

# NEWAGE実験54: 2019年地下実験経過報告

池田 智法

身内賢太郎、石浦宏尚、中村拓馬、島田拓弥、中村輝石、  
神戸大学

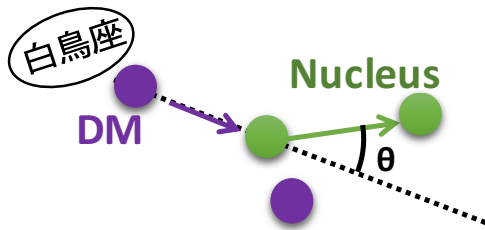
2019年9月18日

2019年日本物理学会秋季大会

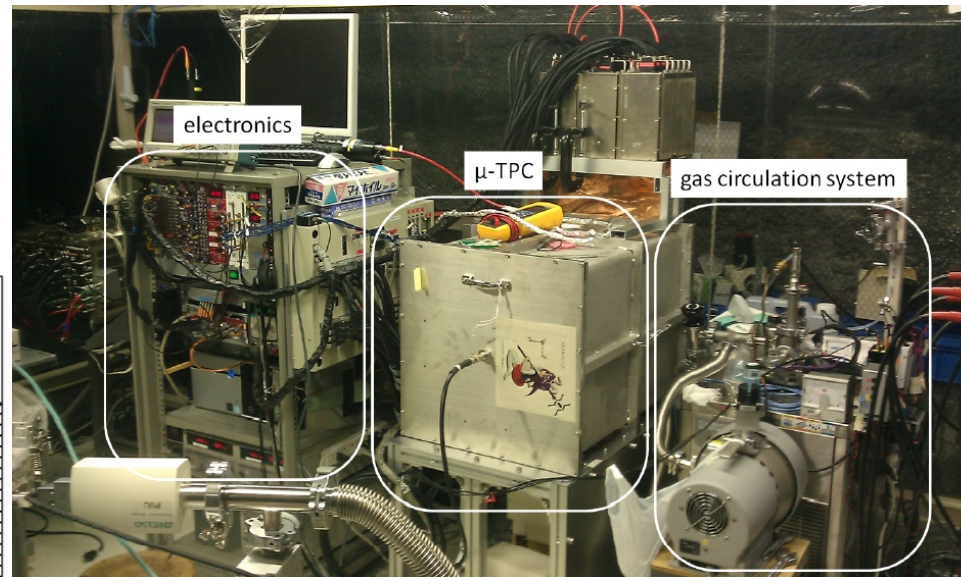
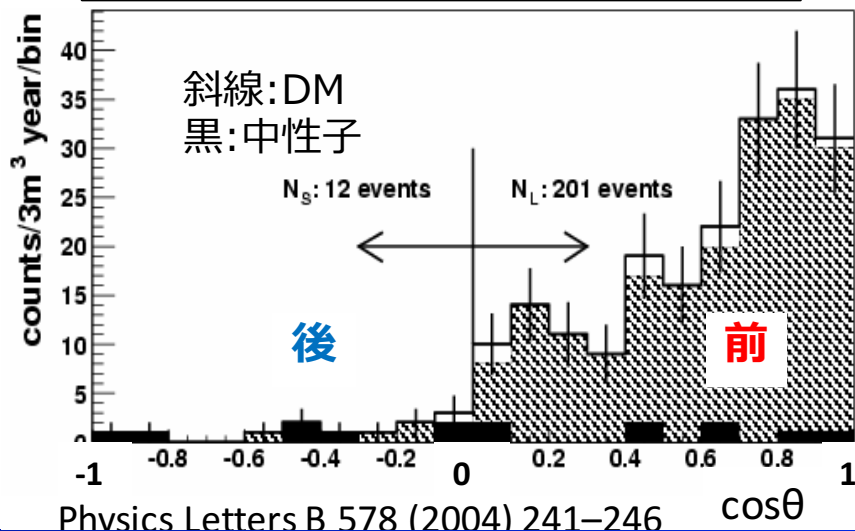
# NEWAGE

- 神戸大学主導の**方向に感度を持つ**暗黒物質直接探索実験
- 到来方向異方性の観測を目指す
- ガス検出器「マイクロTPC」を用いる

- Detection Volume:  $31 \times 31 \times 41 \text{ cm}^3$
- Gas:  $\text{CF}_4$  at 76Torr (50 keVee threshold)
- Gas circulation system with cooled charcoal
- Installed in Kamioka Laboratory



期待される到来方向異方性(数倍)



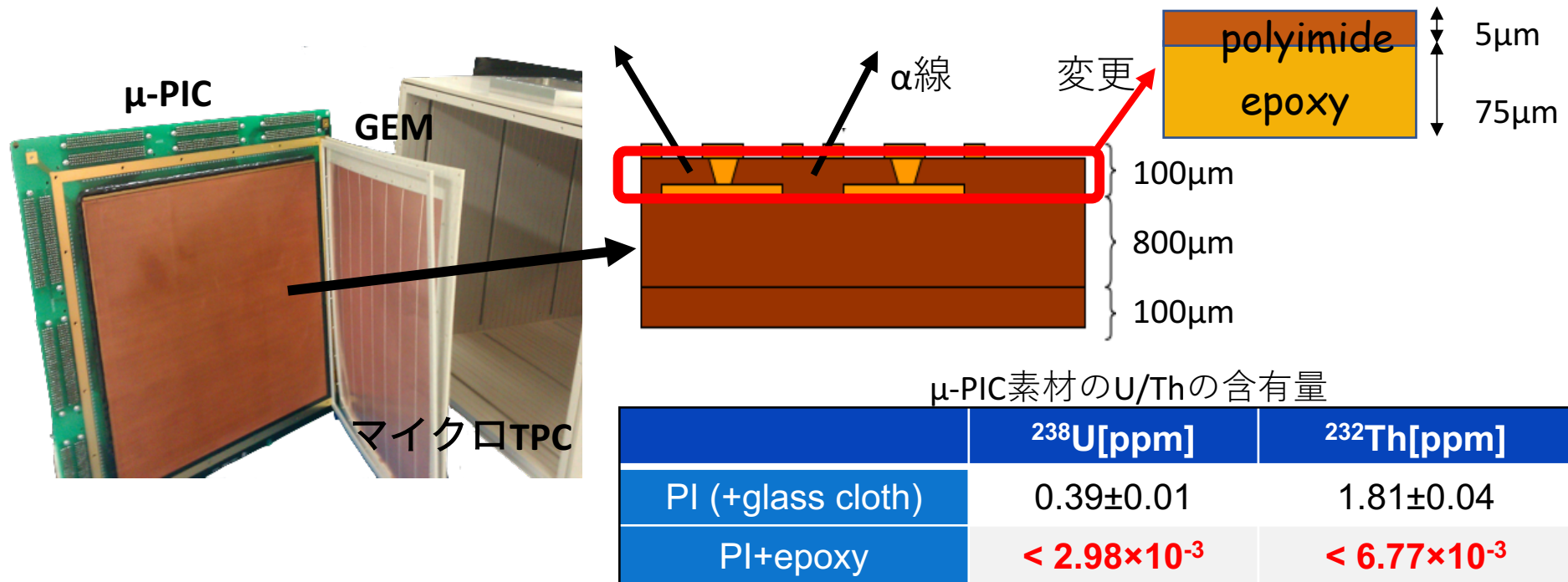
NEWAGE検出器『NEWAGE-0.3b』@神岡地下実験施設

# Low-alpha $\mu$ -PIC

Work by 橋本隆



- 2015年の結果から、主なBGは $\mu$ -PICに含まれるU/Th系列からのアルファ線

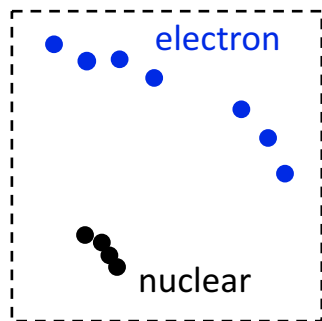


- $\mu$ -PIC上層の部分をU/Th含有量の少ない素材(PI+epoxy)に変更した、Low-alpha  $\mu$ -PICを開発
- 30cm<sup>2</sup>のものを2017年末に神岡地下実験施設にインストール、2018年6月からRUN開始

