

低放射能 μ -PIC の開発

身内賢太郎(神戸大)

ほとんどの測定:橋本隆(神戸大)

1. イントロ
2. low α μ -PIC性能評価
3. 地下装置への組み込み
4. まとめ

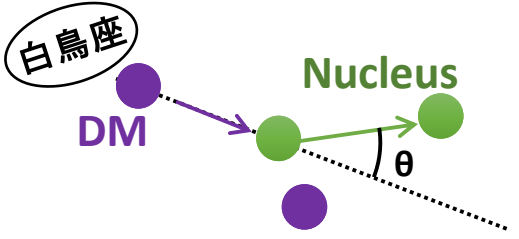
1 イントロ

NEWAGE概要

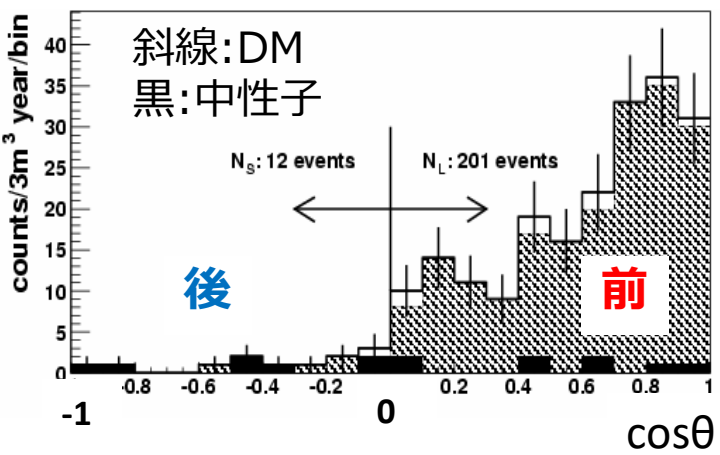
(NEw generation WIMP search with an Advanced Gaseous tracker Experiment)

- 神戸大学主導の**方向に感度を持つ**暗黒物質直接探索実験
- 到来方向異方性の観測を目指す
- ガス検出器「マイクロTPC」を用いる

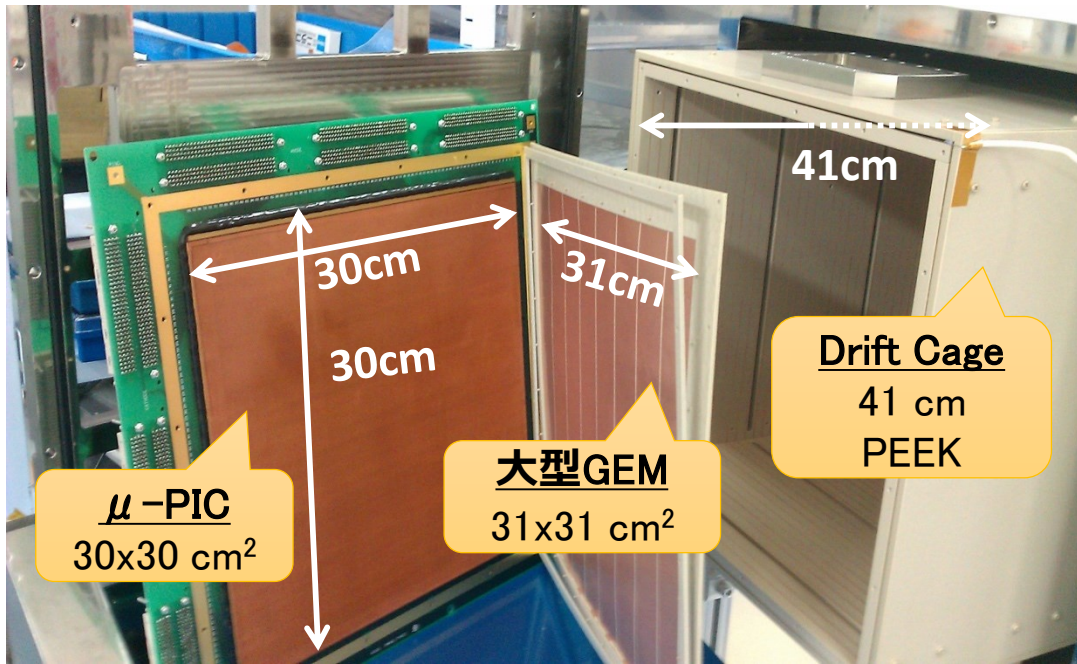
- 検出領域
30×30×41 cm³
- ガス
CF₄(0.1気圧)



期待される到来方向異方性(数倍)

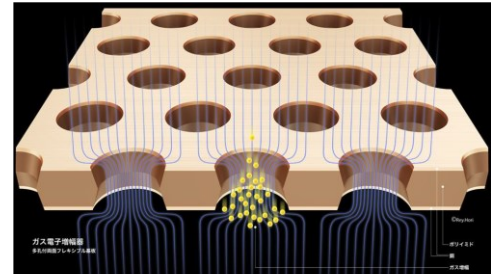
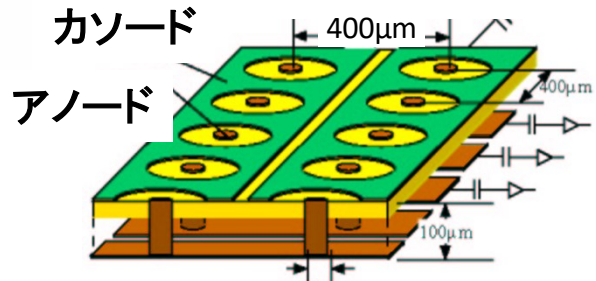


Physics Letters B 578 (2004) 241–246



μ -PIC : アノードピクセルの間隔400 μ m (ガス利得 $\sim 10^3$)

GEM : 中間増幅器 (ガス利得 ~ 10)

