

気液2相型アルゴン光検出器 による暗黒物質探索

(ANKOK実験)

寄田浩平, 田中雅士

鷲見貴生, 木村真人, 鈴木優飛, 中新平

菊地崇矩, 矢口徹磨, 竹村祐輝,

水江陽太, 飯島耕太郎, 高橋智栄

早大理工

10.Dec.2016 @ 柏キャンパス

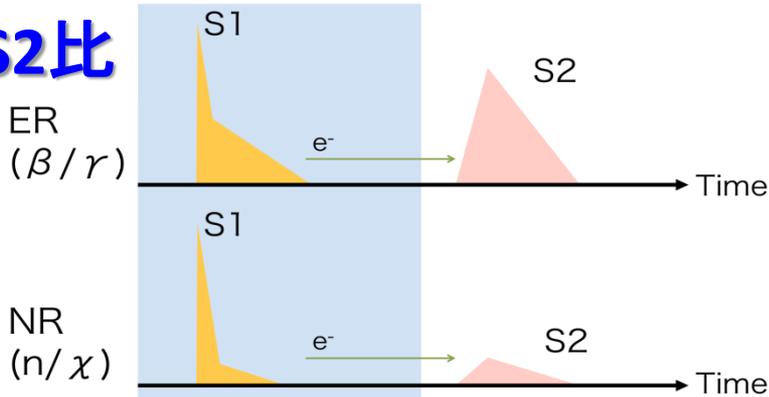
東大宇宙線研共同利用成果発表会

ANKOK実験

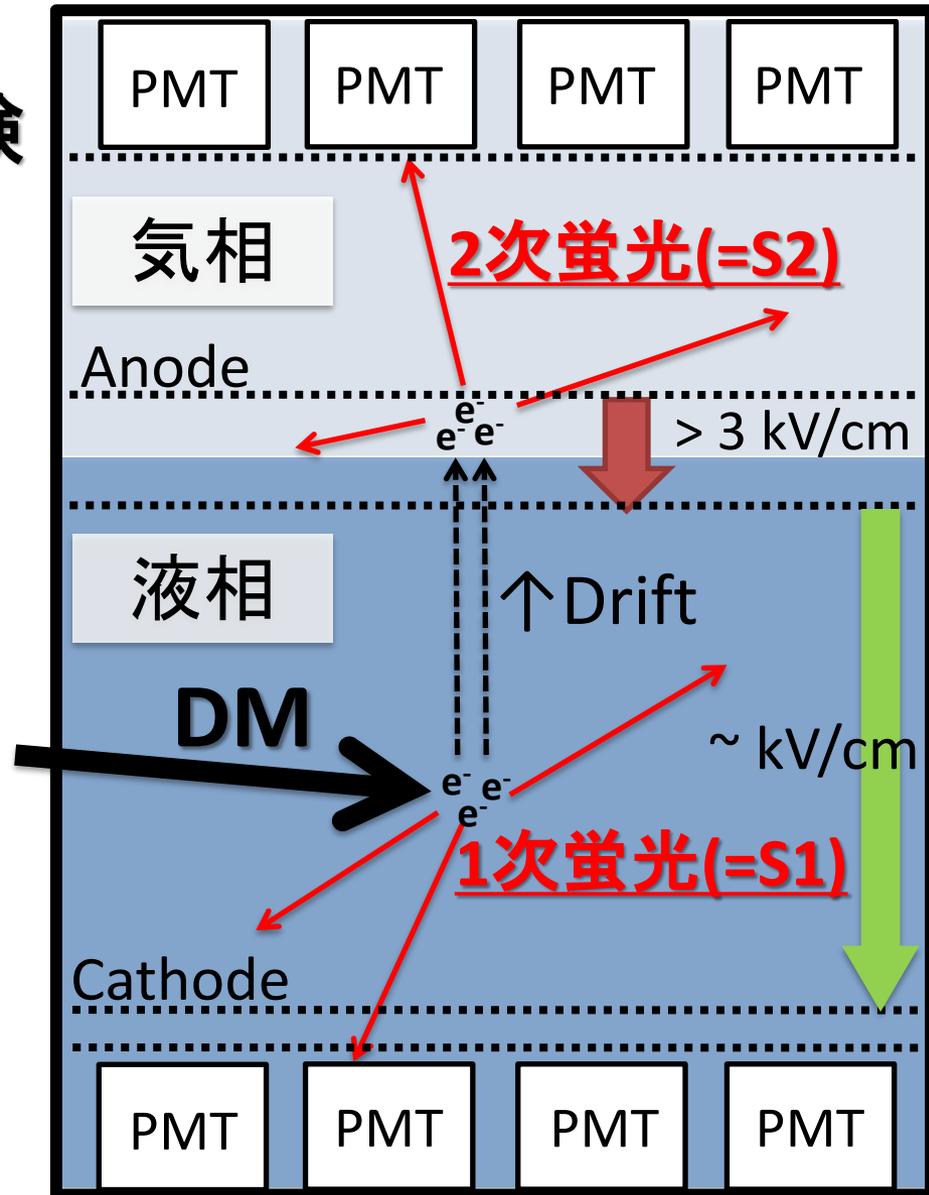
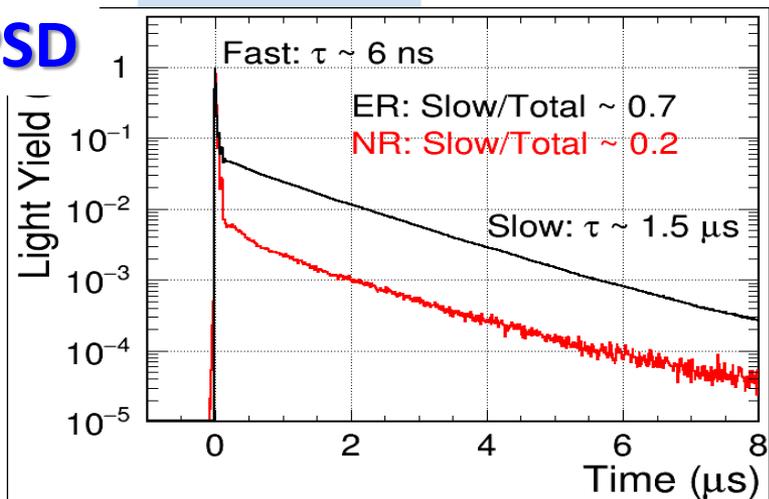
- ◆ 早大が推進中のAr気液
2相型暗黒物質探索実験

- ◆ 強力な γ 線分離能力:

