

NEWAGE実験56： 感度向上に向けた大型陰イオンガスTPC開発 および低エネルギー閾値のための研究

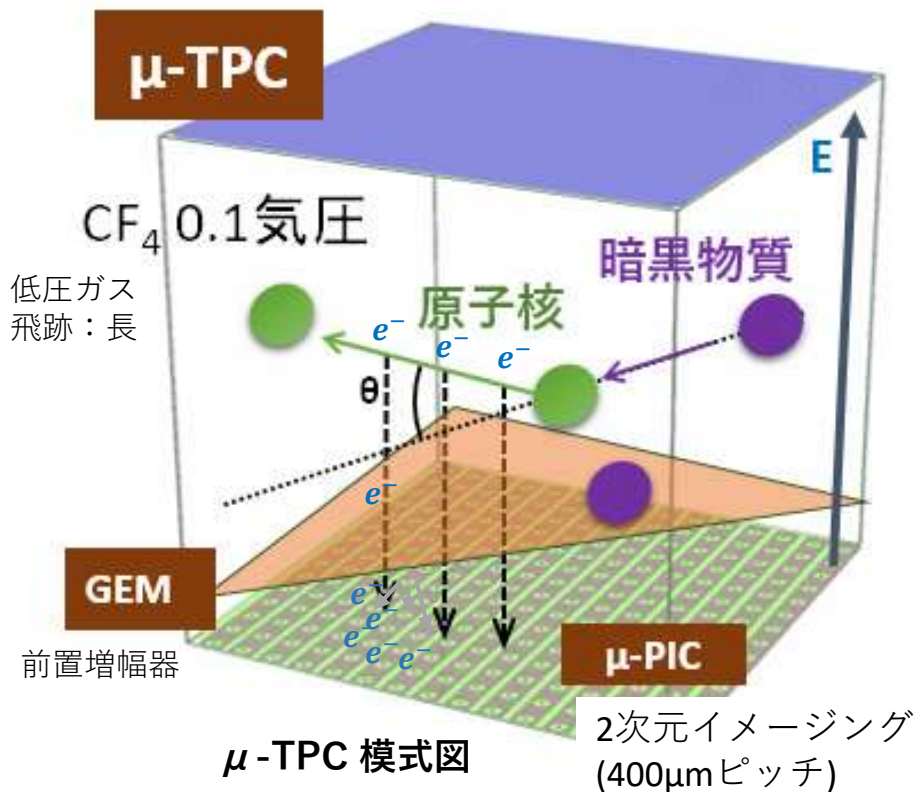
石浦宏尚, 身内賢太郎, 池田智法, 中村拓馬
島田拓弥, 中村輝石
神戸大理

- ◆NEWAGE
- ◆陰イオンガスTPC
- ◆CYGNUS/NEWAGE-1.0 TPC
 - ◆概要
 - ◆TPC製作進捗
- ◆低エネルギー閾値化
- ◆今後の予定・まとめ

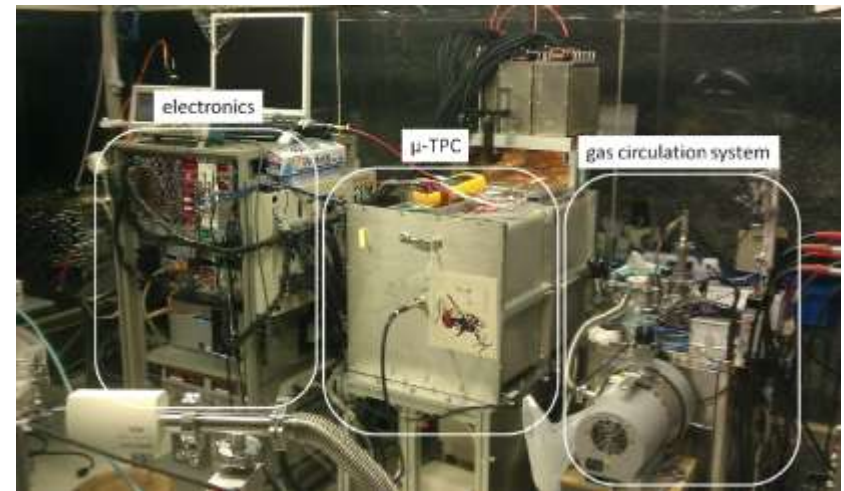
➤ **NEWAGE** (NEw general WIMP search with an Advanced Gaseous tracker Experiment)

