

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

市川温子 (京都大学)

For the AXEL group

(京都大学、KEK、神戸大学、東京大学宇宙線研究所、
東北大学、横浜国立大学)

AXEL(アクセル)：高圧キセノンガスによる タイムプロジェクトンチェンバー

ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索に 向けて

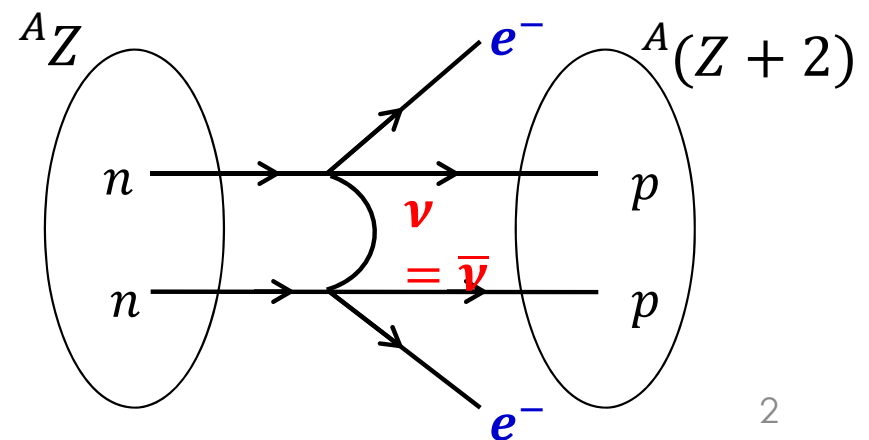
ニュートリノがマヨラナ粒子かどうか

- ✓ ニュートリノの質量の起源
- ✓ 高いエネルギースケールの物理
- ✓ 物質優勢宇宙の起源

暗黒物質探索の可能性もスタディ

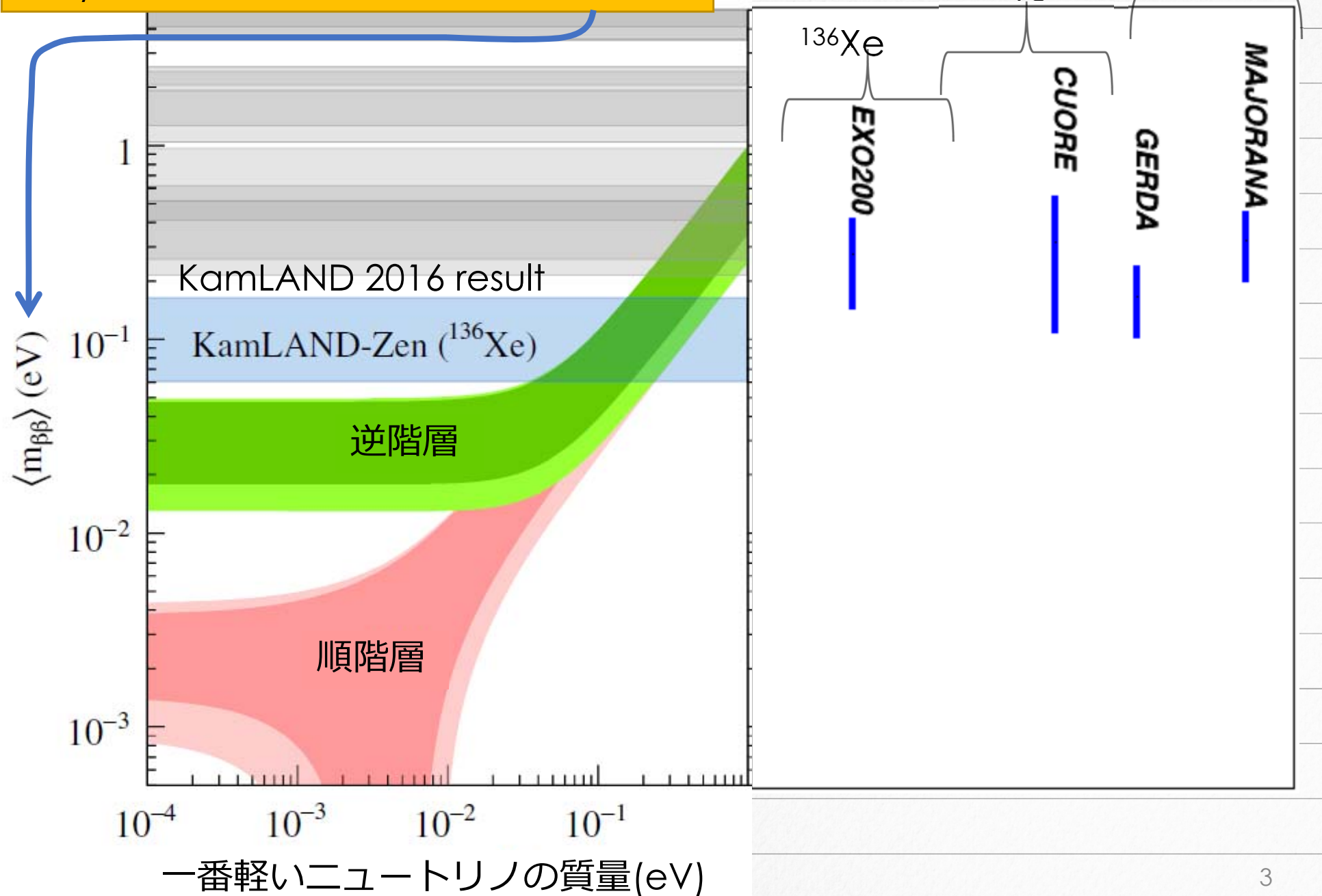
- ✓ 低閾値
- ✓ 方向感度

信号
電子 2 個
sum energyが一定の値



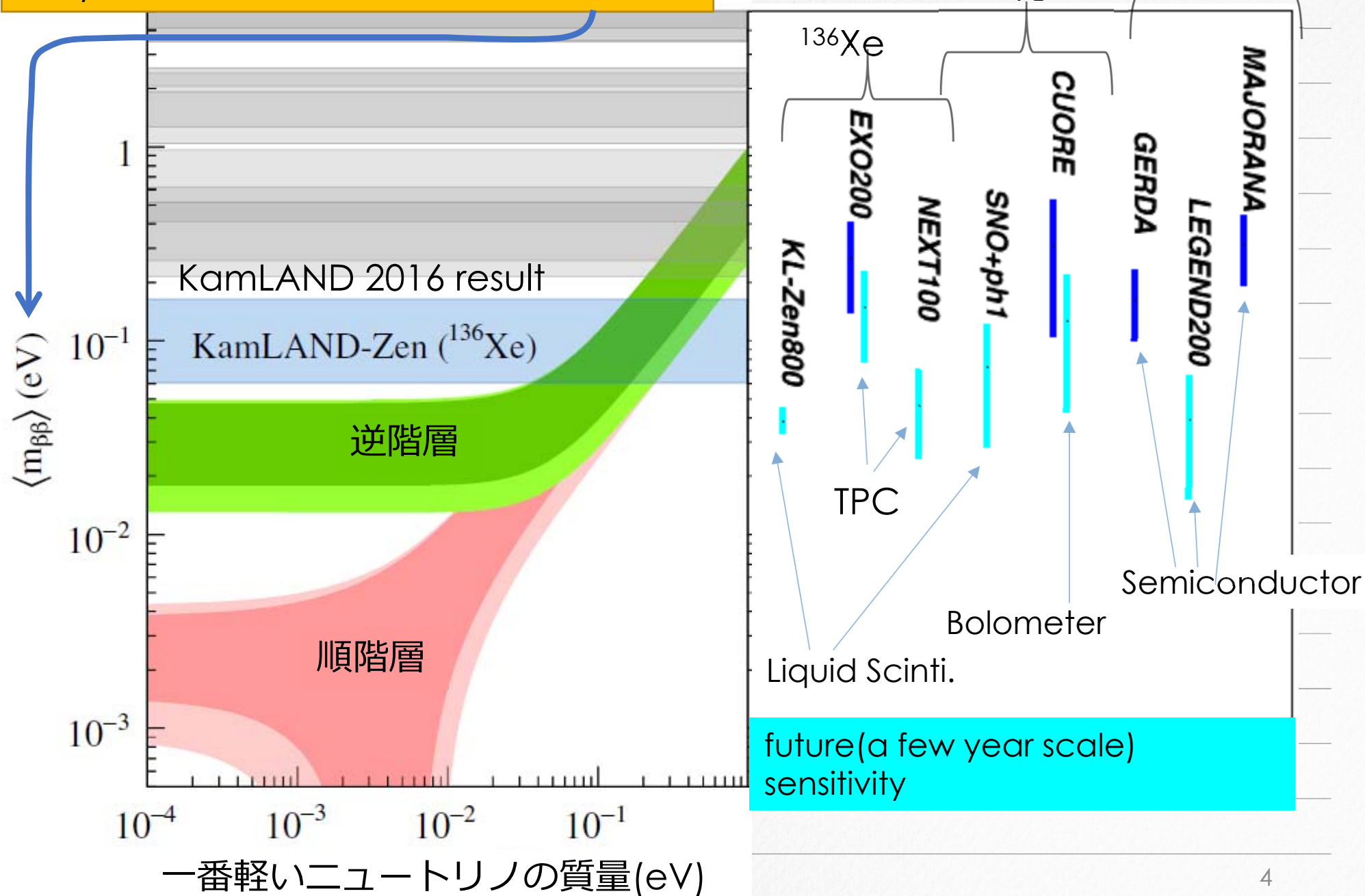
寿命(観測値)

$$(T_{1/2}^{0\nu})^{-1} = G^{0\nu} \cdot |M^{0\nu}|^2 \cdot \langle m_{\beta\beta} \rangle^2$$