# ER除去

- 飛跡の形状と、TOTの情報による電子イベント除去

- Energy-Length カット

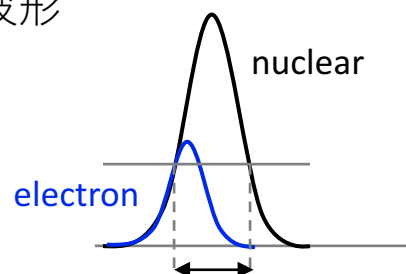


電子: 長い

原子核: 短い

- TOT-Energy カット

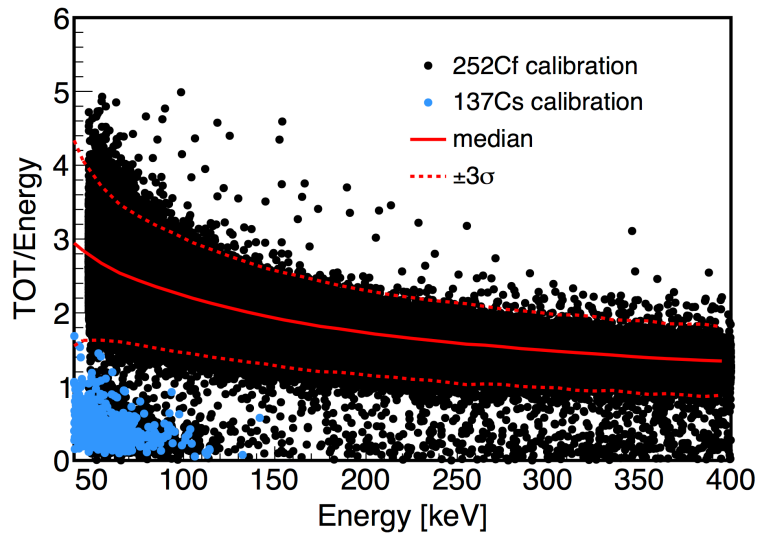
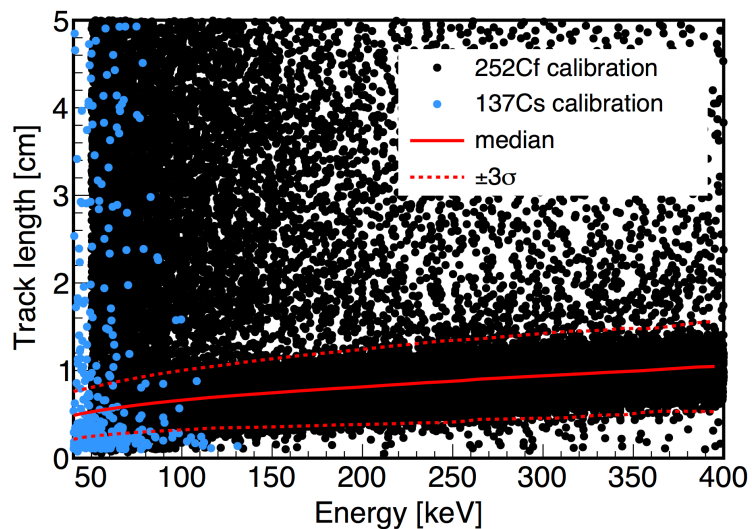
波形



電子のdE/dx:  
小さい

原子核のdE/dx:  
大きい

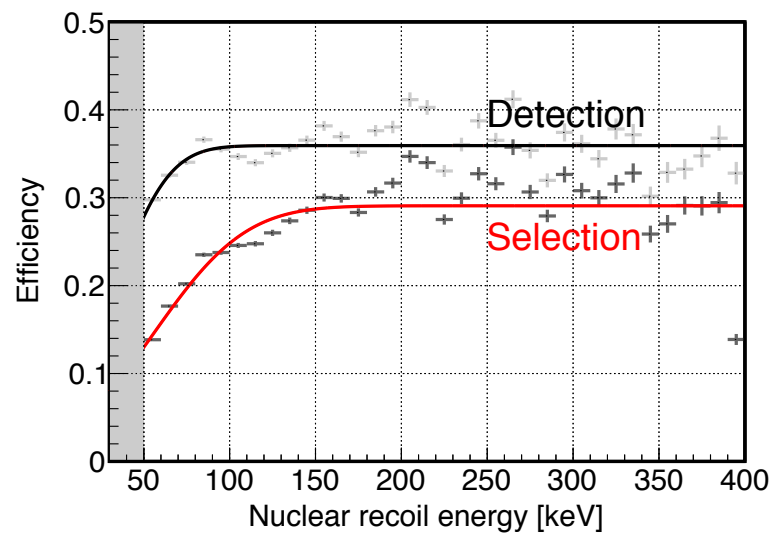
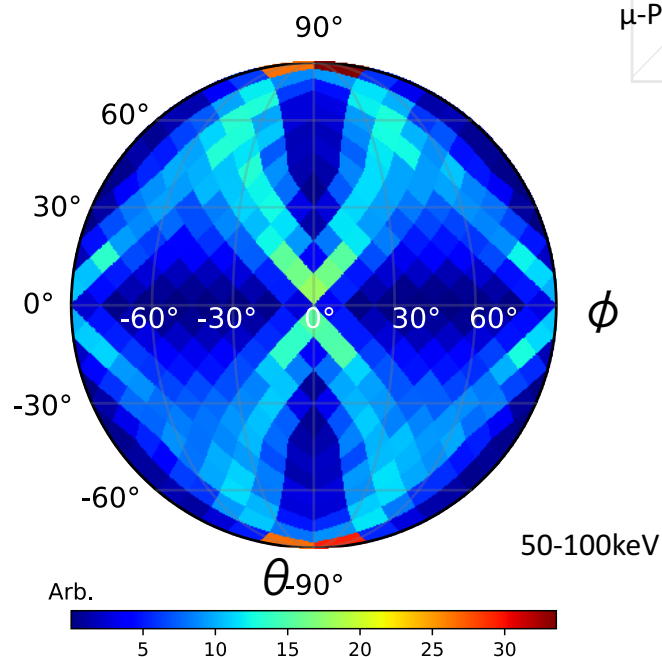
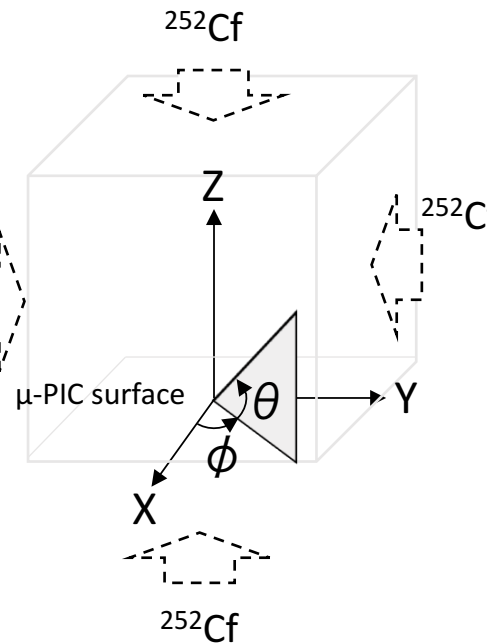
Time over threshold (TOT)



# 検出効率

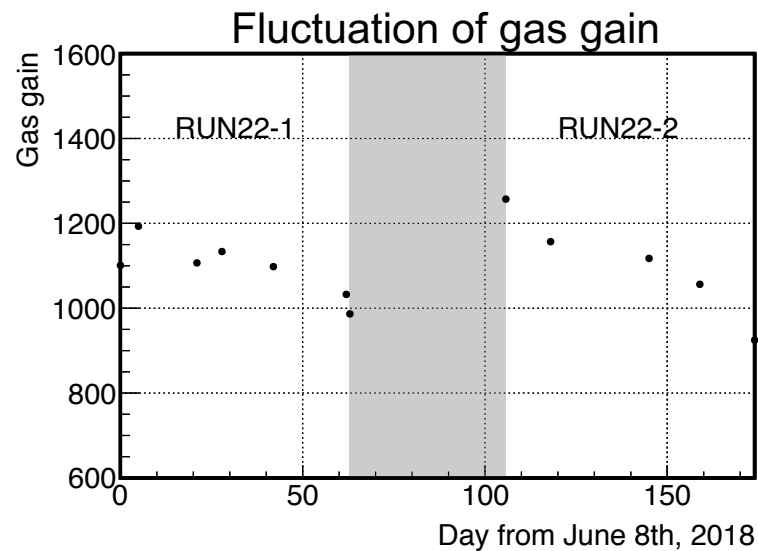
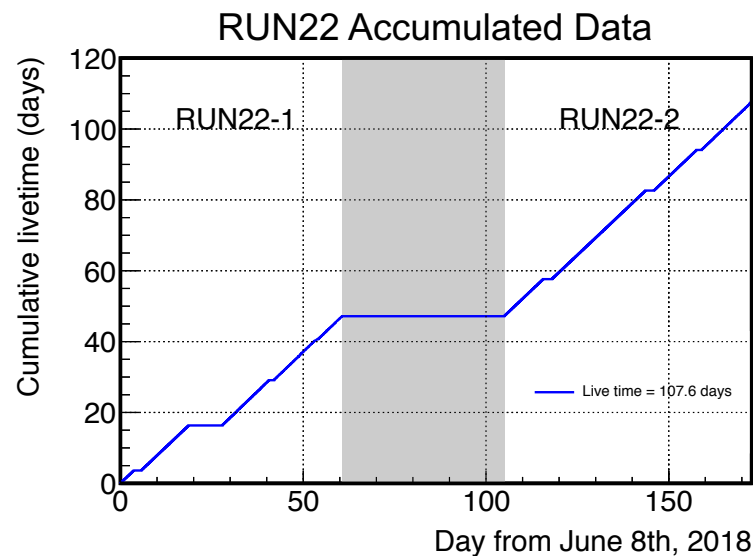
- 6方向から $^{252}\text{Cf}$ を照射、シミュレーションと比較して検出効率を計算
- 原子核の検出効率: 14%  
@50-60keV
- 電子の検出効率:  
 $5.9 \times 10^{-6}$  @50-60keV

