

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

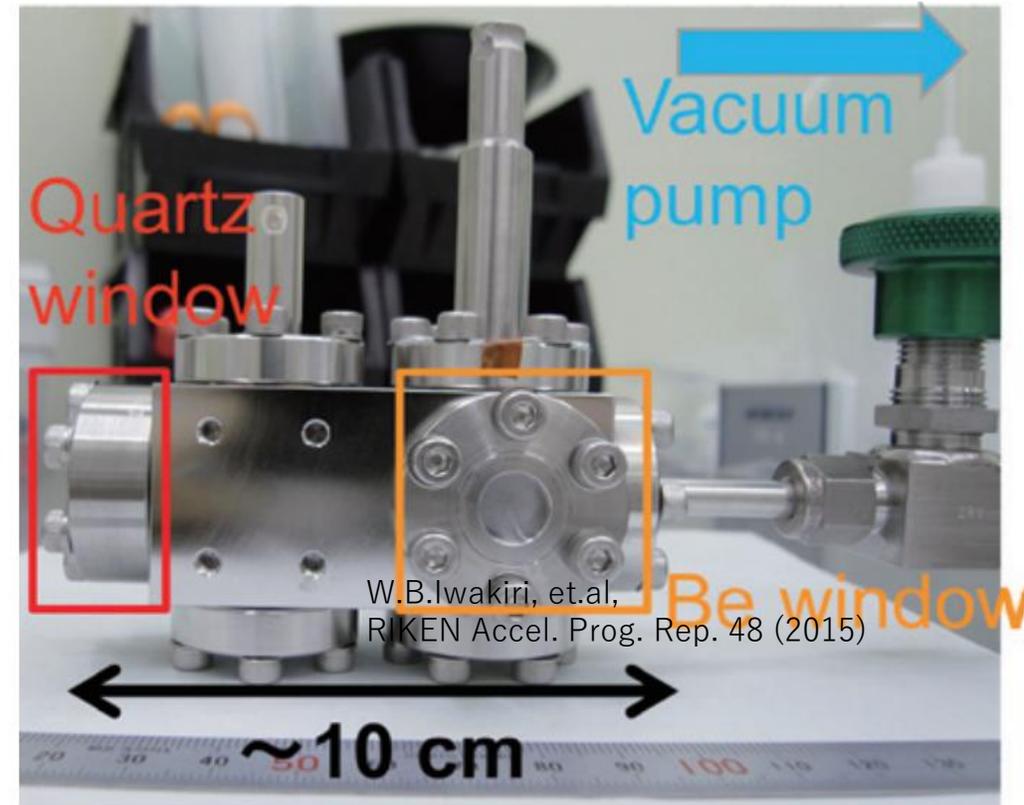
- MXS (Modulated X-ray source小型X線源) が玉川グループで開発された。
 - default はTiターゲット ($K\alpha = 4.5\text{keV}$)

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

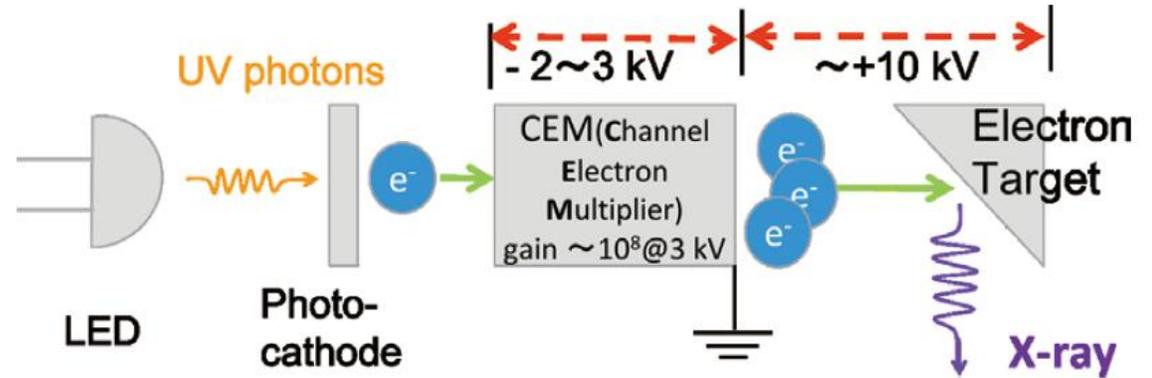
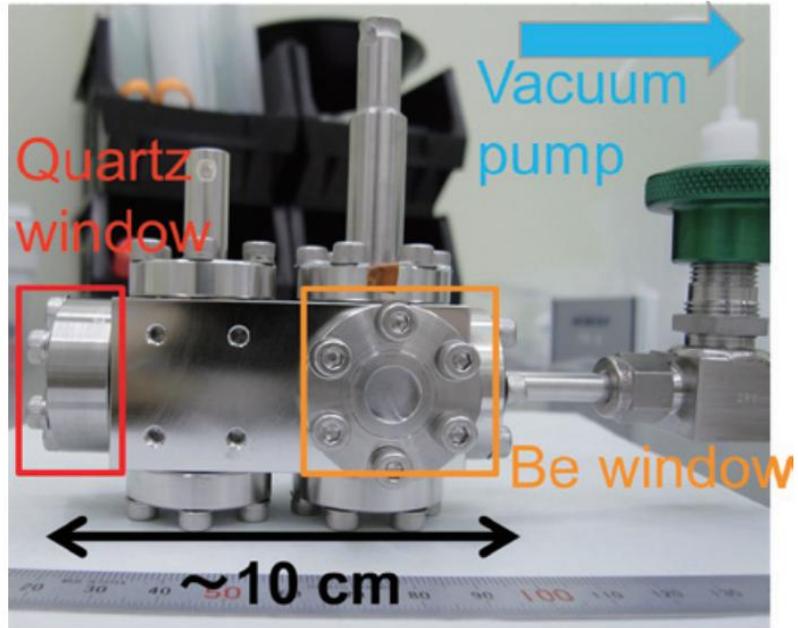
⇒ CuターゲットのMXSがほしい



