



ガス飛跡検出器で探る

マヨラナ・ディラック決着への**険しい**道

潘 晟

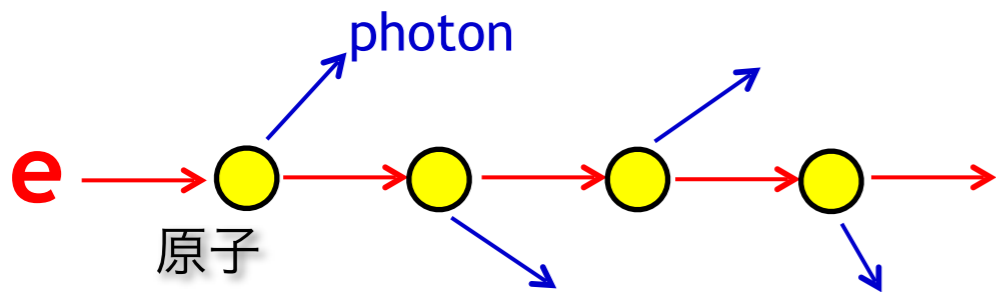
Kyoto University

2020/6/2 新学術「地下宇宙」領域研究会

## 高圧XeガスTPC for $0\nu\beta\beta$ decay search

### 電離信号の読み出し

- エレクトロルミネセンス(EL)過程

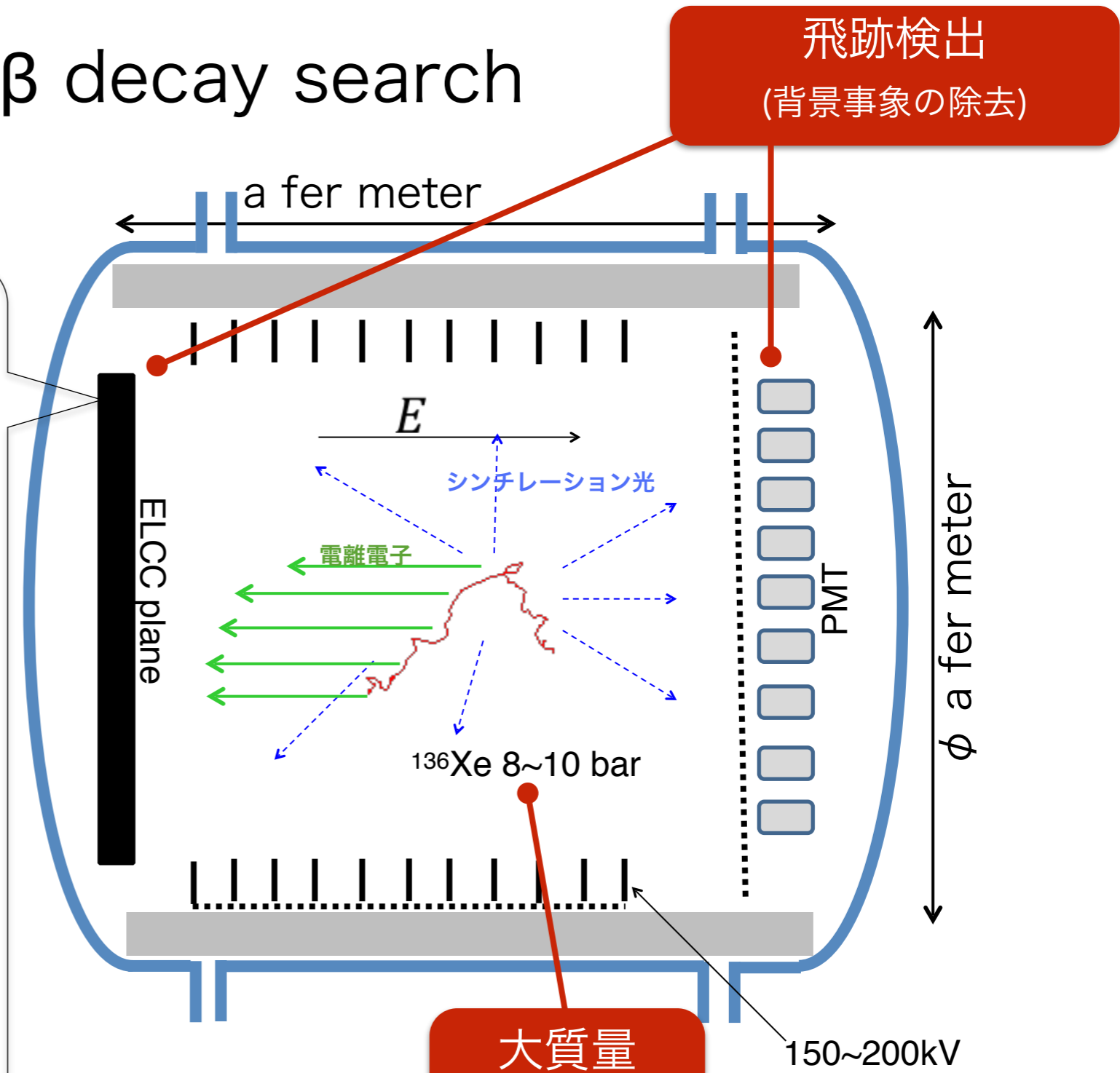


掛けた電場に比例して増幅率が増加

指数関数的増幅過程を伴わない

-> 増幅揺らぎが小さい

読み出し機構の詳細は次頁



飛跡検出  
(背景事象の除去)

大質量

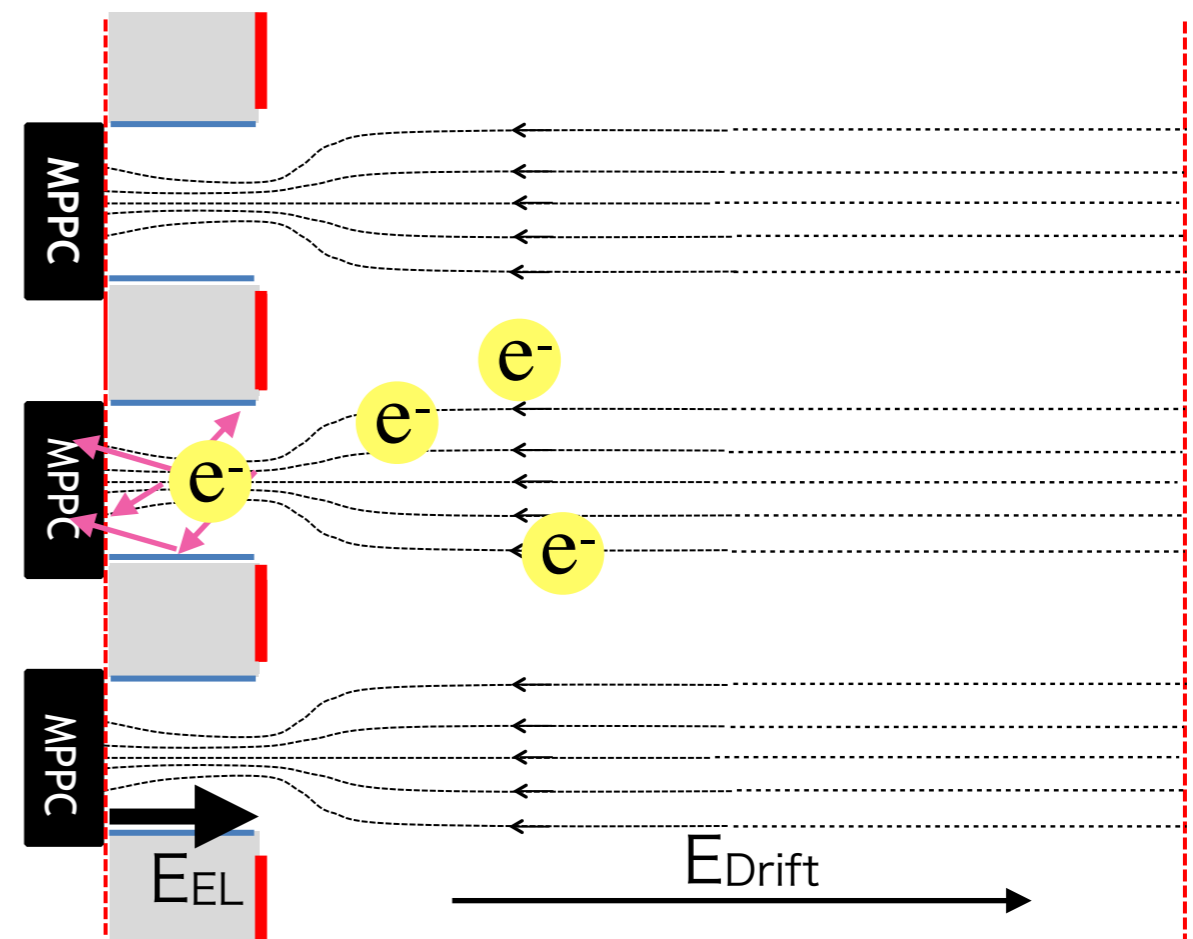
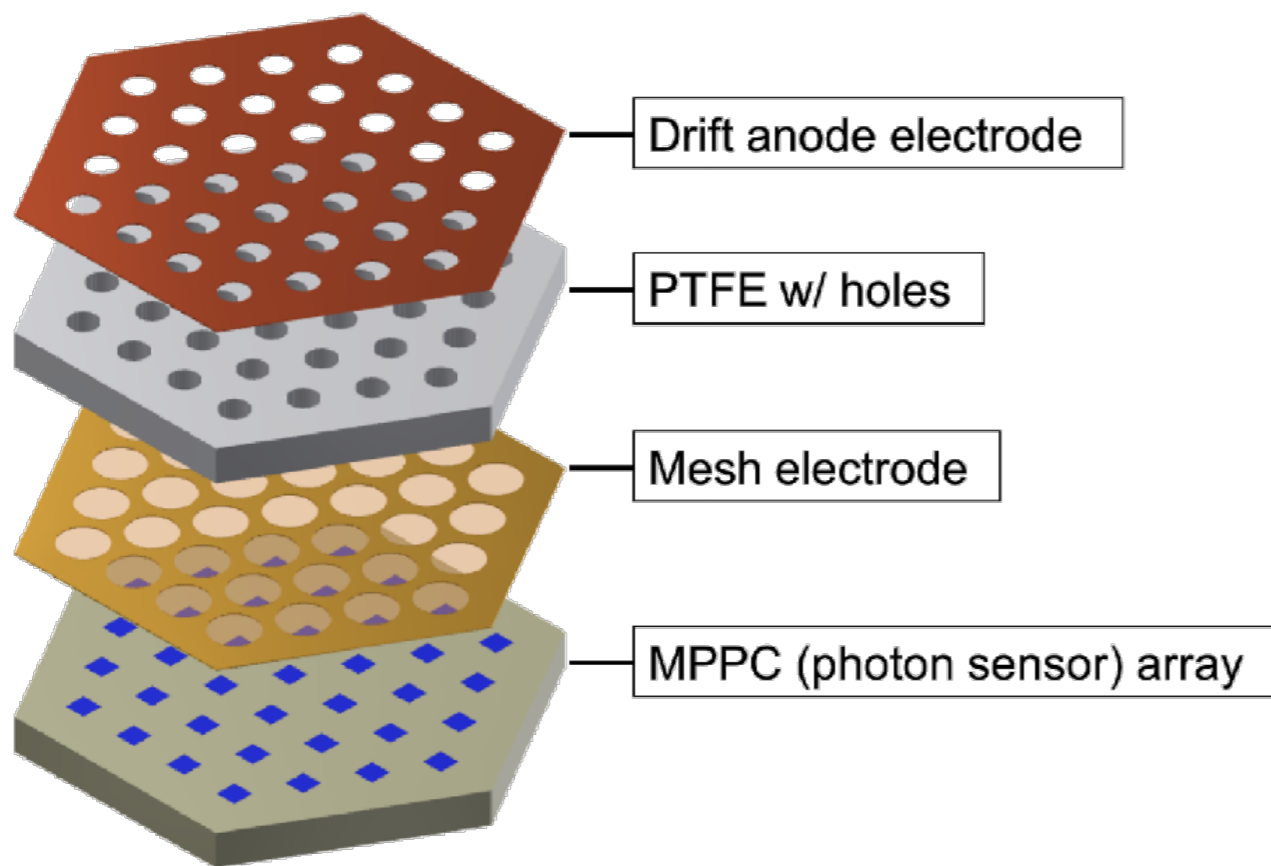
高エネルギー分解能

