^{48}Caの二重ベータ崩壊の研究

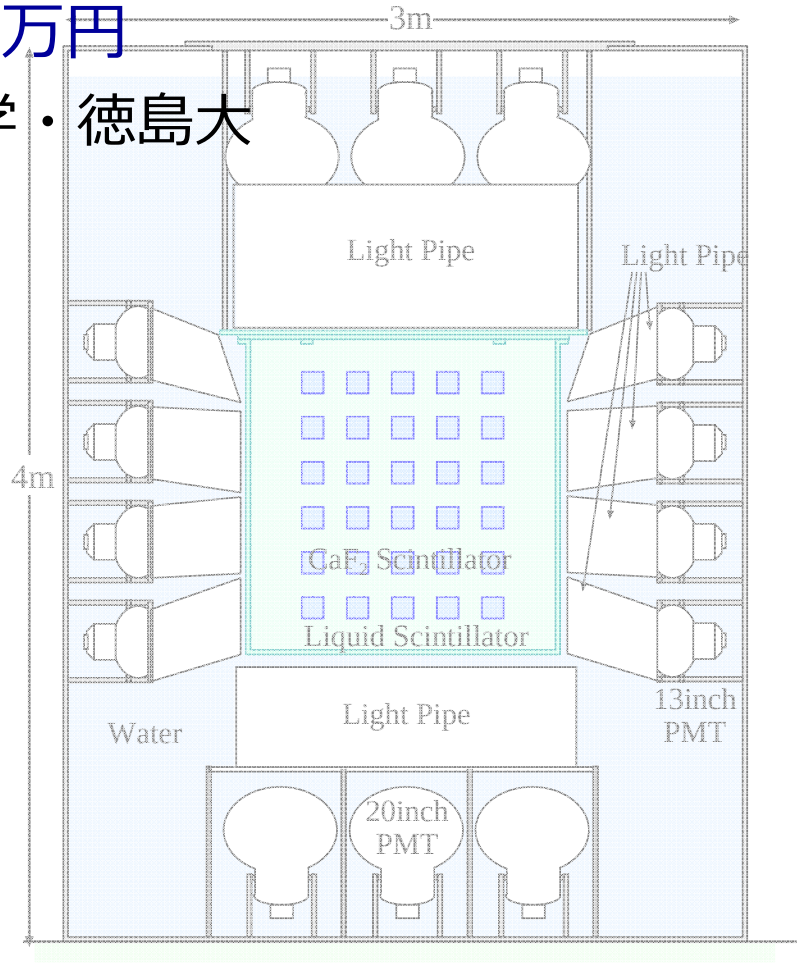
梅原さおり
大阪大学核物理研究センター
umehara@rcnp.osaka-u.ac.jp

研究代表者:岸本忠史
CANDLES collaboration
大阪大学、福井大学、徳島大学、
大阪産業大学、佐賀大学

Candles

概要

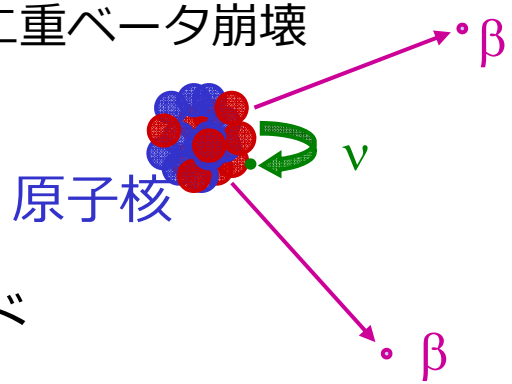
- 共同利用研究：神岡設置、旅費20万円
  - 神岡⇔各大学(大阪大学・福井大学・徳島大学)
- 二重ベータ崩壊
- CANDLES III検出器
- 今年度研究報告
  - バックグラウンド解析
  - エネルギースペクトル



^{48}Caの二重ベータ崩壊

- ニュートリノ放出を伴わない二重ベータ崩壊（0νββ）
  - 未確認?　$T_{1/2}^{0\nu\beta\beta} \geqq 10^{25}$ 年
    - KKDC claim
      ←KamLAND-Zen、EXO、、、
- ^{48}Ca
  - 高いQ値(4.27MeV) →低バックグラウンド
    - 0νββ信号=Q値にピーク
  - 低い同位体比(0.187%)→濃縮
- CaF_2 を用いた^{48}Caの二重ベータ崩壊
  - CANDLESシステム

