

高圧キセノンガス検出器を用いた ニュートリノレス二重ベータ崩壊お よび暗黒物質探索

中村 輝石(神戸大)

For the AXEL group

(京大、神戸大、KEK、ICRR、東北大、横国大)

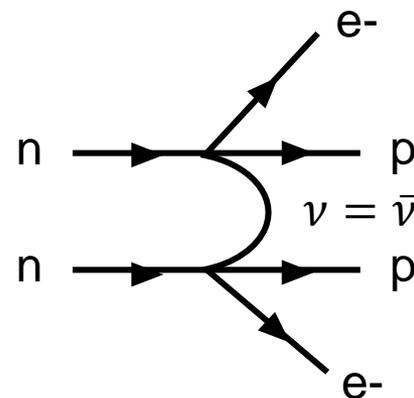
代表者:市川温子(京大)

予算

- もともとの使用予定は、将来、神岡で180Lの測定をするために相談に伺うための旅費でした。
- が、今年度、ポンプ故障による大気混入などのトラブルに見舞われ、その対応に追われたため神岡に相談に伺うことができませんでした。
- 故に今年度分(10万円)は返却いたします。
- 来年度以降は、引き続き共同利用の申請は続けていきたいと考えてます。よろしくお願いいたします。

AXEL実験

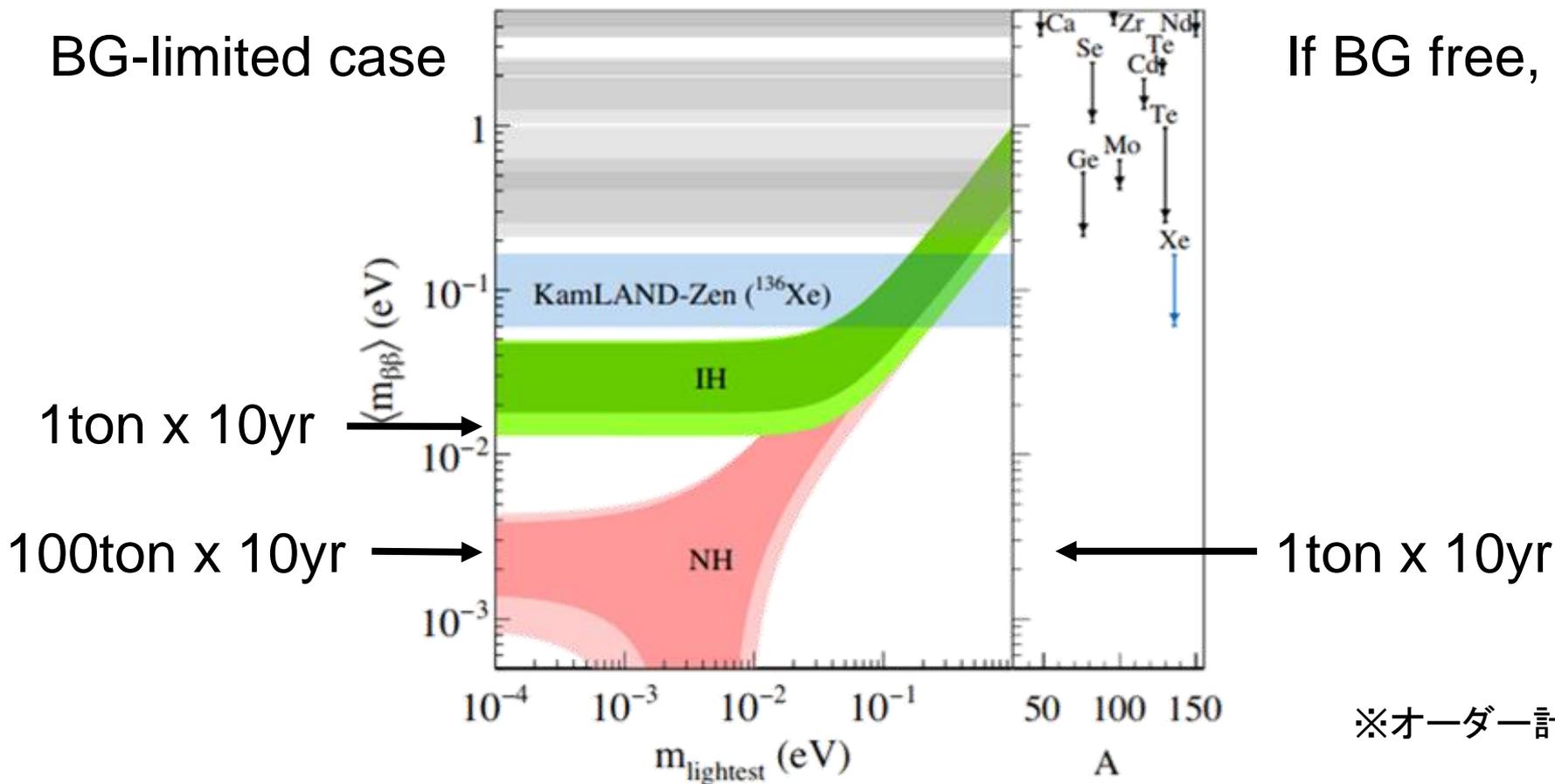
- 高圧キセノンガスTPC
- ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索
 - ニュートリノのマヨラナ性
 - ニュートリノ質量の起源
 - 宇宙の物質・反物質非対称
- 暗黒物質探索の可能性も
 - 低閾値
 - 方向感度
- 今回は、主に180L試作機の紹介をします



