客員所員を経験して

北海道大学工学研究院　　関川 太郎

2014年度後期に、板谷所員にホストになって頂き、極限コヒーレント光科学研究センターの客員准教授としてお世話になりました。私は物性研において、1996年4月から2005年8月まで旧渡部研究室に助手として研究させて頂きました。今回、久しぶりに物性研を訪れ、柏移転直後に較べ背が低かった木々が大きく伸びているのをみて、月日の経過を感じました。また、建物や人口も大幅に増え、キャンパスに活気があるのが印象的でした。

さて、今回、客員所員として目指したのは、固体分光応用のため、スペクトル制限をした(中心エネルギー ～100 eV)高次高調波光源の開発です。高次高調波はアト秒光源として、光科学以外の方々も耳にされたことがあると思います。アト秒パルスはフーリエ変換の関係でスペクトル幅が広くなります。100 as パルスのスペクトル幅は 18 eV になり、用途によってはとても使いにくいのです。例えば、物性研究に盛んに用いられる光電子分光ではスペクトル幅がエネルギー分解能に直結するため、アト秒光源は必ずしも良い光源ではありません。そこで、必要な時間分解能を確保しつつスペクトル制限した光源が必要となります。

私は、北海道大学において回折格子対を用いてスペクトル制限(中心エネルギー ～30 eV)した高次高調波光源の開発を行いました。最短パルス幅が 11 fs です。その光源を使い、気相有機分子の光化学反応ダイナミクスを時間分解光電子分光法により追跡しています。高次高調波光源を用いるメリットは、深い分子軌道を観測できる点にあります。それぞれの分子軌道は異なるイオン化エネルギーと空間分布をもっています。光電子スペクトルと化学結合を対応づけることにより、結合長程度の空間分解能で化学反応を時々刻々観測することができます。アト秒パルスで光電子分光を行うと、スペクトルが広すぎて複数の性質の異なる分子軌道を区別して観測することができません。また、紫外光を用いた時間分解光電子分光では、励起状態や最高被占有軌道(HOMO)に関する議論にとどまっています。高調波光源を用いて深い分子軌道を観測することにより、これまで議論されていない空間情報を含めた光化学反応の知見を得ることができるのではないか、と考えています。そのことを実証し新たな現象を見出すべく、多くの分子の計測に挑戦しています。

客員所員を務めた経緯としては、固体分光のため内殻電子もプローブできるよう中心エネルギーが 100 eV 程度の光源が必要である、ということで板谷所員から声をかけて頂き、高調波光源の開発に参画することになりました。内殻電子を観測することにより、元素選択的にフェムト秒からアト秒の時間分解能で電子状態を追跡すること可能となります。私の使用するレーザーのパルスエネルギーは小さいため、100 eV の高調波を安定に発生することはできません。また、私はカタログ製品の回折格子を使用していますが、100 eV くらいになると良い回折格子がなく回折格子の開発が必要となります。これらは自分一人では手が出せない研究であるため、私にとって貴重な経験を積める機会と思いました。また、将来、北大においても固体分光へ発展させるためのヒントが得られればとも考えました。

半年の任期中、高調波のスペクトル制限に必要な回折格子の大きさ、性能、評価法などの議論に参加させて頂きました。任期中には、残念ながら実際の作成評価までには到達できませんでした。カタログ製品の回折格子ですら発注から納品まで1年近くかかるなど、一品物の光学素子の開発と製作には年単位の時間を要します。そのため想定内の進度ではあるのですが、客員所員制度の趣旨を踏まえ、今後も板谷所員に協力して、何らかの結論が得られるまで研究を進めて参ります。

最後に、物性研ならではの技術開発力を中心にした装置の共同開発に参加でき、物性研の共同利用としての役割の大きさを感じました。個々の研究者が共同研究を行うことは日常茶飯事とは思います。しかし、容易に移動できない装置開発と応用研究を行うためには、核となる研究機関が必要と私は感じています。北大で開発したシステムは小型ではありますが、レーザーや光電子分光器それに付随する装置などを同時に運転する必要があり、幅広い知識と経験が必要となります。卒業研究から修士論文の3年間、学生を教育しても、使いこなせる水準にはなかなか到達しません。その中で、さらに複数年にまたがる開発を単独で行うことは難しい状況です。ある程度相補的な共同研究が必要と感じてきました。今回、いささかでも当方の技術も貢献する形で、物性研を核として開発研究を開始することができたことを嬉しく思っています。今後の皆様の研究と物性研究所の更なる発展をお祈りいたします。