

B06 高純度ゲルマニウム検出器を用いた SK-Gd計画等のための放射性不純物量測定

東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果発表会

2022.01.25

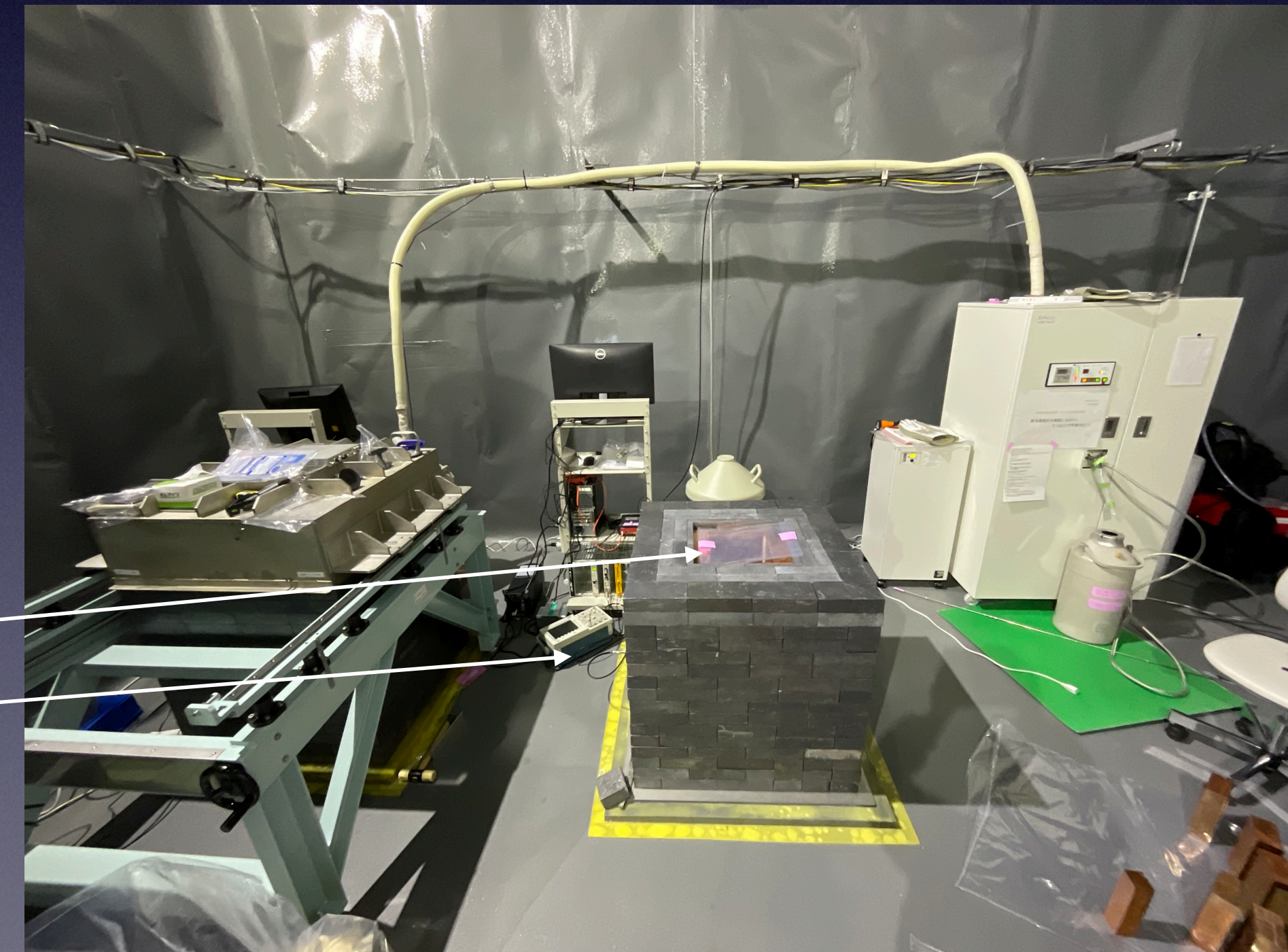
東北大学ニュートリノ科学研究センター 市村 晃一

申請時所属機関とメンバー

- 東北大：市村晃一、岸本康宏、吉田雄貴（学生）、後藤杏奈（学生）
- 東大宇宙線研：関谷洋之, 竹田敦, 安部航, 池田一得, 中島康博、伊藤博士、中村輝石
- 岡山大：伊藤慎太郎
- 横国大：南野彰宏、和田航平（学生）、鈴木芹奈（学生）

査定金額と使途

- 採択額：100千円(旅費として) + 新任500千円
 - 神岡一仙台間の旅費 (2回、合計 124.6千円)
 - 遮蔽体として用いる鉛ブロック、銅ブロックの加工(407千円)
 - ラドンフリーエア配管設備(49.5千円)
 - 手袋等の消耗品(18.9千円)
- に使わせて頂きました

