

# EVOHコーティングによる ラドン湧き出し抑制効果の検証

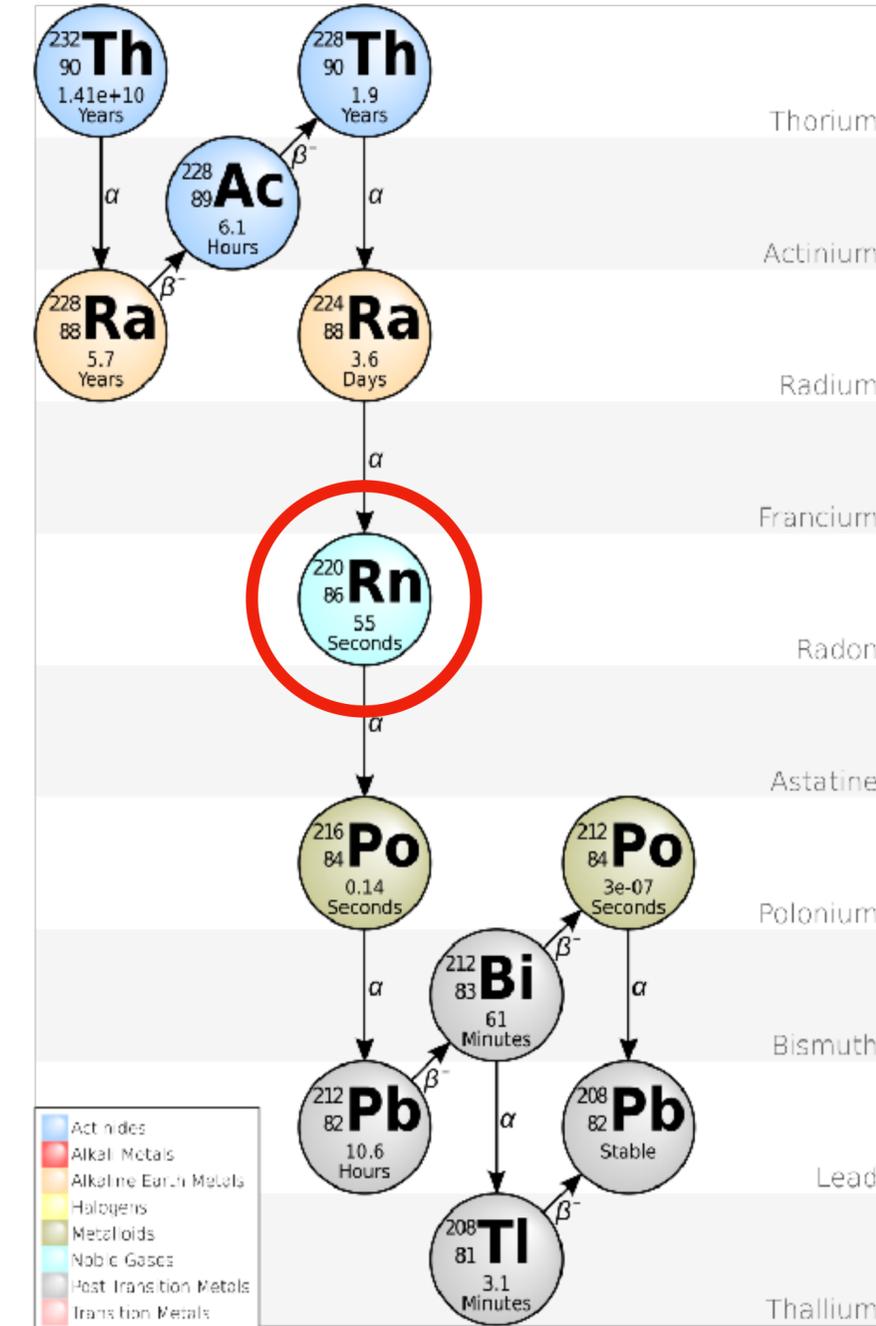
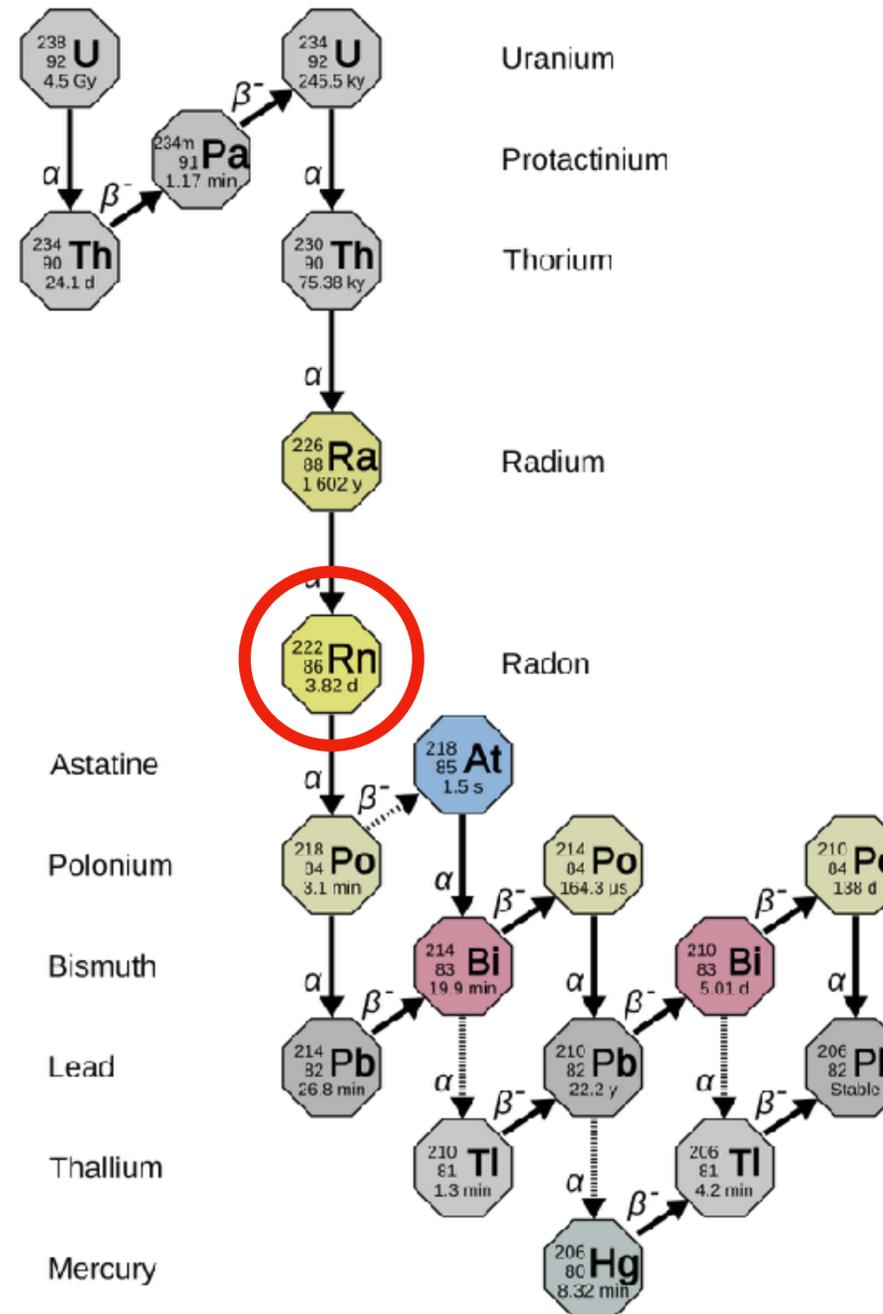
---

