

AXEL実験： 現10L級試作機の性能評価と 次期100L級試作機の開発について

A京都大学 理学研究科
博士後期課程1年 A潘 晟

A市川温子、A中家剛、E南野彰宏、A中村輝石、A石山優貴、A田中駿祐、A吉田将、A中村和広
A廣瀬昌憲、B関谷洋之、B中島康博、C上島考太、D身内賢太郎

B東京大学 宇宙線研究所、C東北大学 ニュートリノ科学研究センター、D神戸大学 粒子物理学研究室
E横浜国立大学 知能物理工学科

2017年3月17日 JPS年次大会@大阪大

1. AXEL実験
2. 現在の試作機について
3. 次期試作機にむけて
4. まとめ

1. AXEL実験

2. 現在の試作機について

3. 次期試作機にむけて

4. まとめ

AXEL -A Xenon ElectroLuminescence-

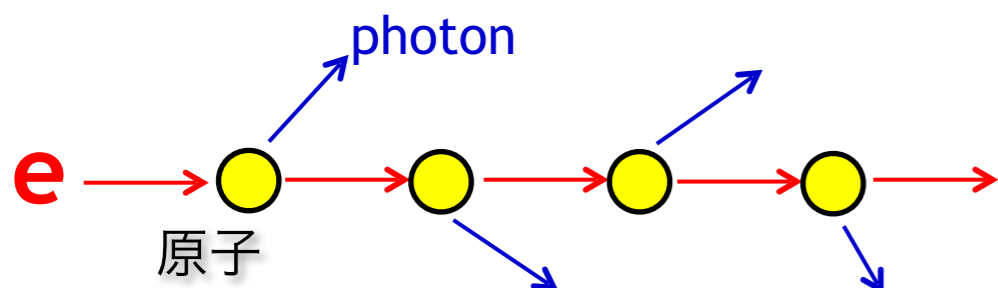
高圧XeガスTPC for $0\nu\beta\beta$ decay search

飛跡検出

(背景事象の除去)

電離信号の読み出し

- エレクトロルミネッセンス(EL)過程



掛けた電場に比例して増幅率が増加

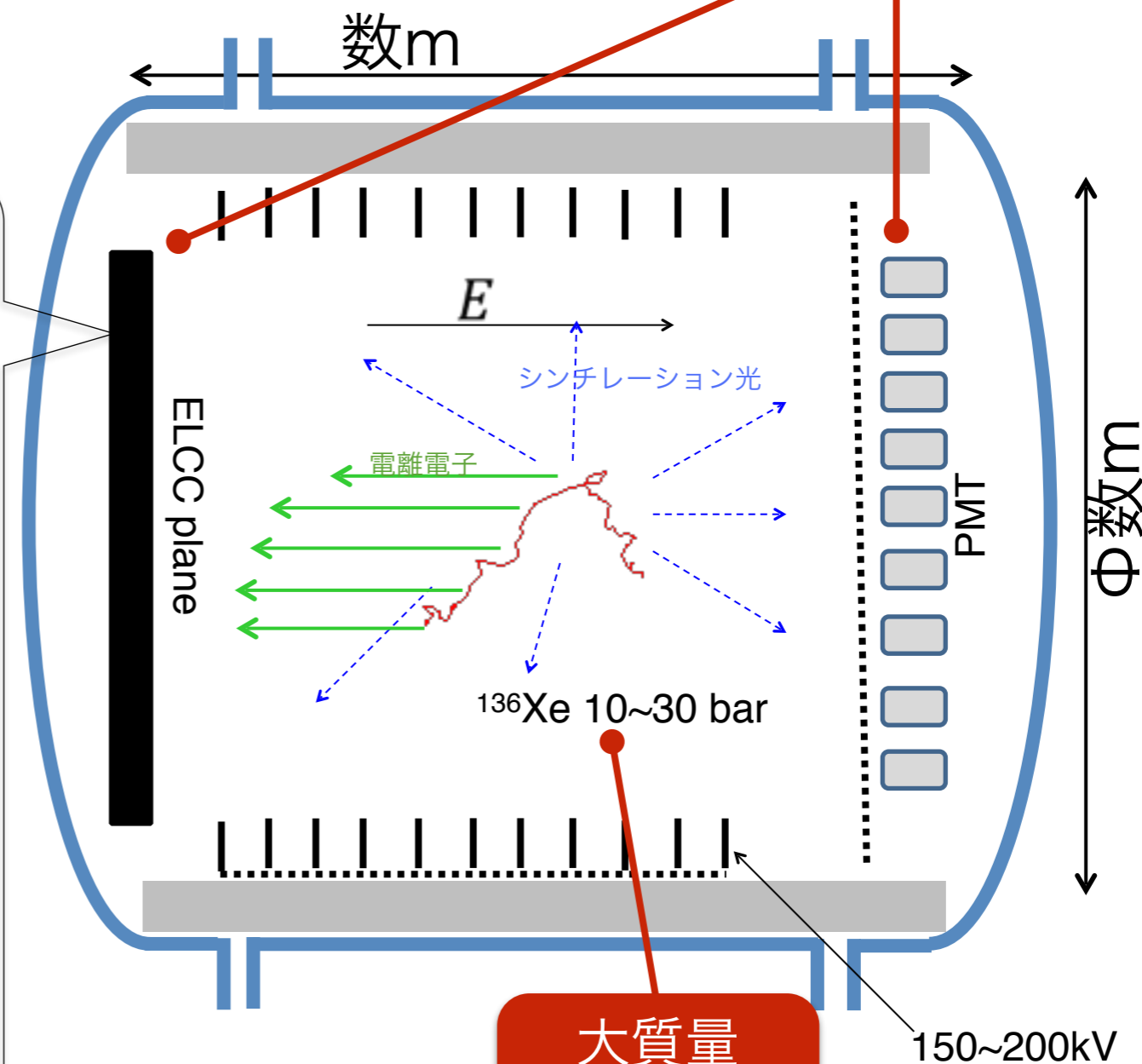
指数関数的増幅過程を伴わない

-> 増幅揺らぎが小さい

読み出し機構の詳細は次頁

高エネルギー分解能

-> 目標 : 0.5%FWHM @ Q値

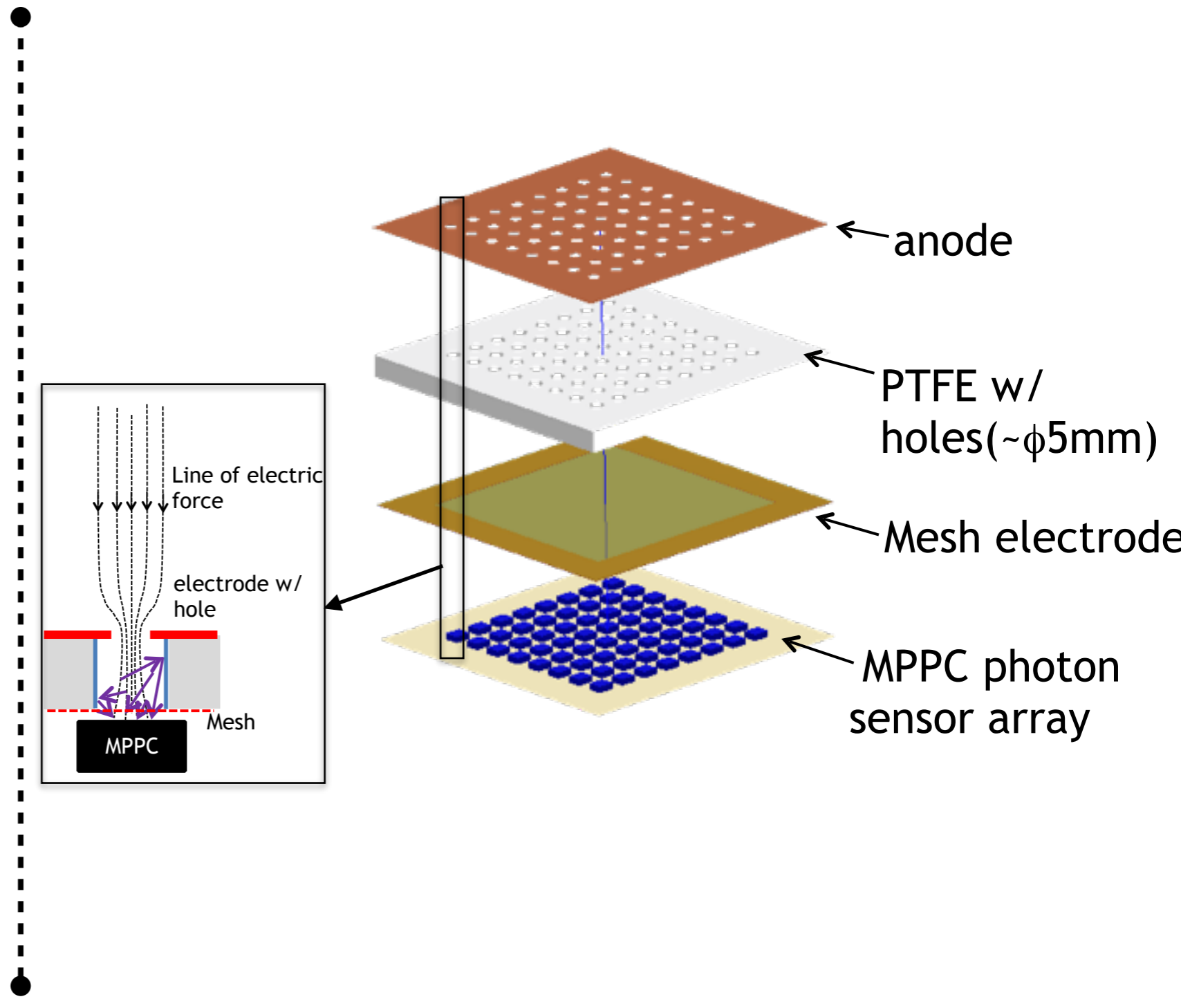
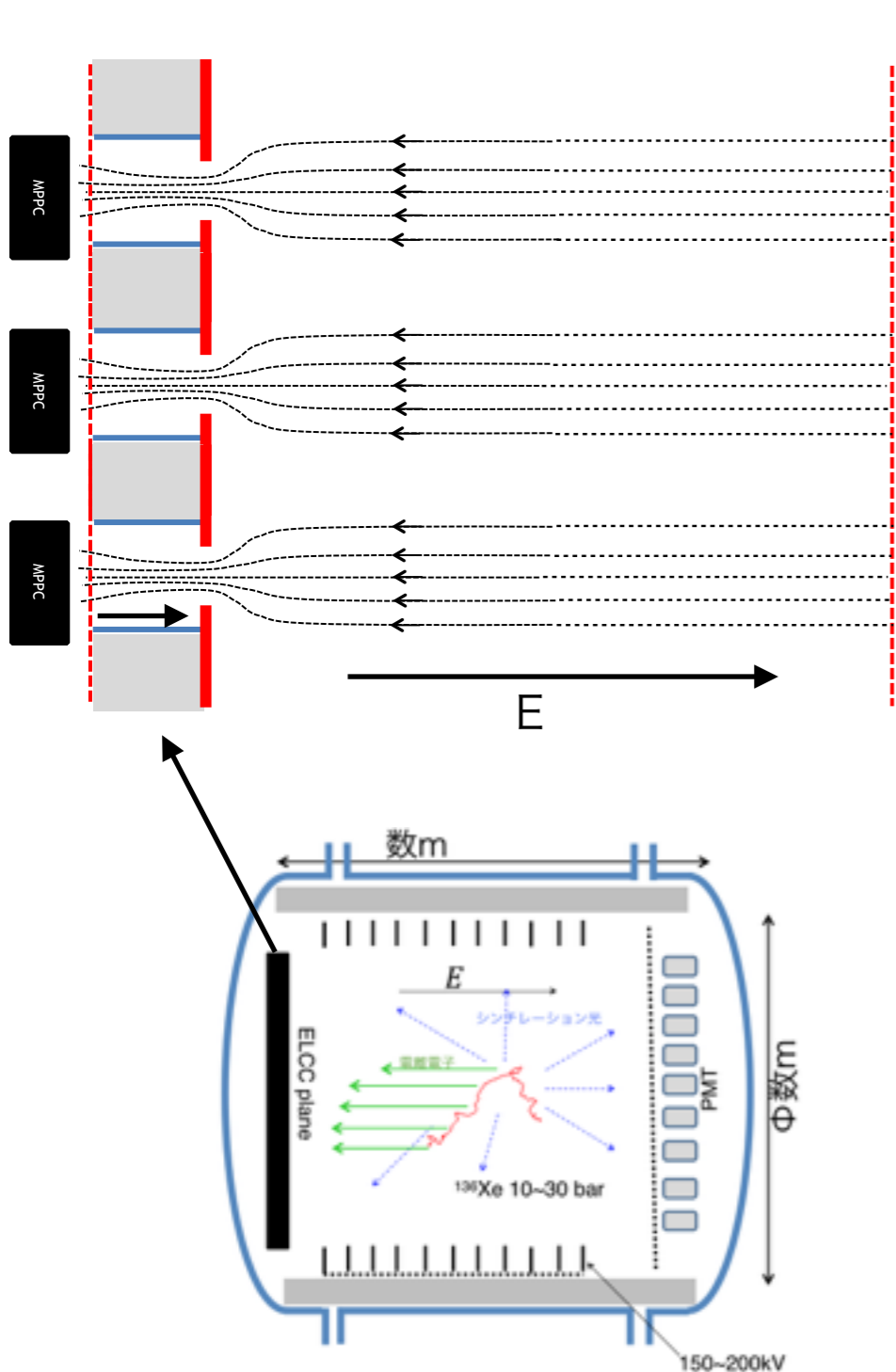


