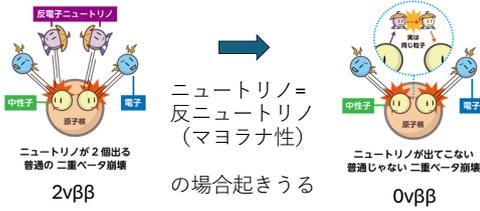


# $^{48}\text{Ca}$ のシングルベータ崩壊の半減期測定における宇宙線veto

堤智、金城直輝、吉田斉、梅原さおりA、吉田斉

## 1. $0\nu\beta\beta$ とシングルベータ崩壊について

二重ベータ崩壊とは何か？



$0\nu\beta\beta$ の検出は  
物質優勢宇宙  
ニュートリノ質量  
のような謎の解明  
につながる

$0\nu\beta\beta$ の探索  
未観測 より高感度の測定が必要

$^{48}\text{Ca}$ を崩壊核とした探索  
・二重ベータ崩壊核中Q値最大で、BGの低減で有利  
・自然存在比が小さいため核数で不利

候補核	Q 値 (MeV)	自然存在比 (%)
$^{48}\text{Ca}$	4.271	0.19
$^{76}\text{Ge}$	2.039	7.8
$^{82}\text{Se}$	2.995	9.2
$^{96}\text{Zr}$	3.351	2.8
$^{100}\text{Mo}$	3.034	9.6
$^{116}\text{Cd}$	2.805	7.5
$^{130}\text{Te}$	2.529	34.5
$^{136}\text{Xe}$	2.476	8.9
$^{150}\text{Nd}$	3.367	5.6

CANDLESグループ  
高エネルギー分解能、低バックグラウンドの  
蛍光熱量検出器を用いて $0\nu\beta\beta$ 検出を目指す  
また、天然存在比が小さい問題を解決するため、  
レーザーを用いた濃縮技術の開発も進行中

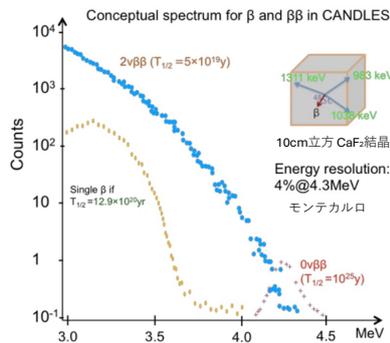
バックグラウンドについて

- 岩石や検出器素材の原子核が環境中性子を捕獲し放出する $\gamma$ 線  
( $\text{Si}$ (3.5MeV、5.0MeV)、 $\text{Fe}$ (7.6MeV))
- $\text{CaF}_2$ 結晶中に含まれる $^{232}\text{Th}$ 系列不純物の崩壊  
→結晶の純化方法の開発進行中

3.  $2\nu\beta\beta$   
 $2\nu\beta\beta$ が $0\nu\beta\beta$ の  
バックグラウンドとなっている  
→スペクトルの正確な評価が必要

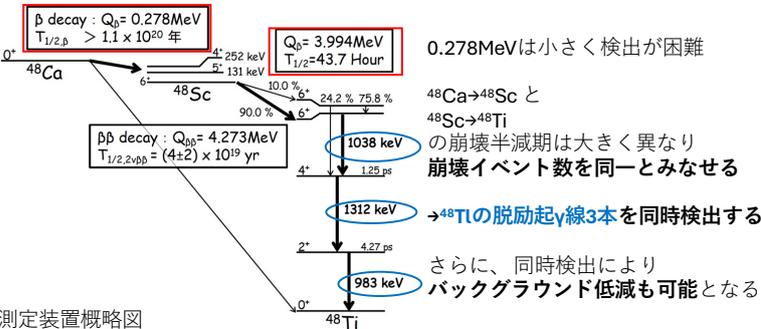
$^{48}\text{Ca}$ はシングルベータ崩壊が  
エネルギー的に許容されている  
 $2\nu\beta\beta$ のスペクトルに5%以上の  
バックグラウンドとなっている

$0\nu\beta\beta$ のバックグラウンド $2\nu\beta\beta$ を  
正確に評価するために、  
シングルベータ崩壊についての  
半減期の見積もりが必要