相対検出効率マップ  
@検出器座標系



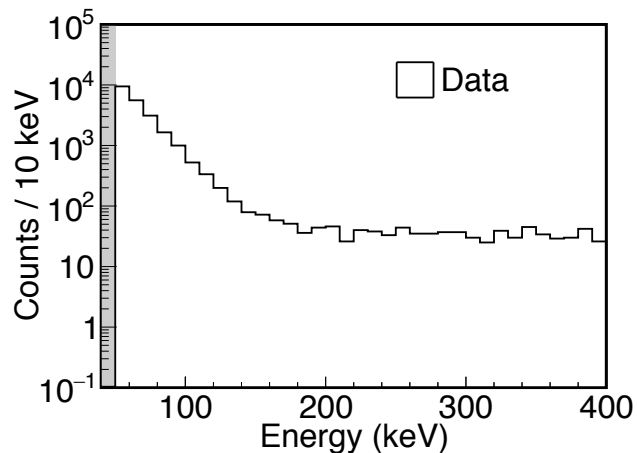
# RUN22

- RUN22
  - Low-alpha  $\mu$ -PICを用いた暗黒物質探索
- Exposure:
  - RUN22-1 June 2018 0.49 kg · days
  - RUN22-2 Sept. 2018 0.63 kg · days
- 2週間ごとのキャリブレーション
  - Energy scale
  - Energy resolution
  - Detection efficiency