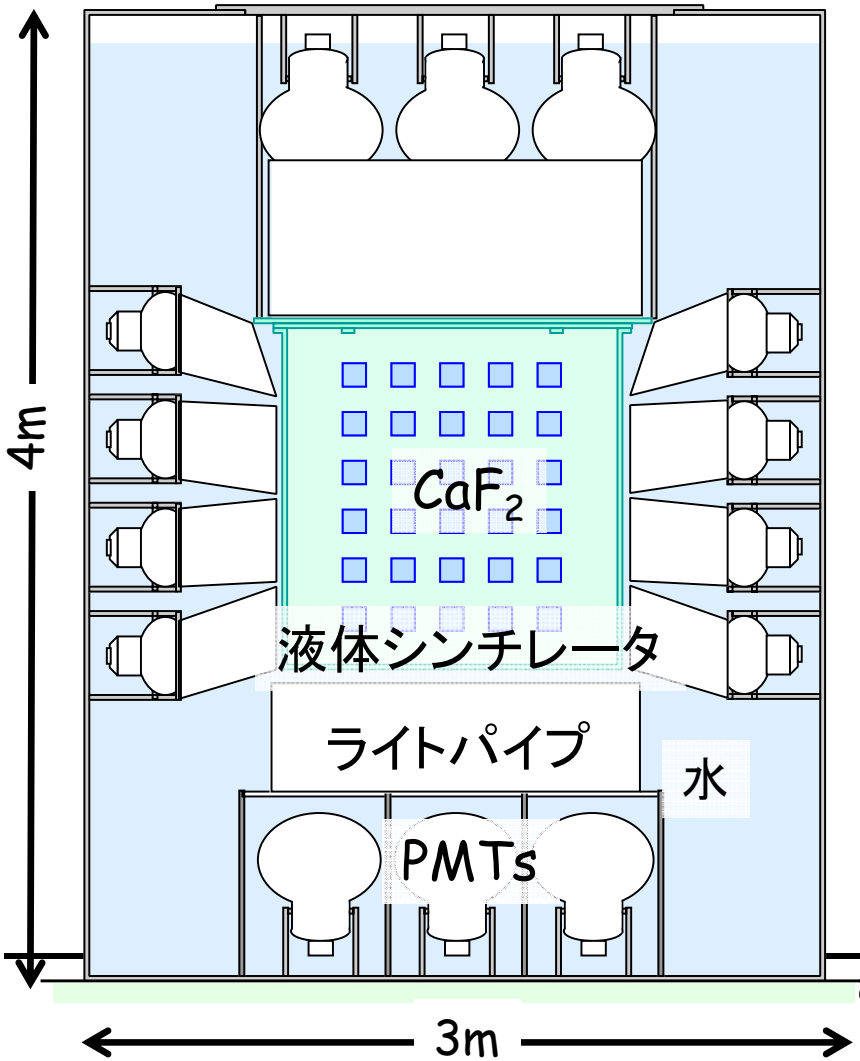
ニュートリノを放出しない
二重ベータ崩壊



CANDLES III

CANDLES at Kamioka underground laboratory

CANDLES III

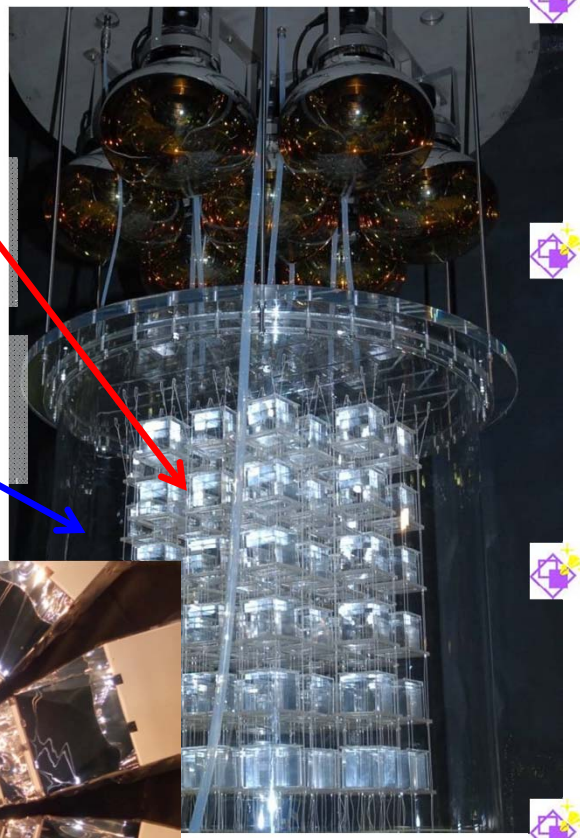


- **CaF_2 シンチレータ (CaF_2(pure))**
  305 kg (96個 × 3.2kg)
  τ ~ 1μsec
- **液体シンチレータ (LS)**
  4 π active shield
  体積2m^3
  τ ~ 数10nsec
- **光電子増倍管**
  13inch PMT × 48
  20inch PMT × 14
- **ライトパイプ**
  集光効率改善

