

第3回 宇宙素粒子若手の会
秋の研究会 2018年10月4日～6日

low- α μ -PICを用いた 表面アルファ線分析器の開発

伊藤博士
神戸大

自己紹介

いとう ひろし
伊藤博士

神戸大学 学術研究員

(2017年9月千葉大 学位取得)

やってること

- 方向感度暗黒物質探索
 - 極低放射能分析装置開発
 - レプトン普遍性破れ探索
- ← 今日これ
- ← あとでこれ

趣味

読書(小説、漫画も)、アニメ、
麻雀、将棋、ボドゲなど
最近サボテンを育て始めました

ホームページ

検索ワード“90Sr coffee”でヒットします

<http://www-ppl.s.chiba-u.jp/~hiroshi/>



NEWAGE Collaboration

目次

1. 背景
2. 表面 α 線分析器
3. 現状の開発状況
4. 今後の展望
5. まとめ

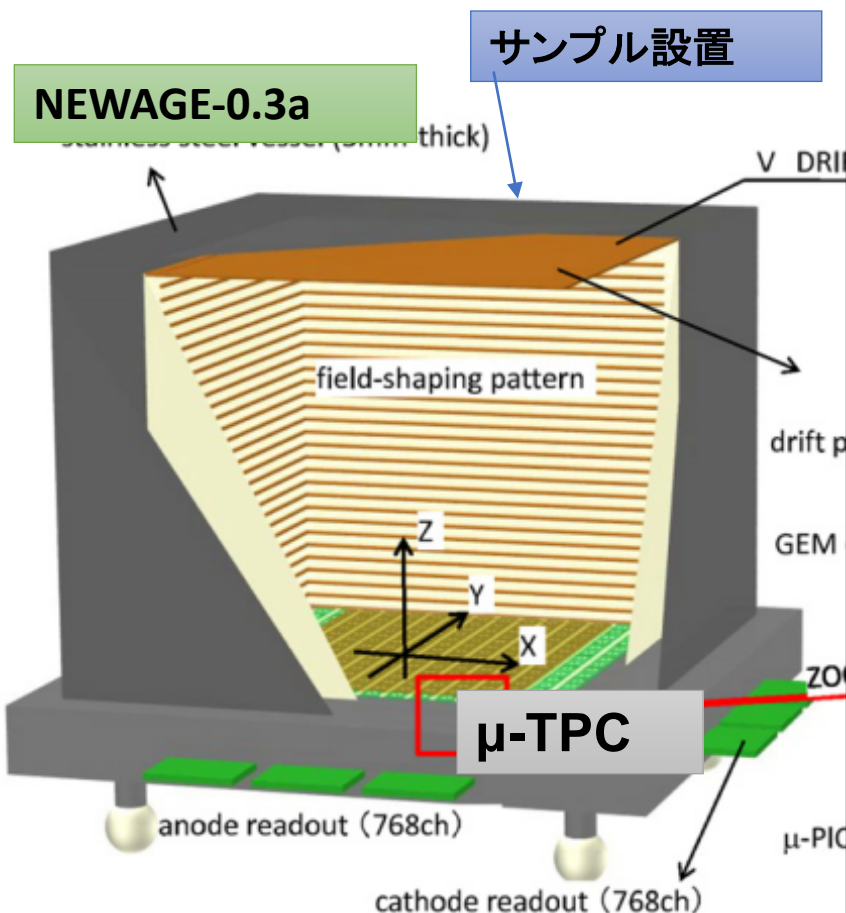
1. 背景

- 神岡地下におけるDark Matter/ $0\nu\beta\beta$ -decay探索研究は大質量・低放射能の検出器によってアプローチしている。
(XMASS, KamLand-Zen, **NEWAGE**, Candles, ...)
- 検出器部材選定のために、神岡地下実験のグループの枠を超えて放射能分析装置開発を進めている。
(結晶内部不純物、**表面 α 線**、ラドン薄膜透過)
- NEWAGE-0.3a検出器を改造して材質表面から放射される α 線(表面 α 線)を測定し、材質内U/Th放射能濃度を評価する。

1. 背景

- 神岡地下におけるDark Matter/ $0\nu\beta\beta$ -decay探索研究は大質量・低放射能の検出器によってアプローチしている。
(XMASS, KamLand-Zen, **NEWAGE**, Candles, ...)
- 検出器部材選定のために、神岡地下実験のグループの枠を超えて放射能分析装置開発を進めている。
(結晶内部不純物、**表面 α 線**、ラドン薄膜透過)
- NEWAGE-0.3a検出器を改造して材質表面から放射される α 線(表面 α 線)を測定し、材質内U/Th放射能濃度を評価する。