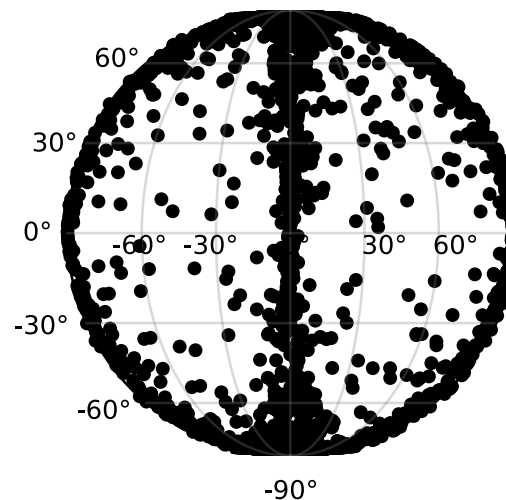


# RUN22のデータ(イベントセレクションなし)

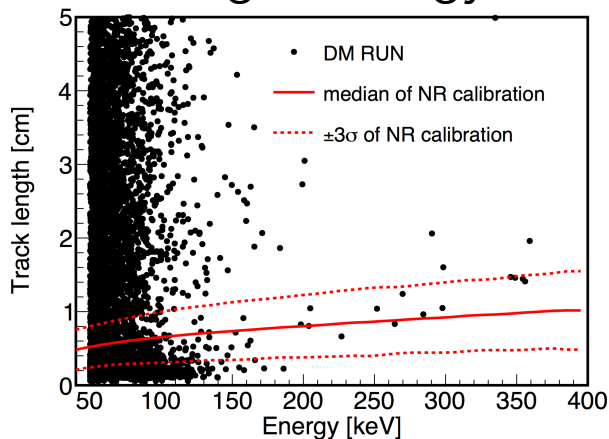
## エネルギースペクトル



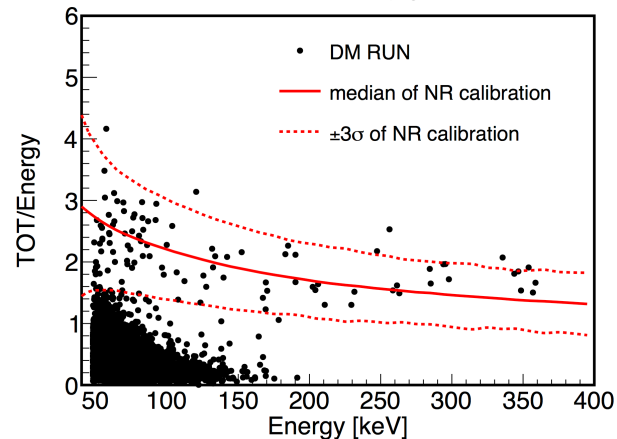
## スカイマップ@検出器座標系



## Length-Energy 分布

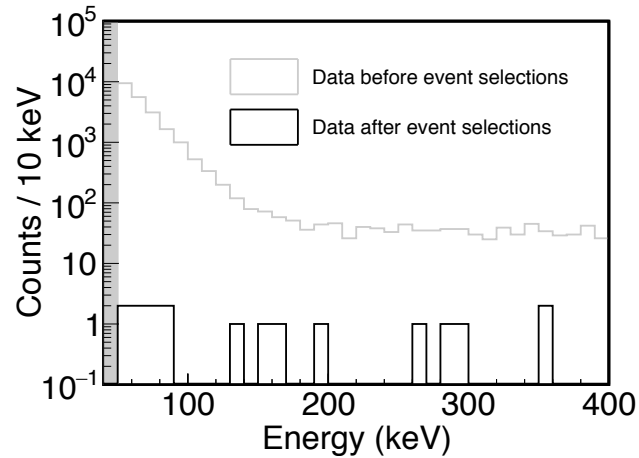


## TOT-Energy 分布

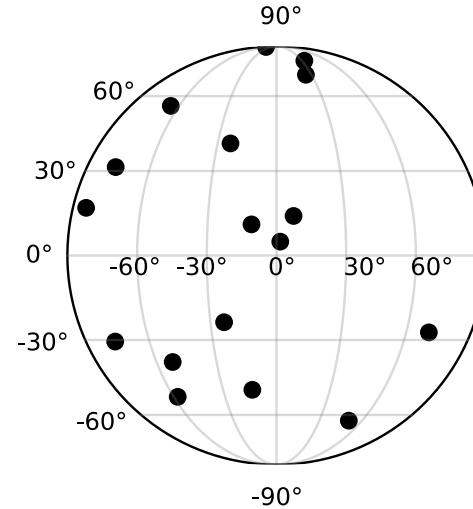


# RUN22のデータ(イベントセレクションあり)

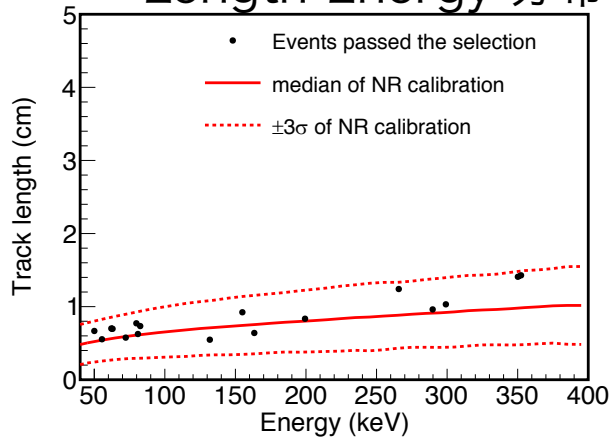
## エネルギースペクトル



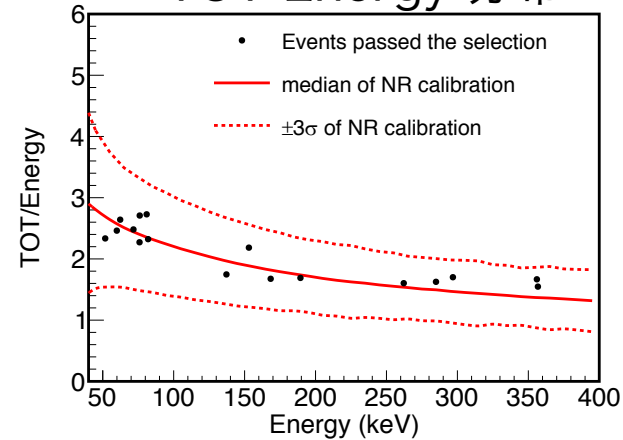
## スカイマップ@検出器座標系



## Length-Energy 分布



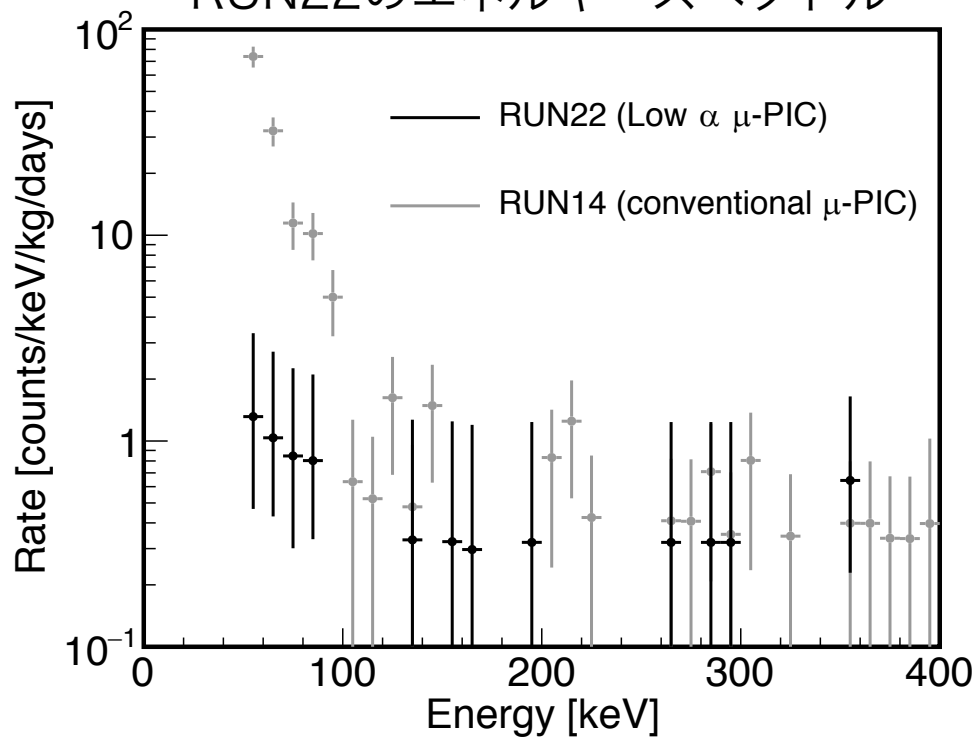
## TOT-Energy 分布



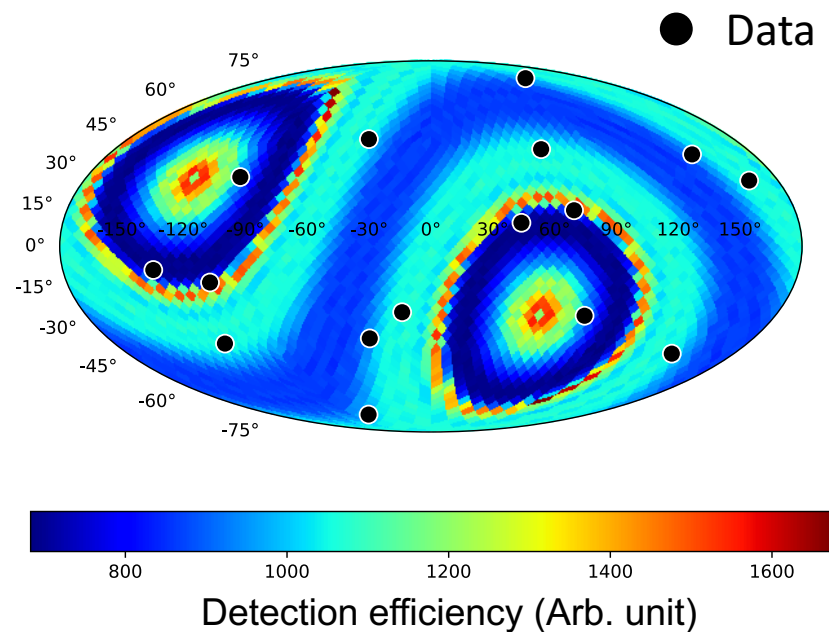


# エネルギースペクトルとスカイマップ

RUN22のエネルギースペクトル



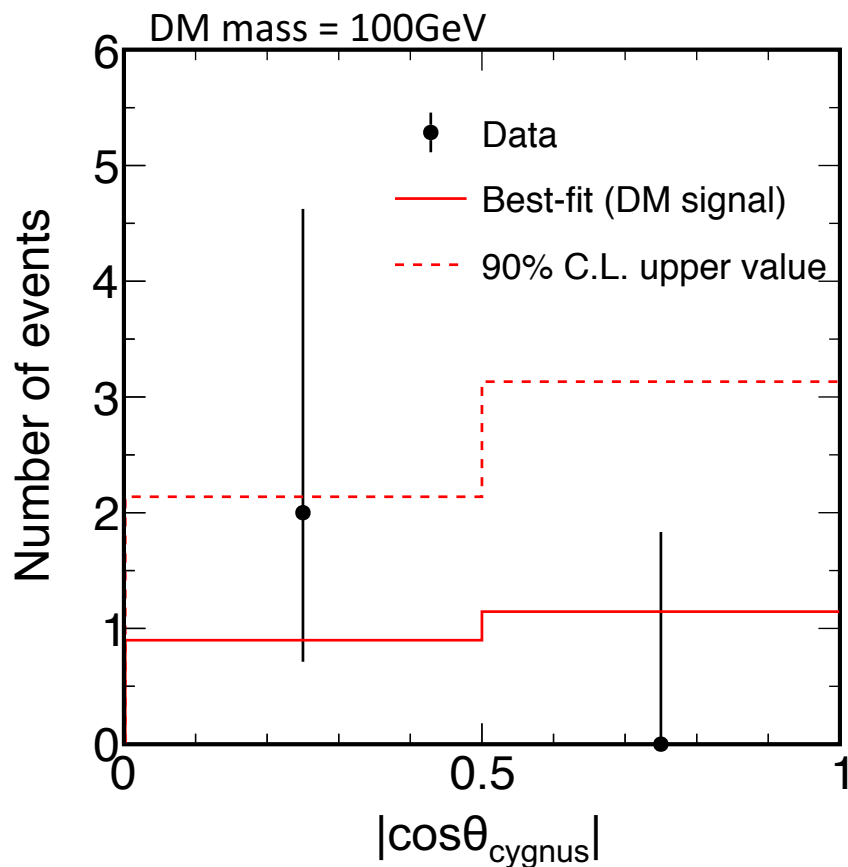
スカイマップ@銀河座標系



- RUN14の主なBG @50-100 keV:  $\mu$ -PICの材料由来のアルファ線
  - Low-alpha  $\mu$ -PICに変更したことで、アルファ線BGの除去に成功

