

7-2 UVSOR 施設の点検評価

現在、UVSOR 施設では、アンジュレータビームラインを中心に光吸収分光と光電子分光を 2 本柱にして重点化が行われており、一線級の海外研究者の利用が増加している。海外の最先端光源ではそれぞれの分光法に対して顕微分光化が進んでいる。顕微分光では一般的には試料損傷の問題が深刻化するが、光吸収分光と光電子分光の顕微分光化にはいろんな方法があり、UVSOR 施設に適したものを選択しなければならない。すでに UVSOR 施設では、透過吸収法の光吸収分光において μ スケール（集光素子なし）とナノスケール（Fresnel Zone Plate を使って集光）の顕微分光が、光電子分光において μ スケール（集光ミラーを使う）の顕微分光がそれぞれ実現しており、残る課題はナノスケールの光電子顕微鏡である。現在、UVSOR に設置している種々の光電子分光装置の位置付けを見直しつつ、ナノスケールの光電子顕微鏡を含めた全体的な方向性について、外部専門家による評価を行った。以下はそのレポートである。

UVSOR 施設における光電子分光分野を中心とした評価報告書

ドイツ・ユーリッヒ研究センター
客員教授 菅 滋正

2016 年 11 月 8 日に UVSOR 全ビームライン見学後、田中清尚、解良、山根 3 氏より 2 時間半にわたり研究活動の現状についての説明を受けた。またその後、施設長の小杉氏より補足説明を受けた。

光源リングは 2004 年、さらには 2012 年の性能向上により着実に進歩して来ている。10 年前の評価で勧告した 1) 挿入光源の充実、2) トップアップ運転 については期待通り実施されてきており利用研究者にとっては大きなメリットになったと思われる。また、ビームラインによっては他施設の整備等による利用研究者の減少等により老朽化対策をせずシャットダウンをしているが、このことは妥当な判断と思われる。他の放射光施設で容易に出来る実験を UVSOR でもやらなければならないと言う必然性はない。ただ、中部地区の利用者にとっては時間をかけて他の地域の放射光施設に出かけて実験しなければならないという時間ロスを生じない程度の標準実験を可能にするビームラインは維持費の問題がなければ 1, 2 本程度残しておくことは許容範囲であろう。

一方でビームラインや実験装置の性能向上に伴い外国人研究者や優れた国内共同利用研究が増大しているビームラインや実験装置も複数あり、研究の activity は着実に向上して来ていると思われる。当面は、①最終段の実験装置をさらに如何に性能向上させるか、②如何に active な研究者を内部で育てるか、③外部から呼び込むか、が最重要な課題である。

偏向部放射光については、ビームラインは限られるが、更に広い層の利用者に使ってもらおうという方向は妥当である。また radiation damage の大きな試料を偏向部放射光で測定すると言うのも妥当である。

本評価では以上の理解に立って、主にアンジュレーターを用いたビームラインの現在の研究ならびに今後の研究方向について言及したい。

小杉グループの山根氏の説明によって BL6U が気相関連と固体関連とで半々程度の利用の現状であると言う点はバランスが取れていると思われる。また共同研究を含んで所内グループが直接関与するビームタイムが約 1/2、その他の外部利用が 1/2 と言うのは妥当と考える。SPring-8 の一般ビームライン等を見ると所内グループの利用できる時間があまりに短かすぎて所内研究者の士気が低下しているが、UVSOR のこのビームラインはこの点では理想に近いと思われる。有機分子を基板上に成長させた際の基板との相互作用や表面分子間の相互作用の詳細が解明されつつあり

極めて興味深い実験が発展中と評価できる。ビームラインも 60 から 400 eV を 1 万分の一のエネルギー分解能でカバーできているようであり、今後も多様な分子系や分子と基板の相互作用など興味深い実験データが継続的に得られると期待出来る。電子状態の波数依存性など高い分解能を要すると思われるので、radiation damage の無い範囲で、エネルギーと波数分解能についてより高精度の実現を目指すことが期待される。

解良グループの研究については多くは実験室光源で行われており、UVSOR 利用は外部利用者と同等の立場でのビームタイム配分と理解した。有機半導体等を研究対象としているために radiation damage や charge up 効果が深刻な場合があり、励起光強度を抑えて実験が要請されることもあるとのことである。一方で分子内振動等を検出するために高い分解能等も要請されるとのことであり、これらの実現のためには 2 次元波数空間での ARPES の必要性も高い。そのために取り込み角度の大きな slit を用いた静電半球型電子エネルギー分析器を用いることが望まれるが、これらの問題を全て解決できる手法は、現状ではドイツ Max-Planck- 微細構造物理学研究所で開発された Momentum Microscope しか無いように思われる。radiation damage を避けるために試料上の照射域を常時動かす方法は場所的な不均一性がある試料には適用することは出来ないため、マイクロ分光には不適であろう。

田中清尚氏のビームライン全体説明は全貌理解に役立った。中でも詳細に現状報告された BL5U で行われている ARPES の高度化は、試料を回転することなくレンズパラメタを電子的に振ることで、或る E_K の電子に対する $I(k_x, k_y)$ 分布を波数空間のかなり広い範囲で測定できる手法であり、マイクロ分光にも適用できる手法である。ただしアナライザー軸やスリットに対する試料位置に対して $I(k_x, k_y)$ 分布の homogeneity が激変するようであり、この点を大幅に改善しないと精度高い 2 次元 ARPES は遂行が難しいと思われる。また近い将来、Fe-O スピン検出器を用いた SP-2D-ARPES が構想されているとのことであるが、スリット方向の角度範囲のみならずレンズ電場でスキャンするスリットに垂直方向の角度範囲にも制限があること、45 度反射でスピン検出するための電子入射エネルギーは 3 eV 程度と小さくなること、さらに 45 度と直交の方向での電子のスピン検出器への入射角の変化などを考慮すると即精度高いスピン計測は難しく、事前に確かめなければならないファクターがいくつかある。この手法は SP-2D-Momentum Microscope での計測が本質的にできない試料に有望な SP-ARPES 手法である。

全体として先端研究に対応できるビームラインと実験装置は確実に整備されてきてはいるが、UVSOR-III あるいは将来の -IV で世界を先導するような研究を目指すことを考えれば、目を外国（特にドイツ）に向けて革新的な手法の導入をかんがえることが焦眉の急と思われる。このためには、内部研究者・技術者と国内外の研究者との友好協力により数年以内に世界のフロンティアに立てる実験装置の整備が行われることが望まれる。その意味で内部 staff をある程度の期間（可能であれば半年以上）、海外の革新的手法を開発している現場に派遣し know how を共同研究の形で学んでくることも好ましい方策と思われる。

以上。