

NEWAGE実験58： 暗黒物質探索感度向上に向けた 低エネルギー閾値のための研究

神戸大理

石浦宏尚, 身内賢太郎, 島田拓弥, 窪田諒

日本物理学会 2020年秋季大会

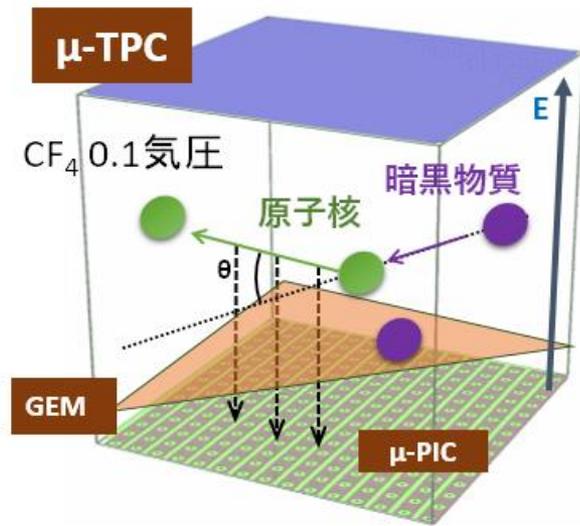
2020/9/16

➤ **NEWAGE** (NEw generation WIMP search with an Advanced Gaseous tracker Experiment)

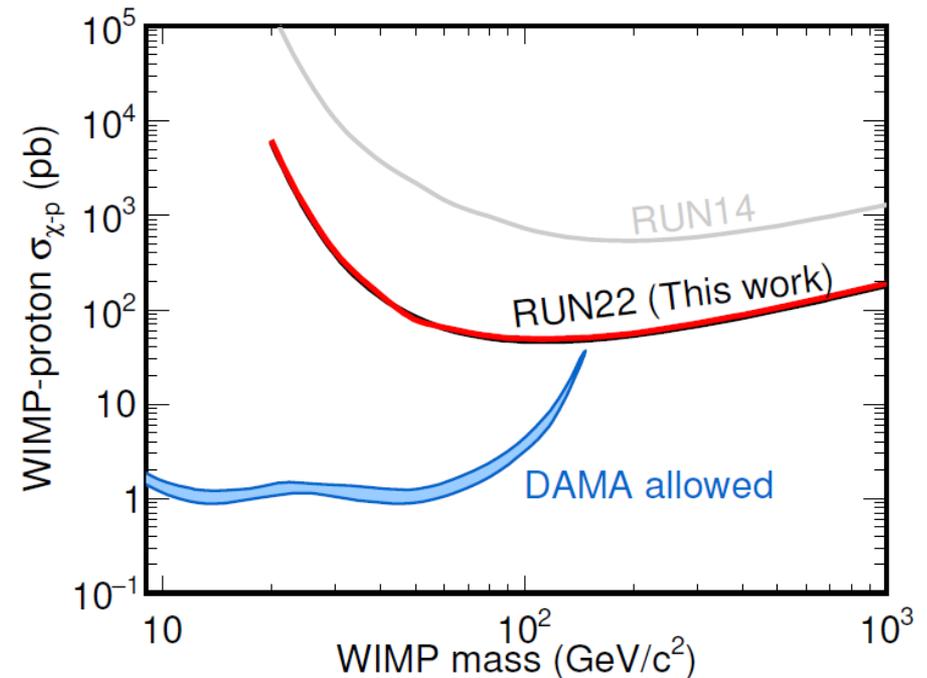
- 方向に感度を持つ暗黒物質直接探索実験
- 暗黒物質により原子核反跳されたフッ素原子核の飛跡をガスTPCでとらえる

