

# 10cm角 低アルファ $\mu$ -PIC の性能評価

2017年5月18日

神戸大学 M1 石浦 宏尚

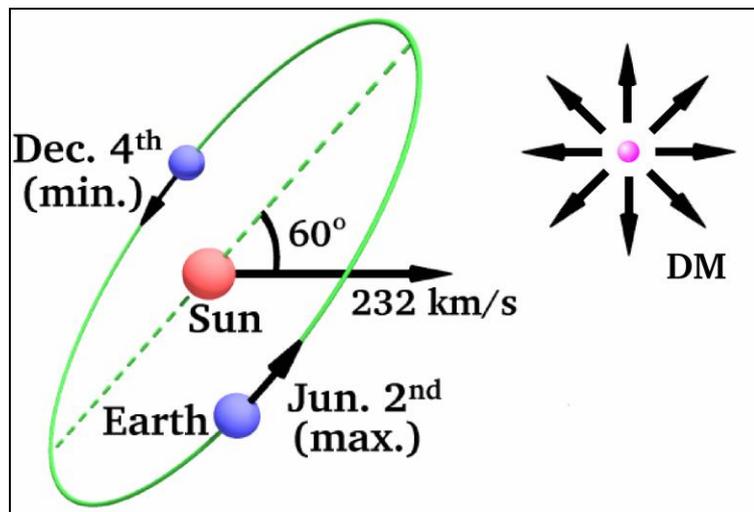
第7回高エネルギー物理春の学校@びわこクラブ、北小松

目次

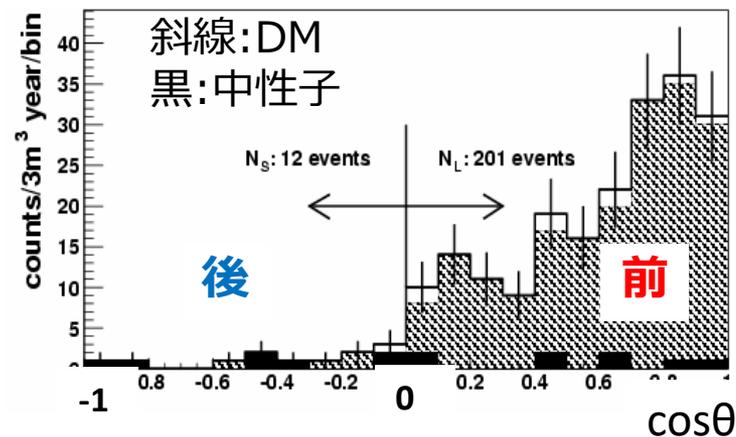
1. NEWAGE
2. 低アルファ $\mu$ -PIC
3. 性能評価・方法
4. まとめ

# NEWAGE

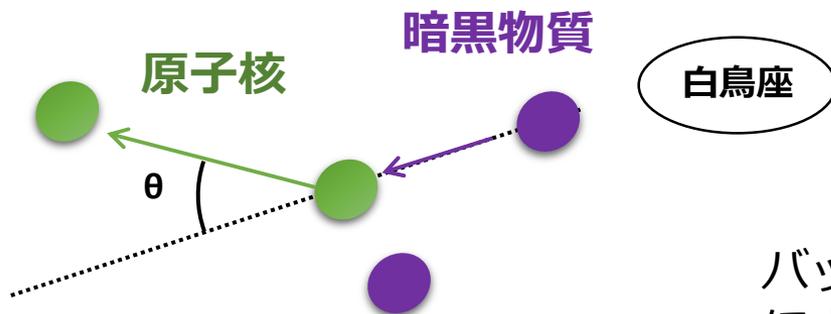
- 神戸大主導の**方向に感度を持つ**暗黒物質直接探索実験
- ガス検出器「 $\mu$ -TPC」を用いて到来方向異方性の観測を目指す



期待される到来方向異方性(数倍)



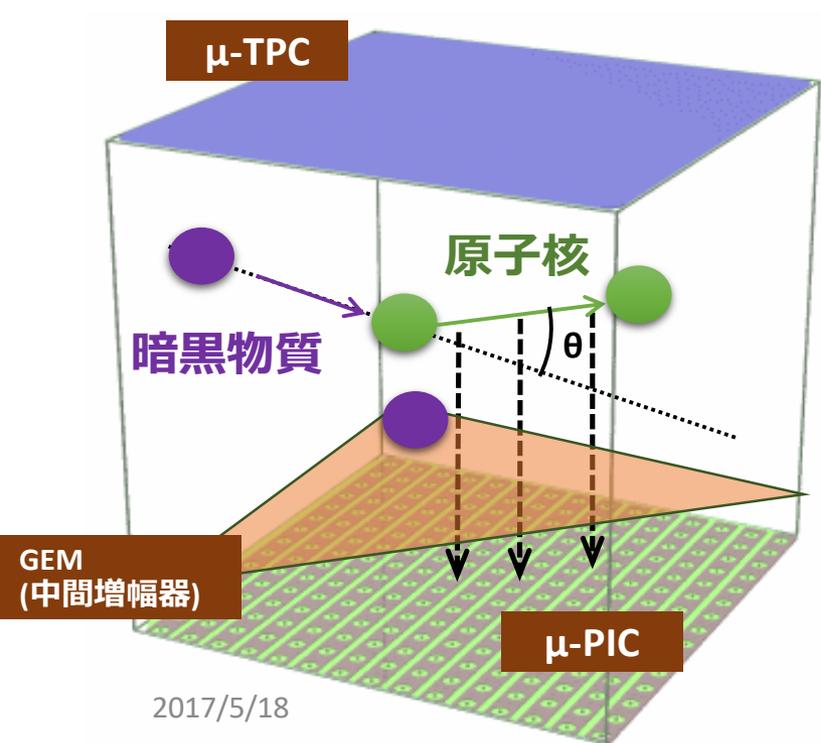
Physics Letters B 578 (2004) 241–246



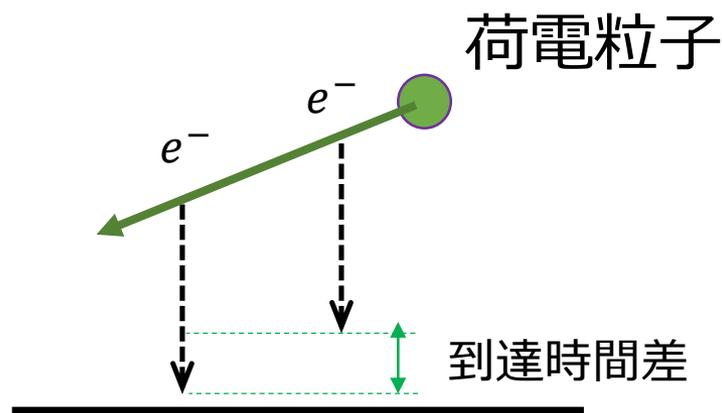
バックグラウンド (暗黒物質以外のイベント) により感度が制限  
 →バックグラウンドの理解、低減が必要

# NEWAGEの検出器 $\mu$ -TPC

- 2次元放射線検出器「 $\mu$ -PIC」を用いたTPC (Time Projection Chamber)
- 荷電粒子がチェンバー内ガス中を通過 $\rightarrow$ 電子-イオン対が生成
- チェンバー内電場により電子がドリフト
- GEMと $\mu$ -PICで電子が増幅
- 信号の到達時間差とドリフト速度からz位置が決定

