

Jan 29th, 2025

● 令和6年度東京大学宇宙線研究所
共同利用発表会

ガス飛跡検出器による暗黒物質探索実験

身内賢太郎
(神戸大理)

竹内康雄 東野聡

鈴木 啓司 谷口 紘大 (神戸大)

寄田浩平 田中雅士 (早稲田大)

Neil Spooner Alasdair G McLean (University of Sheffield)

南野 彰宏 芝山 凌 佐々木優斗 (横国大)

小貫良行 (東大) 藤井俊博 (大阪公立大) 鶴剛 (京大)

- 実験概要
- 2024年度報告

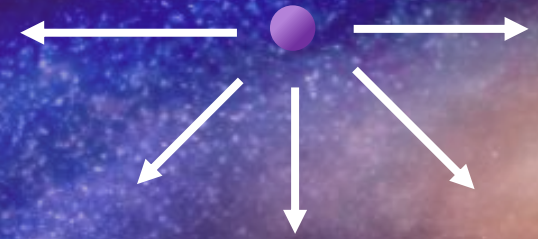
科研費
KAKENHI

1 実験概要

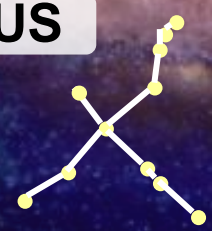
$v_0=220\text{km/s}$

DM HALO

G. C.

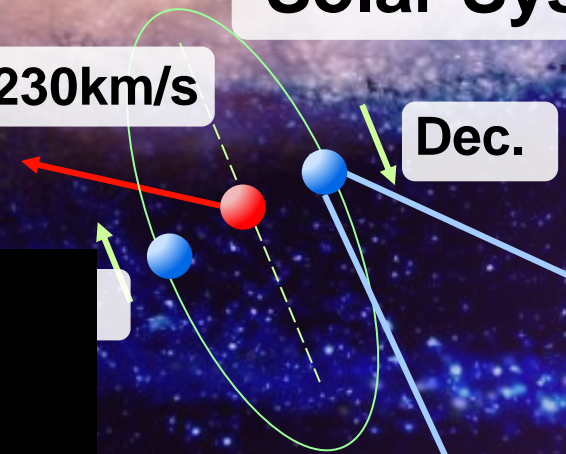


CYGNUS



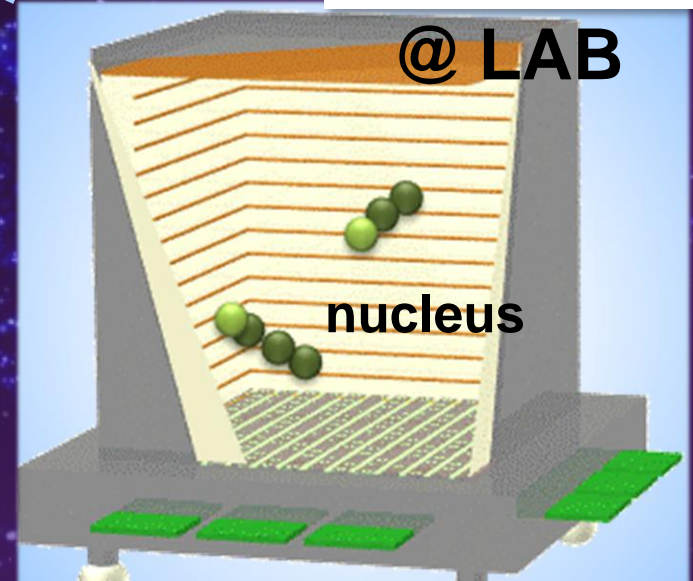
$v_{\odot}=230\text{km/s}$

Solar System



Dec.

nuclear recoil @ LAB



• Goal

- 方向に感度を持ったDM 検出
- 低圧力・大容量 ($1\text{m}^3 \times N$)

• 現状

- BGを削減して感度向上中
- CF_4 ~ 0.1 気圧・30cm角 ICRR共同利用成果発表会

2. 2024年度報告

• 研究費

- 35万円配分（物品費5万円 旅費30万円） ほぼ執行済

• 研究内容

• 地下測定

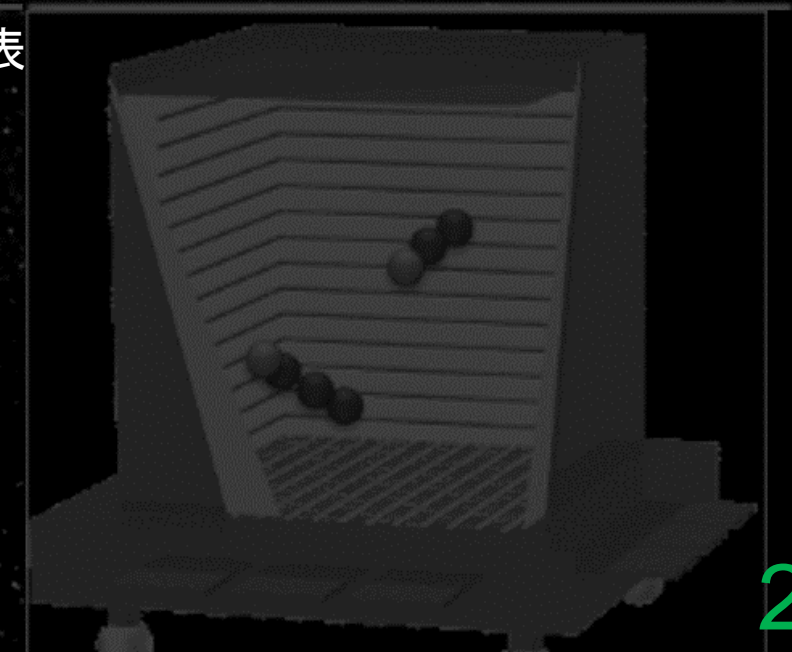
- 低BG μ -PICを用いたDM run (NIMA 1072(2025)170145)
- ガス中の不純物除去 (2024 J. Inst. 19 P02004)
- 中性子測定（早稲田・横国グループ） 関連：南野氏発表

• R&D

- 陰イオンガス
- 大型TPC (C/N-1.0)

• その他

- 国際情勢のレビュー (JAIS-473, 2024)