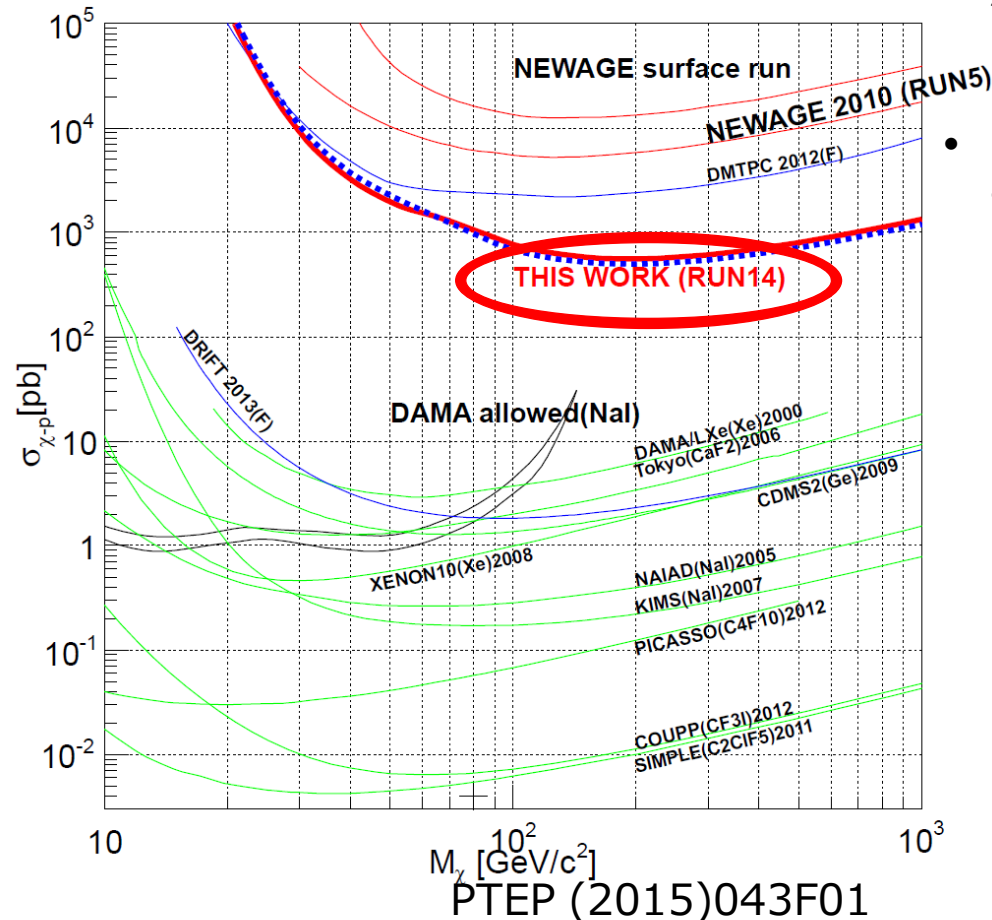


NEWAGEの課題

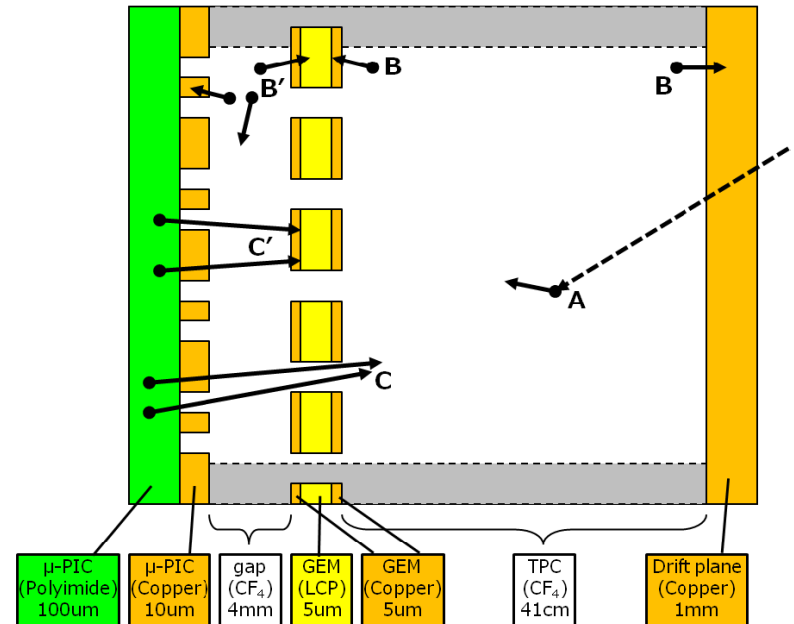
RUN14の条件

- period : 2013/7/20~8/11, 10/19~11/12
 - live time : 31.6 days
 - fiducial volume : $28 \times 24 \times 41 \text{ cm}^3$
 - mass : 10.36 g
 - exposure : 0.327 kg · days
- SD 90% C.L. upper limits and allowed region

- 方向感度では世界最良 : $557 \text{ pb} @ 200 \text{ GeV}$
- 従来型の暗黒物質直接探索実験の感度には届いていない



- 主なBG : μ -PICからの α 線 (下図 C, C')
 \rightarrow α 線放射の少ない(low- α) μ -PICの製作
B02としての取り組み



2 low α μ -PIC性能評価

low α μ-PIC製作：計画通り実行

橋本+DNP

2015年度 10cm角製作

2016年度 30cm角製作

2017年度 30cm角試験

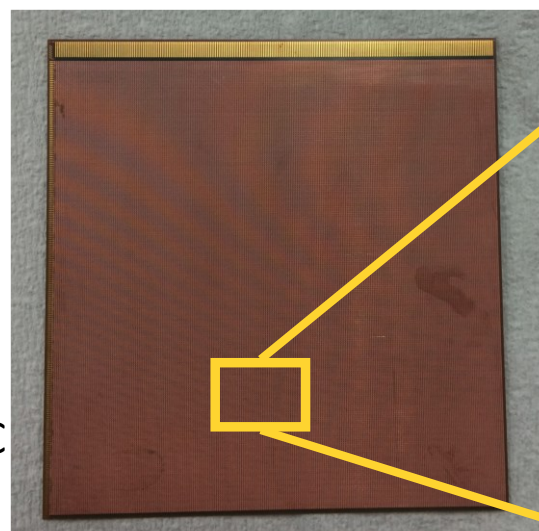
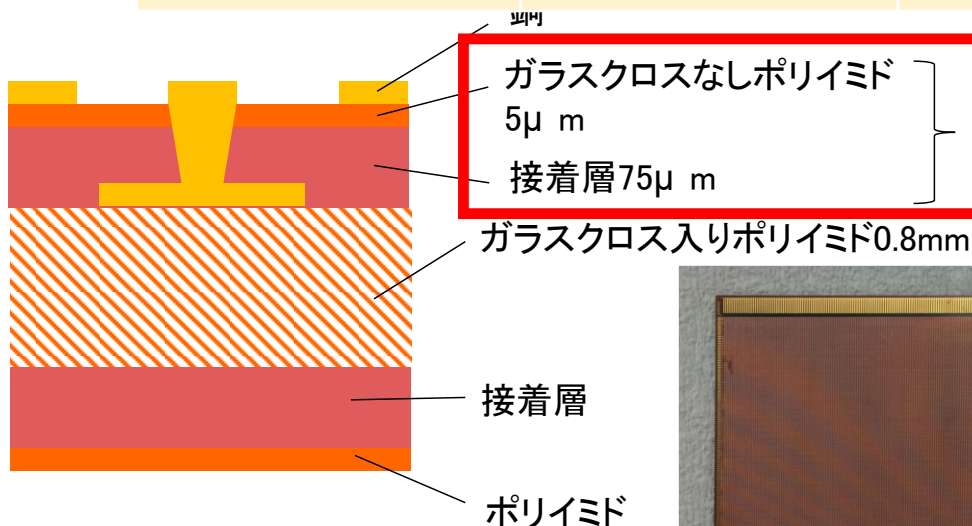
10cm角試験