神戸大学 M1 野村脩貴

2026年3月5日

# ラドンとは

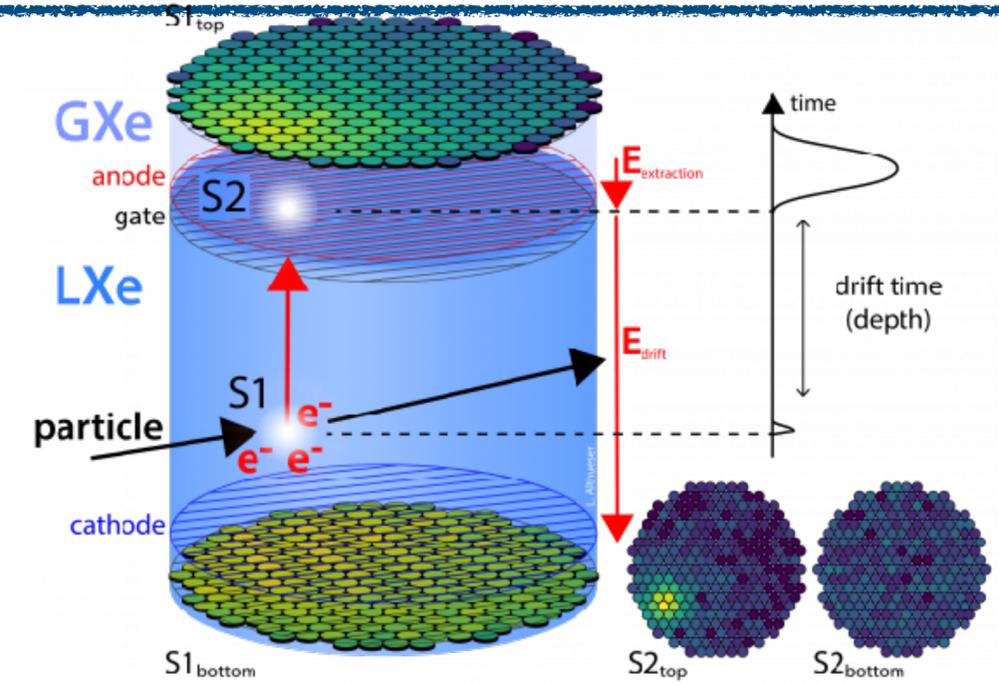
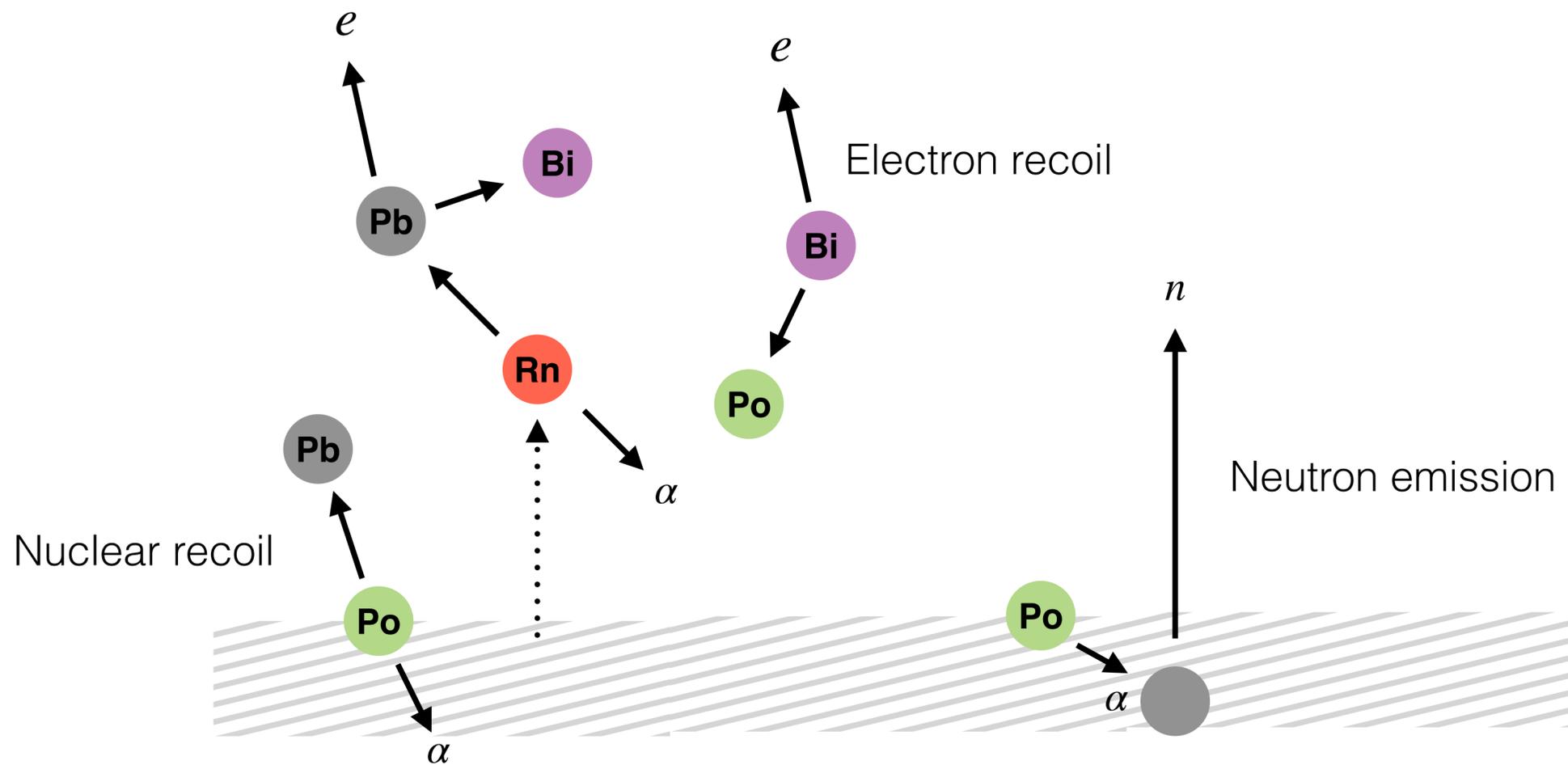
- 暗黒物質直接探索などの地下稀事象の探索実験での主要な**バックグラウンド**
- $^{222}\text{Rn}$  (ウラン系列)・ $^{220}\text{Rn}$  (トリウム系列)
  - ウランやトリウムから崩壊してできる
  - 定常的に湧き出す
- 希ガスなので拡散・透過しやすい
  - 検出器に侵入 / 材料から放出



