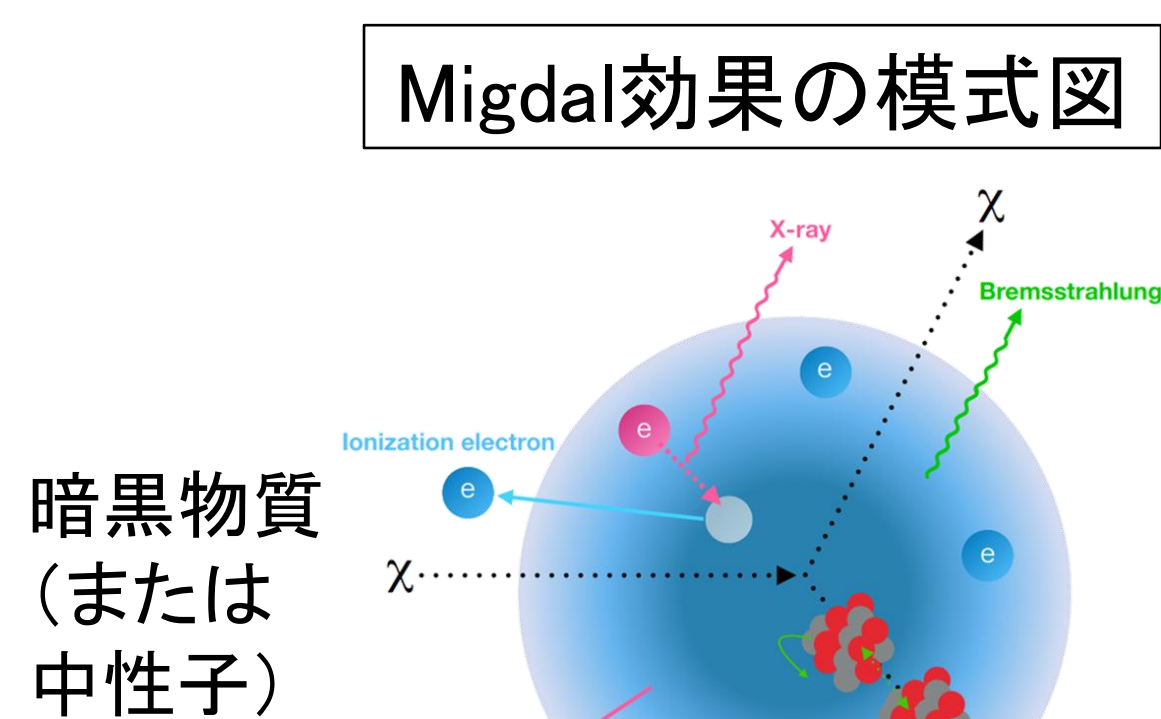


Migdal効果

- 原子核反跳(NR)事象により原子核が動き、それに追従できない束縛電子が電離・励起
- 散乱に伴うものについて、実験的な観測事例はない

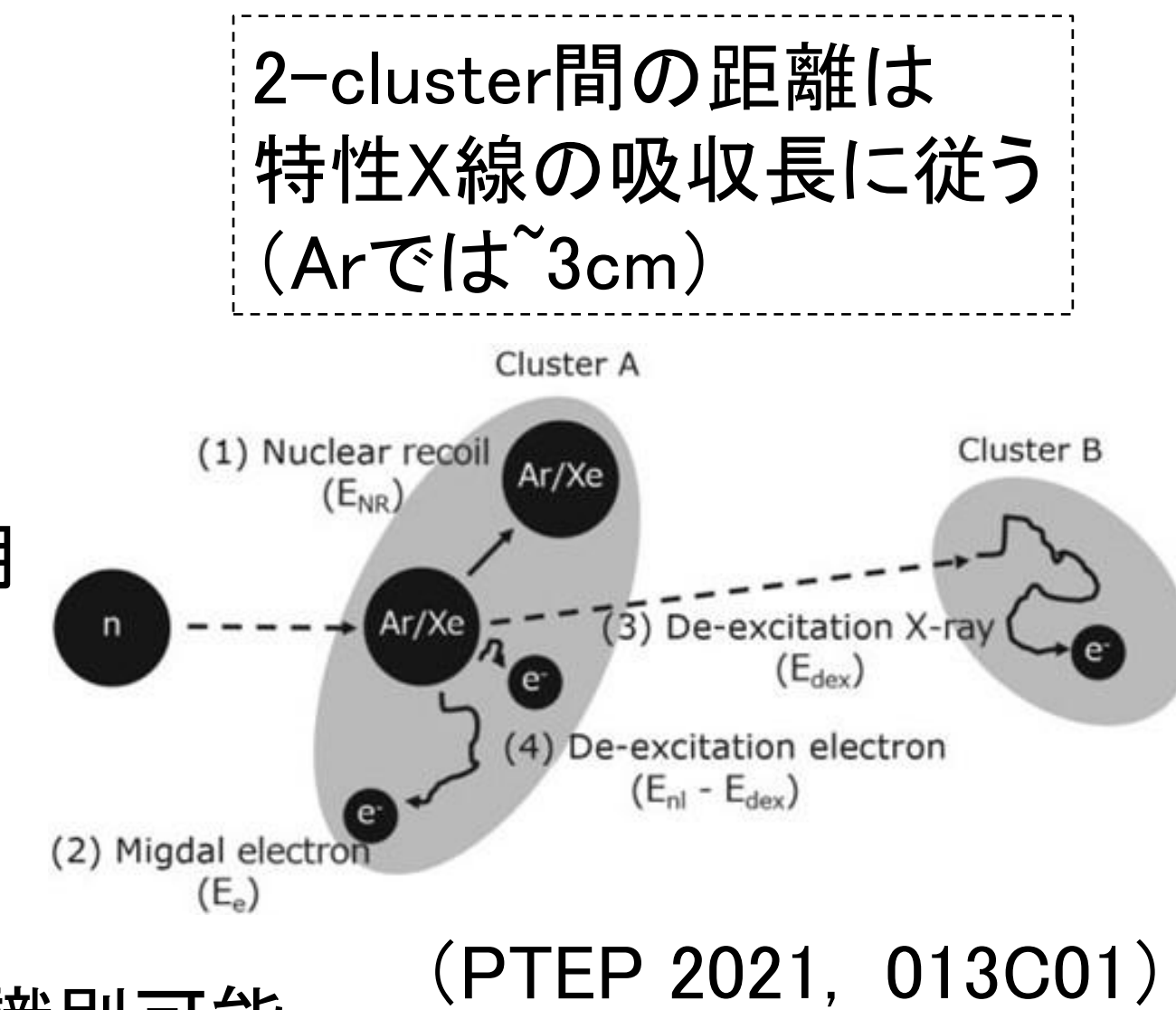
DM探索との関係

- 軽い暗黒物質に対する感度向上
 - 検出が難しいNR事象+Migdal効果による電子
- ⇒ Migdal効果を実験的に観測したい



探索方法

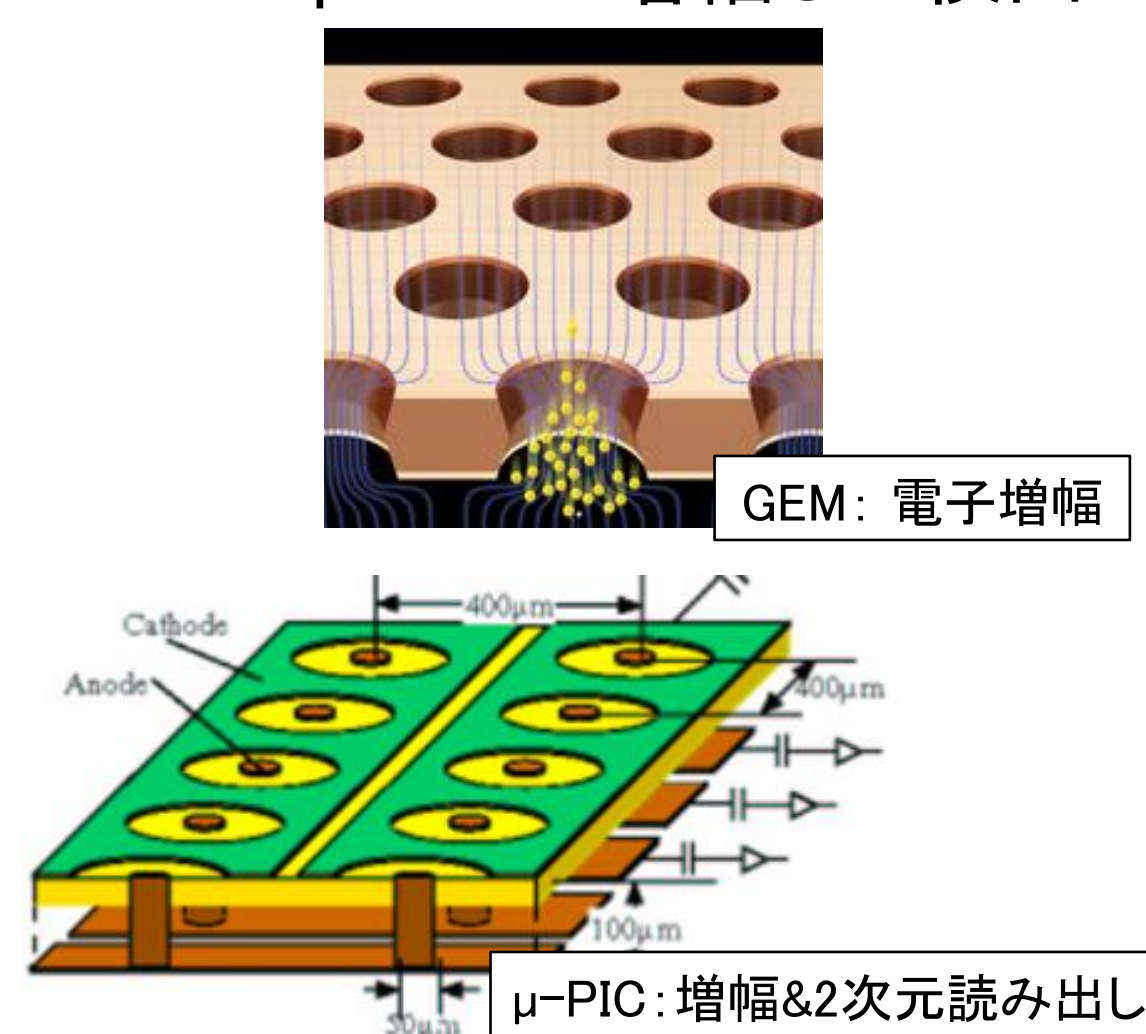
