

CANDLES実験の現状報告

Calcium fluoride for studies of **N**eutrino and **D**ark matters
by **L**ow **E**nergy **S**pectrometer

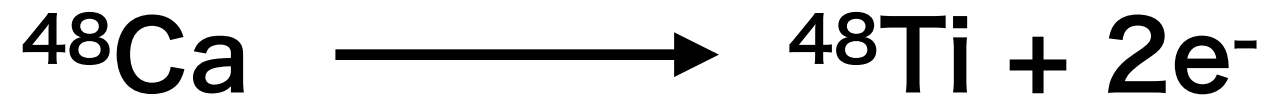
大阪大学 理学研究科 物理学専攻

M1 山本康平

for CANDLES collaboration

実験コンセプト

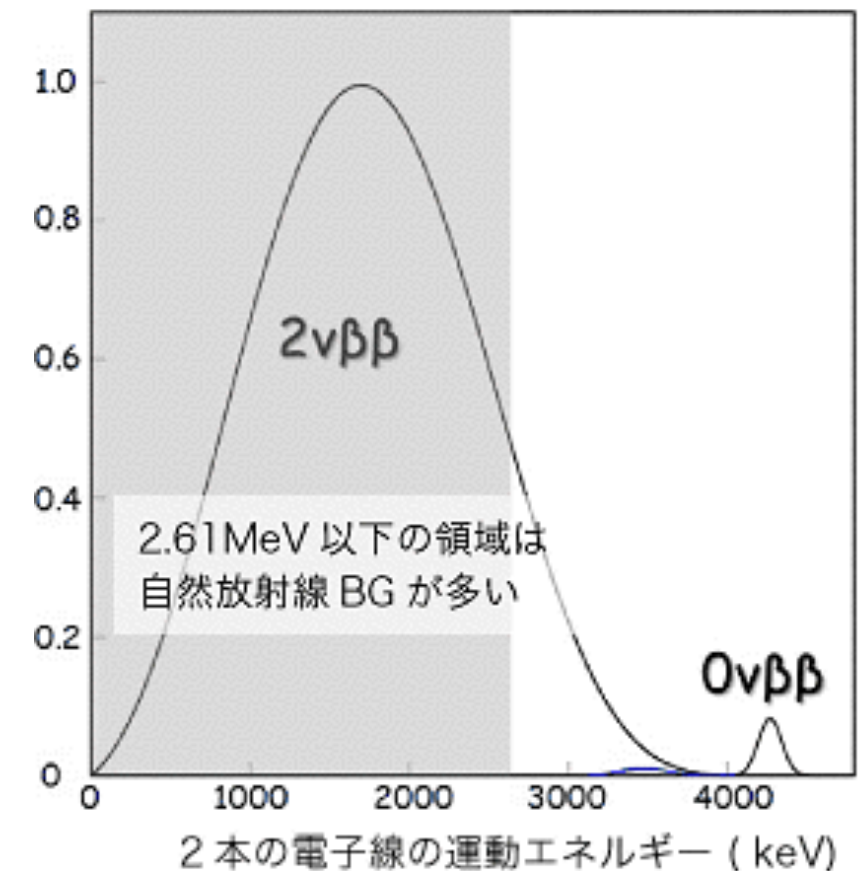
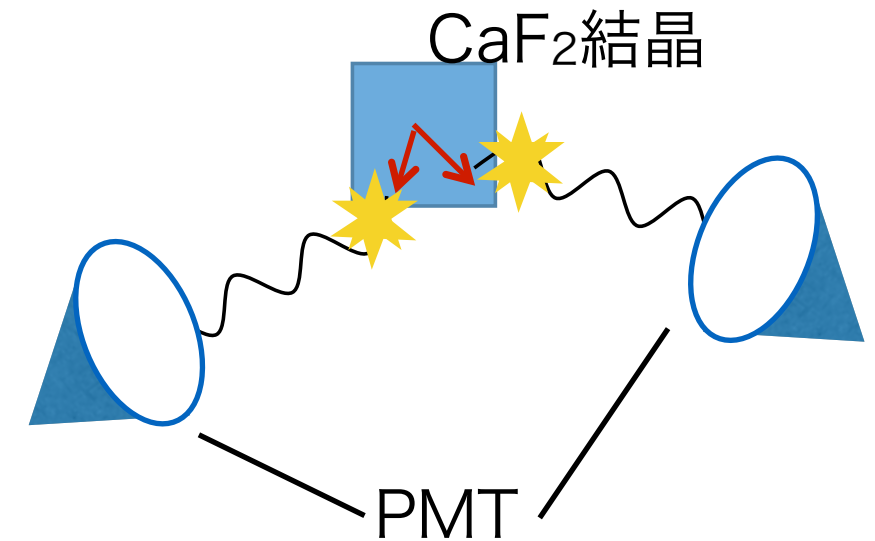
- CaF_2 シンチレータに含まれる ^{48}Ca で Neutrinoless Double β -decayを探索
→2本の β 線（合計4.27MeV）をPMTの同時計測により検出