3次元ガス飛跡検出器(μ -TPC)を用いた**方向に感度**を持つ暗黒物質直接探索実験

➤ 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とらえる



東京大学宇宙線研究所
神岡宇宙素粒子研究施設地下実験室Bで観測中



NEWAGE検出器 NEWAGE -0.3b' @神岡

30 x 30 x 41 cm³ volume

GEM, μ -PIC : MPGD(Micro Pattern Gaseous Detector)の一種

検出器 μ -PIC由来 α 線バックグラウンド(BG)により感度が制限

対策

➤低アルファ μ -PICの開発

➤素材選定 & 製作 (橋本隆 博士論文)

➤低アルファ μ -PICを用いた探索

➤2018年より開始 (Run22-)(池田智法 博士論文)

感度向上 & DAMA領域に向けて

➤ μ -PIC表面BGの削減

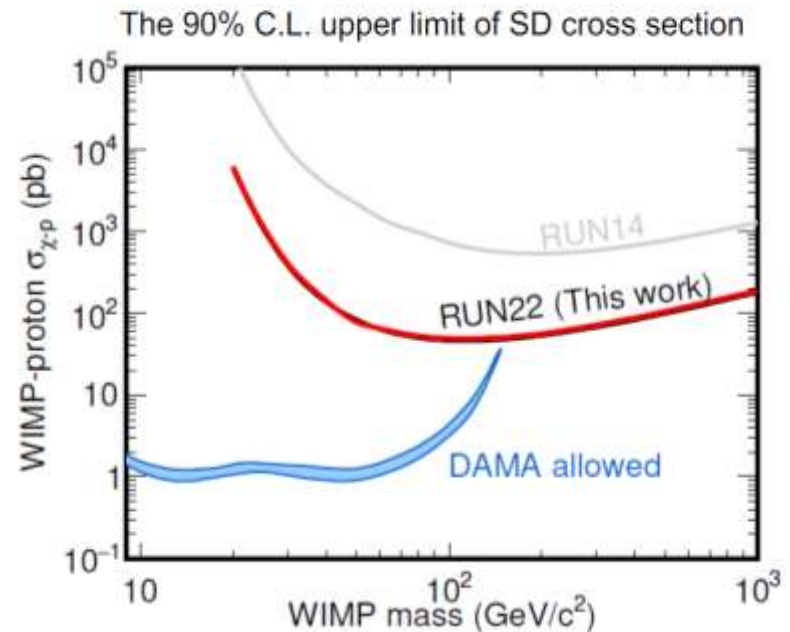
➤ 陰イオンガスTPCの開発・製作

➤絶対位置決定によるBG削減

➤大容積化による質量増大

➤エネルギー閾値低下への取り組み

	^{238}U [ppm]	^{232}Th [ppm]
Standard material (PI+glass cloth)	0.39 ± 0.01	1.81 ± 0.04
New material (PI+epoxy)	$< 2.98 \times 10^{-3}$	$< 6.77 \times 10^{-3}$



池田智法 博士論文

◆陰イオンガスTPC – 電子より重い陰イオンをドリフト

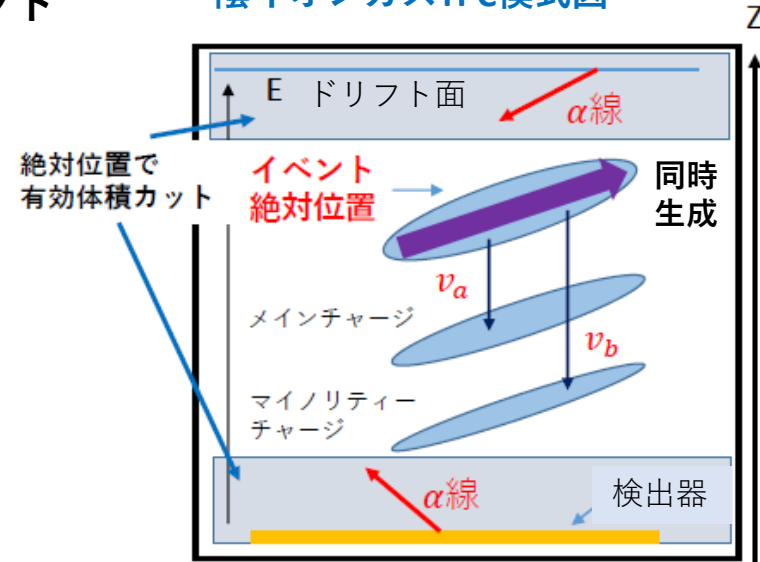
- 電子に比べ**拡散小**
- **絶対位置決定**でBG有効体積カット(右図)

