場所にある。ここは、正式には北京同步輻射装置(Beijing Synchrotron Facility, 略称BSRF)といい、中国科学院高能物理学研究所(Institute of High Energy Physics, Beijing)にある北京正負電子対撞機国家実験室(Beijing Electron Positron Collider)の附属施設である。当日は同施設の副部長、奎熱西(Kurash Ibrahim)教授と中国科学院金属研究所(Institute of Metal Research)の李瑛(Ying Li)博士の案内で見学を行った。

この施設は1988年に完成した共用型の放射光施設である。蓄積リングの電子エネルギーは2.2~2.5 GeV、リング電流は100 mA、エミッタンスは76 nm•radである。電子の入射は1日1~2回行われている。リングの主目的は電子・陽電子衝突実験であり、線型加速器からの入射部分とちょうど180°反対側の場所が衝突実験部になっている。この衝突実験が行われている期間は放射光実験ができないため、年間で放射光実験ができるのは3ヶ月程度とのことである。蓄積リングは4等分されていて、そのうち2

箇所が放射光実験フロアーになっている。現在稼動中のビームラインは9本で、そのうち4本が偏向電磁石、5本がウィグラーを使ったものである。実験ステーションは11箇所あり、内訳はX線トポグラフィー、XAFS、X線散漫散乱、X線回折、X線小角散乱、光電子分光、蛍光X線分析、高圧高温物理、X線光学素子研究、X線リソグラフィー(LIGAプロセス)、真空紫外分光など多彩である。当日はビームタイムでなかったが、ホール内が非常に静かで全く音がしないのには驚いた。実験中以外はイオンポンプ以外のポンプは全て止めていているとのことであるが、真空度はすべて 10^{-10} Torr台であった。

ユーザーは100グループほどあるようだ。中国全土から研究者が集まってきており、研究水準も高いと言える。annual reportは300ページほどの立派なもので、約4割がXAFS関連の研究成果であった。レポートは主に英語であるが、約3割が中国語で書かれているのが目につく。執筆者のほとんどが中国国内の研究者であり、国際協力はこれからといった感じである。

Kurash教授自身は、マンガン酸化物などの強相関係物質の光電子分光に関し、数々の成果を挙げており、ビームラインには英国VSW社製の装置には角度分解光電子分光装置と角度積分型光電子分光装置の2つが装備されている。この装置は同一の真空容器の上段レベルに10 eV~100 eVの紫外光、下段レベルに60 eV~1100 eVの軟X線を導入できるため、同じ試料の価電子帯構造と内殻電子構造を、試料を上下させるだけで一度に測定できる。ビームの変更は真空内の4種類の回折格子を平行に移動させることにより簡単に行える。同装置には数種類の元素の蒸着が可能な分子線エピタキシー装置や表面を観察するRHEEDなども付設されており、薄膜の生成や表面電子構造のその場観察などにも使われている(写真1)。

それにしても、この放射光施設は便利な場所にある。歩いてすぐのところにショッピングセンターや多くのきれいな中華料理店(当たり前だが)がある。実験が終わったら歩いてレストランに行き、(値段は日本の10分の1以下!)、そのまま地下鉄で帰ることができる。研究所の宿泊施設は高級ホテルなみの大変立派なもので非常によく整備されていた。特に私が外人だからというわけではなく、実験に来る一般ユーザーも使うというのには驚いた。

* 日本原子力研究所 放射光科学研究センター 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4
TEL: 029-282-5523 FAX: 029-282-5832 E-mail: ybaba@popsvr.tokai.jaeri.go.jp