CANDLES実験の特色

高いQ値

→Zero BackGround環境



^{48}Ca Double β -decay

- BackGroundがある状態で測定を行うと、測定時間を長くしてもどこかで頭打ちに

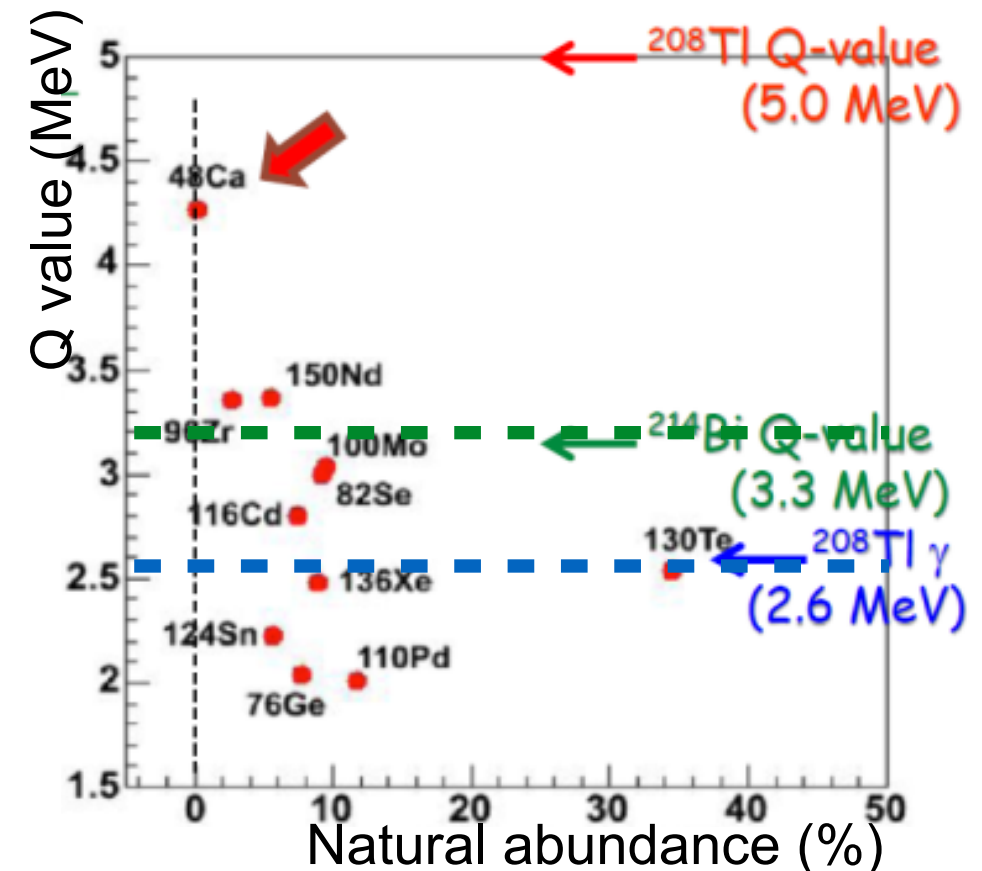
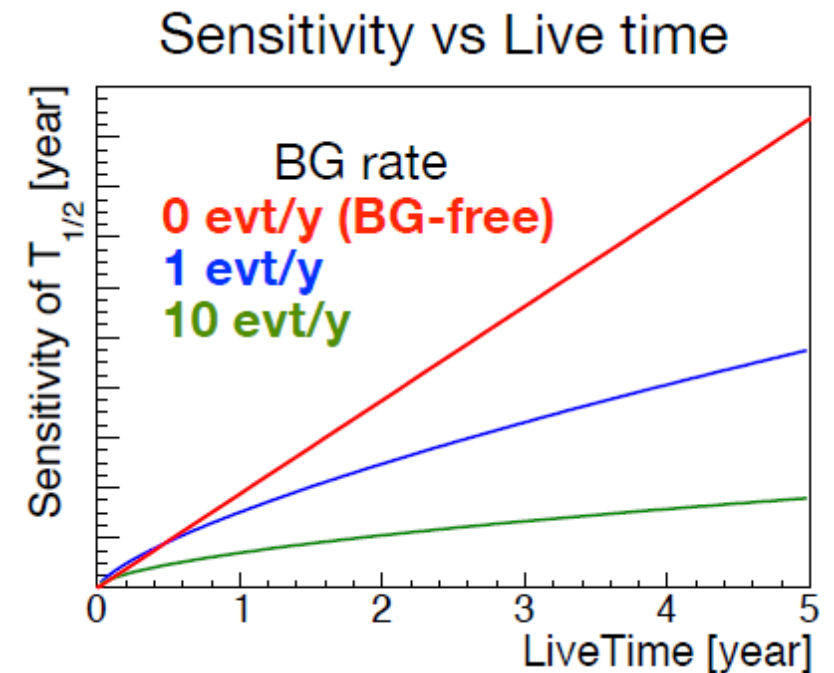
→Zero BackGround環境下での測定では時間当たりの検出感度が大幅に向上する

メリット

- 二重ベータ崩壊核で最も高いQ値(4.27MeV)
→BGと成り得る成分が少ない

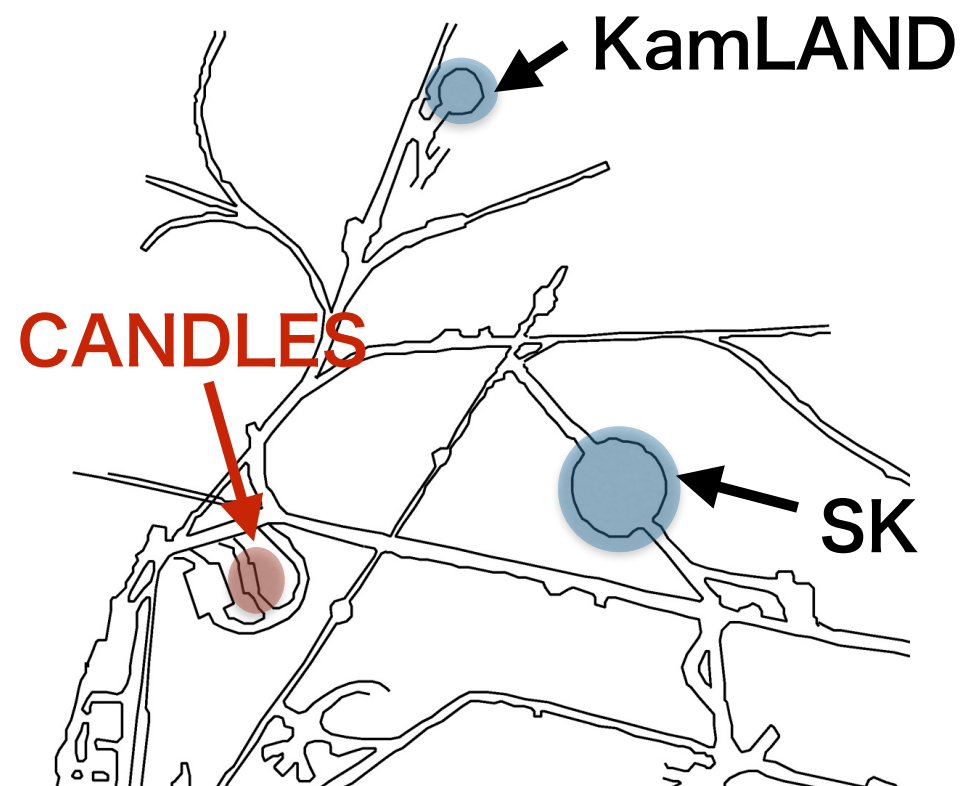
デメリット

- 低い自然存在比(0.187%)
→同位体の濃縮が重要 (研究中)



