



Title	Variety of nuclear structures in neutron-rich nuclei ^{30}Mg and ^{31}Mg investigated by spin-polarized Na beams
Author(s)	西畑, 洸希
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/56081
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (西 畑 洸 希)	
論文題名	Variety of nuclear structures in neutron-rich nuclei ^{30}Mg and ^{31}Mg investigated by spin-polarized Na beams (偏極Naビームで探る中性子過剰原子核 ^{30}Mg , ^{31}Mg の多様な原子核構造)
論文内容の要旨	
陽子の数に比べて中性子の数が非常に多い(中性子過剰な)Mg同位体のうち、中性子数Nが魔法数20近くである原子核では、基底状態が変形しているなど、安定核付近でよく成り立つ殻模型の描像とは大きく異なる構造を持つことが明らかになりつつある。特に、^{30}Mg ($N=18$)と^{31}Mg ($N=19$)では、様々な構造をもつ状態が低い励起エネルギー領域に共存しているのではないかと理論的予測もあり、注目を集めている。しかし、これらの中性子過剰核について、これまでに様々な実験が行われてきたにもかかわらず、励起状態における原子核構造を議論する上で欠かすことのできないスピン・パリティなどの基本的な物理量の実験データは極めて少なく、上記のような核構造の議論をできる状況にはなかった。 本研究では、^{30}Naと^{31}Naのベータ崩壊によって娘核である^{30}Mgと^{31}Mgの状態を生成する際に、^{30}Naと^{31}Naのスピン向きを空間的に偏らせ(偏極させ)、そのベータ崩壊において放出されるベータ線の空間的非対称度とガンマ線を同時に測定し、^{30}Mgと^{31}Mgの励起状態のスピン・パリティを精度良く測定するとともに、ベータ崩壊とガンマ線放出の経路と強度を精密に測定するという手法により、^{30}Mgと^{31}Mgの原子核構造の徹底的な解明を目指した。 実験はカナダのTRIUMF研究所において、世界最高の偏極度をもつ^{30}Naおよび^{31}Naビームを生成して行った。スピン偏極した^{30}Naと^{31}Naは偏極保持のため0.5 Tの磁場中に配置されたPtストッパーに停止させ、そこから放出されるベータ線・ガンマ線を新たに構築したGe検出器8台、各Ge検出器の前面に配置したプラスチックシンチレータ10台で構成される高効率・高S/Nの測定システムを用いて同時測定し、ベータ線の非対称度に加えガンマ線同士のコインシデンス関係も調査した。 得られた実験データの詳細な解析を行った結果、^{30}Mgと^{31}Mgの多くの励起状態のスピン・パリティを決定し、それに加えて、強度の小さなガンマ遷移・励起状態を新たに発見しそれらのガンマ遷移・ベータ遷移強度の精密な決定などによって、過去に報告されていたlevel schemeを大幅に更新した。^{31}Mgでは、大きく変形した状態やそれが回転運動しているという集団運動状態が低励起エネルギー領域に現れるとともに、殻模型でよく説明できる球形の状態が比較的高励起エネルギー領域に現れていることを初めて突き止めた。^{30}Mgに関しても、基底状態やいくつかの低励起状態では球形の状態として説明できるが、一方で、励起状態では変形した状態や三軸非対称な振動状態など様々な集団運動状態が存在していることを明らかにした。これらの結果は、中性子魔法数20付近の中性子過剰なMg同位体における、変形状態などの集団運動状態や殻模型で予測される単一粒子状態の中性子数の変化による移り変わりを表しており、中性子過剰な原子核の構造の変化を明らかにする第一歩となった。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (西 畑 洸 希)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授 下 田 正
	副 査	教 授 岸 本 忠 史
	副 査	教 授 青 井 考
	副 査	准 教 授 佐 藤 透
	副 査	准 教 授 小 田 原 厚 子
論文審査の結果の要旨		
本論文は、長年の課題であった中性子過剰核の構造を独自の実験手法を用いて、以下の様に徹底的に解明したものである。 陽子の数に比べて中性子の数が非常に多い Mg 同位体のうち、中性子数 N が魔法数 20 近くである原子核では、基底状態が大きく変形しているなど、$^{40}\text{Ca}(N=20)$ などの、安定核付近の原子核構造の記述において成功を収めてきた殻模型の描像とは大きく異なる構造を持つことが明らかになりつつある。特に、$^{30}\text{Mg}(N=18)$ と $^{31}\text{Mg}(N=19)$ では、様々な構造をもつ状態が低い励起エネルギー領域に共存しているのではないかと理論的予測もあり、長年注目を集めてきた。しかし、これらの中性子過剰核について、これまでに様々な実験が行われてきたにもかかわらず、スピン・パリティなどの基本的な物理量の実験データは極めて少なく、核構造の議論をできる状況にはなかった。 本研究では、^{30}Mg と ^{31}Mg の基底状態および励起状態を ^{30}Na と ^{31}Na のベータ崩壊によってそれぞれ生成し、ベータ崩壊の際に放出されるベータ線と励起状態から放出されるガンマ線を同時に計測することによって、^{30}Mg と ^{31}Mg の個々の状態の構造を詳細に調べた。本研究の優位性は、^{30}Na と ^{31}Na のスピンの向きを空間的に偏らせ(偏極させ)、ベータ線が非等方的に放出されることを手がかりに、^{30}Mg と ^{31}Mg の多数の状態のスピンのパリティを精度良く測定したことにある。 実験は、カナダの TRIUMF 研究所において、世界最高の偏極度をもつ ^{30}Na および ^{31}Na ビームを生成して行なわれた。得られた実験データの詳細な解析の結果、^{30}Mg と ^{31}Mg に未発見の励起状態や遷移経路が存在することが突き止められるとともに、多くの励起状態のスピンのパリティが決定された。これらの実験結果について、理論計算との比較によって、以下の特徴的な構造が明らかとなった。^{30}Mg では、殻模型でよく説明できる球形の状態、大きく変形した状態、負パリティを持った状態という、多様な構造の状態が比較的低い励起エネルギー状態に混在することが明らかとなった。さらに、scissors mode と呼ばれる、中性子と陽子がハサミのように逆位相で集団運動するという特異な構造の特徴を示す状態が発見された。^{31}Mg では、大きく変形した状態や、それが回転運動しているという集団運動状態が低励起エネルギー領域に存在するとともに、球形の状態が高励起エネルギー領域に存在することが初めて突き止められた。さらに、これまでの理論計算では説明できないような性質の集団運動状態が発見された。これらの結果は、中性子魔法数 20 付近の中性子過剰な Mg 同位体においては、変形状態などの集団運動状態が殻模型で予測される単一粒子状態よりも低励起状態に現れるという逆転現象が起こっていることを示唆している。 以上のように、本論文は中性子過剰核の構造の研究に多大な進展をもたらしたと言える。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。		