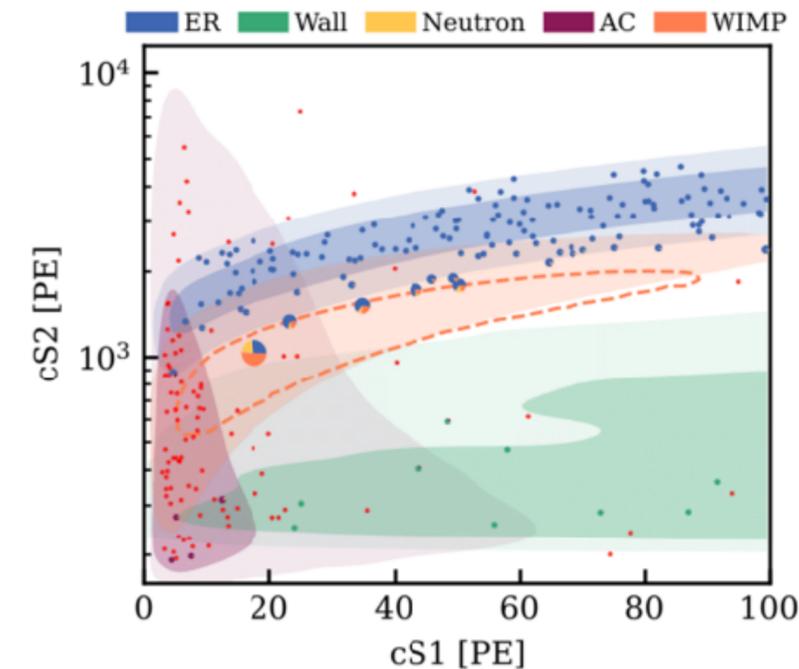
Wikipediaより

# ラドンとは

- XENONnTやNEWAGEでダークマターを探索するときや、SKやKamLANDでニュートリノを観測するとき、バックグラウンドとなる



XENONnT検出器

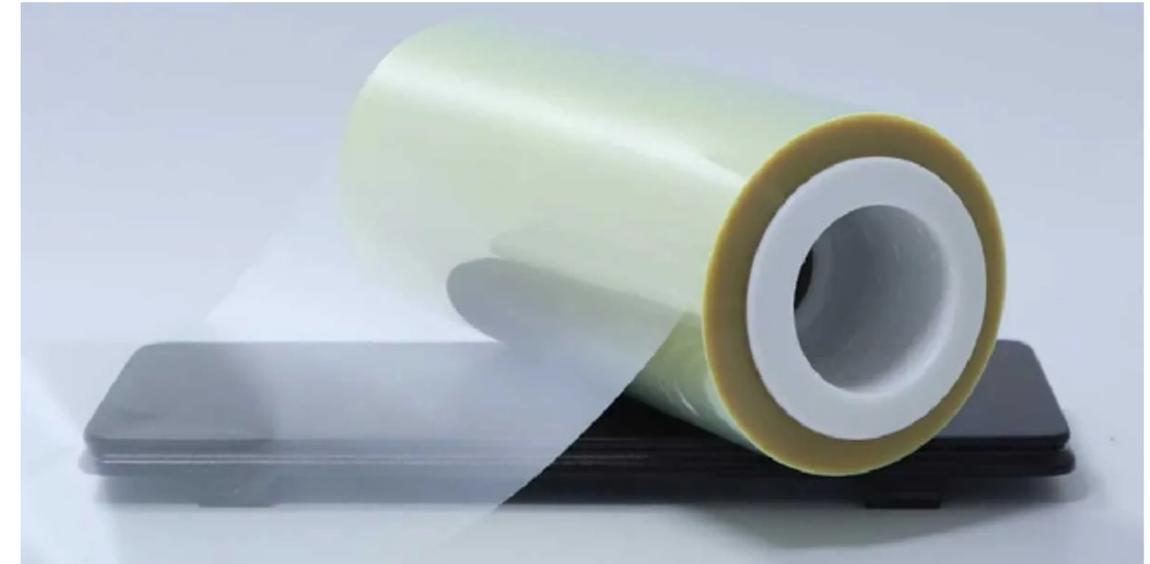


XENON1Tでのイベント分布

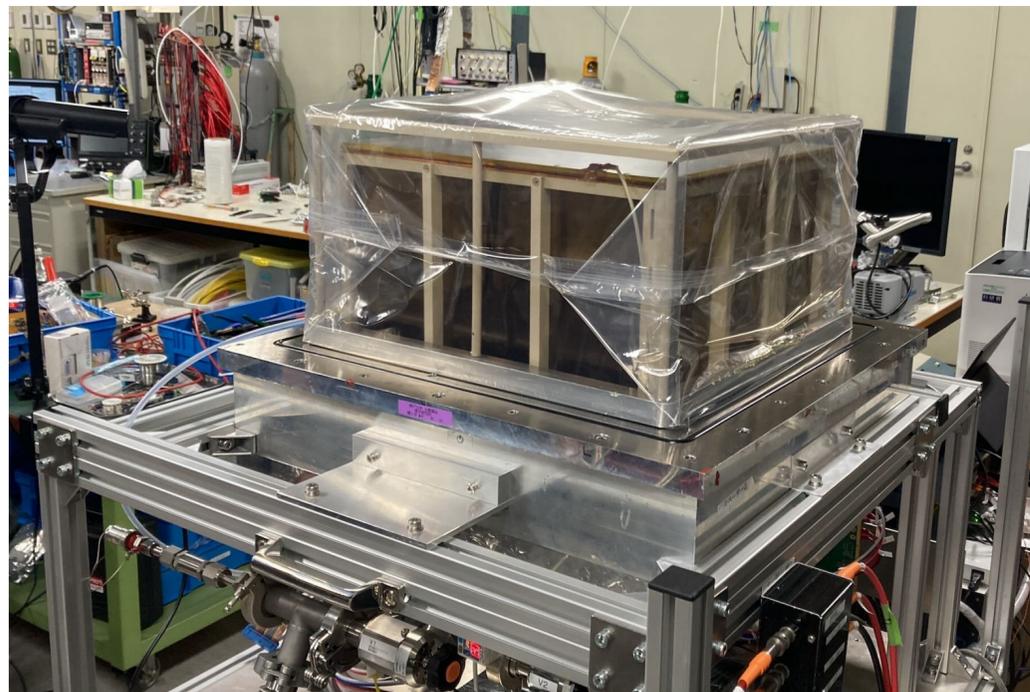
J. Phys.: Conf. Ser. 3162 012008

# EVOH

- エチレンビニルアルコール共重合樹脂
- ガスバリア性の高い**フィルム**  
→ ラドンの透過を抑制できる
- 使用例: XMASS, MIRACLE, SK, KamLAND, ゲルマニウム検出器