大質量

-> 約1トンの高圧 ^{136}Xe ガス

Electroluminescence Light Collection Cell (ELCC)

セル状の各領域でEL光を検出することで、エネルギー測定と飛跡検出を同時に行う
電気力線をセル内に引き込む構造なので、光量の位置依存性を軽減
堅い素材で構成されているため、大型化が容易(メッシュのたわみのような問題が無い)



1. AXEL実験

2. 現在の試作機について

3. 次期試作機にむけて

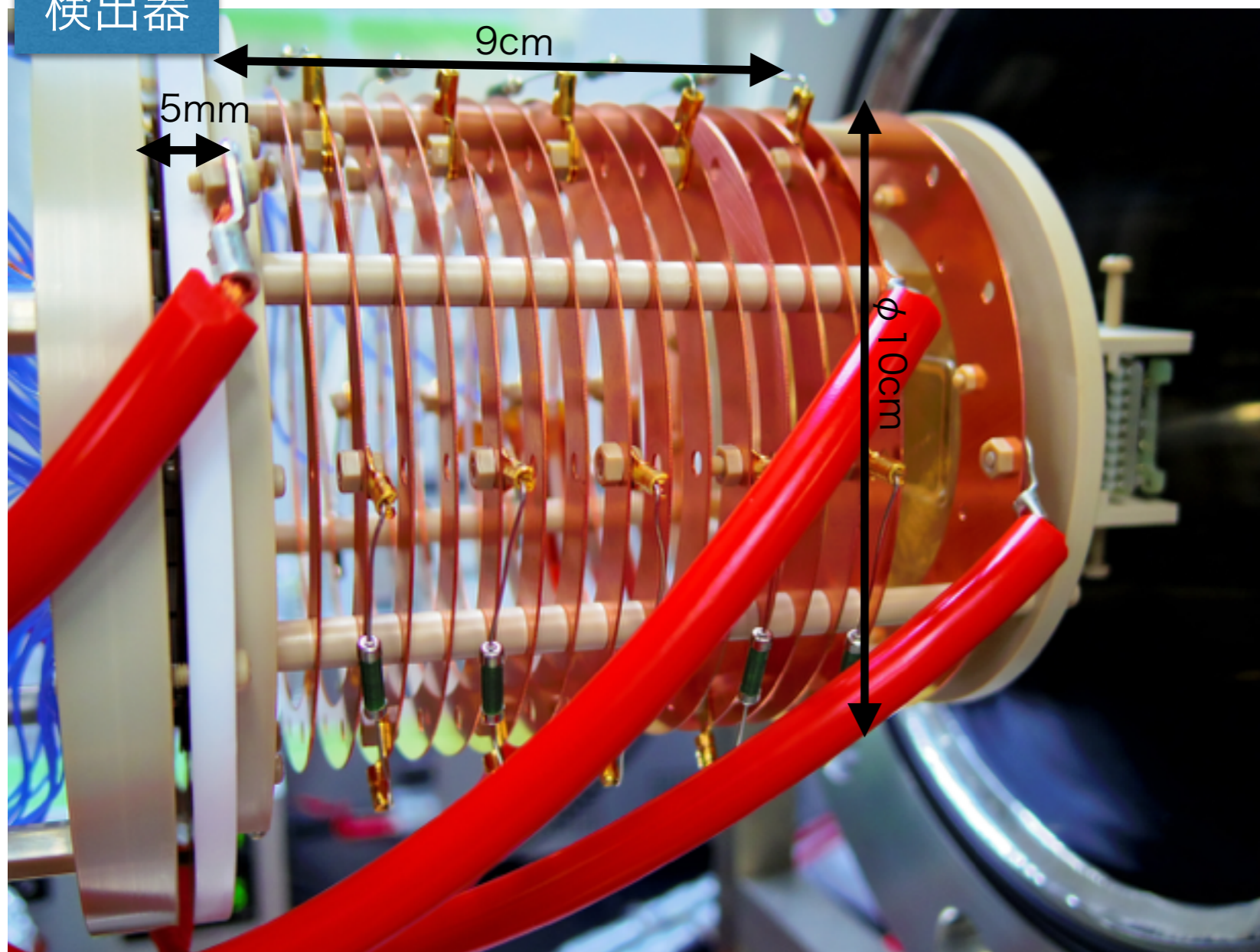
4. まとめ

現在の試作機について

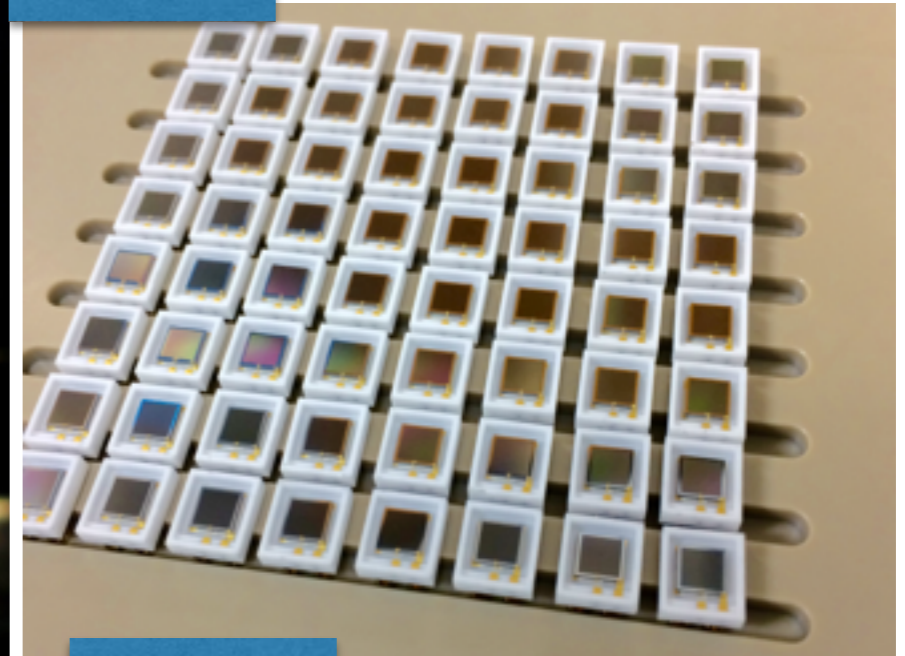
有効領域： $\phi 10\text{cm}$ 、長さ 9cm 、 64ch の試作機を製作