-> 約1トンの高圧 $^{136}\text{Xe}$ ガス

-> 目標 : **0.5% FWHM** @ Q値

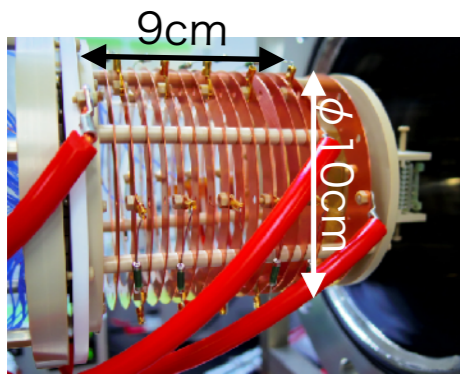
## Electroluminescence Light Collection Cell : ELCC

- セル内に電子を引き込んで高電場によってEL光を発生
- 光量を測定してエネルギー情報、ヒットパターンからトラックを再構成
- PTFE bodyを骨格とする強固な造りなので、大型化が容易



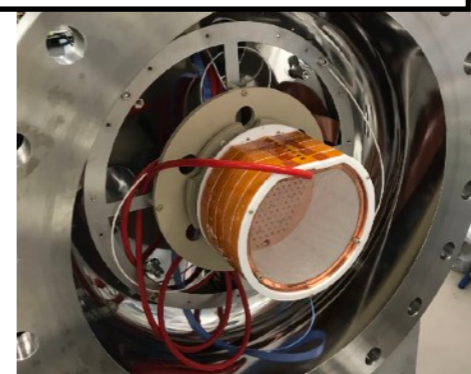
Ionization electrons are collected into cells if  $E_{EL} > E_{Drift}$  , And converted into EL lights

# High light of the AXEL project



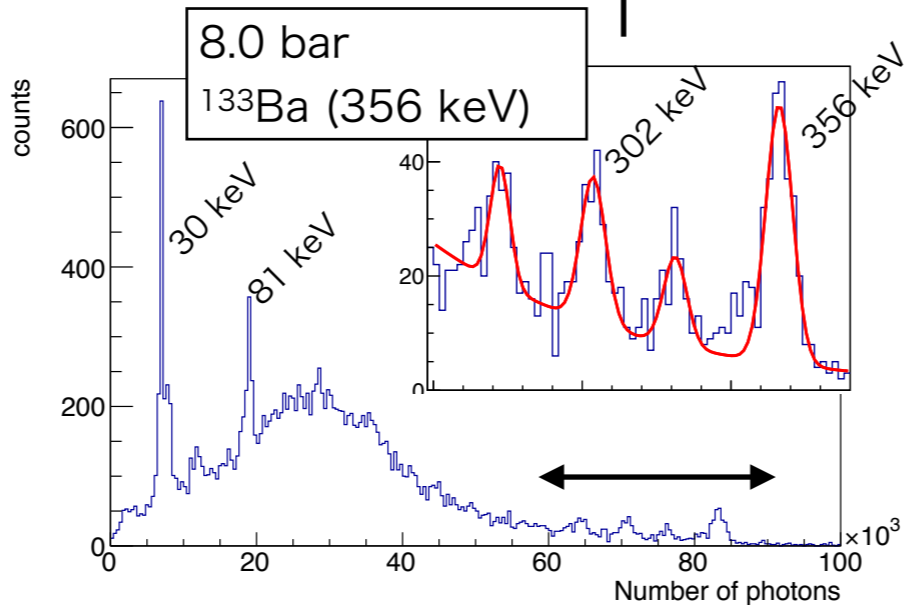
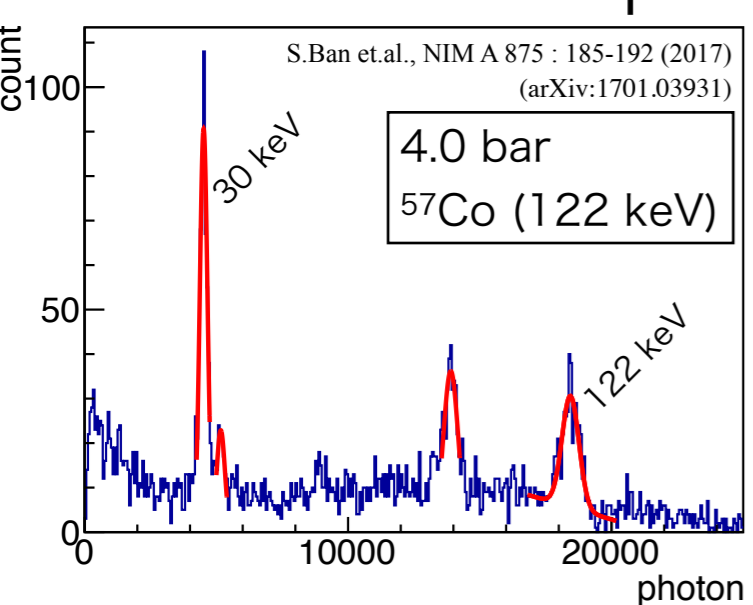
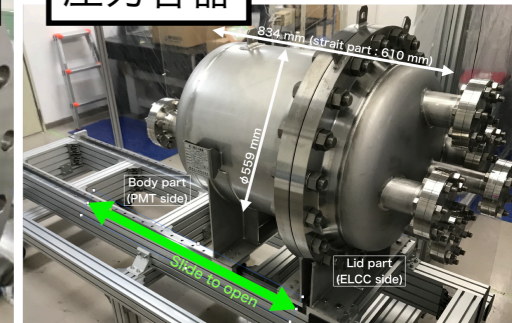
10 L prototype

検出器部分 (1st phase)



180 L prototype

圧力容器



ELCCデザインの  
見直し

180 L prototype  
最初の試験結果  
(次頁より)

# 180L prototype

Sensitive region :  $\phi 50$  cm, 40 cm-long (MAX),  $\phi 16.4$  cm, 10 cm-long (1st phase)

ELCC : 10 mm-pitch, (Max)~1500ch, 168ch(1st phase)