複数種陰イオンドリフト速度差
→絶対位置決定

CS₂(DRIFT(英))、その後SF₆で実証(N.Phanら)

Astropart.Phys. 91 (2017) 65-74

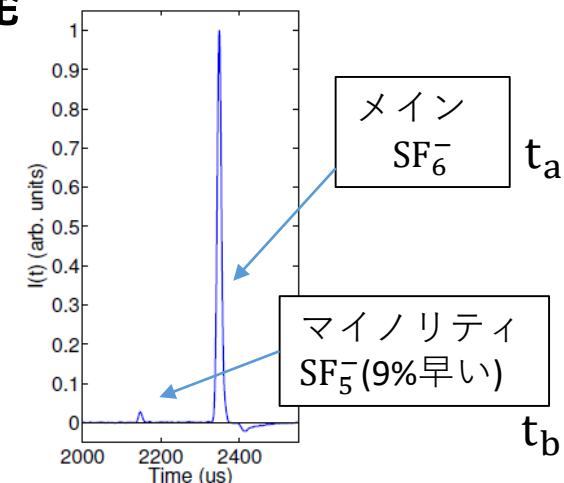
陰イオンガスTPC模式図



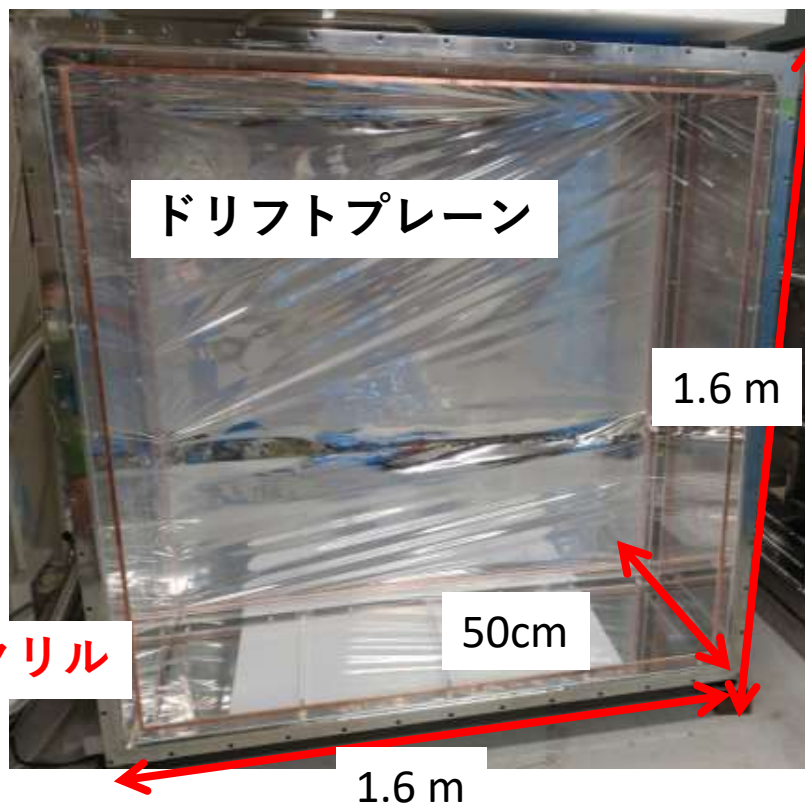
◆陰イオンガスTPC開発に向けて

- 陰イオンガスTPC 開発
 - 島田拓弥
- 陰イオンガス/液体Ar TPC エレクトロニクス開発
 - 2019 JINST 14 T01008
- 陰イオンガス中MPGDシミュレーション
 - 石浦 arXiv:1907.12729 など
- 大型陰イオンガスTPC製作 **本講演**