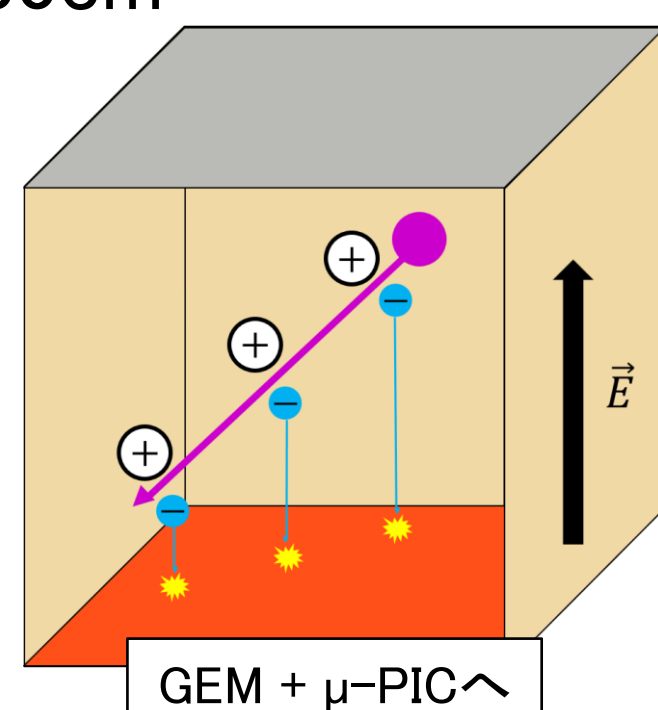
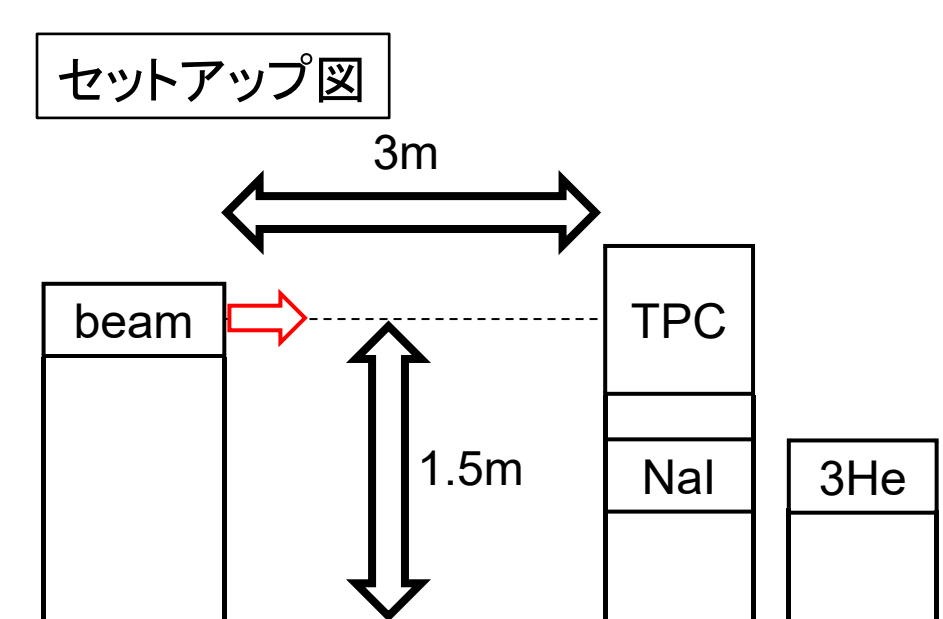
- MIRACLUE実験(神戸大・東北大)
 - 中性子を照射して原子核反跳を起こし、それに伴うミグダル効果を探す
 - 3次元飛跡が取得可能なガス検出器を使用
 - 神戸大: ArガスTPC(1atm)
 - 東北大: 高圧XeガスTPC(8atm)
 - 原子核反跳+Ar(Xe)の特性X線の2-cluster事象を探す
 - 2-cluster間の距離分布から背景事象と識別可能



