The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Nuclear structure of neutron-rich Mg isotopes studied by β-decay spectroscopy of spin-polarized Na isotopes
Author(s)	Tajiri, Kunihiko
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/26854
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【23】

氏　　名	田　尻　邦　彦（たじり くにひこ）
博士の専攻分野の名称	博　士（理学）
学 位 記 番 号	第　２５１８５　号
学位授与年月日	平成24年３月22日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	Nuclear structure of neutron-rich Mg isotopes studied by β-decay spectroscopy of spin-polarized Na isotopes **（スピン偏極したNa同位体のβ崩壊による中性子過剰なMg同位体の核構造の研究）**
論 文 審 査 委 員	（主査） 教　授　下田　　正 （副査） 教　授　岸本　忠史　　教　授　浅川　正之　　教　授　青井　　考 准教授　小田原厚子

論 文 内 容 の 要 旨

核図表において、^{32}Na を中心とする９つの中性子過剰核は、原子核の魔法数 $N=20$ の消失を示唆する、基底状態の異常が起きていることが予言され、“Island of Inversion” と呼ばれて注目されてきた。近年の世界中での系統的研究により、その原子核領域において、中性子数増加による核構造の系統的な変化は少しずつ明らかになりつつあるが、実験データは基底状態付近に限られており、より高い励起状態を含めた実験データはまだまだ不足している。特に、原子核の状態を特徴付けるのに重要な物理量である“スピン・パリティ”は、多くの励起状態で明らかになっていない。そのような研究背景の中、我々は、魔法数 $N=20$ の消失等が示唆されている中性子過剰な Mg 同位体に着目して、より安定核に近い ^{28}Mg から“系統的研究”を開始した。本研究では、スピン偏極した Na からのβ崩壊の非対称性の測定という独自の手法を用いて、β崩壊後の娘核である Mg のスピン・パリティを決めていく。そのためには、大きな偏極状態からのβ崩壊非対称性の効率的観測が重要になるため、世界最大の偏極アルカリビームを利用できる、カナダの TRIUMF 研究所にて実験を行った。

スピン偏極した ^{28}Na, ^{29}Na, ^{30}Na を使った実験を行い、それぞれのβ崩壊後の娘核である ^{28}Mg、^{29}Mg、^{30}Mg について詳細な解析を進めた。その結果、以下に述べる成果を得ることができた。^{28}Mg において、新たなγ崩壊経路に加え、新たなエネルギー準位を発見し、数多くの準位へのβ崩壊経路を新たに見つけることができた。また、４つの準位のスピン・パリティを新たに決定することができた。^{29}Mg においては、新たなγ崩壊やβ崩壊経路を発見し、２つの準位を除く全ての準位において、スピン・パリティを新たに決定することができた。^{30}Mg に至っては、新たなγ崩壊・β崩壊経路を明らかにし、１０個の準位について、スピン・パリティを新たに決定することに成功した。特筆すべきは、^{30}Na からのβ崩壊が、5 MeV 以上の状態に集中していることである。このように、^{28}Mg、^{29}Mg、^{30}Mg について、高励起状態まで含めて、その核構造を詳細に解明することができた。このことが、以下に述べるように、個々のエネルギー準位ごとに、多粒子殻模型計算等との理論計算と比較することを可能にした。

^{28}Mg の状態は、殻模型計算により、高い励起状態まで良く再現されることを確認し、既存の殻模型で説明できる核であることを確認した。^{29}Mg は、殻模型計算との比較から、今回の実験でスピン・パリティを決めることができなかった２つの低励起状態が、ネガティブ・パリティ状態である可能性が高くなり、中性子数増加による魔法数 $N=20$ の破れを示唆する結果となった。^{30}Mg においては、いくつかの励起状態において、変形を示唆する結果が得られ、また、変形や振動を予言できる大振幅平均場近似計算との比較も踏まえると、球形とも変形とも違う振動状態が１つの状態にて明らかになった。つまり、^{30}Mg においては、球形状態に加え、変形状態、さらには振動状態などが、一つの原子核で共存していることが明らかになった。