Purpose : **大型化のノウハウ獲得**

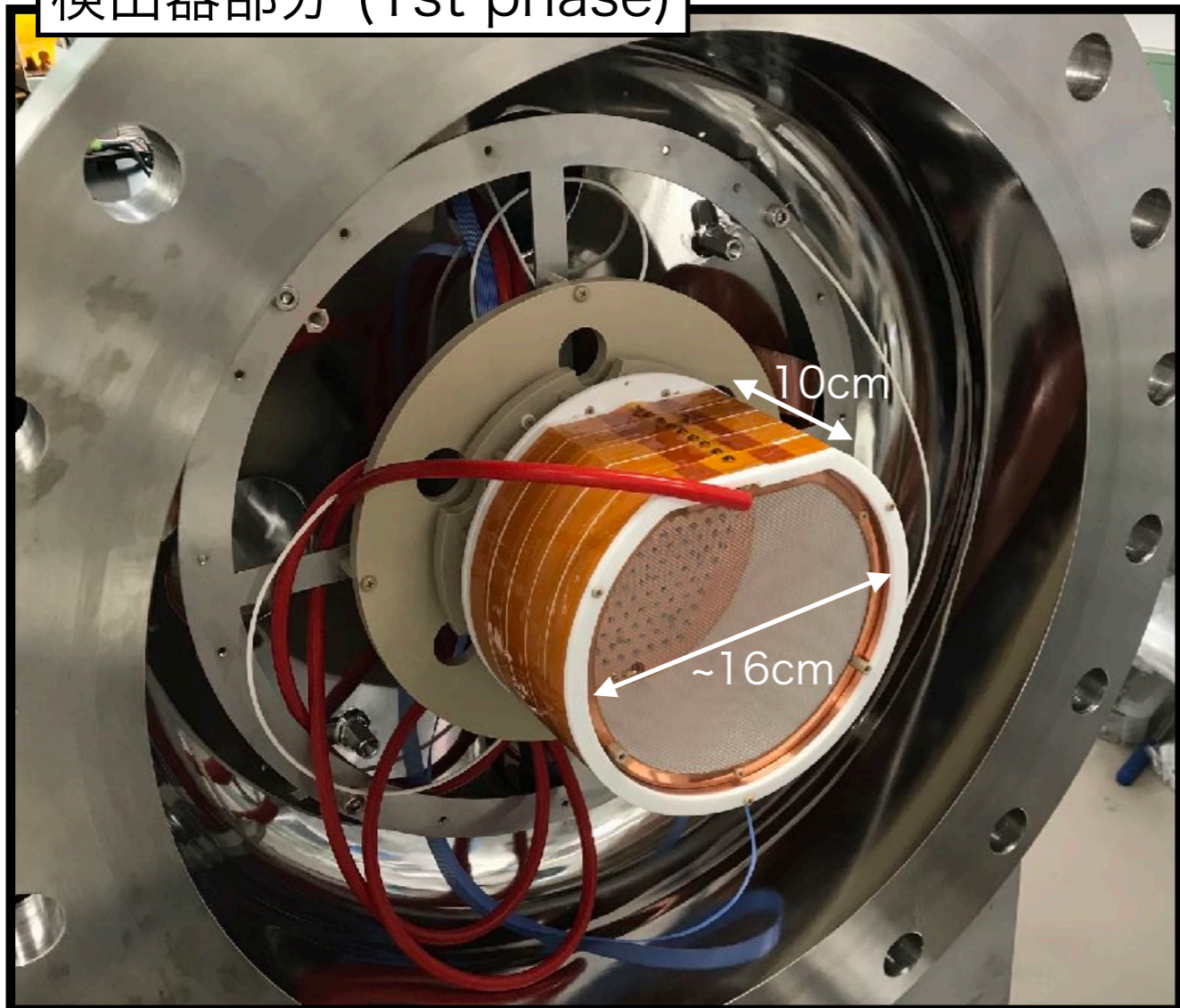
**検出器の安定動作、長期run**

高いエネルギー(~Q値)での性能評価 ← **511 keVでの性能評価**

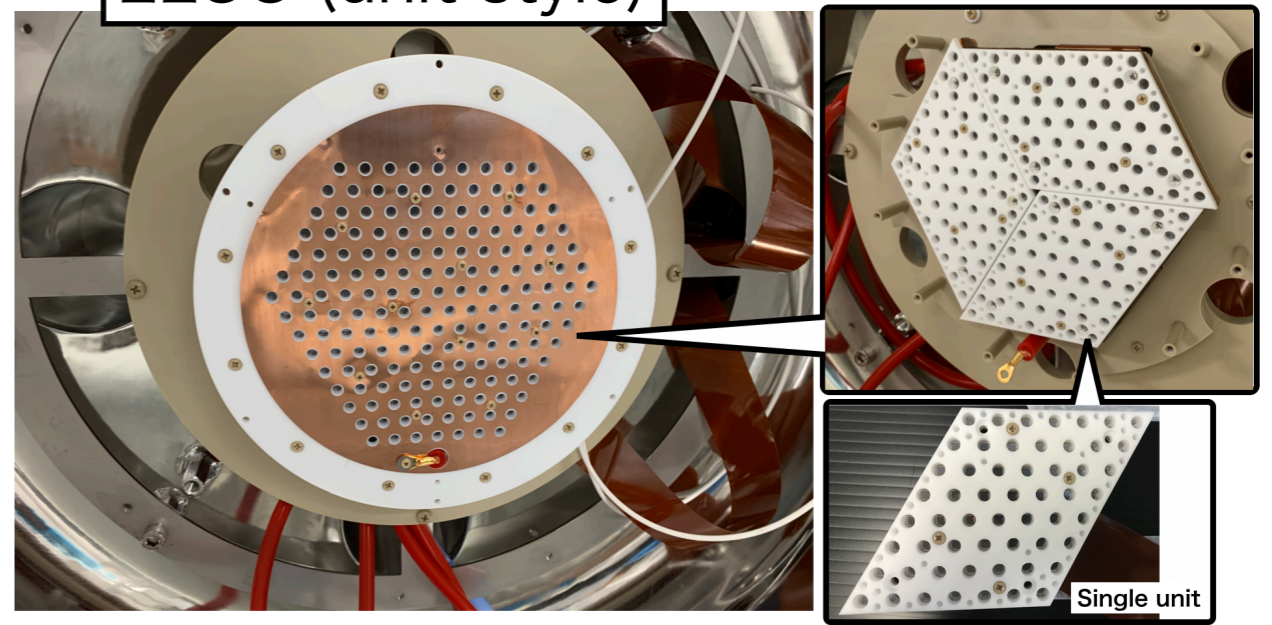
背景事象の調査

1st phaseとして

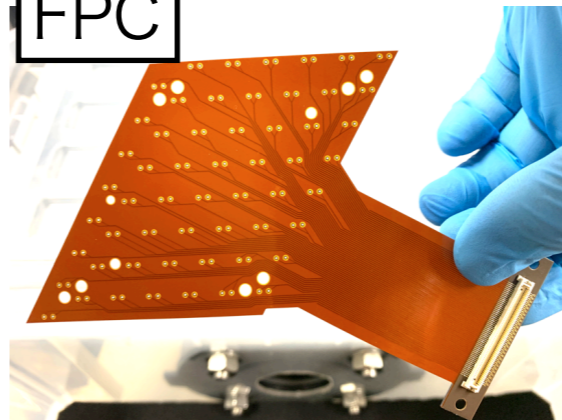
検出器部分 (1st phase)



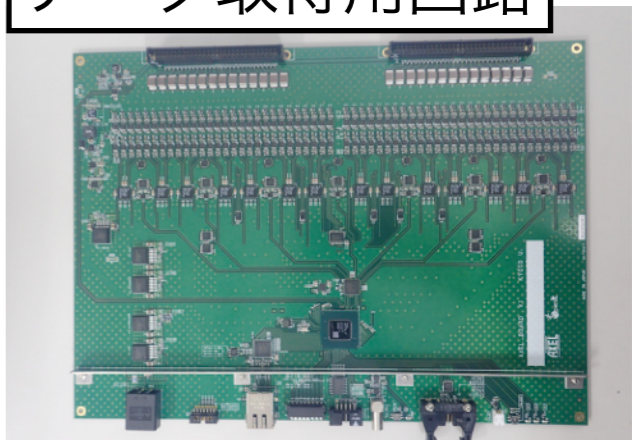
ELCC (unit style)



