

客員所員を経験して

理化学研究所 放射光科学総合研究センター 田中 良和

平成 27 年度前期に、極限コヒーレント光科学研究部門、和達研究室の客員教員としてお世話になりました。我々の研究はシンクロトロン放射光を使うことが前提ですので、主な仕事は SPring-8 における物性研究所ビームライン 07 において行われました。

まず、我々がテーマに掲げました「時間分解軟 X 線回折」についてご説明致します。X 線回折そのものは、物質科学の中でも最も基本的な測定手段のひとつであり、物質の構造を知る上で欠かすことができないものです。物質の構造は、単位胞の周期構造であるため、我々は、回折パターンからその周期構造、また回折ピークの強度比から単位胞の中の原子配置を知ることができます。しかし、軟 X 線回折では、そのような通常の方法ではなく、X 線のエネルギーまたは波長として、物質を構成するある原子の吸収端を用います。X 線領域では、散乱および吸収に偏光依存性が表れることはありませんが、吸収端近傍では、非常に強い偏光依存性が表れることが知られています。そのような偏光依存性を利用しますと、スピン、軌道などの特定の元素回りの電子状態の情報が得られます。また、原子価数に違いが生じた場合には、吸収端のエネルギー特性に違いが生じます。これを利用すると、原子価数による秩序状態を観察する事ができます。

このような吸収端の特性は、X 線と内殻電子との共鳴によって生じますが、それは主に電気双極子遷移 E1 によって支配されています。高温超伝導体を始め、多様な機能性を示す強電子相関物質に含まれる 3d 遷移金属に目をやりますと、電気双極子遷移 E1 は、K 吸収端ならば、 $1s \rightarrow 4p$ となり、 $L_{2,3}$ 吸収端ならば、 $2p \rightarrow 3d$ となります。したがって、物性を支配する 3d のスピン、軌道などの秩序状態を直接観察するために、 $L_{2,3}$ 吸収端近傍の X 線を使うこととなります。そのエネルギー範囲は、500 eV から 1000 eV の軟 X 線領域となります。K 吸収端は 4 keV から 9 keV の硬 X 線領域です。

21 世紀になって、軟 X 線回折は 3d あるいは 4f 電子などの秩序状態を直接観察するために盛んに用いられて来ました。その源はシンクロトロン放射光ですが、最近、新たな資源として X 線自由電子レーザーが加わりました。一方最近のレーザー技術の発展によりパルス幅がフェムト秒の領域に達しています。この複合化によって、ポンプ&プローブ実験の実験が可能となりました。我々は、光誘起によって生じるスピンや軌道の秩序状態の観察を目的として「時間分解軟 X 線回折」に取り組んでいます。レーザー光による光誘起は、単に瞬間的な熱的な秩序崩壊をもたらすだけでなく、偏光および波長を変えることによって、特定の電子状態に絞って励起することができるので、軌道、スピン、格子の相互作用を読み解く上で重要な役割を果たします。つまり、回折実験に新しく時間軸を加えることによって、秩序状態の dynamics を測定し、より詳細な相互作用の情報を得ることができます。

上の目的のため、辛先生が研究代表者を務められている JST の「固体と液体及び界面の電子状態、スピン状態のダイナミクスの研究」課題に研究分担者として参加し、平成 25 年度に新しい軟 X 線回折装置を導入しました。私が理研ビームライン 17SU に導入した回折装置をもとに、様々な点で改良を加えました。レーザー光導入のためのポートの増設や、将来の磁場などの外場導入のための、より広い試料空間を確保しました。また、偏光解析装置も備え、総合的により進化した軟 X 線回折装置が完成したと自負しております。この回折装置は、現在 BL07 に設置されています。今年度は、和達先生と時間分解測定のための検出器の選定や測定方法について議論を重ねました。装置としては、ひとまずほぼ完成しておりますが、まだ、この研究は、端緒にいたばかりです。

最後に、客員にご招待いただいたこと、大変、感謝しております。本年度前期で任期は終了しましたが、今後もいままで通り研究を継続していきたいと考えております。どうぞよろしくお願い申し上げます。

