

宇宙暗黒物質by固体シンチレーター

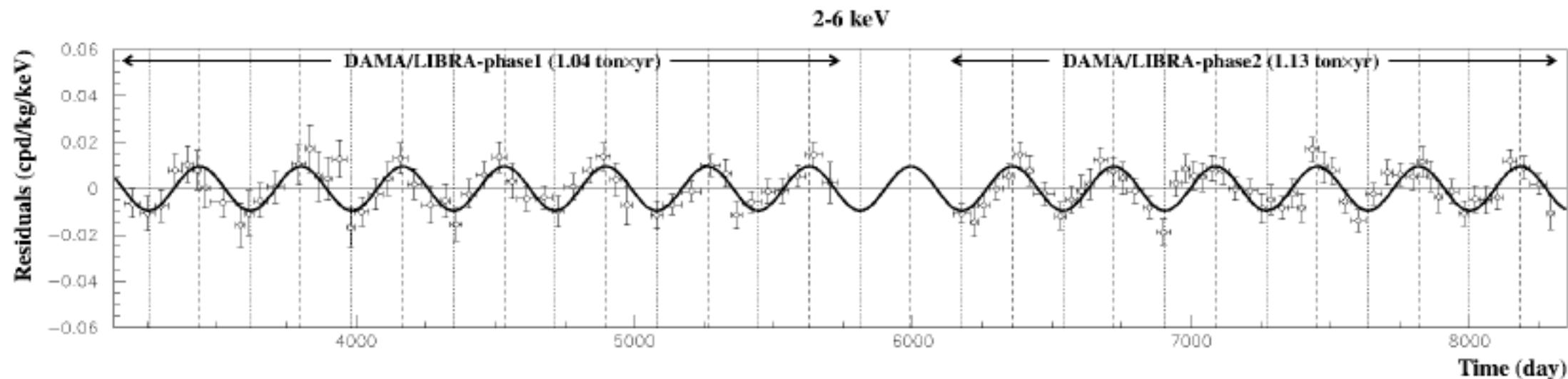
徳島大学

伏見賢一

1. 現状: NaI(Tl)で探索する理由と取り組み
 2. 将来1: 低バックグラウンド化
 3. 将来2: 粒子識別
 4. 将来3: 新規シンチレーターの開発
- まとめと議論

1. NaI(Tl)で宇宙暗黒物質探索をする理由

DAMA/LIBRA-phase1+DAMA/LIBRA-phase2 (2.17 ton × yr)



R. Bernabei, CSLNGS, March 26, 2018

- DAMA/LIBRAの実験で謎の季節変動
- 他のシンチレーター・半導体ではWIMPsの可能性は排除

$\text{Acos}[\omega(t-t_0)]$;
continuous lines: $t_0 = 152.5 \text{ d}$, $T = 1.00 \text{ y}$

