

AXEL実験: 大型試作機による 飛跡情報の評価

京大理, 神戸大理^A

小原脩平

市川温子, 中家剛, 中村輝石^A, 潘晟, 中村和広, 吉田将, 菅島 文悟

他 AXEL Collaboration



京都大学
KYOTO UNIVERSITY



AXEL実験: 大型試作機による

~~飛跡情報の評価~~

大気混入問題と蒸留作業の報告

京大理, 神戸大理^A

小原脩平

市川温子, 中家剛, 中村輝石^A, 潘晟, 中村和広, 吉田将, 菅島 文悟

他 AXEL Collaboration



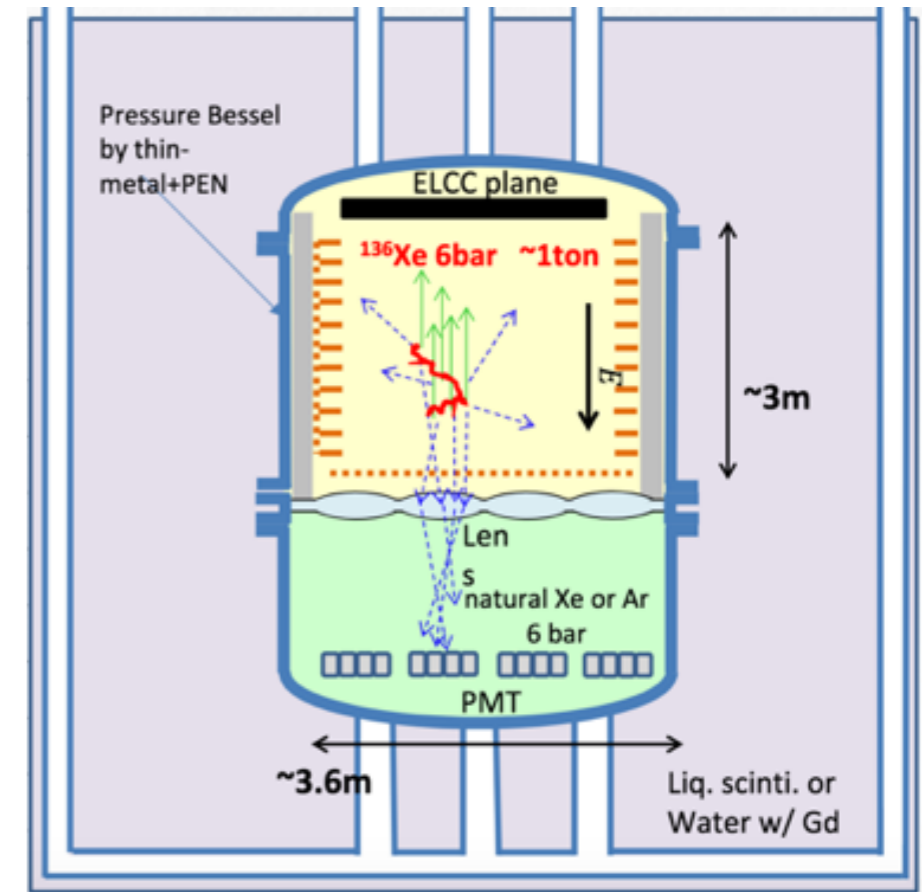
京都大学
KYOTO UNIVERSITY



Outline

- AXEL実験とは
- ここ半年のトラブル – ポンプ故障と大気混入 –
- 蒸留作業による大気除去
- まとめ

- 高圧XeガスTPCを用いた0ν2β探索実験
 - 現行試作機の評価 → 次の潘の講演
 - 6-8 atm 1-ton ^{136}Xe
 - $\Delta E = 0.5\% \text{ FWHM @ } 2.46 \text{ MeV}$
 - ユニークなtracking-plane; ELCC



- ☑ Φ 10 cm \times L 10 cmのプロトタイプ(HP10L)でELCCの原理実証
- ☑ 現在は Φ 55 cm \times L 80 cmのプロトタイプ(HP180L)を建設中 & 評価中