^{22}Na ガンマ線源(511keV)でエネルギー分解能の評価を行うことが目的

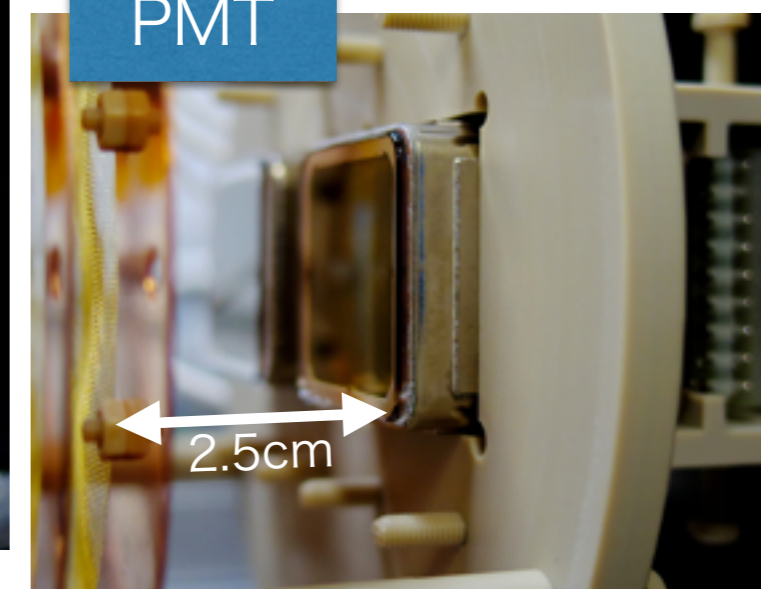
検出器



MPPC Sensitive to VUV light

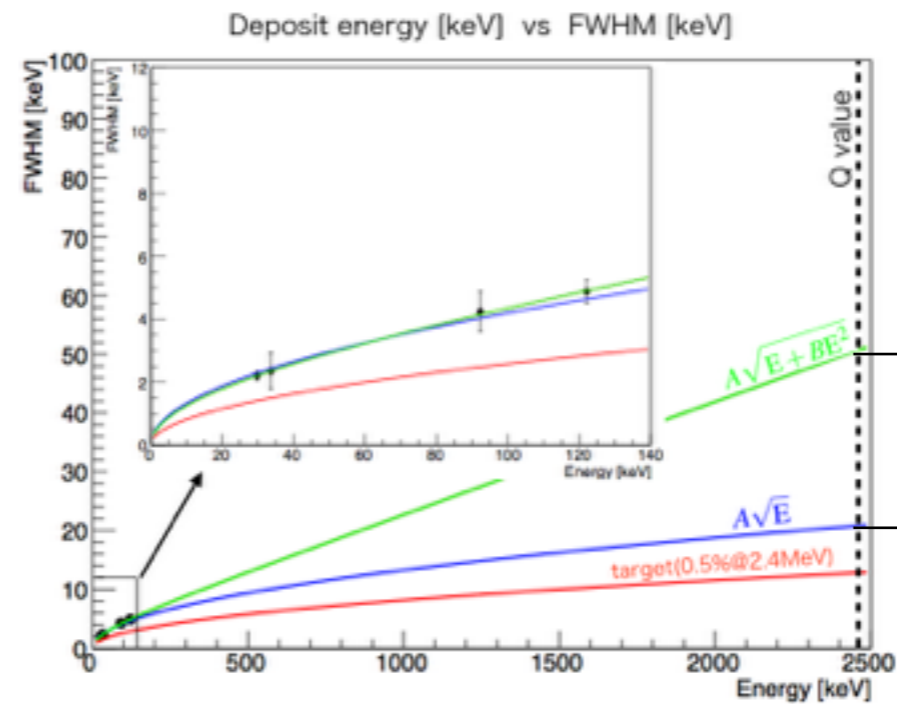
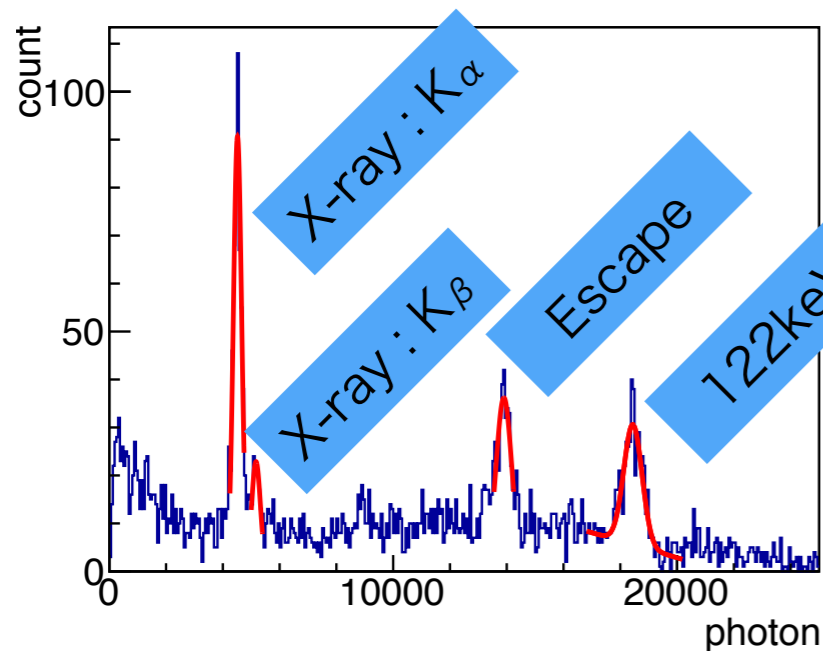


PMT



現在の試作機について/前回の結果と問題

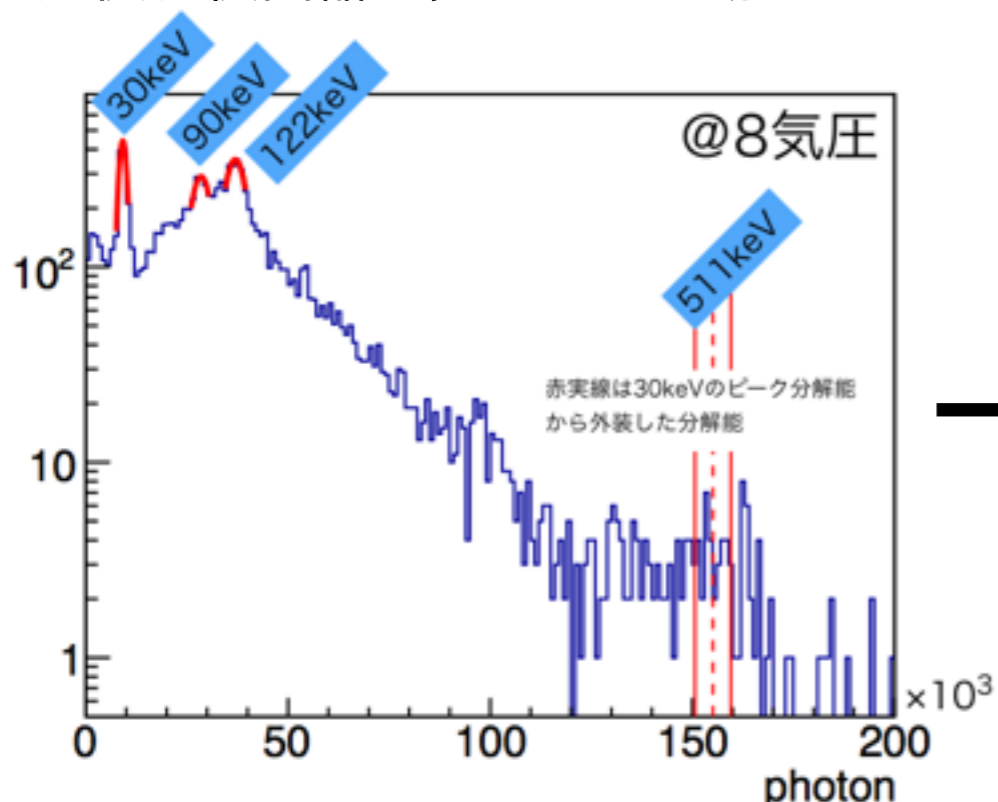
放電が原因で電圧をあげられず、分解能は FWHM 0.8 - 2.0% @ Q値 (^{57}Co : 122keVの γ 線で測定)
また、ガスの循環、純化もできていない



