

高純度ガス用のラドン濃度測定 器の開発



神戸大学 理学研究科 竹内康雄、大学院生
ICRR神岡施設 関谷洋之

査定金額: 20万円(旅費) → 14万円(物品)、6万円(旅費)

現在までの使途 (物品: ~12万円、旅費: ~3万円):

**物品: 配管部品、純Arガス、フィードスルー部品、他
旅費: 神戸~神岡**

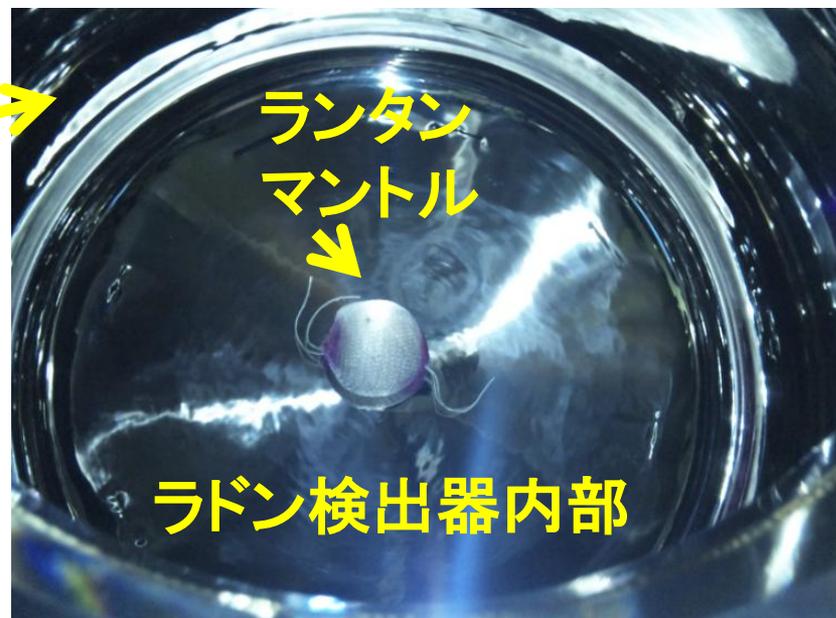
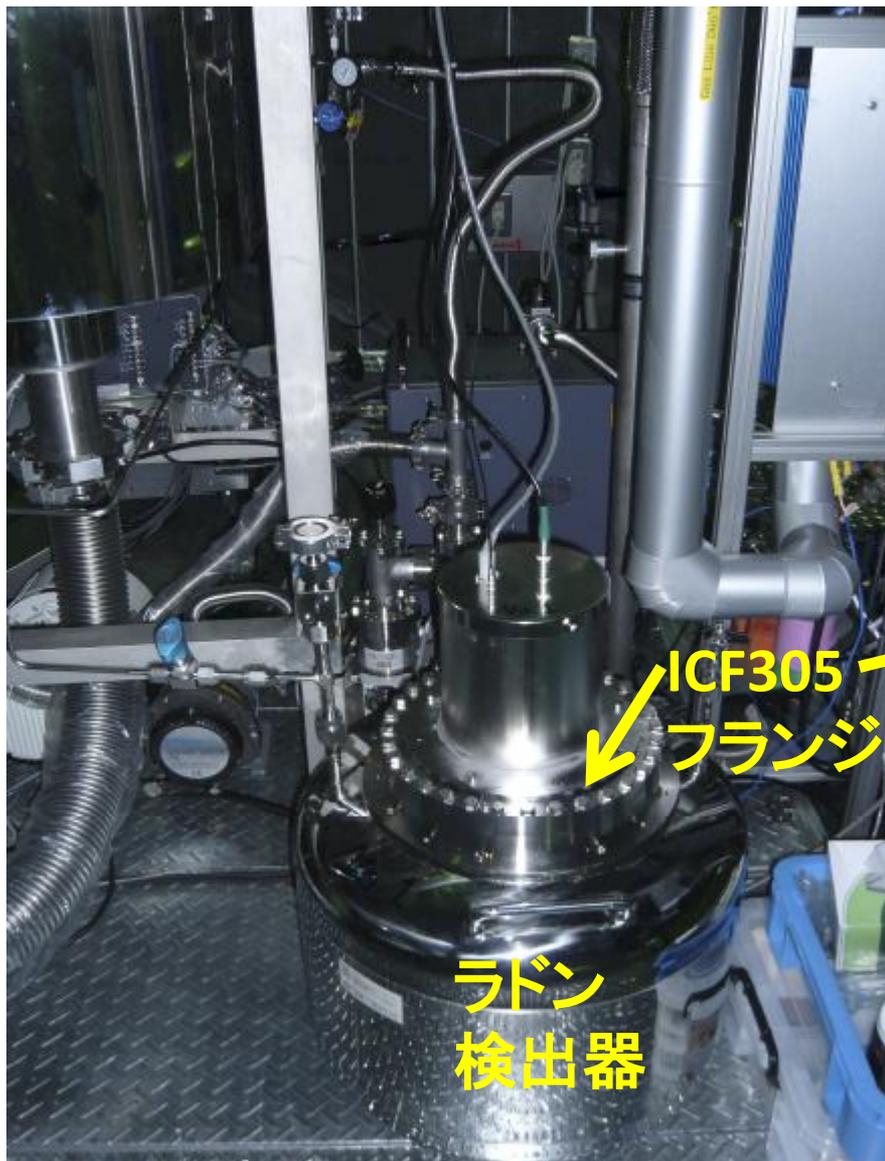
研究の背景