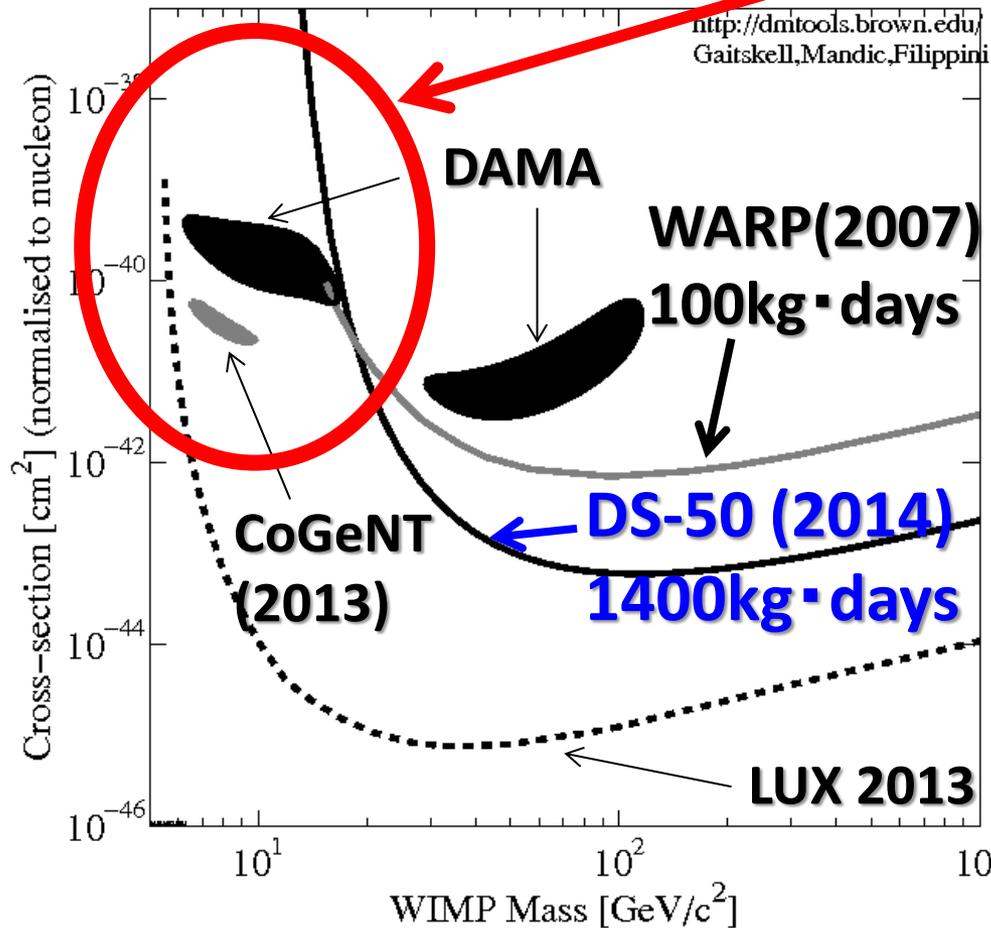
S1/S2比



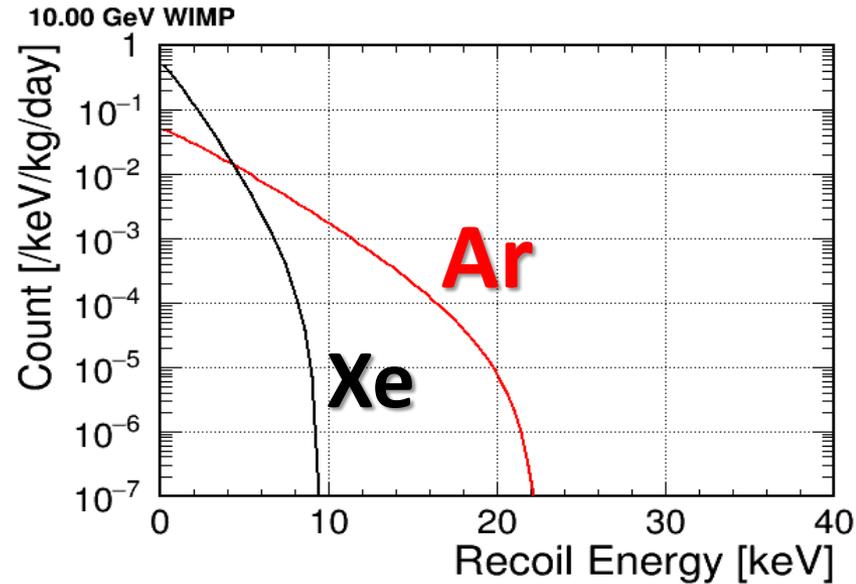
S1 PSD



ANKOK実験のターゲットと課題



□ 10GeV WIMPの反跳



→原子核反跳 20 keV以下の探索のための開発が鍵

★DS50, WARP: 40keV以上

- ① ^{39}Ar の観測とER事象除去力評価(環境 γ 線のシールド等)
- ② 本実験検出器の構築と最適化
- ③ 地上実験の完遂→地下実験における感度評価

環境 γ 線の測定と理解

◆ NaIシンチレータを用いて実験場所 (@早大)での環境 γ 線測定と分析

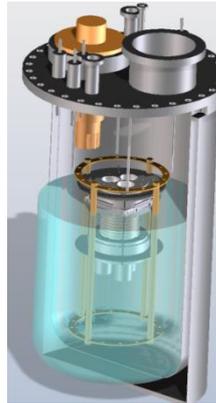
→ 各成分(U/Th/Cosmic等)のフラックス算出



◆ 液体Ar検出器への適用:

NaI測定で得た成分比とフラックスで環境 γ 線を入射

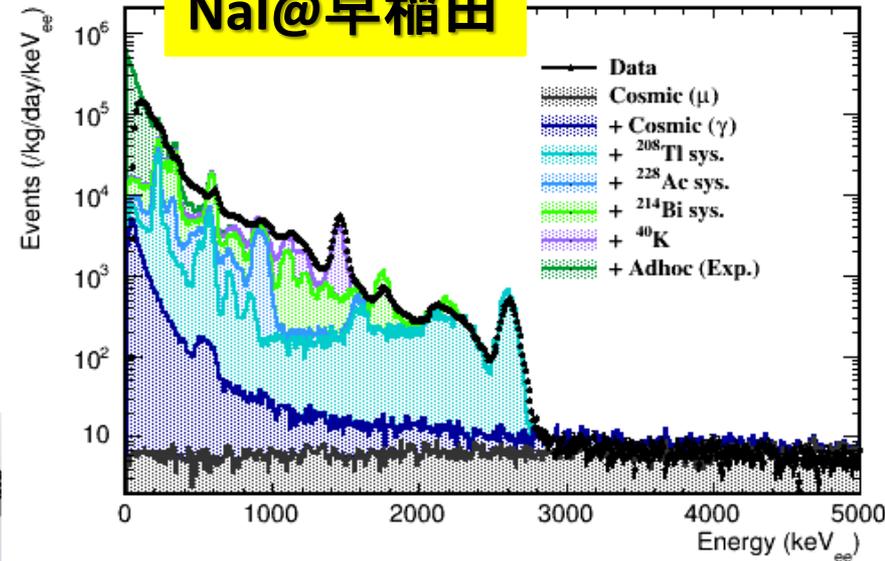
★ 独自の液体Ar応答モデル
★ G4シミュレーション構築
→ シミュレーションが非常に良い精度でデータを再現



