

B03: 地下実験のための放射能分析装置の開発

2025年1月30日 (木)

東京大学 宇宙線研究所 共同利用研究成果発表会

本年度査定金額: 28万円 (旅費: 25万円, 物件費: 3万円)

使途: 旅費 23.5万円, 純空気ボンベ 3.1万円, 消耗品 1.4万円

【神戸大学】竹内 康雄 (代表), 身内 賢太郎, 曾根 貴将, 和田 伸一郎, 青山 真也, 西上 真央,
番原 大登, 稲葉 有哉 【徳島大学】伏見 賢一 【東京大学 宇宙線研究所】関谷 洋之, 竹田 敦
【大阪大学】梅原 さおり, 吉田 斉 【福井大学】小川 泉 【富山大学】中野 佑樹
【横浜国立大学】南野 彰宏 【東北大学】市村 晃一
【東京理科大学】伊藤 博士 (代理発表), 若生宮世

E-mail: itoh.hiroshi@rs.tus.ac.jp

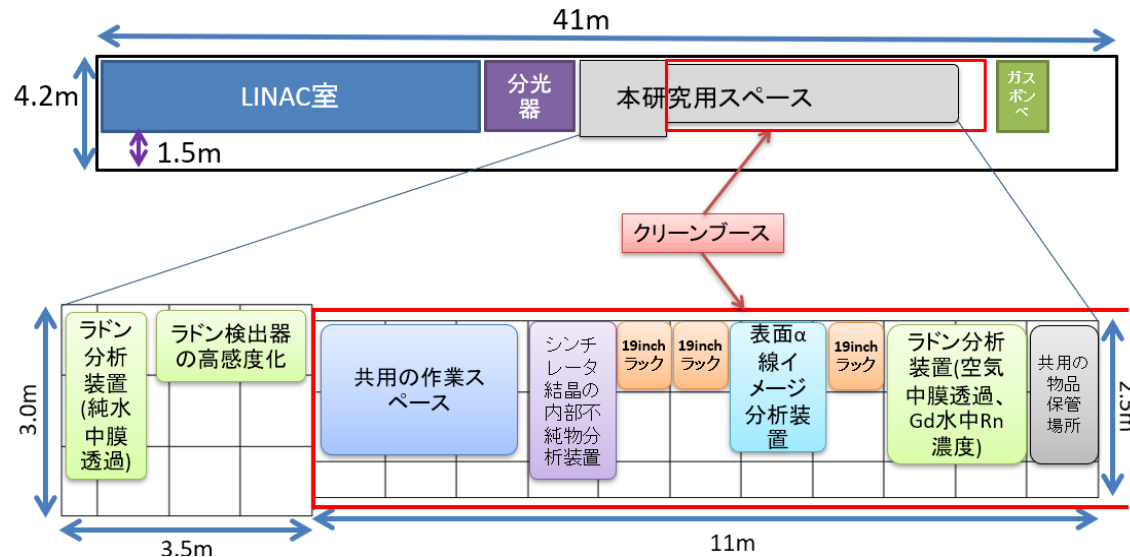
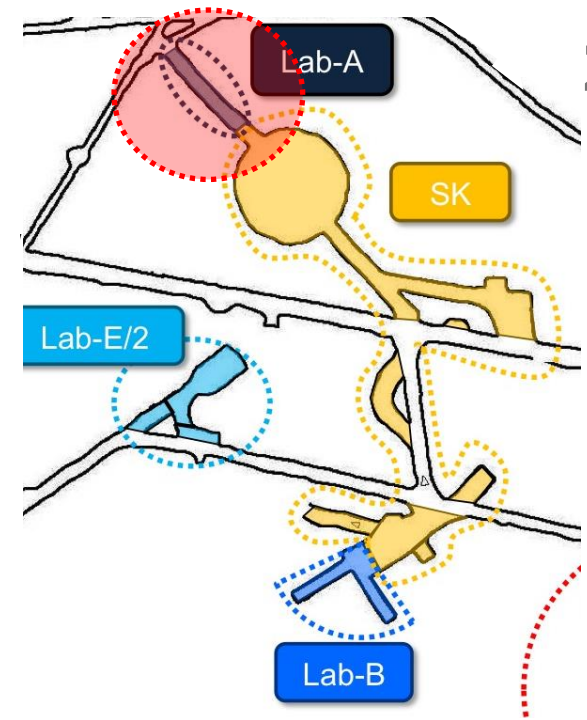
本研究の概要