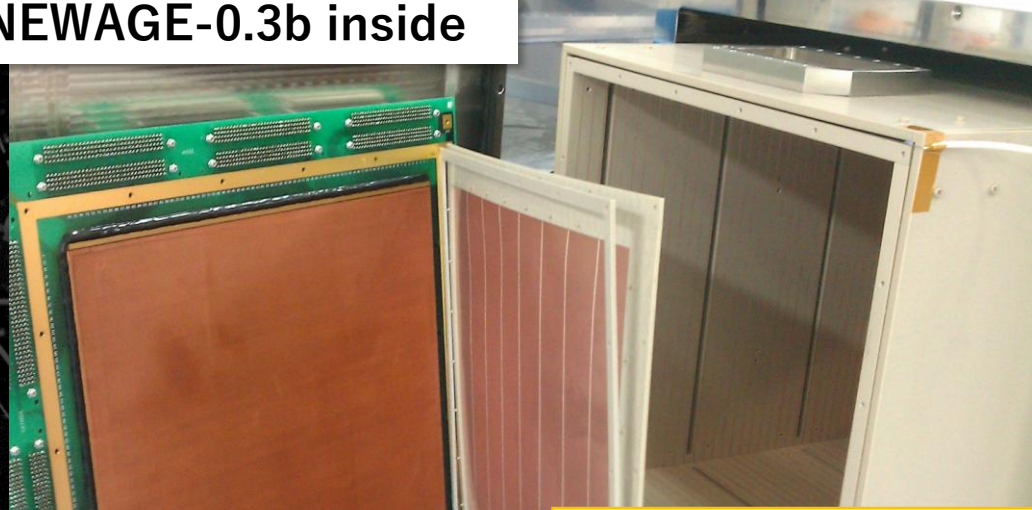
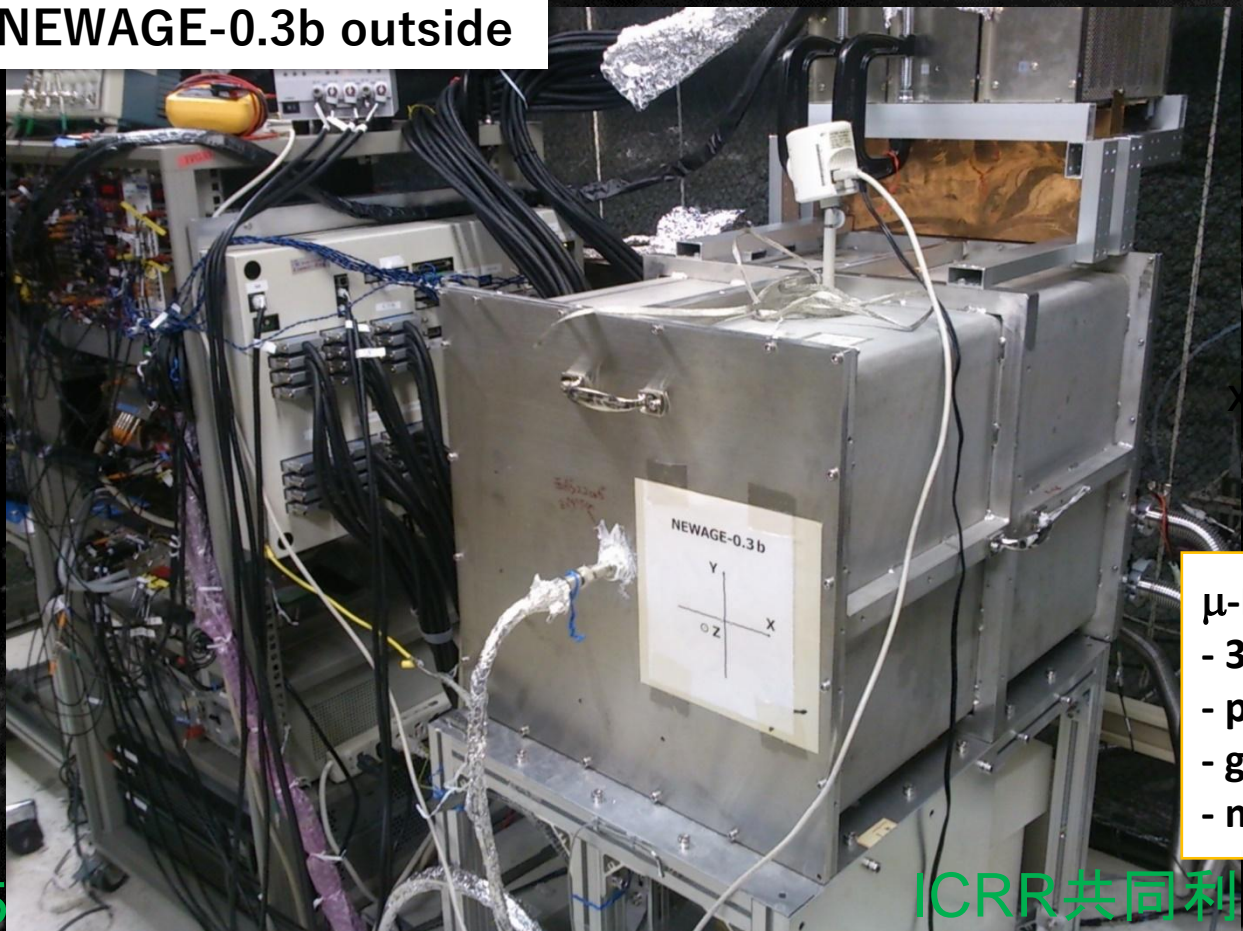
• 検出器: NEWAGE-0.3b”

- Detection Volume: $31 \times 31 \times 41 \text{ cm}^3$
- ~ 1500 ch readout system
- Gas: CF_4 at 0.1atm (50keVee threshold)
- 3D nuclear tracks
- gamma-ray BG rejection