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

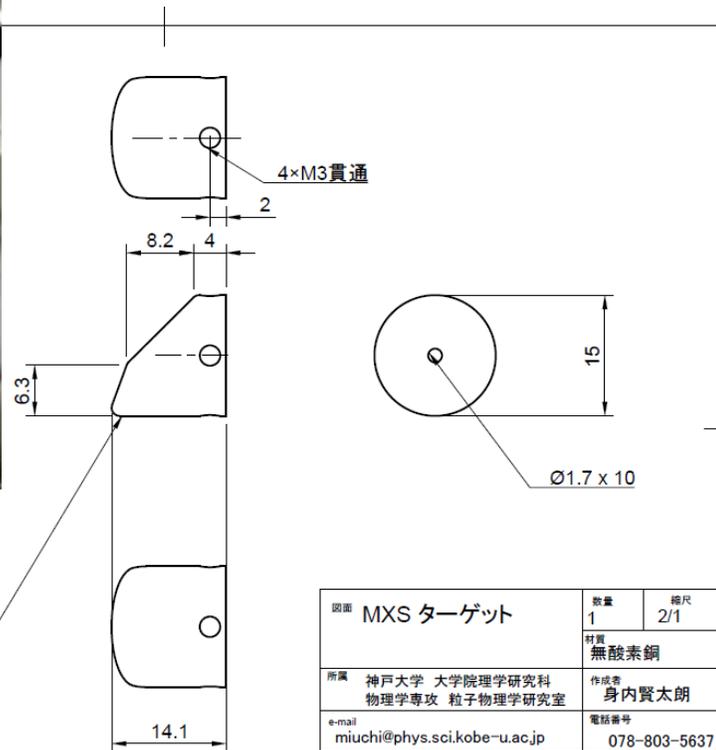
- イオンビームや医療用加速器のイオン電源等で使用されています
- 対応フランジ：NW/KF(25, 40), ICF(70)
- 電極材質：SUS316L
- 安全性を考慮した専用のシリコン絶縁プラグ付きケーブル(2.5m, 5m)をご使用ください
- ※専用のシリコン絶縁プラグなしでは耐電圧の保証ができません
- ※フランジ単体(プラグなし)の耐熱温度は-196~450℃です

▼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

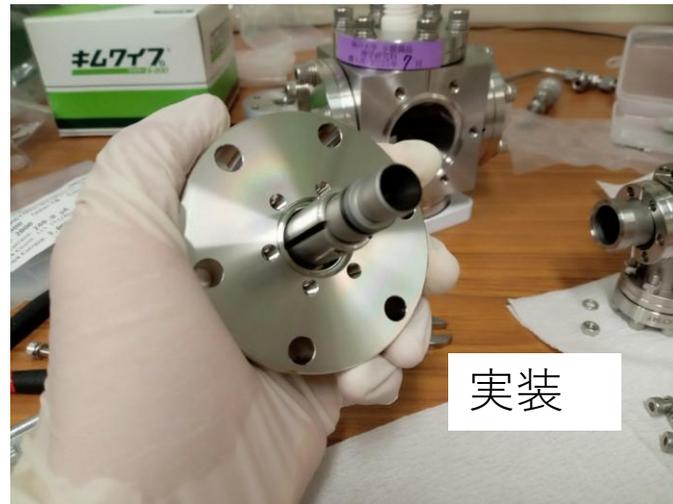
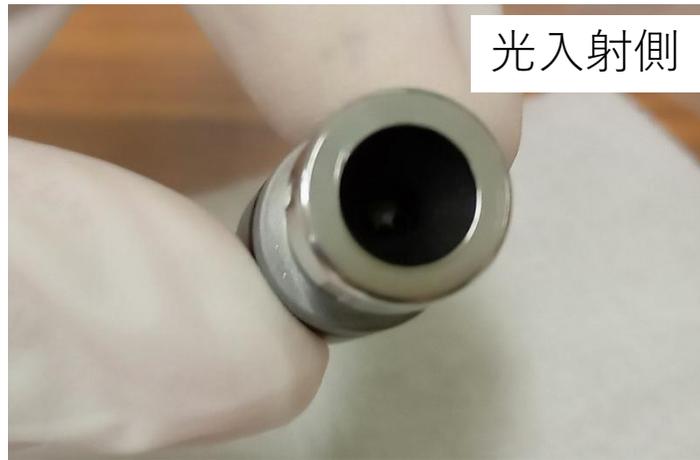


エッジは全てr=1程度で面取り

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

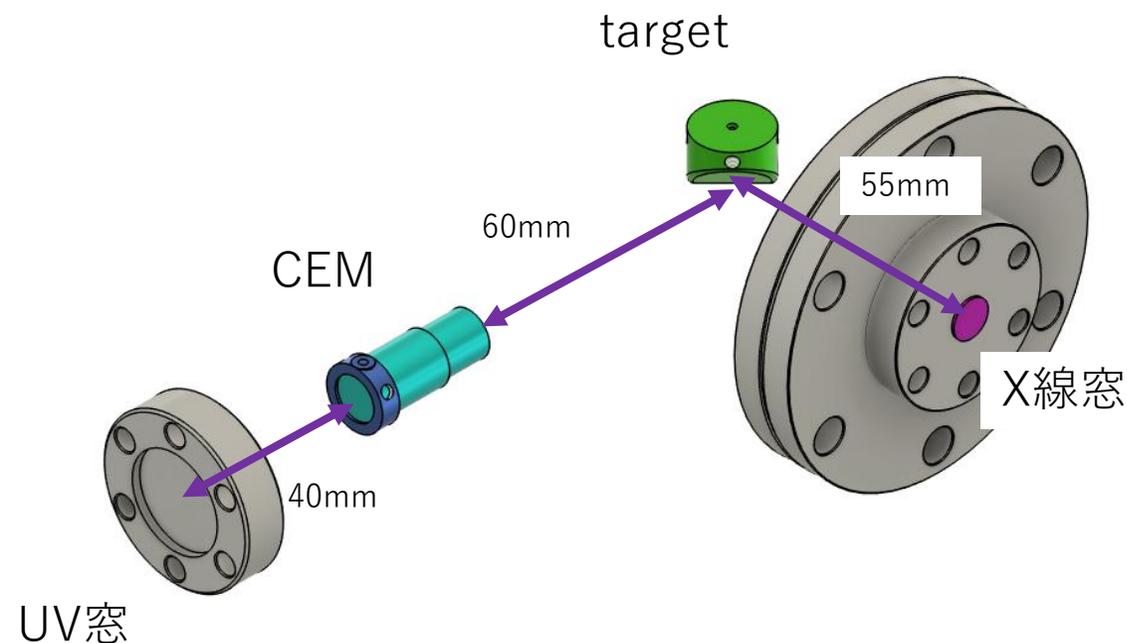
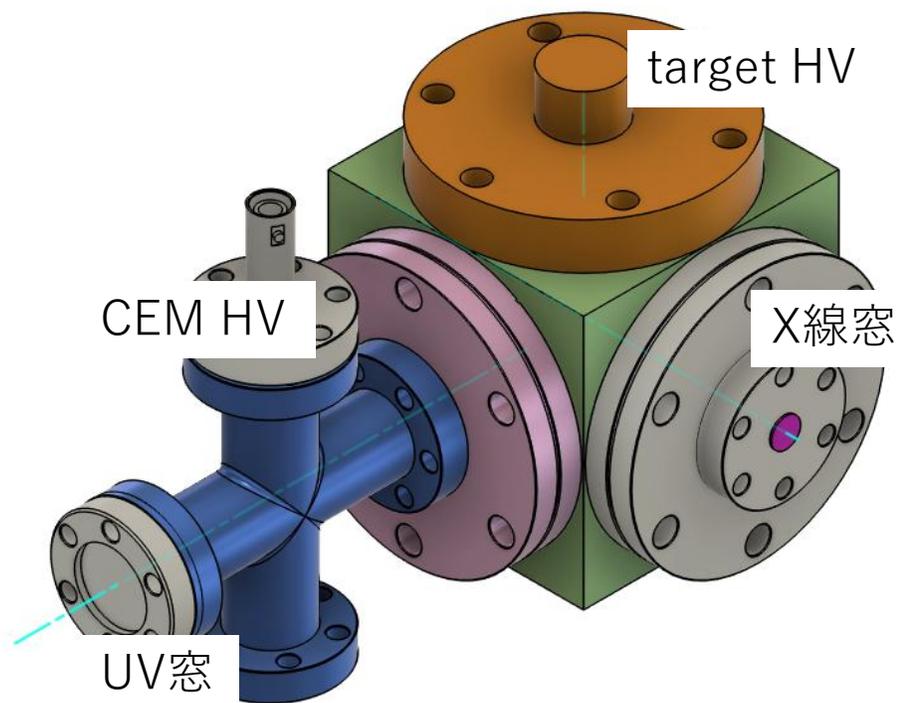


