

低バックグラウンドなTPCの開発

2017年12月2日

神戸大学 身内賢太郎

第14回MPGD研究会 @岩手大学

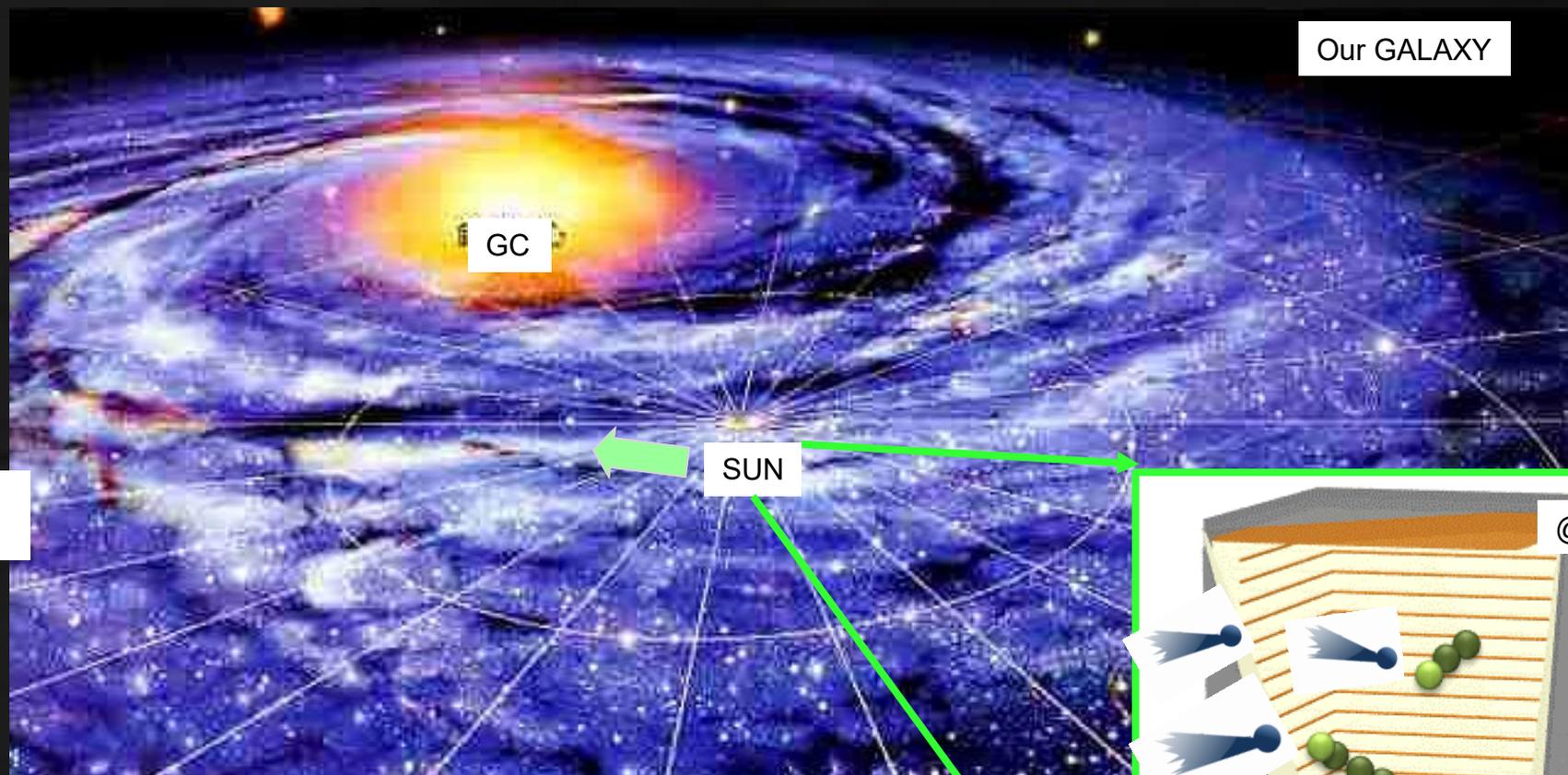
動機

低 α /BG μ PIC

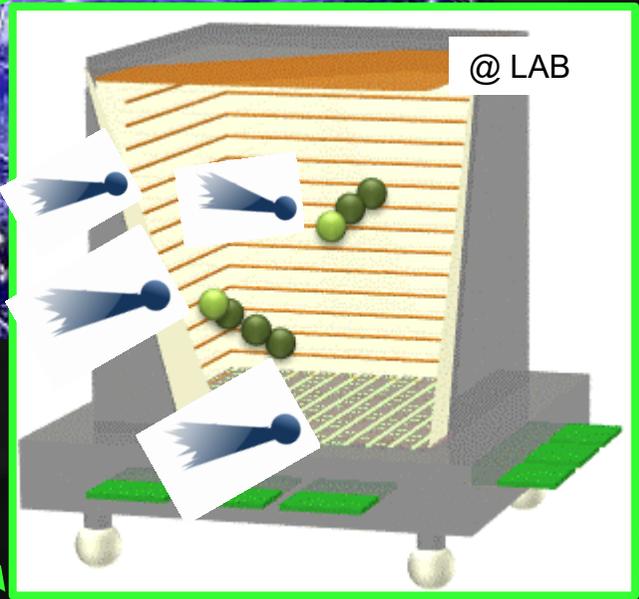
低BGTPC

動機

方向に感度を持った暗黒物質探索：低BG TPC

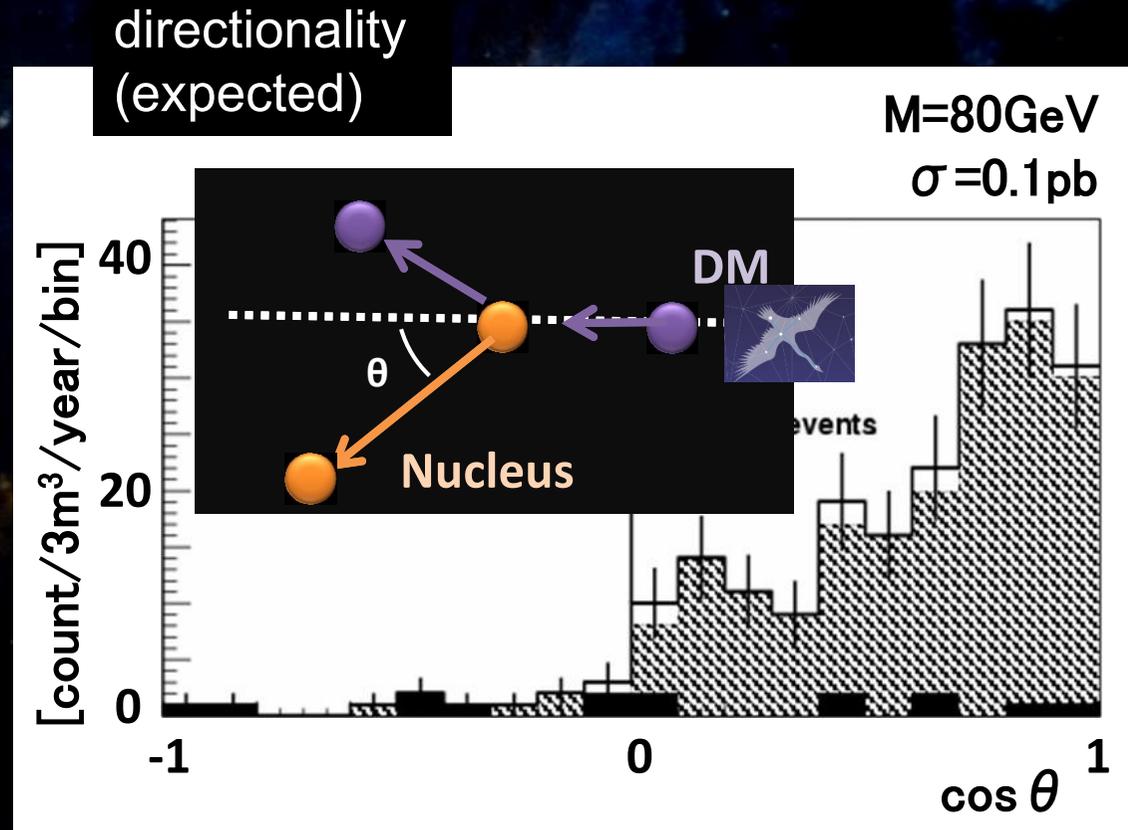
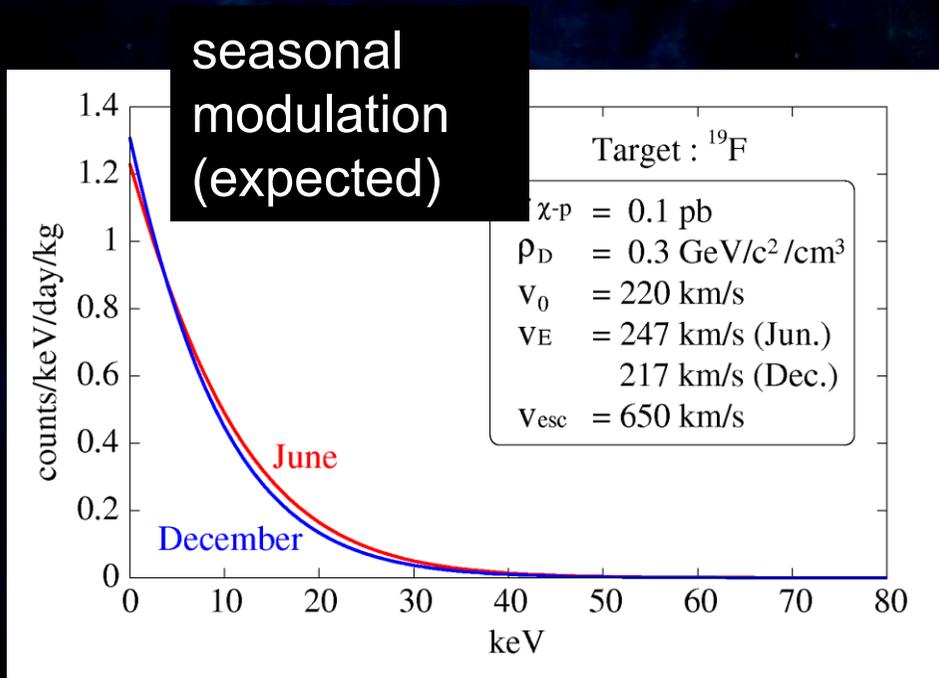


constellation
"CYGNUS"



