

# 粒子ビーム科学研究領域の研究紹介

## 先端ビームナノ科学センター・粒子ビーム科学

粒子ビーム科学研究領域では、加速器とその要素技術開発を通して、基礎科学研究開発および不安定原子核物理の研究を進めている。宇宙誕生時の物理現象と「元素はいつ、どこで、どのように誕生して進化したか」への探求を通して宇宙をスコープする。加速器を用いて自然界には存在しない短寿命不安定核 (RI) を生成し、質量、寿命、崩壊などの特性を明らかにする。

### 【不安定原子核の電荷分布と中性子分布の研究】

高精度化が要求される RI の物理量観測のためには、波動関数を正確に知ることが不可欠である。波動関数を直接測定できる手法は、未解決部分の多い強い相互作用 (核力) を介することのない電子散乱しかない。高エネルギー電子ビームを原子核に衝突させ、電磁力による散乱現象を観測して波動関数 (主に陽子) を決める。当研究領域では、有限な生成量と寿命を持つ RI で静止標的を作り、電子蓄積リングの大電流電子ビームを衝突させて RI の電子弾性散乱研究を推進している。原子核の中の中性子分布はどうか? 近年急速に注目されているテーマであり、原子核物質の「状態方程式」を確立するために必須の知見である。電子ビームによる散乱現象から中性子分布を導出するには、超前方非弾性散乱による光吸収反応などの手法があり得るが、最近電子弾性散乱によって中性子分布を観測できる可能性が発見された。当研究領域では、化研加速器施設を原子核研究のための電子・RI 衝突実験施設として再編して、中性子分布研究を進める。

### 【重イオン蓄積リングで拓く不安定核物理学研究と新しい研究領域】

元素合成過程を理解するため、原子核の質量は最重要物理量のひとつである。ただし 1ppm の高精度測定を要する。当研究領域では、等時性重イオン蓄積リングを用いて、超短寿命かつ中性子過剰な稀少 RI の質量の精密測定を行なっている。注目すべき領域は、<sup>78</sup>Ni、<sup>132</sup>Sn 領域でありいずれも元素進化の過程を説明する r 過程仮説による進化の通り道であり、また waiting point でもある。この領域の不安定核の質量によっては元素進化の道筋が変わりうる。我々はこれらの領域における稀少な不安定核の質量を蓄積リングの周回周波数として測定を行なっている。

### 【RUNBA 建設と要素技術開発】

RI 静止標的を作る技術と、重イオン蓄積リングを組み合わせ、ビームリサイクルという新しい概念を導入して、稀少な RI の核反応と RI 同士の衝突実験の実現を目指している。そのため化研加速器施設の蓄積リング (sLSR) を改造した RUNBA (Recycled-Unstable-Nuclear Beam Accumulator) の建設を開始した。内部標的を備えた RUNBA を運用するためには、稀少数の不安定核を蓄積し、標的通過により発生する straggling を補償する新しい技術が必要である。超えなければならない技術的な壁は、(1) 入射のための 100% 効率価数変換装置 (Charge-state-selectable Charge Breeder (C2B))、(2) 内部標的を装備した蓄積リングを周回する RI ビームのエネルギーとエミッタンスの分散拡大を抑制する分散補償装置 (Energy Dispersion Corrector (EDC))、および (3) RI 内部標的である。現在当研究室の実験室ではこのうち C2B と EDC の開発研究を行なっている。この新しい研究手法の開発により原子核研究を次のステップへ導入する。