地下装置へ組み込み

← NEW

- ガラス強化されたPI100um部分を新材料に取り替えた

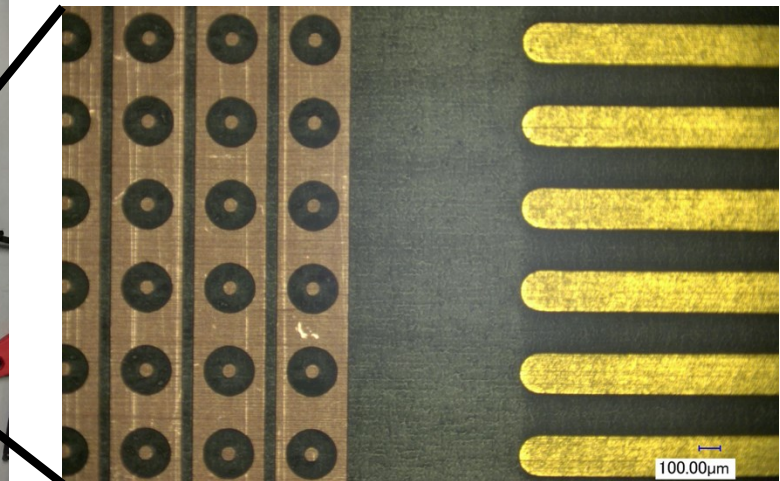
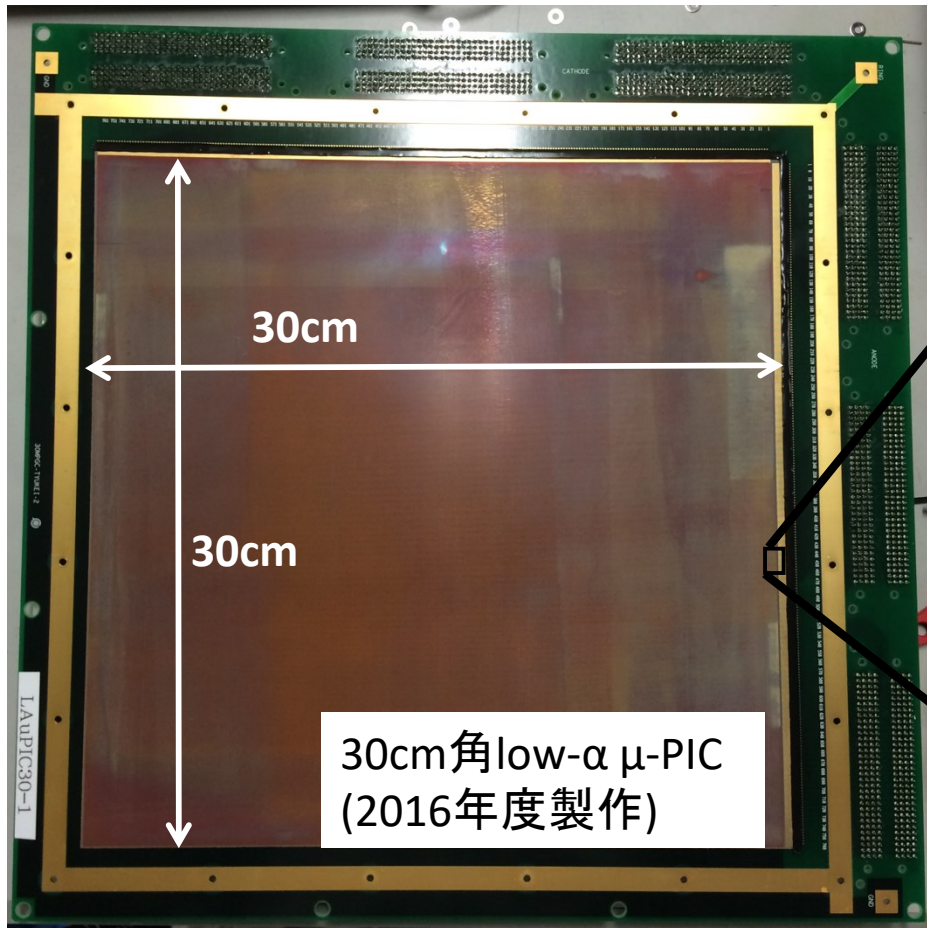
測定試料	²³⁸ U[ppm]	²³² Th[ppm]	備考
PI100 μ m	0.39±0.01	1.81±0.04	以前のμ-PIC材料
PI+エポキシ	< 2.98×10⁻³	< 6.77×10⁻³	新材料



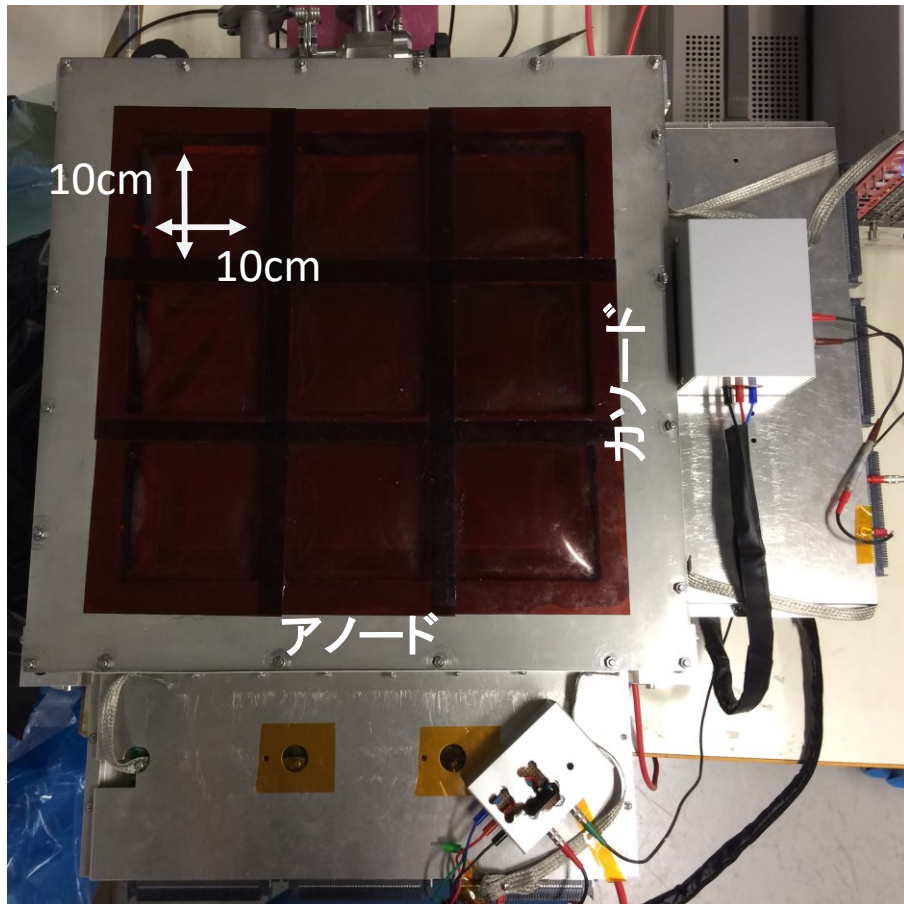
10cm角low-α μ-PIC
(2015年度製作)