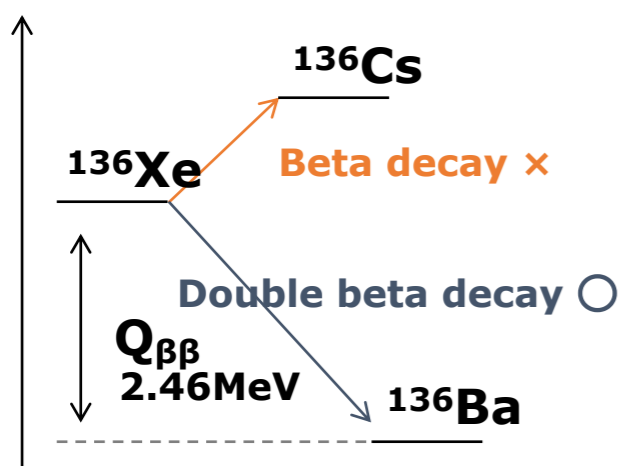
- 本講演では,
キセノンガスに混入した大気の蒸留作業を報告

…の前に, 連続講演なのでAXEL実験についてまとめます

0ν2b探索

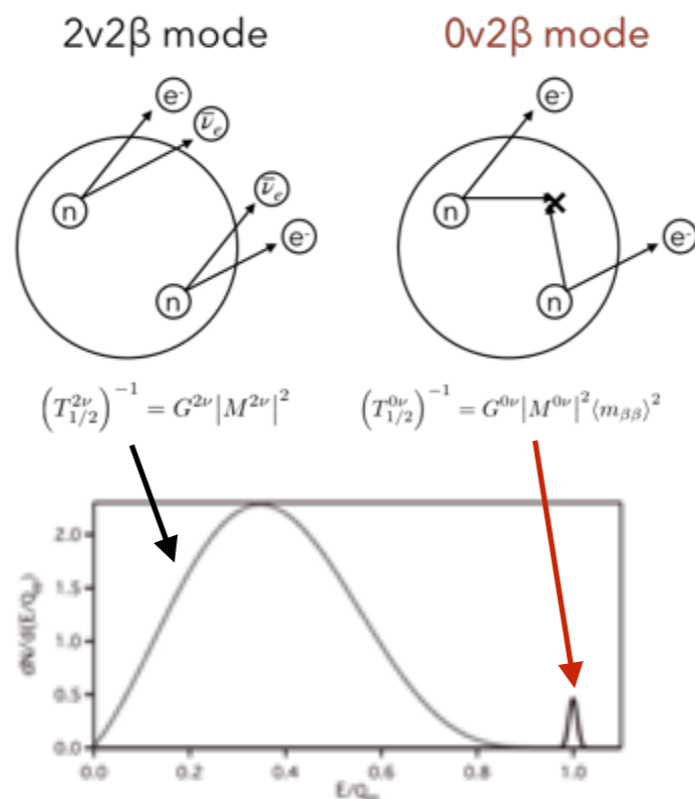
二重ベータ崩壊

- 同時に2つのβ崩壊
- エネルギー準位で1つのβ崩壊が禁止

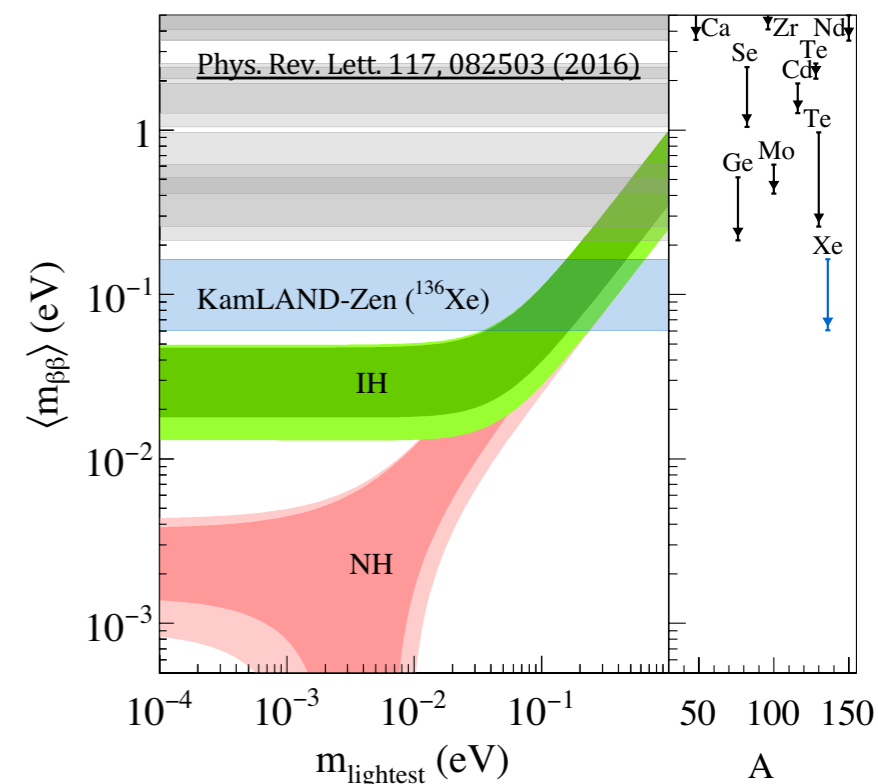


マヨラナニュートリノの場合,

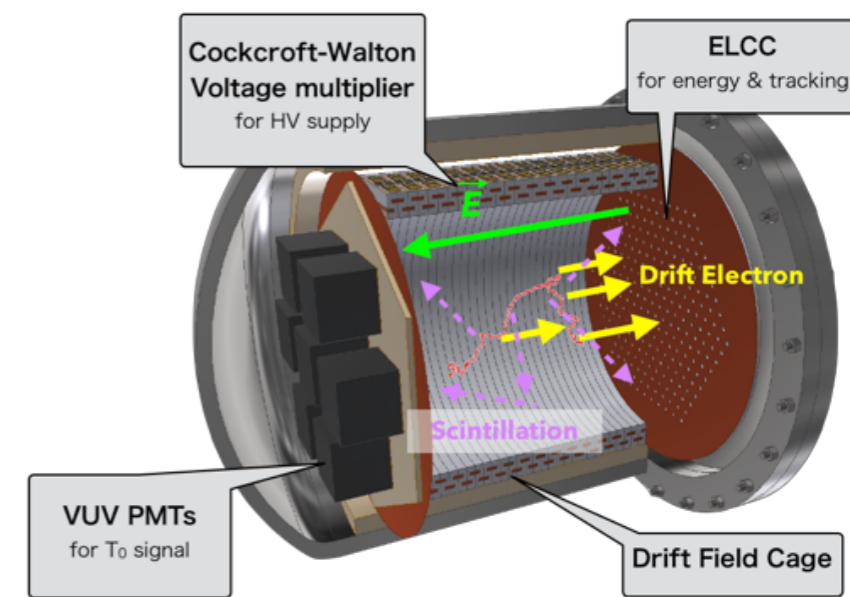
0ν2bが起こる



$T_{1/2}$ 上限値



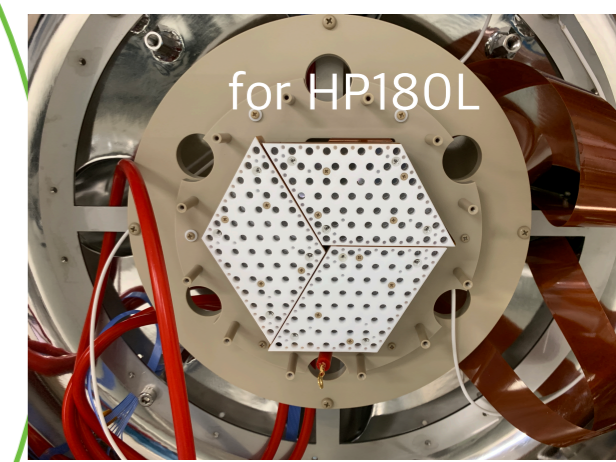
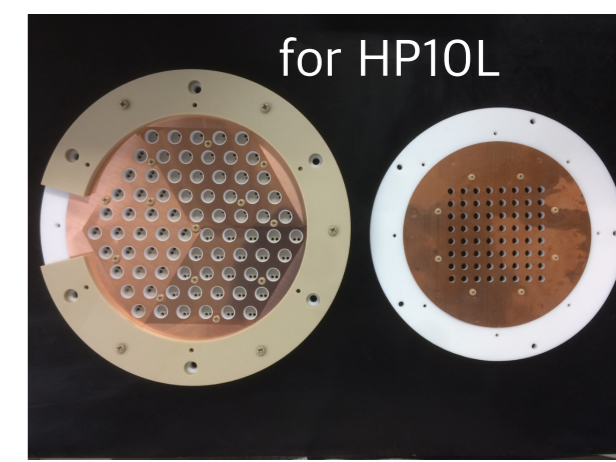
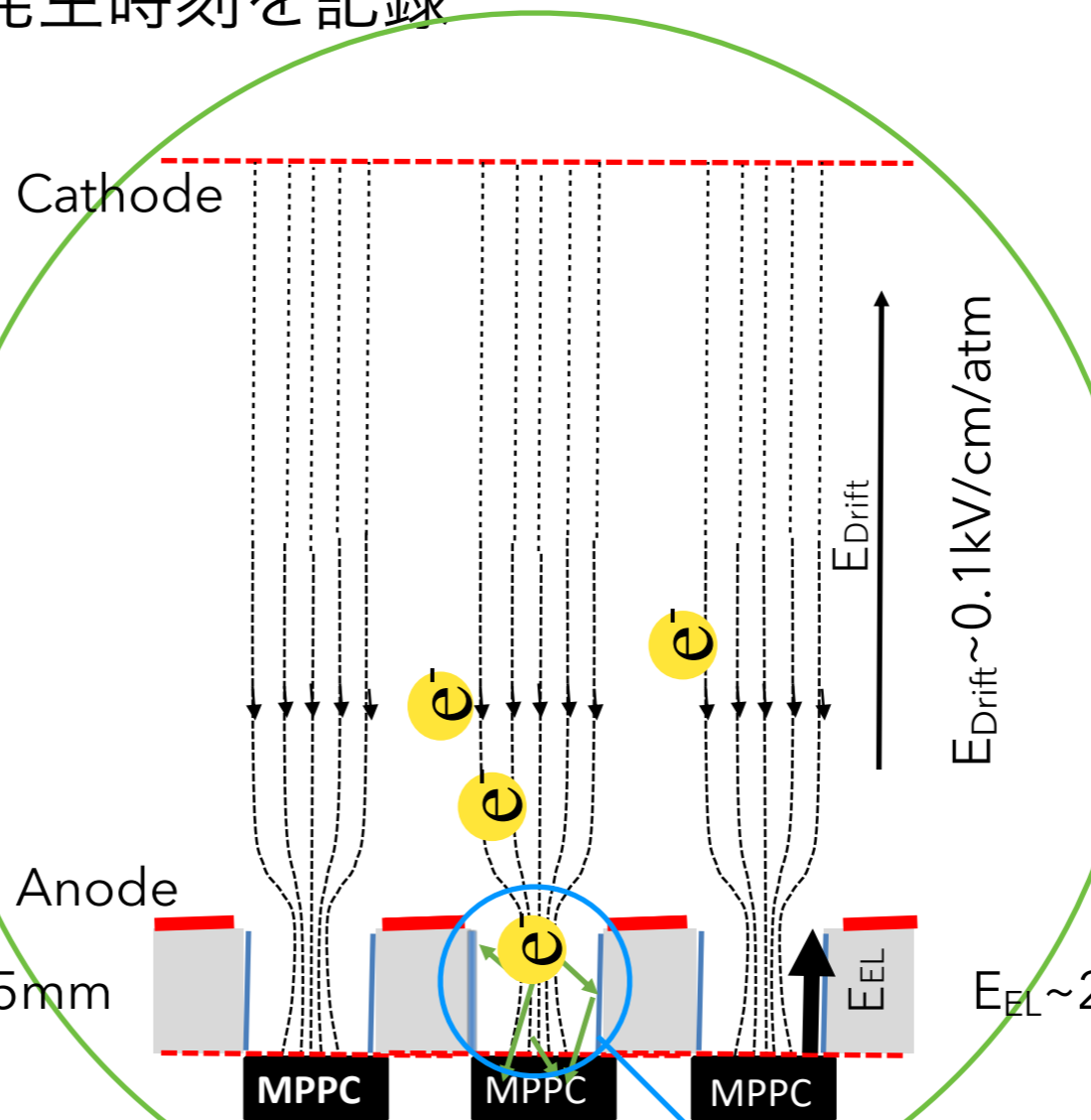
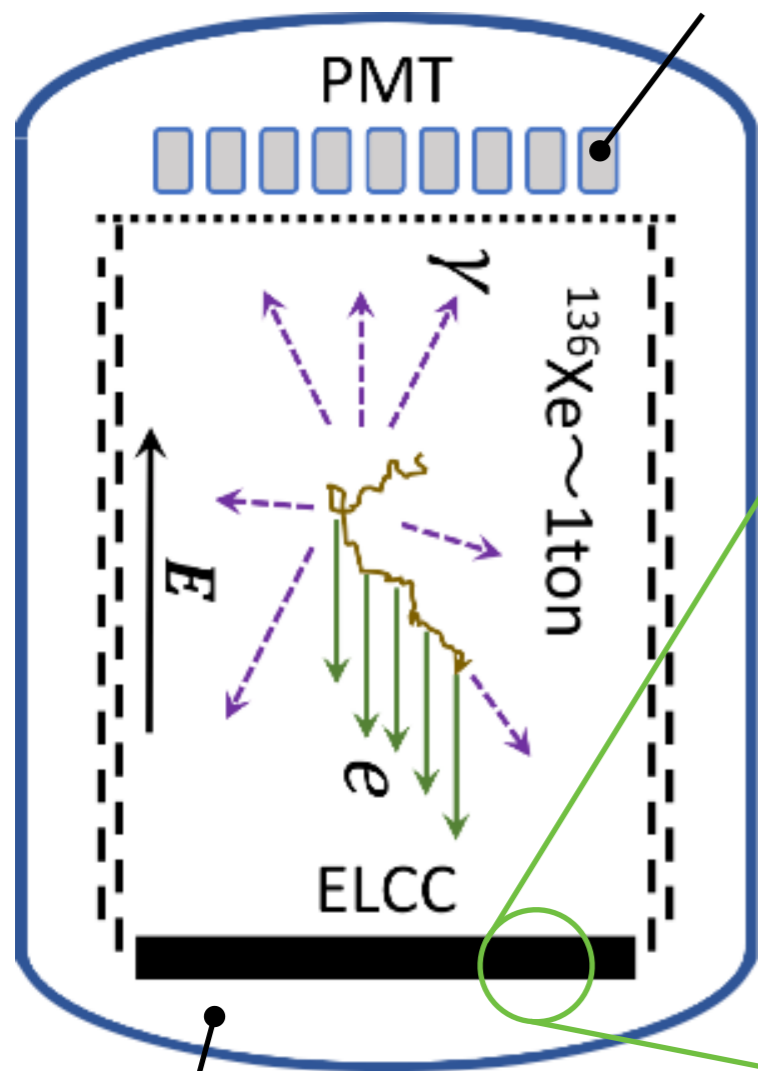
- ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊(0ν2b)探索
- 長半減期 ⇒ **ゼロ背景事象環境**が重要
- 高圧GasXe-TPCを用いた検出器開発が世界各地で発足
NEXT(スペイン), PANDAX-III(中国), **AXEL(京都)**



