

放射光の発展と共に歩んだ40年

大門 寛 (奈良先端科学技術大学院大学)



私が放射光に携わるようになってから、早いものでもう40年になります。定年も近く、現役では最古参の一人となりました。その間の放射光の発展は素晴らしいもので、私の研究の発展は放射光の発展のおかげです。

私が初めて放射光に携わったのは、物性研に新設された表面物性の村田研究室で表面の研究を始めた1978年に、東大の田無キャンパスのSOR-RINGを使用させていただくようになった時のことです。SOR-RINGができる以前の放射光研究は、原子核反応の研究に用いていたシンクロトロンから発生する不安定な放射光を用いていました。このSOR-RINGは、日本の科学者が1974年に自分たちの力で世界で初めて完成させた画期的な放射光専用の安定な電子蓄積リングでした。その辺の経緯と苦勞と喜びは佐々木泰三先生の回顧録(放射光11(2)82, (1998))に記されています。このリングは1975年4月に物性研の軌道放射物性研究施設に移管されて、そこには神前熙教授が施設長で菅滋正先生が助教授でいらっしゃって、セミナーも一緒にさせていただき、大変お世話になりました。

私は田無に常駐して、放射光を単色化する超高真空の分光器と、光電子の角度分布を測定するための回転小型光電子分析器を入れた超高真空分析器の製作から始めました。放射光は、連続したエネルギーが使えるという大きなメリットがある上に、光源が超高真空中にあるため、超高真空が必須である表面光電子分光研究にとって理想的な光源でした。この分光器と分析器を用いて、放射光のエネルギー連続性を用いた「共鳴光電子分光」や「光電子回折」の実験を行って博士号を取得しました。

このSOR施設では夜遅くまで好きなだけ実験をさせてくださり、最後のユーザーが自分で電源を落として帰るといふ、ユーザーと光源がとても近い関係でした。ただ、“窓が無くて、気が付かないうちに夜になっていて生活リズムがつかめない”という日本の放射光施設特有の難点は、その時から始まっていました。この施設では、SOR-RINGが1997年に停止されるまで実験をさせていただきました。現在、SOR-RINGは日本の放射光の記念碑としてSPring-8の普及棟に鎮座しています。

私が井野正三研究室の助手になった1983年に、Photon Factory (PF) は共同利用を開始しています。私は、井野研では東大の分光化学センターに協力してPFのBL7に設置する平面回折格子分光器の開発に携わったり、その後に活躍してくれる2次元表示型分析器を発明して製作したりしていました。この2次元表示型分析器は、 $\pm 60^\circ$ にわたる角度分布を一度に測定できるもので、私が修士の時の「電子の分子による散乱」の研究や田無での「光電子回折」の測定で、角度分布を一点一点測定していた苦勞を何とか解消しようとして開発したものです。この2次元表示型分析器を用いてPFで本格的に実験を始めたのは、1990年に阪大に移られた菅研究室で助教授にさせていただいてからです。阪大の学生さんとBL7でグラフィットの

価電子帯 2 次元光電子角度分布を測定したところ、6 回対称のきれいなバンドの断面パターンが観測されたのみならず、そのパターンは、左右が強く上下が弱いという非対称の強度分布を示していたため、そこからバンドを構成する原子軌道を特定する研究が生まれました。これは放射光が直線偏光だったからこそ、成し得た研究でした。この研究は、現在立命館 SR センターで継続させて頂いています。また、「光電子回折」が 2 次元的に測定できるようになったため、「光電子ホログラフィー」の研究も始められました。

また、PF に隣接するトリスタン入射蓄積リング (AR) では、1988 年に円偏光軟 X 線が初めて利用できるようになったので、これを利用して何か新しいことができないか、ということで悩んだ末に考え出したのが「円偏光光電子回折における前方散乱ピークの回転」という現象です。光電子は軌道角運動量を持つと思われるので、その軌道を直線だと仮定すると、その直線軌道は原子核から 0.1 \AA くらい離れたところから出射するように見えることが古典力学で予想され、 1° 程度の回転角が見込まれました。しかしながら、量子力学では電子は進行方向に垂直な面では無限に広がった波であり、その動きを古典力学的に太さがゼロの直線的な軌道から予想して良いのか、という不安がずっとありましたが、実験結果はまったく古典力学の予想どおりだったので、自然の摂理に感動しました。軌道角運動量という量子力学の基本量を初めて測定することができました。

菅研究室においては、菅先生が先導された SPring-8 の BL25 の円偏光軟 X 線ビームラインの建設に加わり、SPring-8 で供用が開始された 1997 年には、2 次元表示型分析器による円偏光光電子回折の実験を本格的に始めることができました。この研究を進めるうちに、この前方散乱の回転角が、人間が物体を立体視する時の視差角と全く同じであることに気が付き、原子配列を直接立体視することができるという「立体原子写真」を実現することができました。

このように、放射光施設はこの 40 年の間に SOR-RING から PF, AR, SPring-8 というように規模も大きくなり、光の性質も大きく進化しました。ユーザーの一人としての私の体験から見ると、エネルギーの可変性は光電子回折・ホログラフィーを可能にし、直線偏光性は原子軌道解析を生み出し、円偏光軟 X 線は軌道角運動量の観測と立体原子写真を実現した、というように、放射光の新しい性質が新しい研究を生み出してくれました。現在でも、高輝度化による高分解能化や、自由電子レーザーのフェムト秒時間分解測定など新しい機能が出ていますが、今後も放射光はますます発展し、新しい研究が花開いていくことでしょう。

放射光施設には、シンクロトロン寄生利用、専用リング、アンジュレータ主体のリングに対する第 1 世代から第 3 世代までの呼称がありますが、ユーザーにもあるように思います。SOR-RING を作った方々のように、一人で光源から実験装置まで立ち上げた第 1 世代、分光器から実験装置までを手掛けた私たちのような第 2 世代、実験装置だけを考えれば良かった第 3 世代、と分けられるように思います。これまで放射光科学は光源とユーザーが両輪となって発展してきましたが、それには第 1、第 2 世代がユーザーの声と光源を作る方々をつないでいたことが大きかったように思います。次第に施設が大きくなり、光源を扱う人と第 3 世代のユーザーとの距離が遠くなってしまったことが気になります。また、諸外国では既に多用されている物性研究に必要不可欠な 3 GeV クラスのリングを日本に作るのは喫緊の課題ですが、そのような新しいリングや既設のリングの改造の時には、ユーザーと光源を扱う方々が一体となって新しい科学を生み出すことを最優先に考えていただきたいと思っています。そのためには、放射光学会という日本独自の組織が最適であり、日本の 3 GeV リングで日本発の新しい放射光科学を世界に発信するために、日本放射光学会が果たす役割は極めて大きいと思います。