Field cage
Drift length: 41cm
PEEK + copper wires

NEWAGE-0.3b outside

NEWAGE-0.3b inside

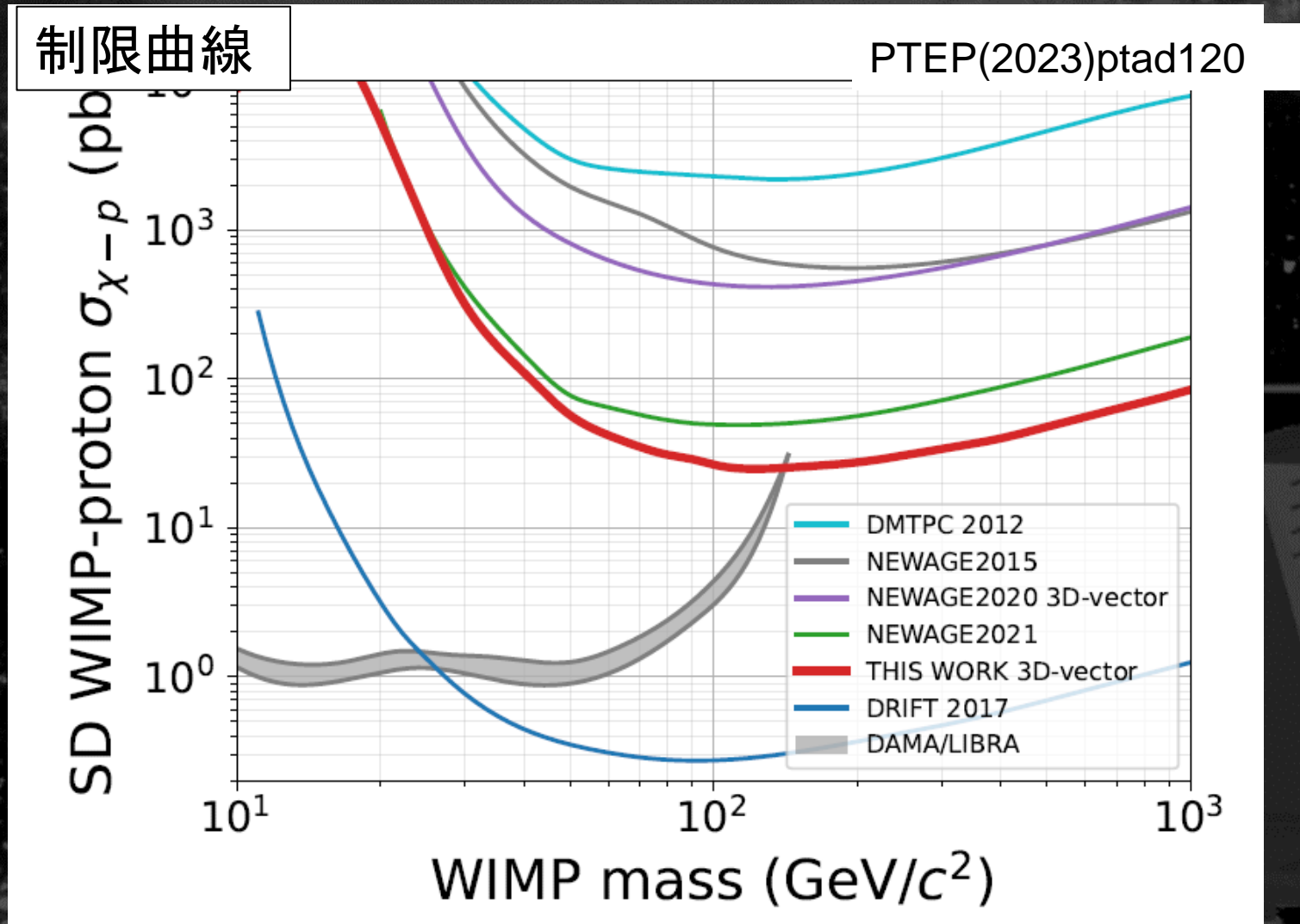


μ -PIC(Micro-pixel chamber)
- $31 \times 31 \text{ cm}^2$
- pitch : $400 \mu\text{m}$
- gain : ~ 1000
- made by DNP, Japan

GEM
- $31 \times 32 \text{ cm}^2$
- 8-segmented
- hole pitch : $140 \mu\text{m}$