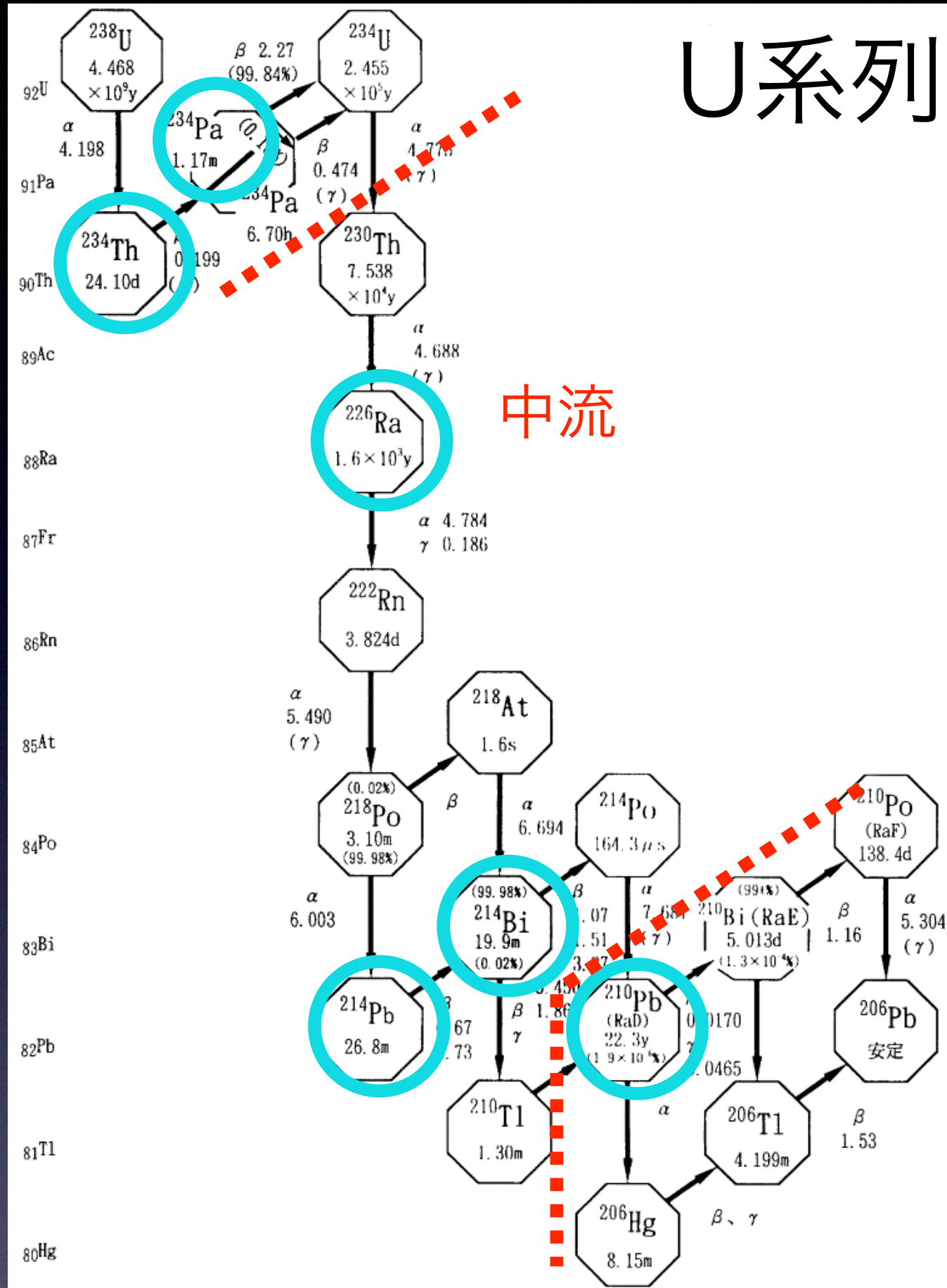


ご支援いただき大変有難うございました

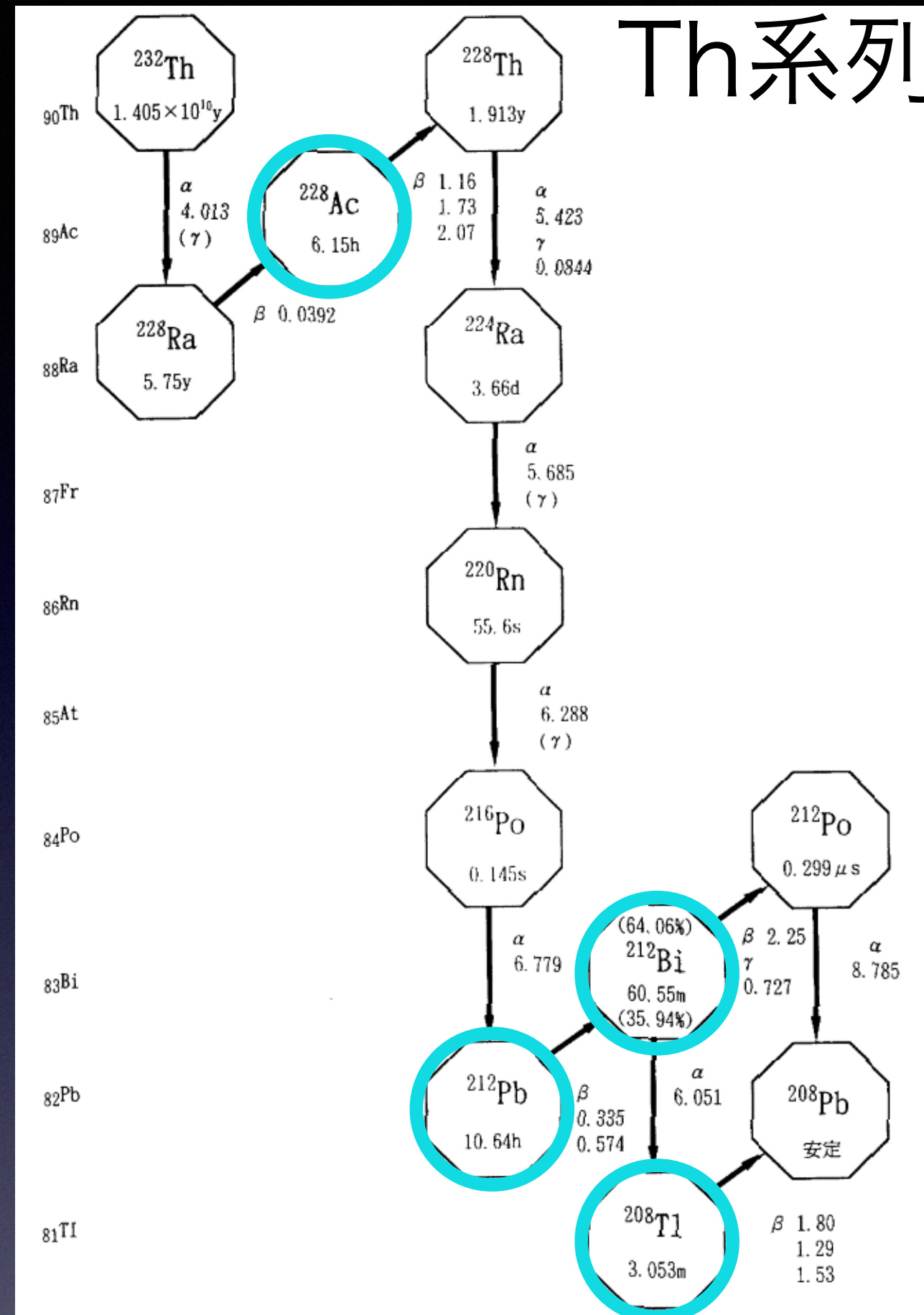
Ge検出器でのRI測定の意義

青○：GeでRI評価に使っているガンマ線を放出する核

U系列



Th系列



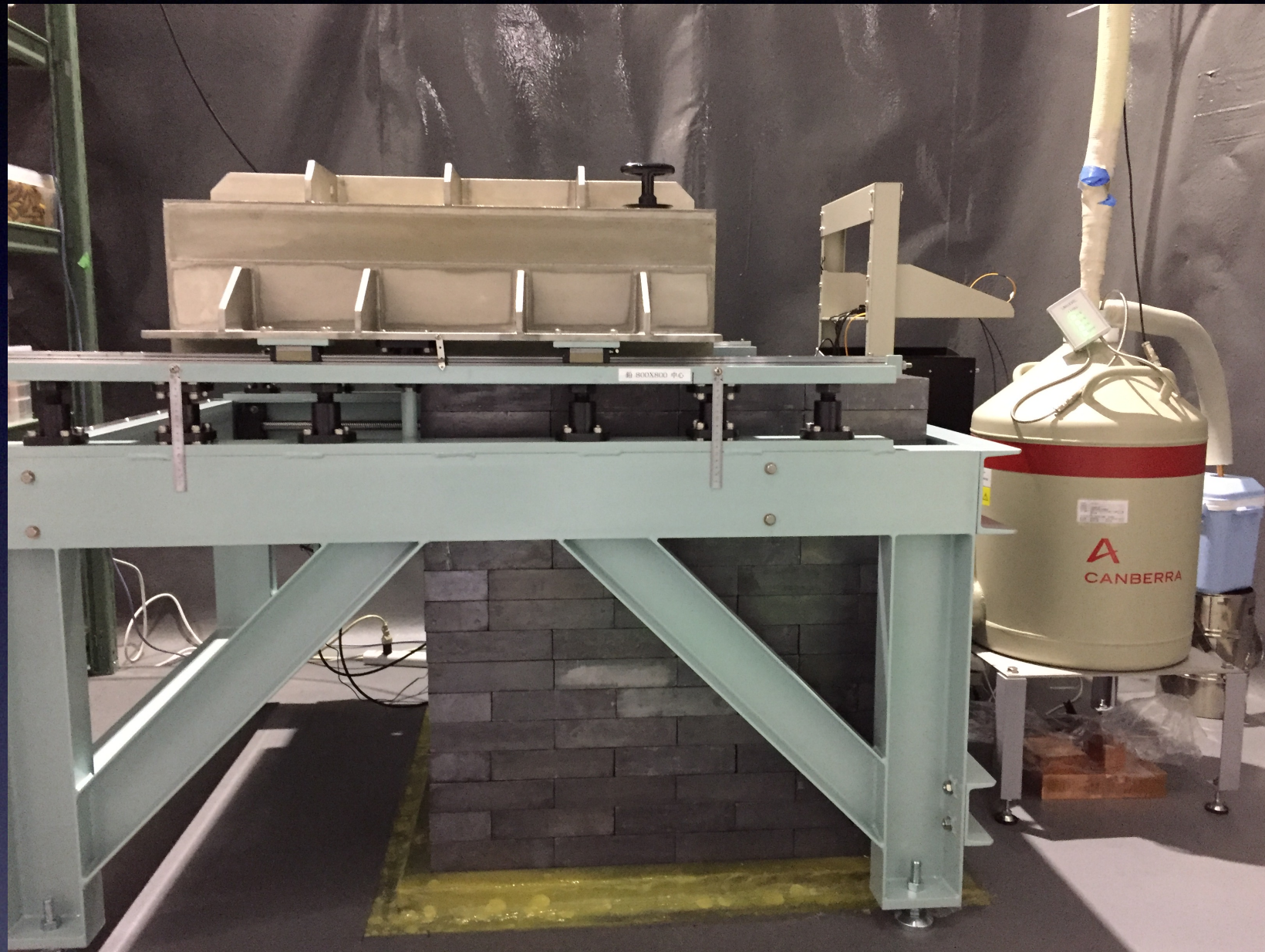
SK-Gd計画での硫酸ガドリニウム8水和物 1kg中のRIの要求値

- 238U : < 5 mBq/kg
- 232Th : < 0.05 mBq/kg
- 226Ra : < 0.5 mBq/kg
- 228Ra : < 0.05 mBq/kg など

