

5MW研究用原子炉を用いた不安定核ビームの生成と、 これを使った原子核物理と物性物理分野にまたがる学際研究

核ビーム物性学とは

『核ビーム物性学』とは、放射性イオンビームを用いて行う、原子核物理と物性物理にまたがった学際領域の研究分野です。我々の研究室では、放射性イオンビームをつくる装置として、京都大学研究用原子炉に附設したオンライン同位体分離装置 KUR-ISOL を使っています。また、東北大・阪大核物理研究センター他の他大学の不安定核ビーム施設を利用している研究も進めています。

原子核の研究では、励起状態の原子核から放出されるガンマ線、ベータ線、アルファ線などを計測し、スピン、パリティや、磁気モーメント、電気モーメントを測定して原子核の構造を調べようというのが核分光の仕事です。また、核分光の手法を用いて、新しい原子核、元素を見つけようというのも核分光の仕事です。原子番号と質量数で決まる核種とよばれるものは、7,000 種ほどあると考えられています。また、1 つの核種にも一般に多くのエネルギー状態があり、測定されていないもの、測定されているが誤差の大きいもの、あるいはあやしいものなど、たくさんあります。

また、原子核の磁気モーメント、電気モーメントは物性物理の研究に用いることもできます。たとえば、固体物質中に、それら電磁気モーメントを持った原子核を入れると、医療診断でお馴染みの核磁気共鳴画像法 MRI も同じような原理でまわりの電子の影響を受けて、電磁気モーメントの方向が変化しますが、その変化を追跡することによって、原子核の近傍の電子の構造についてユニークな情報が得られます。われわれは MRI ような安定な原子核ではなく、放射性原子核の電磁気モーメントの方向の変化を、ガンマ線をとらえることによって測定します。ガンマ線はエネルギーが高いので、その検出感度は非常に高いことが特徴のひとつです。不安定な状態の原子核をプローブとして用いるので、その状態の寿命の時間程度（数 ns- 数 100ns）の現象を観測できることも、もうひとつの特徴です。KUR-ISOL を使うと、物性物理で重要な、希土類元素の原子核を、物質に注入できることも特徴です。

このように、不安定核ビームを武器として原子核・物性という枠を超えた研究を進めようというのが核ビーム物性学です。

最近の研究室の仕事

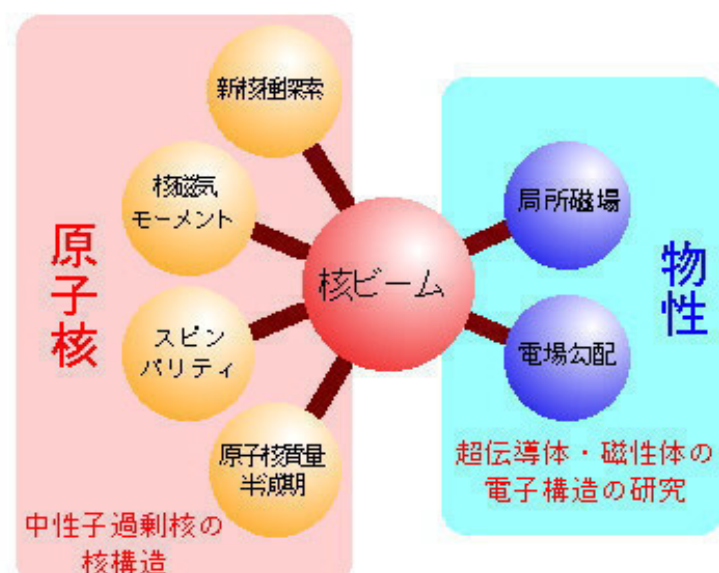
原子核構造の研究 中性子過剰核である¹³²Laの第一励起準位の半減期と磁気モーメントについて、純度の高い核ビームを得る技術と高い時間分解能の計測技術を組み合わせ測定に成功しました（東北大グループとの共同研究）。また、不安定核ミュオン原子の実現に向けKEKグループと共同でイギリスのラザフォードアップルトン研究所で基礎実験を進め、J-PARCでの更なる展開を計画しています。

物性研究 不純物をドーピングすることによって興味ある物性を示す半導体 ZnOに第13族の元素 (Al, In など) を不純物として導入し、それらの不純物の存在状態を、放射性原子核プローブを用いて研究しています。Ne-Fe-B 系磁石の磁性発現に関する研究や中性子による減磁の研究を進め、その研究を基に中性子による減磁を利用した新たな中性子検出法を開発しました (特許出願済)。

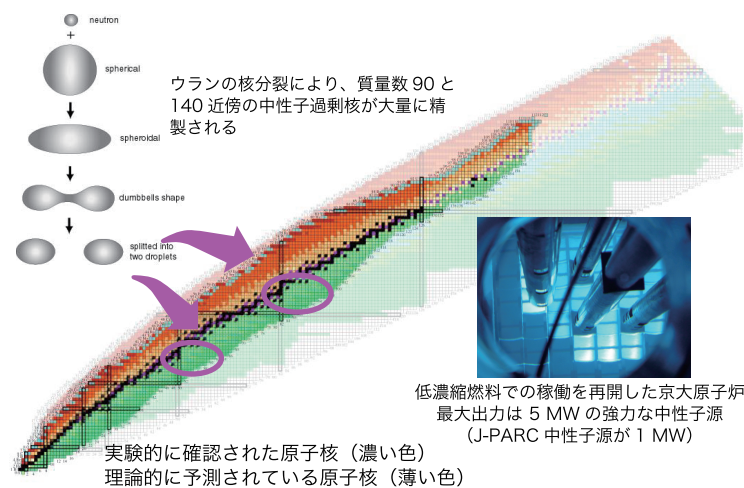
その他 実験で必要になる加速器や計測器の制御に関する研究開発を進めています。

原子炉実験所のおもしろさ

原子炉実験所は関西空港の近く、大阪府熊取町にあります。原子炉を研究・利用する医学・生物学・工学・物理学・化学・材料物性・建築・地震学他様々な分野の研究者が集まっていて、さながら小さな理系総合大学のようになっています。そんな人たちが分野を超えて協力しながら原子炉を維持・運用して自分たちの研究を進めています。そうやって密に交流する事で、思いもよらなかった視点に気づいたり、新たな研究が生まれたりしています。そんな既存の物理の枠にとらわれない場所で研究をしてみたい人にはお勧めの環境です。



核ビーム物性学の世界。不安定核ビームを軸に原子核・物性の両分野にまたがる研究を展開している



核図表と核分裂による不安定核の生成



核ビームを作り出すオンライン同位体質量分析器。

低濃縮燃料での稼働を再開した京大原子炉
最大出力は 5 MW の強力な中性子源
(J-PARC 中性子源が 1 MW)

実験的に確認された原子核 (濃い色)
理論的に予測されている原子核 (薄い色)