

VUV・SX 光を利用した表面化学研究の動向と展望

小澤健一

東京工業大学大学院理工学研究科

真空紫外 (VUV) から軟 X 線 (SX) 領域, さらには硬 X 線 (HX) 領域のシンクロトロン放射光は, 固体物性研究にとって非常に強力な武器となっている。その最大の特徴は, 欲しい物性情報を最大限に引出すことができる光エネルギーを自由に選択できるところにある。エネルギー固定の実験室光源を倍率固定の顕微鏡とすると, 放射光は任意の倍率に上げて対象を観察できる顕微鏡と言ってよいであろう。固体表面で起こる化学反応を追跡する表面化学研究においても, 分子吸着や原子/原子団の組替え反応の素過程, あるいは吸着サイトの特定などに VUV・SX 光を使った計測が行われており, 放射光が重要な役割を果たしている。

フォトンファクトリーで展開されている表面化学研究は大きく二つに分類できる。一つは HX 光を用いた X 線吸収微細構造 (XAFS) 測定による局所原子構造解析を中心とした研究であり, もう一つは VUV・SX 光を用いた電子構造解析を行う光電子分光研究である。透過性の高い HX 光を利用した XAFS 研究では, 試料雰囲気の影響が緩いため, 不均一触媒表面での化学反応を触媒動作環境と同じ条件下で検証する, いわゆるオペランド測定が行える。これに対して VUV・SX 光を用いた光電子分光研究では, ここ十年で PF をはじめとする各放射光施設で行われるようになってきた準大気圧環境下測定を除くと, 高真空から超高真空環境下での測定という制約があるため, 「分子-固体表面相互作用の物理」のような基礎物性を追及することが主な目的となっている。しかし, VUV・SX 光を用いた電子分光研究では, C, N, O 原子といった軽元素から構成される分子を直接観察できるところが強みであり, これは吸着分子の情報がターゲットとする金属原子を介して間接的にしか得られない XAFS 測定にはない利点である。

本講演では, フォトンファクトリーの BL-13 とその関連ビームラインで行われてきた表面化学がテーマとなっている研究を紹介する。BL-13 は生体分子や有機分子のような, いわゆる「やわらかい」分子の観察に適した VUV・SX 領域の光エネルギーをカバーしたアンジュレータビームラインである。2009 年の高度化以降, ビームラインとエンドステーションの整備・高度化が PF スタッフと S2 課題ユーザーの密接な連携により進められてきた。この S2 課題 (課題責任者 吉信淳 東大物性研教授) は「有機分子-電極系の構造・電子状態と電荷移動ダイナミクス」(2009S2-007) と「エネルギー変換材料の表面界面物性」(2012S2-006) をテーマとしており, 電子構造, キャリア移動特性, エネルギー変換過程を分光学的に評価して, 新材料開発への指針を提案することを目指している。S2 課題のもとで進められた表面化学研究のうち, 筆者が関わった研究 (有機薄膜/酸化物界面のエネルギー準位接続と電荷移動に関する研究, 真鍮表面の酸化反応と準大気環境下での CO 水素化反応) を中心に, G 課題研究も含めて紹介する。その上で, VUV・SX 光を用いた表面化学研究をフォトンファクトリーで進めるにあたり, 複数ある VUV・SX ビームラインをどのように活用したら有効な研究が進められるかを議論する。