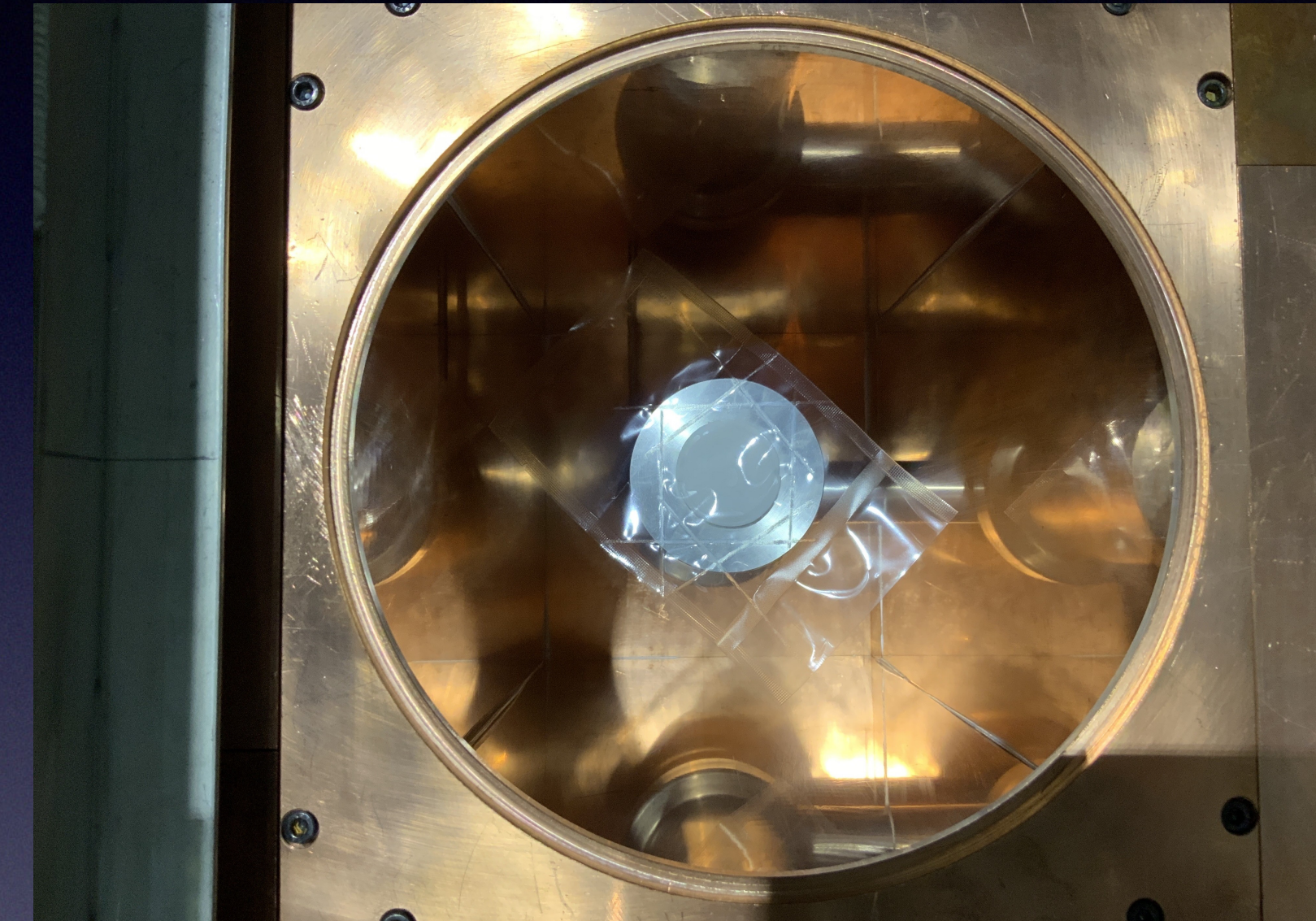
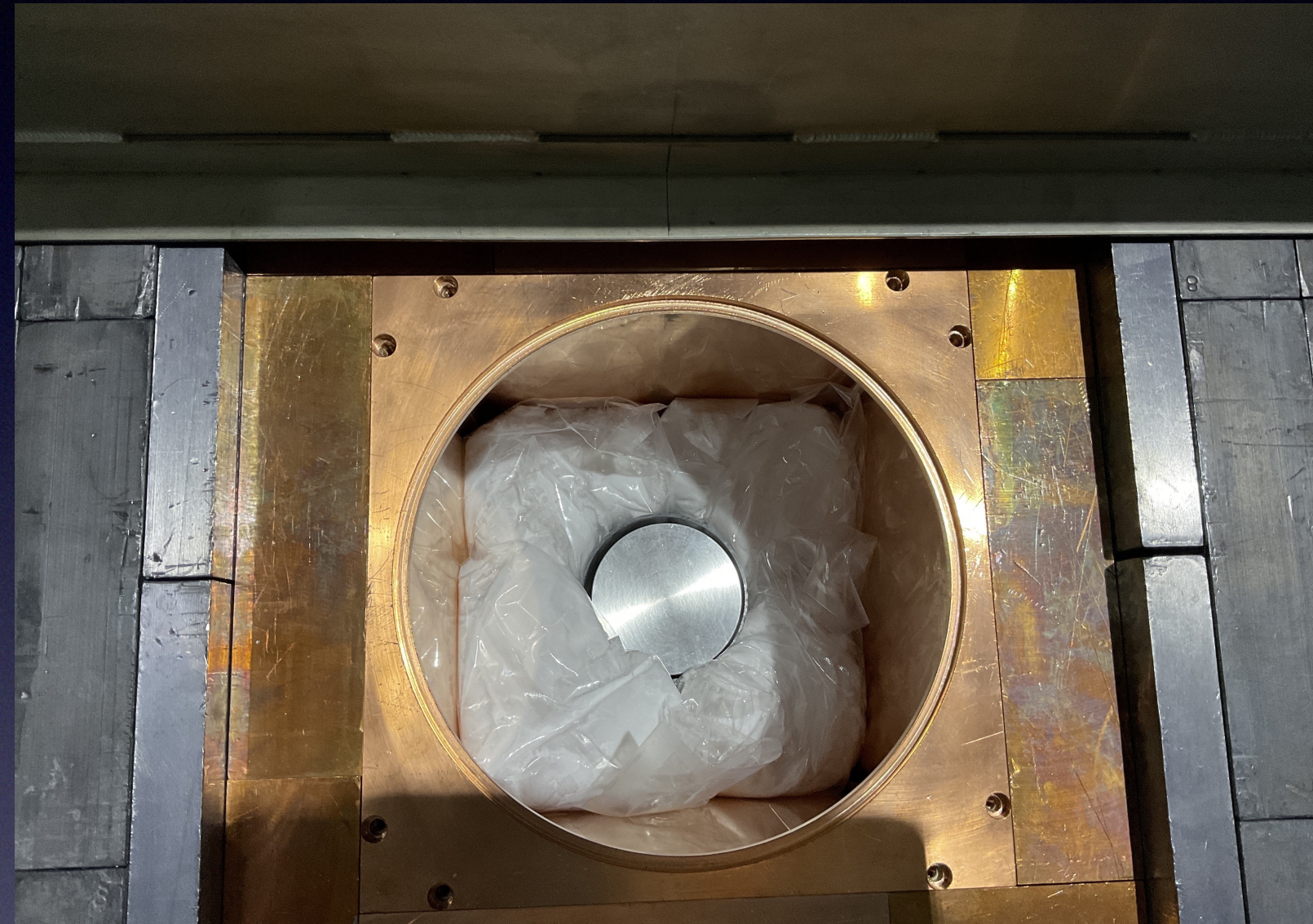
- 高純度ゲルマニウム(HPGe)検出器：Ge結晶内にエネルギーを落とした γ 線を計測：O(1 keV)の高分解能でRIの特定、定量
- 感度：試料の材質、形状にもよるがウラン中流（ ^{214}Pb , ^{214}Bi 等）で0.1 ppb (~ 1 mBq/kg)のレベルで定量可能
 - ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy)： ^{238}U や ^{232}Th を高感度で測定可能(pptとかppqのレベル)だが、放射平衡が崩れていることも
 - ^{226}Ra ：娘核の ^{214}Bi (Q値3.27 MeV)、 ^{228}Ra ：娘核の ^{208}Tl (Q値5.00 MeV)はSK実験 太陽ニュートリノ観測のBGに
- 大量の硫酸ガドリニウムを高感度で分析する必要

