

## 2020 (令和二) 年度 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文： $^{48}\text{Ca}$ の二重ベータ崩壊の研究 英文：Study of double beta decay of $^{48}\text{Ca}$
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) 能町正治、岸本忠史、南雄人、松岡健次、瀧平勇吉、吉田朋美、(大阪大学大学院理学研究科) 吉田斉、李曉龍、Ken Lee Keong、伊賀友輝、原田卓明、山本朝陽、(福井大学学術研究院工学系部門) 玉川洋一、橋本明弘、小川泉、中島恭平、戸澤理司、廣田歩夢、河島佑介、(筑波大学) 飯田崇史、(徳島大学大学院社会産業理工学研究部) 伏見賢一、(大阪産業大学デザイン工学部) 裕隆太、Pannipa Noithong、Anawat Rittirong (佐賀大学教育学部) 大隅秀晃、(若狭湾エネルギー研究センター) 鈴木耕拓、(東京大学宇宙線研究所) 竹本康浩
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。また、次世代検出器として $^{48}\text{Ca}$ 濃縮と $\text{CaF}_2$ 蛍光熱量検出器の開発を進めている。 2020 年度は、神岡施設における CANDLES システムの測定感度改善のために開発している $\text{CaF}_2$ 結晶の性能評価を行った。この結晶は、放射性不純物の少ない結晶として開発したものである。バックグラウンド源の 90% が $\text{CaF}_2$ 結晶中の放射性不純物であるため、 $\text{CaF}_2$ 結晶を高純度な $\text{CaF}_2$ 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。性能評価を行った結果を、図 1 に示す[1]。性能として、放射性不純物量と、光電子数の評価を行った。結果として、14 個の入れ替えた結晶すべてにおいて、放射性不純物量は要求される不純物量 $10\mu\text{Bq/kg}$ 以下であることを確認した。これによって、ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊測定解析に用いる結晶数が 1.7 倍にできる。また、波長変換剤の入れ替えによって、光電子数が 25% 増加し、エネルギー分解能は 7% 改善することを確認した。 また、放射性不純物量自体の低減の他、バックグラウンド解析手法によっても、二重ベータ崩壊測定感度を改善することができる。2020 年度は、CANDLES の 2 年の測定データの解析として、バックグラウンドとなる $^{208}\text{Tl}$ の効率よい除去のために、最尤法による解析を導入[2]、また、機械学習による $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{212}\text{Po}$ 信号の除去解析の導入を進めた[3]。この解析は、来年度も引き続き行い、解析手法の改善を進め、 $^{48}\text{Ca}$ のニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊半減期下限値の改善を達成する予定である。また、併せて、次世代検出器として $^{48}\text{Ca}$ 濃縮と $\text{CaF}_2$ 蛍光熱量検出器の開発を進める。

参考文献

- [1] 伊賀友輝, 大阪大学修士論文, (2020).
- [2] 伊賀友輝, 日本物理学会年次大会, 2021 年 3 月.
- [3] 阪井俊樹, 日本物理学会年次大会, 2021 年 3 月; B. Temuge, 大阪大学博士論文, 2020.

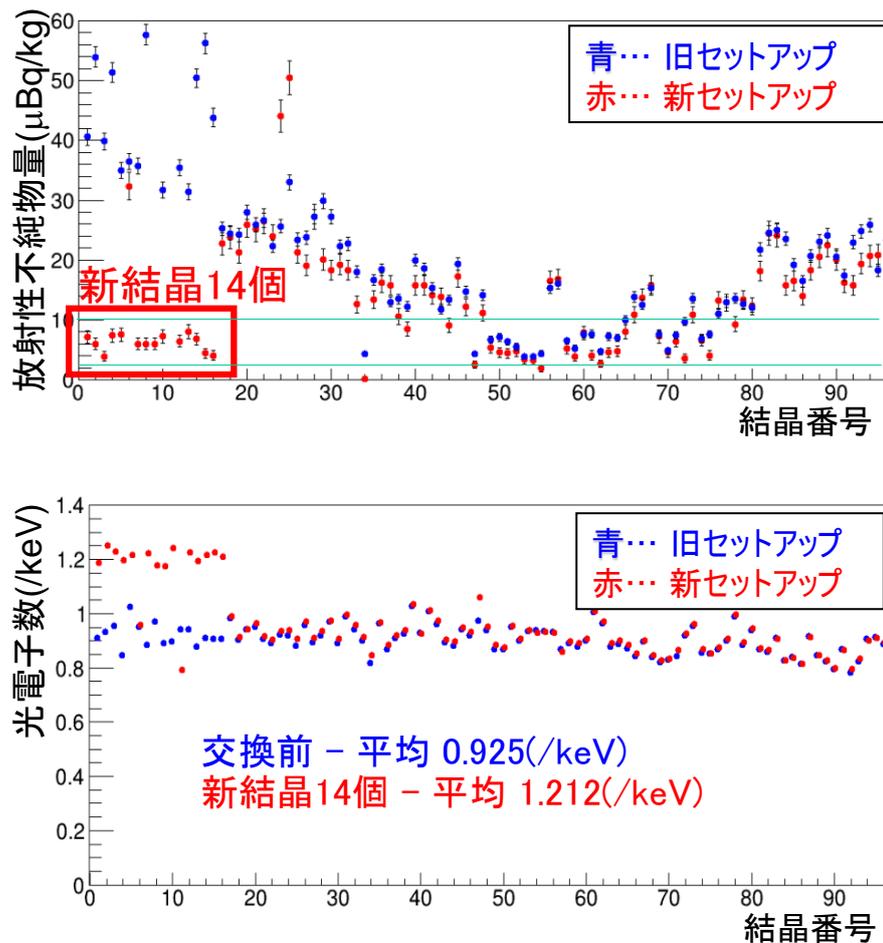


図 1 : CANDLES システムに新規導入した  $\text{CaF}_2$  結晶の性能評価の結果。上図) 性能の一つとして放射性不純物量を示している。今回入れ替えた 14 個の  $\text{CaF}_2$  結晶すべてが、放射性不純物量に対する要求の  $10\mu\text{Bq/kg}$  以下 (次期検出器(蛍光熱量計)の要求(感度  $20\text{meV}$ )と同レベル) を満たしていることを確認した。下図) 光電子数を示している。今回入れ替えた 14 個の  $\text{CaF}_2$  モジュールは、波長変換剤の入れ替えを行っている。このことにより、光電子数が 25%増加し、エネルギー分解能は 7%改善することを確認した。