



## 【原子・分子科学研究の概要】 EUV SASE-FEL による原子・分子科学

彦坂泰正 新潟大学理学部自然環境科学科 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050番地

原子・分子科学とは、物性を発現する最小単位と言える原子や分子（あるいはその有限個の凝集体であるクラスター）について、その電子構造や物理過程、化学反応等に対する適切な理解を得ることを大きな目的とする研究分野である。「光」の利用はこの目的に対して最も有用な手段であり、新しい光源の出現によって原子・分子科学の学問領域の進展がもたらされる。これは、約半世紀前に放射光が登場した際にもそうであり、放射光によって「短波長光と原子・分子との相互作用」の研究が大きく拓かれた。従って、放射光利用の開始当初から原子・分子科学分野の活発な研究が行われたが、これが初期の放射光利用の推進に大きな貢献をしたことは間違いない。現在までに原子・分子科学分野で得られた短波長光と物質との相互作用についての知識は、広範な放射光科学の基礎となっている。また、原子・分子科学研究で開発された測定手法や計測技術の中には、放射光の他分野の研究に普及しているものも多い。

現在の EUV-FEL 利用研究においても、放射光の黎明期と類似の様相が見られる。すなわち、EUV-FEL という新しい光源は、「高強度な短波長光と原子・分子との相互作用」と「それに関連した素過程」という未知の研究分野を開拓するすべとして、原子・分子科学分野から大きな関心を集めている。実際、現在までの日本の EUV-FEL の利用研究の半数以上は、原子・分子科学分野である。先行してユーザー利用が始まったドイツの EUV-FEL (FLASH) においても同様であるか、むしろ FLASH の方が原子・分子科学研究の比重が高いかもしれない。

放射光が提供するような短波長光が原子・分子と相互作用したときに起こる最も標準的な過程は、光イオン化である。一方、近赤外から可視の長波長域の高強度の短パルスレーザーを用いても、光イオン化を起こすことができる。このとき、レーザー光の強度がそれほど強くない場合の光イオン化は、原子や分子が複数個の光子を一度に吸収する

という多光子イオン化の枠組みで説明される。さらにレーザー強度が増すと、原子や分子内の電子の束縛ポテンシャルがレーザー電場により歪められ、原子や分子から電子が剥ぎ取られるように放出されて、光イオン化が起こる。この様な状況では、光が粒子であるという描像はもはや相応しくなく、電磁波の交播電場としての様相が強調されてくる。では、放射光源が供給してきた短波長光が、長波長域のレーザー光のような高強度をもったとき、原子や分子との相互作用はどのようになるのだろうか。さらに、その相互作用の結果、どのような現象が起こるのだろうか。特に内殻電子が関与できるような短波長光では、相互作用において電子相関が顕在化してくることも想像される。このような光と物質との相互作用についてのシンプルな興味を土台の一つとして、原子・分子科学分野での FEL 利用が大いに活況を呈している。

本章では、SCSS 試験加速器の EUV-FEL 利用で行われている原子・分子科学分野の研究を測定対象と興味において4つ（原子・分子・クラスター・化学反応）に分類し、それぞれについて個別の研究グループに報告して頂いている。いずれの研究も放射光とは異なる高い尖頭出力や短パルスという FEL の特性を利用することにより初めてアプローチすることができたものであり、放射光の利用ではこれらの研究の実現は不可能である。一読すれば既に原子・分子科学に大きな進展が見られていることを認めていただけたらと思う。それに加え、FEL の特性を生かした新しい計測手法が開発されていることにも気付いてもらえるだろう。放射光利用の歴史に照らし合わせれば、原子・分子科学分野の FEL 利用研究によって得られつつある高強度の短波長光と物質との相互作用の基礎的理解、さらに FEL 利用に適合した測定手法や計測技術の開発は、近い将来の他分野の FEL 利用研究の発展に大いに貢献することが想像できる。