

平成 27 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	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、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、(大阪大学大学院理学研究科) 准教授・吉田斉、D3・角畑秀一、D3・王偉、D3・Van Thi Thu Trang、D3・Chan Wei Min、D1・太畑貴綺、D1・鉄野高之介、D1・前田剛、M2・上原拓真、M2・李曉龍、M2・Temuge Batpurev、M1・芥川一樹、M1・片桐誠也、M1・四ツ永直輝、M1・Bui Tuan Khai、M1・金川和貴、M1・都築将仁、(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・野代翔平、M2・増田旭、M2・森下剣、M2・鷲野将臣、M1・高橋成企、M1・寺西叶、M1・堂角史弥、M1・檜山太旗、(佐賀大学文化教育学部) 教授・大隅秀晃、(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、M1・森健太郎、(大阪産業大学人間環境学部) 准教授・裕隆太、(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、CANDLES システムのバックグラウンド源を調査し、最適な遮蔽システムの検討を行った。さらに、実際に遮蔽システムの導入を進めた。また、高性能光電子増倍管をテスト的に導入した。それぞれについて下記に述べる。 ・遮蔽システムの設計およびその導入 CANDLES におけるバックグラウンド候補となる事象は二つある。一つは結晶内部に含まれる放射性不純物による事象、もう一つは、中性子捕獲から放出される γ 線による事象である。27 年度は、現行 CANDLES システムにおける、中性子捕獲 γ 線からのバックグラウンド量の評価を行った。結果として、岩盤中の鉄等原子核で中性子が吸収される際に放射される γ 線、SUS 製の CANDLES タンク中の鉄等原子核で中性子が吸収される際の γ 線の影響が大きいことが分かった。それをもとに、中性子捕獲からの γ 線起因バックグラウンドを、2 桁低減するための効率よい遮蔽システムの設計を行った。結果、岩盤中での中性子捕獲から放出される γ 線を遮蔽するための鉛遮蔽体、CANDLES 本体タンク (SUS) で中性子捕獲されないために中性子を低減するための中性子吸収材 (ホウ素含有シリコンシート) の導入が効果的であることが分かった。図 1 に実際に導入した遮蔽システムの概念図を示す。まず、岩盤中での中性子捕獲からの γ 線を捕獲するために、7-12cm の鉛で遮蔽する。また、CANDLES 本体である SUS タンク中の鉄での中性子捕

獲量を低減するために、SUS タンク内外に、中性子吸収材として、5mm のホウ素含有シリコンシートを設置する。実際に設置した様子を図 2 に示す。結果として、中性子捕獲からの γ 線起因バックグラウンドの 2 桁低減を実現する。

・遮蔽システムの設計およびその導入

CANDLES 検出器におけるもう一つのバックグラウンド候補は、前述のとおり、結晶内部に含まれる放射性不純物による事象、とくに ^{208}Tl 事象がある。この ^{208}Tl 事象を低減させるためには、 CaF_2 シンチレータの波形を用いた α 線・ γ 線粒子弁別が有効である。この粒子弁別効率を改善するために、高性能光電子増倍管をテスト的に導入した（図 3 参照）。

次年度以降、これらの改造を行った CANDLES 検出器を用いて、高感度二重ベータ崩壊測定を再開する。

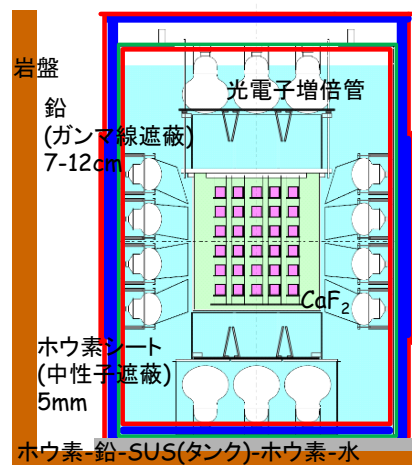


図 1 : CANDLES III システムに導入した遮蔽システム。岩盤および SUS タンクでの中性子捕獲反応から放射される γ 線を遮蔽するために設置する。遮蔽体は、 γ 線を遮蔽する鉛(図中の青)、中性子を吸収するホウ素シート(図中の赤)の二種類を新しく導入する。



図 2 : CANDLES III システムに導入した γ 線遮蔽システム。中性子捕獲からの γ 線を遮蔽するために設置した。写真は、最上部まで遮蔽材を設置した状態の様子。鉛の厚みは 7～12cm。



図 3 : CANDLES III システムに導入している光電子増倍管とライトパイプ。写真に写っているのは、3 段分の光電子増倍管。光電子増倍管の丸い光電面が、ライトパイプの内側に映っているのがわかる。最上段の光電子増倍管の光電面径は 10 インチで、2 段目以降は 13 インチ。