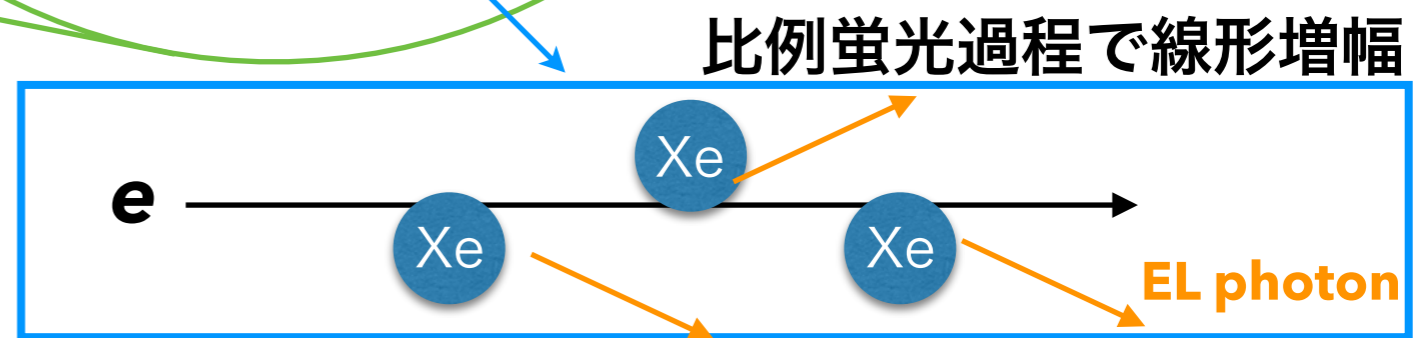
AXEL検出器 & ELCC

中村(輝); 18a32-10
 中村(和); 18pT12-7
 吉田; 18pT12-8
 潘; 18pS31-10

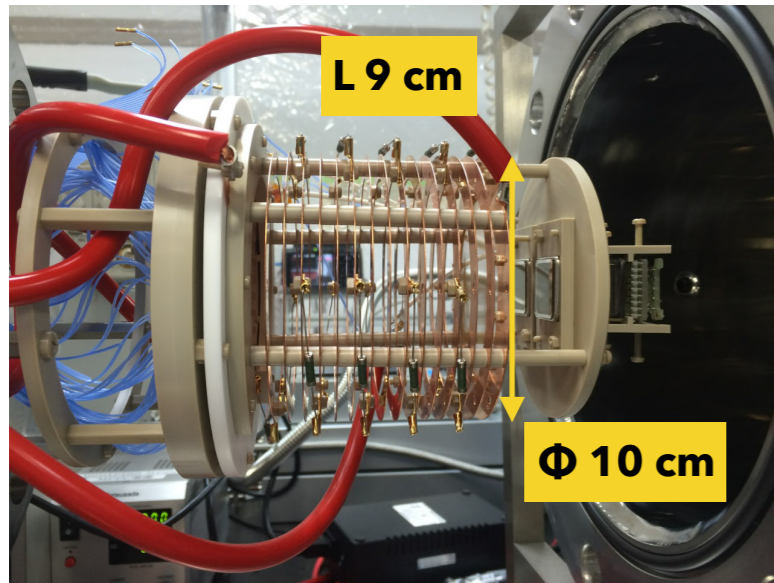
PMT; Xe-シンチを捉えて事象発生時刻を記録



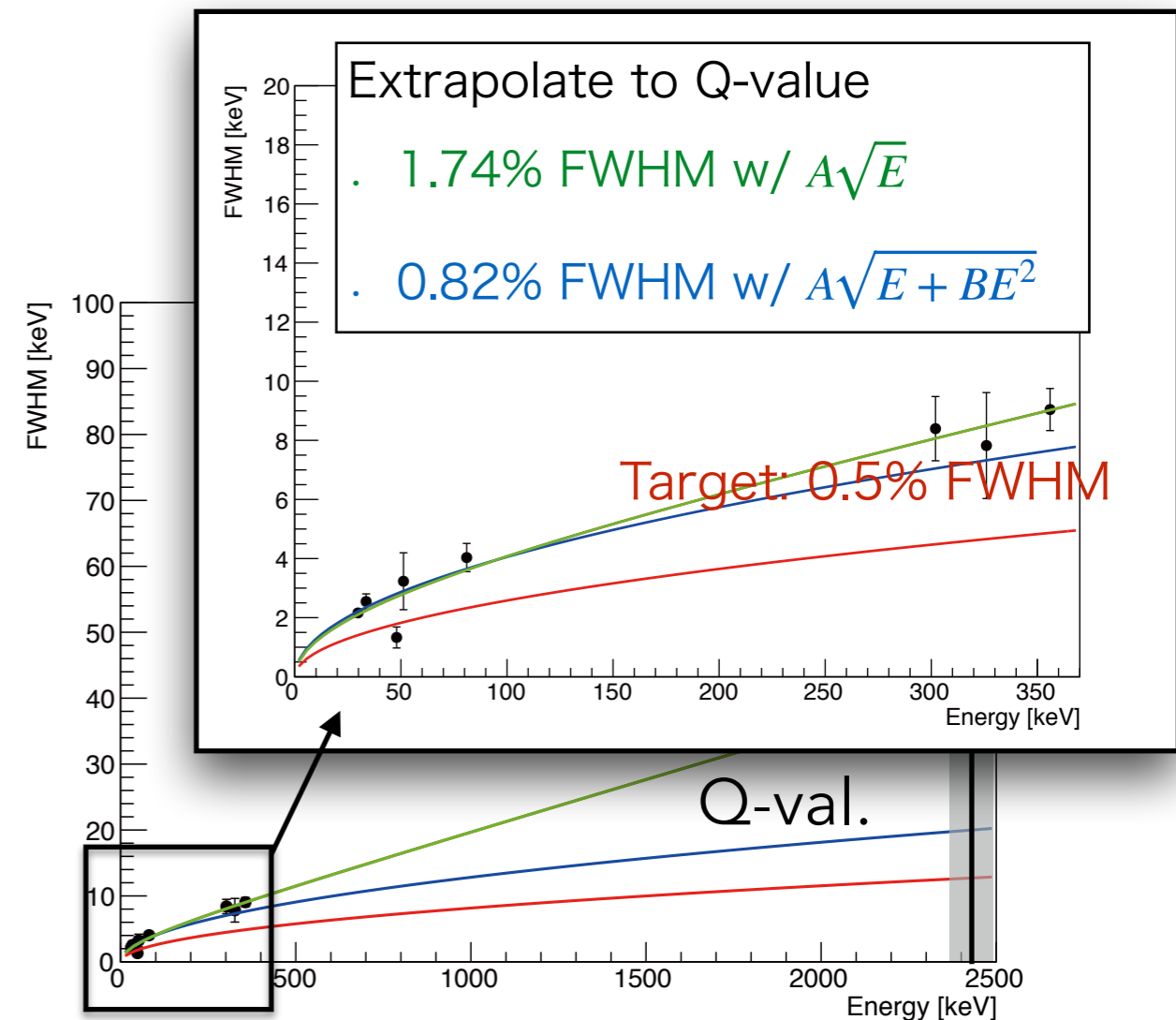
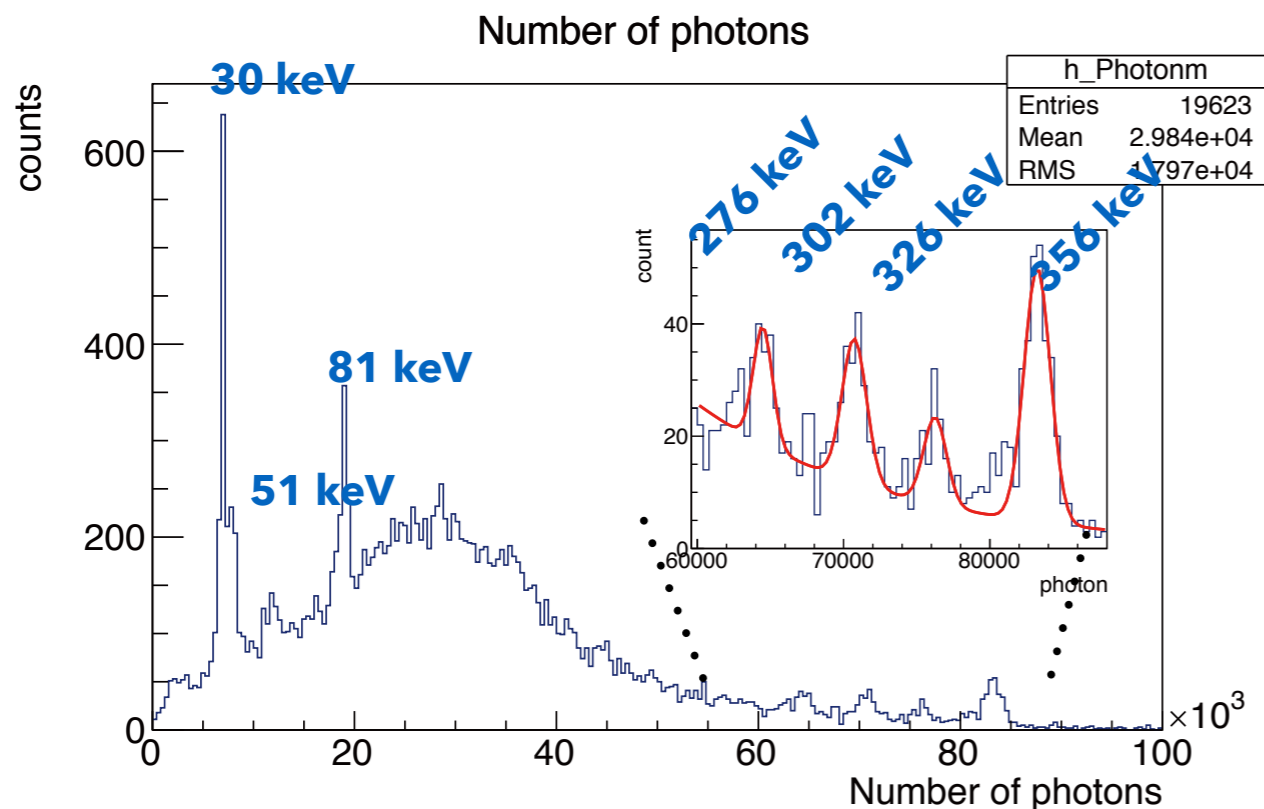
ELCC; 電離電子を捉えて
 エネルギー & 飛跡取得
 (ElectroLuminescence Collection Cell)