研究背景

中性子ビーム実験

- Migdal効果探索のための実験
- 2024年12月に実施(産業技術総合研究所)
 - ビーム→565keVの単色中性子
 - 封入ガス→Ar(0.84atm) + C₂H₆(0.16atm)
 - C₂H₆は放電を抑制するために使用
 - 有感領域→20cm×30cm×30cm



- 検出器
 - ガスTPC
 - 荷電粒子がArガスを電離
 - ドリフト電場に沿って電子が移動
 - GEM + μ-PICで増幅して検出

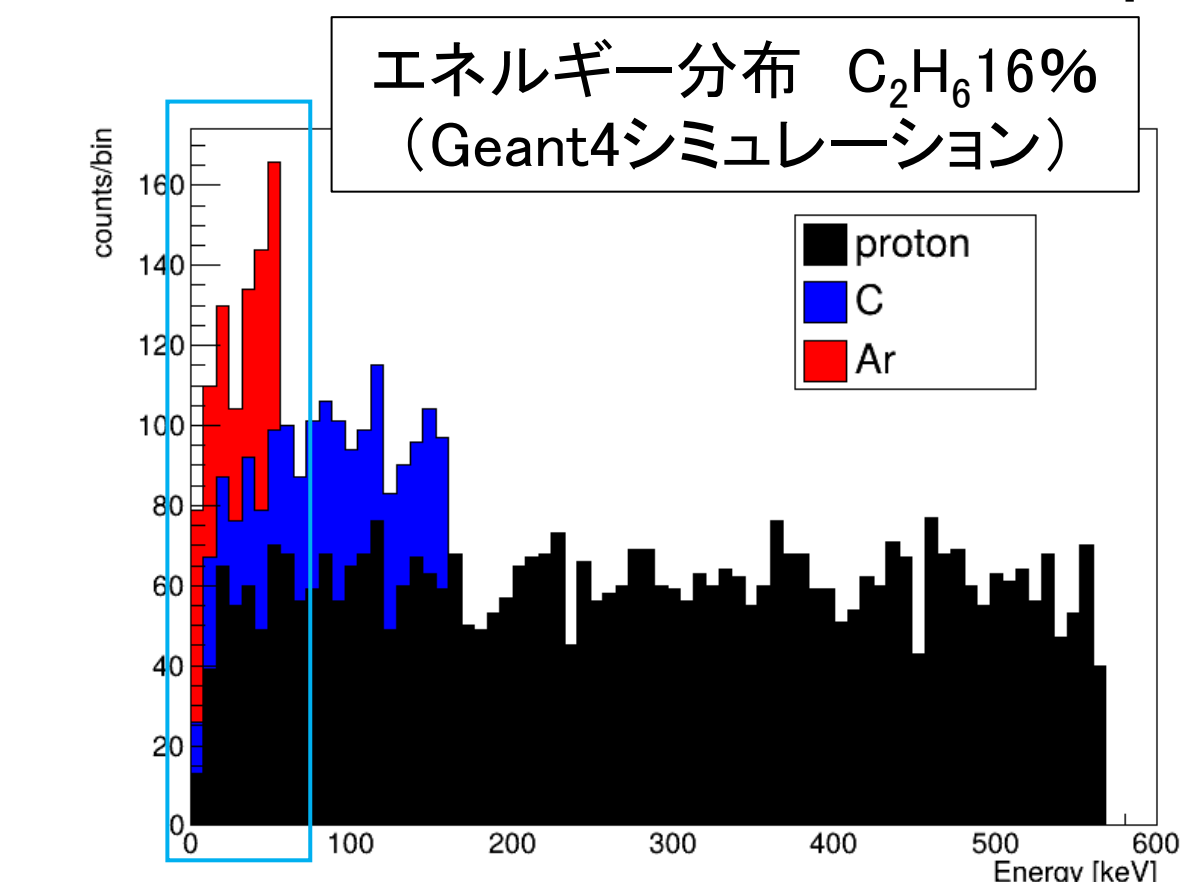
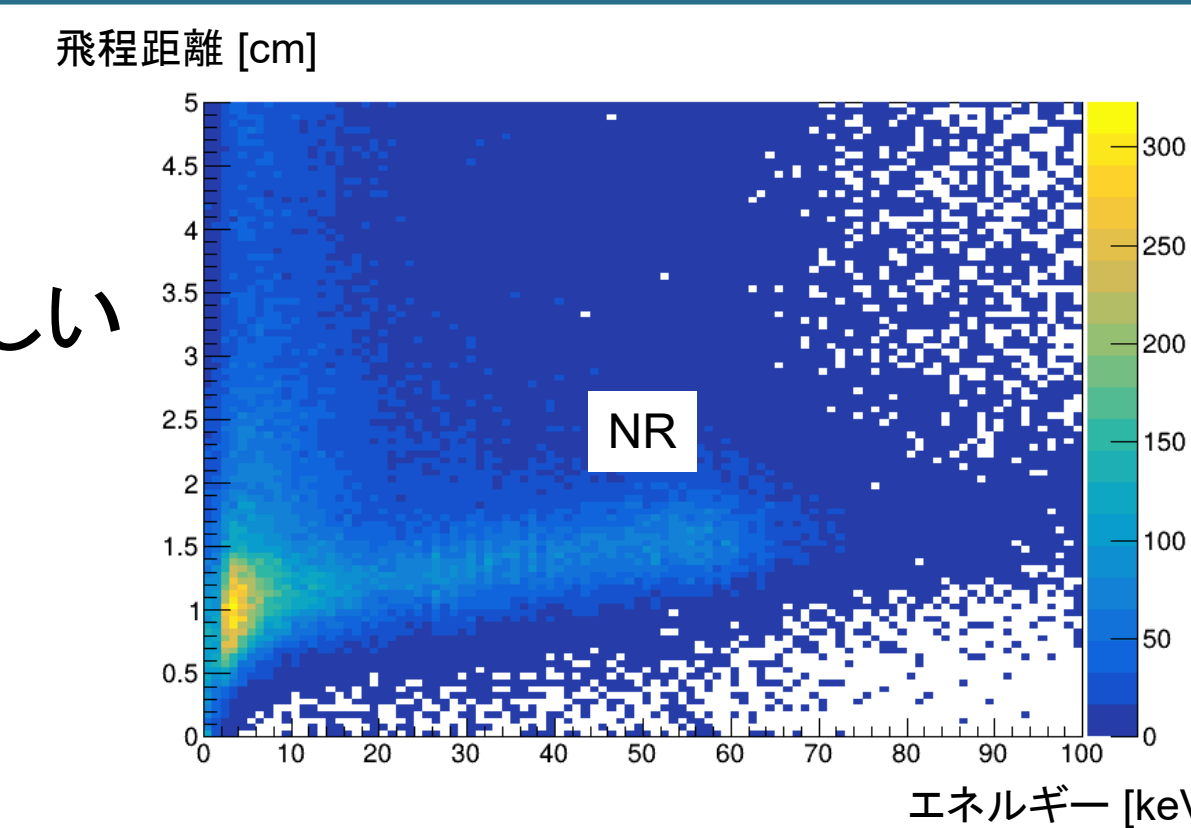
明らかになった課題

- 低エネルギーのNR事象では粒子の識別が難しい
- C₂H₆由来のNR事象が支配的
- ⇒封入ガス中のC₂H₆割合を減らしたい

課題を踏まえて...

- 現在用いているAr + C₂H₆ガスにおいて
 - MIRACLUE実験で必要なGain(〜10⁴)が得られること
 - 放電しないこと
- を満たすガス組成を見つける