必要なexposure

BG-limited case

If BG free,

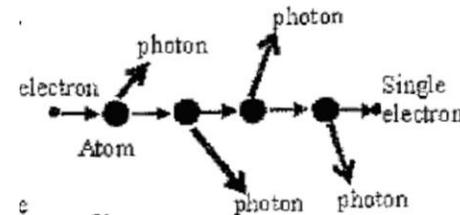


- BG-free & ton-scaleを実現したい

Phys. Rev. Lett. 117, 082503 (2016)

高圧キセノンガスTPC

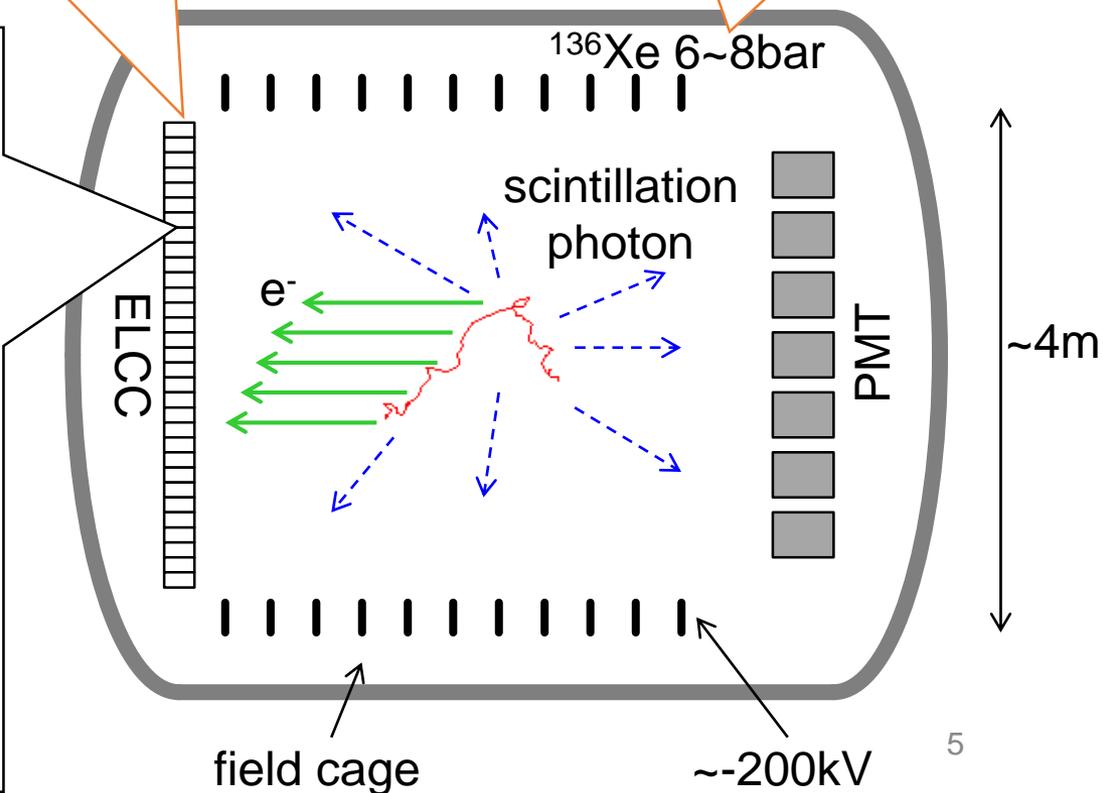
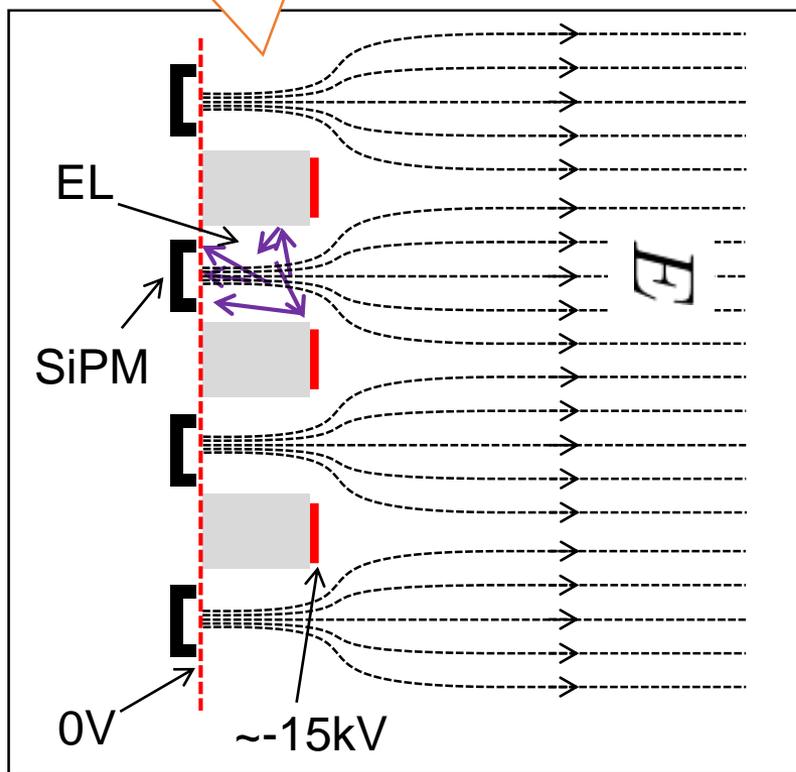
electroluminescence(EL)増幅
線形(not指数)増幅なので、分解能 \uparrow