2-6 keV

$A = (0.0095 \pm 0.0008) \text{ cpd/kg/keV}$

$\chi^2/\text{dof} = 71.8/101$ **11.9 σ C.L.**

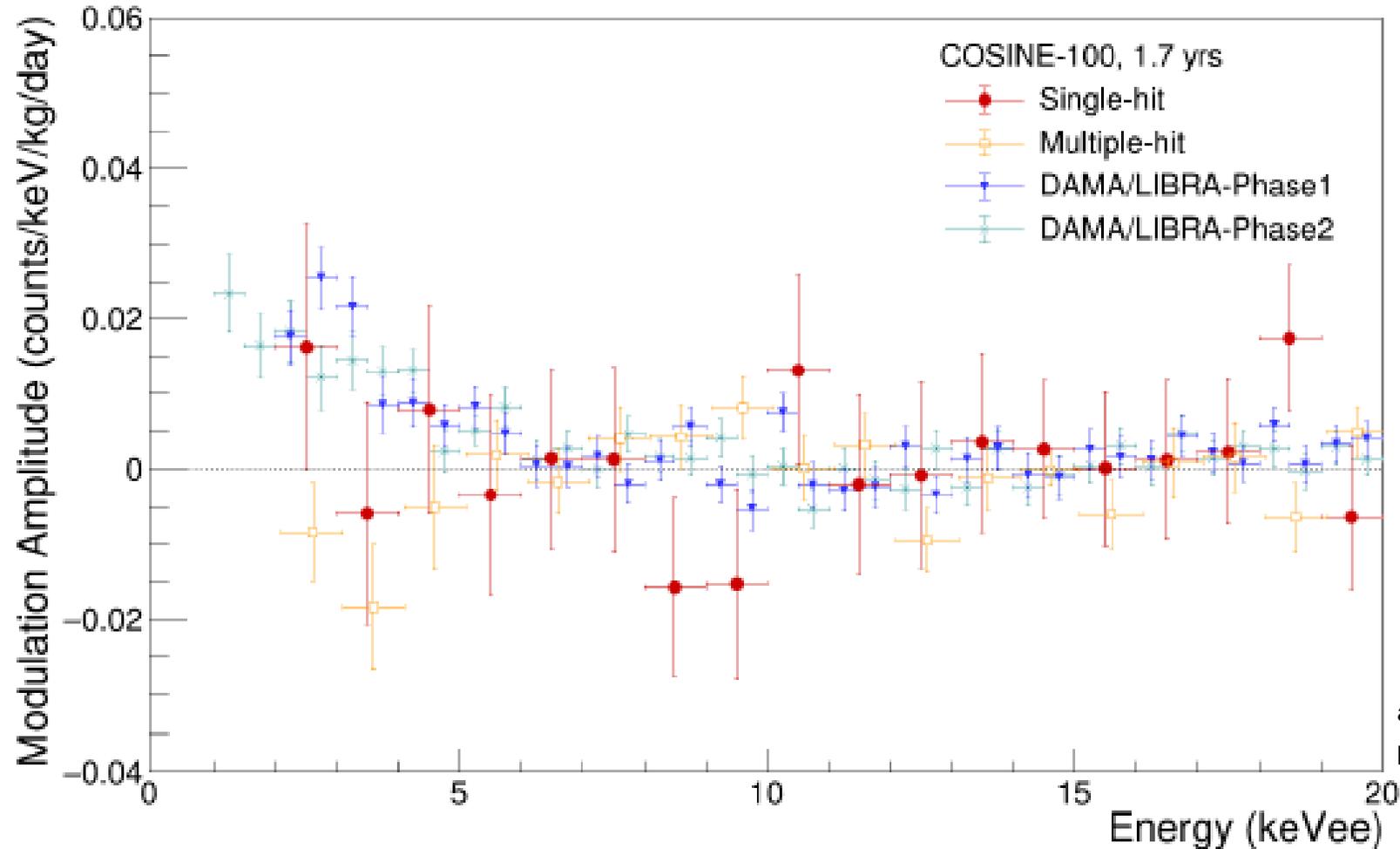
どうすれば完全に検証できるのか？

- 同じターゲットを使う
 - 同じデザイン
 - より高感度＝より低バックグラウンド
 - 地球上のいろいろな場所
-
- 各国でNaI(Tl)を開発中
 - 日本 PICOLON: 今年から建設開始
 - 韓国 COSINE-100: 季節変動の観測中