- 放射性希ガスのラドンは地下実験における**主要なバックグラウンド(BG)源**となり得る。
 - Super-Kamiokande, XMASS, NEWAGE, ...
- **精密測定が実験の信頼度を高めるために必要。**
 - 環境から測定器への混入
 - 部材からのラドン放出測定(スクリーニング)
- これまで、**純空気中、純水中、純アルゴン中**のラドン濃度測定装置を開発した。
 - 極低濃度ラドン測定システムの開発 (代表: 岐阜大 田阪)
 - RADIOISOTOPES 59 (2010) 29、NIMA 497 (2003) 414、NIMA 421 (1999) 334
- **国内外の研究グループに情報提供をしてきた**
 - KamLAND, NEMO, LSM(France), LBNE(US), ...

本研究の目的

- **高純度ガス中のラドンをより高い感度で測定**することを目指す。
 - 現在: $\sim 1\text{mBq/m}^3$ (real-time in gas/water)
 $\sim 14\mu\text{Bq/m}^3$ (with 濃縮トラップ in gas Ar)
- これまでの70L検出器では、アクリル板(M3ネジ用タップ付き)、バイトンO-リングが使われていた。
 - 大気圧付近でしか使用できない。
- **ICFフランジ**に変更した高感度ラドン検出器を試作
- 純ガスを用いて、特性試験・性能評価を行う