$$\text{絶対位置} z = (t_a - t_b) \frac{v_a v_b}{v_b - v_a}$$



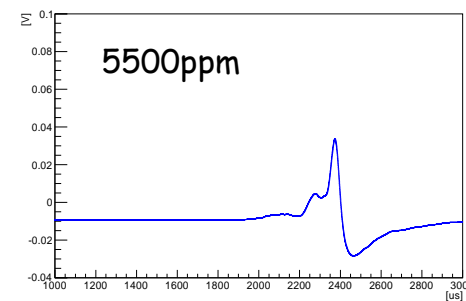
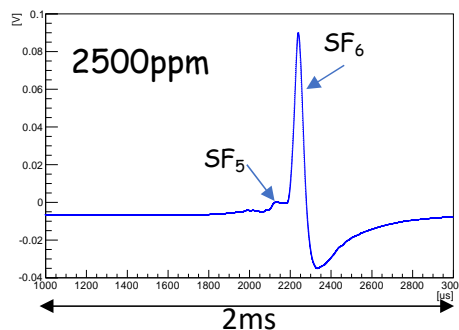
➤ フィールドケージ(抵抗シート or チェーン)支持体として**アクリル**を利用



- 放電防止
- PEEK等に比べコスト小
- 小型TPCで実績あり

ただし

- 水分を吸収しやすい→H₂Oアウトガス
- SF₆ガス中H₂O量→波形に変化



