

小型X線源MXS(MXS-2030k)の開発

身内賢太郎(神戸大)

with

東野聡 玉川徹 (理研) 生井凌太 鈴木啓司 遠山和佳子 西田汐里

2025年12月20日

マイクロパターンガス検出器 (MPGD) & アクティブ媒質TPC合同研究会

1 はじめに

- MXS (Modulated X-ray source小型X線源) が玉川グループで開発された。

- default はTiターゲット ($K\alpha = 4.5\text{keV}$)

2014年 MPGD研究会

W.B.Iwakiri, et.al, RIKEN Accel. Prog. Rep. 48(2015)など

- 神戸グループもコピーさせて頂いた。

- 元気に稼働中

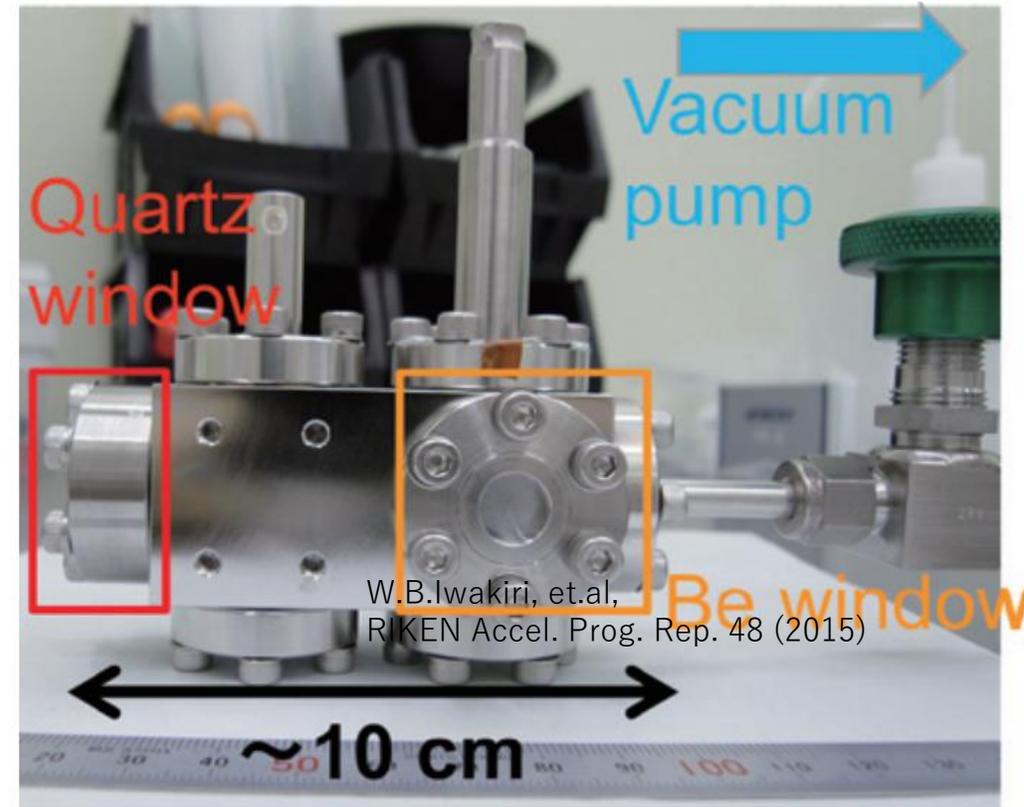
- もう少し高いエネルギー

⇒ AMPTEK cool-Xを使用していた。

(Ta $L\alpha = 8.14\text{keV}$, Cu $K\alpha = 8.1\text{keV}$)

2020年に obsolete

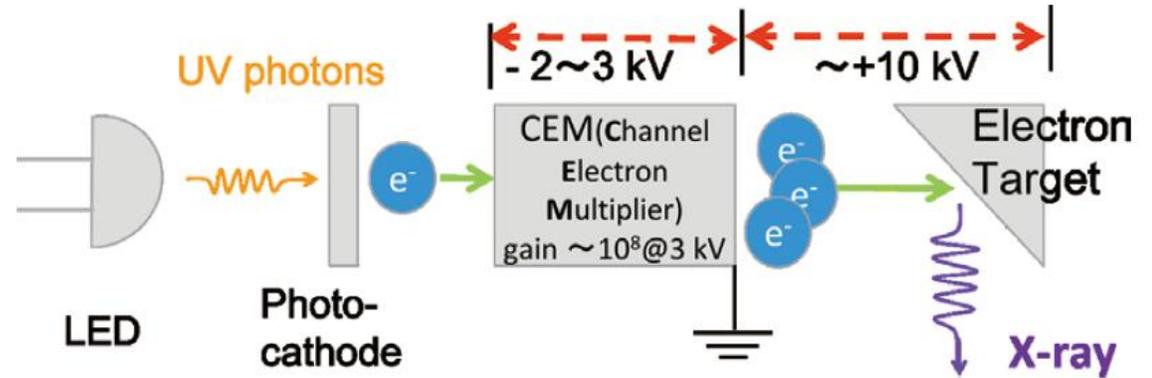
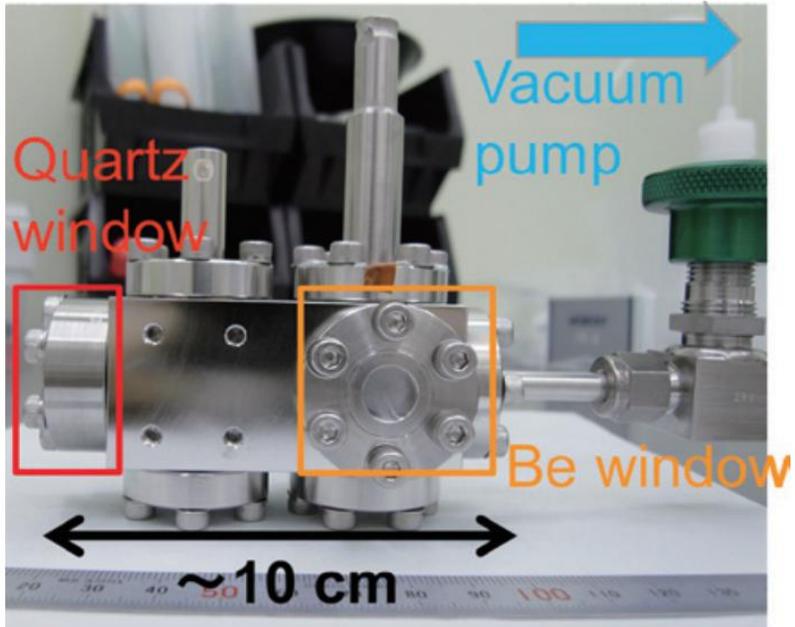
⇒ CuターゲットのMXSがほしい



