

# 地下実験のための 放射能分析装置の開発



神戸大 竹内康雄、身内賢太郎、帝釈稜介（+中野、橋本）

徳島大 伏見賢一

ICRR神岡施設 岸本康宏、関谷洋之、竹田敦、小林兼好、  
田阪茂樹

大阪大 梅原さおり、吉田斉

福井大 小川泉

**査定金額:21万円**

**用途:**

**旅費 神戸～神岡、4往復**

**物件 高純度CF4ガス**

# 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

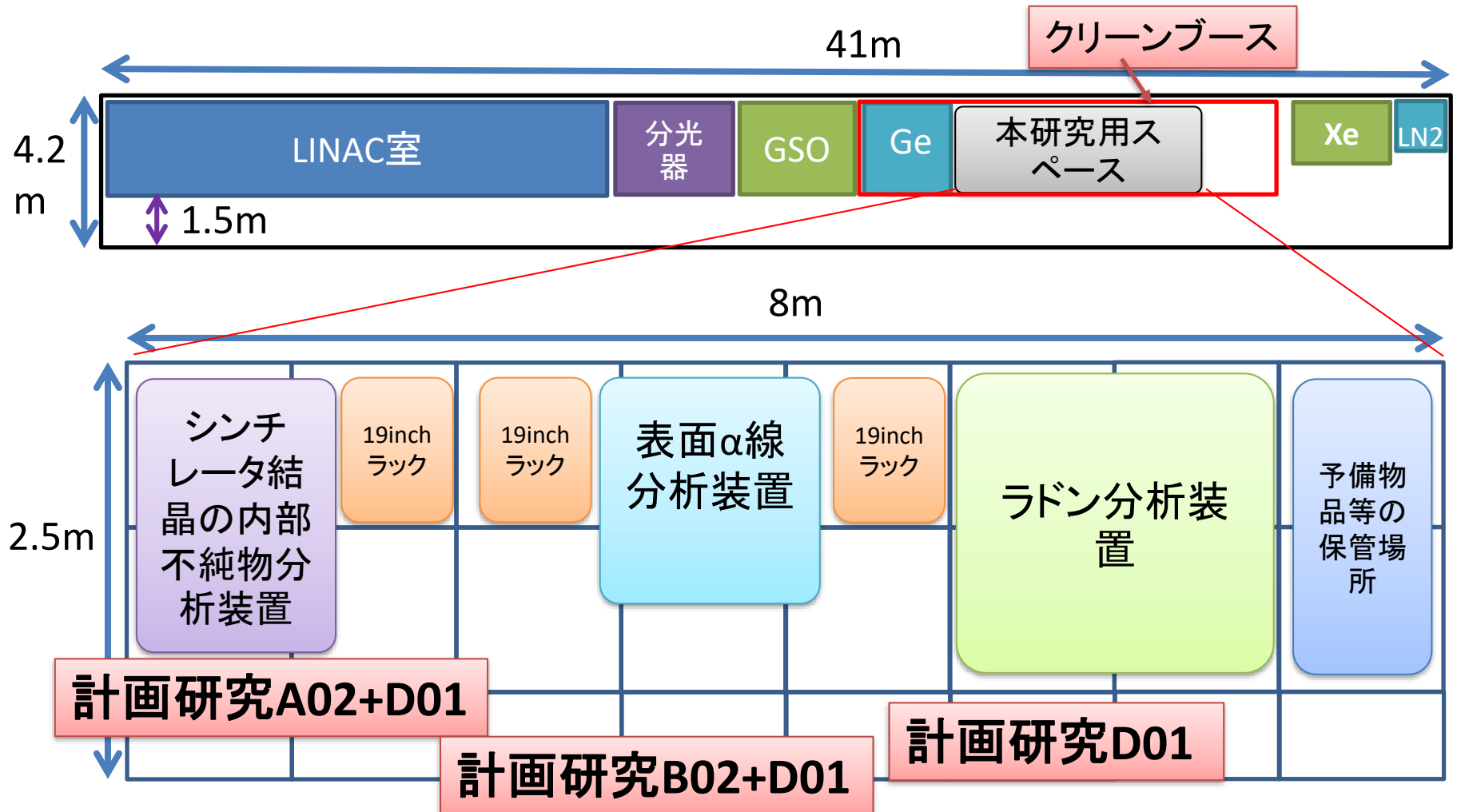
■ URL: <http://www.lowbg.org/ugnd/>



- 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

- ICRR共同利用で神岡坑内に、以下のスペースを確保し、各種の分析装置を構築中(H27年度～)