FPC

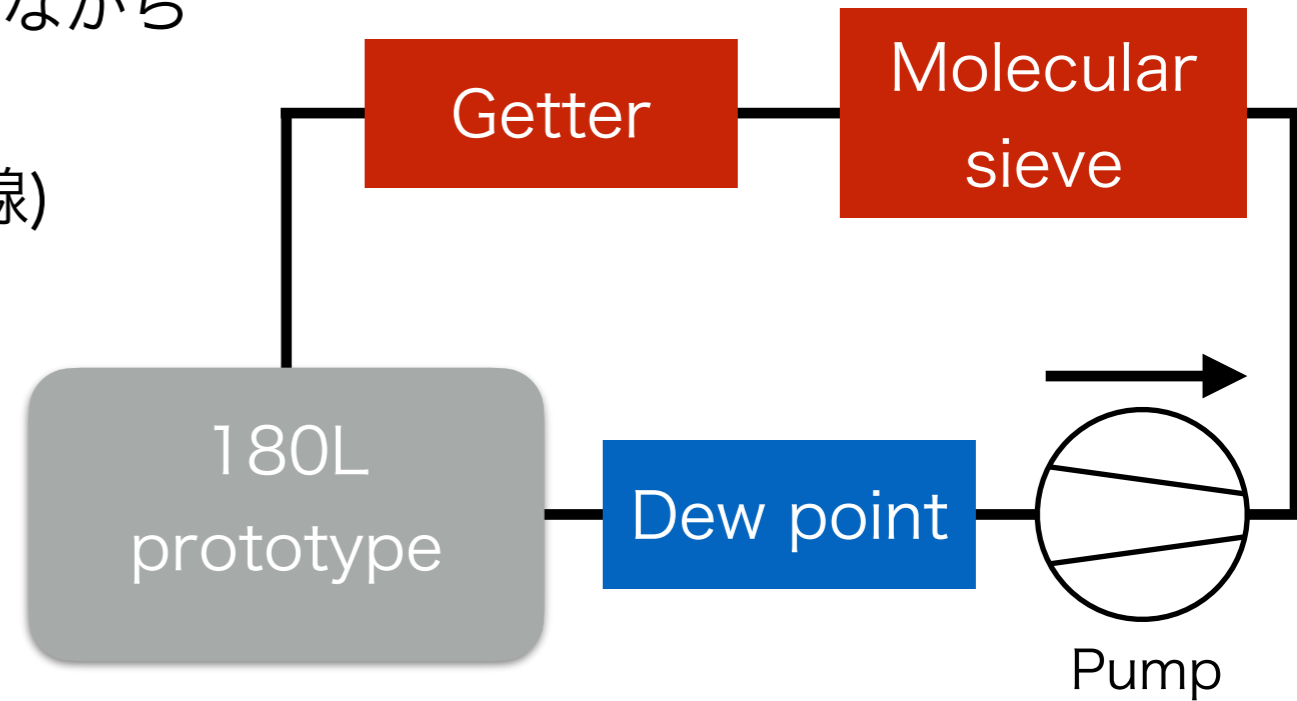


データ取得用回路

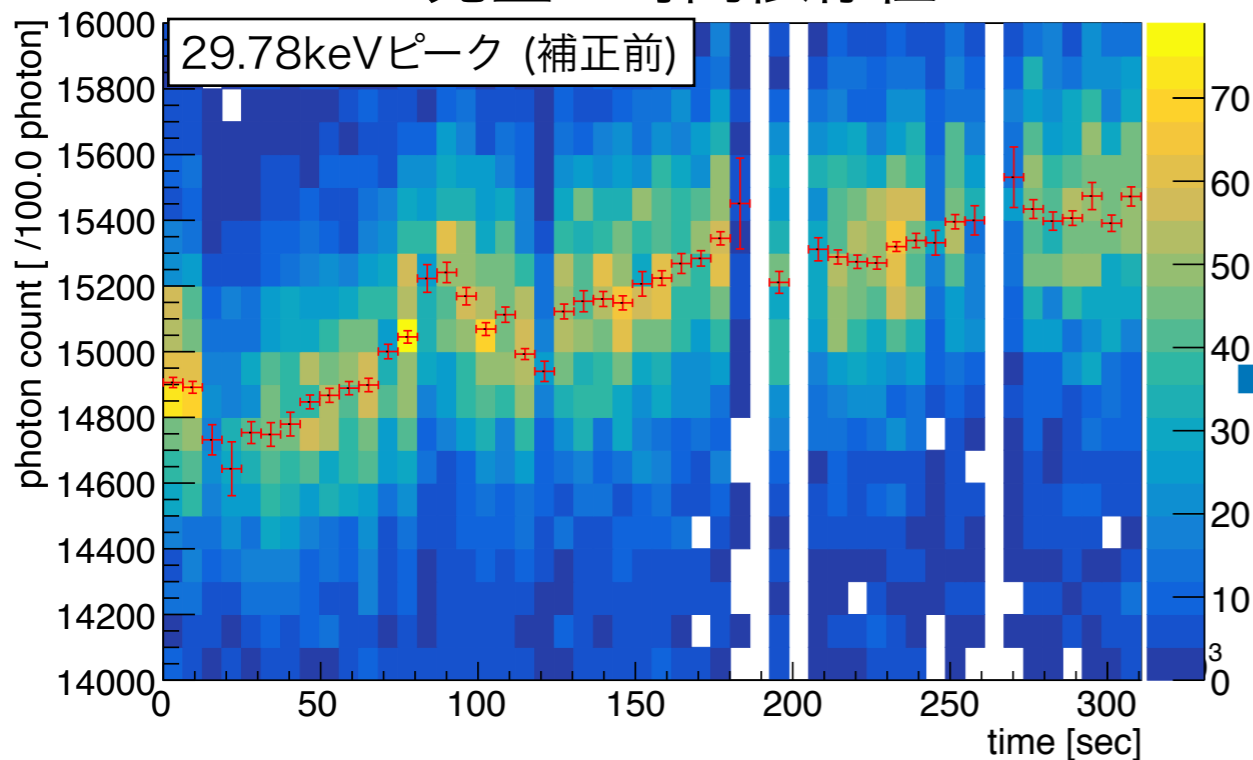


# 180L prototype : DAQ & Gas purity

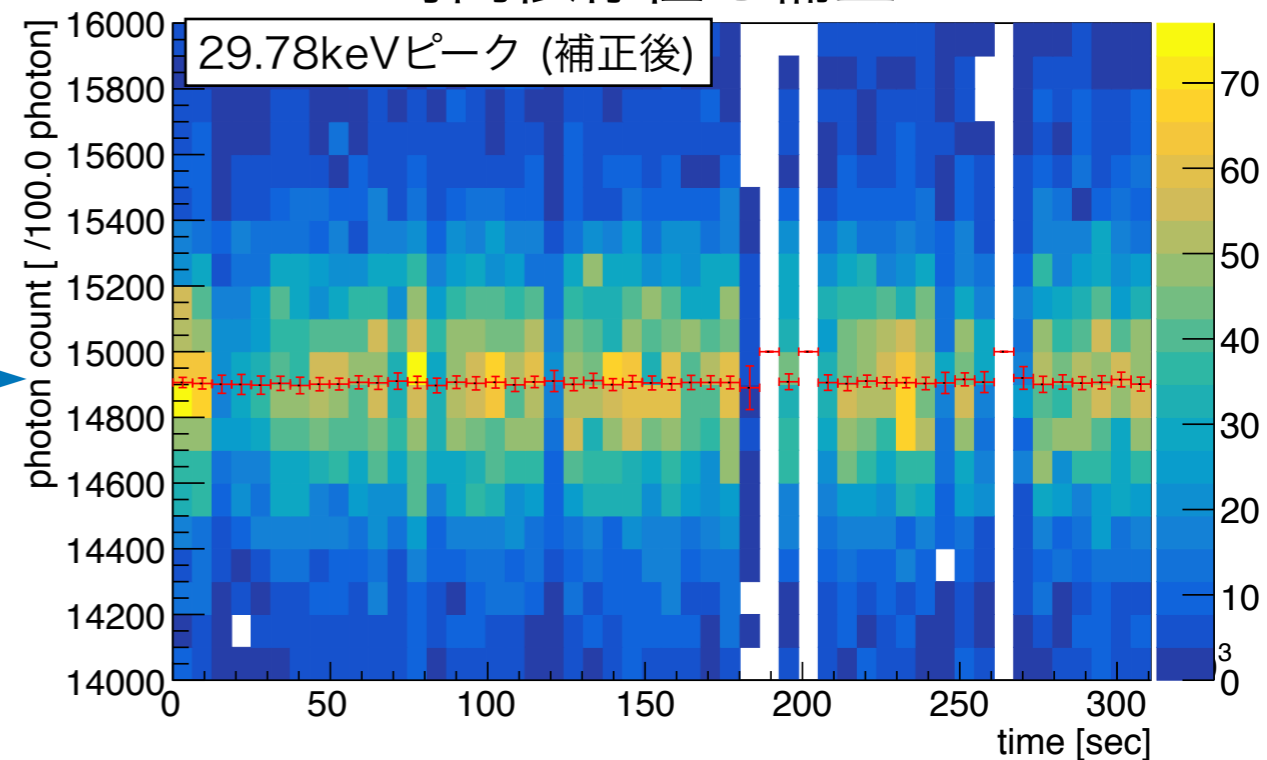
- 4気圧のxenonを導入、ガス循環・純化を行いながらデータ取得
- $^{22}\text{Na}$ を圧力容器外部に設置 (511keV ガンマ線)
- データはDec, 2019に4日間取得
- 高電圧は数回の放電以外は安定
- **~96時間連続で安定したoperationを実証**
- 循環・純化によるEL光量の増加が見える
- 解析の際は補正をかける