WIMP-WIND from "CYGNUS"

"CYGNUS" concept



clear discovery (now: Before Clear discovery)

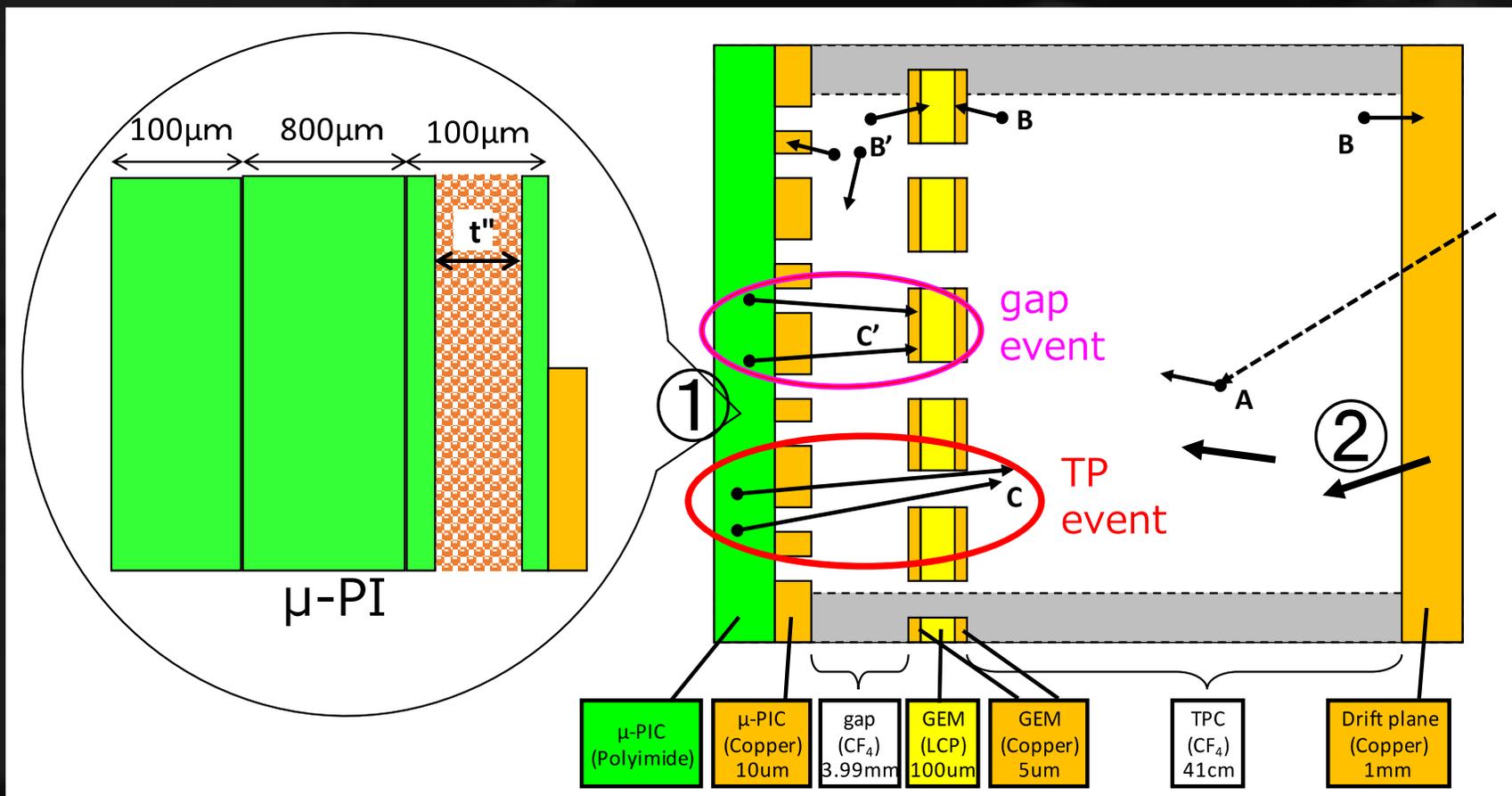
+ study the nature of DM in the After Discovery era

challenge: low energy nuclear recoil detection (hopefully 3D!)

Background (BG)

■ BG sources

- ① radioactive contamination (Uranium& Thorium) in MPGD
- ② radon daughters in the gas and drift plane

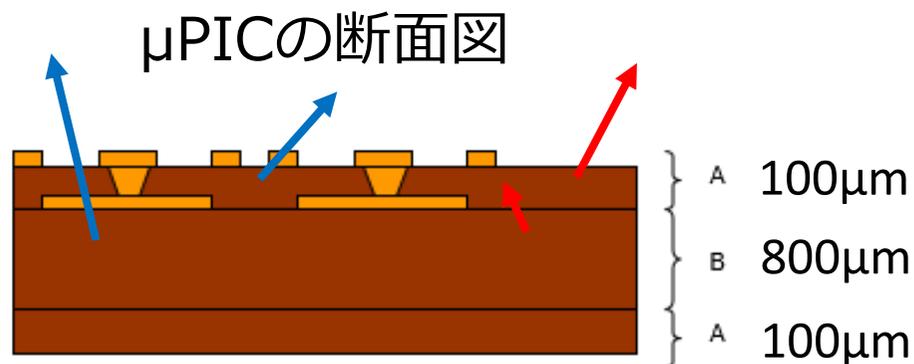


- ## ■ WHY? self triggering TPCs cannot measure absolute Z (=Z fidutialization was not possible)

低 α /BG μ PIC開発

Low α /BG μ -PIC 開発

お世話になっております。大日本印刷 本村様



α 線BG (当面の敵) : 表層材 (100 μ m) のみ
(基材中での飛程が数10 μ m)
ガンマ線・中性子線 ((α, n) 反応)BG :
コア材 (800 μ m) からも

- 戦略 : 当面のBGは α 線・製作リスク軽減のために、
表層材のみの変更 (低 α μ -PIC) \rightarrow 全体を低BG化 (低BG μ -PIC)

	FY 2014	2015	2016	2017	2018
低 α μ -PIC	材料選択	10cm角製作・評価	30cm角製作・評価	地下実験組み込み	地下観測
低BG μ -PIC 組み込み				材料選択	10cm角製作

- 低 α μ PIC 開発目標: α 線放出1/100 通常 μ -PICと同等の性能

Low α μ -PIC

材料選択 (FY2014)

BG (U,Th含有量) 目標 : $\times 1/100 \Rightarrow$ 達成

T.Hashimoto LRT 2017
1707.09744

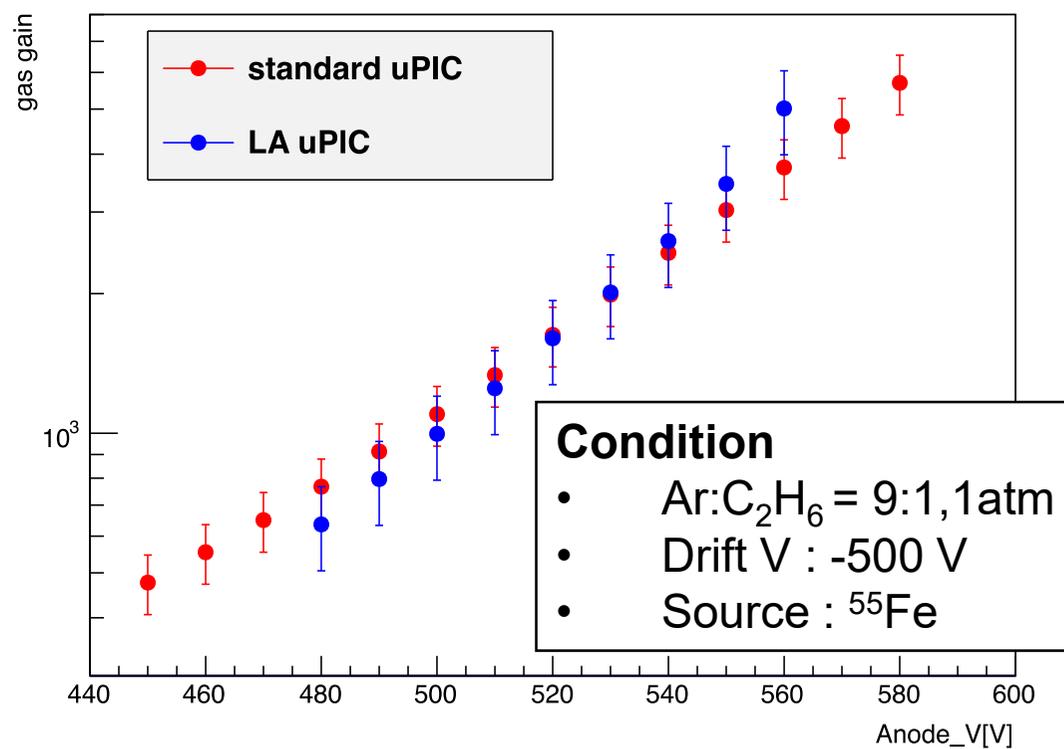
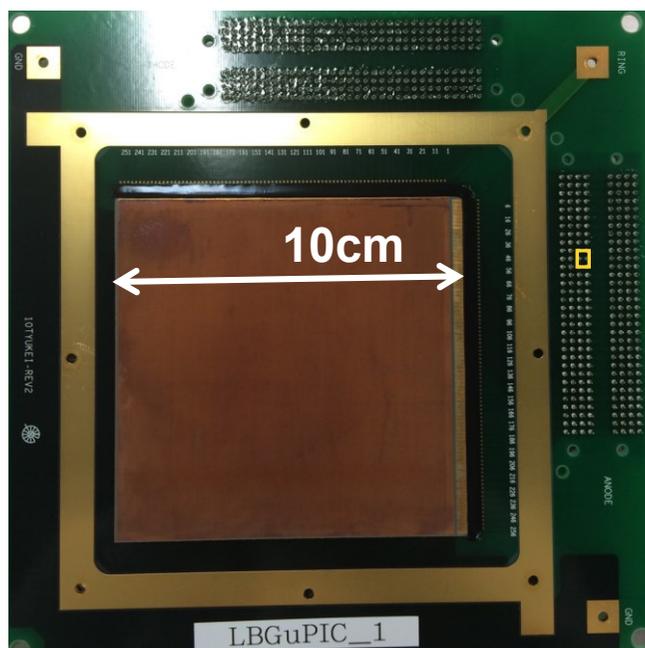
TABLE 3. ^{238}U and ^{232}Th measurement results using the HPGe detector. The uncertainties listed are statistical errors.