新学術「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究」(平成26~30年度)以降, 神岡地下実験室A (Lab-A)で, 放射能分析装置の技術的連携を実施。→ 約 3 m × 15 m の実験エリアとクリーンブース。

新学術「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」(平成31~令和5年度)では,

- (1) 分析装置の低バックグラウンド化, 高感度化,
- (2) クリーンブースでの試料作成, グループを超えたサンプル分析を実施。

学術変革A 「極稀事象で探る宇宙物質の起源と進化」(令和6年度~)でも(1)(2)分析装置の高感度化, 試料作成, サンプル分析の継続を実施。



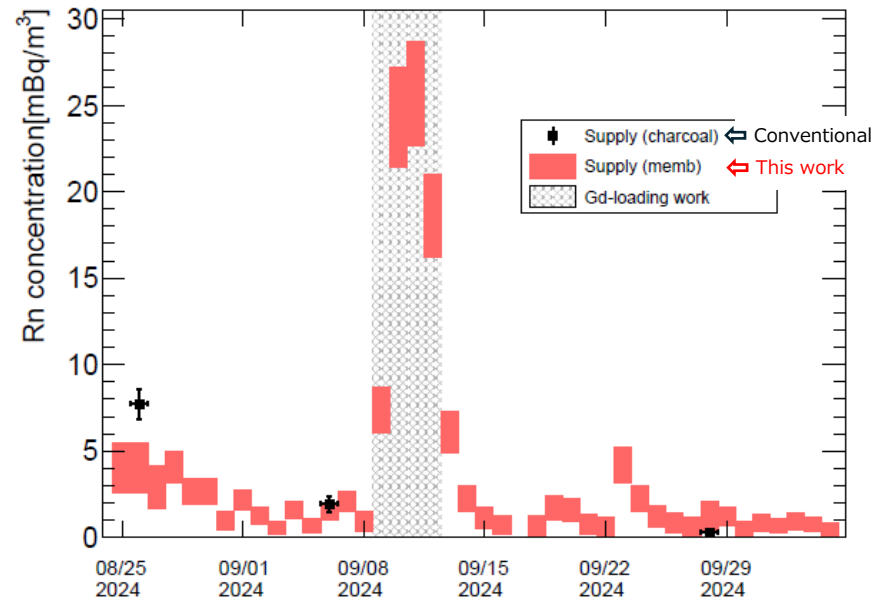
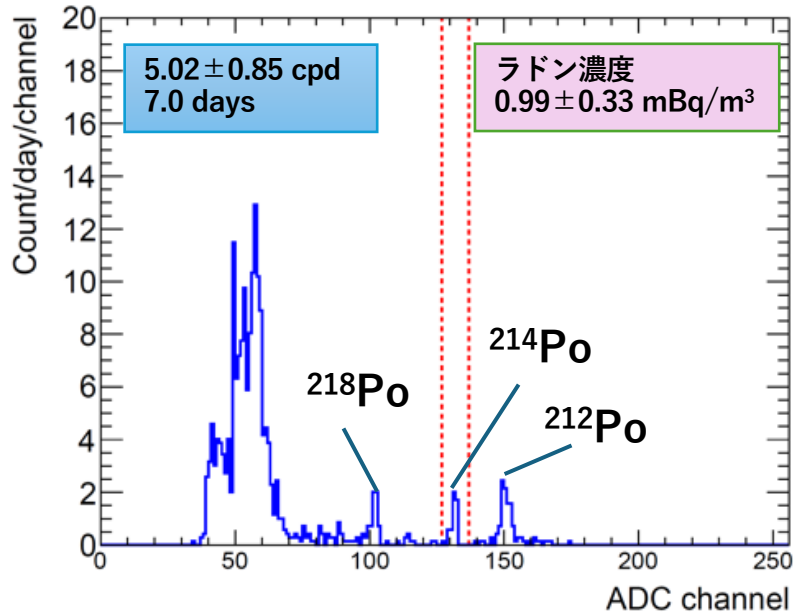
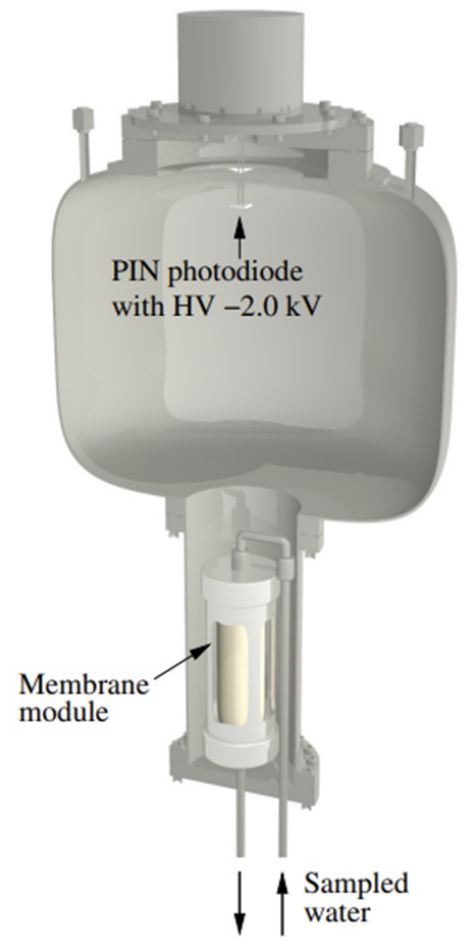
2024年度の取り組みの概要