MAGNUM	5900
	
Spec Number	31308
EDR Spec	
MODE	Analog
Max Pulse Height Distribution	
Max Operating Pressure	7×10^{-4} Torr
Operating Voltage	
Bias Current @ 2500 V	60 to 147 μ A 178 to 277 EDR
Resistance (ref only)	17 to 42 M Ω 9 to 14 EDR
Minimum Gain @2500 V	1×10^7
Max Dark Current	
Max Dark Count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

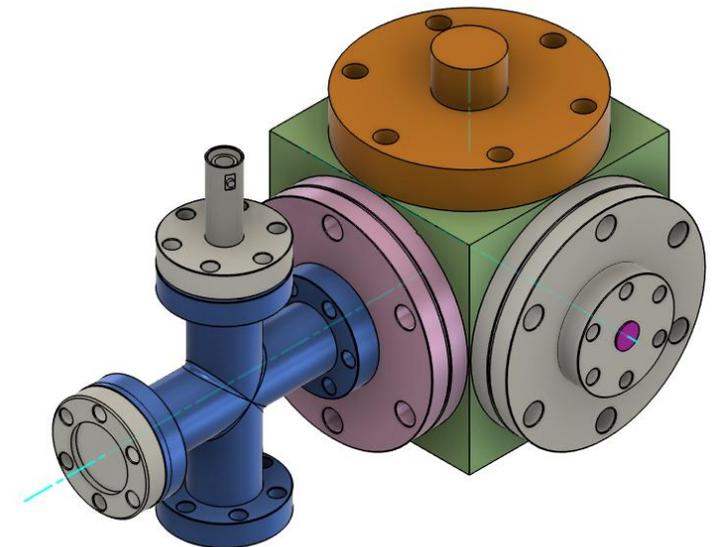
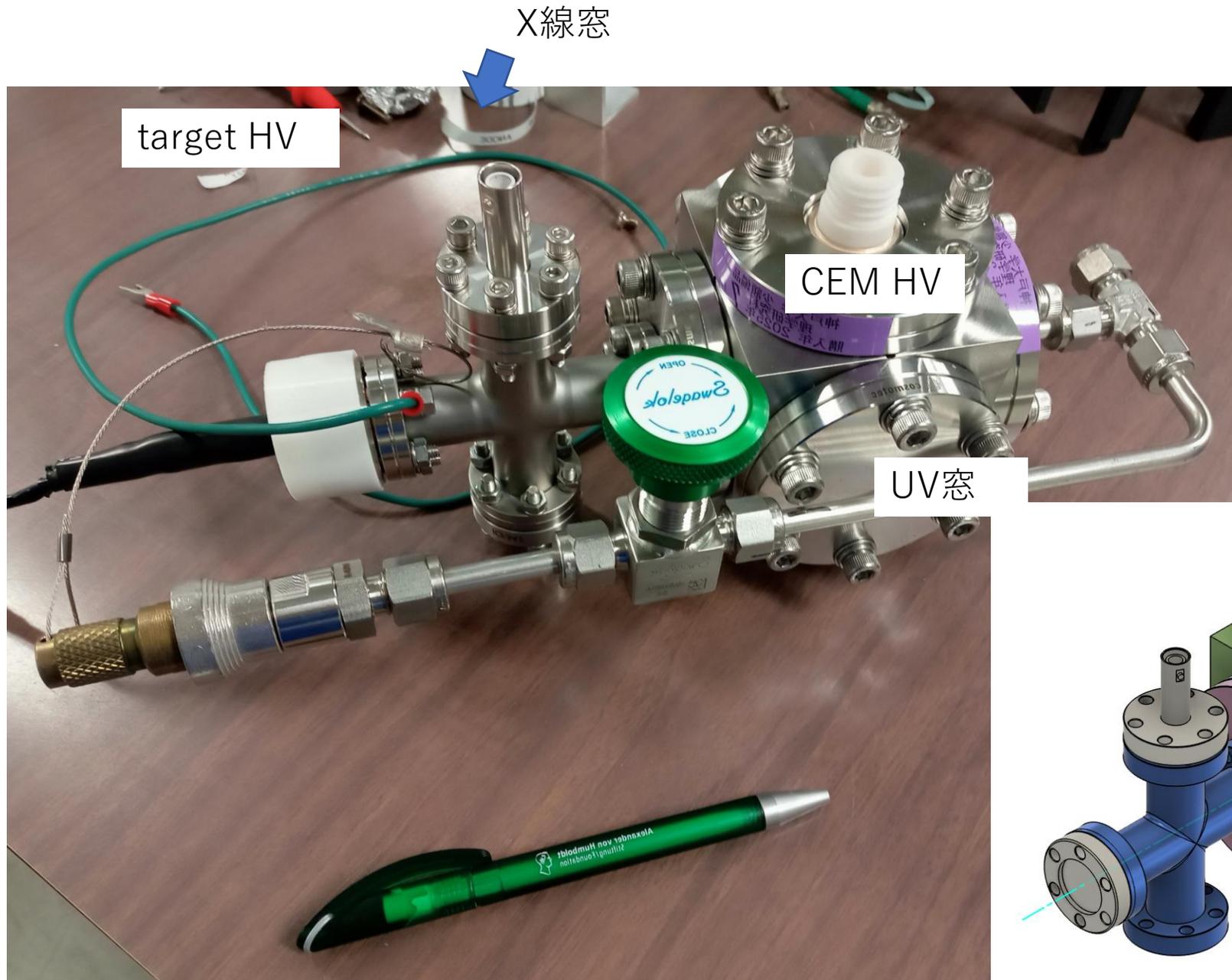
この要請がゆるいのが押しポイント