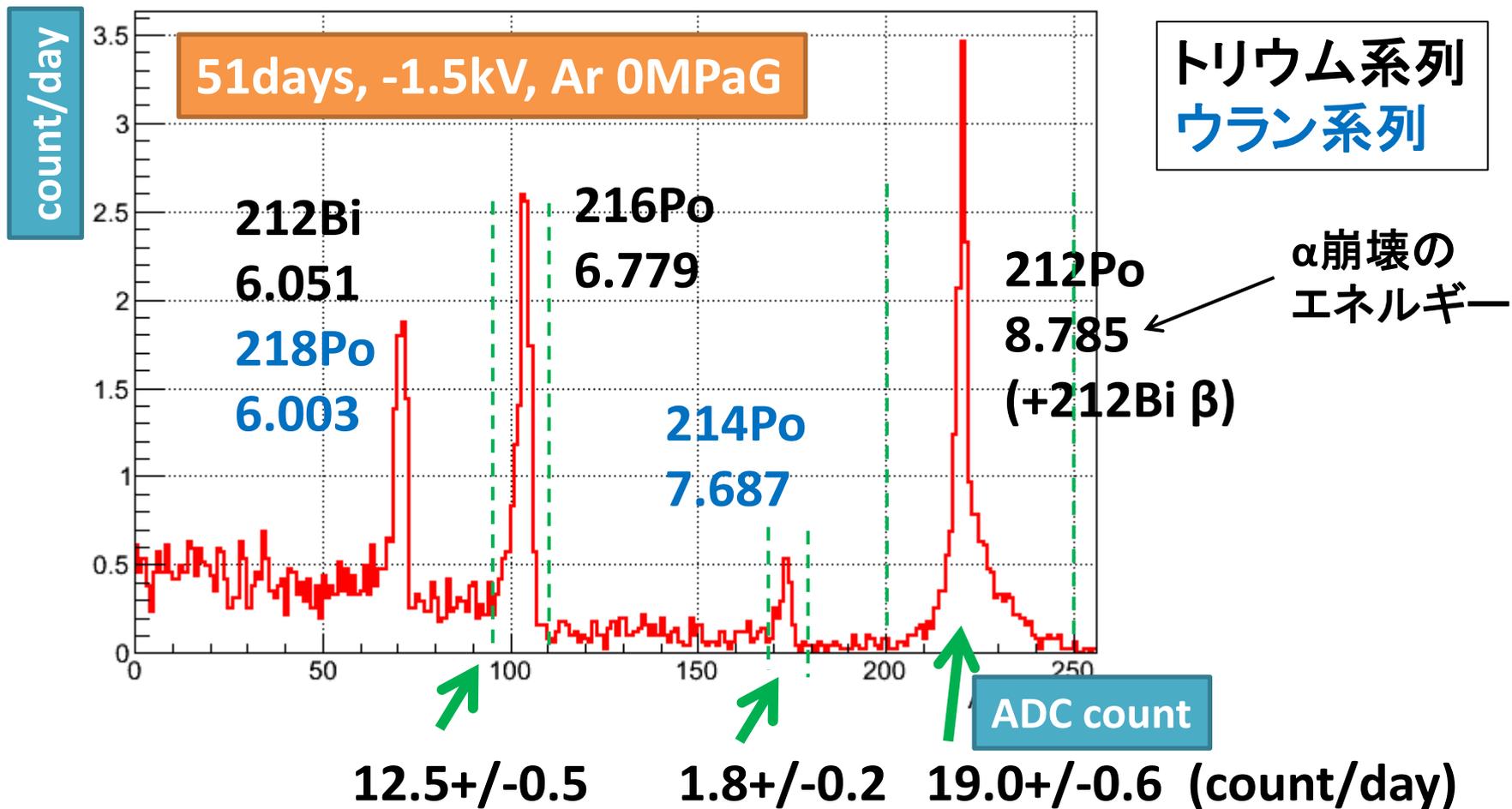
神岡坑内での作業の様子



これまでの進捗状況

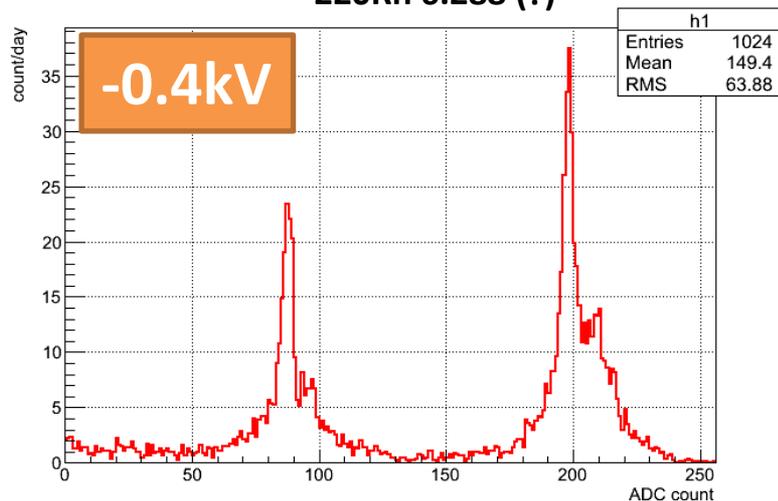
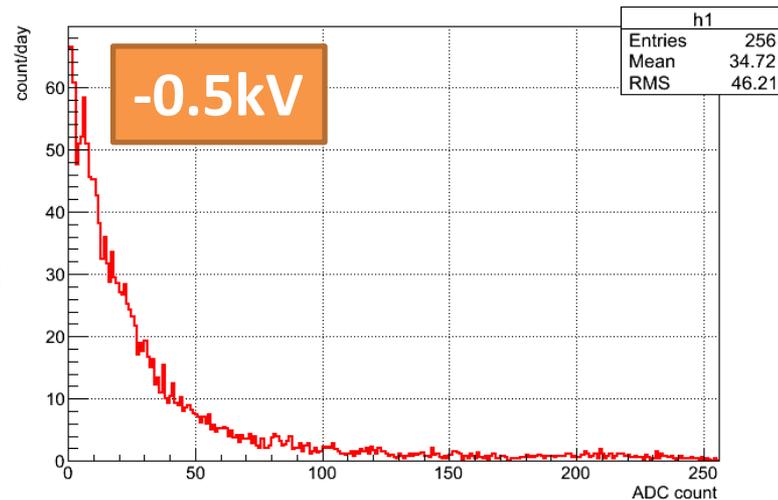
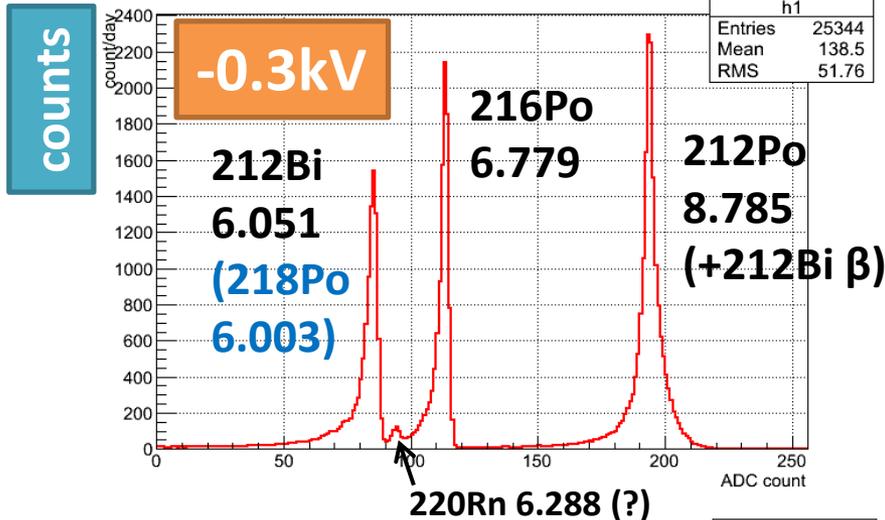
- ICFフランジ化ラドン検出器試作(約1年前)
 - $8 \times 10^{-5} \text{Pa}$ までの真空引きが可能であることを確認
- 特性試験
 - BGラン(アルゴン、キセノン)
 - トリウム系列のBG源が検出器内部に存在するか？
 - ^{222}Rn キャリブレーション(アルゴン)
 - ^{220}Rn キャリブレーション(アルゴン、真空)
 - ランタンマントルを使用
 - 真空中の測定では $\text{HV} = -0.3 \text{kV}$ まで。
- キセノンガス中のラドン濃度測定(@XMASS)
 - 測定限界以下 ($< 3.5 \text{mBq/m}^3$, 90% C.L.)

