

2019 (令和元) 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、D3・Bui Tuan Khai、D3・Ken Lee Keong、M2・山本康平、M2・宮元幸一郎、M1・伊賀友輝、(福井大学学術研究院工学系部門) 教授・玉川洋一、教授・橋本明弘、准教授・小川泉、講師・中島恭平、技官・戸澤理司、M2・小澤健太、M2・松岡耕平、M2・池山佑太、M2・新木陽介、M1・廣田歩夢、M1・河島佑介、(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、D2・Pannipa Noithong、D1・Anawat Rittirong (佐賀大学教育学部) 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>2019年度は、神岡施設における CANDLES システムの低バックグラウンド測定から得られた 778 日の観測データ解析進めた[1]。解析では、二重ベータ崩壊の候補事象を選択するために、バックグラウンド事象の弁別を行った。事象選択の手順は、</p> <ol style="list-style-type: none">1) CaF_2 シンチレータでエネルギー寄与がある。2) 液体シンチレータでのエネルギー寄与はない。かつ、イベントの位置が、液体シンチレータ領域ではない。3) CaF_2 結晶内部の放射性不純物による $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{212}\text{Po}$ の連続事象ではない。4) CaF_2 結晶内部の放射性不純物による ^{208}Tl 事象の候補ではない。 <p>手順 1)は、光電子増管から得られた信号波形が、CaF_2 信号の時定数 1μsec のように長いこと、手順 2)は、液体シンチレータ信号の短い時定数数 10nsec の波形が観測されていないこと、手順 3)は、観測された信号波形が、$^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{212}\text{Po}$ のように pile-up 波形になっていないこと、手順 4)は、18 分以内に ^{208}Tl 信号に先行する ^{212}Bi の候補事象がないこと、として解析した。簡易的な解析ではあるが、以上のイベントセレクションを行った結果のエネルギースペクトルを図 1 a)に示す。Q 値の領域 (4.17 - 4.48 MeV) に 6 事</p>

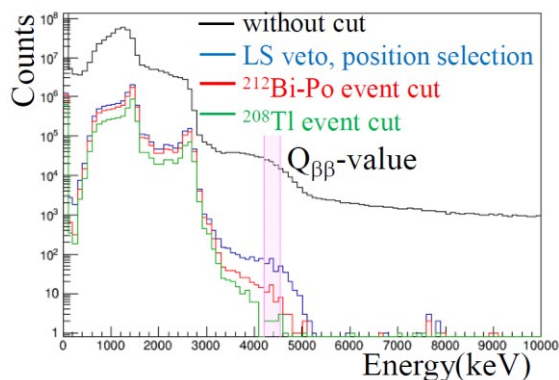
象のバックグラウンドが観測されている。これは結晶中の放射性不純物(^{232}Th 起源)の含有量と環境中性子による(n, γ)反応からのガンマ線によるバックグラウンド事象量から予測されるバックグラウンド量の見積もりと矛盾しない。この詳細解析は引き続き進めている。

この 778 日の測定の後、我々は、CANDLES の CaF_2 モジュールを入れ替える作業を行った。これは、バックグラウンド源の 90%が結晶中の放射性不純物であることが分かったためである。したがって、 CaF_2 結晶を高純度な CaF_2 結晶に入れ替えることで、測定装置の感度を改善することができる。その結晶製造として、14 個の 10cm 角の CaF_2 結晶を購入した。これは、波長変換層入りのアクリルケースに入れた CaF_2 モジュールとして、CANDLES 検出器の中に設置された。この CaF_2 モジュールの組み立て作業時の写真を図 1 b)に示す。波長変換剤やアクリルケース内に埃が入らないように、組み立て作業は、クリーンブース内で行った。用いた波長変換剤は、事前に、純水を用いた液々抽出による純化作業を行った。組み上げた CaF_2 モジュールは、 CaF_2 結晶の放射性不純物測定を行うために、CANDLES システムに導入して測定を行った。現在の簡易的な解析では、14 結晶すべてにおいて、要求される $10\mu\text{Bq/kg}$ をみたした結晶となっている見込みである。この結晶モジュール入れ替えによって、CANDLES システムは、感度を改善する見込みである。

参考文献

[1] T. Iga et al., presentation in JPS 2019 autumn meeting.

a) エネルギースペクトル



b) CaF_2 モジュール組み立て作業



図 1 : CANDLES III 検出器の CaF_2 シンチレータで得られたエネルギースペクトル。778 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。各イベントセレクションの後であられたスペクトルの Q 値領域の事象数は 6 事象であった。b) CaF_2 モジュールの組み立て作業の様子。埃等を避けるため、作業は、クリーンブース内で行った。