CANDLES detector

- ・ 神岡地下研究施設に配置
- ・ 高さ4m×直径3mの円筒形水タンク



PMT

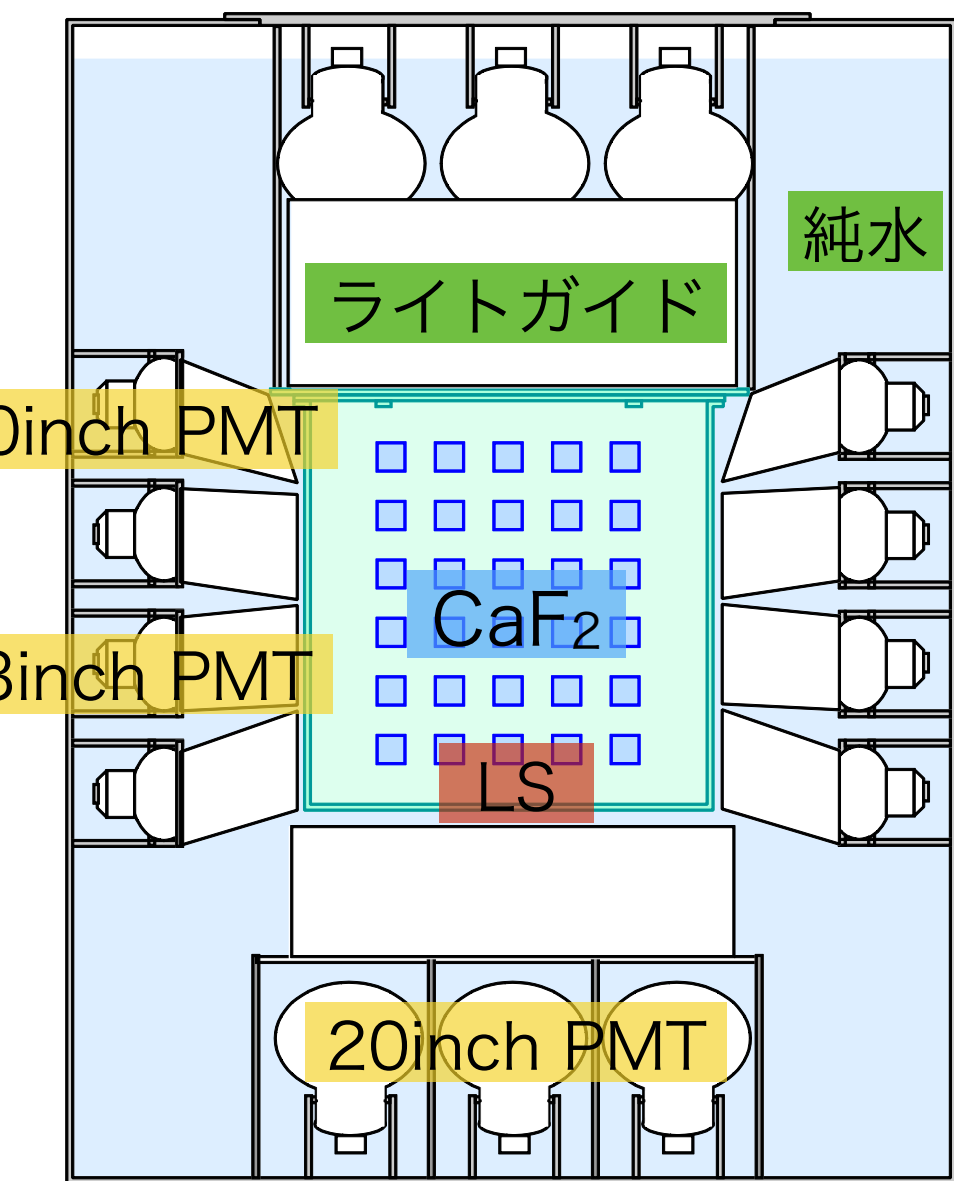
→ 10inch×12, 13inch×36, 20inch×14

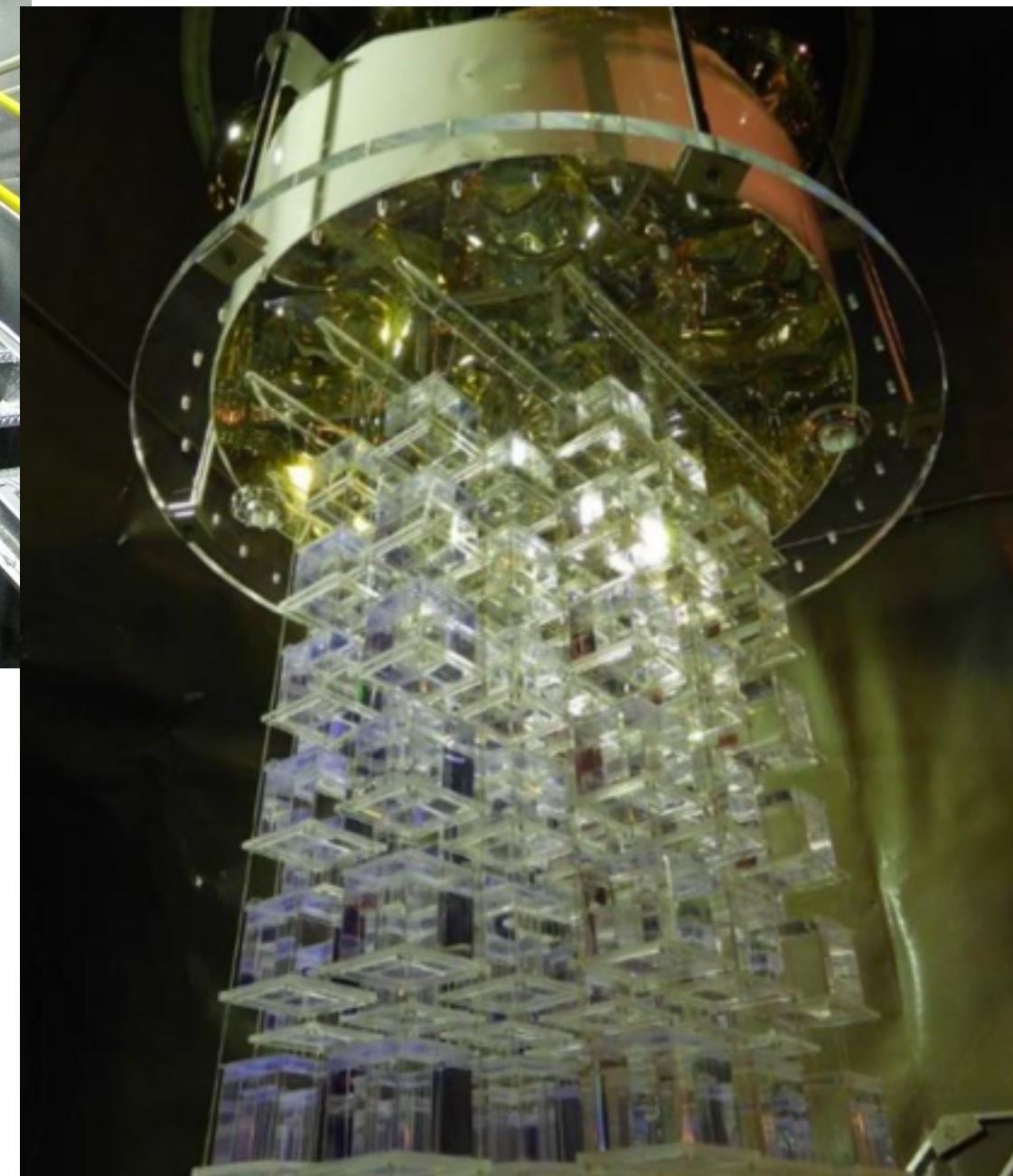
CaF₂(pure)結晶シンチレータ ($\tau \sim 1 \mu\text{sec}$)

→ $10 \times 10 \times 10 \text{cm}^3 \times 96 \text{個}$ (305kg)

