

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：地下実験のための放射能分析装置の開発 英文：Development of a radioactivity assay system for underground experiments
研究代表者	竹内康雄
参加研究者	神戸大学大学院理学研究科・教授・竹内 康雄 徳島大学大学院社会産業理工学研究部・教授・伏見 賢一 東京大学宇宙線研究所・准教授・関谷 洋之 神戸大学大学院理学研究科・教授・身内 賢太郎 大阪大学核物理研究センター・教授・梅原 さおり 大阪大学大学院理学研究科・准教授・吉田 斉 福井大学学術研究院工学系部門・教授・小川 泉 東京大学宇宙線研究所・准教授・竹田 敦 横浜国立大学大学院工学研究院・教授・南野 彰宏 富山大学理学部・助教・中野 佑樹 神戸大学大学院理学研究科・講師・伊藤 博士 東北大学ニュートリノ科学研究センター・准教授・市村 晃一 東京大学宇宙線研究所・助教・家城 佳 徳島大学大学院創成科学研究科・院生・若生 宮世 神戸大学大学院理学研究科・院生・曾根 貴将 神戸大学大学院理学研究科・院生・和田 伸一郎 富山大学理学部・学部生・加藤 聡 富山大学理学部・学部生・桐山 真実 富山大学理学部・学部生・小谷田 琉聖
研究成果概要	本研究では、2014～2018 年度の新学術「地下素核」の計画研究 D01「極低放射能技術による宇宙素粒子研究の高感度化」、2019～2023 年度の新学術「地下宇宙」の計画研究 D01「極低放射能技術の最先端宇宙素粒子研究への応用」、及び 2024～2028 年度の学術変革(A)「地下稀事象」の計画研究 D01「極低放射能技術の展開」と、関連する公募研究で開発された分析装置・実験装置を、神岡坑内の実験サイト内で研究グループの枠を超えて連携・運用すること、及びさらなる改良を行うことを目的としている。 2025 年度は地下実験室 A (LAB-A)において、以下の分析装置の改善や運用に取り組んだ。1. ラドン分析装置、2. 表面 α 線イメージ分析装置、3. シンチレータ結晶の内部不純物分析装置。 以下、これらの装置に関して、2025 年度の進捗と成果を述べる。
整理番号	2025d-B-02

1. ラドン分析装置

LAB-A で研究開発を進めてきた 80L ラドン検出器+中空糸膜モジュールからなる Gd 水用ラドン検出器を、2022 年度から SK 検出器の上部に移設し、運用している。昨年度から継続して、長期的な運用を実施することができた。2024 年 8 月の短期間の Gd 溶解時には、Gd 水中のラドン濃度の増減を数時間程度で特定した。また、SK 検出器内で鉛直方向に 3m 毎に Gd 水中ラドン濃度の測定を行い、ラドン濃度の水深依存性を評価した。これまで 3 台での運用を進めていたが、水深依存性の時間変化をさらに監視するために、本年度は 5 台に増設する作業を実施した。2026 年度から 5 台体制でのラドン濃度測定を開始する予定である。また、ラドン検出器の高感度化を目的とした基礎研究を継続的に実施している。

2. 表面 α 線イメージ分析装置

2025 年度は、表面 α 線イメージ分析装置を用いて、地下実験研究グループの枠を超えたサンプル分析を実施した。主なサンプルは、NEWAGE 実験の次期 μ -PIC 材料であるクォーツサンプル、富山大グループの表面研磨や表面メッキ加工を複数処理した複数の金属板である。分析と並行して、さらなる感度改善を目指し、微細加工技術を用いたガス電子増幅フィルム「GEM」と CMOS カメラを用いた光学読出 TPC 技術に基づいた表面 α 線イメージ分析装置（図 1）の開発に着手した。

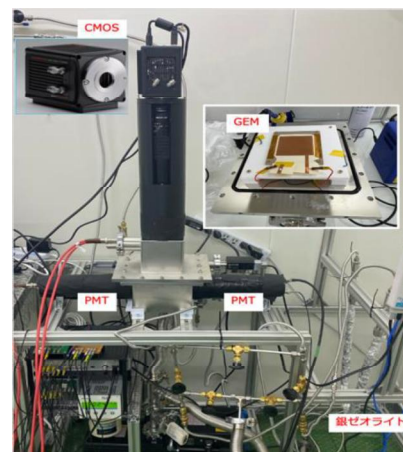


図1 GEM+CMOS による光学 TPC セットアップ

3. シンチレータ結晶の内部不純物分析装置

2025 年度も引き続き装置を用いた結晶および熔融品の不純物量評価を行った。高純度 CaF_2 結晶の製造方法の手法の一つである偏析法の純化性能評価として、不純物量の偏り調査を行うために用いた。合わせて、ICP-MS 分析も行っており、ウラン系列については偏析効果が再現された。一方、結晶製造時に用いる坩堝からの放射性不純物の汚染も確認されたため、高純度坩堝を製造、結晶製造した。偏析回数を変えた結晶も製造しており、これらの不純物量評価を進めている。

この高純度結晶開発では、 $10 \mu \text{Bq/kg}$ の低放射性不純物の定量を行う一方、蛍光熱検出器開発には、 CaF_2 結晶内部の放射性不純物が mBq/kg 以上とある程度含まれている結晶を効果的に使うことができる。これは、放射性不純物による α 線事象を蛍光熱量検出器の性能評価に用いることができるためである。本年度は、この蛍光熱検出器開発用の CaF_2 結晶の放射性不純物量の定量も併せて行った。