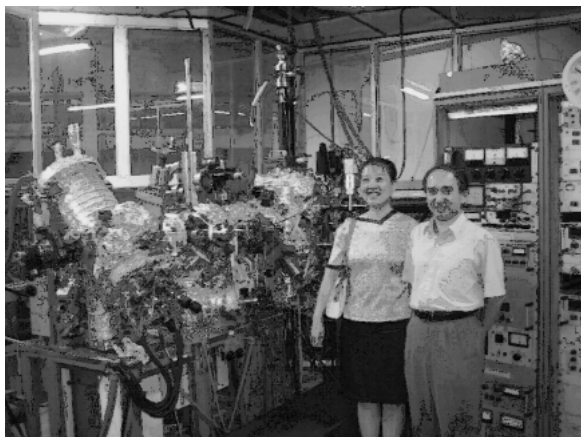


写真1 北京のBSRFを案内してくれたKurash Ibrahim教授(右)と李瑛博士(左)。



写真2 NSRLの実験ホール内の様子。リング全体の改修工事が行われており、リング、ビームラインにはビニールカバーがかぶせられている。

2) 合肥の放射光施設

合肥 (Hefei) 市は一般にはなじみが薄いですが、揚子江下流の華東に位置する安徽省 (Anhui Province) の省都であり、人口は400万人 (市部は約100万人) 程度である。この放射光施設は正式には国家同步輻射実験室 (National Synchrotron Radiation Laboratory, 略称 NSRL) という。同施設は、中国科学技術大学 (University of Science and Technology of China) のキャンパス内にある。NSRLは国家重点実験室 (State Key Laboratory) に指定されている。国家重点実験室に指定されると、特別な予算・人員措置が認められるようだ。

ここは中国で2番目の放射光実験施設で、放射光実験専用のいわゆる第二世代のリングである。やはり、場所は町中の交通至便なところにある。当日は同施設の張充武教授および武國華 (Guohua Wu) 博士の案内で見学した。

同施設は1984年に着工し、1993年から利用実験が始まった。蓄積リングの電子エネルギーは800 MeV、リング電流は200 mA である。電子の入射は1日3回行われている。施設全体は輸入に頼らない純中国製を目指して建設されており、ポンプ、電源など全て純中国製であった。稼働中のビームラインは6本であり、当然ながら軟X線・真空紫外光が中心である。内訳は、リソグラフィ、XAFS、気相の光化学、X線顕微鏡、光電子分光、時間分解光反応である。実験装置の方は手作りのもののほかに輸入品もいくつかあり、光電子分光ステーションでは英国VSW社の光電子分光装置が稼働していた。現在、8本のビームラインが建設中であり、そのうちの2本はアンジュレーターとウィグラーのビームラインである。内訳は、赤外 (中国語では紅外という!)・遠赤外分光、LIGAプロセス、X線散漫散乱、原子分子物理、X線磁気円二色性 (MCD)、表面物理、光音響法、放射線標準ビームラインなどである。現在は新しいビームラインの建設と建屋の修理が行われており、来年まで運転は休止とのことであ

た。ただし、運転再開の予定は具体的にまだ決まっていない。リングやビームライン全体にビニールカバーがかぶせられており、ホールの中も外も工事が精力的に行われていた (写真2)。

この放射光施設は北京と異なり、放射光の専用施設であるため、ユーザーは多い。しかし、研究も純中国製を目指しているわけではないと思うが、国際的な協力関係は北京と同様、やはり少ない感じがした。原則的に海外からのユーザーも受け入れているようであるが、共同利用申請書が中国語である上、ホームページも中国語しかないので (英語版は製作中とのこと) 海外のユーザーが使うにはいくつかの困難がある。今後、日本等との協力体制の強化が望まれる。

ちなみにこの宿泊施設も大変きれいな立派なものであった。たびたび食事の話で恐縮だが、宿舎の食堂もフルコースの食事がとれる高級レストラン並みであった。食文化の違いというのは歴然として存在するようである。

3) 上海の放射光施設計画

上海の放射光施設 (Shanghai National Synchrotron Radiation Center) は既に計画が認められた中国で3番目の第三世代放射光施設であるが、まだ建設は始まっていない。アンジュレーターなどの挿入光源を使った軟X線ビームラインが主体である。上海滞在中に、上海原子核研究所の侯鍾邇 (Hou Zhengchi) 博士から現状を聞く機会を得た。

同計画は当初2.2 GeVの蓄積リングの予定であったが硬X線ユーザーの要望が強く、3.5 GeVに変更したとのことである。第一期プロジェクトとして用地の整備、建屋建設、リングの建設と7本のビームライン建設が計画されている。7本のビームラインの内訳は以下のとおりである。(HX: 硬X線, SX: 軟X線, B: 偏向電磁石ビームラ

イン, W: ウィグラービームライン, U: アンジュレータービームライン)