本年度の研究①

硫酸ガドリニウム500 g中の
ラジウムを吸着させた
ディスクの測定



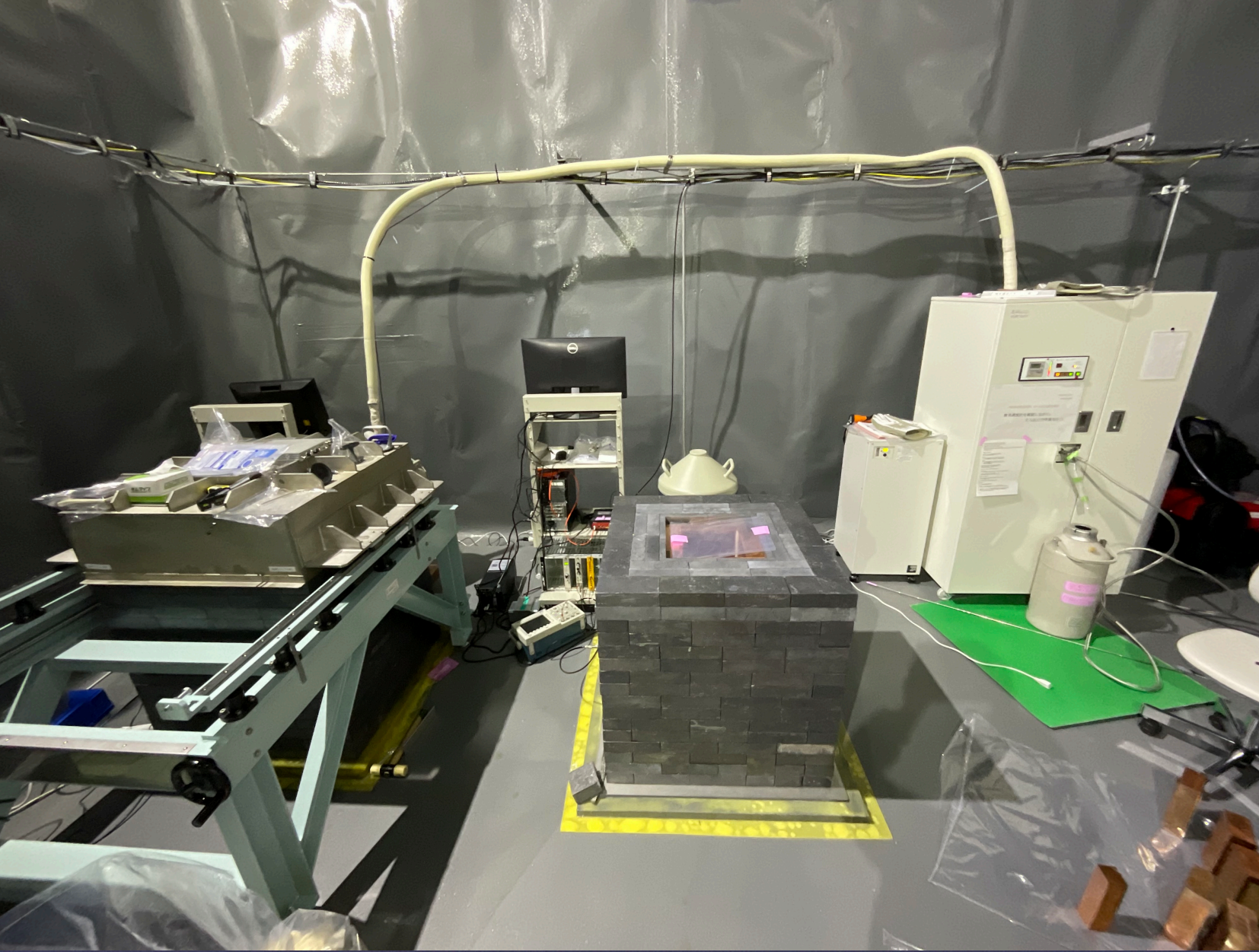
硫酸ガドリニウム10 kgの測定



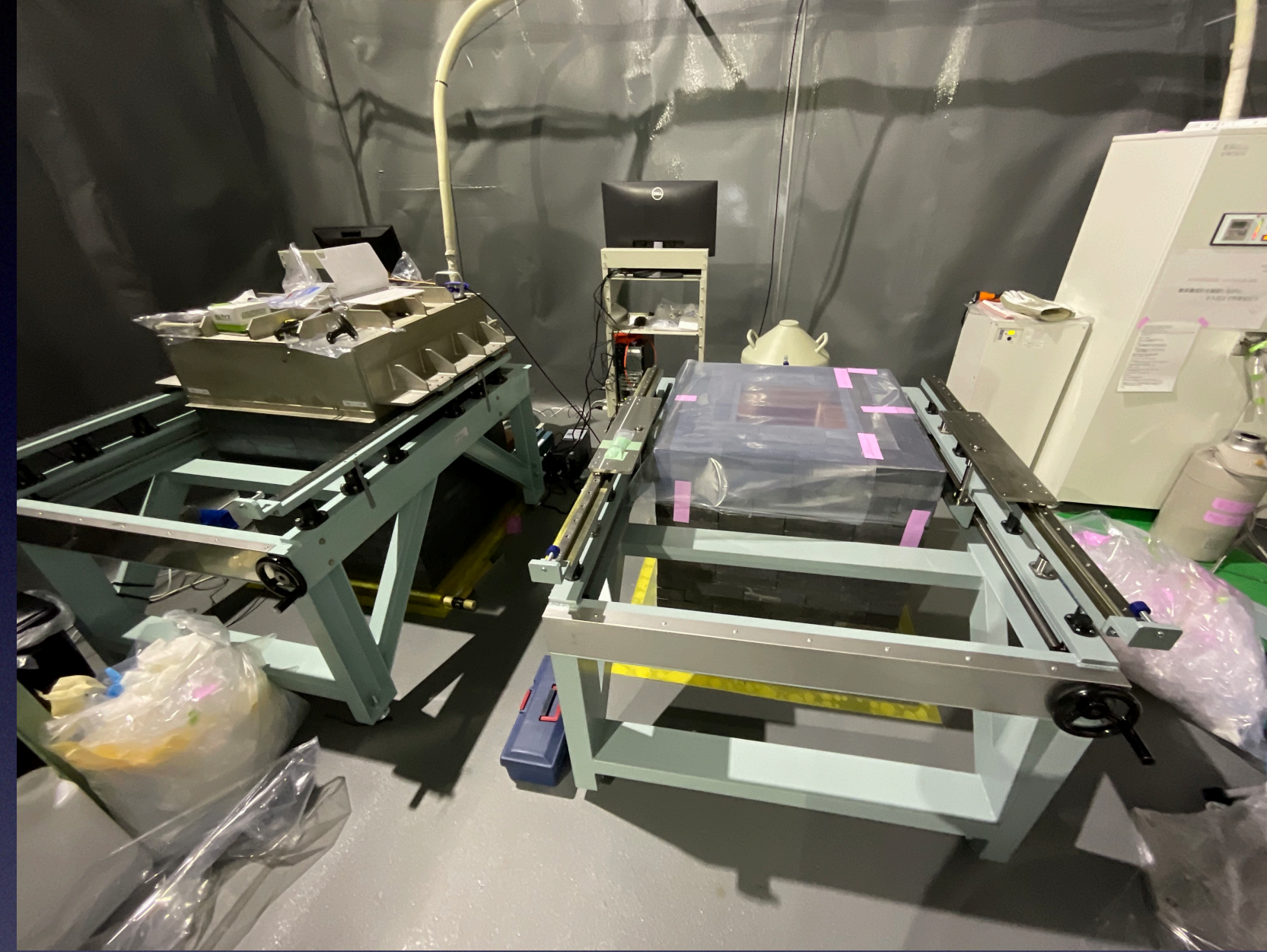
- MTKK キャンベラフランス製 同軸P型 相対効率80%、極低放射能仕様
 - 高さ 20 cmのサンプルスペース + HPGe検出器側面にも試料を置くことが可能
 - 昨年度に引き続き10 kgの硫酸ガドリニウム測定を様々なロットで測定
 - 2021/04から今日までに7ロット
 - ラジウム濃縮ディスクの測定を1ロット
 - SK-Gd計画で用いる硫酸ガドリニウムの原料と製品、純化手法確立のための測定：4サンプル

