

論文審査の結果の要旨

氏名 道正 新一郎

本論文は7章からなる。第1章は導入部であり、本研究が中性子過剰領域での新魔法数発現の起源に深く関連すると考えられるスピン軌道分離機構の解明を目指していることが述べられている。この目的のため、陽子数が魔法数8であり、中性子数が14である酸素²²O核に陽子を一個付加したフッ素²³F核の陽子一粒子状態に対し核子移行(α, t)反応による実験研究を行った。

第2章では、従来困難であった不安定核ビームを用いた核子移行反応による研究が、(α, t)反応を用いることにより可能となる理由が、簡単なモデル計算によって説明されている。

第3章では、実験セットアップについて、理化学研究所加速器施設不安定核ビームラインから検出器群・回路系に至る詳細が述べられている。本実験では、論文申請者の寄与による、荷電粒子測定用ヨウ化ナトリウム・シンチレーション検出器が新たに導入されている。

第4章は、データ解析に当てられている。本研究で目的としたフッ素²³F核は多くの束縛励起状態を持ち、一つの反応の際複数のガンマ線が放出され、かつ2 MeV以上のエネルギーを持つガンマ線も多く放出される。論文申請者は、高エネルギーガンマ線に対する検出効率の低下を補う新たな解析方法として「クラスター解析法」を考案した。この手法は、コンプトン散乱によって複数の検出器でガンマ線が検出された事象に対し、それらのエネルギーを加えて脱励起ガンマ線の全エネルギーを決定する手法であり、ドップラー効果補正のため細かくセグメント化され、密集した配置を持つインビームガンマ核分光用の検出器群にたいしては極めて有効である。また、シミュレーションで得られた応答関数を用いて各励起状態への断面積を導出する新たな解析手法も本論文において初めて用いられている。論文申請者が発案したこれらの手法は、今後同様の実験で広く用いられると考えられる。

第5章では、フッ素²³F核励起状態からのガンマ崩壊過程同定、励起エネルギーの決定、各反応の微分断面積についての結果が示されている。解析の結果、基底状態、2268keVと4059keVの励起状態が陽子一粒子状態であると同定され、更に角度分布から基底状態が $d_{3/2}$ 、2268keVが $s_{1/2}$ 、4059keVが $d_{3/2}$ 軌道に対応することが決定された。この他に13の励起状態が同定されており、このうち9つは本研究によって新たに発見された状態である。

第6章では、余剰中性子数がフッ素²³F核の陽子一粒子軌道エネルギーに与える影響について議論されている。特にd状態のスピン軌道結合した二準位のエネルギー差に着目し、それが従来の殻模型理論予測に比べ500 keV以上高いことを明らかにした。この結果は、中性子集団運動励起状態のエネルギーが理論予想とよく一致していることと対照的であった。論文申請者はこの不一致を説明するため、陽子d軌道のスピン軌道分離を調整して、

実験結果の再現する試みを行った。結果として、スピン軌道分離を殻模型の標準値より 1.3 MeV 広くすることによって、励起エネルギーを 100 keV 以内で再現できる事を示した。更に、この微視的起源を探るため、Skyrme 型相互作用を用いた平均場計算を行い、フッ素 17 核とフッ素 23 核の d 軌道におけるスピン軌道分離が、中性子軌道ではほとんど変わらないにもかかわらず、陽子軌道ではフッ素 23 核の方が 1.2 MeV 大きくなることを明らかにした。これらの結果から、フッ素 23 核の陽子一粒子状態は、中性子数の増加に伴う平均場の変化に由来する陽子 d 軌道のスピン軌道分離エネルギー増加の影響を受けて、予想よりも高い励起エネルギーに現れていると結論づけられている。

第 7 章は、以上の内容をまとめたものである。

原子核における殻構造を調べるうえで、核子移行反応による一粒子状態探索は極めて有効な手法であるが、いままで不安定核ビームに対しての研究は主に実験的な困難からあまり行われていなかった。論文申請者は、 (α, t) 反応を用いることでこの困難を解決し、入射核破碎反応による不安定核ビームと、厚い標的が使用できるインビーム核分光を組み合わせた陽子移行反応の測定手法を確立した。更に、高エネルギーガンマ線の解析において有効な新手法を提案し、これらを用いてフッ素 23 核の陽子一粒子状態を初めて同定、その結果から中性子過剰核におけるスピン軌道分離機構解明につながる重要な実験的結果を得た。

なお、実験は東京大学、理化学研究所、京都大学、東北大学および立教大学による共同研究であるが、論文提出者は実験の発案、設計段階から、準備、遂行まで常に中心的役割を果たし、実験データの解析はほぼ全てを一人で行っている。このことから論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上のことから、論文申請者に博士（理学）の学位を授与できると認める。