

# 超高純度固体シンチレーターによる 宇宙暗黒物質探索

伏見賢一 徳島大・理工

バックグラウンド低減とNaI(Tl)の純度向上  
アキシオンに対する感度評価

議論

# バックグラウンド低減について

---

固体シンチレーターの課題

放射性不純物の除去が困難

- XeやArならば蒸留すればいくらかでも純度が上がる？

でも

- 固体だから一旦高純度を達成すれば後から汚染されることはない！

# 目標とする純度

---

宇宙暗黒物質 (DM) のバックグラウンド源

- 低エネルギー ( $< 100 \text{ keV}_{ee}$ ) を見るのでDBDより核種が増える。
- U系列、Th系列もDBDと同等が理想。
- 特定のRI(Radioactive Impurity)
  - $^{210}\text{Pb}$
  - $^{40}\text{K}$
  - $^3\text{H}$
- いずれも  $10 \mu\text{Bq/kg}$ 以下が望ましい。

# NaI(Tl)純度の現状(2020年6月)

	DAMA	COSINE	ANAIS	SABRE
$^{nat}\text{K}$ (ppb)	<20	17~62	18~40	4
$^{232}\text{Th}$ ( $\mu\text{Bq/kg}$ )	2~31	2.5~35	~4	0.8
$^{226}\text{Ra}$ ( $\mu\text{Bq/kg}$ )	8.7~124	11~451	~10	5
$^{210}\text{Pb}$ ( $\mu\text{Bq/kg}$ )	5~30	50~3800	740~3150	360

- U-chain: 1 ppt =  $12.3 \mu\text{Bq/kg}$
- Th-chain: 1 ppt =  $4.0 \mu\text{Bq/kg}$
- $^{210}\text{Pb}$ : 1 ppt =  $2.5\text{kBq/kg}$

DAMA: NIM A592 (2008) 297.

ANAIS, SABRE : Talk slides in TAUP2019.

COSINE: arXiv:2004.06287v1

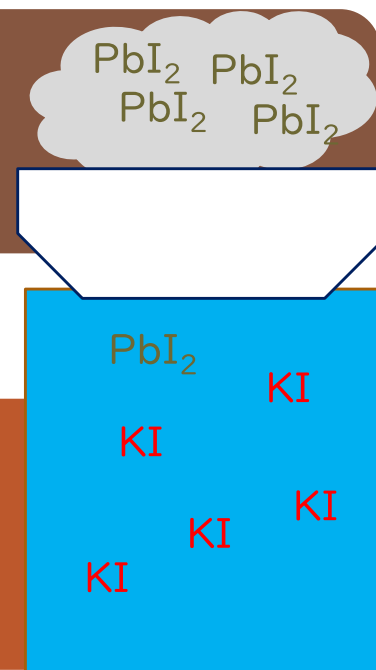
# 純化の方法を検討

K は再結晶が効果的！

- ・ KI はよく水に溶ける

Pb は再結晶で除去できるのか？

- ・  $\text{PbI}_2$  は水に溶けにくい。



# 樹脂でPbを除去できるのか？

(K.Kanemitsu JPS meeting March 2020)