本年度の研究②：新しいGe検出器の組み上げ

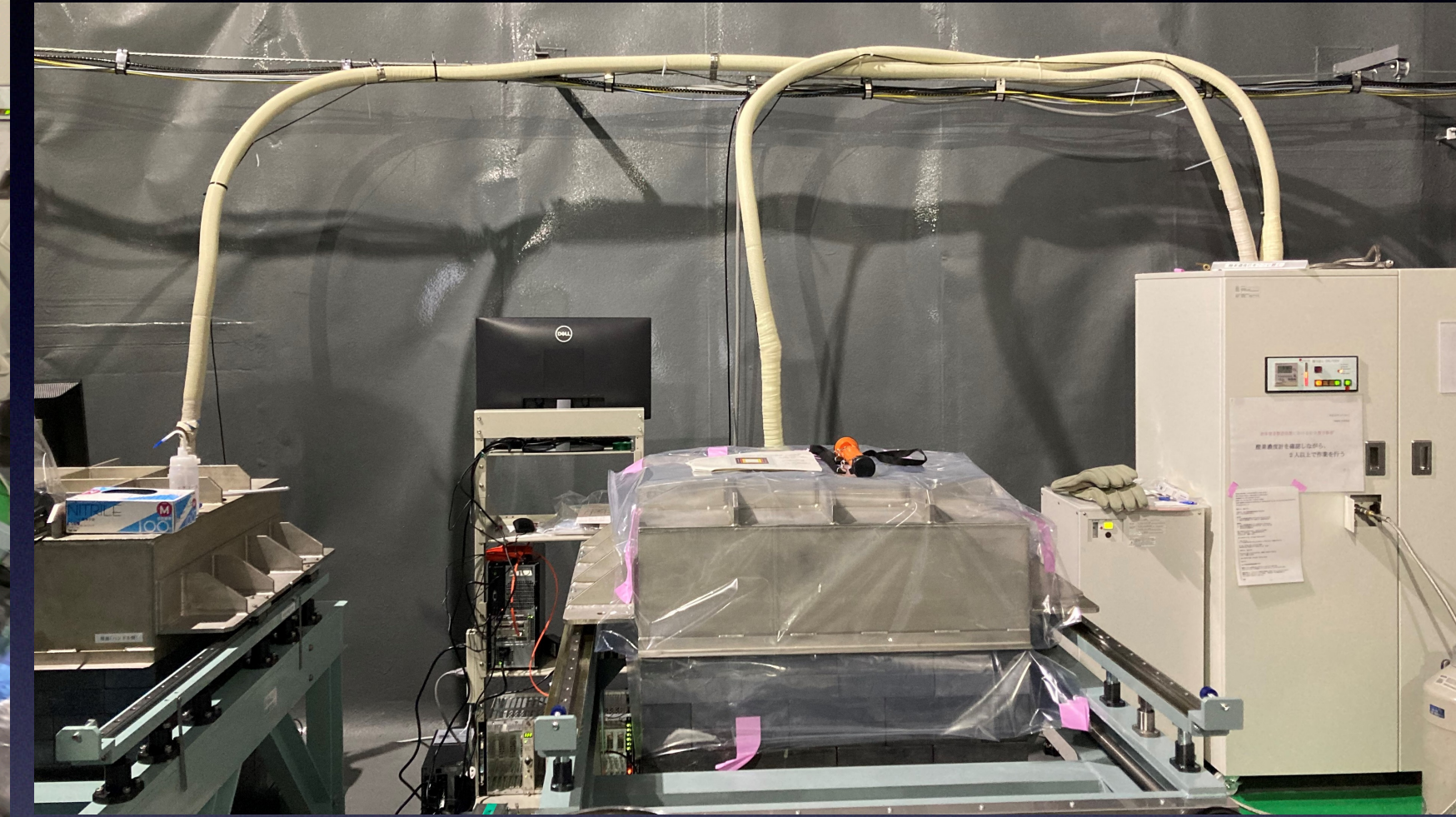
遮蔽体駆動装置設置前



遮蔽体駆動装置下部

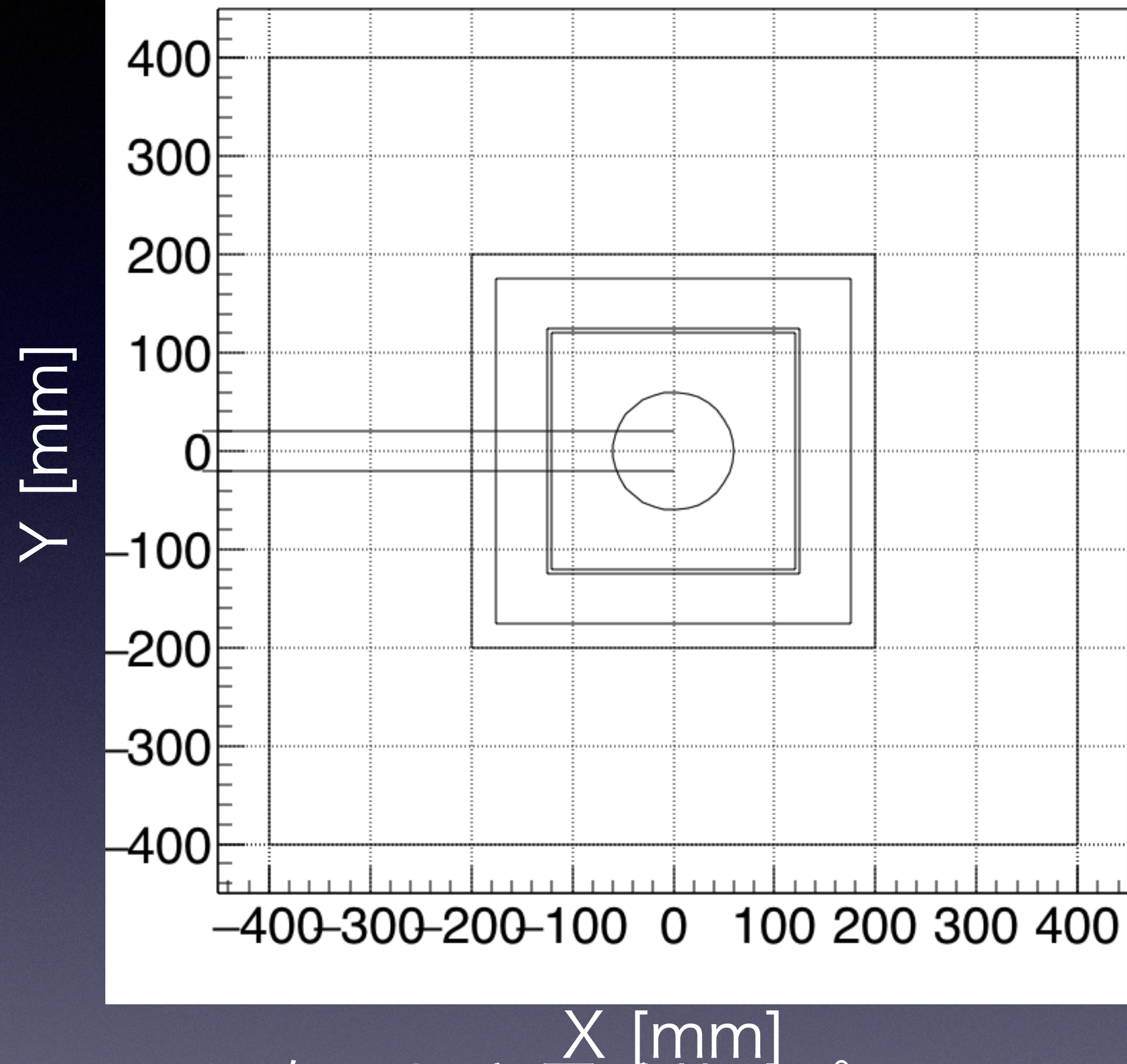


遮蔽体駆動装置上部
液体窒素自動供給装置も設置



- ・ 現在稼働中のものと同性能のMTKK キャンベラフランス製 同軸P型 相対効率80%、極低放射能仕様を新学術「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」の科研費で導入
- ・ 2021年2月に納入、遮蔽体の準備が遅れたが10月に遮蔽体も完成しデータ取得を開始
- ・ BGデータの取得も終わり、2022年1月から硫酸ガドリニウムサンプルの測定も開始

本年度の研究②：新しいGe検出器の組み上げ

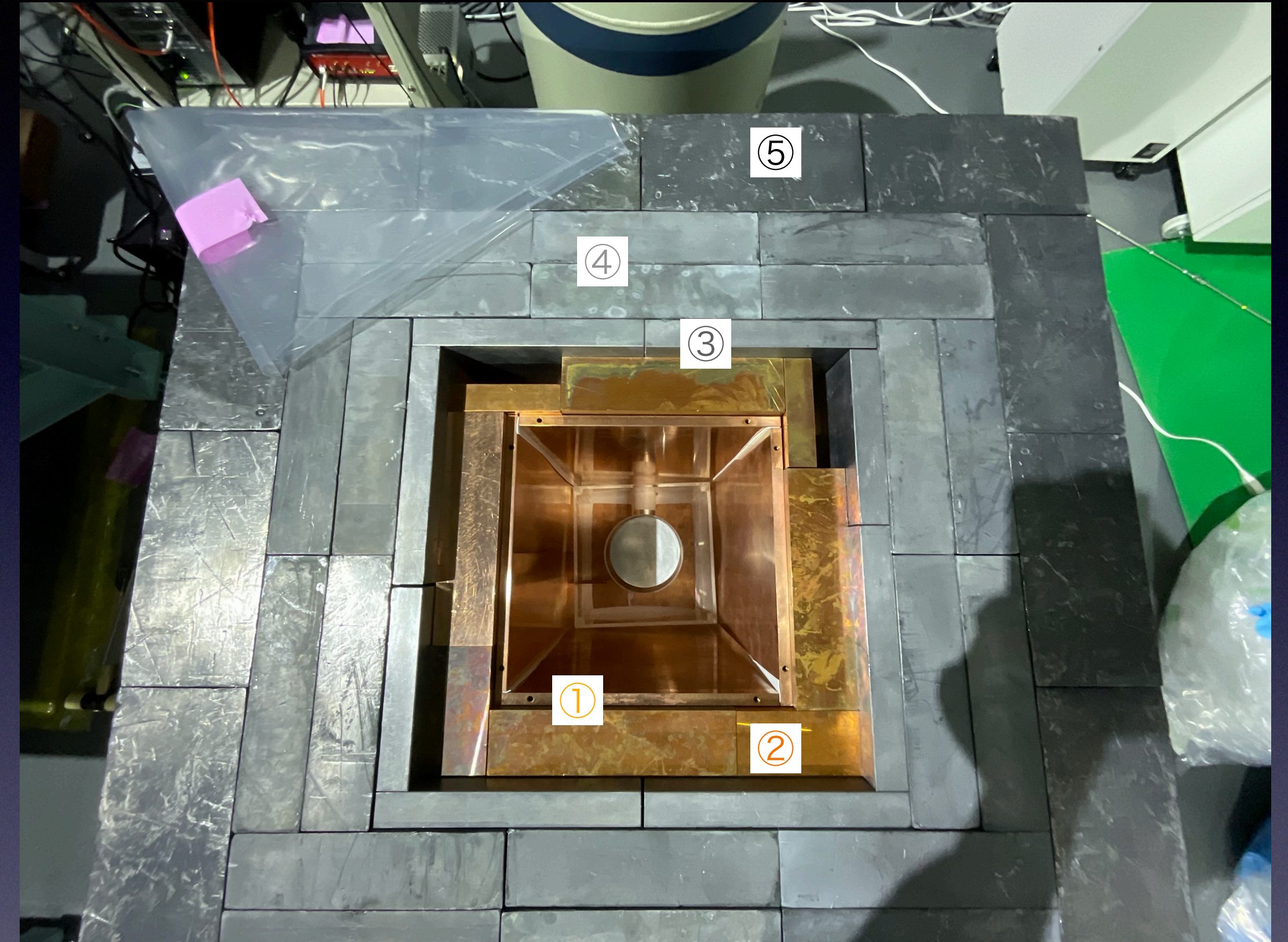


X [mm]
既存のGeと同じサンプルスペース

似たような遮蔽体構造

>10kgの硫酸ガドリニウムを測定可能

6N grade銅や極低BG鉛は硝酸洗浄も行った



①1 cm 6N grade Cu (硝酸洗浄も)

②5 cm OFHC Cu

③2.5 cm 5 ± 3 Bq/kg ^{210}Pb lead (硝酸洗浄も)