# 結晶内部の不純物測定装置

測定対象：遅延同時計数測定

U-系列

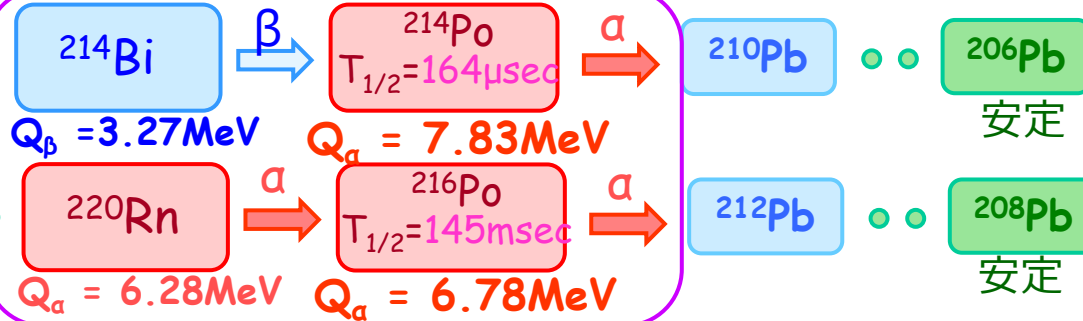
$^{238}\text{U}$

$T_{1/2}=4.5\times 10^9$ 年

Th-系列

$^{232}\text{Th}$

$T_{1/2}=1.4\times 10^{10}$ 年



検出効率

U-系列 : ~90%

Th-系列 : ~85%

安定

安定

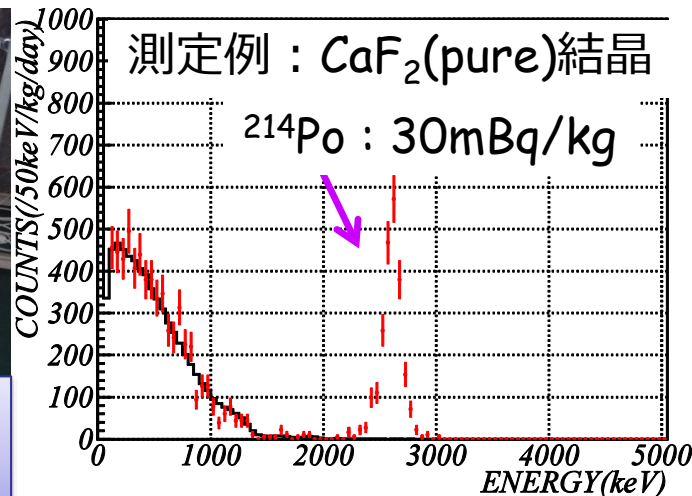
実験室Aでの測定



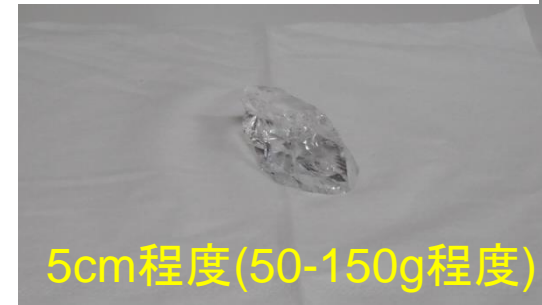
測定装置

結晶+  
PMT(1.5inch)

(測定回路は  
8PMTまで対応)



現在測定中のサンプル  
 $\text{CaF}_2$ (pure)溶融品



- ・測定感度：~ $5\mu\text{Bq/kg}$ (測定時間10日)
- ・現在、 $\text{CaF}_2$ 溶融品( $\text{CaF}_2$ 結晶原料)の不純物測定中  
→より高純度なシンチレーション結晶開発へ

# Surface alpha measurement with $\mu$ -TPC

B02+D01

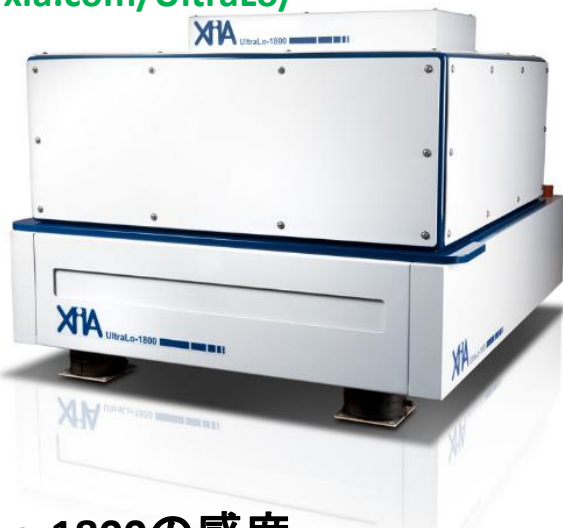
橋本、身内

- 表面からの $\alpha$ 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

■ c.f.既成品「UltraLo」

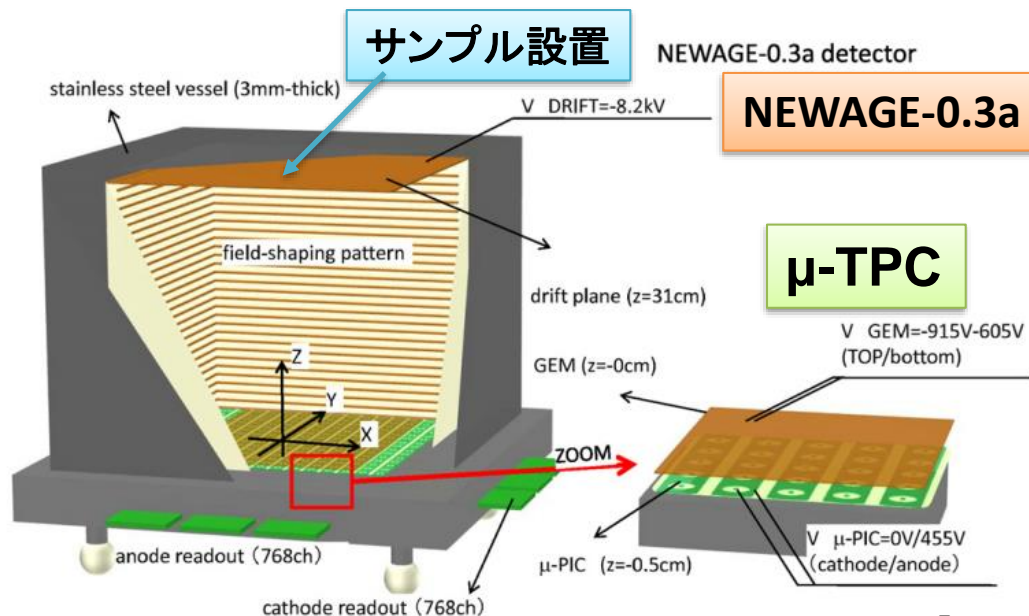
UltraLo-1800	Overview	Theory	Features	Specs	Resources
--------------	----------	--------	----------	-------	-----------