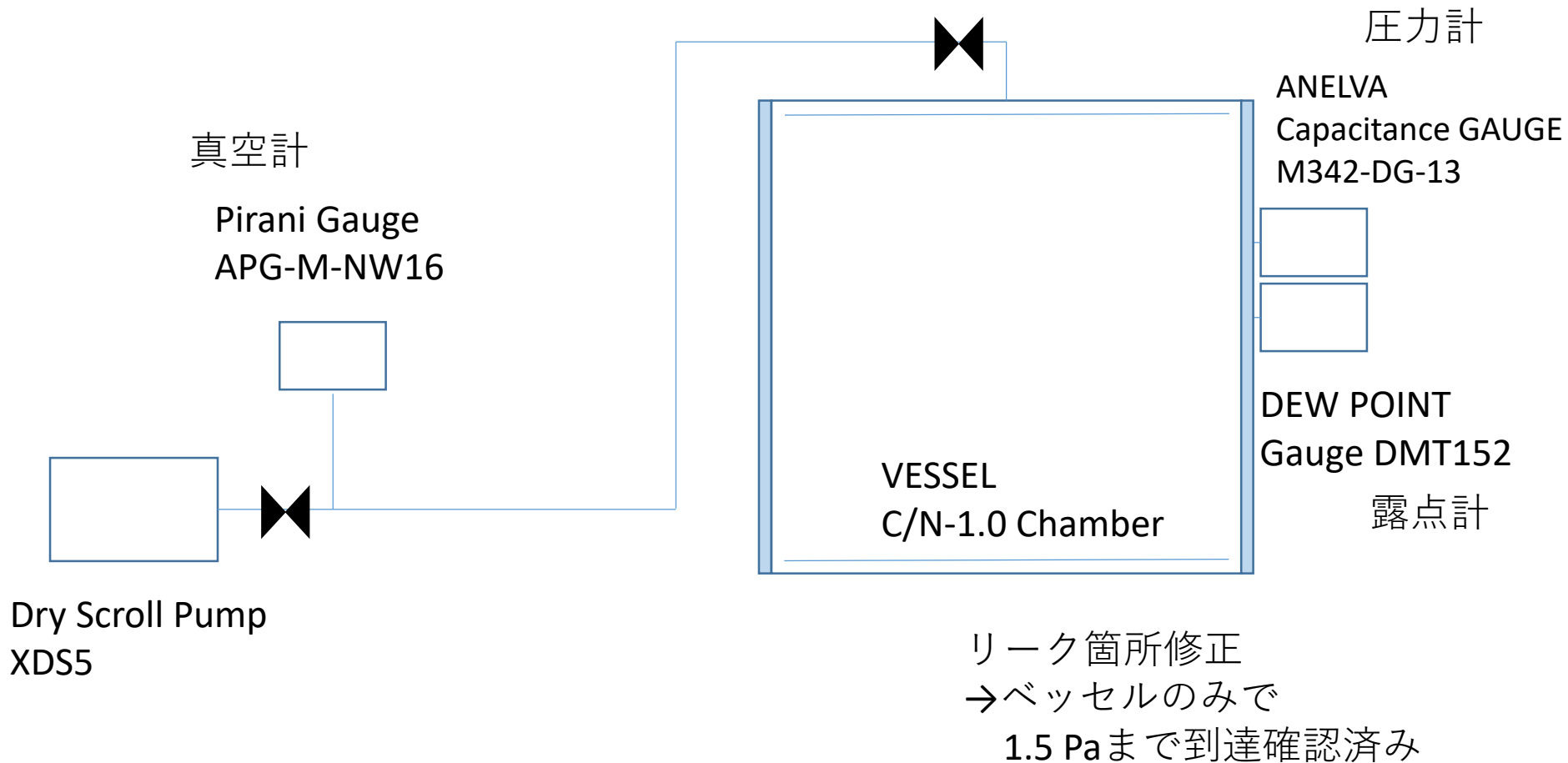
池田智法 JPS第73回年次大会Talk

→要請値 5000ppm 以下

水分量が波形変化 = z絶対値決定に影響

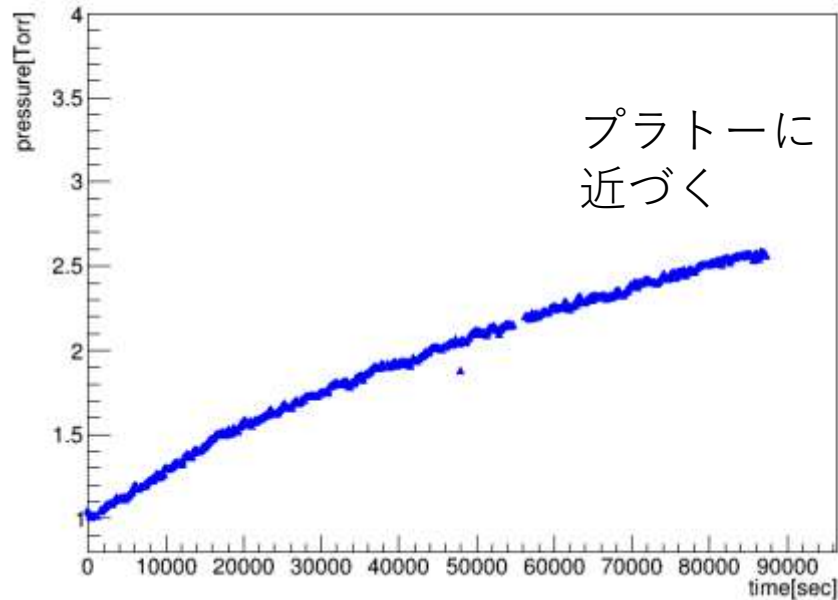
➤ アクリルからの水分を低減・コントロールする必要

- ▶ アクリルフィールドケースをベッセルに入れ
 - ▶ 真空引き後の圧力および水蒸気量（露点計より）をモニタ



➤ 真空引き停止後の圧力と水蒸気量

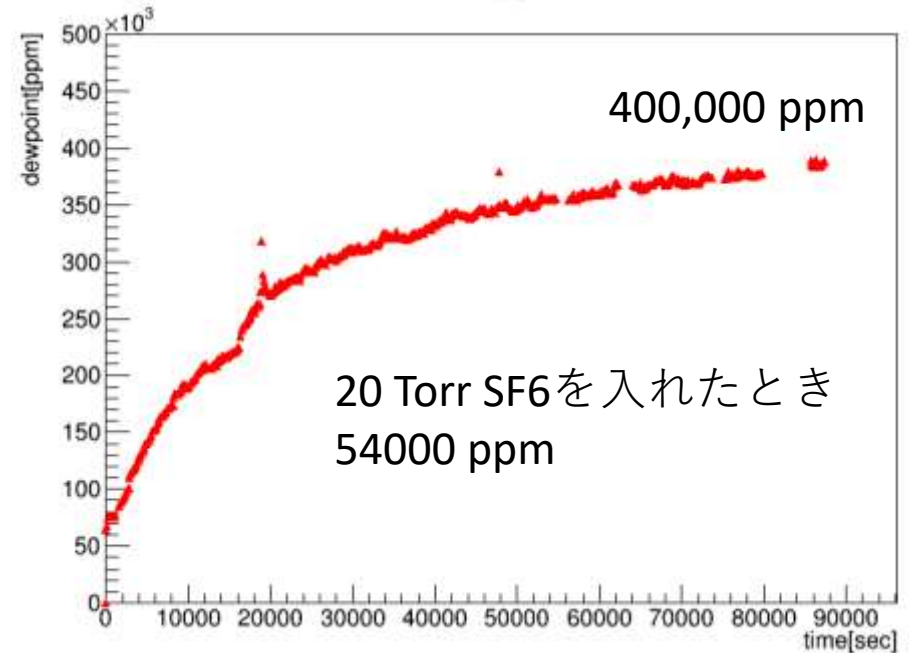
