

地下実験のための 放射能分析装置の開発



伊藤博士^a、竹内康雄^a、身内賢太朗^a、中村輝石^a、橋本隆^a、池田智法^a、石浦宏尚^a、宮辺祐樹^a、塩沢知晃^a、中村拓馬^a、伏見賢一^b、平田晶子^b、畑和実^b、岸本康宏^c、関谷洋之^c、竹田敦^c、小林兼好^c、中野佑樹^c、吉田斉^d、梅原さおり^d、小川泉^e、林長宏^e

a)神戸大、b)徳島大、c)ICRR神岡施設、
d)大阪大、e)福井大

査定金額: 21万円

使途:

物件 純空気、高純度CF₄ガス: ~14万円

旅費 神戸~神岡間、~2往復(使用見込み)

本研究の目的

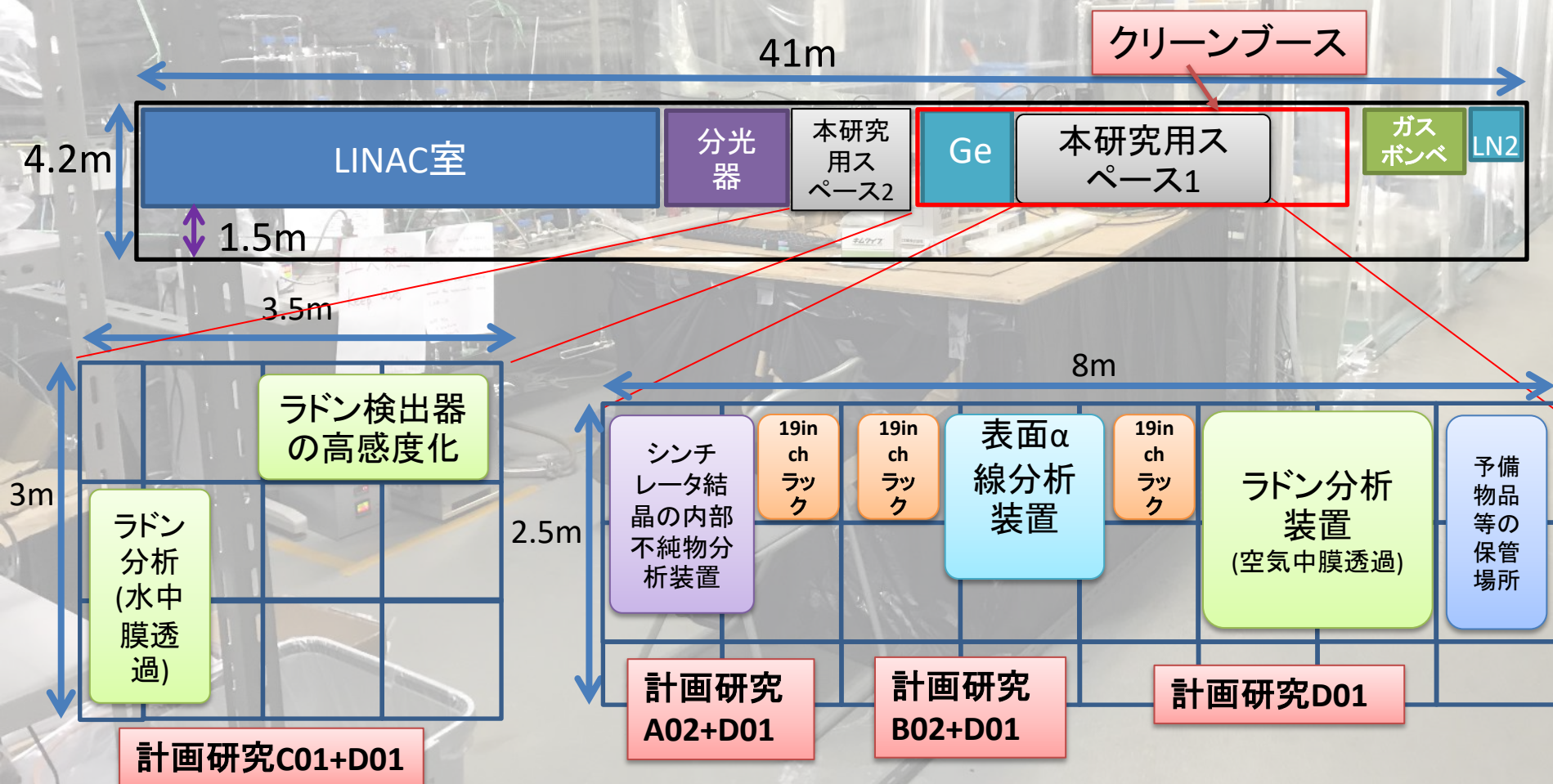
- 新学術「**地下素核研究**」での、計画研究D01:「**極低放射能技術による宇宙素粒子研究の高感度化**」の活動の1つ