光量の時間依存性



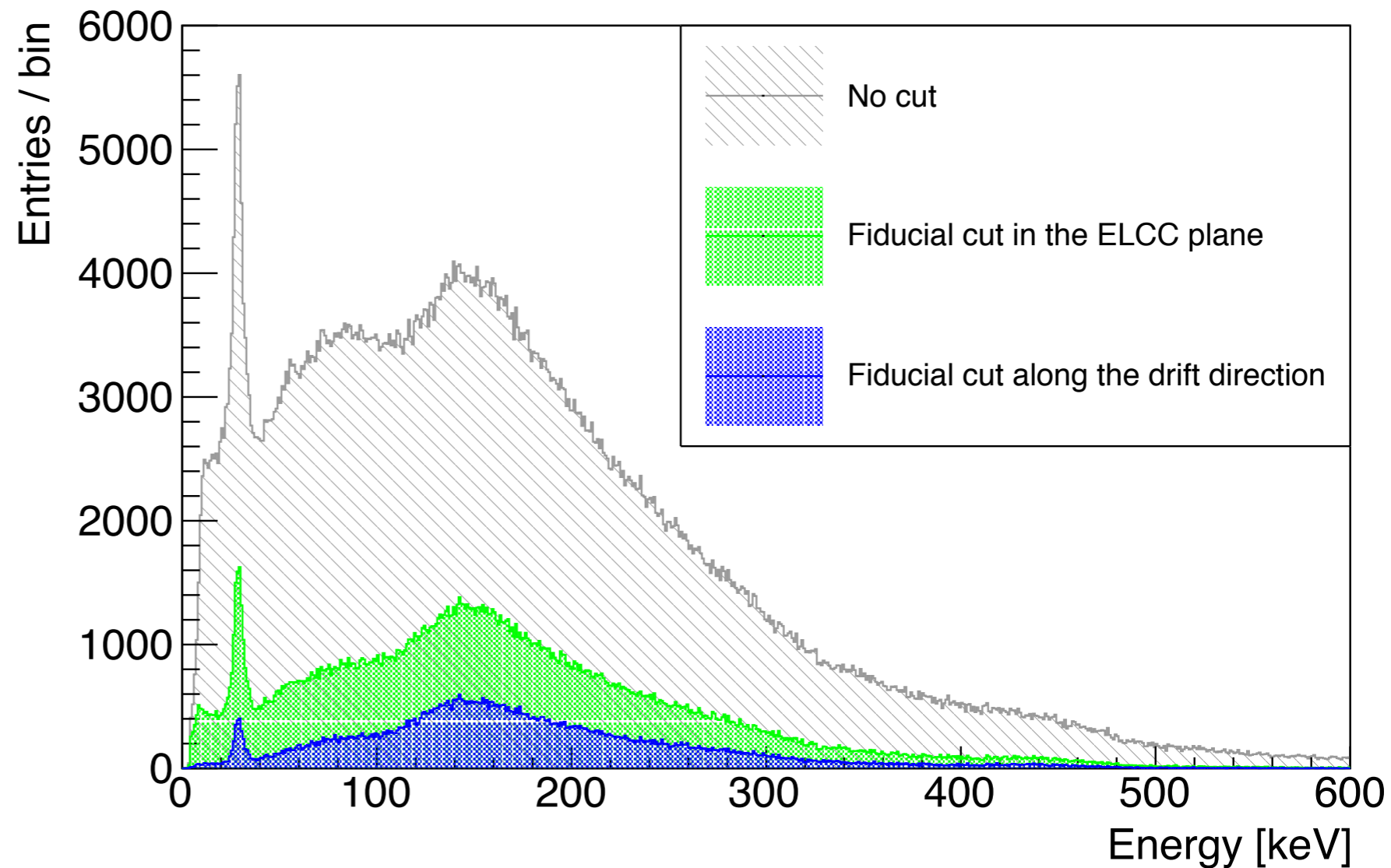
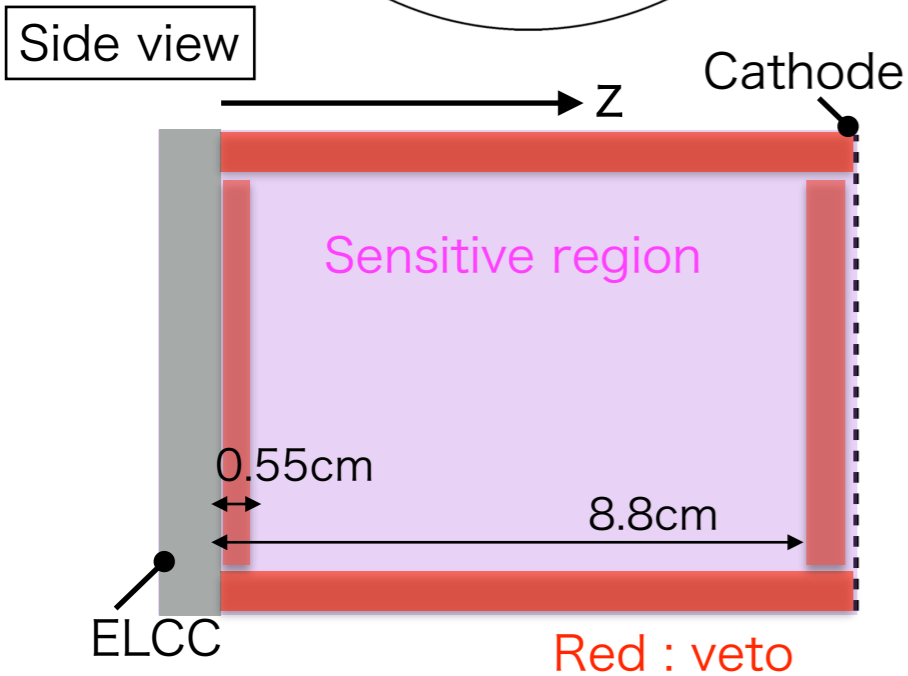
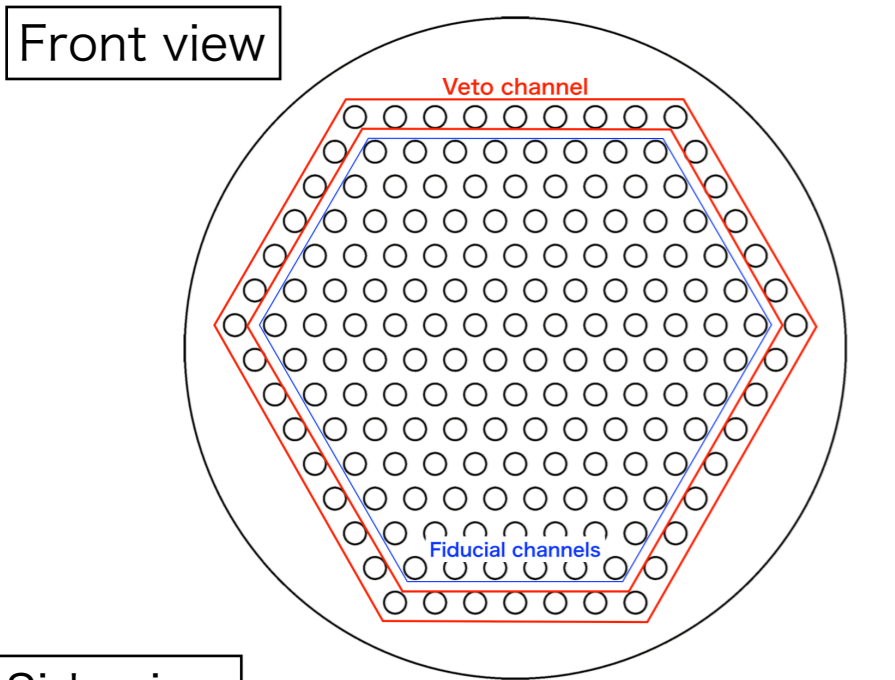
時間依存性を補正



# 180L prototype : Analysis

## - Event selection (Fully-contained eventを選択)

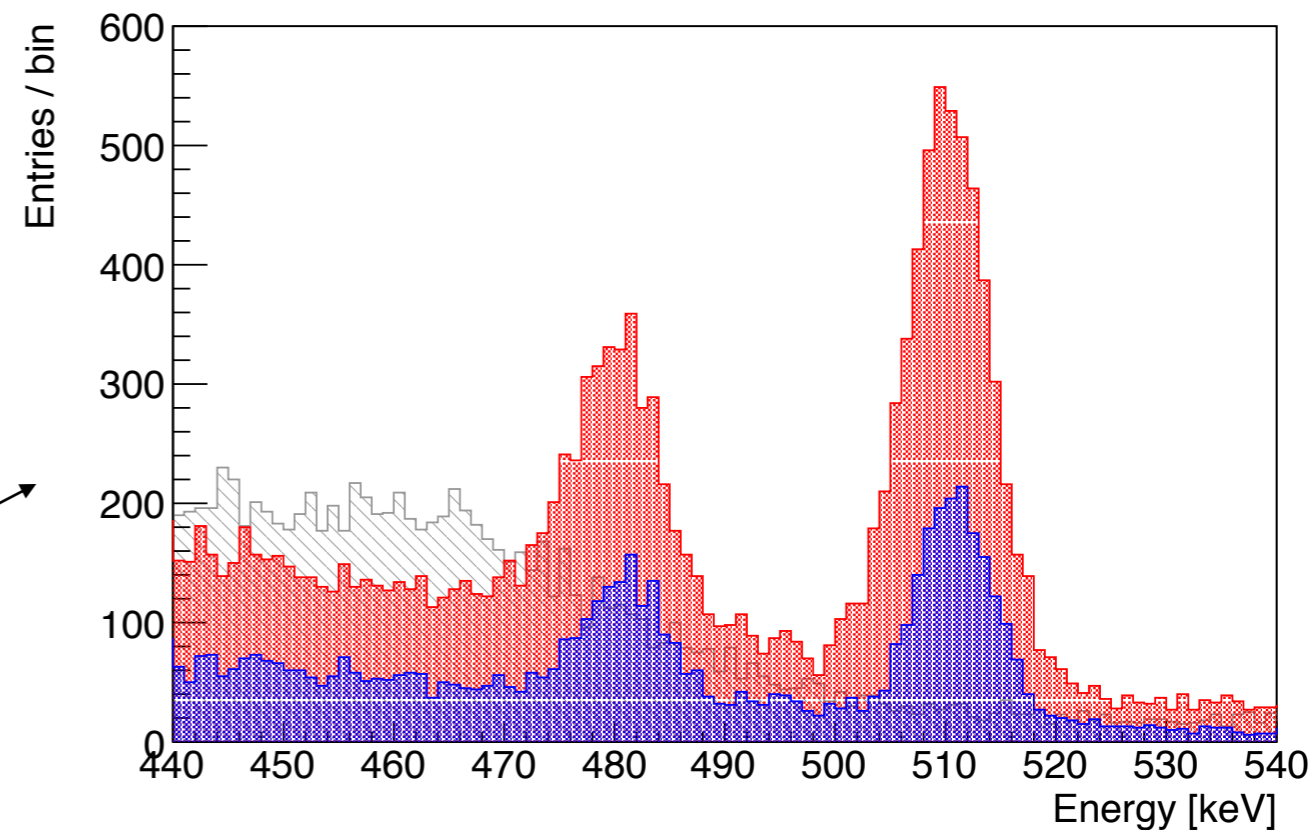