バックグラウンドラン



- 大気圧の純アルゴンガスを高感度ラドン検出器に封じ込めて放置した。
- トリウム系列、ウラン系列の不純物が認められる

ランタンマントル、真空測定



ADC count

- -0.3kVまでは安定して動作する。
- 真空度は ~ 1 Pa。(ランタンマントルが検出器の中にある)

まとめ

- 真空中の測定に対応したラドン検出器を試作した
- 真空中では、-0.3kVまでは安定して動作する。
- U/Th系列の不純物が残っている可能性あり。

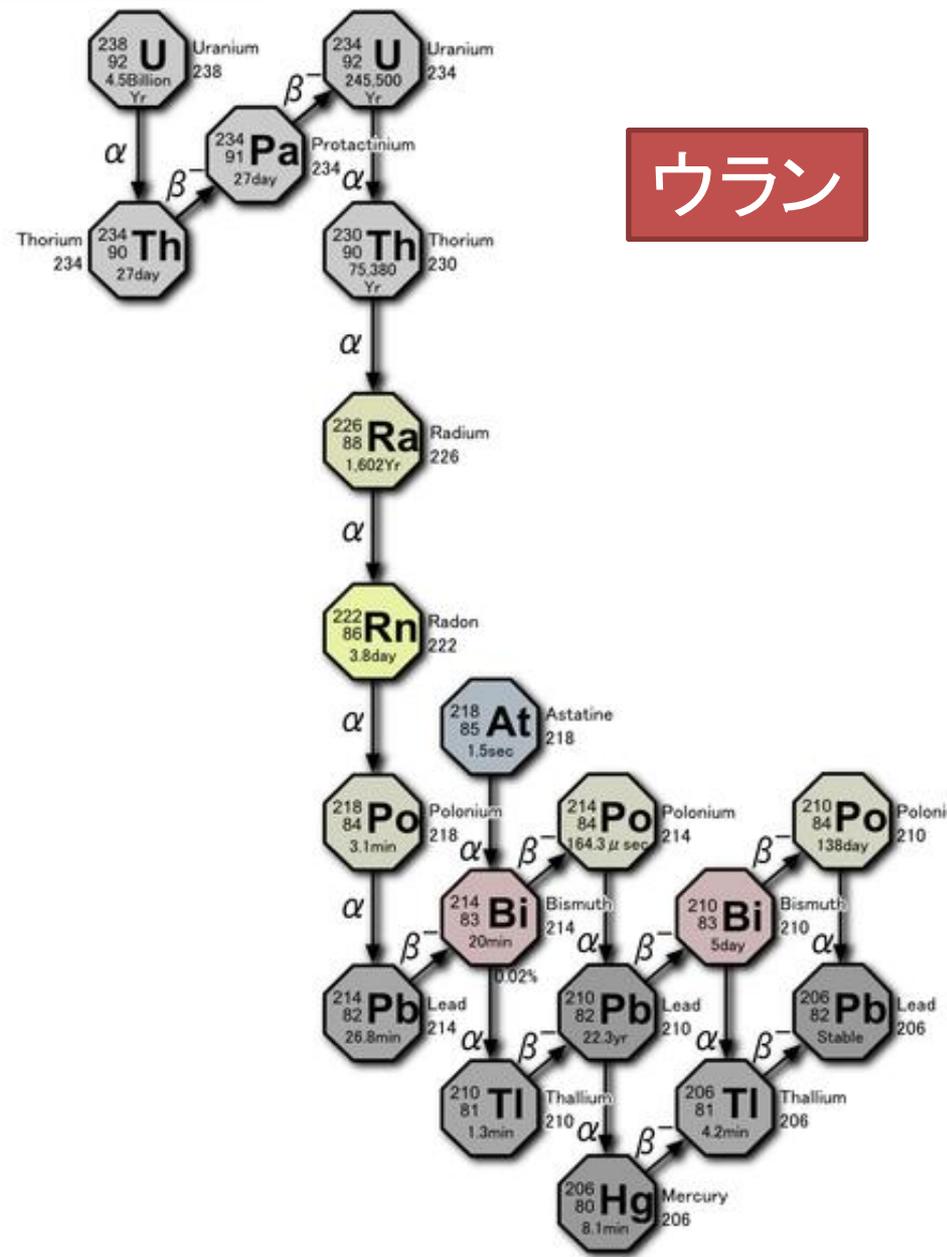
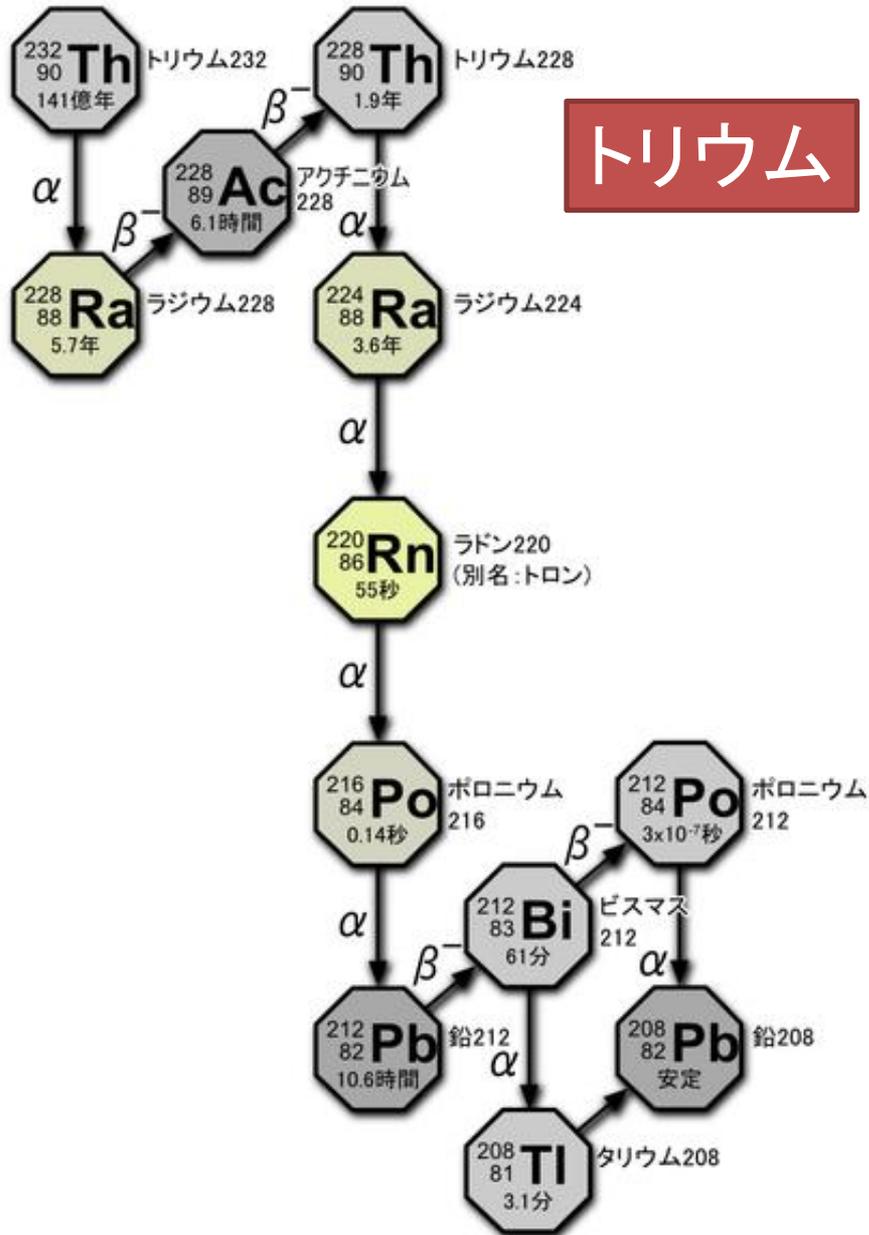
今後の計画

