

令和 6 年度（2024） 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・准教授・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 東京理科大学創域理工学部・助教・伊藤 博士 東北大学ニュートリノ科学研究センター・助教・市村 晃一 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 神戸大学大学院理学部・学部生・青山 真也 神戸大学大学院理学部・学部生・稲葉 有哉 神戸大学大学院理学部・学部生・西上 真央 神戸大学大学院理学部・学部生・番原 大登	
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。 2024 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、2024 年度の進捗と成果を述べる。	
整理番号	B03

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、昨年度から SK 検出器の上部に移設し、運用している(図 1)。本年度は、昨年度から継続して、1 年に渡る長期的な運用を実施することができた。特に 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、ラドン濃度の監視を実証することができた。これらの研究の進捗の報告を第 79 回日本物理学会で行った。



図1 移設後の Gd 水用ラドン検出器

2. 表面 α 線イメージ分析装置

2024 年度は、TPC チェンバーに小型 PMT が実装された表面アルファ線イメージ分析装置の性能評価を実施した。CF₄ ガスの 2 段階のシンチレーション発光時間差より、セルフトリガー式 TPC でアルファ線発生位置を決定する。この手法を取り入れたことによって、分析限界(感度)は、従来方式の $3 \times 10^{-3} \text{ } \alpha/\text{cm}^2/\text{hr}$ (90%CL)から、 $7 \times 10^{-4} \text{ } \alpha/\text{cm}^2/\text{hr}$ (90%CL)へ改善された。さらなる感度改善を目指し、さらに低放射能素材を用いた μ -PIC の実装計画、銀ゼオライトによるラドン除去試験、そして微細加工技術を用いたガス電子増幅フィルム「GEM」を用いた新規装置開発を進めている。並行して、この改善した感度による、地下実験研究グループの枠を超えた分析も実施した。

3. シンチレータ結晶の内部不純物分析装置

2024 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。特に、高純度 CaF₂ 結晶の製造方法の手法の一つである偏析法の確立のため、インゴット内の放射性不純物量の偏り調査を行った。結果として、ウラン系列については偏析効果が再現された。本結果と、ICP-MS 分析結果と合わせて、高純度化技術の確立に役立てる予定である。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、CaF₂ 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 線事象を傾向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 CaF₂ 結晶の放射性不純物量の定量も併せて行った。