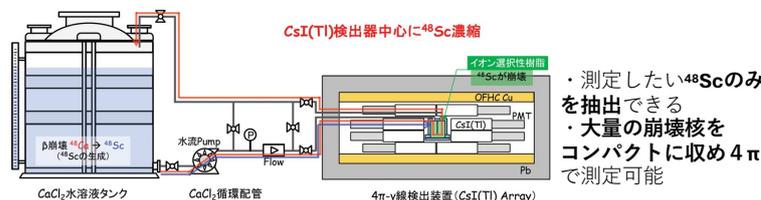


## 2. 実験手法

$^{48}\text{Ca}$ の崩壊図



測定装置概略図



測定感度について

半減期の理論予測  
・  $7.6 \pm 5.3 \times 10^{20}$  年  
・  $1.1^{+0.6}_{-0.6} \times 10^{21}$  年

現在最も強い制限をかけているのは、  
高純度Ge検出器を用いた先行研究で、  
 $1.1 \times 10^{20}$  年

本研究は理論予測を覆うことのできる  
 **$10^{22}$  年**の測定感度を目標とする

測定感度の式

$$T_{1/2} < \frac{\ln 2 \cdot \epsilon \cdot N_{atom} T}{\sqrt{N_{BG}}}$$

$T_{1/2}$ : 目標測定感度 (=  $10^{22}$  年)

$\epsilon$ : 検出効率 検出器効率 (= 10%) × **樹脂の吸着効率**

$N_{atom}$ :  $^{48}\text{Ca}$ の数 (=  $2.2 \times 10^{24}$ )

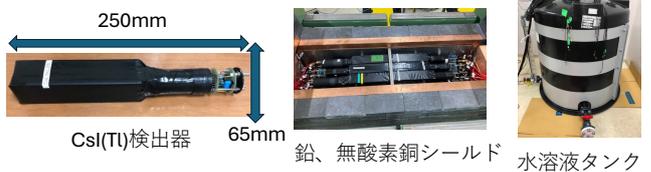
$T$ : 測定時間 (= 1 年)

$N_{BG}$ : **バックグラウンド数**

**樹脂の吸着効率**  
**バックグラウンド数**  
は未評価

## 3. 現在の進捗

検出器、遮蔽、タンク、循環装置の準備は完了



現在は

- 新たに導入したデータ収集装置の動作確認
- 樹脂の吸着効率評価を進行中

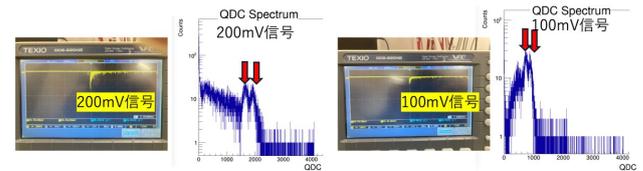


新たに導入するデジタルパルスプロセッサ  
・ 1ボード16CH  
・ 各CH時間同期  
・ QDC、タイムスタンプ、波形を取得  
・ 複数ボード時間同期とりながら接続可能

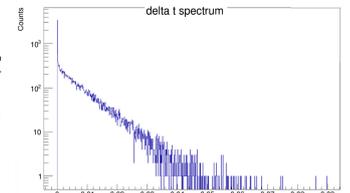
2ボード実装し、CsI検出器30本の信号を取得

取得データ (QDC、タイムスタンプ、波形) が  
正しいかチェック

HVの印加電圧を変化させると $^{60}\text{Co}$ 信号波高の変化と全吸収ピークの  
QDCが比例関係にある→QDC正常



$^{60}\text{Co}$ 線源を用いて測定して  
最初と最後のタイムスタンプが測定  
時間3分と一致、  
時間差スペクトルは指数関数となる  
→タイムスタンプ正常



矩形波の幅と電圧を変化させると、取得波形に反映されている→波形正常



## 4. 展望

- 測定感度決定のためのパラメータ (バックグラウンド数、樹脂吸着効率) の評価
- 新たに導入したデジタルパルスプロセッサの波形情報を利用したバックグラウンド低減手法の検討
- 地下測定に向けて、地上における評価のための宇宙線veto