- Next Generation Alpha Particle Counter  
<http://xia.com/UltraLo/>



UltraLo-1800の感度  
( $10^{-4}$  alpha/cm<sup>2</sup>/hr、カタログ値)

- メリット: position sensitive  
⇒ サンプル以外の場所をBGエリアとして引くことが可能
- 懸案事項: バックグラウンド



# 表面 $\alpha$ 分析: 立ち上げ記録

B02+D01

橋本、身内

- 2015年8月19日
- ~2016年11月
- 11月11日~

LAB-BからLAB-Aに移設

DAQ調整、電源改善、ノイズ対策

テストデータ①取得開始

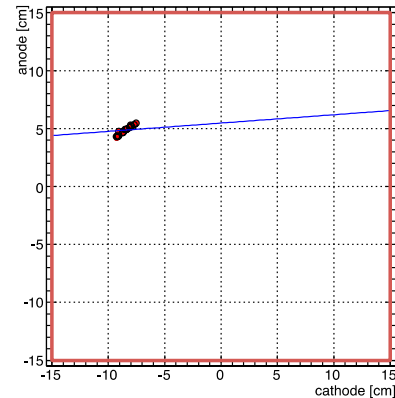
ドリフトプレーン

本研究用にupgrade  
(表面粗さ $<0.4\mu\text{m}$ )

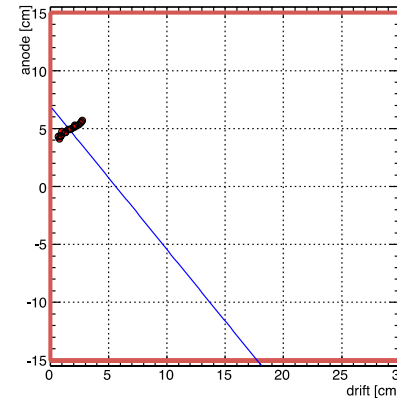
検出器内部

$\alpha$ 線飛跡(テストデータ①)

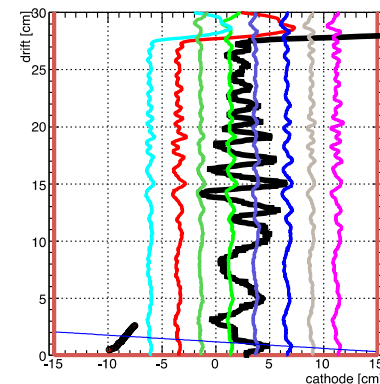
Top view



Side view



Side view



# 表面 $\alpha$ 分析: テストデータ①

B02+D01

橋本、身内

## ■ テストデータ①条件

■ ガス: CF4 0.2気圧

■ live time: 4.10 days

■ ガス循環なし

テストデータ①	0.29 alpha/cm <sup>2</sup> /h
目標値 (Ultra Lo)	10 <sup>-4</sup> alpha/cm <sup>2</sup> /h

## To Do

■ サンプルの出し入れが容易な新真空容器導入

■ サンプル置き場用銅メッシュ導入後のBG測定

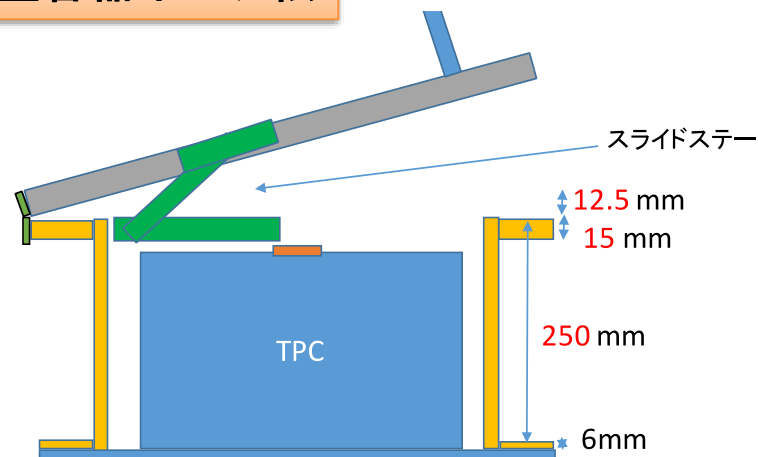
■ 冷却活性炭の導入(BG ~1/10以下)

■ 連続測定

■ 方向感度を用いた解析手法の確立(BG ~1/10)

■ 実際の表面 $\alpha$ の測定(2月予定)