寿命(観測値)

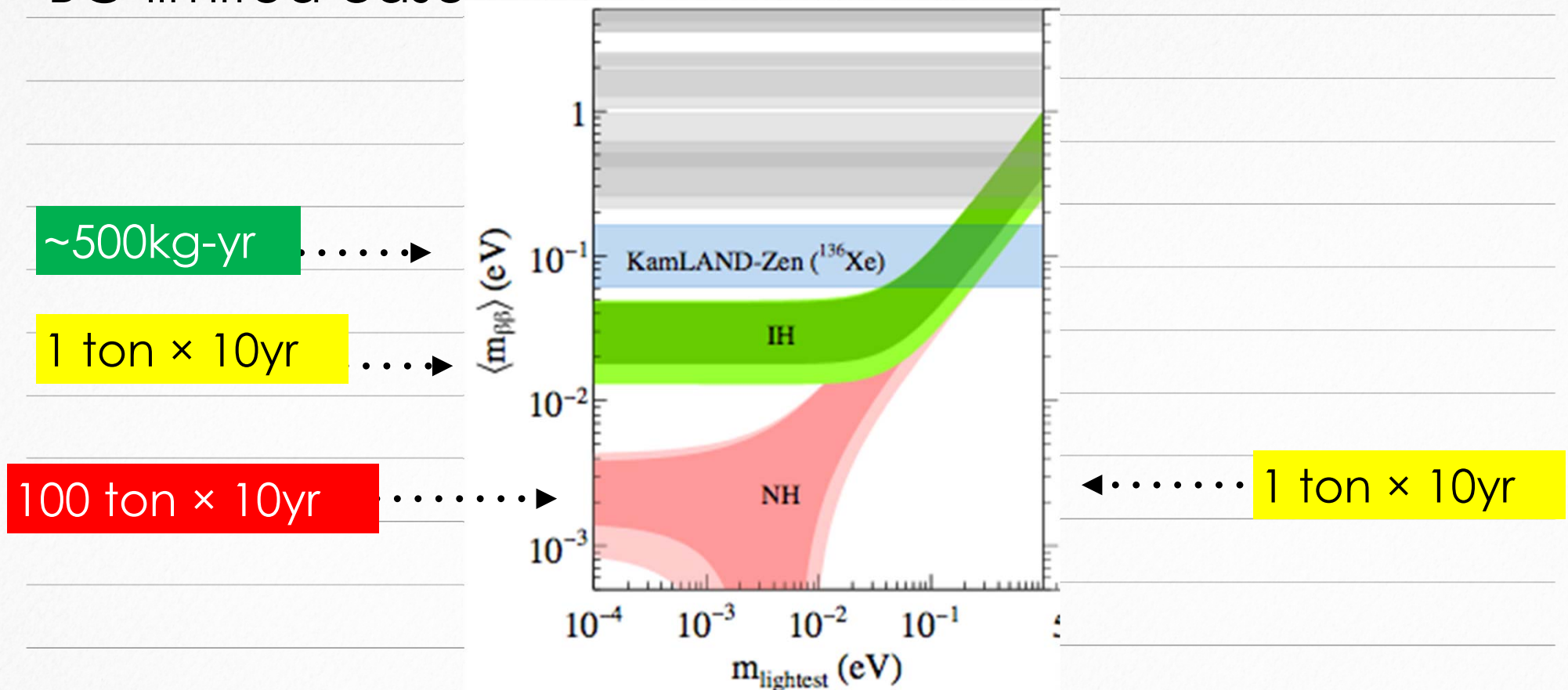
$$(T_{1/2}^{0\nu})^{-1} = G^{0\nu} \cdot |M^{0\nu}|^2 \cdot \langle m_{\beta\beta} \rangle^2$$



必要な(サイズ) × (時間)

BG-limited case

If BG-Free,



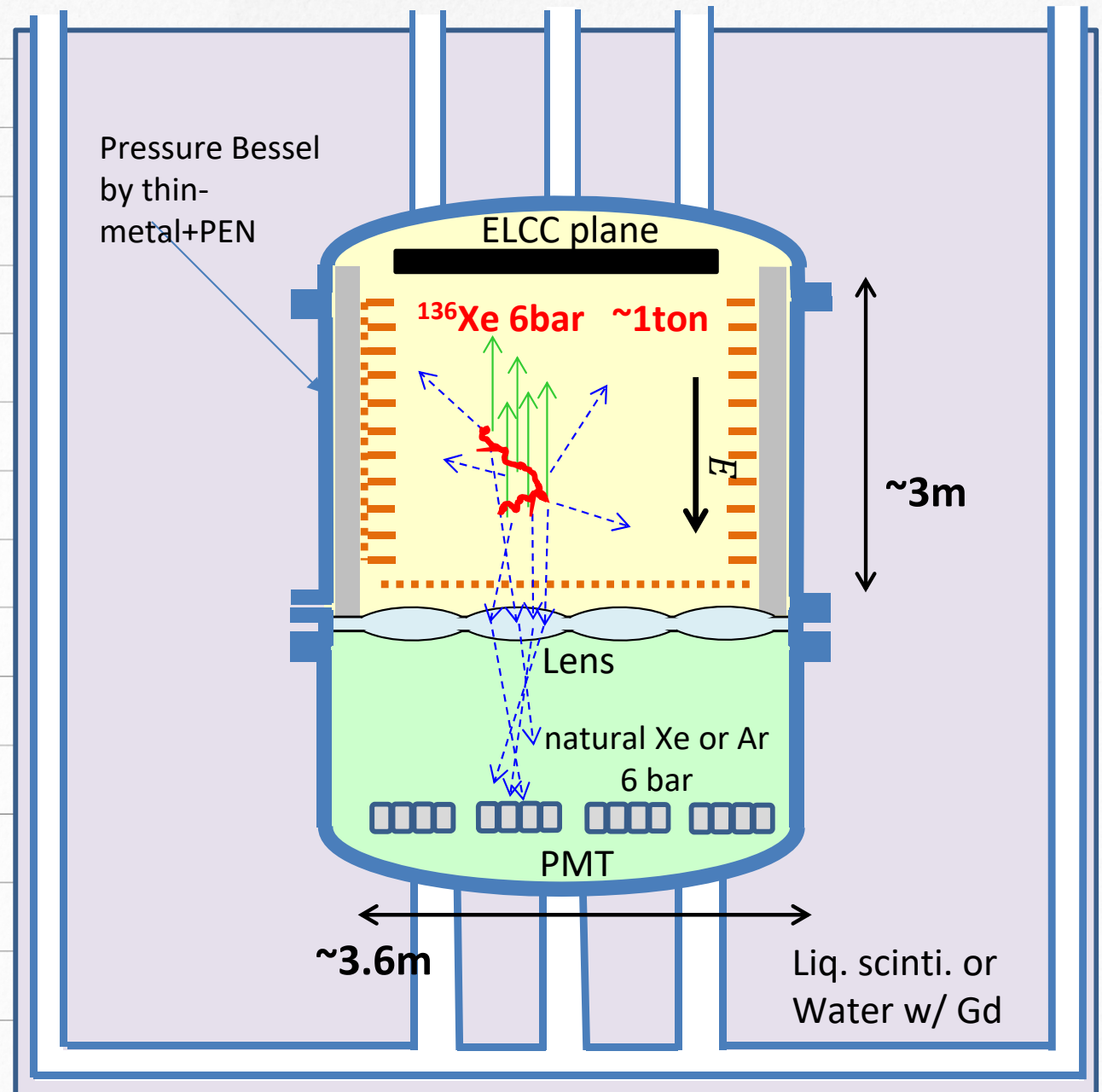
Background-free & ton-scale detector
を実現したい



A Xenon ElectroLuminescence Detector

1トン検出器のイメージ(*)

