

長期測定におけるPICOLON高純度NaI検出器の現状

K. Kotera^(A), K. Fushimi^(B), D. Chernyak^(C), H. Ejiri^(D), K. Hata^(E), R. Hazama^(F), T. Iida^(G), H. Ikeda^(E), K. Imagawa^(H), K. Inoue^(E,I), H. Ito^(J), T. Kishimoto^(K), M. Koga^(E,I), A. Kozlov^(L), K. Nakamura^(I,M), R. Orito^(B), T. Shima^(D), Y. Takemoto^(I,J), S. Umehara^(D), Y. Urano^(N), Y. Yamamoto^(B), K. Yasuda^(H), S. Yoshida^(K)
(by PICOLON collaboration)
Grad school of Tokushima Univ.^A, Tokushima Univ.^B, Univ. of Alabama^C, RCNP^D, RCNSE^E, Osaka Sangyo Univ.^F, Tsukuba Univ.^G, I.S.C.Lab^H, IPMU^I, Tokyo Univ. Sci.^J, Osaka Univ.^K, MPhI^L, Osaka Butsuryo Univ.^M, Tohoku Univ.^N

The PICOLON Project



(Pure Inorganic Crystal Observatory for Low-energy Neutr(al)ino)

NaI(Tl)検出器を用いた宇宙暗黒物質探索:

- DAMA/LIBRAが報告する季節変動とは異なる挙動を示す報告有.
- DAMA/LIBRAと同等以上の低バックグラウンド(BG)NaI(Tl)検出器を用いた検証が必要不可欠.

Our aim:

- 低BG NaI(Tl)検出器を用いた暗黒物質の発見
- DAMA/LIBRAの季節変動の検証[1].