高エネルギー分解能
ガスキセノン+EL増幅
目標: 0.5%FWHM

バックグラウンド除去
ピクセル読み出しによる
トラッキング

大質量
高圧ガス
~ ton スケール



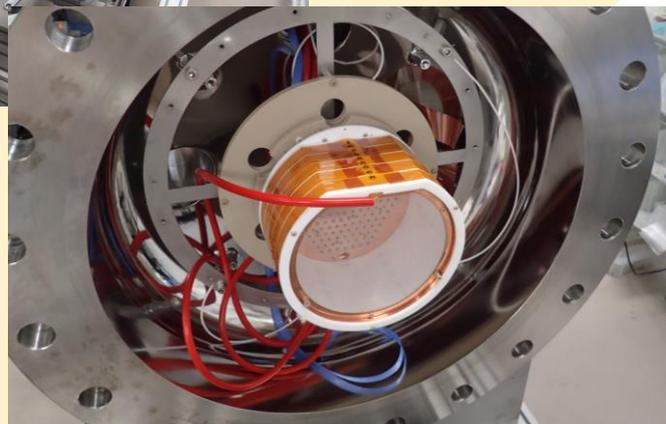
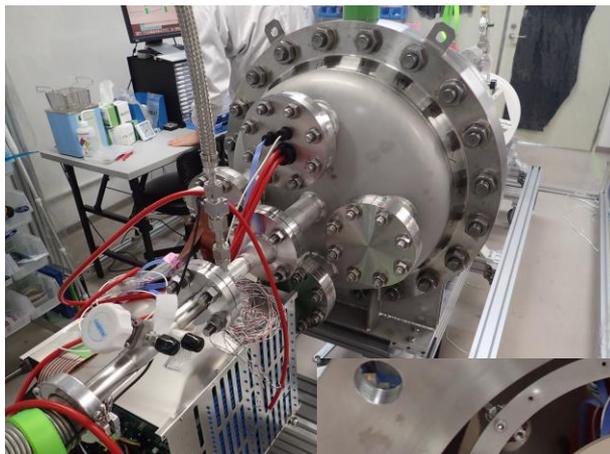
ロードマップ

1 ton scale

1000L(40 kg) scale

202?-

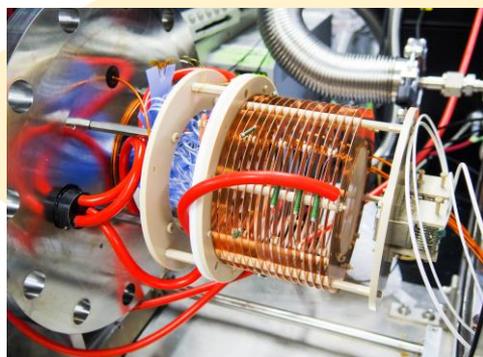
- 地下物理測定



10-L prototype

2014-2018

- $\sim 0.05\text{kg}$ @8bar
- ELCCの原理検証
- 分解能評価 $\sim 356\text{keV}$



180-L prototype

2018-

- $\sim 4.5\text{kg}$ @8bar
- 分解能評価@Q値
- 大型化のノウハウ

180L試作機

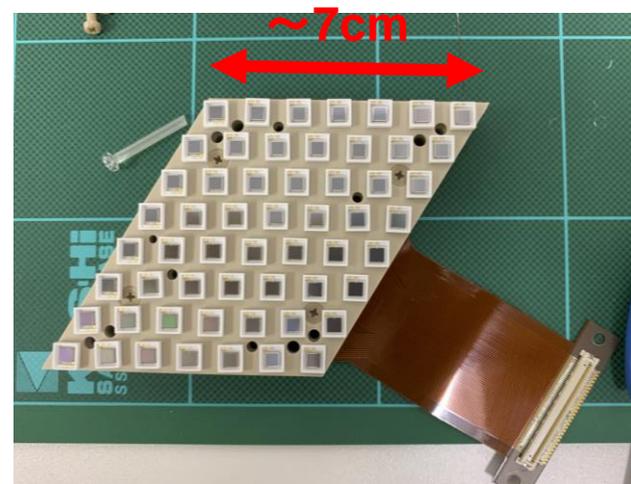
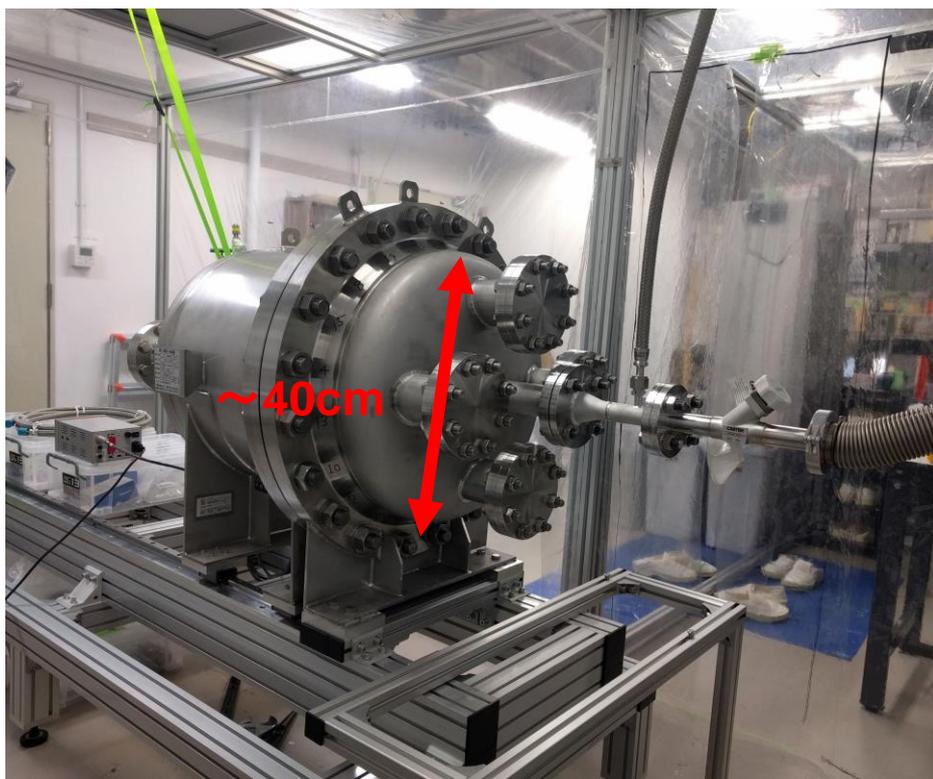
電子の飛程長 (CSDA-range)