Sample	^{238}U upper stream [10^{-6} g/g]	^{238}U middle stream [10^{-6} g/g]	^{232}Th [10^{-6} g/g]	Note
PI100 μm insulator	0.38 ± 0.01	0.39 ± 0.01	1.81 ± 0.04	Current material
PI(75 μm)+epoxy(5 μm)	$< 2.86 \times 10^{-2}$	$< 2.98 \times 10^{-3}$	$< 6.77 \times 10^{-3}$	New material

10cm角製作 (FY2015)

目標 : 同等の性能 \Rightarrow 達成

橋本隆 JPS2017年秋



30cm角製作 (FY2016)

目標：同等の性能

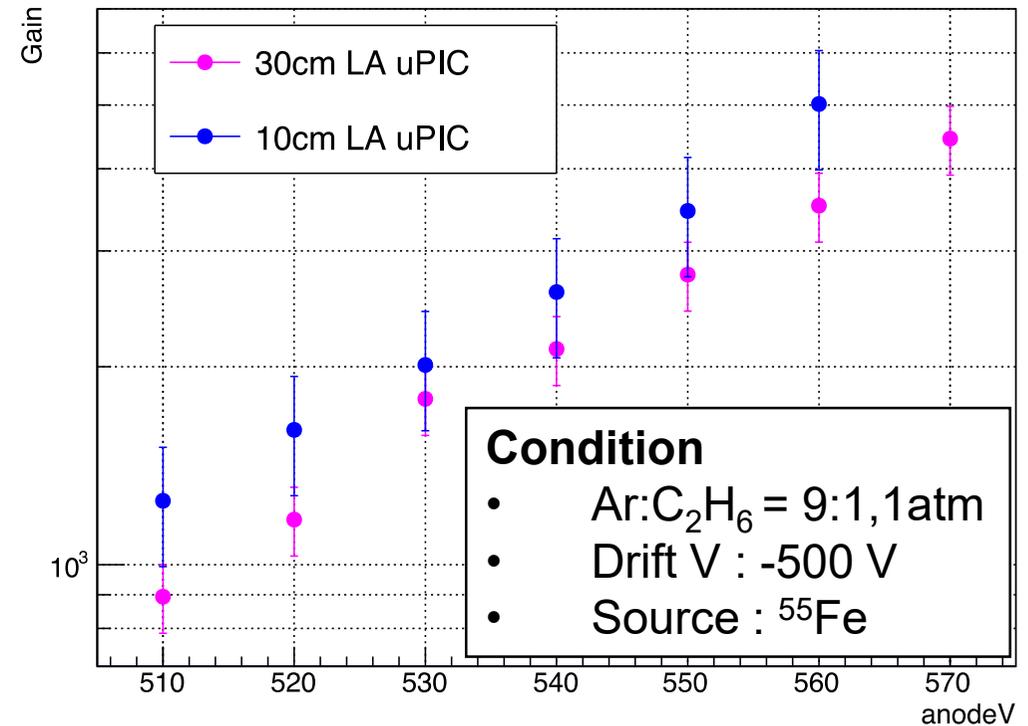
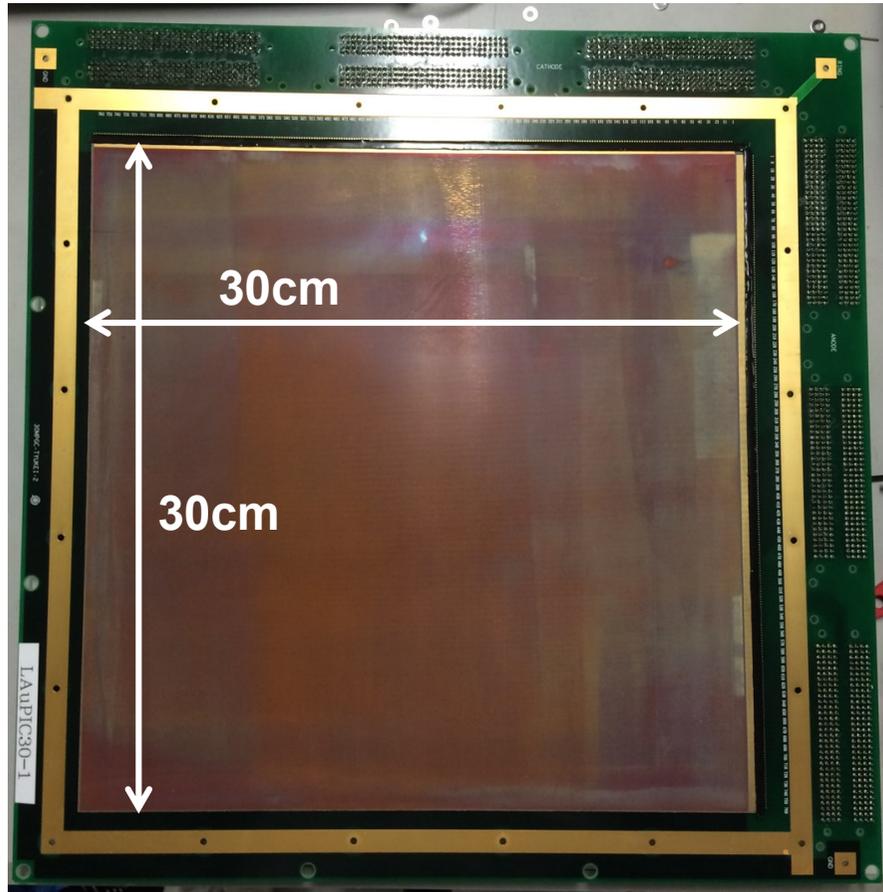
評価中



目標達成見込み

(論文クオリティーのデータ、議論を詰めている)

橋本隆 JPS2017年秋



地下装置へのインストール (FY2017)

2017年11月より開始 (橋本)

ガス検出器としての動作 OK

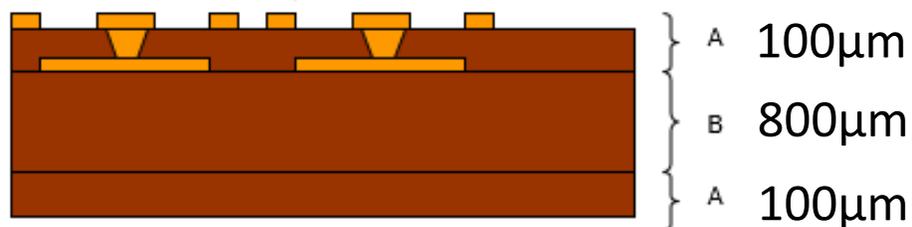
今後 バックグラウンドの評価

ダークマターへの制限更新

Low BG μ -PIC

材料選択 (FY2017)

BG 目標 : low α と同程度



- コア材 (800 μ m) 部分も変更
薄い材料を貼り合わせて製作
- ゲルマニウム検出器で測定

TABLE 3. ^{238}U and ^{232}Th measurement results using the HPGe detector. The uncertainties listed are statistical errors.