2. 表面 α 線分析器



Fid. Vol. = 20 x 28 x 31 cm³
CF₄ gas 150 torr (0.2 atm)
Eff. mass = 0.0115 kg

目的

- 試料表面から放射される α 線を測定して不純物濃度を評価する。

μ -TPCを用いる利点

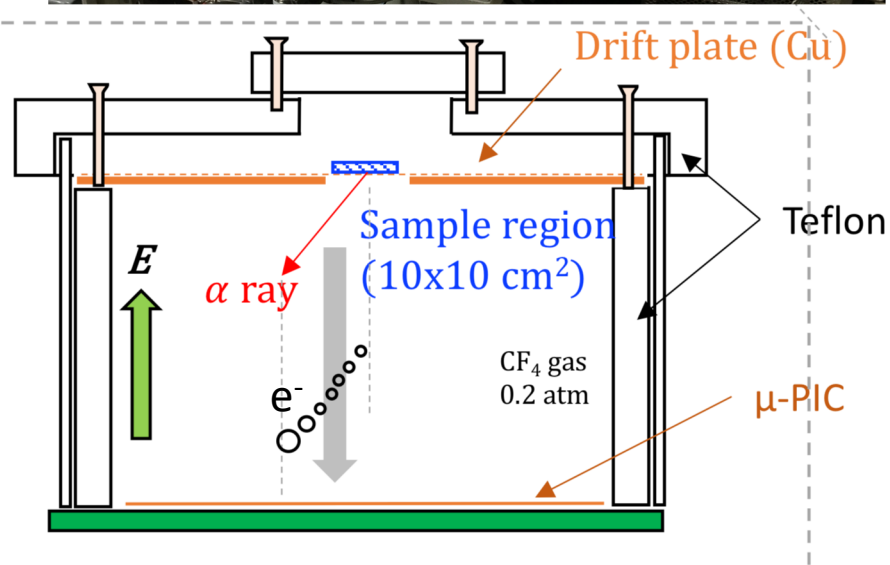
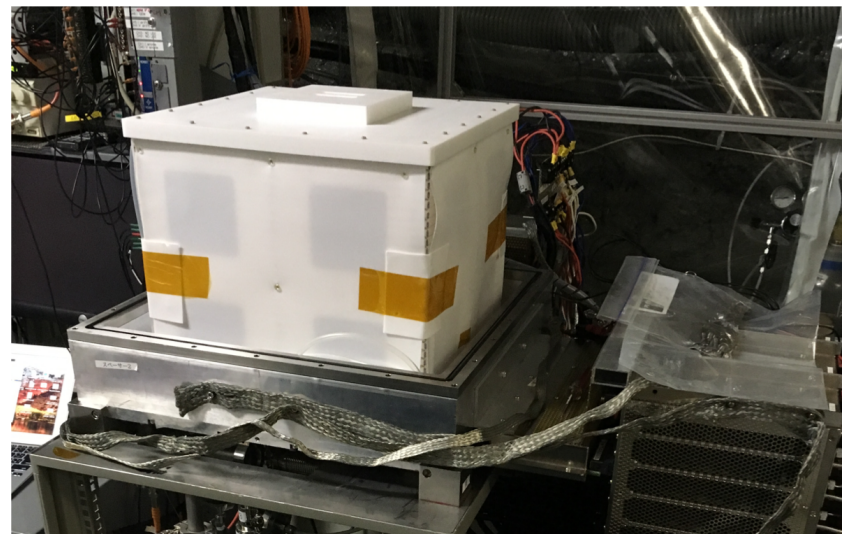
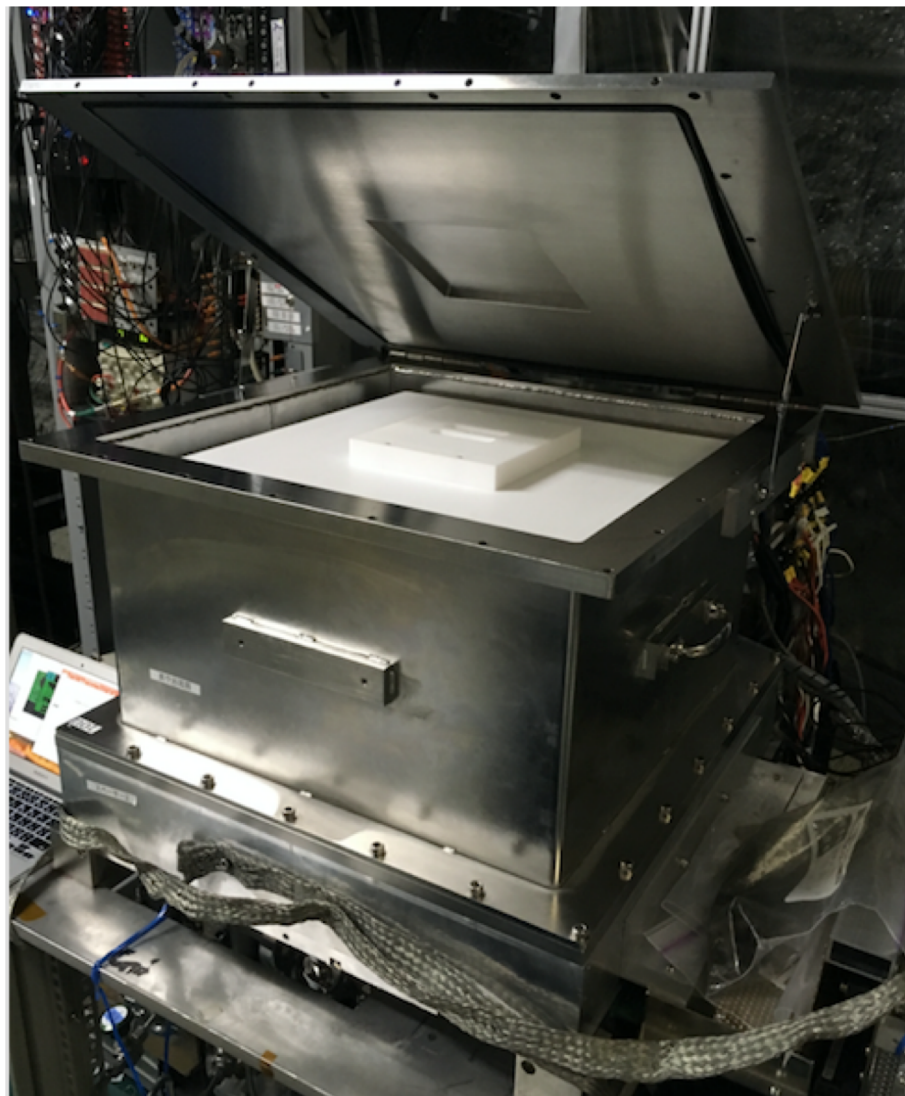
- 低圧ガスで α 線飛跡取得
- 試料の α 線汚染分布取得可

これまでの開発状況

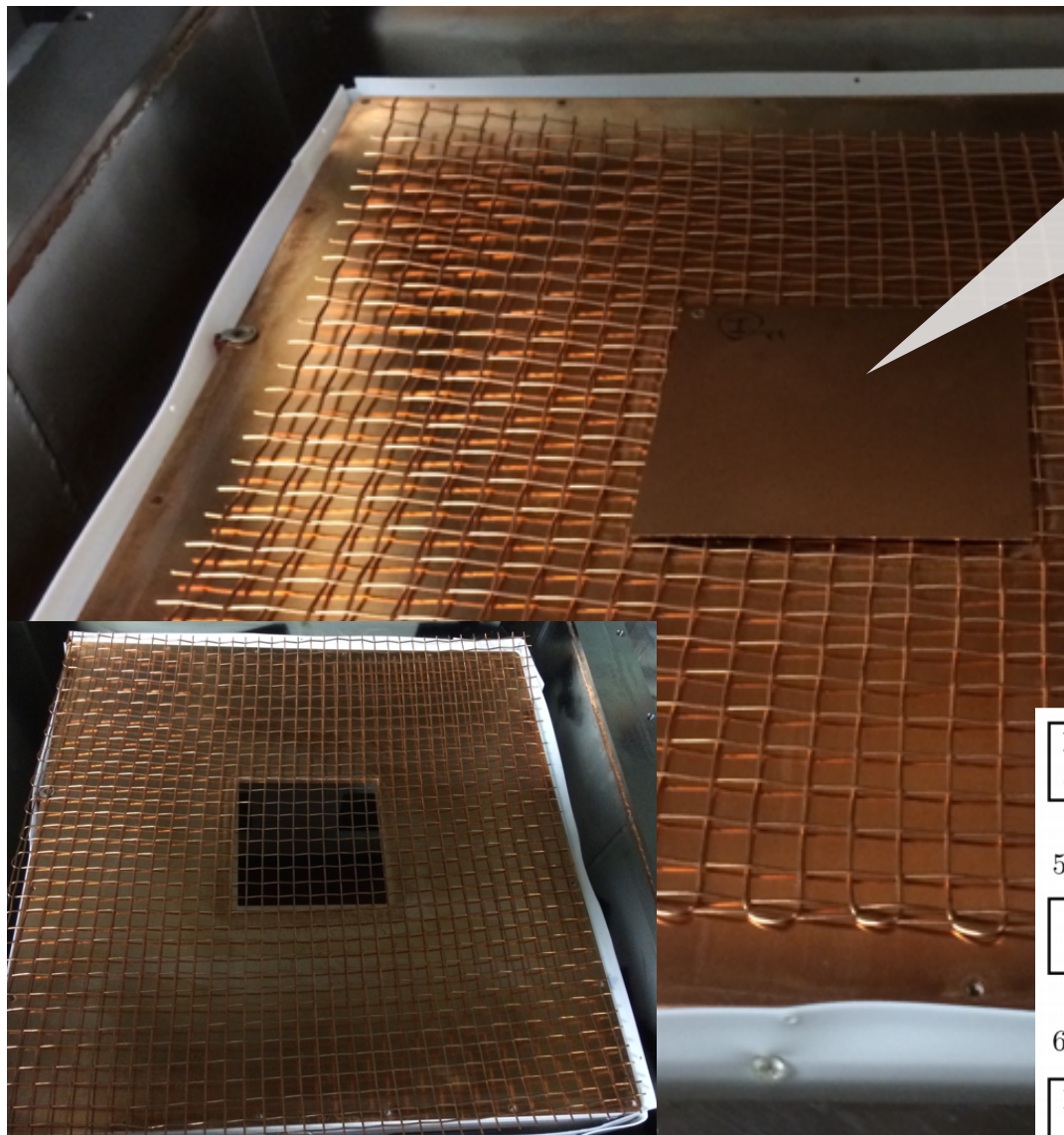
- NEWAGE-0.3aを改造
- ドリフト面中央に α 通過用窓設置
- サンプル交換用に容器改良
- 目標: Ultralo-1800, 10^{-4} α s/cm²/hr
(²³⁸U 10^{-2} ppm level)