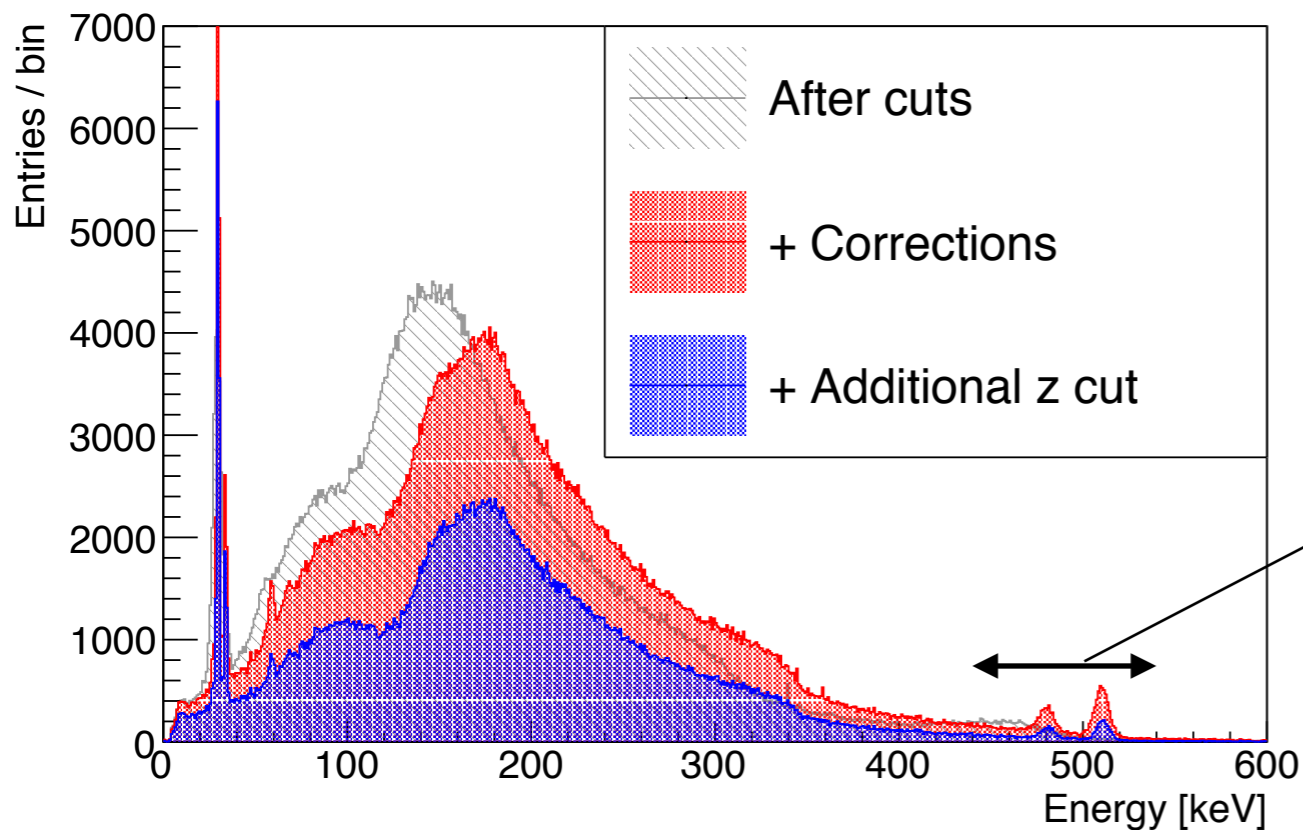
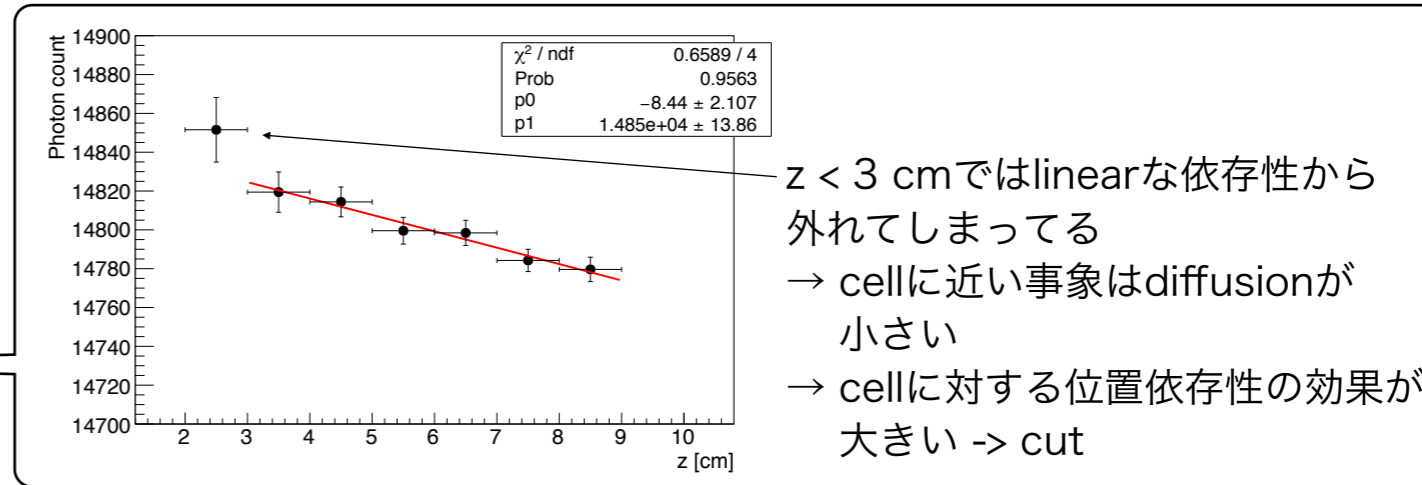
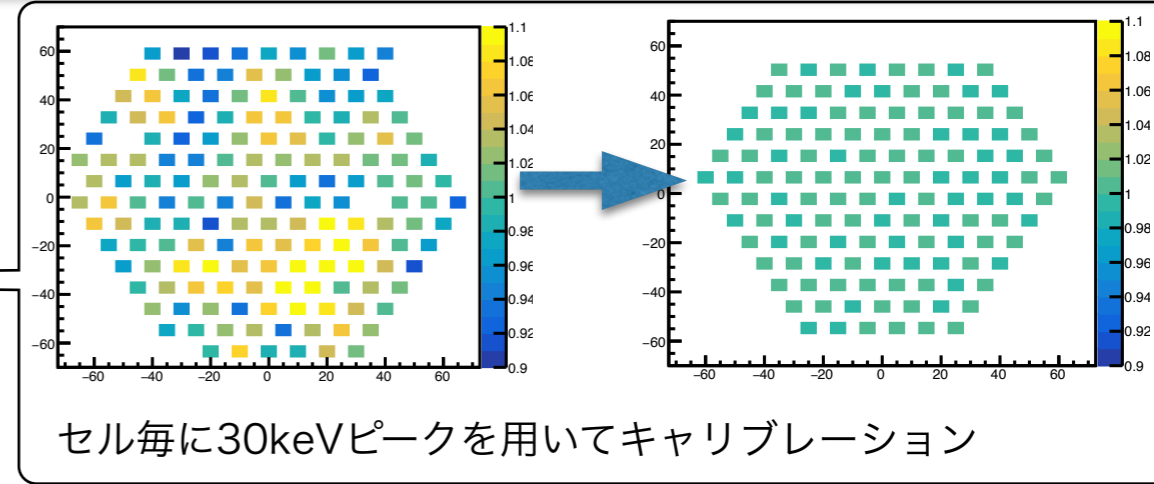
- ELCC面 : 最外層のchannelをveto
- Drift方向 : ELCC面から0.55~8.8 cmの範囲にあるイベントを取得