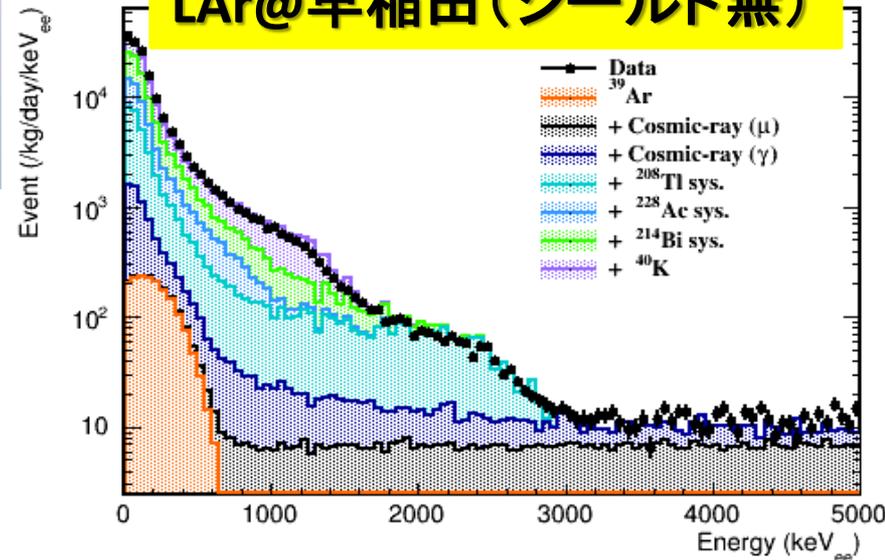
→ 内部BG(^{39}Ar (1Bq/kg)) < 環境 γ

^{39}Ar (や他の内部BG)の理解のためにはシールドによる環境 γ 線を削減が重要

NaI@早稲田

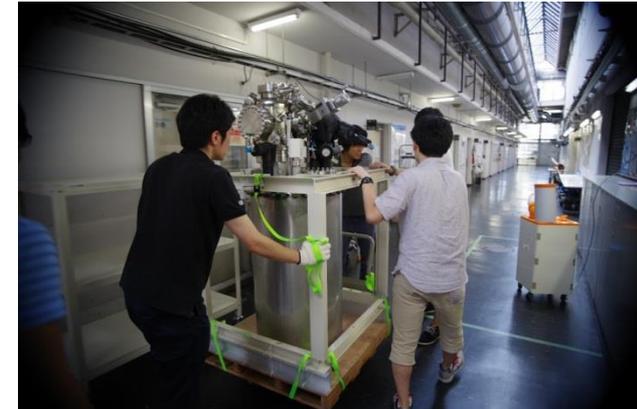
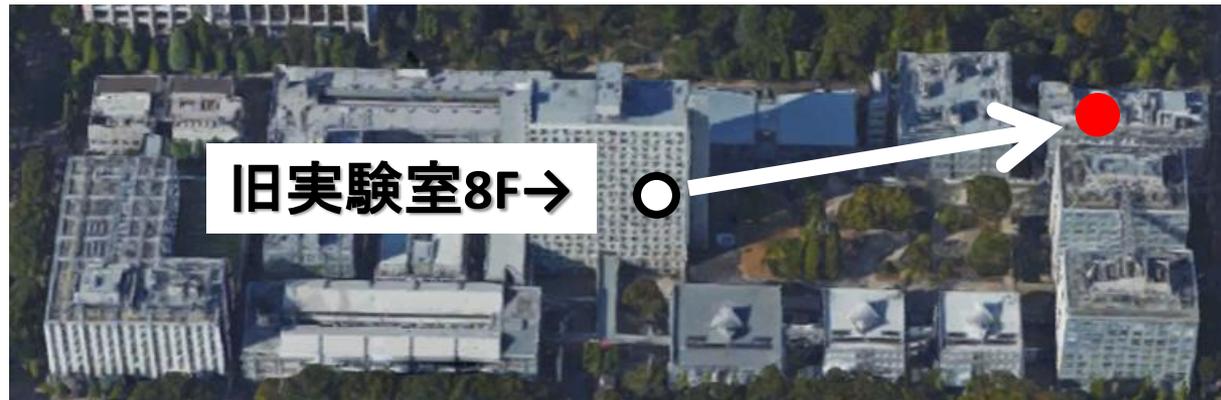


LAr@早稲田(シールド無)

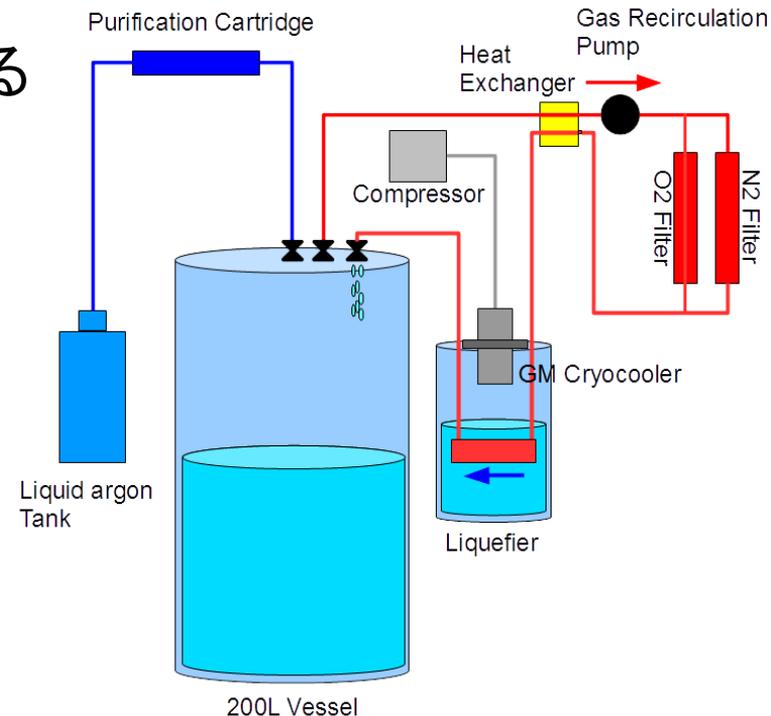


テストスタンド増強

◆地上8Fから**半地下実験室**へ移設@西早稲田キャンパス



- 地上実験に向けて十分な**床耐荷重**を有する実験室(65号館半地下)を確保
 - 実験装置移設完了(2016年10月)
 - **約4トンの鉛を検出器外周に設置(10cmの鉛シールド)**
- 液化機の新規導入(旧75L容器を流用):
 - 液化装置の切り離し
 - 純Arを循環しながら液化可能
 - 長期のAr純度維持・向上