Sample	^{238}U upper stream [10^{-6} g/g]	^{238}U middle stream [10^{-6} g/g]	^{232}Th [10^{-6} g/g]	Note
PI100 μ m insulator	0.38 ± 0.01	0.39 ± 0.01	1.81 ± 0.04	Current material
PI(75 μ m)+epoxy(5 μ m)	$< 2.86 \times 10^{-2}$	$< 2.98 \times 10^{-3}$	$< 6.77 \times 10^{-3}$	New material
表層材	$< 2.7 \times 10^{-3}$	$< 0.4 \times 10^{-3}$	$< 1.0 \times 10^{-3}$	lowBG μ - PIC材料
コア材	$< 15.9 \times 10^{-3}$	$< 2.2 \times 10^{-3}$	$< 3.1 \times 10^{-3}$	

- 新材料候補 : BG目標をクリア。製造方法の確立へ。

低BGなTPC

やりたいこと

- フィールドケージ でかいものを 安く 簡単に 低BGで 作りたい。

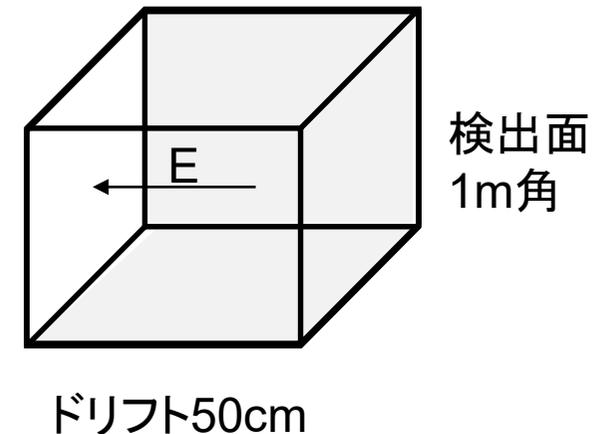
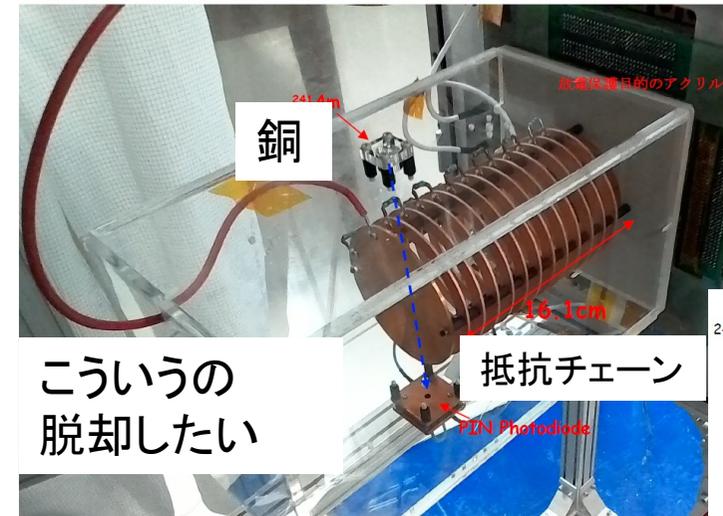
アイデア

第10回MPGD研究会

炭素スパッタリングを用いた
抵抗電極をもつ
MicroMEGASの開発

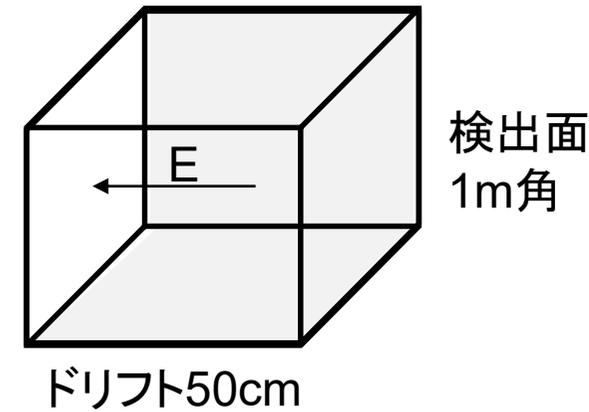
神戸大理, 東大素セ^A, 東大理^B
越智敦彦, 本間康浩, 山崎祐司, 竹本強志, 山根史弥,
川本辰男^A, 片岡洋介^A, 増淵達也^A, 川西裕基^B, 寺尾伸吾^B

1mサイズのシートが 掃いて捨てるほどある



⇒ 面抵抗でペロツと作れないか?

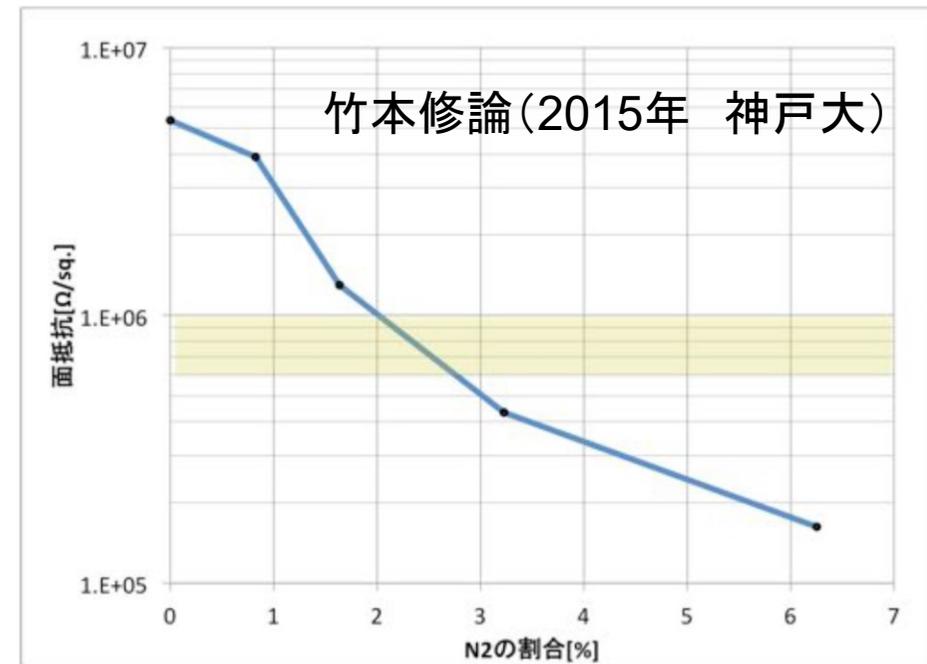
抵抗値要請（主にHV電流が制限）



- 電源50kV せいぜい50 μ Aくらい \rightarrow 1G Ω くらい

上の絵で考えると 10G Ω / \square くらいの抵抗値がほしい。

越智さんのresistiveはちと小さかった。



10¹⁰Ω/□ とつぶやきながらいろいろ探す

- 安く: 開発はNG
- 低BG: ガラスや金属はNG

ESDマーク付き クリーン導電性パウチ・ラミネートフィルム(透明) TW-CLF-CL
(超帯電防止クリーンルーム用 静電気対策パウチ/A4・A3)

購入方法・ご購入

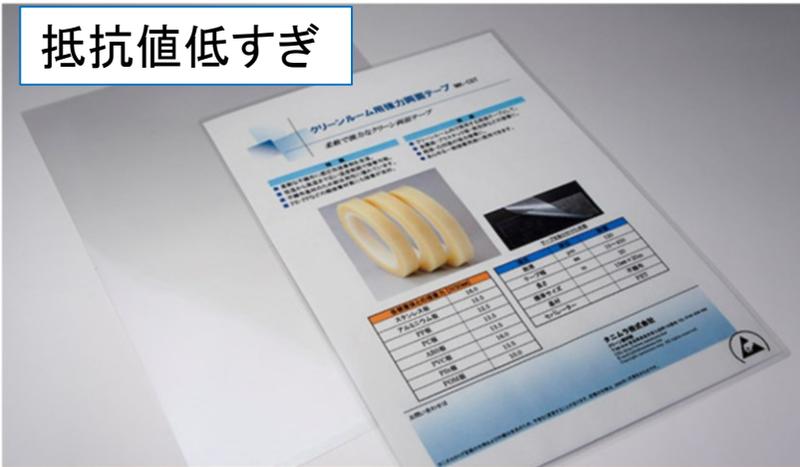
特徴

電性PETフィルムの使用で静電気を帯電しません。でカラーの写真画像を鮮明に確認できます。材質策が一般品との区別が可能です。値が10⁴~10⁵[Ω]と非常に優れています。シート・パウチマシンをご使用いただけます。

用途

- クリーンルーム内で使用するパウチラミネートフィルムに。
 - カラー写真や資料の色調を確実に確認したいとき。
 - 静電気放電を嫌う精密機器作業での使用に。
 - ESD静電気対策マークで徹底した品質管理を行うとき。
 - 粉塵が舞う作業で表面へのゴミ付着防止。
- 茶色のラミネートフィルムはこちら>>

抵抗値低すぎ



トークロASフィルム 帯電防止コート品

汎用タイプ

開発品のため相手にされず

「トークロASフィルム」は主に工業用ポリエステルフィルム表面に界面活性剤系、樹脂系帯電防止処方をコーティングした帯電防止フィルムです。表面固有抵抗値 (20℃, 65%RH 雰囲気下) 10⁷~10¹²Ω/□クラスへの対応が可能です。

特徴 • Feature

- ①表面固有抵抗値10⁷~10¹²Ω/□クラスまで対応可能 (20℃×65%RH 雰囲気下)
- ②耐湿度依存性に優れる。(開発品)
- ③透明性に優れる。(基材変更により不透明も対応可能)
- ④塗膜の均一性に優れる。
- ⑤平面性に優れる。
- ⑥フィルムサイズ(厚み・幅・長さ)の調整が容易

アキレス 透明導電性フィルム(ST-PETシート)



抵抗値低すぎ

4日 出荷 メカ直送 代引不可

4日出荷とは
★★★★★ (0件の商品レビュー)

注文コード	06898762
品番	ST-8
内容量	1巻
参考基準価格	オープン
税込価格	¥74,412

販売価格(税別)
¥68,900

数量:

First studies with the Resistive-Plate WELL gaseous multiplier

arXiv:1308.6152v1 [physics.ins-det] 28 Aug 2013

A. Rubin¹, L. Arazi, S. Bressler, L. Moleri, M. Pitt, and A. Breskin

Department of Particle Physics and Astrophysics,
Weizmann Institute of Science, 76100 Rehovot, Israel
E-mail: adam.rubin@weizmann.ac.il

Table 1. The resistive materials used in this work.