# 180L prototype : Analysis

## - Corrections

- EL gain calibration
- MPPC non-linearity correction
- Time dependence correction
- z dependence correction



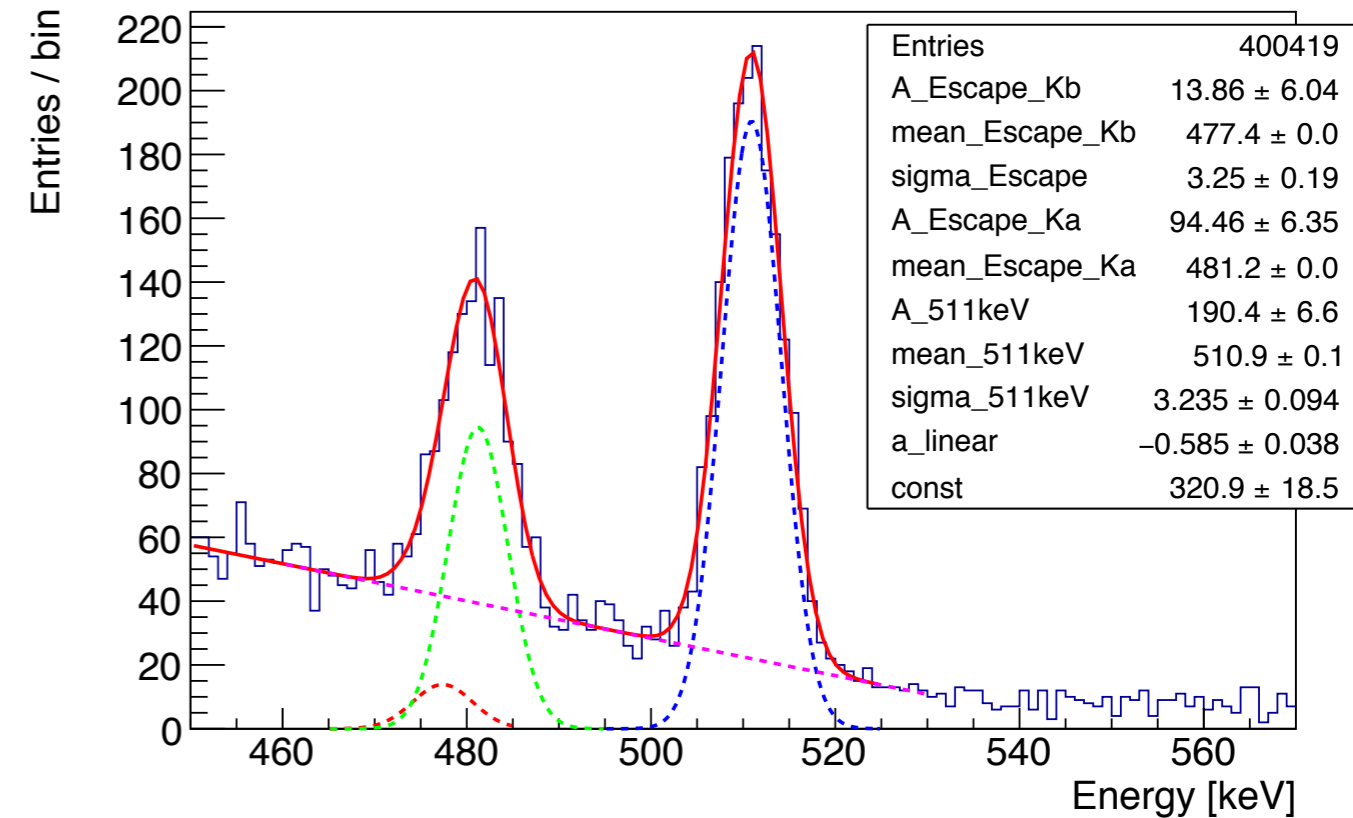
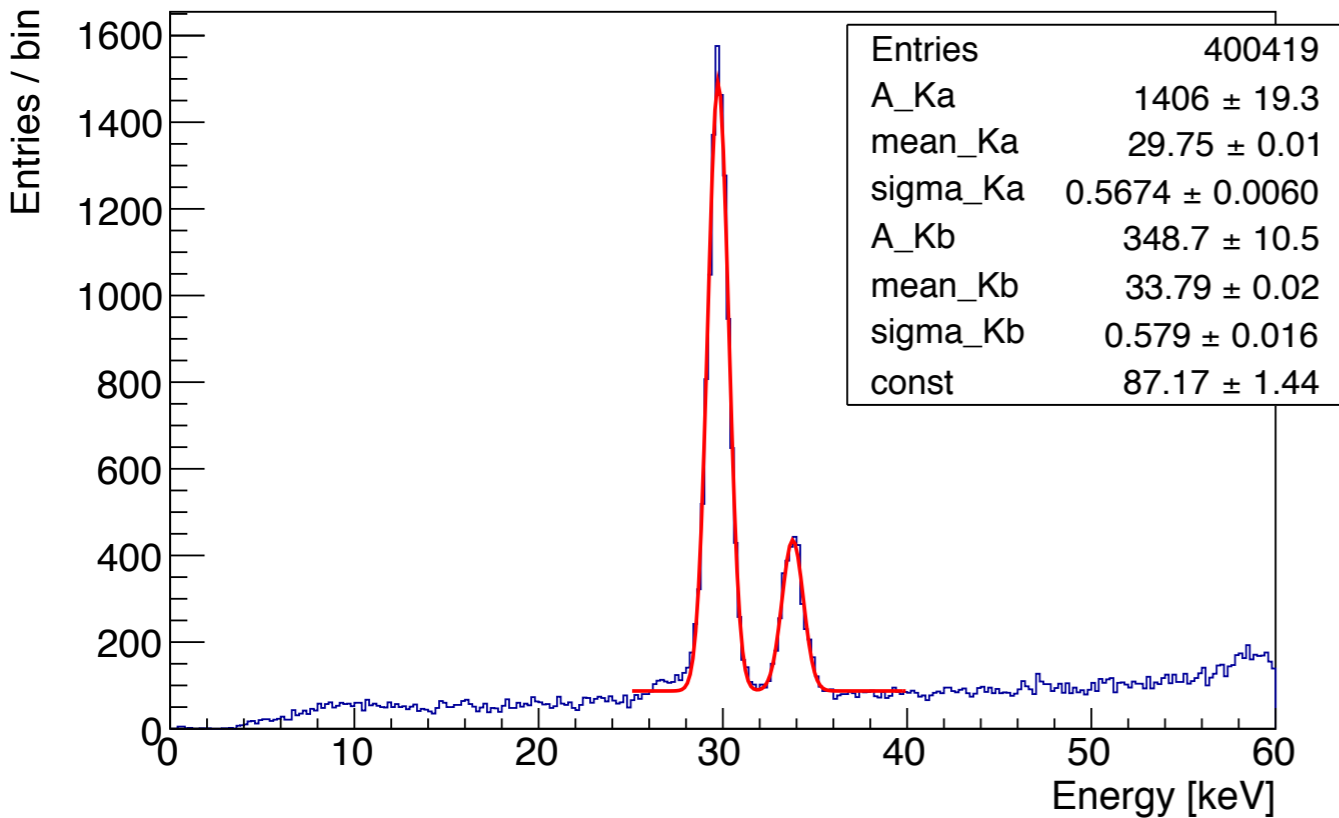