ベッセル内圧力



真空引き停止後からの経過時間

用いた圧力計の感度が1 Torr付近から

水蒸気量



真空引き停止後からの経過時間

アクリルからの水蒸気アウトガス
→多い = SF6波形に影響
→対策必要

対策として (案)

➤ H₂Oをゼオライト系吸着剤を用いて吸着

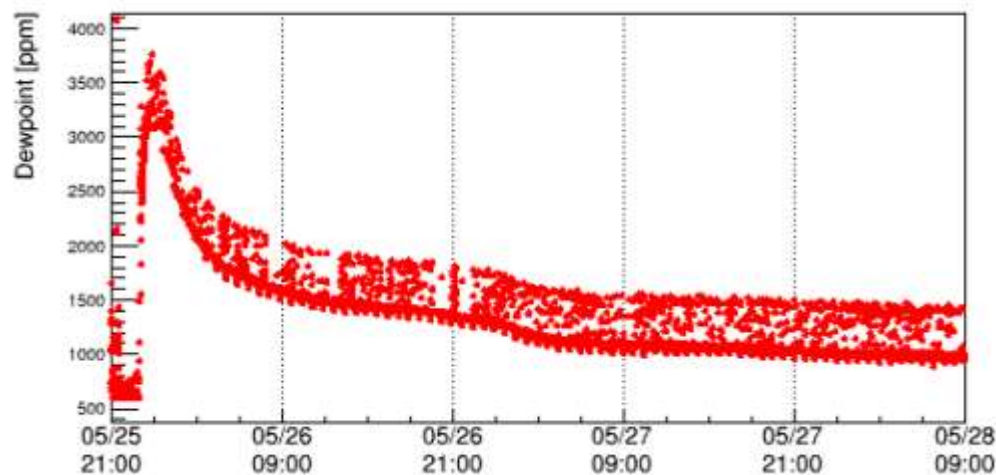
- 小型チェンバー(10 cm角 x 16cmドリフト、アクリル利用)での実績 (図)
- 必要量、流量など検討中 → 大型TPCでの試験へ

ゼオラム (吸着剤)