PICOLONの現状#94 detector

2020年に高純度結晶(Ingot #85)の作成に成功[2].
DAMA/LIBRAに匹敵する高純度結晶

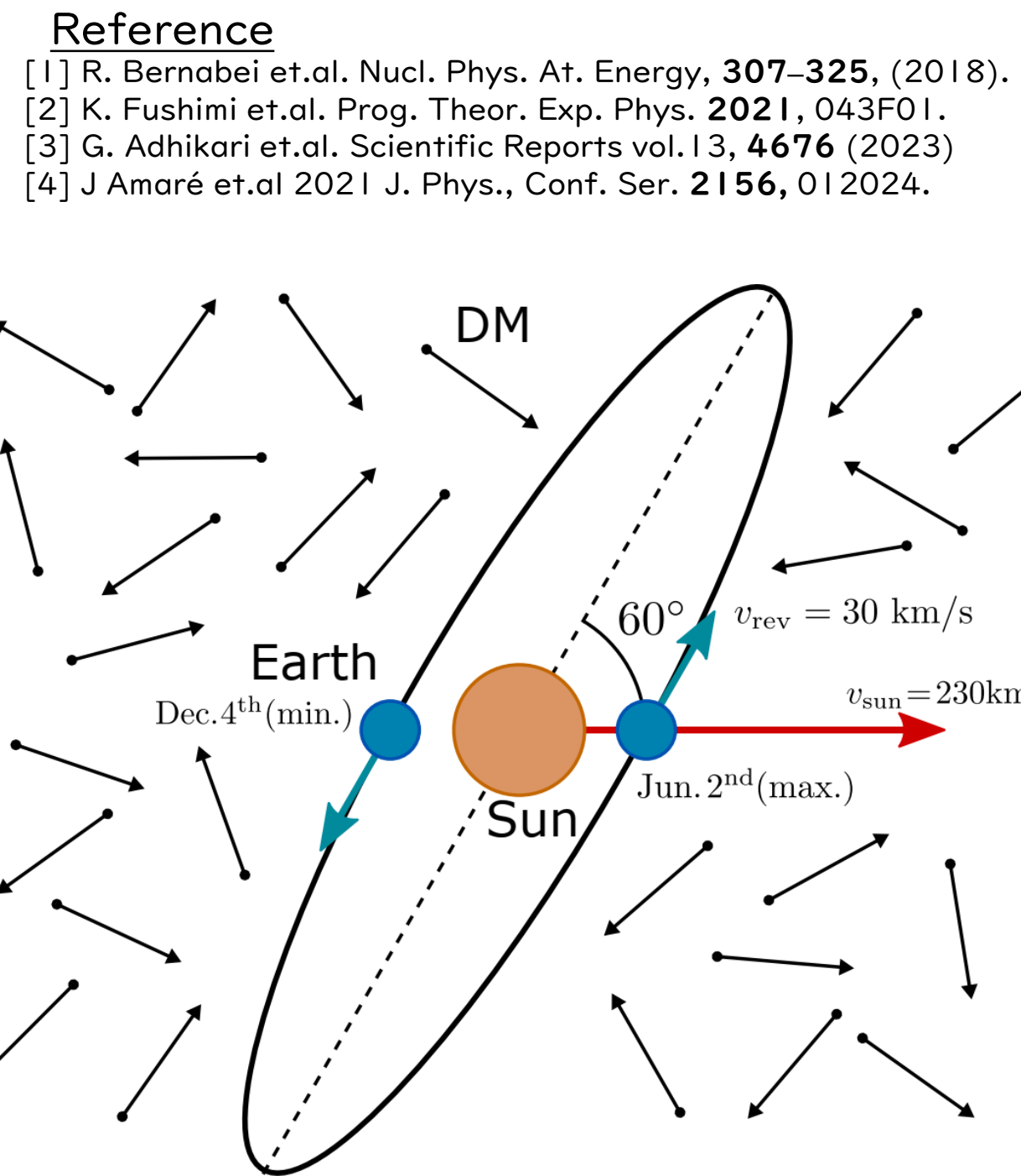
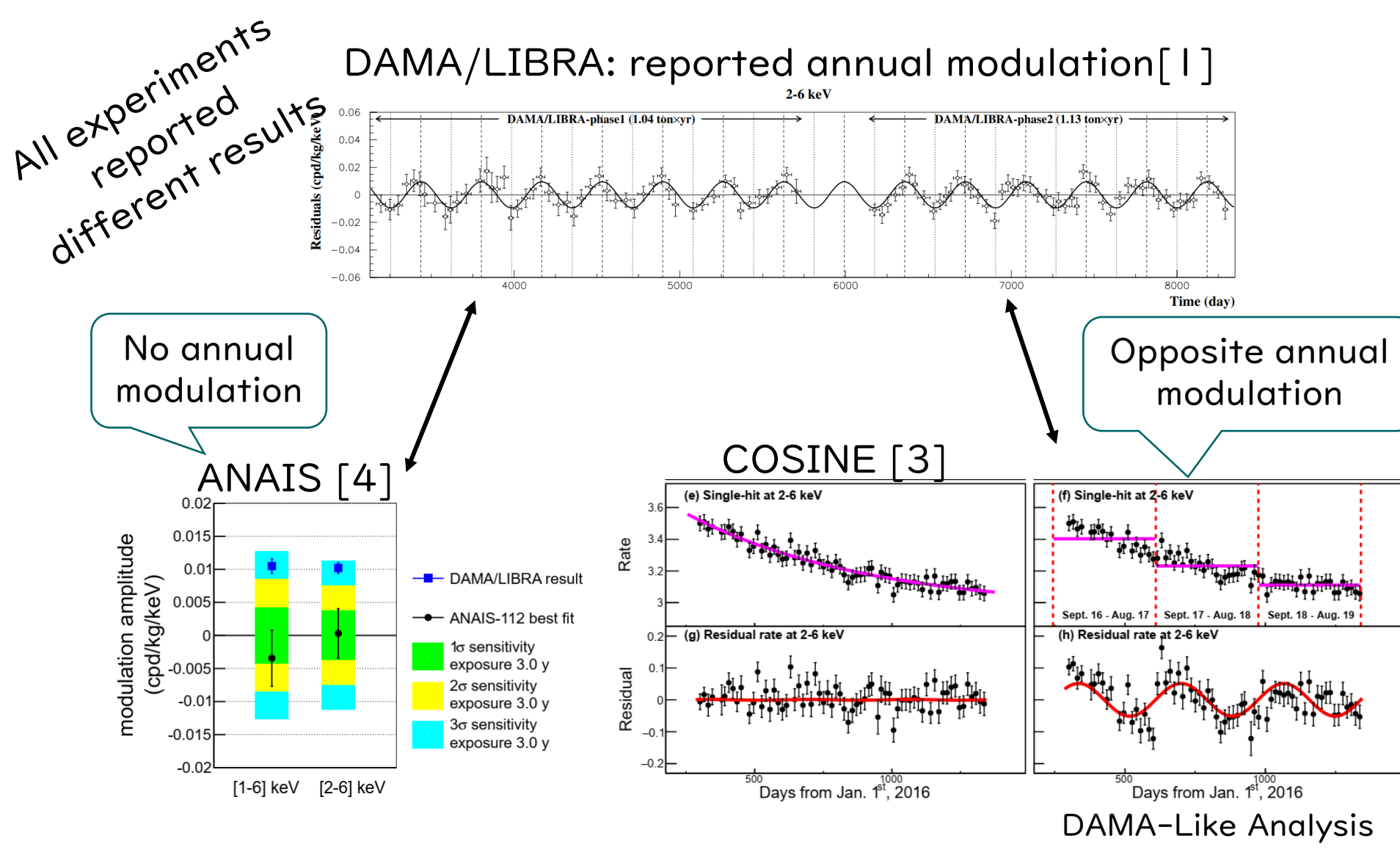
同様の純化手法で製造したIngot#94を用いた純化手法の再現性を確認

