

令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：ガス飛跡検出器による暗黒物質探索実験 英文：Direction sensitive dark matter search experiment
研究代表者	身内賢太郎 (神戸大)
参加研究者	竹内康雄 大藤瑞乃 濱田悠斗 生井凌太 (神戸大) 寄田浩平 田中雅士 青山一天 中島理幾 内海和伸 石川皓貴 (早稲田大) Neil Spooner, Alasdair G McLean (University of Sheffield) 南野彰宏 天内 昭吾 芝山 凌 (横国大)
研究成果概要	<p>我々は微細加工技術による検出器 μ-PIC を読み出しとする独自に開発した三次元ガス飛跡検出器「マイクロ TPC」を用いた方向に感度を持つ暗黒物質探索実験「NEWAGE」を提唱、2005 年度より ICRR 共同利用研究、2007 年度より神岡宇宙素粒子研究施設の地下実験室 B にて観測を行っている。2023 年度の研究成果は以下の通りである。</p> <p>① 暗黒物質探索実験の解析 α線放出量の少ない μ-PIC (low-α μ-PIC)を用いてハードウェアレベルで低バックグラウンド化した、$30 \times 30 \times 41 \text{cm}^3$の検出容積を持つ検出器「NEWAGE-0.3b'」を用いて行った暗黒物質探索実験について、約 320 日のデータについての解析を進め、前後判定を含む方向感度を持つ解析による制限を約一桁更新した結果について論文を発表した (図 1) [1]。現在高感度化の改良(②)を行った後に取得したデータの解析を進めている。</p> <p>② 暗黒物質探索実験 low-α μ-PIC を読み出しに持つマイクロ TPC による観測を継続して行った。2020 年度より、ガス圧力を下げた低閾値化及び銅によるシールドを行い、条件の最適化を行いながら観測を進めた。①の結果よりも低閾値化、低バックグラウンド化による制限の向上が見込まれている。</p> <p>③ 低 BG μ-PIC の開発 NEWAGE 実験では、更なるバックグラウンド低減、特に検出器内部物質からのラドン放出の低減のために、低放射線材料を用いた μ-PIC (低 BG μ-PIC) の開発を進めてきた。2023 年度には、2022 年度に完成した低 BG μ-PIC の性能評価を行い、図 2 に示す通りガス検出器として良好な性能が得られた。これらの結果を [2]として投稿した。2023 年 12 月には地下実験室の検出器に組み込み、調整、予備測定を開始した。</p>

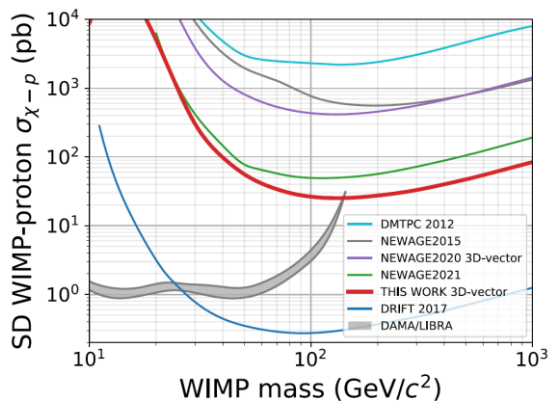


図 1 2023 年度に[1]として発表した暗黒物質探索の結果(赤)。同手法の解析による以前の結果(紫)から 1 桁近く制限を更新、前後判定を用いない手法(緑)からも 2 倍程度制限を更新した。

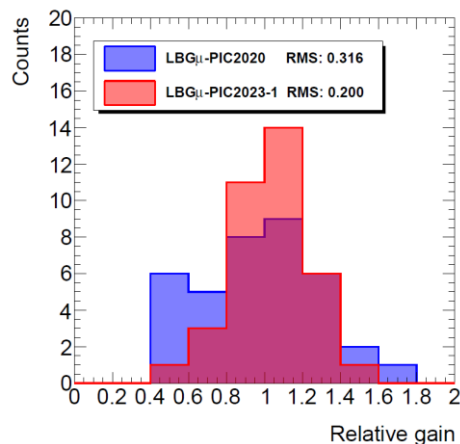


図 2 2023 年度に性能評価を行った低 BG 仕様の μ -PIC のゲインの一様性(赤、LGB μ -PIC202301)。以前に製作したもの(青、LGB μ -PIC2020)に比べて一様性が向上した。[2]

④ C/N-1.0 チェンバーの準備 2024 年度に地下への設置を予定している大型チェンバー

C/N-1.0 の調整を進めた。2023 年度には、検出器「module-1」の調整を進め、地下への移設に向けて前進した。また、大型検出器での感度の議論などを含むレビュー論文が JAIS 誌に受理された[3]。

⑤ 中性子フラックスの測定 地下実験室での暗黒物質探索実験のバックグラウンド理解のために、早稲田大学・横浜国立大学のグループと協力してヘリウム 3 検出器・液体シンチレータを用いた環境中性子の測定を行い、ヘリウム 3 検出器による長期間の測定結果を発表した。

⑥ 感度向上のための R&D ガスを用いた方向に感度を持つ暗黒物質探索実験の主要なバックグラウンド源のひとつであるラドンを除去する手法として、多孔質材料によるゼオライトを用いる手法がある。2023 年度には、低放射能材料を用いたゼオライト開発に関する論文を発表した [4]。

[1] “Direction-sensitive dark matter search with three-dimensional vector-type tracking in NEWAGE” PTEP 2023 (2023) 10, 103F01

[2] “Development of a low-background micro pixel chamber for directional dark matter searches” arXiv:2403.11736

[3] “Challenges for the directional dark matter direct detection” arXiv:2309.13923

[4] “Measurement of radon emanation and impurity adsorption from argon gas using ultralow radioactive zeolite”, J. Inst. 19 P02004