30cm角Low α μ -PIC製作

- 30cm角のLow α μ -PIC実機を製作
 - 材料変更による膨張率の違いなどでのアライメント悪化が危惧された。→ アノード電極の位置精度の悪化はなく、むしろ良くなった
many thanks to DNP
 - 検出器左上、右上、左下、右下、中央の5ヶ所で位置ズレを測定、
すべての部位でズレの大きさ 1 μ m以下 OK



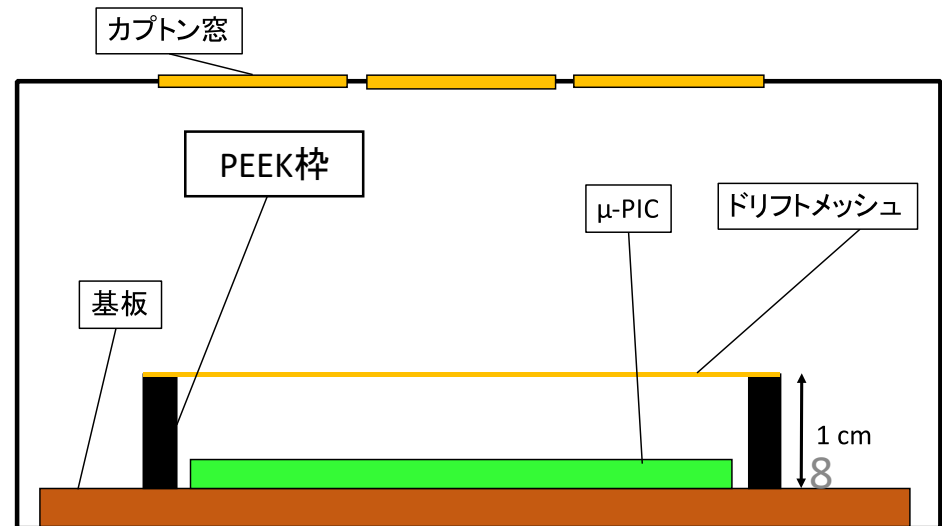
30cm角Low α μ -PIC実機試験



- 10cm角のカプトン窓 × 9
- Ar:C₂H₆をガスフローで試験
- アノードカソード両方から読み出し
 - アノード：プリアンプ(CS515-1):
 - 増幅率: - 0.7 V/pC
 - 立ち上がり時間: 7ns
 - 立ち下がり時間: 10 μ s
 - カソード：プリアンプ+シェーパー (CR110 + LF356N)
 - 増幅率: 8.8 V/pC
 - 立ち上がり時間: 2 μ s
 - 立ち下がり時間: 2 μ s

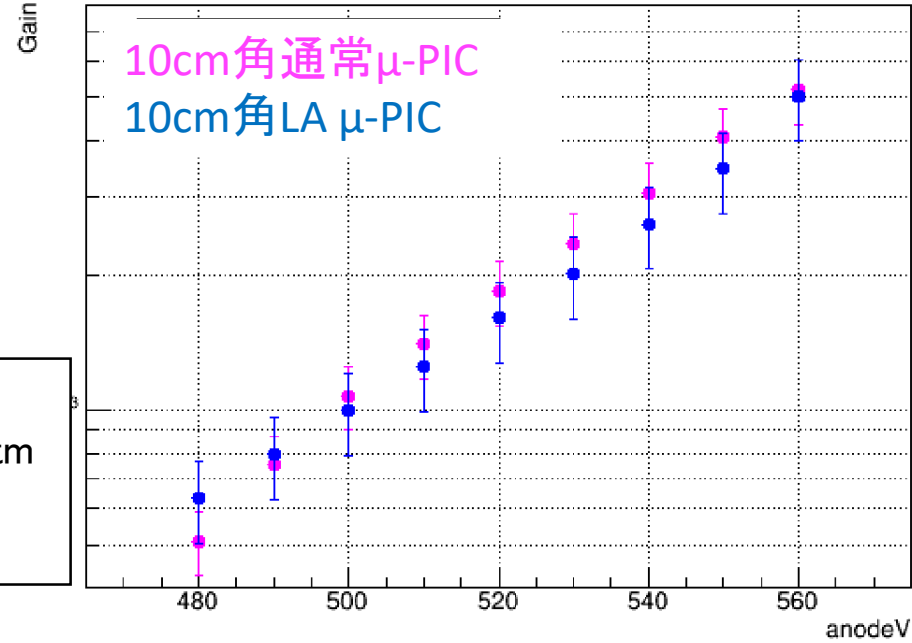
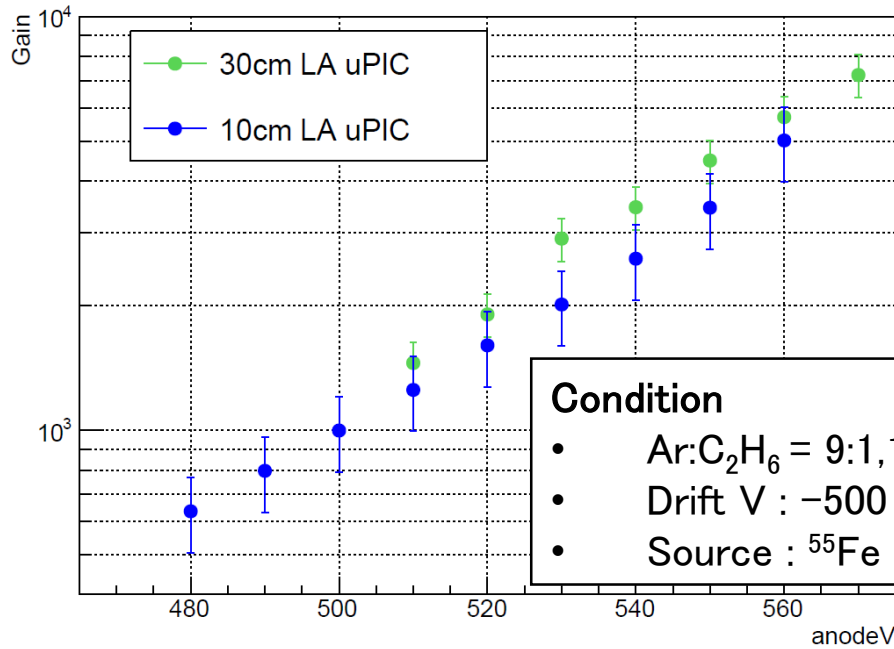
内容