■ URL: <http://www.lowbg.org/ugnd/>



- 神岡地下で、最先端の**放射能分析装置**を、各計画研究グループの**枠を超えて連携**して、研究・開発・構築を進める。
- その活動のためのスペースを共同利用申請。
 - 坑内実験室A (**LAB-A**)

LAB-A: 装置の配置図

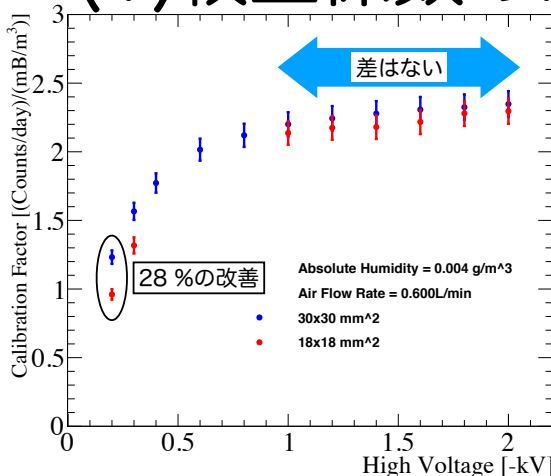


改良したラドン検出器の 校正実験と性能評価

計画研究C01+D01

中野、関谷

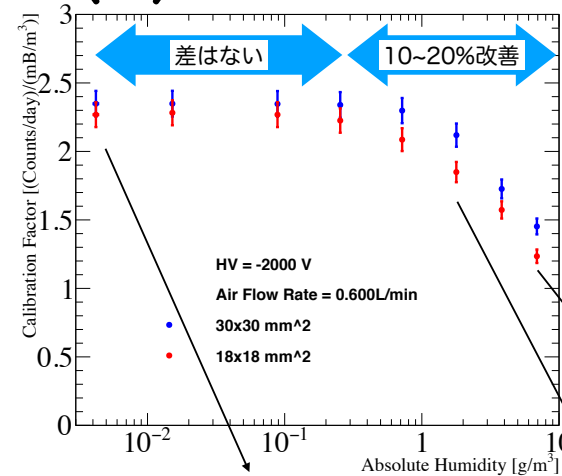
(1) 校正係数のHV依存性



- HVを0.2 kVずつ変えた。
2 kV が回路の限界。
(0.2 kV ~ 2 kV)
- 絶対湿度一定
 $0.0046 \pm 0.0001 \text{ g/m}^3$
- HVが0.2 kVの時には、
CFが28%改善した。

| PIN Photo Diode | CF (HV:0.2 kV) | CF (HV:1.0 kV) | CF (HV:2.0 kV) |
|-----------------------|---|---|---|
| 30x30 mm ² | $1.23 \pm 0.05 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ | $2.20 \pm 0.09 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ | $2.35 \pm 0.09 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ |
| 18x18 mm ² | $0.96 \pm 0.04 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ | $2.14 \pm 0.09 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ | $2.30 \pm 0.09 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ |
| 差 | $28 \pm 7 \%$ | $3 \pm 6 \%$ | $2 \pm 6 \%$ |

(2) 校正係数の湿度依存性



- HV一定: 2 kV
- 湿度: 6.90 g/m^3 の点では
CFが18%改善した。
- 高湿度側では10~20%程
度、CFが大きくなった。

| PIN Photo Diode | CF (湿度: 0.0042 g/m³) | CF (湿度: 1.78 g/m³) | CF (湿度: 6.90 g/m³) |
|-----------------------|---|---|---|
| 30x30 mm ² | $2.35 \pm 0.09 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ | $2.12 \pm 0.08 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ | $1.45 \pm 0.06 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ |
| 18x18 mm ² | $2.27 \pm 0.09 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ | $1.85 \pm 0.07 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ | $1.23 \pm 0.05 \text{ CPD}/(\text{mBq}/\text{m}^3)$ |
| 差 | $4 \pm 6 \%$ | $15 \pm 7 \%$ | $18 \pm 7 \%$ |

