

## スピン交換型偏極 $^3\text{He}$ イオン源の開発(II)

田中 正義

中高エネルギー領域の原子核物理学研究では原子核のスピンに依存する核力の解明が重要な課題の一つである。大阪大学核物理研究センターでは大型サイクロトロンを用いて、偏極陽子、偏極重陽子等のスピン偏極粒子を加速して、原子核反応による反応機構や原子核構造の解明が精力的になされ多くの成果が得られた。

一方、 $^3\text{He}$ より質量数が大きい原子核の偏極粒子を用いた研究はその重要性にもかかわらず、確立した偏極生成法がなく、現在に至るまで十分な成果が得られていない。

昨年度の研究では、偏極重イオンの中で、ヘリウムのアイソトープであるスピンを持った $^3\text{He}$ の偏極法を確立し、中高エネルギー領域の核物理研究に資することを旨とする。特に、偏極 $^3\text{He}$ ビームを用いた( $^3\text{He},t$ )反応によって、原子核のスピン・アイソスピン励起機構を明らかにし、宇宙における星の元素生成のなぞに迫ることが第一の目標である。そのため、前年度に引き続いて、スピン交換型偏極 $^3\text{He}$ イオン源の開発を行った。更に、 $^3\text{He}$ 核偏極度の向上を目指して、希釈冷凍機と超伝導電磁石を用いて、超低温・超高磁場によるBrute-force偏極法の検討と設計に入った。

スピン交換型偏極 $^3\text{He}$ イオン源の原理は理論的に、入射 $^3\text{He}^+$ イオンのエネルギーが低くなると、ルビジウム原子と $^3\text{He}^+$ イオンとのスピン交換断面積が、大きくなると期待されることを利用したものである。これを実証するために、大阪大学大学院理学研究科に於いてベンチテスト装置を設計・製作して、その検証を行ってきた。装置の構成はECR (Electron Cyclotron Resonance) イオン源を用いた $^3\text{He}^+$ イオン発生部、偏極ルビジウム蒸気発生部、 $^3\text{He}$ 核偏極検出器部(ポーラリメータ)、加速・減速部から成っており、前年度までに組み立て、調整をほぼ終え、測定に入った。

しかし、加速・減速部を利用して、偏極検出器部の実効入射エネルギーを不変という条件を維持したまま、低エネルギー領域(<5keV)のスピン交換断面積の測定を試みたが、ルビジウム蒸気による絶縁破壊のため、測定は入射 $^3\text{He}^+$ エネルギーが4keVまで下げることが出来たが、加速・減速部は十分機能せず、結局、スピン交換断面積のエネルギー依存性の測定は、ポーラリメータ自身のエネルギー依存性を十分校正したデータにはならなかった。

入射エネルギーが19keVから4keVに至る測定結果は、定性的には、理論的に予想された値に一致したが、入射エネルギーを更に下げ1keV付近のデータが不可欠であることが分かった。しかし、このような、低エネルギーでは、イオン源の引き出し効率の低下、空間電荷効果、散乱によるビーム損失が大きく、偏極 $^3\text{He}$ イオン源として、実用化は難しい。

これに代わるものとして、極低温と超高磁場を用いた所謂Brute-force法による偏極 $^3\text{He}$ ガス生成と減偏極を極力押さえたEBIS(Electron Beam Ion Source)イオン化器による $^3\text{He}^+$ イオン発生によるイオン源の提案を行ったので、最後にこのことに触れる。