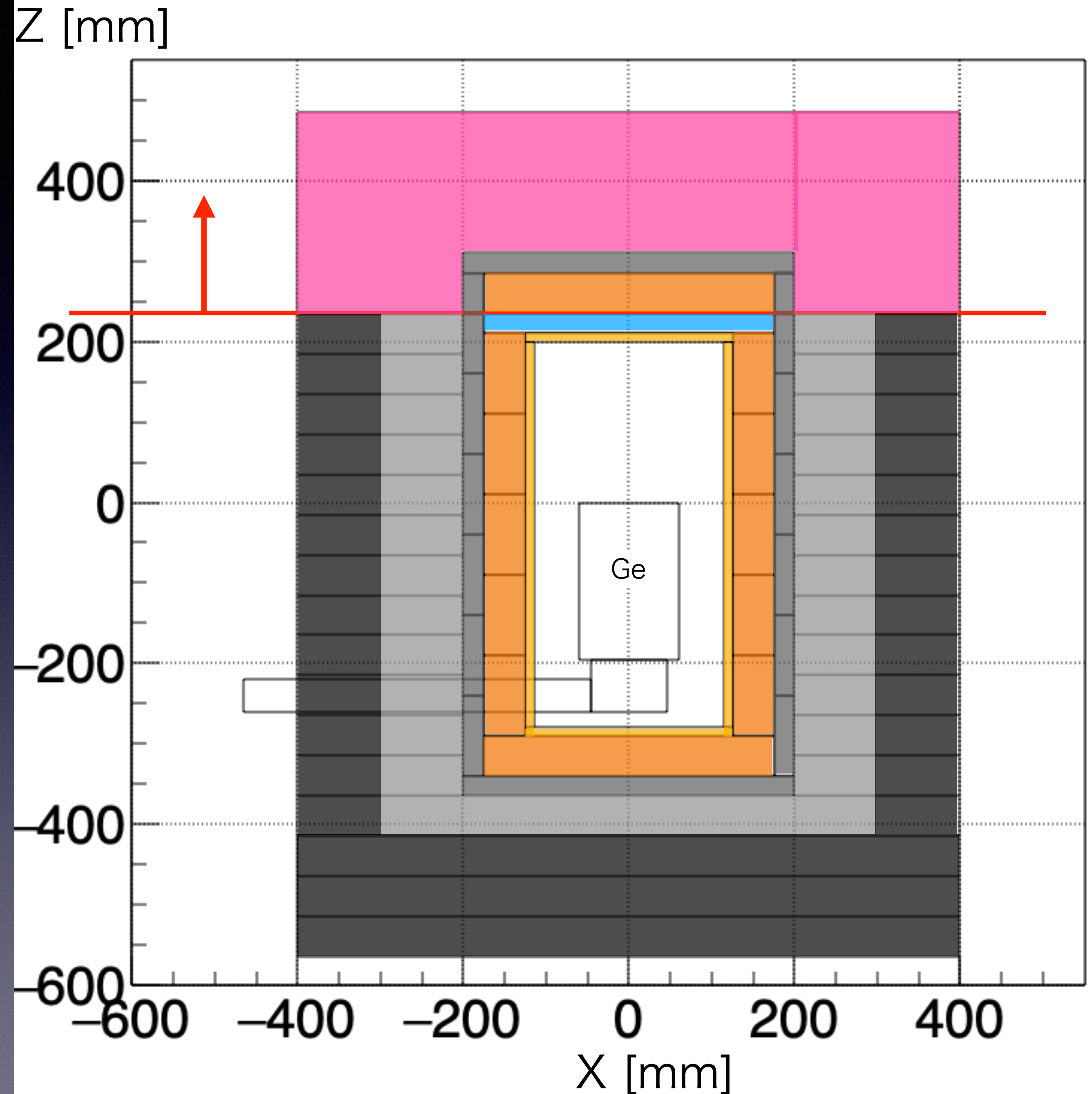
④10 cm ~ 35 Bq/kg ^{210}Pb lead

⑤10 cm ~ 180 Bq/kg ^{210}Pb lead

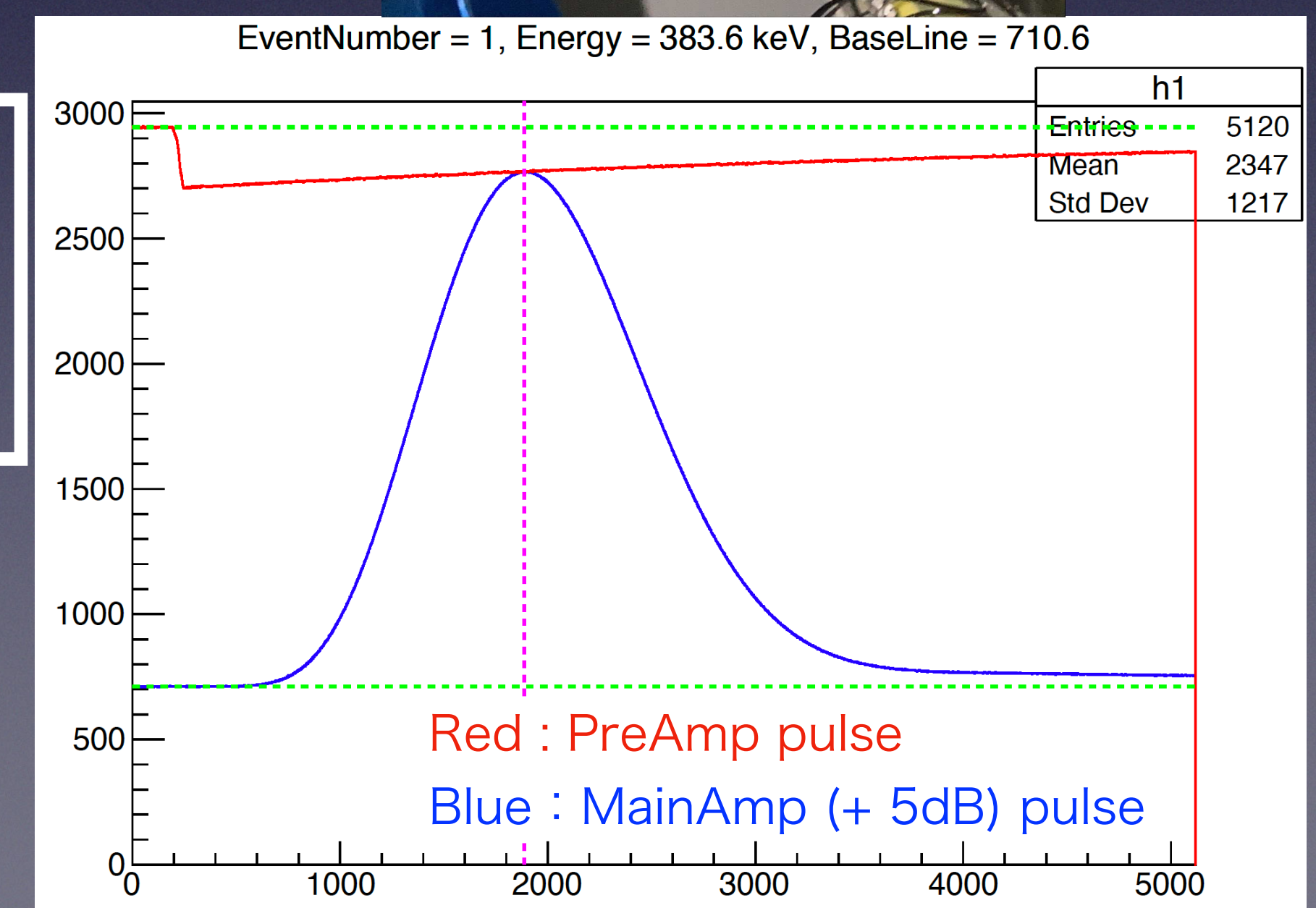
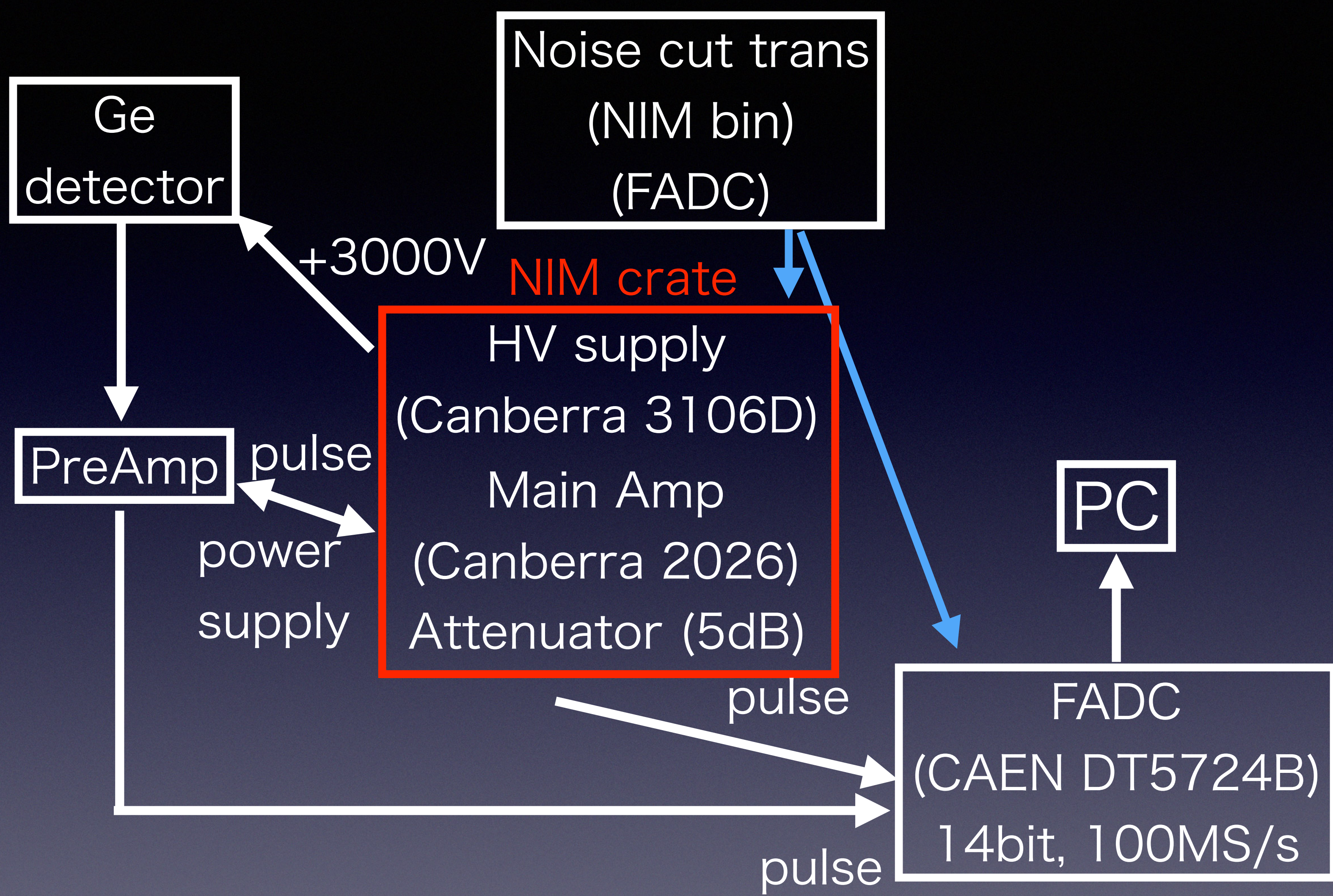
本年度の研究②：新しいGe検出器の組み上げ