新真空容器ポンチ絵

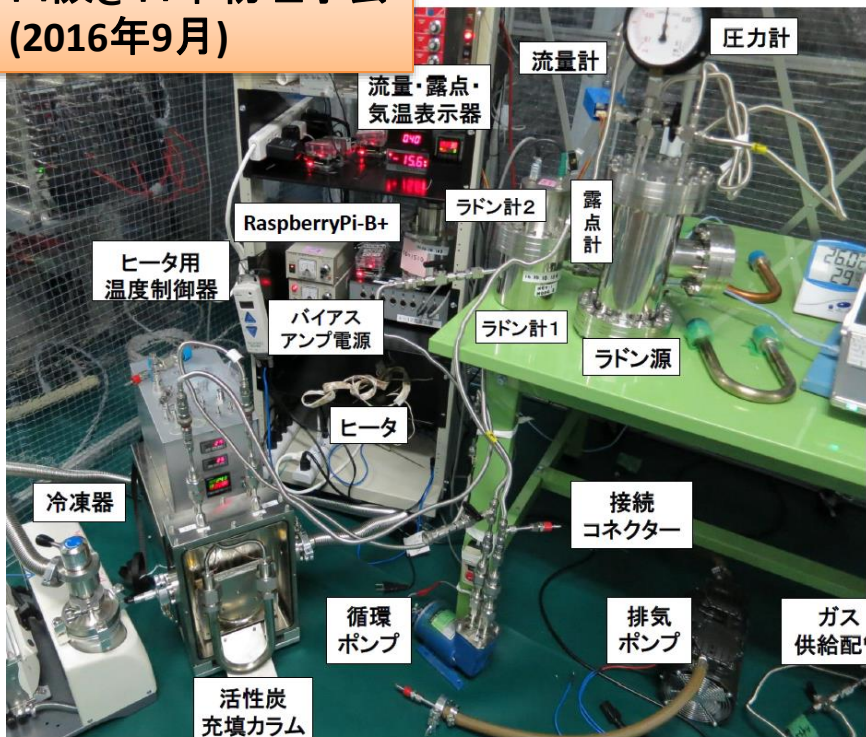


# ラドン分析:ラドン吸着試験

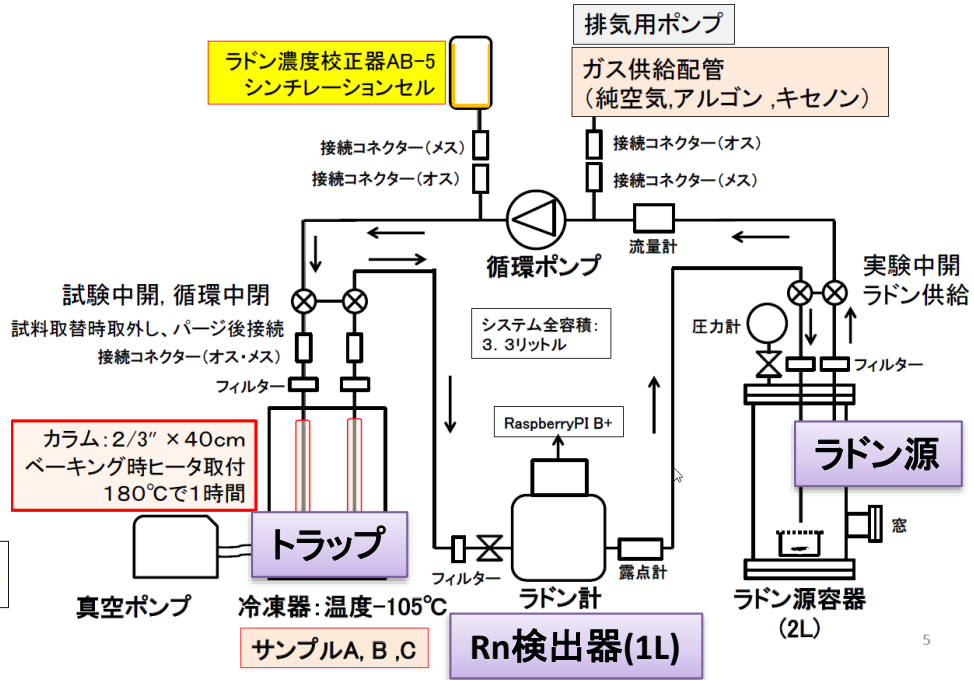
D01

- **目的:** 純キセノンから残留ラドンを効率良く分離する技術の開発
  - 次世代の暗黒物質探索実験などで必要
- **試験内容:** 純空気、純アルゴン、純キセノン中のラドンを、冷却トラップ(-105度)で吸着し、効率の良い手法を探す。

田阪@日本物理学会  
(2016年9月)