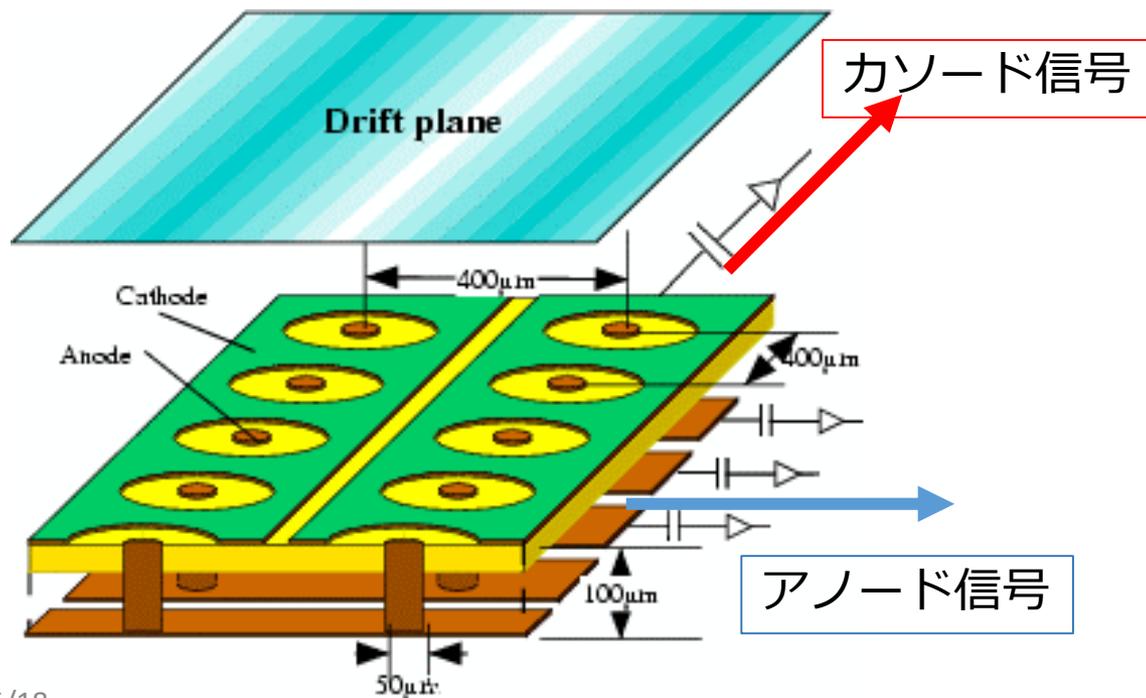


$\mu$ -PIC 2次元情報 + z位置情報  
 $\rightarrow$  3次元飛跡情報



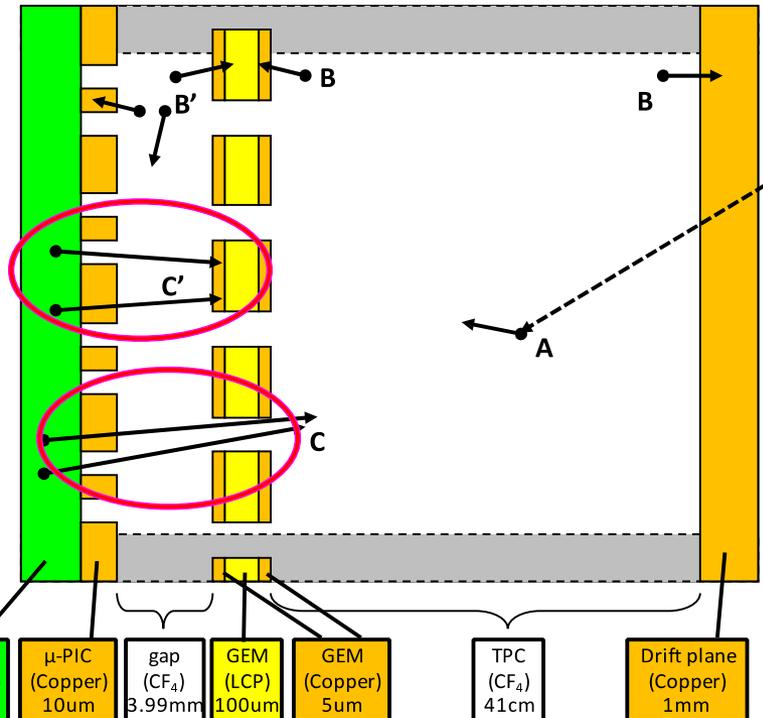
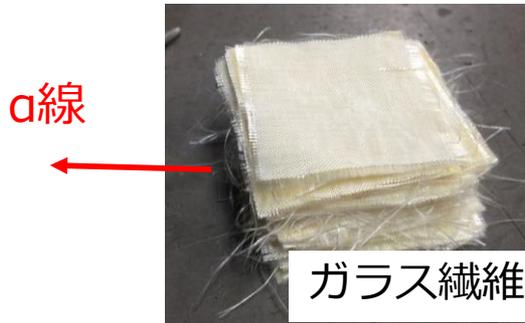
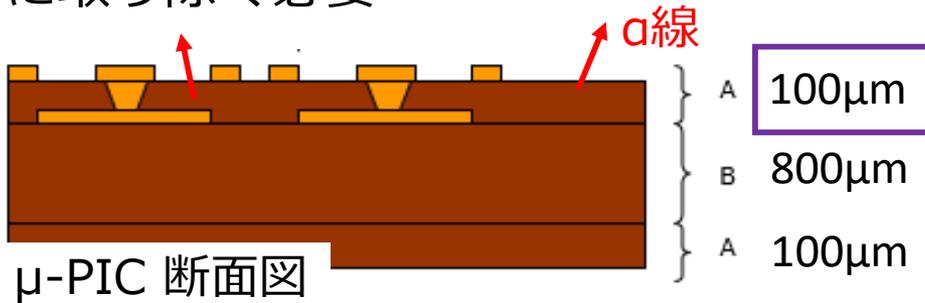
# NEWAGEの検出器 $\mu$ -PIC

- ガス検出器「 $\mu$ -TPC」に用いられている2次元飛跡検出器
- 電子が基板に近づく $\rightarrow$ アノード近傍高電場により電子雪崩が発生
- 電極付近に生じる誘起電荷を信号として読む
- 直行したアノード&カソードストリップにより位置情報



# バックグラウンド源

- バックグラウンド(以下BG)源として $\mu$ -PIC補強材のガラス繊維に含まれるU/Th系列由来の $\alpha$ 線
- $\alpha$ 線は原子核 $\rightarrow$ 解析的に除去しづらく、 $\alpha$ 線によるBGを根本的に取り除く必要

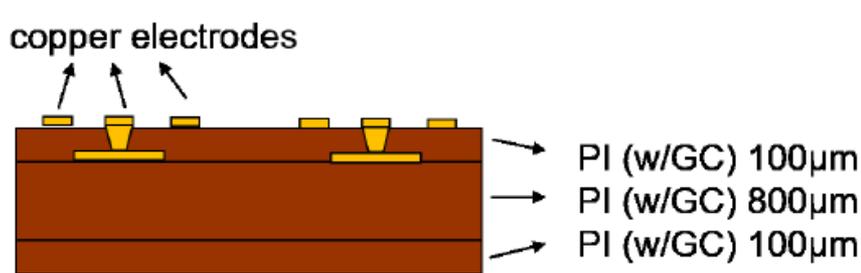


低アルファ素材を用いた $\mu$ -PIC製作の必要性

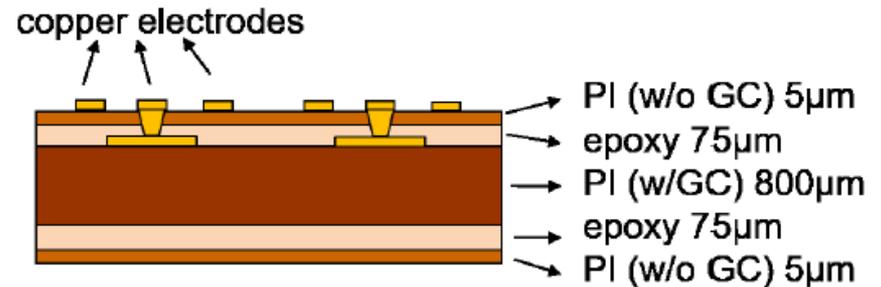
日本物理学会2017春季大会 橋本隆(神戸大)

