

# 研究奨励事業報告書

(理学研究科・研究科長裁量経費)

水素を除く全ての元素は宇宙で起こる原子核反応で作られたものである。鉄のピークより重い元素のほとんどは漸近巨星分岐星等で起こる遅い中性子捕獲過程(s プロセス)と超新星・中性子星合体等で起こる速い中性子捕獲過程(r プロセス)で合成されたと考えられている。s プロセスで元素の質量数を増やす安定核の中性子捕獲反応は、中性子実験施設での実験により断面積の測定が行われている。一方でr プロセスで質量数を増やす中性子過剰核の中性子捕獲反応は、中性子過剰核も中性子も不安定であるため直接測定が困難であり、Hauser-Feshbach 統計理論等による計算値が用いられている。最近の超新星爆発のシミュレーション計算により、磁気駆動型超新星等の特殊な超新星を除く、通常の超新星では重元素合成に十分な中性子が得られず、r プロセスの標準サイトとしては不適格だと考えられるようになった。一方で、中性子星合体で作られたキロノバから放出された物質中にランタノイド元素が存在することが報告された。これは中性子星合体に伴ってr プロセス元素合成が起こっていることを示している。r プロセスで作られる元素量を正確に計算するにはr プロセスの経路上の中性子過剰核における中性子捕獲反応断面積を実験で調べる必要がある。

最近、逆運動学の(d, p)反応を用いて中性子捕獲反応断面積を導出する方法が考案され、検証が行われた。また、いくつかの中性子過剰核の中性子捕獲反応についてこの方法で導出された反応断面積が報告された。これまでに行われた逆運動学の(d, p)反応実験の多くは、入射ビームが核子当たり数 MeV と低エネルギーであったために非束縛状態が励起できないという問題、十分な励起エネルギー分解能を得るため薄い重水素化ポリエチレン(CD<sub>2</sub>)標的を使用する必要があり、測定された事象数が不十分であったという問題がある。これらの問題を解決するため、我々は核子当たり約 20MeV の中性子過剰核ビームと反応した位置が測定できる厚い重水素アクティブ標的を使った実験を計画している。

2022 年度は、理化学研究所 RI ビームファクトリーで作られた核子当たり約 25MeV の <sup>124</sup>Sn, <sup>130</sup>Sn, <sup>130</sup>Te ビームを 0.287mg/cm<sup>2</sup> の CD<sub>2</sub> 標的に照射し、逆運動学の(d, p)反応で放出された陽子を測定する実験を行った。<sup>130</sup>Te (d, p) 反応で励起された <sup>131</sup>Te の励起状態のエネルギースペクトルより、励起エネルギー分解能は 0.11MeV 程度であることが分ったが、測定された事象数は予想よりも少なかった。詳細な研究には重水素アクティブ標的が必要である。

また、アクティブ標的の試作機の作成を行い、宇宙線とβ線で動作確認を行った。

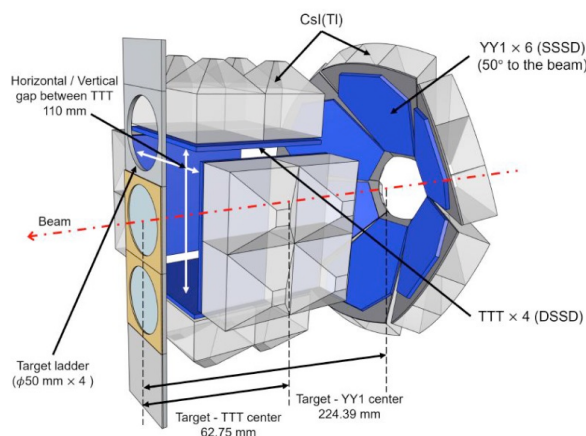


図 1 <sup>124</sup>Sn, <sup>130</sup>Sn, <sup>130</sup>Te (d, p) 反応実験で使  
した Si-CsI(Tl) 検出器

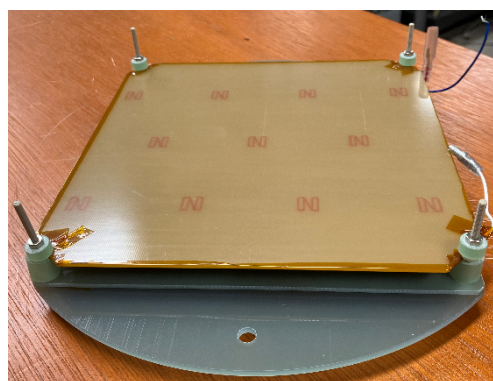


図 2 作成したアクティブ標的の試作機