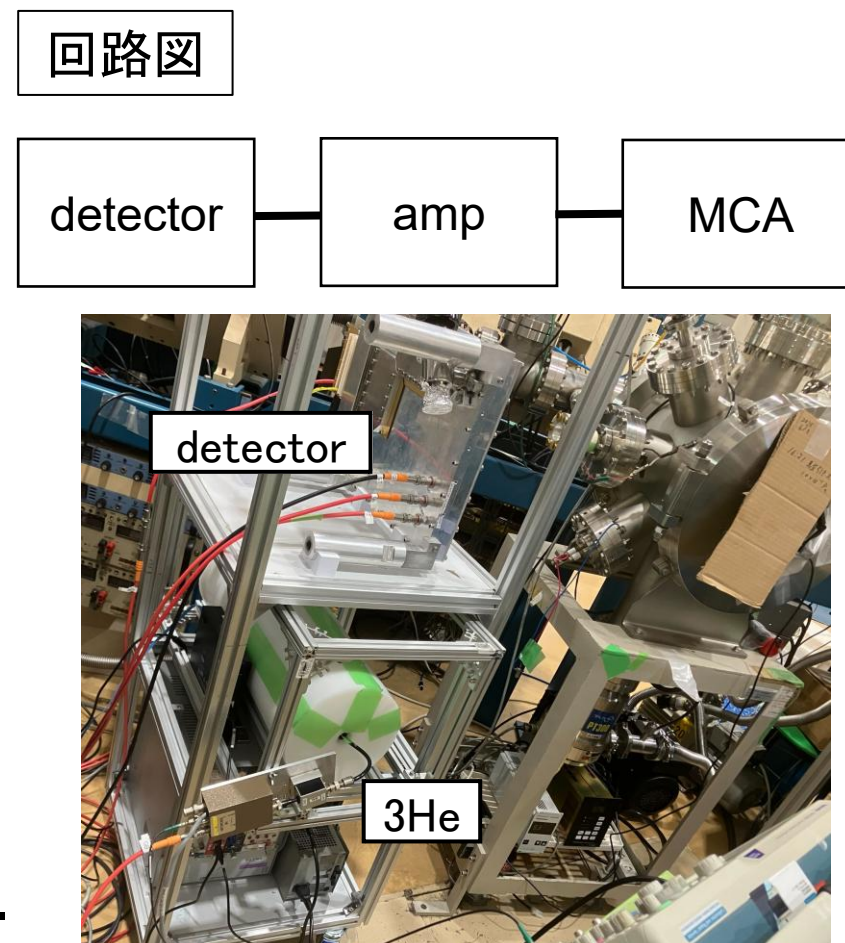
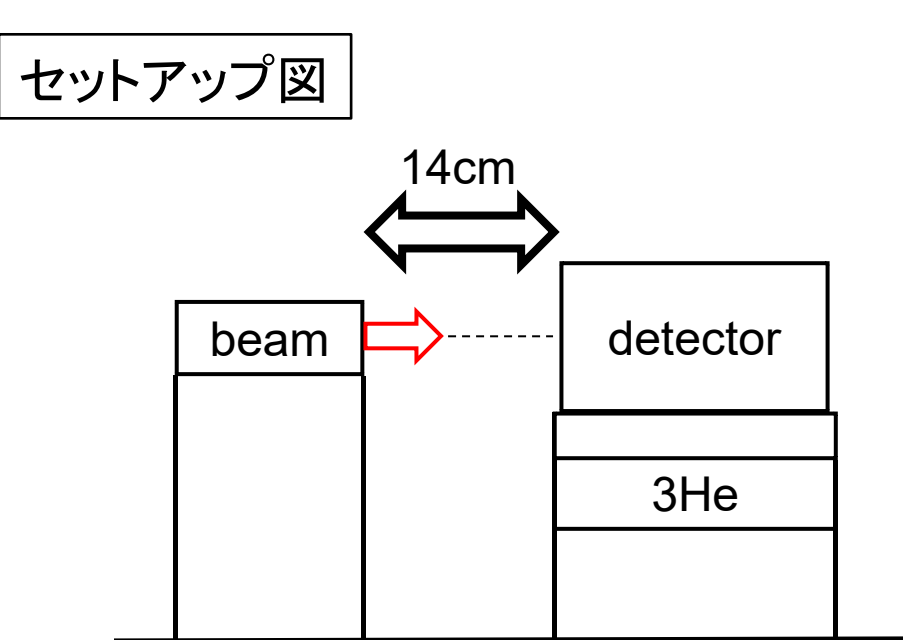
50keV以下のNR事象においてC₂H₆由来の事象がArと同程度以下となるようC₂H₆割合を10%以下にしたい



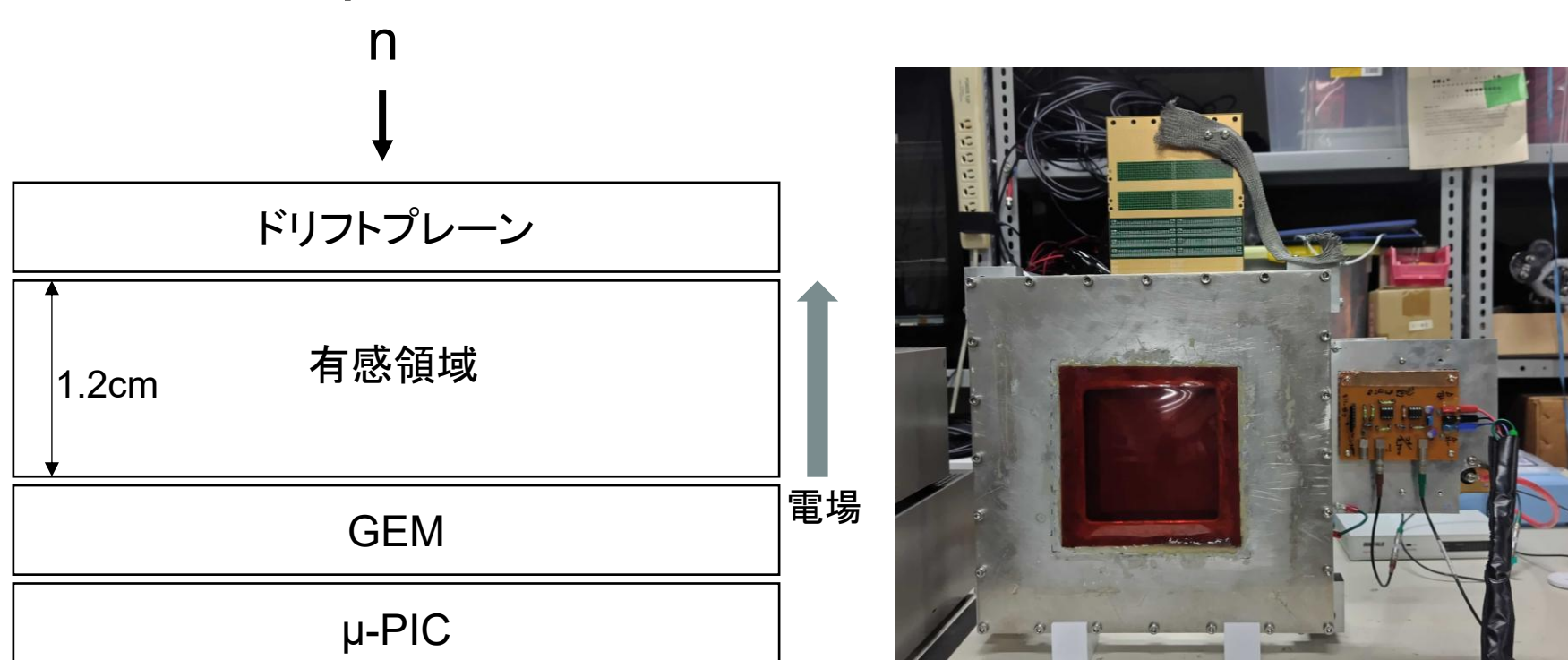
放電耐性試験

実験概要

- 複数の混合ガスについて放電耐性を調査
 - Anode電圧のみを変化させて測定
 - どこまでC₂H₆割合を落とせるか?
- 2025年6月に実施(神戸大学タンデム加速器)
 - 中性子ビーム
 - 封入ガス→Ar+C₂H₆
 - C₂H₆割合 16%,10%,8%,6%,4%
 - 有感領域→1.2cm×10cm×10cm
 - MCA(8000D)を用いてデータ取得