樹脂による鉛イオンの除去効率をICP-MSで確認した

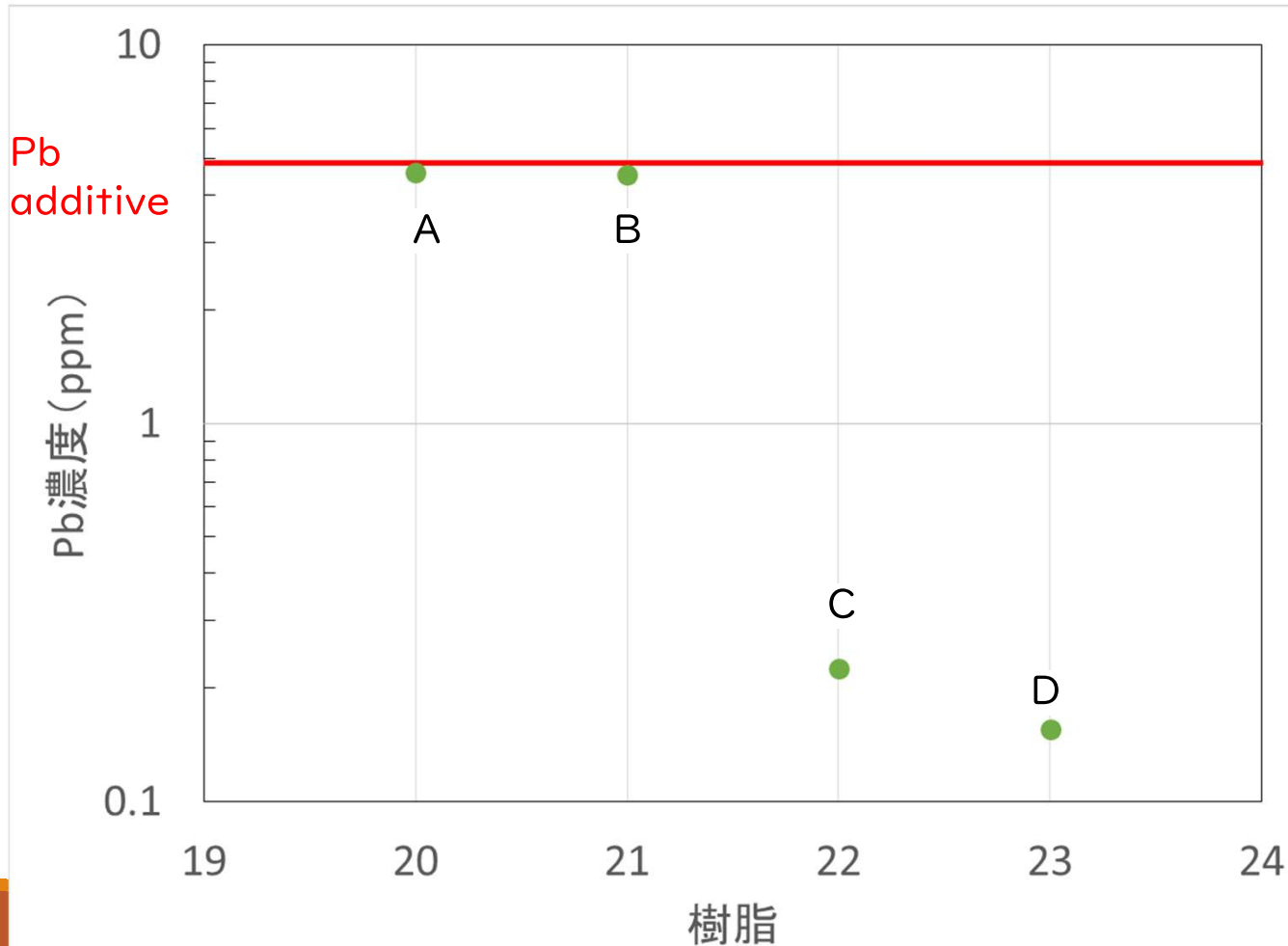
- ◆ 方法
- ◆ PbI<sub>2</sub>をNaI水溶液に溶かして、樹脂に通す。処理前と後の濃度変化を調べた。
- ◆ 樹脂について
  - A： Ingot26 から 83まで使っていた
  - B： A に似た樹脂
  - C： U, Th, Raに効果的な樹脂
  - D： Pbに効果的な樹脂



ICP-MS (Agilent7900)

# 樹脂でPbを除去できそうだ！

(K.Kanemitsu JPS meeting March 2020)