W.B.Iwakiri, et.al,
RIKEN Accel. Prog. Rep. 48 (2015)

- MSX

- 小型(ICF34のCUBE×2unitサイズ)のX線源
- UV (外部LED) → 光電面 (MgO) → 電子加速 (CEM) → ターゲット (Ti)



W.B.Iwakiri, et.al,
RIKEN Accel. Prog. Rep. 48 (2015)

W.B.Iwakiri, et.al,
RIKEN Accel. Prog. Rep. 48 (2015)

- UV LEDの照射コントロールでパルス化可能
- (原理的に) ターゲット変更可能

2 MXS-2030k製作

使用しているHVが20kVだったので
フィードスルーも20kVだと思ってた。

- 2025年7月 手持ちのcool-Xが使用不能に
「11月にAISTビーム試験で使いたいのので、8keV出る物作って下さい。」
玉川さんに相談：「ターゲットのHVさえかかれば何とかなるんちゃう？
得意っしょ？」
- 30kV対応のフィードスルーを軸にしてデザインを開始

高電圧 SUS電極 30kV - 3A ICF70 フランジケーブル2.5mセット

ICF34 → ICF70



製品コード：15789 型式：C230K3ASS1UT1

▼高電圧フィードスルー 30kV 3A

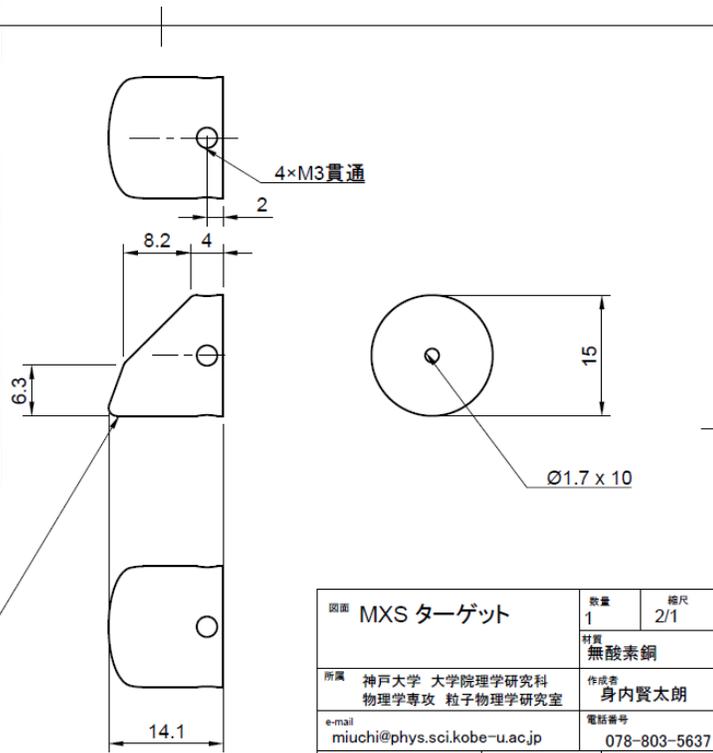
- イオンビームや医療用加速器のイオン電源等で使用されています
- 対応フランジ：NW/KF(25, 40), ICF(70)
- 電極材質：SUS316L
- 安全性を考慮した専用のシリコン絶縁プラグ付きケーブル(2.5m, 5m)をご使用ください
- ※専用のシリコン絶縁プラグなしでは耐電圧の保証ができません
- ※フランジ単体(プラグなし)の耐熱温度は-196~450℃です

▼高電圧フィードスルーは以下のタイプが規格化されています(一覧)

- 電圧3kV~30kV DC, 電流3A~808A
- 電極の材質は無酸素銅、無酸素銅+ニッケルめっき、ステンレスを標準規格化
- 電極数：1, 2, 3, 4