AXEL実験(HP10L) これまでの結果



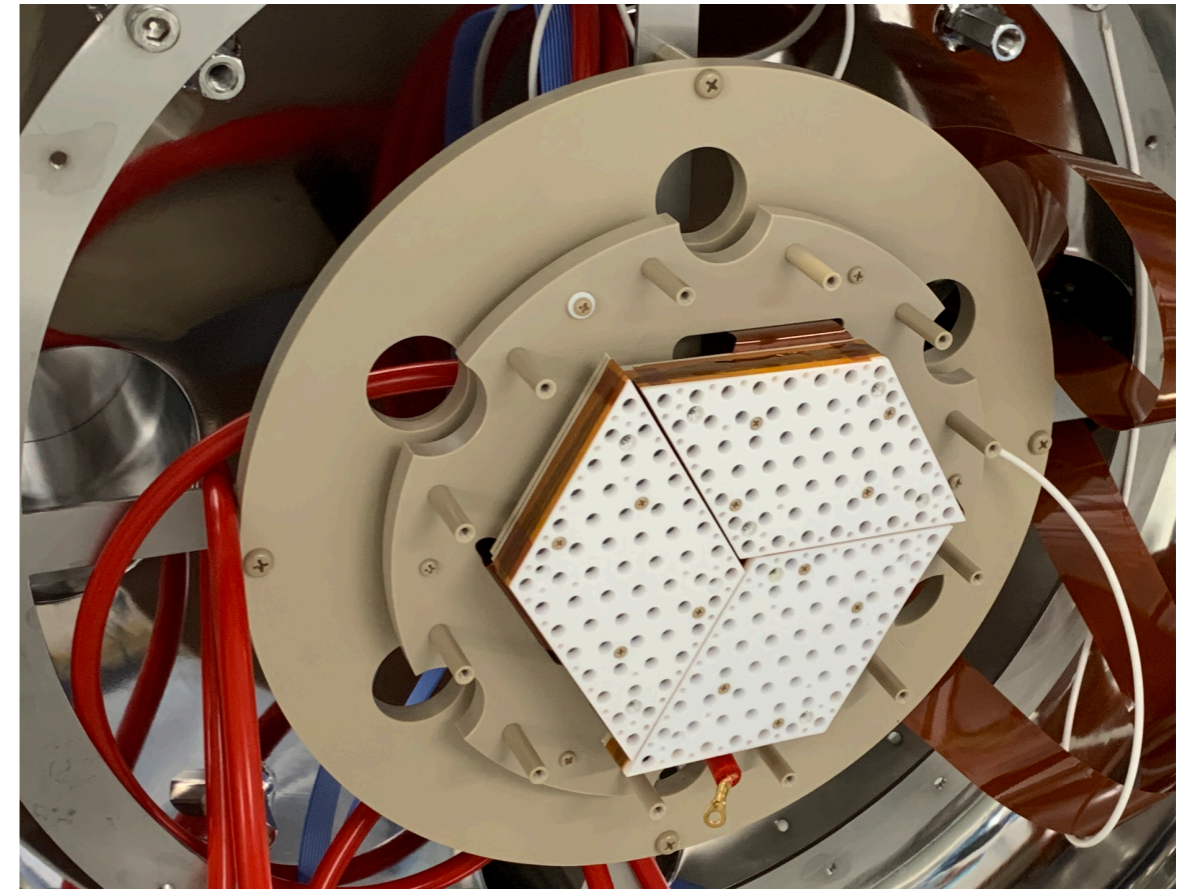
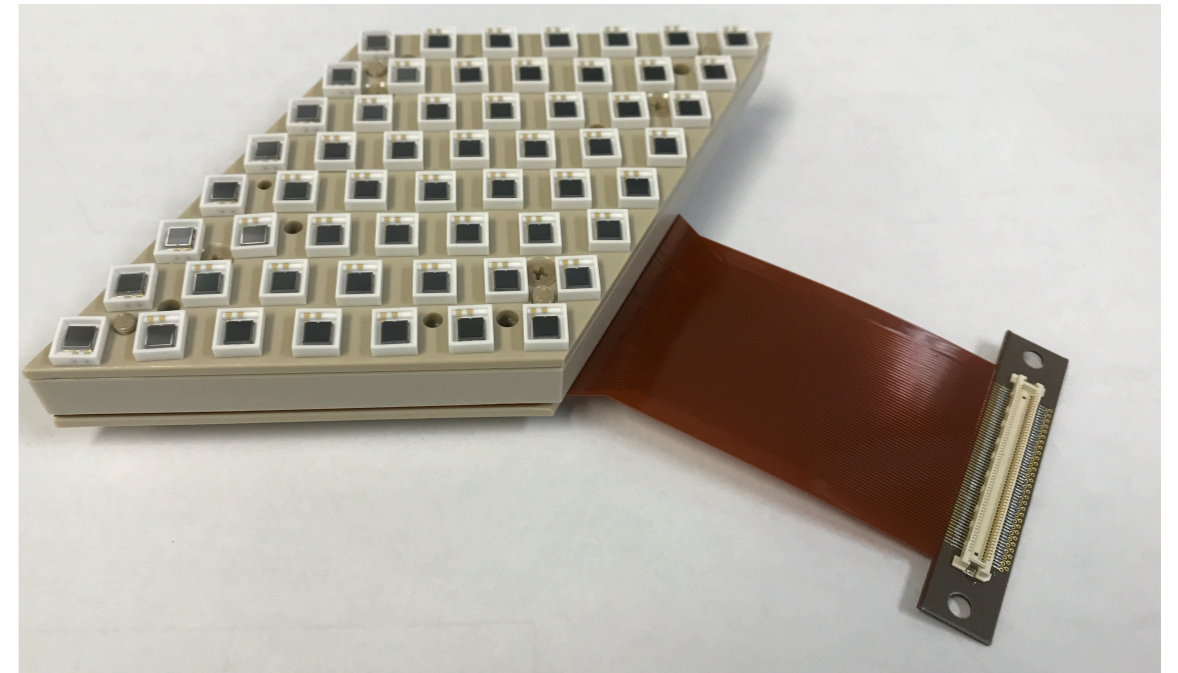
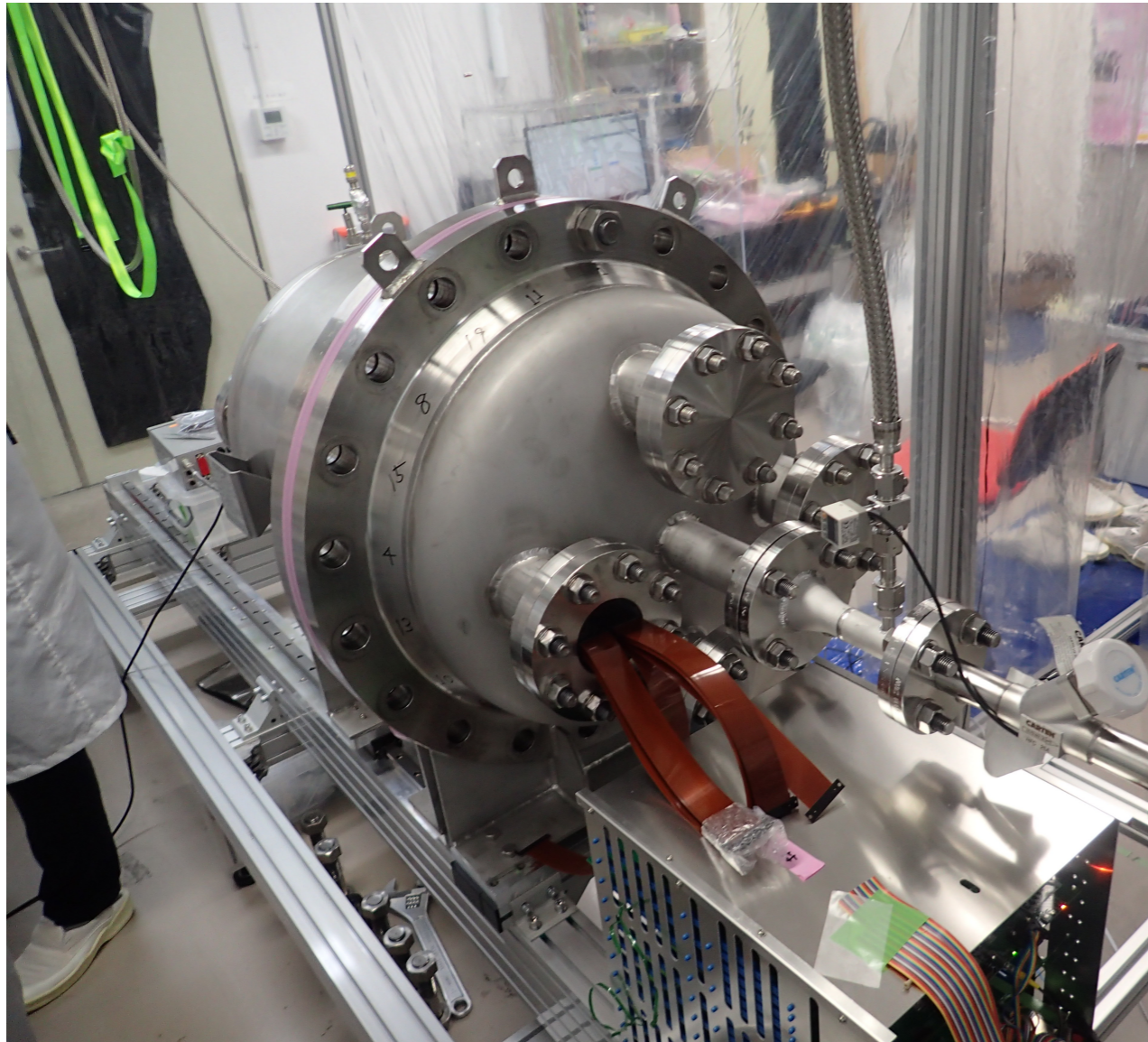
- ☑ 10LサイズでELCCの原理検証
- ☑ $\Delta E = 0.8-1.7\% @ Q$ 値(FWHM) を達成
→ HP180Lでは電離電子の収集効率改善で0.5%へ
- ☐ **HP180LでQ値付近でも検証**



AXEL HP180L

1ユニット = 56ch-MPPCs

分割することでStepByStepの大型化



- まず3ユニットで試運転@現在
- 年末までに12ユニットまで拡張
- 最大で27ユニット ($\Phi 483.3\text{mm}$)まで拡張

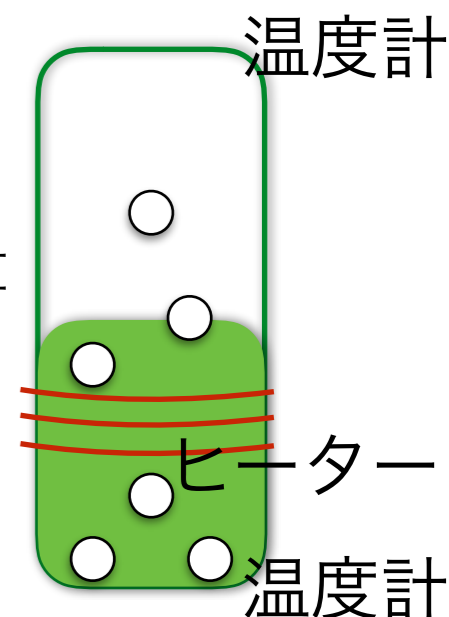
ポンプ故障と大気混入

- HP180Lでの作業開始前に相次いでポンプが故障
- そのうち一つが大気混入をおこして, Xeを汚染 → シンチが全く光らない

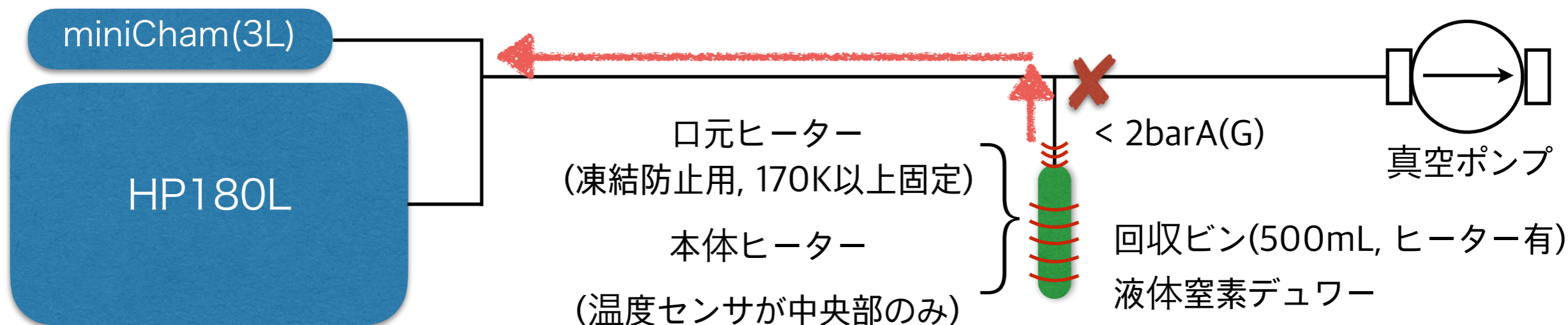
⇒ 蒸留作業をして大気を除く!!