DAQ: Ingot#120を測定中...

今回はIngot#94の長期測定結果について報告



Ingot#94 (crystal)



以前報告した結果

	DAMA/LIBRA (NIM A592 (2008) 297.)	Ingot #85 (2020) [2]	Ingot #94	Goal
Crystal size	10.2×10.2×25.4 cm ³	7.62φ×7.62 cm ³		
²³² Th [μBq/kg]	2~31	0.3 ± 0.5	4.6 ± 1.2	<10
²²⁶ Ra [μBq/kg]	8.7~124	1.0 ± 0.4	7.9 ± 4.4	<10
²¹⁰ Po [μBq/kg]	5~30	< 5.7	19 ± 6	<50

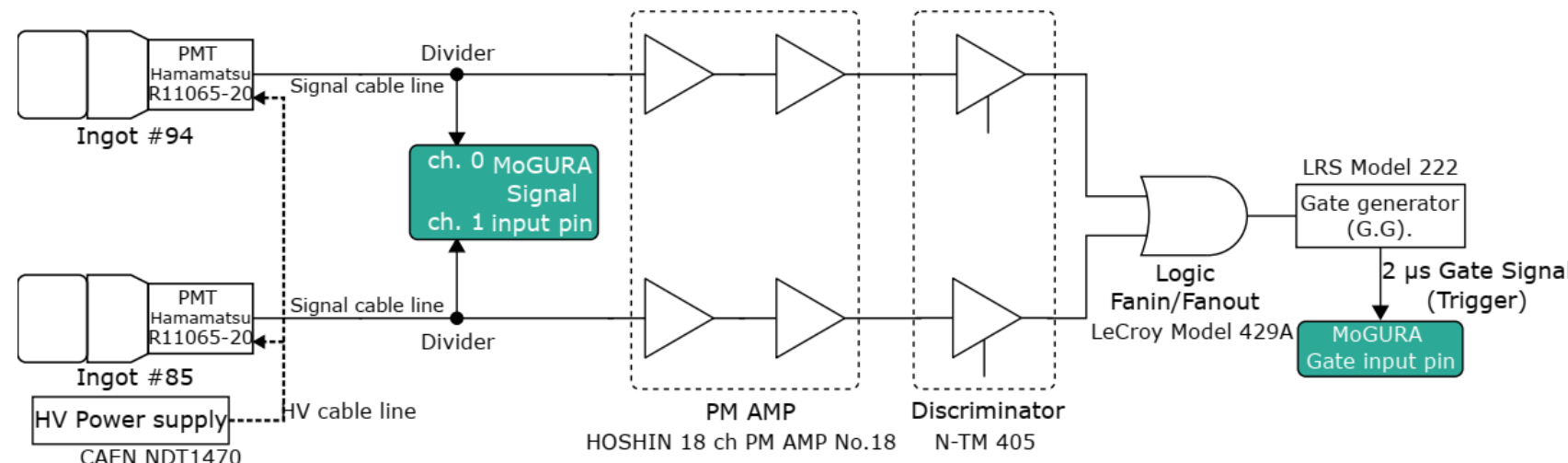
当時のIngot#94 exposure is 28.3 day×1.3 kg.