NEWAGE 検出器

- 3次元ガス飛跡検出器 μ -TPC



μ -PIC: 2次元イメージガス検出器
GEM: 前段増幅器



低BG化、大型化、低エネルギー閾値化
により感度向上に取り組んでいる

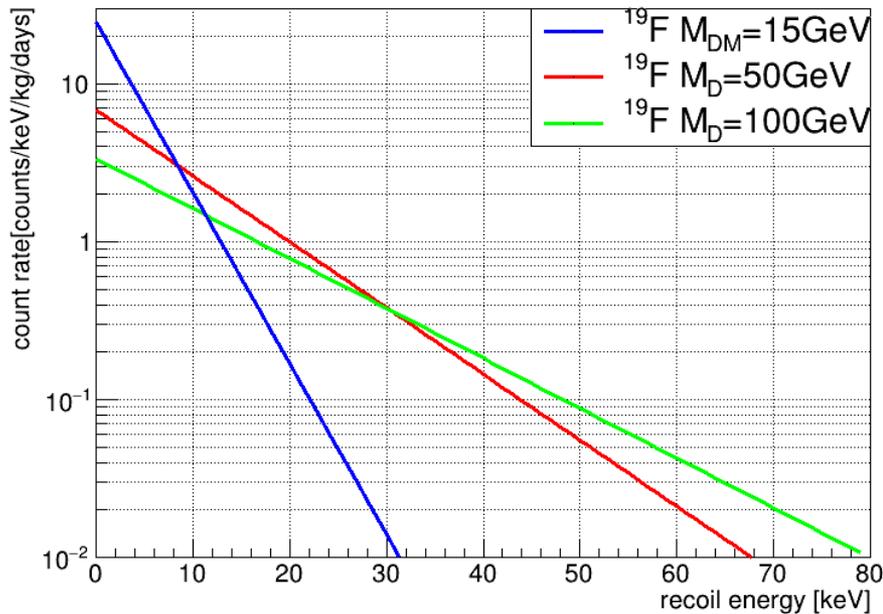
関連講演

解析手法改良など (島田拓弥 16aSK-2)

陰イオンガスTPC用回路開発 (窪田諒 17pSF-9)