- 特性試験を継続
- BG源の探索・除去
 - 真空でのBGランによる切り分け
 - フィードスルー、PINフォトのセラミックか？
- キセノンガス中ラドンの高感度測定方法の開発

SUPPLEMENTS

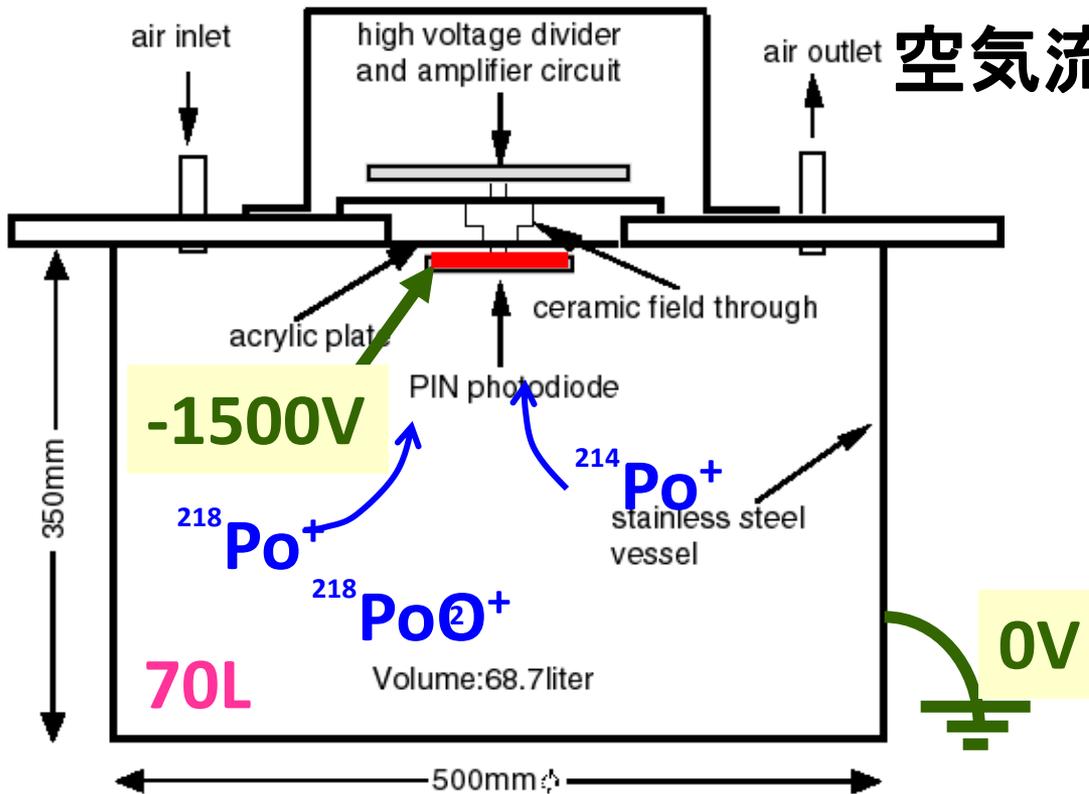
崩壊系列

http://en.wikipedia.org/wiki/Decay_chain



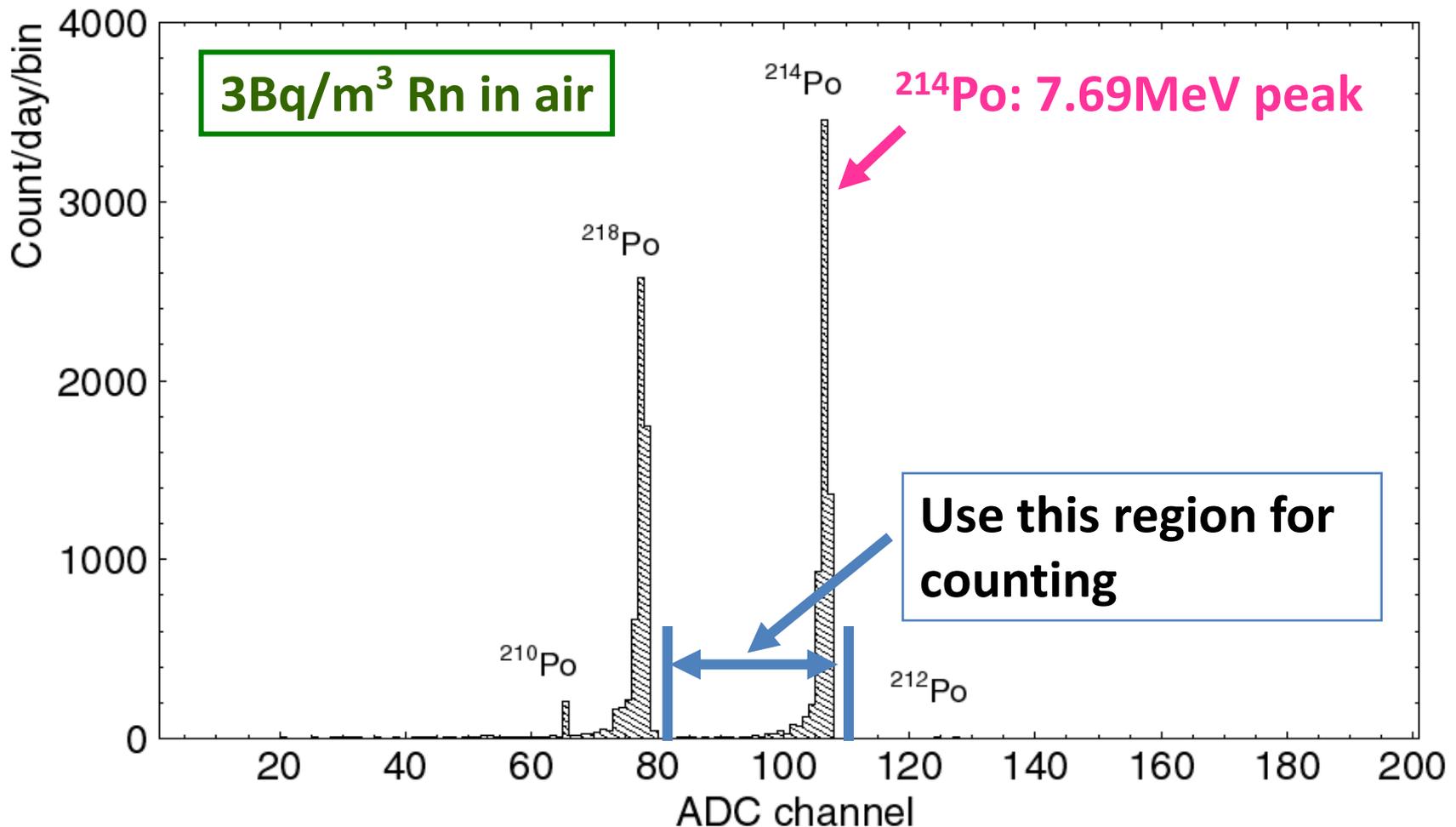
70L空气中ラドン濃度測定器

Method = PIN photodiode + Electrostatic collection



