48Caを用いたニュートリノマヨラナ性の研究と 次世代高感度化技術開発

新学術領域「地下宇宙」領域研究会 2021年05月21日

大阪大学核物理研究センター 梅原さおり umehara@rcnp.osaka-u.ac.jp

CANDLES collaboration

研究分担者•協力者 小川泉、仁木秀明 宮永憲明、時田 茂樹



梅原

CANDLES

@Kamioka Observatory

二重ベータ崩壊測定

□131日の測定結果

高純度21結晶の結果

	結果
0νββ検出効率	0.36(21CaF ₂)
事象数(exp)	0
予想されるBG量	1.02
0vββ半減期	>5.6 × 10 ²² year
測定感度	2.8 × 10 ²² year
	PRD

* 先行検出器ELEGANT VI 測定時間: 4947kg•day(2年強) 半減期 :>5.8×10²²年

 ・続く2年分のデータ解析中(新解析導入中)
・CaF₂結晶内部の放射性不純物がBG源 要高純度結晶開発



二重ベータ(2νββ)崩壊とベータ崩壊

□ ニュートリノを放出する二重ベータ崩壊:他のグループによる測定
■ 測定結果

- $(4.2_{-1.3}^{+3.3}) \times 10^{19}$ years, ${}^{48}CaCO_3(3.5g {}^{48}Ca)$, ~1year, PLB495(2000)63
- (4.3^{+2.4}±1.4)×10¹⁹年, ⁴⁸CaCO₃ 42g, 102+167 days、PRL77(1996)5186
- $(6.4_{-0.6}^{+0.7}(\text{stat})_{-0.9}^{+1.2}(\text{syst})) \times 10^{19}$ 年, ⁴⁸CaF₂(⁴⁸Ca 6.99g),

PRD93(2016)112008:NEMO

□ CANDLESで測定の場合:ベータ崩壊がバックグラウンド



バックグラウンド事象:低減方法

- □ 2vββ崩壊:エネルギー分解能
- 中性子捕獲反応からのγ線: 遮蔽システム
- □ CaF2内不純物起源のバックグラウンド事象
 - 高純度結晶:14個の新結晶と入れ替え
 - 解析的バックグラウンド低減









次世代検出器開発

□ ⁴⁸CaF₂ 蛍光熱量検出器

■ 予想されるバックグラウンド

■2vββ事象:エネルギー分解能0.5%、1トン48Caで~0.02事象/年

D02班協力

■結晶内部放射性不純物によるα線事象:粒子弁別

蛍光熱量検出器:10mKで使用





CaF₂のVUV発光

山本詩織(卒業研究) TPB付ESR:ANKOK実験による提供

□ CaF2結晶の発光測定



単純ではないかPMTTで増元→ VC 波長ごとの光量を測定したい!

CaF₂発光[~]160nm、280nm 液体キセノン発光180nm

P15:谷山天晴(横浜国立大学大学院):

梅原さ 次世代の暗黒物質探索実験に向けた液体キセノンの近赤外発光の研究

蛍光熱量検出器

□ CaF₂用センサー・信号読み出しの最適化

■ 集光システムの設計

■ 光信号からの温度信号上昇を低減、場所依存性の低減
■ 温度センサーの面積を小さく、厚みを大きく
■ 温度センサーの面積を小さく、厚みを大きく





Frequency [500MHz/div]

次世代検出器:濃縮(偏向法)

□ 濃縮効果 装置概略 回収率 濃度 - レーザーオフ 回収板 ⁴⁰Ca ⁴⁸Ca S⁸⁰ ⁴⁸Ca办濃度[%] 原子ビーム イオン信 ⁴⁸Ca 率 ⁴⁴Ca 0.6 럿 G 0.4 30 光源 48 20 10 0.2 。 回収位置の始点[mm] 6.3 6.5 6.7 6.1 6.9 原子オーブン 到達時間[μs] るつぼ 6.5mm以上の原子を全て回収した場合・・・ 出射口 回収率 19.6% 濃度 5.5%

□より高濃度・高回収率へ→偏向角の増加が必要
■偏向用レーザーの照射システムの改良

















梅原さおり、新学術「地下宇宙」領域研究会、2021年05月21日



要位相変調

20

まとめ

数meV感度の測定装置開発の基礎技術

□ 神岡での二重ベータ崩壊測定

長期測定データ解析:0vββ半減期

■130日データ: PRD、2年データ: 詳細解析中

- 2vββ半減期:解析に加えベータ崩壊測定
- ■結晶入れ替え:14個結晶第一要求達成

峃 蛍光熱量検出器

■ VUV発光の可能性大:発光スペクトル測定希望
□ 濃縮

■ マスター+スレーブレーザーによる100mW同調光

大型装置開発のためのパラメータ調査(チューブコリメータ 性能など)

カルシウム同調テスト