- ガスXeの液化(固化) = N_2/O_2 除去
- 固化Xeの気化 = H_2O/CO_2 除去

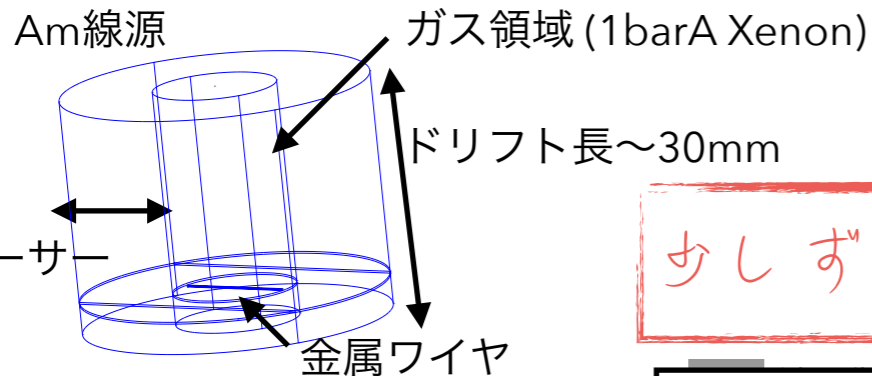
- Xe液面を残留ガス圧から計算
- 液面温度を170K程度にする



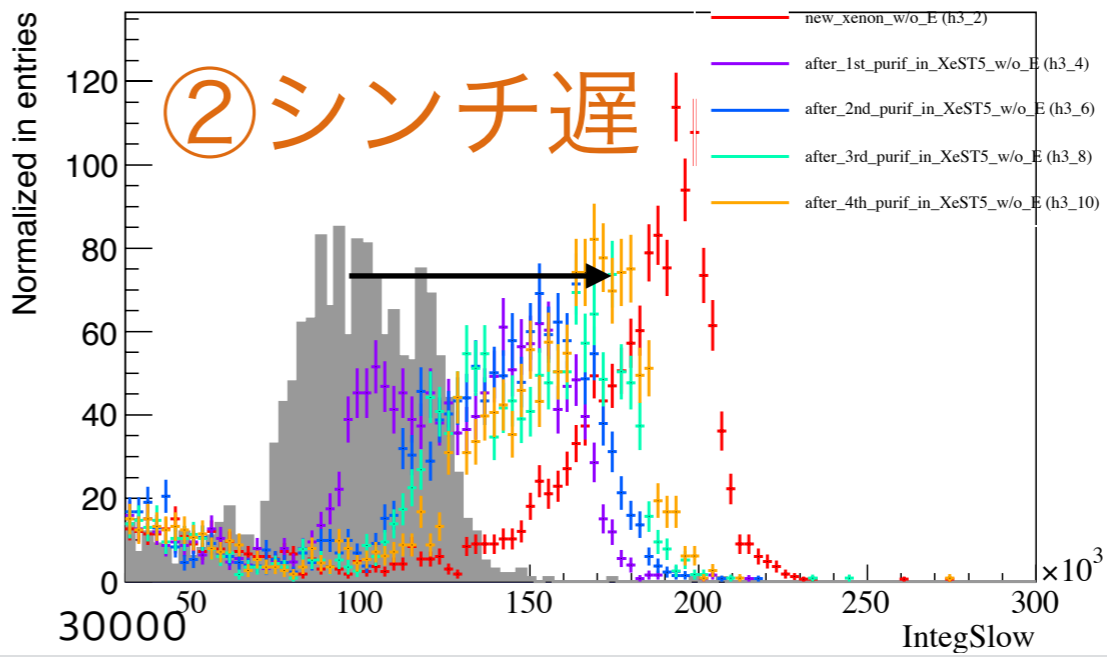
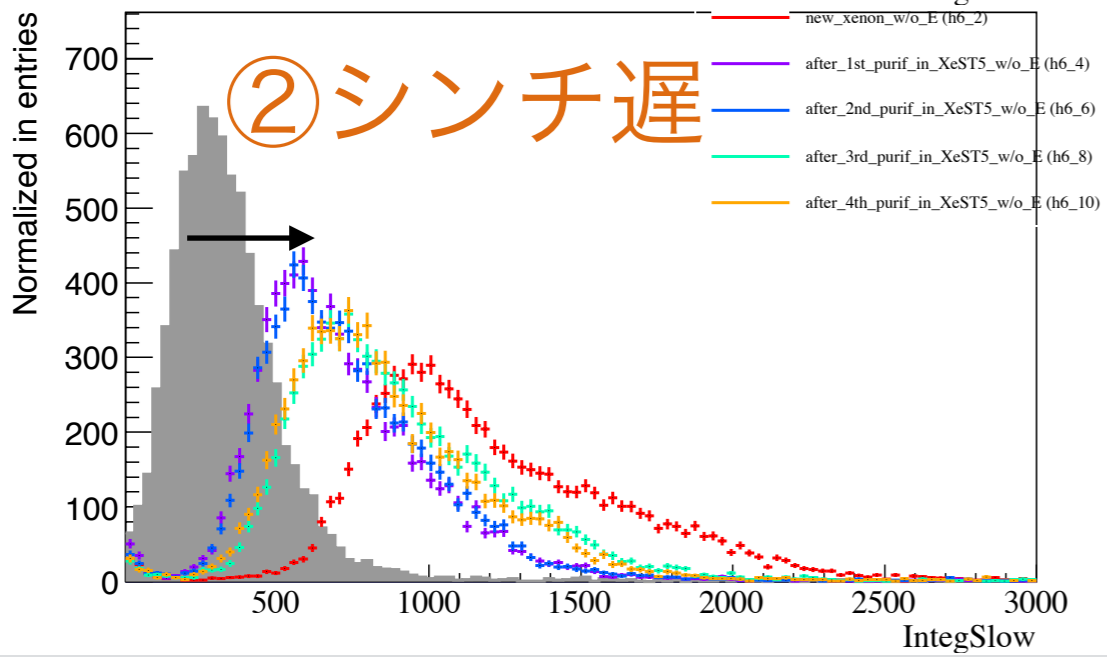
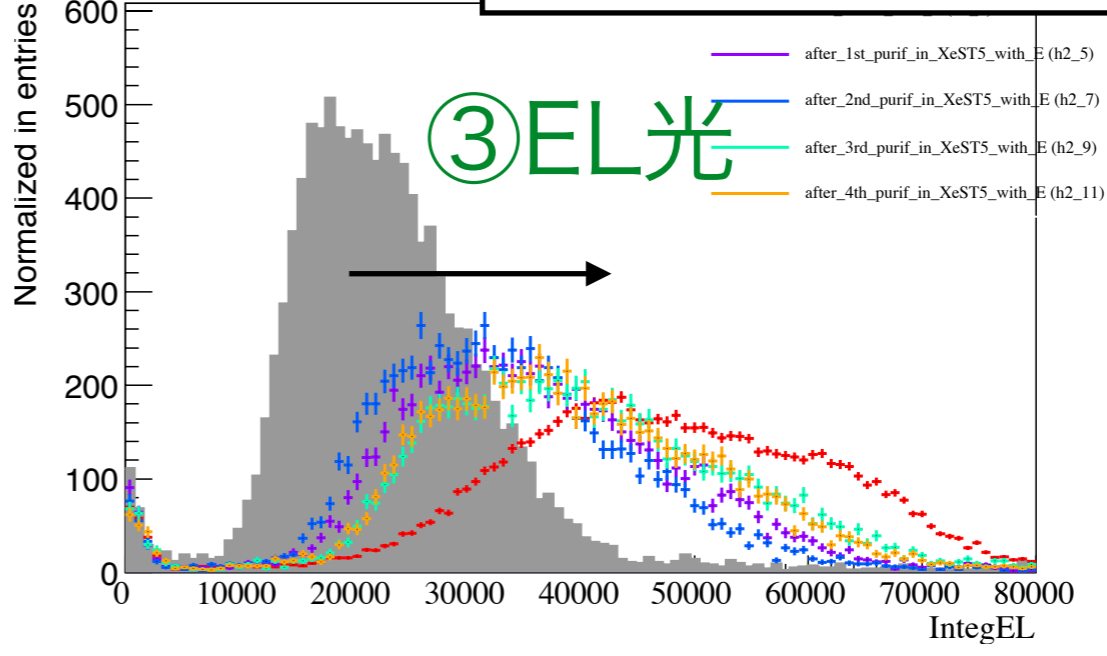
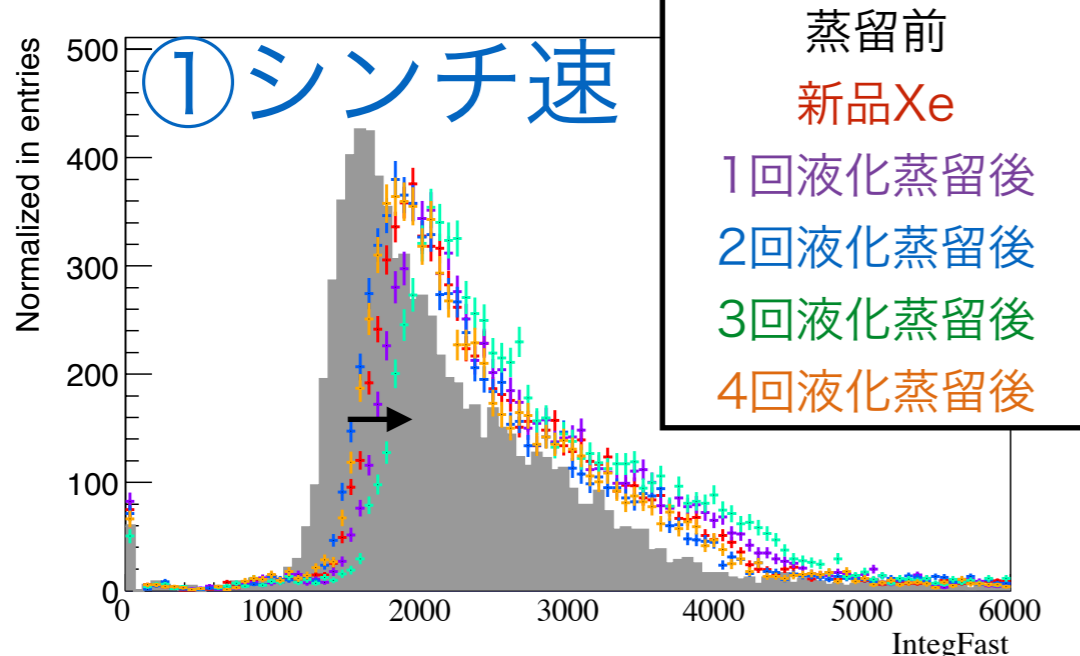
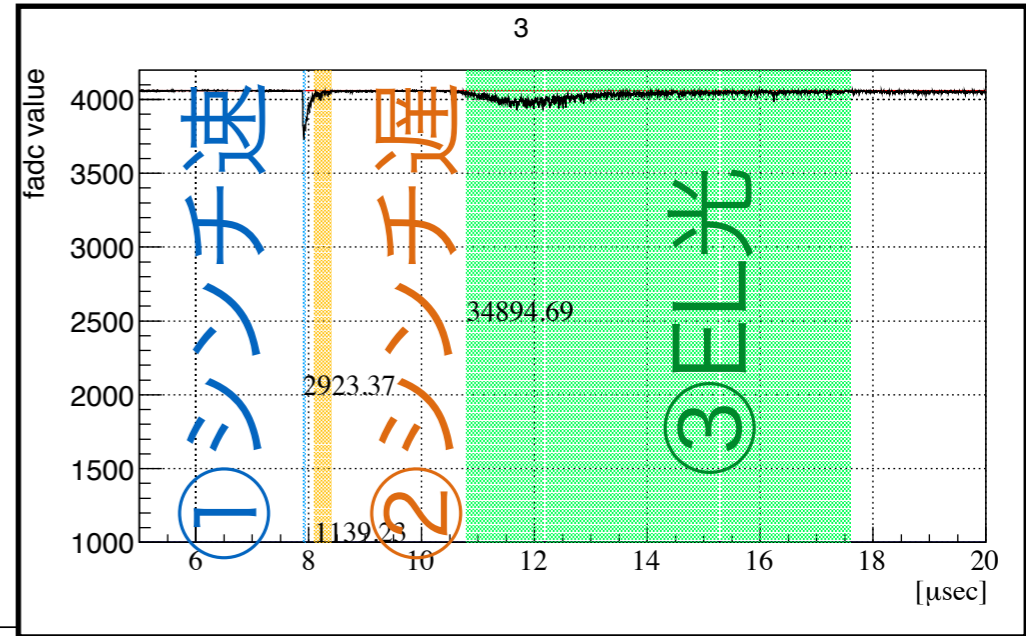
やってることは単に回収ビンをどれだけ液体窒素に沈めるか



複数回蒸留の効果

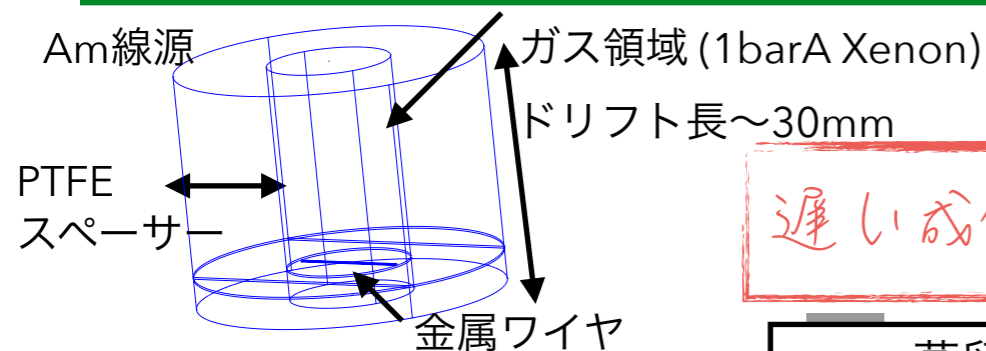


少しずつ新品に近づく!!