- ゲインマップ/カーブの測定
- 10cm角Low α μ -PICとの比較



性能評価：ゲインカーブ

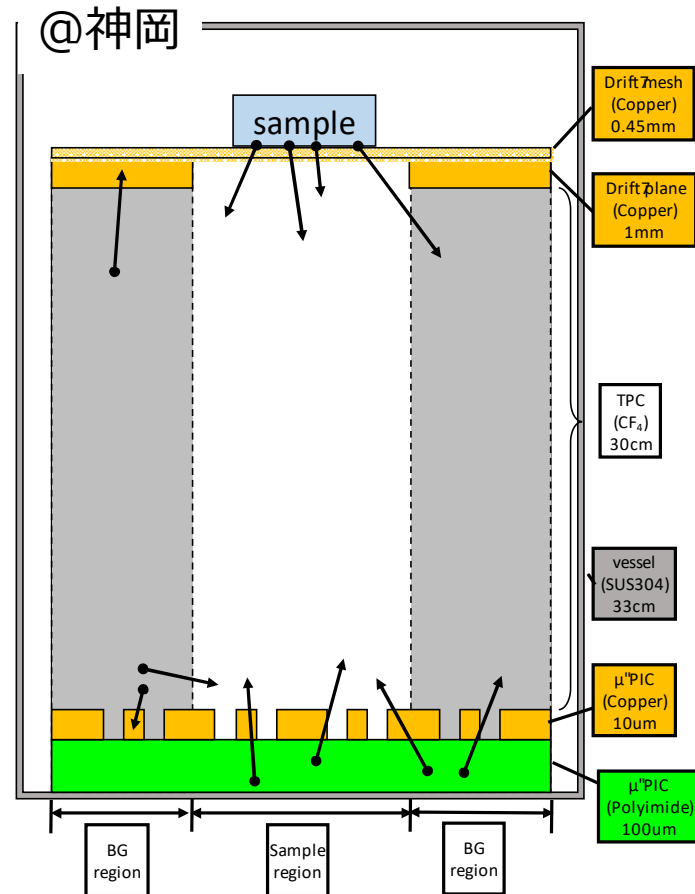
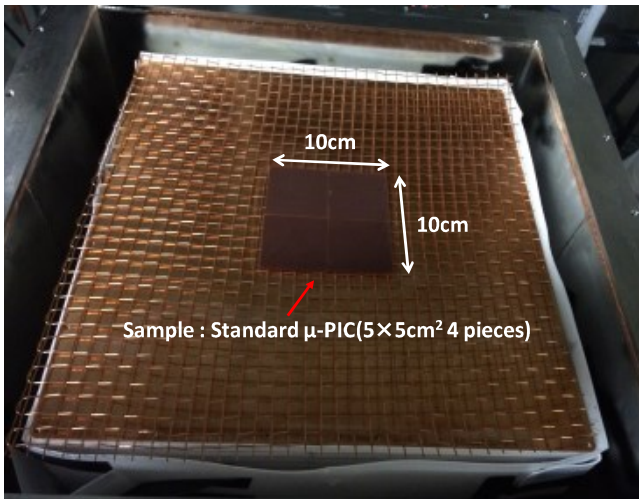
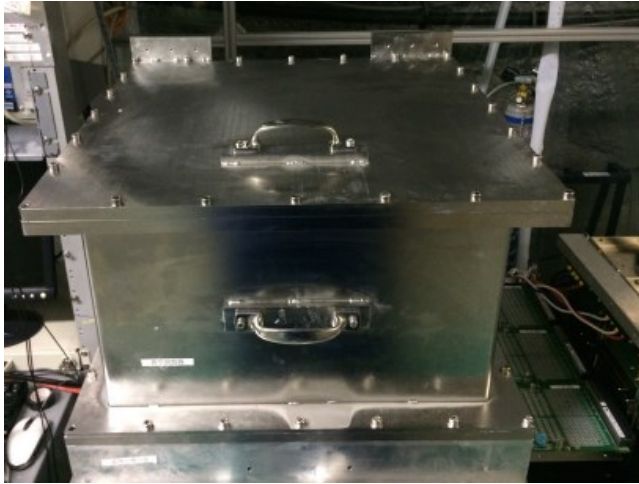
waku1



- 30cm角Low α μ-PIC : 10cm角Low α μ-PICと同程度の性能
 - ややゲインが大き見えることに関しては現在調査中
- LA μ-PIC開発に関して現在論文執筆中

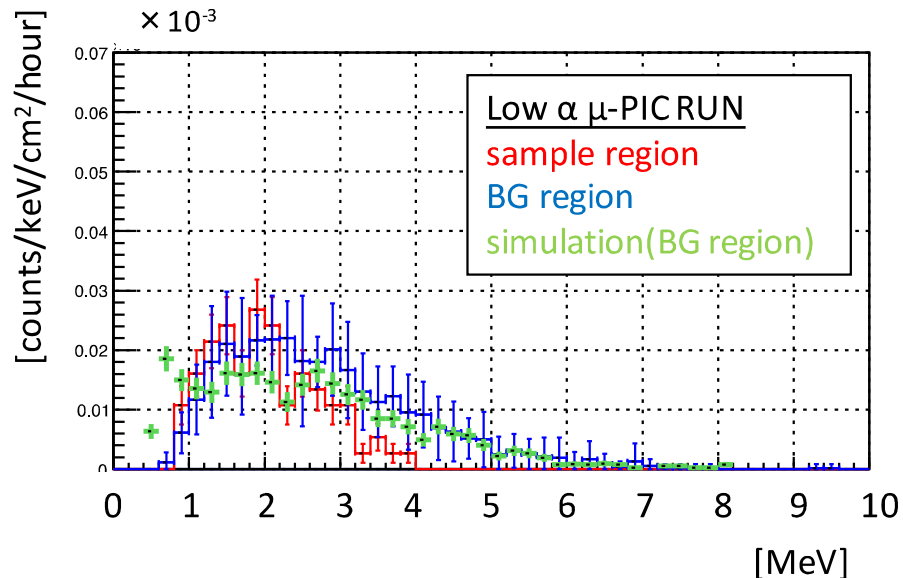
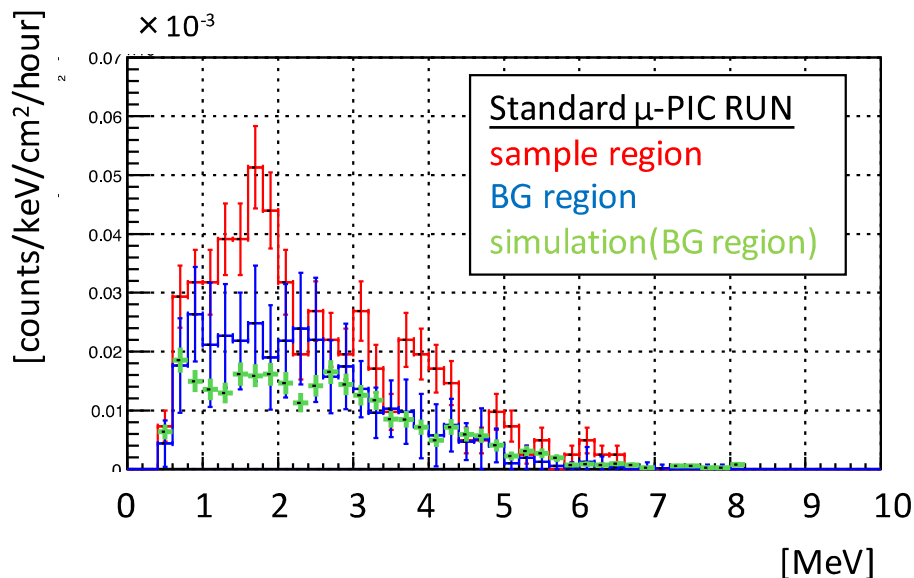
「low a」の確認

arXiv:1707.0974



- マイクロTPCを用いた表面 α 線検出器を立ち上げ（詳細は明日伊藤発表）、標準 μ -PICとLow α μ -PIC表面から出てくる α 線を測定
- サンプル領域からバックグラウンド領域を引く（ \Leftarrow position-sensitiveの利点！）ことで表面 α 線量を算出