Experimental Setup & Data Analysis

α線イベントから結晶内部のバックグラウンド(BG)量を算出

DAQ

- Ingot#94と#85結晶を
同一シールドにインストール.
- OR Triggerよりデータ収集



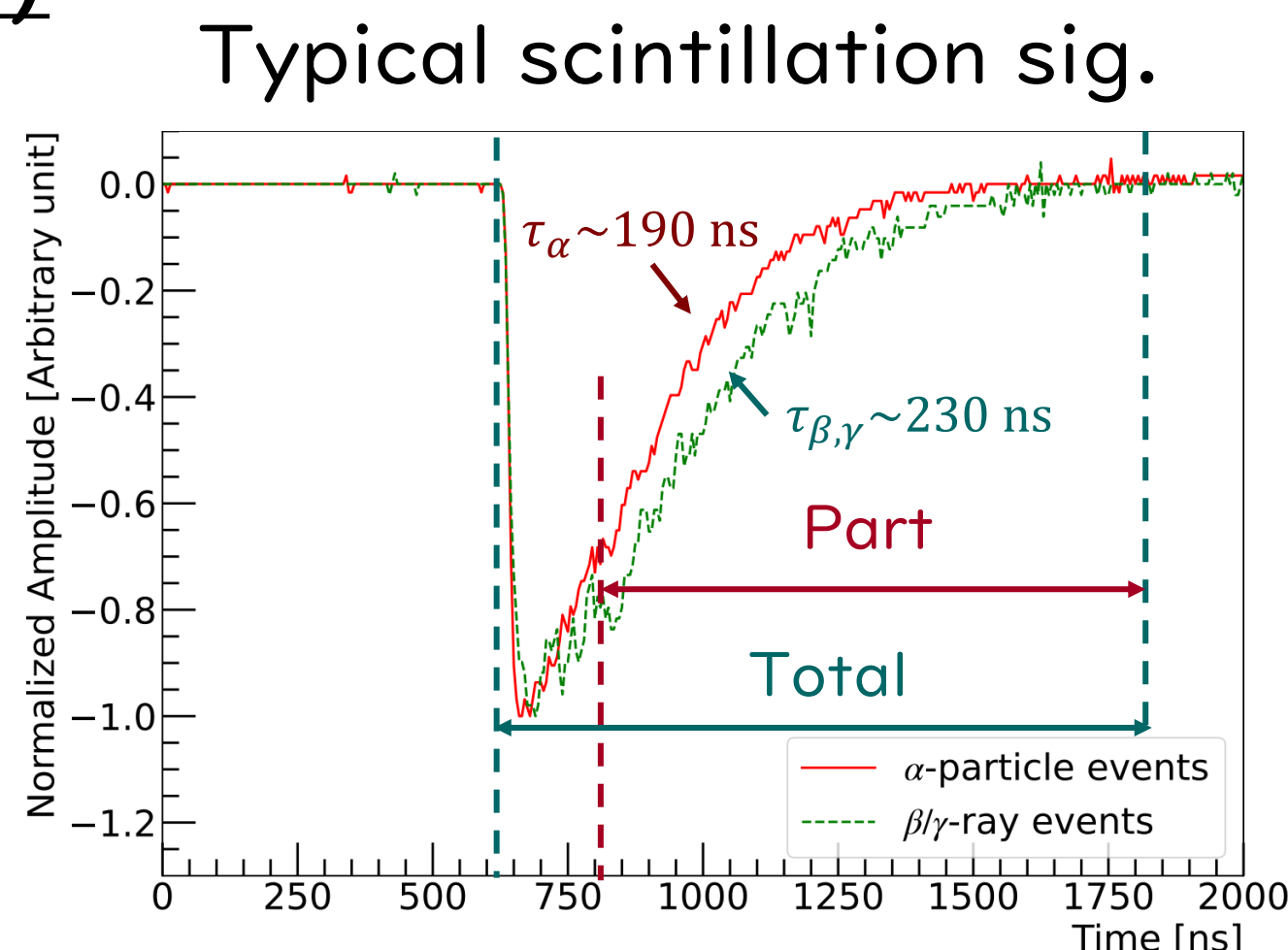
↓新たなデータで解析

- 今回: 177.9 d × 1.3 kg
(Run4146-4371)