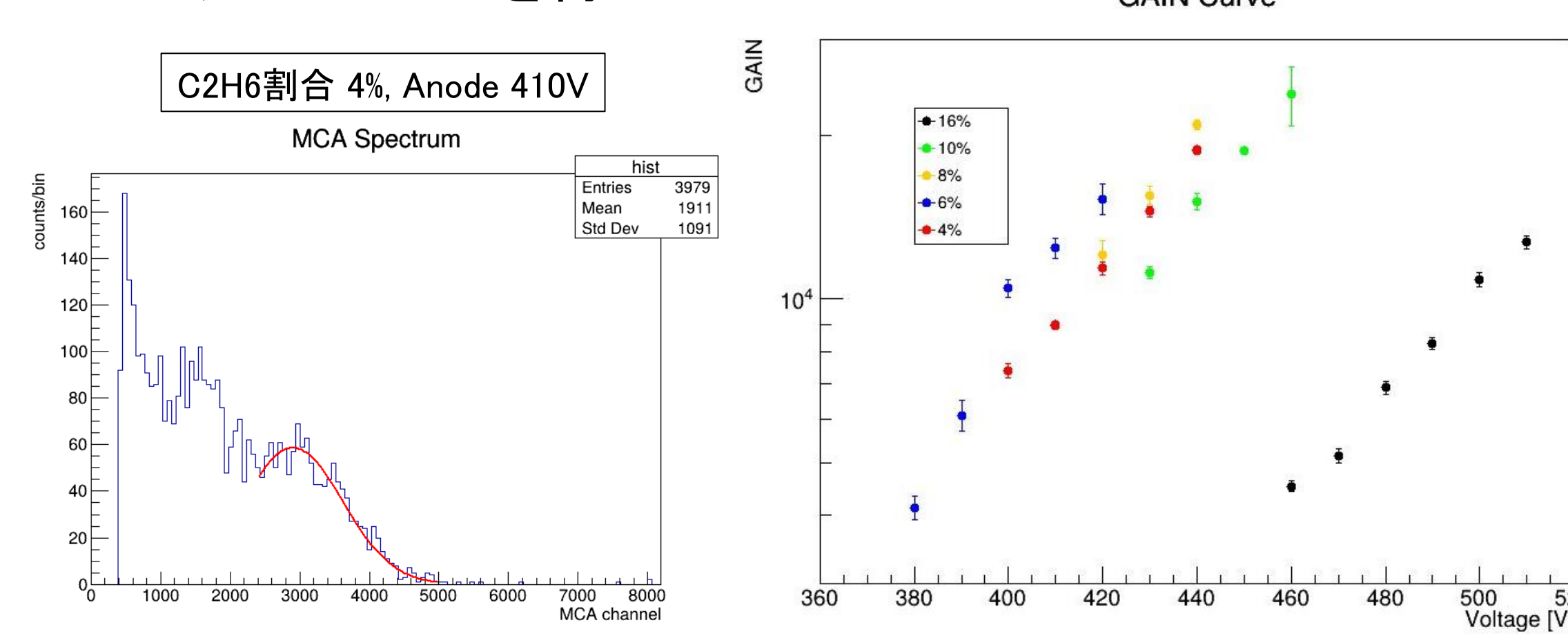
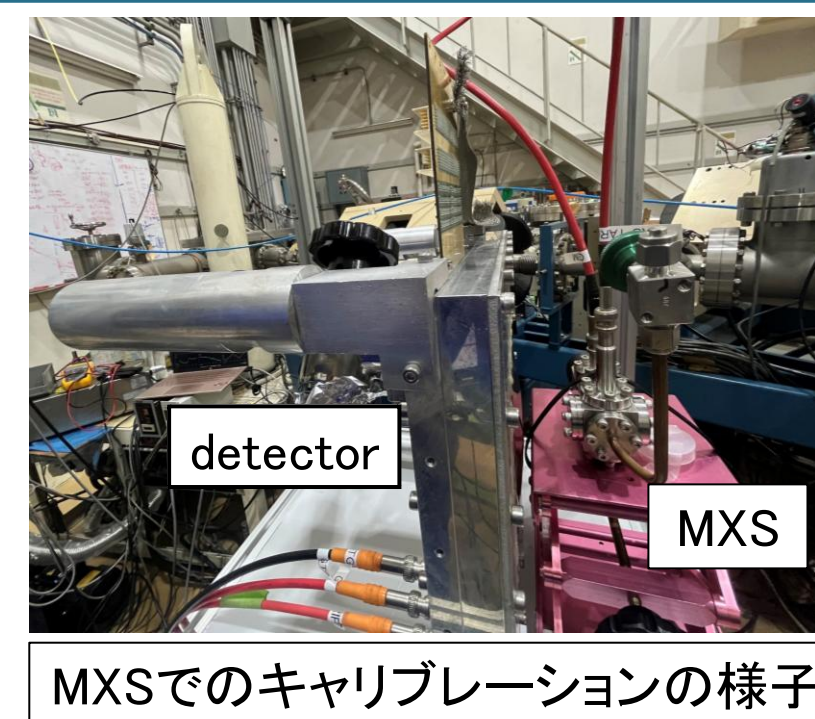