2. 表面 α 線分析器

@神岡Lab-A

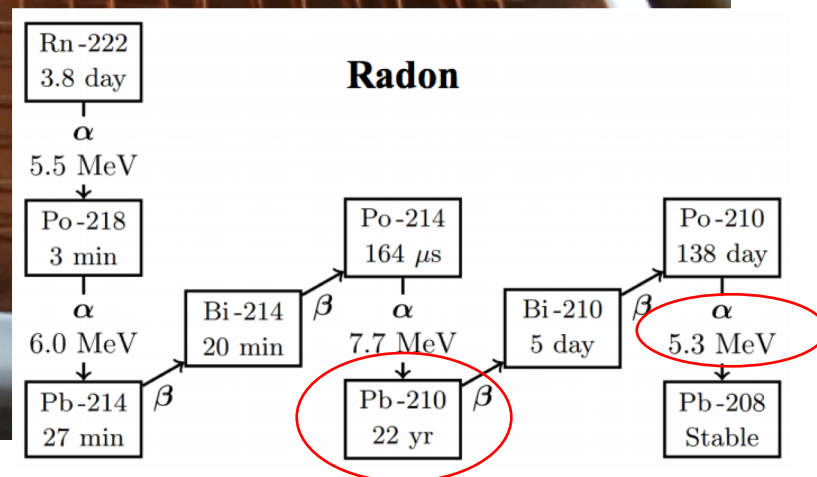


2. 表面 α 線分析器



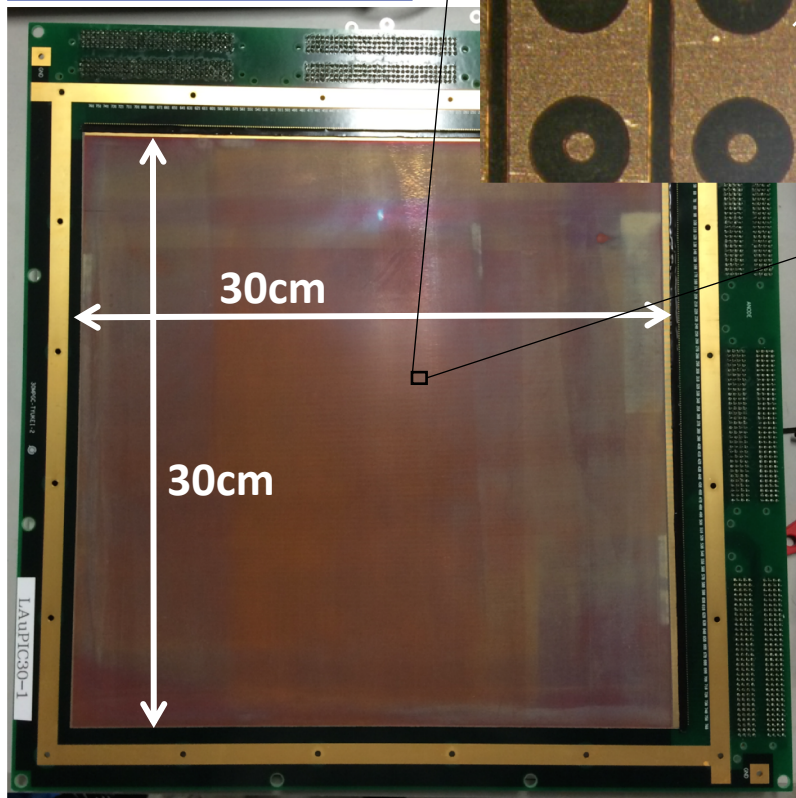
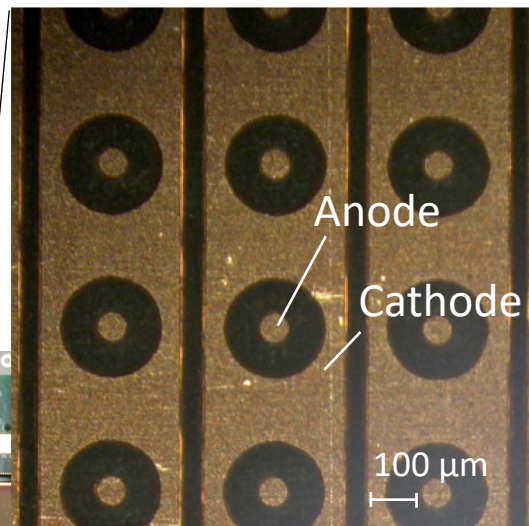
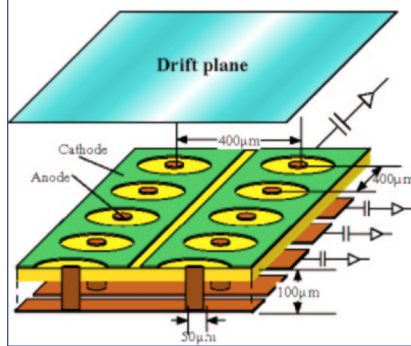
Pb-210 ソース銅板

- サイズ: $10 \times 10 \times 0.1 \text{ cm}^3$
- 5.3 MeV alpha emit from ^{210}Po
- 1.5 alpha/sec
calibrated by ultralo-1800