* 画像はイメージです。

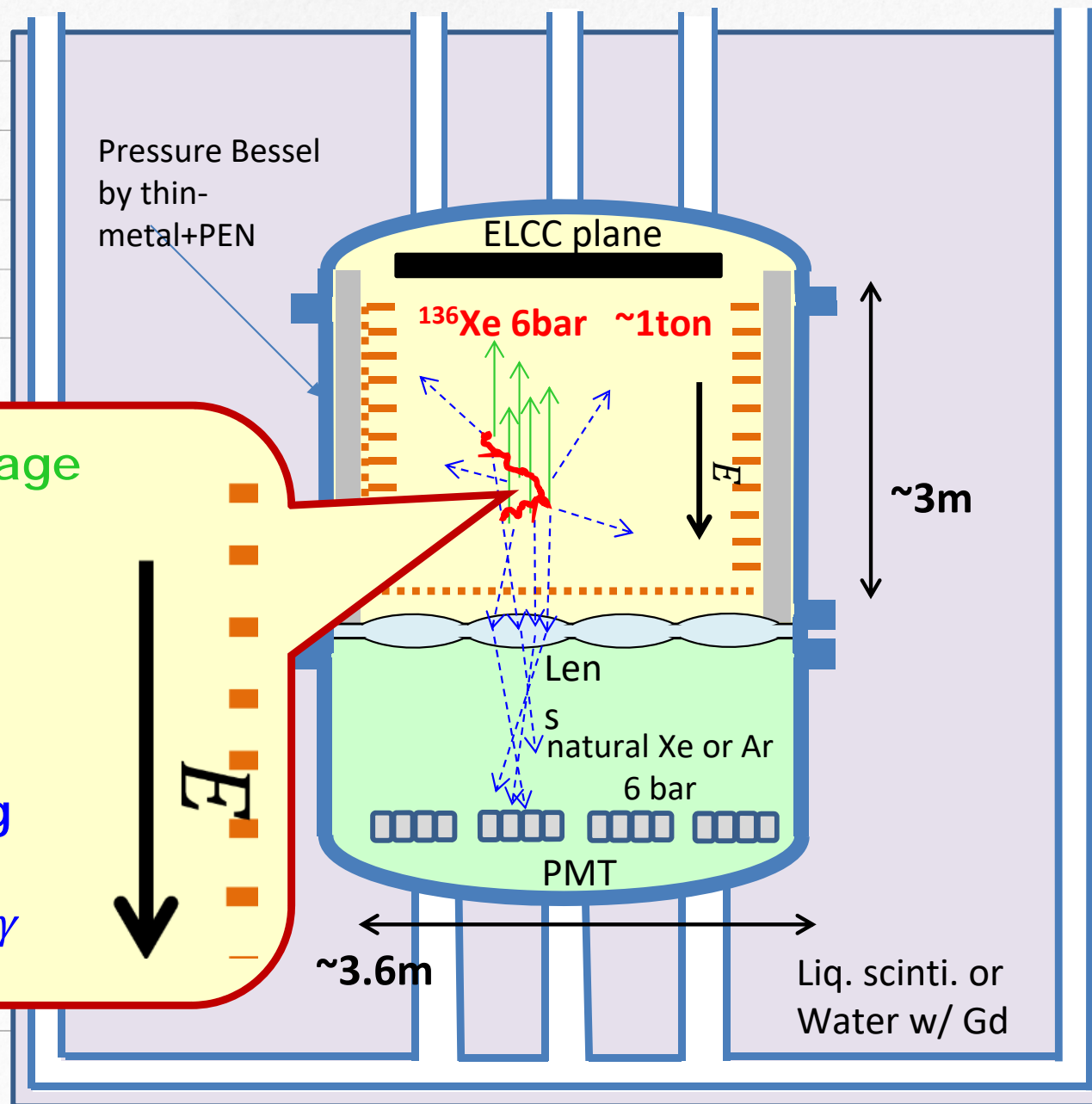
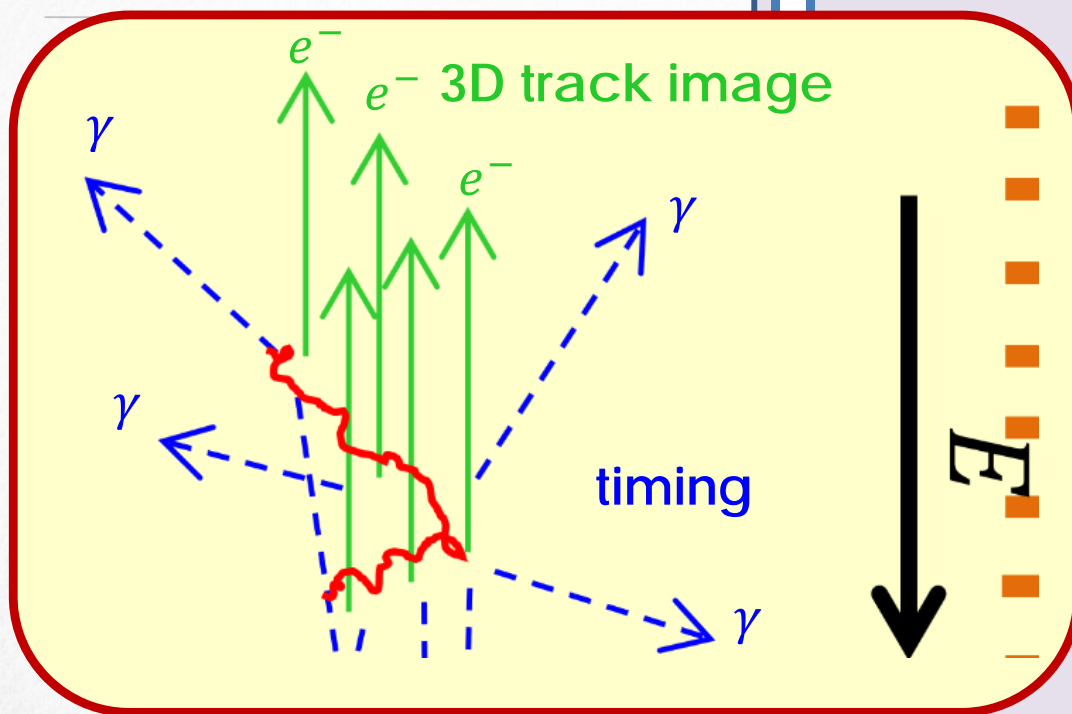


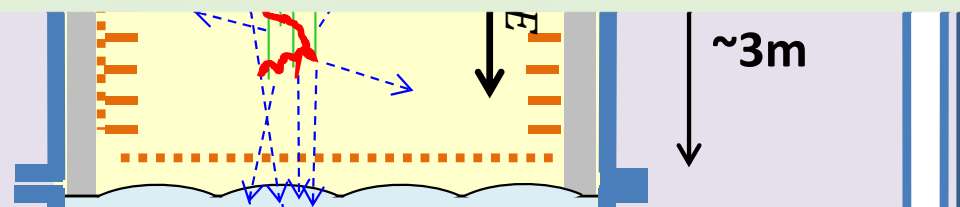
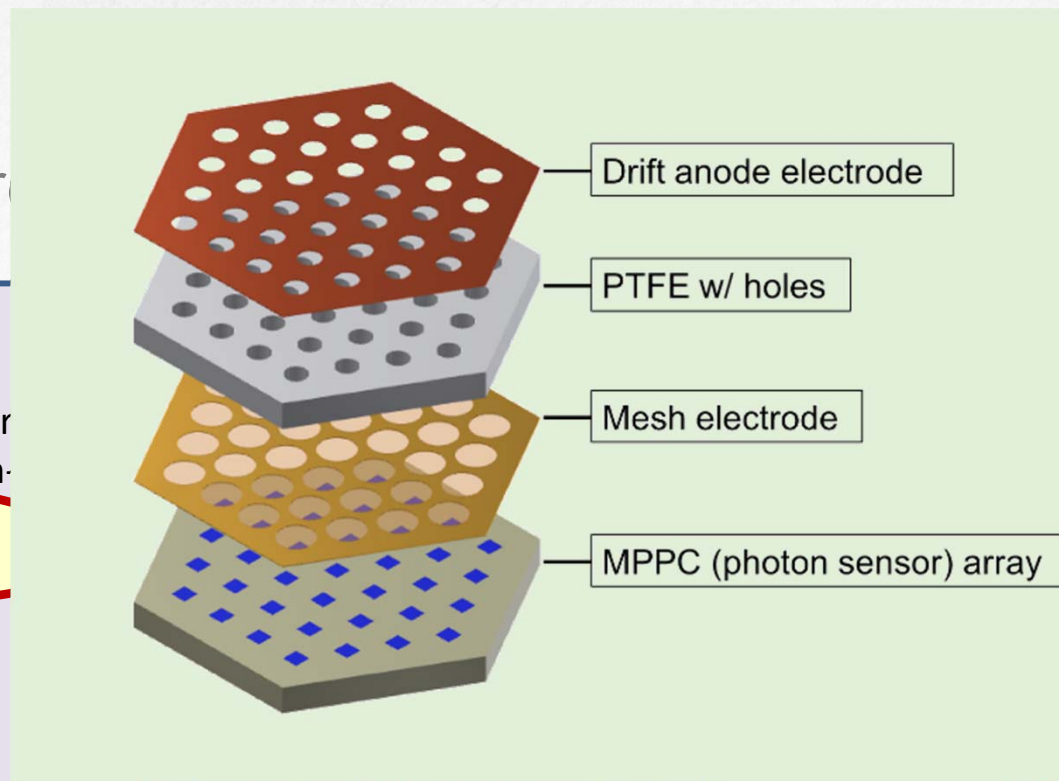
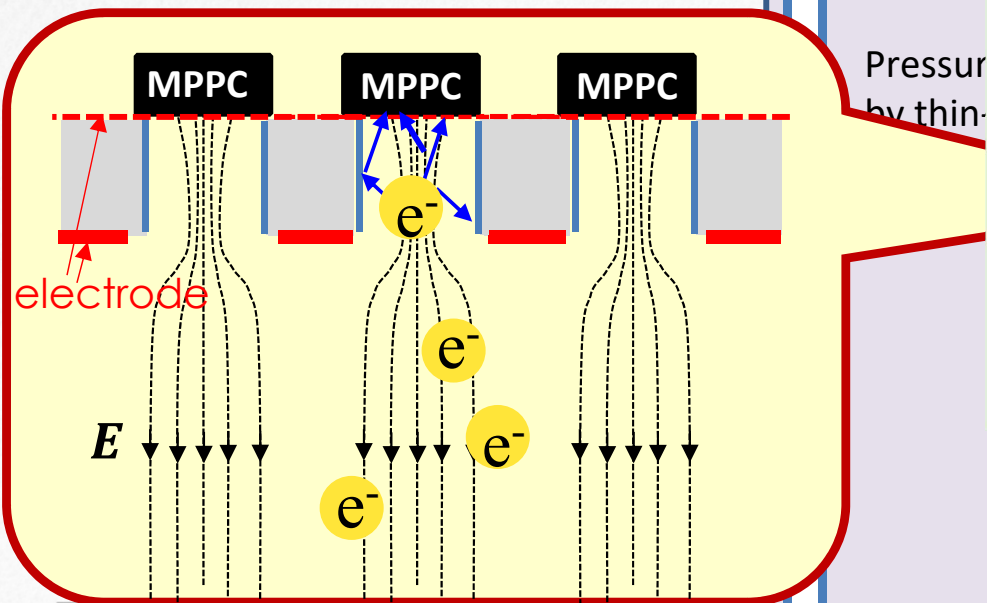