- hole diameter: $70 \mu\text{m}$
- insulator : LCP $100 \mu\text{m}$
- gain : ~ 5
- made by Scienergy, Japan

• PTEP2023結果

- 方向感度解析として世界最高感度
- X2 improvement from NEWAGE 2021
- X10 improvement from NEWAGE2020 3D-vector analysis

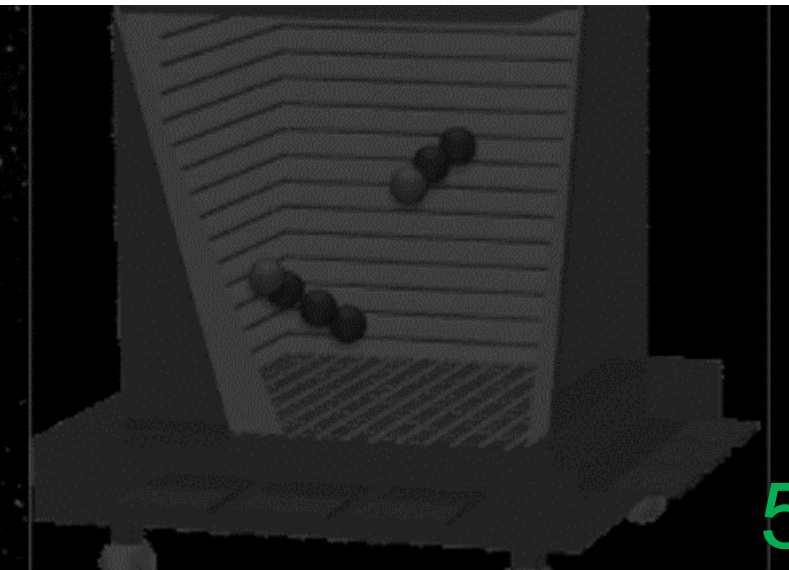
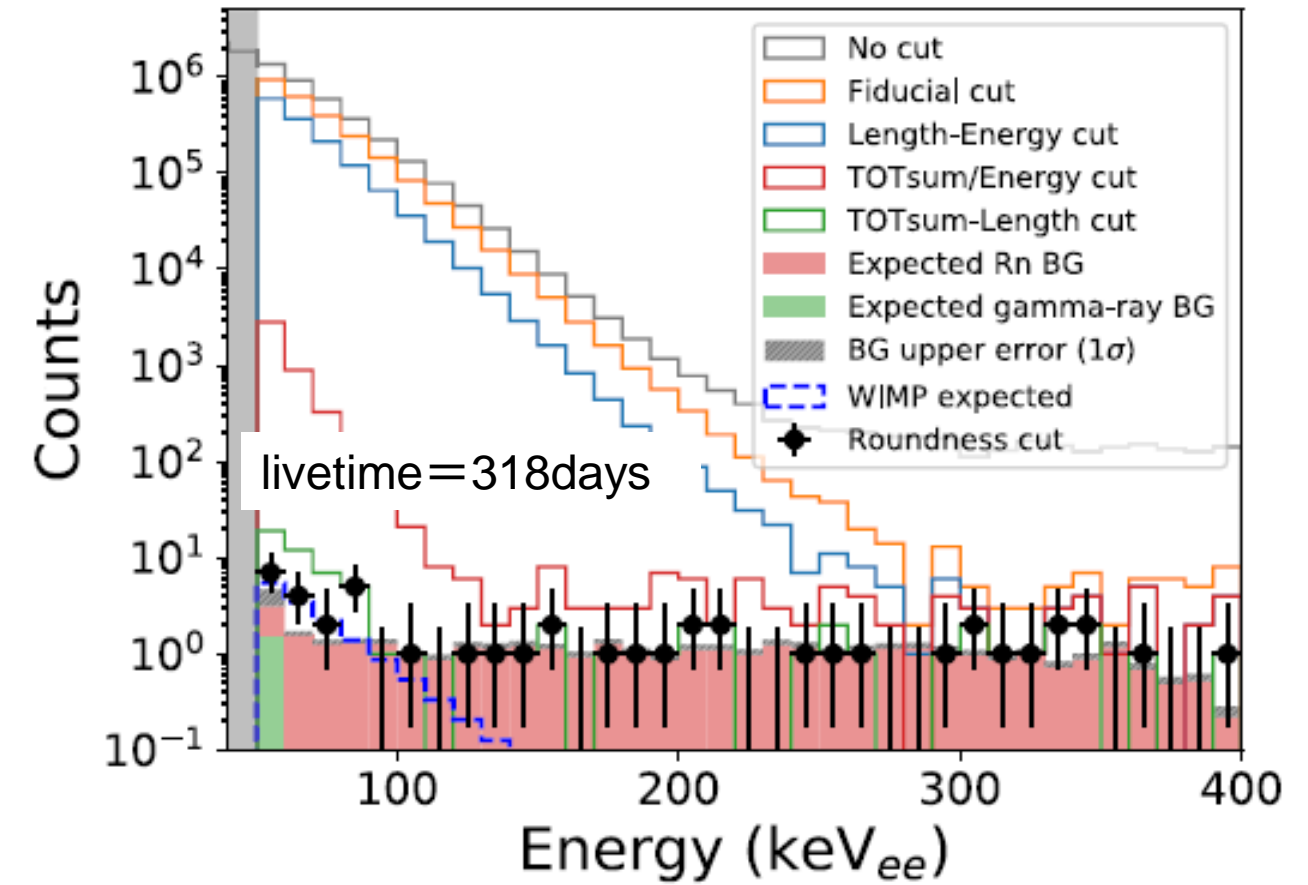