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。

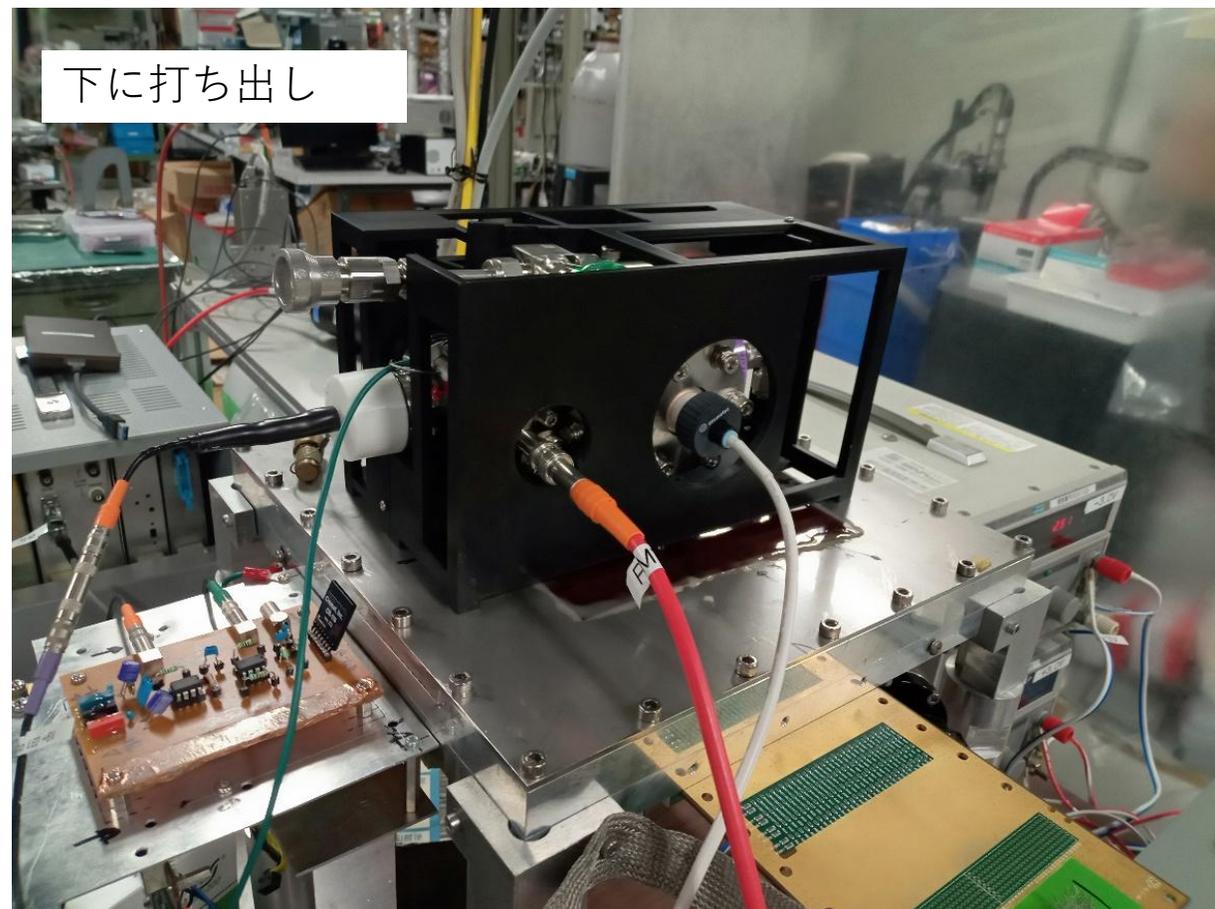
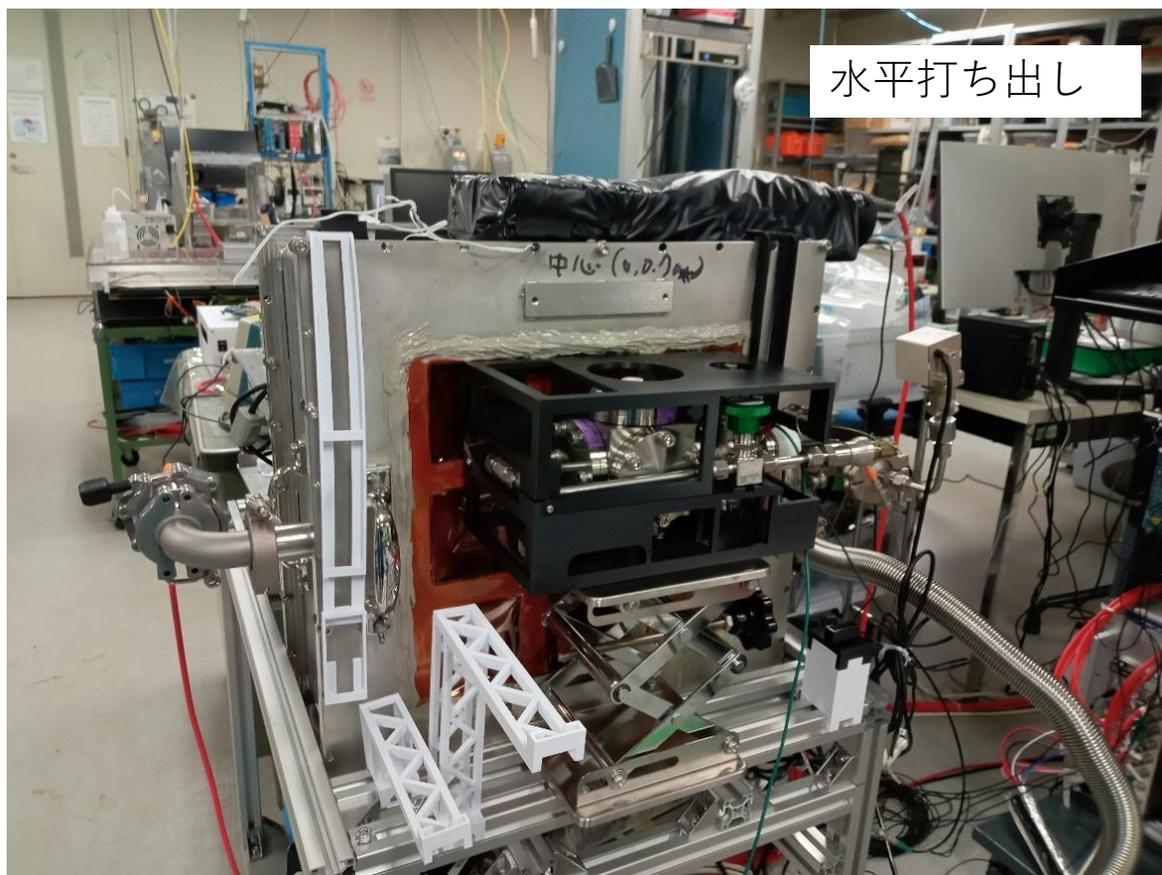