# 方向情報を用いた解析

- エネルギービン: 50-60 keV
- 観測されたイベント数: 2 events



- 期待される前後非対象度

$$29.9^{+17.6}_{-10.6} \%$$

- 観測イベント数が少ない

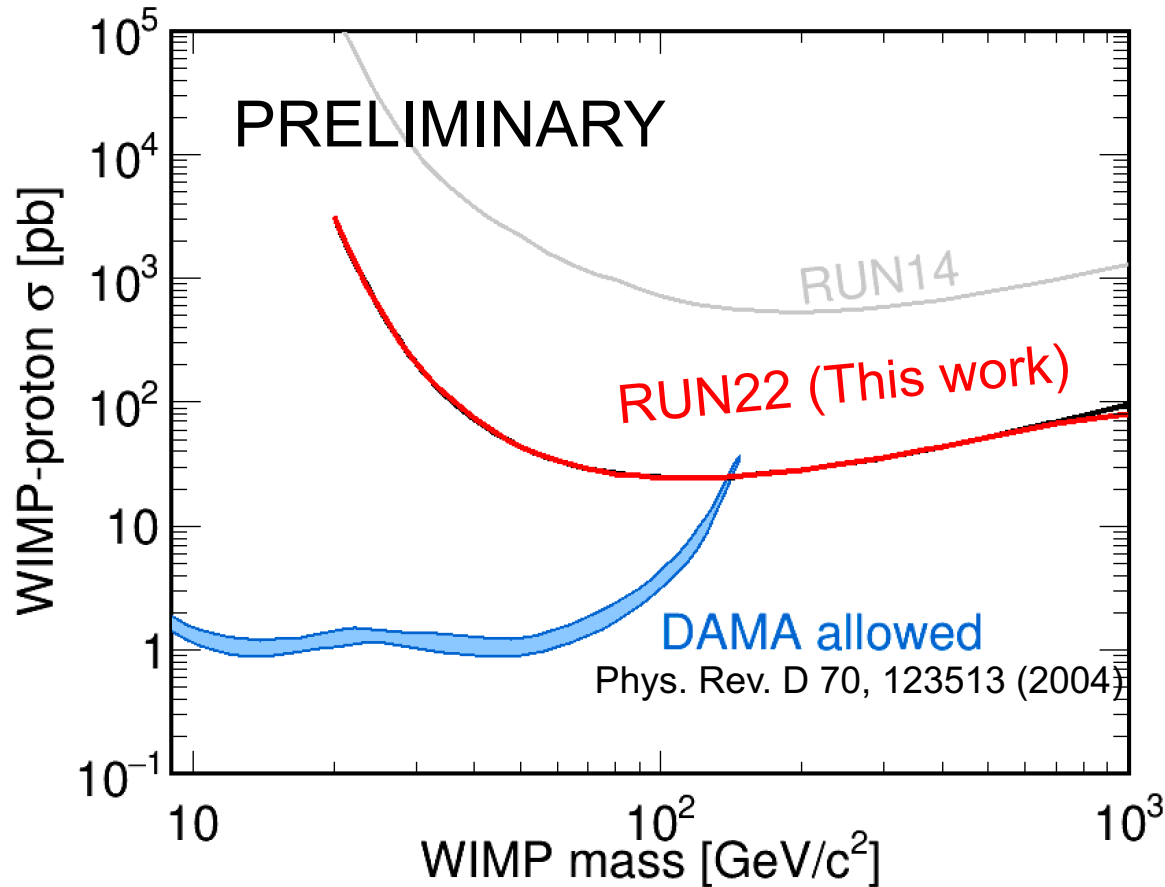
➤ BGモデル(一様分布)とコンシステント

- 90% C.L. のSD散乱断面積上限値 (系統誤差考慮)

$$24.5 \text{ pb @ } 100 \text{ GeV}$$

# 方向感度を用いた制限曲線

The 90% C.L. upper limit of SD cross section



- Low- $\alpha$   $\mu$ -PICに変更したことで、検出感度は50倍改善した

# まとめ

- NEWAGE実験では低BGな飛跡検出器Low- $\alpha$   $\mu$ -PICを用いて暗黒物質探索実験を行なっている
- 2018年に取得された108日分の暗黒物質探索データから $\mu$ -PICのバックグラウンドが減少していること確認した
- また、これによって感度を1桁更新した
- 主なBGは $\mu$ -PIC表面のアルファ線BGと予想される
- 今後BG源を調査し、方向感度を持ってDAMA領域の探索を行う

# Radon background

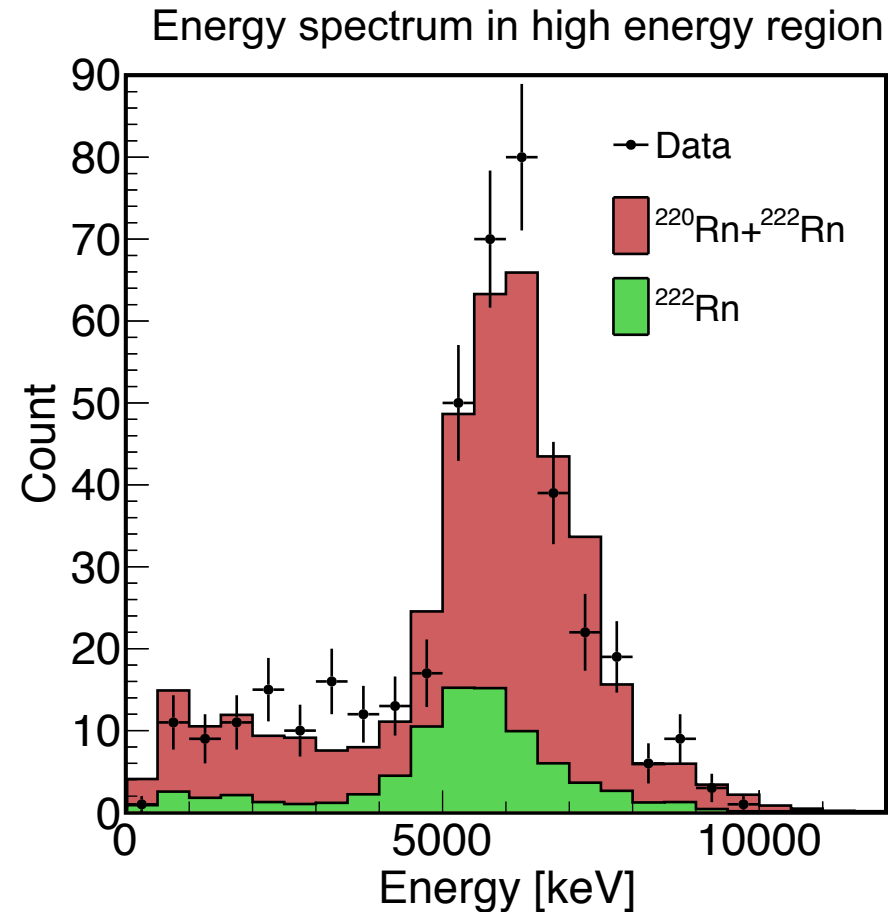
- Alpha particles from  $\text{Rn}^{220}$  and  $\text{Rn}^{222}$  was observed in high energy region

Energy of $\alpha$ (MeV)	U-chain		
	$^{222}\text{Rn}$	$^{218}\text{Po}$	$^{214}\text{Po}$
5.490	6.003	7.687	

Th-chain			
$^{220}\text{Rn}$	$^{216}\text{Po}$	$^{212}\text{Bi}$	$^{212}\text{Po}$
6.288	6.779	6.051	8.785