A,B : Not sufficiently effective

C : Pb reduced 1/20

D : Pb reduced 1/30



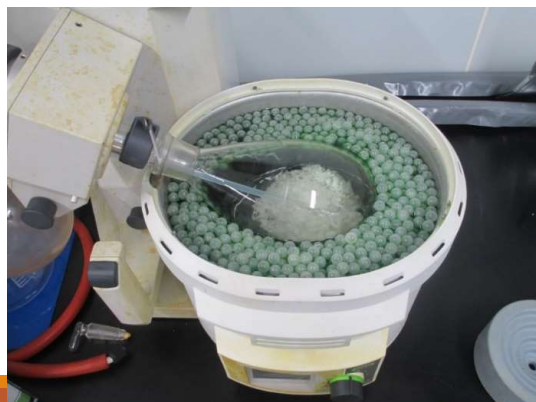
# Ingot #85の純化

## ◆ 再結晶法

◆ 再結晶法を二回繰り返した

## ◆ 樹脂法

◆ “C” と “D” を組み合わせた



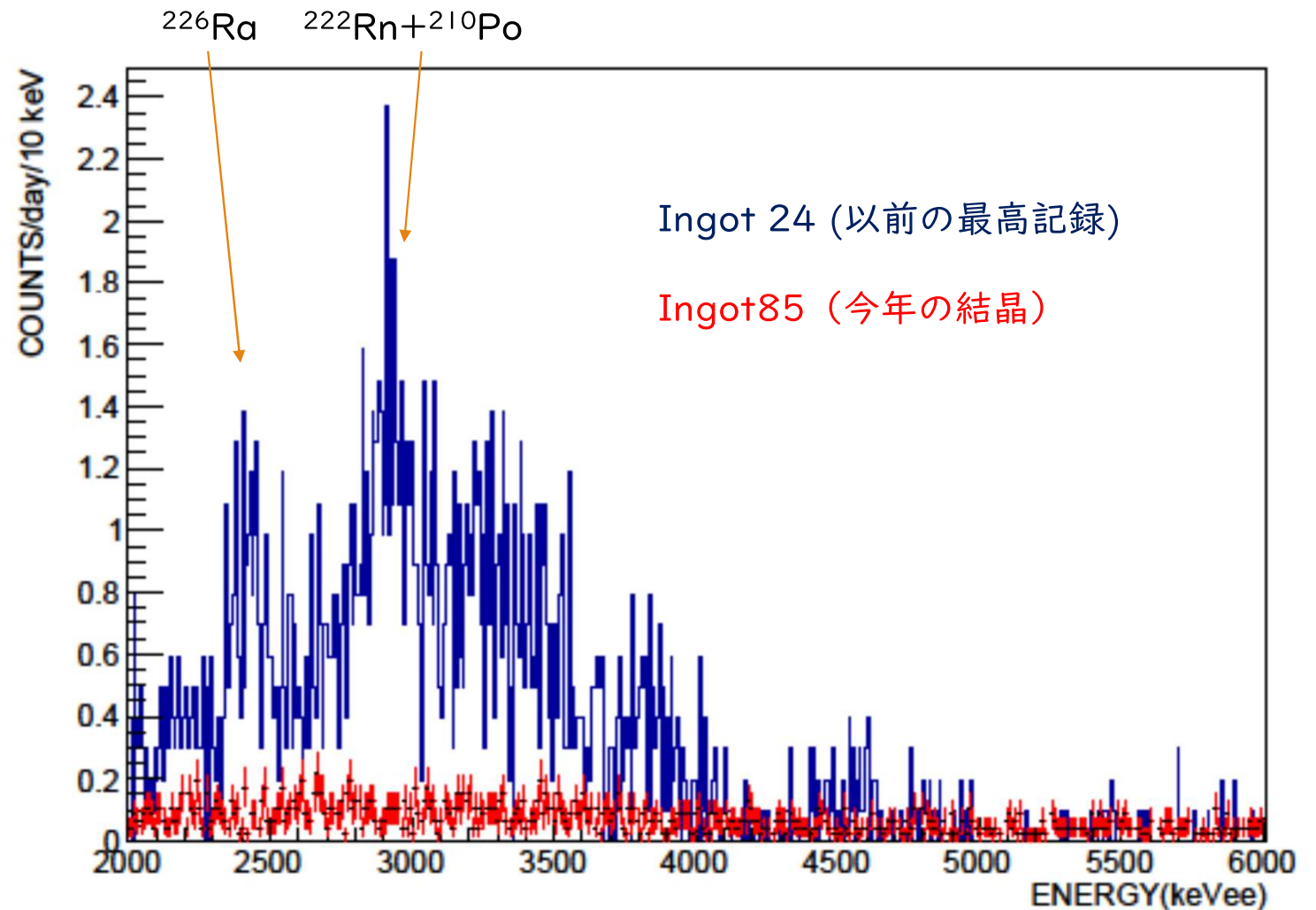


# 高純度化成功！

Ingot24

$^{226}\text{Ra}$  100  $\mu\text{Bq/kg}$

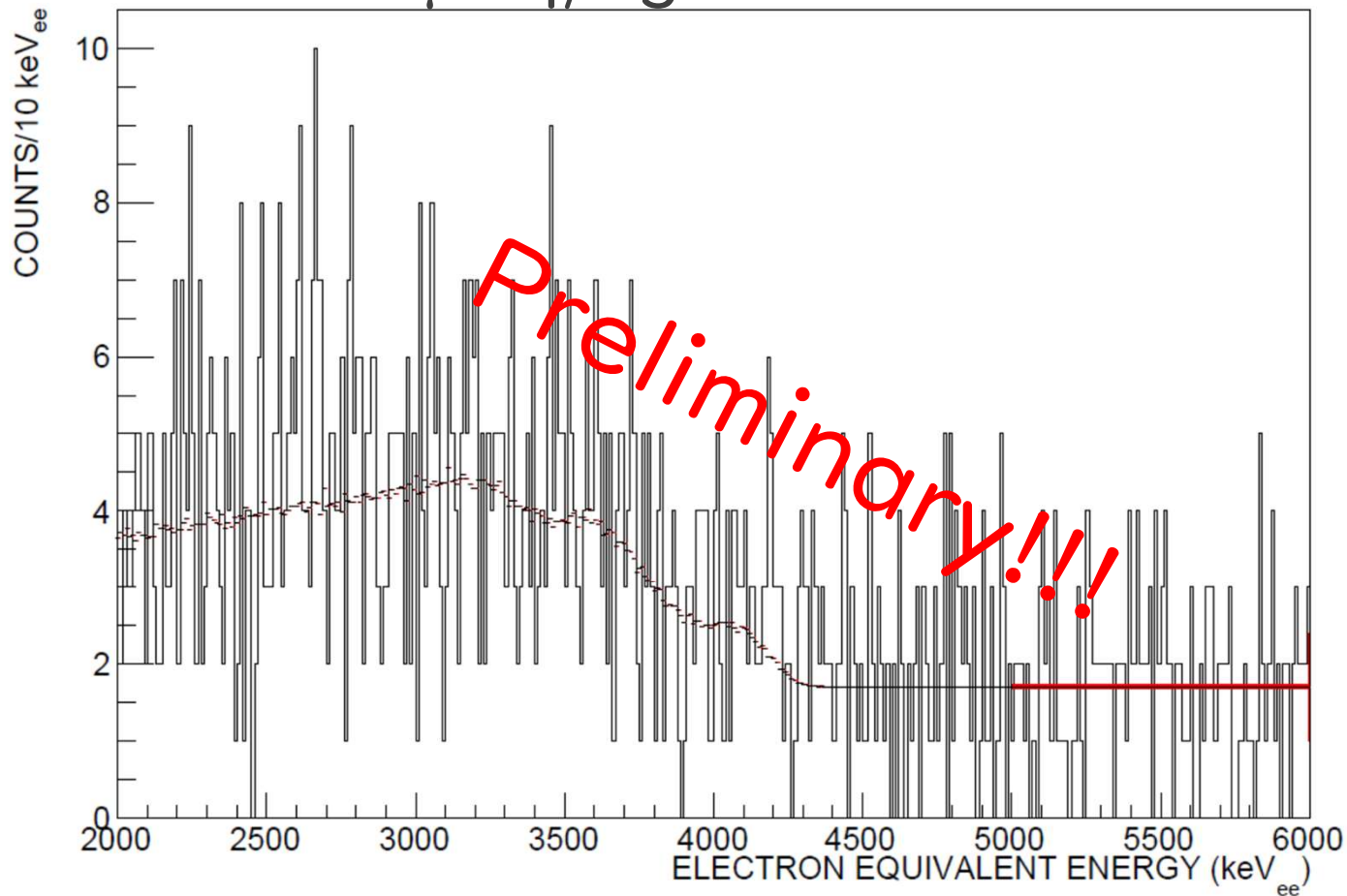
$^{210}\text{Pb}$  50  $\mu\text{Bq/kg}$



# Ingot85のアルファ線

明確なピークなし

$^{210}\text{Po} < 5 \mu\text{Bq/kg}$ . 目標達成！！



# 太陽アキシオンの確認は？

---

Axioelectric effect

$$\sigma_{ae} = \sigma_{pe} \frac{g_{ae}^2}{\beta} \frac{3E_a^2}{16\pi\alpha m_e^2} \left(1 - \frac{\beta^{2/3}}{3}\right)$$

光電効果の断面積に比例する  $\propto Z^5$

NaI中のNaは無効

CsI は有望

SrI<sub>2</sub>も有望

# NaIで太陽アキシオンは見えるのか？

XENON-ITのバックグラウンド計数率は  
約  $1.8 \times 10^{-4}$  /kg/day/keV

NaI(Tl)の現状

- 1 /kg/day/keV (by DAMA)