ターゲット

- 大体オリジナルの形状を踏襲
- なるべく角を作らない様に微修正

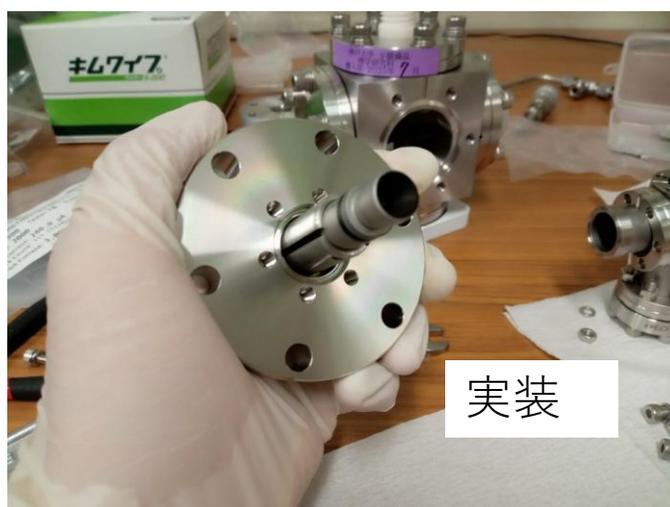


エッジは全てr=1程度で面取り

| | | | | | |
|--------|---------------------------------|------|--------------|------|-----|
| 図名 | MXS ターゲット | 数量 | 1 | 縮尺 | 2/1 |
| 材質 | 無酸素銅 | 作成者 | 身内賢太郎 | | |
| 所属 | 神戸大学 大学院理学研究科 物理学専攻 粒子物理学研究室 | 電話番号 | 078-803-5637 | | |
| e-mail | miuchi@phys.sci.kobe-u.ac.jp | 作成日 | 2025年7月28日 | Rev. | 1 |
| | | ページ | 2/2 | | |



- CEM (channel electron multiplier)
 - オリジナルを踏襲
 - MgO塗布済みの便利なものが入手可能
 - PHOTONIS社 MAGNUM5900 COA EDR

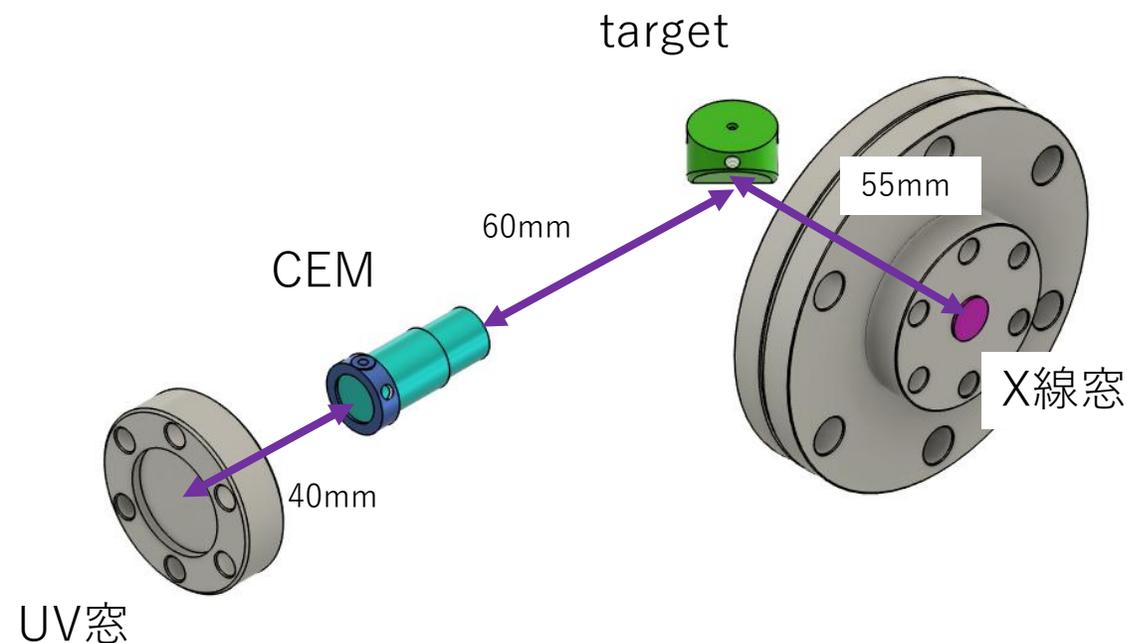
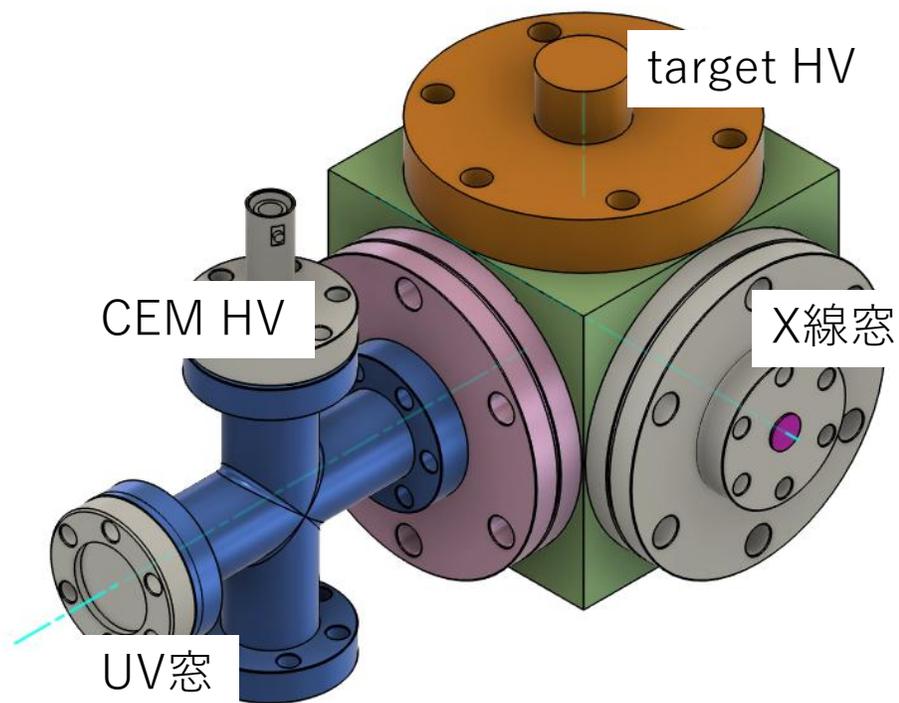


| MAGNUM | 5900 |
|-------------------------------|---|
| |  |
| Spec Number | 31308 |
| EDR Spec | |
| MODE | Analog |
| Max Pulse Height Distribution | |
| Max Operating Pressure | 7×10^{-4} Torr |
| Operating Voltage | |
| Bias Current @ 2500 V | 60 to 147 μ A 178 to 277 EDR |
| Resistance (ref only) | 17 to 42 M Ω 9 to 14 EDR |
| Minimum Gain @2500 V | 1×10^7 |
| Max Dark Current | |
| Max Dark Count | |
| Bias Resistor (nominally) | 10 to 20% of Total Resistance (20% EDR) |

