

PICOLON ダークマター探索 ～高純度NaI(Tl)結晶及び低エネルギー特化型検出装置の設計～

小寺 健太¹ 金光 佑太¹ 貝原 大貴¹ 伏見 賢一¹ for PICOLON Collaboration : ¹徳島大学 量子科学研究室

1: 宇宙暗黒物質(Dark matter):光学的に観測できない未知物質

候補の一つであるWIMP^{*1}:バリオンと相互作用するので検出可能
⇒PICOLON計画はWIMPの検出を目標

課題

相互作用の確率: $\sim 10^{-4}$ keV/kg/day^[1]

非常に小さい!

宇宙暗黒物質検出に特化した検出器が必要

必要なこと

1. 高純度なNaI(Tl)結晶の開発
2. 低エネルギーに感度を持つ信号処理システムの構築
3. 大質量の確保(大型化で実現可)
4. 低バックグラウンドの実現(神岡実験施設内で実現可)

*1 Weakly Interactive Massive Particle(弱い相互作用をする重たい粒子)。超対称性理論(SUSY)による候補

3: 検出器及びデータ収集システムの構築

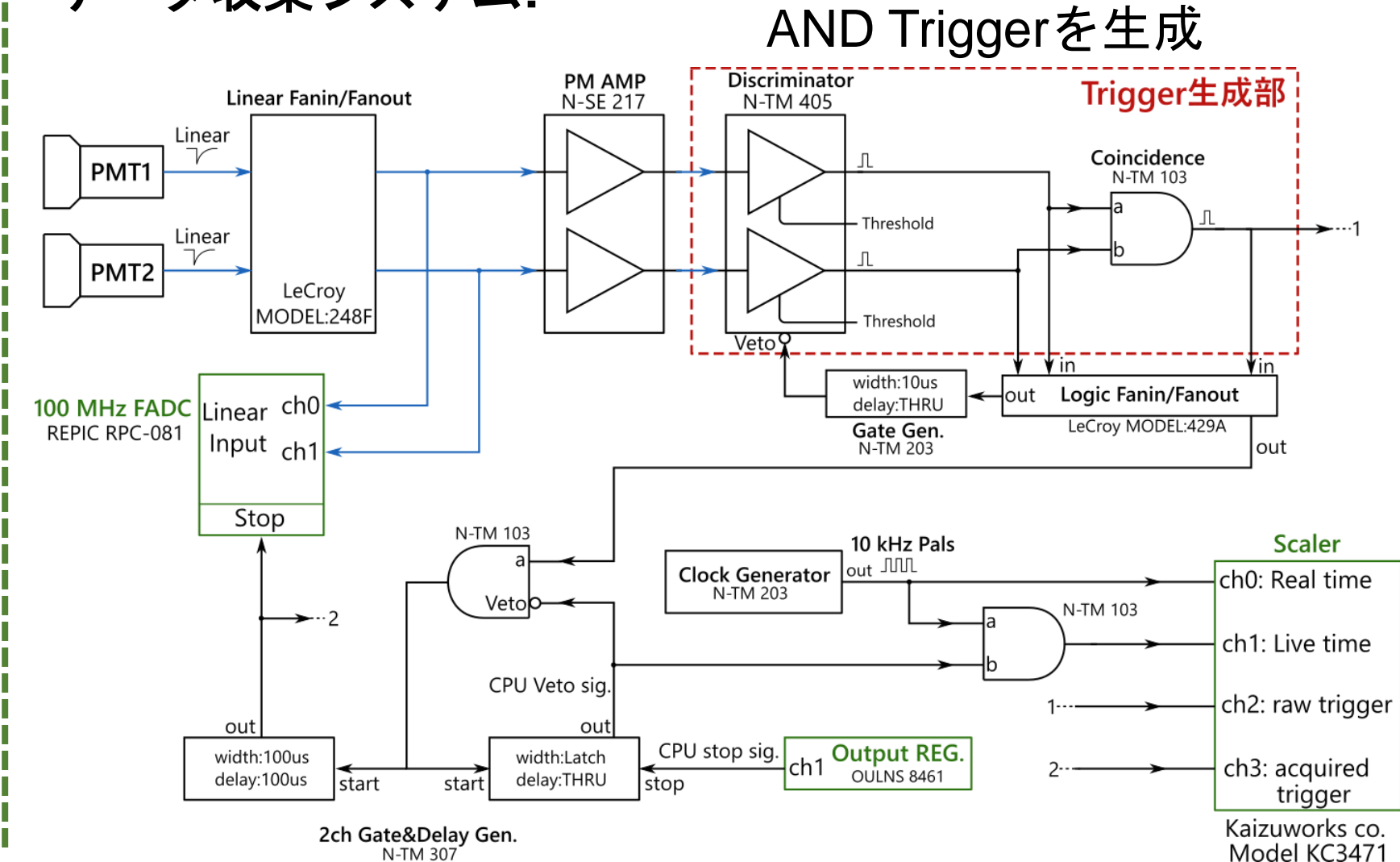
検出器:

