

今，放射光科学の革新に必要なこと

小杉信博（分子科学研究所）



私の放射光利用のスタートは田無の物性研 SOR-RING の真空紫外光である。より短波長の軟 X 線や硬 X 線をカバーする UVSOR（当時の世界標準規模）や Photon Factory（当時は大規模）を実現しようという動きがあった頃であり、夢の光である放射光を使って如何に新しいサイエンスを生み出すかを考え、技術開発・研究開発する人（ここでは「生み出す人」と呼ぶ）たちが活躍し始めていた。光源開発，ビームライン開発，エンドステーション開発の距離も非常に近く，一体化していた感がある。私自身は幸いにも，その後40年ほどの間の放射光科学の革新とともに硬 X 線領域から軟 X 線領域へと，以前できなかった研究ができるようになるという経験を積み重ねることができた。40年も経つとそろそろ世代交代の時期であり，改めて周りを見てみると，今や，国内にリング型の放射光施設が8つもあり，放射光実験も大衆化・標準化の時代になっていることに気付かされる。

この40年を振り返ると，真空紫外光科学は放射光利用以前からの長い歴史がある成熟した分野であり，放射光の出現で華やかな時期もあった。しかし，世界の放射光施設の流れの中で衰退期に入って久しい。フランス，ドイツ，スウェーデン，アメリカなど，欧米各国にあった真空紫外領域が主力の UVSOR-I 規模の施設（SuperACO, BESSY-I, MAX-I, NSLS-VUV リングなど）はすでに廃棄され，硬 X 線，軟 X 線を主力とする第3世代あるいはそれ以上に進んだ新たな施設に交代している。このような栄枯盛衰の中で，硬 X 線を利用した科学は夢の光である放射光の花形として確立し，基本ツールとして産業応用まで広がっており，今，華やかな状態にある。例えば，硬 X 線光電子分光法 HAXPES が生み出され，これまでの軟 X 線光電子分光法では扱うことができなかった，いろんな状態の試料が測定できるようになっている。

ある程度の規模の研究組織であれば，標準的な X 線構造解析装置や各種分光装置・顕微鏡などが整備されており，データ解析も自動的にコンピュータが答えを出してくれるし，故障のときはメーカーを呼ばずむ状態にある。しかし，このような大衆化・標準化には悪い面もある。相対的に，使う人に比べて生み出す人が圧倒的に少なくなる。特殊で難しい装置であっても，原理を熟知して改造したりして使いこなせる人がプロの研究者として尊敬されている間はまだいいが，大衆化・標準化の流れによってプロの必要性は急速に消えていく。特殊なことや難しいことを強いるのは提供側が悪い，というようなスマートフォンの文化が普通となる。世界標準のルーチンに従って実験・解析するだけの人が大勢を占める。これは居心地の良い世界ではあるが，その裏で生み出すことに興味を持つ人の絶対数が減っている。

放射光科学が成熟したものであれば，スマホ的文化は世の常，自然の道理である。しかし，今ふたたび，放射光科学の革新が X 線自由電子レーザーのような直線型光源や回折限界リング型光源のように光源側で進んでいる。このチャンスに，単に波長が短くなったとか，輝度が向上したとか，これまでの延長での使い

勝手を目指すだけで利用者はよいのだろうか。私が少し関わった JST の「さきがけ」プログラムは自由度が大きく、自由な発想で斬新な放射光利用装置開発にチャレンジするような若手が現れることを期待した。しかし、装置を随時テストできるような受け皿となるインフラがない状況で、新しいことを生み出す人を期待する方が間違いであった。国内にリング型の放射光施設が 8 つもありながら、ルーチンの利用拡大のための大衆化・標準化に走った施設側にも問題はあろう。自由な発想を支える“無色”の予算が減り、色の付いたプロジェクト予算を強化するような国の施策も影響しているだろう。放射光分野はこのままでは、生み出すことに関して寂しい状態が続く。

アメリカのリング型放射光施設の数日本並みであるが、どうなっているだろうか。最近では、エネルギー省 DOE の主導で、中央東寄りの APS、東海岸の NSLS-II、西海岸の ALS, SSRL (SPEAR3) の重点 4 施設に整理されつつある。中央東寄りにあった UVSOR-I 規模の SRC (Aladdin) は 2 年前に運転を止めた。東海岸の NSLS には PF 規模の X 線リングと UVSOR-I 規模の VUV リングがあったが、3 GeV の NSLS-II リングへの更新・大型化に伴って、VUV リングがカバーしてきた分野は遠く離れた西海岸の ALS が受け入れるなどの全体的な調整が進んでいる。現在、NSLS-II 以外の重点 3 施設はそれぞれ、現状を活かした更なる高度化を計画中である。

一方、日本ではどうか。APS と SPring-8 の対応は自明であるが、他の対応付けは現時点では以下のようなだろう。SSRL に対応する PF の光源は高輝度化が進んだ光源 SPEAR3 と比較すると性能的に見劣りする。ALS に対応する UVSOR-III は規模的に見劣りする。また、NSLS-II に対応するものは日本になく、放射光学会でその必要性和緊急度を認識して検討を重ねてきた。その結果を受けて、規模は小さいながら性能的に優れた東北放射光の実現に向けた概算要求の準備が東北大学で進行中である。

欧米では、現在稼働中の第 3 世代軟 X 線光源の高度化によって次に向かうべき方向について多面的に議論されている（直線型の自由電子レーザー関係では日本を含めて数々の議論が行われているが、私自身の把握不足のため、ここではリング型の観点に限る）。例えば、ビームエミッタンスを回折限界まで下げることで空間コヒーレンスを積極的に使った新しいサイエンスを考えようとしている施設（例えば、ALS-U 計画）、ビームエミッタンスは今ままで十分と考えてパルス時間構造に多様性を持たせようとしている施設（例えば、BESSY-VSR 計画）がある。エネルギー領域の研究はリング型光源施設に任せて、時間領域の研究は軟 X 線自由電子レーザーや通常のレーザーの短波長化で行う方向もある。このような各種軟 X 線光源の進歩に促されて、これまで遠い存在であった実験家、理論家が新しいことを生み出す人として軟 X 線科学の分野に新規参入するケースが増えている。残念ながら、第 3 世代軟 X 線光源がなく、世界から周回遅れの日本は、このような動きにほとんど付いて行けていない。今、軟 X 線領域は、生み出す人を最も必要とする分野であろう。