CANDLES III

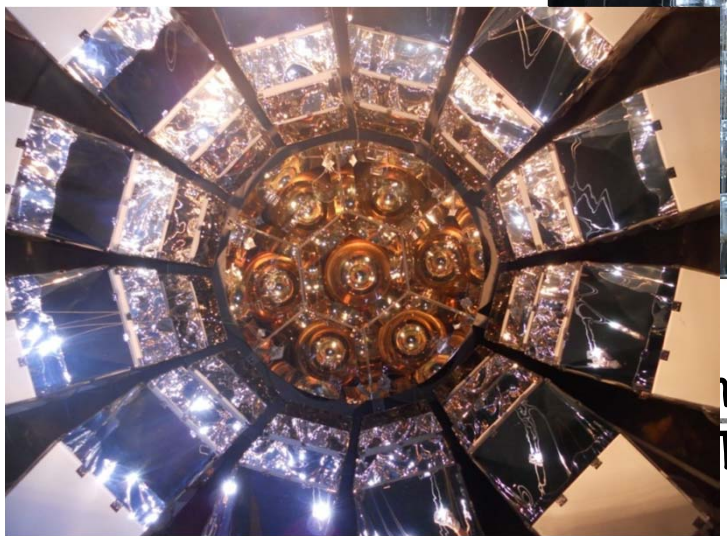
CANDLES at Kamioka underground laboratory

- CANDLES III



CaF_2 シンチレータ
(305kg)

液体シンチレータ
タンク($2m^3$)

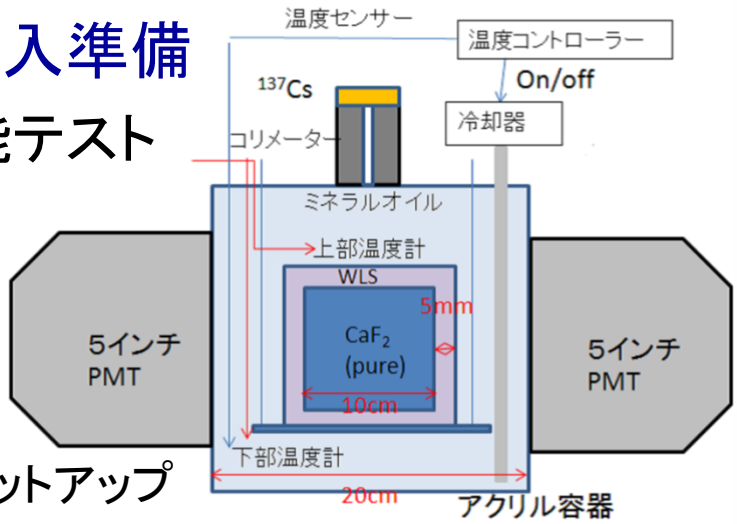


- **CaF_2 シンチレータ (CaF_2(pure))**
  305 kg (96個 × 3.2kg)
  τ ~ 1μsec
- **液体シンチレータ (LS)**
  4 π active shield
  体積$2m^3$
  τ ~ 数10nsec
- **光電子増倍管**
  13inch PMT × 48
  20inch PMT × 14
- **ライトパイプ**
  集光効率改善→光電子数1.8倍

nch and 20inch
Ts

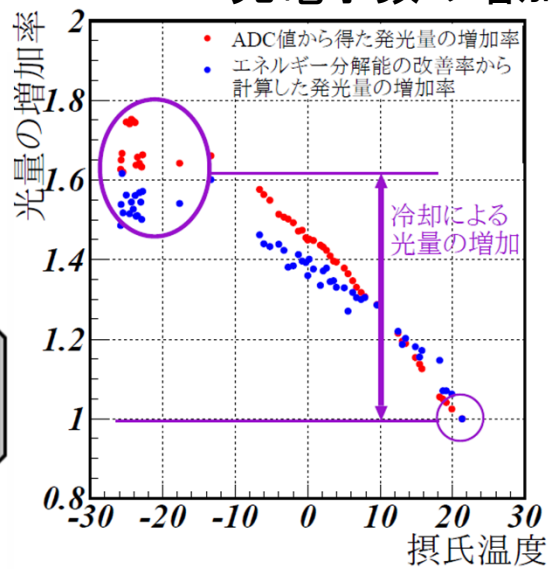
2013年

- 検出器性能評価のためのデータ解析
  - 2012年度取得分のデータ解析
    - 安定性、較正
    - バックグラウンド調査
  - 中性子測定　　:現在解析中
- DAQ更新(高速化)
- 冷却システム導入準備
  - 次年度に性能テスト



