

CANDLES 検出器を用いた二重ベータ崩壊の研究

核物理研究センター 梅原さおり、他 CANDLES グループ

連携研究部門サブアトム科学的研究拠点（二重ベータ崩壊測定 CANDLES グループ）

「ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊（以下、 $0\nu\beta\beta$ 崩壊）」は、現代物理学において極めて重要な研究である。それは、 $0\nu\beta\beta$ 崩壊の研究が、素粒子ニュートリノの本質に迫り、物質の起源解明に関わるものであるためである。我々が開発する CANDLES 検出器は、 ^{48}Ca 同位体を用いた二重ベータ崩壊測定装置である。この ^{48}Ca は、全二重ベータ崩壊核中最大の Q 値 4.27MeV を生かしたバックグラウンドフリー環境が期待できる。CANDLES グループは、この ^{48}Ca を同位体濃縮することによって、現在の世界最高感度である約 60meV（マヨラナニュートリノ質量）を上回る測定感度での二重ベータ崩壊探索を目指している。

この $0\nu\beta\beta$ 崩壊を観測するためには、極低バックグラウンド検出器を構築する必要がある。それは、 $0\nu\beta\beta$ 崩壊の半減期が 10^{26} 年以上と非常に稀事象であるためである。そのため、我々は、宇宙線起源バックグラウンドの少ない岐阜県神岡の地下 1000mにおいて検出器開発を進めている。この地下実験室において、低バックグラウンド測定装置として、約 300kg の CaF_2 結晶を用いたプロトタイプの CANDLES 検出器を作り、将来計画に向けた研究開発をすすめている。

このような低バックグラウンド対策の結果、CANDLES 検出器を用いた測定の主なバックグラウンド候補は、結晶内部の放射性不純物のみとなる。CANDLES 検出器において、使用する CaF_2 結晶に含まれる放射性不純物 (Th 系列) 量はすべて測定されている (図 1 参照)。12 $\mu\text{Bq/kg}$ 以下の高純度結晶を用いた測定では、131 日の長時間測定で $0\nu\beta\beta$ 崩壊測定のためのバックグラウンドのない測定を実現した (図 2 参照)。この結果、 ^{48}Ca の $0\nu\beta\beta$ 崩壊の半減期として 6.2×10^{22} 年の下限值を得た。今後も測定を継続し、半減期下限値を更新する予定である。

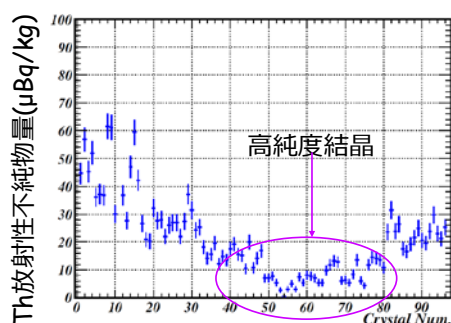


図 1 : CANDLES で用いている CaF_2 結晶に含まれる放射性不純物 (Th 系列) 量。

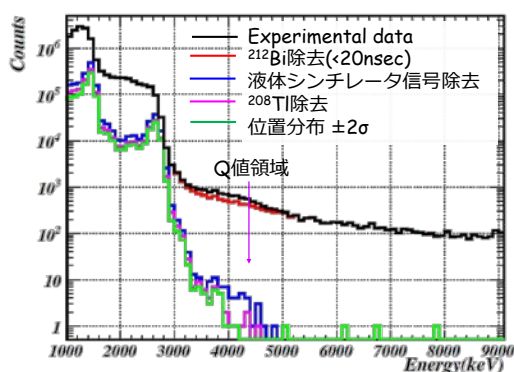


図 2 : 高純度 CaF_2 結晶を用いた $0\nu\beta\beta$ 崩壊測定の結果。測定時間は 131 日。バックグラウンド事象を除去する各種解析を行った結果、Q 値領域に事象は観測されていない。