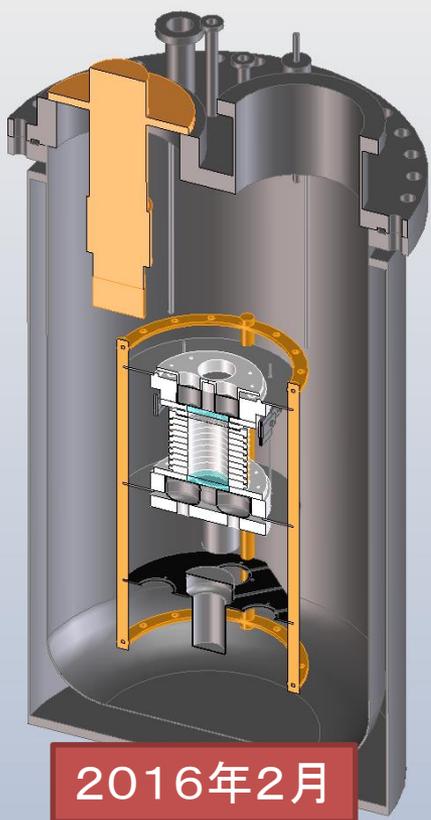


プロトタイプ検出器と10月のRun

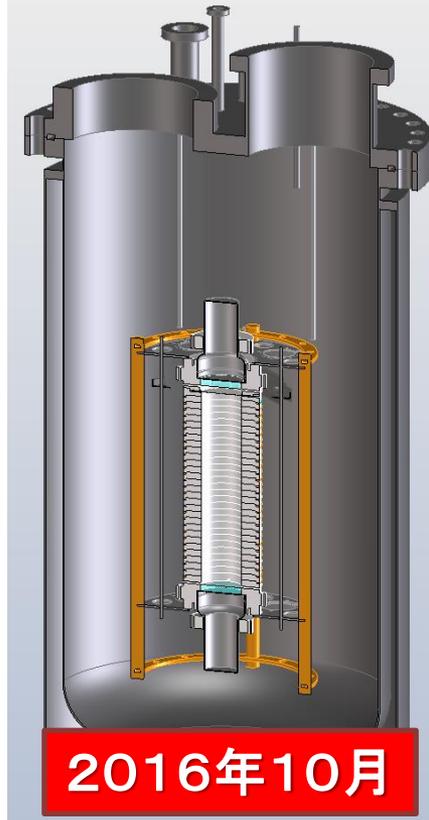
◆ 鉛直方向: $z = 10 \rightarrow 30\text{cm}$ に延長

→ 高電圧 ($> 1 \text{ kV/cm}$: $> 30 \text{ kV}$)印加、電場形成の検証

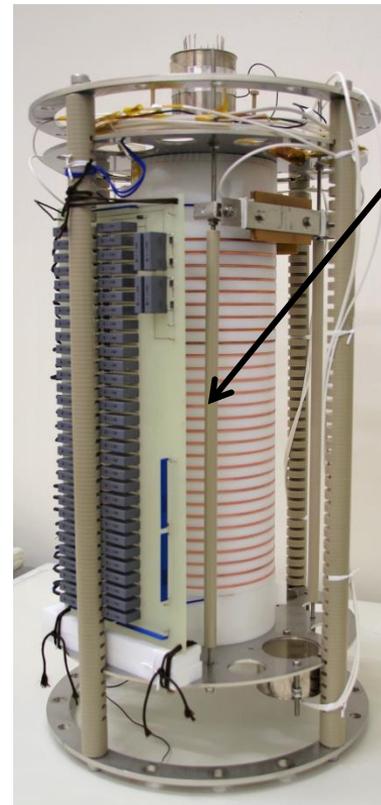
→ 鉛シールド効果の検証とAr39の(初)観測



2016年2月



2016年10月



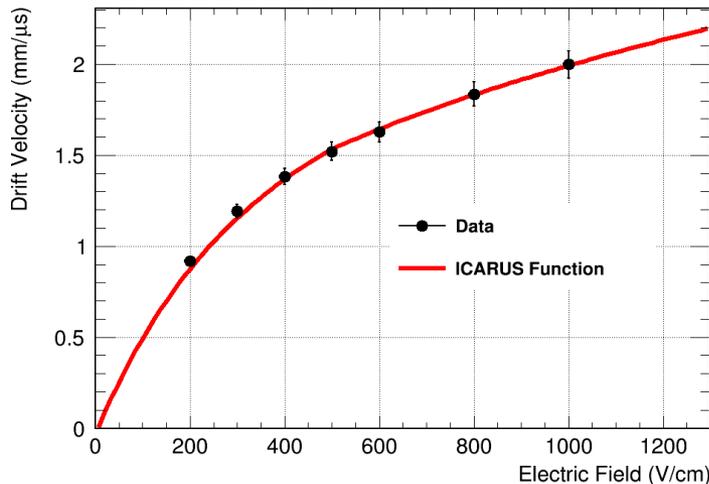
30段CW回路の
設計・製作完了
(電場成形・一様性
はFEMTETで評価)

→ 10月のRunにて、
最終段電圧40kV
(1.3kV/cm)を達成。

★ ただし10月の実験は充填速度と実験期間の制限により、途中から液体フィルターを通さず、バイパスラインから充填(高純度(H_2O , O_2))を断念) → 2月/3月にリベンジ実験を予定。