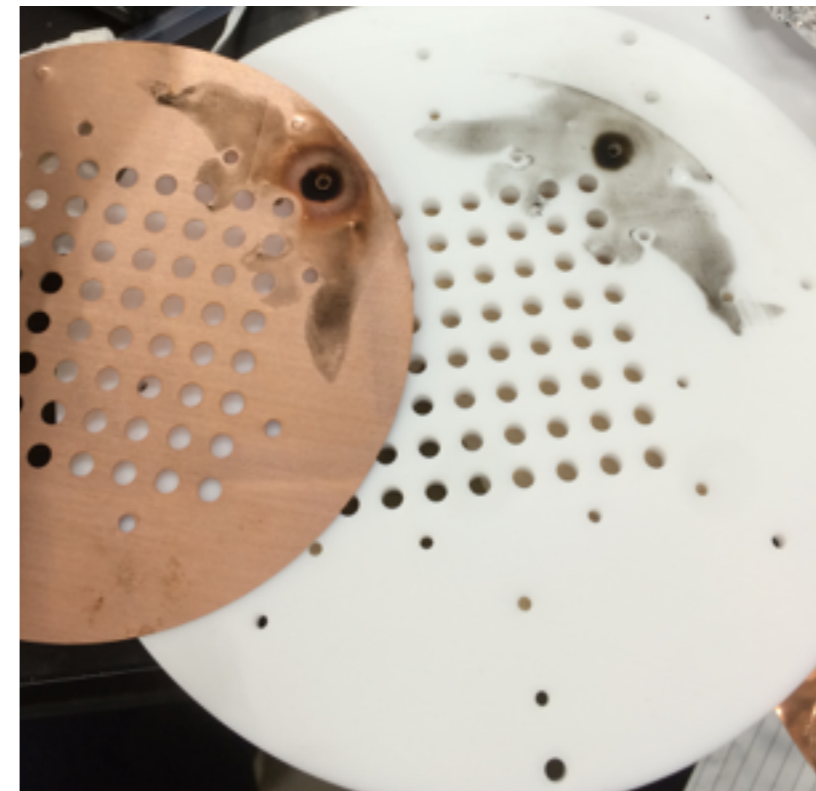
FWHM : 2.0 %

FWHM : 0.85 %

放電が原因で電圧をあげられず、511keVのピークは見られず (^{22}Na で測定)
測定後、検出器を見ると放電跡が！！

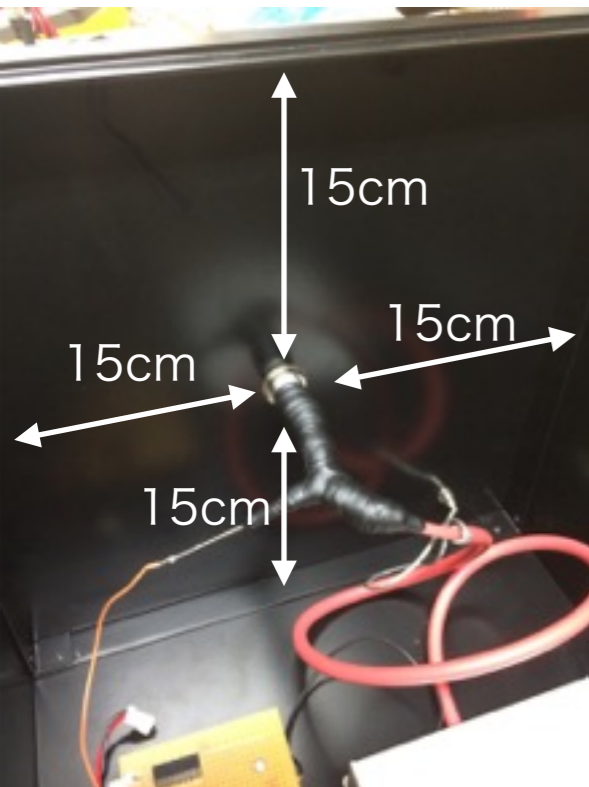


測定後……



現在の試作機について/放電対策

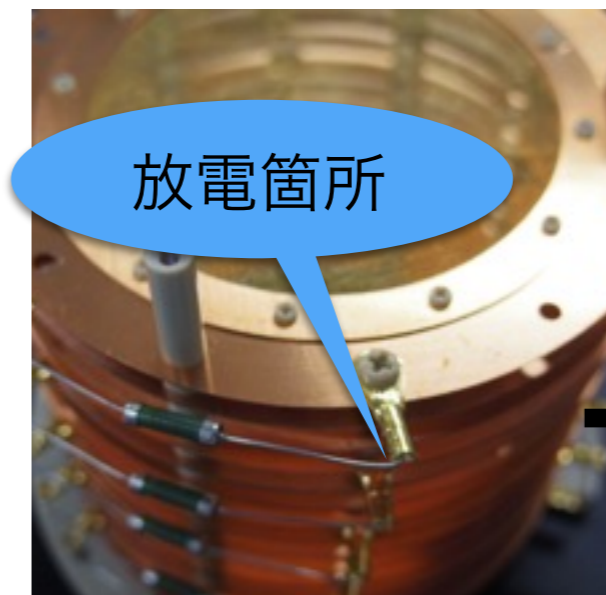
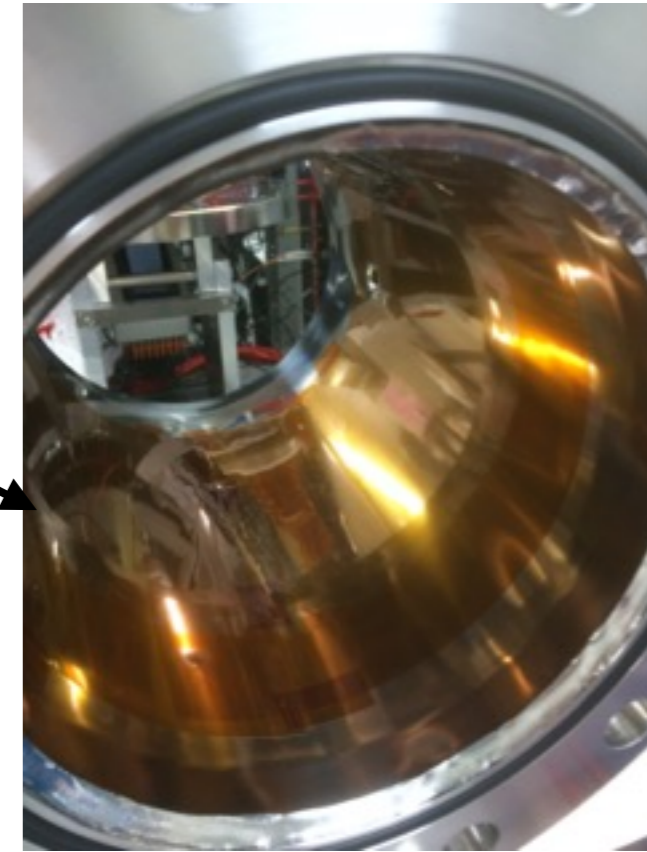
放電箇所の特特定と、対策を行った