2017/5/18

# 低アルファ (Low $\alpha$ ) $\mu$ -PIC



standard  $\mu$ -PIC



low  $\alpha$   $\mu$ -PIC

測定試料	$^{238}\text{U}$ [ppm]	$^{232}\text{Th}$ [ppm]	厚さ	備考
PI100 $\mu$ m	$0.39 \pm 0.01$	$1.81 \pm 0.04$	100 $\mu$ m	現行の $\mu$ -PIC材料
PI+エポキシ	$< 2.98 \times 10^{-3}$	$< 6.77 \times 10^{-3}$	80 $\mu$ m	Low $\alpha$ $\mu$ -PIC材料

- 10cm角 低アルファ $\mu$ -PICを製作
- 従来PI100 $\mu$ m $\rightarrow$ ガラスレスPI 5 $\mu$ m + エポキシ75 $\mu$ m ( )
- 現行の $\mu$ -PICと性能に違いがあるか調べたい  
(PI=ポリイミド)

ICHEP 2016 Proceedings 身内 賢太郎(神戸大)  
日本物理学会2017春季大会 橋本隆(神戸大)

# 今回行ったこと

10cm角 Low  $\alpha$   $\mu$ -PICは2枚存在

10cm角 Low  $\alpha$   $\mu$ -PIC 1番 性能測定済み

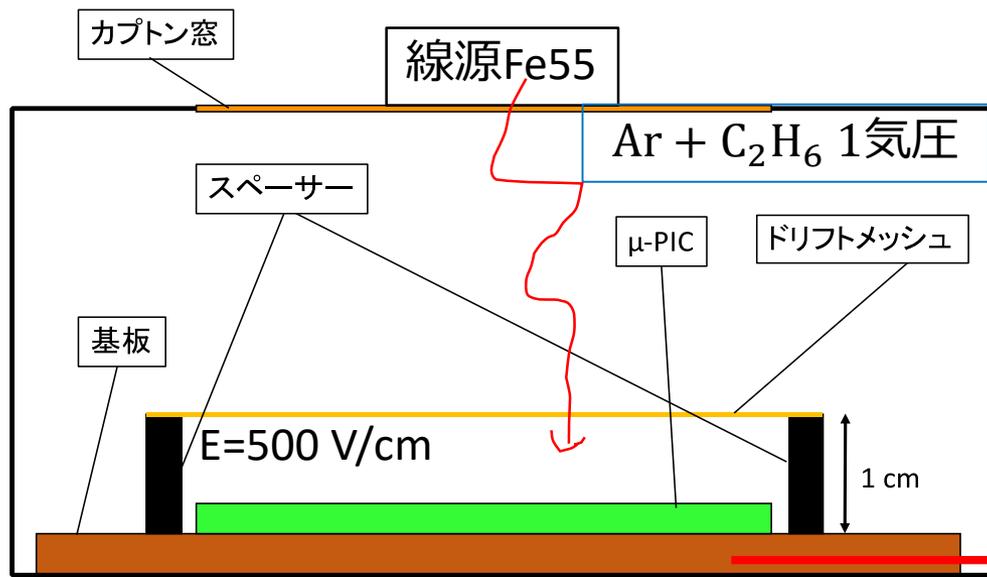
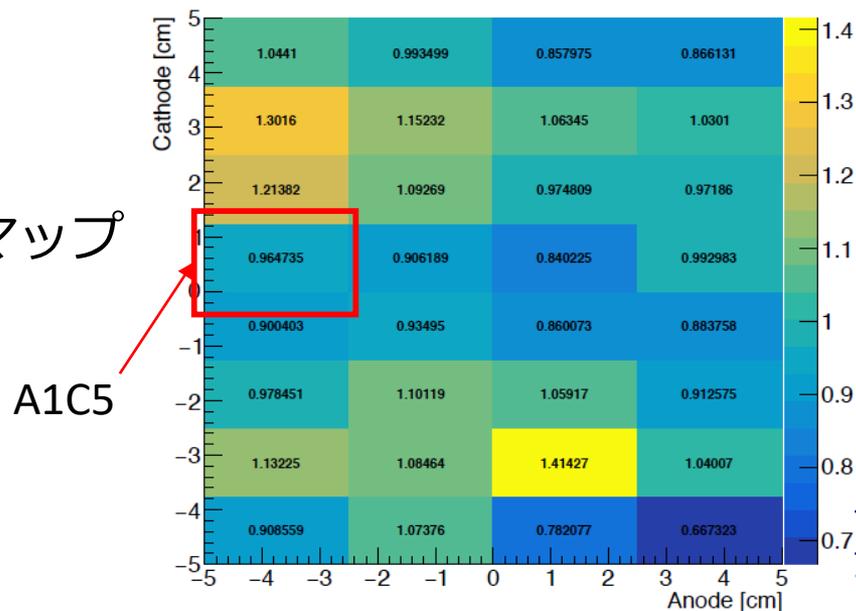
10cm角 Low  $\alpha$   $\mu$ -PIC 2番 性能測定予定

- 現行  $\mu$ -PIC 27番を用いて 測定準備実験
- 測定手法等の確認、USBオシロからの波形情報を用いたガスゲイン測定を試す（過去測定はMCA）

# 性能評価

- $\mu$ -PIC 27番機のガスゲインを測定
- ブロックに分けて測定
- すべて測定して右図のようなゲインマップを描くことを目標
- 今回はA1C5のみを測定

過去の $\mu$ -PIC 27測定結果



2017/5/18

USBオシロ  
UDS-5206S  
50Ω 終端抵抗

プリアンプ  
CR-110  
増幅率: 1.4V/pC  
+ 0.047μFコンデンサ

# ガスゲイン測定方法

- Fe55の5.9keV X線を利用
- 次式により導出

$$\frac{E_d}{W} \times e^- \times G_{gas} \times G_{amp} = Q$$

$E_d$ : ガス中でのエネルギー損失;

$W$ : 電子-イオン対を生成するのに必要な平均エネルギー

$e^-$ : 電気素量、 $G_{gas}$ : ガスゲイン、 $G_{amp}$ : アンプゲイン、 $Q$ : アンプからの電荷

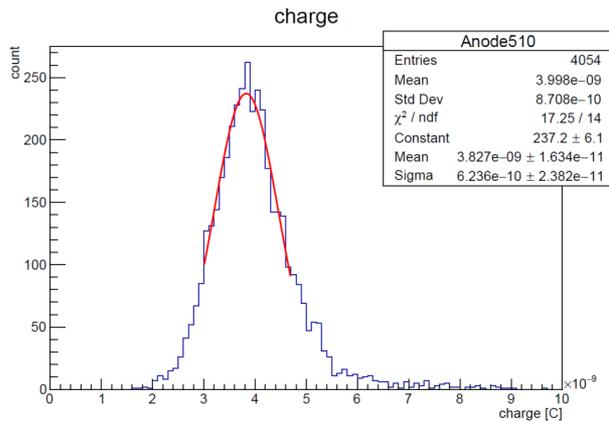
- アンプゲインを求める必要
- アンプからの電荷→波形情報から算出
- アノード電圧を変えてガスゲインの変化を見る