Material	Dimensions [mm]	Resistivity
VERTEC 400 glass	36 × 31 × 0.4	$8 \times 10^{12} \Omega\text{cm}$
HPL Bakelite	29 × 29 × 2	$2 \times 10^{10} \Omega\text{cm}$
Semitron ESD 225	30 × 30 × 0.6 – 4	$2 \times 10^9 \Omega\text{cm}$
Epoxy/carbon film	30 × 30 × 0.1	1 M Ω /sq

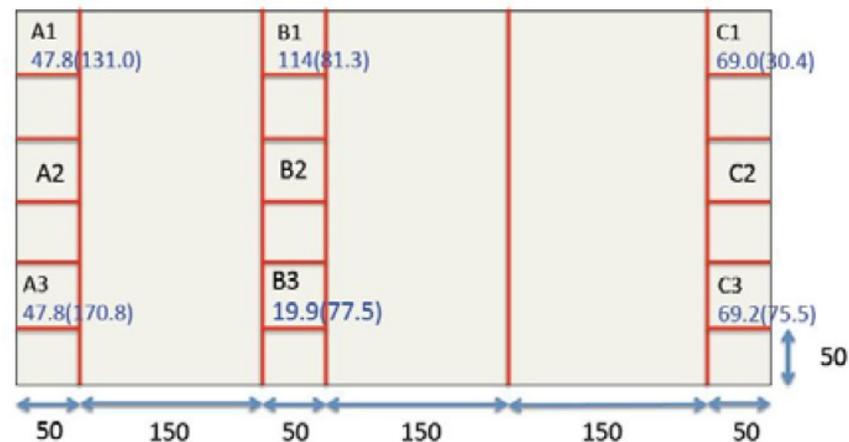
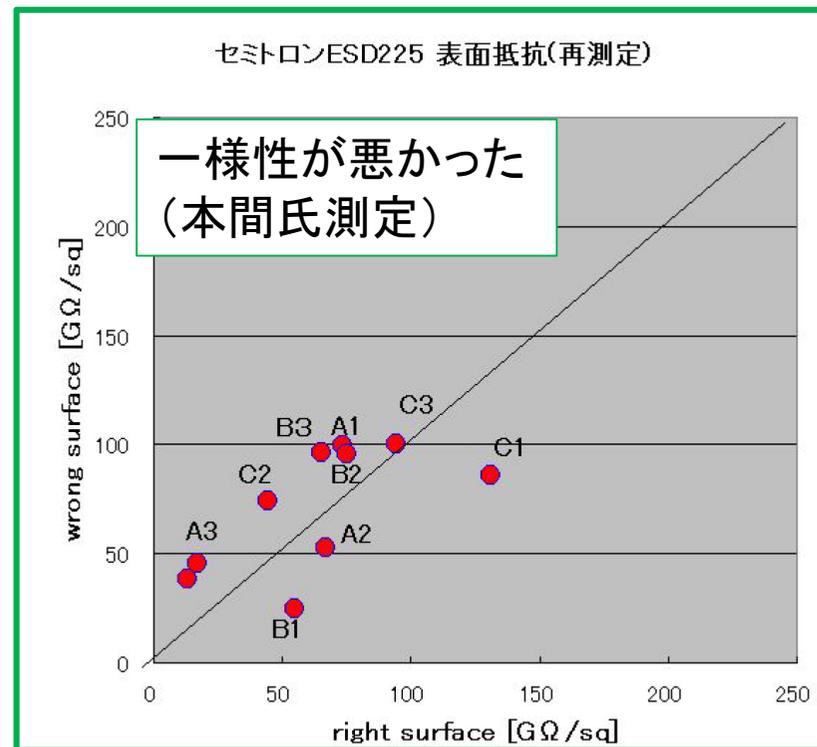
セミトロン[®] ESd (Semitron[®] ESd)

ESd225 POM-C (ポリアセタール樹脂ベース)
(Semitron[®] ESd225 POM-C)

板

幅×長さ mm	300×600	300×1200	600×1200
厚さ mm	質量 kg/枚	質量 kg/枚	質量 kg/枚
6	1.4	2.9	5.7
9	2.2	4.3	8.6
12	2.9	5.7	11.5
19	4.5	9.1	18.2
25	6.0	12.0	23.9
31	7.4	14.8	29.7
38	9.1	18.2	36.4
44	10.5	21.1	42.1
50	12.0		

良さげで 入手可能なもの発見(板材)。



◀ 静電気対策品

絞り込み条件

全て解除 ×

メーカー/ブランド

メーカー/ブランドを検索

- ショーワグローブ[1]
- ホーザン[3]
- ミツシマ工業[1]
- 三菱化学[1]
- その他[7]

商品タイプ

解除

- シート[13]
- マット[61]
- アース線[16]
- フィルム[6]
- アース板[1]

サイズ長辺

23シリーズが該当します

ホーム / カテゴリ一覧 / クリーン・静電気対策 / 静電気対策品 / 静電対策マット・シート・フィルム

◀ 静電気対策品

23シリーズが該当します

シリーズ表示

単品表示

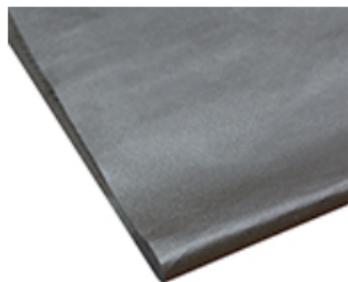
並び替え: 標準

【研究用総合機器カタログ2017 / 新商品】

▶ 電磁波シールドクロス 960mm×1m

電磁波対策にご使用ください。

ハサミで自由にカットすることも可能です。



1種類の製品があります

標準価格: 9,700円

【研究用総合機器カタログ2017 / 新商品】

▶ 導電性フィルム (基材レス)

単層からなる導電フィルムで、フレキシブル性があります。

片面に導電性粘着剤付きです。



1種類の製品があります

標準価格: 14,200円

アズワン

▶ 帯電防止PVCシート

2種類の製品があります

標準価格: 60,600円~



ASONE通販

静電対策マット・シート・フィルム

AS ONE が運営する研究用の科学機器、消耗品から工場MRO、病院・介護用品のすべてが揃う総合WEBショップ - アクセル

AXEL

取扱点数
140万点

3,000円以上
お買い上げで **送料無料**

16時まで注文
在庫に限り **当日出荷**

ホーム / カテゴリ一覧 / クリーン・静電気対策 / 静電気対策品 / 静電対策

静電対策マット・シート・フィルム ▾ キーワード、商品名、品番、JANコード

静電 **しぼりこみ**

23シリーズが該当します

ホーム / カテゴリ一覧 / クリーン・静電気対策 / 静電気対策品 / 静電対策マット・シート・フィルム

メーカー	商品名	材質	抵抗値	色	厚み	定尺	価格	備考
アズワン	帯電防止PVCシート 透明	PVC	1e10~1e11	透明	0.3mm	1.37 × 30m	54,000	
アキレス	セイデンクリスタル	PVC	1e10	透明	0.3mm	1.37 × 20m	60,000	
アキレス	ピニラス (帯電防止・紫外線遮蔽フィルム)	PVC	1e11	透明	0.2mm	1 × 10m	40,000	粘着剤不要
三菱化学	アルトロン	PVC	5.1e11	透明	0.1	1.83 × 50m	18,000	
	非常電フィルム	ポリオレフィン系樹脂	1e11以下	水色	0.05	1m × 200m	20,000	

シート[13]

マット[61]

アース線[16]

フィルム[6]

アース板[1]