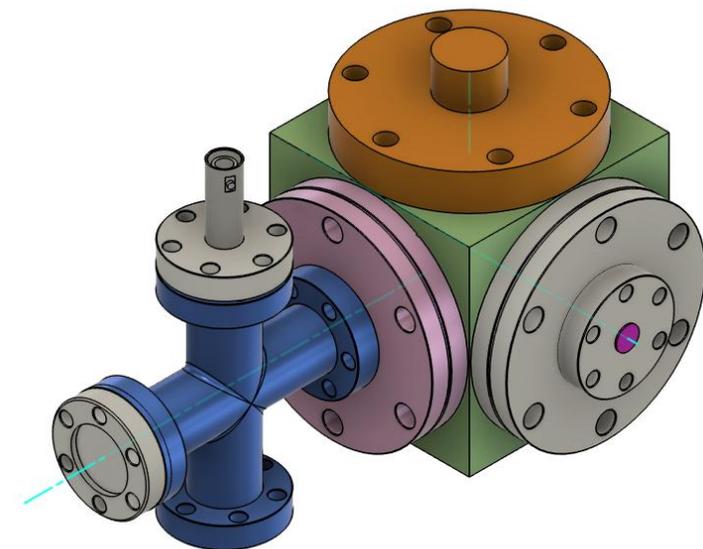
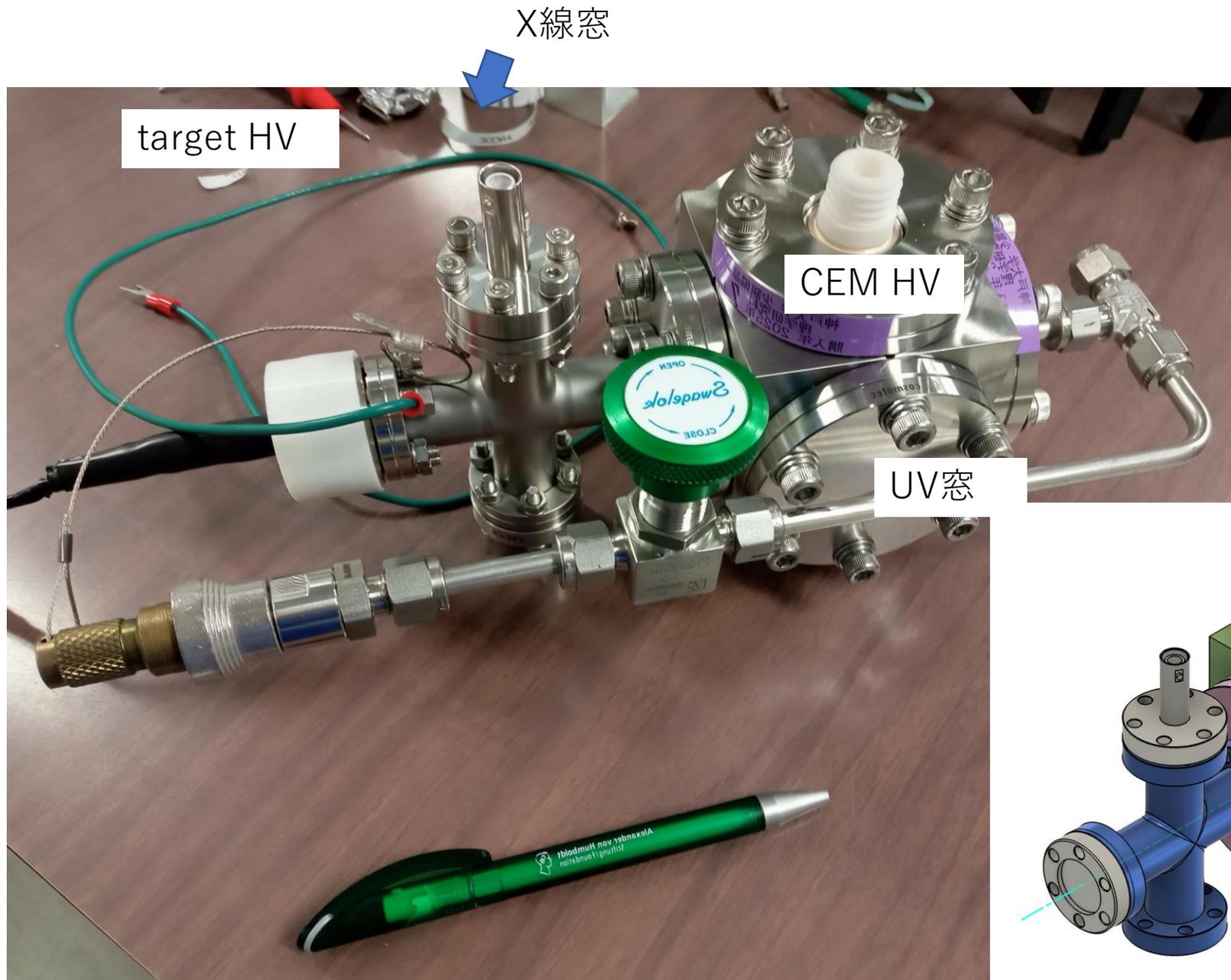
この要請がゆるいのが押しポイント