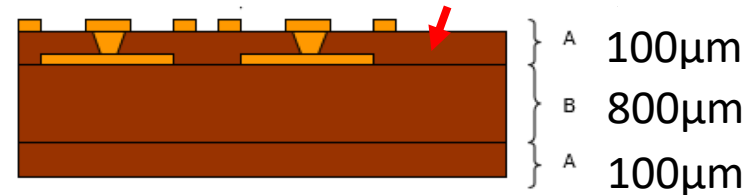
2. 表面α線分析器 low-alpha μ-PIC

μ-PIC : Micro Pixel Chamber



Replace with low radioactive materials

これがTh・Uを持ってる



New material

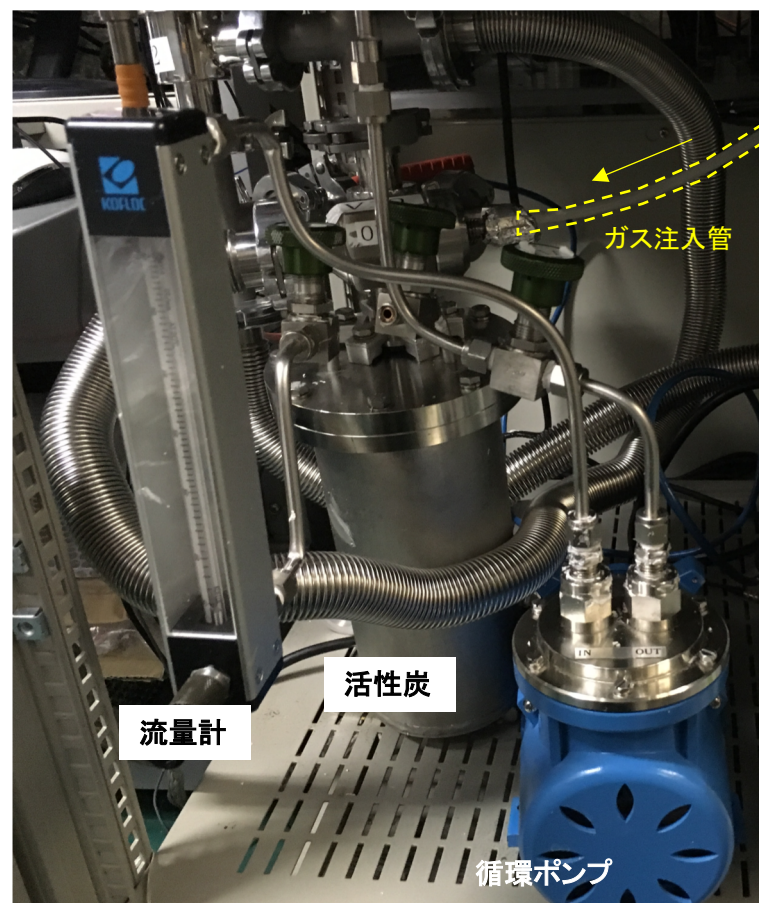
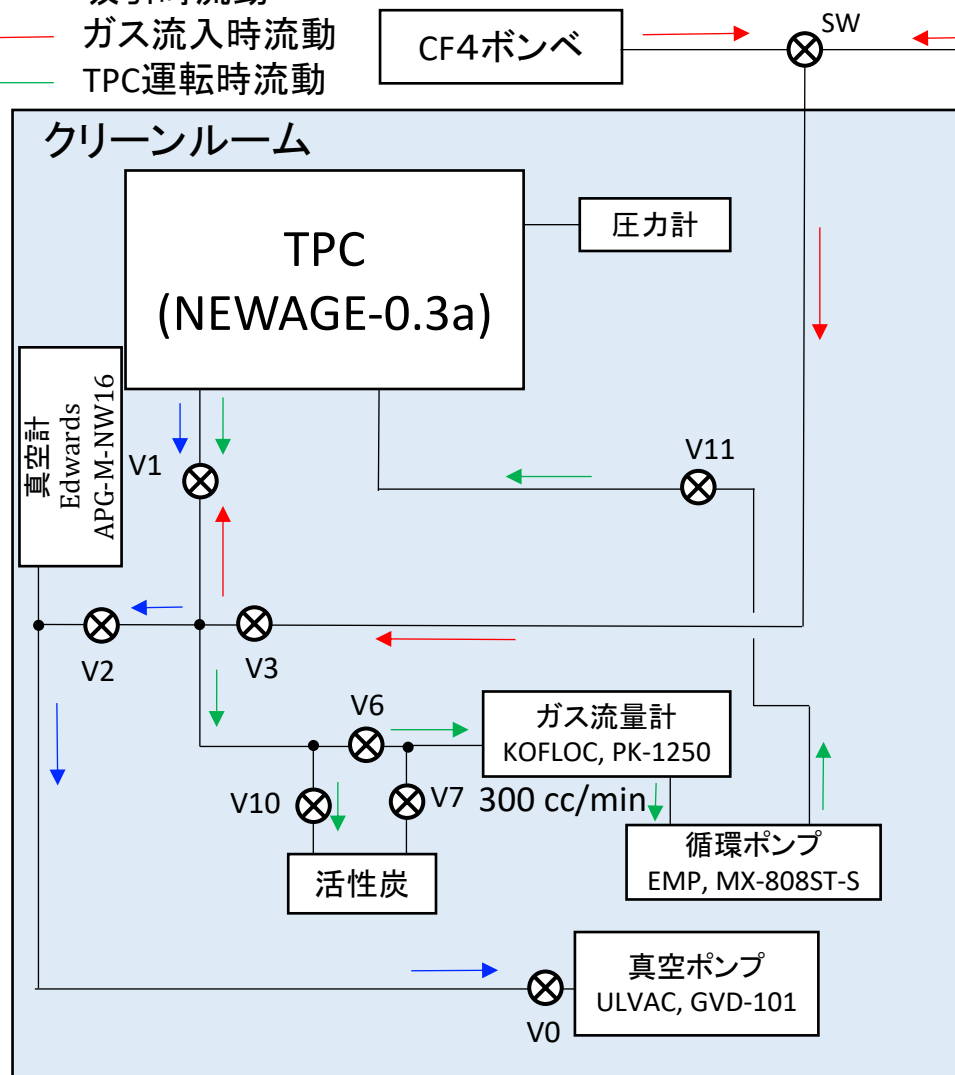


AIP Conf. Proc. 1921, 070001 (2018);

Sample	^{238}U [ppm]	^{232}Th [ppm]
PI100μm (conventional)	0.39 ± 0.01	1.81 ± 0.04
PI+epoxy (new)	$< 2.98 \times 10^{-3}$	$< 6.77 \times 10^{-3}$

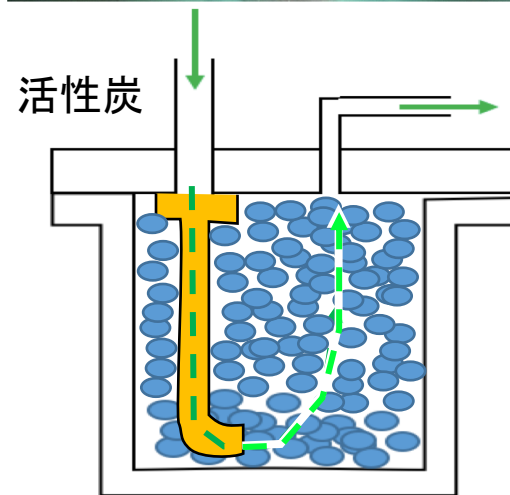
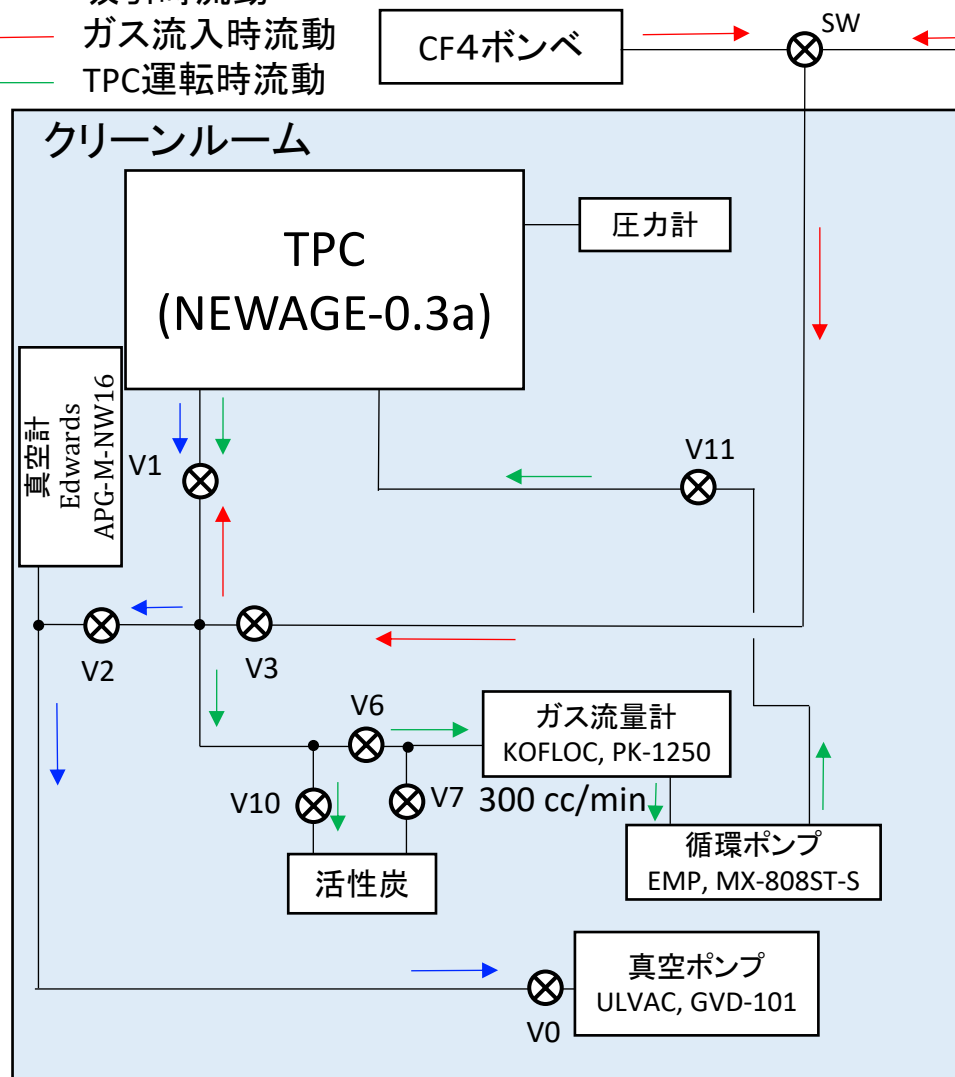
3. 現在の開発状況 ガス循環システムの改良