「low α」の確認

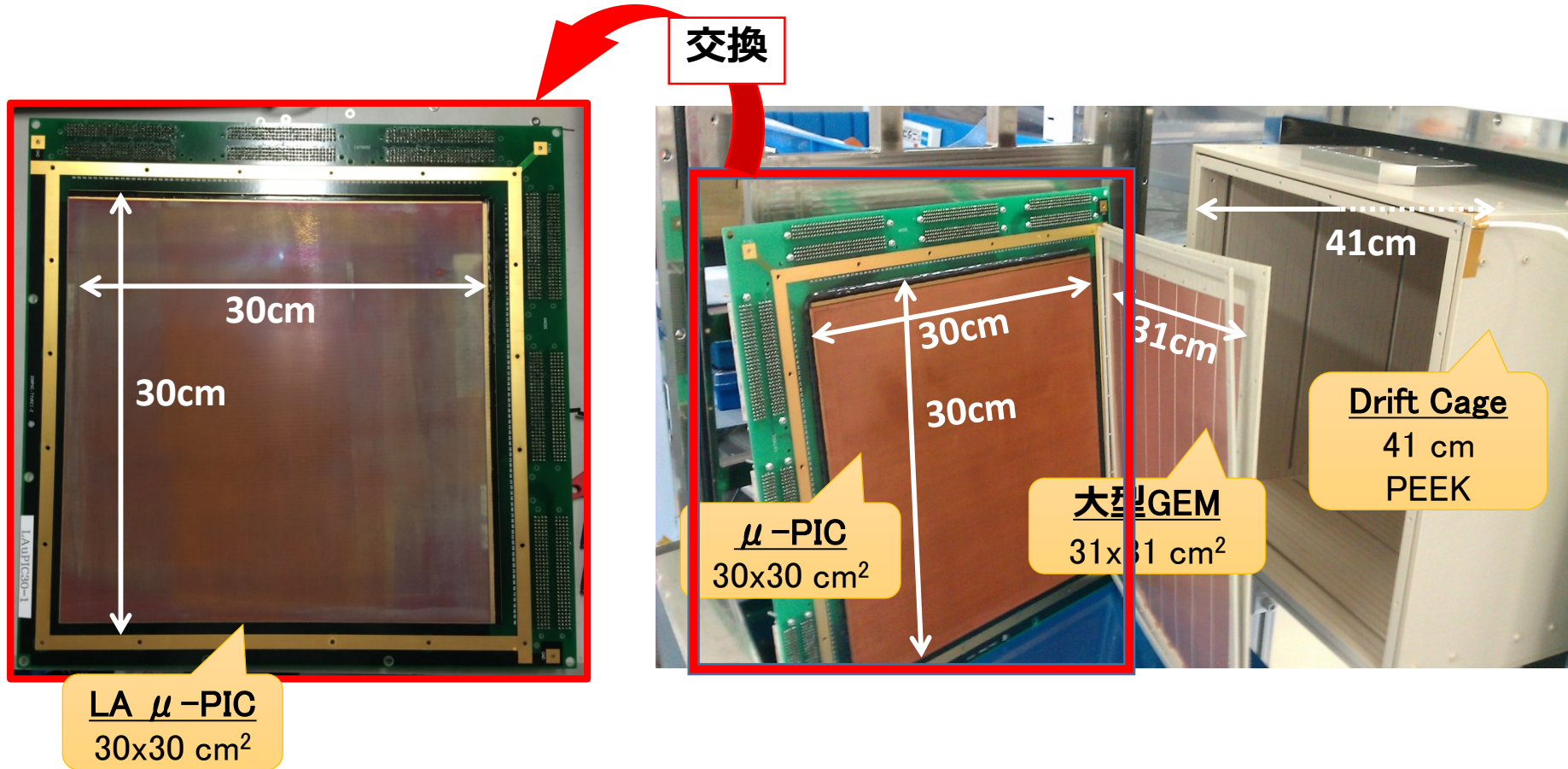


測定試料	表面α線量[α/cm²/h]	備考
標準μ-PIC	0.28 ± 0.12	現行のμ-PIC
Low α μ-PIC	$< 7.55 \times 10^{-2}$	新材料を用いたμ-PIC

- 表面α線量の測定から期待通りLow α化していることを確認
 - DM検出器NEWAGE-0.3b'に組み込む
- 表面α線検出器の主なBG源は読み出しで用いている標準μ-PIC由来のα線
 - 標準μ-PICからLA μ-PICに交換 → done