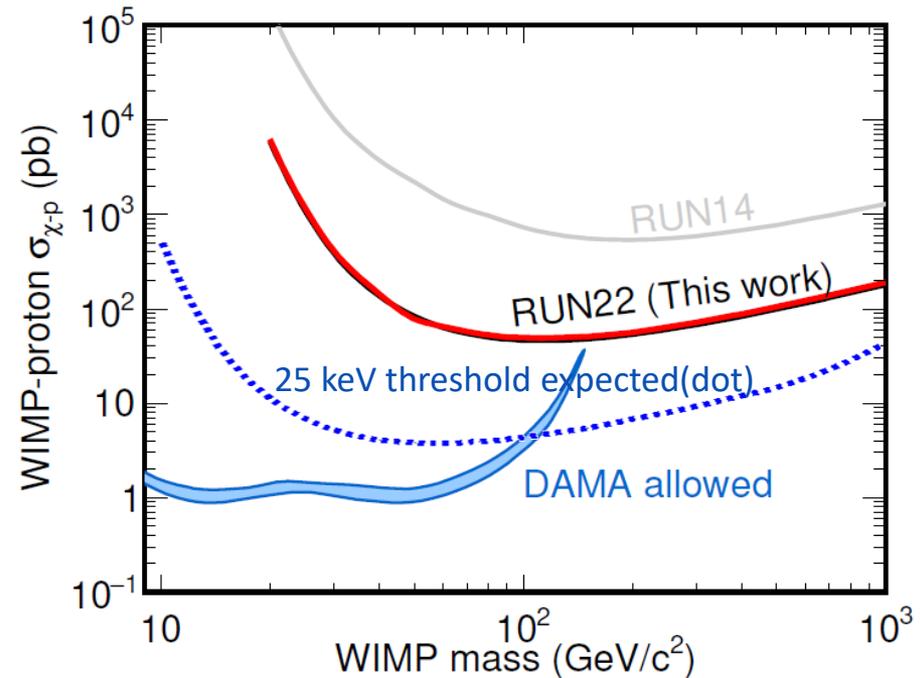
暗黒物質質量と予期される
エネルギースペクトル

expected energy spectrum(SD), $\sigma = 1\text{pb}$



- エネルギー閾値低で多計数率が期待
→高感度化
- 低質量側暗黒物質での感度向上

エネルギー閾値50keV \rightarrow 25 keV
NEWAGE 到達感度見積もり



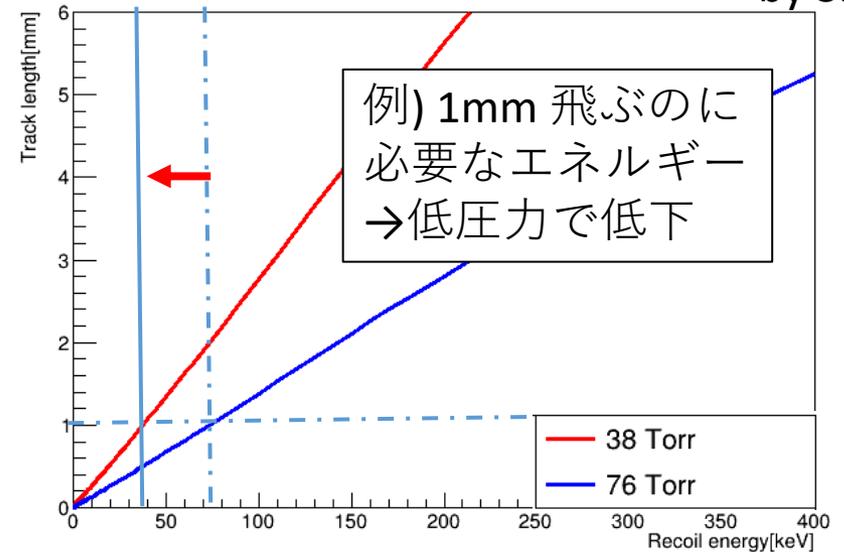
低エネルギー閾値化

- 読み出し検出器 uPIC からの要請
 - 読み出しピッチ: 400 μm
 - 2点以上→飛跡に
 - 原子核反跳飛跡
 - 低圧で伸びる
- 低ガス圧化で低エネルギー閾値化が期待

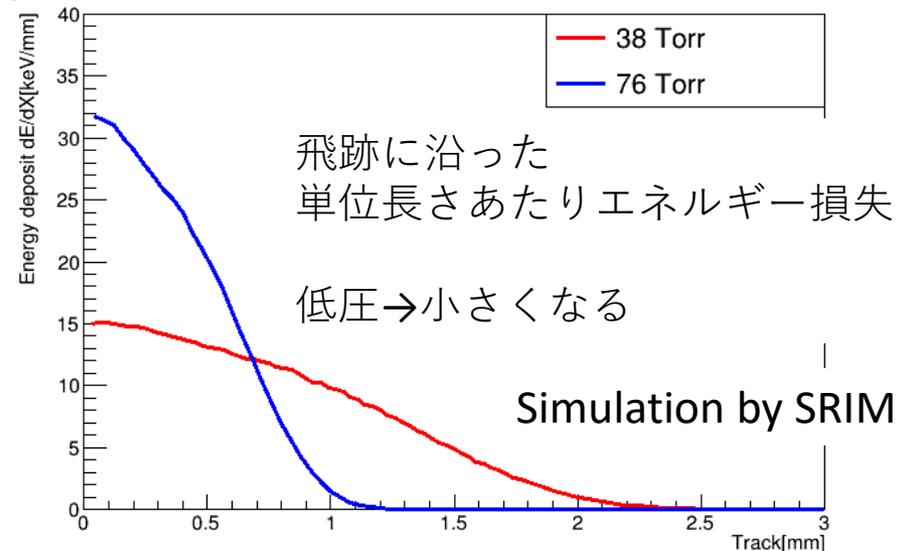
問題点と対策

- dE/dX が小さくなる
 - 低圧下でも十分なガスゲインが必要
- 低エネルギー側BG
 - 主として環境ガンマ線
 - 遮蔽、解析手法改善

Recoil energy vs Track length(Fluorine ion) by SRIM



dE/dX Energy deposit along track(50 keV Fluorine ion)