- 完成品



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

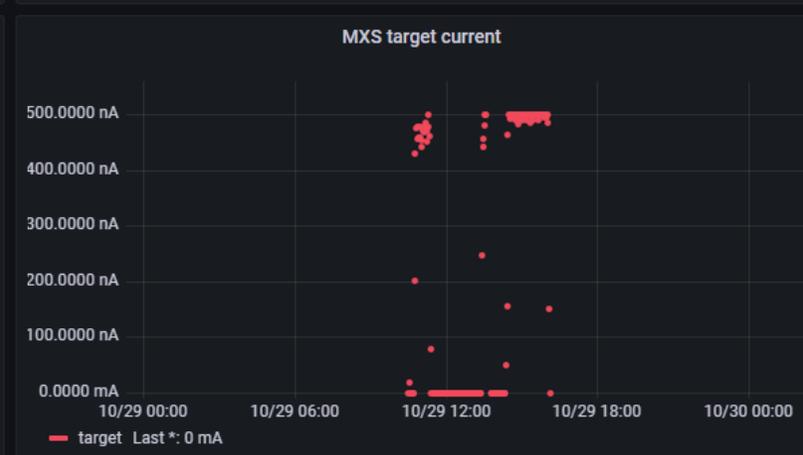
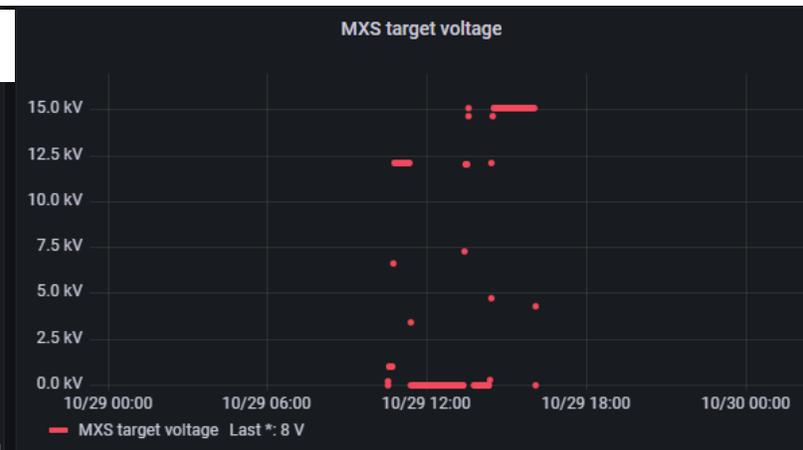
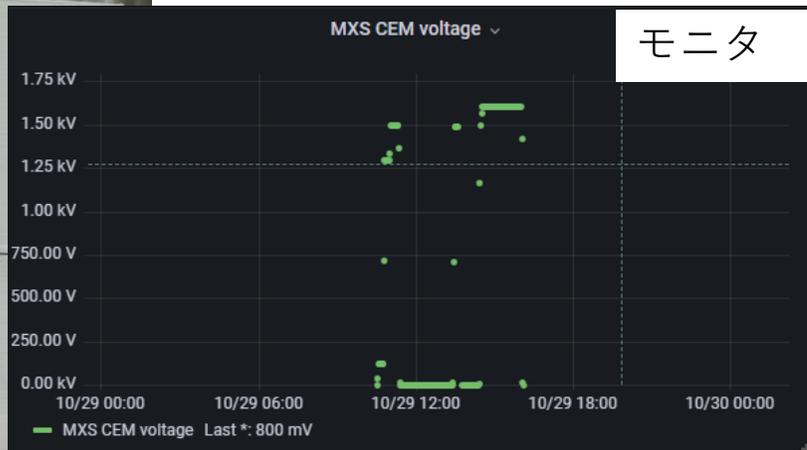