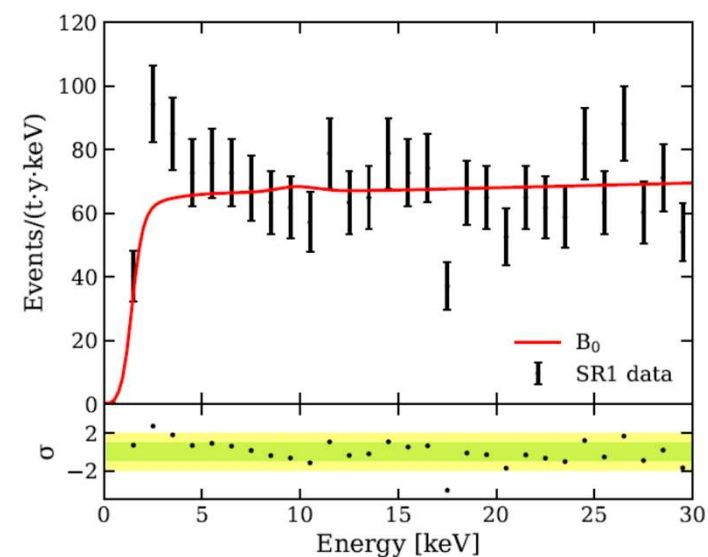
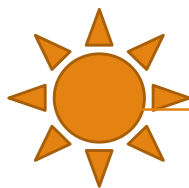


FIG. 4. A zoomed-in and re-binned version of Fig. 3 (top), where the data display an excess over the background model  $B_0$ . In the following sections, this excess is interpreted under solar axion, neutrino magnetic moment, and tritium hypotheses.

# 固体のシンチレーターを使った DM、 $0\nu\beta\beta$ 探索

純化の方法を確立した

他のシンチレーターにも応用可能

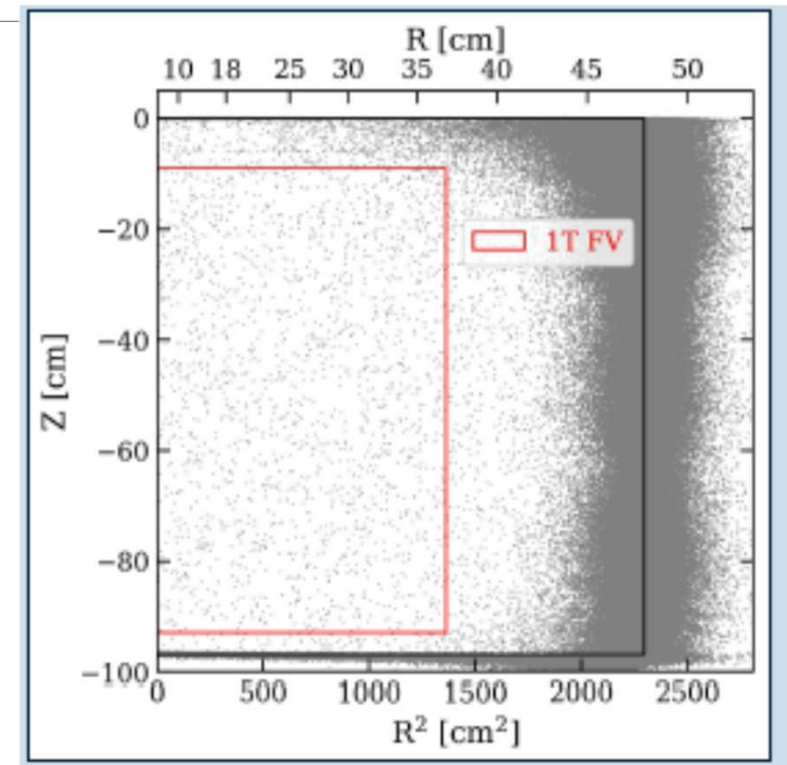
それでも  $\sim 0.1$  /keV/day/kgかな？

神岡で実験するのは10月になってから

Lxeと同程度の感度を達成するには

- $10^{-4}$  /keV/day/kg

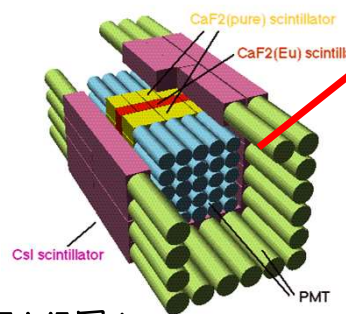
周辺からのBGをどう減らすか？



XENON IT: Presentation on June 17, 2020

# 将来計画

- $4\pi$  active shield.
  - KamLAND をアクティブシールドにする
- FVの周りをアクティブな材料で囲む
- ELEGANT V、 ELEGANT VIで経験済み
  - PMTをFVから遠ざける。
  - 更に：反射材と結晶の間にシンチレーティングフィルムを挟む



ELEGANT VI風に

Illustrated by T.Nitta