- ← 吸引時流動
- ← ガス流入時流動
- ← TPC運転時流動



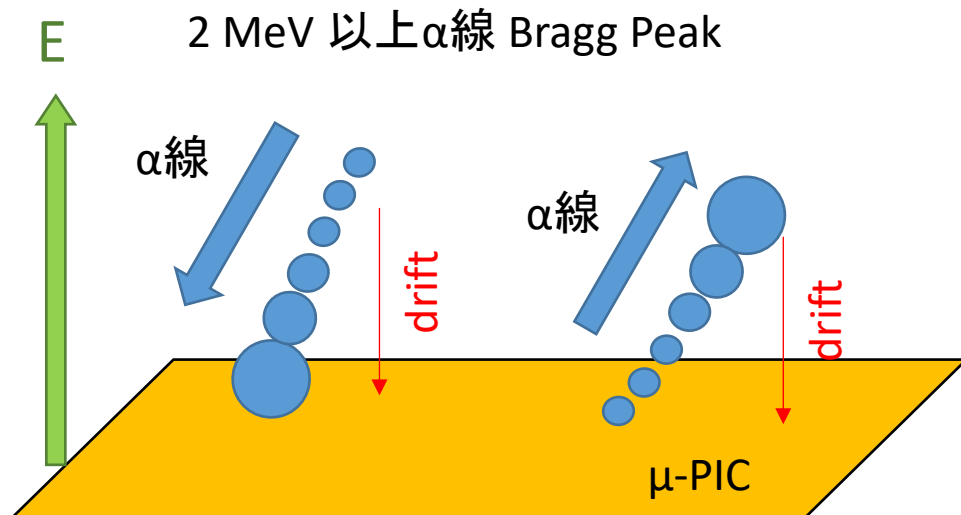
3. 現在の開発状況 ガス循環システムの改良

- ← 吸引時流動
- ← ガス流入時流動
- ← TPC運転時流動

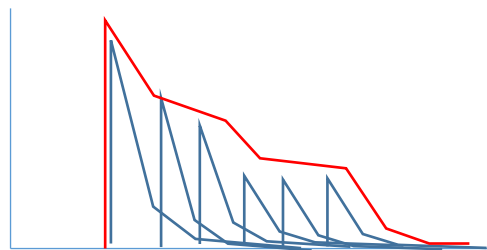


4. アルファ線飛跡解析

波形解析で飛跡の上方向らしさを決定

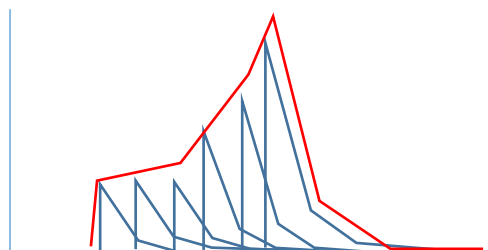


Downward

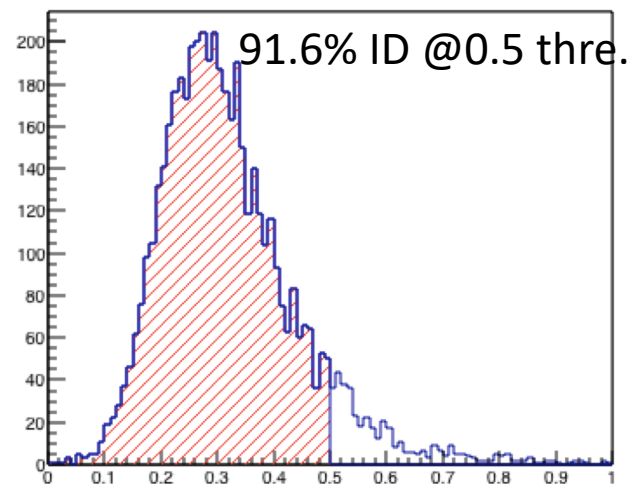
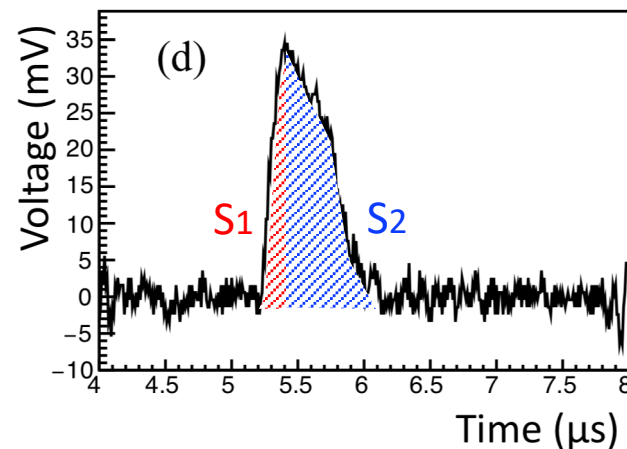