サイズ長辺



1種類の製品があります

標準価格：14,200円

4つを購入、試験



アズワン

▶ 帯電防止PVCシート

2種類の製品があります

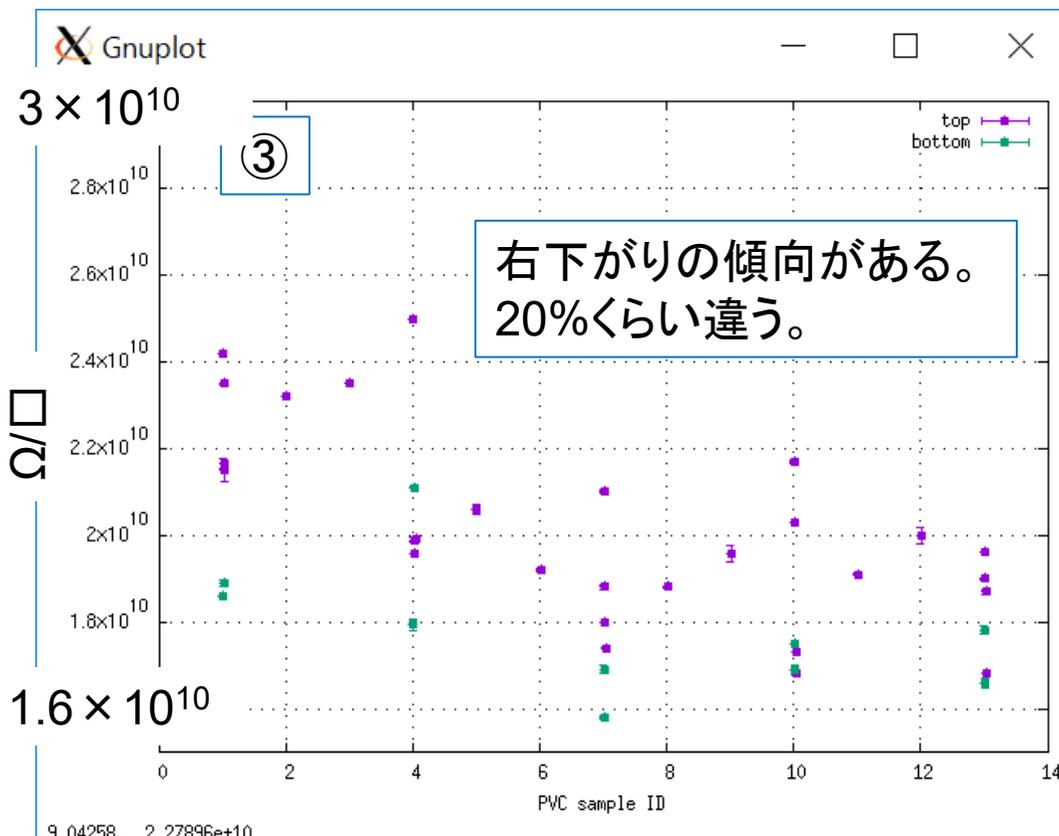
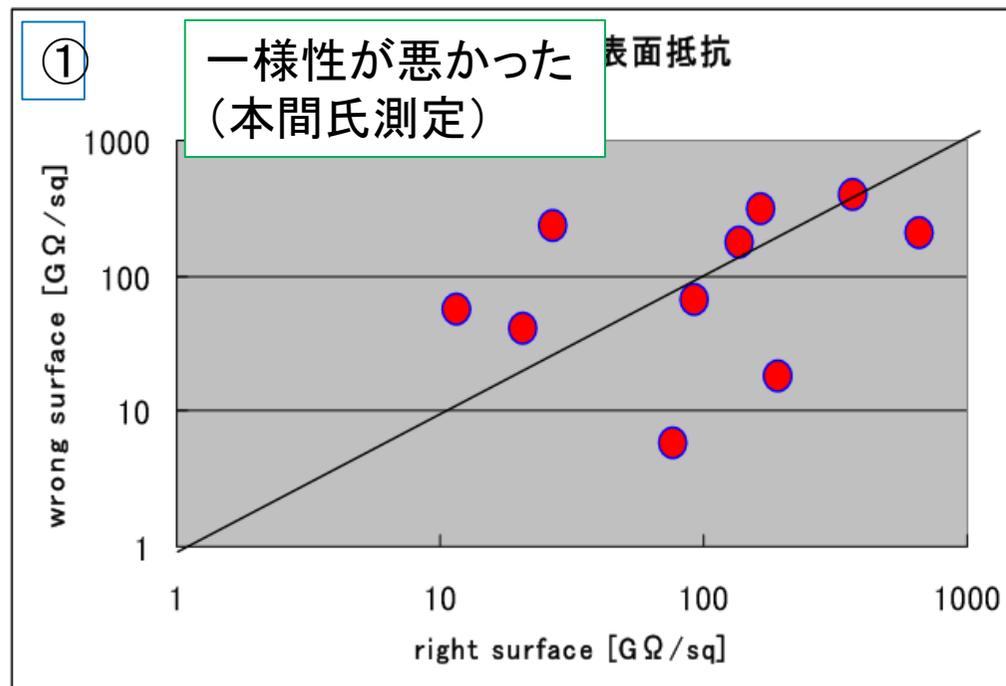
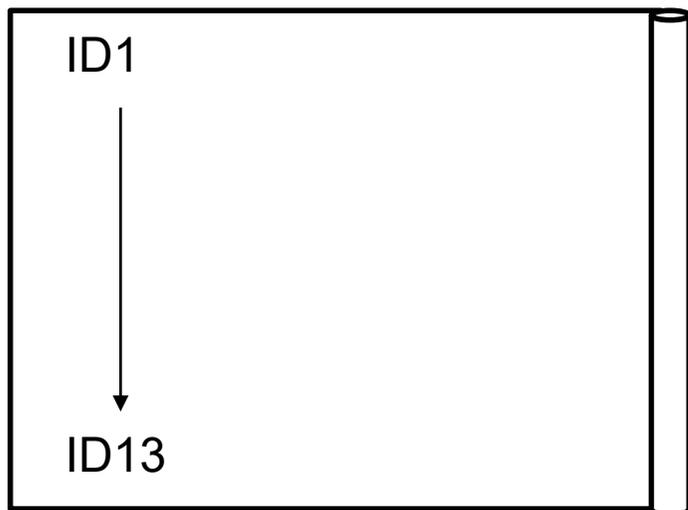
標準価格：60,600円～

試験結果

	メーカー	商品名	材質	抵抗値
①		非常電フィルム	ポリオレフィン系樹脂	1e11以下
②	三菱化学	アルトロン	PVC	5.1e11
③	アズワン	帯電防止PVCシート透明	PVC	1e10~1e11
④	アキレス	ビニラス	PVC	1e11

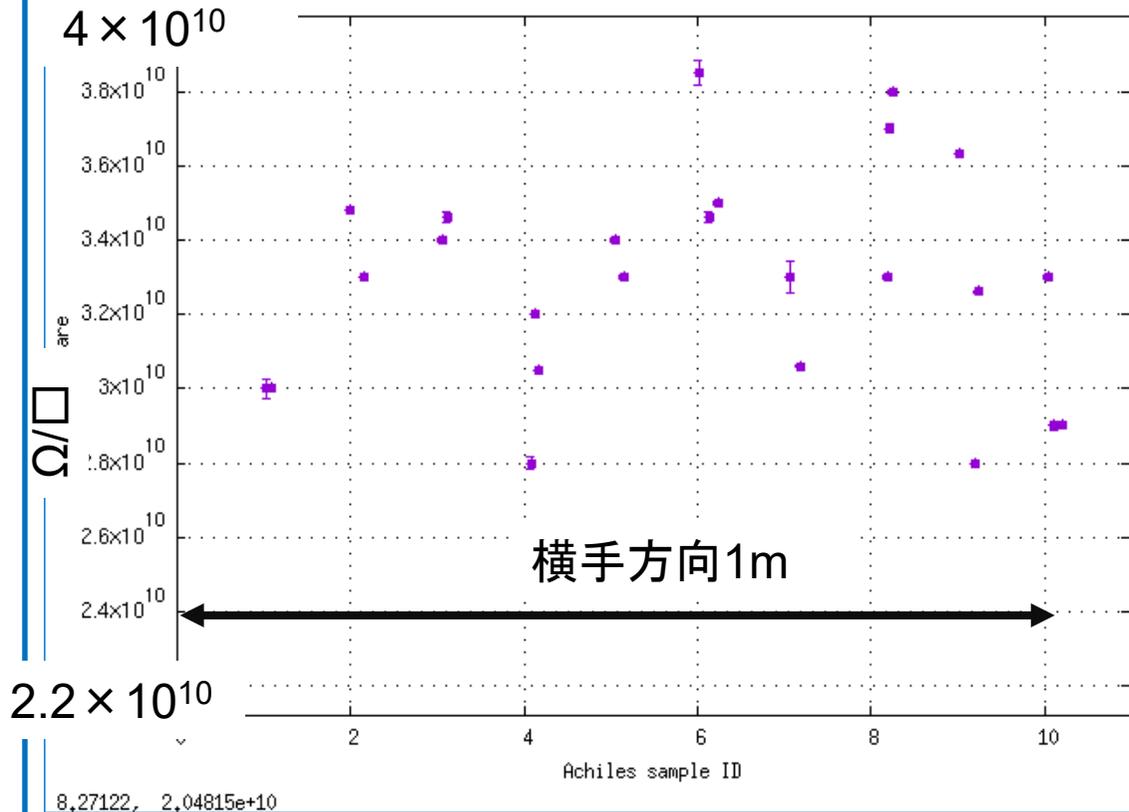
② 10¹²Ω/□以上(測定限界)
安定するのに時間がかかる
他を優先することにした。