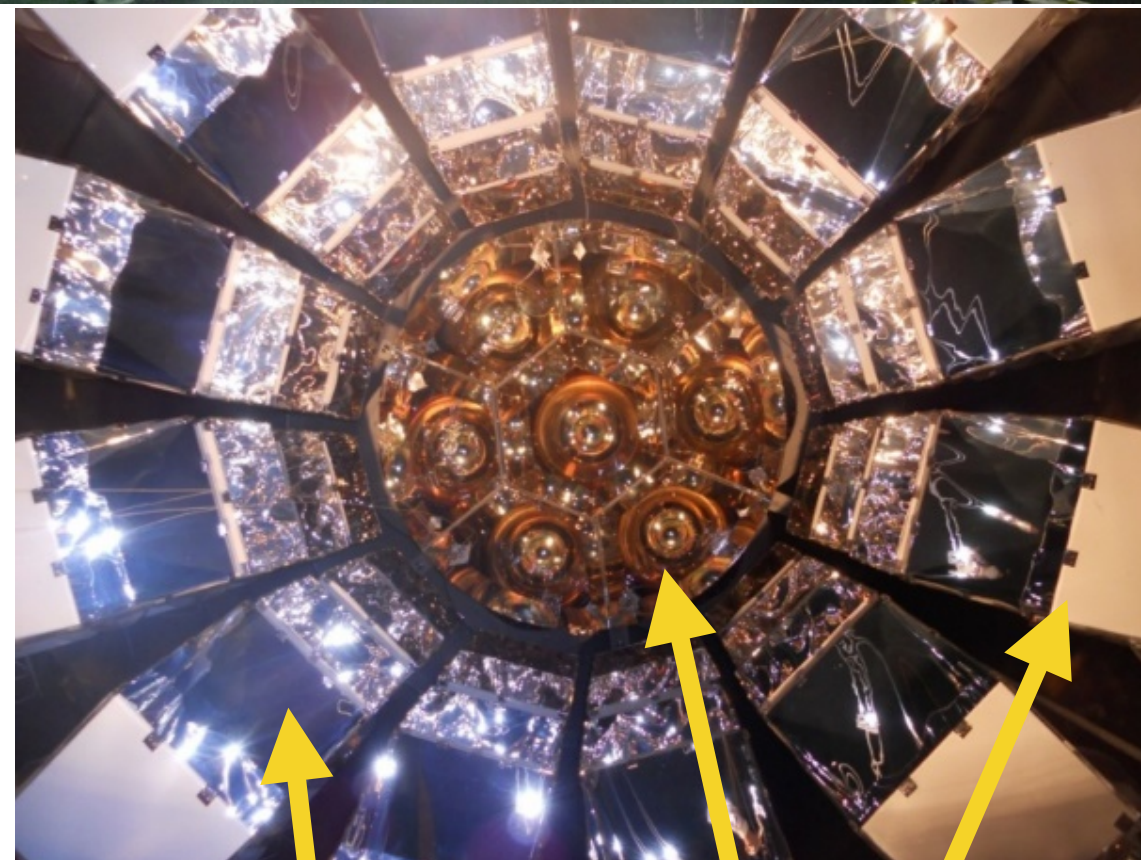
液体シンチレータ ($\tau \sim 10 \text{nsec}$) 2m^3

→ 時定数の違いにより active vetoを行う





CaF₂結晶



ライトガイド

PMT

BackGround

But...