time

Upward



time

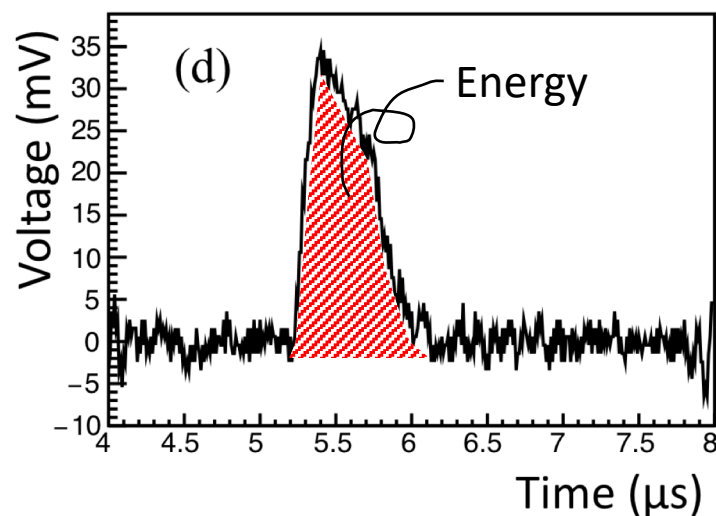
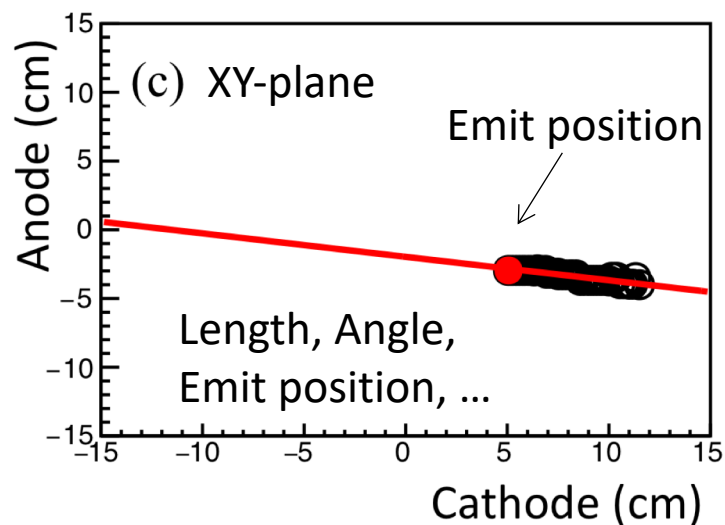
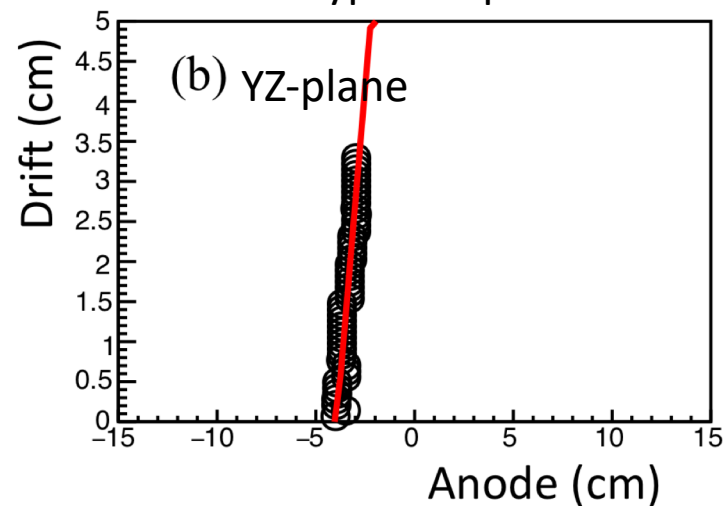
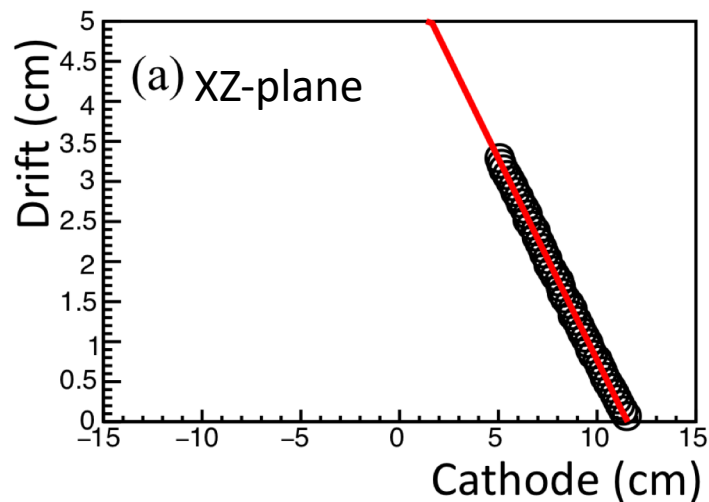


Upwardlike: $F = S1 / (S1 + S2)$

4. アルファ線飛跡解析

事象再構成

Typical alpha event

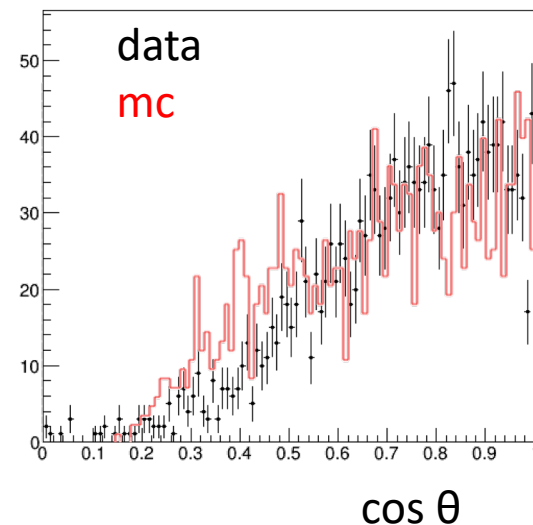
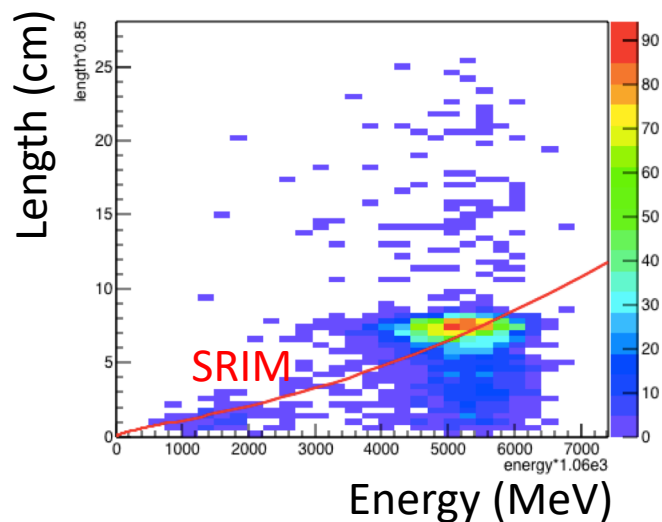
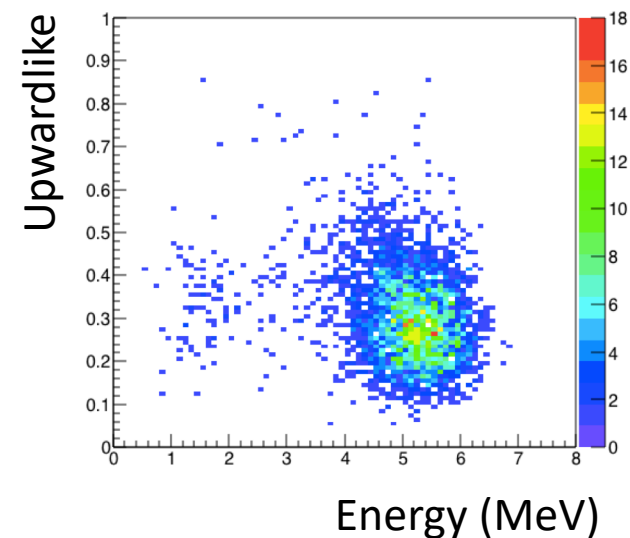
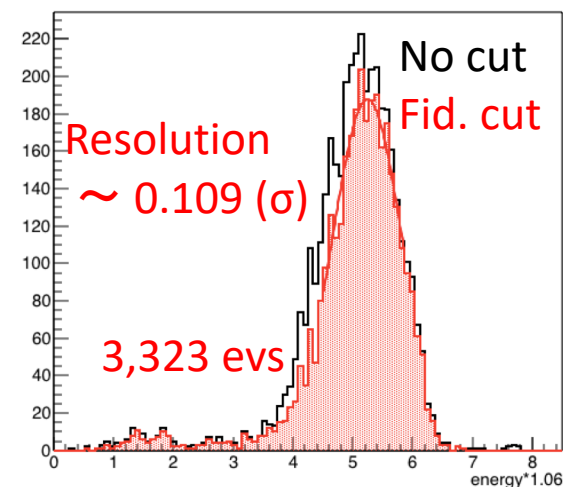
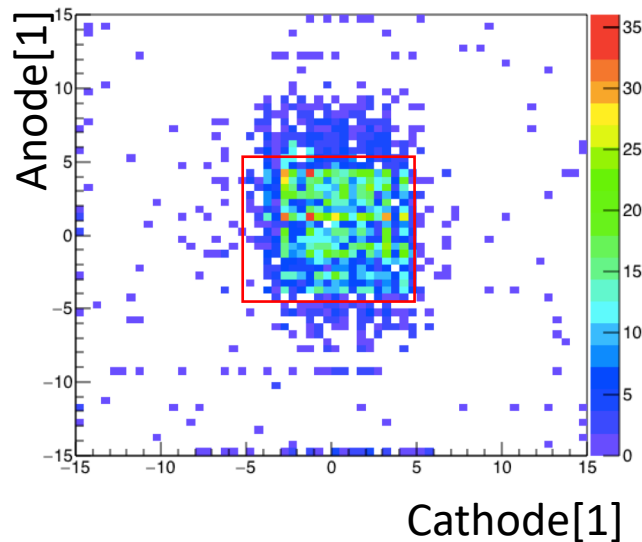
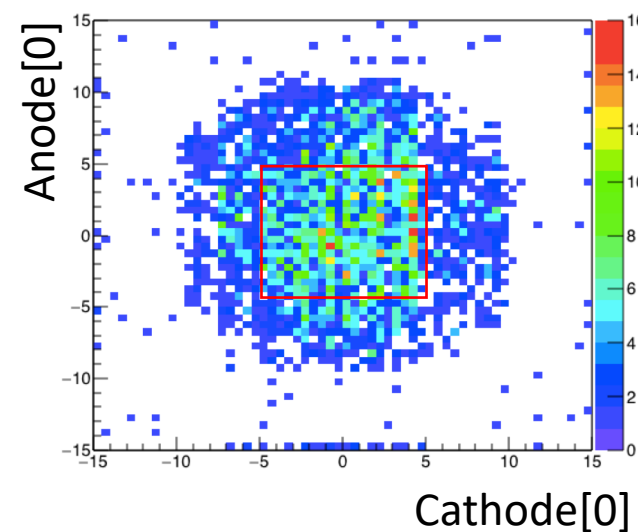