3 地下装置への組み込み

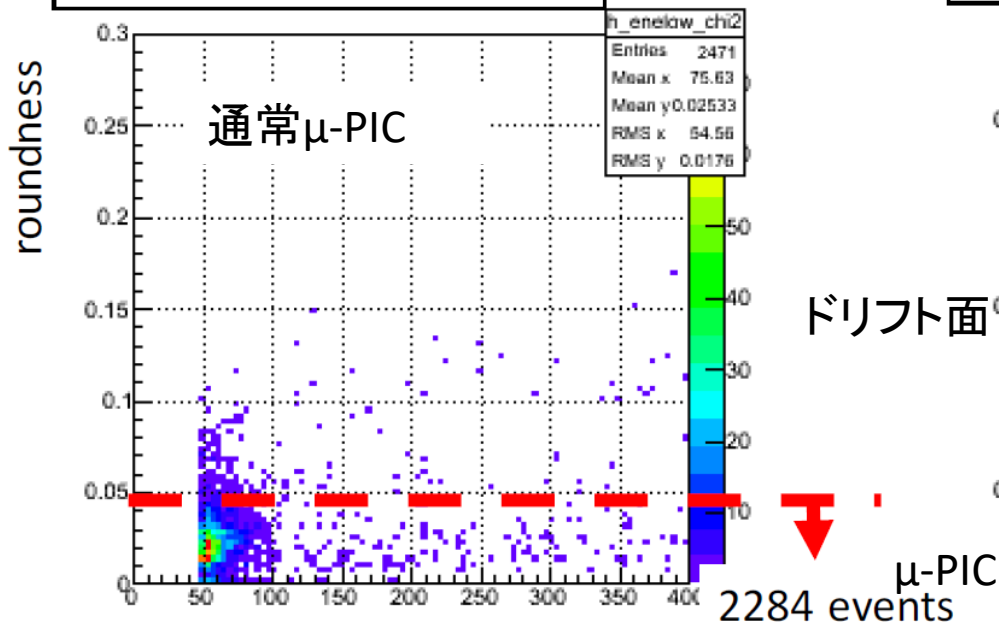
NEWAGE-0.3b' μ -PIC交換



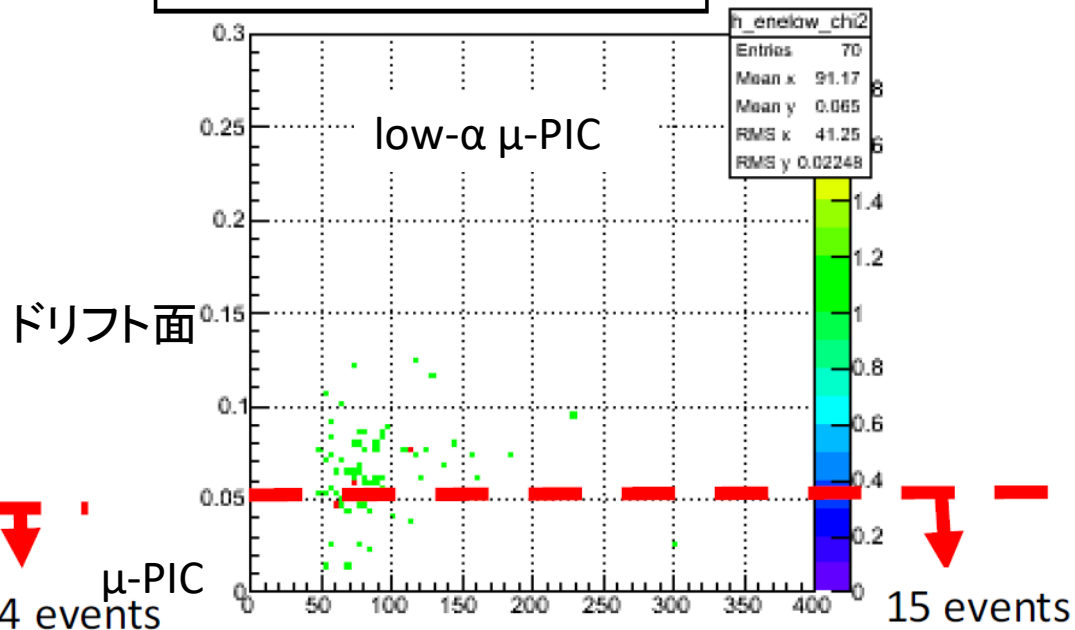
- 2017年 11月-12月上旬、NEWAGE-0.3b'の標準 μ -PICをLA μ -PICに交換作業・パラメータ調整
- 12月中旬からDark matter run開始

「low α 」の確認

14-1 live time : 17.10 days



20-1 live time : 11.22 days



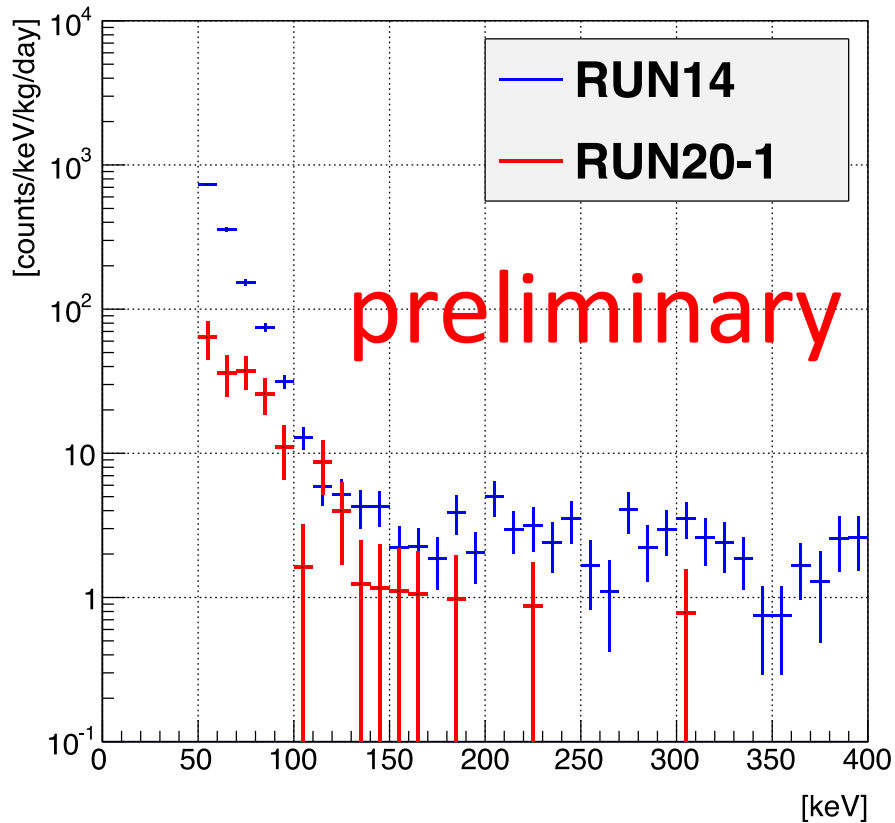
roundness: μ PICからの距離と正の相関を持つパラメータ

- RUN14-1 : 134.6 +/- 2.8 events/day
- RUN20-1 : 1.3 +/- 0.3 events/day
- roundness < 0.05 の事象が $\sim 1/100$ に低減していることを確認



μ -PIC由来の事象が低減されている

測定経過



RUN20-1条件

- gas : CF₄, 0.1気圧
- live time : 11.22 days
- fiducial volume : 28x24x41cm³
- mass : 10.36 g

- @50keVでBG~1/10になっていることを確認
- Low α 化した影響でBGが低減したと考えられる

残りのBGの理解・方向に感度を持つDM制限更新 へ

low- α μ -PICまとめ

low- α μ -PICの製作・性能評価ほぼ終了
→ 論文化へ

地下装置へ導入 作業は順調。BG低減。

NEWAGEのこの先

on-going

- ガンマ線BG低減:トラッキングアルゴリズムの改良
- 中性子BG (with 中性子測定コンソーシアム)の見積もり(revisit)

on-going

- 陰イオンガスTPC: z方向のfidutialization
- 大型化

future

- low- α μ -PIC \rightarrow low-BG μ -PIC

セルフトリガーガスTPCの弱点：

zの絶対位置が測定不能 検出面からのBDを除去できない

陰イオンTPCの利点 マイノリティーチャージ

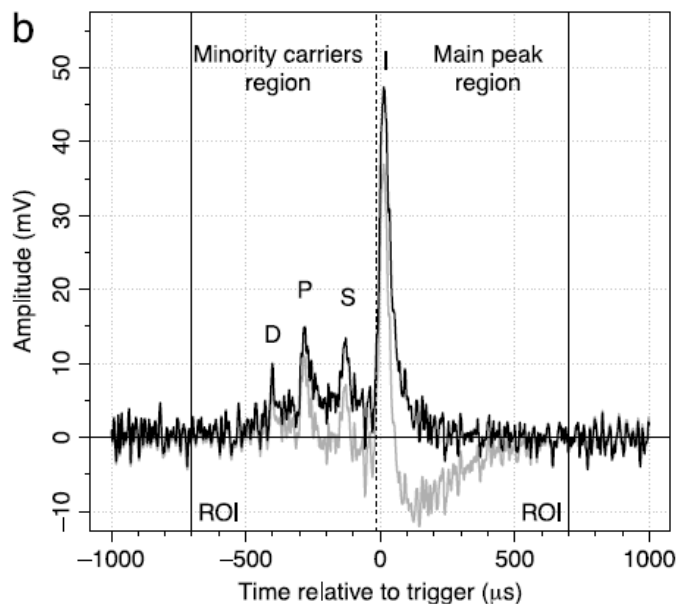
→ ドリフト方向の絶対位置検出可

ドリフト速度の違う複数の種類の陰イオン

→ 時間差によりドリフト方向の絶対位置決定可能

英・米共同グループ (DRIFT) によって
2014年 $\text{CS}_2 + \text{O}_2$ ガス (可燃、毒性)
2015年 SF_6 ガス (安全)