• 探索感度向上

- 低BG化：現行機で1桁は落とせる
(右図参照)
- 大型化：その先の探索に向けて

• BG源

- チェンバー内ラドン
- 外部 γ 線
- その他



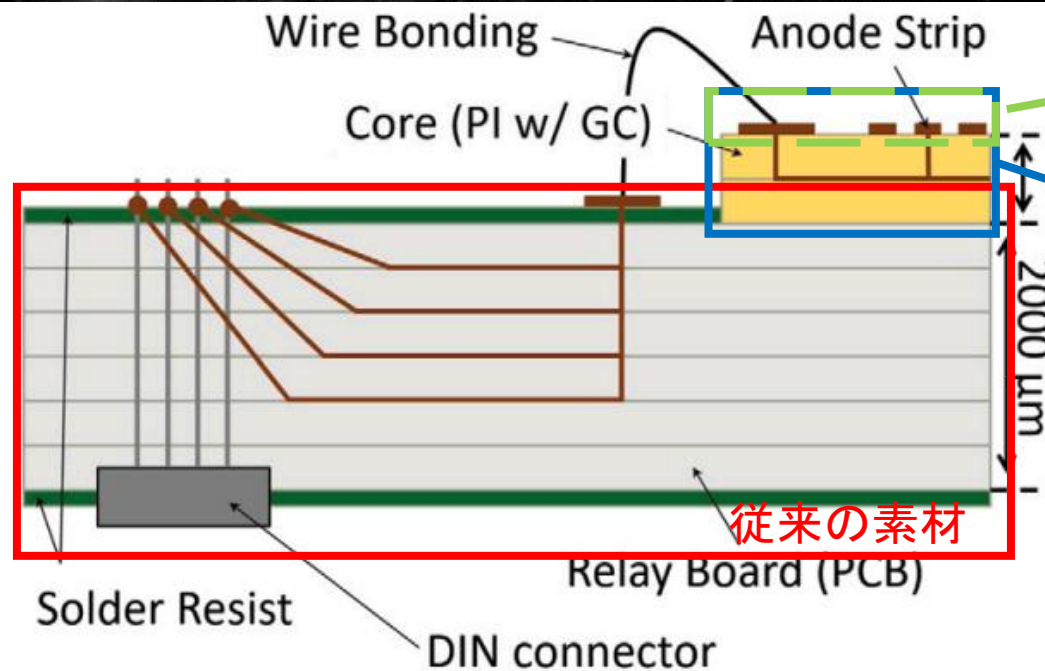
• 低BG化（ラドン低減）

• 低BG μ -PIC製作

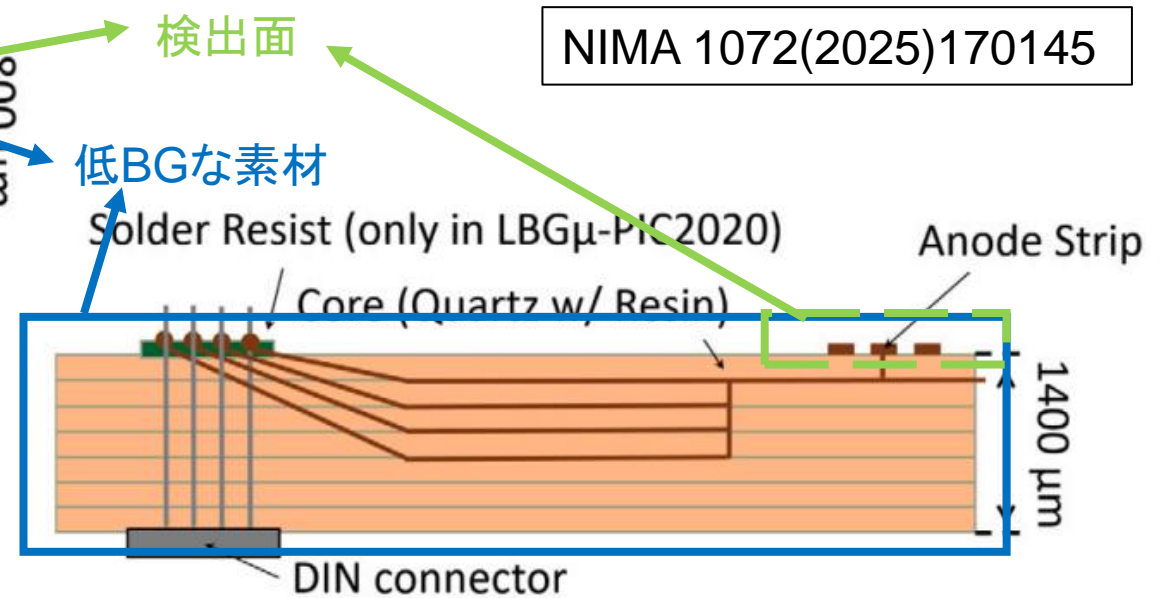
- 2020年 1枚
- 2023年 2枚
- 2025年（3月完成予定）

NIMA 1072(2025)170145

μ -PICの構造と材料



PTEP2023で使用の μ -PIC



新型「低BG μ -PIC」

- 低BG μ -PIC製作

- 2020年、2023年版共に低BG製作OK

NIMA 1072(2025)170145

Table 3

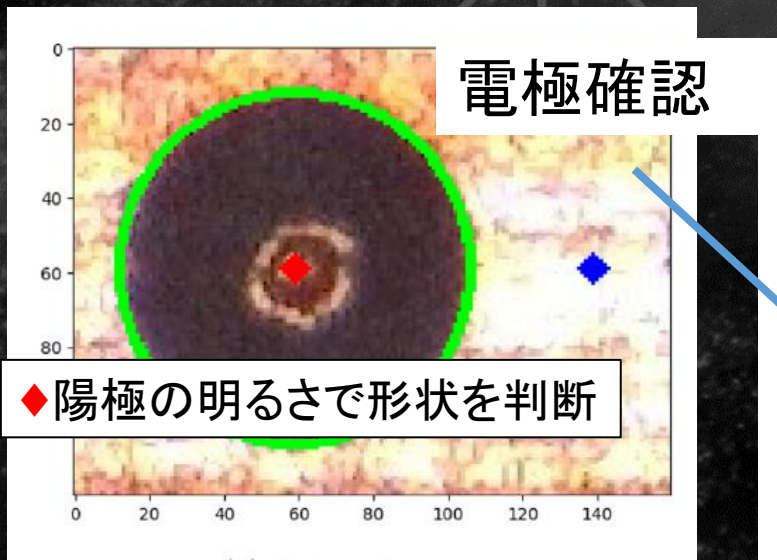
Radon emanation measurement results. All upper limits are 90% C.L.

Sample	^{214}Po rate [count/day]	Radon emanation rate [mBq/m ³]	Radon emanation rate [mBq/ μ -PIC]
PTEP2023で使用する μ -PIC	34.1 \pm 4.9	85.2 \pm 17.4	2.3 \pm 0.5
LBG μ -PIC2020	<2.0	<5.1	<0.14
LBG μ -PIC2023-1	<0.6	<1.5	<0.04
LBG μ -PIC2023-2	<0.7	<1.8	<0.05