と言っても実装は2時間以下で行った。

- UV窓
 - ICF34 合成石英窓
- X線窓
 - ICF34 $\Phi 10\text{mm}$ $150\ \mu\text{m}$ 厚のBe窓を持っていたので使った
 - 多分overspec
 - 8keV であれば $20\ \mu\text{m}$ ステンレスなどでも通って来る。

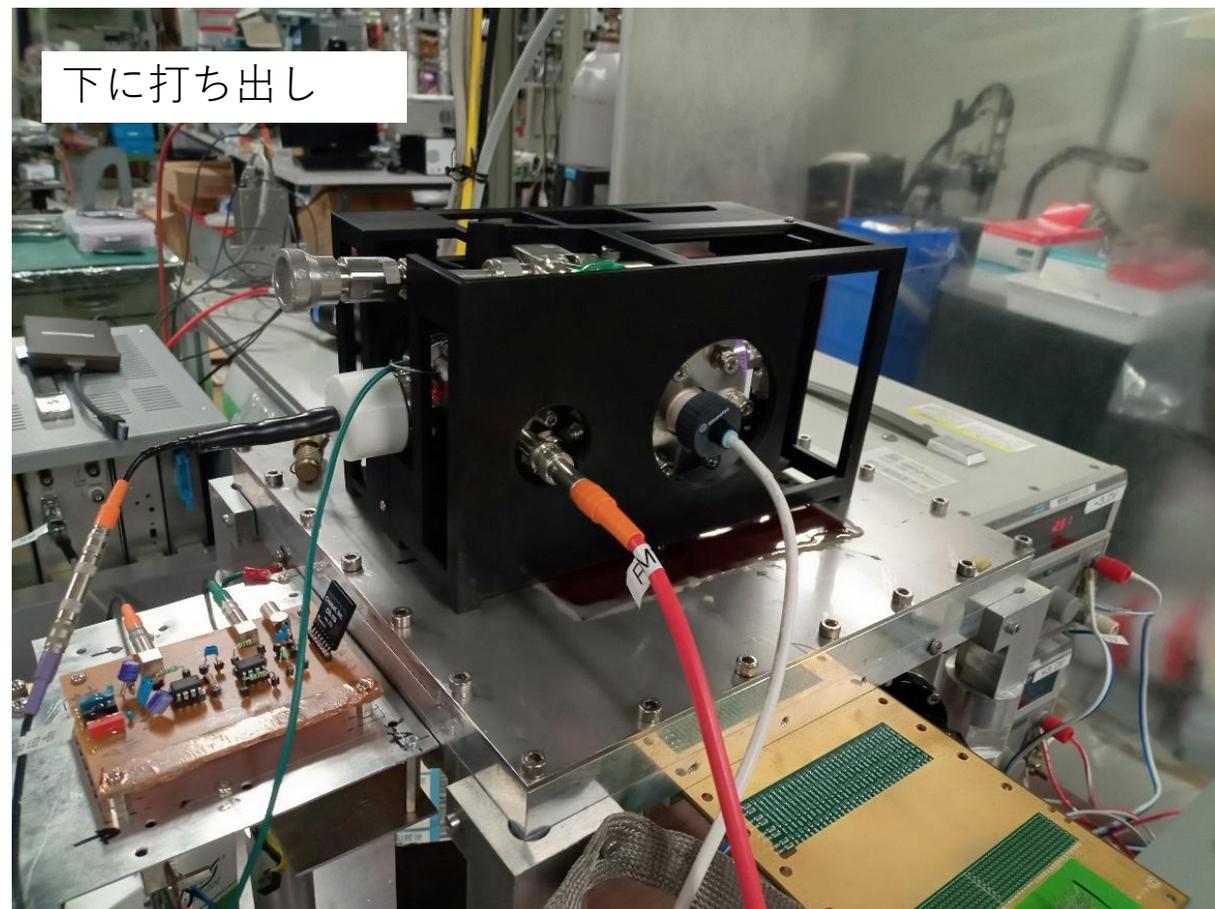
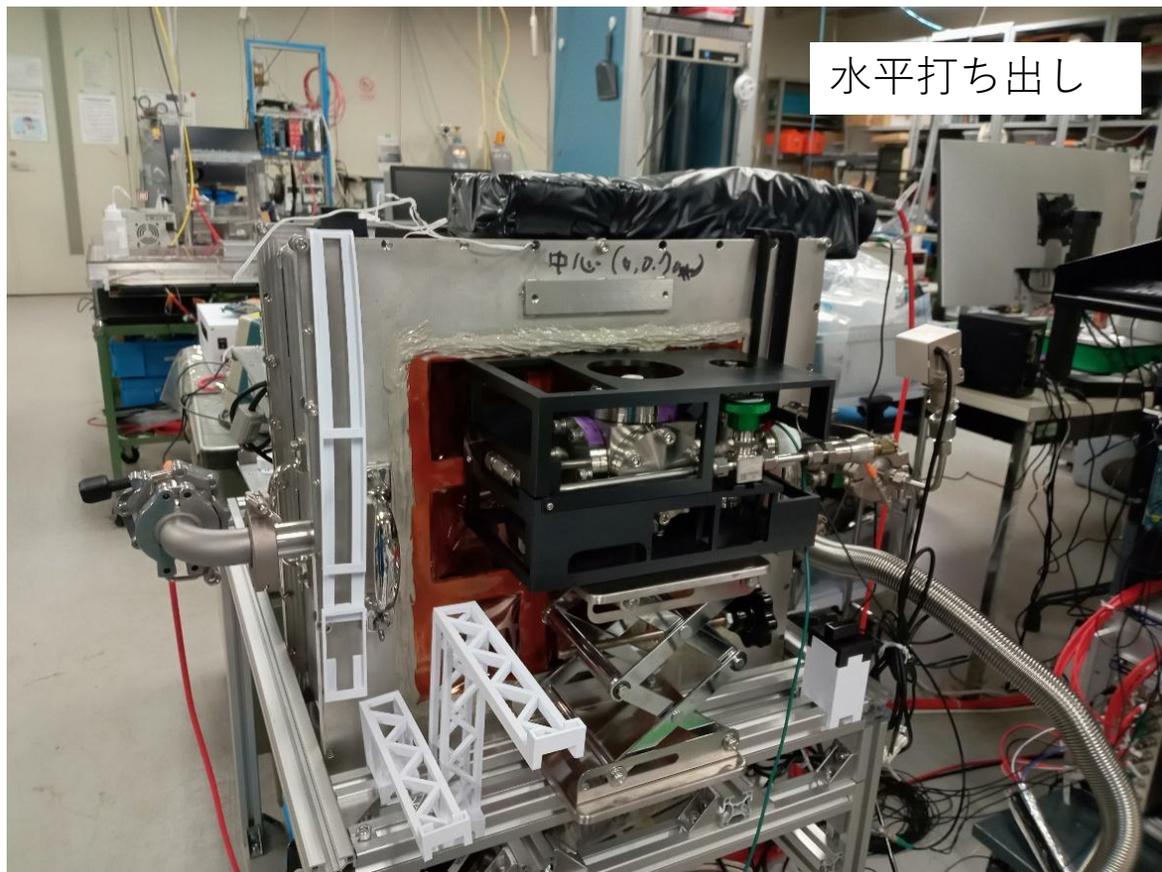