- 6N grade Cu (1cm thickness)
- OFHC Cu (5cm thickness)
- 5 ± 3 Bq/kg ^{210}Pb lead (2.5 cm thickness)
- 35 Bq/kg ^{210}Pb lead (側面10cm、底面5cm、上部には入っていない)
- 180 Bq/kg ^{210}Pb lead (下部、35Bq/kgの鉛より外側に使用)
- Mixed of lowBG lead & Normal lead (> 1000 Bq)：上部にのみ使用
- 25mm thickness OFHC Cu blocks (上部鉛からの制動放射線等の遮蔽)

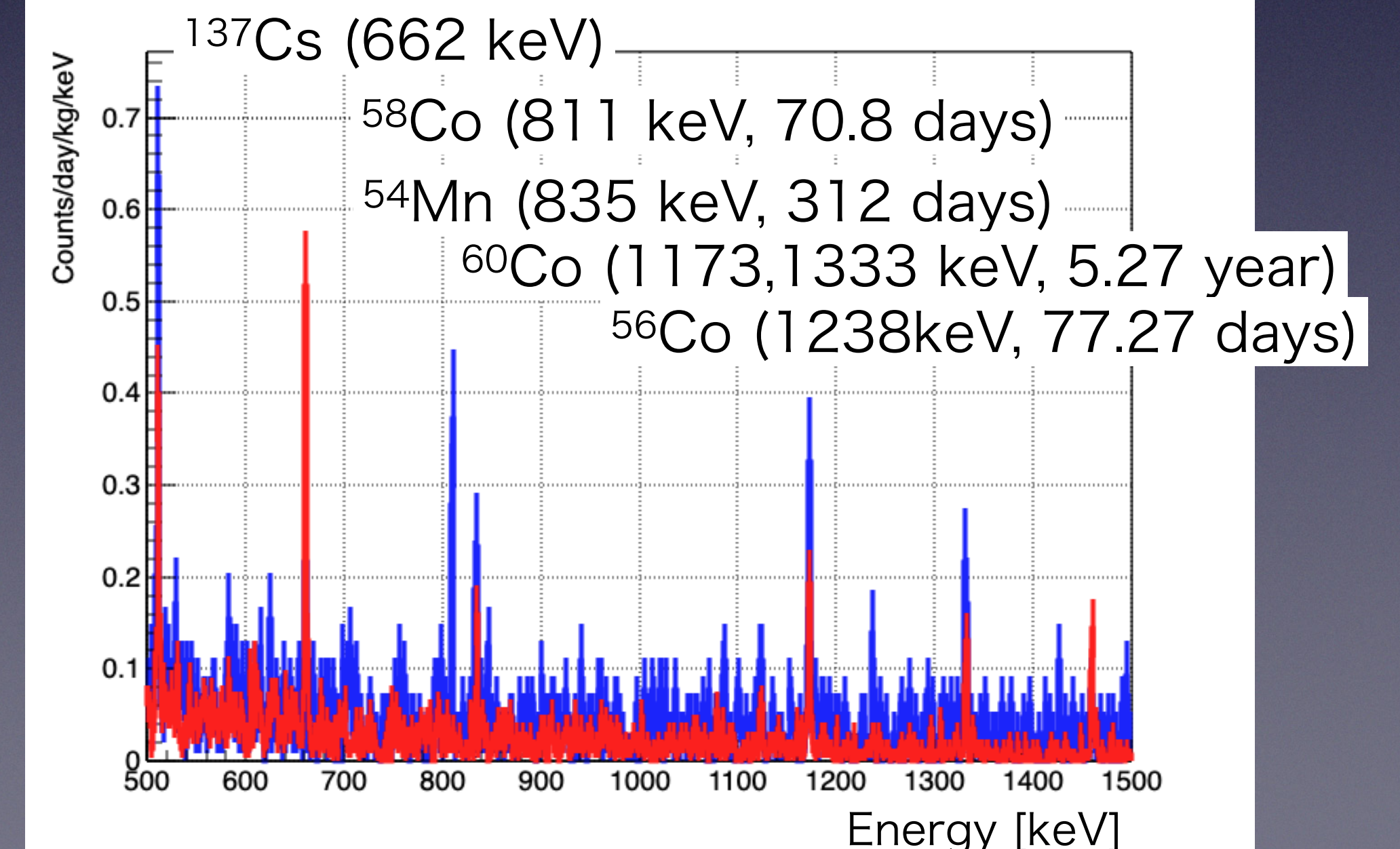
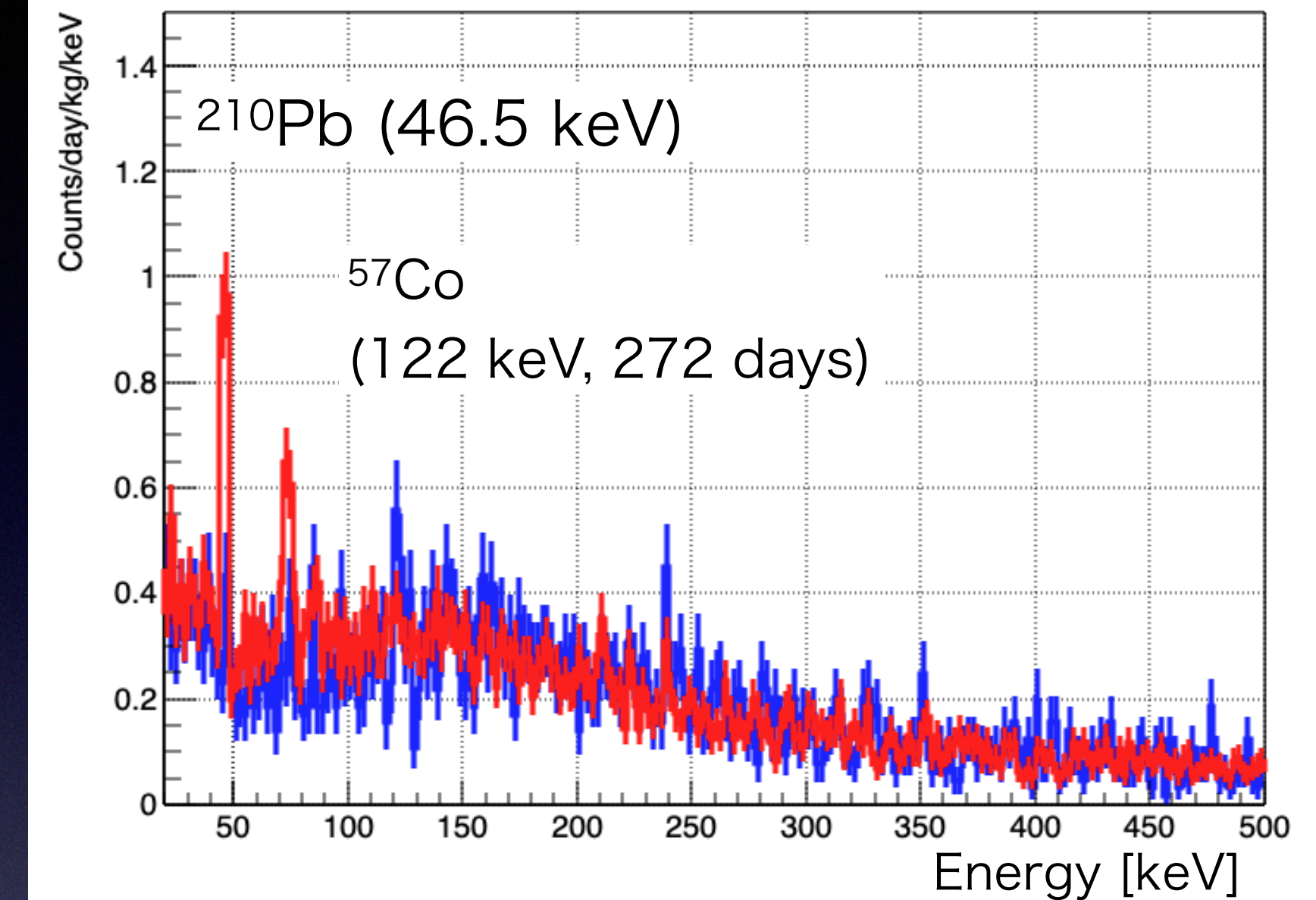
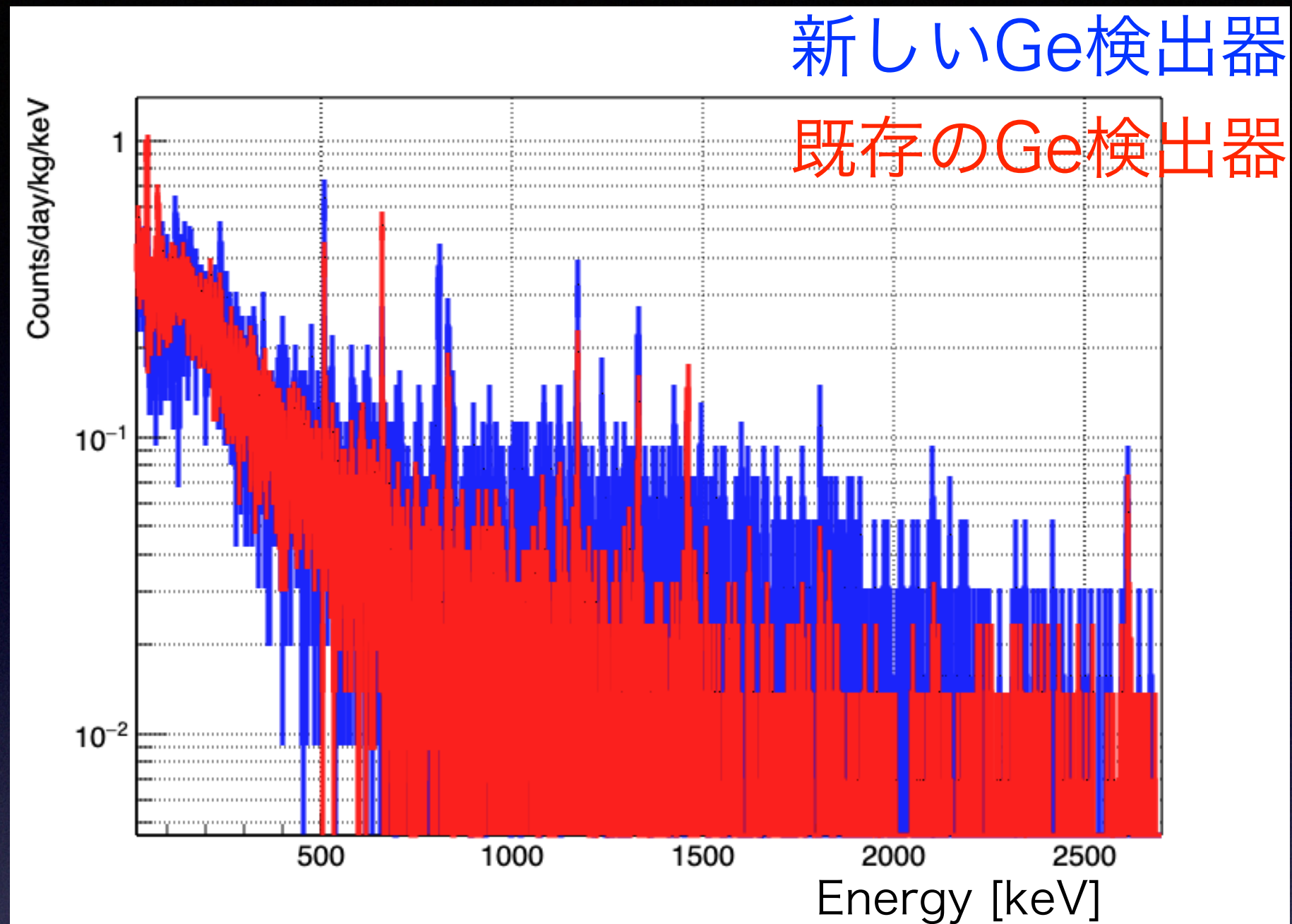