	分析装置	取り組み
1	ラドン分析装置	<ul style="list-style-type: none">• 中空糸膜を用いた手法による、Gd水中ラドン濃度モニター実施。• 既存の手法 (脱気カラム+活性炭) とconsistent な測定結果を得た。• 1日の測定で感度 1 mBq/m³ 程で、継続したモニター可能となった。
2	表面アルファ線イメージ分析装置	<ul style="list-style-type: none">• PMT追加搭載しガス発光検出手法によって、表面アルファ線の決定精度が向上。分析限界 O(10⁻⁴) a/cm²/hr(90%CL)達成。• 実験グループの枠を超えて分析運用を実施。
3	シンチレータ結晶の内部不純物分析装置 (偏析手法)	<ul style="list-style-type: none">• Class 5 クリーンルームを作成した。<ul style="list-style-type: none">⇒ ICP-MS分析時のBG混入の防止対策できた。• 試薬分離作業に不確定性を確認し、工程を改善。<ul style="list-style-type: none">⇒ ストローク回数変えてもU/Th回収率が安定した。

高感度ラドン検出器開発とその応用

■ Gd水中のラドン濃度測定

- Gd水中のラドンを **中空糸膜モジュール** を用いて抽出する手法を応用.
- Lab-A で進めていたシステムを, SK検出器に新しく設置.
- 2024年9月のGd追加溶解時のラドン濃度をモニターした.
 - 1日の測定で **1 mBq/m³ 程度の感度** で, 継続したモニターが可能となった.
 - 既存の手法 (脱気カラム+活性炭) と比較して **consistent** な測定結果が得られた.



SKタンクからGd水の採水を実施し,
継続的なモニターを開始した.

→ 検出器開発と測定結果に関して,
論文準備中.

表面アルファ線イメージ分析装置

■ 低BG表面RI分析を目的としたガスTPC検出器開発

→ μ -PICを用いて、試料表面からのアルファ線の飛跡を測定.

