

論文審査の結果の要旨

氏名 籾山 悟至

本論文は全7章から構成される。第1章で論文の概要をまとめている。まず、天然に存在する原子核では、魔法数と呼ばれる特別な数において、エネルギー固有値間にギャップが生まれ安定になることを紹介している。次に、魔法数の一つである中性子数28を持つ中性子過剰核 ^{44}S において、魔法数の消失が過去の実験で示唆されていることを示し、本論文では ^{44}S の隣の原子核である ^{43}S の一粒子軌道に焦点を当て、魔法数28の消失を実験的に確認するとともに、その原因について研究するとしている。

第2章は本論文に関係の深い二つの理論模型について紹介している。一つは、核構造模型の一つである殻模型であり、もう一つは、一粒子軌道波動関数を出す上で不可欠な反応模型の一つであるグラウバー模型である。

第3章は実験のセットアップ、用いた検出器、測定方法について紹介している。実験はアメリカのミシガン州立大学で行った。研究対象である ^{44}S を二次ビームとして生成し、二次標的に照射して生じた一中性子剥離反応を調べた。終状態は、 ^{43}S の基底状態だけでなく、励起状態になる。励起状態から基底状態への脱励起では、1乃至複数の γ 線が連鎖的に放出して基底状態に至る。これら脱励起 γ 線は、高速で移動する ^{43}S ビームから放出されるため、Doppler効果補正を可能にする位置感応型ゲルマニウム検出器を用いて測定した。ところで、従来、 ^{43}S の励起状態の一つの半減期が長く、連鎖的な脱励起経路を基底状態にまで追え切れなかったため、 ^{43}S の実験的核構造研究が困難であった。この実験では、最終焦点面にCsI(Na)検出器群を新規に配置し、遅延 γ 線と、2次標的周りの γ 線とを同時計測することによって、崩壊様式を決定することに成功した。また、 γ 線と同時に、残留核の軸方向運動量分布を測定した。

第4章は解析の手法について記述している。使用した粒子検出器、磁気分析器について述べ、飛行時間と、電離箱検出器で測定したエネルギー損失の情報から粒子の同定を行った。ガンマ線検出器のエネルギー校正と検出効率の校正のために、複数のガンマ線標準線源を用いて、エネルギー、および検出効率を測定し、Monte Carloシミュレーションによって再現させることで、測定したガンマ線の強度を決定できるようにした。最後に、運動量分布を磁気分析器の位置の差で決定するために、磁気分析器のイオン光学の校正後に入射ビームの位置依存性を補正した。

第5章では第4章で行った校正を元に、誤差評価を込みで測定量を決定した。まず、飛行時間とエネルギー損失の相関から ^{43}S を同定した。脱励起ガンマ線の強度は、バックグラウンド形状を仮定してガウス分布で近似し決定した。さらに、同時計測のガンマ線の相関を見ることで、 ^{43}S の準位を構築した。最後に、運動量分布を各励起状態毎に導出し、グラウバー模型計算と比較して軌道角運動量を決定した。また、断面積の絶対値から波動関数の振幅を求めた。導出した第一励起状態の波動関数を、別の実験での評価値と比較し、複数のパラメータ依存性があるグラウバー模型が有効であることを確認した。

第6章では第5章で得られた実験結果をもとにその解釈について述べている。複数の同じスピンパリティを持つ状態の励起エネルギーに、実験的に求めた分光学的因子で重みをか

けて、 ^{43}S における各一粒子軌道のエネルギー固有値を求めた。同様の操作を、過去に実験値がある同中性子体の ^{45}Ar , ^{47}Ca に対して行い、比較した。結果、陽子数が少なくなるに従い、 $N=28$ に相当するエネルギーギャップが狭まっていることを模型に非依存的に明らかにした。さらに実験で得られたエネルギー準位を殻模型と比較し、有効相互作用のうち、sd 殻と fp 殻の間に働くテンソル力が重要であることを明らかにした。

第 7 章で本論文をまとめている。 ^{44}S から 1 中性子剥離反応で生成した ^{43}S の各励起状態の軌道角運動量、および分光学的因子を実験的に決定し、その加重平均でもって、実験的に $N=28$ のギャップが消えていることを確認した。また、複数の理論と比較し、 ^{43}S の核構造について議論した。特に殻模型計算で有効相互作用を操作し、 $N=28$ の魔法数の消失が、fp 殻と sd 殻の間に働くテンソル力が鍵となることを確かめた。将来の展望として、魔法数消失と関連し、 ^{43}S に複数の形状が現れることを予言している理論に言及し、陽子非弾性散乱測定がこの原子核を理解するのに役立つと提言している。

本論文第 3 章以降は、Kahtrin Wimmer 博士との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。