- 完成品



3 MXS-30k 試用・性能

- 水平打ち・下打ちができるようなケースに実装

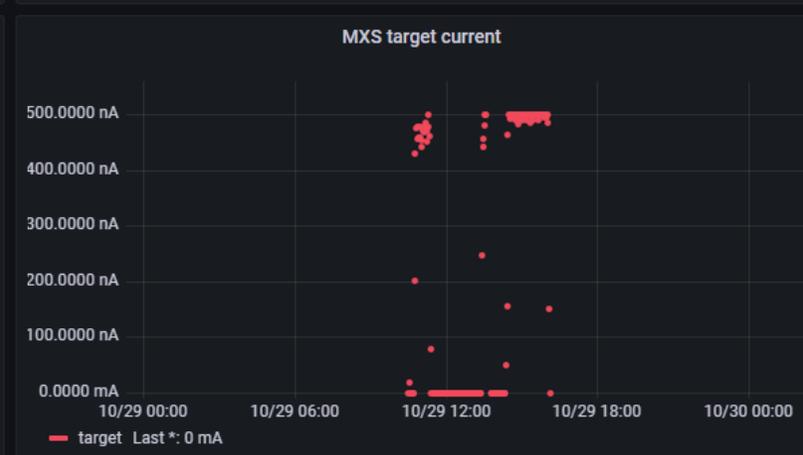
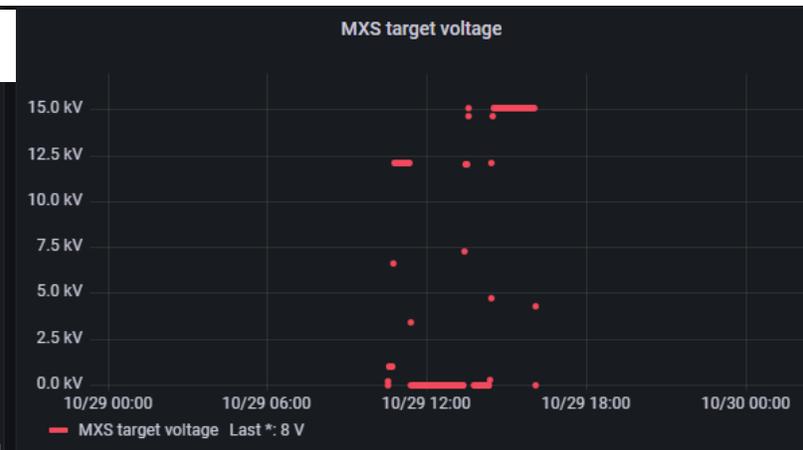
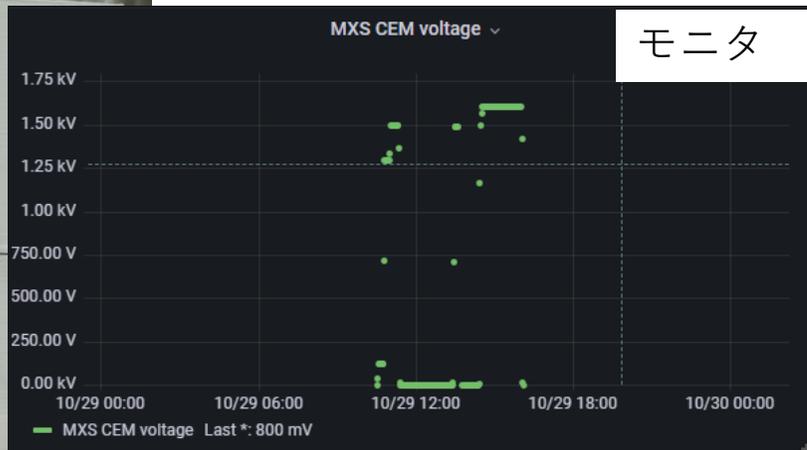