^{48}Ca の $Q_{\beta\beta}=4.27\text{MeV}$ 付近でBGとなる成分は少ないが、それでもBGは存在する

→ **主なBG**

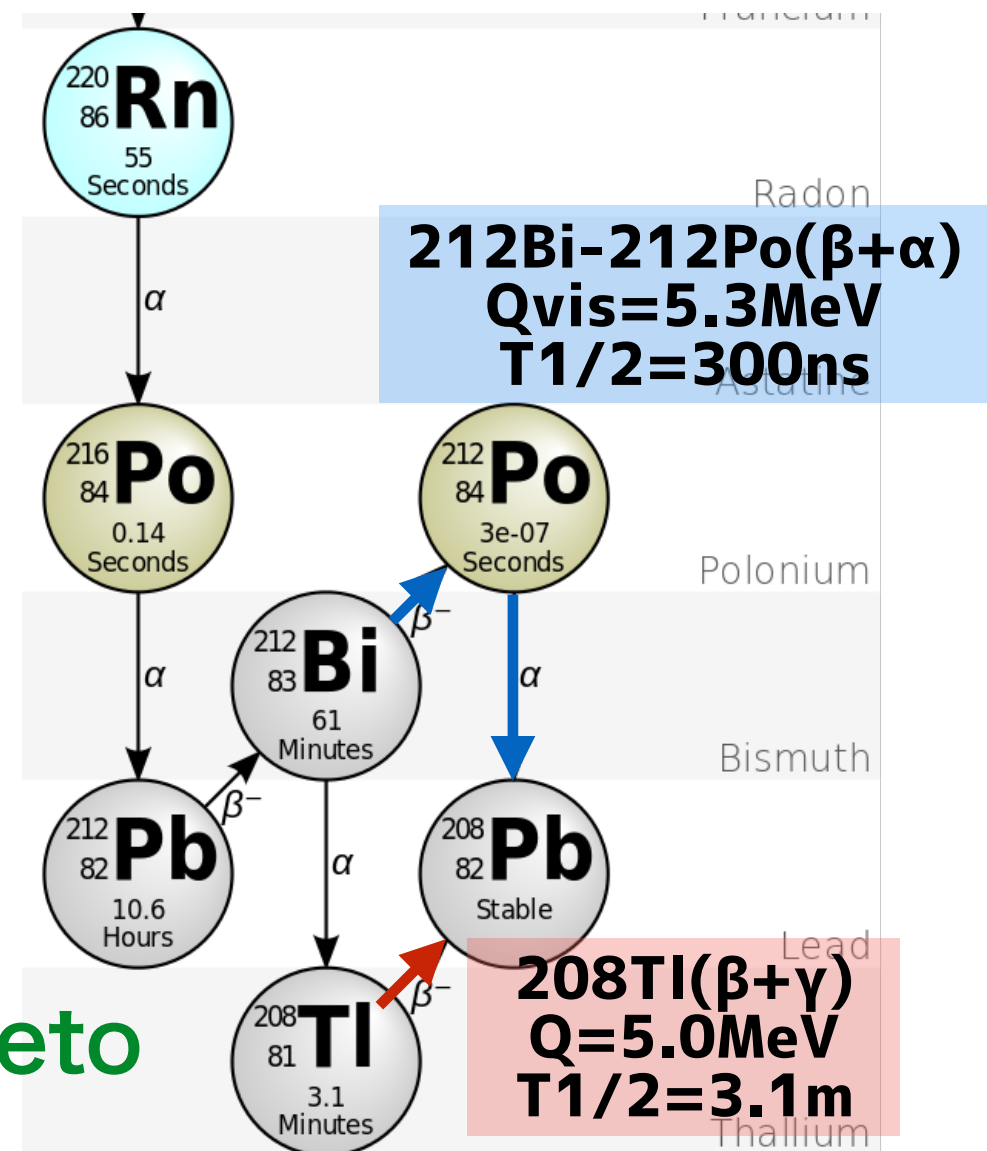
① 外部 γ 線

→ **LSによるactive veto**

② ^{212}Bi - ^{212}Po 事象 → **Double pulse cut**

③ ^{208}Tl 事象

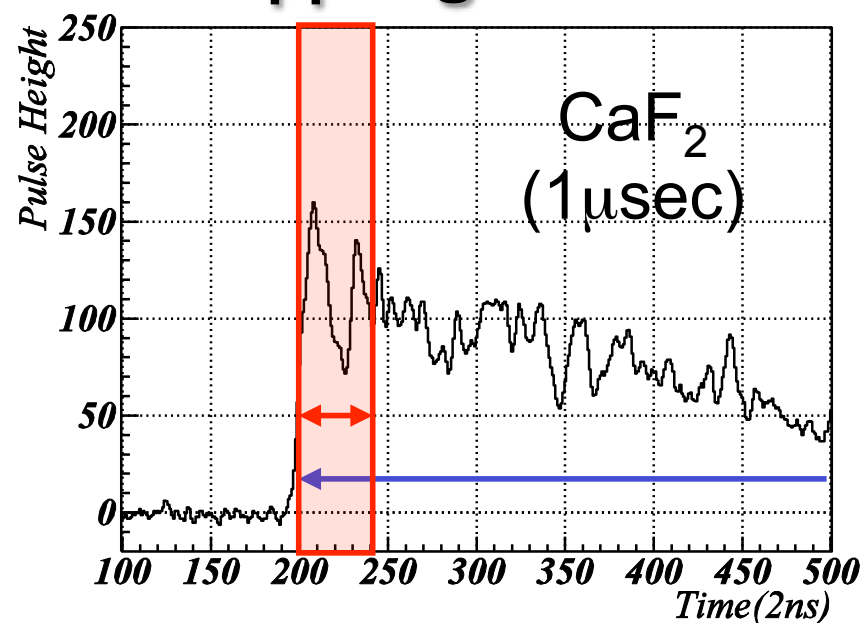
→ **Pulse shape discrimination**



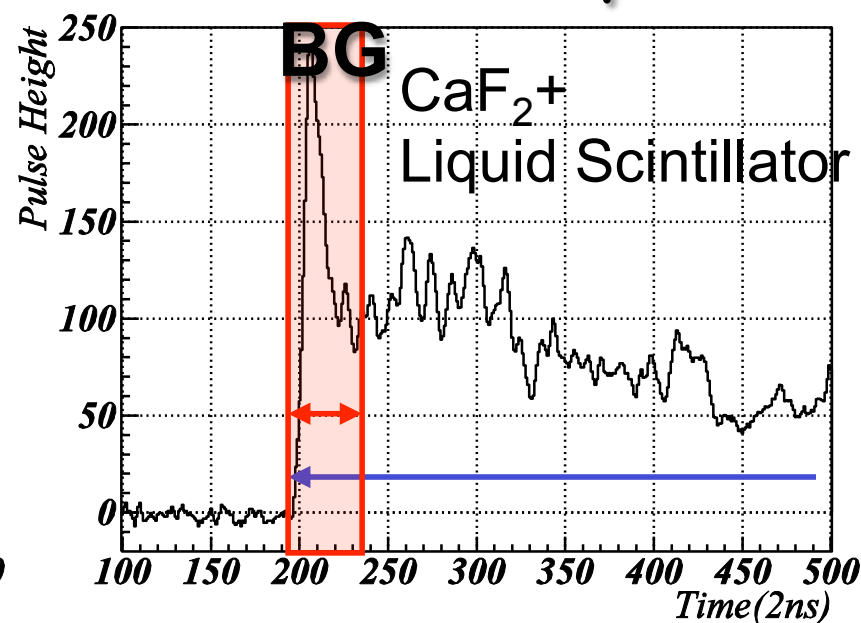
External Gamma ray cut

- CaF₂結晶とLSで時定数が異なるため、イベントパターンを識別することが可能

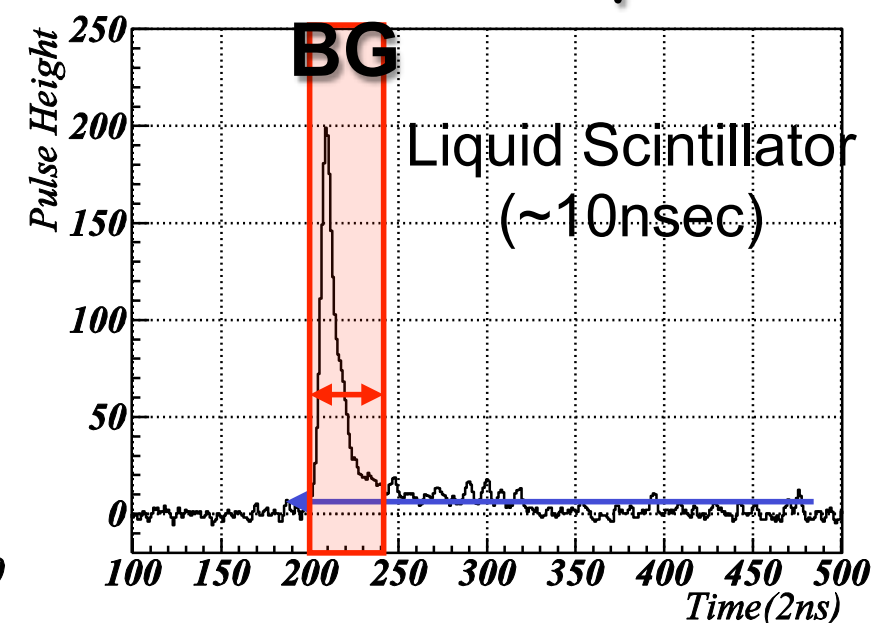
ββ signal !?



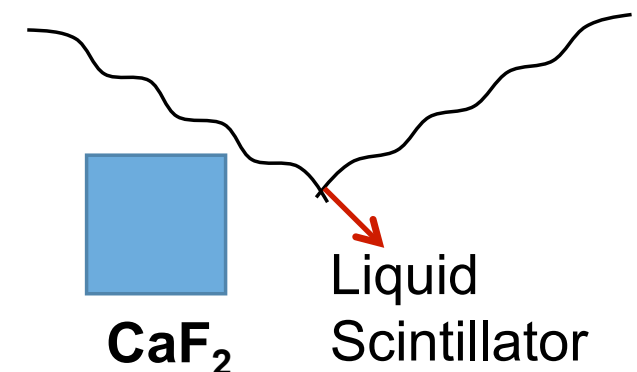
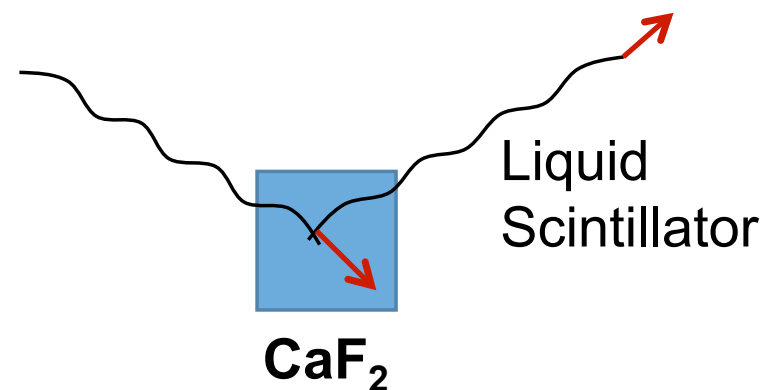
External γ