種々の検出器特性

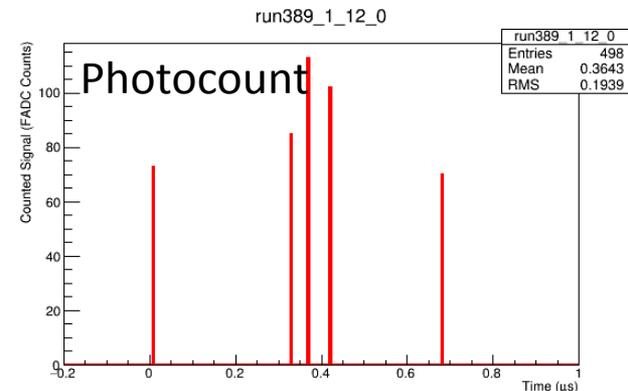
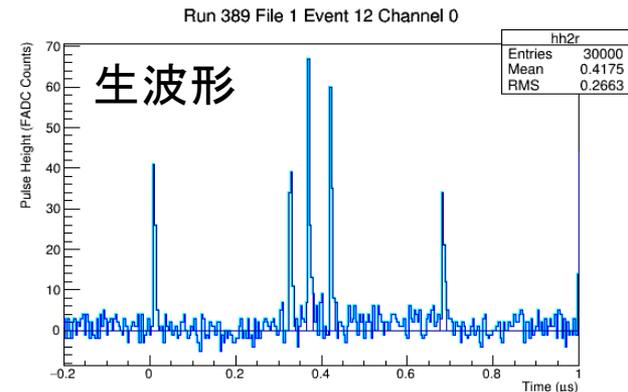
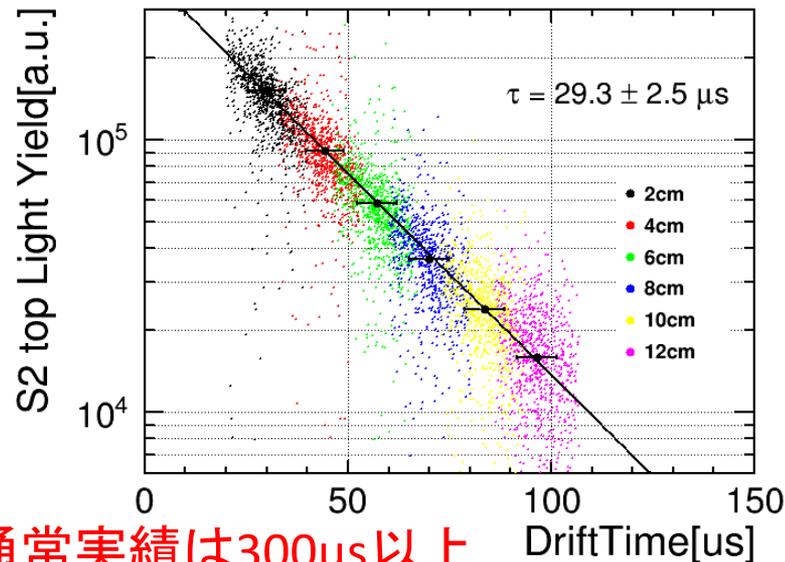
◆ ドリフト速度と電場の関係