神岡Lab-Aにおけるラドン吸着・脱着システム図



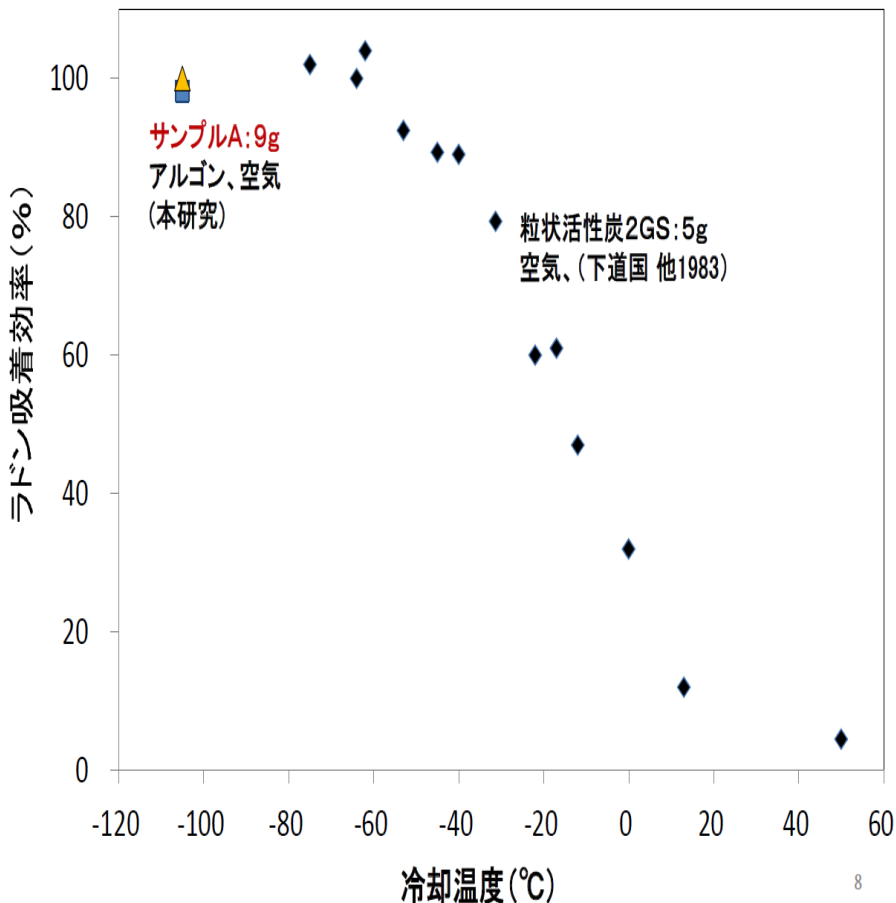


# ラドン分析:ラドン吸着試験

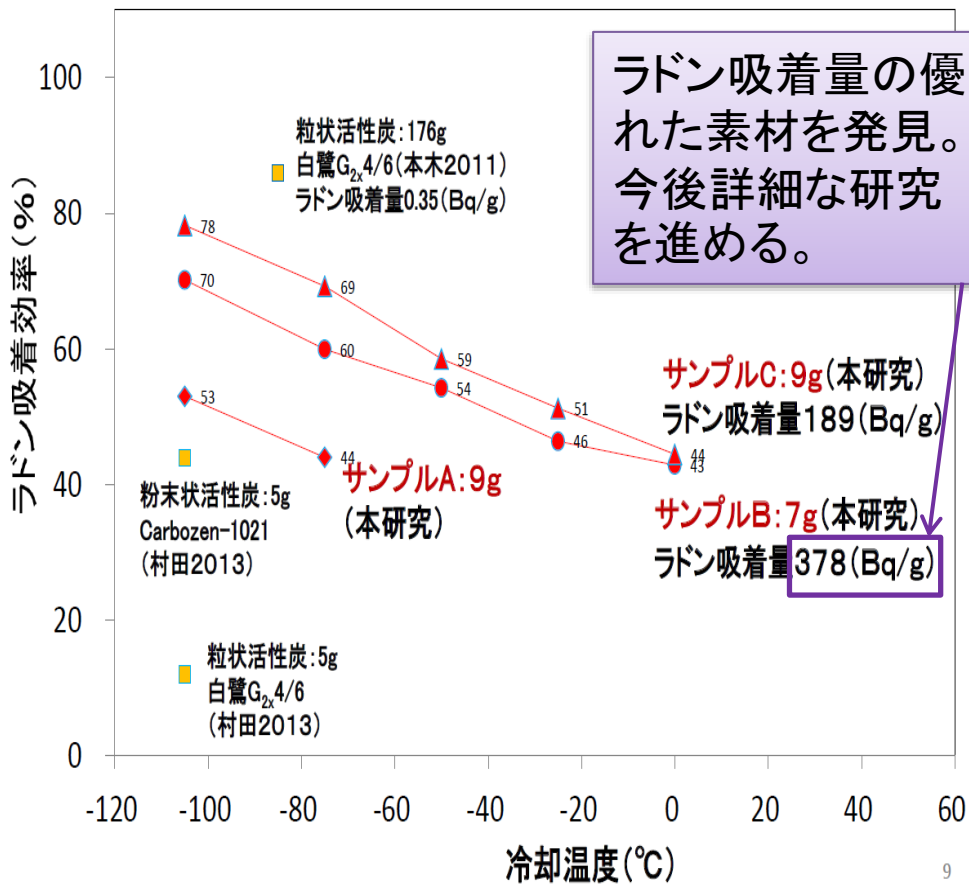
D01

田阪@日本物理学会  
(2016年9月)