COSINE-100

- BG = 2.7 /day/keV/kg @ 2–6 keVee
- Amplitude = 0.0092 ± 0.0067 /day/keV/kg



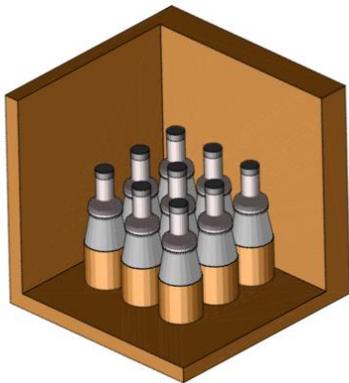
PICOLON



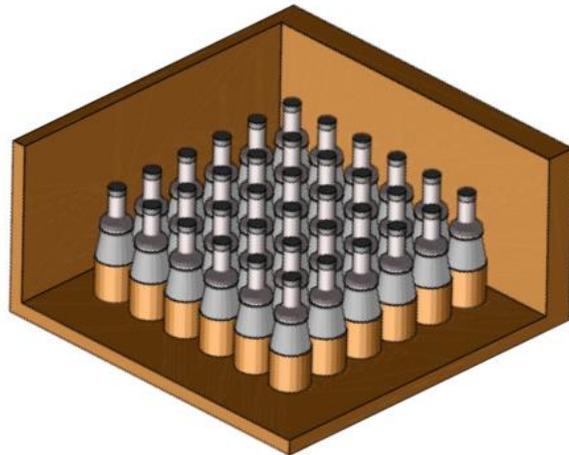
- Pure Inorganic Crystal Observatory for Low-energy Neutr(al)ino
- 詳しくは 金光・畑のポスター



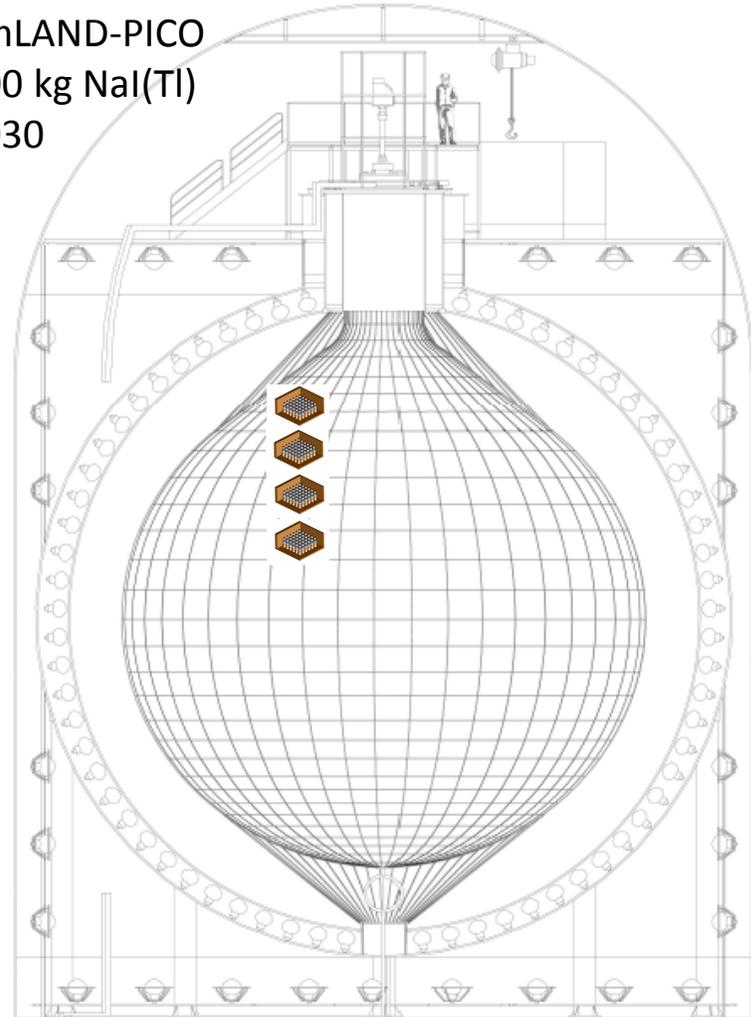
54 kg NaI(Tl)
~2020



250 kg NaI(Tl)
~2025



KamLAND-PICO
1000 kg NaI(Tl)
~2030



2. 低バックグラウンド化

- 何を、どれくらい減らす必要があるのか？
- ^{40}K
- U系列
- Th系列
- シンチの材料に起因するもの(Cosmogenic)
- バックグラウンドを測って個別に対応