従来より低圧で試験Runを行った

➤ NEWAGE-0.3b''

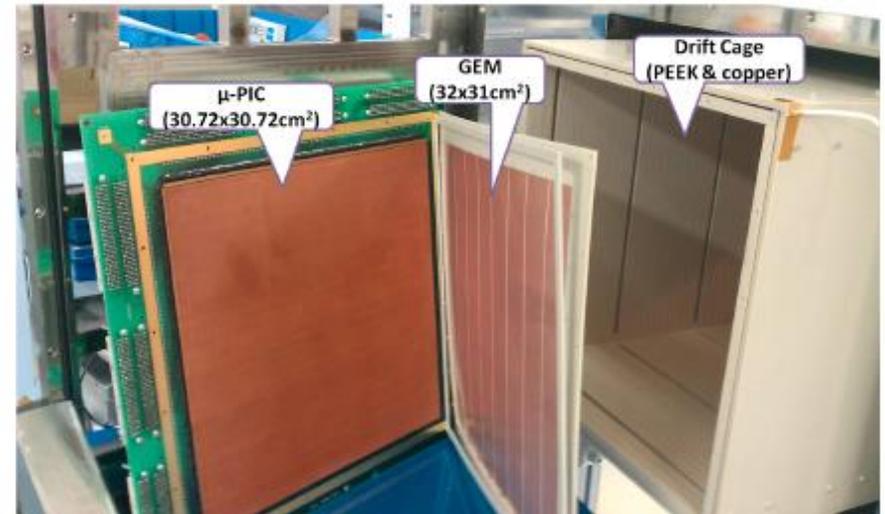
- CF4 60 Torr (従来76 Torr)
- mass: 8.1 g

➤ 使用したデータ

- DM run
 - 2020/06/16 – 7/6
 - exposure: 0.11 kg days
- Source run
 - 252Cf 中性子線源(検出効率calibration用)