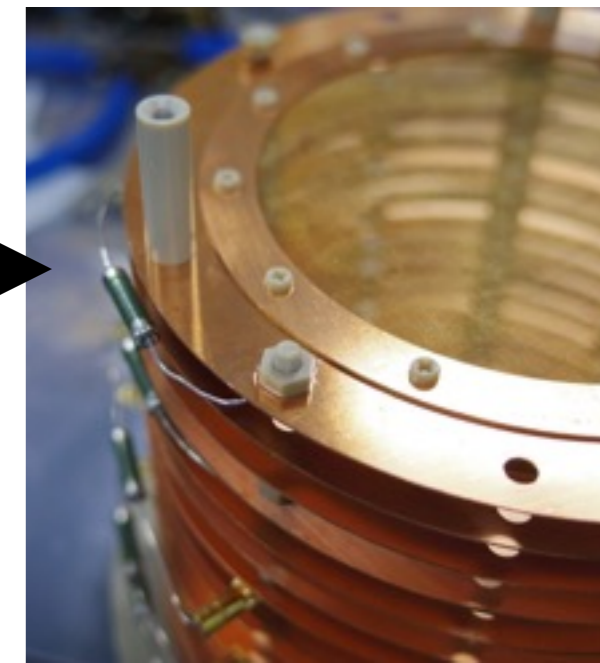
高圧電源用のシャーシ

コネクタ部分とシャーシ
までの距離を離して、
放電を防いだ

チェンバーの内壁
にカプトンシート
を巻く



出っ張り部分を
なくしていく



現在の試作機について/ガスシステムの整備

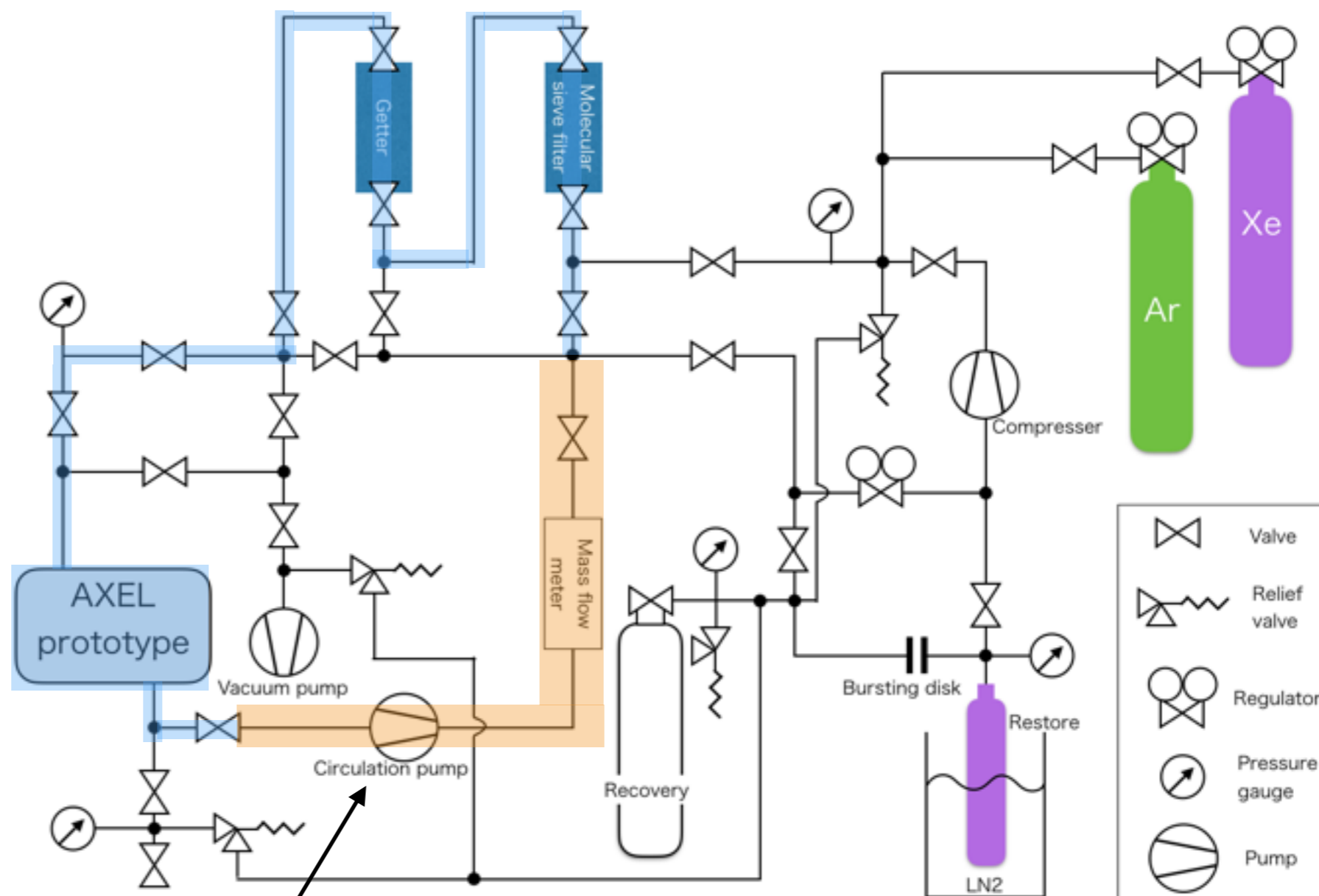
循環・純化システムの整備

オレンジの色掛け部分を新たに追加し、ガスの循環ができるようになった

循環の途中に

- モレキュラーシーブ
- ゲッター

を通ることで、純化



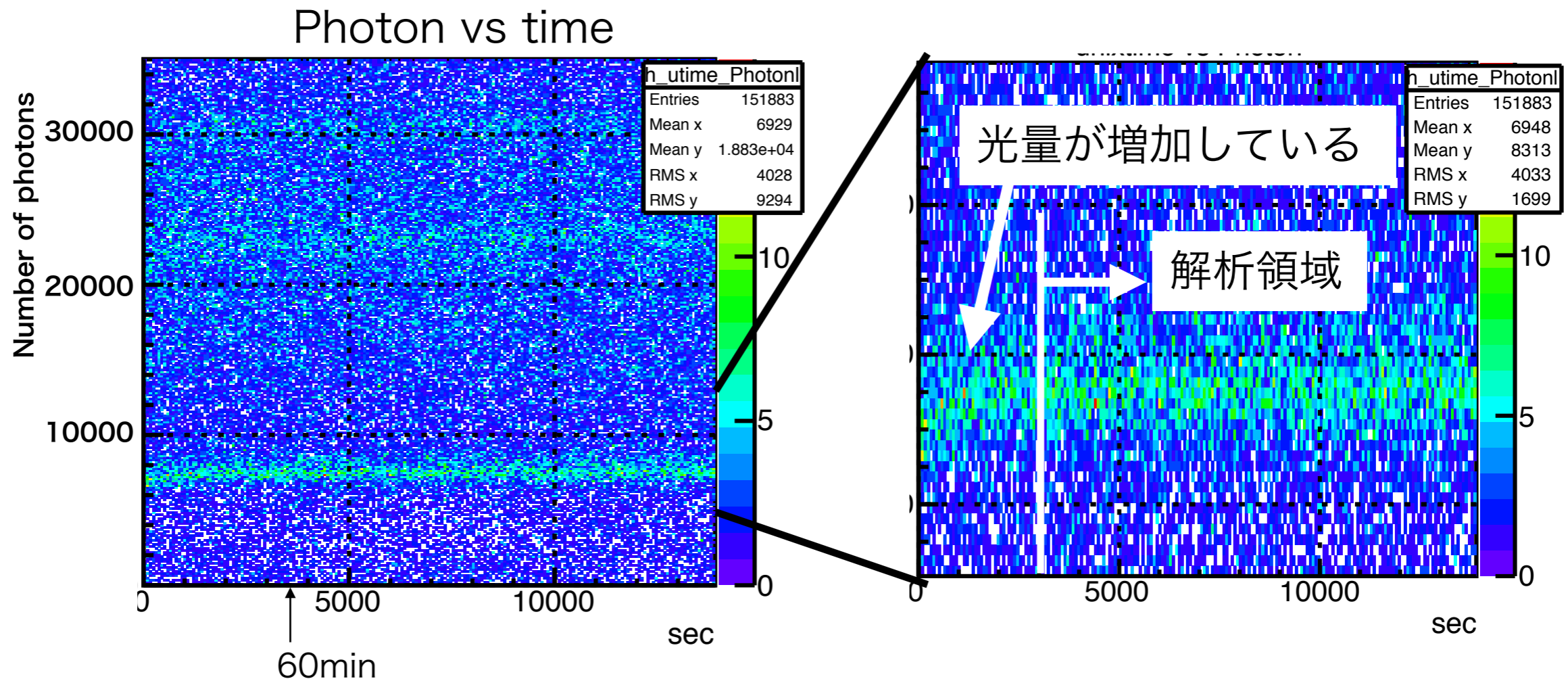
現在の試作機について

ガス純化・放電対策後の測定 (4気圧・ ^{57}Co 線源)

ガスが時間の経過に伴って、純化されている様子が見える

-> 最初の領域(~3000secまで)は少しずつ光量が増加している

以降の領域では、光量はほとんど一定 → 光量一定になってからの領域を解析に使用



(カットや補正などをかける前)

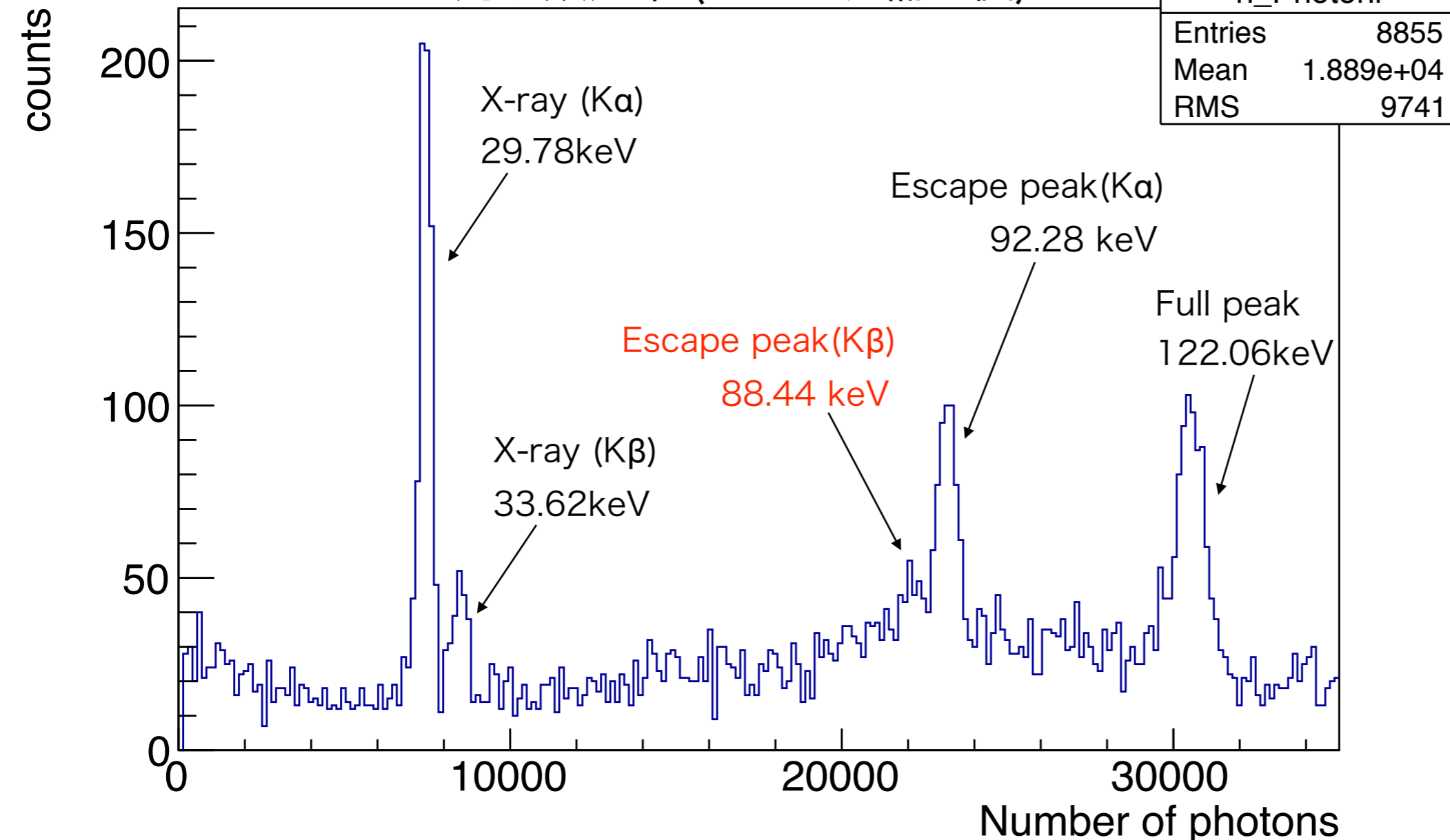
現在の試作機について

ガス純化・放電対策後の測定 (4気圧・ ^{57}Co 線源)

放電対策のおかげで、目標の電圧をかけることができるようになった

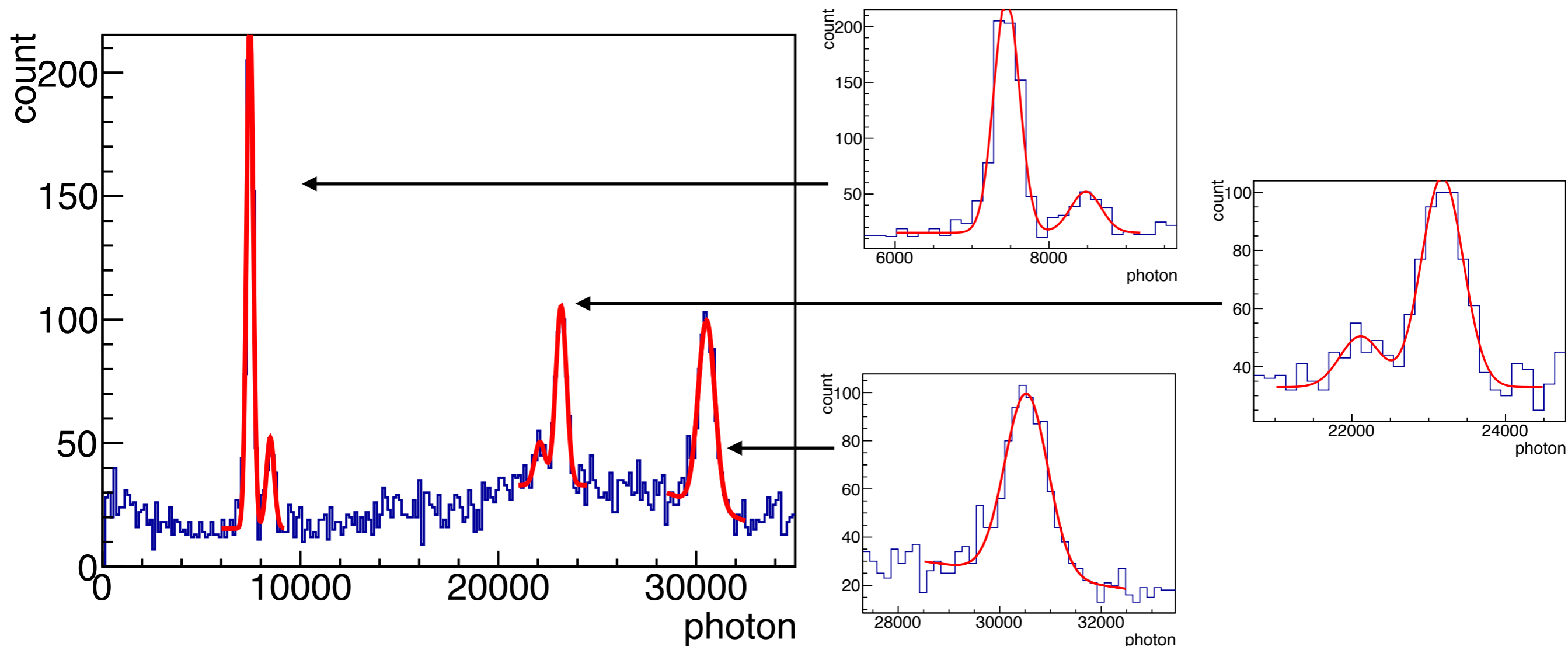
- Drift領域 : 100 V/cm/atm (再結合の抑制)
- EL領域 : 3 kV/cm/atm (電子のcellへの収集効率 : 100% by simulation)