シンチレータの両端にPMT

鉛ブロック及び銅板を用いて簡易シールドを構築し暗幕をかぶせる
⇒環境放射線をできる限り遮蔽



データ収集システム:



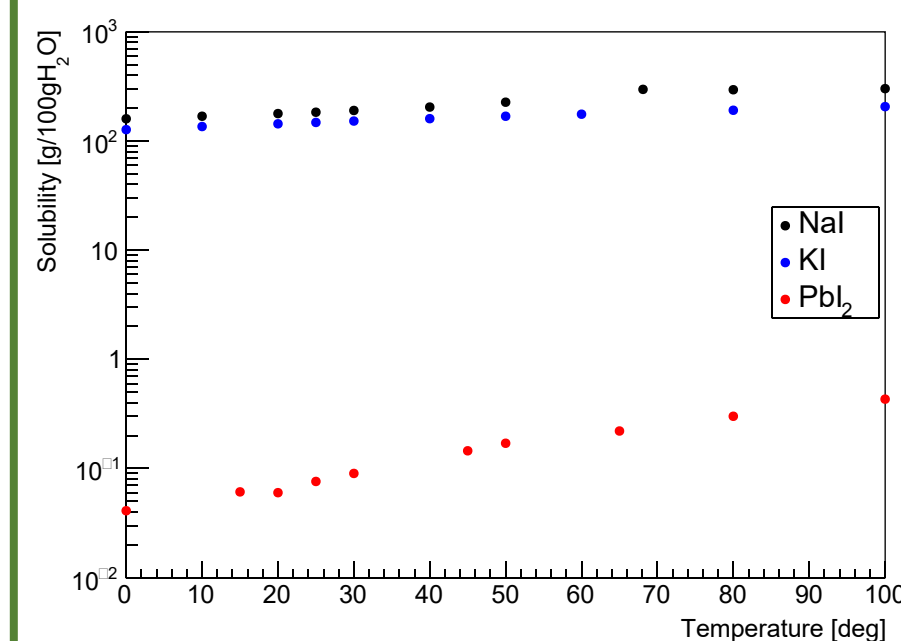
2: 高純度NaI(Tl)結晶(Ingot #85)の開発

結晶そのものに含まれる放射性不純物(⁴⁰K、²¹⁰Pb etc.)を除去しバックグラウンドを減らす

純化方法

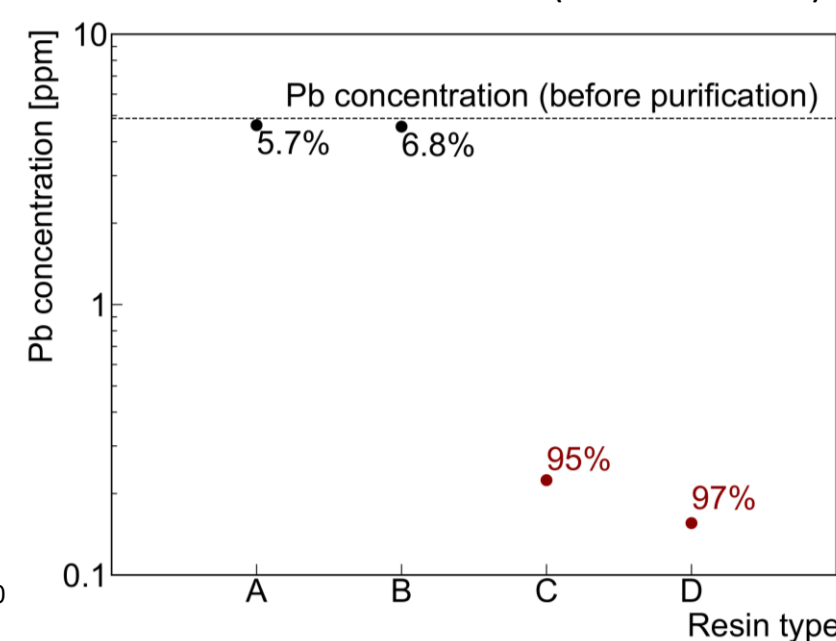