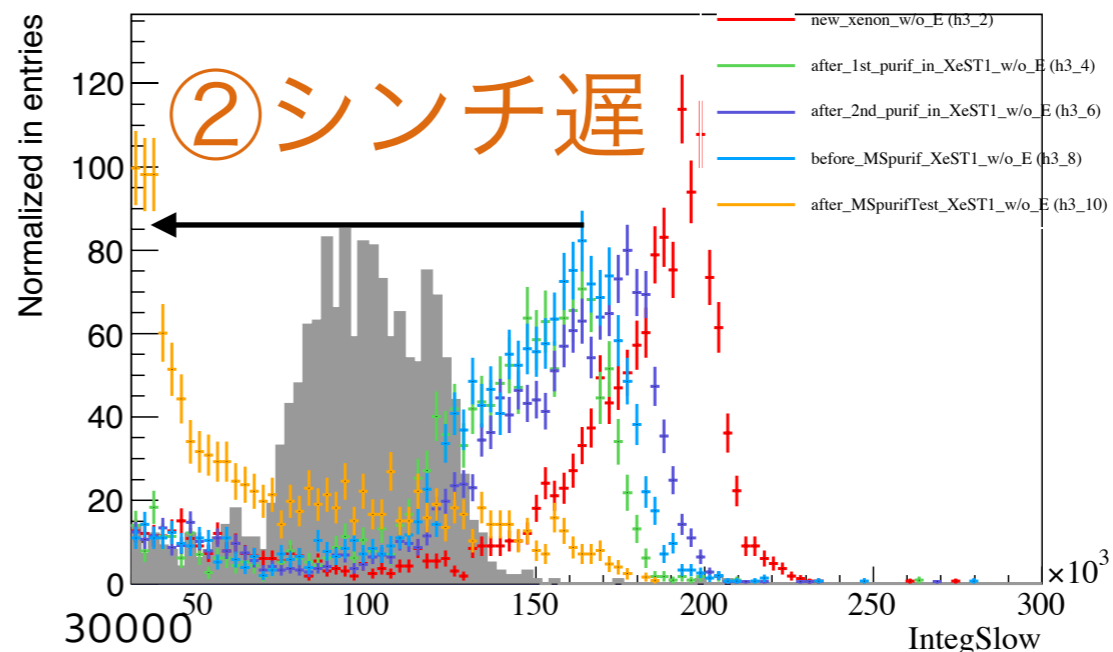
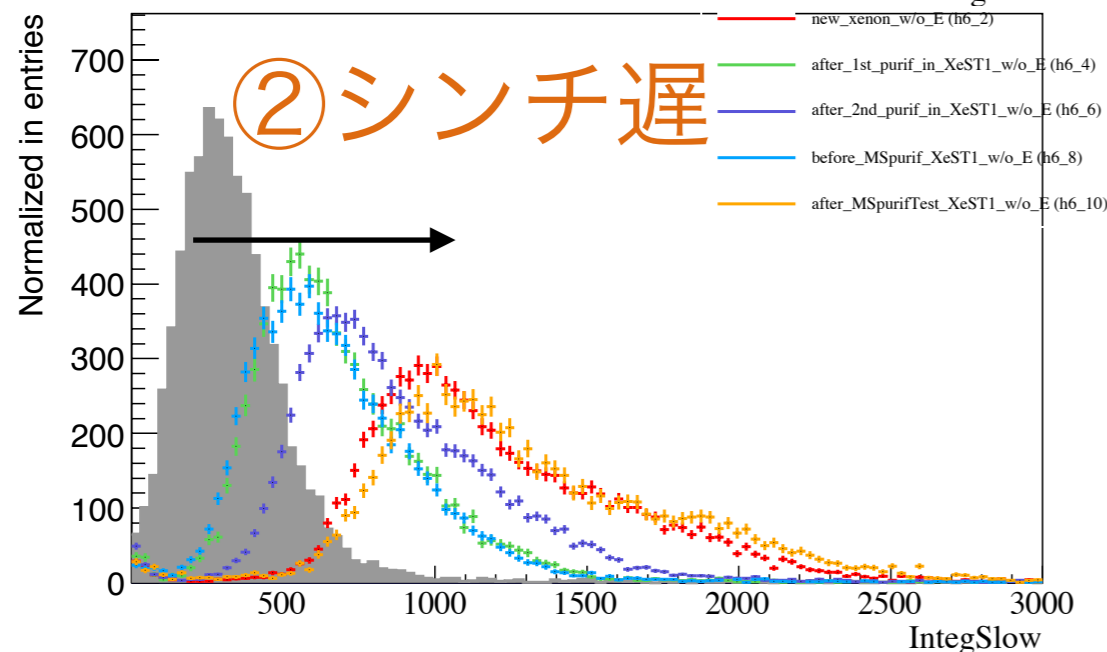
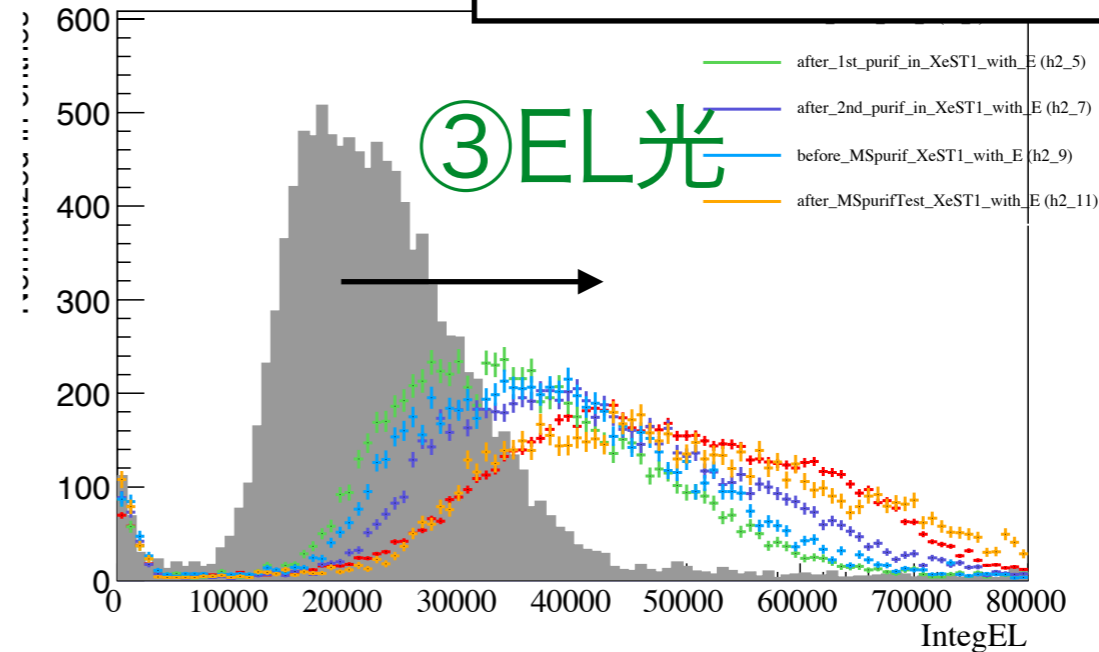
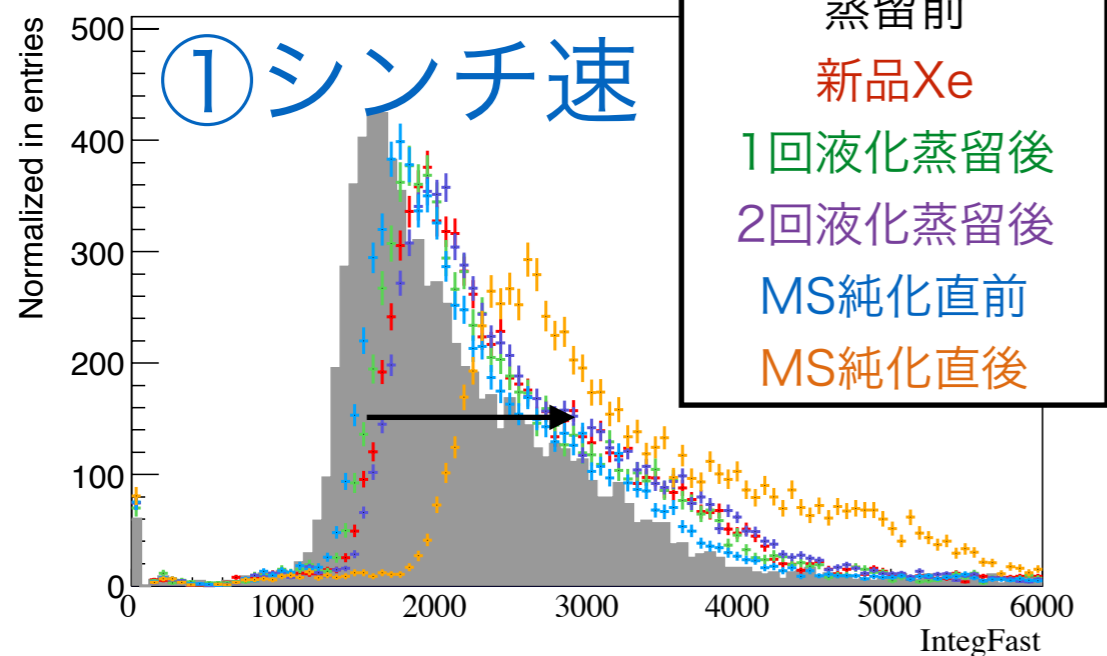
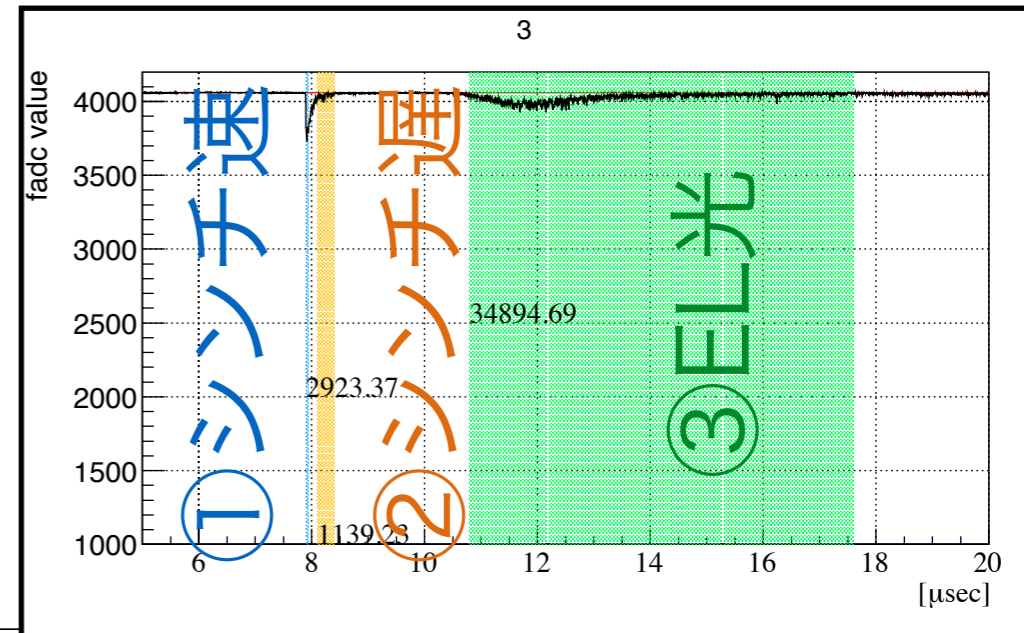


