

## 平成 30 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：48Ca の二重ベータ崩壊の研究

英文：Study of double beta decay of 48Ca

研究代表者 (大阪大学核物理研究センター)梅原さおり

参加研究者 (大阪大学核物理研究センター) 教授・能町正治、特任教授・岸本忠史、助教・竹本康浩、特任研究員・松岡健次、特任研究員・瀧平勇吉、教務補佐員・鉄野高之介、(大阪大学大学院理学研究科) 准教授・吉田斉、D3・Masoumeh Shokati、D3・李曉龍、D3・Temuge Batpurev、D2・Bui Tuan Khai、D2・Ken Lee Keong、M2・芥川一樹、M2・水越慧太、M2・高石竜勢、M1・山本康平、(福井大学学術研究院工学系部門) 教授・玉川洋一、准教授・小川泉、講師・中島恭平、技官・戸澤理司、M2・清水慧悟、M2・清水健生、M2・森勇太、M1・小澤健太、M1・松岡耕平、M1・池山佑太、M1・宮元幸一郎、(筑波大学) 助教・飯田崇史、(徳島大学大学院社会産業理工学研究部) 教授・伏見賢一、(大阪産業大学デザイン工学部) 教授・裕隆太、D1・Pannipa Noithong (佐賀大学文化教育学部) 教授・大隅秀晃、(若狭湾エネルギー研究センター) 研究員・鈴木耕拓

### 研究成果概要

ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊の検証は、レプトン数の破れの検証を意味する。これは、宇宙がなぜ物質だけの世界になっているかを物理法則で説明する時に、最も重要な実験になる。本研究では、 $^{48}\text{Ca}$  の二重ベータ崩壊の研究を、 $\text{CaF}_2$  シンチレータ (メイン検出器 300kg) と液体シンチレータ (ベトー検出器) を用いた CANDLES システムを用いて進めている。

2018 年度は、低バックグラウンド測定を継続し観測データを順調に取得した結果、新たに 373 日分のデータを解析し結果を得ることに成功した。図 1 は、測定時間 504 日のデータを使用して、二重ベータ崩壊測定用の事象選択を行った結果のエネルギースペクトルを示す。Q 値の領域 (4.17 - 4.48 MeV) に 1 事象のバックグラウンドが観測されており、これは結晶中の放射性不純物( $^{232}\text{Th}$  起源)の含有量から予測されるバックグラウンド量の見積もりと矛盾しない。この測定結果として、我々は  $^{48}\text{Ca}$  のニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊半減期の下限值に対して世界最高感度を更新し続けている。

また、二重ベータ崩壊測定バックグラウンド源となる環境中性子束測定を神岡実験室にて行った[1]。熱中性子に測定感度がある  $^3\text{He}$  中性子カウンターを用いて、中性子束を測定した。また、中性子減速材であるポリエチレンの中に  $^3\text{He}$  中性子カウンターを置いて中性子束を測定した。2 種の実験セットアップで得られた事象数と、中性子源の見積もりから、中性子エネルギースペクトルを求めた。得られた中性子束は表 1 のとおりで、全中性子フラックスは、 $(23.5 \pm 0.7_{\text{stat.}}^{+1.9}_{-2.1 \text{ sys.}}) \times 10^{-6} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ であった。一方、

表 1 : 神岡実験室で測定した環境中性子束。

エネルギー領域	中性子束( $\times 10^{-6} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
< 0.5 eV	7.88
0.5 eV to 1 keV	3.11
1 keV to 1 MeV	8.65
1 MeV to 10 MeV	3.88

CANDLES の測定データを解析することで得られた中性子束[2]は、熱中性子束が $(1.3 \pm 0.6) \times 10^{-6} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、非熱中性子束が $(1.1 \pm 0.5) \times 10^{-5} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。この中性子束の定義(単位面積を通過した粒子数)を、本測定中性子束の定義(単位球を通過した粒子数)に換算すると、熱中性子束は、 $(5.2 \pm 2.4) \times 10^{-6} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-2}$ となる。今回の中性子測定はこの解析結果と矛盾なく、より精度よい測定結果が得られた。これらの結果は、二重ベータ崩壊測定バックグラウンド見積りに使用される。

他、低バックグラウンド測定のために、 $\text{CaF}_2$ シンチレータの粒子弁別能の温度依存性の調査を行った。 $\gamma$ 線と $\alpha$ 線の粒子弁別能は $-120^\circ\text{C}$ で最大となり、 $20^\circ\text{C}$ との比で約50%の増加が見られた。これは検出器開発においての、 $\text{CaF}_2$ シンチレータ冷却による低バックグラウンド環境構築に役立てられる。

[参考文献]

[1] K. Mizukoshi et al., PTEP (2018) 123C01.

[2] K. Nakajima et al., Astroparticle Physics, 100(2018)54.

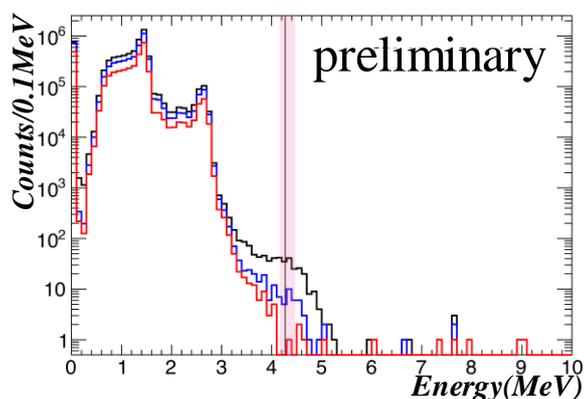


図 1 : CANDLES III 検出器の  $\text{CaF}_2$  シンチレータで得られたエネルギースペクトル。504 日の測定データに、各種イベントセレクションを行うことで得られた。バックグラウンド事象である液体シンチレータ事象を除去 (黒色) し、 $^{212}\text{Bi}$  事象、および  $^{208}\text{Tl}$  事象を除去 (赤色) する解析を行った後に、Q 値領域に background が 1 事象のみ観測されていることが確認できる。