再結晶2回 ⇒ イオン交換樹脂に通水 ⇒ 真空乾燥

ヨウ化した不純物の溶解度



水によく溶ける不純物に有効
⇒⁴⁰K

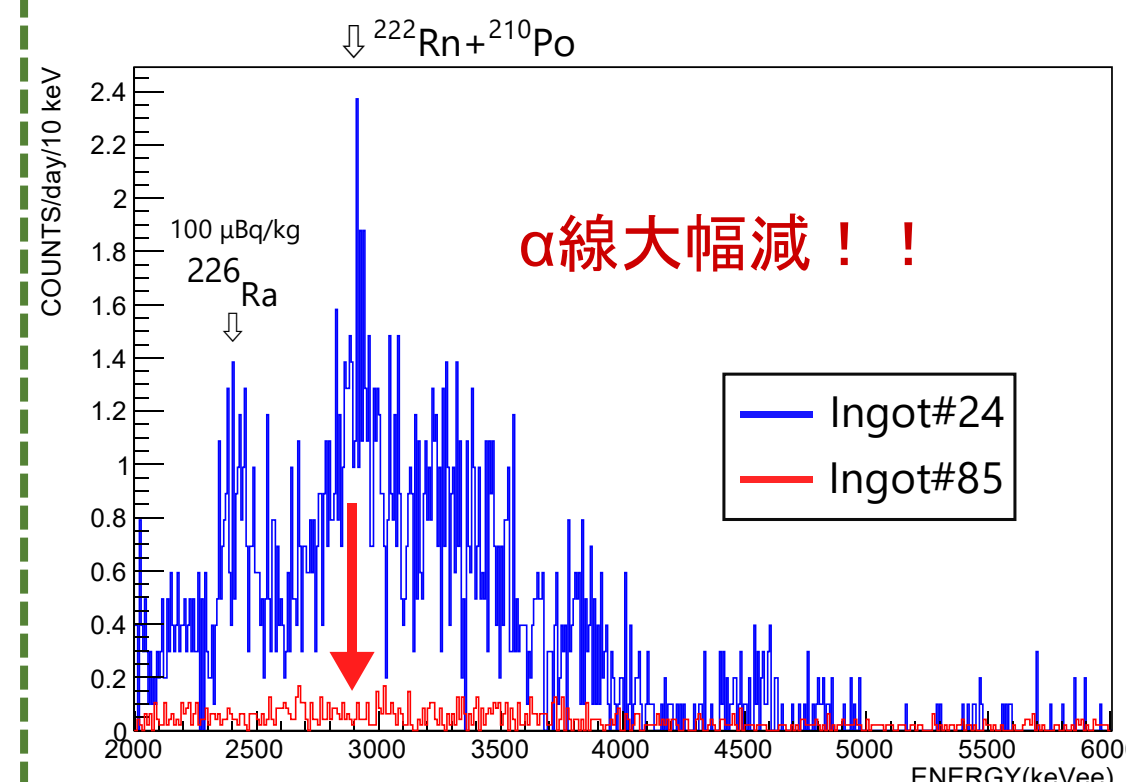
イオン交換樹脂の選択 (%はPb除去率)



水に溶けない不純物に有効
⇒Pa、U、Th、Pb etc.

樹脂C及びDがPb除去に非常に有効
⇒樹脂C、Dを組み合わせPb除去

Ingot#24 (過去最高純度)との比較



過去最高純度の結晶の精製に成功!