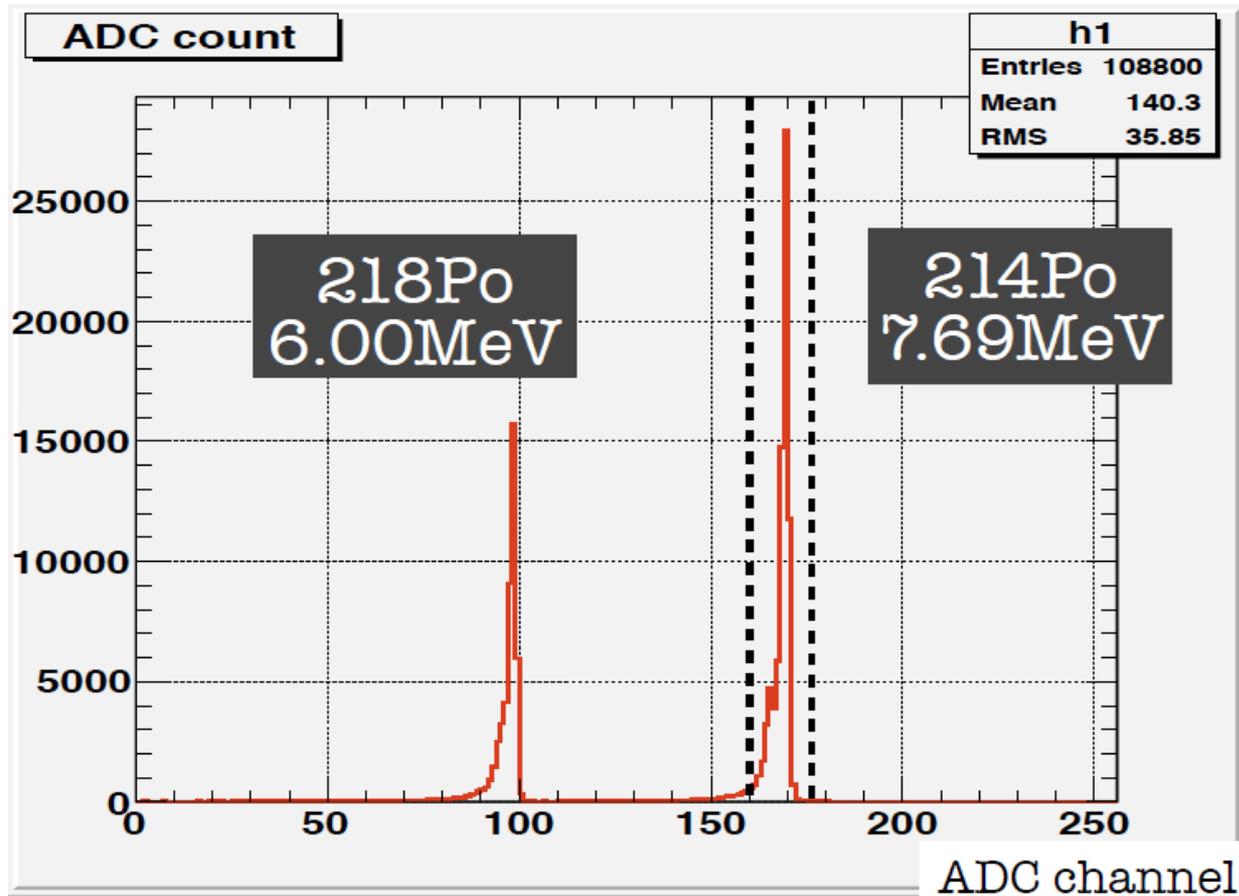
- 帯電したラドン娘核をフォトダイオード表面に静電場により捕集する。
- フォトダイオード表面での α 崩壊のエネルギーを測定する。

Typical response of 70L Rn detector



較正定数: 2.2 ± 0.4 (²¹⁴Po count/day) / (mBq/m³) @0.08g H₂O/m³
 0.9 ± 0.2 (²¹⁴Po count/day) / (mBq/m³) @11g H₂O/m³