A Xenon ElectroLuminescence Detector

1トン検出器のイメージ(*)

* 画像はイメージです。





Electroluminescence Light Collection Cell : ELCC

- Energy measurement and Tracking in each cells
- Uniform response to event position
- Extendable to large size because of its rigid structures

飛跡解析によるBG除去

Xe 1ton級検出器 (無酸素銅10tonの容器を仮定)

- BG rate : **10^4 cnt/year (from ^{214}Bi)**

画像認識(Deep Learning)によるBG除去

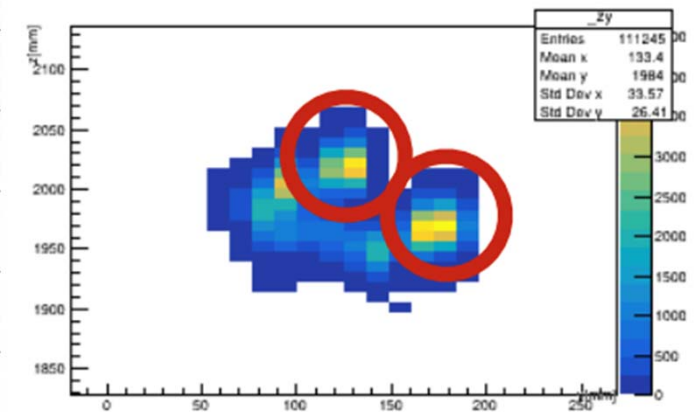


signal efficiency 46%
BG rate 6.6cnt/year

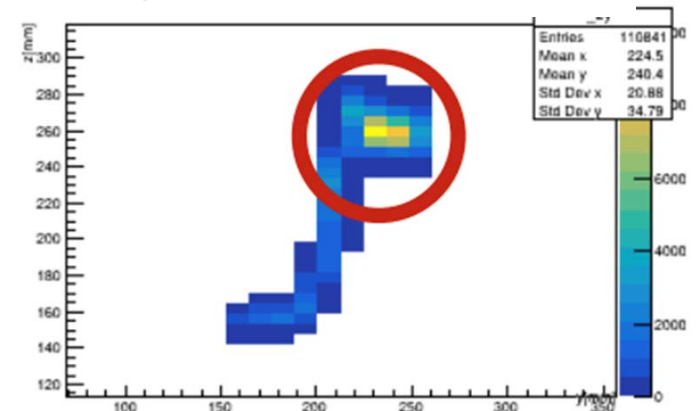
さらに1桁の削減するためのR&Dも
遂行中

- 容器の薄肉化・アクティブ化
- シンチレーション光による時間情報
- イオン検出

信号例



γ バックグラウンド



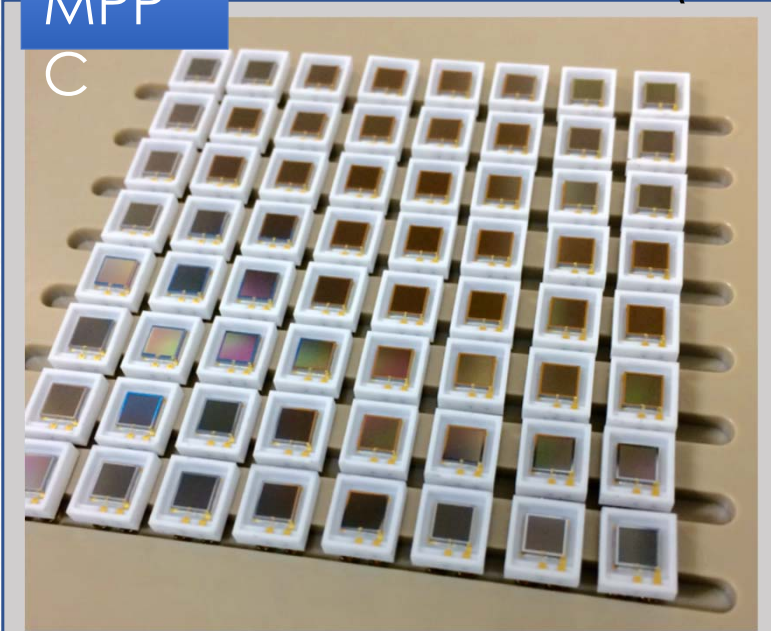
10L試作機 (原理検証機)