- 検出器
 - 小型のテストチャンバー
 - GEM + μ-PICで増幅して検出

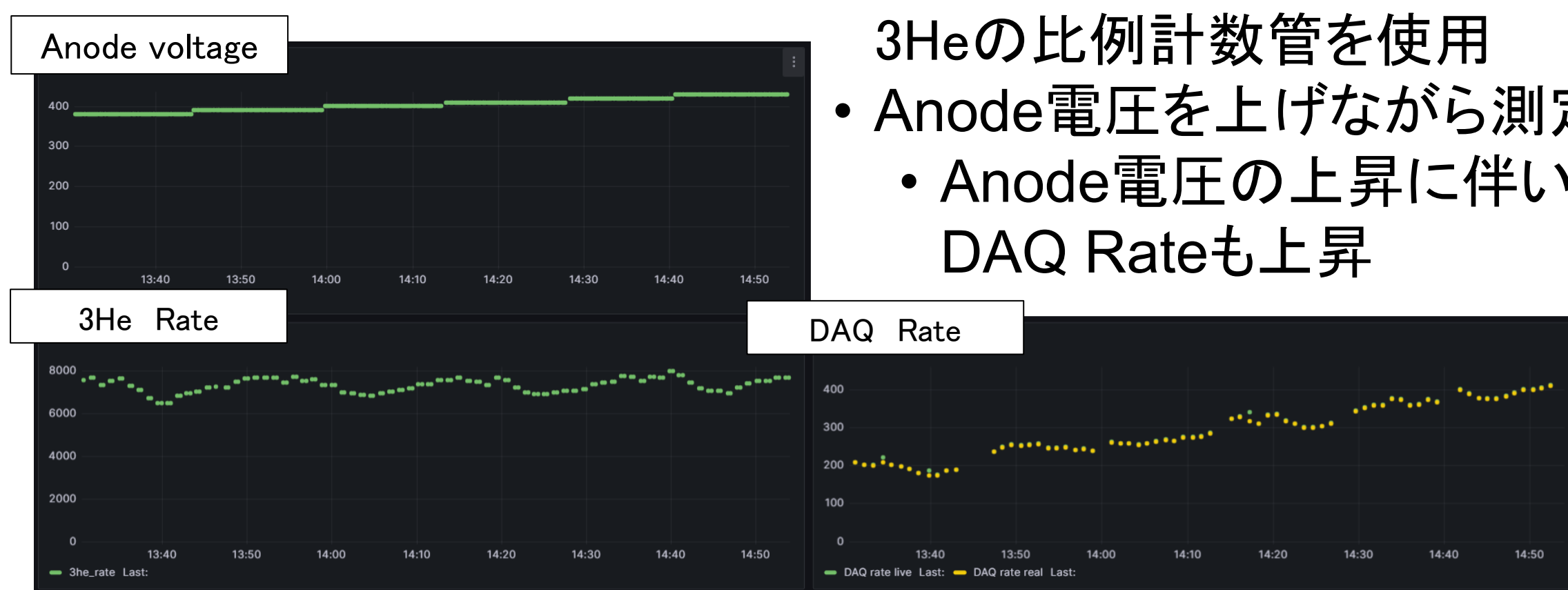


GAIN測定

- MXS(X線発生装置)を用いて行う
 - 4.5keVのX線
 - LEDを金属に照射し光電子を生成→光電子を加速しターゲット(Ti)に衝突させてX線を発生
- MCAで取得したスペクトルからピーク位置を抽出→ゲインカーブを得た