結論

- 大きいPINフォトダイオード(30x30 mm²)を、ラドン検出器に導入。
- 校正実験を行い、既存ラドン検出器との性能比較を行った。

HV依存性: HVが0.2 kVの時に28%改善

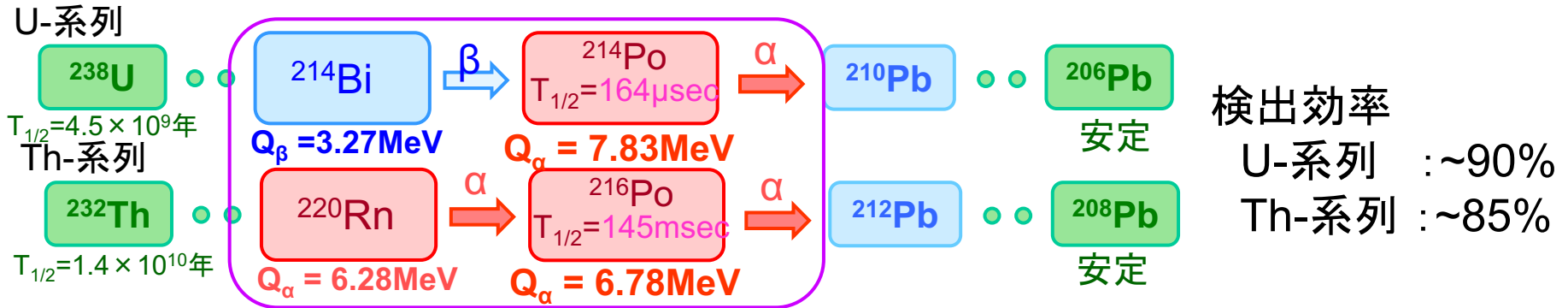
湿度依存性: 湿度が高い時には10~20%改善

今後の計画

- 2 kV以上のHV印加できるようにし、Rn娘核種の捕集効率を改善をする。

結晶内部の不純物測定装置

測定対象：遅延同時計数測定



実験室Aでの測定



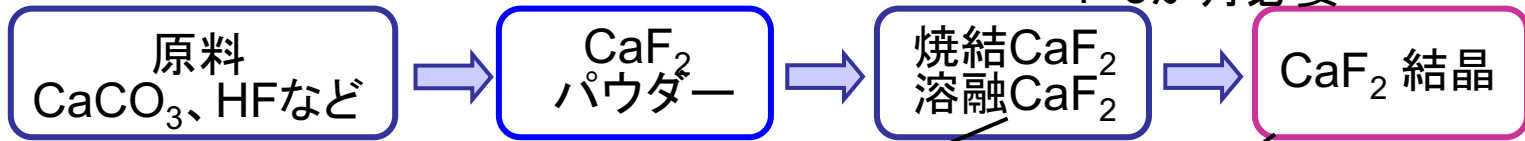
測定装置(RCNP)

測定感度：～5 μ Bq/kg(pptレベル)(測定時間10日)

- ・感度はCaF₂結晶サイズが制限
- ・現在、装置を用いた結晶評価が進行中
→ 安定運転モード

高純度結晶の開発

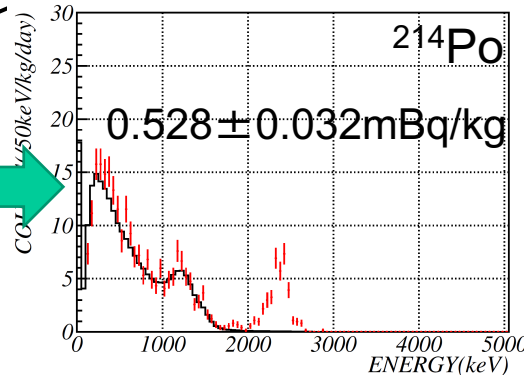
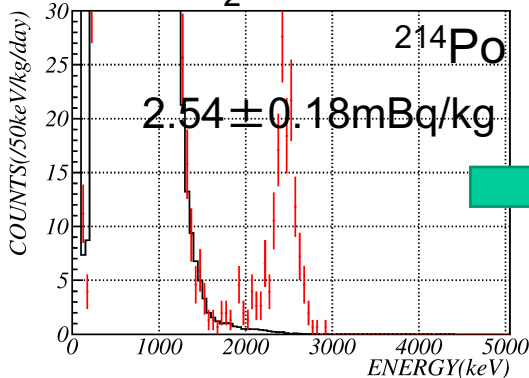
□ CaF_2 (pure) 結晶の精製過程