NaI(Tl)の現状

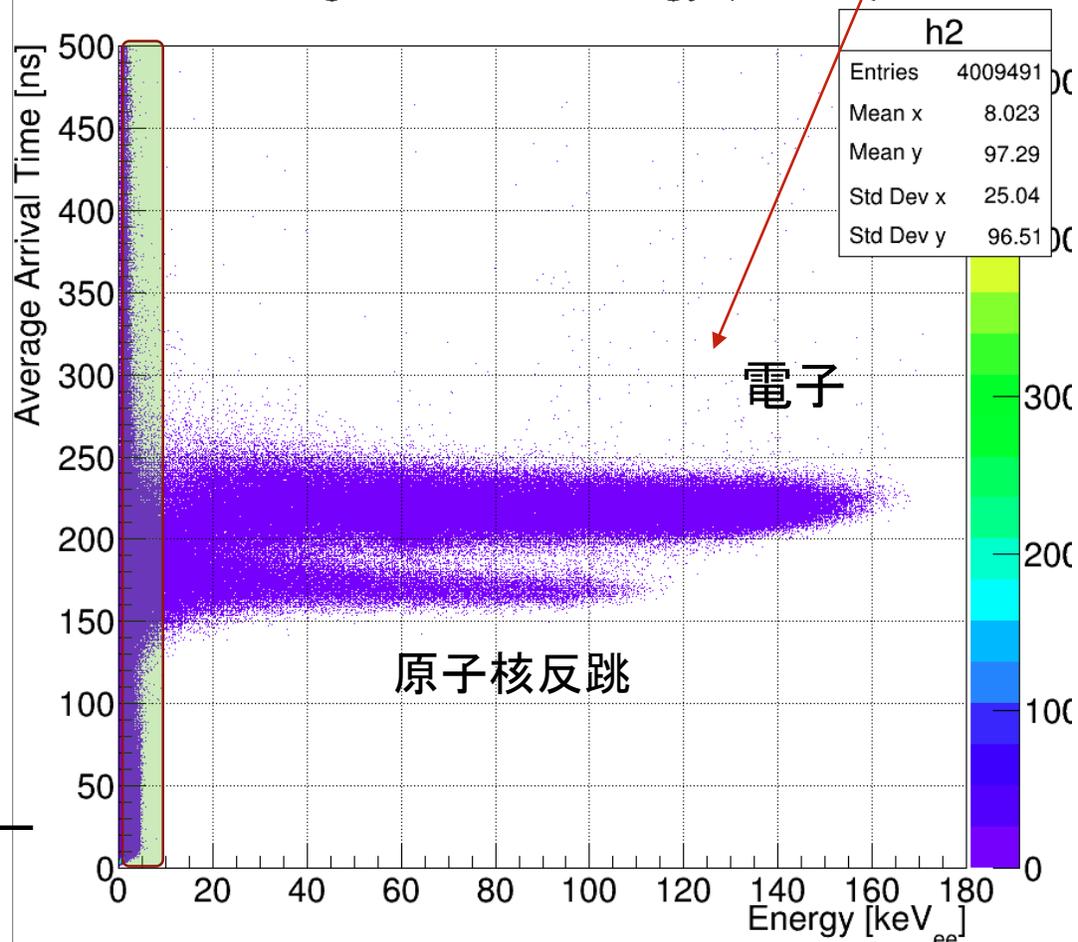
RI	Ingot26 (2015製造)	Ingot37 (2016製造)	Ingot53 (2017製造)	Ingot68 (2018製造)	Ingot71 (2018製造)	Goal
^{nat}K (ppb)	2630	~120	~130	~116	~20	<20
^{232}Th (ppt)	0.4 ± 0.5	3.7 ± 0.5	2.9 ± 0.6	3.1 ± 3.3	1.7 ± 0.2	<4
^{238}U (ppt)	4.7 ± 0.3	5.9 ± 0.3	29 ± 1	7.6 ± 0.3	9.7 ± 0.8	<10
^{210}Pb ($\mu\text{Bq/kg}$)	29.4 ± 6.6	~2300	~7565	~7519	~1076	<5
NaIの純化方法	鉛除去用樹脂	鉛除去用樹脂 + 陽イオン交換樹脂	鉛除去用樹脂 + 陽イオン交換樹脂	鉛除去用樹脂 + 陽イオン交換樹脂	再結晶×2	-