③, ④については横手方向
に10cm刻みでサンプリング



最終候補: アキレスビニラス

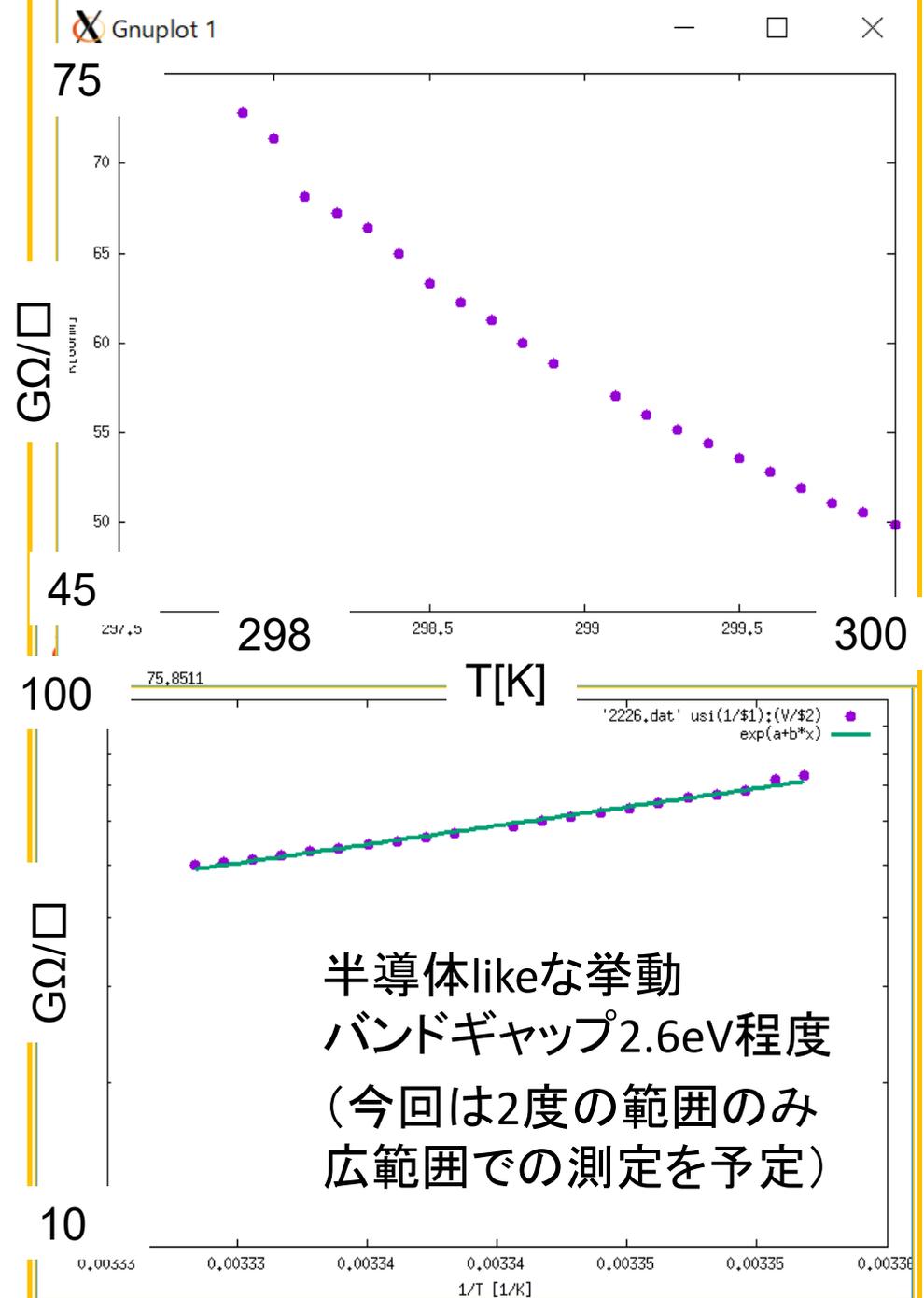
抵抗値の位置依存



ばらつきはあるが
横手方向に傾向がないことが重要

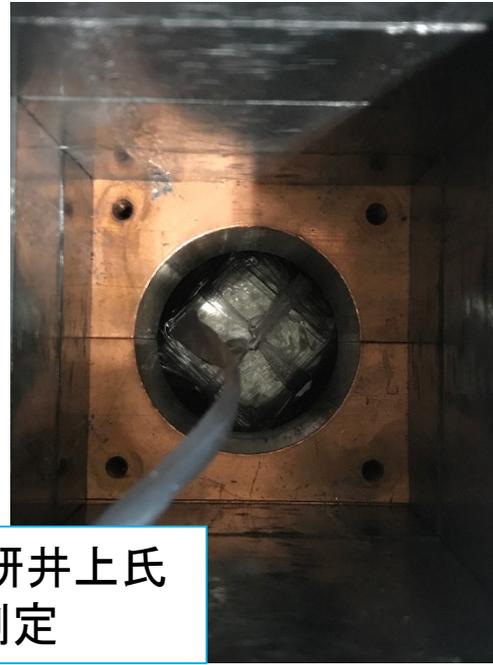
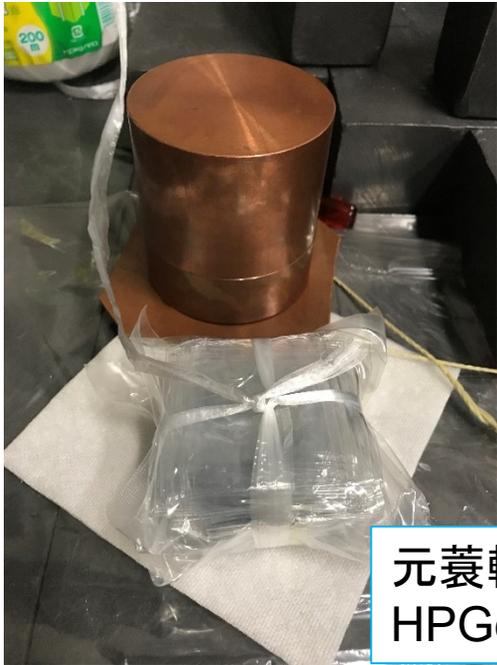
TPCとするときの一つの方向で一様であれば電場は整形できる

抵抗値の温度依存



半導体likeな挙動
バンドギャップ2.6eV程度
(今回は2度の範囲のみ
広範囲での測定を予定)

放射性不純物測定



元蓑輪研井上氏
HPGe測定

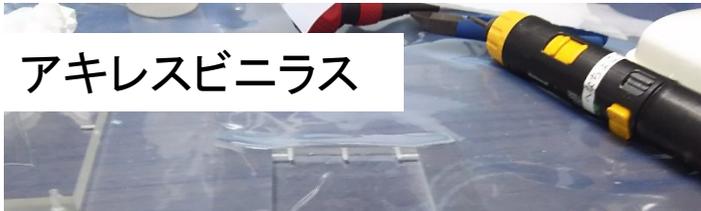
TABLE 3. ^{238}U and ^{232}Th measurement results using the HPGe detector. The uncertainties listed are statistical errors.

Sample	^{238}U upper stream [10^{-6} g/g]	^{238}U middle stream [10^{-6} g/g]	^{232}Th [10^{-6} g/g]	Note
PI100 μm insulator	0.38 ± 0.01	0.39 ± 0.01	1.81 ± 0.04	Current material
PI(75 μm)+epoxy(5 μm)	$< 2.86 \times 10^{-2}$	$< 2.98 \times 10^{-3}$	$< 6.77 \times 10^{-3}$	New material
表層材	$< 7.4 \times 10^{-3}$	$< 1.1 \times 10^{-3}$	$< 2.9 \times 10^{-3}$	lowBG μ -PIC材料
コア材	$< 15.9 \times 10^{-3}$	$< 2.2 \times 10^{-3}$	$< 3.1 \times 10^{-3}$	
アキレスビニラス		$< 6.1 \times 10^{-3}$	$< 3.1 \times 10^{-3}$	TPC材料候補

あからさまに汚くはない。 → 使用可能

工作

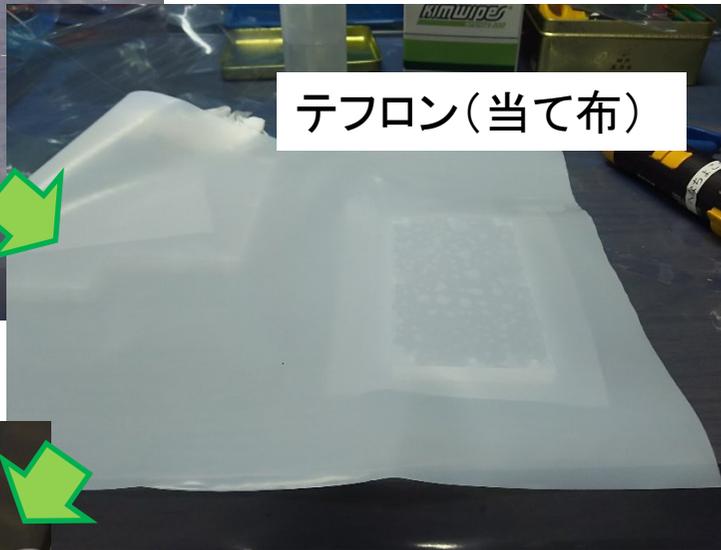
アキレスビニラス



アクリル板



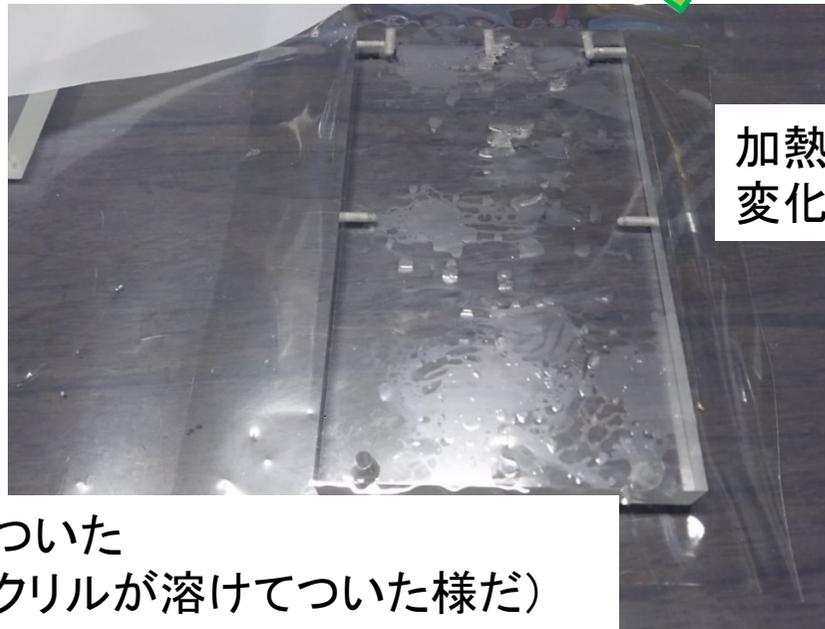
テフロン(当て布)