※ Sys. ~10%

MS&ゲッターの効果



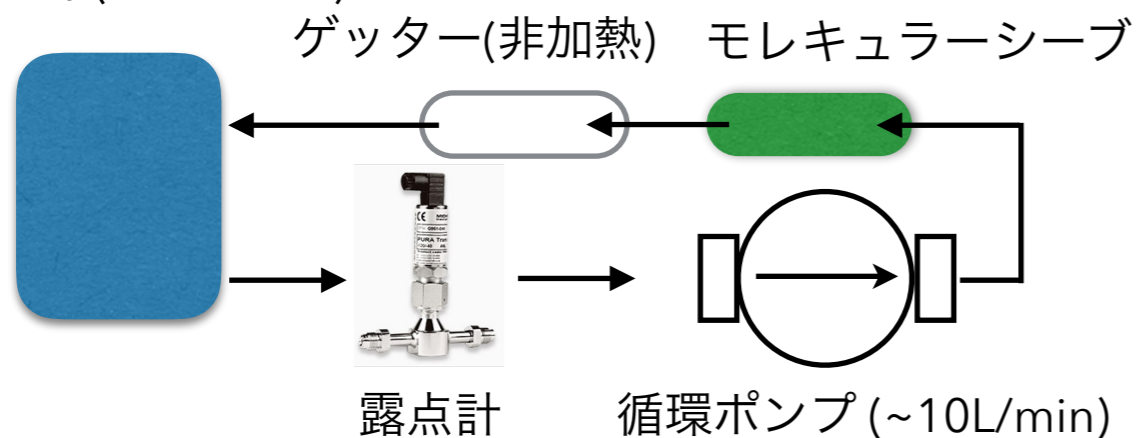
遅い成分から何か消えた



※ Sys. ~10%

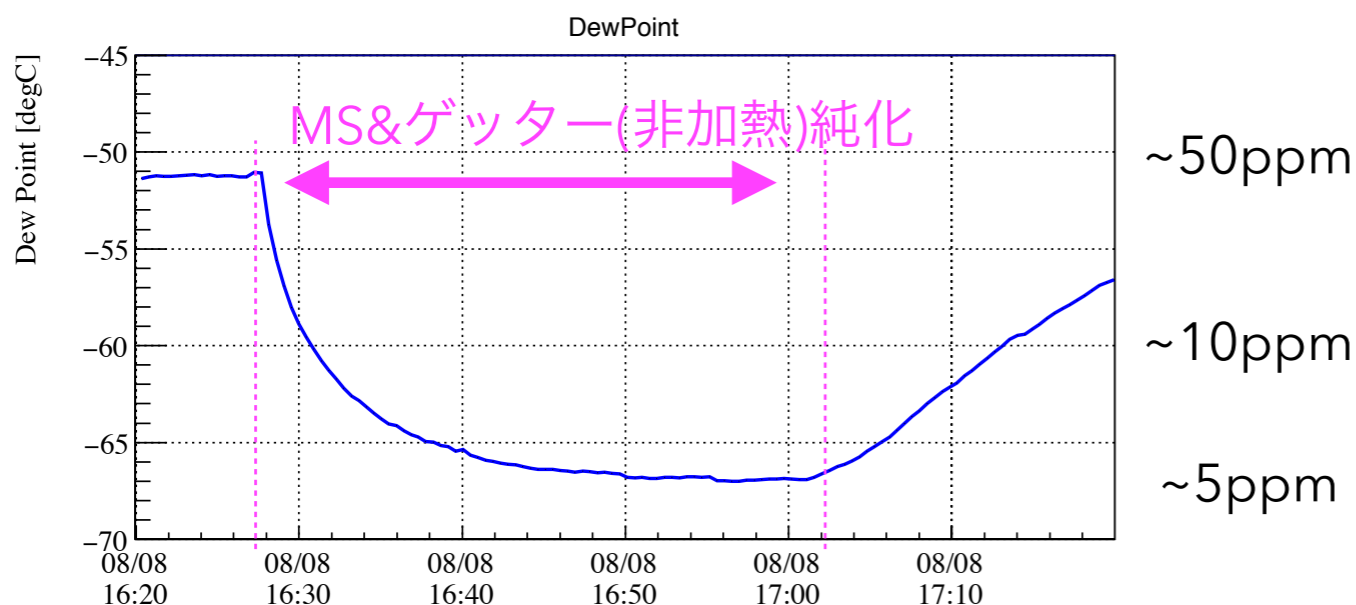
MS&ゲッターの効果(時間変化)

測定系(~3L@1bar)

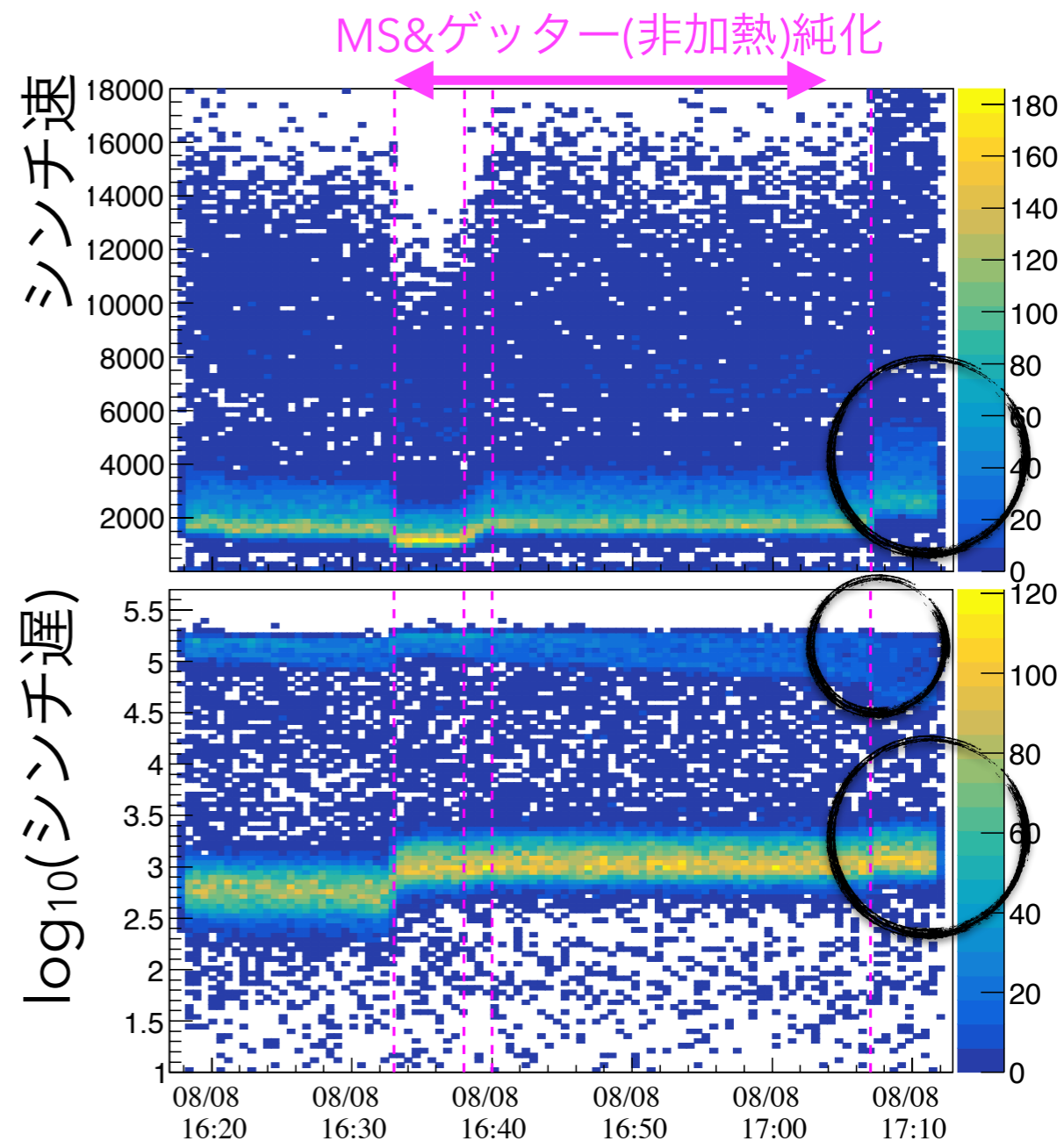


- 水分量が減っていく様子を確認できた

RGAが閾に含えれば何の成分がどれだけ落ちていくか見たかった...



※ 横軸の時間はPC間非同期のため、少しズれている

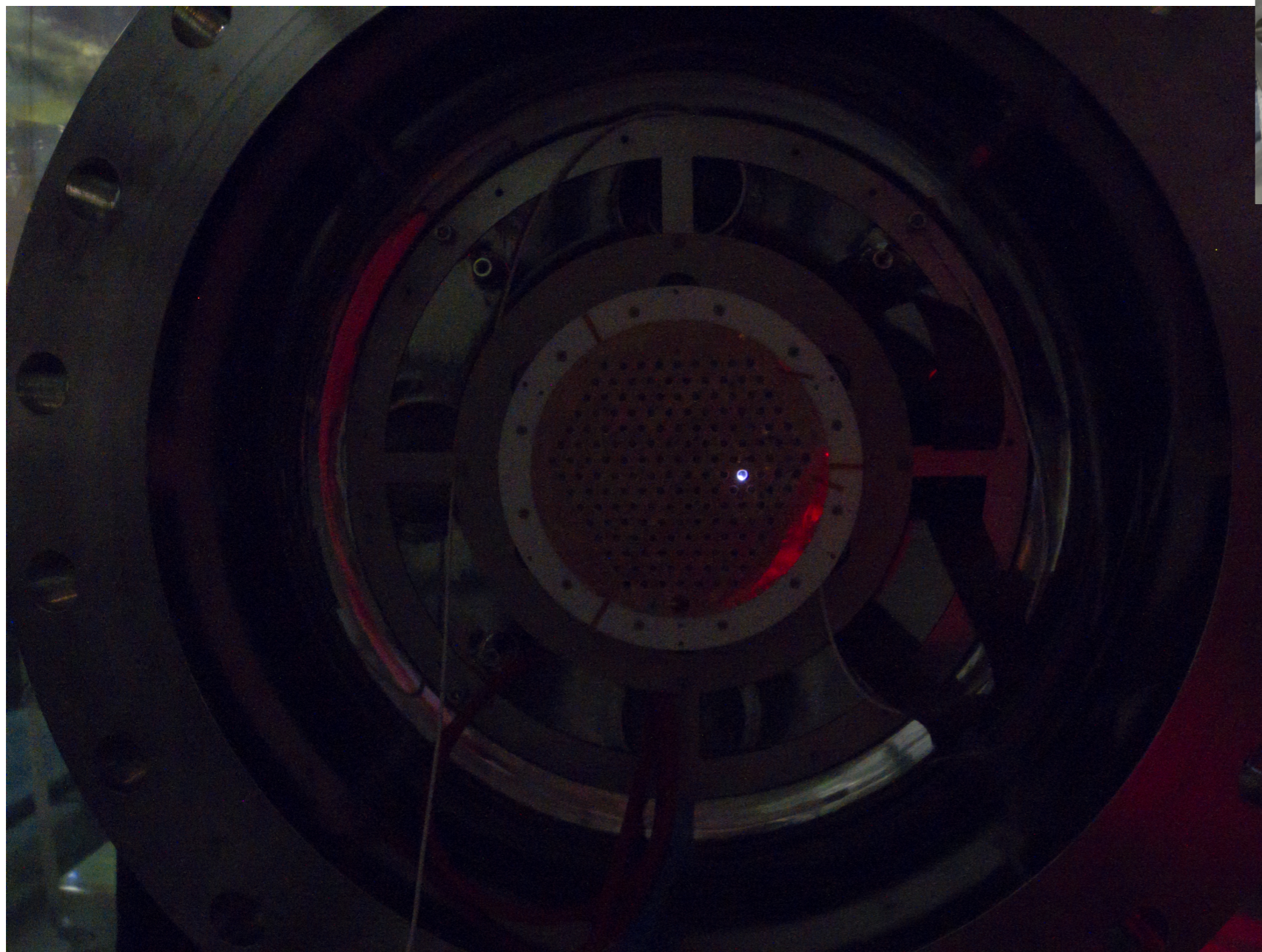
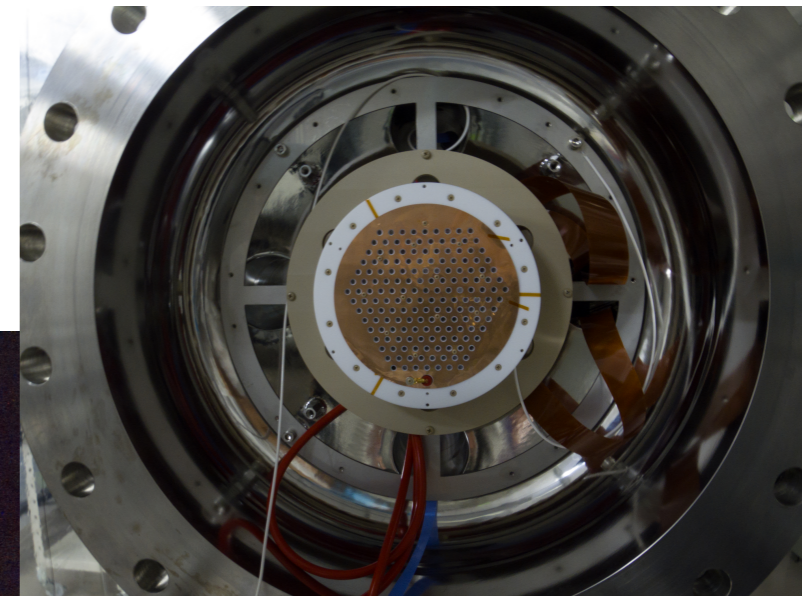