External γ



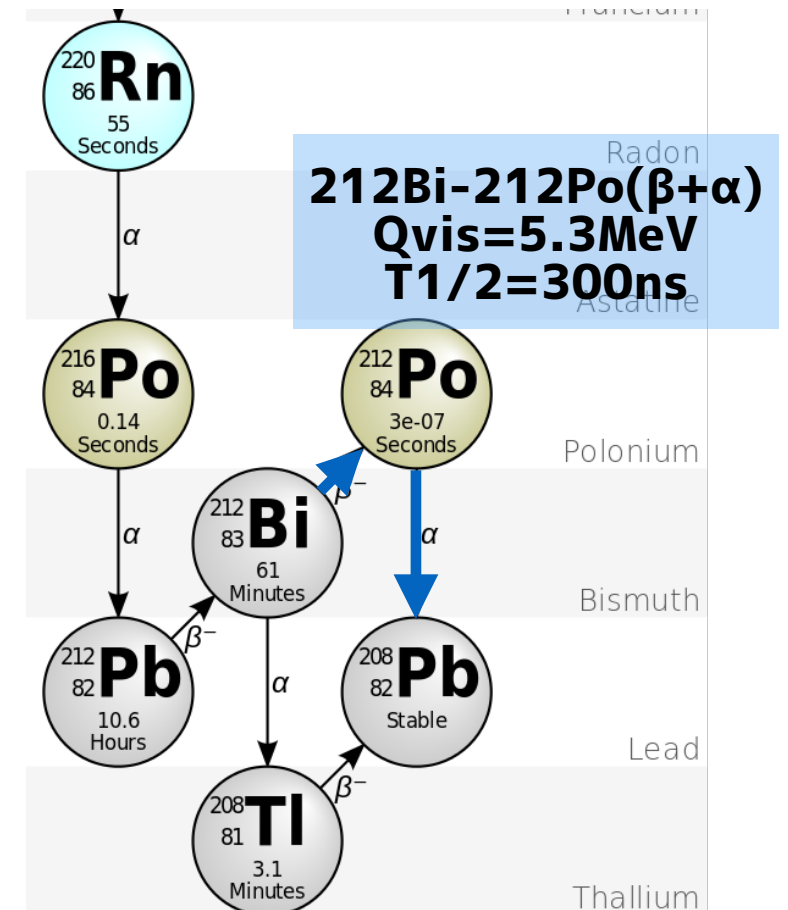
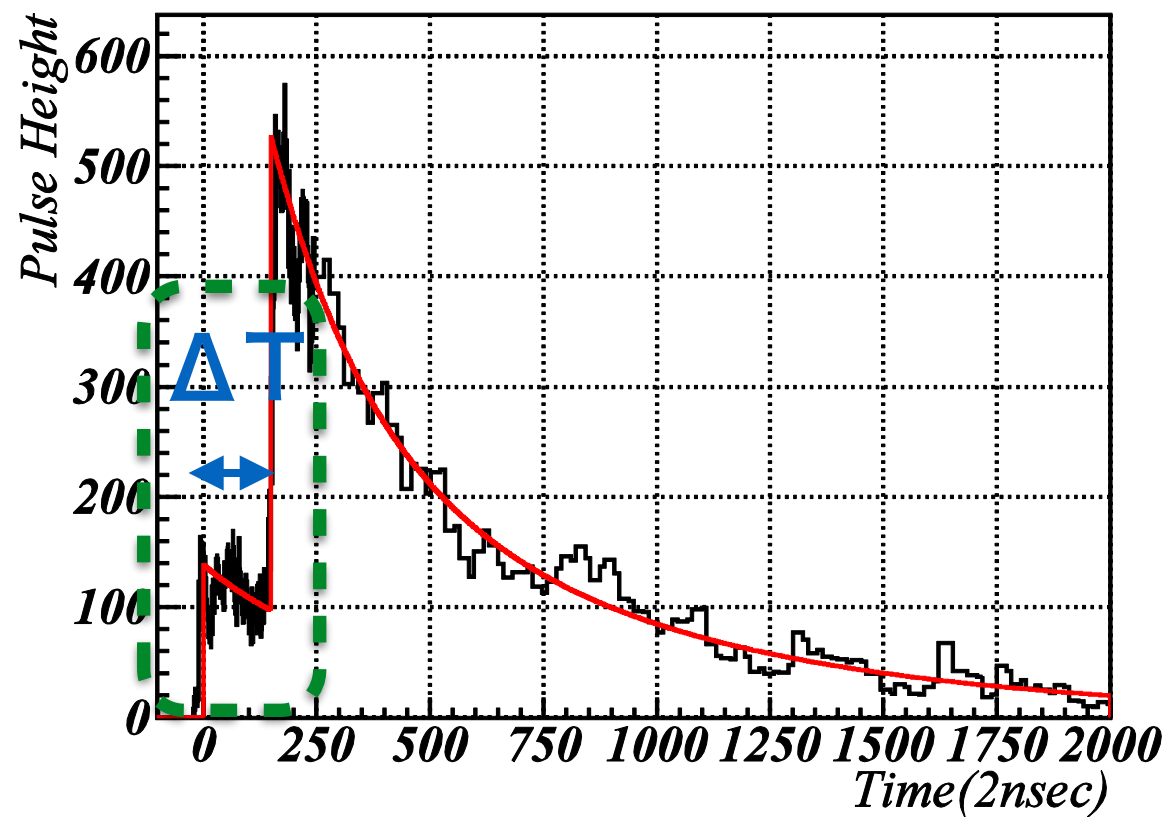
↑ β-ray
⋈ γ-ray