➤ 本研究の目的

- 飛跡の取得および伸長確認
- 低エネルギー側BG(特に環境ガンマ)の確認、理解へ



Pilot Run – 検出器動作確認

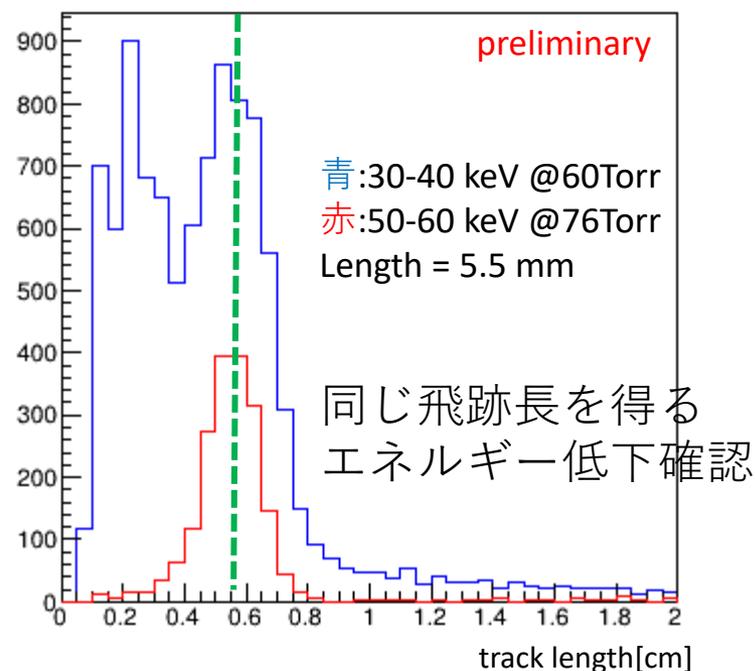
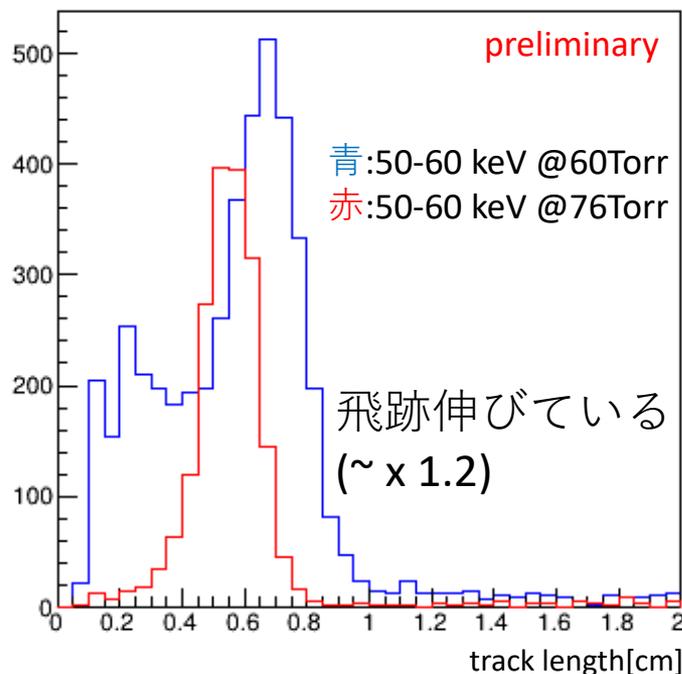
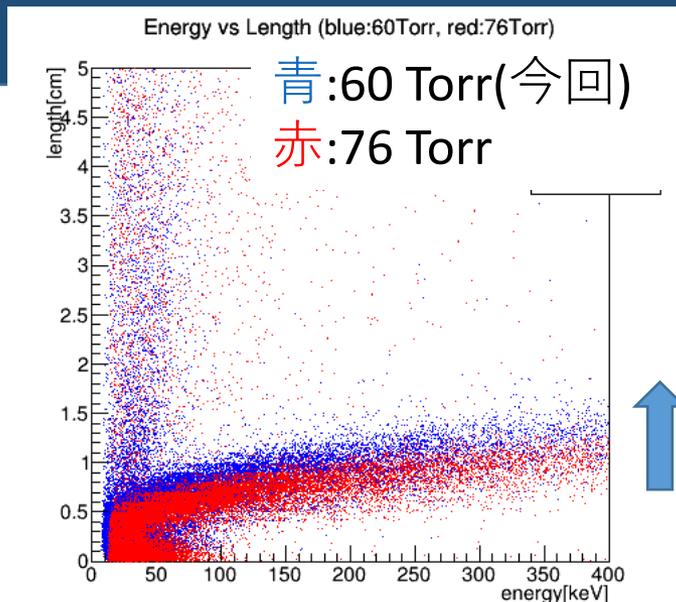
6

➤ 252Cf 中性子線源照射時

原子核反跳飛跡の伸びを確認(右図)