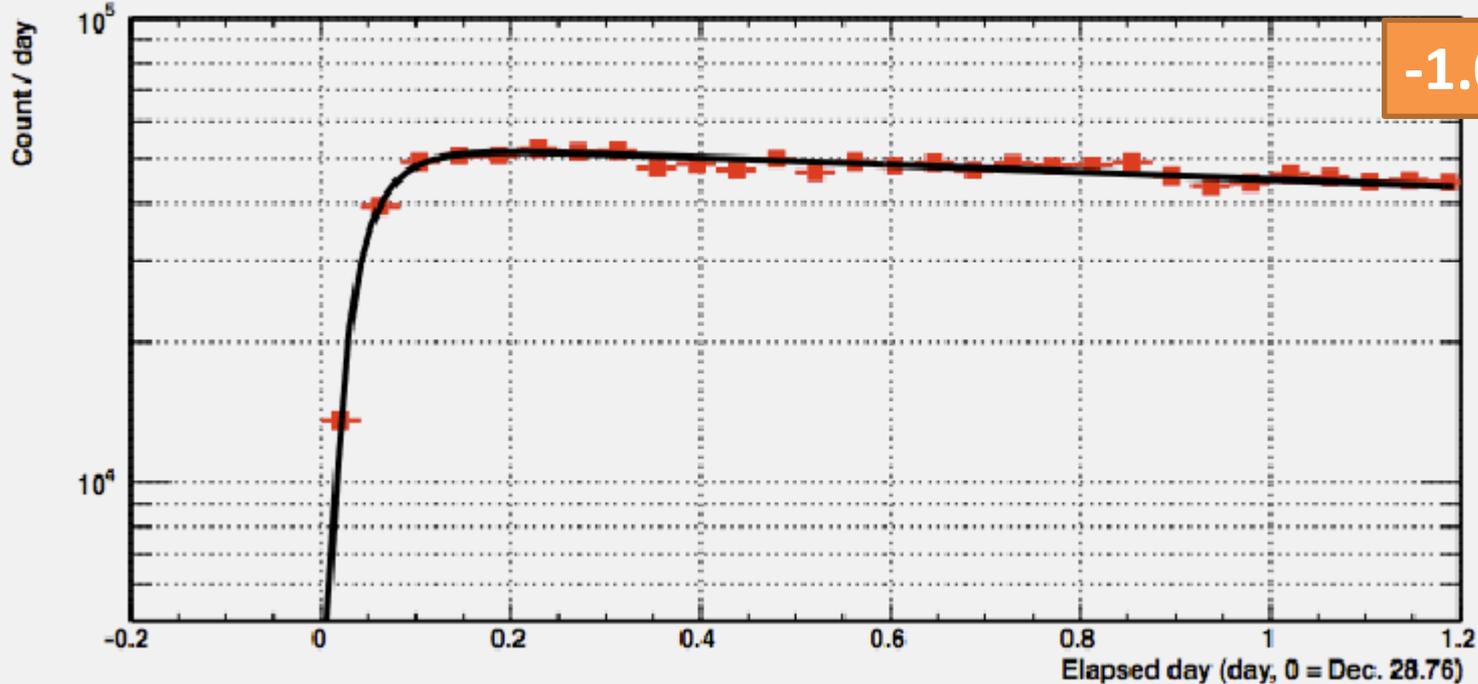
222Rnキャリアブレーション



- 高感度ラドン検出器＋インターフェース製ADC＋神戸大版DAQシステムで取得した。今回は点線の範囲を214Poのカウントとした。

222Rnキャリアブレーション(封じ込め)

214Poの事象数[count/day]

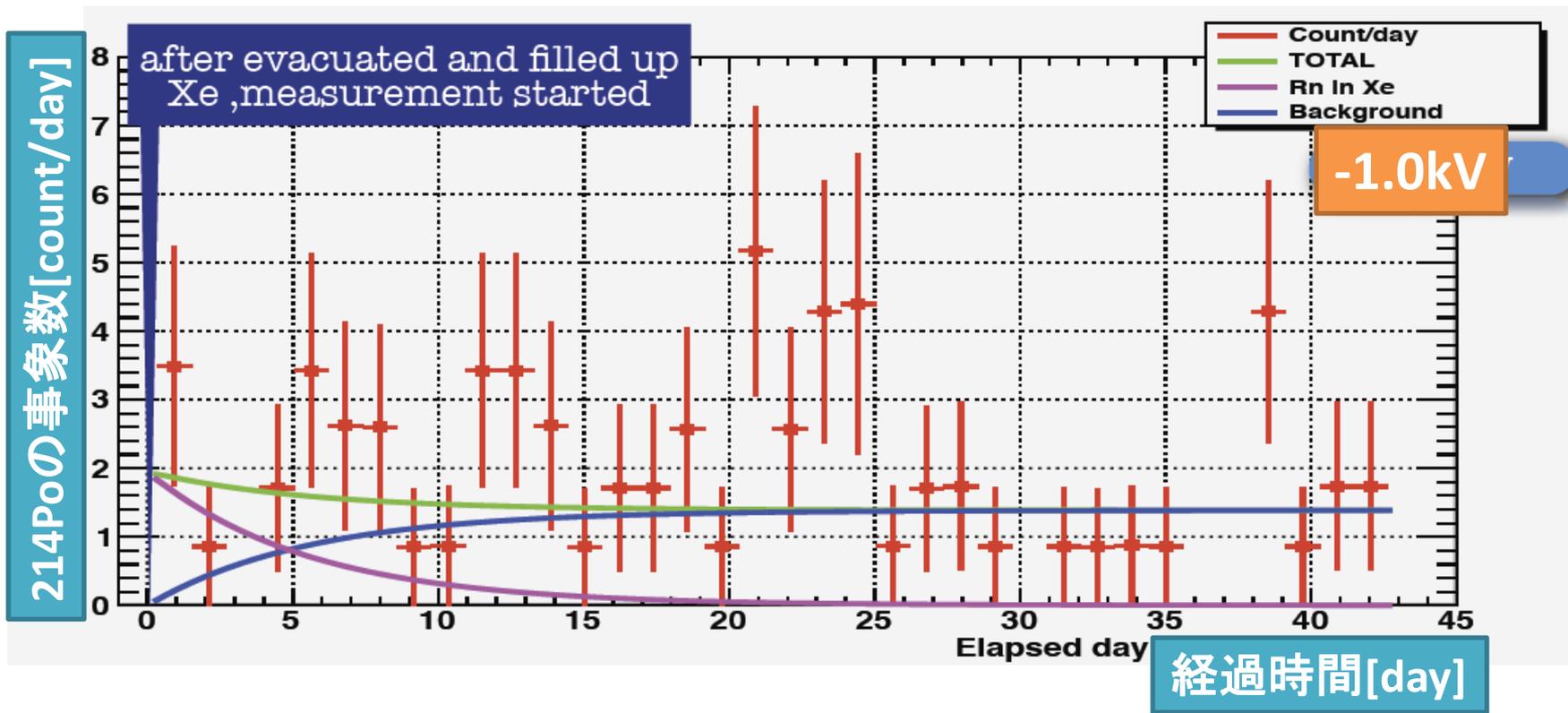


経過時間[day]

- 高感度ラドン検出器を真空引きした後、既知の濃度の222Rnと大気圧の純Arガスを検出器内にx=0で封じ込めた。
- 得られた関数(222Rn濃度が1mBq/m³の時):

$$F_{Rn}(x) = 0.90(1 - e^{-51.0x})(1 - e^{-23.8x})2^{-\frac{x}{3.824}}$$

キセノン中ラドン測定



- 高感度ラドン検出器を真空引きした後、XMASSガス循環系からサンプルしたキセノンガスを大気圧で封じ込めた。
- キセノンサンプル中のラドン(前頁の関数、紫線)と、検出器内部からのラドン湧き出し(青線)を仮定してフィットした。
- 測定限界以下 ($<3.5\text{mBq/m}^3$, 90%C.L.)

ICFフィードスルー+ICFフランジ蓋

