

## 西独における放射光利用の標準研究

電子技術総合研究所 齊藤 輝文

1989年8月末より約2カ月間、ベルリンにあるドイツ連邦物理工学研究所 (PTB) のVUV radiometry部門に滞在する機会を得たので、当機関におけるVUV域の標準研究の動向等を紹介したい。

PTBはアメリカのNIST (旧称NBS) のように、基本単位を始めとする様々な標準を確立し供給していくことを主な目的としている研究機関であり、多くの研究所はブラウンシュバイクに集まっている。ベルリンにはBTB設立 (1888年) 以来の古い建物があり約180人 (内科学者約40人) の職員が居ることであるが、私が滞りした部門はBESSYの建物の中の一画にあり、専用のビームラインを持っている。PTBがVUV域の標準研究を始めるにあたって、PTBが独自の標準専用の電子蓄積リングを持つ案もあったが、結局、そのための予算をBESSY設立資金の一部に充て、その見返りとして専用のビームラインと特別の空調の付いた実験室等を整備したということである。BESSYは良く知られているように民間会社の形態を取っており、いわば利用者にフォトンを買っている。PTBのVUV radiometry部門のリーダーであるKühne氏の説明によると、PTBはBESSYの維持経費の12% (年によって変動するが1988年の実績で約140万DM=約1億円) を毎年支払うことになっているという。これに見合う恩恵として、6週間につき3日間はPTB専用の運転モードとなり、電子の電流やエネルギーを自由に変えることができる。radiometryの実験では頻繁に電流のレベルを変える必要が生じ、大きな電流ほど良いという通常の利用者の要望とは相入れない面を持つので、専用の運転モードが不可欠となる。私の滞在中、結晶分光器を用いた実験では波長の1点ごとに、電子の入射と電流レベルの変更 (意図的な減衰) を繰り返すという、贅沢な使い方をしていた。

PTBの専用実験室には1個の偏向電磁石から3本程のビームラインが入っており、30~250eV域のトロイダル回折格子分光器(TGM)、200~2000eV域のローランド円分光器(RCM)、そして現在整備中の直入射分光器(NIM)等の分光ビームラインの他、シンクロトロン放射の一次標準性を生かすために重要な未分光ビームラインが置かれている。いずれの分光器も未知の放射強度の光源とシンクロトロン放射との比較ができるように、前置鏡が回転可能でかつ、相方の偏光度の違いに対処するため分光器がその入射光軸の回りに回転できるようにになっている。また高次光の一次光に対する強度比は、TGMの場合透過型回折格子を、RCMの場合エネルギー分散型のSi(Li)半導体検出器をそれぞれ用いて決定してある。二次標準放射源としてPTBは、重水素ランプを窓有領域で校正済であるが、現在RCMの領域でレーザープラズマ校正のための作業が進んでいる。また窓無しの場合のNIMの領域では、電子線励起による原子からの発光を二次標準源さらには一次標準源になり得るかの研究を始めている。さらにBESSYのundulatorからの放射強度測定の前準備を進めており、

現実のマシンパラメータを用いた計算強度と比較して、一次標準放射源として実用になるかどうかを検討してゆく模様である（電総研においても同様の計画を持っている）。電子蓄積リングを一次標準として使う際に必要なパラメータは、適宜測定できるように装置が良く整備されている。磁束密度の測定は、発光点の位置まで真空を破らずにNMRプローブを挿入することによって可能である。電子のエネルギーは、spin depolarization法と呼ばれる方法により $\pm 0.2\text{MeV}$ の確度で決定される（この方法のBESSYでの実現には物性研の礎山悟朗氏の貢献が大であったと聞いている）。蓄積電流は、約 $1\text{mA}$ 以上の場合校正済の直流トランスで、それ以下の場合は真空中に置かれたSiフォトダイオードを使用の都度、直流トランスで校正して使用する。さらに電流が少ない場合は、蓄積電子の減少が光電流のステップとして観測されることを利用した校正法により電流が決まる。その他のパラメータとして、意外に確度が充分上がらないのが発光点までの距離である。ここでは複数のスリットを出た光線を検出する方法を用いているが、これを可視域の光でやろうとすると回折のボケによって精度が上がらないので、X線の検出器を用いるところがミソである。

検出器の標準に関してもTegeler氏を中心に精力的に開発が進められている。これまで検出器の標準は、Samson型の二重電離箱のような標準検出器によって校正されるのが通例であったが、ここではSi(Li)検出器を直接、未分光のシンクロン放射で校正することを試み、満足すべき結果を得ている。この方法はいくつかの仮定を含んでいるので厳密ではないが、シンクロトン放射の一次標準性を生かす方法の一つとして興味深い。このSi(Li)検出器と類似の原理に基づくフォトダイオードについても、TGM、RCM、さらには結晶分光器の領域で精力的に研究が行なわれている。筆者らもフォトダイオードの有用性に着目して、これまで主に直入射の領域で理論実験両面か