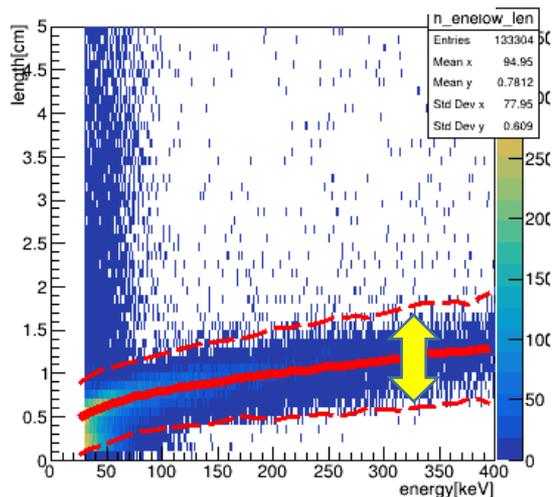
➤ 同一エネルギー (下左)/同一飛跡長(下右) 比較

エネルギー閾値 30 keVが実現可能

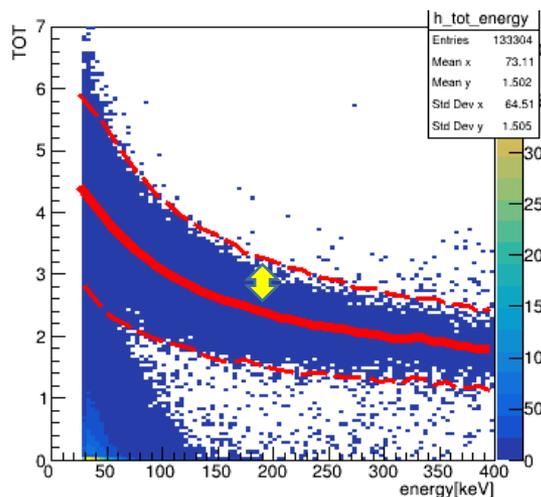


- 252Cf runから 原子核反跳イベント 3sigmaの領域定義→カット条件
- カット後のエネルギースペクトルおよびシミュレーションから検出効率 (efficiency)を評価

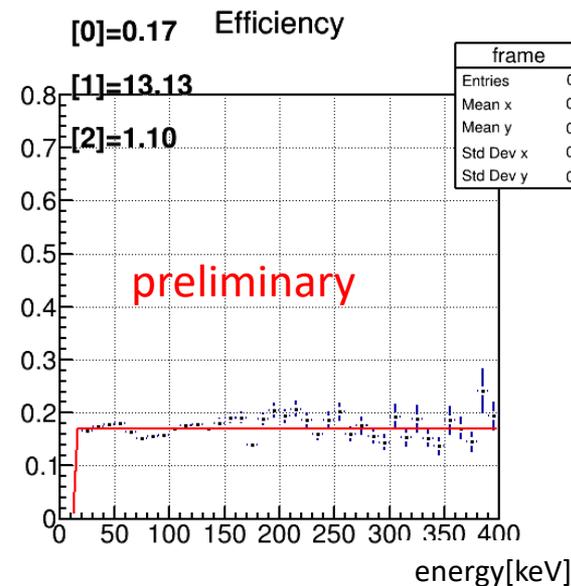
energy length cut
エネルギーと飛程



energy-tot cut
エネルギーとTOT/energy



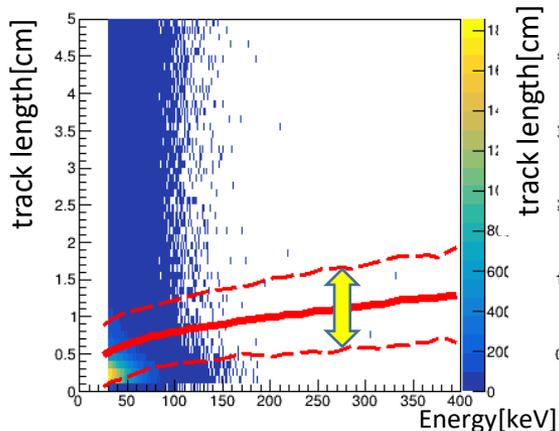
原子核反跳 検出効率 (efficiency)