→ CF_4 ガスシンチレーション光を組み合わせた手法によって、**検出限界 $O(10^{-4})$ a/cm²/hr(90%CL)を達成。**

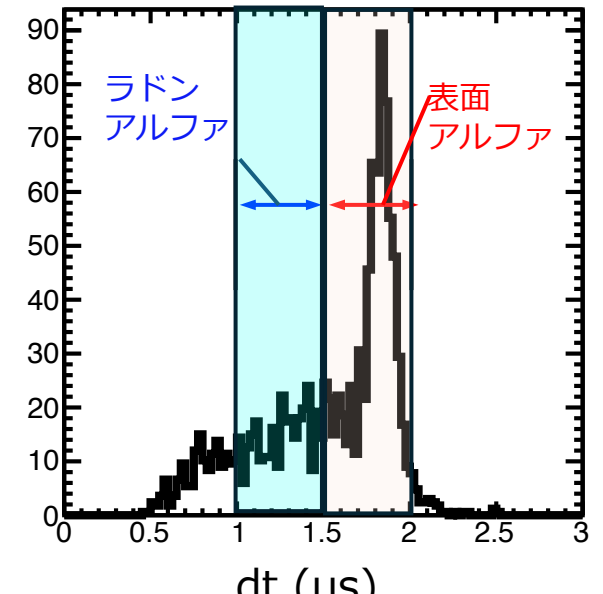
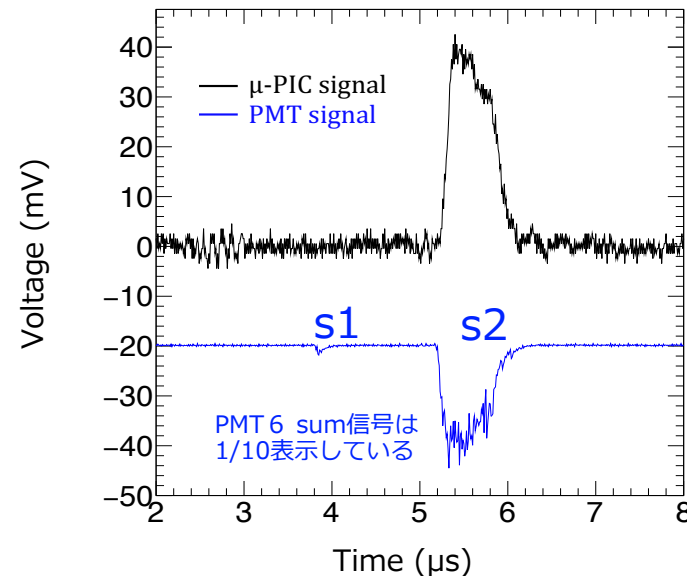
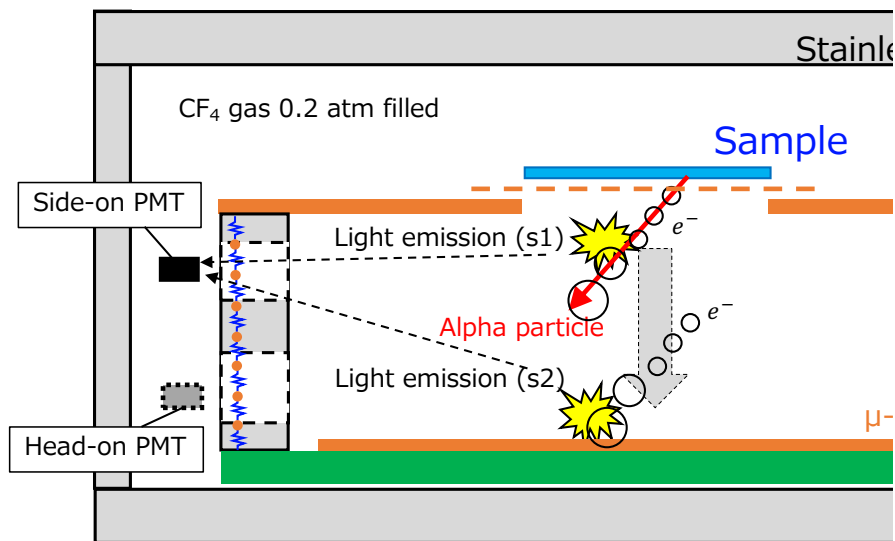
市販装置：XIA, UltraLo-1800 (イメージングなし)と同等の感度まで到達した。

→ さらなる感度改善のため、U/Thの少ない μ -PIC開発, ラドン吸着材開発, 新たな装置開発の計画進めている。

低バックグラウンド化により、 **$<10^{-4}$ a/cm²/hrを目標**.

■ 実験グループの枠を超えて、サンプル分析を実施

- μ -PIC材料のクォーツクロスシート, Ti, SUS金属板など.