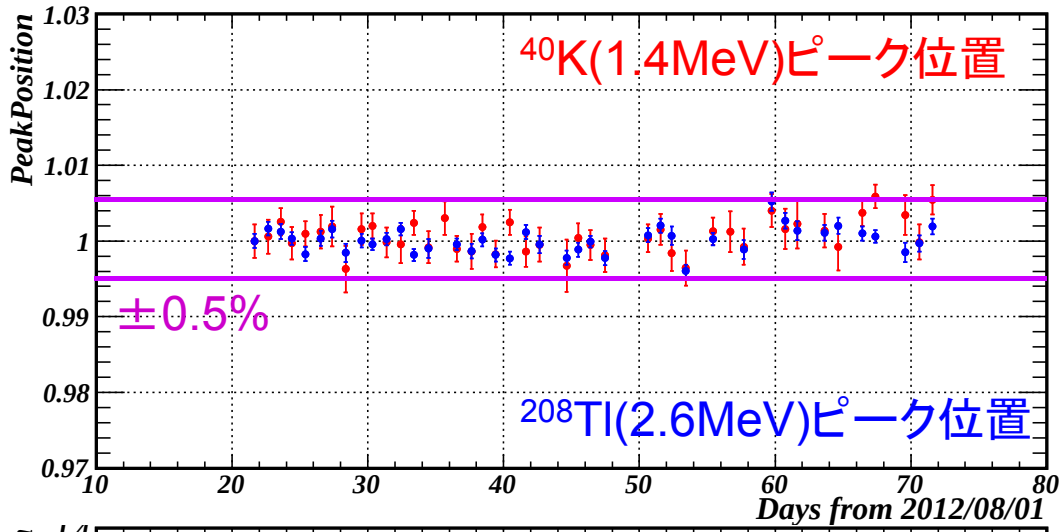
テスト実験セットアップ

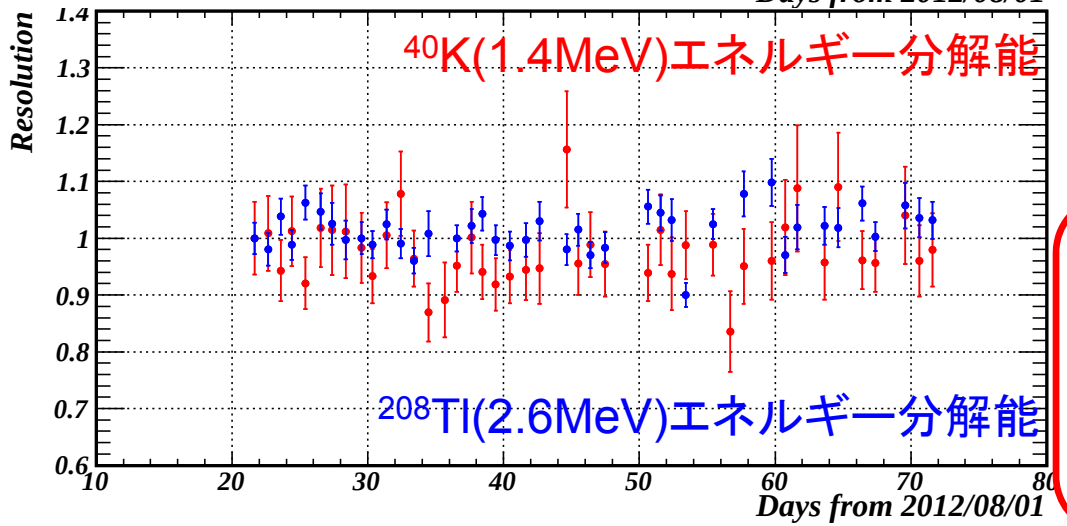
光電子数の増加



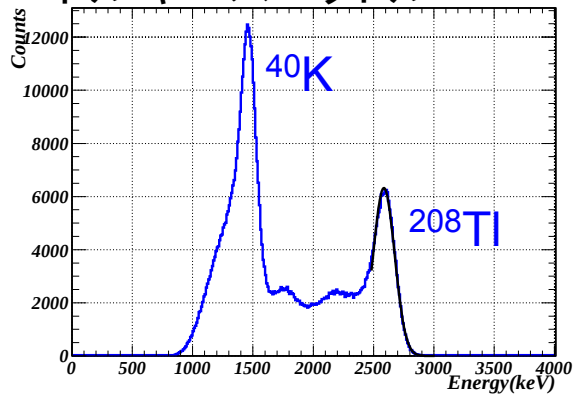
測定状況（エネルギー）

エネルギー較正後のゲインばらつき
（CaF_2事象：不純物が多い結晶を除く）





エネルギースペクトル



- ^{88}Y線源を用いた較正（全結晶）
- α線を用いた較正：温度補正
  （$CaF_2$94から推定）

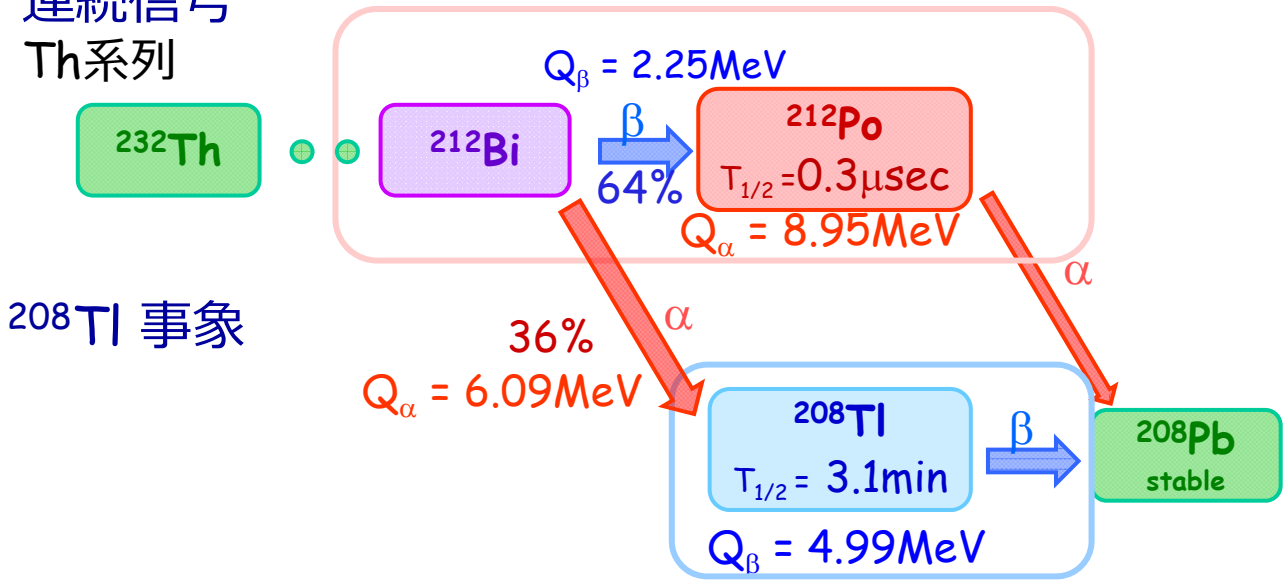
上記較正あとのデータをプロット

- ゲインばらつきは±0.5%以内に抑えられている