511keV 4気圧 13cm

2.5MeV(Q値) 8気圧 40cm

- 1st phase: 小型のTPC (3ユニット) で511keVを見る
- 2nd phase: 12ユニットに拡張
- 3rd phase: フルサイズ (27ユニット) で2.5MeVの試験

^{136}Xe 0 $\nu\beta\beta$ のQ値

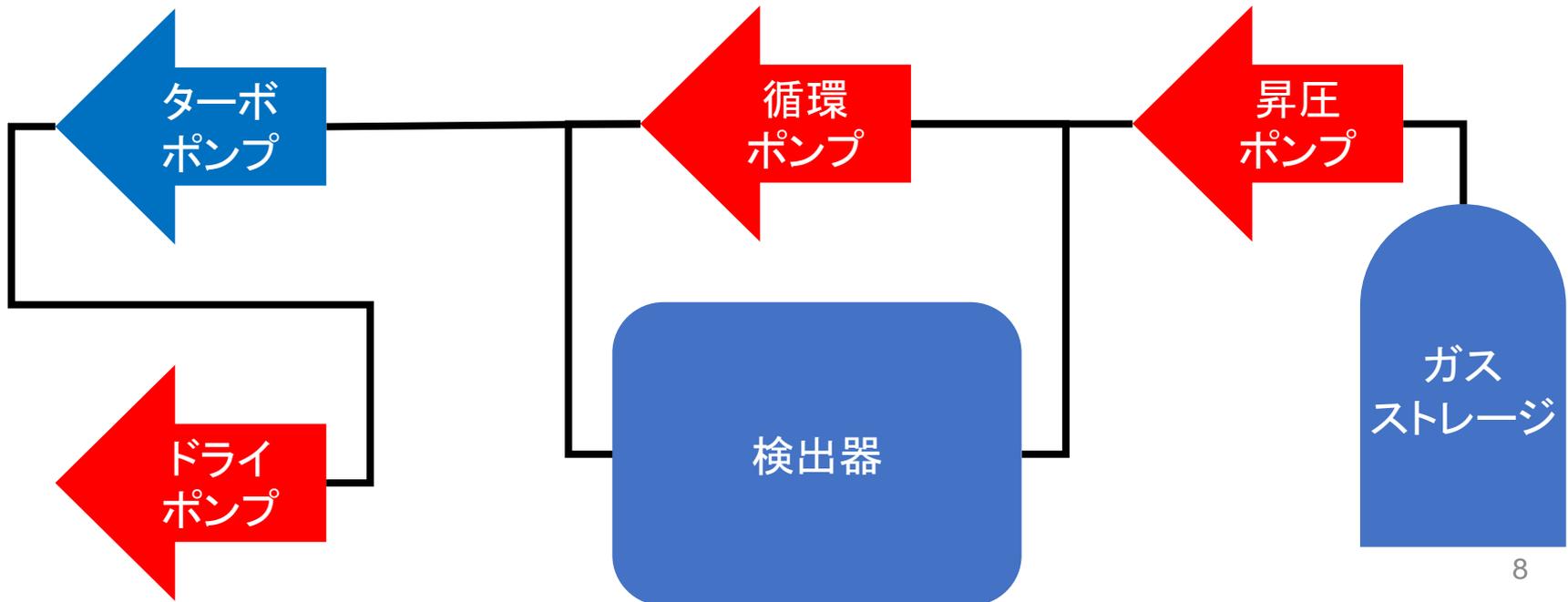


1ユニットは56ch

180Lの圧力容器

ポンプ故障（5月ごろ）

- ドライポンプ: 排気口から煙を吹く
- 循環ポンプ: 電圧をかけても動かない
- 昇圧ポンプ: リークが発生。キセノンに不純物混入
⇒ 簡易蒸留でキセノン純化 & ガスシステムの更新