シンチレータ結晶の内部不純物分析装置

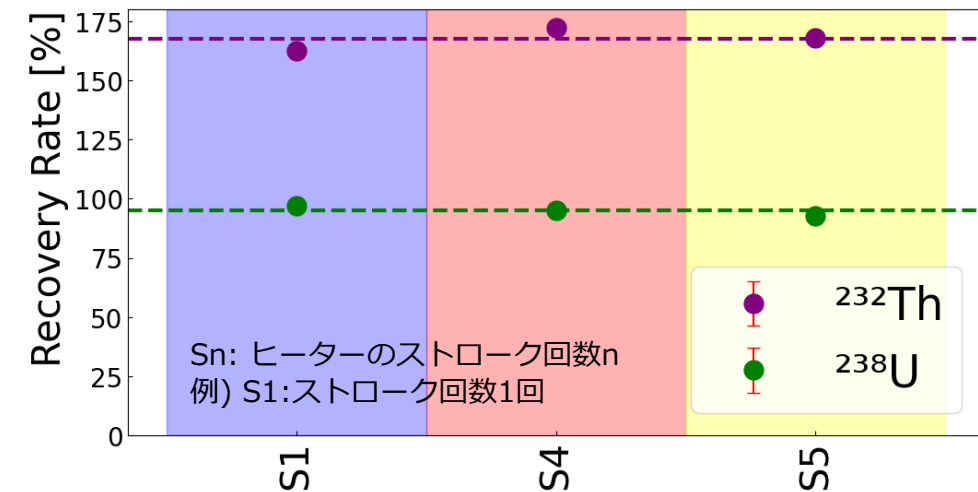
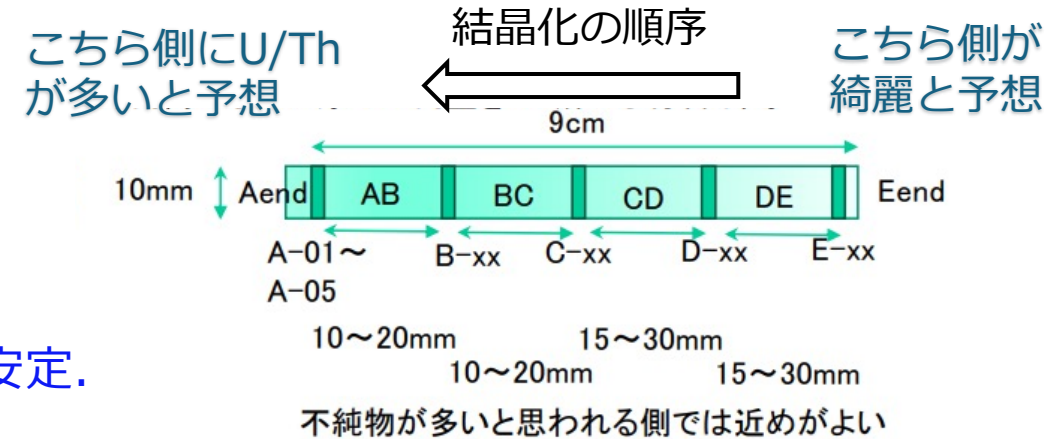
昨年度までの状況

- 結晶化における**偏析手法**によって、純化する計画.
- 9 cmの長尺CaF₂結晶でテストした.
- 1回の偏析で純化を確認したが、測定値が不安定だった.
- 原因は分離作業における(1)BG混入, (2)U/Th回収率の不安定.

今年度の成果

- Class 5 クリーンルームを作成した.
 - ⇒ ICP-MS分析時のBG混入の防止対策できた.
- 作業環境の改善に加え、分離作業の工程も改善:
 - 結晶粉碎工程および分解（硝酸で溶かす）工程など.
 - ⇒ ストローク回数変えてもU/Th回収率が安定した.
- ただし、Thに関して回収率170%!?
 - ⇒ 検量線作成の濃度が変わったため係数が異なる.

この係数補正は今後の課題.



安定した回収率でCaF₂中のU,Thを可能にした.

まとめ

神岡地下 (Lab-A) にて、**放射能分析に関する共同スペースを運用**.
→ 地下実験のグループの枠を超えて、**分析技術の連携, 共有**.
これらの技術連携を通して、**分析技術の改良**も進めている.

本年度の取り組み

- (1) ラドン分析装置の高感度化, SK-Gdへの応用.
- (2) 部材表面からのアルファ線放出量の測定, 高感度化.
- (3) 偏析手法によるCaF₂結晶中の純化, 評価手法の確立.

次年度もこれらの活動を継続し、神岡地下で実施されている宇宙素粒子実験,
ニュートリノ観測実験, 暗黒物質探索実験の**感度向上を推進する**.