

氏 名 松下 昌史

学 位 の 種 類 博士 (理学)

報 告 番 号 乙第297号

学位授与年月日 2013年9月30日

学位授与の要件 学位規則 (昭和28年4月1日文部省令第9号)  
第4条第2項該当

学 位 論 文 題 目 Shape Evolution in Neutron-Rich Si Isotopes Towards the  
Neutron Magic Number  $N=28$   
(Si 同位体における中性子魔法数  $N=28$  に向けて発展する形状変化)

審 査 委 員 (主査) 栗田 和好  
村田 次郎  
田口 真

## 1. 論文内容の要旨

本研究では、中性子過剰核  $^{38}\text{Si}$ ,  $^{40}\text{Si}$  および  $^{42}\text{Si}$  の励起状態をガンマ線核分光によって測定し、 $2^+$ 励起状態と  $4^+$ 励起状態のエネルギーからこの領域の Si 同位体で発達している変形を明らかにした。

本研究が対象とした原子核の1つである  $^{42}\text{Si}$  の中性子数  $N=28$  は強い LS 力によって  $f_{7/2}$  軌道が下がることで作られるエネルギーギャップに現れる魔法数である。エネルギーギャップが十分に大きければ良い閉殻構造をとり、従来の殻模型に従う安定かつ不活性な性質をもつと考えられるが、先行実験の結果などから Si 同位体での中性子魔法数 28 の消失と集団運動性の増加が示唆されてきた。殻構造や集団運動(安定性)が中性子数の増加によってどのように変化するかは中性子過剰領域での核構造を理解するために重要である。

集団運動性の起源は  $2^+$ 励起状態と  $4^+$ 励起状態のエネルギーに現れる。球形な原子核の振動運動による励起では、2つの励起状態のエネルギー比 ( $R_{4/2}$ ) が2に近い値となる一方で、変形した原子核の回転運動による励起では  $10/3$  に近い値をとる。本研究では中性子数  $N=22$  から  $N=28$  の Si 同位体について、この2つの励起状態のエネルギーを決定することで先行実験で示唆されている集団運動の起源(原子核の形状)について系統的に調べた。

一般に、不安定核を対象とする実験では生成できるビームの強度が限られるために高効率測定が必要とされる。さらに本実験で観測する  $4^+$ 励起状態は  $2^+$ 励起状態などの低励起状態と比べて収量が少なく、より高効率な測定が必要不可欠となる。立教大学が中心となって開発した高効率ガンマ線検出器群 DALI2 を改良し、実験のビームエネルギー (250MeV/n) に最適化したことで、測定効率を最大限に向上させ  $4^+$ 励起状態の測定に成功した。

実験の結果、中性子数  $N=22, 24$  をもつ同位体  $^{36}\text{Si}$ ,  $^{38}\text{Si}$  では典型的な球形核の振動と考えられる励起様式 ( $R_{4/2} \sim 2.0$ ) が測定された。一方で中性子数  $N=28$  をもつ同位体  $^{42}\text{Si}$  では変形核の回転運動と考えられる励起様式 ( $R_{4/2} \sim 2.93$ ) が測定された。実験結果から、中性子魔法数  $N=28$  に向けて発達する Si 同位体の変形形状が明らかとなり、先行実験で示唆されていた集団運動性の増加が原子核の変形によって引き起こされていることが分かった。

## 2. 審査結果の要旨

原子核分野においては、実験の対象となる原子核は自然に安定に存在できる原子核に限られてきた。そのため、長い原子核研究の間に蓄積されてきた膨大なデータの解釈から形成された原子核描像は安定核にもとづいている。しかし、近年の実験技術の進歩により不安定な原子核を用いた実験が可能となり、原子番号に比べて極端に核半径の大きな中性子ハロー核など、いくつかの常識をくつがえす事実が判明し、これまでの原子核描像が書き換えられつつある。そのため、不安定核の研究は世界的にみて中心的研究テーマになっている。

申請者はその中で世界をリードする理化学研究所の加速器施設 RIBF の不安定核生成装置 BigRIPS の特性を考慮のうえ、収量が少なくこれまで詳細な実験が困難であった  $^{38,40,42}\text{Si}$  の測定を  $^{40,44}\text{S}$  ビームを用いることによって実現できることを見出した。その物理的着眼点と実験技術を熟知し新たな測定の工夫を試みた姿勢から、申請者が高い研究能力を備えていることがうかがえる。

安定核ではある決まった陽子数または中性子数を持つものが周りの原子核に比べて特に安定になることが知られており、その数のことを魔法数と呼んでいる。この魔法数が、不安定核では消失したり異なる値を取ることが実験的に示されている。申請者が採用した  $^{38,40,42}\text{Si}$  はその魔法数近辺の核であり、その安定化の仕組みを探るには非常に興味深い領域の不安定核である。特に  $^{42}\text{Si}$  で表面振動励起モードから回転モードに遷移する途中を正に捉えたという意味で非常に興味深い結果を得ることに成功し、加えて新たな励起エネルギー準位を求めた成果とあわせて本実験結果は非常に高く評価できる。また、本研究において申請者が立教大学研究活動行動規範を遵守してきたことを確認した。

以上のように学問的、技術的に秀でた実験のリーダーシップを取って重要な成果を収めた申請者の能力は独立した研究者に十分値すると判断できる。

2013 年 7 月 4 日 17 時 00 分より、本論文に関する公聴会が開催された。申請者は論文内容を明快に説明し、その後の質疑に対する応答も満足すべきものであった。