

平成 28 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/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、助教・梅原さおり、助教・飯田崇史、助教・竹本康浩、技術補佐員・松岡健次、技術補佐員・中谷伸雄、技術補佐員・瀧平勇吉、教務補佐員・Van Thi Thu Trang (大阪大学大学院理学研究科) 准教授・吉田斉、D3・王偉、D3・Chan Wei Min、D2・太畑貴綺、D2・鉄野高之介、D2・前田剛、D2・Masoumeh Shokati、D1・李曉龍、D1・Temuge Batpurev、M2・Bui Tuan Khai、M2・芥川一樹、M2・四ツ永直樹、M2・片桐誠也、M2・金川和貴、M2・都築将仁、M2・Michael Moser、M1・木下円機、M1・石川雅啓、M1・佐藤勇吾、M1・木野秀俊、(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・高橋成企、M2・寺西叶、M2・堂角史弥、M2・檜山太旗、M1・平岡大和、M1・社本和輝、M1・島田真生子、M1・佐藤紘祥、M1・川崎晃平、技官・戸澤理司、徳島大学大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部) 教授・伏見賢一、M2・森健太郎、(大阪産業大学人間環境学部) 准教授・裕隆太、(佐賀大学分解教育学部) 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 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）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。 本年度は、昨年導入した遮蔽システムの性能評価、および、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（図1参照）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ための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。遮蔽システムによるバックグラウンド低減の評価、および、二重ベータ崩壊測定のための低バックグラウンド測定について下記に述べる。 ・遮蔽システムによるバックグラウンド低減の評価 図2は、遮蔽システム導入前後に、CANDLES 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を示している。中性子捕獲反応から放出されるγ線が主な事象となる 5 MeV 以上のエネルギー領域において、事象量が大きく低減していることがわかる。また、別途、遮蔽システム導入前後に、中性子線源を用いて得られたエネルギースペクトルから、5MeV 以上の領域のバックグラウンド低減率は、少なくとも 1/70 以上であることが確認できた。 ・低バックグラウンド測定

図3には、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 21 日で得られたエネルギースペクトルである。遮蔽システム導入前は、 ^{48}Ca の $Q_{\beta\beta}$ 値(4.27 MeV) にバックグラウンド事象が観測されていたが、遮蔽システム導入によって、現在、そのエネルギー領域に事象は観測されていない。現時点では、測定時間が短いため、二重ベータ崩壊半減期測定の下限值は 6.9×10^{21} 年とまだ短い。しかし、今後、継続して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世界最高感度を達成する見込みである。

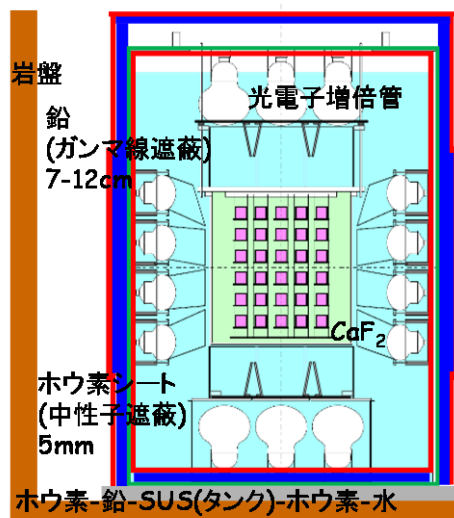


図1 : CANDLE III システムに導入した遮蔽システム。岩盤および SUS タンクでの中性子捕獲反応から放射される γ 線を遮蔽するために設置する。遮蔽体は、 γ 線を遮蔽する鉛(図中の青)、中性子を吸収するホウ素シート(図中の赤)の二種類を新しく導入した。

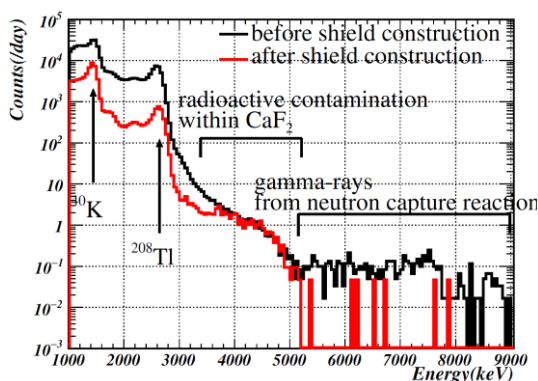


図2 CANDLE III システムの CaF_2 シンチレータで得られたエネルギースペクトル。黒/赤ヒストグラムがそれぞれ遮蔽システム導入前/後、のエネルギースペクトルを示している。ここから 5 MeV 以上のエネルギー領域において、事象量が大きく低減できていることがわかる。これは、遮蔽システムによって、中性子および中性子捕獲反応から放出された γ 線が低減されているためである。

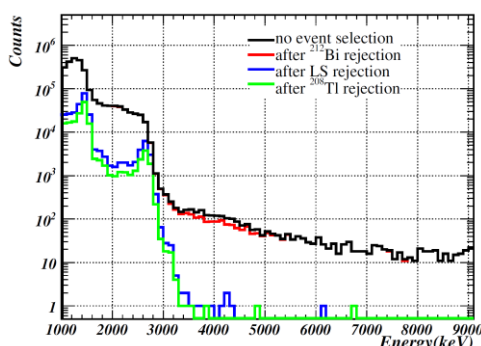


図3 : CANDLE III システムの CaF_2 シンチレータで得られた低バックグラウンドエネルギースペクトル。測定時間 21 日の測定データに、各種イベントセレクションを行うことで得られた。本図の緑ヒストグラムが、バックグラウンド事象である液体シンチレータ事象、 ^{212}Bi 事象、 ^{208}Tl 事象を除去したあとに得られたスペクトルである。 $Q_{\beta\beta}$ 値付近に事象がないことが確認できる。