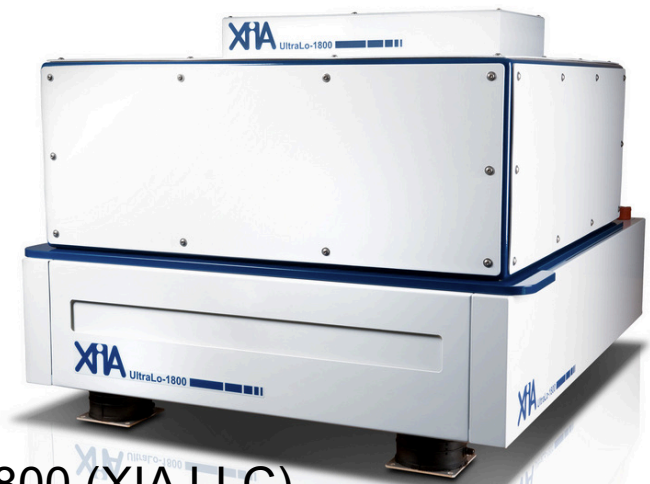
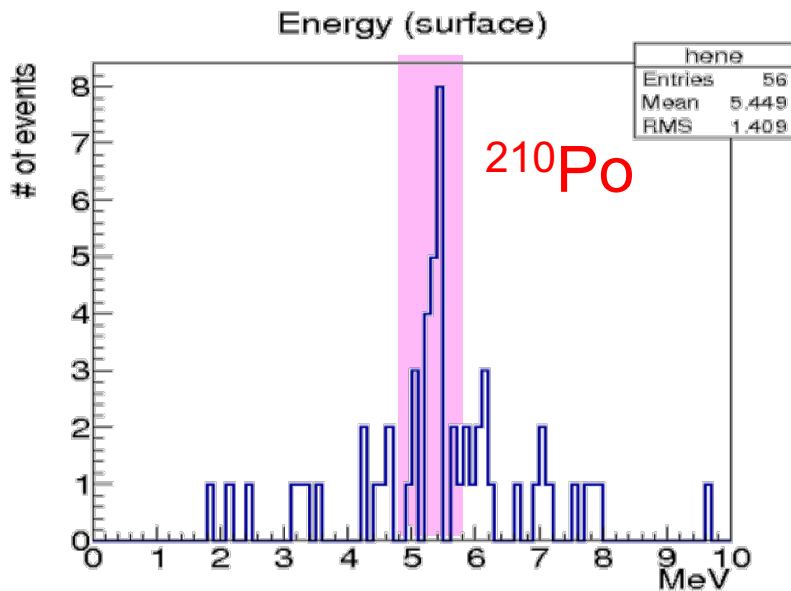
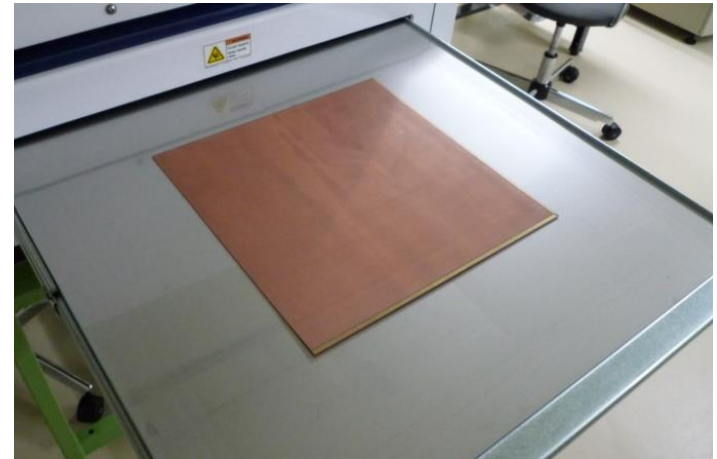
- Simulated the radon BG by Geant4
- Estimated amount of Rn
  - $^{220}\text{Rn}$  4.5 mBq/m<sup>3</sup>
  - $^{222}\text{Rn}$  1.0 mBq/m<sup>3</sup>



# $\mu$ -PIC表面 $\alpha$ バックグラウンド

Worked by K.Kobayashi (XMASS)

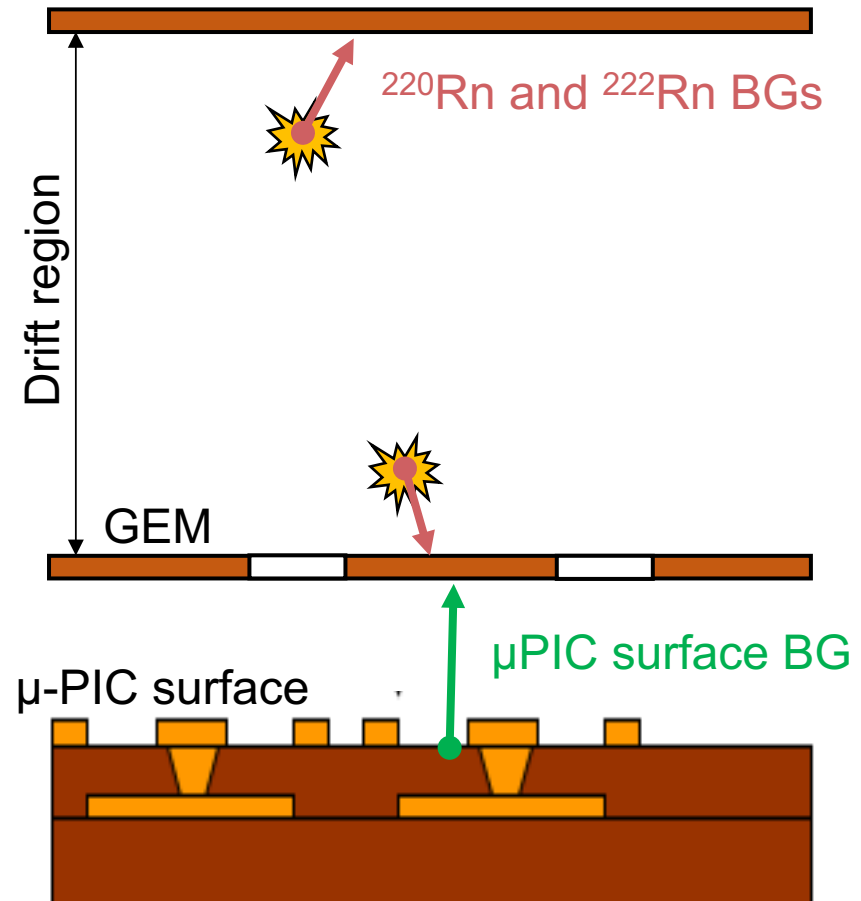
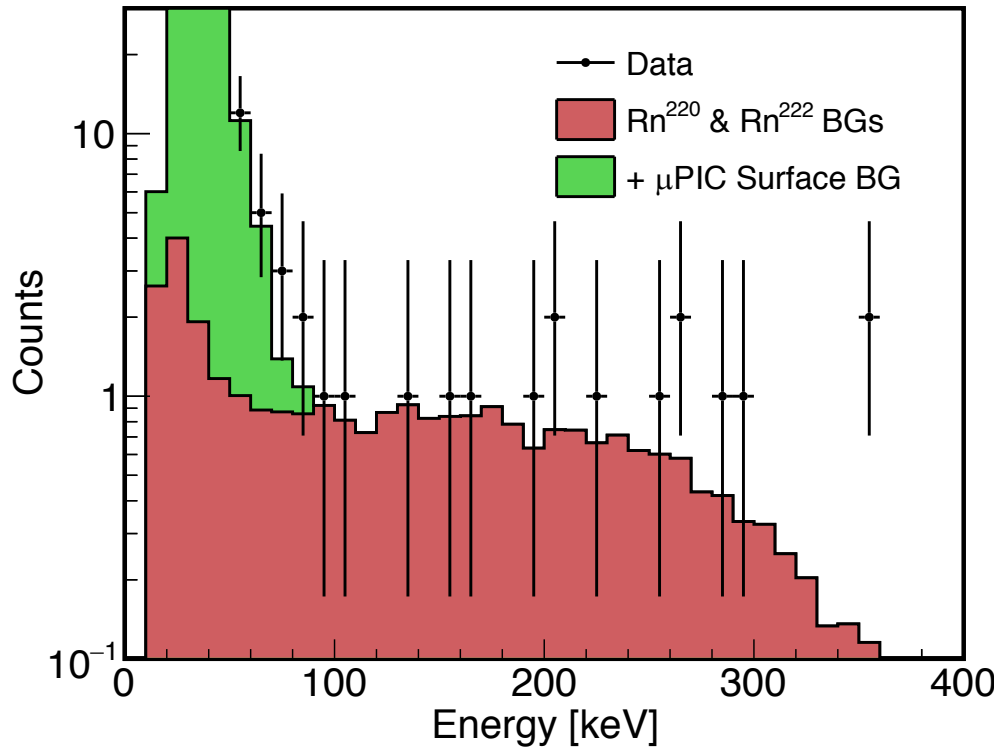
- A surface alpha of Low- $\alpha$   $\mu$ -PIC was measured by Ultra-Lo 1800 (XIA LLC)
  - Observed  $^{210}\text{Po}$  peak
  - $(2.35 \pm 0.48) \times 10^{-4} \alpha/\text{cm}^2/\text{hr}$ .



