



Title	Nuclear structures in neutron-rich nuclei $^{141}\text{Xe}$ and $^{143}\text{Xe}$ investigated by $\beta$ - $\gamma$ spectroscopy
Author(s)	Mohamad Nor, Nurhafiza
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/98636">https://hdl.handle.net/11094/98636</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name (Nurhafiza Mohamad Nor)	
Title	Nuclear structures in neutron-rich nuclei $^{141}\text{Xe}$ and $^{143}\text{Xe}$ investigated by $\beta - \gamma$ spectroscopy ( $\beta - \gamma$ 核分光法による中性子過剰な $^{141}\text{Xe}$ と $^{143}\text{Xe}$ の原子核構造の研究)
<p><b>Abstract of Thesis</b></p> <p>Study of the various nuclear structure, especially shape transition which is change of nuclear deformation from spherical to prolate is one of the most important subjects to understand the effect of nuclear interaction as increase of neutron and/or proton numbers. One of well known mass regions where shape transition appears is from doubly-magic nucleus <math>^{132}\text{Sn}</math> (<math>Z=50</math> and <math>N=82</math>) with spherical shape to <math>A \sim 150</math> mid-shell nuclei (<math>Z \sim 66</math> and <math>N \sim 100</math>) with prolate deformation. Neutron-rich <math>A \sim 140</math> nuclei in the north-east transitional mass region of <math>^{132}\text{Sn}</math> has not yet been studied in <math>\beta</math> decay due to difficulty to produce nuclei far from the <math>\beta</math>-decay stability line. In these nuclei, nuclear structure is known to be mainly affected by quadrupole collectivity, as well as weak octupole collectivity which is expected to appear in neighbouring nuclei of <math>^{144}\text{Ba}</math> (<math>Z=56</math>, <math>N=88</math>). In the present work, low-lying states in neutron-rich <math>^{141}\text{Xe}</math> (<math>N=87</math>) and <math>^{143}\text{Xe}</math> (<math>N=89</math>) are studied by the <math>\beta</math> decay of <math>^{141}\text{I}</math> and <math>^{143}\text{I}</math>, respectively.</p> <p>Experiment was performed as a part of Euroball RIKEN Cluster Array (EURICA) project at RIBF, RIKEN, based on <math>\beta - \gamma</math> decay spectroscopy. Neutron-rich nuclei with <math>A \sim 140</math> were produced by in-flight fission of <math>^{238}\text{U}</math> beam with energy of 345 MeV/nucleon and intensity of <math>\sim 5</math> pnA, bombarding on a Be target. The fragments were separated and identified through BigRIPS separator and ZeroDegree spectrometer with magnetic rigidity set to <math>^{142}\text{Te}^+</math>. Particles and <math>\beta</math> rays were detected by 5 double-sided silicon-strip detectors (WAS3ABi) with 60 vertical and 40 horizontal strips. The parent <math>\beta</math> decaying nucleus was identified by the position information of the particle and the <math>\beta</math> ray detected on WAS3ABi. Gamma rays were detected by using EURICA, a <math>\gamma</math>-ray detector array consisting of 12 cluster-type Ge detectors.</p> <p>Two <math>\gamma</math> rays and two levels in <math>^{141}\text{Xe}</math>, and 13 <math>\gamma</math> rays and seven levels in <math>^{143}\text{Xe}</math> are newly found by analysis of <math>\beta - \gamma</math> and <math>\beta - \gamma - \gamma</math> coincidence data. Decay schemes of the <math>\beta</math>-decay of <math>^{141}\text{I}</math> to <math>^{141}\text{Xe}</math> and of <math>^{143}\text{I}</math> to <math>^{143}\text{Xe}</math> are constructed for the first time. Branching ratio of <math>\beta</math>-delayed neutron decay of <math>^{143}\text{I}</math> to <math>^{143}\text{Xe}</math> is newly determined to be 43(5)%.</p> <p>Based on the <math>\beta</math>-decay schemes, spins and parities of the ground states in parent isotopes <math>^{141}\text{I}</math> and <math>^{143}\text{I}</math> are proposed and the nuclear shape is systematically discussed. Nuclear structure of the low-lying states in <math>^{141}\text{Xe}</math> and <math>^{143}\text{Xe}</math> are discussed with comparison of the calculation by large-scale shell-model and with comparison of those in <math>N=89</math> isotope <math>^{145}\text{Ba}</math> (<math>Z=56</math>), respectively.</p> <p>From the spin parity of the ground state, nuclear shape is supposed to change from spherical shape in <math>^{141}\text{I}</math> and <math>^{143}\text{I}</math> to prolate deformation in neutron-rich Xe isotopes. Based on the level structure in low-lying states, gradual increase of prolate collectivity is suggested to appear in <math>^{141}\text{Xe}</math> and <math>^{143}\text{Xe}</math> with change of neutron number from 87 to 89.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 ( Nurhafiza, Mohamad Nor )		
	(職)	氏名
論文審査担当者	主査 教授	川畠 貴裕
	副査 教授	青井 考
	副査 准教授	小田原 厚子
	副査 准教授	吉田 齊
	副査 准教授	吉田 賢市