4. アルファ線飛跡解析 Alpha rayソース

飛跡最下点

飛跡最上点

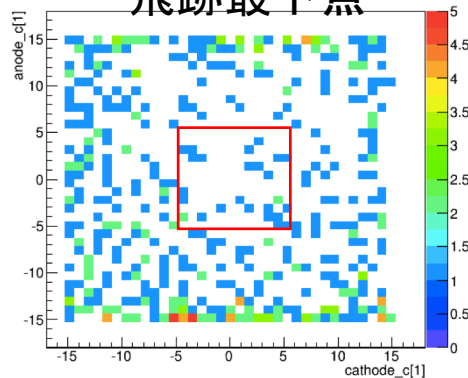
Cal fac = 4.4 MeV/nC



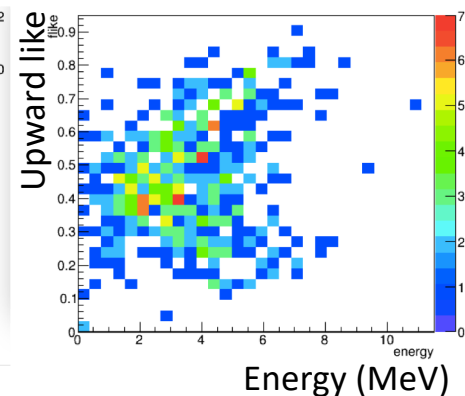
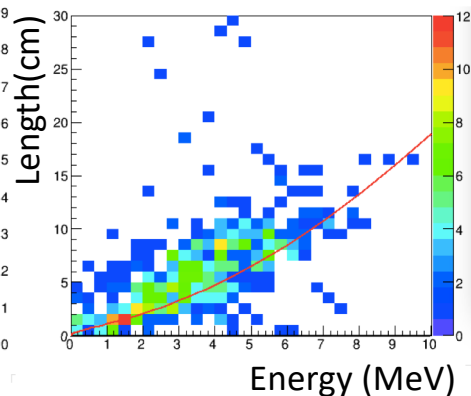
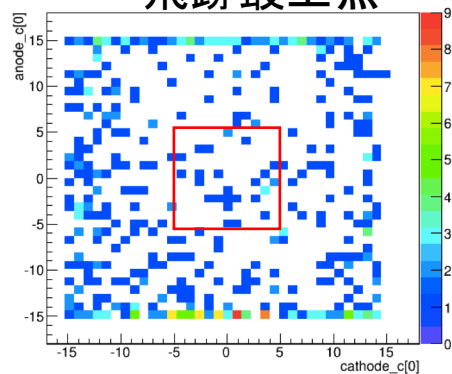
4. アルファ線飛跡解析

BG run (活性炭なし)

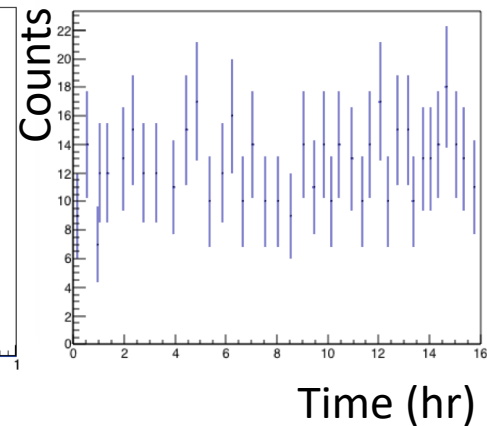
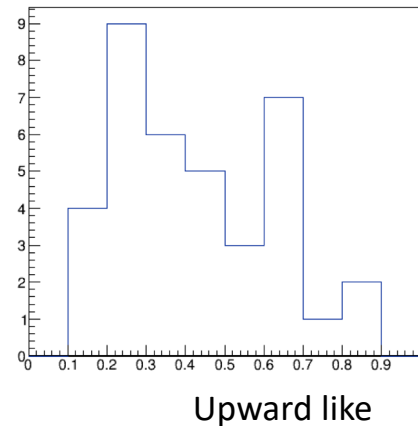
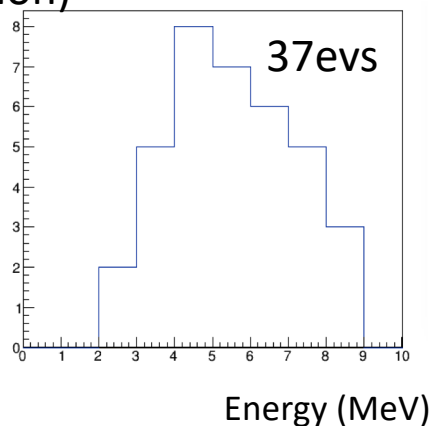
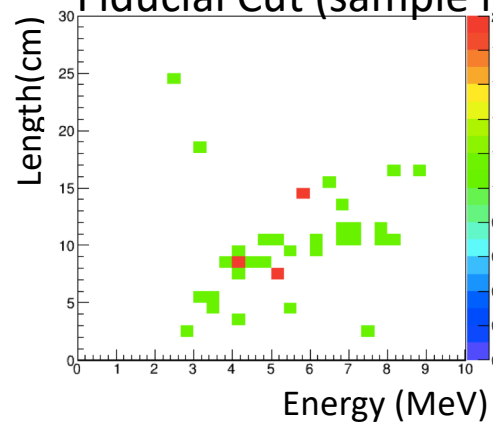
飛跡最下点



