

令和 4 年度 (2022) 共同利用研究・研究成果報告書

<p>研究課題名 和文：第 3 世代の暗黒物質直接探索実験 英文：Generation three direct dark matter search experiment</p>
<p>研究代表者 東京大学宇宙線研究所 森山茂栄 参加研究者 東北大学 岸本康弘、市村晃一 東京大学 関谷洋之、Kai Martens, 安部航、竹田敦、平出克樹、山下雅樹 名古屋大学 伊藤好孝、風間慎吾、小林 雅俊、井手隆心、青山 直樹、長谷川智、坂本瞬、 横浜国立大学 中村正吾、谷山天晴、小林和哉、吉本圭佑、出石汐里 神戸大学 身内賢太郎 日本大学 小川洋</p>
<p>研究成果概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ● クォーツチェンバーTPC の研究開発 XENONnT 実験の感度を超える探索を目指す第 3 世代検出器を見据えて、密閉型クォーツ容器を用いた TPC 開発を引き続き行ってきた。実際にクォーツ容器がラドンバリアとして有効に動作することを検証するため、0.1L サイズの検出器の製作を行った。窒素ガスとラドン線源を用いた測定により、ラドンの排除効率として約 1/100 の目標値を達成することに成功し、本年度はキセノンガスを用いた実証準備を進めてきた。また、コーティングの電極についても、素材の選定を行っている。これは電極に VUV 光があたることで電子を放出しノイズを増加させる効果を抑えるためのもので、量子効率の低いものを選定する必要がある。電極として、白金、ステンレス、フッ化マグネシウムを表面にコーティングしたアルミニウムを選定し、液体キセノン中で量子効率の測定を行った。その結果、フッ化マグネシウムがステンレスよりも 40%程度低い量子効率を示すことがわかった。 ● 新型光センサー(SiPM, ハイブリッド光センサー)の開発 より高感度な暗黒物質探索に向け、低ダークカウント SiPM や、PMT と SiPM をハイブリッドに用いた光センサーの開発と低温での試験を進めている。これまでの研究で、VUV 光用の低ノイズ SiPM において従来よりも 50 倍のダークカウントを低減することに成功した。真空紫外分光器を導入し、低温下で VUV に対する量子効率を測定できる系を構築中である。あわせて新たに専用のパルスチューブ冷凍機の導入も行った。 ● 一相式 TPC の開発

低質量領域の暗黒物質探索のため、キセノンにヘリウム等の軽い希ガスを混合させて電荷増幅が発生させられないかの検討中である。10 μm の針電極への HV 印加のため、フィードスルーの開発を進めており、カプトンシートとガラスチューブによる絶縁補強で放電を抑制できることを確認した。

- 液体キセノンの赤外線発光等の研究

最初に、実験装置のキセノンガスの冷却系の温度制御用ヒーターを堅牢な AlN ヒーターに交換し、これまで以上に安定に液体キセノンを貯められるように改善した。また、測光系については、冷却 CCD のダークノイズを時間変動を含めて精度良く実測して差引くことで、VUV~NIR の広い波長領域でチェックソースの β 線の入射で透明結晶内で発する微弱なチェレンコフ光が分光測定出来るようになった。そこで、このチェレンコフ光を標準光源に用いて光学系の強度較正を行なうこととした。これらの技術開発に基づいて、液体キセノンをチェックソースの β 線で励起して生ずる赤外線を分光測定する実験を開始し、取得したデータの解析にも着手した。

- DAWRIN 実験への参加と進展

本研究メンバーのうち 8 名が DARWIN 実験に参加している。これまでのそれらのメンバーの本研究活動での成果を本実験へ応用し、これまで培った技術(特に光検出器)を持ち込み、中心的役割を果たそうと検討している。また、XENON, DARWIN, LUX-ZEPLIN グループは液体キセノンを用いた暗黒物質探索のコンソーシアムを立ち上げ、50-100 トン級の検出器を用いた次世代探索に向けて動きだした。2022 年 6 月に最初のミーティングが行われている。

整理番号 B07