<https://desuplastic.com/ja/study/what-is-evoh-film/>

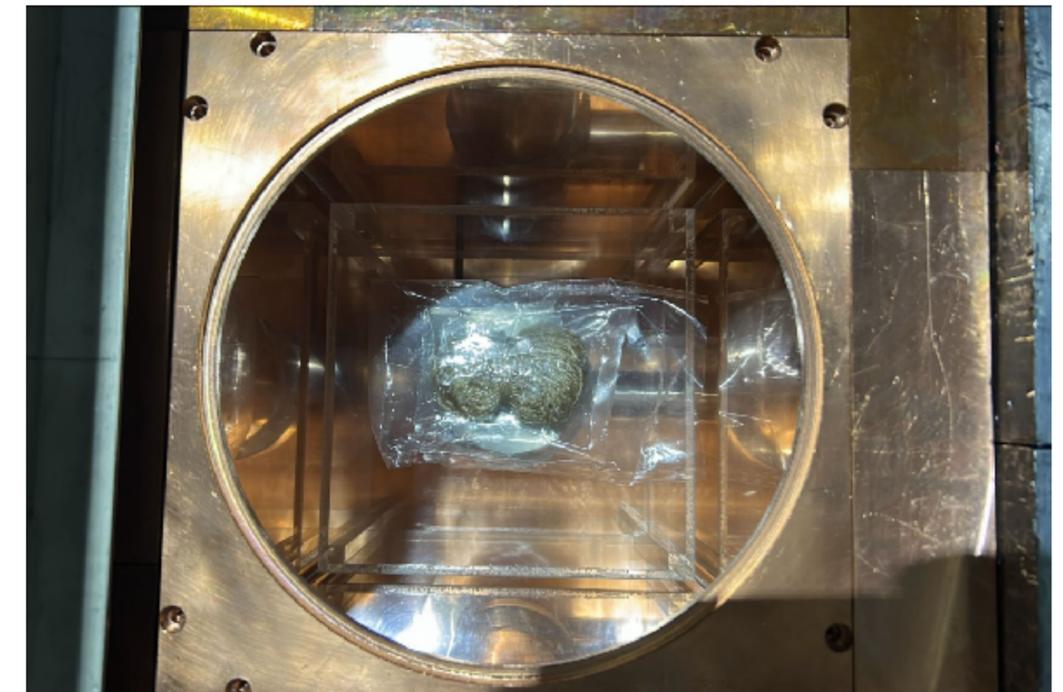


MIRACLUE実験



<https://higgstan.com/report-kamland2-01/>

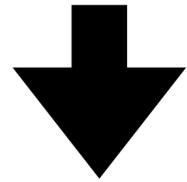
KamLAND バルーン



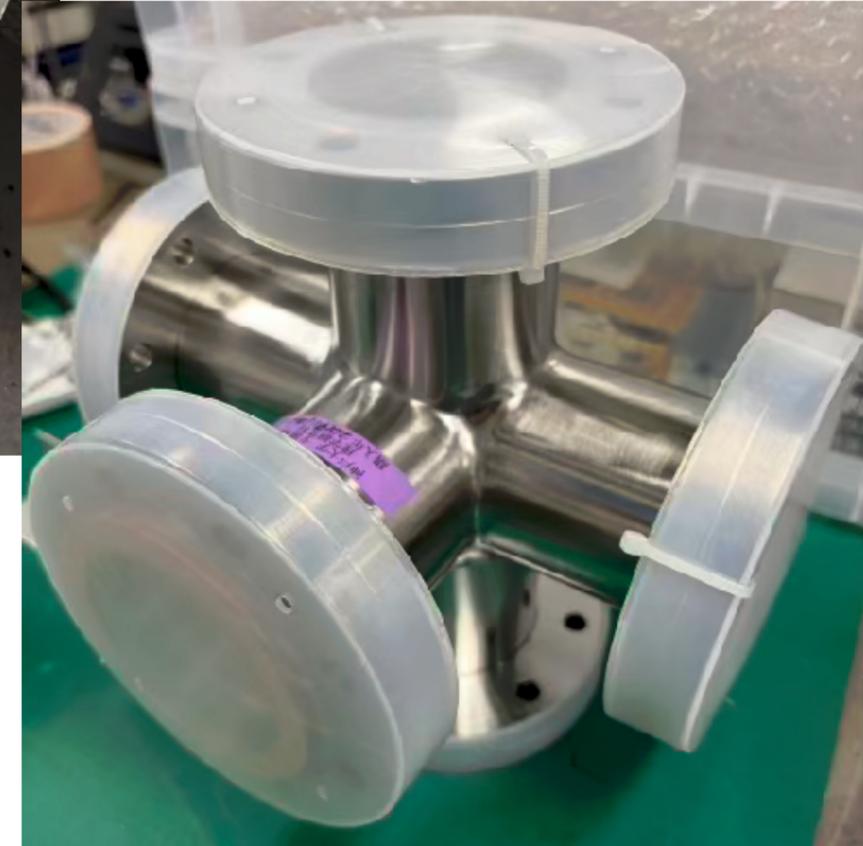
ゲルマニウム検出器

# EVOHの問題点

- フィルム状では袋のように包む必要がある  
→ 継ぎ目部分が不安定
- 曲面や段差などの複雑な形状では使用困難



- 液体状のEVOHを用いてコーティング
  - 自由に境界を決定可能
  - 複雑な形状にも対応可能



# 本研究の目的

---

EVOH溶液を用いたコーティングによる  
ラドン湧き出し抑制効果の検証

# EVOH溶液

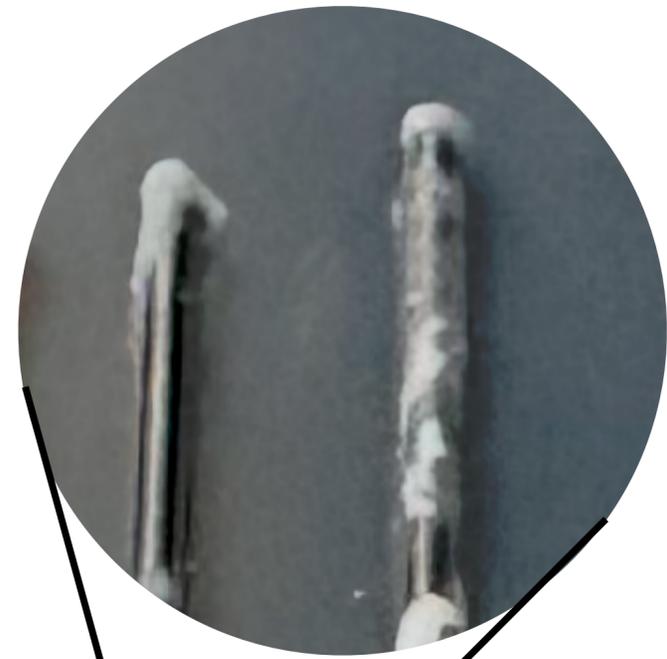
- EVOHを水系溶剤に溶解したもの
- 70°Cで湯煎することで塗布可能
- 塗布可能状態では透明
- 粘性はオリーブオイル程度



# EVOH溶液によるコーティング

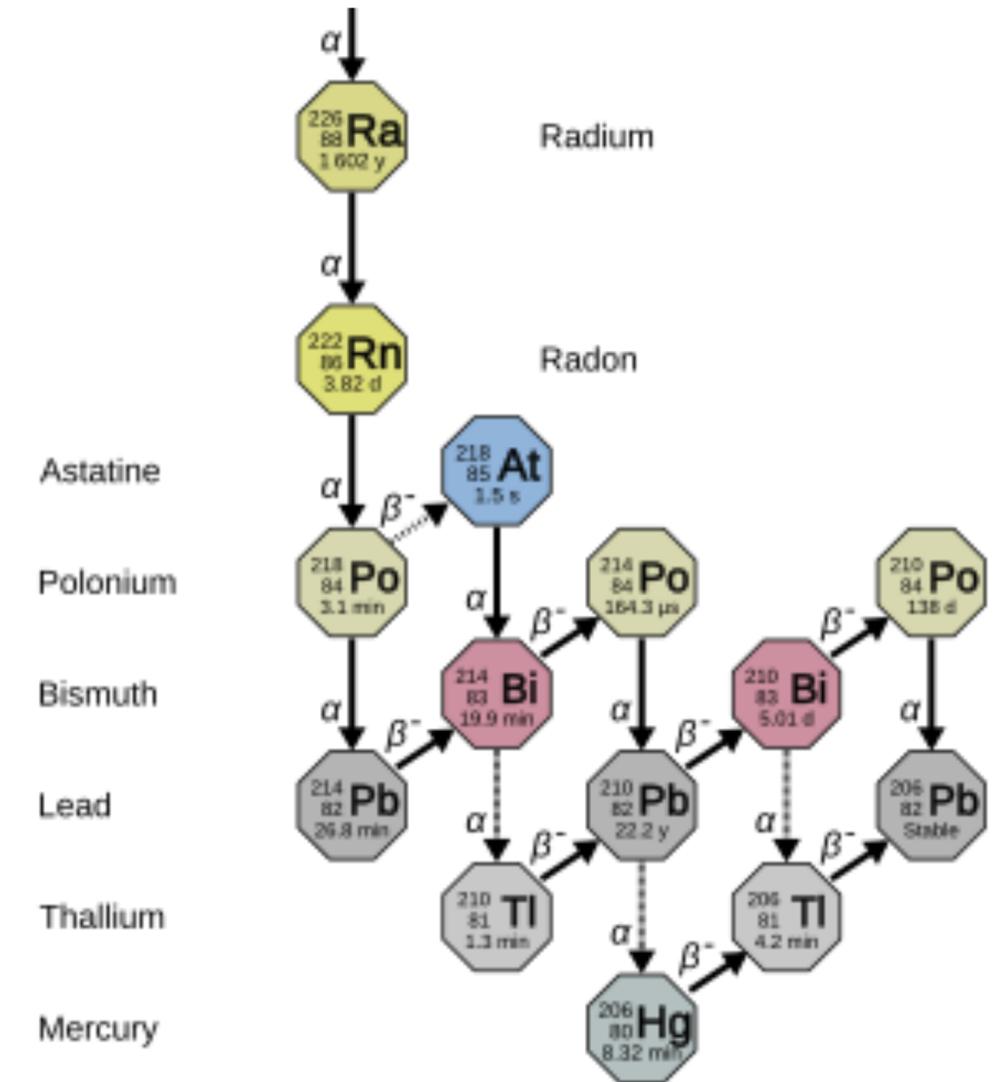
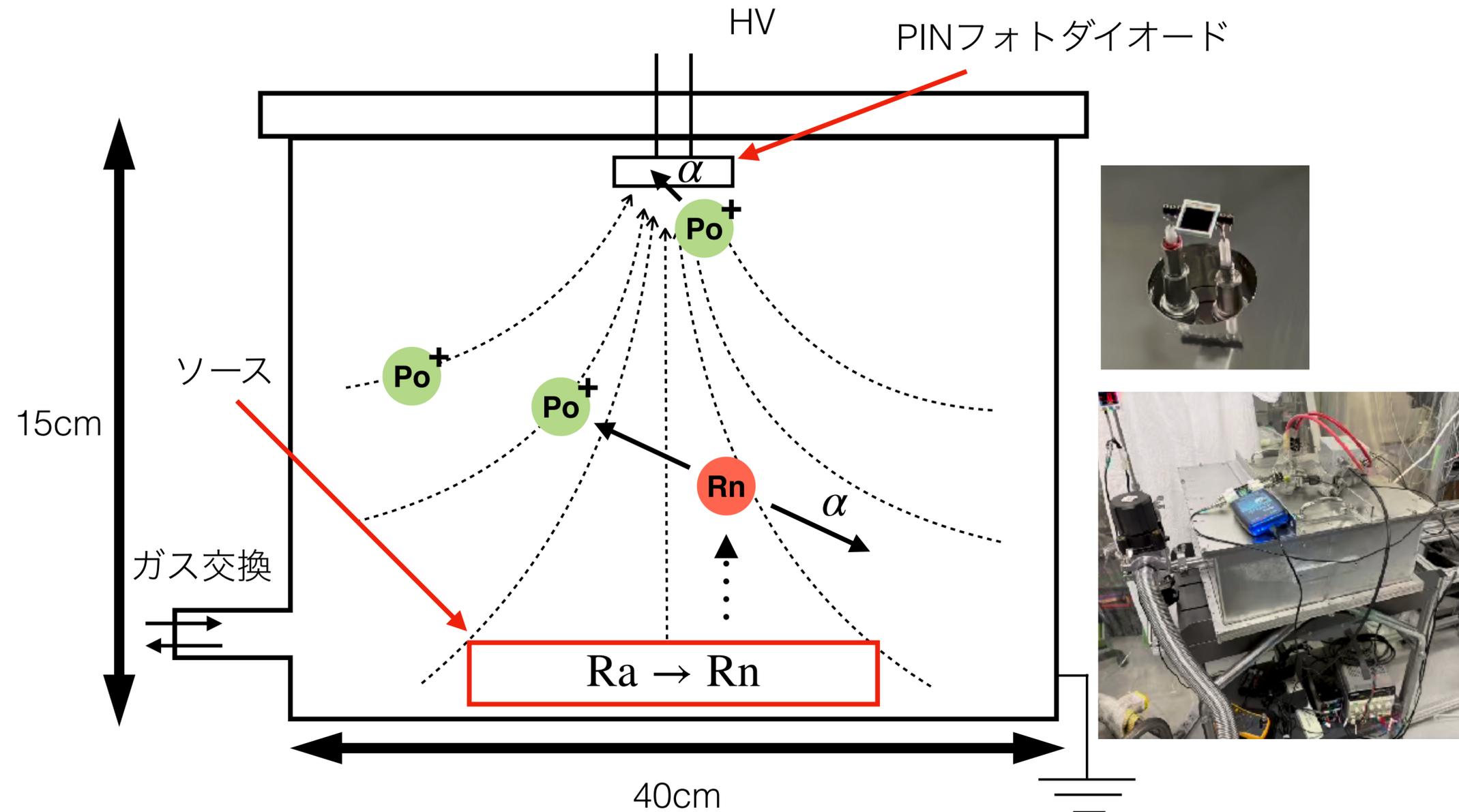
- 今回はラドンソースとしてトリウムタングステン棒を使用
- **EVOH溶液に片側を浸す→垂直に吊り下げて室温で乾燥→逆向きで浸し乾燥**