- コントロールとモニター
 - コントローラも自作した
 - arduinoで読んでgrafanaに飛ばす。
 - LEDの制御でX線のON/OFF可能

コントローラ

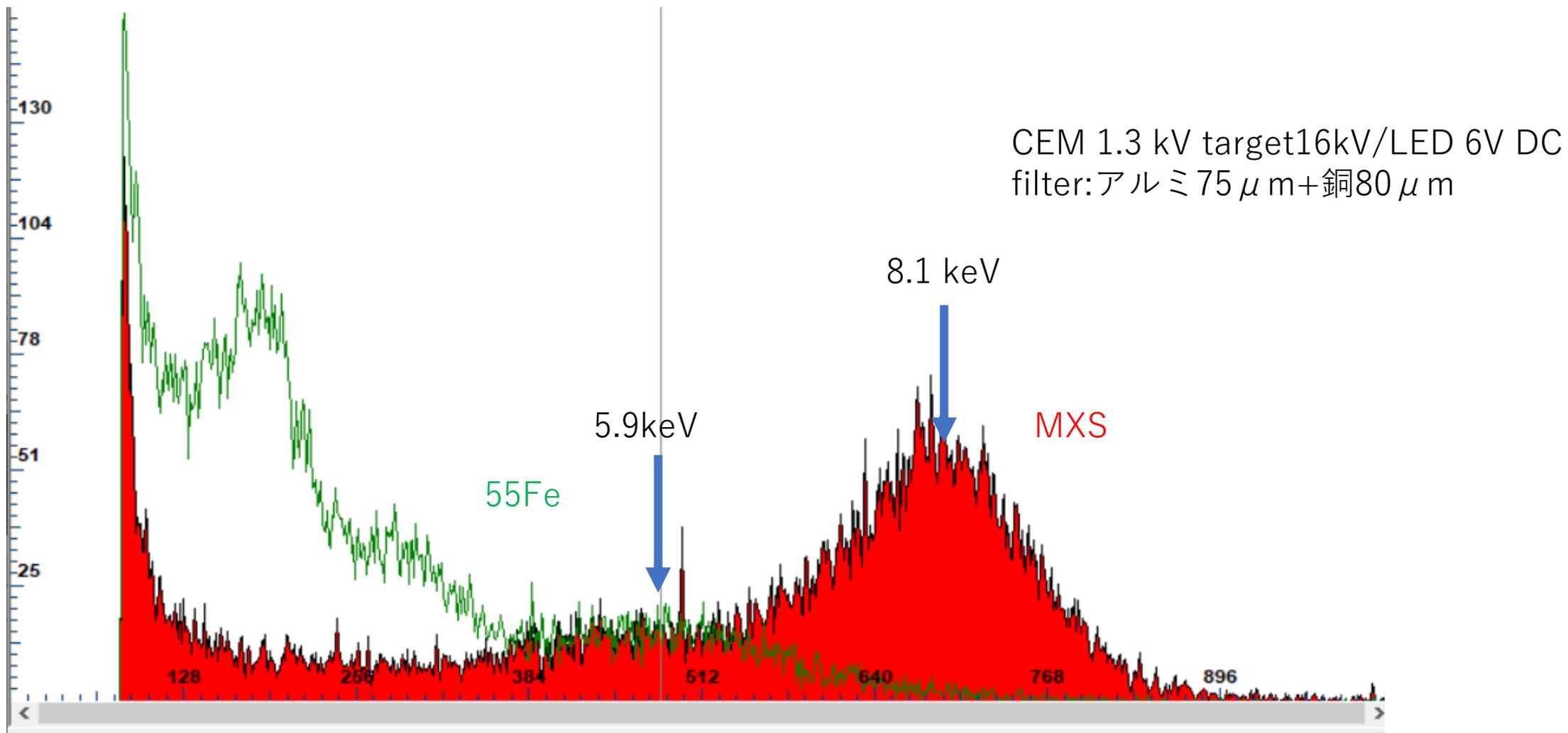


モニター



- 試験運転

- そこら辺の μ -PIC チェンバーで確認 (Ar + C₂H₆ (9:1))
- ⁵⁵Fe (1MBq) と同等以上の rate を確認

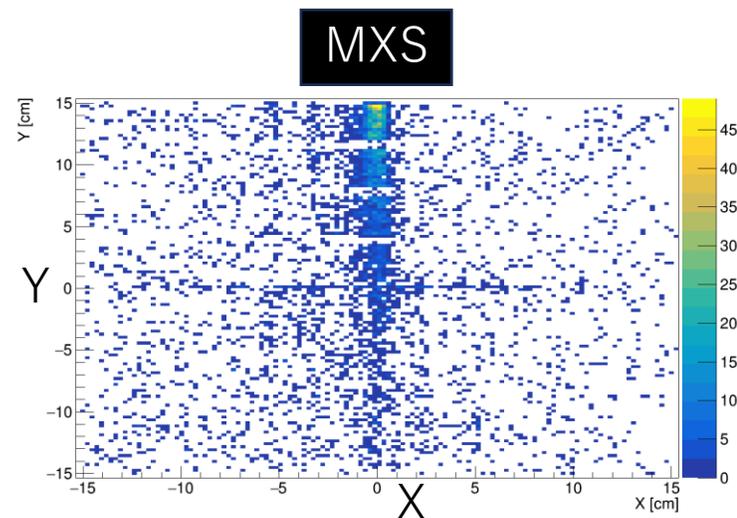
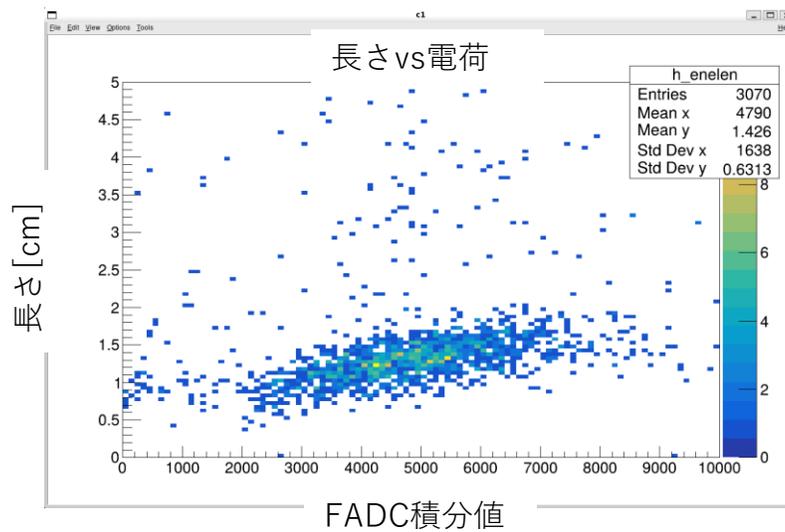
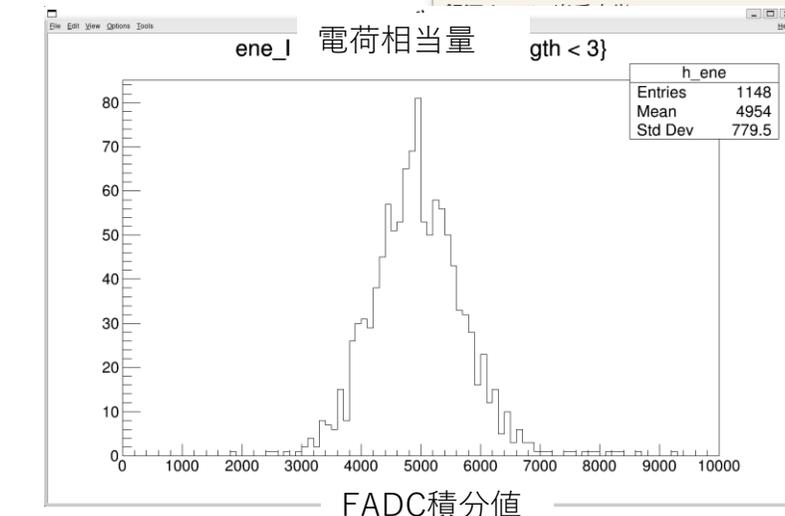


- MXS使用 (ひとまずエネルギー較正用)

- 2025年11月 産総研にて
- $30 \times 30 \times 30 \text{cm}^3$ TPC
 - $z \sim 15 \text{cm}$ +Y方向から照射



| Time | Topic | Speaker |
|---------------|----------------------------------|---------------------|
| 13:40 - 14:05 | PS-TEPCの月周回有人拠点搭載に向けたDAQ開発 | Kazutoshi Takahashi |
| 14:05 - 14:30 | 銀河ホール, 岩手大学 | |