- コントロールとモニター
 - コントローラも自作した
 - arduinoで読んでgrafanaに飛ばす。
 - LEDの制御でX線のON/OFF可能

コントローラ

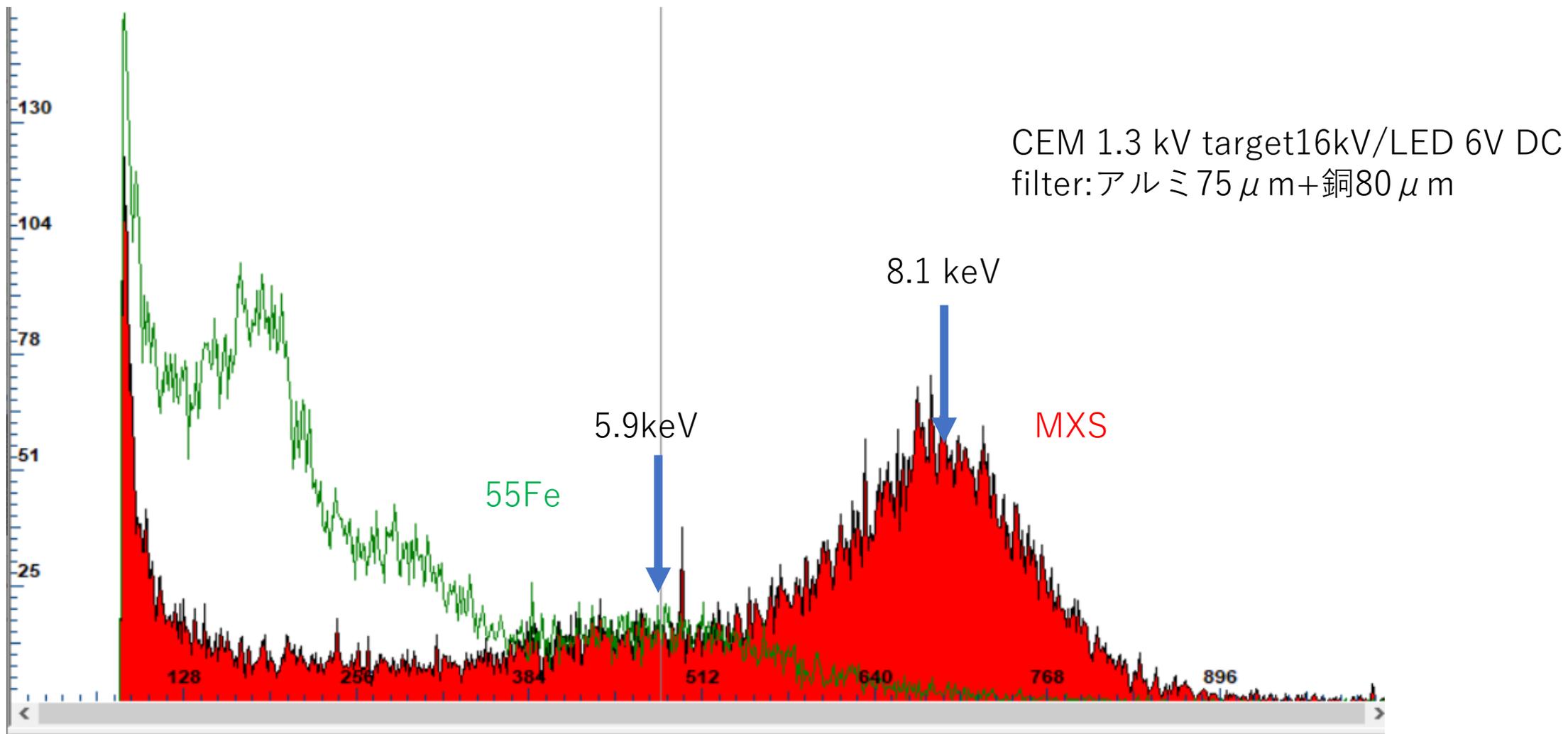


モニター



- 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

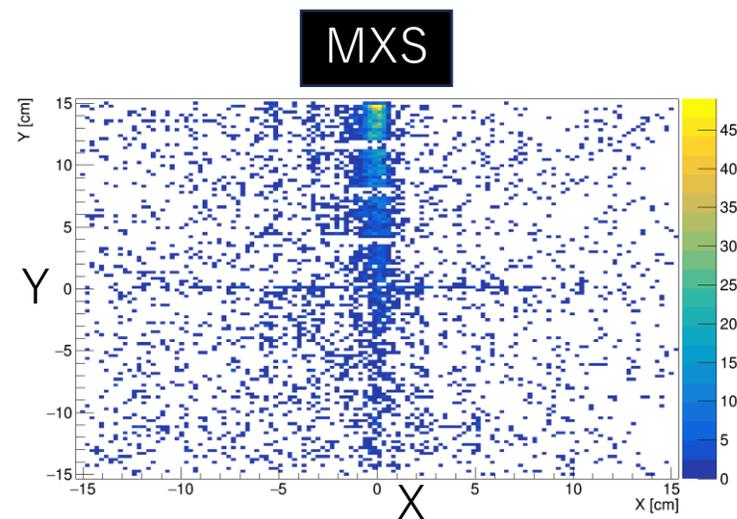
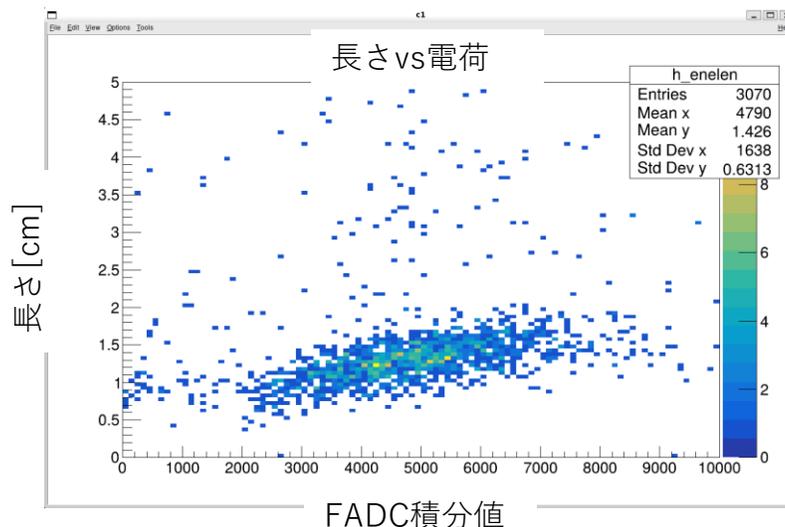
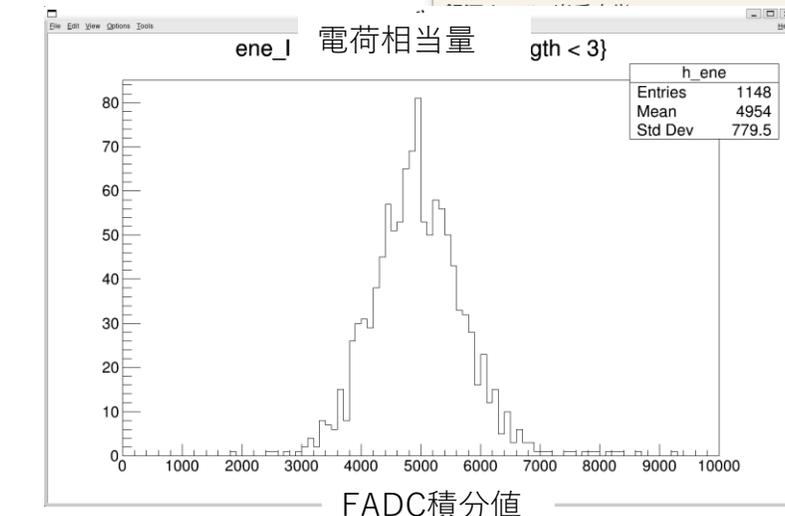