- 塗布する部分までは容易
- 乾燥の過程でムラが多く発生
- 粘性が高く、乾燥時に液溜まりや穴のような部分が発生



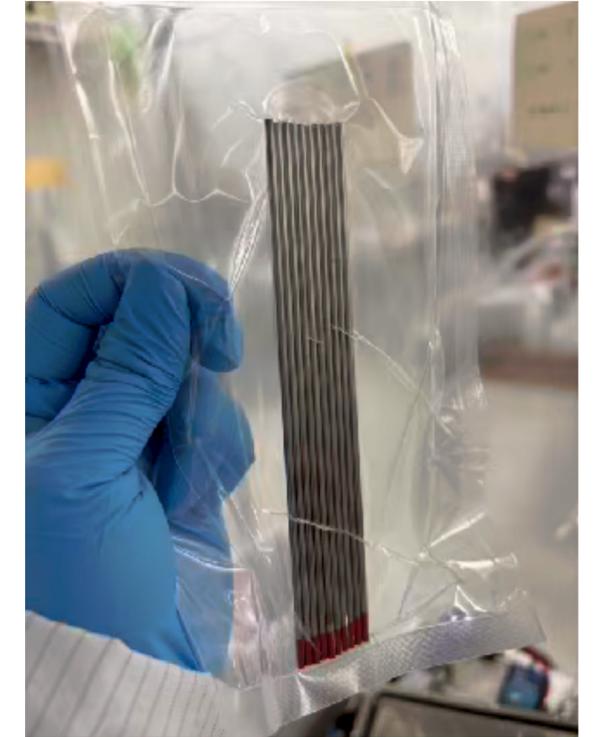
# ラドン検出器 - 検出原理

- 静電捕集でPo, Biなどを集める → 崩壊時の荷電粒子をPINフォトダイオードで観測



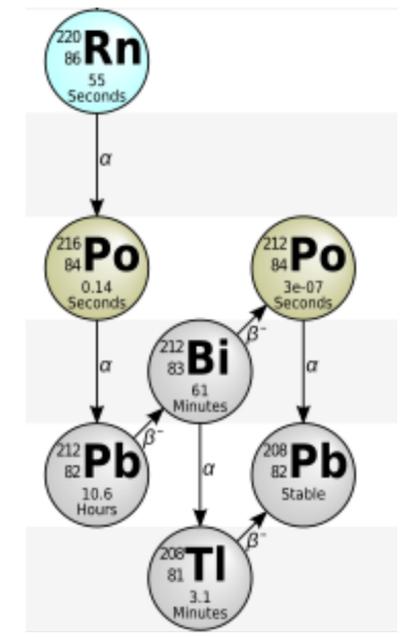
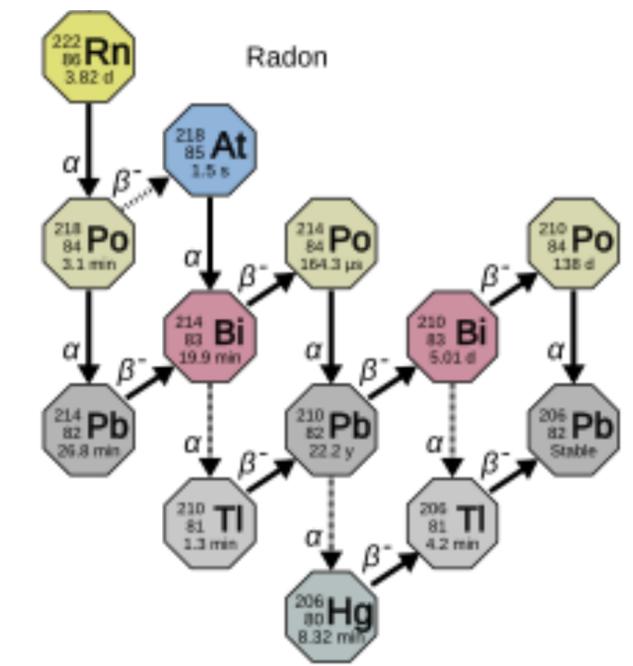
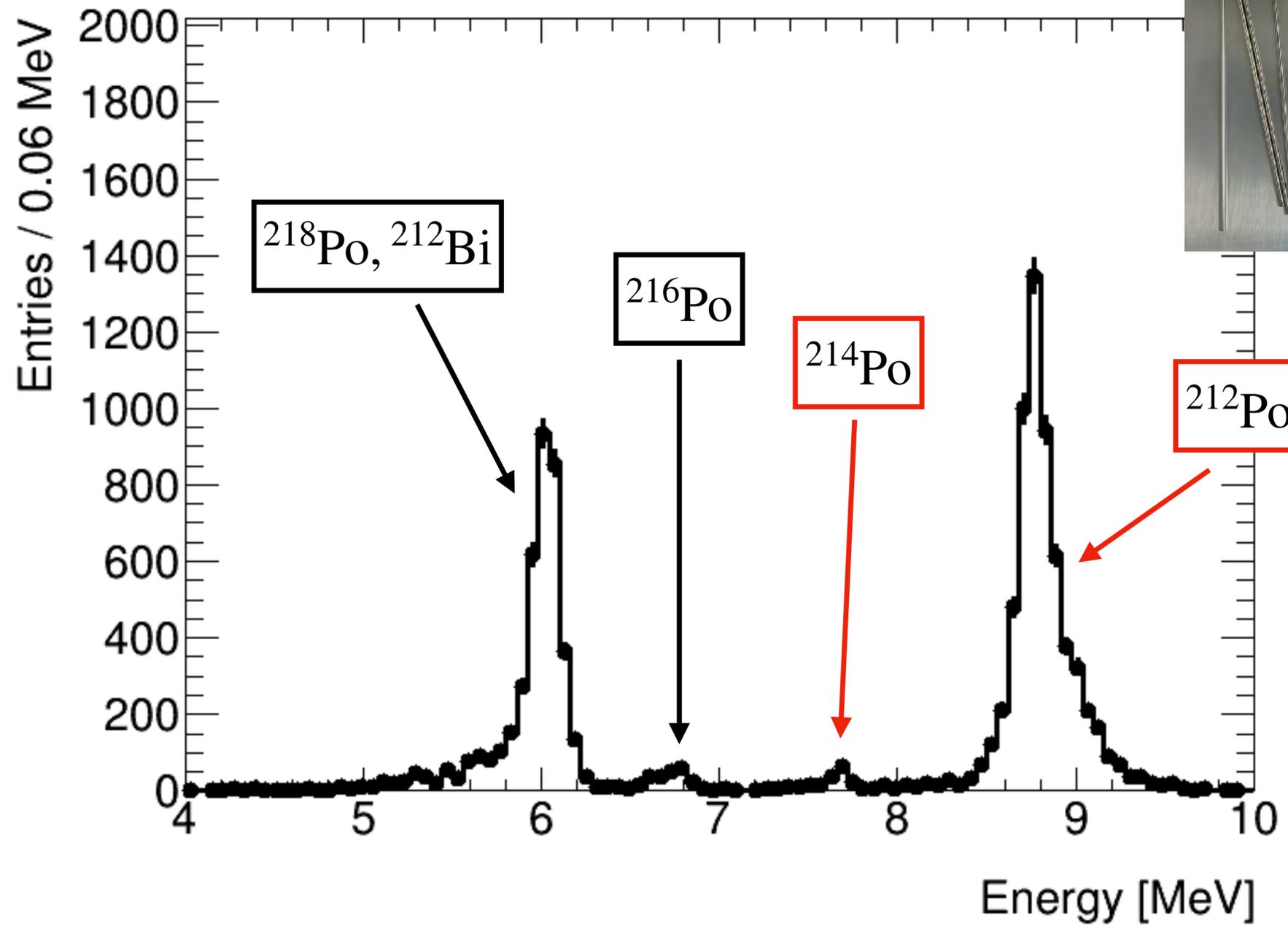
# ガスバリア性能評価