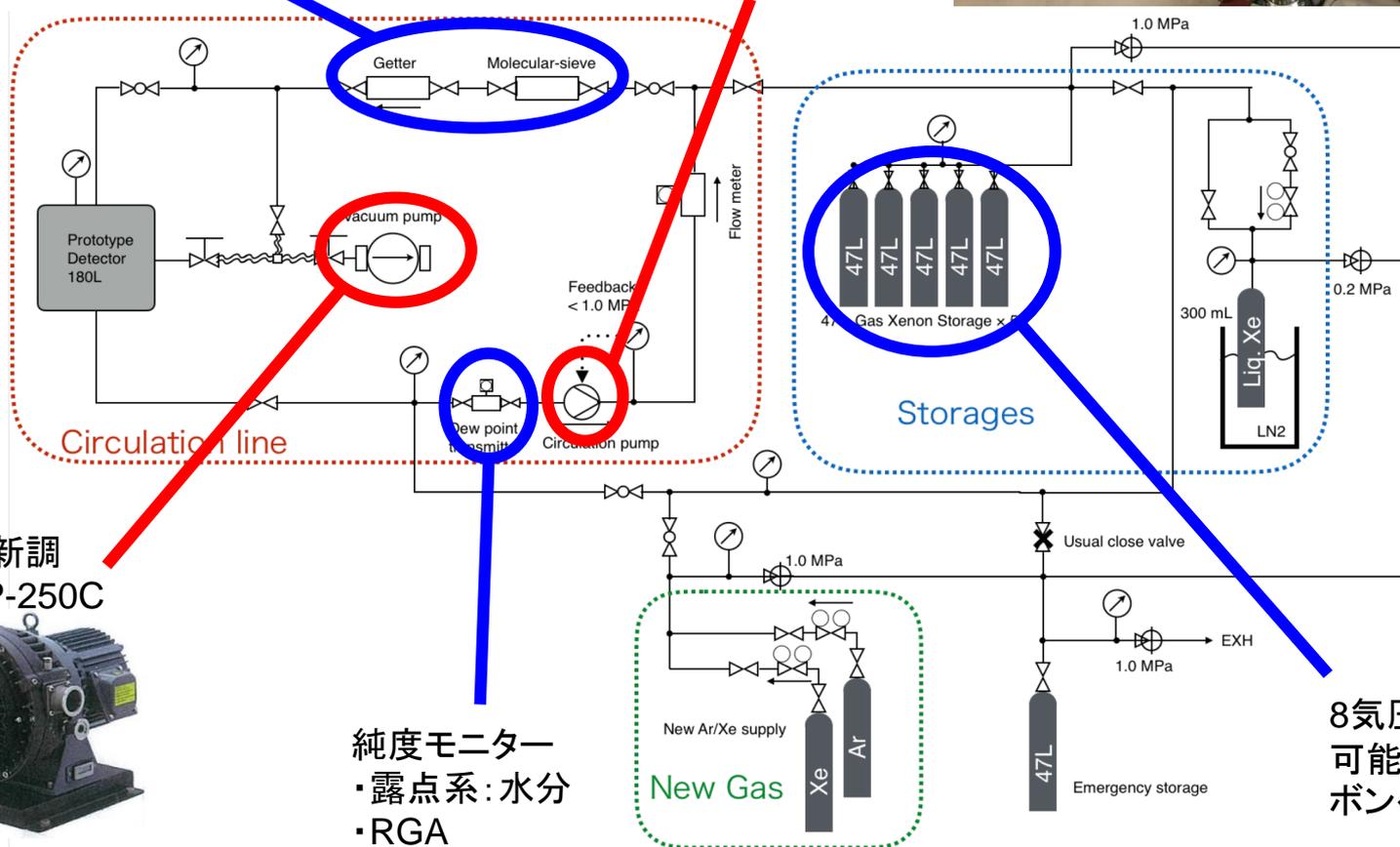
新ガスシステム

循環+純化

- ・モレキュラーシーブ: O₂、H₂O、CO₂
- ・ゲッター: N₂

新調(高かった...)

MB-601HPAL



新調

ISP-250C



純度モニター

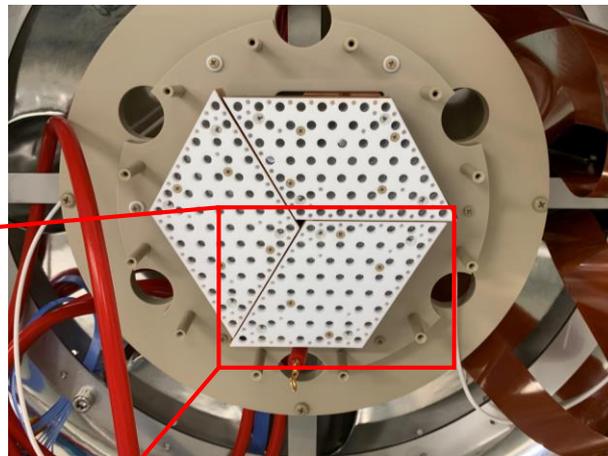
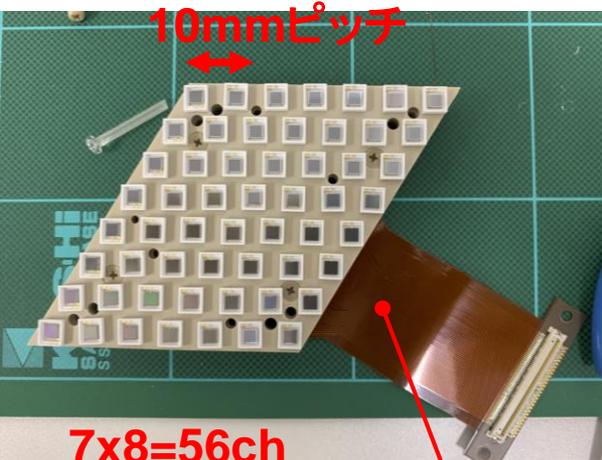
- ・露点系: 水分
- ・RGA