本年度の研究②：新しいGe検出器のDAQ、スペクトル、解析



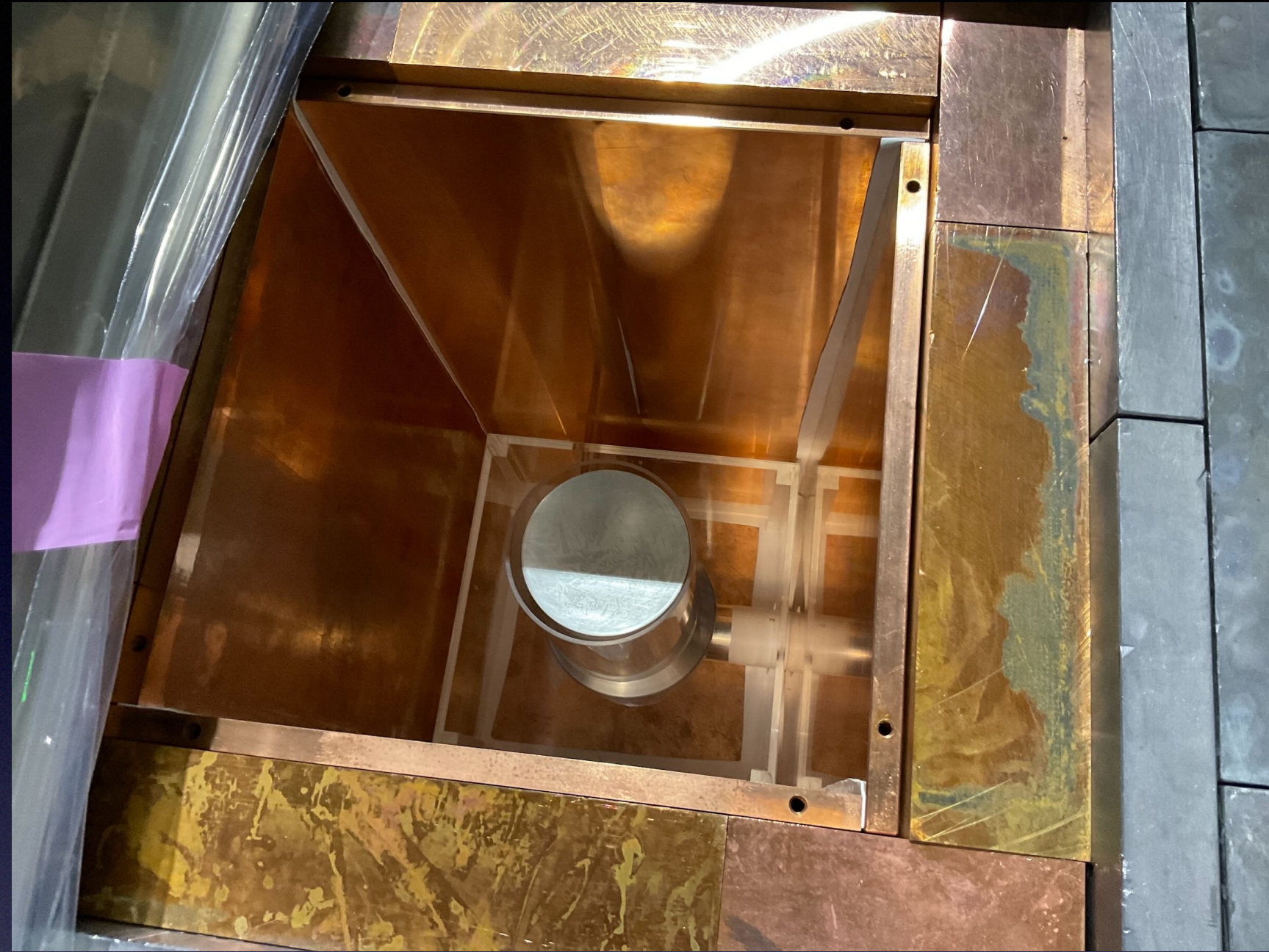
- 既存のGe検出器と同様、Waveform Digitizerを用いたデータ取得と解析 (ベースラインと波高情報を利用)
- **ノイズ除去に取り組み、ソフトウェアでノイズ除去せずとも10 keVしきい値でデータ取得が可能に**

BG Spectrum



- 赤：既存のGe検出器のBGスペクトル
 - ・ (2018/10, 2019/04の44日のデータ)
- 青：新しいGe検出器のBGスペクトル
 - ・ (2021/12の20日のデータ)
- 遮蔽体、Ge検出器が地表レベルにあった時の宇宙線による原子核破砕起源RIの有意なピークは見えている
- 遮蔽体の洗浄のおかげで ^{210}Pb (46.5 keVや70keV近傍のX線?)、 ^{137}Cs (662 keV)等は新しいGe検出器では見えていない
- U/Thの評価に関わる連続成分BGは現在同レベル程度

新しいGe検出器での硫酸ガドリニウムの測定開始



- 新しいGe検出器で10 kgの硫酸ガドリニウム測定を今月上旬より開始(現在2ロット目)
- 約10日の測定で硫酸ガドリニウム中の ^{226}Ra を0.5 mBq/kgのレベルで測定出来る見込み
- 既存のGe検出器と合わせて毎月約6ロット分析可能

まとめと今後

- 極低バックグラウンド HPGe検出器を用いたスクリーニングをSK-Gd計画で導入する硫酸ガドリニウムを中心に行った。
 - 今年度は今まで7ロット（10 kgの直接測定）+1ロット（ラジウム濃縮法）
- 新しく導入した極低バックグラウンド HPGe検出器もセットアップ構築が完了し、硫酸ガドリニウムのスクリーニングを開始した（現在2ロット目）
- 引き続き硫酸ガドリニウム中のRIの高感度測定を迅速に遂行する