# 電荷情報取得方法

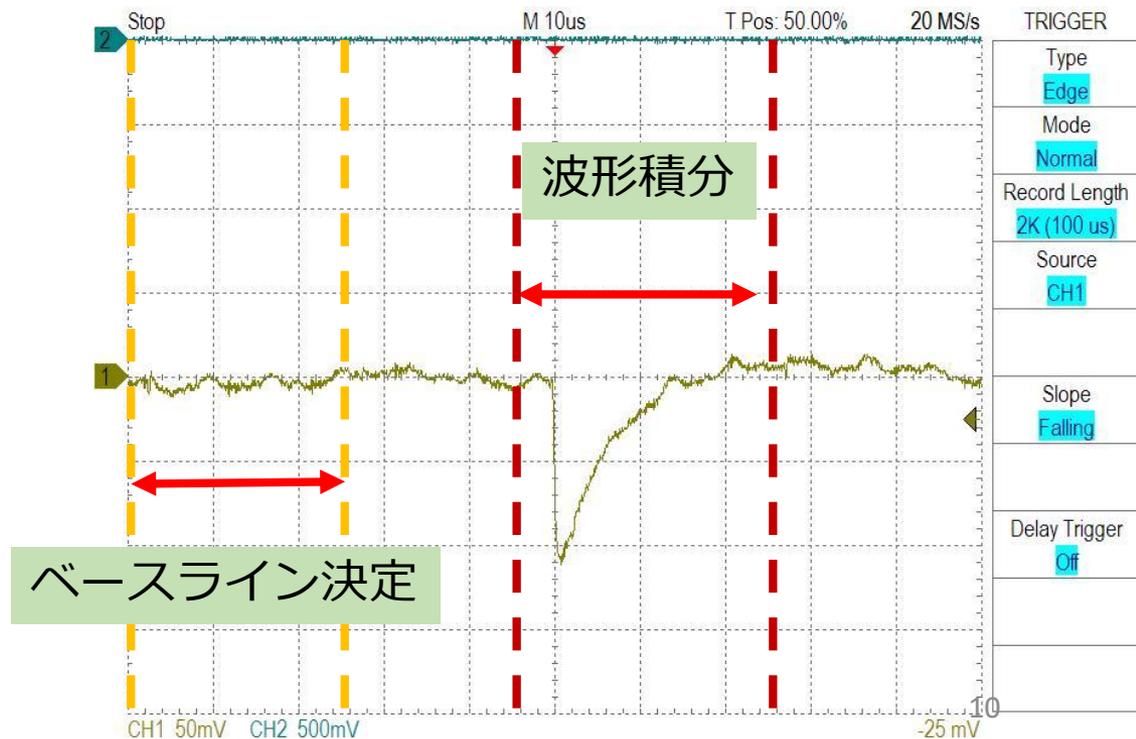
1. USBオシロを用いてアンプからの波形取得
2. トリガースレッシュホールドは25mVに
3. トリガー -50 $\mu$ sから25 $\mu$ sまでの波形を平均しベースライン決定
4. トリガー -5 $\mu$ sから20 $\mu$ sまでの波形をベースラインをもとに積分
5. 積分して得られた電圧と時間の積を50 $\Omega$ で割り電荷量に

取得した波形情報に対して処理

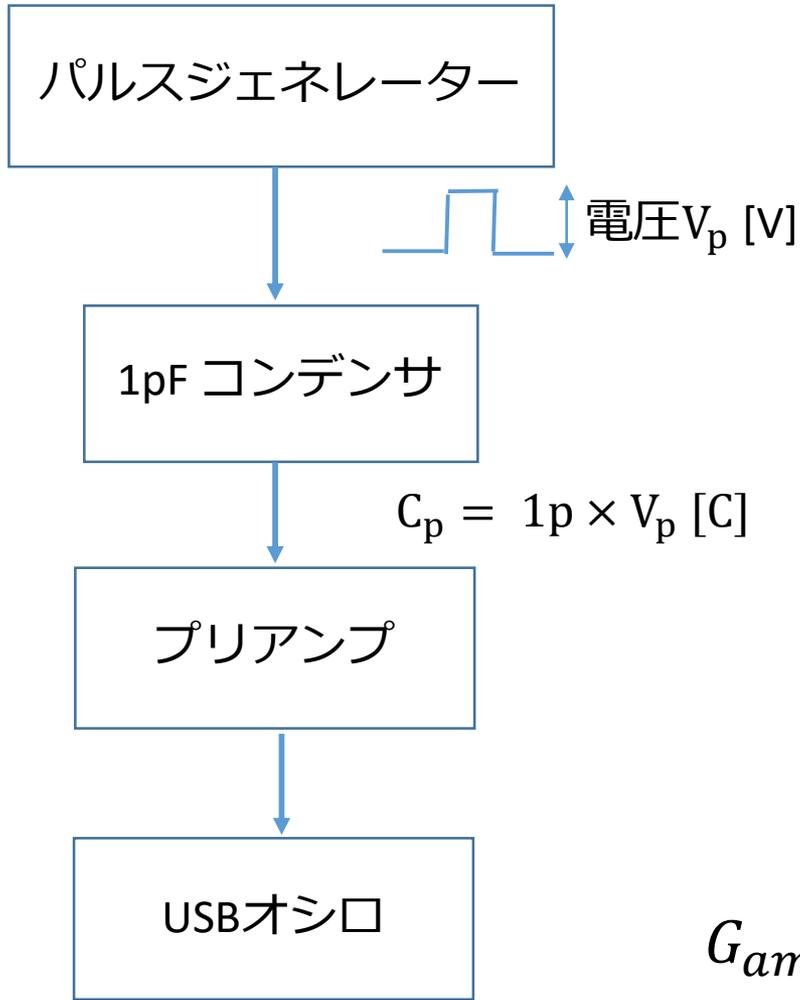
電荷量のスペクトルピーク  
→Q:アンプからの電荷  
としてガスゲイン導出



2017/5/18

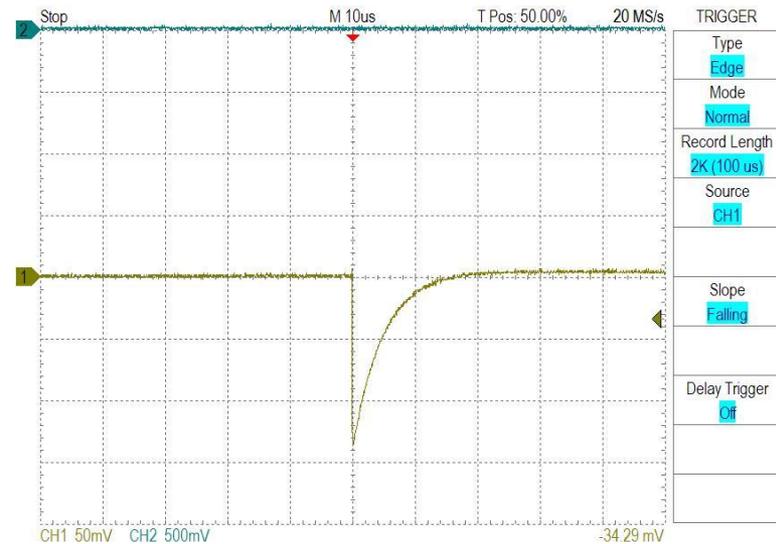
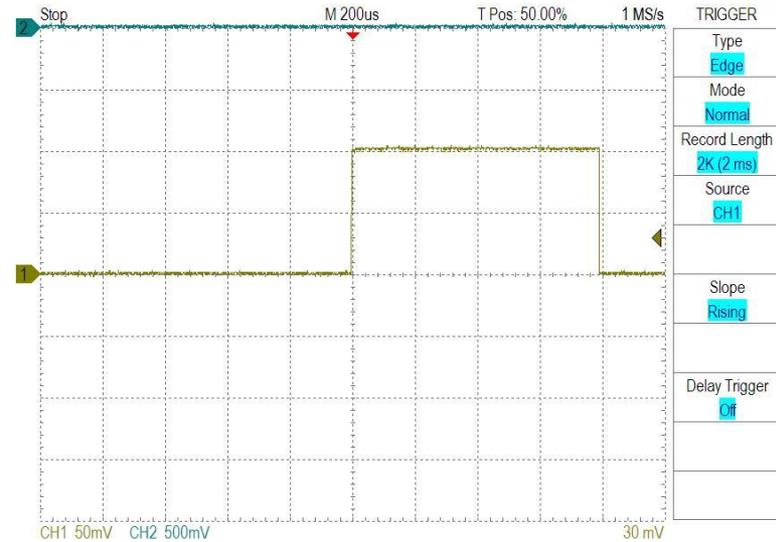


