

## 京都大学原子炉実験所 照射材料工学研究分野

京都大学原子炉実験所の照射材料工学研究分野では、金属・半導体を中心とした固体材料に対する高エネルギー粒子の照射効果の解明を目的としている。このため、中性子・イオン・電子を用いた各種の照射設備の開発整備、陽電子消滅分光法・電子顕微鏡などを用いた照射材料の評価手法の研究、照射誘起欠陥の反応過程を解明する計算機シミュレーションを行っている。これらの研究を通じて、新型原子力システム・核融合炉のための材料開発、発電用原子炉で用いられる材料の中性子照射損傷機構の解明と寿命予測、半導体素子の製造プロセスで導入される格子欠陥の解明などを目指している。現在、教員、非常勤職員、外国人共同研究者および大学院生を合わせて7名が在籍している。なお、本研究室は京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻の協力講座（粒子線材料工学研究室）として、同専攻から大学院生を受け入れている。

本研究室で担当する高エネルギー粒子の照射設備として、原子炉 (Kyoto University research Reactor, KUR) に設置された高温中性子照射のための精密制御照射装置 (SSS)、電子線形加速器 (KURRI-LINAC) の低温・常温・高温電子線照射設備、低エネルギーガス注入器、重イオン照射装置などを開発・整備してきた。これらの装置以外にも、共同利用研究のために公開されている KUR の他の照射設備やコバルト 60 ガンマ線照射装置など他の照射手法を用いて研究を進めることも可能である。

また、材料物性の評価設備として、バルク陽電子消滅分光法測定装置、原子炉ベース低速陽電子ビームシステム、透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、集束イオンビーム加工装置、引張り試験機、硬さ試験機、昇温脱離ガス分析装置などが放射線管理区域内に設置されている。

バルク陽電子消滅分光法測定に関しては、シンチレーション検出器と Ge 半導体検出器を使用して、陽電子消滅寿命分光 (PALS) 測定と消滅  $\gamma$  線ドップラー広がり (DBAR) 測定を行うことが可能である。また、複数の検出器を組み合わせて、同時計数ドップラー広がり (CDB) 測定、寿命運動量相関 (AMOC) 測定も可能である。陽電子寿命測定にはデジタルオシロスコープによる測定系を利用している。

原子炉ベース陽電子ビームシステムに関しては、現在、文部科学省原子力システム研究開発事業「原子炉容器構造材料の微視的損傷機構の解明を通じた脆化予測モデルに関する研究開発」の一部として開発が進められている。ビームラインでは、KUR の B1 照射孔を利用し、炉心の

$\gamma$  線による対生成反応で陽電子を発生する。コンバータとモデレータには W を使用し、 $(n, \gamma)$  反応により  $\gamma$  線量を増加させるため Cd でコンバータ周辺を被覆している。発生した陽電子は電場で 10 eV オーダーに加速した後ビームラインに導き、その後はビームラインに印加した磁場により試料チャンバーまで輸送する。ビームラインには陽電子寿命測定を行うため、透過型チョッパーと 1/4 波長共振空洞を用いたバンチャーなどからなる陽電子パルス化装置がある。また、初期ビームスポットサイズが 30 mm であるため、10 mm 以下のスポットサイズを得るために磁気レンズと透過型モデレータによる輝度増強装置をビームラインに設置中である。2014 年 4 月、5 月に行った試験的運用で陽電子の発生を確認し、パルス化装置の調整などを行っている。ビームラインは頻りに改良を重ねているが、写真は 2015 年 12 月時点の外観である。輝度増強のためビームライン下流部分に高電圧印加する設計としており、そのための改修を行った後の状態を示している。現在、KUR は新規規制基準対応のために運転を休止しているが、再稼働が実施され次第、ビームラインの再起動と各種パラメータの最適化を行う予定である。

また、京都大学原子炉実験所は全国の大学及び研究機関に開かれた共同利用研究所として設置されており、本稿で紹介した実験装置の多くは共同利用機器として外部の研究者が利用できる。共同利用の申し込みは、通常採択（通年）分については例年 11 月上旬頃を締め切りとして募集している。これ以外にも、通常採択（下期）及び即時採択などの募集も行っており、詳細は下記の原子炉実験所ホームページを参照して頂きたい。

共同利用 HP: <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/JRS/kobo/kobo.htm>



写真： 原子炉ベース低速陽電子ビームシステム。

(京大原子炉 木野村 淳)