低BG μ -PIC製作

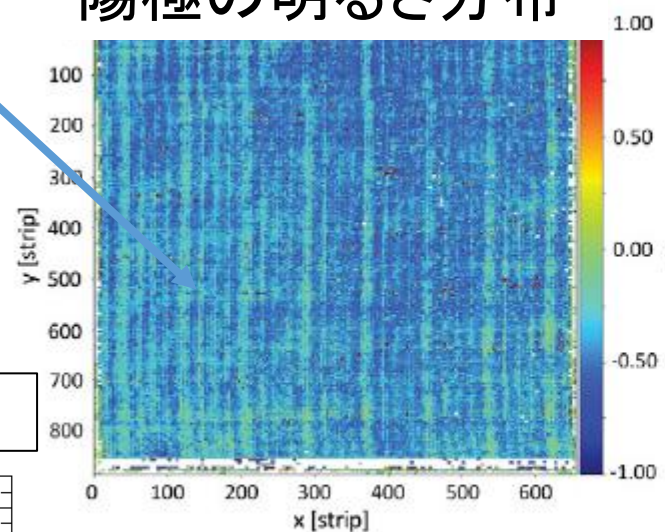
検出器として

- 2020年版：ピクセル形状が不均一（下図で全体的に暗い&ムラあり）
- 2023年版：ピクセル形状は改善 2枚中1枚はショート多数

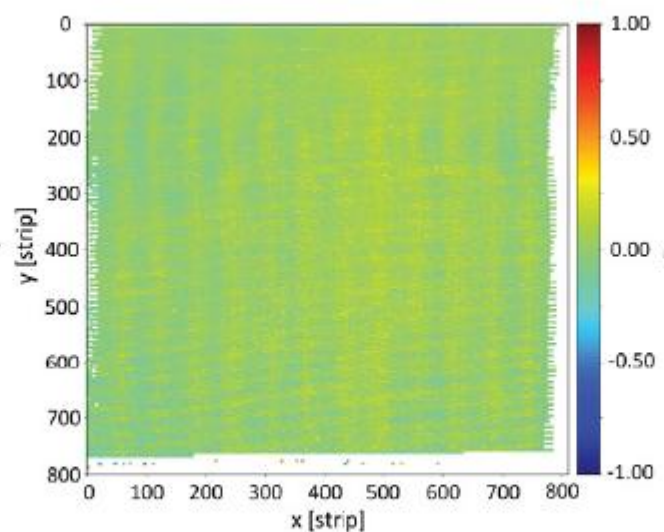


NIMA 1072(2025)170145

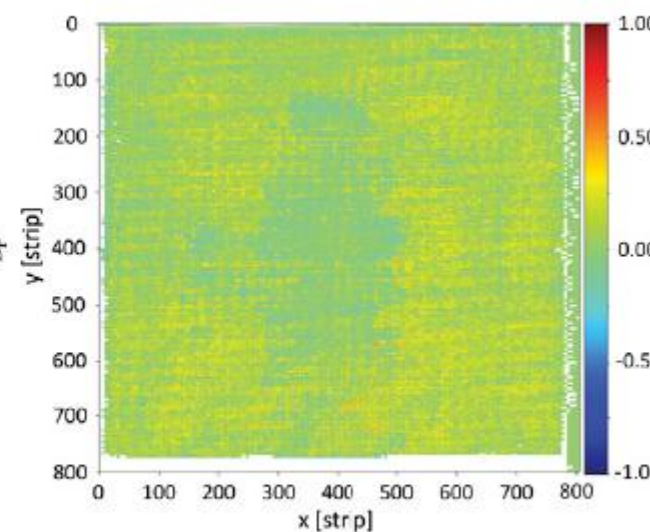
陽極の明るさ分布



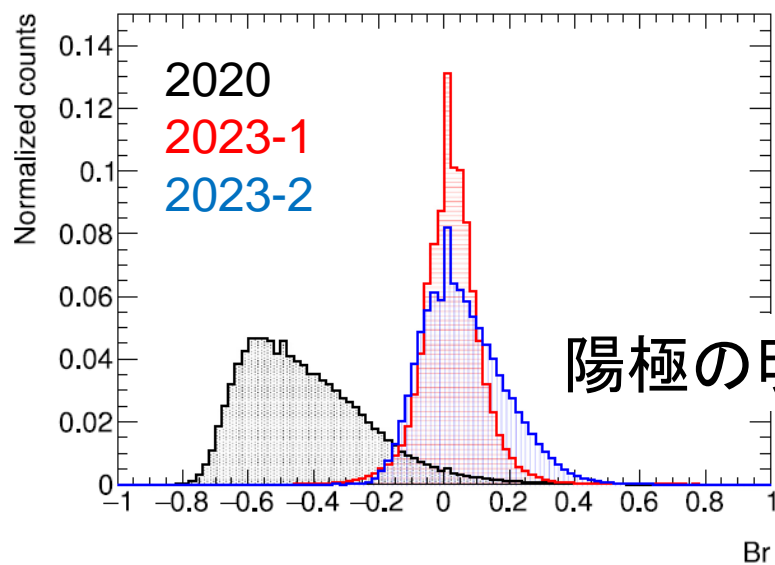
(a) LBG μ -PIC2020



(b) LBG μ -PIC2023-1

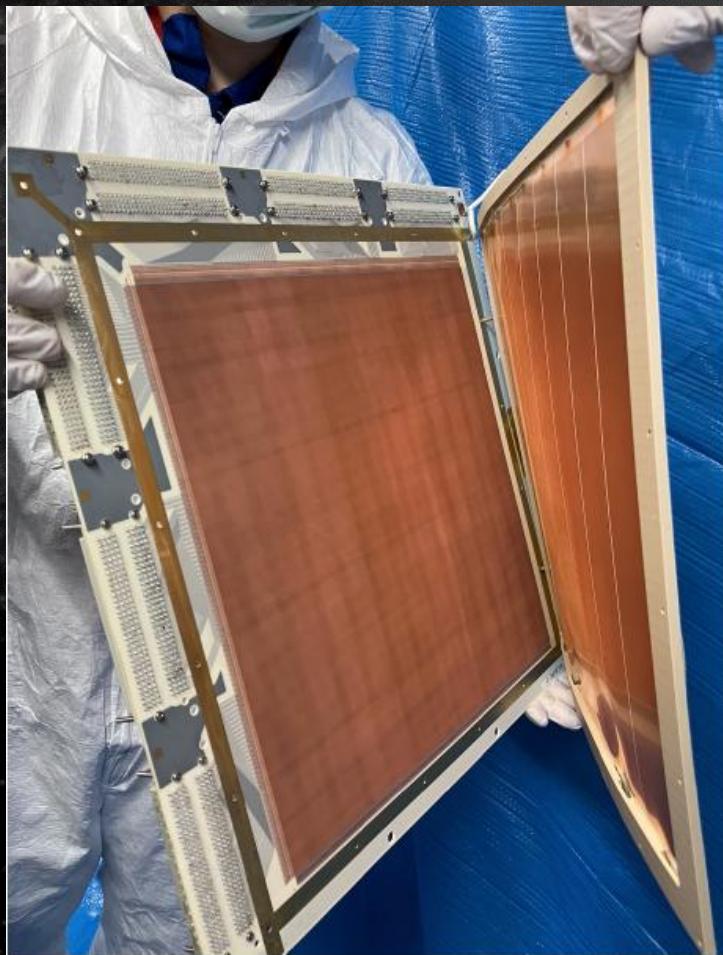


(c) LBG μ -PIC2023-2



- 2023版を地下実験に投入
- 更なる改良版を製作中

- 低BG μ -PICによるDM run
 - インストール：2023年12月

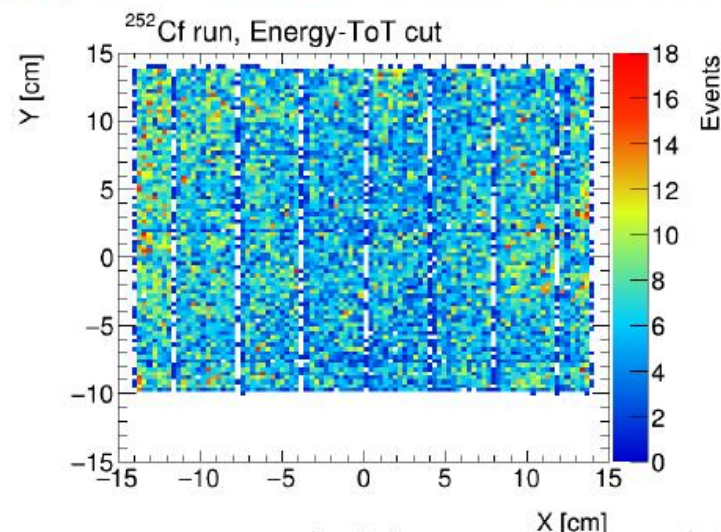


μ -PIC (左側)と
GEM (右側)



