様式８

令和６年度（2024）　共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名　和文：MeV ガンマ線背景放射の放射起源解明に向けた電子飛跡検出型コンプトン望遠鏡内在放射線の精密測定

英文：Measurement of the intrinsic radioisotopes in electron-tracking Compton telescopes for studying the radiation mechanism of extragalactic diffuse gamma-rays

研究代表者　　高田 淳史（京都大学 大学院理学研究科）

参加研究者　　岡 知彦（立命館大学 総合科学技術研究機構）

研究成果概要

数百 keV から数十 MeV における軟ガンマ線帯域で存在する背景放射は、遠方銀河からの放射の重ね合わせと考えられている一方、その放射源は活動銀河核・10^{17} g 程度の原始ブラックホール・MeV スケール質量の暗黒物質といった様々な可能性があり、結論が出ていない。精密なガンマ線強度や非一様性の観測は、これら重要な科学目標に対する厳しい制限を与えると期待されている。しかし背景放射の観測では、対象を視野に入れない OFF 観測が不可能である為、観測で想定される雑音事象を、シミュレーションを元に見積もって差し引くことでしか背景放射のエネルギースペクトルは得られない。従って、大気ガンマ線・宇宙線による雑音事象と同様に、検出器内部に存在する放射性同位体量の理解・低減が重要となってくる。

現在、SMILE-2+気球実験で天体観測実証に成功した電子飛跡検出型コンプトン望遠鏡（ETCC）を用いた、銀河中心領域における系内拡散ガンマ線観測 SMILE-3 に向けて検出器を設計・開発を進めている。主たる観測対象は銀河中心領域であるが、ETCC は 3 sr もの大きな視野を持ち約 1 日間の観測が可能な為、高銀緯領域も広く観測できる為、MeV ガンマ線背景放射の観測も同時に可能となる。ただし、SMILE-2+の観測・雑音シミュレーションから、GSO シンチレータ内部に含まれた U/Th 系の放射性同位体が引き起こす偶然同時計数が 1 MeV 付近での主な雑音源をなっており、SMILE-3 ではこのシンチレータを再利用する為、同じ問題が発生する。よって、2024 年度は SMILE-3 に向けて再利用処理が済んだ GSO シンチレータについて、実際の内在放射性同位体量を測定する実験を進めた。SMILE-3 で開発する電子飛跡検出型コンプトン望遠鏡は、ガス飛跡検出器の側面に 6x6x13 mm^3 の GSO シンチレータを 4608 本、底面に 6x6x26mm^3 の GSO シンチレータを 2304 本設置する予定である。この内、4480 本の側面用と 1152 本の底面用について、内在放射線によるバックグラウンド測定を 2024 年度に行った。

図 1 は各 GSO ピクセルについて、U/Th からの α 線が顕著に表れる~1 MeVee 付近のバックグランドレートの分布である。側面用の 13 mm 厚は 0.8×10^{-2} counts/sec を中心

に分布するが、26 mm のピクセルは、3-30x10^{-2} counts/sec に広がって分布しており、シンチレータの体積比以上に 26 mm 厚が U/Th を多く含んでいる事が判明した。GSO 中には Gd の放射性同位体である Gd-152 も存在しているが、こちらは体積比分程度の増加であった為、U/Th は明確に多い。また、バックグラウンド率が高いシンチレータは、低いものよりも赤みを帯びている傾向も見られる(図２)。一方で、エネルギー分解能には大きな差が無く、電子飛跡検出型コンプトン望遠鏡としてのガンマ線再構成には大きな影響がない事が示された。

2025 年度は、残りの GSO シンチレータを若干の予備分も込みで内在放射性同位体量の測定を行い、バックグランド率の低いものからフライトモデル検出器へ投入していく予定である。

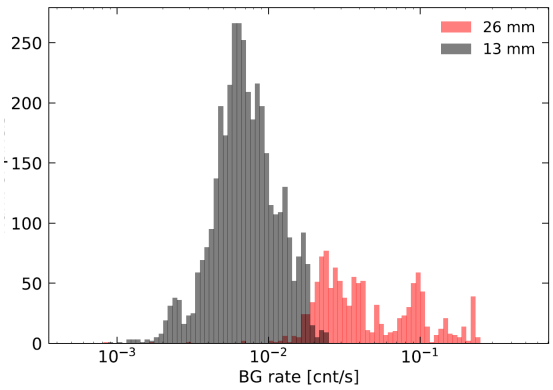

図１：バックグランド率の分布。側面用に比べて、底面用のシンチレータは体積比以上に雑音が多い。

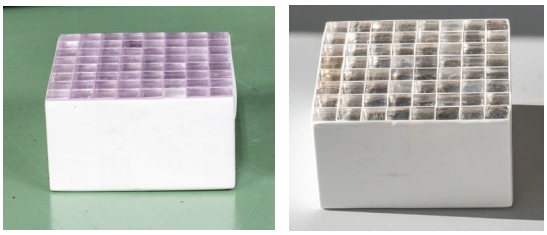

図２：バックグランド率が特に高い(30x10^{-2} couns/sec)アレイ(左)と 3x10^{-2} counts/sec 程のアレイ(右)。両方とも 26 mm 厚の GSO シンチレータ。

整理番号　I05