8x8 sensors

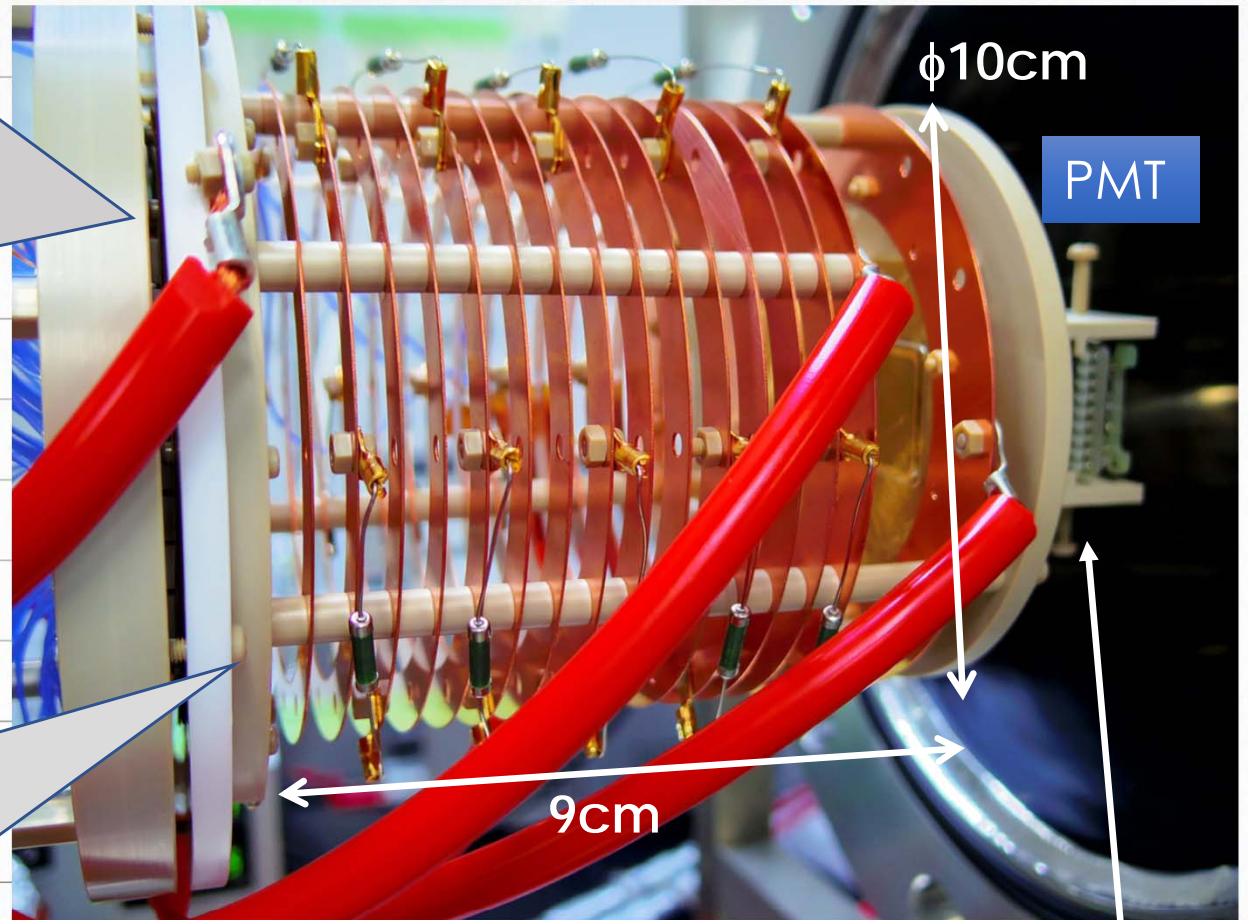
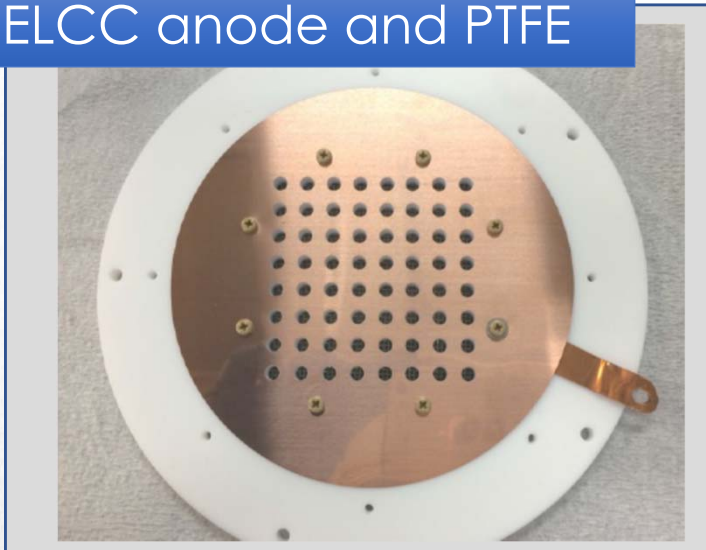
sensitive to VUV(175nm) photons

MPP

C

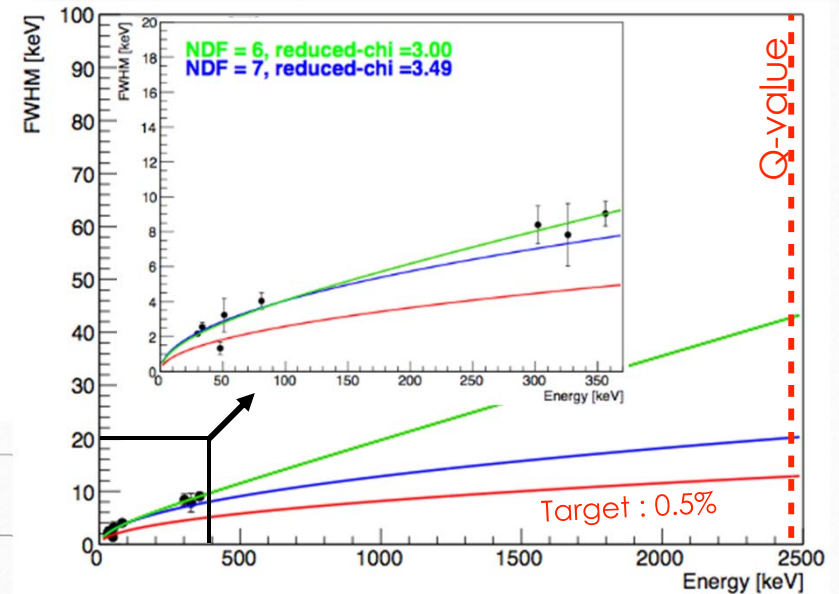
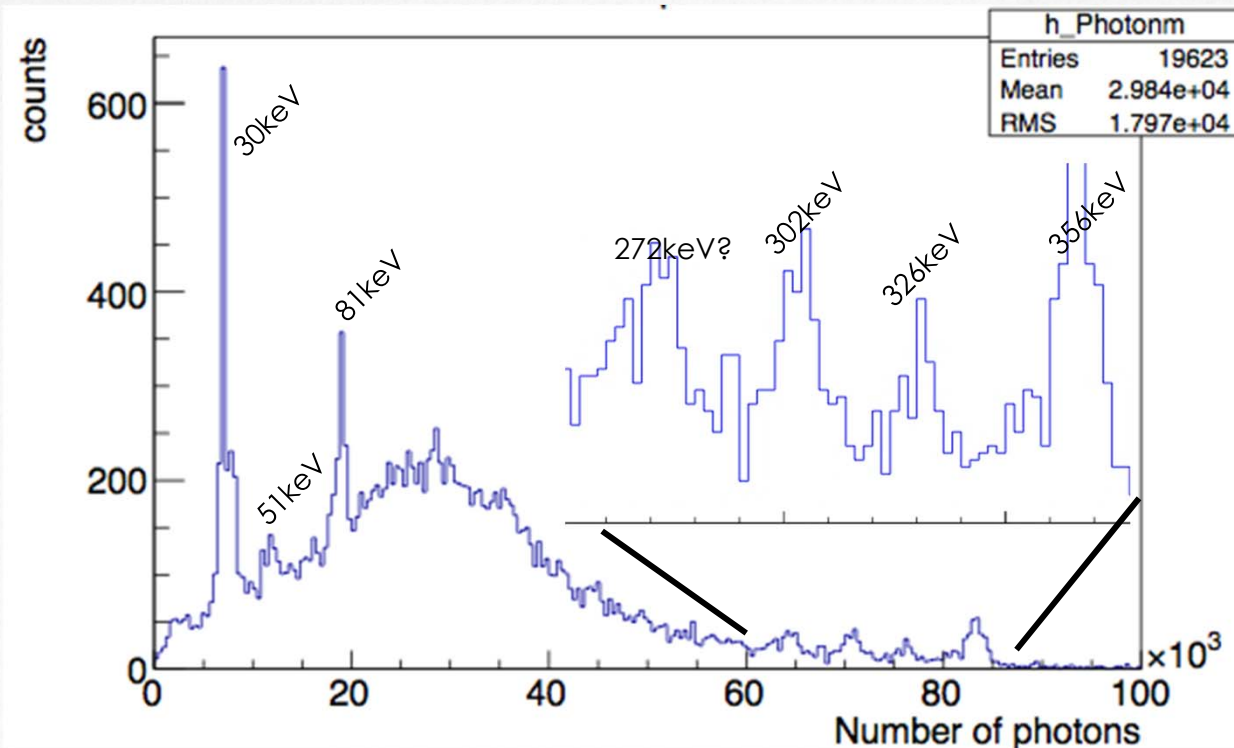


ELCC anode and PTFE



HAMAMATSU
R8520-406
合成石英窓
10気圧まで耐える

10L試作機による性能評価



Energy resolution(FWHM) at Q-value(2.5 MeV)