光子数分布 (カット、補正後)



現在の試作機について/エネルギー分解能の評価

- 30keV, 90keVのピークはそれぞれ「ダブルガウシアン+const」でフィット
- 122keVのピークは「ガウシアン+pol1」でフィット

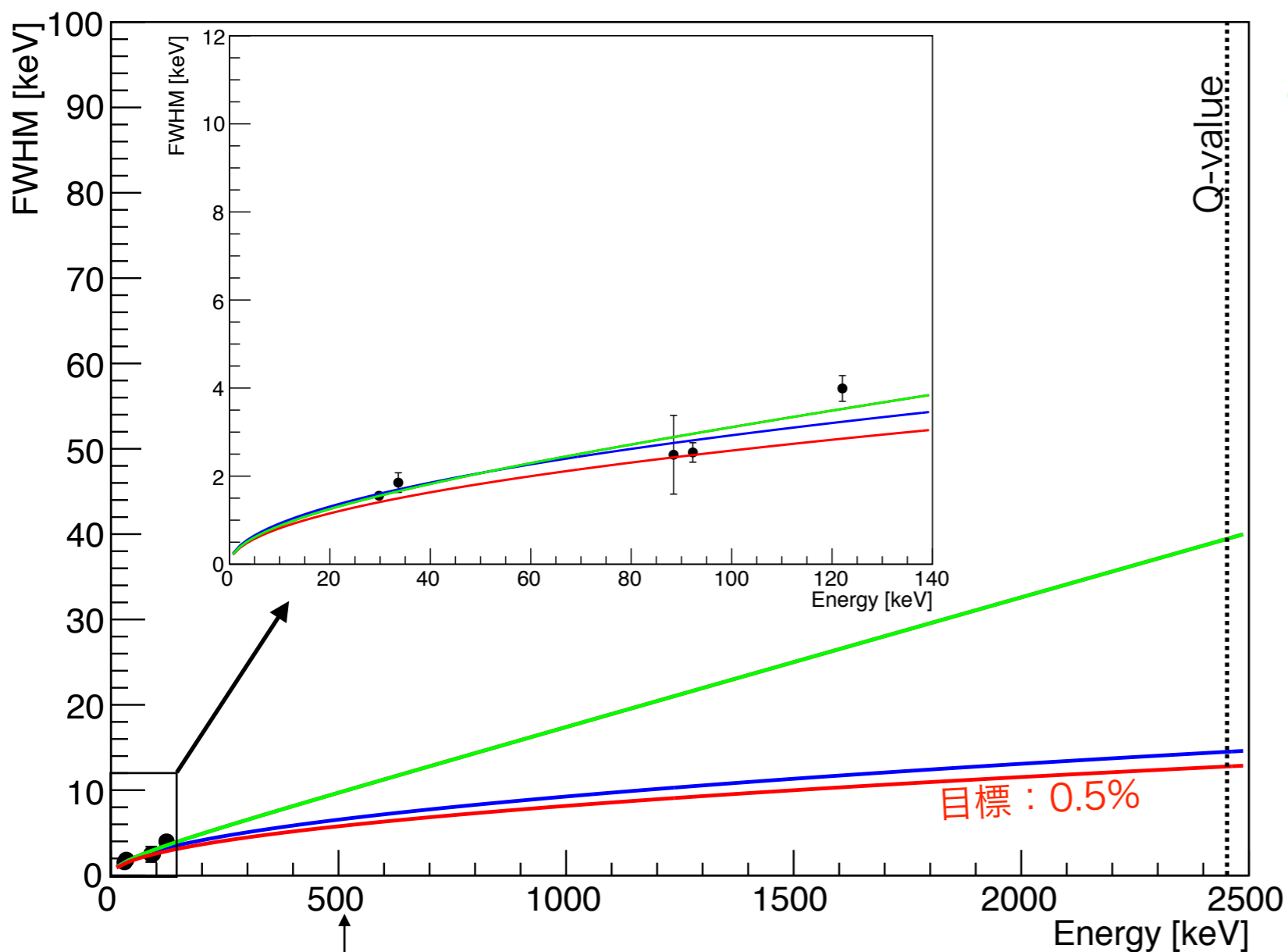


| | | | | | |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Energy [keV] | 29.78 | 33.62 | 88.44 | 92.28 | 122.06 |
| # of photon | 7449.1 | 8478.7 | 22111.4 | 23176.5 | 30525.3 |
| FWHM | 5.2% | 5.5% | 2.8% | 2.8% | 3.3% |

現在の試作機について/エネルギー分解能@Q値

Q値(2458keV)でのエネルギー分解能の評価

- 統計的な影響のみを考慮して外挿 : $A\sqrt{E}$
- さらにエネルギーに比例する項を仮定 : $A\sqrt{(E+BE^2)}$ ……原因は調査中



$$A\sqrt{E+BE^2}$$

$$A = 0.27 \pm 0.018$$

$$B = 0.003 \pm 0.0025$$

-> Extrapolate to Q-value

FWHM 1.61% (@2458keV)

$$A\sqrt{E}$$

$$A = 0.29 \pm 0.0093$$

-> Extrapolate to Q-value

FWHM 0.59% (@2458keV)