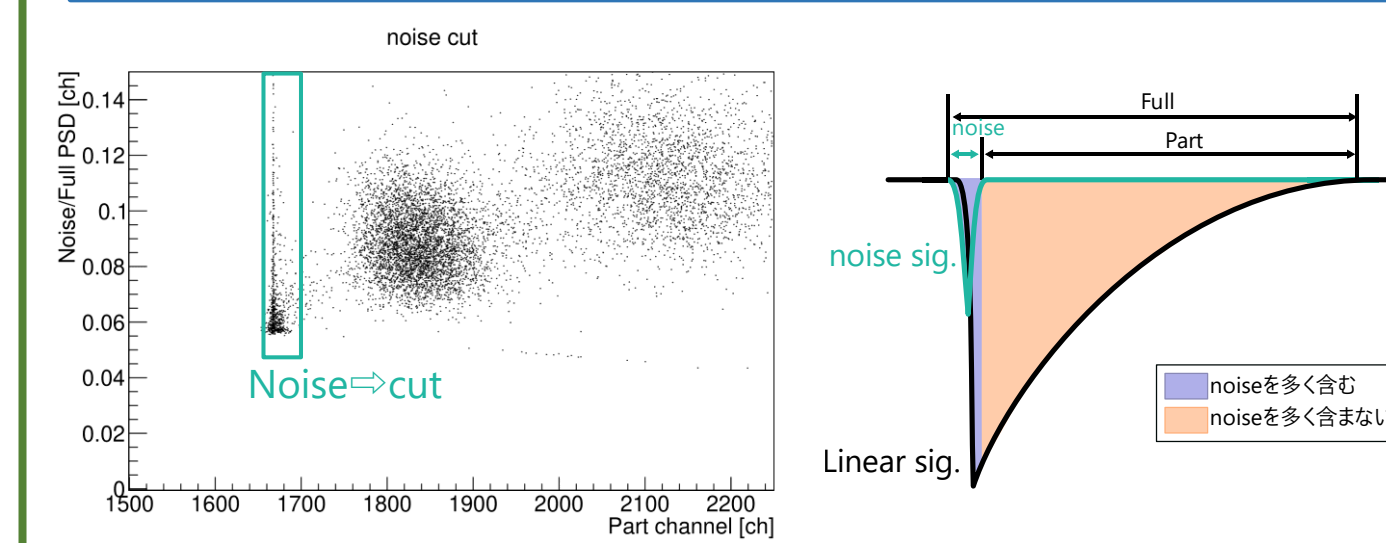
4: ¹³³Ba線源照射結果

低エネルギー線源(¹³³Ba)照射⇒ノイズカット後エネルギー較正

ノイズカット:波形弁別法(PSD)を使用

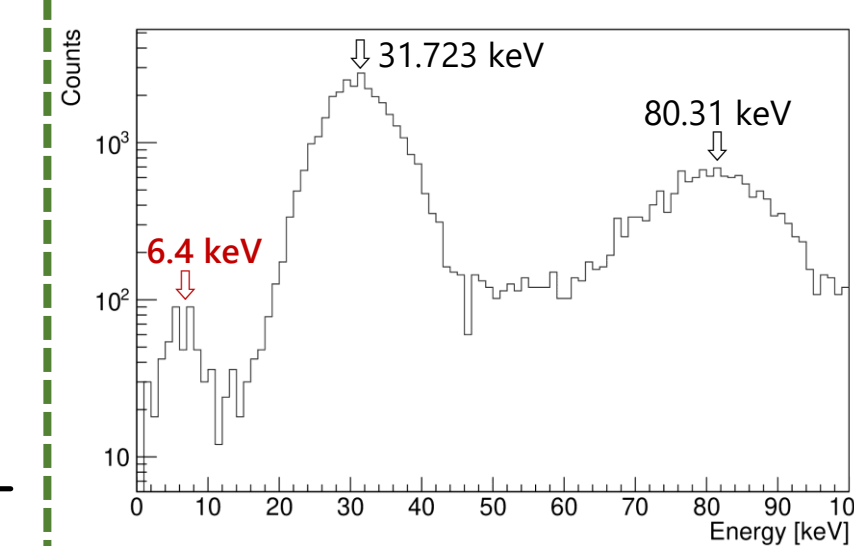
波形弁別法(Pulse Shape Discrimination; PSD):
通常のLinear信号とノイズの信号の時定数の差を利用

$$PSD = \frac{Q_{Noise}}{Q_{Part}}$$



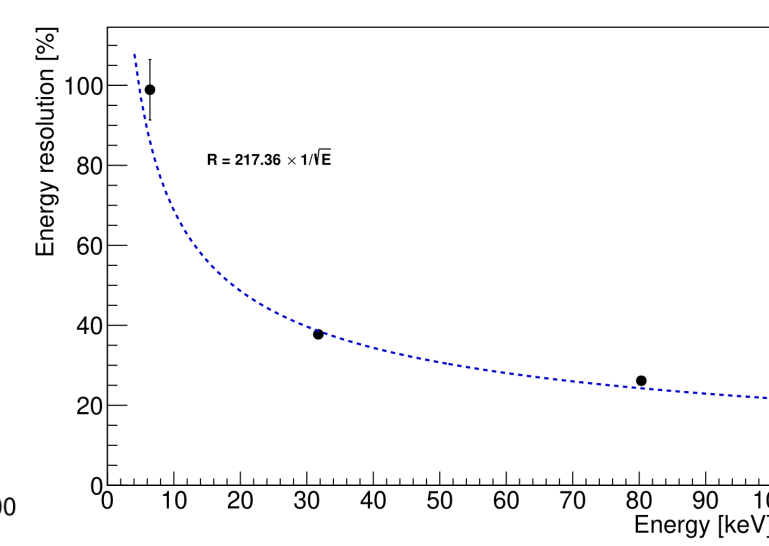
エネルギースペクトルとピークの分解能

エネルギースペクトル



6.4 keVのピークを確認!
↓
低エネルギー域に特化した
検出器の開発に成功!

各ピークのエネルギー分解能



分解能から算出される
光電子数の平均: 1.0 /keV
と少ない。
原因:結晶の潮解
しかし

5: まとめと展望

まとめ: 高純度NaI(Tl)結晶の精製及び低エネルギー特化型検出装置の開発に成功!

今後の展望: 神岡地下実験室にて装置の組み立て及びデータ収集を行いたい