- EVOH溶液のコーティングでのガスバリア性能評価
- 比較のために以下の3種類のラドン量を測定
  - トリウムタングステン棒 (未処理)
  - EVOHの袋に入れたトリタン棒
  - EVOH溶液でコーティングしたトリタン棒



# トリウムタングステン棒 (未処理)

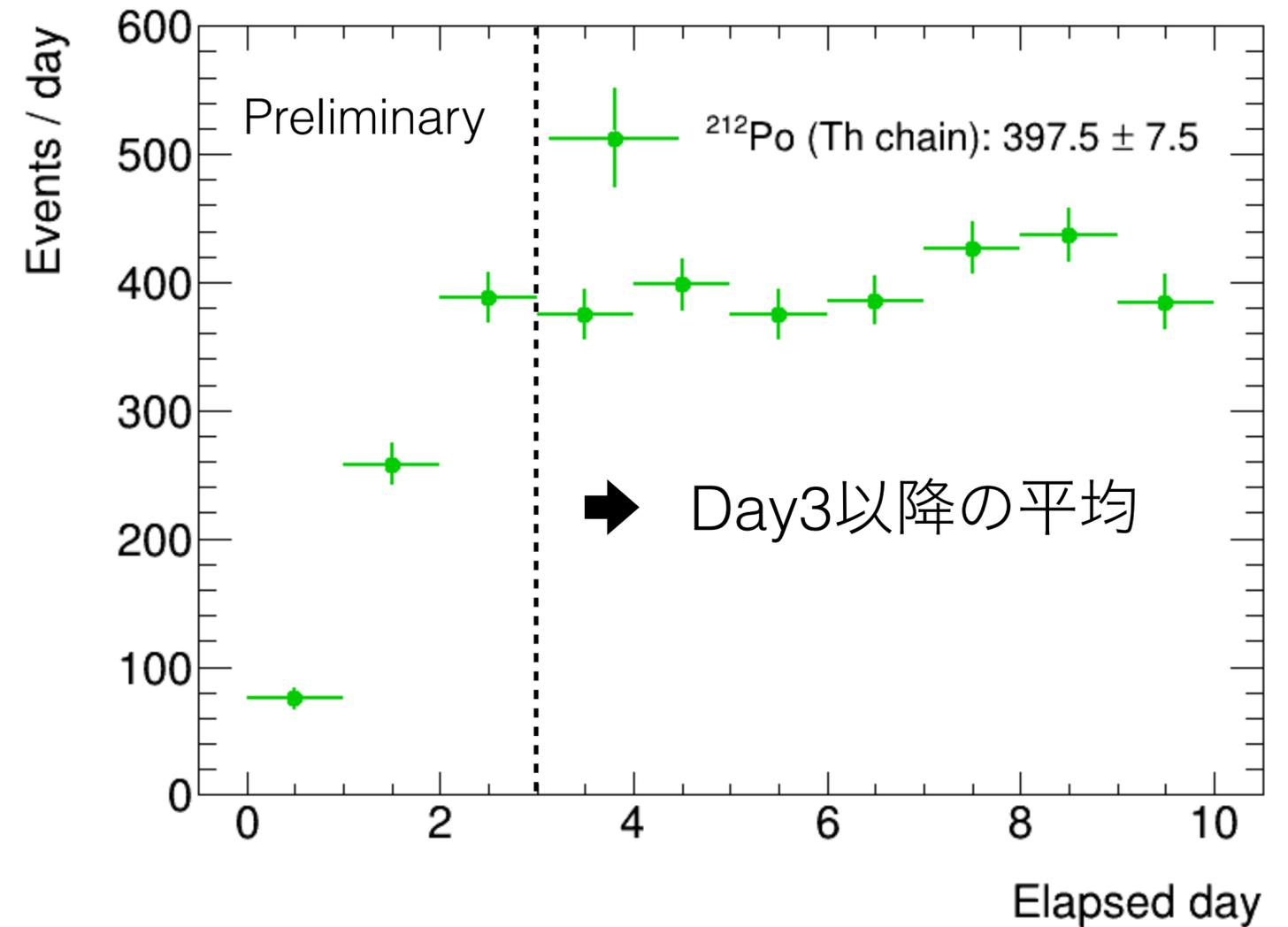
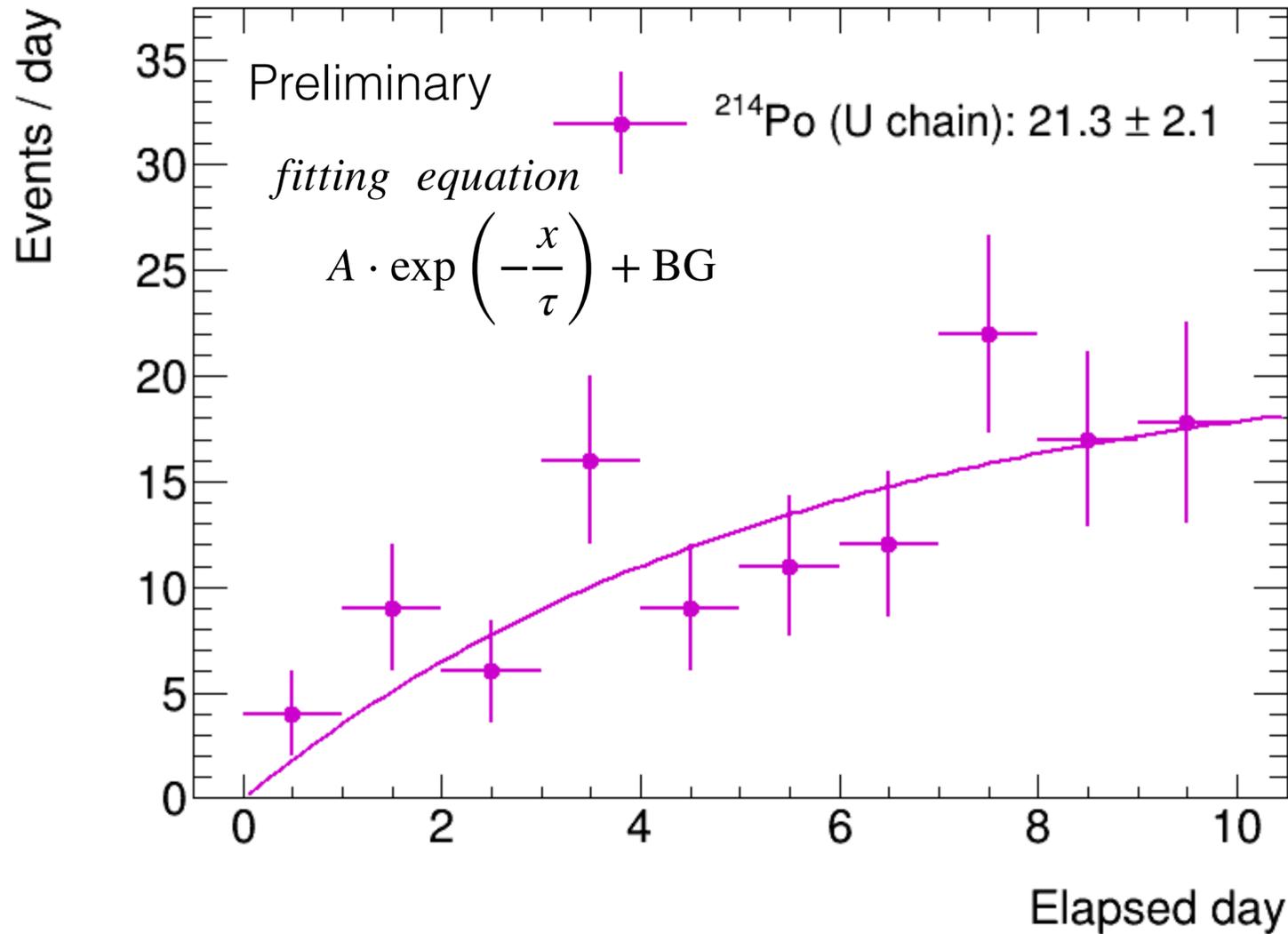
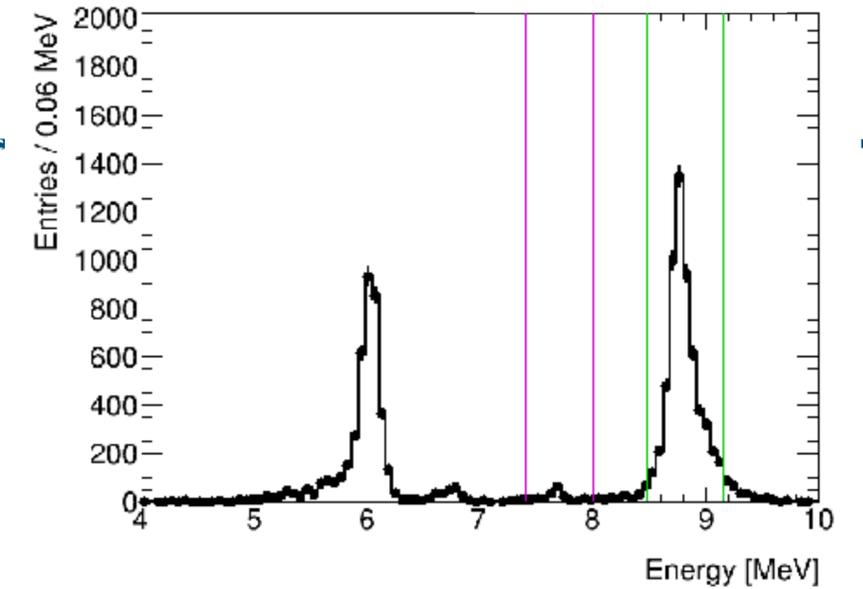
エネルギースペクトル