Ge検出器を用いた
不純物測定
→測定感度が悪い

CaF_2 溶融品、 CaF_2 結晶の
不純物測定を本システムで行う。

溶融 CaF_2 の測定例



結晶化の過程で高純度化
業者Aの場合は低減率1/5程度
この方法で高純度 CaF_2 調査

本年度測定

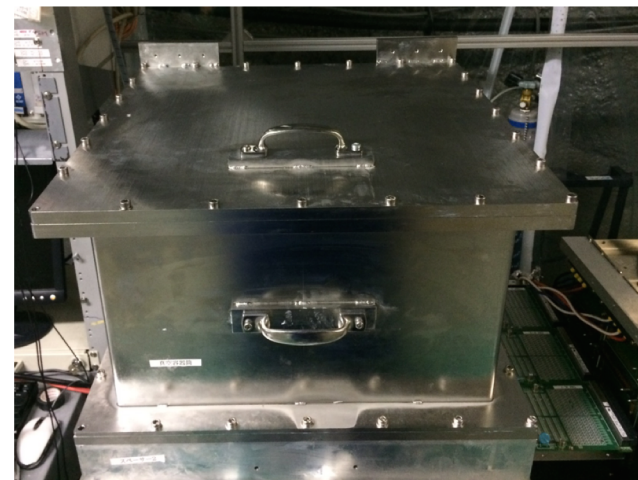
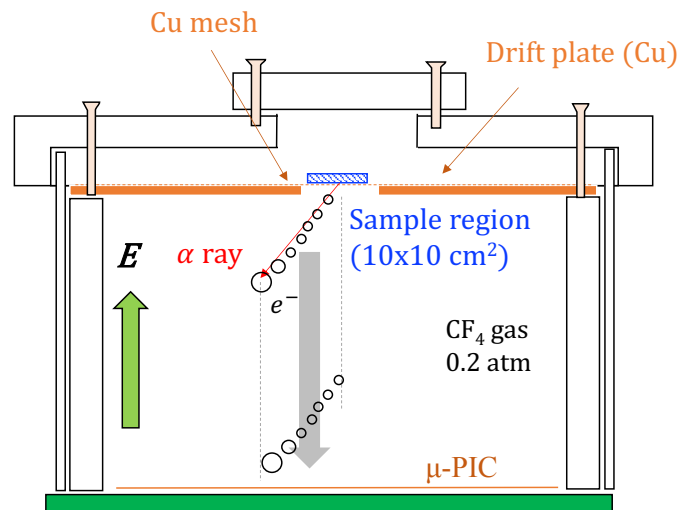
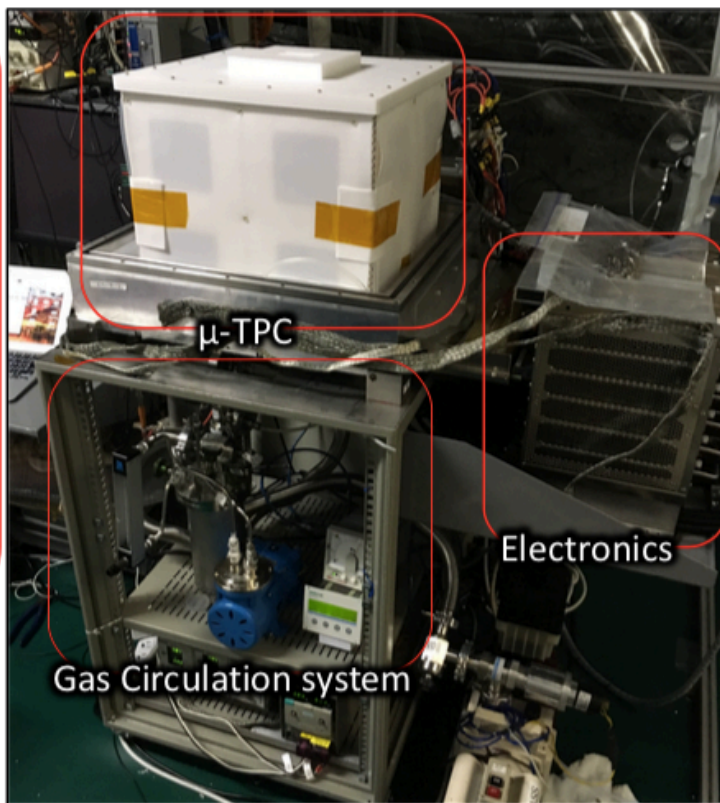
- ・溶融品、結晶測定による CaF_2 調査
- ・他、CANDLES入れ替え用の CaF_2 結晶スクリーニング~20個
20 $\mu\text{Bq/kg}$ 以下(合格レベル)~2mBq/kg