# アンプゲイン測定方法



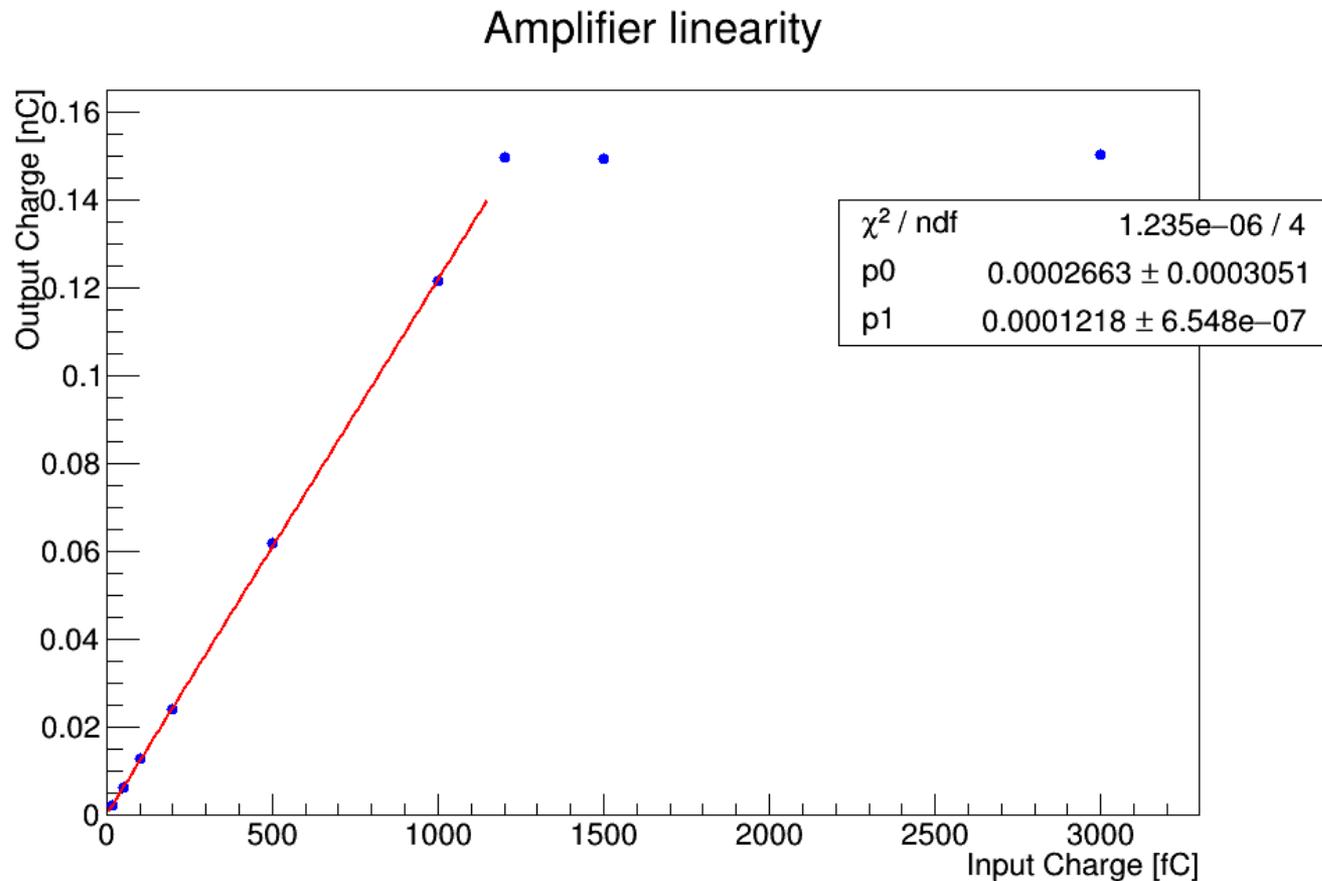
波形積分して電荷  $C_i$  に

$$G_{amp} = \frac{C_i}{C_p}$$

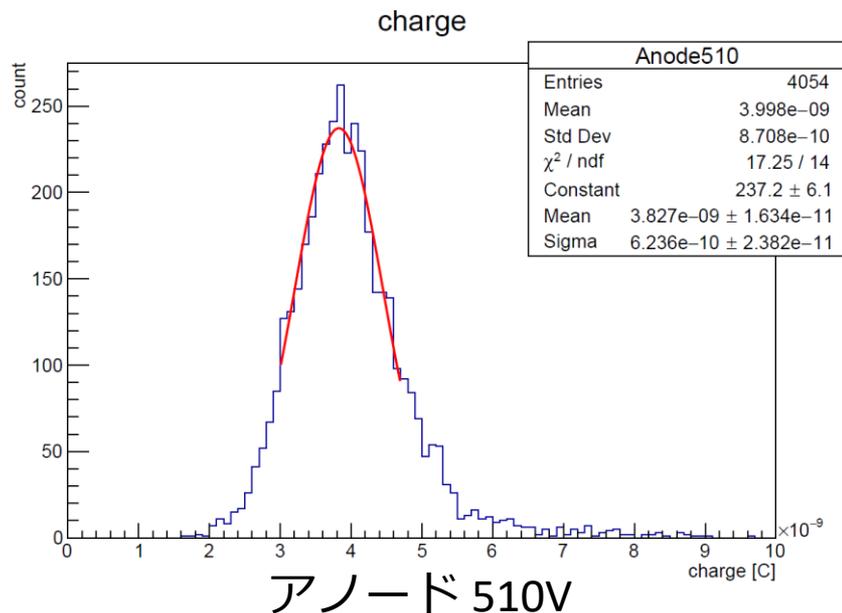


# アンプ特性

- 大きな入力に対してはゲインが上がらなくなってしまう
- 今回測定する範囲では線形



# 測定結果

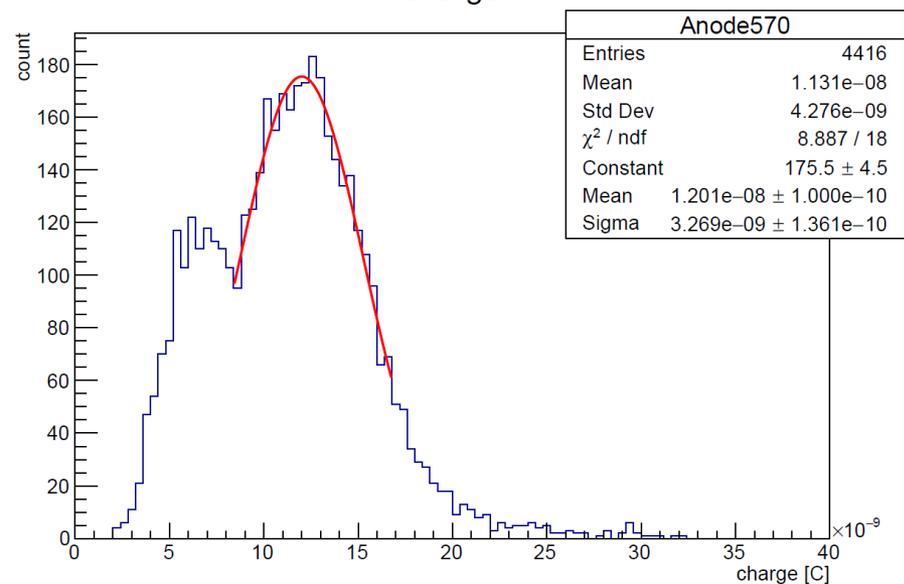


アノード500Vから590Vまで測定

アノード570Vではエスケープピークらしきものが見えている

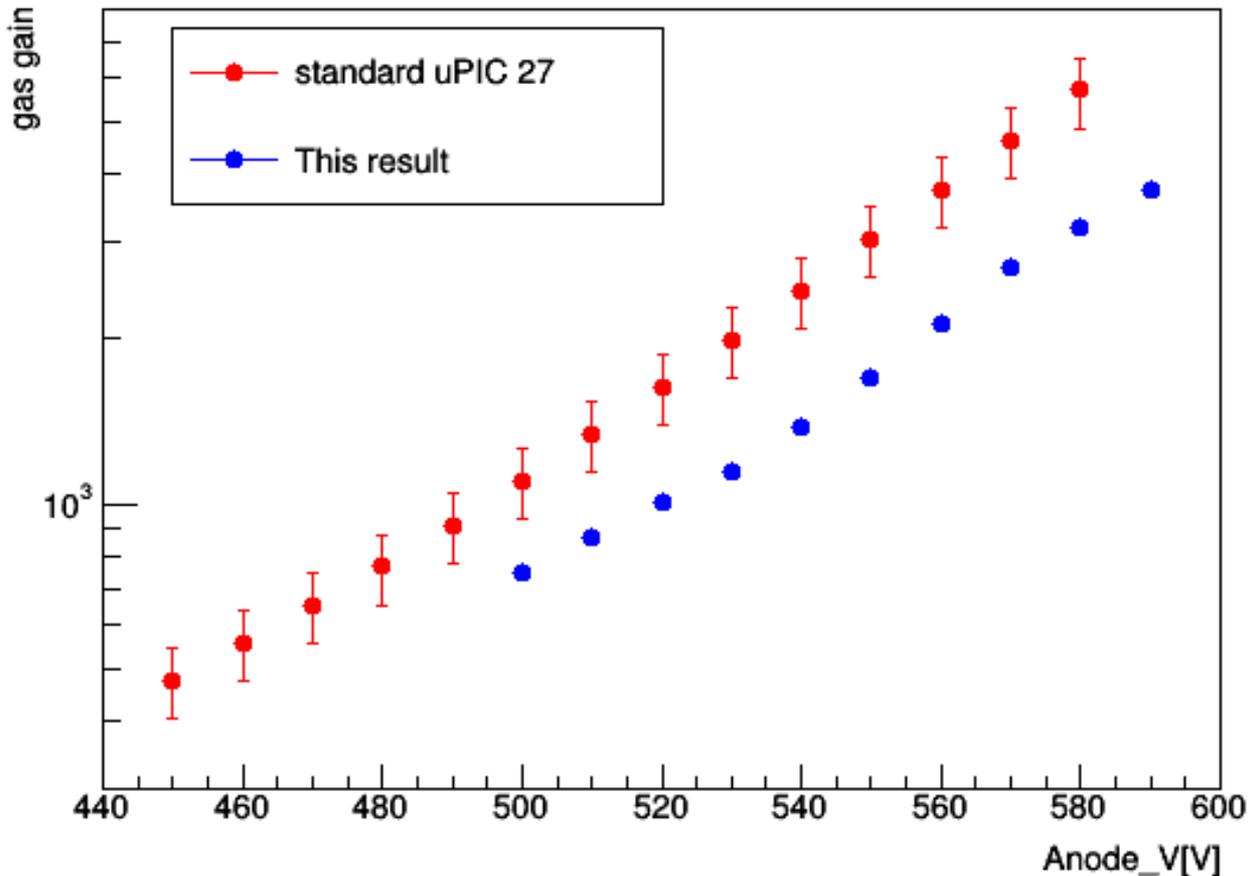
アノード 570V

charge