| 14:30 - 14:55 | MIRACLUE実験における中性子ビームを用いたミグダル効果探索 | Keishi Suzuki |
| 14:30 - 14:55 | 銀河ホール, 岩手大学 | |
| 15:00 | MIRACLUE実験における統合DAQシステムの開発 | Shiori Nishida |
| 14:55 - 15:20 | | |



- 検出器としての応答を議論できる X線源として機能した。

- NEWAGE大型チェンバーにて
 - 本日午後 生井講演

方向感度をもつ暗黒物質探索に向けた大型ガスTPCの性能評価

銀河ホール, 岩手大学

11:00 - 13:15

Ryota Namai

13:15 - 13:40

暗黒物質探索実験に用いる陰イオンガスTPCにおける不純物組成評価

銀河ホール, 岩手大学

Wakako Toyama

13:40 - 14:05

ピクセル読み出し型ガスTPC開発の現状

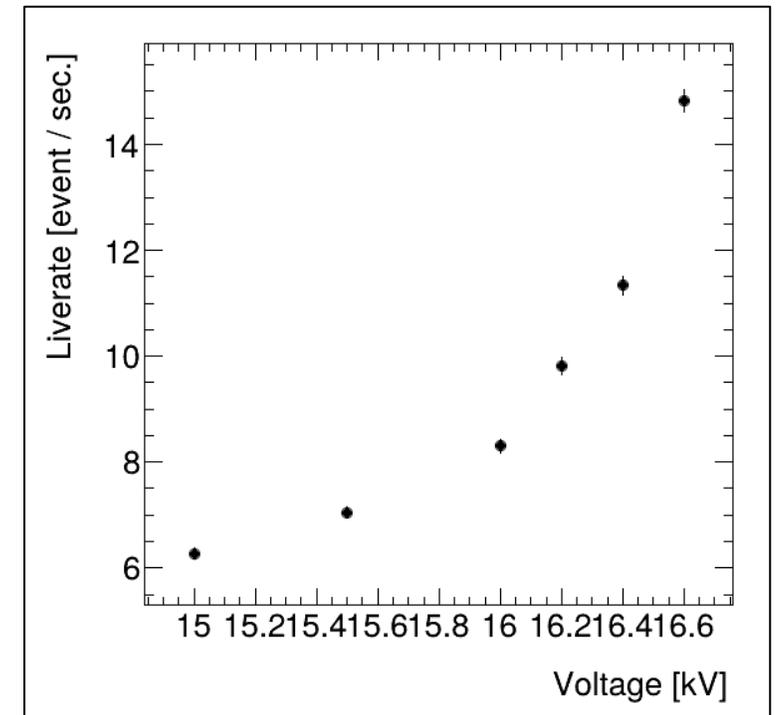
銀河ホール, 岩手大学

Satoshi Higashino

14:05 - 14:30



ターゲット電圧依存



- 今後
 - “Modulated”源の実証
 - X線強度の定量評価
 - 小さくしてほしいと言われている

- まとめ
 - MXS-30kを作った
 - AISTでのビーム試験・その他でを使用した