エネルギー分解能が向上！！

4月中には511keVでの性能評価を目指す！

1. AXEL実験

2. 現在の試作機について

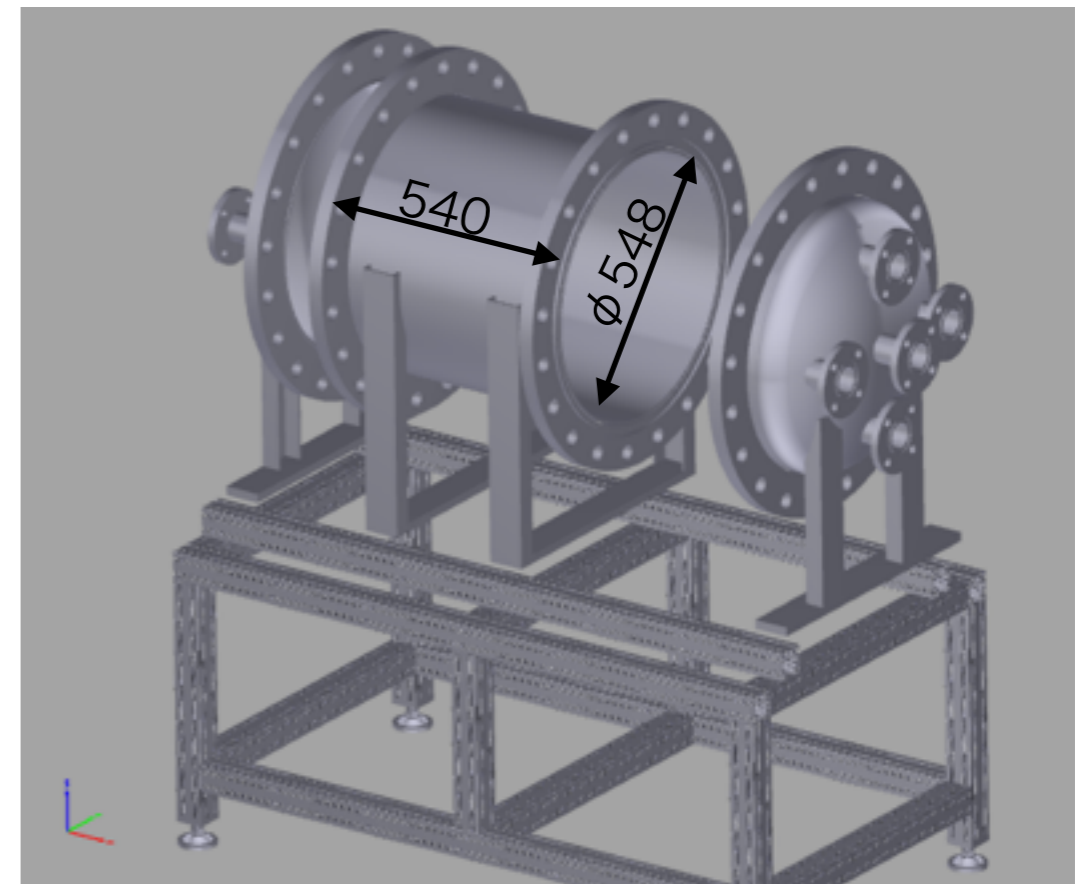
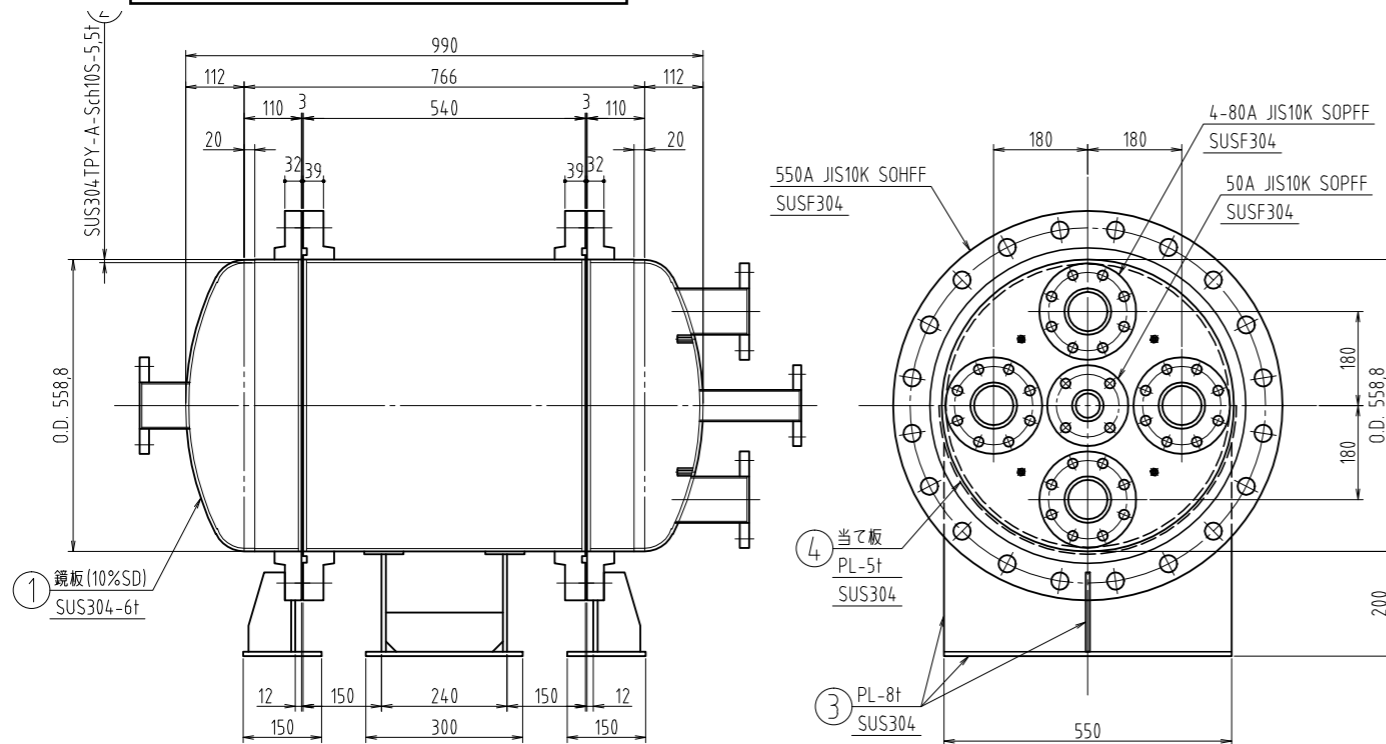
3. 次期試作機にむけて

4. まとめ

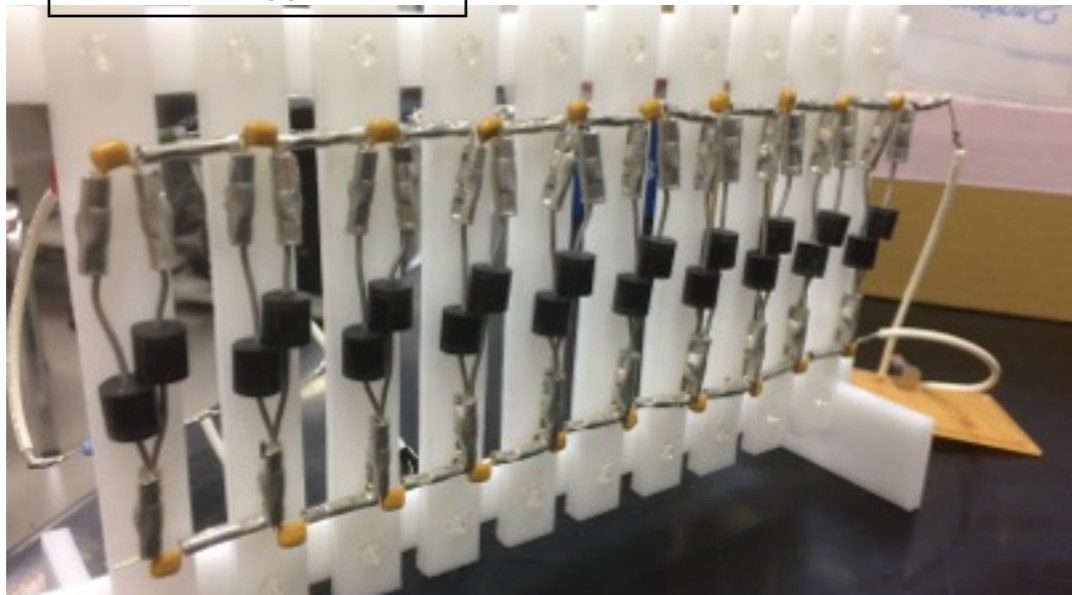
次期試作機について

次期試作機で大型化のノウハウ獲得とQ値に近いエネルギーのガンマ線による性能評価
-> メンバー総出となって設計・製作のためのstudy中

圧力容器 設計図



CW回路 試作



圧力容器内部でのケーブリングの取り回し、信号減衰の影響など
-> 中村和広(M1) : 19pK33-12

高電圧印加

コッククロフト・ウォルトン電源

-> 吉田将(M1) : 19pK33-12

次期試作機について

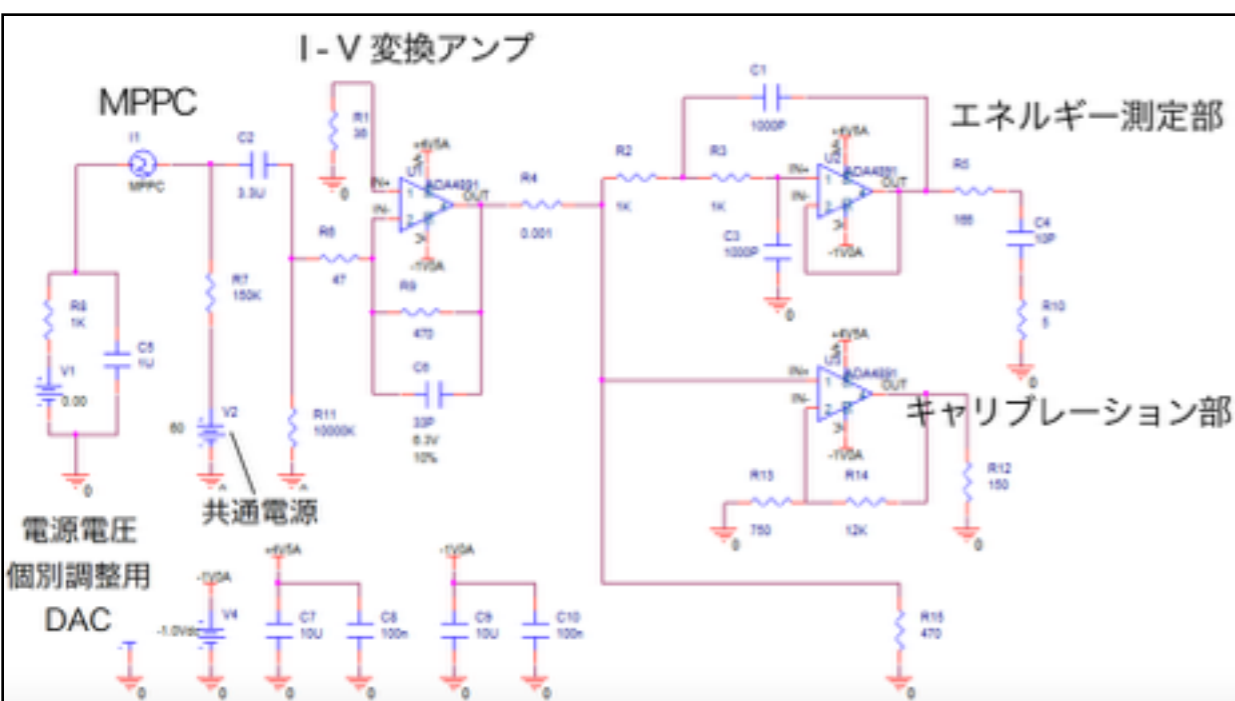
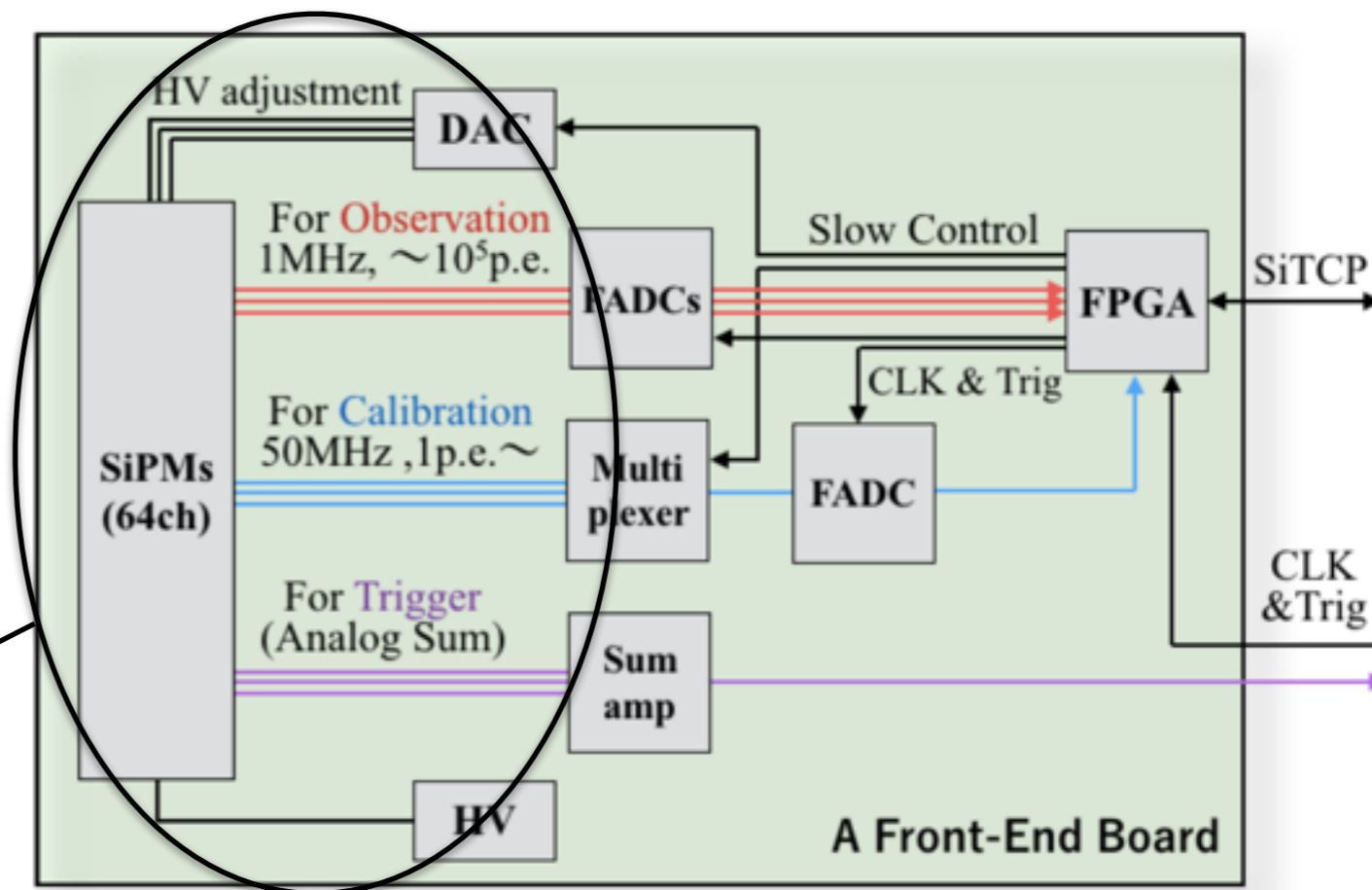
次期試作機で大型化のノウハウ獲得とQ値に近いエネルギーのガンマ線による性能評価
 → メンバー総出となって設計・製作のためのstudy中