# 測定結果 過去の測定との比較

- 30%ほど全体的に過去に測定(MCAで)された結果より低い
- 高電圧に行くほど開きが大きくなっているのはガスリーク？



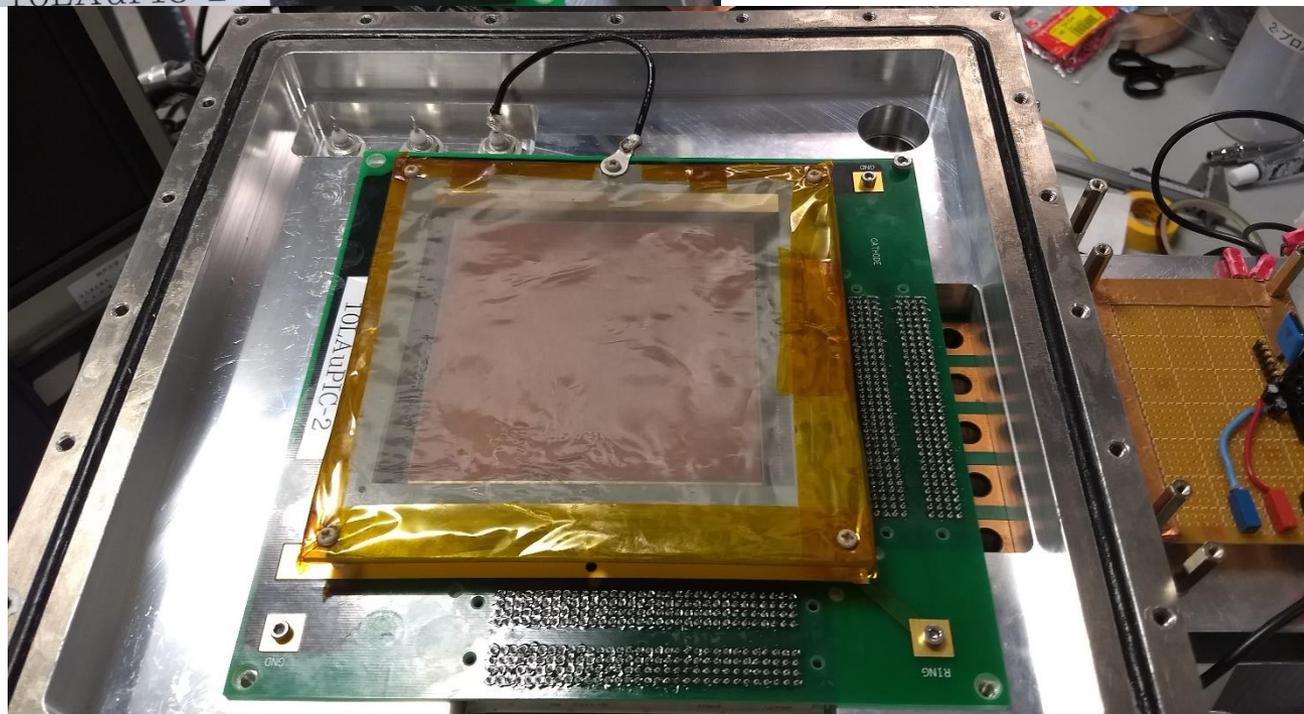
# まとめと今後

- バックグラウンドの理解、低減はNEWAGEにとって重要
- バックグラウンドの少ない低アルファ  $\mu$ -PICが開発・作成された
- $\mu$ -PICのガスゲインを測定する手順について確認できた
- 30%の差が従来測定結果と間にできた理由についてこれから調べていく
- MCA vs USBオシロ、異なるアンプ、などいくつも違いを生み出しそうな要素が存在
- さらに予備実験が必要ならば行い、低アルファ  $\mu$ -PICの性能評価に着手したい