空気、アルゴン中のラドン吸着効率



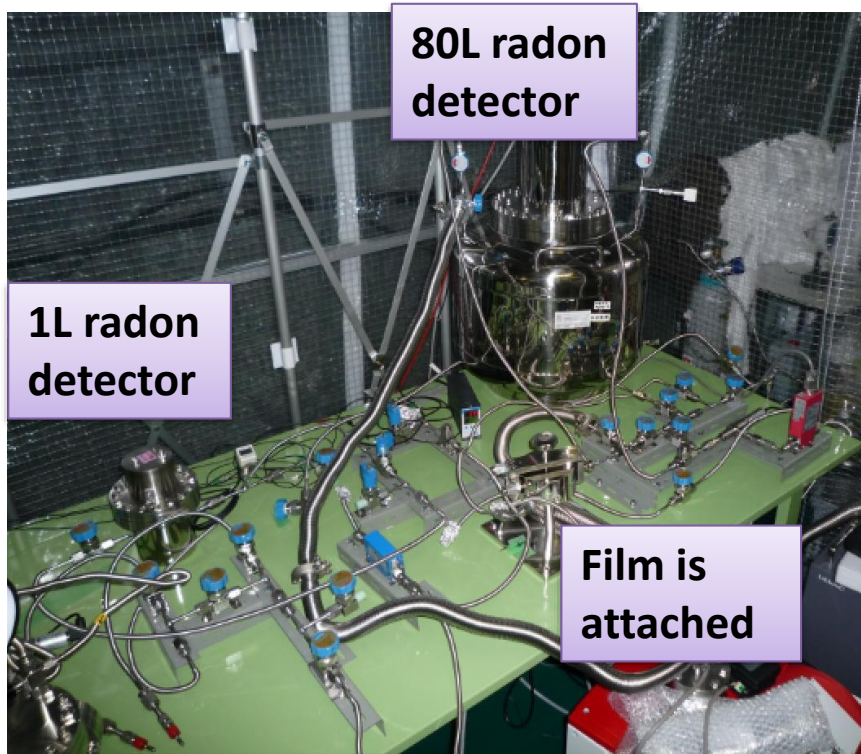
キセノン中のラドン吸着効率



# ラドン分析：膜透過率測定

D01

小林、中野



Radon source  
will be set here

80L radon  
detector

1L radon  
detector

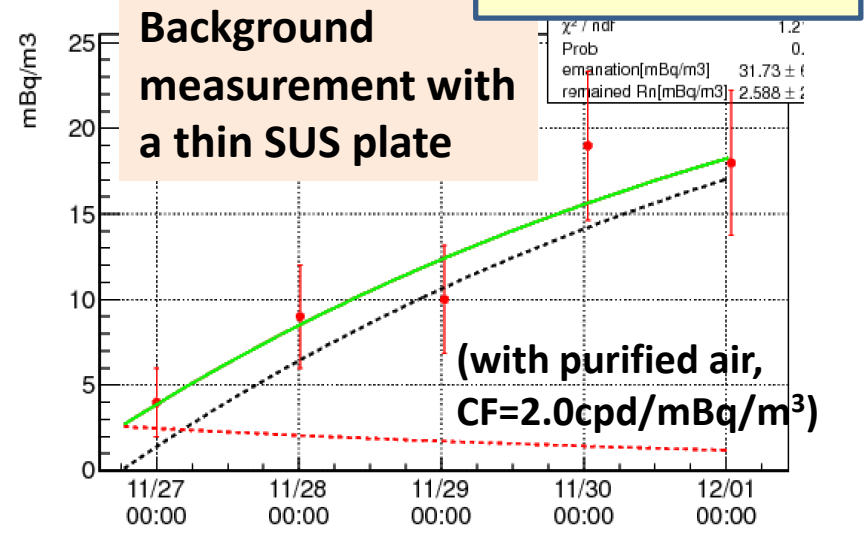
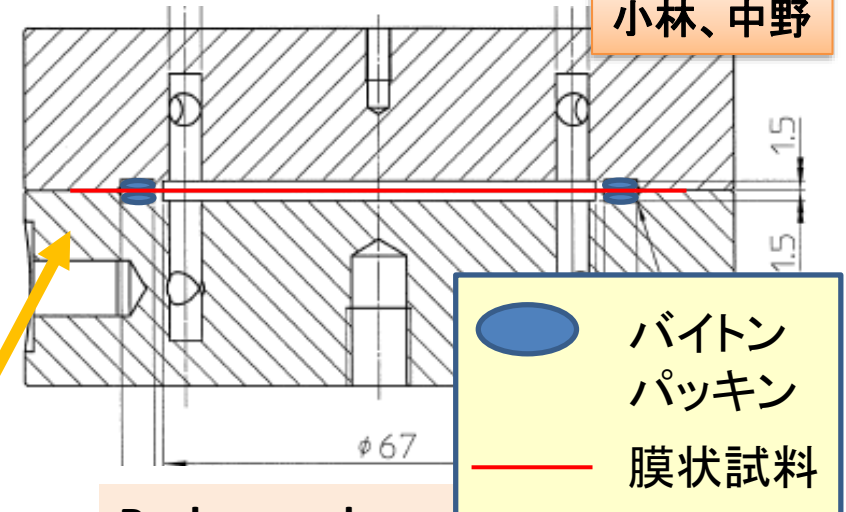
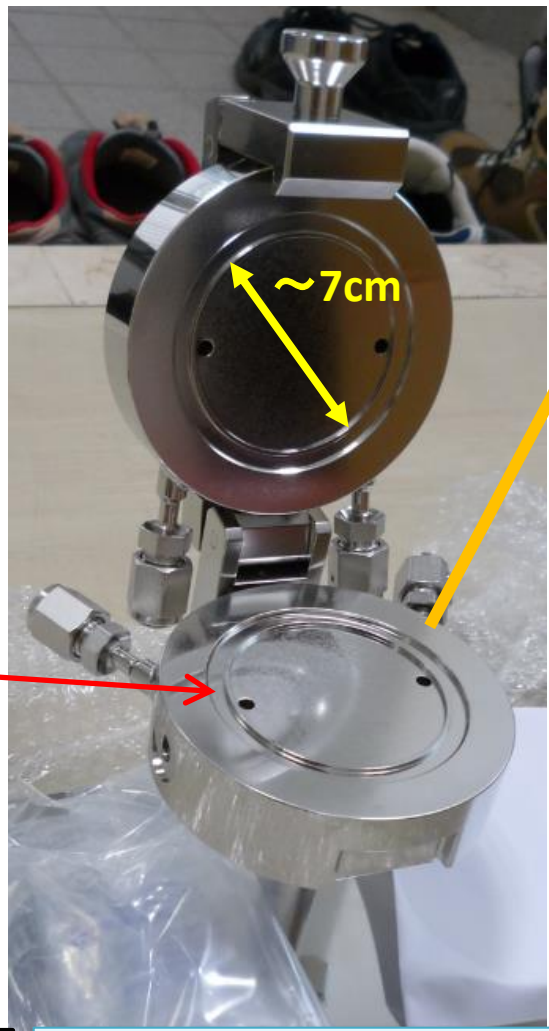
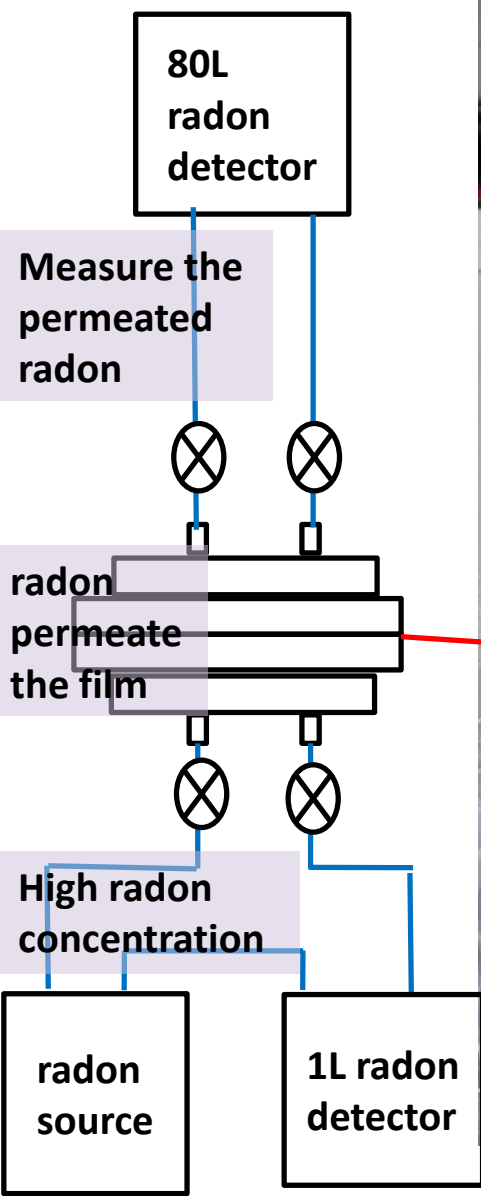
Film is  
attached

