

粒子ビーム科学研究領域

(附属先端ビームナノ科学センター)

若杉昌徳、塚田暁、小川原亮、頓宮拓、岩下芳久、高木周(M2)、久世啓太(M1)

加速器と加速器を用いた不安定原子核研究装置とその要素技術開発を行うとともに、それを用いた不安定核物理研究を行う。扱う量子ビームは、電子ビーム(100~300MeV)、重イオンビーム(keV/u~200MeV/u)。古く陳腐化した化研の加速器に少し手を加えて再編し、電磁ブロープによる最先端的不安定核研究施設として利用するために故障老朽化した施設の更新を行っている。同時に、理化学研究所・仁科加速器科学研究センターと連携して、不安定核ビームの生成、加速、蓄積等ビーム取扱い技術を駆使して、蓄積リング内で散乱や核反応を引き起こし、不安定原子核の構造および反応研究を行う。

電磁ブロープによる不安定核研究へ

化研加速器施設の再編による不安定核中性子分布研究

改造したKSRIにRI標的を挿入し、蓄積電子ビームを衝突させることによって、超前方非弾性散乱を用いて γ 線(光)吸収反応(γ^*, n), ($\gamma^*, 2n$)を起こさせ、不安定核のE1巨大共鳴の断面積測定から、原子核の中性子分布の研究を行う。

また近年、電子弾性散乱の低運動量移行領域における電荷形状因子の精密測定から4次のモーメント r_{ch}^4 を導出すれば平均二乗中性子半径 $r_{n,2}$ を決定できることが理論的に発見された。これを検証することにより画期的な中性子分布測定法を提案する。

10年近く使われていなかった加速器施設を一つづつ再建する。

重イオン蓄積リング(sLSR)を理研へ移設させた跡地を利用して、電子ビームドライブのISOL(不安定核(RI)生成分離器)を建設し、電子蓄積リング(KSR)を再設計して改造する。

100MeV電子ビームを標的物質に打ち込み、制動放射光子による(γ, n), (γ, p)反応を用いて、不安定核を生成し、生物、化学、医学診療、創薬、トレーサーへの応用に向けたRI供給拠点を目指す。

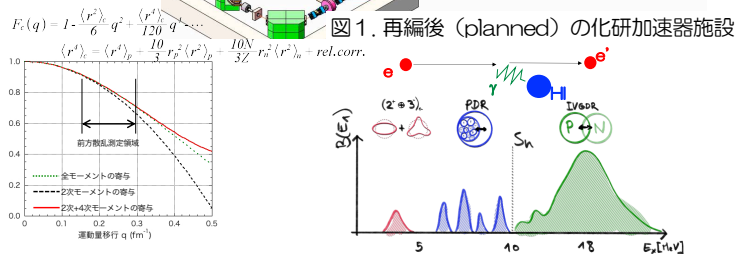
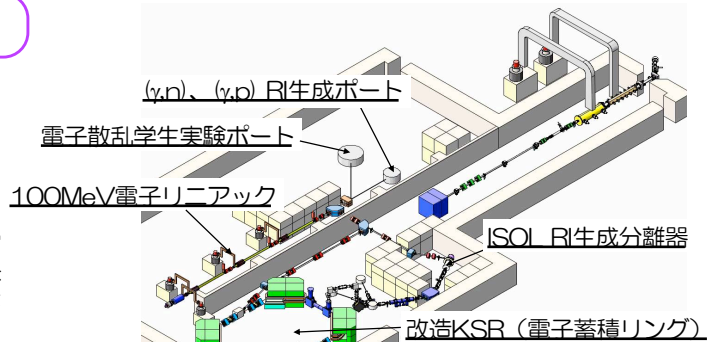


図2. 不安定原子核の中性子分布研究

理研仁科との共同研究

RUNBAによるビームリサイクル技術開発と不安定核反応研究

理研仁科と共同で、重イオン蓄積リングを用いたビームリサイクル技術開発を行う。この開発研究のR&D機として、当研究領域ではsLSRを理研に移設しRUNBA (Recycled-Unstable-Nuclear Beam Accumulator) として再建設する。