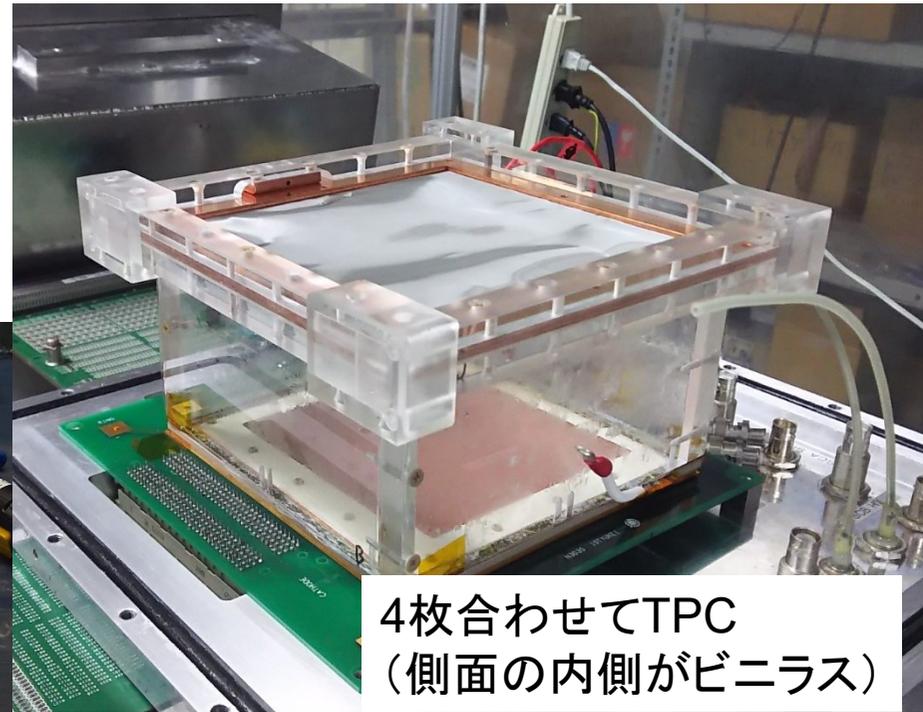
熱圧着



くっついた
(アクリルが溶けてついた様だ)

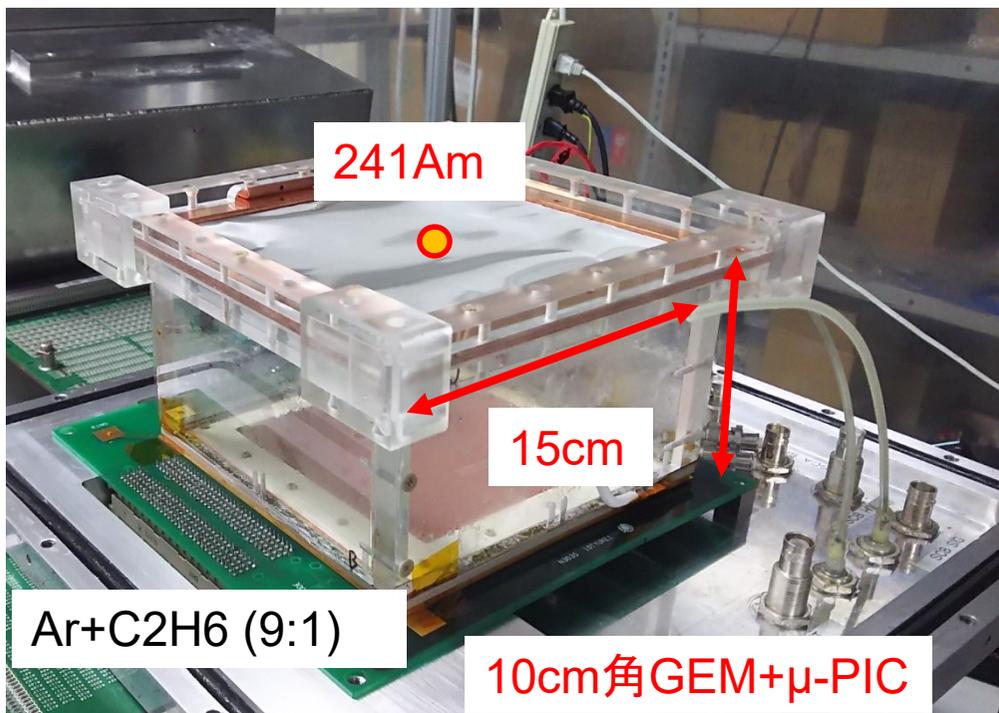


加熱前後での抵抗値の
変化はなかった

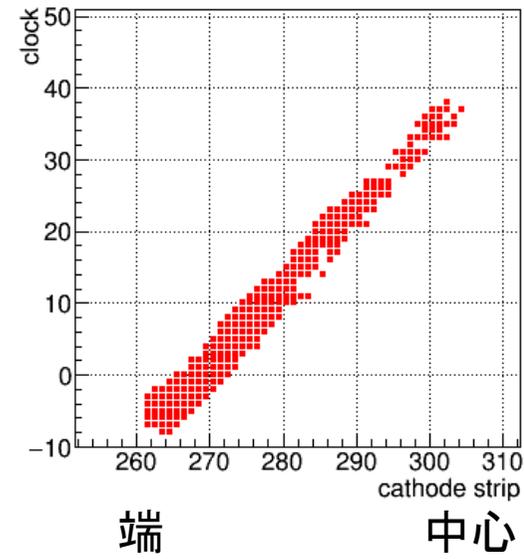
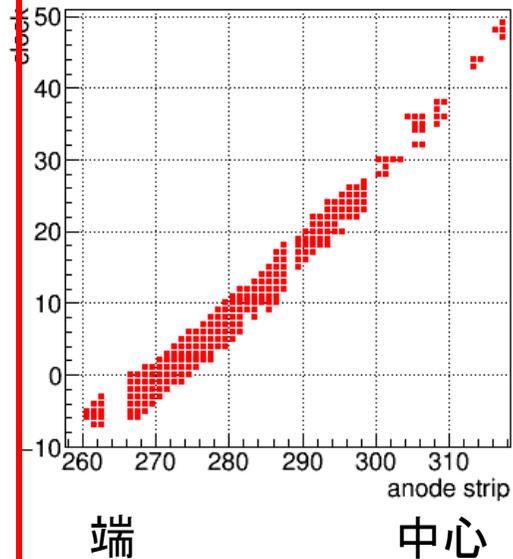


4枚合わせてTPC
(側面の内側がビニラス)

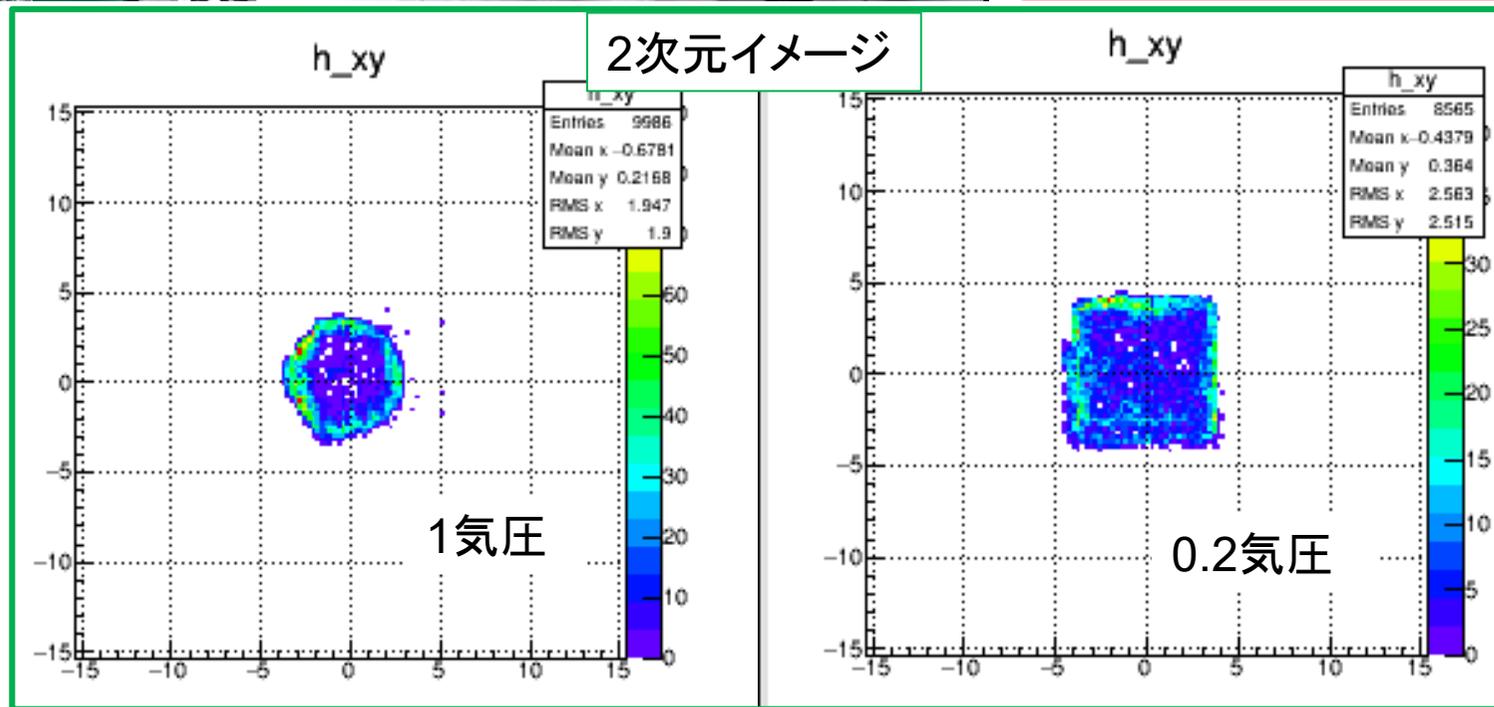
TPCとして試験



α線飛跡 (raw data)



飛跡がちゃんととれている。



動いている。
今後：定量評価・命名

まとめ

低 α μ -PIC完成（ありがとうございます）
→ 神岡地下での暗黒物質探索実験へ
低BG μ -PIC 材料目途は立った

低BG TPC 「アキレスビニラス」による試作機 動作良好
→ 定量評価、大型機製作へ