Ultra-Lo 1800 (XIA LLC)

# バックグラウンドのまとめ

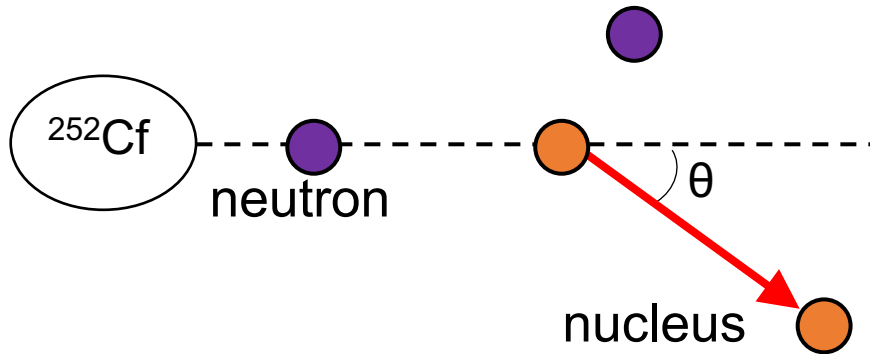
Simulation results of Rn and surface alpha BGs



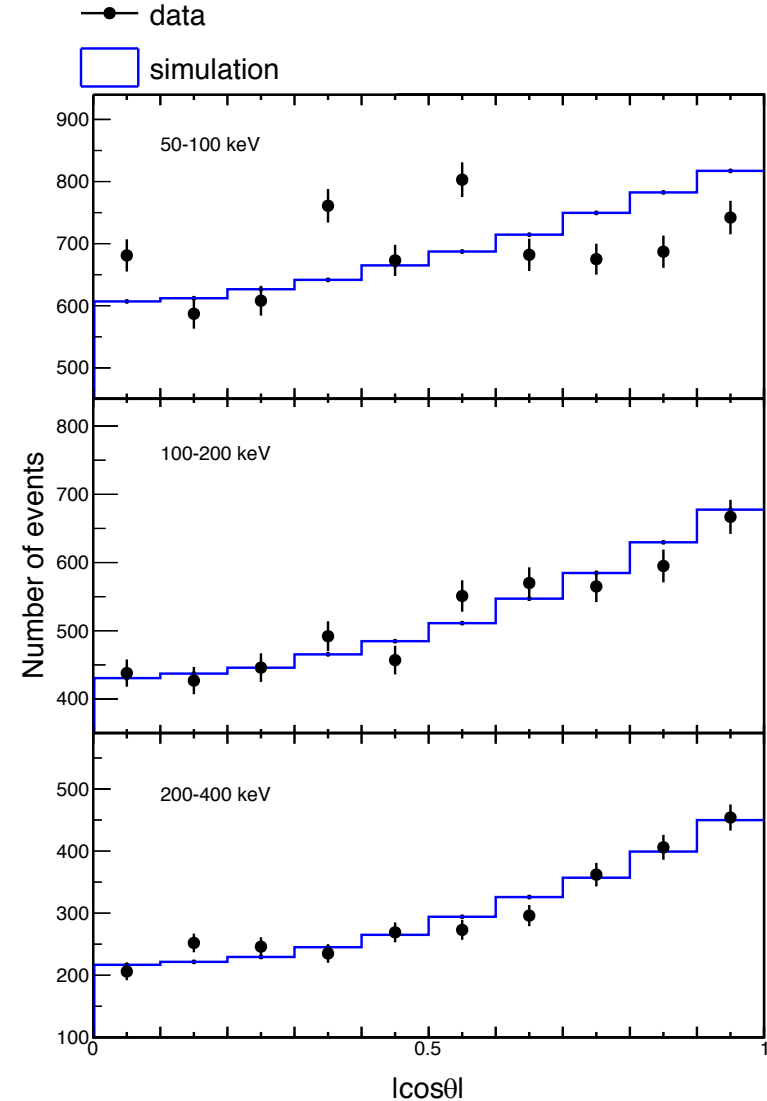
- 50-100 keVの主なBG : μ-PIC表面  
αバックグラウンド

# 角度分解能

- 6方向から $^{252}\text{Cf}$ を照射、シミュレーションと比較して角度分解能を計算



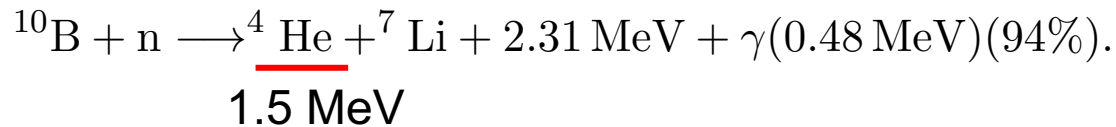
- 角度分解能:  
 $49.3 \pm 6.5$  degree @50-100 keV



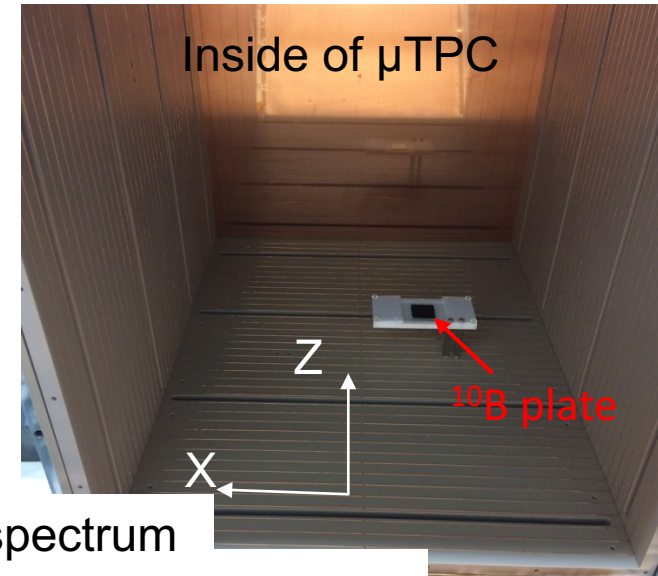
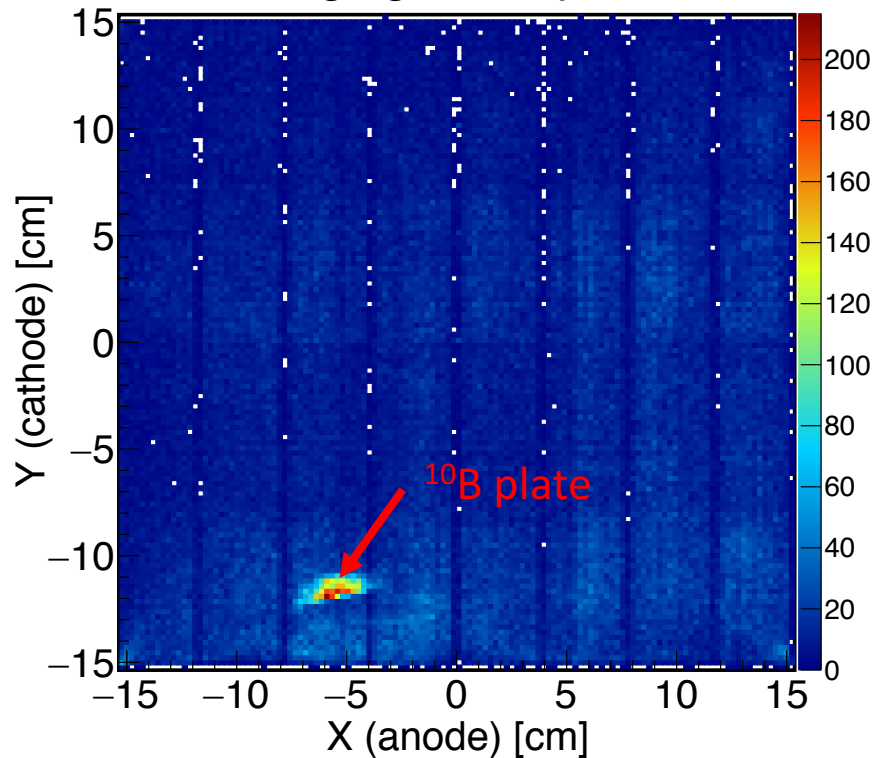


# Energy calibration

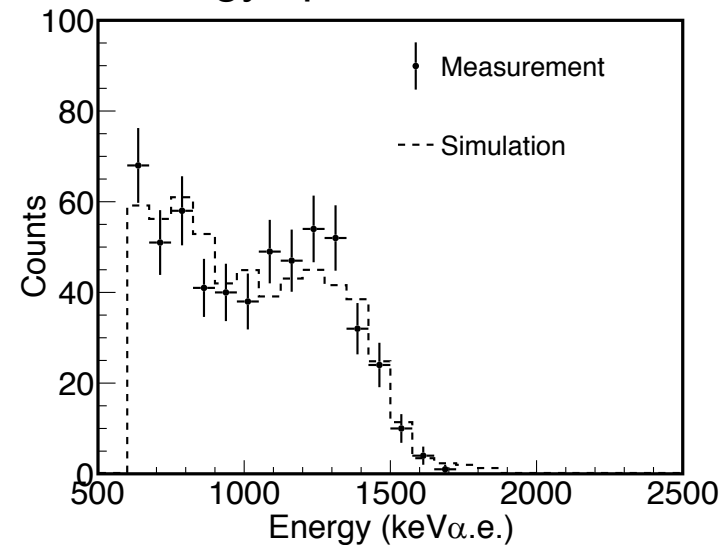
- Thermal neutron capture of  $^{10}\text{B}$