- ① XAFS (X線吸収分光), HX, B
- ② X線回折, HX, B
- ③ 微小結晶構造解析 (生物, タンパク質構造解析), HX, W
- ④ マイクロフォーカスビームライン, HX, B
- ⑤ 医療診断, HX, W
- ⑥ 顕微分析, ホログラフィー, SX, U
- ⑦ LIGA プロセス, SX, B

最終的には50本のビームライン建設を目指している。建設予定地は人口1500万人の世界最大の都市、上海の中心部から10 km 東にある浦東 (Pudong) 地区のハイテクゾーンである。この浦東地区というのは、世界の貿易・経済・金融センターを目指して1990年代から開発が始まったエリアで、現在では有名なテレビ塔や巨大ビルが林立している。ちょうど東京の臨海副都心のようなところである。この放射光施設の建設場所も、これまた極めて便利なロケーションと言える。現在は、中国科学院上海原子核研究所 (Shanghai Institute of Nuclear Research) 内に建設チームがある。計画初期は140人のチームであったが、第一期の R & D が終了したため、100人に減ったとのことである。建設費は第一期プロジェクトの7本のビームラインを含め約12億人民元 (日本円で約160億円) というまさに巨大な国家的プロジェクトである。しかしながら、中国政府の財政事情も厳しらしく、建設のゴーサインはまだ出ていない。建設予定地は現在さら地になっているとのことである。ただし計画では北京の中央政府からだけでなく

上海市からも建設予算が出ることになっているので (上海市の財政事情は比較的良いらしい) 2年後には建設が始まるであろうとのことであった。2004年の完成を目指しているそうだが、若干遅れることが予想される。

4) 雑感など

以上、中国の放射光施設の現状について報告した。全体を通して日中の用語の不統一と中国の漢字の簡略化には少々苦労した。しかし考えてみると、ひらがなやカタカナがないだけに、中国の方がわかりやすい標記をしている例が多い。高エネルギーを“高能”(低エネルギーは“低能”?!), リソグラフィーを“光刻”などというのはわかりやすいし、synchrotron radiation のことを“同步輻射”というのは直接的でうまい訳の気がする。既に普及してしまった言葉について今さら日中で用語の統一をするのは不可能だろうが、今後、新しい漢字の科学用語を作る場合、韓国、台湾も加えて、偉い先生方の委員会のようなもので事前に統一することはできないかと思う。また、中国の人名や知名については、本報告ではできるだけ中国読みのローマ字か英語名を併記したが、一般にはまだまだ普及していないようである (日本人の名前も、中国風に読まれることが多い)。できるだけ双方が相手の国の発音をすることが今後の協力・親善の第一歩であろう。

最後に招待していただいた中国科学院新疆物理研究所 (Xinjiang Institute of Physics) の濤 (Tao Jin) 教授、中国科学院金属研究所部長・王福会 (Fuhui Wang) 教授はじめ、案内していただいた多くの方々に感謝します。

〈海外情報〉

SOLEIL 計画

副島浩一 (新潟大学理学部*)

私は2000年9月から一年間、パリの南、Orsay市にあるパリ第11大学の原子イオン分光研究所 (LSAI) で研究する機会を得ました。原子の光二重電離過程の研究で世界をリードしてきた LSAI 所長の A. Huetz 博士と共に Super-ACO で光二重電離過程の実験的研究をおこなうのが目的でした。その時おこなった研究についてはまた別の機会にお話したいと思います。今回はそれとはまったく関係のないフランスの SOLEIL 計画に関する報告です。

SOLEIL 計画があぶないという話は、私がフランス行きを画策していた頃に LURE の Lablanquie 博士や Huetz

博士などから聞いていました。その後フランスで研究ができることに決まり、浮れた私の頭からはすっかり SOLEIL の文字は消えていました。ところが、渡仏後初めて参加したイベントが SOLEIL 復活パーティだったのです。しかも、祝賀パーティで出されたシャンパンの味を今でも覚えているほどそのパーティは私にとって印象深いものでした。おいしい料理と、次から次へと出てくるよく冷えたシャンパン、喜び騒いでいる研究者達に囲まれ、時差げけも影響したのでしょうか、私の頭はいつしか高励起状態に遷移し“この感動を日本につたえるのは私の使命

* 新潟大学理学部 〒950-2181 新潟市五十嵐二の町8050
TEL: 025-262-6147 FAX: 025-263-3961 E-mail: soejima@sc.niigata-u.ac.jp