- $^{222}\text{Rn}$ 
  - $^{218}\text{Po}$  (6.00MeV),  $^{214}\text{Po}$  (7.69MeV)
- $^{220}\text{Rn}$ 
  - $^{216}\text{Po}$  (6.78MeV),  $^{212}\text{Bi}$  (6.05MeV)
  - $^{212}\text{Po}$  (8.79MeV)

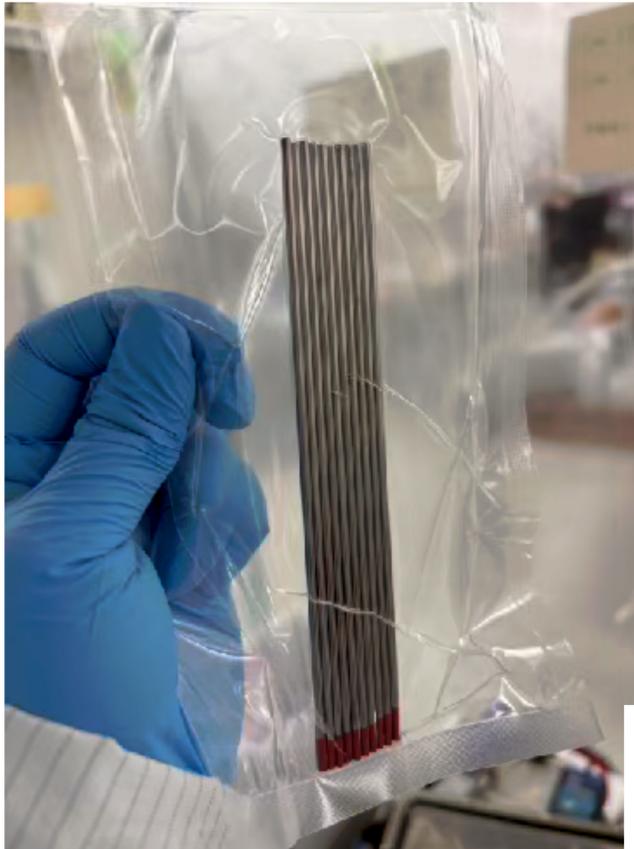
# トリウムタングステン棒 (未処理)

- $^{212}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Po}$ の範囲に入ってきたイベントをカウント
- 飽和後の平衡レートで評価



