

氏名	PRETAM KUMAR DAS		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	理学		
学位授与番号	博甲第 5606 号		
学位授与の日付	平成29年 9月29日		
学位授与の要件	自然科学研究科 数理物理学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Measurement of Relative Intensity of the Discrete $\gamma$ Rays From the Thermal Neutron Capture Reaction $^{155,157}\text{Gd}(n, \gamma)$ Using ANNRI Detector (JPARC) (JPARC の ANNRI 検出器を用いた Gd-155, 157 の熱中性子捕獲反応により発生する不連続ガンマ線の相対強度の測定)		
論文審査委員	教授 石野 宏和	准教授 小汐 由介	准教授 大成誠一郎
<b>学位論文内容の概要</b>			
<p>The properties of Gd nucleus and the previous Gd (<math>n, \gamma</math>) experiments have been reviewed. An experiment was conducted to measure the energy of <math>\gamma</math> -rays from the thermal neutron capture reaction on enriched gadolinium targets (<math>^{155}\text{Gd}</math> and <math>^{157}\text{Gd}</math> isotopes). The experiment was performed using ANNRI Germanium Spectrometer at Material and Life Science Experimental Facility (MLF) of the Japan Proton Accelerator Research Complex (JPARC), which provides the most intense pulse neutron beam for neutron time-of-flight experiments in the world. The purposes of our experiments and analysis are to provide precise <math>\gamma</math>-ray spectrum of <math>^{155,157}\text{Gd}(n, \gamma)</math> reactions and provide precise Gd decay model to neutrino physics field and other related fields.</p> <p>We measured the <math>\gamma</math> rays produced from the <math>^{155,157}\text{Gd}(n, \gamma)</math> reactions in the thermal energy region with the superior energy resolution of the ANNRI spectrometer. The background was measured by using empty target (target holder only) and it was estimated to be negligible (about 0.1%). The photo-peak efficiency of the spectrometer has been calibrated from 0.2 to 9 MeV using <math>\gamma</math> rays from the standard radioactive sources (<math>^{60}\text{Co}</math>, <math>^{137}\text{Cs}</math>, <math>^{152}\text{Eu}</math>) and the prompt <math>\gamma</math> rays from <math>^{35}\text{Cl}(n, \gamma)</math> reaction. The photo-peak efficiencies of the spectrometer from 0.2 to 9MeV were understood within <math>\pm 10\%</math> accuracy.</p> <p>Our data of relative intensities of prominent discrete <math>\gamma</math> rays from <math>^{157}\text{Gd}(n, \gamma)</math> reactions were found in fair agreement with the values published by Nuclear National Data Center (NNDC) (CapGam). The relative intensities of discrete <math>\gamma</math> rays from <math>^{155}\text{Gd}(n, \gamma)</math> reaction have been measured for the first time. The accuracy of the <math>\gamma</math>-ray spectrum measurement for our thermal neutron capture experiments should be better than others, as we used most intense pulsed neutron beam and used Germanium spectrometer with very high energy resolution. We have also built a <math>\gamma</math> -ray emission model of <math>^{156,158}\text{Gd}</math> decay, in which <math>\gamma</math> rays were classified into discrete prompt <math>\gamma</math> rays and continuum spectrum.</p>			

## 論文審査結果の要旨

Das 氏は、J-PARC にある ANNRI (Accurate Neutron-Nucleus Reaction Measurement Instrument) のゲルマニウム検出器を用いて、熱化された中性子が Gd-155, 157 に吸収された際に生じる不連続  $\gamma$  線のエネルギーの相対強度の測定結果を報告する。特に、Gd-155 からの不連続  $\gamma$  線の相対強度の測定は世界初である。

Gd は、全元素の中で最も大きな熱中性子の吸収断面積を持つ。特に Gd-155, Gd-157 はそれぞれ 60900, 254000 barns の大きな吸収断面積を持つ。また、これらの Gd が熱中性子を吸収すると、全エネルギー約 8MeV の 3~4 個からなる  $\gamma$  線を放出する。この大きな熱中性子吸収断面積と大きな放出  $\gamma$  線エネルギーは、特にニュートリノ物理において重要な役割を果たした。例えば、液体シンチレータを用いた実験では、 $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$  反応によって生じる陽電子信号と、中性子が Gd によって吸収されて生じる  $\gamma$  線信号とのコインシデンスをとることにより、反電子ニュートリノ事象を曖昧さ無しに背景事象と区別することが可能となり、ニュートリノ振動パラメータが精密に決定された。また、将来スーパーカミオカンデに Gd を導入し、反電子ニュートリノを高い S/N 比で検出する計画がある。これらの実験では、熱中性子を吸収した Gd からの  $\gamma$  線スペクトルを精密に知ることが肝要である。Das 氏は、J-PARC の世界最強中性子源を用いて、生成された熱中性子を Gd に吸収させて、発生した不連続  $\gamma$  線のスペクトルをゲルマニウム検出器を用いて高統計で測定した。光電ピークの検出効率を多種類の線源を用いて測定し、シミュレーション結果と比較することにより、20%の測定精度を得た。この結果を用いて、Gd(n,  $\gamma$ ) 反応での不連続  $\gamma$  線の相対強度を測定した。Gd-157 については既に過去に測定されており、その結果と 10%程度の精度で一致することを確認した。Gd-155 の測定については、Das 氏の結果が世界初であり、新たなデータベースとなる。今後この結果が、Gd 原子核の構造をより深く理解するためのインプットになると期待される。

本審査会における発表および質疑応答から、この研究の価値と Das 氏の寄与が認められた。審査委員から指摘された質問に対して博士論文の一部改善が必要であるが、Das 氏の研究内容は博士 (理学) に値すると判断する。