

Quasi-free proton knockout reaction of $(23,25)$ F

その他のタイトル	(23,25) F核の準弾性 (p,2p) ノックアウト反応
学位授与年月日	2016-09-05
URL	http://doi.org/10.15083/00075194

論文審査の結果の要旨

氏名 鄧子良

TANG Tsz Leung

本論文は 0 章から始まる全 6 章からなる。第 0 章は博士論文の概要を記述し、テーマが軽い中性子過剰核構造、特に $^{23,25}\text{F}$ の基底状態の波動関数を実験的に調べ、酸素同位体へ一陽子を付加したフッ素同位体での中性子の殻構造変化について研究したことを述べている。

第 1 章は、中性子過剰領域での核構造変容について紹介した後に、本研究で用いた実験手法について説明している。最近の実験、理論研究の結果から、中性子過剰核ではテンソル力が重要な働きをし、その結果、 ^{24}O は新中性子魔法数 16 を持つと考えられている。したがって、 ^{24}O に 1 陽子が付加した ^{25}F の基底状態では、最外殻の陽子は $d_{5/2}$ のほぼ純粋な単一粒子軌道を持つと期待される。一方、 ^{24}O は最重酸素同位体であるが、一陽子を付加したフッ素同位体では中性子数 22 の ^{31}F まで束縛し、何かしらの核構造変容を示唆している。そこで、論文提出者は ^{24}O 周辺に位置する $^{23,25}\text{F}$ の核構造を調べた。実験では対象の原子核に陽子を衝突させ、核中の陽子を弾き飛ばす (p, 2p) 準自由弾性散乱を採用した。(p, 2p) 反応では、核子のフェルミエネルギーよりも十分高いエネルギーの陽子と衝突させるため、従来行われてきた、より低エネルギー反応で問題になる残留相互作用といった反応理論の不定性が少なく、原子核の基底状態の波動関数を調べられる。

第 2 章では、実験のセットアップ、各々の検出器、データ収集系について述べている。核子当たり約 290 MeV の $^{23,25}\text{F}$ を陽子標的に照射し、1 陽子を原子核から弾き飛ばすため、運動学的要請から、二つの反跳陽子が重心の進行方向に対して対称に放出される。これらを同時測定し、ほぼバックグラウンドフリーなデータが得た。実験では両陽子の運動量を実験室系で +/- (20-70) 度の散乱角度を覆う様に設置された二つの反跳陽子検出器群で測定した。散乱陽子の位置情報はマルチワイヤードリフトチェンバー (MWDC) から得た。また残留核の運動量を磁気分析器で分析した後に、最終焦点面に置いたプラスチックシンチレータ中でのエネルギー損失から陽子番号を同定した。

第 3 章は、第 2 章で紹介した検出器を使って、残留核毎の運動量移行量を実験的に導出し、終状態の角運動量の決定している。まず、入射ビームのエネルギー損失と飛行時間から核種を同定し、同様の物理量から出射残留核を同定している。反跳 2 陽子の運動量は標的からの飛行時間及び、MWDC から求めた位置情報で求めた。また、2 陽子の運動量と入射ビーム運動量の差から残留核への移行運動量分布を導出した。 ^{25}F の場合、 ^{24}O の他に様々な酸素同位体を観測し、 ^{25}F の基底状態に ^{24}O の高励起状態が含まれることを明らかにした。残留核の運動量分布を、フッ素同位体の陽子のスピンを $d_{5/2}$ 、 $p_{3/2}$ を仮定した場合に予想される (p, 2p) 反応の分布と比較し、各スピン成分を決定した。

第 4 章では、 $^{23,25}\text{F}$ 基底状態中での分光学的因子 S を如何にして決めたかを述べたうえで、フッ素同位体基底状態の S の過去の実験値、および核構造理論で予想される S との比較を通して、実験結果について考察している。 $^{23,25}\text{F}$ が各々 $^{22,24}\text{O}$ の基底状態と組んだ陽子 $d_{5/2}$ 軌道の S は 0.37(10)、0.38(14) と予想に反して大きく抑制されていることを発見した。次に最新の三つの

殻模型計算も実験値を再現できないことを示した。この結果は、今までの中性子過剰核の研究から導かれたテンソル力の強度が不十分だということを示している。そこで、定性的にテンソル力の強度を評価するために、殻模型計算に於いて中性子の $d_{3/2}$ の軌道の固有エネルギーを S の実験値を再現するまで下げた。その結果、今まで考えられてきたテンソル力よりも更に $d_{3/2}$ 軌道を 3.5 MeV 下げる必要があるが分かった。

最後の 5 章で本論文を纏めている。 $^{22,24}\text{O}$ に対して一陽子付加しただけの $^{23,25}\text{F}$ では、予想に反して大きく分光的因子 S が抑制されていることを実験で示し、考えられる理由として、現在提案されているテンソル力がまだ不十分である可能性があることを明らかにした。

本研究で、中性子過剰フッ素奇偶核基底状態の単一粒子軌道波動関数を、信頼性のある核反応を用いて世界で初めて決定した。その結果は、最新の理論でも再現できず、核構造変容の理解には更なる理論、実験研究が必要であることを示唆している。本研究は、博士を申請中の川瀬氏との共同研究であるが、川瀬氏の研究題目は酸素同位体を用いた核反応機構に関するものであり、主題が異なる。実験の解析も論文提出者が独立に主体となってい、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。