Imaging of  $^{10}\text{B}$  plate



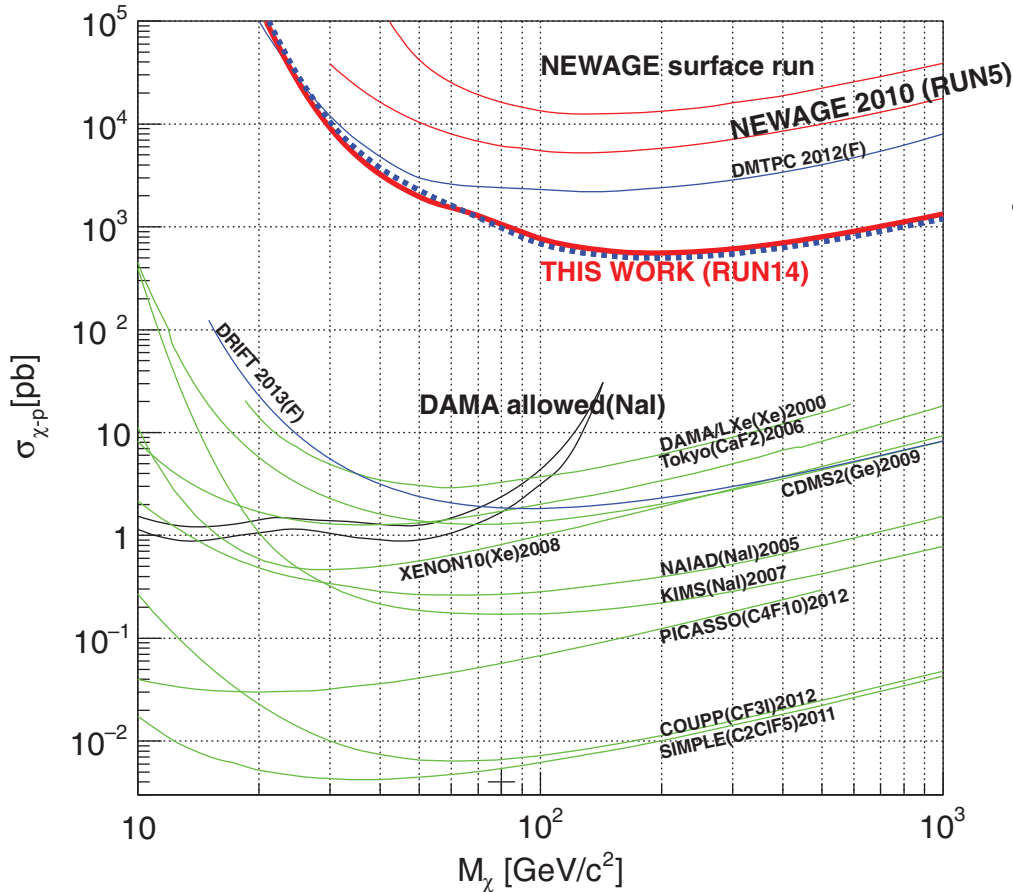
Energy spectrum



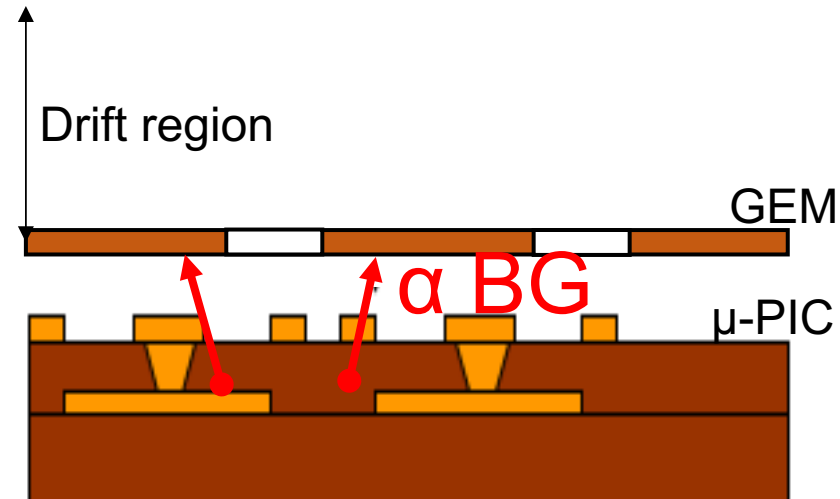
# Previous results

PTEP 2015, 043F01

SD 90% C.L. upper limits and allowed region

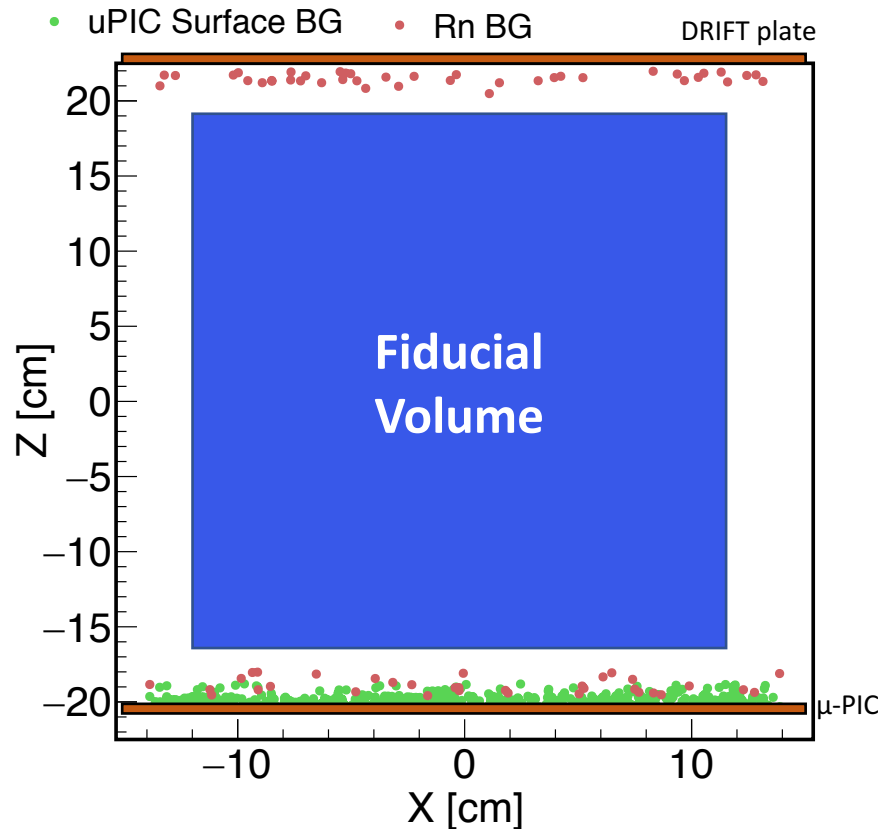


- Obtained limit : 557pb @200GeV  
(Best direction-sensitivie limit)
- Main background :  
Alpha particles in  $\mu$ PIC mateiral

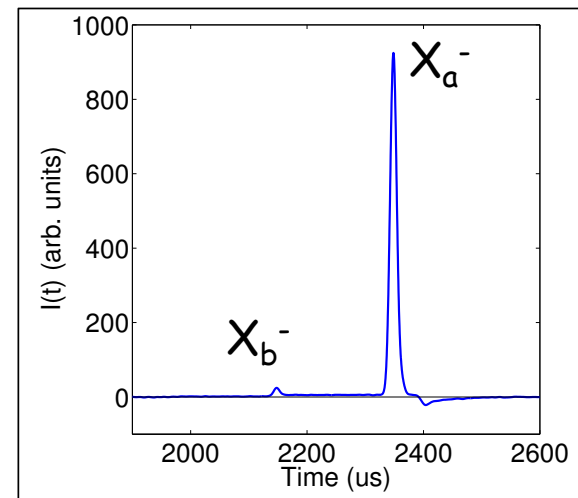


# 次期計画

- ✓ 感度を制限していると思われるuPIC表面α線、RnBGは全てZの小さい、または大きいところに集中している



信号波形



N.Phan talked @CYGNUS2015

$$z = (t_a - t_b) \frac{v_a v_b}{(v_b - v_a)}$$

- ✓ これらのイベントは陰イオンガスを使ったZの絶対位置決定で除去可能