◆ PMT: Negative HVに変更

- ✓ 気相中でも十分な印加電圧
- ✓ アンダーシュートの改善
- 高精度で1光子検出が可能に

◆ S2減衰による純度評価

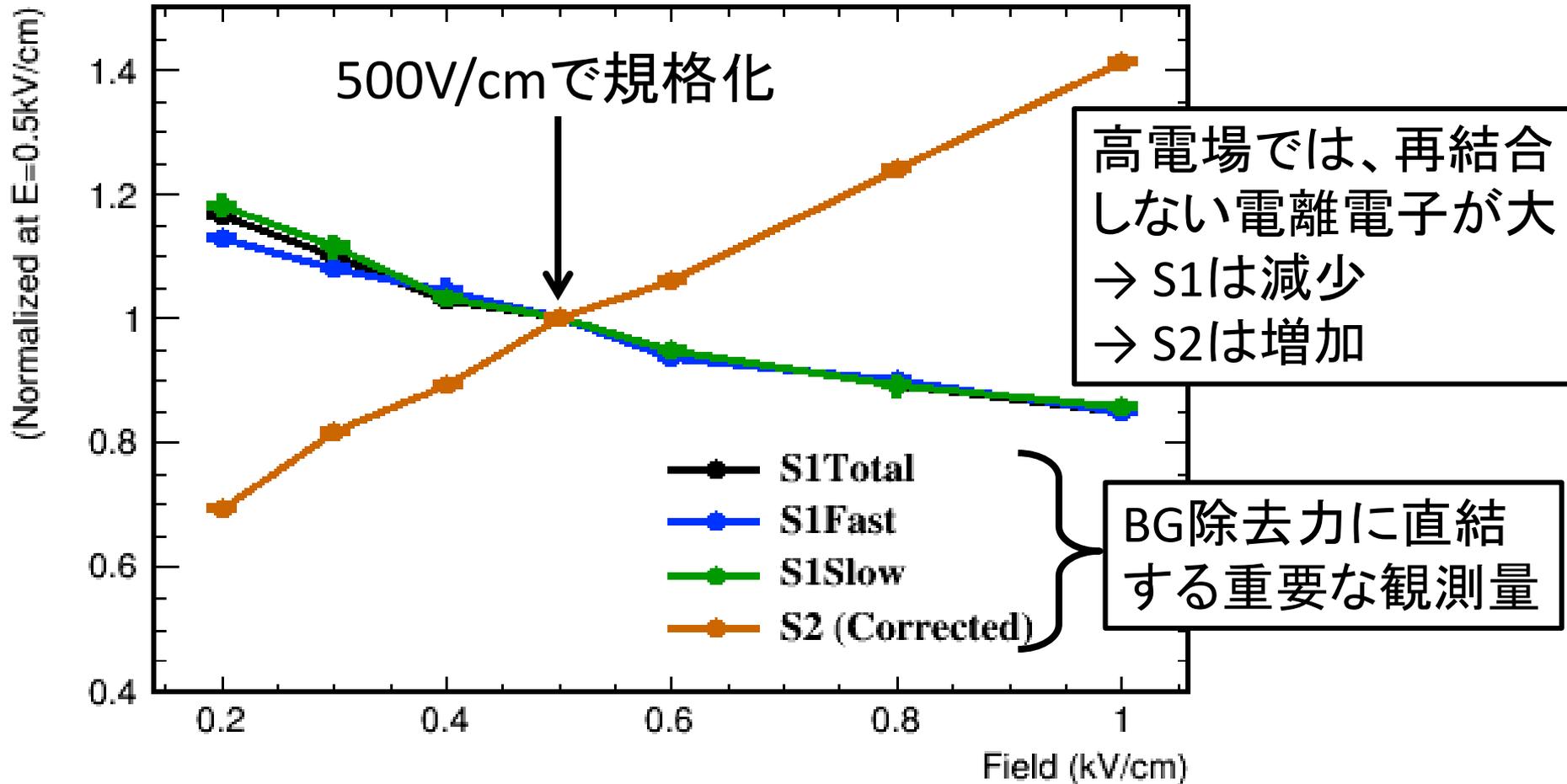


★ 通常実績は300μs以上

★ これは約2KeVeeのER事象に対応

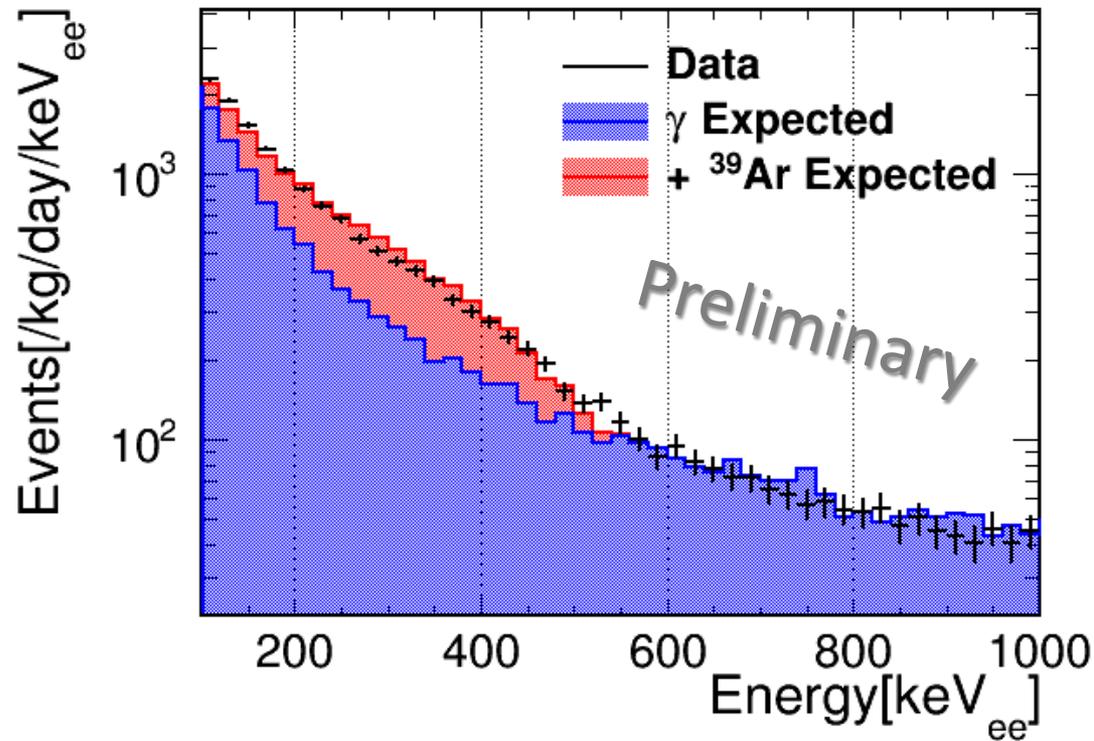
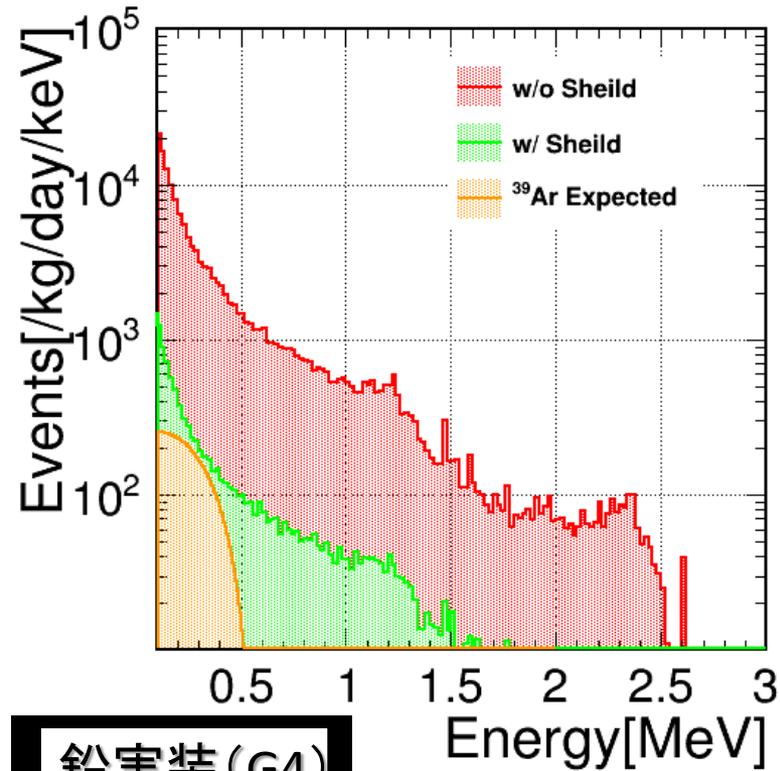
電場依存性

◆データ: 各電場で ^{60}Co を@液面下8cmからコリメートして入射



→ 再結合因子の電場依存性のモデル化に非常に有用なデータを取得:
今後、シミュレーションに実装し、最適なOperation Point設定に役立てる。

^{39}Ar (1Bq/kg) の観測



鉛実装 (G4)

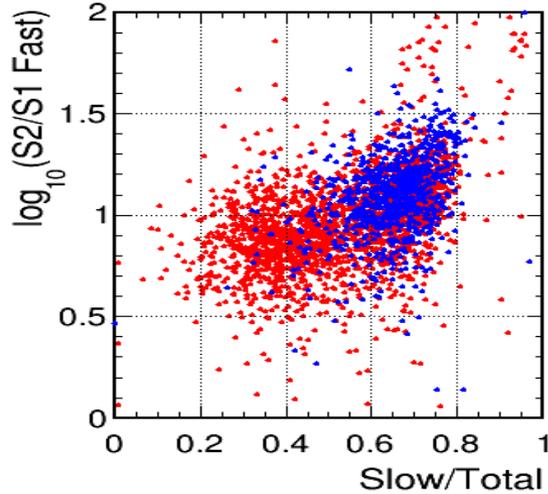


- ◆ 期待通り、 ^{39}Ar 成分の初観測に成功
とくに低エネルギー閾値付近を詳細に解析中。
($\sim^{39}\text{Ar}$ のオーダーの確認 \rightarrow 必要条件の算出)
 \rightarrow ^{39}Ar は、粒子識別で除去する必要があるため、
PSD & S2/S1によるPIDの評価・最適化が実験の鍵。

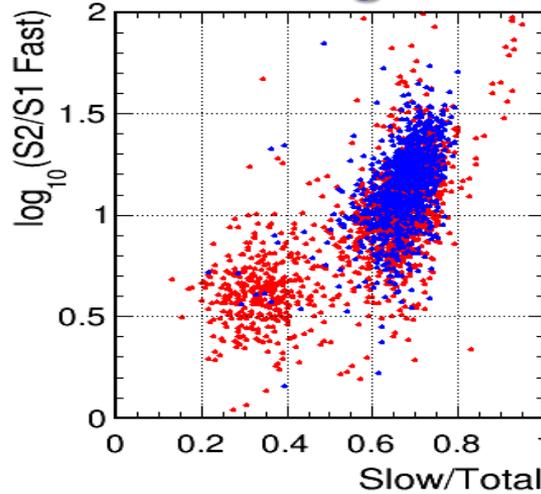
2D-PID分布(S1PSD vs S2/S1)

