

平成 29 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文： ^{48}Ca の二重ベータ崩壊の研究 英文：Study of double beta decay of ^{48}Ca
研究代表者	(大阪大学核物理研究センター/理学研究科)岸本忠史
参加研究者	(大阪大学核物理研究センター) 教授・能町正治、准教授・梅原さおり、助教・竹本康浩、技術補佐員・松岡健次、技術補佐員・瀧平勇吉、教務補佐員・Van Thi Thu Trang、教務補佐員・Chan Wei Min、(大阪大学大学院理学研究科) 准教授・吉田斉、D3・王偉、D3・太畑貴綺、D3・鉄野高之介、D3・前田剛、D2・Masoumeh Shokati、D2・李曉龍、D2・Temuge Batpurev、D1・Bui Tuan Khai、D1・Ken Lee Keong、M2・芥川一樹、M2・木下円機、M2・石川雅啓、M2・佐藤勇吾、M2・木野秀俊、M1・水越慧太、M1・高石竜勢、(福井大学工学研究科) 教授・玉川洋一、准教授・小川泉、助教・中島恭平、M2・平岡大和、M2・社本和輝、M2・島田真生子、M2・佐藤紘祥、M2・川崎晃平、M1・清水慧悟、M1・清水健生、M1・森勇太、技官・戸澤理司、(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、(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	<p>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}Ca の二重ベータ崩壊の研究を、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。</p> <p>本年度は、遮蔽システム導入あとの低バックグラウンド測定を行った。本遮蔽システムは、検出器外の原子核による中性子捕獲反応から放出された γ 線を遮蔽するとともに、検出器内に中性子が入ってこないように中性子を効果的に遮蔽するためのシステムである。この中性子捕獲反応から放出される γ 線は、二重ベータ崩壊測定の主なバックグラウンドであり、遮蔽システムによって二重ベータ崩壊測定感度が大きく改善されることが予想される。また、今後の高感度化に向けたバックグラウンド調査を行った。それぞれについて下記に示す。</p> <ul style="list-style-type: none">・遮蔽システム導入あとの二重ベータ崩壊測定 <p>遮蔽システム導入後、二重ベータ崩壊測定のための低バックグラウンド測定を継続した。図 1 は、遮蔽システムを導入して後得られた測定データから、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。これは、測定時間 131 日で得られたエネルギースペクトルである。遮蔽システム導入によって、^{48}Ca の $Q_{\beta\beta}$ 値(4.27 MeV)エネルギー領域に事象は観測されていないことがわかる。この測定結果として、我々は ^{48}Ca のニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊半減期として最も厳しい下限値 6.2×10^{22} 年</p>

(preliminary)を得た。また、この測定での検出器の測定感度は、 3.8×10^{22} 年であった。今後、低バックグラウンド測定を継続することで、 ^{48}Ca の二重ベータ崩壊半減期の下限値を更に更新する予定である。

・バックグラウンド調査： ^{49}Ca のバックグラウンド寄与の評価

^{48}Ca の中性子捕獲によって生成される ^{49}Ca は、半減期 8.7 分で Q 値 5.3MeV のベータ崩壊をする。これは、今後の ^{48}Ca の二重ベータ崩壊の高感度測定では無視できないバックグラウンドである。そのため、現在の CANDLES III の液体シンチレータを用いて、ミューオンを起因とする中性子量を測定した。結果、液体シンチレータでの中性子捕獲レートとして、 1×10^3 事象/年が得られた。ここから、高感度測定のための次世代検出器(610kg の ^{48}Ca 使用)での ^{49}Ca 事象量が 0.04 事象/年であることが見積もられた。

・バックグラウンド調査：低エネルギー領域(3MeV 以下領域)でのバックグラウンド調査

低エネルギー領域(3MeV 以下領域)における γ 線事象は、直接二重ベータ崩壊測定のバックグラウンドにはならない。しかし、二重ベータ崩壊測定のバックグラウンドとなる ^{208}Tl 事象の解析的低減効率に影響を与える。そのため、CANDLES 検出器で観測される環境 γ 線の発生由来について、Geant4 シミュレーションを用いて調査を行った。シミュレーションでは周囲の物質から環境 γ 線を発生させてエネルギースペクトルを作成し、観測スペクトルとの比較を行った。調査の結果、90%以上が光電子増倍管由来であることが判明した。これは、光電子増倍管を交換することで、 ^{208}Tl 事象によるバックグラウンド寄与を低減できる可能性があることを示している。

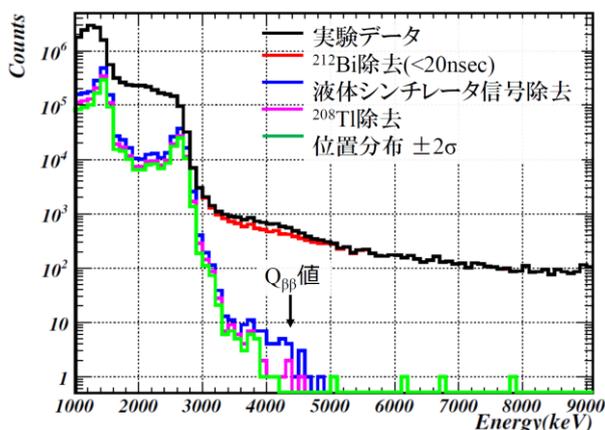


図 1: CANDLES III システムの CaF_2 シンチレータで得られたエネルギースペクトル。131 日の測定データに、各種イベントセレクションを行うことで得られた。本図の緑ヒストグラムがバックグラウンド事象である液体シンチレータ事象、 ^{212}Bi 事象、 ^{208}Tl 事象を除去した後で得られたスペクトルである。Q $_{\beta\beta}$ 値付近に事象がないことが確認できる。現時点で、我々は ^{48}Ca のニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊半減期の下限値 6.2×10^{22} 年(preliminary) を得た。