流量 0.3 L/min SF6

H₂O含有量の経過

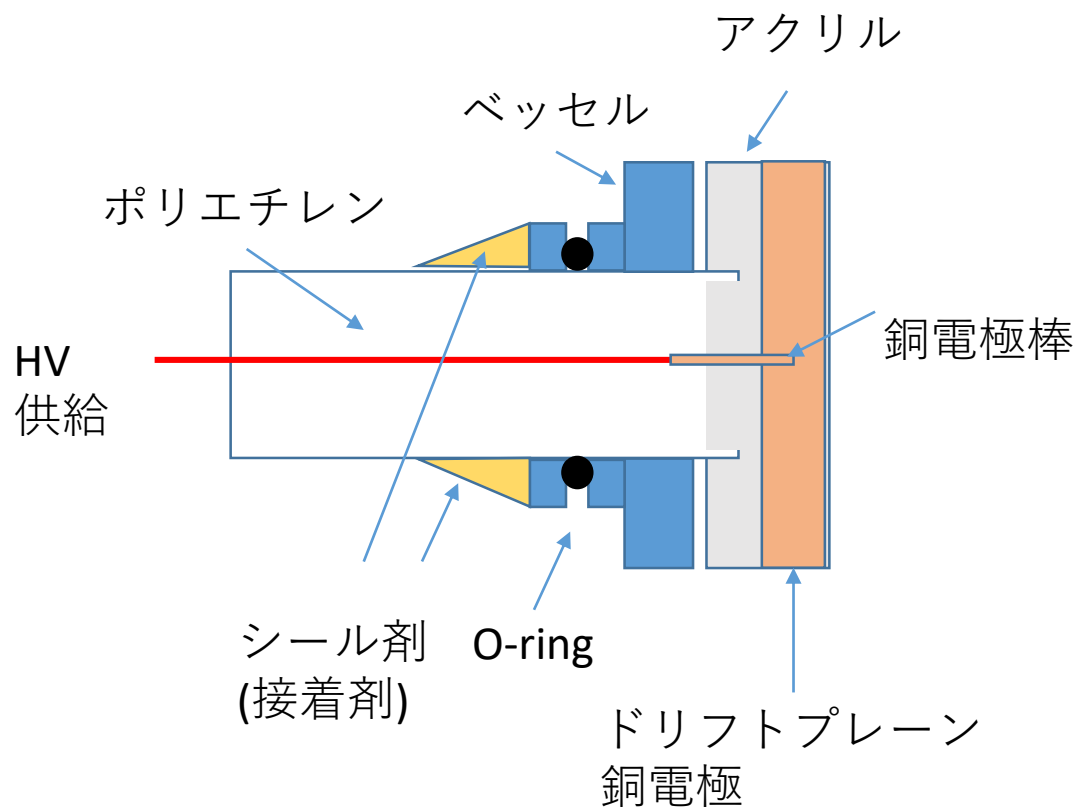


池田智法 2018年 TPC研究会@京都大学

SF₆ガス大きなドリフト電場必要 - ドリフトプレーンへの50 kV印加

➤ 放電対策としてポリエチフィードスルーを使用予定

- バックアップとしてCockcroft-Walton回路
- 当初アライメントのズレ→再加工発注 & 修正済み



現状：空气中で-12kV印加時に放電

➤ 放電箇所候補

ドリフトプレーンと
ベッセルの間
(アクリルの隙間)



