

令和 7 年度 (2025) 共同利用研究・研究成果報告書

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
研究代表者	東京大学宇宙線研究所 森山 茂栄
参加研究者	東京大学 関谷洋之、竹田敦、平出克樹、安部航、Kai Martens, 山下雅樹、Caio Takamori Oba Ishikawa, 伊藤好孝 名古屋大学 風間慎吾、小林雅俊、宮田瑠太、藤川皓生、宇都山光輝、島田大輝、石丸 歩夢、Junying Huang、竹下 歩希、中村正吾 神戸大学 身内賢太郎 東北大学 岸本康弘、市村晃一
研究成果概要	本共同利用研究の目的は将来の暗黒物質直接探索実験の実現にある。そのための研究開発や、実現へ向けた組織の整備を含んでいる。 今年度は以下の技術開発を行った。 ● 新型検出器の開発として、1 相型液体キセノン検出器の開発 現在主に用いられている液体キセノン検出器は、2 相型液体キセノン検出器と呼ばれるもので、将来の暗黒物質直接探索実験に用いる場合には大型化への困難が指摘されている。本研究の目的は、その困難を克服するため、液体 1 相のみを用いても 2 相型検出器と同様に粒子識別などを行う機能を付与することである。 本年度は液体キセノン中の電荷増幅はテストベンチで先端が $\Phi 50\mu\text{m}$ の針状の構造を導入し、二次蛍光信号(S2)の取得に成功していたが、S1/S2 の時間差や S1 信号の電場依存性も継続して調べた。大型化とゲインの一様性を実現するためには電荷増幅構造の改良と最適化にはさらなる研究が必要である。そのため、ガラス基板上にストリップ電極を形成した MSGC を用いる手法も開発し、テストベンチへ導入して S2 検出に成功した。また、針電極を進展させた半球型の「ウニ電極」の開発も開始した。 ● ラドン・トリチウムなど放射性不純物によるバックグラウンドに関する研究 ➤ キセノンガス中の極微量トリチウム・水素の定量に向けて、水素透過膜を用いた手法を考案し、50 ppt までの微量な水素の測定に成功した。今後、測定系の安定性を改善するとともに、XENONnT 実験への導入に向けたシステムの開

発を行う。

➤ 【密閉型液体キセノン検出器の開発】

石英チェンバーの内外を独立に循環・純化可能な冷凍機系の構築を行うと共に、石英製の真空容器を内部に持つ液体キセノン検出器について、キセノンガス中でのラドンの排除試験を行い、XLZD 実験に向けて十分な排除性能を備えていることを実証した。今後液体キセノンを用いた試験を行い、本番環境と同様の条件下でのラドンの排除性能評価を行う。

➤ 【低放射能光センサーの開発】

-100 度の低温下において真空紫外光に対する検出効率を測定可能な装置を開発し、ダークカウントを低減した新型 VUV 光センサーの光検出効率の測定を行った。また、浜松ホトニクス社と共同でハイブリッド光検出器の試作機の開発を行った。今後、上述した装置を用いて光検出効率の測定を行い、集束電場の最適化を行う。

これら技術的發展を基に、60-80 トンの液体キセノンを用いた次世代の大型検出器の現を標榜する XLZD を日本グループとしても進めている。今後の研究推進へ本共同利用研究を有効に活用して推進してゆく予定である。