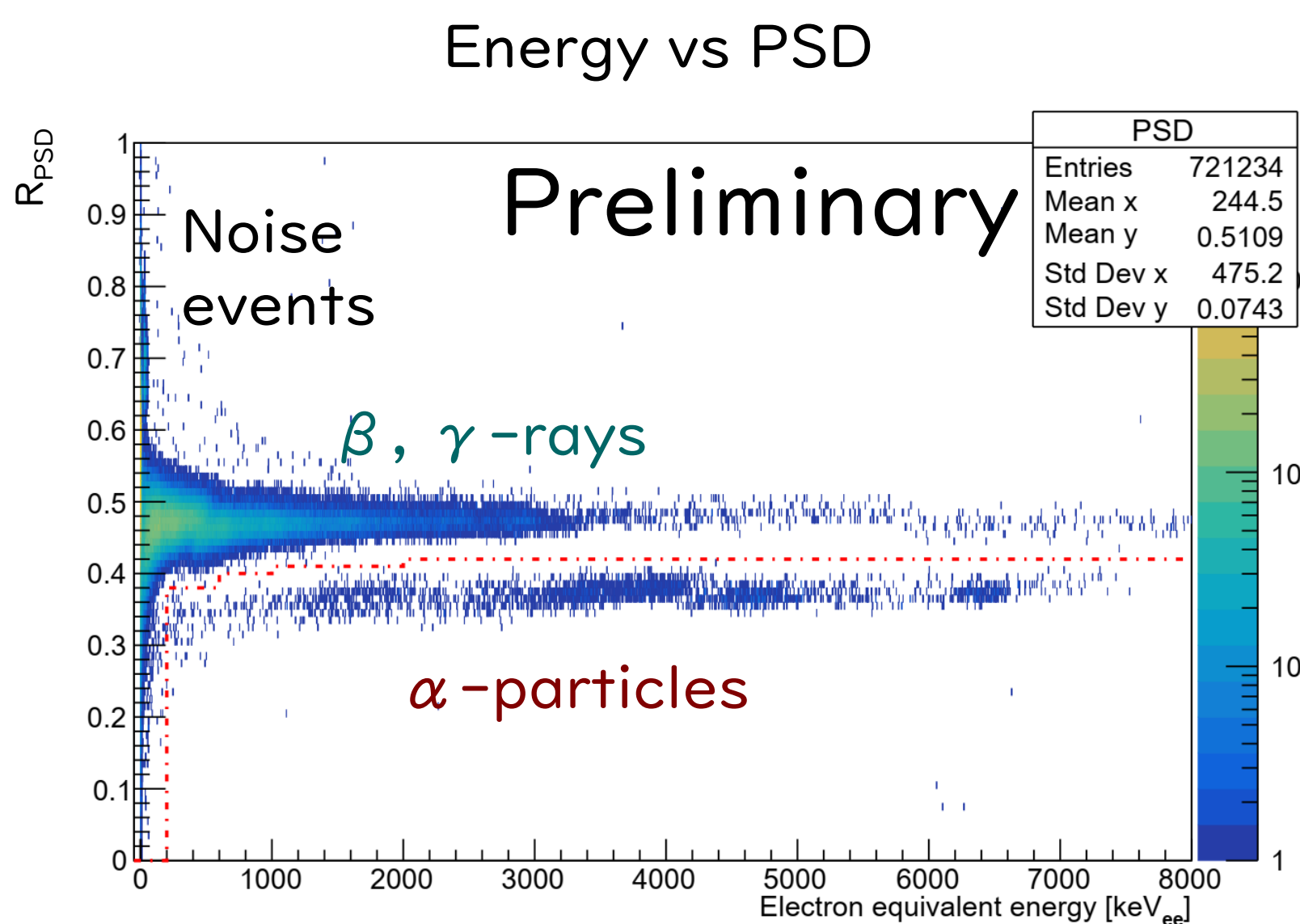
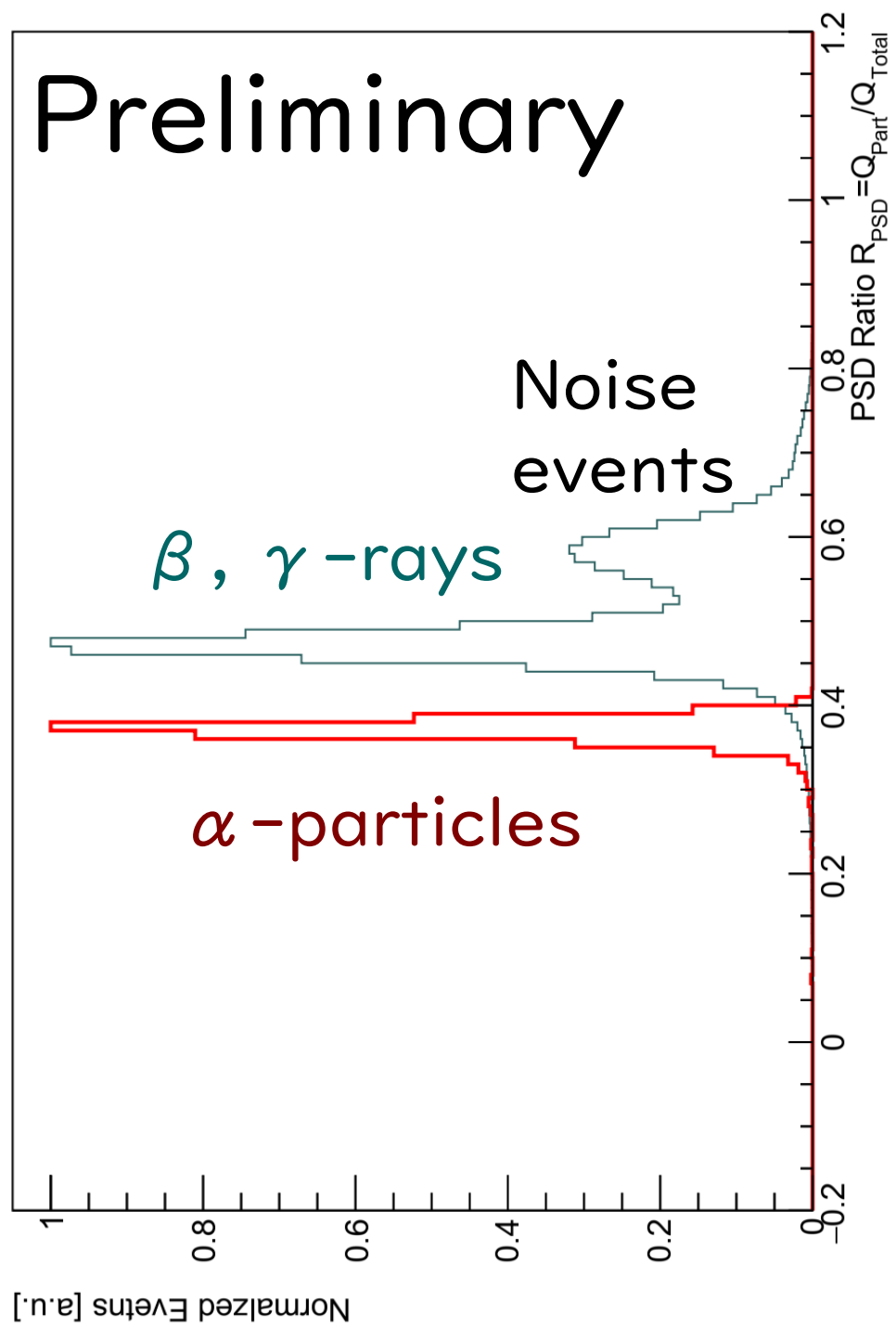
Pulse-shape discrimination(PSD)