陽子数と中性子数が魔法数 50 と 82 である 2 重閉殻のスズ 132 核は原子核の形が球形であることがここ十数年で明らかとなった。その一方、陽子数と中性子数が魔法数と魔法数の中間である質量数領域の原子核の形はプロレート型（レモン型）へと変形していることがよく知られている。原子核はなぜこのように自発的に変形するのか、は長年の疑問であり、明確な回答はまだ得られていない。本論文は、原子核の形が球形からプロレート型変形への途中（遷移領域）の原子核である、中性子が非常に多いヨウ素 141 核と 143 核の  $\beta$  崩壊からキセノン 141 核と 143 核の原子核構造を明らかにし、この問題に取り組もうとした意欲的な研究課題である。同時に、これら原子核の質量領域は、プロレート変形という回転楕円体変形のみならず、さらに高次元の鏡映対称性を破るオクタポール変形（西洋なし型）を引き起こす相関が強く出現する領域であり、どこまで対称性の悪い原子核の形が出現するのか、を明らかにするステップとなる研究である。

ヨウ素 141 核や 143 核は中性子が非常に多いため、安定核のビームとターゲットの組み合わせで生成することは難しく、ウランビームを光速の約 70%で加速可能な理化学研究所の RI ビームファクトリ(RIBF)だからこそ可能となった。この実験は、安定核から遠く離れた原子核の  $\beta$  崩壊とアイソマー（マイクロ秒程度の半減期をもつ励起状態）探査のための国際共同研究である EURICA（ユーリカ）プロジェクトの一環として実施された。目的の原子核とその  $\beta$  崩壊の際に放出されるベータ線は両面ストリップ型シリコン検出器(WAS3ABi)で検出され、 $\gamma$  線はゲルマニウム検出器アレイ(EURICA)で測定された。実験データの解析のエネルギーと時間較正は八木氏をはじめとする過去の約 4 名の卒業生によって行われ、Nurhafiza 氏は本解析である  $\beta$  線と  $\gamma$  線、 $\beta$  線と 2 本の  $\gamma$  線の同時計測データの解析より行った。

結果として、キセノン 141 核に新しい 2 本の  $\gamma$  線と 2 本の励起エネルギー準位を、キセノン 143 核に新しい 11 本の  $\gamma$  線と 7 本の励起エネルギー準位を発見し、両方の  $\beta$  崩壊様式を構築した。さらに、キセノン 143 核の  $\beta$  遅延中性子崩壊の分岐比を実験で初めて求めた。得られたキセノン 141 核のエネルギー準位を Large Scale Shell model 計算と比較し、プロレート変形した回転状態とほぼ球形の偶偶核であるキセノン 140 核に中性子 1 個が弱く結合した状態が共存して存在することを明らかにした。また、キセノン 143 核のエネルギー準位は、同じ中性子数をもつが陽子が 2 個多いバリウム 145 核と低励起状態が非常に似ていることを示した。バリウム 145 核は強いオクタポール相関が観測されており、今回の実験ではまだ証拠不十分ではあるが、キセノン 143 核にも強いオクタポール相関が現れる可能性が示唆される。

以上のように、本論文は中性子が非常に多い、測定限界の原子核の構造を明らかにしようとした研究であり、この情報は宇宙での元素合成過程にも大きな影響を与えるものである。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。