赤: ^{252}Cf 線源データ、青: Backgroundデータ

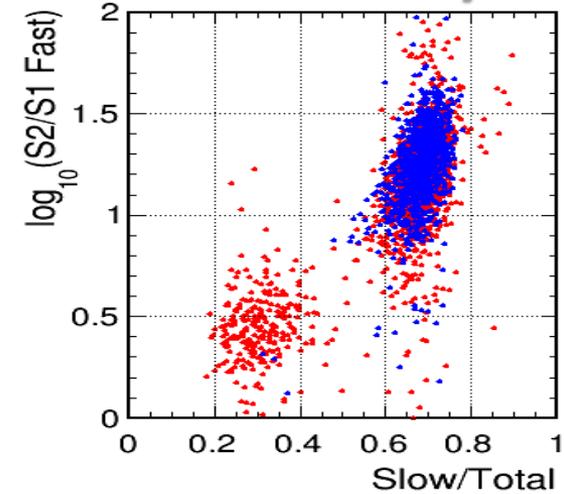
E = 500V/cm



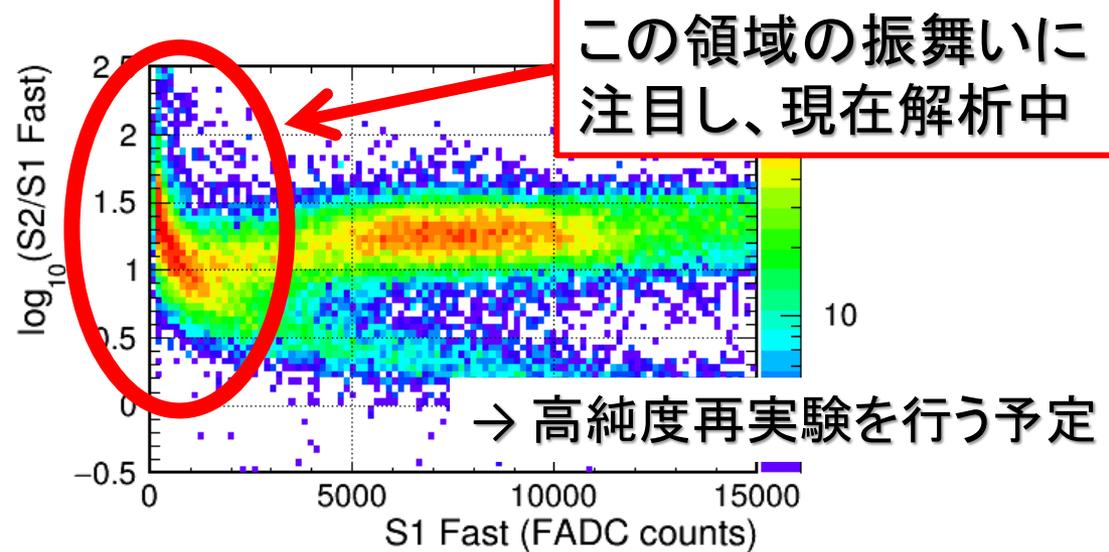
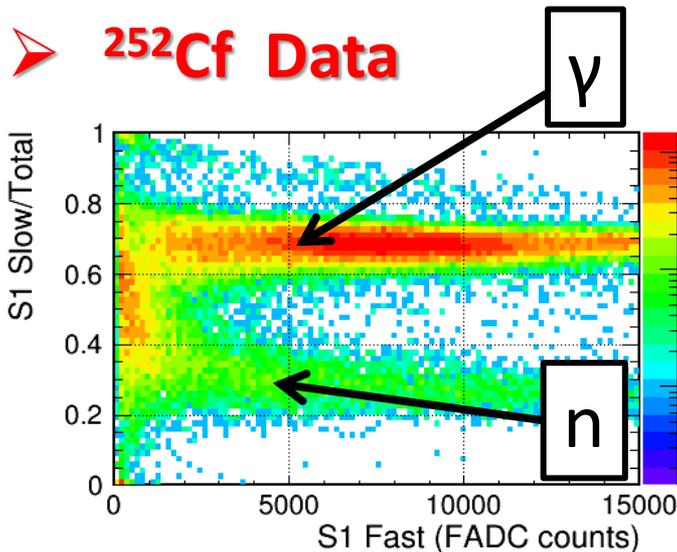
20KeVnr領域