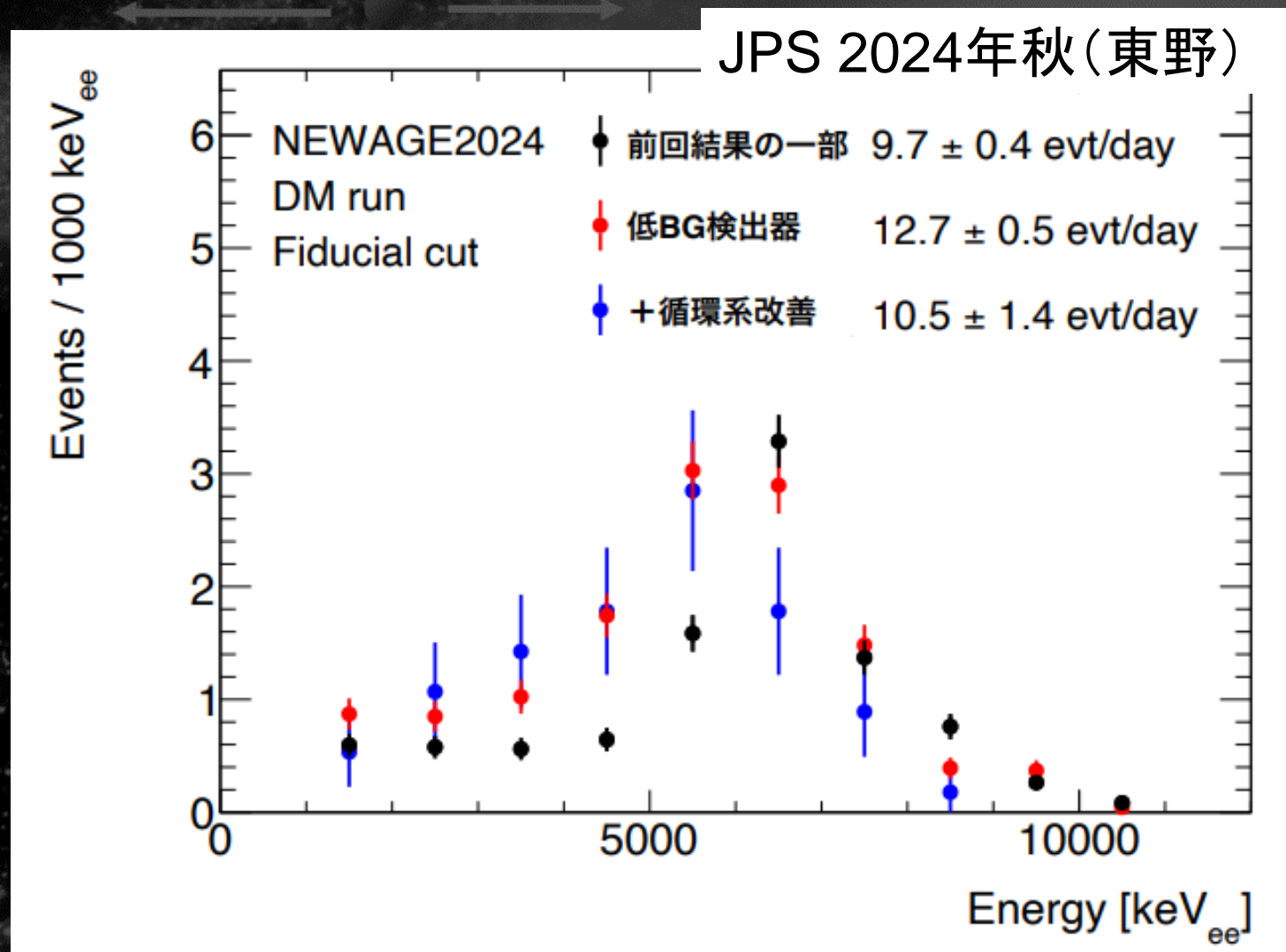
インストールの様子
2023年12月15日完了

2023年度共同利用成果発表会
(東野)



^{252}Cf での中性子一様照射

- 低BG μ -PICによるDM run
 - ラドンBG：有意な削減は見られず



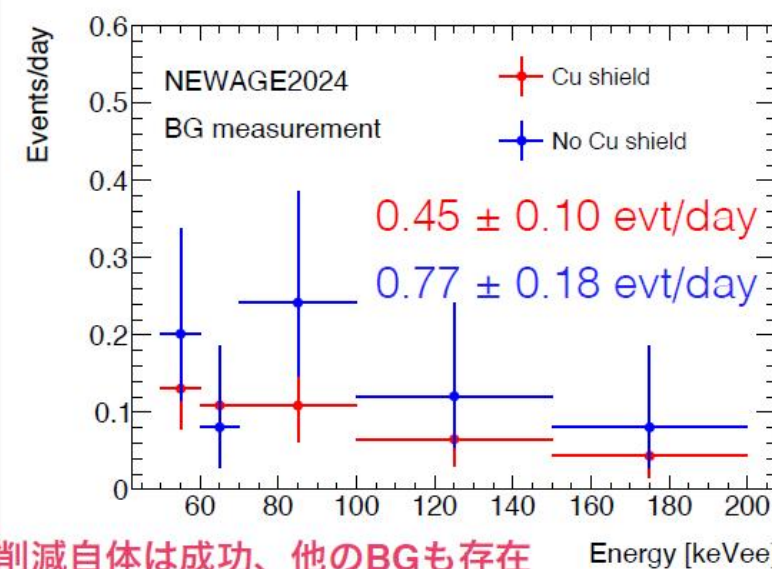
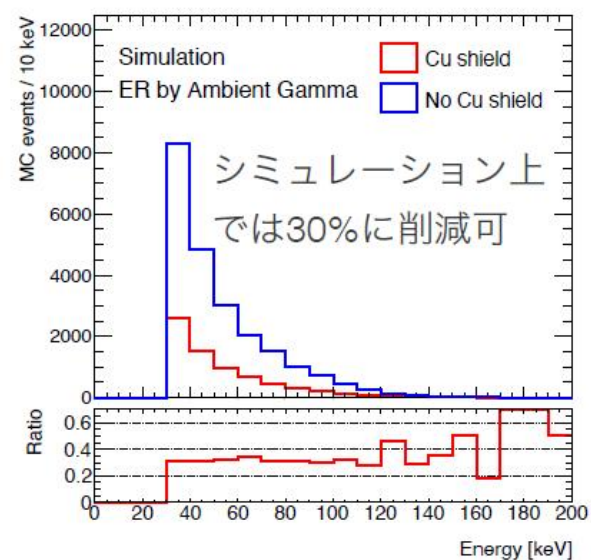
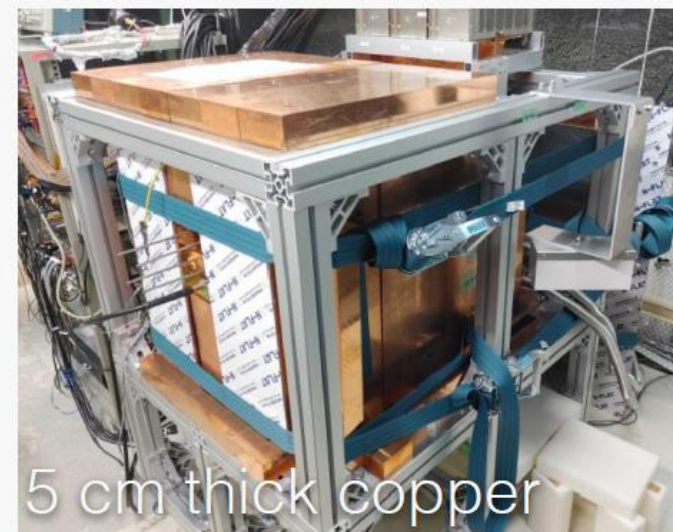
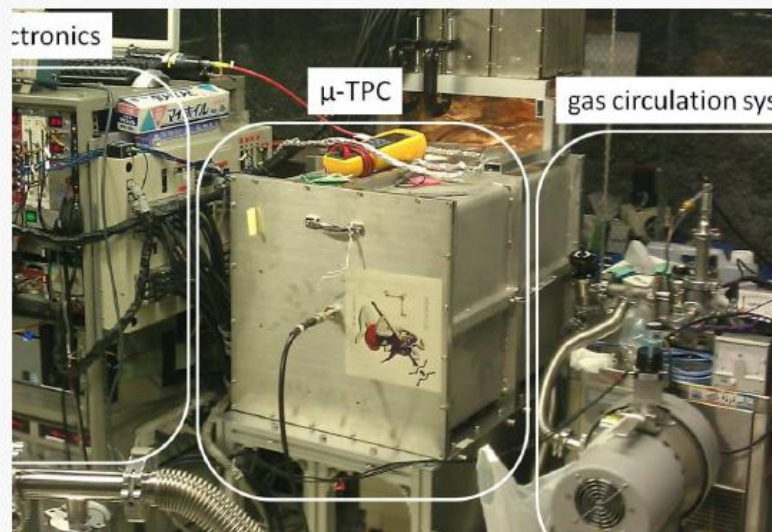
- μ -PIC以外のラドン源を調査
- ラドンBGの低エネルギーへの寄与を調査

低BG化 (ラドン以外)

- 外部ガンマ線
- 外部中性子

JPS 2024年秋(東野)

銅シールド (環境ガンマ対策)



