

論文審査の結果の要旨

氏名 早川 勢也

本論文は 5 章と五つの付録からなる。第 1 章は本研究の動機・背景、研究課題がまとめられている。第 2 章で実験装置、実験条件が説明され、第 3 章では装置の校正、データの解析法とともに実験結果が詳述されている。結果にたいする考察は第 4 章で行われており、第 5 章で研究全体をまとめている。

第 1 章では、元素の起源と銀河の進化に関する研究において、鉄よりも重い陽子過剰核側原子核(p-核) についての研究を概括している。最新の研究では、起源天体とその生成過程として、II 型超新星爆発時の速い陽子捕獲過程(neutrino-induced rapid proton-capture process)が注目されている。定量的評価を進めるためには、高温($1.5\text{-}3\times 10^9\text{K}$)で陽子過剰環境下での p-p chain 領域から CNO 領域へと向かう径路、特に $^{11}\text{C}(\alpha, p)^{14}\text{N}$ の正確な断面積が必要とされている。これまでの研究では、対応するエネルギー領域(重心系のエネルギーで 0.74 から 2.7MeV)の逆反応 $^{14}\text{N}(p, \alpha)^{11}\text{C}$ の断面積データから、 ^{14}N 基底状態への断面積が用いられて来た。しかし、大きな不定要素となる励起状態への反応チャンネルからの寄与は実験的に調べられていない。そこで申請者は短寿命核 ^{11}C ビームによる断面積の直接測定を提案した。

第 2 章では実験装置及び実験手法の詳細な説明がされている。本研究では低エネルギー ^{11}C ビームと厚い He ガス標的、3 組の $\Delta E\text{-}E$ 型シリコンストリップ検出器による散乱陽子検出という実験手法を選んでいる。従来この手法は、高エネルギー分解能かつ高効率で励起関数が得られる手法として共鳴弾性散乱粒子の測定に用いられて来た。本研究では、この手法を改良して ^{14}N の基底状態だけではなく励起状態への崩壊を識別観測するため、標的上流に設置したビームプロファイルカウンターを用いて標的とシリコン検出器間の陽子飛行時間測定を新たに目指した。詳細な系統誤差の評価などから、本手法による励起状態の分離可能性を示している。

実験は、理化学研究所に設置された東大原子核研究センターのインフラ型短寿命核ビーム生成装置 CRIB を用いた。 $^{11}\text{B}(p, n)$ 反応により生成された ^{11}C を CRIB で分離・成形(エネルギーは、10.1, 16.9 MeV/核子の 2 点)後、標的に照射して測定を行った。 ^{11}C ビームは再加速型短寿命核施設での供給が難しく、本研究は CRIB により初めて可能となった。

第 3 章で検出器の校正とともに、得られたデータの解析が行われている。解析のポイントは、散乱陽子のエネルギーと飛行時間の相関スペクトルから、 ^{14}N の終状態を特定する点にある。そのために He 標的を Ar に置き換えて得られたデータによるバックグラウンド粒子の特定や、基底状態への散乱陽子を用いた飛行時間の正確な補正が行われている。最終的に飛行時間軸への射影スペクトルから、基底状態、第一、第二励起状態などへの崩壊強度分離導出に成功した。また散乱陽子の角度情報から、陽子は等方的に散乱したと仮定できる事が示され、この仮定に基づく反応断面積の誤差評価が行なわれている。

第 4 章において、得られた断面積データについての考察がなされている。新たに得られた ^{14}N 基底状態の詳細な断面積は、従来の逆反応による結果を良く再現している事が示された。これから求めた反応率は、標準値として採用されている値(CF88)よりも最大で 30%大きいことが分かった。原因は CF88 で考慮されていない重心エネルギー1.25MeV の位置に見いだされた共鳴ピークからの寄与である。

第一、第二励起状態を誘起する反応チャンネル($\alpha, p_i, i=1,2$)からの寄与は、基底状態への断面積に対して最大で 15%となる事が初めて明らかとなった。全断面積から求めた反応率の比較では、今回の実験誤差(10 - 25 %)を考慮に入れると標準値(CF88)から最大で 20%以下の相違であることから、p-核元素の起源天体モデルにおける生成シミュレーションに大きな影響を与えないことが示された。

本研究は 13 名の研究者との共同研究の成果であるが、実験装置、実験条件の最適化から、実験の遂行、データ解析および考察にわたって申請者が中心となり進めてきたと判断できる。特に散乱陽子の飛行時間とエネ

ルギーの相関から終状態ごとの断面積データが得られる事に注目し、CRIB の特徴を最大限活かして実験を企画し、短寿命核 ^{11}C ビームによる反応断面積の直接測定を初めて成功させた点は、研究者としての能力の高さを示すものである。よって審査員全員が本論文を博士（理学）の学位請求論文として合格であると判定した。博士の学位を授与できると認める。