- エネルギー分解能は
  平均3.6% at 2.6MeV(^{208}Tl)
  （全期間で3.5%）

バックグラウンド候補

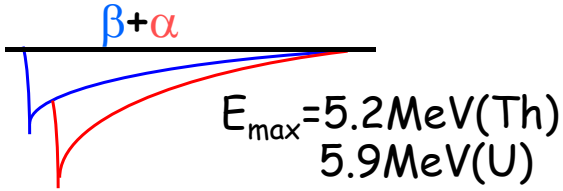
CaF_2不純物起源のバックグラウンド事象

連続信号
Th系列



^{208}Tl 事象

連続信号



CaF_2(pure) 減衰定数: ～1μs

^{212}Bi と ^{208}Tl($T_{1/2}$=3分) . . .
事象位置と
時間相関から除去

先行α線をα-γ波形解析で識別（偶然同時計数を低減）
→時間差解析

バックグラウンド除去

連続事象　　：時間差が長い事象→連続波形を識別
^{208}Tl事象　　：先行α信号との位置・時間相関

連続崩壊事象

$^{212}Bi \rightarrow ^{212}Po$崩壊　3MeV以上のエネルギー領域に分布

Th-Chain

^{232}Th
$T_{1/2} = 1.1 \times 10^{10}$year

連続崩壊　$T_{1/2} = 0.3\mu sec$

^{212}Bi
Q_β=2.2MeV

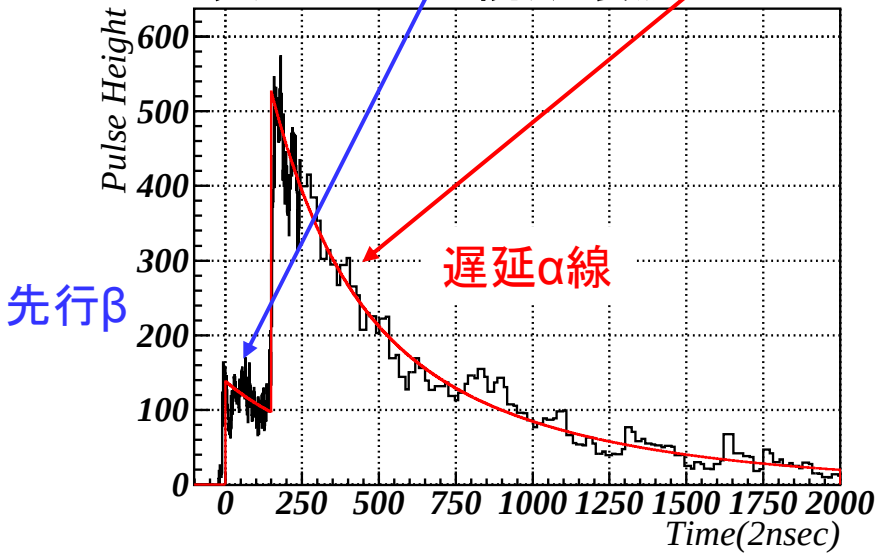
β 64%

^{212}Po
$Q\alpha$=7.8MeV

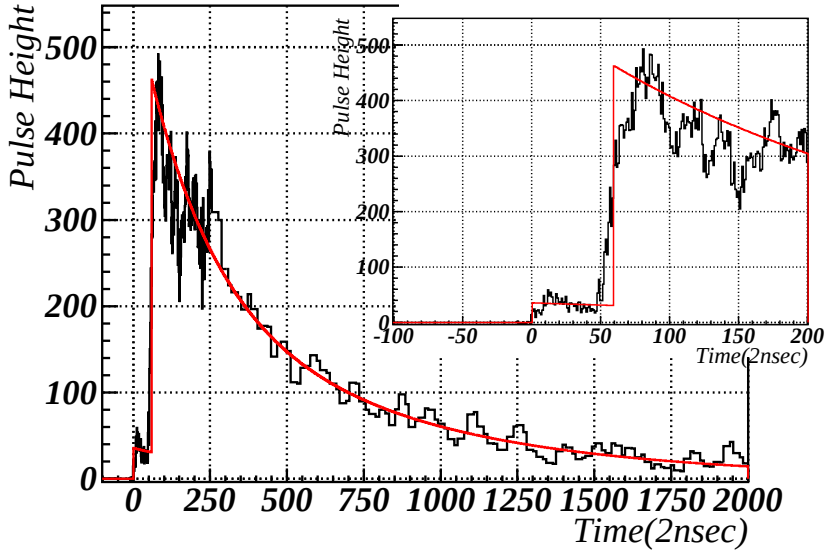
α

先行信号　遅延信号

典型的な連続崩壊波形



62本PMTの足し合わせ波形