※ 循環開始直後は減圧されて光量低下

※ 循環終了直後は高圧になって光量増加

放電現象ってこんな感じ

実は蒸留後に放電が起きてデータ取得に苦労してました



原因はELCCのセルの中に紛れ込んだメッシュの切れ端

→ 頑張ってきてきれいにしたら設計電圧でデータは取れるところまでは昇圧できた

Summary & ToDo

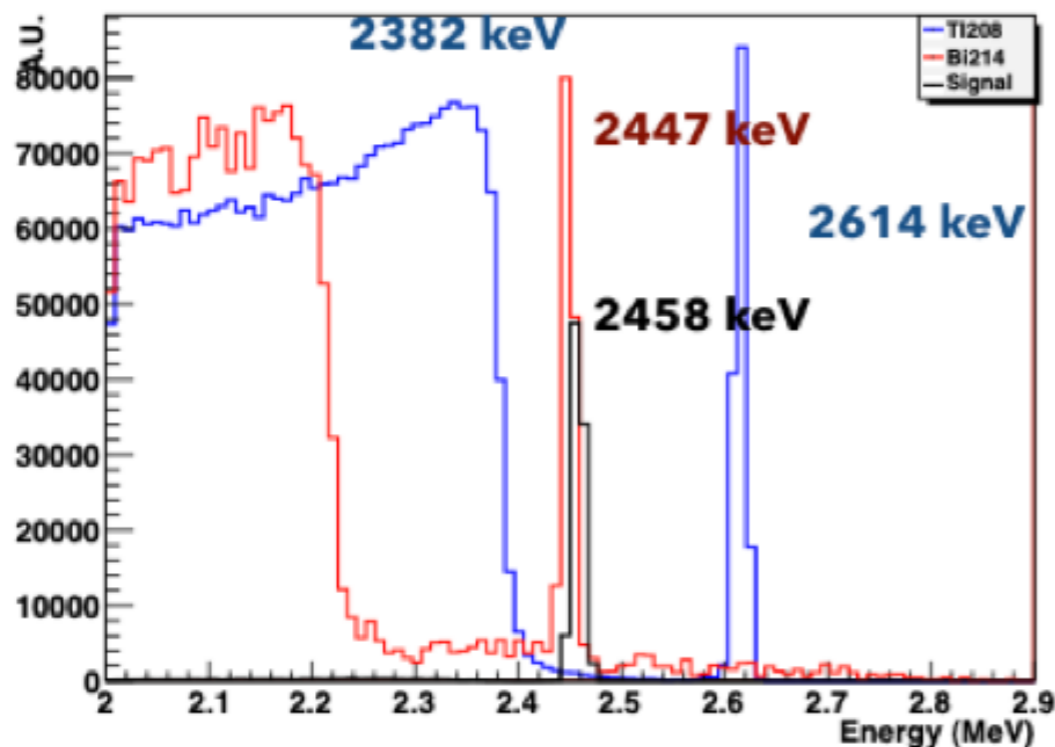
- ☑ HP180Lの動作確認 → ELCCの順次拡張 のはずが大気混入で測定困難に
- ☑ Xeガス純化作業(蒸留操作 + モレキュラーシーブ + ゲッター)によって測定誤差範囲内まで光量は回復できた
- ☑ 新しいポンプを導入した

- ToDo
 - 残留ガス分析計を用いて何の成分が何に影響しているか調査
 - Xe保持容器, HP180L等の真空度強化 (まだアウトガスが多い)
 - HP180Lの多ユニット化; 年末までに 3→12unit, その後27unit(FULL)

backup

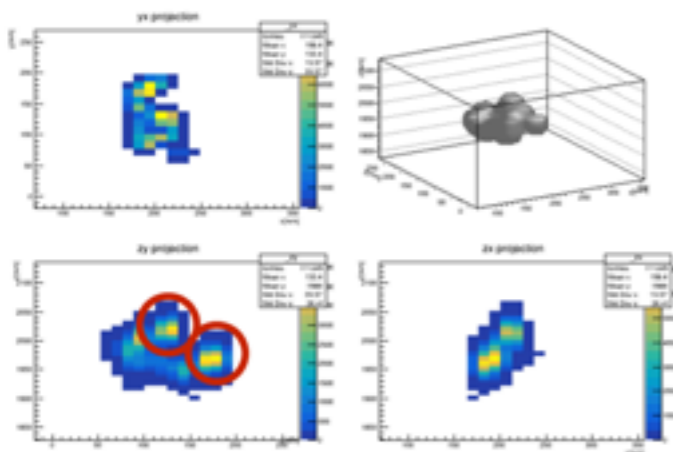
BG study for HPXe-TPC

arXiv:1106.3630v1 [physics.ins-det] from NEXT paper

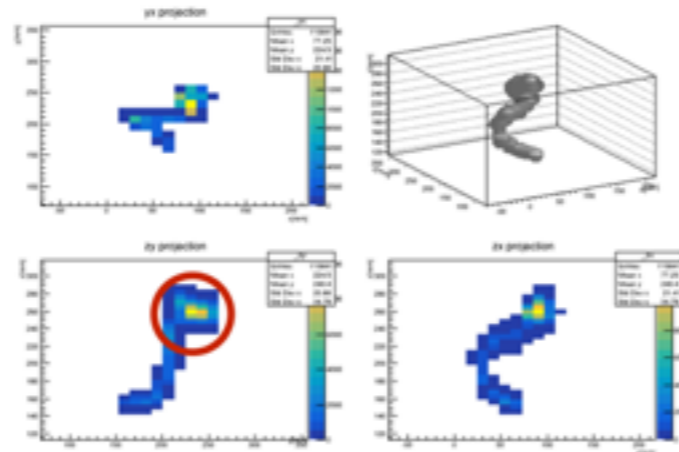


- $0\nu 2\nu$ は2,458 keVの2つの β 線
- 圧力容器に含まれる放射性不純物のうち、 ^{214}Bi の γ 線(2,447 keV)が主要背景事象
- 0.5% FWHM @ Q-val. のエネルギー分解能ではS/N分離不可能

$0\nu 2\nu$ (signal)



^{214}Bi (BG)



機械学習による
飛跡を利用した背景事象除去

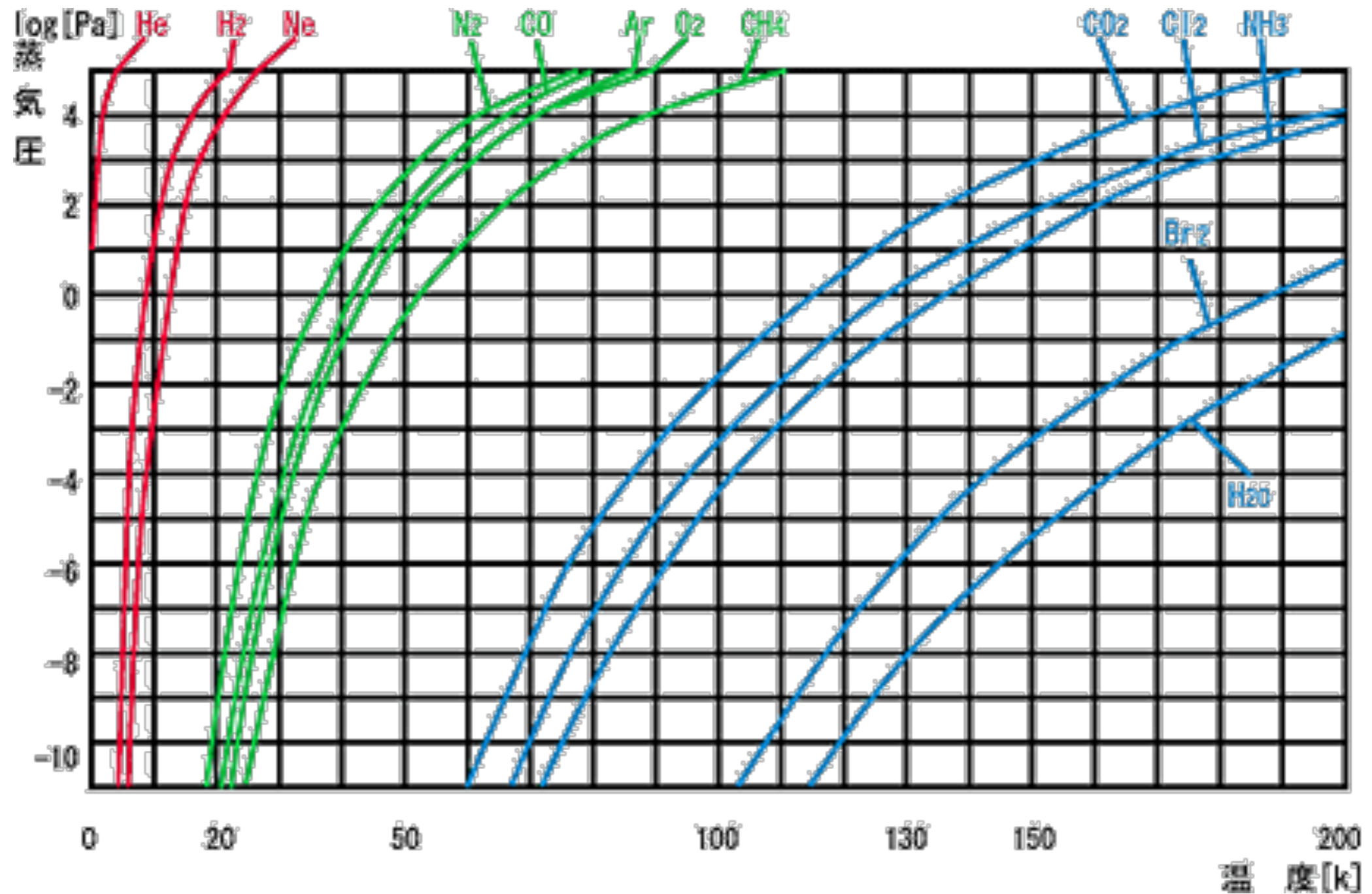
によって0.8 cnt/yr まで低減

⇒ もっと減らしたい!!

⇒ 他に何か使える情報は?

エネルギー, 時間, 飛跡....

蒸気圧曲線



taken from

[https://www.google.com/url?](https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjW8N3viMPkAhWSwpQKHZ5UBeEQjhx6BAGBEAI&url=https%3A%2F%2Fwww.ulvac-cryo.com%2Fproducts%2Fcryo-pump%2Fabout_cp%2Fcp-basic_01%2F&psig=AOvVaw0fjbjZC9xXwvCm0ZY9qlEh&ust=1568095411805582)

https://www.ulvac-cryo.com/products/cryo-pump/about_cp/cp-basic_01/