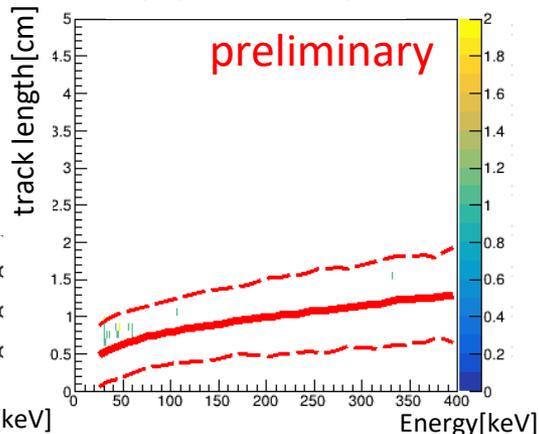
TOT- Time over threshold : dE/dX に関する量

- DM run (p.5 , 2020/06/16 – 7/6 測定)について解析
- ^{252}Cf 中性子線源 run を用いて決定したカットパラメータでカット

Energy length (カット前)



最終カット後

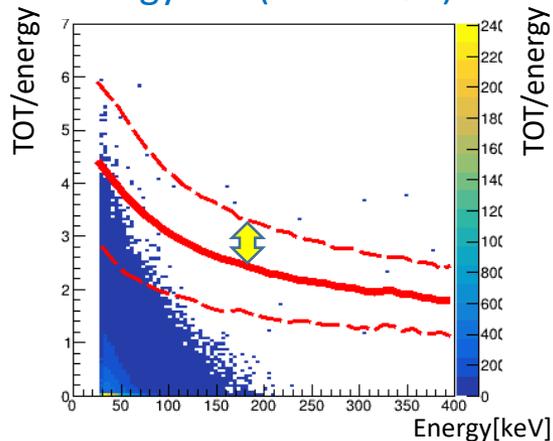


カット手順

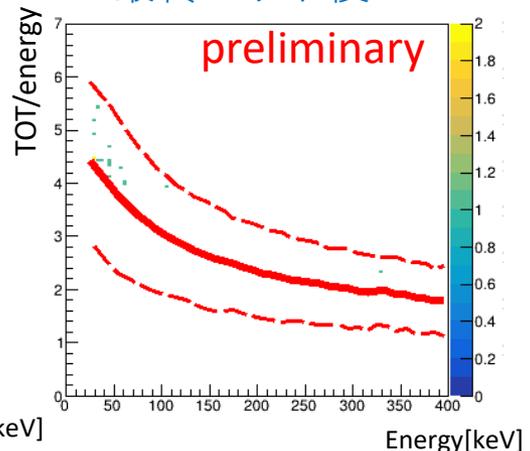
1. Fiducial cut
2. Energy Length cut
3. Energy tot cut

50 keV bin以下にイベント多い
→環境ガンマ線と考えられる

Energy TOT(カット前)