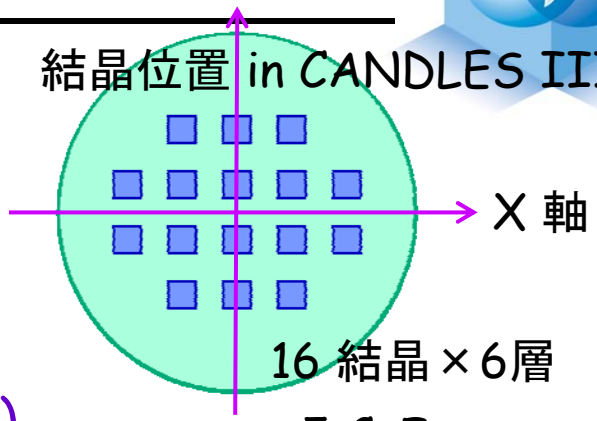


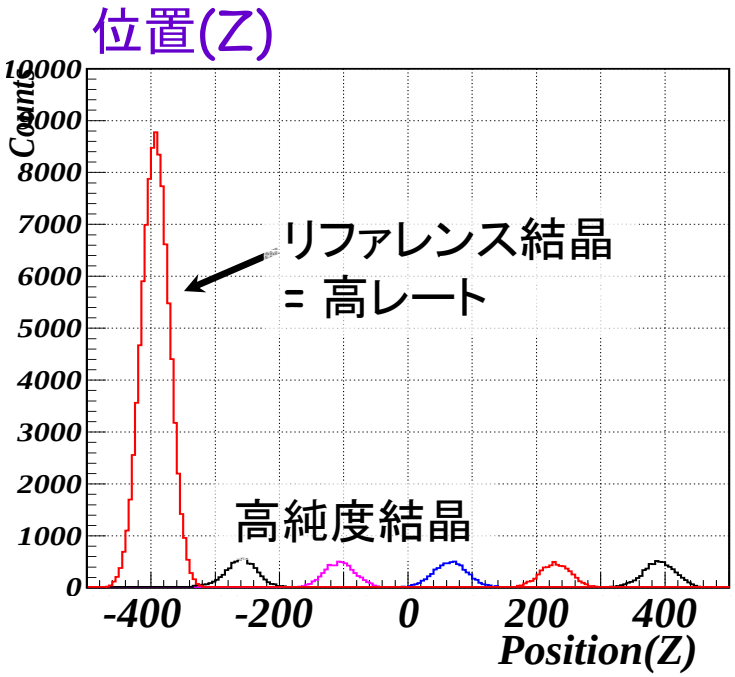
1、時間差識別によって除去：95%以上の除去効率
2、α線波形弁別によって除去：97% (β+α) at 4.27MeV（γ:3%）

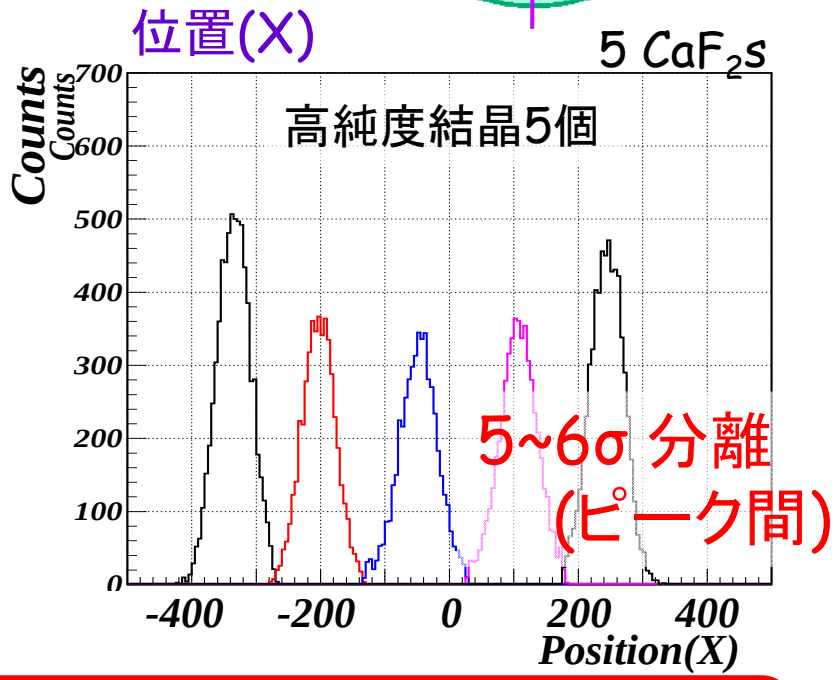
事象位置分布

位置分布

- CaF_2 波形に対して位置を再構成
- CaF_2 位置の識別のため
- 95高純度結晶と1個のリファレンス結晶





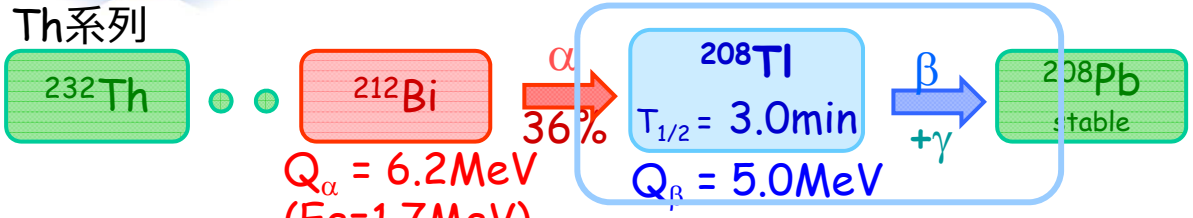


位置分解能：CANDLES IIIでの要求は満たしている。
(ライトパイプ導入により弁別率向上。)