# BackUp



10LAuPIC-2

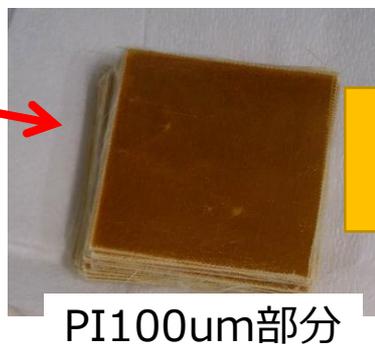
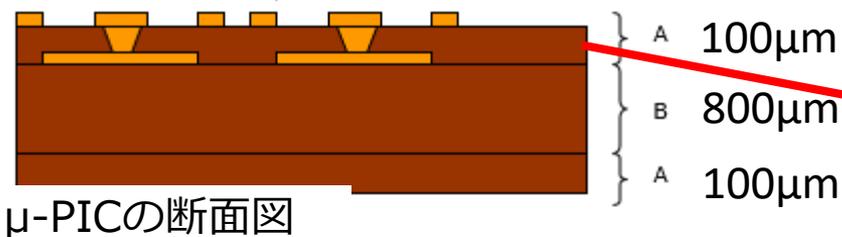


2017/5/18

# U/Th含有量測定

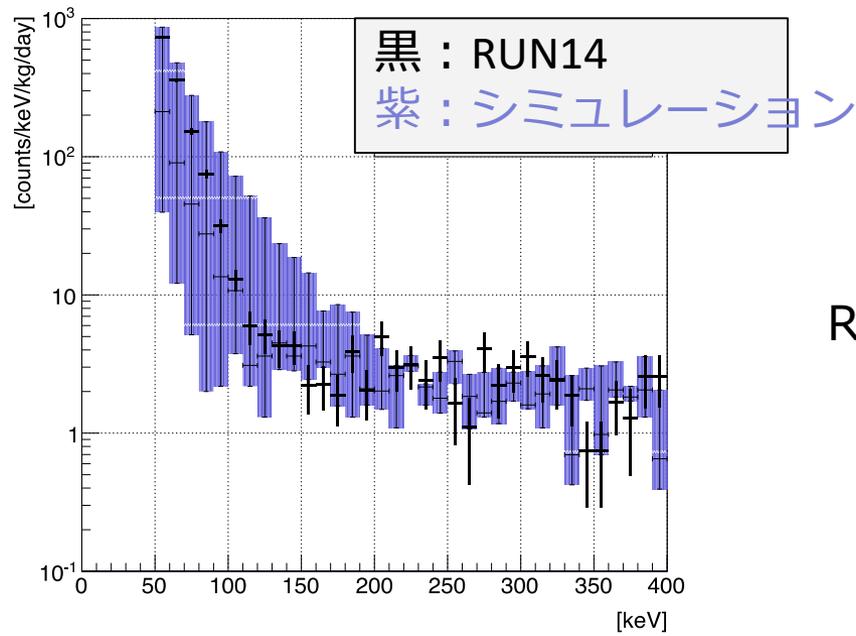
†:放射平衡を仮定  
ppm =  $10^{-6} \times \text{g/g}$

	[g]	$^{238}\text{U}$ [ppm] U系列†	$^{232}\text{Th}$ [ppm] Th系列
μ-PIC	169.56	$1.17 \pm 0.01$	$5.84 \pm 0.03$
PI 800μm	134	$0.78 \pm 0.01$	$3.42 \pm 0.03$
PI 100μm	35	$0.39 \pm 0.01$	$1.81 \pm 0.04$
CuSO <sub>4</sub>	72	<0.009	<0.06
ガラス繊維	15	$0.84 \pm 0.03$	$3.48 \pm 0.12$