- αイベントとβ/γ-eventsを分割

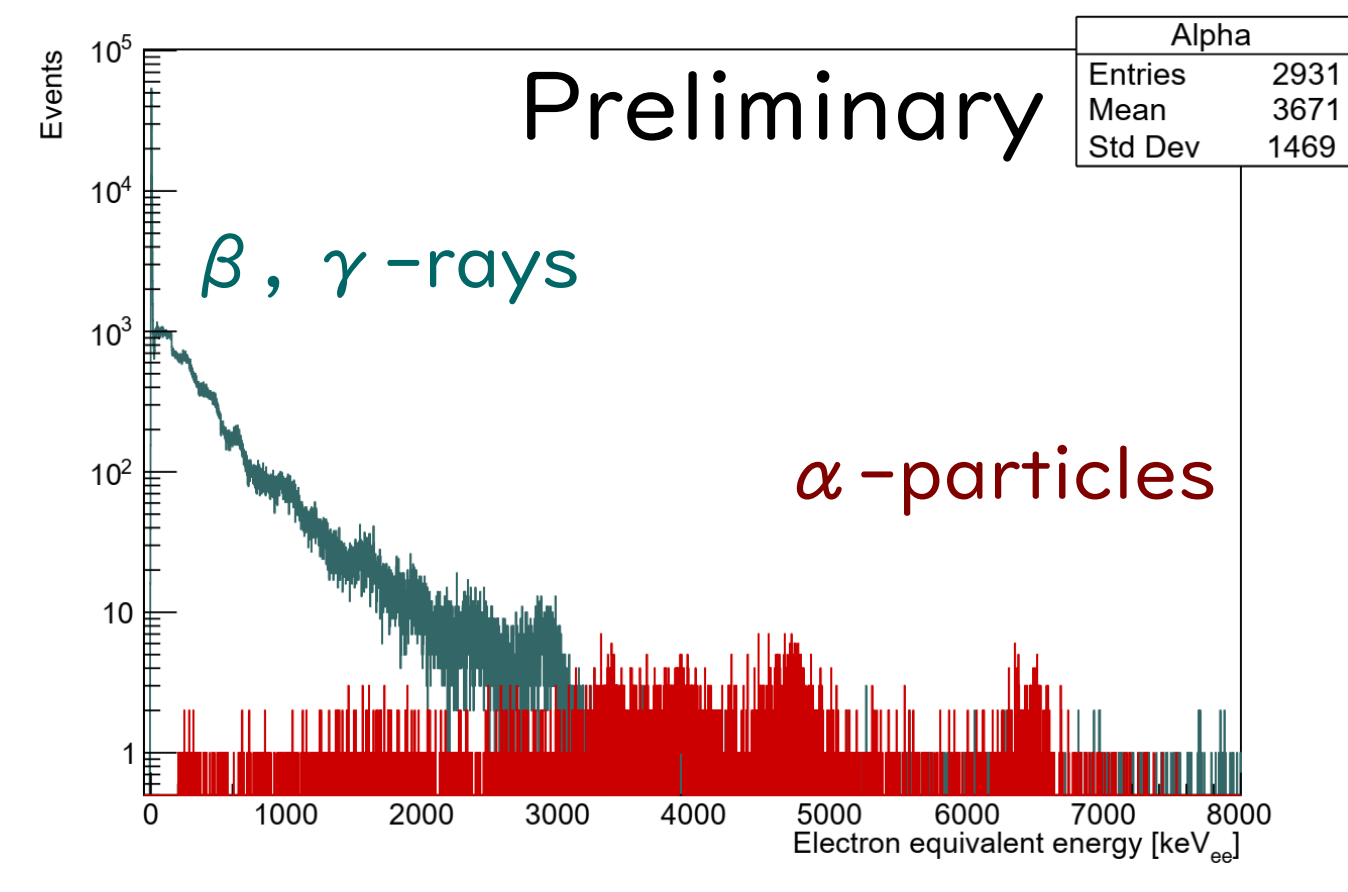
$$R_{\text{PSD}} \equiv \frac{Q_{\text{Part}}}{Q_{\text{Total}}} = \frac{\int_{0.2\mu\text{s}}^{1.2\mu\text{s}} I(t) dt}{\int_{0.0\mu\text{s}}^{1.2\mu\text{s}} I(t) dt}$$