詳しくは金光ポスター

3. 粒子識別

- 粒子弁別が必須！！！！

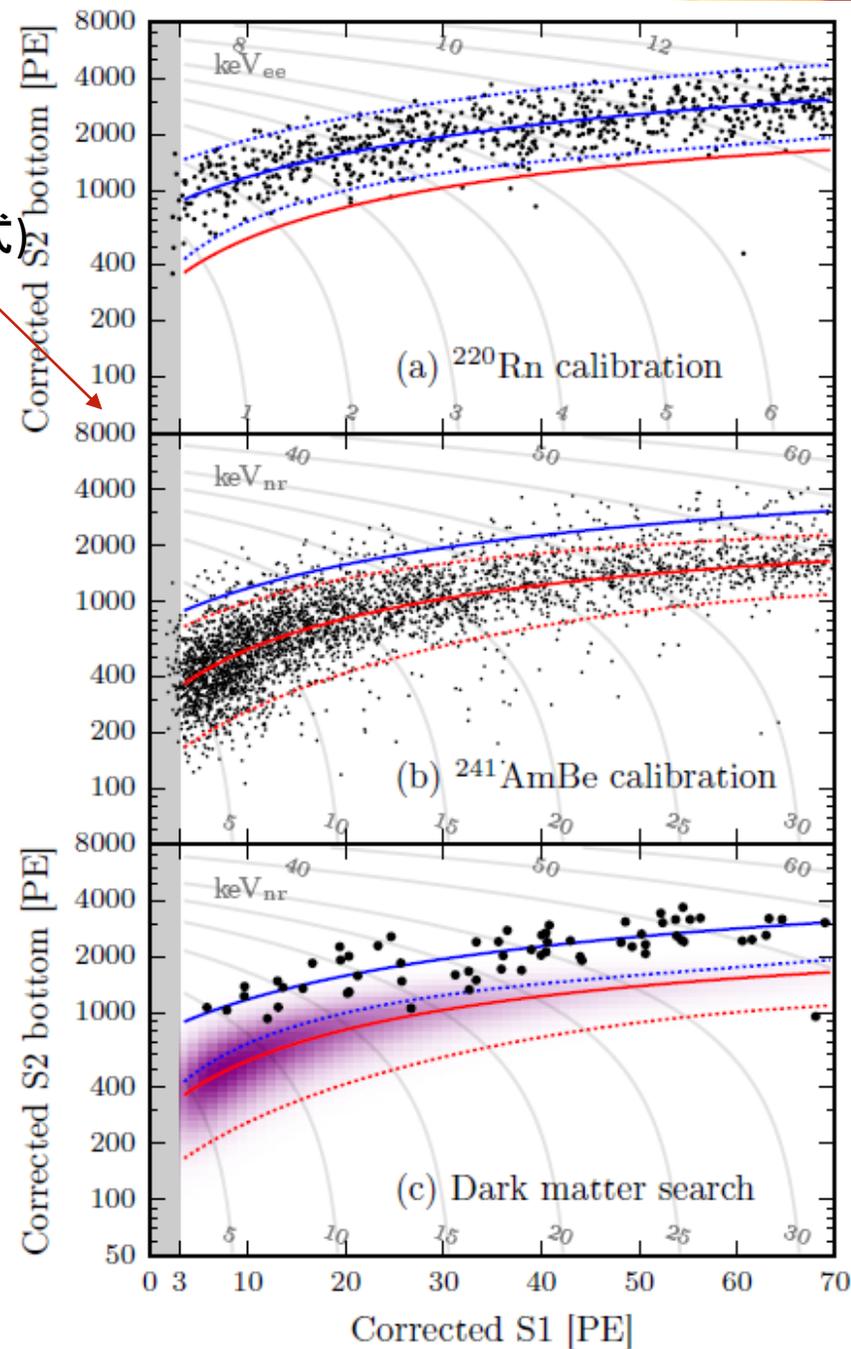
Average Time VS Energy (Am/Be)