μ -TPCを用いた表面 α 分析測定

計画研究
B02+D01

身内、伊藤、橋本

- 表面からの α 線: 暗黒物質・ $\beta\beta$ 実験などで問題
- NEWAGEのマイクロTPCで感度よく測定する
- Low- α μ -PICを開発し実装
- 目標感度: $BG=10^{-4}$ Alpha/cm²/hr
(昨年度 10^{-1} Alpha/cm²/hr)

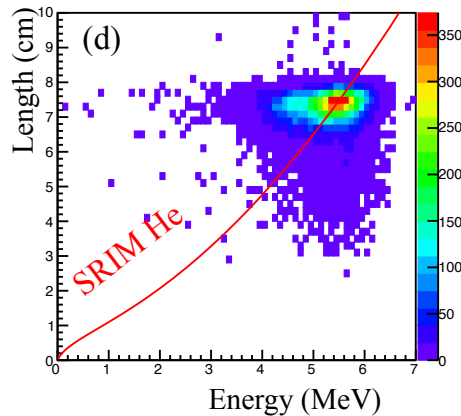
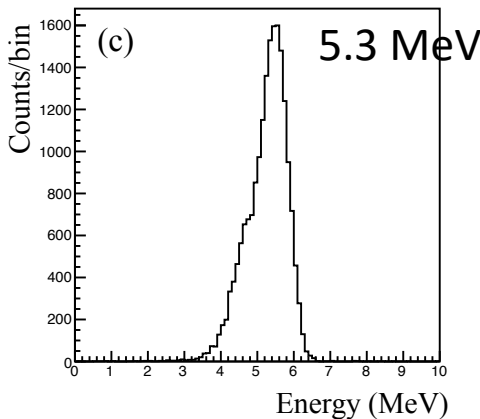
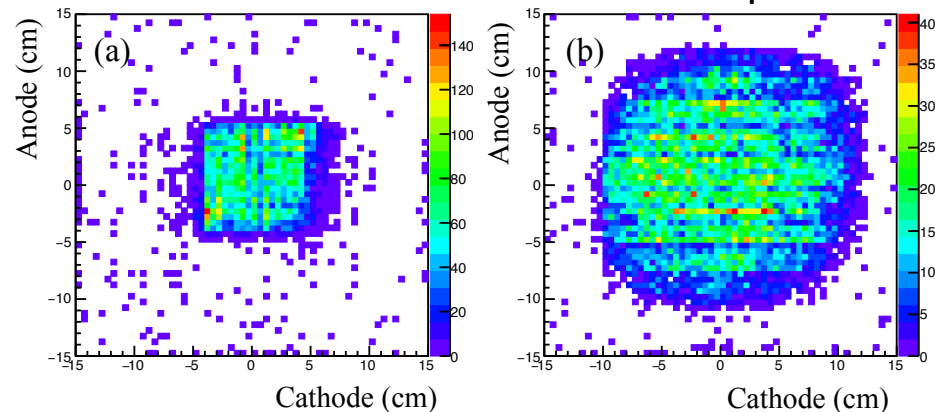