マイノリティーチャージ



J.B.R. Battat et al. / Physics of the Dark Universe 9–10 (2015) 1–7

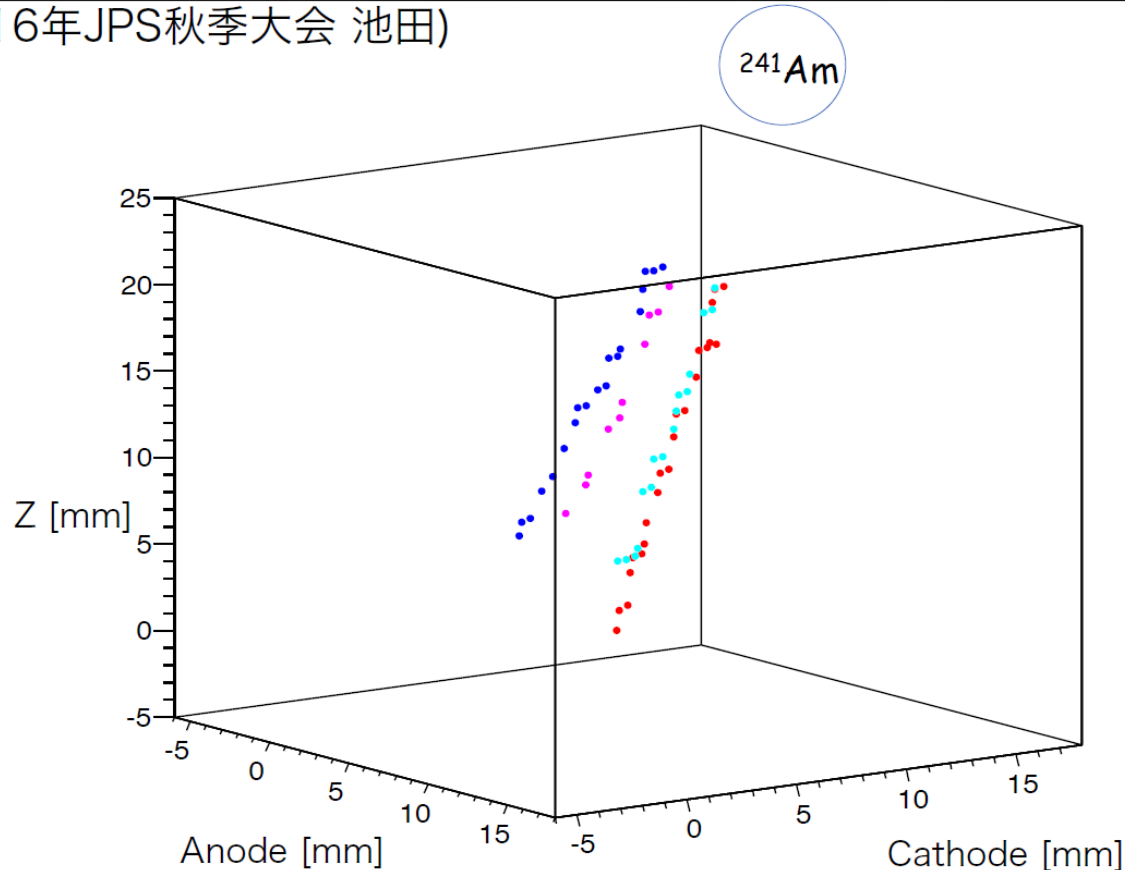
NEWAGE : SF_6 ガスで飛跡も検出

■ SF6ガス中での3次元飛跡検出（池田） ONLY NEWAGE

初期study

EPJ Web of Conferences **174**, 02006 (2018)
MPGD 2015

(2016年JPS秋季大会 池田)

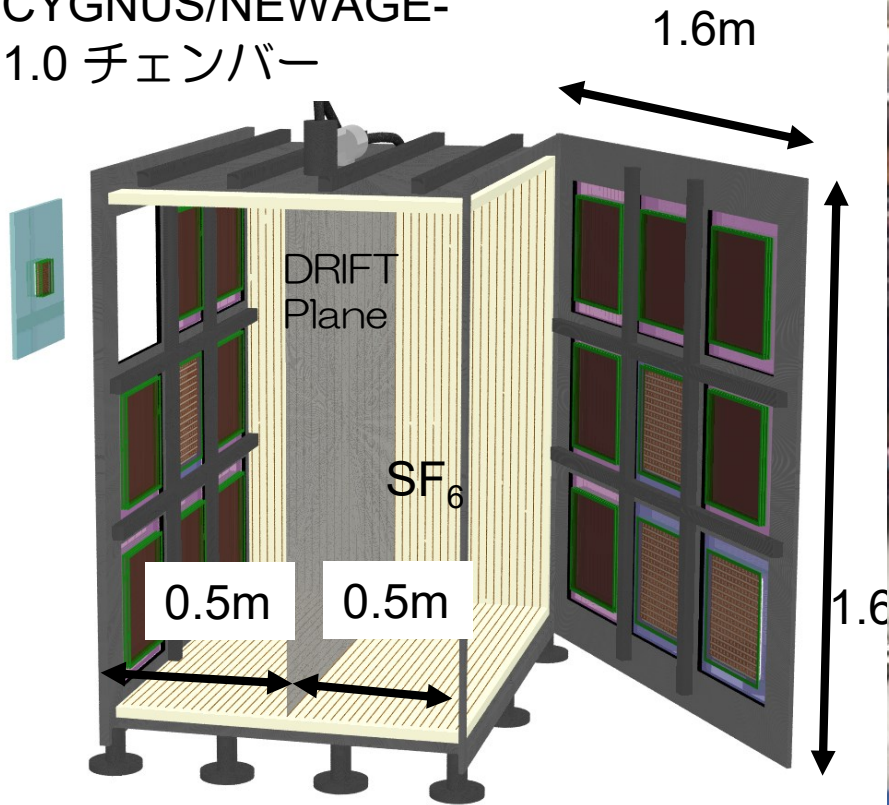


■ マイノリティーチャージとの同時検出の実験中

■ 大型化（国際活動関係）

CYGNUSというフレームワークで将来の共同実験構想

CYGNUS/NEWAGE-
1.0 チェンバー



2017年3月



- 40cm角の窓を持つチェンバーを製作
⇒ 内外の研究者の検出器を搭載可能。

まとめ

- low- α μ -PIC 製作は完了 地下実験開始
- NEWAGE: 国際共同実験をリードへ