# 180L prototype : Energy resolution

特性X線 (29.78 keV, 33.62 keV)と481keV (escape), 511keVピークを評価に用いる

- Gaussians + Linear (const)でfit
- 30 keVのピークは、 $\sqrt{E}$ で変換するとQ値で 0.5% (FWHM) : **目標を達成**
- 511keVのピークは、**世界最高レベルのエネルギー分解能** (in  $0\nu\beta\beta$  search experiment with xenon)

ただし、両者のQ値での分解能に差があるため、単純に $\sqrt{E}$ ではconversionできない可能性



Energy [keV]	29.78	33.62	481.2	511.0
FWHM	4.50%	4.03%	1.59%	1.49%
FWHM @Q	0.50%	0.47%	0.70%	0.68%

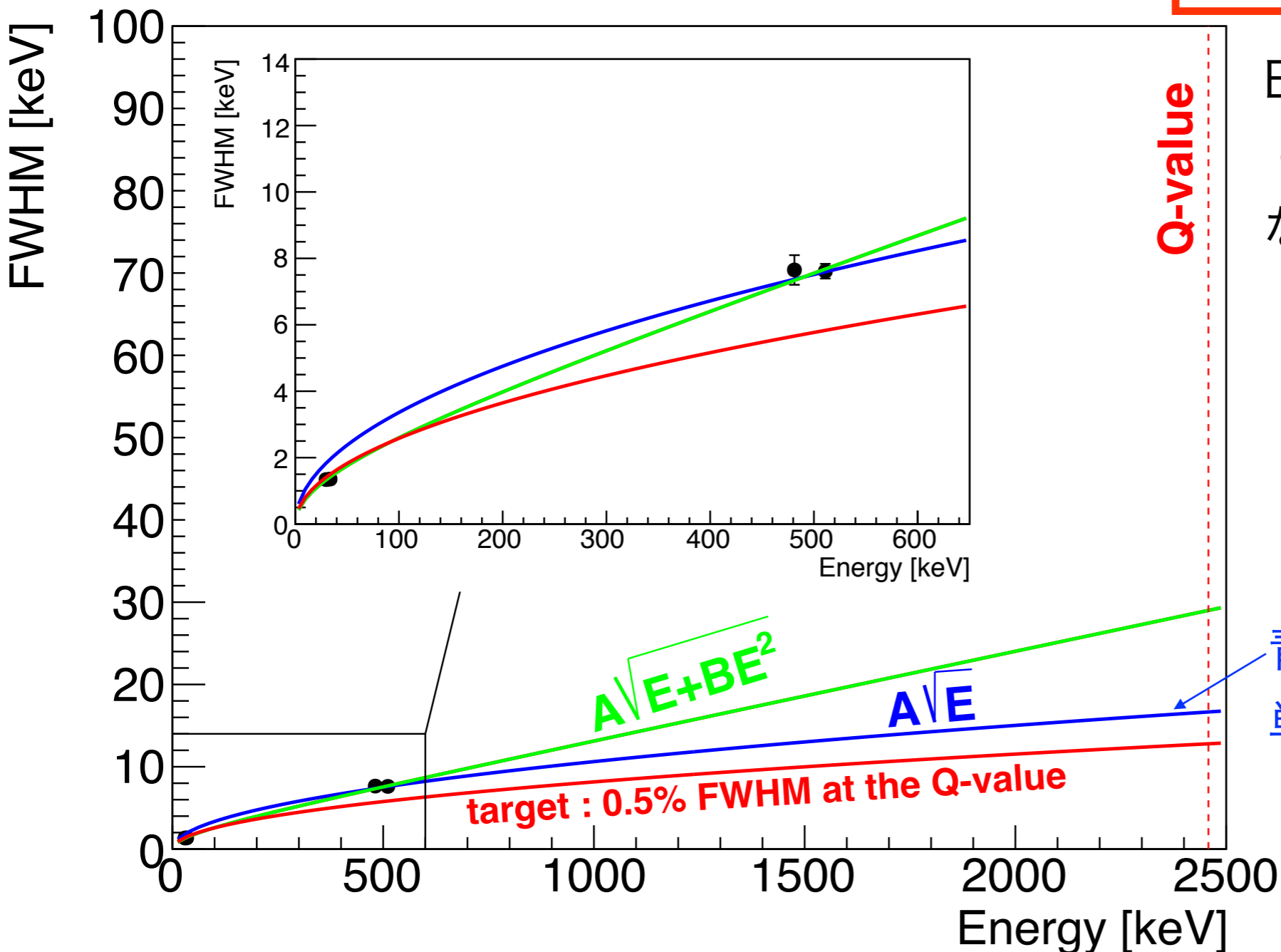
# 180L prototype : Energy resolution

エネルギー分解能に $\sqrt{E}$ に比例する項に加えて $E$ に比例する項の効果も加えて評価を行う

$$A\sqrt{E + BE^2} \quad A = 0.226 \pm 0.003$$
$$B = 0.0029 \pm 0.0004$$

-> Extrapolate to Q-value

**FWHM 1.18% (@2458keV)**

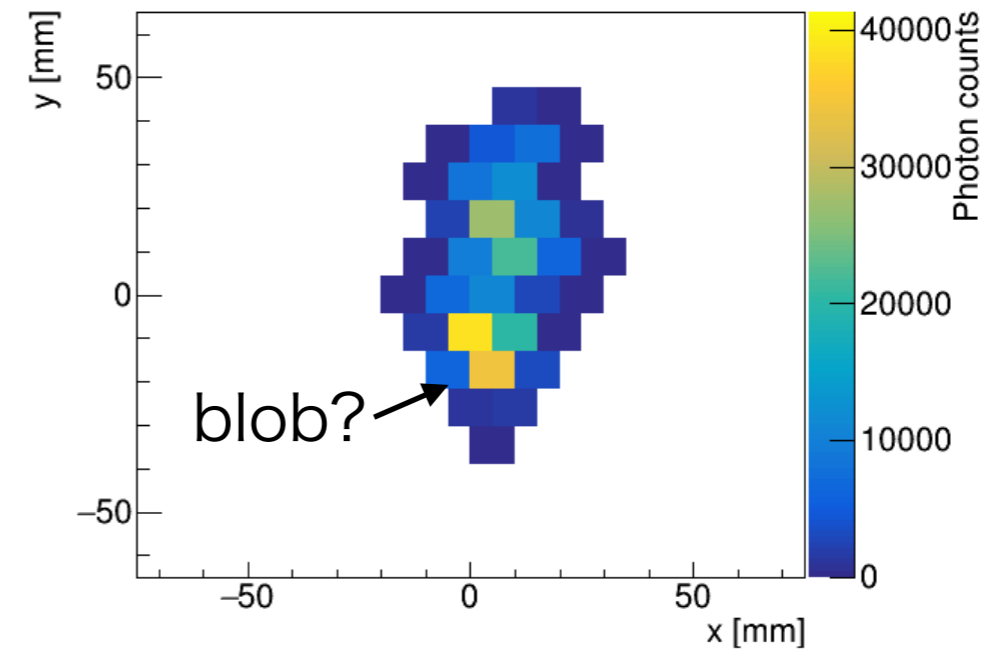
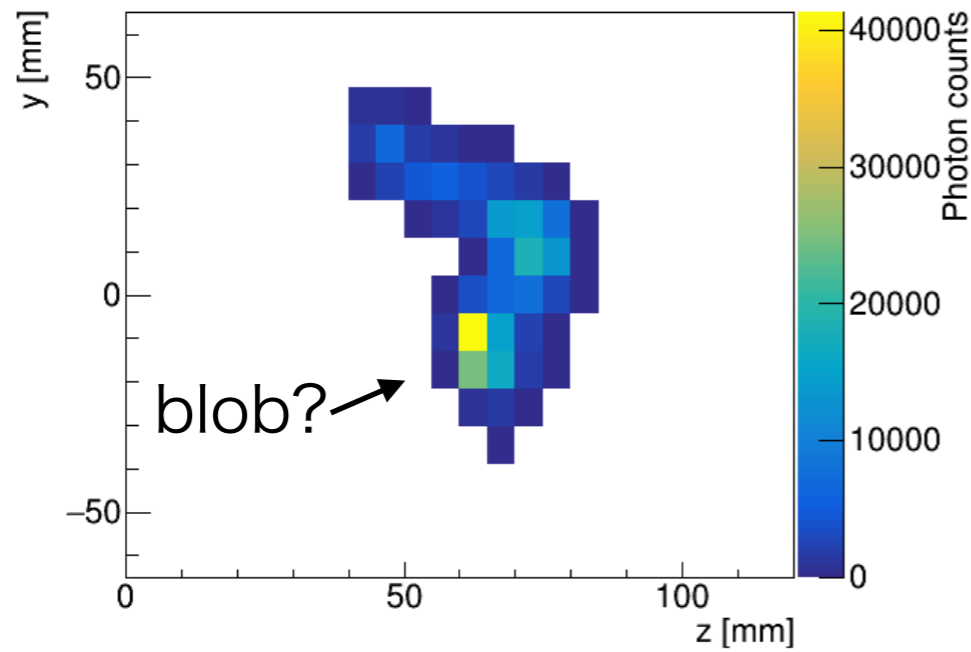
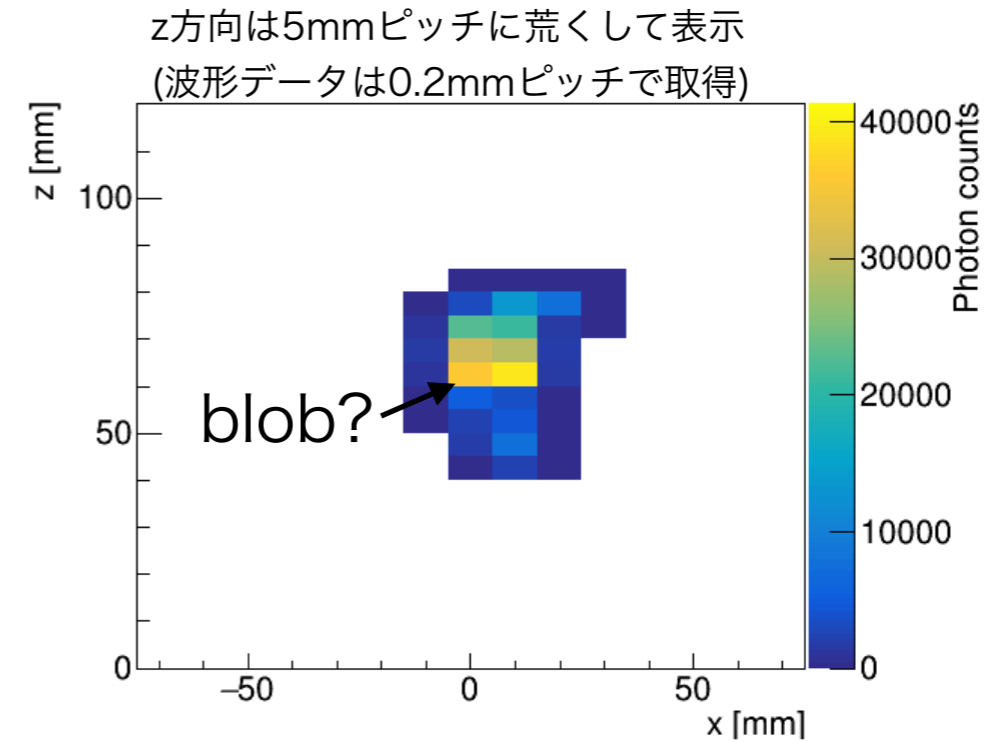
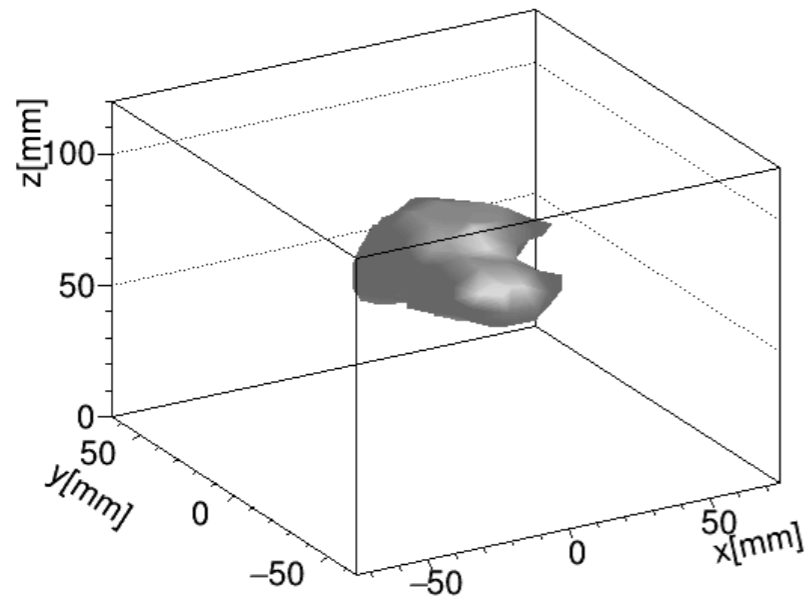


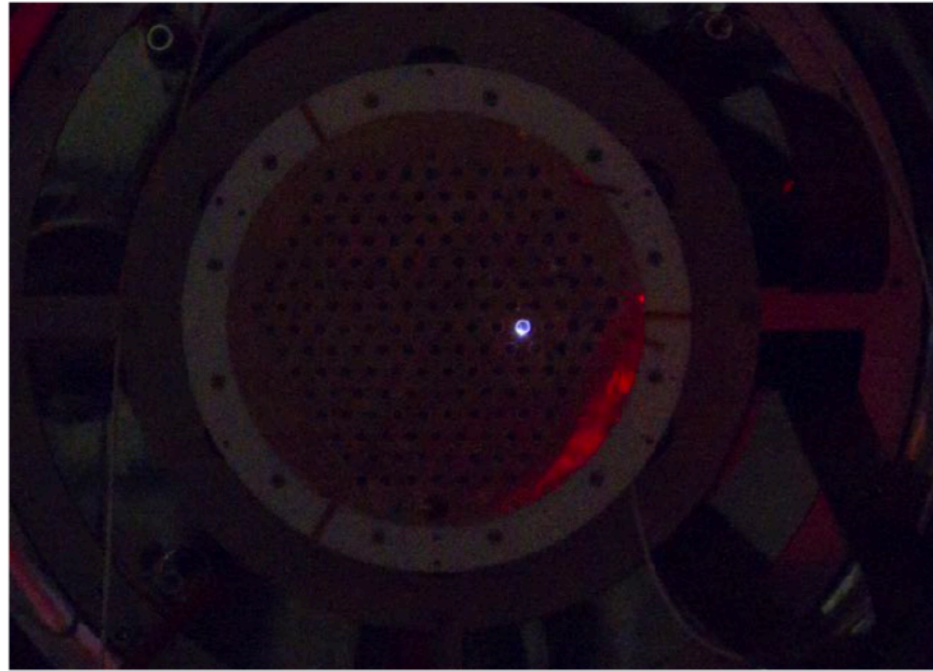
Eに比例する項の要因として  
- Time correctionのerror  
などが考えられる(調査中)

青いラインは511keVを  
単純に $\sqrt{E}$ で変換した際の外挿  
(FWHM 0.68% @2458keV)

イベント・ディスプレイ @511keV

- **single electronのトラックと止まり際のblob構造が見えた**

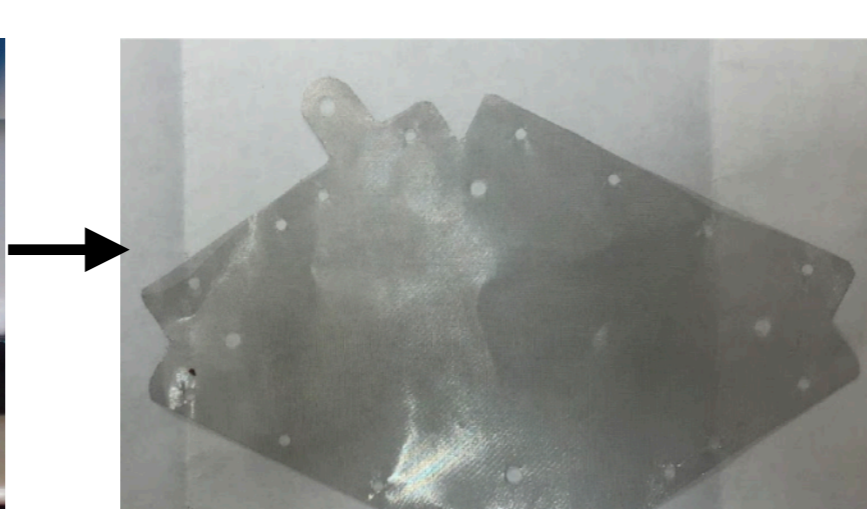




## ELCC周りでの放電

- cell内に残っていたメッシュ片による放電  
→ 清掃を徹底
- メッシュ切れ端が尖っていることによる高電場  
→ 焼結メッシュ (端辺の処理)
- ユニット固定用の貫通ネジ穴を通った放電  
→ ピンによる固定方法に変更、貫通箇所を無くす

ユニット間のメッシュの切れ端



焼結メッシュ

