

義家 敏正

Yoshiie Toshimasa

((一社)大阪ニュークリアサイエンス協会)



材料物性の研究に放射線は大きな役割を果たしてきた。例えば中性子散乱，メスバウアー分光，陽電子消滅分光，摂動角相関などを挙げることができる。 γ 線や陽電子の線源としては放射性同位元素が用いられる。それらを一度購入すれば，電気代も掛からず安定な放射線が得られ，半減期が長ければ経済的である。しかし高い線量率や，制御した放射線ビームが必要な場合は加速器も用いられる。

私は金属を主とした，材料の格子欠陥の研究に従事してきた。主な測定手段は透過型電子顕微鏡であった。電子顕微鏡の分解能に限界があり，微小な欠陥の検出は困難である。そのため，原子空孔1個以下の空隙でも検出できる陽電子消滅分光法を用いることになった。陽電子の発生にはNa-22を用いた。

最近単色の陽電子ビームの需要が増えてきた。陽電子のエネルギーが低ければ表面近くで消滅する。陽電子のエネルギーの関数として，陽電子消滅寿命や消滅 γ 線のドップラ広がりを測定すれば，欠陥や組成の材料表面から深さ方向の情報を得ることができる。単一エネルギーの陽電子ビームを得るためには，陽電子が自発的に出てくるWなどの減速材(モデレータ)を用いて，一度陽電子を熱化してから加速しなければならない。その収率が非常に悪いため，強い線源が必要である。高強度の陽電子を得るためには，電子ライナックを用いて制動放射により γ 線を作り，その γ 線による電子対生成を利用する方法がある。国内でもその方式により，高エネルギー加速器研究機構や産業技術総合研究所などでは研究成果を挙げている。

京都大学原子炉実験所の研究用原子炉(KUR)は，長年放射線を用いた研究に利用されている。多くの照射孔があるが，利用頻度の低いものもあり，以前から有効利用が検討されていた。原子炉運転中の炉心近傍は，非常に高い放射線場である。それを利用して，陽電子を生成する陽電子ビームラインの建設も提案された。この方式は，ドイツ・ミュンヘンのFRM-II，オランダ・デルフトのHORなどでは行われているが，国内では例が無かった。

予算の関係上，なかなか実現しなかったが，平成24年度文部科学省原子力システム事業(研究代表者東北大学永井康介教授)のプロジェクトの一部として高強度低速陽電子ビームシステムの設置が開始された。原子炉の照射孔からは γ 線のみならず中性子も出てくる。中性子の遮蔽と有効利用のために，Cd板を使って γ 線の増強も行っている。陽電子ビームは短パルス化してあるので，寿命-運動量相関(AMOC)測定も可能である。私は平成25年3月に京都大学を定年退職したため，その後はサポートしかできなかったが，佐藤紘一助教(現鹿児島大学准教授)，藪内敦助教，徐虬准教授，木野村淳教授を始めとして原子炉実験所の所員の努力と，日本陽電子科学会の多くのメンバーの協力により，平成27年度に本システムは完成した。

基本的に陽電子は，電子ができることはすべて可能である。更に電子と対消滅するという性質，入射した粒子を捉えることができるという利点をもつ。これらをうまく使いこなせば，表面感性や欠陥感性など，電子を超える大きなアドバンテージがある。

京都大学原子炉実験所は，全国の大学の共同利用・共同研究拠点としての役割をもつ。今後所員と所外の利用者が協力して，陽電子ビームラインをより良いものに高めていくことが期待される。