Goal : 0.5%

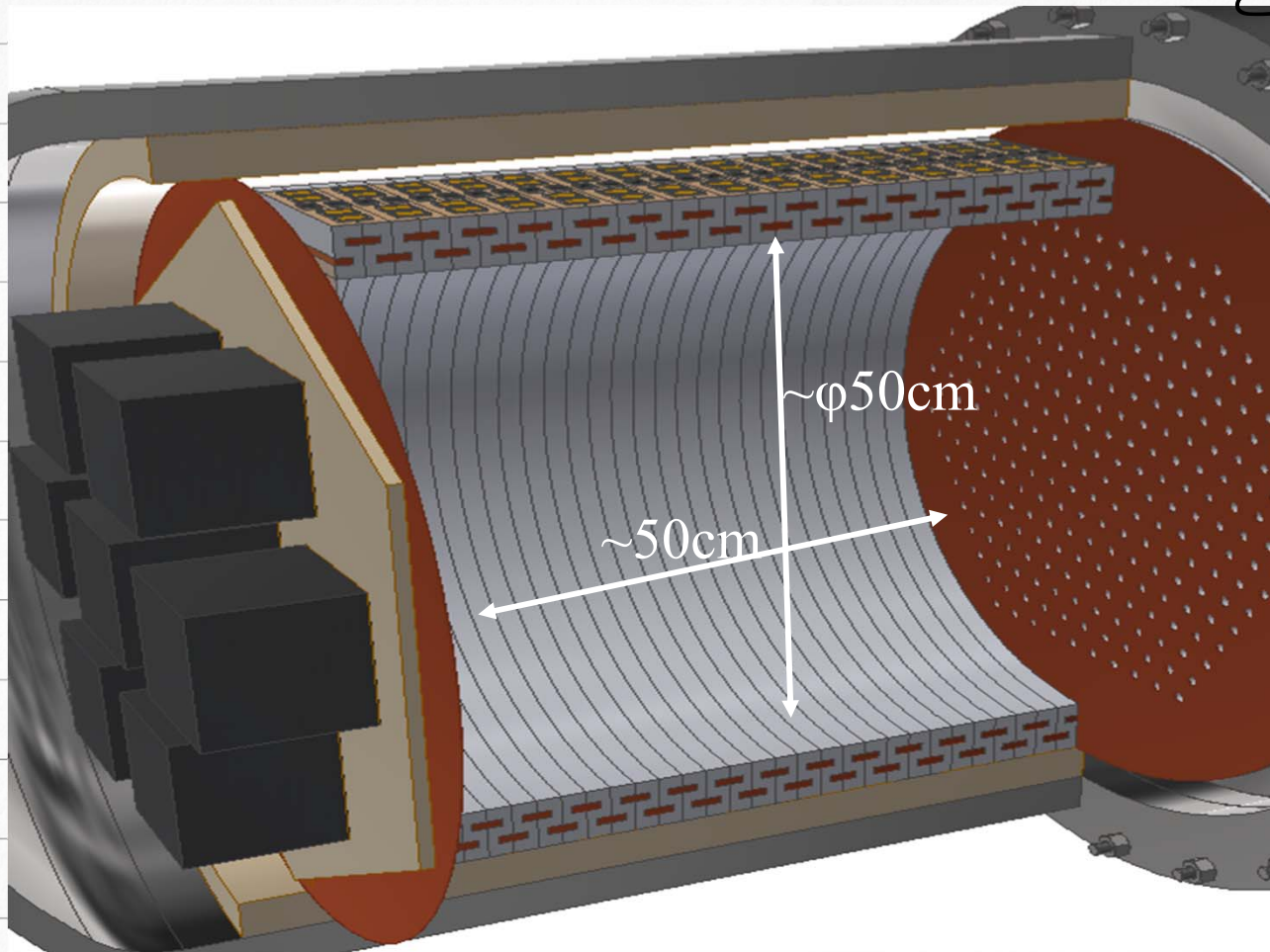
得られた結果 : 0.82 ~ 1.74 %

シミュレーションによる評価 : 主要因は理解した。電場、
ピッチを調整して、向上できそう。

180L試作機

Q値での実証、大型化を見据えた基本技術確立

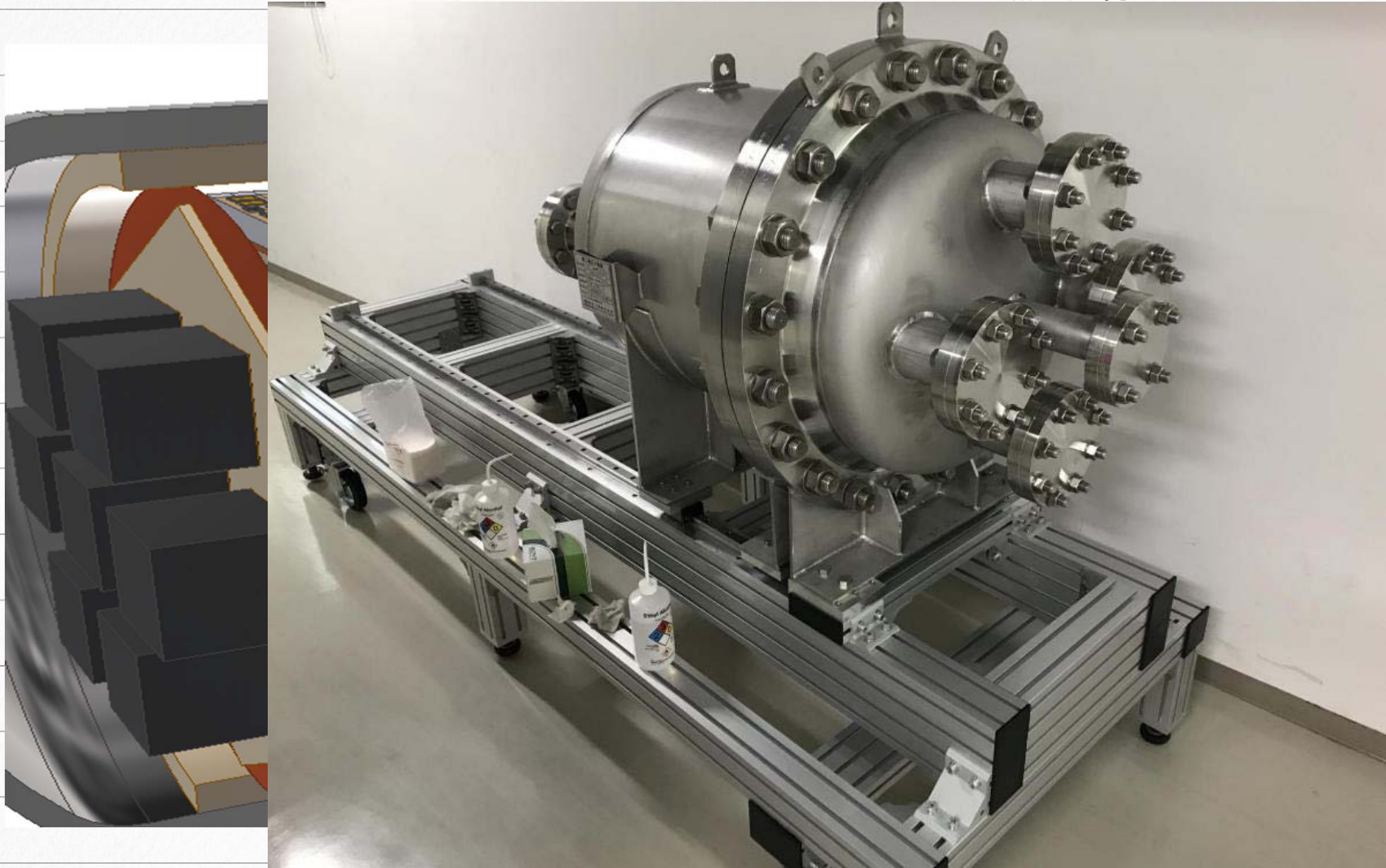
放射線レベルについては、
とりあえず気にしない



180L試作機