# EVOHの袋に入れたトリタン棒

- EVOHの袋に入れてシーリング
- 未処理に対して、ラドンレートが有意に減少
- EVOHの高いガスバリア性能を確認

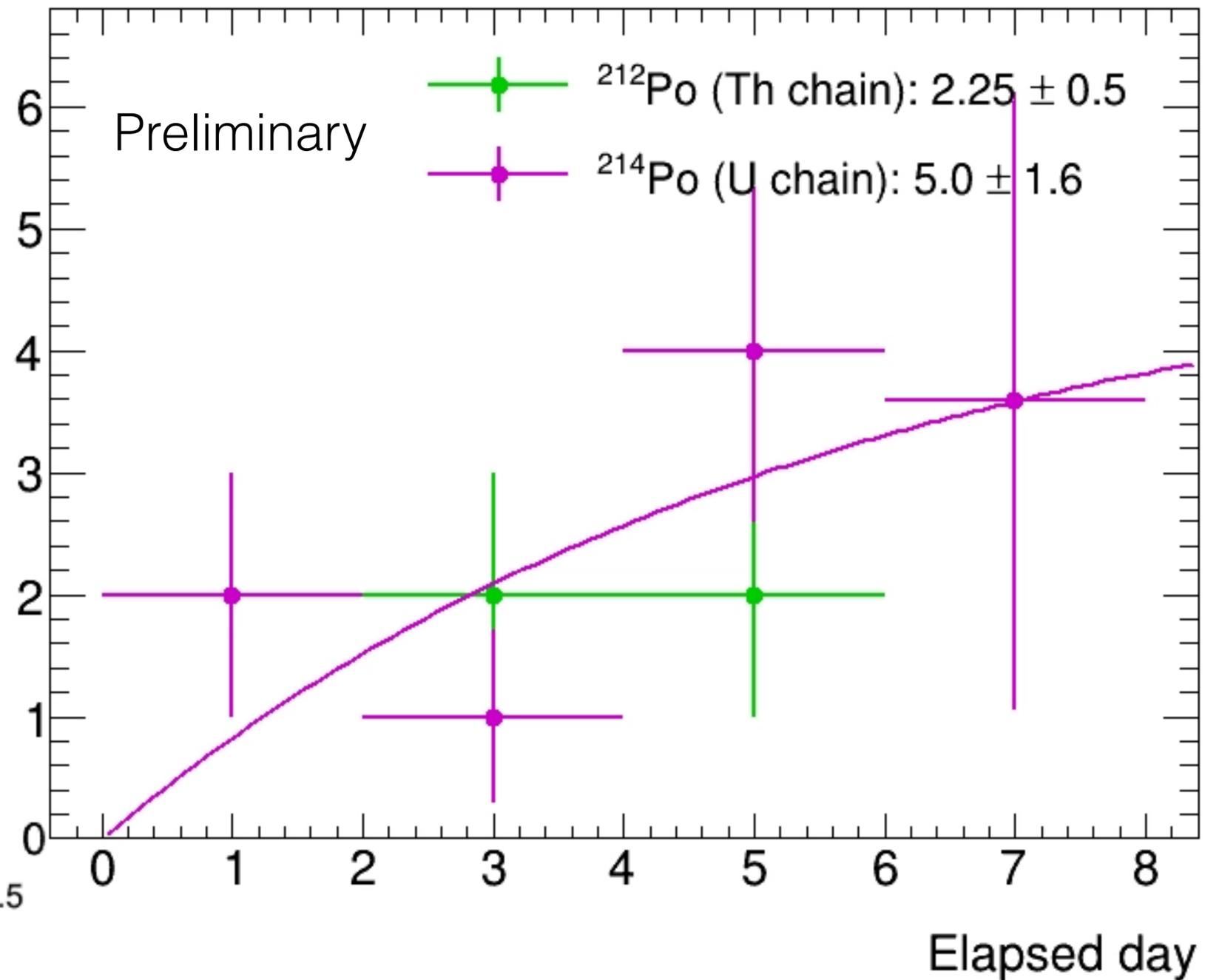


EVOHなしのラドンレート

—●—  $^{212}\text{Po}$  (Th chain):  $397.5 \pm 7.5$

—●—  $^{214}\text{Po}$  (U chain):  $21.3 \pm 2.1$

Events / day



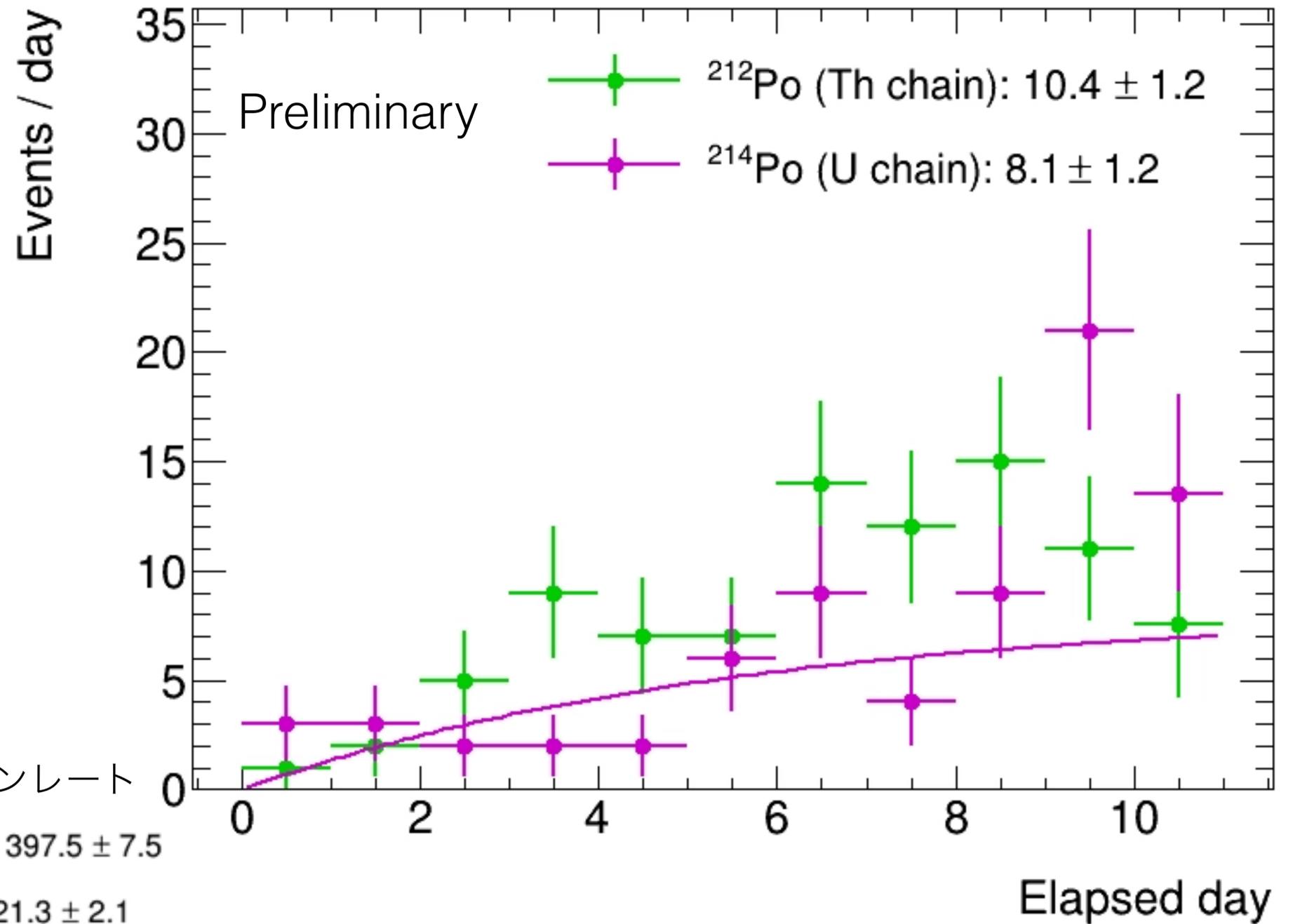
# EVOH溶液でコーティングしたトリタン棒

- 未処理に対しては  
ラドンレートが有意に減少



EVOHなしのラドンレート

- $^{212}\text{Po}$  (Th chain):  $397.5 \pm 7.5$
- $^{214}\text{Po}$  (U chain):  $21.3 \pm 2.1$

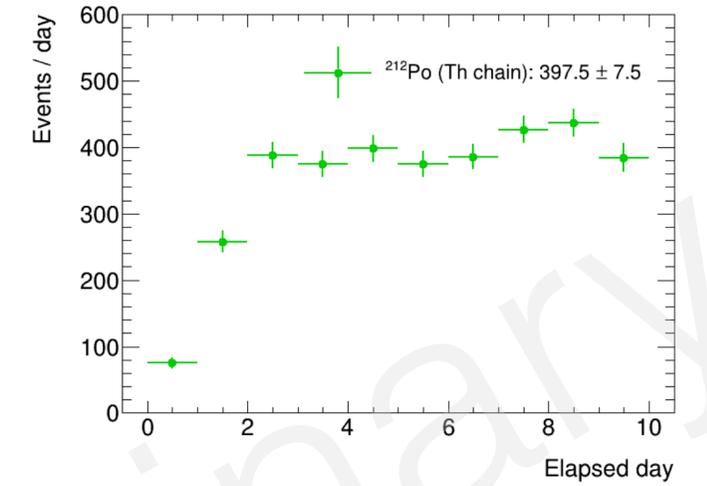
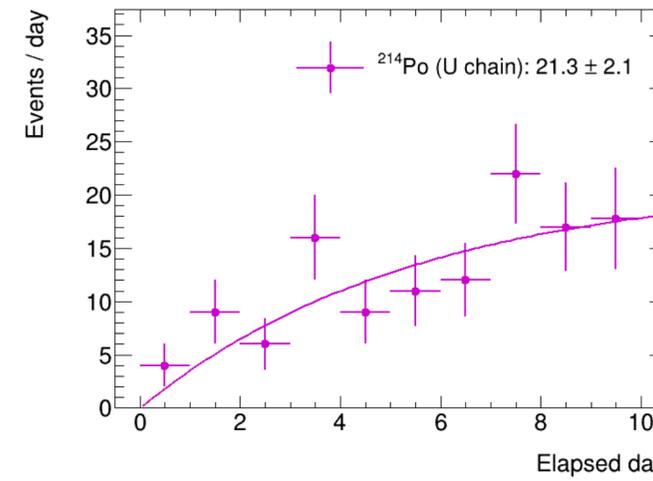


# 比較

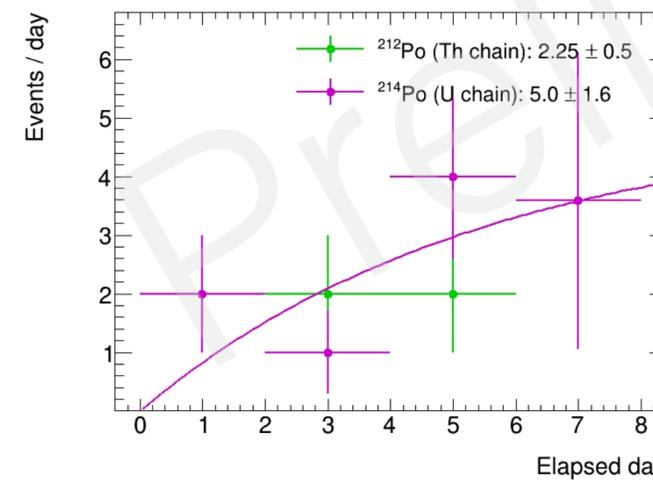
- EVOH溶液でコーティングしたもののでもラドンの湧き出しは抑制された
- 現状EVOHほどの性能は出ていない

Events/day	$^{212}\text{Po}$ (Th chain)	$^{214}\text{Po}$ (U chain)
EVOH なし	$397.5 \pm 7.5$	$21.3 \pm 2.2$
EVOH フィルム	$2.3 \pm 0.5$ (0.6%)	$3.5 \pm 1.8$ (16.4%)
EVOH溶液 コーティング	$10.4 \pm 1.2$ <b>(2.6%)</b>	$6.6 \pm 1.4$ <b>(31.0%)</b>

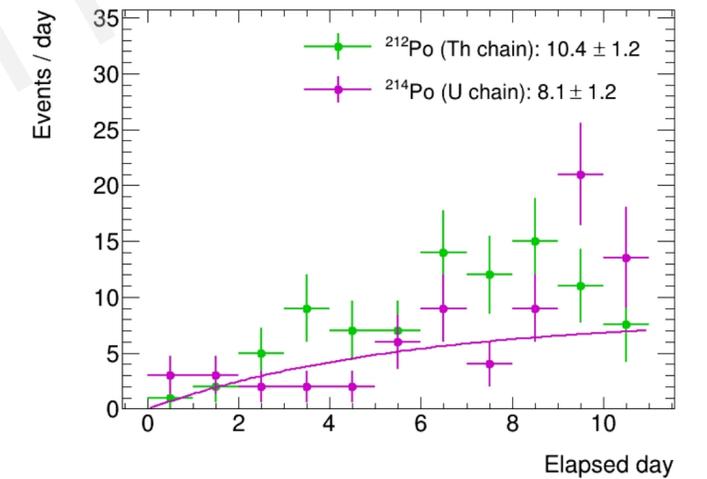
BG考慮後



未処理



EVOHの袋



EVOH溶液コーティング

# まとめ

---

- 地下稀事象の探索実験においてバックグラウンドとなるラドン湧き出しを抑制する新手法を模索した
- EVOH溶液を用いたコーティングを検討
- 未処理・EVOHの袋・EVOHコーティングの3種類を比較してガスバリア性能を評価
- ムラによってできた白い部分を含む状態でも高いガスバリア性能を発揮
- EVOH溶液は常温では粘性が高いため、コーティングが困難
- コーティングとしてより良い方法を今後模索する

---

# Backup

# ラドン検出器のバックグラウンド

- $^{212}\text{Po}$  (Th chain) は1イベントのみしか観測されなかった