飛跡最上点



Fiducial Cut (sample region)



2018/9/27/15:53:24 – 2018/9/28/8:09:21
(start time:1538031208)

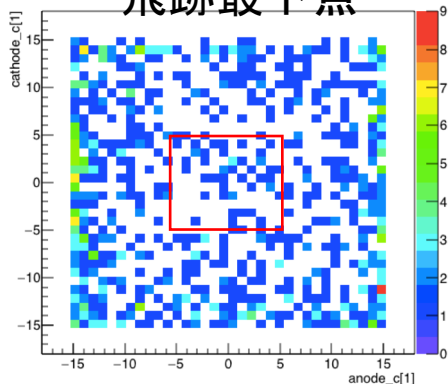
活性炭なし
循環300cc/min
測定時間 16 hr
Live/Real = 0.9996
サンプルなし

0.105 (17) a/hr/cm²

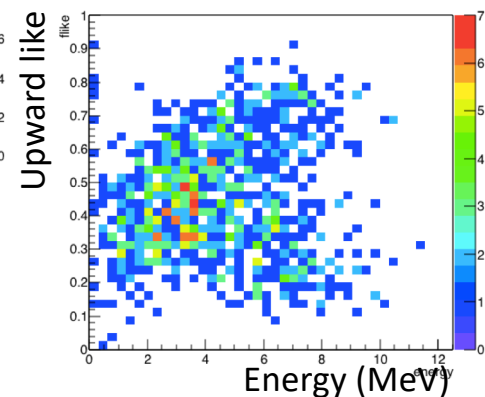
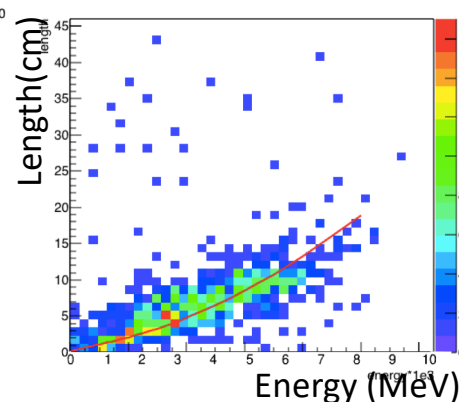
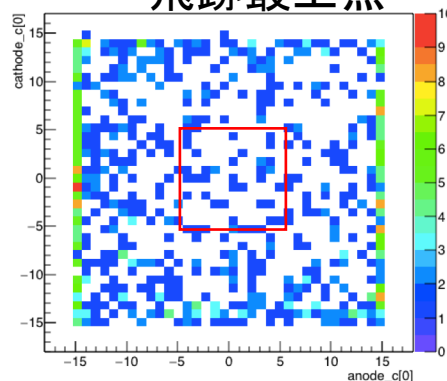
4. アルファ線飛跡解析

BG run (活性炭あり)

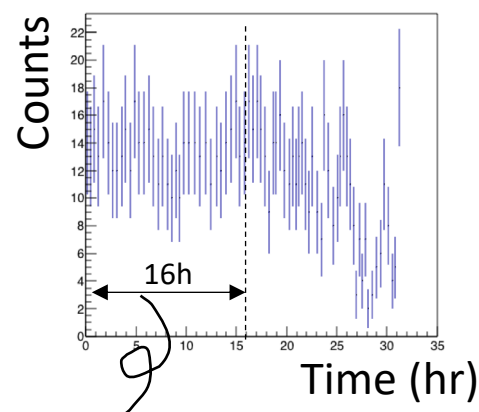
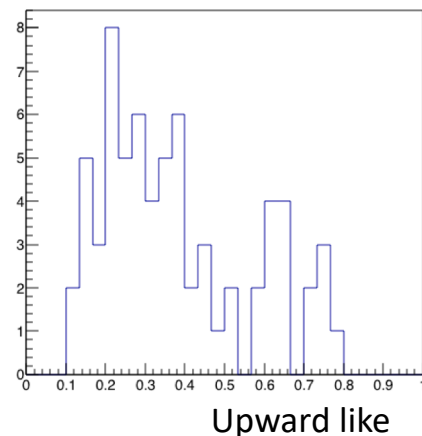
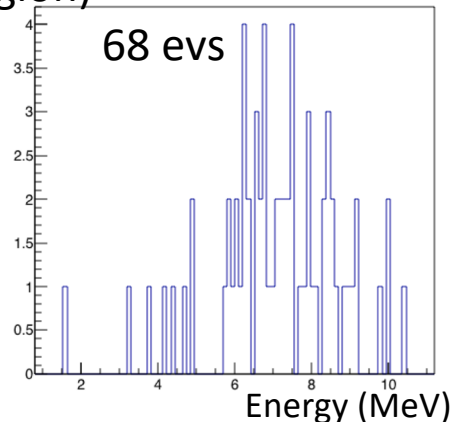
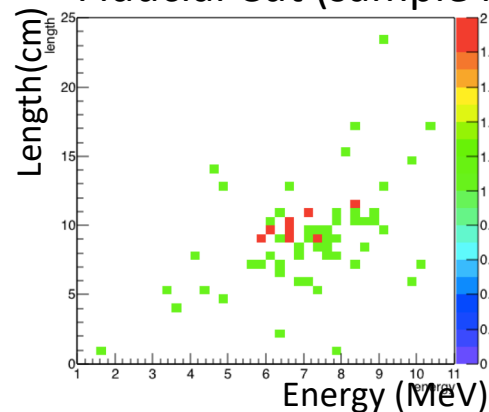
飛跡最下点



飛跡最上点



Fiducial Cut (sample region)



0.088 (16) a/hr/cm²

2018/9/28/ 15:30:11– 2018/9/29/22:44:25
(start time:1538116215)

活性炭あり
循環300cc/min
測定時間 31.2 hr
Live/Real = 0.9997
サンプルなし

- ・活性炭ありなしではrateは変化なし
- ・トロン(Rn-220)が支配的か
- ・BG runはどちらも下向きが多いぞ
- ・ドリフトプレートが静電捕集で汚れてる？

2018/10/05

4. 今後の展望

- BG level 10^{-4} as/hr/cm²へ改善を目標
- 長期測定しなきゃ
配管漏れの補修
- 内部発生ラドン・トロンの抑制しよう
冷却活性炭の実装とか
- 放射能不純物の少ない部材を使用
Exp) アキレスビニラス材, PEEK材, または内部措置部材の洗浄とか

5. まとめ

- 表面alpha分析器は暗黒物質・二重 β 崩壊探索のための検出器部材サンプルのalpha線放射不純物を測定するために開発している。
- 5.3MeV α 線を用いてエネルギー較正した。
 - 分解能 $\sim 11\%(\sigma)$ と評価した。
 - Upwardlikeを波形解析で決定し、ソース由来アルファ線を91%下向きを同定。
- BG run
 - トロン(Rn-220)が支配的か
 - BG level = 0.088 (16) alpha/hr/cm²
 - 活性炭では今のBGを殺しきれていない