詳しくは畑ポスター

Nal(Tl)

Xe(2相式)



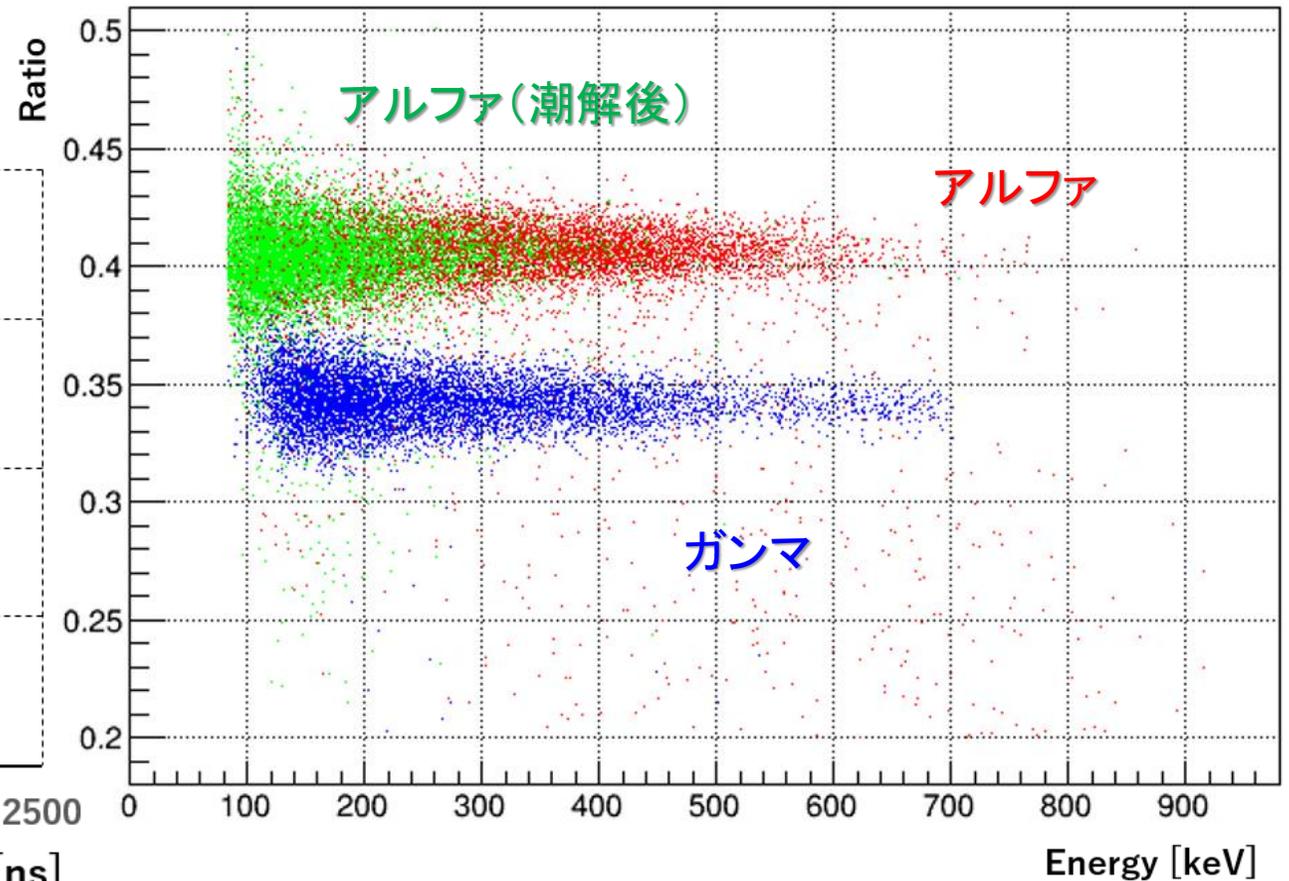
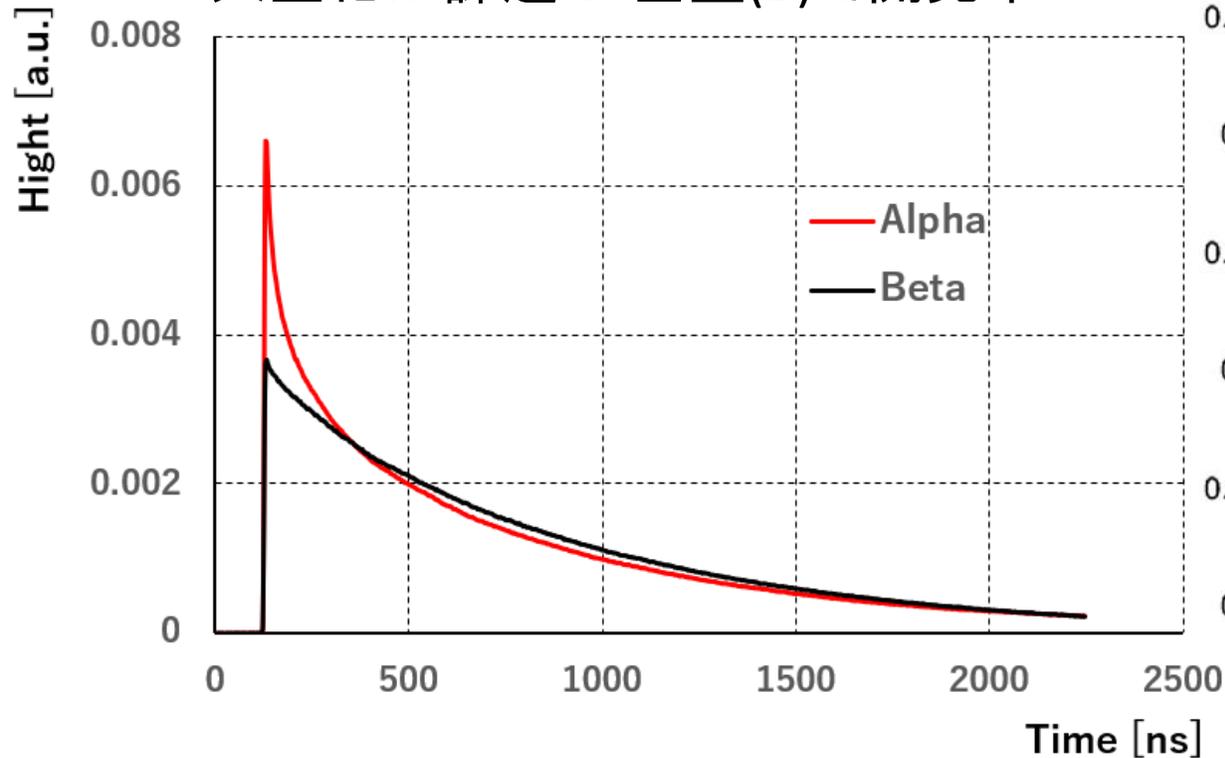
4. 新規シンチレーターの開発

- 大発光量
 - 特に、原子核反跳に対する発光量が大きい
- 粒子識別性能
 - 波形の違いが大きい
 - シンチレーター＋ボロメーターも魅力的
 - 大容量の検出器を作るコスト？
- 新規結晶の開発は現在進行中
- 多様なターゲット核を使う(SD,SIの識別、BGとの識別)

CaI₂の性能テスト(T.Iida)

arXiv:1904.05993v1

- PSD性能が高そう
- 解析条件を最適化
- 大型化が課題→ 基盤(B)で開発中



CaI₂の大型化現状

金研で作った結晶をISCラボで加工



2インチ



2cm弱

まとめと議論

- 固体シンチレーターの存在意義
 - DAMA/LIBRA検証の先は？
 - 装置の維持に関わるコストは小さい
- ターゲット核の選定
 - SDとSIの区別ができるように複数の核を組み合わせて探索する
- 低バックグラウンド化はさらに可能性がある
- Xe₂相式に匹敵する粒子識別を達成できるか？