^{212}Bi - ^{208}Po cut



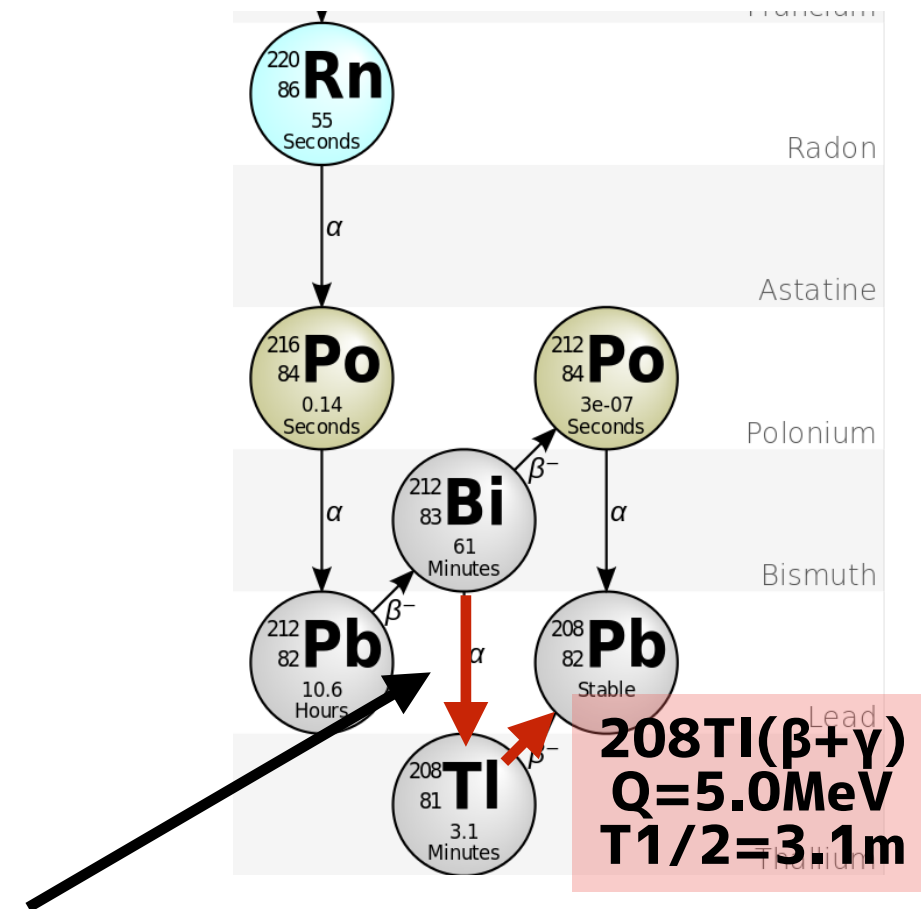
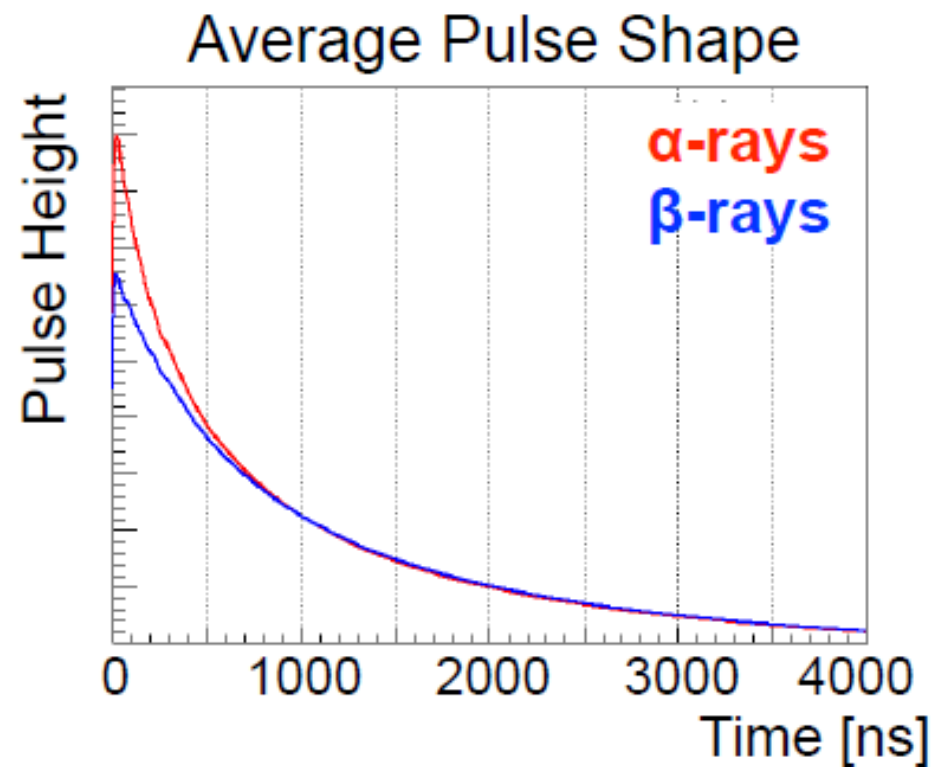
Typical pulse



- 時間差のあるDouble pulseをcut

$\Delta T > 10\text{ns}$ の範囲で除去率 98%

^{208}Tl β -decay cut



・ α 崩壊と β 崩壊による波形が異なることを利用
して $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{208}\text{Tl}$ eventを検出

→ ^{212}Bi の α 崩壊を検出したら12分間vetoをかけて ^{208}Tl のeventをcut

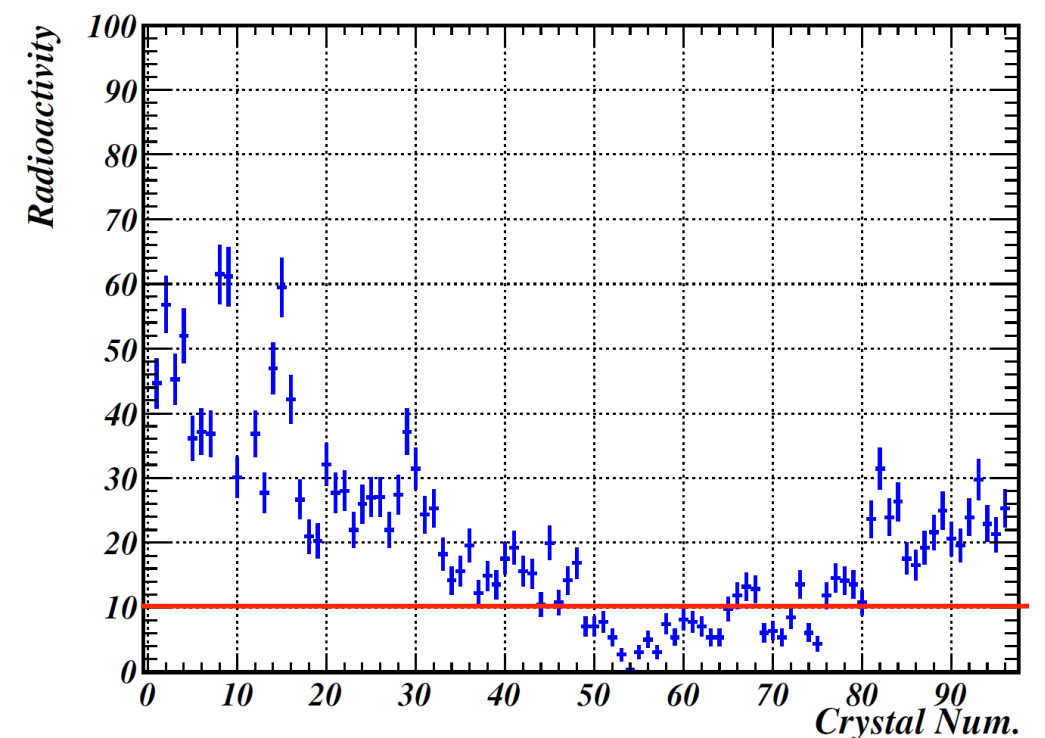
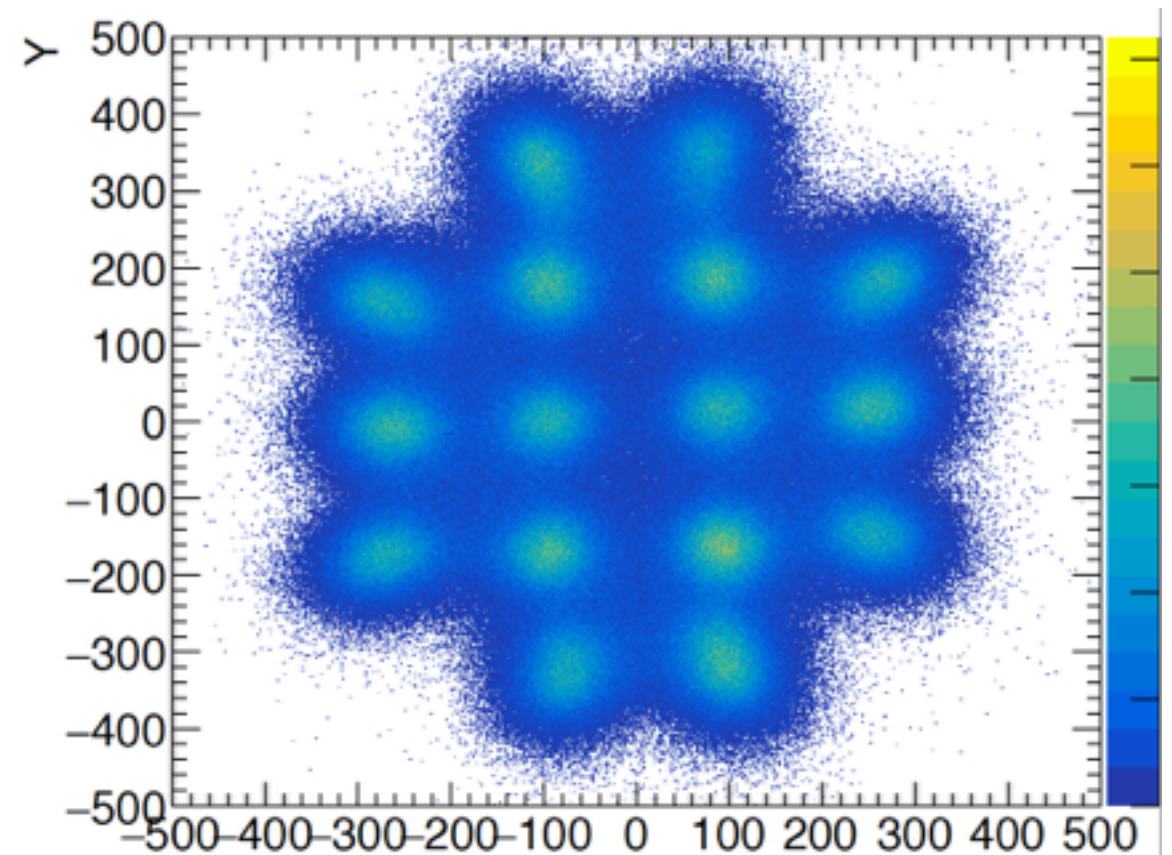
Position Reconstruction