8気圧180Lを回収
可能なストレージ
ボンベ

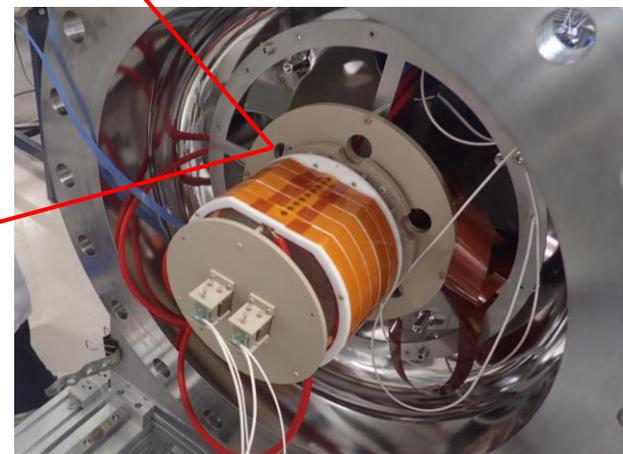
180L phase-1 検出器

分割可能なELCC
(56ch/ユニット)

10mmピッチ

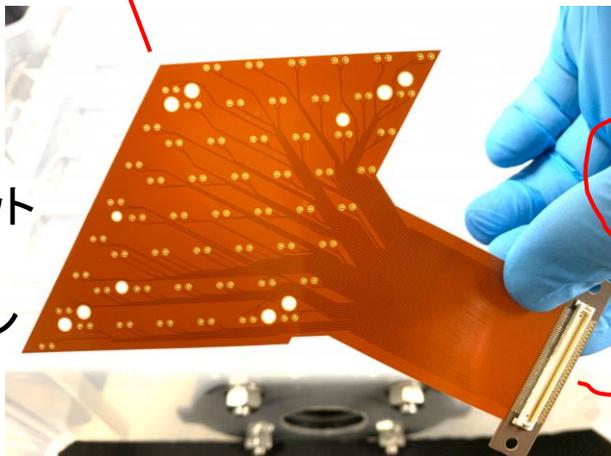


511keVの電子が
収まるTPC
($\phi 15\text{cm} \times 10\text{cm}$)



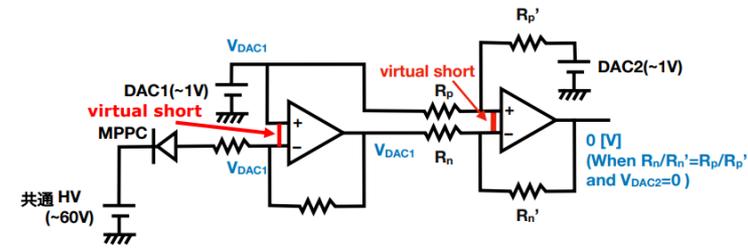
3ユニットで168ch(現在)
⇒12ユニット⇒27ユニット
スケーラビリティ!

ELCCユニット
に対応した
FPCパターン

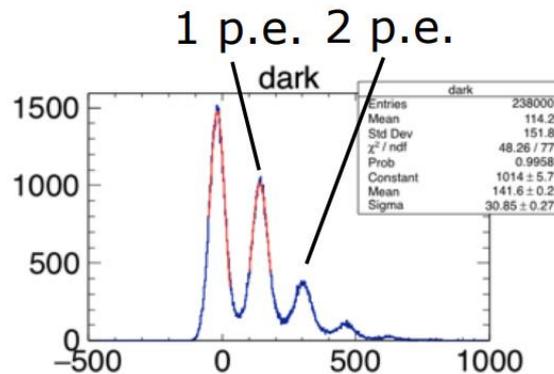
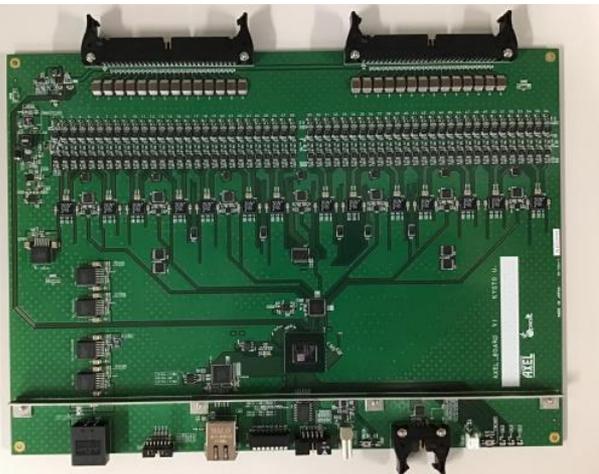


