

論文審査の結果の要旨

氏名 米田 健一郎

近年の実験技術の進歩により、 β -安定線からはるかに離れた原子核の原子核構造及び核反応機構がもつ特異な性質が明らかにされつつある。構成する中性子数、陽子数が大きく異なるこれらの原子核から得られる知識を基に、核子多体系から成る原子核の全体像を明らかにすることが、現在の原子核物理学における主要な研究目的の一つであるといえよう。

束縛限界近傍の原子核における特異な現象の一つに、安定線領域で確立された、原子核の殻構造の変化、それに伴う魔法数の消滅、新魔法数の出現がある。中性子数が魔法数となる $N=20$ 近傍の軽い中性子過剰核領域では、**Na, Mg** 同位体によるこれまでの研究により、魔法数の消滅が示唆されている。これは、殻模型的には、中性子側の $1d_{3/2}$ 軌道と $1f_{7/2}$ 軌道との間に存在するギャップエネルギーが減少あるいは逆転することにより、低励起状態での配位混合が増大した、との解釈を与える。他方、実験の困難さから、詳細な分光学的研究としては $N=20, Z=12$ の ^{32}Mg にとどまっており、更なる実験的研究の進展が待たれていた。本論文では、 $N=20$ 近傍核の系統的研究を進めるため、新たな実験手法の考案を行い、それにより ^{34}Mg の核分光実験に初めて成功した。この実験から、 ^{34}Mg の低励起状態における核変形が ^{32}Mg より進んでいることを示唆する結果が得られた。

本論文は、6章からなり、第1章では、従来の研究成果のまとめと本研究の概説、第2章では、著者が初めて考案した短寿命核ビームによる入射核破碎反応を用いた核分光法の紹介を行っている。第3章では実験条件、第4章では取得したデータの解析手法、第5章では結果とそれに対する考察について述べており、第6章で本研究のまとめを行っている。

安定線から遠く離れた原子核の核分光的研究では、安定核の入射核破碎反応によるインビーム γ 線分光法が用いられてきた。しかしこの方法では、対象とする核種が束縛限界線に近い原子核になるほど、生成断面積が相対的に小さくなる。そのため、対象とする核種からのガンマ線と破碎反応により生じるバックグラウンド γ 線の比が小さくなり、

入射核ビームの強度をあげても、S/N 比の悪いデータとなる。そこで著者は、新たに安定核の入射核破砕反応によって対象とする核種近傍の短寿命核ビームを生成し、更にこのビームによる入射核破砕反応を用いて対象核のインビーム γ 線分光を行う、と言う新たな方法を考案した。この新手法を ^{34}Mg の実験条件に最適化することで、従来の手法に対して約 60 倍の収量がある事を定量的に明らかにした。

上記の実験方法に対する考察から、著者は、一次ビームとして ^{40}Ar 、二次ビームとして ^{36}Si を選択し、理化学研究所において実験を行った。二次標的周辺には、 γ 線測定用に高効率な NaI(Tl) 検出器を設置し、標的の上・下流に生成核種の Z-,A-分離のための各種検出器を配置した。

実験の結果 ^{34}Mg からの 660keV, 1460keV の 2 本のガンマ線が初めて観測された。同時に測定された、 $^{18,20}\text{O}, ^{22,24,26}\text{Ne}, ^{28,30,32}\text{Mg}$ の γ 線スペクトルの系統的比較から、これらの γ 線は、夫々第一励起状態 ($J^\pi=2^+$) から基底状態 ($J^\pi=0^+$)、第二励起状態 ($J^\pi=4^+$) から第一励起状態への γ 転移であると推定することが出来た。

この結果を用いて Mg 同位体における第一励起状態の励起エネルギー、 $E(2^+)$ および第二励起状態との励起エネルギー比、 $E(4^+)/E(2^+)$ の系統的な変化を調べた。それによると ^{34}Mg では、 $N=20$ の ^{32}Mg よりも $E(2^+)$ が下がっており、 $E(4^+)/E(2^+)$ は、 ^{32}Mg での値 (2.6) よりも回転バンドの理想値 (3.3) に近い値 (3.2) となっており、 ^{34}Mg が ^{32}Mg よりも変形している事を示唆している。これらの結果を各種の模型値と比較したところ、粒子-空孔励起による配位混合を取り込んだ計算値と良い一致を示すことが分かった。

以上、本研究で著者は、短寿命核ビームによる入射核破砕反応によるインビーム γ 線分光法と言う全く新しい手法を考案し、 ^{34}Mg の低励起状態の探索に成功した。この手法は、原子核の束縛限界近傍領域での核構造研究を進めていく上で強力な方法となることは明らかである。また、 ^{34}Mg の低励起状態の研究は、今後 $N=20$ 近傍の系統的研究を進めていく上での先駆的研究としてその物理的価値はきわめて高い。なお、本論文は、加速器を用いた多数の研究者との共同研究の成果であるが、本研究で用いられている新手法は一人著者の考案によるものであり、著者が主体となって本研究の実験計画を立てるとともに、実験の遂行、データの解析を行ったものである。よって、著者の寄与は十分であると判断し、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。