ら特性の評価を行ってきた。この波長領域の特長は、表面での反射損失が大きく表面層での干渉効果が顕著で、光の呼吸長が極めて短いことである。したがって検出器の開発上、最も難しい領域で、特にキャリアの表面再結合をいかにして減らし、かつ経時変化をなくすかが課題であった。しかし最近のデバイス製作技術の進歩により、この再結合損失がほとんどないフォトダイオードがほぼ実現している。ちょうど私の滞在中にPTBを訪れていた浜松ホトニクスの上野永氏らと交えて、この点について詳しい議論ができたのは有意義であった。分光感度に波長依存性の無い熱型の検出器として、PTBでは極低温ボロメーターを現在開発中であり、プロポーションナル・カウンタ等の標準検出器の波長領域の拡大に、役立っていくであろう。

全般的な印象として、西独の真空紫外域の標準研究に対する強い意気込みには圧倒される思いがした。それは端的に人員配置に表われており、我が日本では赤外から軟X線という広範な波長領域の標準研究ならびに維持供給を、9人の研究者が行っているが、西独では真空紫外・軟X線の領域だけに15人もの人員が配置されている（ただし皆が常勤の職員というわけではなく内5人は博士号取得を目的としている大学院生で数年の雇用契約で働いている）。因みにBESSYはEUROMETと呼ばれる計画の中で、西ヨーロッパにおける校正施設として機能してゆくという。

私がベルリンを離れてからまもなく、壁の撤去という、滞在時には想像もつかない展開になって今、町中は東側からの観光客で大賑わいを見せているという。ニュースの映像を見るにつけ当時の新鮮な印象が思い出される。いろいろな人と会ったことも滞在を実りあるものにしてくれた。例えばBESSYの見学に来られた、国際度量衡委員のBlevin氏や、NISTのRoberts氏らとは標準研究談議に花を咲かせた。私よりも少し遅れて物性研の宮原義一氏がBESSYに滞在され、一緒の宿舎

になったこともあって、公私ともに楽しく過ごさせて頂いた。十月始めにたまたまWigler-Undulator WorkshopがBESSYで開かれ、高エネ研の山川氏ら世界各地から集まった人達とお目にかかり、自由・活発で極めて具体的な議論を聞くことができた。またUVSORの機器校正用ビームラインを

担当されている核融合研の桜井氏が、ほぼ私と入れ換わるような形で来られていた。

最後に、今回の滞在に際し親身にお世話下さったTegeler氏を始め、Wende, Kühne両氏、その他のPTBの方々に深く感謝したい。

## 〈海外情報〉

# 中国の放射光施設見聞記

分子科学研究所 平谷 篤也

昨年末ちょうど1ヶ月中国に滞在し2つのシンクロトロン放射光施設、HESYRLとBEPCを見学する機会を得た。この2つの施設の現状をお知らせするとともに中国の科学技術水準に対する印象を述べたい。

今回の中国訪問は中国科学技術大学（合肥市）のシンクロトロン放射光施設HESYRL（Hefei Synchrotron Radiation Lab）からの招待によるものであった。HESYRLの光源は800MeV電子ストレージリングであるため、規模や利用目的が良く似ている分子研UVSOR（750MeV）とはこれまでも多くの交流があった。HESYRLは昨年4月に試運転に成功し、筆者と分子研の3人の技官が招待状を受け取った段階では11月には瀬谷・波岡型分光器、X線顕微鏡ビームラインの組立、調整が行われる予定であった。3人の技官はこの観測系に関する技術交流を、筆者は光化学用ビームライン取り付けの分子線装置の立ち上げとそのチェックのための実験を行なうことになっていた。

筆者が上海に着いた翌日が運悪く飛行機の便がない日だったため、上海から合肥まで9時間半、列車での一人旅となった。その日の車窓からの眺めや前夜歩いた上海の郊外からの印象は20-30年前の日本に戻ったような「懐かしさ」であった。合肥ではHESYRLの観測系責任者である張允武（Zhang Yun-wu）教授のもとに約3週間滞在した。彼の部屋がある加速器楼はリング室がある科学技術大学の新キャンパスとはかなり離れた旧キャンパスにあり、そこでは分光器設計、電気回路やコンピューターシステムの製作、レーザーホログラフィを用いたX線顕微鏡用ゾンプレートやグレーティングの作製、光化学ビームライン用実験装置の立ち上げなどが行われていた。この建物や大学の他の研究室などを案内してもらって印象的だったのは精密な実験装置やコンピューターのある部屋には必ず電圧安定器が1台は置いてあったことである。

筆者らがHESYRLを見学に行ったときにまずびっくりしたのは、玄関からわずか十数歩、しか