高密度な
フィードスルー

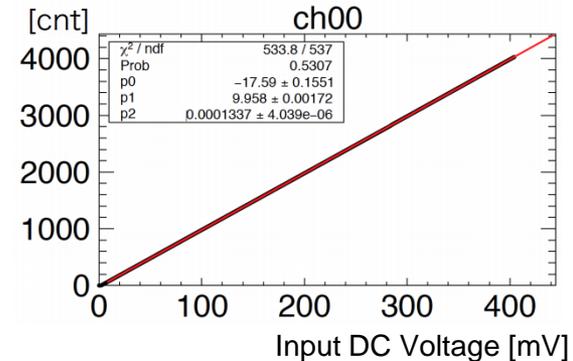
AXELBOARD



- MPPC波形取得用フロントエンド回路を開発
 - 56ch、5MHz、3072sampling、2Vpp、12bit
 - 個々のMPPCへの電圧印加(65V)と調整機能(10mVごと)
- $1\text{pe} \sim 10^5 \text{ photon/us}$ をカバー
 - 2種類のADC (low: 物理用、high: 1pe cal用)
 - 1pe分離、大光量の線形性 OK

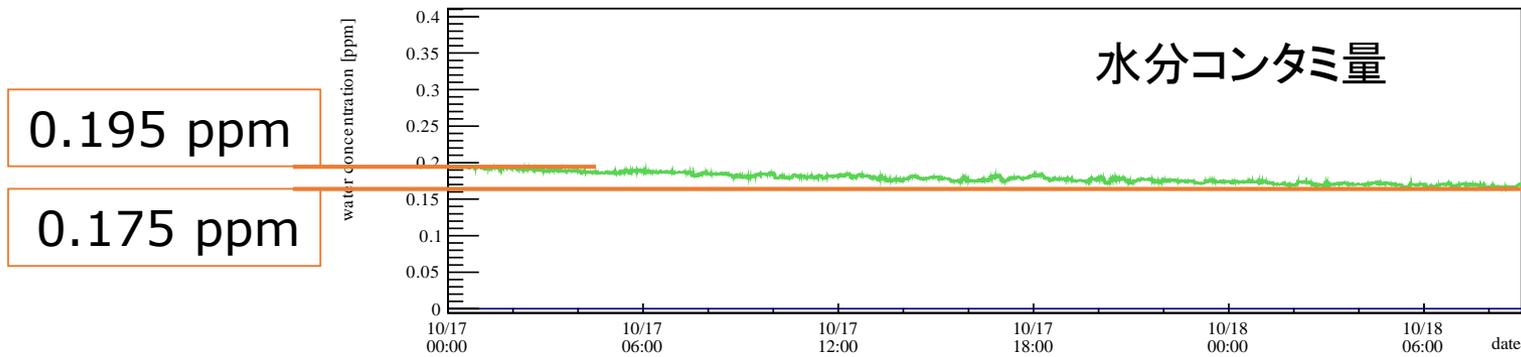


矩形波入力に対する応答



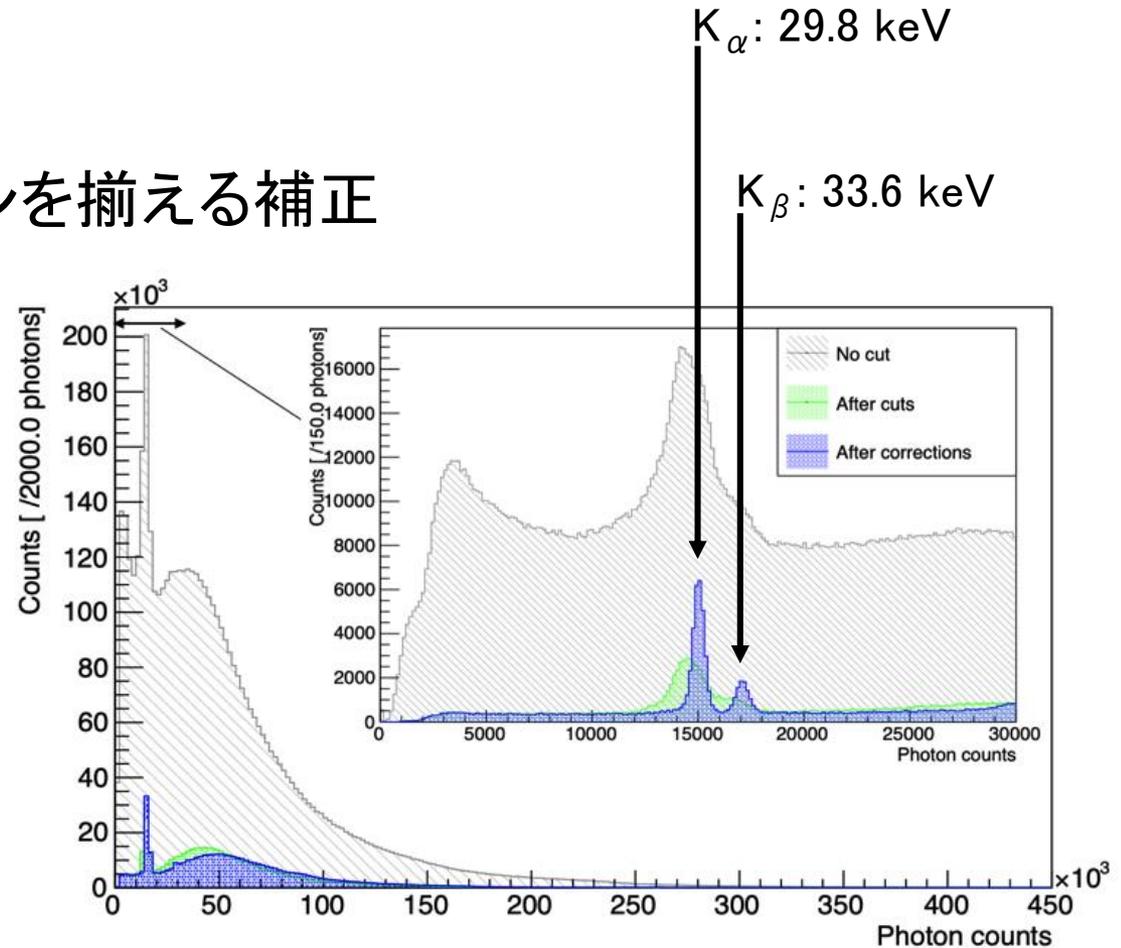
測定(10月～11月)