9 削減自体は成功、他のBGも存在

• 低BG化（ラドン以外）

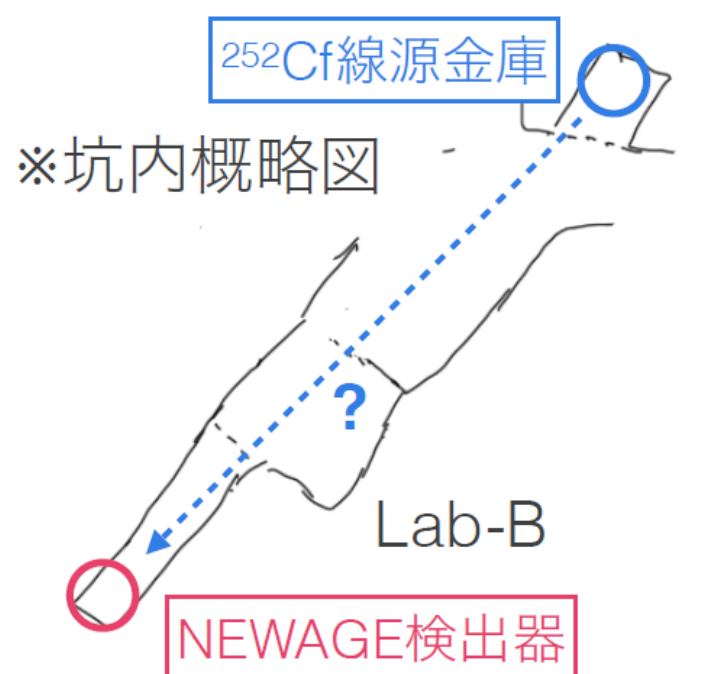
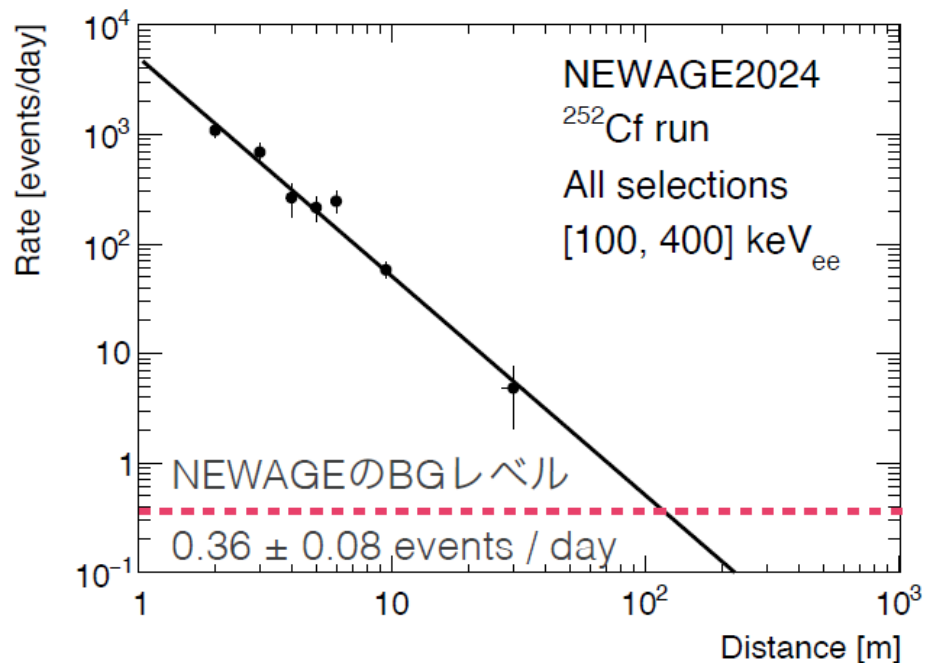
- 外部ガンマ線
- 外部中性子

JPS 2024年秋(東野)

- ^{252}Cf 中性子線源とNEWAGE検出器からの距離によるレート遷移を調査

→ NEWAGEのevent selectionをかけた後のイベント数で比較

- 100 m先の中性子線源にも感度があることがわかった



- ^{252}Cf 線源を坑外に移動してBG run
 - 計数率 (100-400keV)
 - 線源@坑内 0.40 ± 0.12 events / day
 - 線源@坑外 0.20 ± 0.09 events / day
- ⇒ 線源周り遮蔽を追加して以降の測定を行う

大型化：CYGNUS-KM/NEWAGE-1.0(C/N-1.0)

- 地下でのBG低減の経験を反映しながら
コミッショニング/移設準備

C/N-1.0

モジュール1

モジュール1(背面)

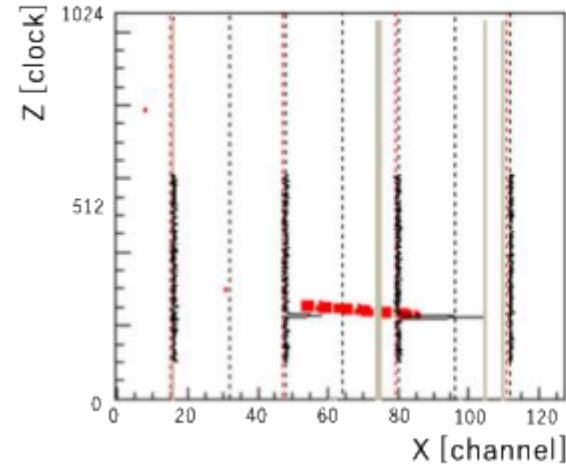
生井
2024年12月
MPGD研究会

モジュール1での飛跡検出

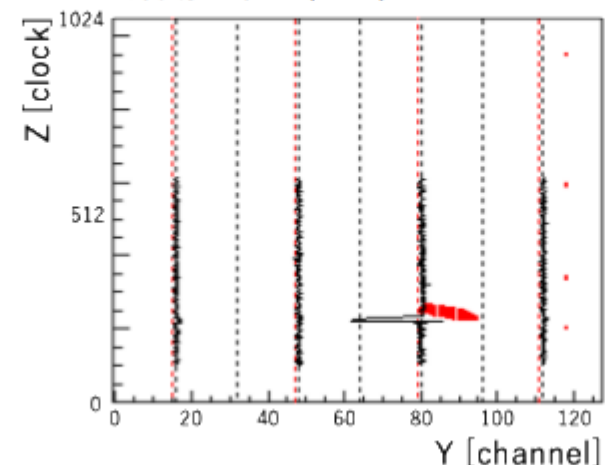
UKモジュール

➤ 飛跡のパラメータから反跳粒子の識別を行う

飛跡の例 (X-Z)



飛跡の例 (Y-Z)



赤線：hit

黒線：ADC波形

- Energy: 498.7 keV
- Length: 3.1 cm
- protonと推測される

• まとめ

- 地下測定：低BG μ -PIC runデータ取得中
- 大型ガスTPC：コミッショニング中