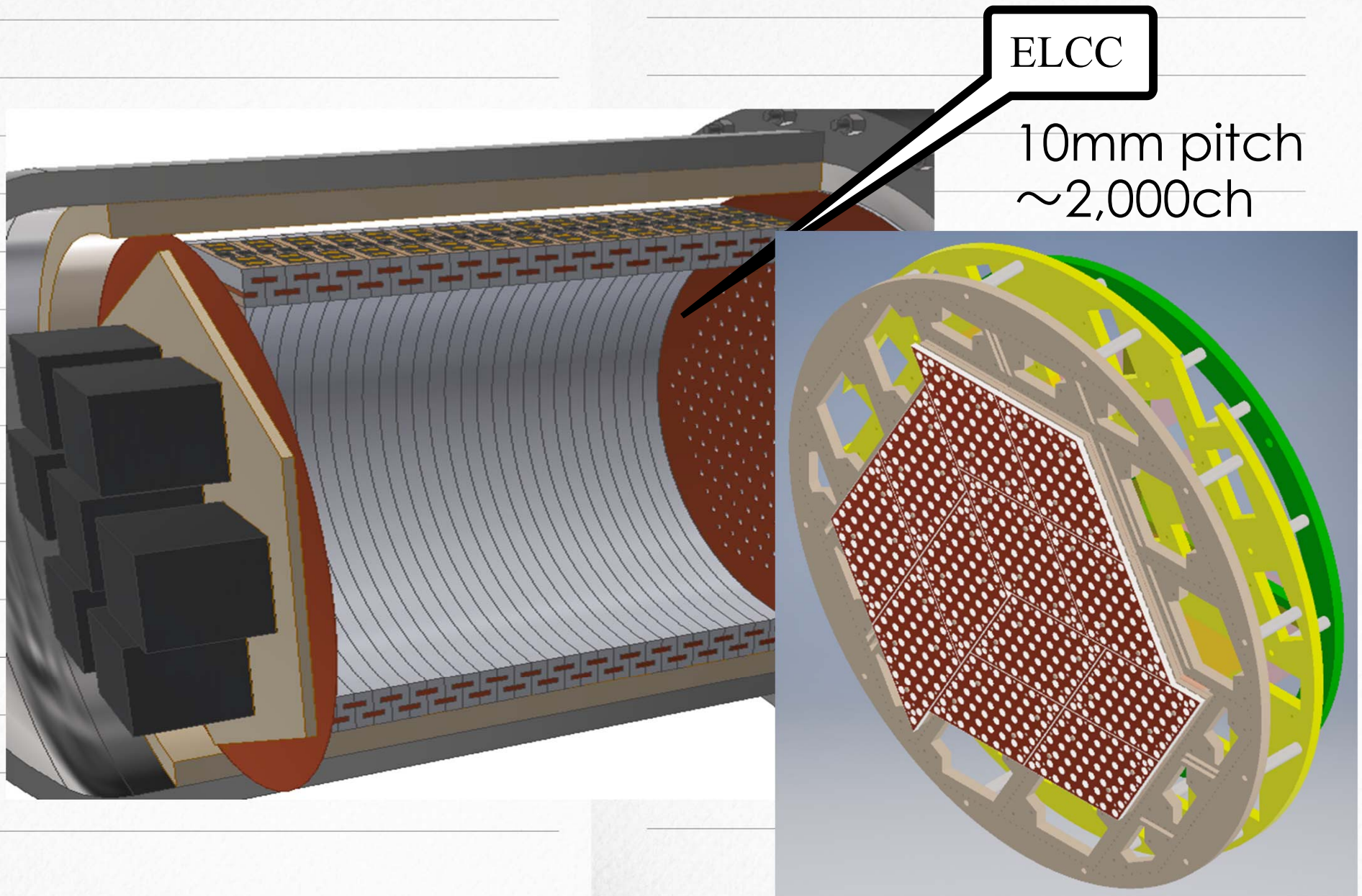
Q値での実証、大型化を見据えた基本技術確立

放射線レベルについては、
低い



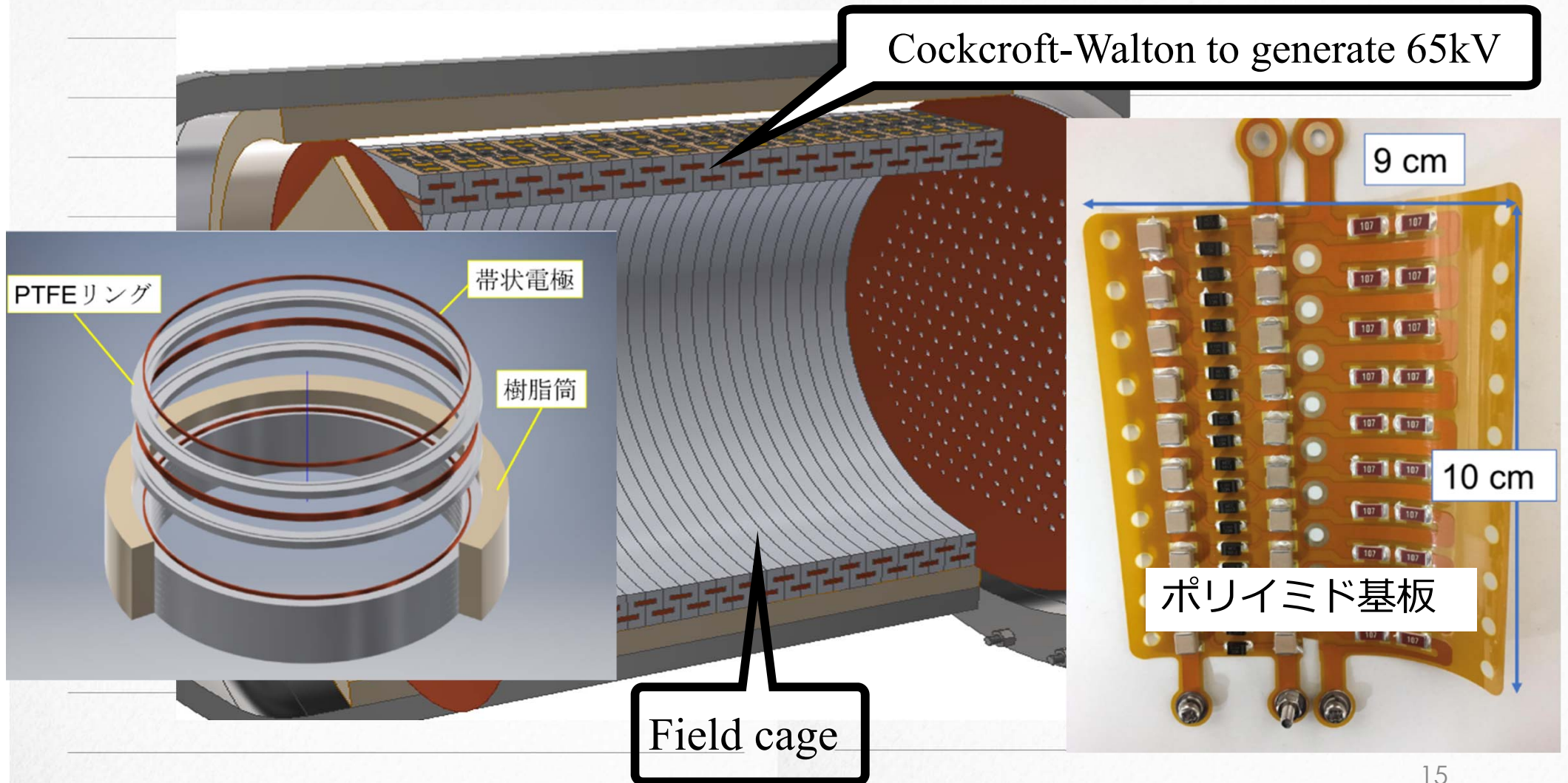
180L試作機

Q値での実証、大型化を見据えた基本技術確立



180L試作機

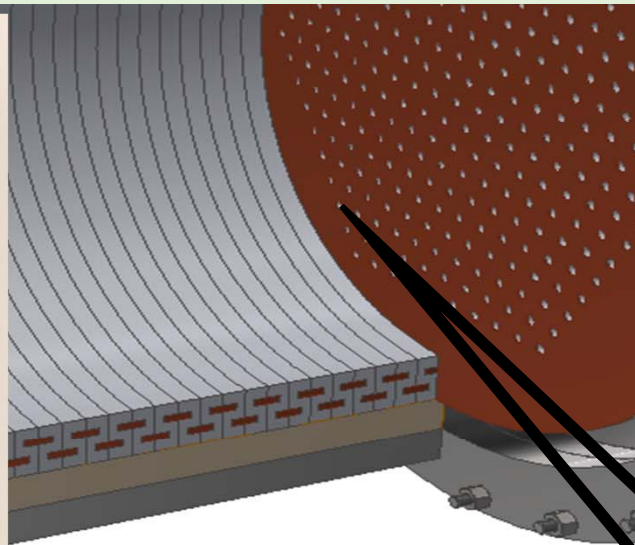
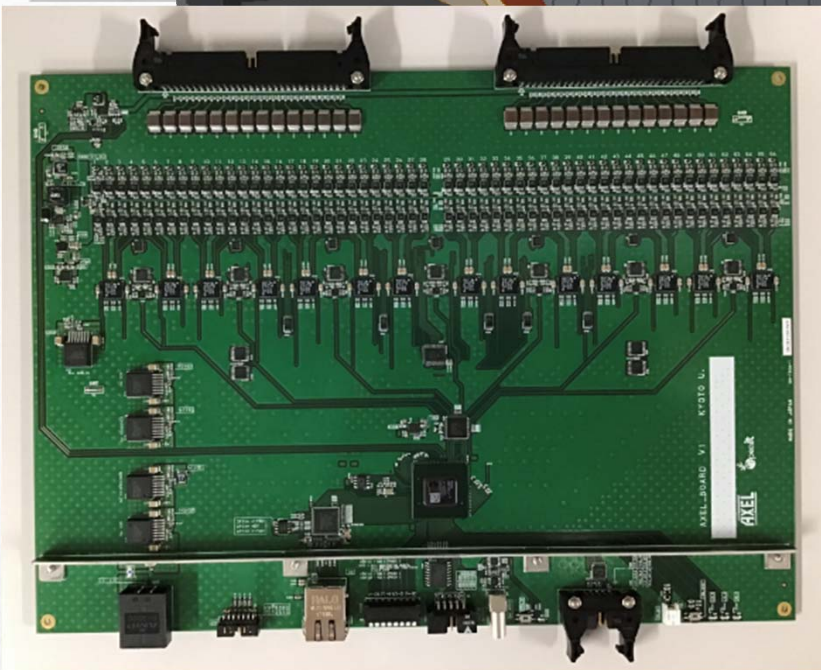
Q値での実証、大型化を見据えた基本技術確立



