

# 論文審査の結果の要旨

氏名 岩崎 弘典

本論文は、非弾性散乱を用いた中性子過剰核  $^{12}\text{Be}$  の低励起状態の核分光に関するものであり、6章からなる。第1章は「導入」部分であり、本研究の意義が中性子過剰核に現れる魔法数消滅の問題と、それに伴って現れ得る低励起状態の特異な性質という観点から述べられている。第2章「実験手法」においては、 $^{12}\text{Be}$  核の低励起状態を励起するために用いた非弾性散乱の特長と測定に用いた実験手法について述べられている。第3章「実験装置」においては、実験に用いた施設および設置した検出器について述べられている。第4章「解析」においては、測定データの解析から  $^{12}\text{Be}$  核の低励起状態への非弾性散乱断面積を求めるまでの過程が詳述されている。第5章「実験結果と議論」においては、各励起状態への非弾性散乱断面積の測定結果、 $^{12}\text{Be}$  核の第2励起状態のスピンパリティの決定、遷移強度の導出結果をまとめている。また、実験結果に基づいて  $^{12}\text{Be}$  核における殻構造の変化、それに基づく特異な励起様式に関して議論している。第7章は「結論」である。

近年、不安定核ビーム生成技術の発達により、これまで困難であった安定線から遠く離れた原子核の研究が可能になり、安定核およびその近傍で構築された従来の原子核描像とは大きく異なる核構造が明らかにされつつある。特に、軽い中性子過剰核では、原子核が殻構造をもつことの現れである魔法数が消滅する現象が議論されており、その実験的確立が求められている。

中性子過剰核  $^{12}\text{Be}$  核は中性子数が魔法数8であり閉殻構造を持つと期待されるが、 $\beta$ 崩壊強度や、その近傍核  $^{11}\text{Be}$ 、 $^{11}\text{Li}$  の励起準位様式から、閉殻構造が破れている可能性が指摘されていた。もし仮に閉殻構造が破れていれば、低励起状態には安定核には現れない特異な励起様式が現れるはずである。しかしながら、実験的に  $^{12}\text{Be}$  核の構造はほとんど調べられていなかった。そこで、論文提出者は、中間エネルギーの非弾性散乱の特長を生かし、 $^{12}\text{Be}$  核の低励起状態に関して、2つの核分光的研究をおこなった。

- 1) 中間エネルギーのクーロン励起による  $^{12}\text{Be}$  核の低励起  $1^-$  状態探査実験。これはこれまで観測例のない実験であり、負パリティ状態の励起エネルギーは、殻構造を特徴づけるシェルギャップの大きさに関して定量的な情報を与える。
- 2) 陽子非弾性散乱による  $2^+$  状態の励起強度の測定。この測定は、原子核の代表的な励起様式である四重極変形(または振動)の発現強度が得られる。

これら2つの非弾性散乱実験は、理化学研究所の不安定核ビームライン (RIPS) において、逆運動学的手法すなわち 660 MeV の  $^{12}\text{Be}$  核を二次ビームとして生成し、標的核との衝突により励起させることによって行われた。クーロン励起実験には、 $^{208}\text{Pb}$  標的が、陽子非弾性散乱実験には、 $(\text{CH}_2)_n$  と  $^{12}\text{C}$  標的が用いられた。非弾性散乱事象は、崩壊  $\gamma$  線と散乱粒子を同時計測することによって同定した。この実験手法の特長は次の2点である。

- i) 脱励起の  $\gamma$  線により、励起エネルギーを決定するので、エネルギー幅の大き

い二次ビームを用いても十分に良い分解能 (励起エネルギー 2MeV に対して 180keV 程度) が達成できる。

ii) 比較的厚い標的が使えるため、強度の弱い二次ビームにも適用できる。

収集されたデータは次の手順で解析された。i) プラスチックシンチレーター・ホドスコープの波高および時間情報から散乱粒子の識別を行い、非弾性散乱事象に対応する脱励起の  $\gamma$  線エネルギースペクトラムを得る。ii) 得られた  $\gamma$  線の収量から非弾性散乱断面積を得る。

$^{208}\text{Pb}$  標的を用いたクーロン励起実験では、 $^{12}\text{Be}$  核の第 2 励起状態 (2.68MeV) が強く励起された。 $^{12}\text{Be}$  核の様に  $Z$  の小さな原子核のクーロン励起では、E1 遷移が選択的に励起される事から、この準位のスピンパリティを  $1^-$  と同定した。 $^{12}\text{Be}$  核の  $1^-$  状態は価中性子の  $p$ - 殻、 $sd$ - 殻間の遷移に対応し、励起エネルギーが小さいということから両殻間のエネルギー差が安定核近傍のそれに比べて極端に小さいことが明らかにされた。また、E1 遷移強度として極めて大きい値、 $B(E1)=0.051(13)e^2\text{fm}^2$  が得られた。E1 遷移強度に関する実験値は、2 つの価中性子の波動関数に  $p$ - 殻、 $sd$ - 殻の成分が強く混合し、遷移強度がコヒーレントに足し合わされる効果を考慮した理論計算とよく一致した。その結果、 $^{12}\text{Be}$  核の基底状態において  $(p)^2$  配位と  $(sd)^2$  配位がほぼ同じ割合で混合していることが明らかになった。

$^{12}\text{Be}$  核の陽子非弾性散乱測定では、 $2^+$  状態を励起する非弾性散乱断面積をもとめた。変形した原子核として知られている  $^{10}\text{Be}$  核に於いても同様な測定を行い、 $^{12}\text{Be}$  核の結果と比較した。散乱断面積の結果とチャンネル結合計算を比較し、変形パラメーター  $\beta_2$  を求めたところ、 $^{12}\text{Be}$  核も  $^{10}\text{Be}$  核もともに  $\beta_2 \sim 0.7$  という大きな変形度を持つことが明らかになった。このことから  $^{12}\text{Be}$  核が、大きな四重極変形 (または振動) をしていることがはじめて明らかになった。また、実験で求められた  $\beta_2$  の値と殻模型解析と比較するとにより、 $^{12}\text{Be}$  核の基底状態の配位混合の大きさが、前述した  $1^-$  状態の核分光実験で得られている特異な結果と矛盾しないことも明らかにした。

この様に論文提出者は、i) 中間エネルギーの非弾性散乱の特長を生かした不安定核の低励起状態の新しいガンマ線核分光的手法を確立し、ii) 中性子過剰核  $^{12}\text{Be}$  核の低励起  $1^-$  状態の観測、E1 遷移強度の測定にはじめて成功し、iii)  $^{12}\text{Be}$  核の大きな四重極変形をはじめて見出し、 $^{12}\text{Be}$  核の構造に関連する情報をそれぞれの実験結果から明快に引き出した。本研究は、安定線から遠くはなれた原子核の低励起状態の研究に対して極めて有効な核分光的手法を開拓したものである。

なお、実験は東京大学、立教大学および理化学研究所による共同研究であるが、論文提出者は実験の発案、設計段階から参加し、実験の準備、遂行において常に中心的役割を果たした。また、実験データの解析は、ほぼ全てを論文提出者一人で行った。

以上のことから、審査委員全員が、博士 (理学) の学位を授与できると認めた。