このように、^{28}Mg, ^{29}Mg, ^{30}Mg の核構造を、高励起状態まで解明することにより、中性子数増加による核構造の変化を明らかにすることができた。さらに、^{31}Mg, ^{32}Mg, ^{33}Mg, ...と、冒頭で述べた Island of Inversion の原子核領域へ向け、同様の手法を用いた系統的研究を進めていく予定である。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

核図表において、^{32}Na を中心とする９つの中性子過剰核は、原子核の魔法数 $N=20$ の消失を示唆する、基底状態の異常が起きていることが予言され、“Island of Inversion” と呼ばれて注目されてきた。近年の世界中での系統的研究により、その原子核領域において、中性子数増加による核構造の系統的な変化は少しずつ明らかになりつつあるが、実験データは基底状態付近に限られており、より高い励起状態を含めた実験データはまだまだ不足している。特に、原子核の状態を特徴付けるのに重要な物理量である“スピン・パリティ”は、多くの励起状態で明らかになっていない。そのような研究背景の中、我々は、魔法数 $N=20$ の消失等が示唆されている中性子過剰な Mg 同位体に着目して、より安定核に近い ^{28}Mg から“系統的研究”を開始した。本研究では、スピン偏極した Na からのβ崩壊の非対称性の測定という独自の手法を用いて、β崩壊後の娘核である Mg のスピン・パリティを決めていく。そのためには、大きな偏極状態からのβ崩壊非対称性の効率的観測が重要になるため、世界最大の偏極アルカリビームを利用できる、カナダの TRIUMF 研究所にて実験を行った。

スピン偏極した ^{28}Na, ^{29}Na, ^{30}Na を使った実験を行い、それぞれのβ崩壊後の娘核である ^{28}Mg、^{29}Mg、^{30}Mg について詳細な解析を進めた。その結果、以下に述べる成果を得ることができた。^{28}Mg において、新たなγ崩壊経路に加え、新たなエネルギー準位を発見し、数多くの準位へのβ崩壊経路を新たに見つけることができた。また、４つの準位のスピン・パリティを新たに決定することができた。^{29}Mg においては、新たなγ崩壊やβ崩壊経路を発見し、２つの準位を除く全ての準位において、スピン・パリティを新たに決定することができた。^{30}Mg に至っては、新たなγ崩壊・β崩壊経路を明らかにし、１０個の準位について、スピン・パリティを新たに決定することに成功した。特筆すべきは、^{30}Na からのβ崩壊が、5 MeV 以上の状態に集中していることである。このように、^{28}Mg、^{29}Mg、^{30}Mg について、高励起状態まで含めて、その核構造を詳細に解明することができた。このことが、以下に述べるように、個々のエネルギー準位ごとに、多粒子殻模型計算等との理論計算と比較することを可能にした。

^{28}Mg の状態は、殻模型計算により、高い励起状態まで良く再現されることを確認し、既存の殻模型で説明できる核であることを確認した。^{29}Mg は、殻模型計算との比較から、今回の実験でスピン・パリティを決めることができなかった２つの低励起状態が、ネガティブ・パリティ状態である可能性が高くなり、中性子数増加による魔法数 $N=20$ の破れを示唆する結果となった。^{30}Mg においては、いくつかの励起状態において、変形を示唆する結果が得られ、また、変形や振動を予言できる大振幅平均場近似計算との比較も踏まえると、球形とも変形とも違う振動状態が１つの状態にて明らかになった。つまり、^{30}Mg においては、球形状態に加え、変形状態、さらには振動状態などが、一つの原子核で共存していることが明らかになった。

このように、^{28}Mg, ^{29}Mg, ^{30}Mg の核構造を、高励起状態まで解明することにより、中性子数増加による核構造の変化を明らかにすることができた。今後 ^{31}Mg, ^{32}Mg, ^{33}Mg, ...と、冒頭で述べた Island of Inversion の原子核領域へ向け、同様の手法を用いた系統的研究を進めていくことが期待される。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。