- Purpose:
- Measure the radon permeability of films to check if the detector material can be preserved in film bags or not. If radon permeate from outside air, radon daughter is accumulated in the detector surface and  $^{210}\text{Pb}$  and the daughters could be the background in future low background experiments (dark matter, double beta decay, etc)
- History:
- Mar. 2016 Film attachment part delivered.
- Oct. 2016 radon measurement line was mostly made.
- Nov. 2016 background run started

# ラドン分析：膜透過率測定

D01

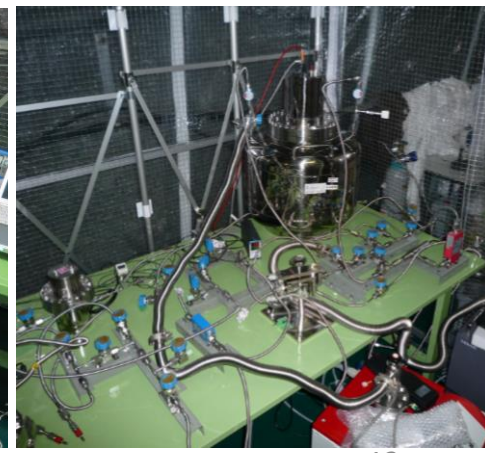
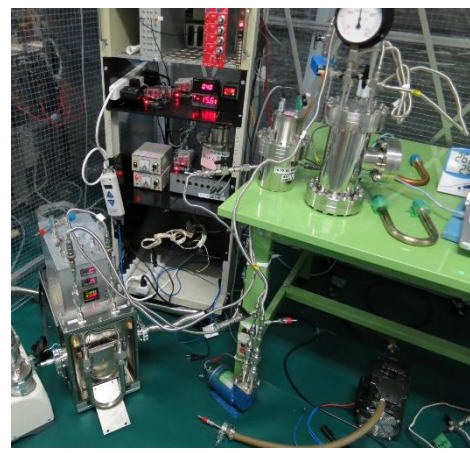
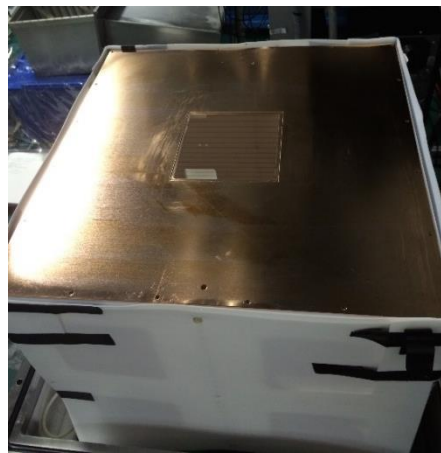
小林、中野



**Current background level = ~30mBq/m<sup>3</sup>**  
 → We can check the bag permeability is good enough or not  
 (With 400Bq source, 40mBq/m<sup>3</sup> sensitivity is required.)

# 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。
  - 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)
- 地下実験グループ間で連携して開発にあたっている。
- 放射能データベースも構築中