- PSDの結果



カット後のEnergy spectrum



- $R_{\text{PSD}} = 0.6$ 付近のpeak: Noise events
(20xx番台のデータ解析により確認済)

- R_{PSD} しきい値:
β/γ線イベントが混入しない
明確なα線Event部分のみを抽出
(赤点線)

→ 明確なα線のpeakを確認!

Result & conclusion

Result: Radio-isotopes (RIs) Activity

抽出されたα線spectrum:

明確なpeakを確認 → 各peakの幅を決定しEvent数Nを数えた。

青色はTh系列のRI

横軸は
α線のエネルギー

半年間の測定で
やっとこの
イベント数!

Result (Preliminary)

RIs	Energy range [keV]	Events N
²³⁸ U, ²³² Th	3425	4300
²³⁴ U, ²³⁰ Th, ²²⁶ Ra	4325	5050
²²⁸ Th, ²²⁴ Ra, ²¹⁰ Po, ²²² Rn	5075	5850
²¹⁸ Po, ²¹² Bi, ²²⁰ Rn	5875	6475
²¹⁶ Po	6500	7150
²¹⁴ Po	7425	7925

ピーク中に含まれるRIは固有の値をもつ:

含まれるRIの連立方程式から放射平衡を用いて各RIのBGを算出する。

放射平衡:

- Th系列: 全てのRIが放射平衡
- U系列:
 - $U_1: ^{238}\text{U} \rightarrow \dots \rightarrow ^{234}\text{U}$
 - $U_2: ^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{222}\text{Rn} \rightarrow ^{218}\text{Po} \dots \rightarrow ^{214}\text{Po}$

連立方程式を解いた後、

各RIのBG C_{RI} を次式より計算:

$$C_{\text{RI}} = \frac{\text{Events}}{\text{Exposure}} [\mu\text{Bq/kg}]$$

BG result (Preliminary)

RI	Events N	BG [μBq/kg]
Th-Chain (全Th系列): ²³² Th		基準値未満
²³⁰ Th		
U_1 (²³⁸ U, ²³⁴ U)		
U_2 (²²⁶ Ra, ²²² Rn, ²¹⁸ Po, ²¹⁴ Po)		基準値未満
²¹⁰ Po		基準値未満

- 20xx番代に引き続き低BG状態で安定

Summary and outlook

- α線イベント解析によるBG調査
 - 解析の最適化
- β/γ線spectrumのBG調査
- 低エネルギー側の解析
 - ノイズカット条件の最適化
- (Run2000番代の解析結果からノイズのpeakを確認)
- Limitの計算

Preliminary