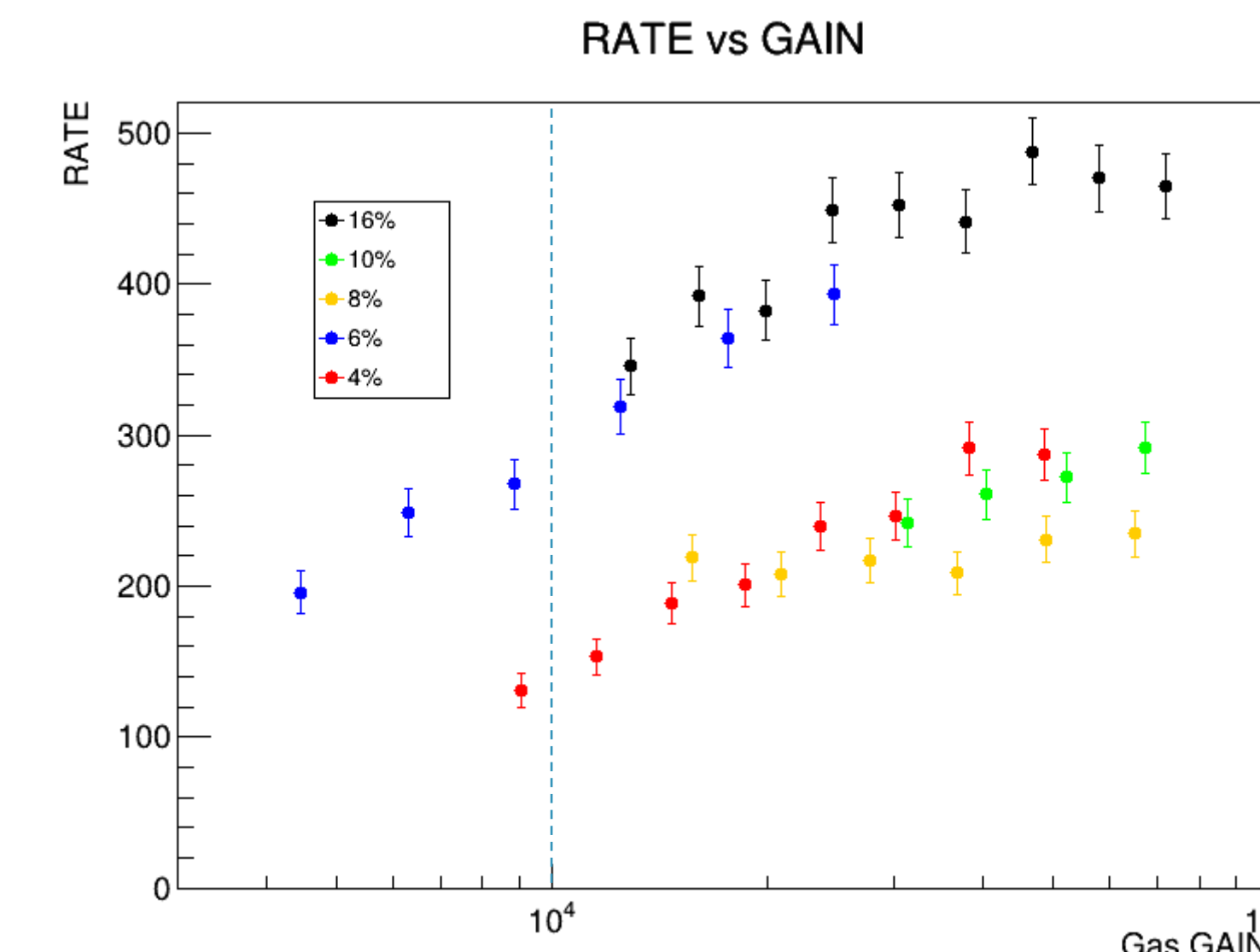
データ取得の様子



- Grafanaを用いてモニター
 - 中性子レートを見るために3Heの比例計数管を使用
 - Anode電圧を上げながら測定
 - Anode電圧の上昇に伴いDAQ Rateも上昇

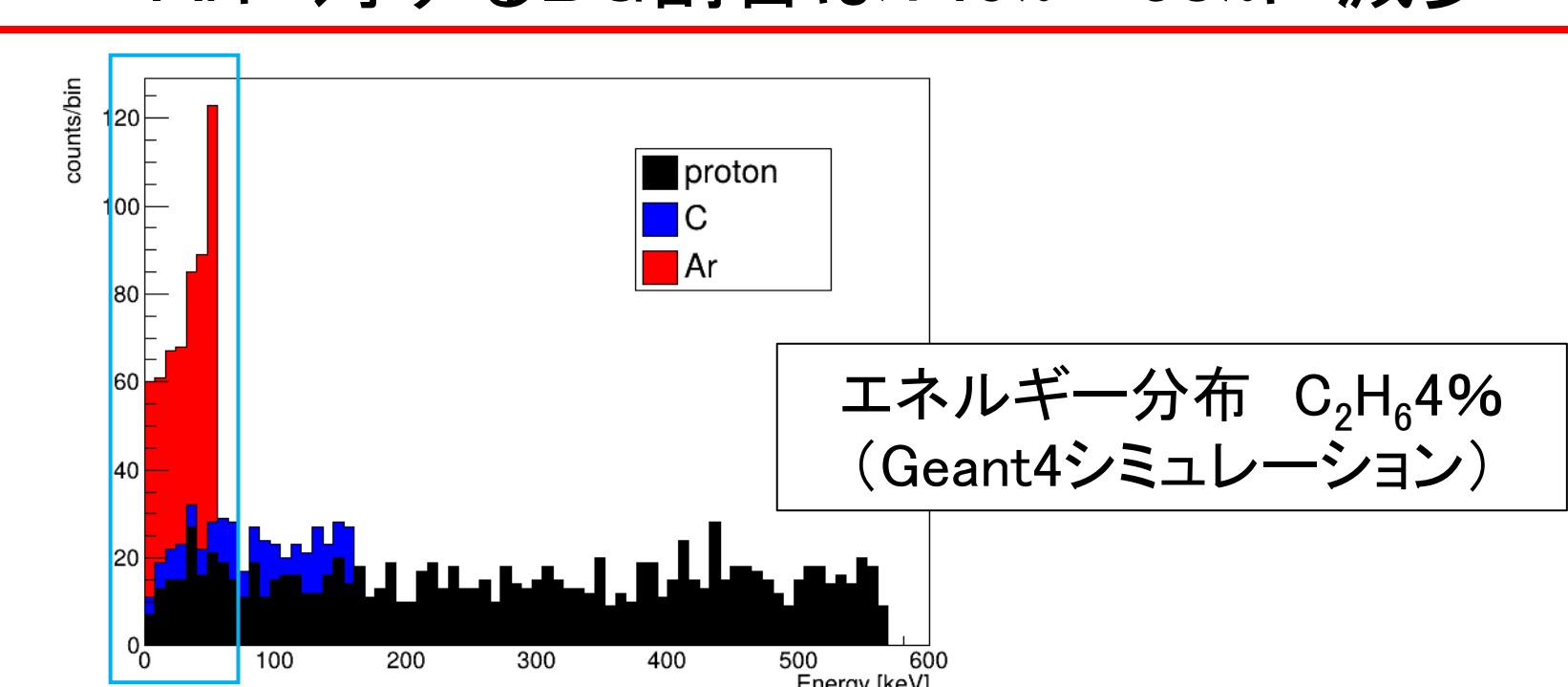
放電耐性

- 各ガスの放電耐性について評価したい
 - 放電が起きると電流が流れ、電圧降下が起こる
 - Gainが下がり、Rateも下がる
- ⇒Gainに対するRateで評価する



MIRACLUE実験で必要とされるGain(〜10⁴)はいずれの混合比においても達成

- 最も大幅なBG削減が期待できる4%が有力候補
- Arに対するBG割合は149%→38%に減少



まとめと今後の展望

まとめ

- 2024年12月のビーム試験での課題をふまえ、2025年6月に神戸大学タンデム加速器にて中性子ビーム実験を実施
- BG削減のため、新たなガス混合比の検討
- 5種類のC₂H₆割合でデータを取得
- C₂H₆ 4%のガスでも放電せず十分なGainを得られた

今後の展望

- 解析・シミュレーション
 - 今回の実験で得たデータのより詳細な解析
 - MXSスペクトルの小さいピーク、混合比間のRateの大きな乖離など
 - 実データとシミュレーション(Geant4)の比較
 - ガス混合比によるレート・スペクトルの変化
- 次回のビーム実験に向けて
 - C₂H₆ 4%混合ガスを用いて本実験用TPCでの測定
 - 同等のGainが得られることを確認(将来計画に関してはP24)