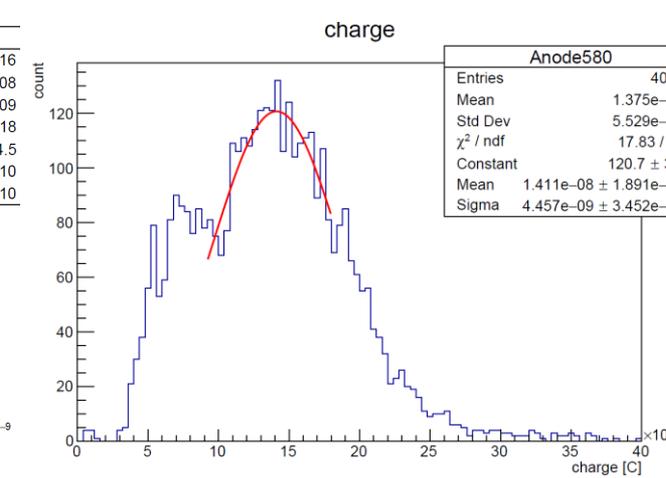
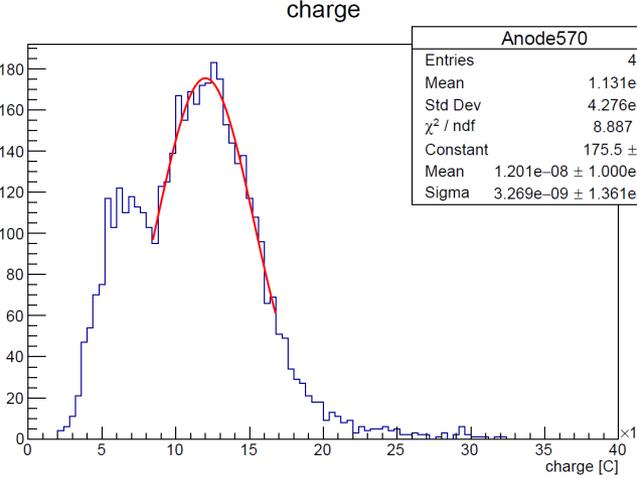
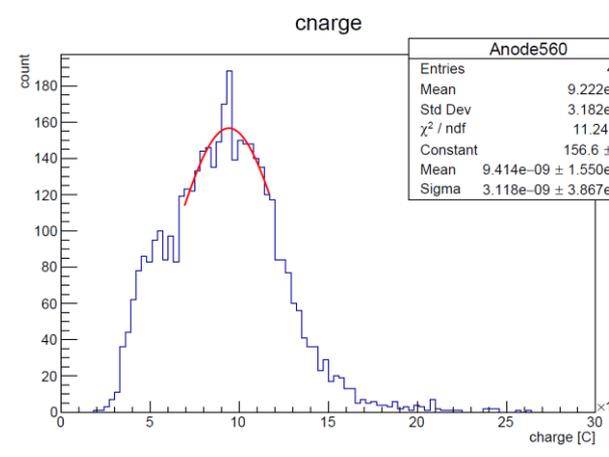
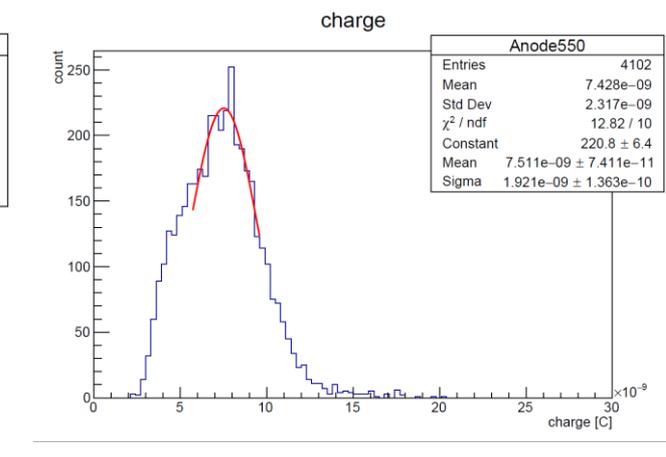
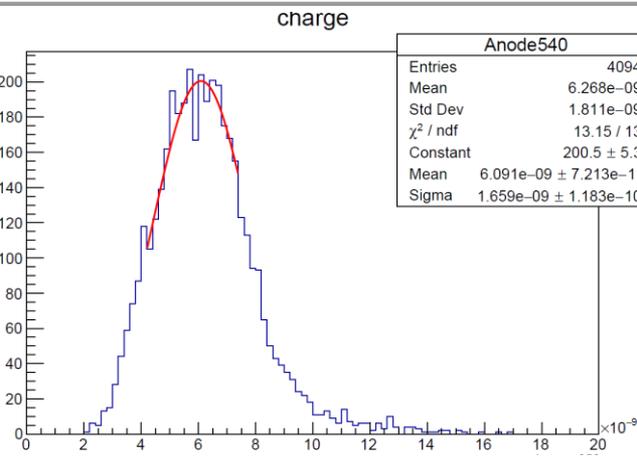
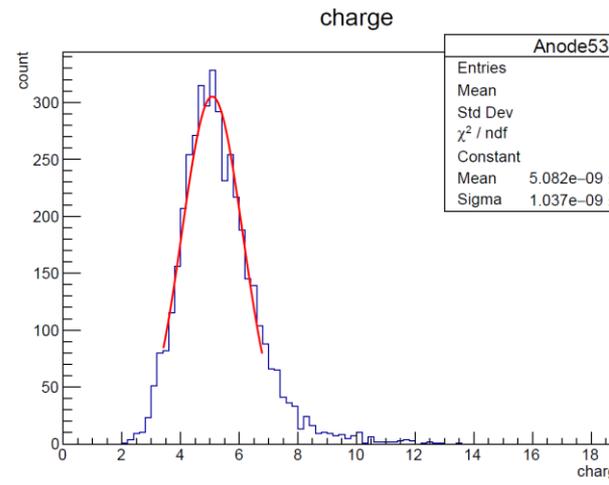
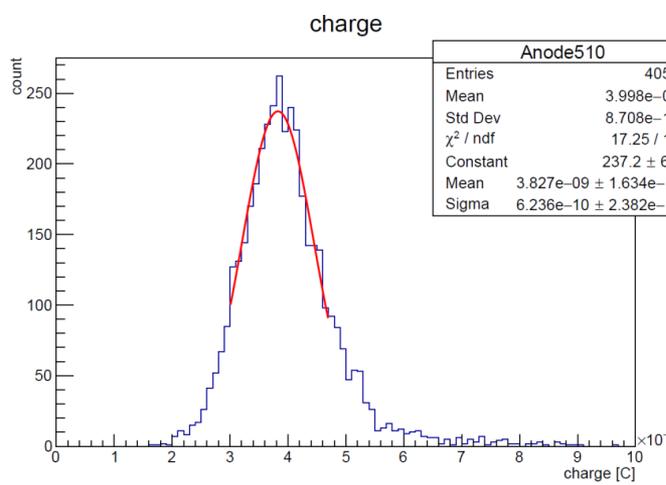
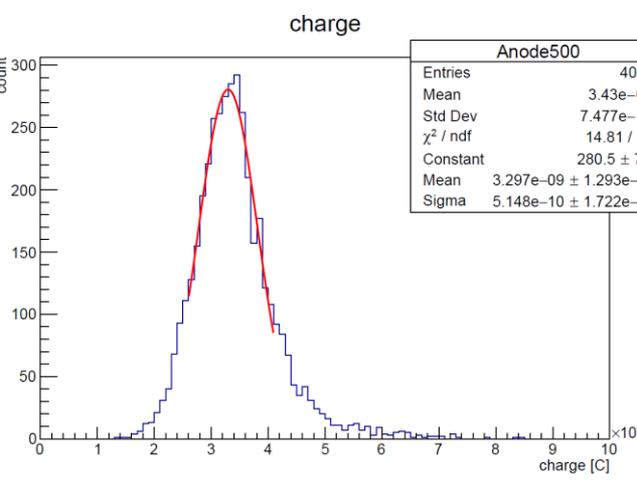


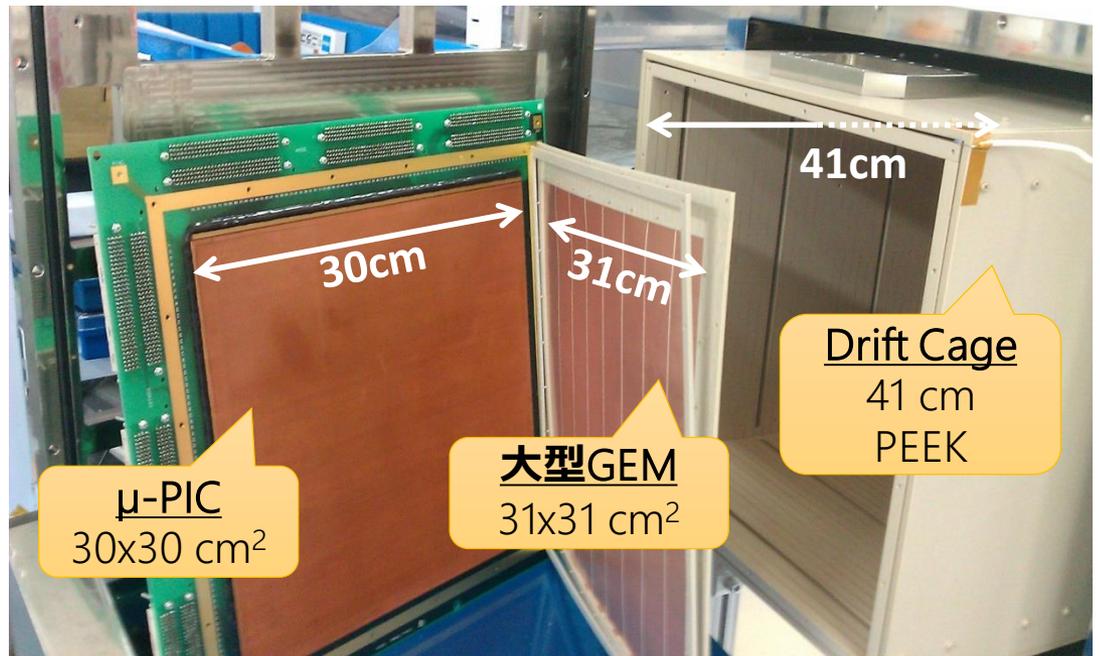
PI100μm  
を溶解





RUN14の150-400keV部分を説明





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