MXS使用 (ひとまずエネルギー較正用)

- 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	Event	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 - 15:20	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

13:00 - 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

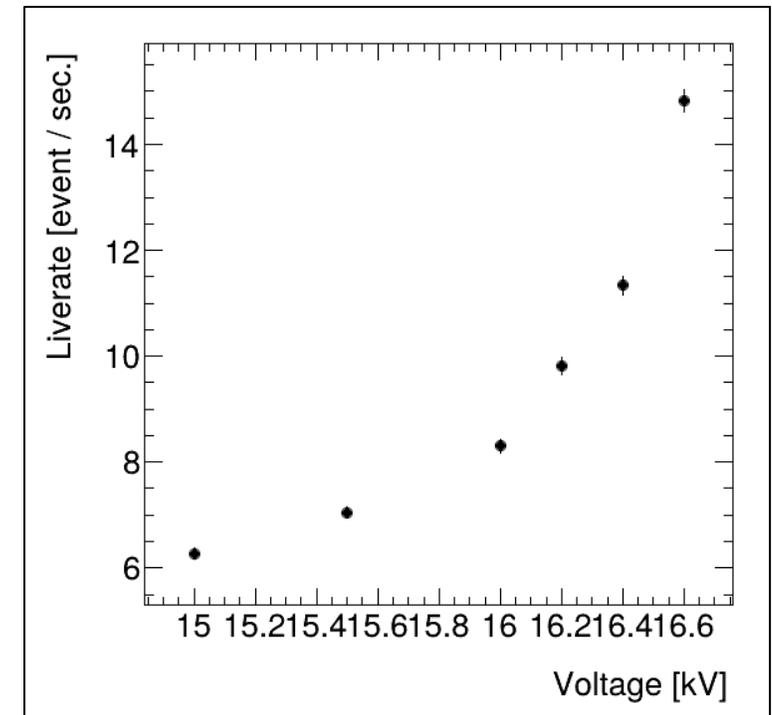
銀河ホール, 岩手大学

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でのビーム試験で使した

backup

CYGNUS 2026

9th edition of the international CYGNUS Workshop
on Directional Recoil Detection

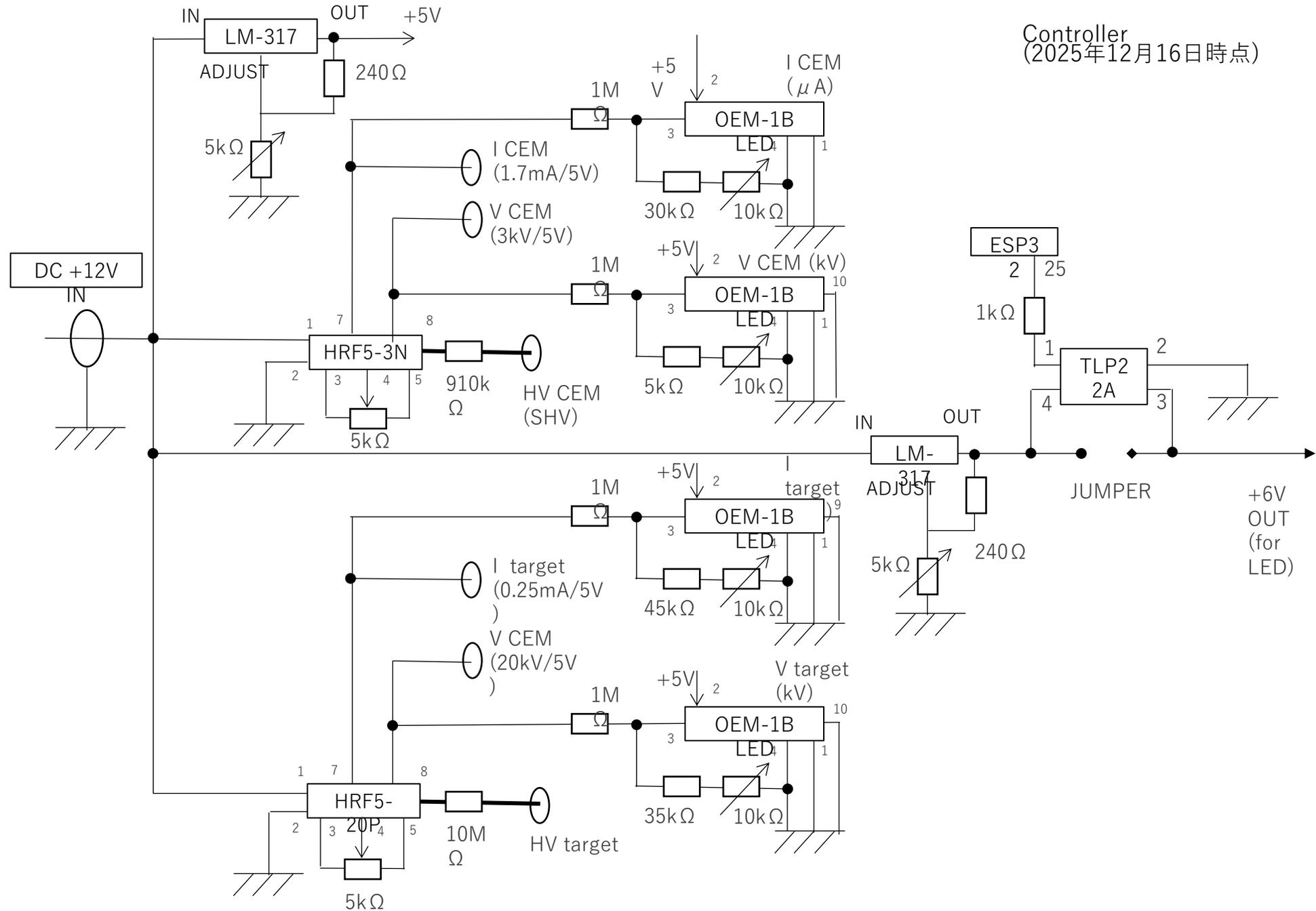


Kobe University (Japan)
2026 Feb. 23-25

<https://indico.global/event/15704/overview>

• パーツリスト

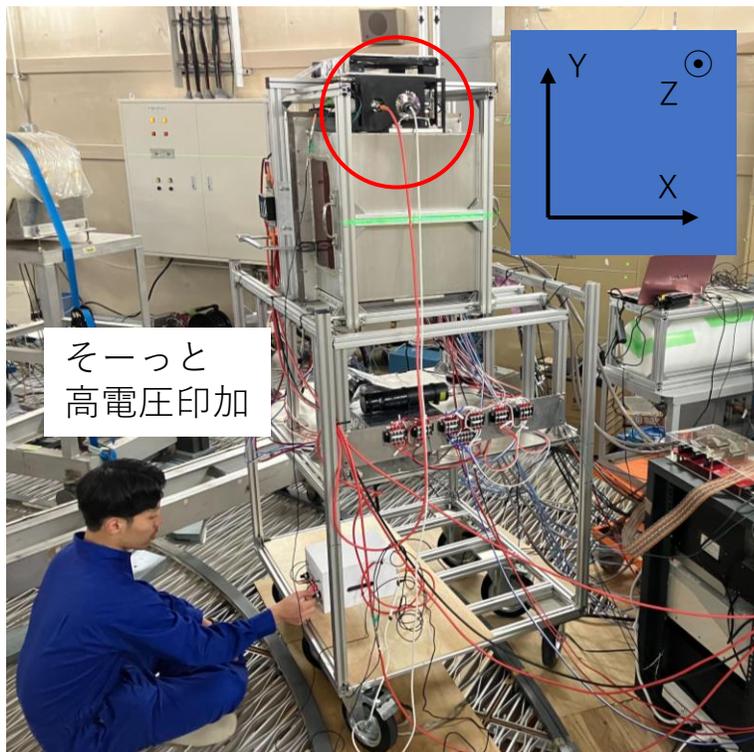
CEM	PHOTIONIS (東京インスツ ルメンツ)	MAGNUM 5900 COA EDR	178~ 277 μ A 2.5kV		240000円
HV(CEM)	松定プレシヨ ン	HFR5-3N			140000円