最終カット後



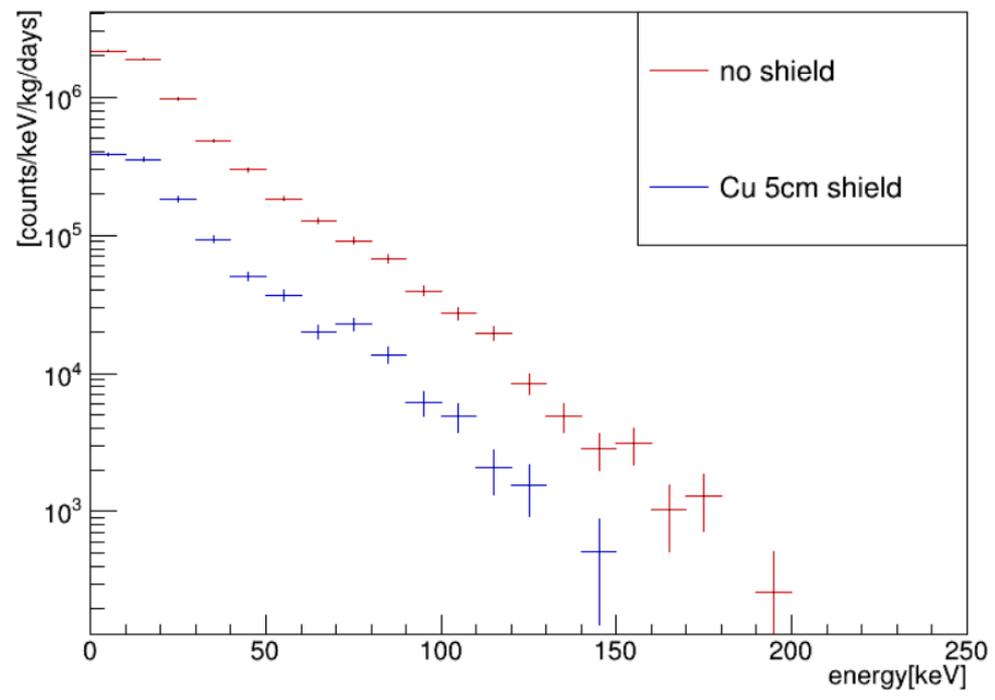
今後

低エネルギーBG理解、解析手法確立
性能評価、物理測定、長期RUNへ

➤ 銅シールド

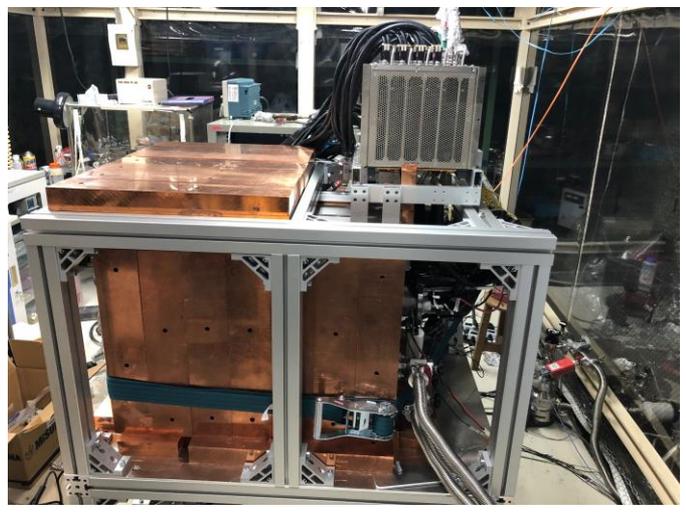
- 環境ガンマ 低減を期待
 - 銅(5cm厚) で遮蔽 検出器へ設置作業中
 - 1/6程度の低減を期待(右図)

環境ガンマ線由来イベント
シールド有無比較(Geant4 simulation)



➤ 設置完了次第、効果について評価

➤ 銅シールド設置作業風景



▶ NEWAGE

- ▶ 3次元飛跡検出器 μ -TPCを用いた方向に感度を持つ暗黒物質直接探索実験
- ▶ 低アルファuPICなどBG削減による感度向上を目指して行ってきた

▶ 低圧化による閾値低減

- ▶ 現行圧力(76 Torr)より低い60Torrでの試験run
 - 飛跡の伸びを確認
- ▶ 30 keVまでエネルギー閾値を下げられることを確認

▶ 低エネルギー側でのBG対策必要

- 銅シールドにより遮蔽、解析など
- 環境ガンマ線BG低減に向けた取り組みを行っていく

▶ 季節変動

- ▶ DM haloに対する地球の相対速度が季節で変動
(haloに対する太陽系の速度+公転速度)
- ▶ 速度：夏最大、冬最小 ($\pm 15\text{km/sec}$ ほど)
→ 計数率が季節変動

▶ 方向感度

- ▶ 太陽系：銀河系内を移動
→ 銀河に付随するDMに対して動く
→ 暗黒物質の風を受ける、原子核が前方散乱
- ▶ 散乱角度を捉え、到来方向を同定