- ガス:キセノン 4.1bar
 - 圧力は所持キセノン量により制限
 - (一旦汚れたキセノンは蒸留純化し、RGAで分析中)
- 循環:10NL/min (約1時間で一周)
 - 緊急時対応のため最低一人は現場監視の24時間シフト体制
 - 1週間のデータ取得を数度実施
- 線源:22Na 511keV ガンマ線



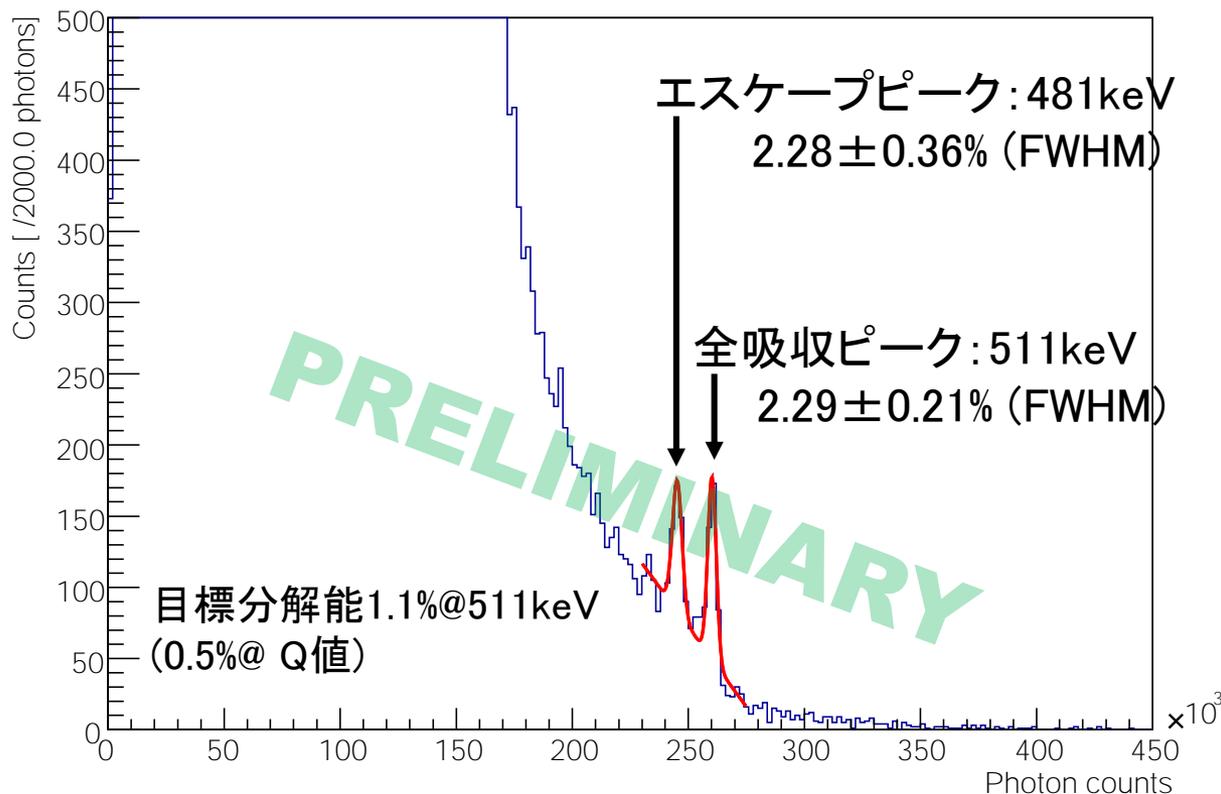
解析

- カット
 - xy-fiducial-cut
- 補正
 - セルごとのELゲインを揃える補正
 - MPPCの飽和補正



結果 (Preliminary)

- 481, 511keV を gaus+linear でフィットして分解能評価



PMTによるz再構成が入っておらず、目標分解能には達していない
すでにPMTを含めたデータを取得済みで解析中!!

まとめ

- AXEL実験(高圧キセノンガスTPC) for $0\nu\beta\beta$ 探索
 - 高エネルギー分解能・大質量・低BG by トラッキング
- 180Lの大型試作機のphase-1(3ユニット)
 - 完成 \Rightarrow データ取得 \Rightarrow 511keVのピークを分離!
 - 解析詰め中 & 問題洗い出し中
- 今後
 - 2019年度中: phase-2(12ユニット化)
 - 2020年度前半: phase-3(27ユニット化)
 - 2020年度中: 2.5MeVでの性能評価
 - その後: 1000L(40kg) 建設
 - 陽イオン検出、バリウム(^{136}Xe の娘核)タグのR&Dも