180L試作機

Q値での実証、大型化を見据えた基本技術確立

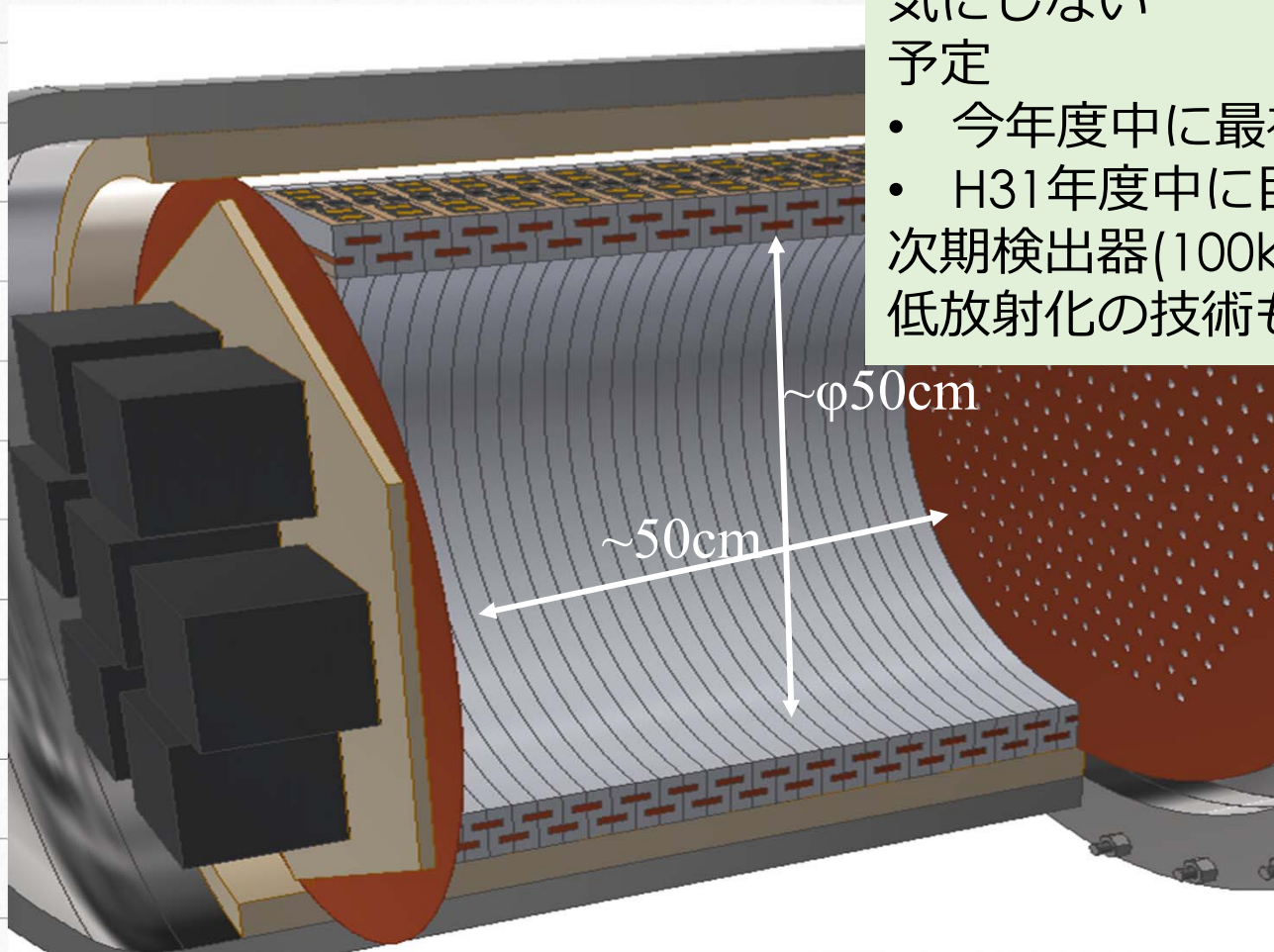
- 56 channel/board
- 20 ~ 35,000個/ μ sの光子数の正確な測定
- 5Ms/s、最大150 μ sの波形の読み出し
- キャリブレーションのための1光子(約40ns)の測定
- MPPCの個別のバイアス電圧設定



Readout electronics

180L試作機

Q値での実証、大型化を見据えた基本技術確立



放射線レベルについては、とりあえず気にしない

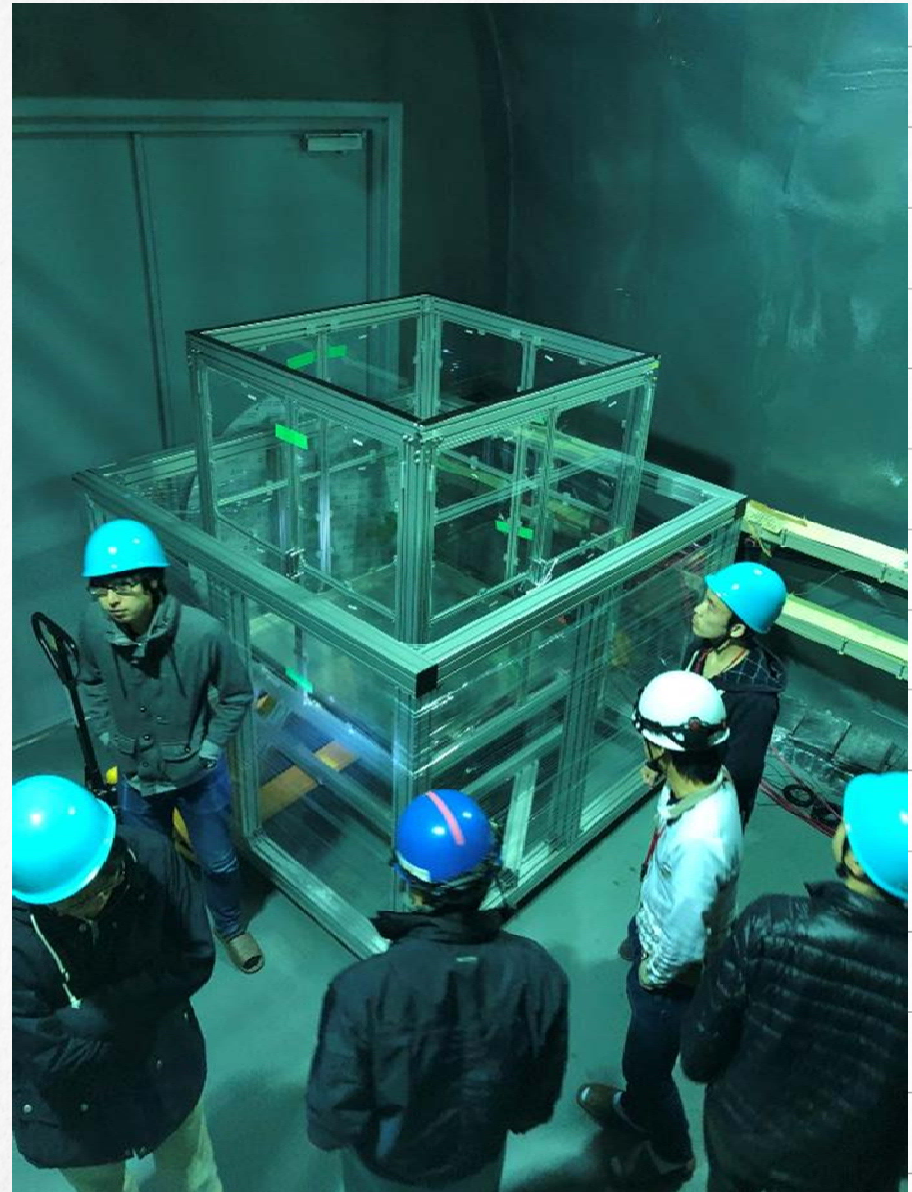
予定

- 今年度中に最初の信号観測
 - H31年度中に目標性能達成
- 次期検出器(100kg)に向けて、そろそろ、低放射化の技術も身に着けたい

神岡施設訪問

11月

- 最先端低バックグラウンド実験、キセノンガスの取り扱いなどを学ぶために、6名で神岡施設を訪問。
- 宇宙線研究所のコラボレータとコラボレーション・ミーティングも開催。
- 共同利用費20万円
旅費として使わせていただきました。
- 今まで、グループでまったくカバーできていなかった低バックグラウンド技術について、非常に勉強になった。





まとめ

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

- バックグラウンドフリーなニュートリノレス二重ベータ崩壊探索のための検出器の開発を行っている
- 180L試作機で $0\nu\beta\beta$ Q値での実証と大型化の基本技術確立を目指す
- 低放射化素材で100kg製作へ
- さらに新しい技術開発も
 - ✓ 極薄素材とポリエステル系化合物シンチレータの構造物による高圧容器
 - ✓ シンチレーション光によるImaging TOF
 - ✓ 回路起源の放射線の低減のためのASICチップ、およびそれを用いた回路ボードの開発。
 - ✓ 陽イオン検出
 - ✓ 柱状再結合を用いた方向感度を持つ暗黒物質探索



興味のある人は、
一緒にやりましょう