読み出しエレキの開発

読み出しチャンネル数：~1000ch

高分解能、広いダイナミックレンジが必要

by 田中駿祐(M2)：18pK34-9



次期試作機について

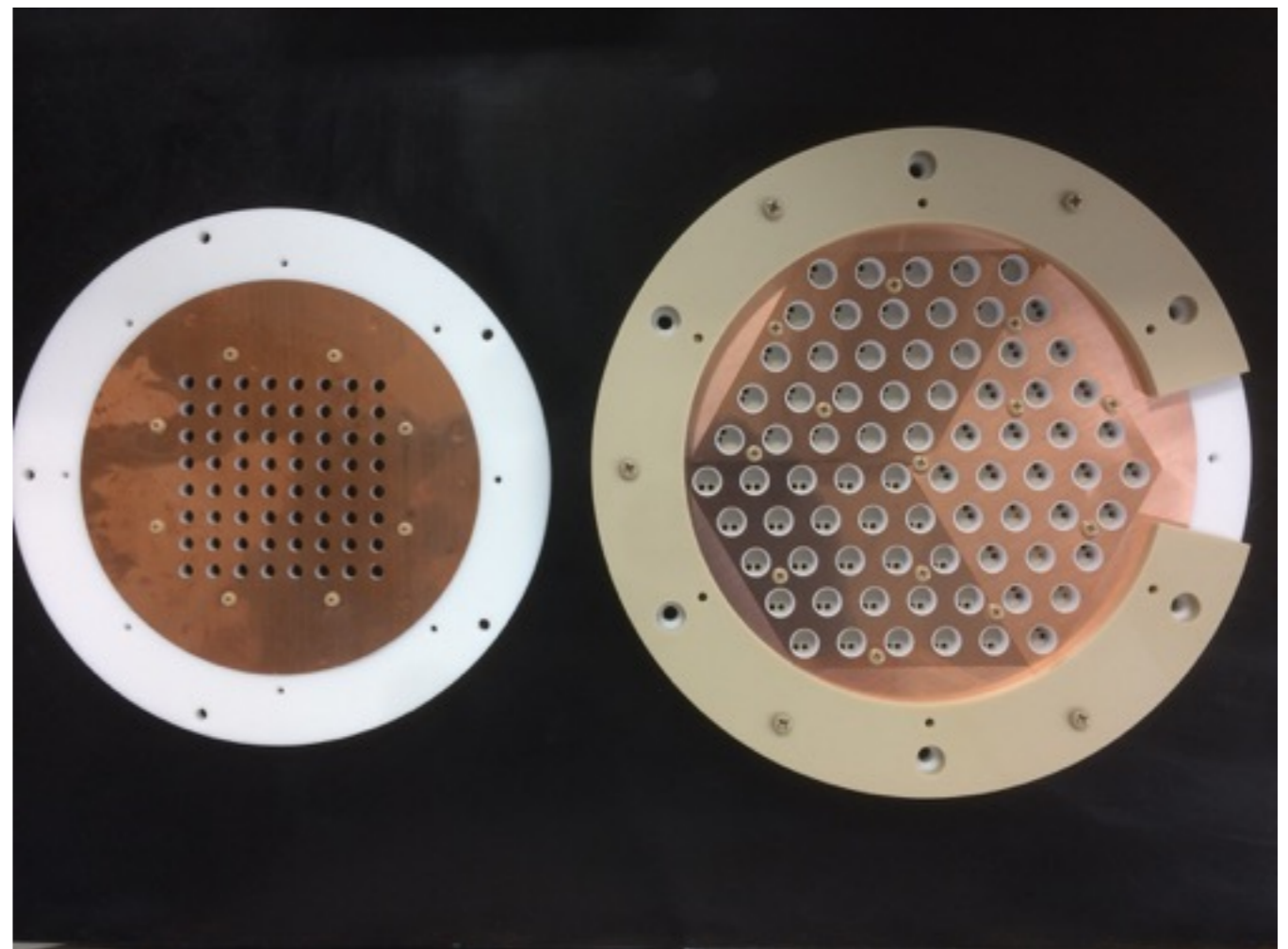
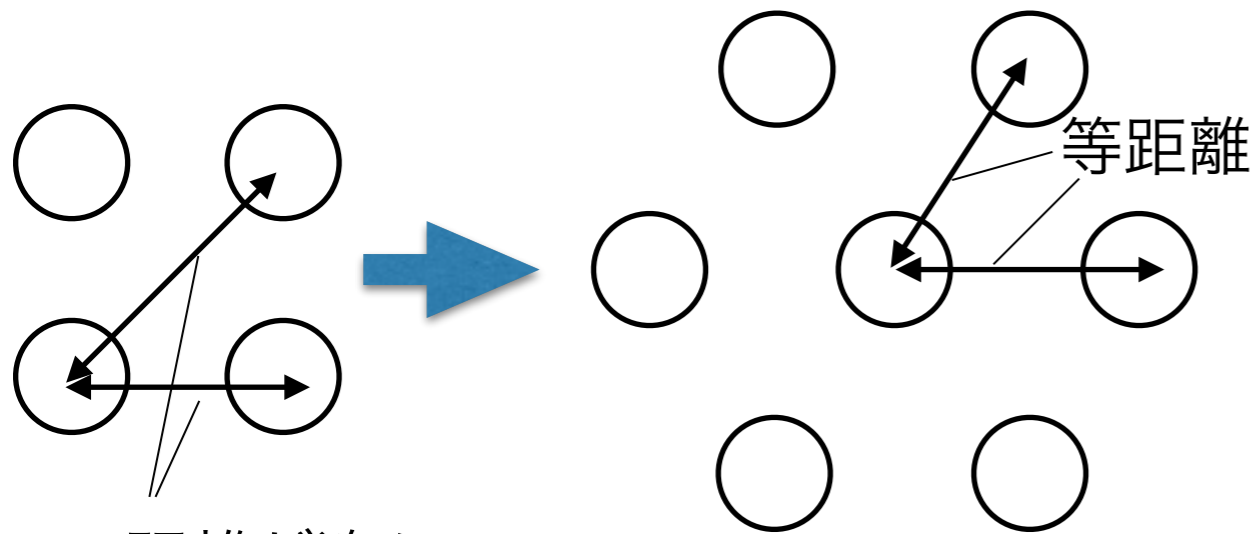
次期試作機で大型化のノウハウ獲得とQ値に近いエネルギーのガンマ線による性能評価

-> メンバー総出となって設計・製作のためのstudy中

ELCCのセル配置の変更

-> 電場シミュレーションおよび電子トラックのシミュレーション

by 中村輝石：19pK33-11



現在の試作機でのテスト

1. AXEL実験

2. 現在の試作機について

3. 次期試作機にむけて

4. まとめ

まとめ

高圧キセノンガスを用いたニュートリノレス二重ベータ崩壊探索

- 大質量
- 高エネルギー分解能
- トラッキング(BG除去)

小型試作機(有効体積0.7L程度)では、FWHM : 0.59 - 1.61 % @Q-value

放電対策およびガスの純化設備を整えたおかげで、分解能が向上

ただし、4atmのXeで ^{57}Co (122keV)で評価

より高圧なガスでの高エネルギー測定(511keV)は、これから

次の試作機の開発も進めている

- 信号の伝達、キャリブレーション：中村和広 (17pH21-13)
 - 読み出し回路：田中駿祐 (18pK34-9)
 - CW回路：吉田将 (19pK33-12)
 - シミュレーション：中村輝石 (19pK33-11)
- > 本年中に稼働を目指している

Back up