・ PMTごとの光電子数から結晶位置を再構成

$$\vec{x}_{\text{Event}} = \frac{\sum_{\text{PMT}} N_{\text{NPE}}(\text{PMT}) \times \vec{x}(\text{PMT})}{\sum_{\text{PMT}} N_{\text{NPE}}(\text{PMT})}$$

→結晶内事象をより正確に選び出す

→pure(<10 $\mu\text{Bq/kg}$)な結晶27個のeventをpickupして全体と比較

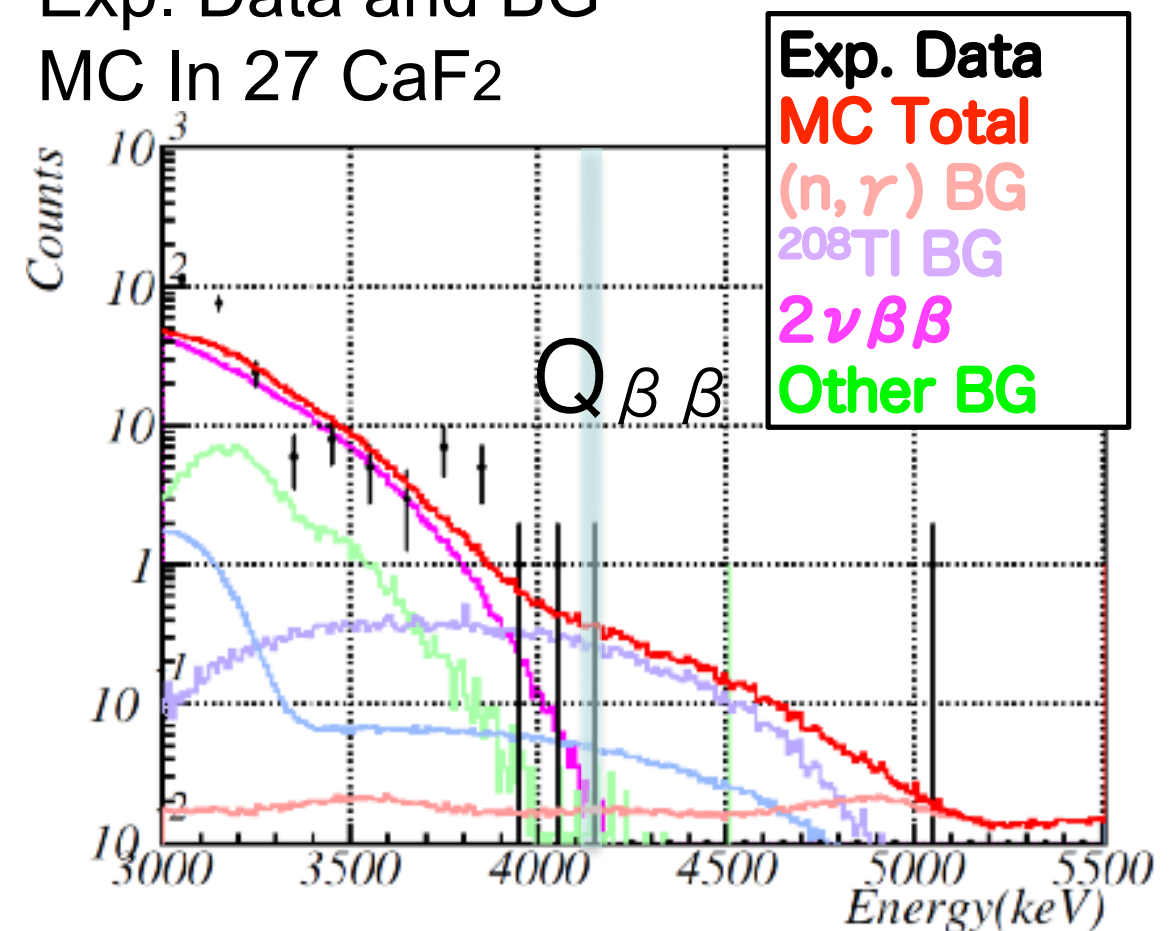


Result

Preliminary

	95 CaF ₂	27 CaF ₂
Livetime	131	
$0\nu\beta\beta$ eff.	0.39 ± 0.06	
Event in ROI	10	0
Expected BG	~11	~1.2
$T_{0\nu\beta\beta}^{1/2} \text{ } ^{48}\text{Ca}$ (yr)	$>3.8 \times 10^{22}$	$> 6.2 \times 10^{22}$
Sensitivity (yr)	6.2×10^{22}	3.6×10^{22}

Exp. Data and BG
MC In 27 CaF₂



- 131 days の測定データ解析によって $T_{1/2} > 6.2 \times 10^{22}$
- 現在は2yrぶんのデータが溜まっている

CANDLES Future

- ^{48}Ca の濃縮による感度向上
 - ←理論上は感度を500倍に出来る
- ボロメータの導入によるエネルギー分解能向上
 - ←試験機が今年から稼働中