50KeVnr領域

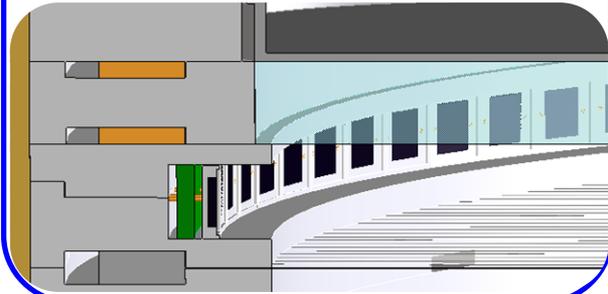


80KeVnr領域



本検出器の構築状況

VUV MPPC

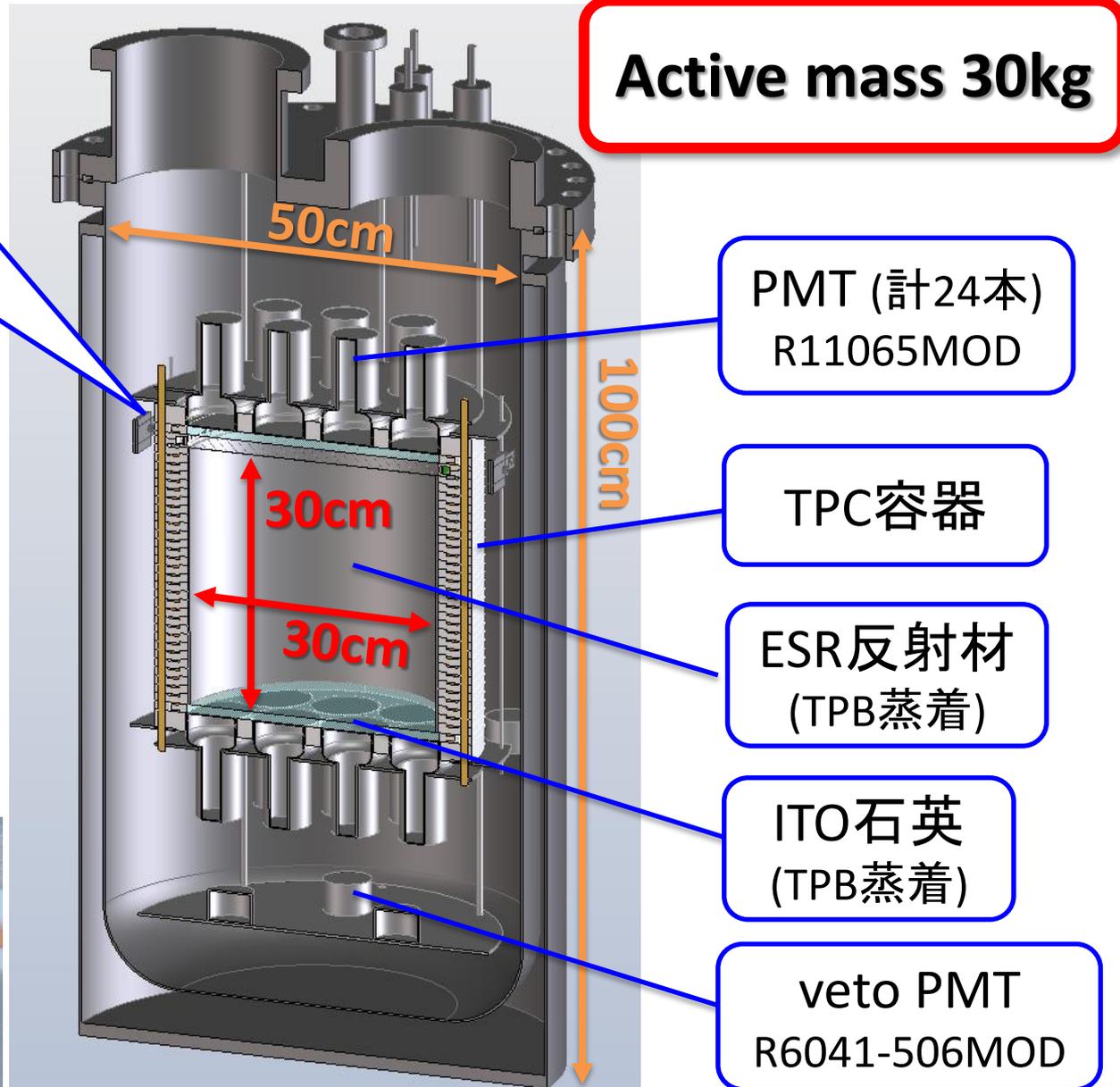


VUV-MPPC実装試作



↓ 6mm角 MPPC

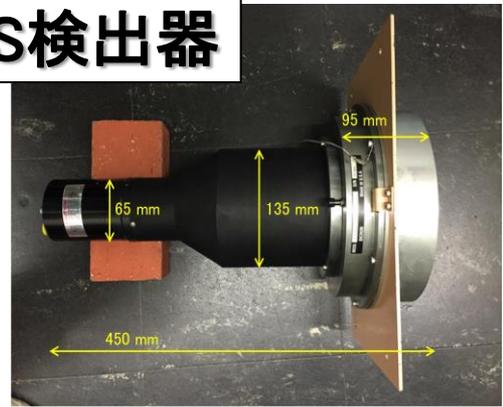
← x8パッケージ品



環境中性子測定@Lab-B

■ 神戸大・大阪大・名大・東大宇宙線研と協力して推進中(中性子測定コンソーシアム)

LS検出器

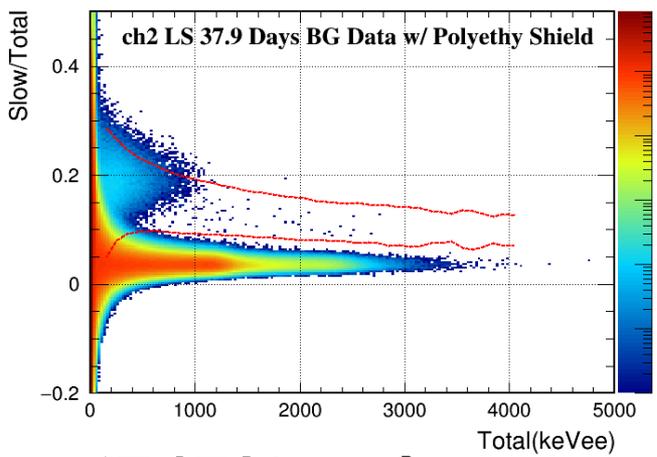


→ 鉛シールド



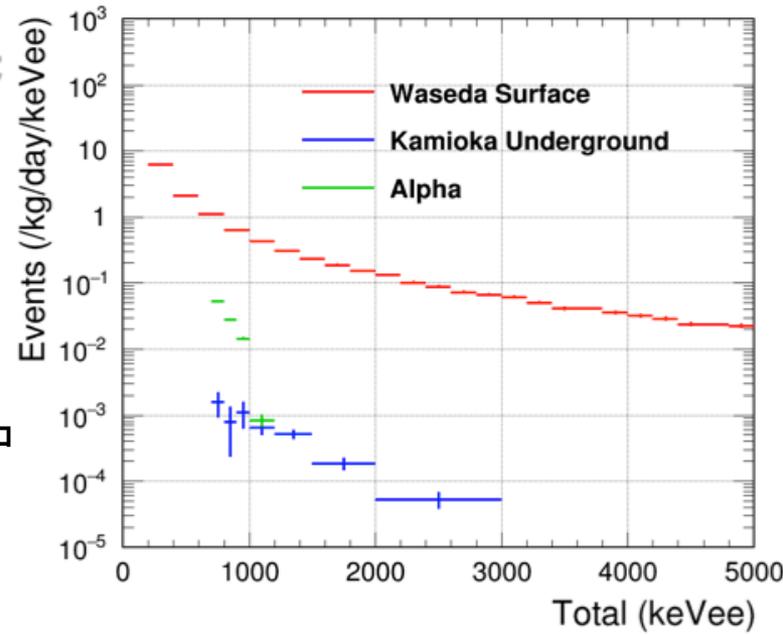
→ ポリエチシールド

◆ Kamioka Lab-B (Newage) での測定結果



← 内部BG(α線)により、800KeVee以下の測定が困難。

- 高純度のLS・容器への改善を検討中
- ³He測定(神戸大)



→ 信頼性の高い地下実験感度評価

まとめと今後の展望

□ 2016年度の査定額: 10万円(神岡出張費用(予定))

■ 現在、これまでの成果と今後の方針をまとめた
Technical Design Reportを執筆中(今年度末を目処)

■ 地上実験の完遂が最重要(今年度→2017年度):

有効質量30kg(in 200L) + シールドの設置(@早大内)

→ Ar39成分を初観測を達成、棄却力@低閾値を定量的に評価中。

→ 中性子測定は引続き行い、地下での感度評価に繋げる。

(低エネルギー領域: 液シン純化、He3との接続)

→ 部材の選定、Rn Filterの導入等も平行して進行中。

■ 今後も、地上で可能な限りの最適化を行うと共に、
2017年以降の本格的な地下データ取得に向けての議論
(施設面・安全面等)を継続的に行っていければと思っております。
来年度も引き続き、宜しくお願いします。