HV(target)	松定プレシヨ ン	HFR5-20kP			250000円
UV LED	EPIGAP	OSA EOLD-255- 012	255nm 1mW	RS 553-460	7000円
フィードスルー (target)	コスモテック	C230K3ASS1UT1	30kV ICF70	15789	200000円
フィードスルー (CEM)	コスモテック	C34HR1	SHV ICF34	10301	44000円
ICF70キューブ	コスモテック	ICF70CUBE		22467	188210円
ICF34ティ	コスモテック	ICF34 TE		20065	23000円
UV入射窓	コスモテック	ICF34VPSQA	合成石英	24776	70000円
X線窓	パスカル	Be	Φ 10mm 150 μ m厚		
ターゲット・ホ ルダー	日鈴精機				



エネルギー較正 (MXS-30k)

8keVのX線源「MXS-30k」を使用

- 持ち運び可能なX線源
- ポリイミド製の窓から照射
- ✓ MXS-30kの開発→身内talk



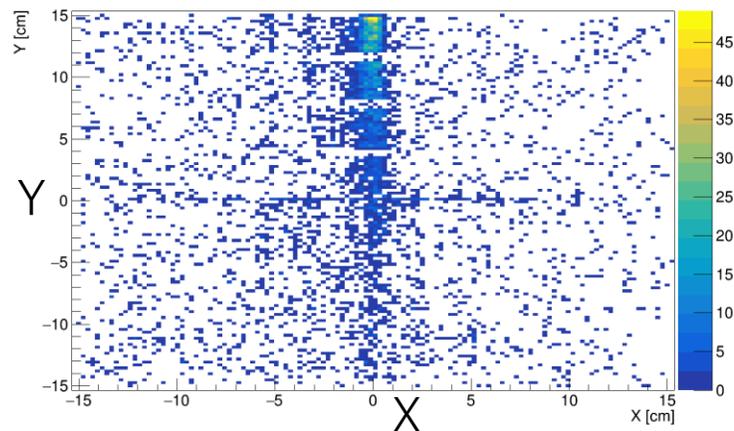
そーっと
高電圧印加



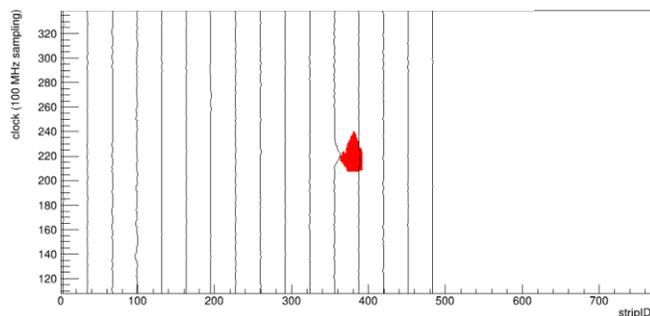
エネルギー較正 (MXS-30k)

- 飛跡の2次元分布に線源位置との相関がみられる
 - 波形の積分値にピークを確認
- ◎ビームタイム中のエネルギー較正OK

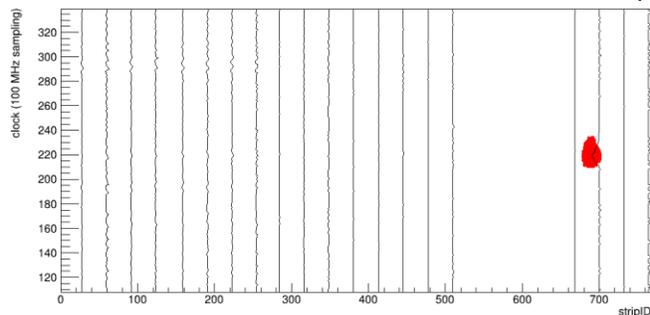
MXS



イベントディスプレイの例 XZ平面



cathode (file ID: 0, trig. ID: 30) YZ平面



MXS