Low-a μ -TPCの性能評価

キャリブレーション

Top of alpha-track

Bottom of alpha-track

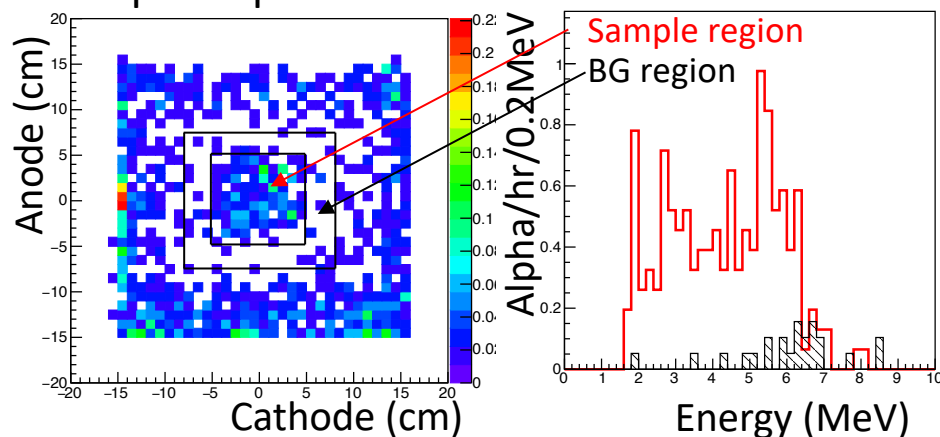


分解能 $\sim 20\%$ FWHM for 5.3 MeV

サンプル測定

Top of alpha-track

Live 76.9hr



Sample: 従来 μ -PIC

$\Delta C = 0.089^{+0.013}_{-0.012}$ Alpha/cm²/hr (90%CL)

BG rate = $(2.4 \pm 0.1) \times 10^{-3}$ alpha/cm²/hr (90%CL)

前年比100倍

将来計画

- 主なBGはラドン
- 冷却活性炭の実装 **50倍改善**
... 10^{-4} alpha/cm²/hrを目指す
- 端の実装基盤のラドン源を抑制 **10倍**
- Ultra-Low-a μ -PICの開発 **数倍**
... $<10^{-5}$ alpha/cm²/hrを目指す

放射能データベース

計画研究
D01

中野、伊藤

Persephone
Material Assay Database

検索ワード入力

編集(管理者)

検索ボタン

CSVファイル出力

Search Submit Edit Settings Login

PTFE OR teflon

KAMLAND, NEWAGE, CANDLES

Material: PMT, BOLT, SUS, Cu
検索したワード = PMT
Total results: 46

| Grouping | Name | Isotope | Amount | Isotope | Amount |
|---------------------|---------------------|--|---------------------|---------|----------------|
| ▼ XMASS | PMT holder spacer | Th-232 | -0.08 mBq/kg | U-238 | 0.34 mBq/kg |
| Sample | Description | PMT holder spacer | | | |
| Measurement Results | | U-238 | 0.34 (0.37) mBq/kg | | |
| | | Th-232 | -0.08 (0.27) mBq/kg | | |
| | | Co-60 | -0.17 (0.11) mBq/kg | | |
| | | K-40 | -5.2 (3.2) mBq/kg | | |
| | Institution | ICRR Tokyo Univ. | | | |
| | Technique | HPGe | | | |
| | Date | to #tab-submit | | | |
| | Practitioner | A. Shinozaki Tokyo Univ. | | | |
| | Description | Material: Cu, Unit Mass: 0.99 kg, Measurement time: 1.9 days, Measured Mass: 2.975 kg | | | |
| Data | Reference | A. Shinozaki Tokyo Univ. master thesis(2011) | | | |
| | Data entry | H. Ito ito.hiroshi@crystal.kobe-u.ac.jp on 2017-11-12 spec v3.00 | | | |
| ▶ CANDLES | PMT Glass A(15inch) | Th-232 | 3.51 Bq/kg | U-238 | 9.32 Bq/kg ... |
| ▶ KamLAND | PMT glass (SK) | Th | 2.5E-7 g/g | U | 3.5E-7 g/g ... |

まとめ

- 神岡地下(LAB-A)で、最先端の放射能分析装置を開発する共同研究が行われている。
 - ラドン分析測定器の高感度化
 - 結晶中の不純物分析
 - 表面アルファ分析
 - ラドン分析(吸着、膜透過)
- 装置改良・サンプル測定の結果が出始めている
- 放射能データベースも構築中