世界初のRI同士の衝突実験を可能にし、稀少RIの圧倒的高分解能な核反応実験や、RI-RI融合反応等による安定核では決して到達できないRIの合成など新しい研究領域を拓く。

ビームリサイクルとは、蓄積リングを周回する不安定核ビームが内部標的と衝突し、核反応が起きるまで安定周回を維持する技術であり、稀少な不安定核の究極の有効利用法である。我が国に1台しかない当研究領域の重イオン冷却蓄積リング(sLSR)だけが本研究をなすマシンである。

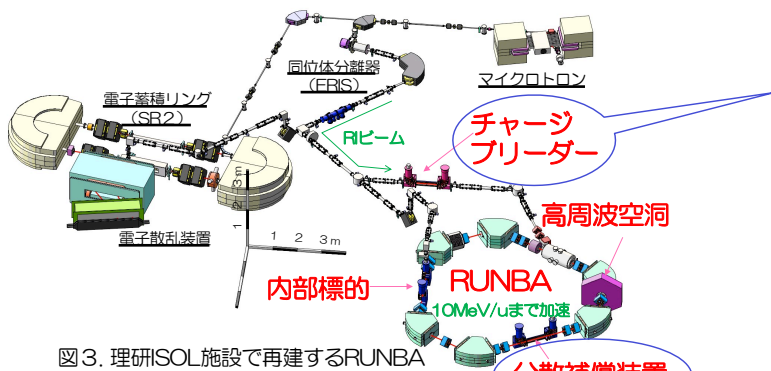
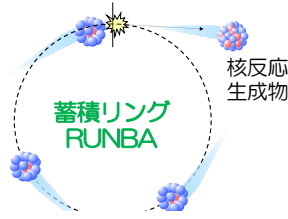


図3. 理研ISOL施設で再建するRUNBA

エネルギー分散補償装置 (EDC) (久世)

内部標的を持つRUNBAでは周回イオンビームのエネルギー分散とエミッタンスの確率的拡大現象が発生する。特にエネルギー分散拡大を抑制する、Energy Dispersion Corrector (EDC)を開発している。現状、プロトタイプ的设计とシミュレーションによるEDC装置の最適化を行っている。

要素技術開発研究

不安定核チャージブリーダー開発 (C2B) (高木)

不安定原子核イオンを任意の価数にして取り出すことができるチャージブリーダーの開発を行っている。電子ビームと電極によってイオンを閉じ込め、電子衝突を用いて価数を上げていく。トラップポテンシャルを適切に決め、高周波を掛けることで、特定価数のイオンだけがポテンシャルの壁を乗り越えて装置から取り出すことができる、世界初の価数選択型

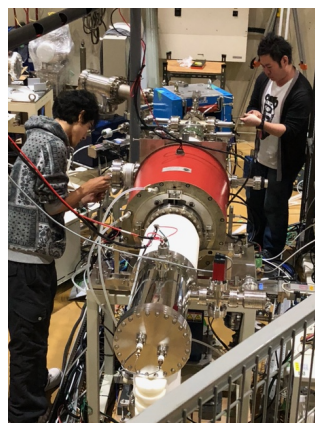


図4. 開発中の価数選択型チャージブリーダー

で100%価数変換効率を目指した (Charge-state-selectable Charge Breeder: C2B) である。エネルギー回収型の大電流電子ビームを用いており、現状ではプロトタイプ装置の製作を終え、組み立て、試験、調整を行っている。この原理はRUNBAに挿入する不安定核静止内部標的への応用も視野にいたったものであり、本開発によって次世代内部標的技術の知見が得られる。

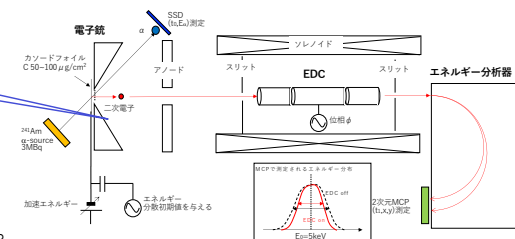


図5. EDCプロトタイプ検証機概念図