

## 平成 26 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 for double beta decay of $^{48}\text{Ca}$
研究代表者	大阪大学大学院理学研究科・教授・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・中島恭平、技術補佐員・松岡健次、(大阪大学大学院理学研究科) 准教授・吉田斉、技術職員・鈴木耕拓、D3・角畑秀一、D3・王偉、D2・Van Thi Thu Trang、D2・Chan Wei Min、M2・田中大樹、M2・太畑貴綺、M2・鉄野高之介、M2・前田剛、M1・上原拓真、M1・李曉龍、M1・Temuge Batpurev (福井大学工学研究科) 教授・玉川洋一、准教授・小川泉、M2・犬飼裕司、M2・坂本康介、M2・吉澤真敦、M1・野代翔平、M1・増田旭、M1・森下剣、M1・鷲野将臣 (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、(大阪産業大学人間環境学部) 准教授・碓隆太、技術補佐員・中谷伸雄
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とき最も重要な実験になる。本研究では、<math>^{48}\text{Ca}</math> の二重ベータ崩壊の研究を、<math>\text{CaF}_2</math> 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。</p> <p>本年度は下記を行った。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1、地磁気補償コイル導入 地磁気補償コイルは、地磁気が光電子増倍管の光電子収集効率を下げないようにするために導入した。集光効率の変化は、環境放射線である<math>^{208}\text{Tl}</math>からの<math>\gamma</math>線(2.6MeV)を用いて行った。導入の結果を図1に示す。地磁気補償コイル導入によって、<math>^{208}\text{Tl}</math> <math>\gamma</math>線のピーク位置が20%以上上がることを確認した。</li><li>2、昨年度導入した冷却システムの性能評価 CANDLES システムで用いている <math>\text{CaF}_2</math> シンチレータは、冷却すると発光量が増加する。そのため、CANDLES のエネルギー分解能改善のために、昨年度、実験室を冷却する冷却システムを導入した。本年度は、試運転を行い、その性能評価を行った。結果を図1に示す。実験室を冷却することで、CANDLES システムを <math>5^\circ\text{C}</math> に冷却することに成功した。また、発光量は、地磁気補償コイルおよび冷却システムによって、光電子数にして 1.5 倍に増加したことを確認した。</li><li>3、中性子捕獲から放出される <math>\gamma</math> 線のバックグラウンドへの影響評価 <math>Q_{\beta\beta}</math> 値よりも高いエネルギー領域のデータを用いて、中性子捕獲から放出される <math>\gamma</math> 線</li></ol>

によるバックグラウンド事象の見積もりを行った。図2に高エネルギー領域のエネルギースペクトルと、岩盤・ステンレス中の原子核による中性子捕獲からの $\gamma$ 線から予想されるエネルギースペクトルを示す。シミュレーションの結果、5.5~10MeV領域のエネルギースペクトルの形は、中性子捕獲からの $\gamma$ 線によって再現された。

#### 4、 $\gamma$ 線遮蔽システムの導入

前項：中性子捕獲から放出される $\gamma$ 線からのバックグラウンドへの影響評価、の結果をもとに、バックグラウンド低減のための遮蔽システムを設計し、現在、導入を進めている。図3に導入途中の様子を示す。

$\gamma$ 線からの寄与を1/100に低減するために、CANDLESシステムの側面には、10~12cm厚みの鉛を設置する。来年度以降、CANDLESシステムの上下に $\gamma$ 線遮蔽材を設置するとともに、中性子遮蔽材の設置も予定している。

現在、 $^{48}\text{Ca}$ 二重ベータ崩壊測定のため、上述のCANDLESシステムの開発とともに、 $^{48}\text{Ca}$ 濃縮の技術開発も進めている。今後、これらの開発をもとにマヨラナニュートリノ質量0.5eVの検証を、さらに濃縮によって、0.1eV以下の領域の検証の実現性評価を進める予定である。

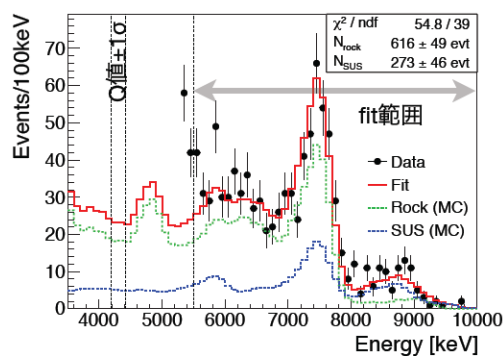


図2：高エネルギー領域の事象源。統計量を増やすため、液体シンチレータ事象も含んだデータを用いてエネルギースペクトルの評価を行った。シミュレーションの結果、5.5~10MeV領域のエネルギースペクトルの形は、岩盤・ステンレスで捕獲された中性子からの $\gamma$ 線のスペクトルで再現された。

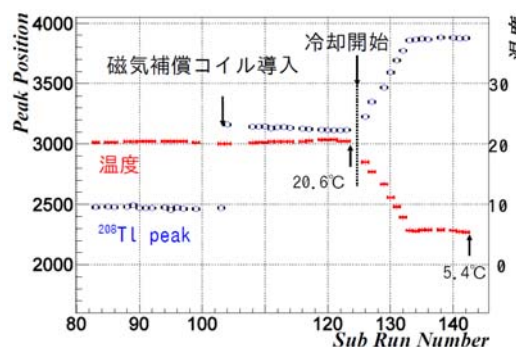


図1：地磁気補償コイル導入、冷却システム導入による、 $^{208}\text{Tl}$   $\gamma$ 線(2.6MeV)のピーク位置の変動。地磁気補償コイル導入時から、また、冷却システム運転開始時から、 $^{208}\text{Tl}$   $\gamma$ 線のピーク位置が高くなっていることを確認できる。



図3：CANDLES IIIシステムに導入している $\gamma$ 線遮蔽システム。中性子捕獲からの $\gamma$ 線遮蔽を遮蔽するために設置する。CANDLESシステム側面に設置する鉛の厚みは10~12cm。