

2020 (令和二) 年度 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 身内賢太朗 (神戸大)

参加研究者 竹内康雄 東野聡

石浦宏尚 水越慧太 島田拓弥 窪田諒 (神戸大)

寄田浩平 田中雅士 木村真人 青山一天 小津龍吉 (早稲田大)

Neil Spooner Warren A Lynch

Callum Eldridge Robert Renz M Gregorio (University of Sheffield)

研究成果概要

我々は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、平成 17 年度より ICRR 共同利用研究、平成 19 年度より地下実験を行っている。2020 年度は、

- ① 低 BG 化した検出器による方向に感度をもつ暗黒物質探索
- ② 地下実験の解析
- ③ 検出器高感度化のための基礎開発を行った。

① については、平成 29 年度に 地下実験室の装置に導入した、 α 線放出量の少ない μ -PIC (low α μ PIC) についての論文を出版した[1]。これを用いた方向に感度を持つ暗黒物質探索実験の観測について、ガス圧力を下げることで、エネルギー閾値を低下させる改良を行い、方向に感度をもつ暗黒物質探索を行った。

② については、平成 30 年 6 月から 12 月までの観測のうち 約 100 日のデータの解析により、従来の μ PIC を用いた観測 よりも 1 桁以上のバックグラウンドの低減が確認され、制限を更新した(図 1)。この結果を PTEP 誌に投稿、掲載が決定した[2]。また 2013 年から 2017 年までの観測のうち 435 日分の観測データを用いて、原子核反跳の三次元飛跡に前後判定を合わせた解析を行った結果が PTEP 誌で出版された[3]。

③ については、今後の検出器の高感度化のキーとなる、「陰イオンガス TPC」の基礎開発を進めた。陰イオンガス TPC では、電子をドリフトする通常の TPC と異なって、陰イオンをドリフトする。拡散が小さいという特徴に比べて、SF₆ ガスを用いるとドリフト速度の違う複数の陰イオンが生成され、検出面への到達時間差を用いてドリフト方向の絶対距離を知ることができる。セルフトリガーの TPC でこれまで不可能だった絶

対位置の測定により、バックグラウンドを一層低減することが可能となる。2020 年度はこの絶対位置の決定精度等についての結果を JINST 誌で出版した[4]。早稲田グループとは地下での中性子フラックスの観測、シェフィールド大グループとは、低バックグラウンド検出器の開発、特に低バックグラウンドモレキュラーシュープの開発を進め、図 2 に示すように、ラドンの低減が確認され、共著論文が JINST 誌に投稿掲載が決定した[5]。

[1] “Development of a low- α -emitting μ -PIC as a readout device for direction-sensitive dark matter detectors” NIM A Volume 977, 11(2020) 164285

[2] “Direction-sensitive dark matter search with a low-background gaseous detector NEWAGE-0.3b” to appear in PTEP, arXiv 2101.09921

[3] First limits from a 3d-vector directional dark matter search with the NEWAGE-0.3b' detector PTEP (2020) ptaa147

[4] “Development of a Negative Ion Micro TPC Detector with SF₆ Gas for the Directional Dark Matter Search” JINST 15 (2020) P07015

[5] “Test of low radioactive molecular sieves for radon filtration in SF₆ gas-based rare-event physics experiments” to appear in JINST, arXiv 2011.06994

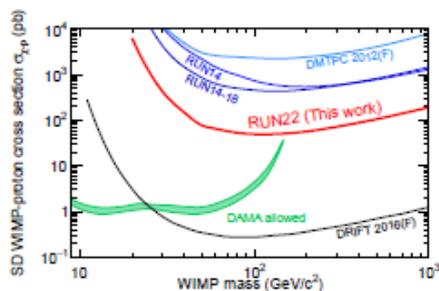


図 1 方向に感度を持つ飛跡解析によって得られた暗黒物質に対する制限 (THIS WORK)。[2]

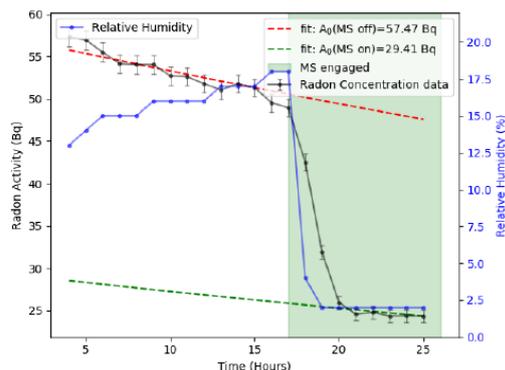


図 2 モレキュラーシュープによるラドン削減の例[5]