フィードスルー周り

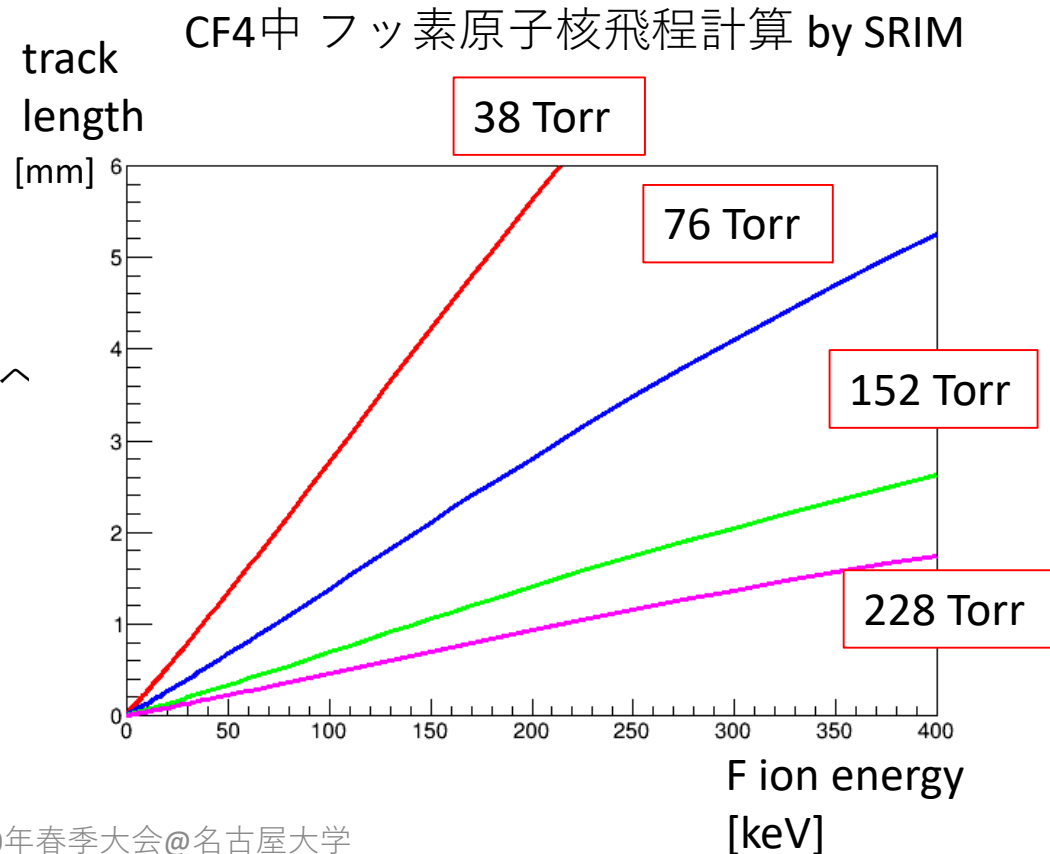
→箇所特定、対策含め対処中

エネルギー閾値の低下（現状検出器アップグレード）

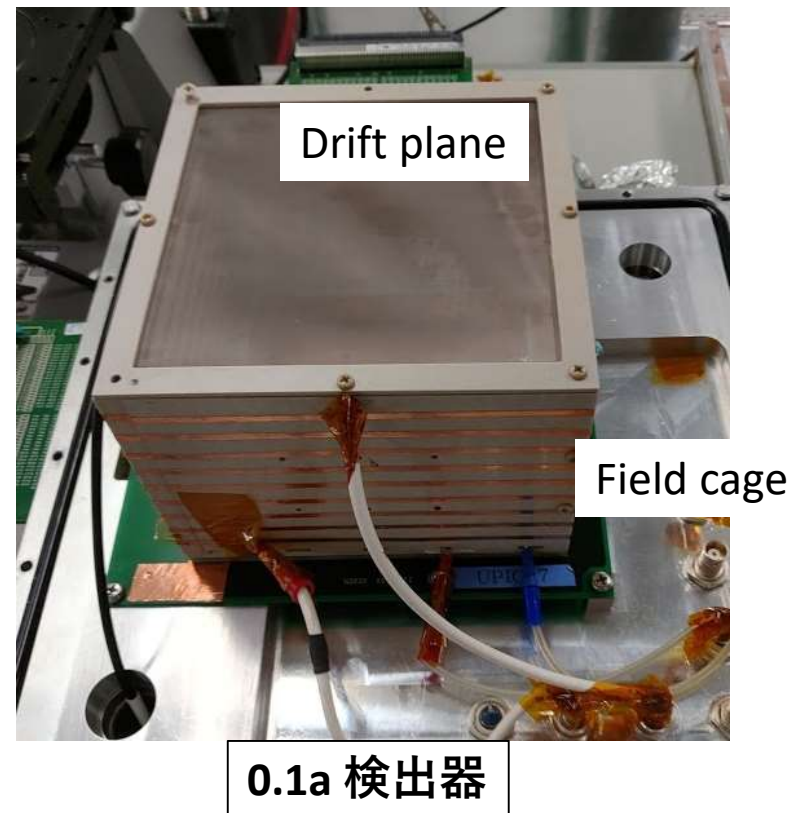
- **ガス圧**：現行の76 Torrから下げ(38 Torrなど) 原子核反跳飛跡：長
→低エネルギー事象にも感度
→感度向上、低質量暗黒物質への感度向上へ

取り組み

- ガスゲイン
 - 低エネルギー側calibration
 - TPCとしての動作
- 等を現行より低圧下確認し物理測定へ



- 動作確認
 - まず10cm角uPICを用いたTPCで実証へ
 - その後神岡地下で測定へ
- 現在10cm角uPICを用いたTPC(0.1a)で動作確認に向けて準備中 (写真)



今後

- H₂Oアウトガス対策 & フィードスルー高電圧試験
- 陰イオンガスTPCを開発・製作し暗黒物質探索へ
- 低エネルギー閾値化に向けたstudy、測定へ

まとめ

- NEWAGE
 - 低アルファ μ -PICを用いて方向に感度を持つ探索で感度更新
 - 大型陰イオンガスTPCを開発・製作し低BG化 & 大質量化を目指す
 - 同時にエネルギー低閾値化へ
- フィールドケージに用いるアクリルのアウトガス確認
 - 低減確認しTPC構築へ