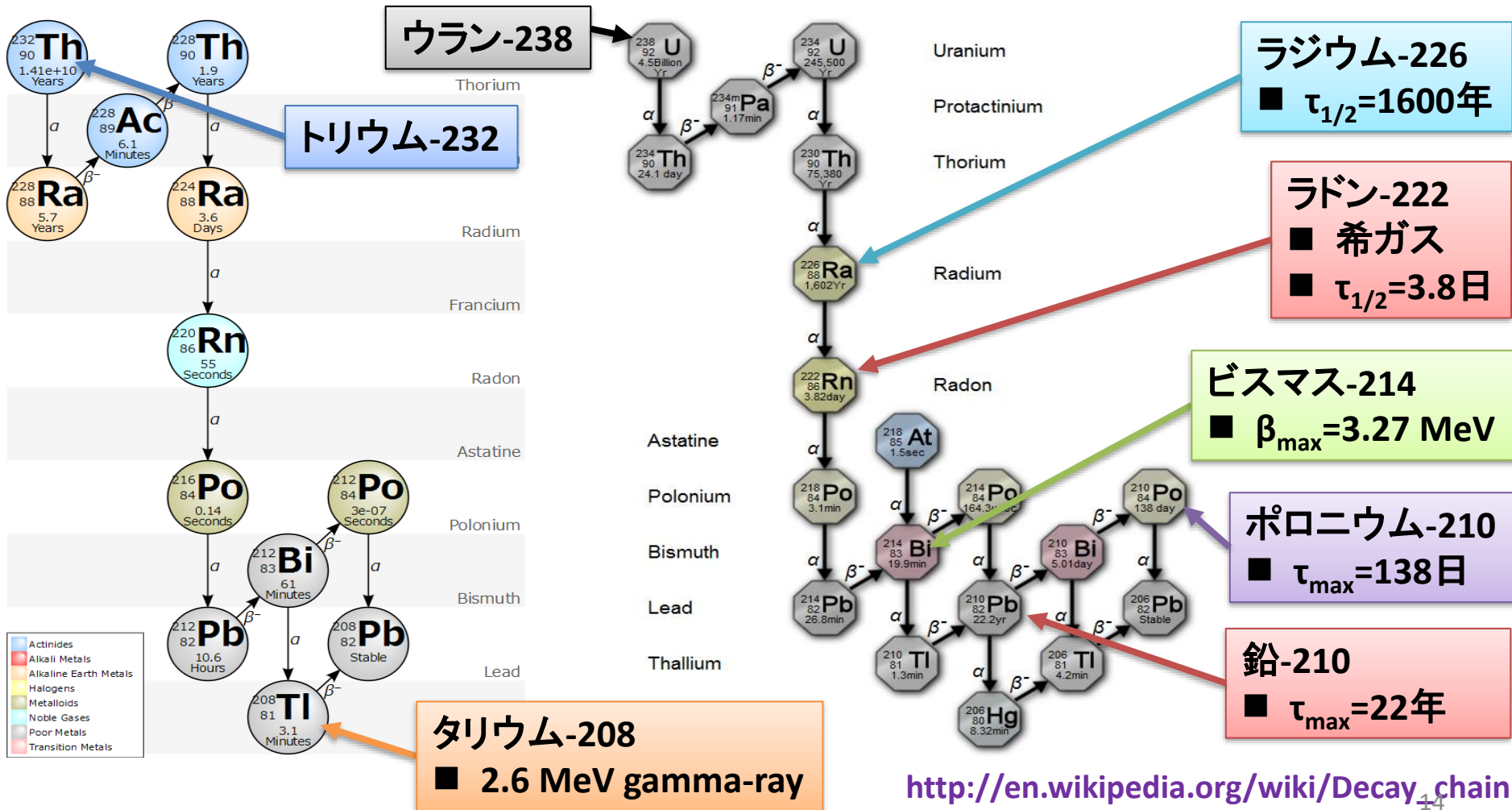


# **SUPPLEMENTS**

# トリウム系列、ウラン系列

■ 身の回り:  $1 \sim 10 \text{ ppm}(10^{-6})$

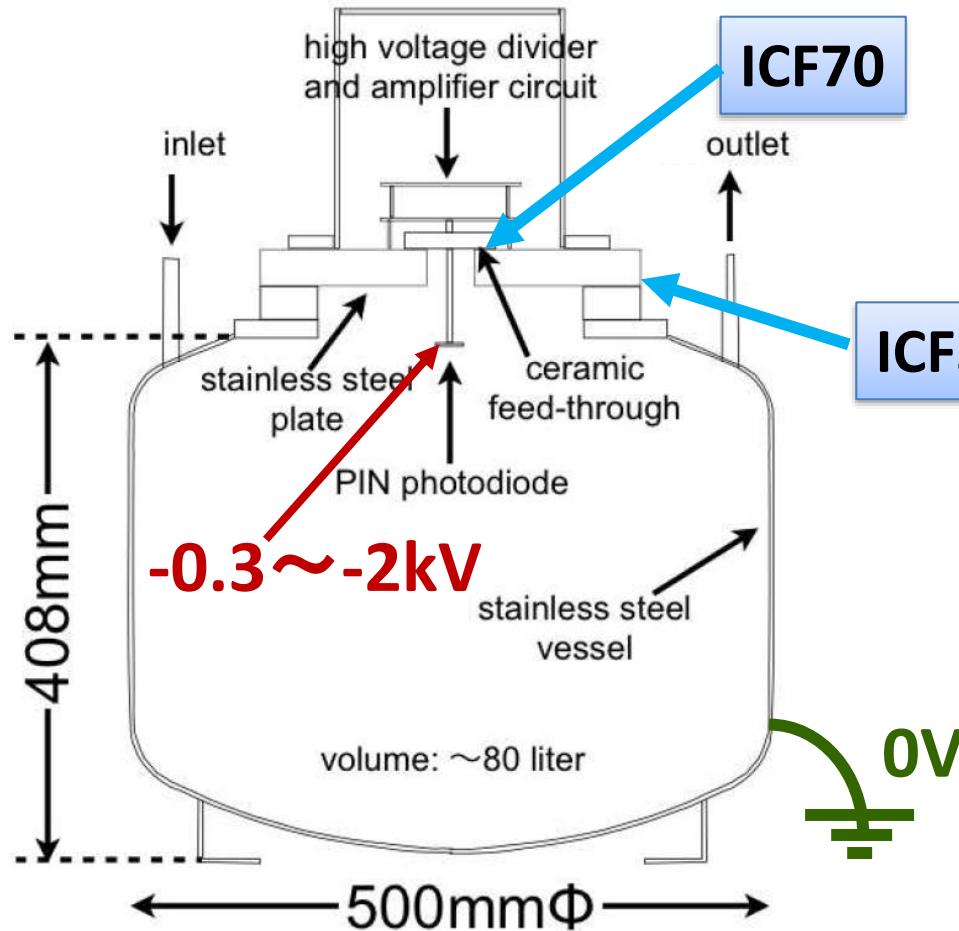
→ 実験装置:  $\text{ppb}(10^{-9}), \text{ppt}(10^{-12}), \text{ppq}(10^{-15}), \dots$



# 80Lラドン検出器

■ J. of Phys. Conf. Series  
469 (2013) 012007  
■ PTEP 2015, 033H01

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 $\alpha$ 崩壊のエネルギーを測定し、カウントする