^{208}Tl事象（先行^{212}Bi信号）

^{212}Bi→^{208}Tl →^{208}Pb 崩壊

Th系列

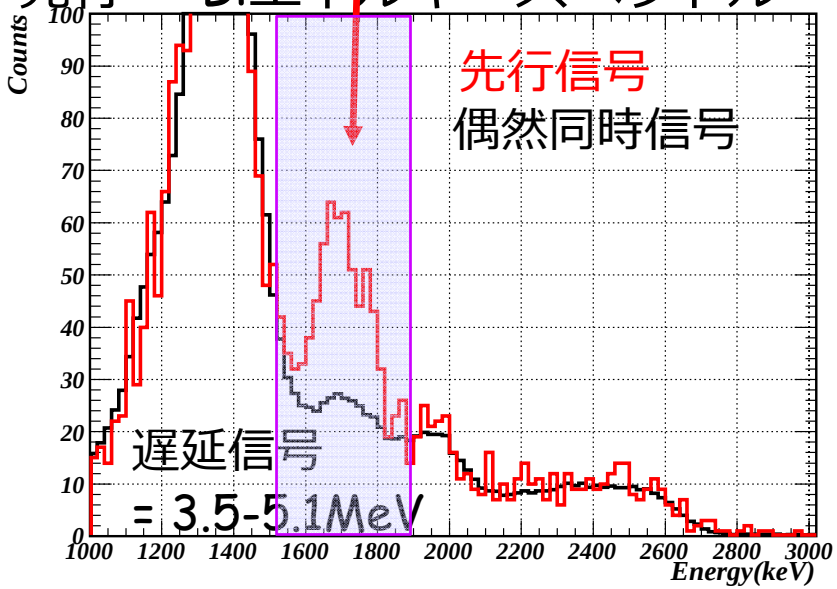


E_{max}=5.0MeV

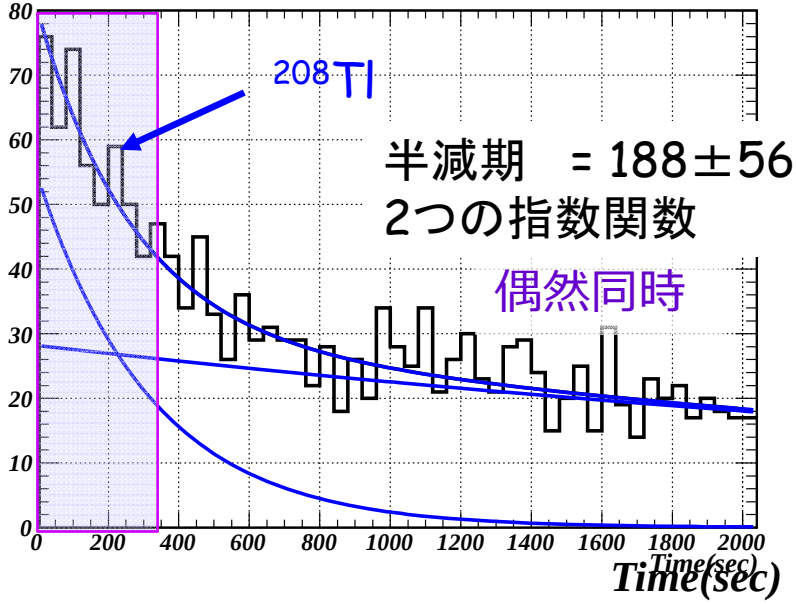
^{212}Bi と ^{208}Tl($T_{1/2}$=3分) . . .

事象位置・時間相関解析

先行 ^{212}Biエネルギースペクトル



Δt分布



- ^{212}Biの識別可能
- 現在、除去率50(56)%、acceptance85(74)%。
- "DAQ高速化→先行信号検出率改善"で、除去率改善予定。

まとめ

- CANDLES装置でデータ収集
  - 安定性評価
  - ^{212}Bi除去・^{208}Tl除去
  - 中性子バックグラウンドの可能性→テストデータ収集
  - 長期測定に向けたバックグラウンド除去率の改善

    2013年　：DAQ一次更新　取り込み速度～3倍→終了
    2014年初め　：DAQ二次更新　取り込み速度2-3倍→^{208}Tl除去改善
    2014年2月　：冷却システム→エネルギー分解能・波形解析改善
    2014年度　：データ収集再開予定
- 共同利用研究経費：20万円
  - 旅費　：神岡⇔各大学(大阪大学・福井大学・徳島大学)