

SMILE-II+ MeVガンマ線望遠鏡 性能評価

竹村泰斗、谷森達、高田淳史、水村好貴、古村翔太郎
岸本哲朗、吉川慶、中村優太、谷口幹幸、小野坂健
齋藤要、水本哲矢、園田真也、窪秀利、
黒澤俊介^{A,B}、身内賢太郎^C、澤野達哉^D、濱口健二^{E,F}

京大理, A:東北大NICHe, B:山形大理, C:神戸大理, D:金沢大数物
E:メリーランド大学, F:CRESST NASA/GSFC

目次

➤ **SMILE-2+ ETCC**

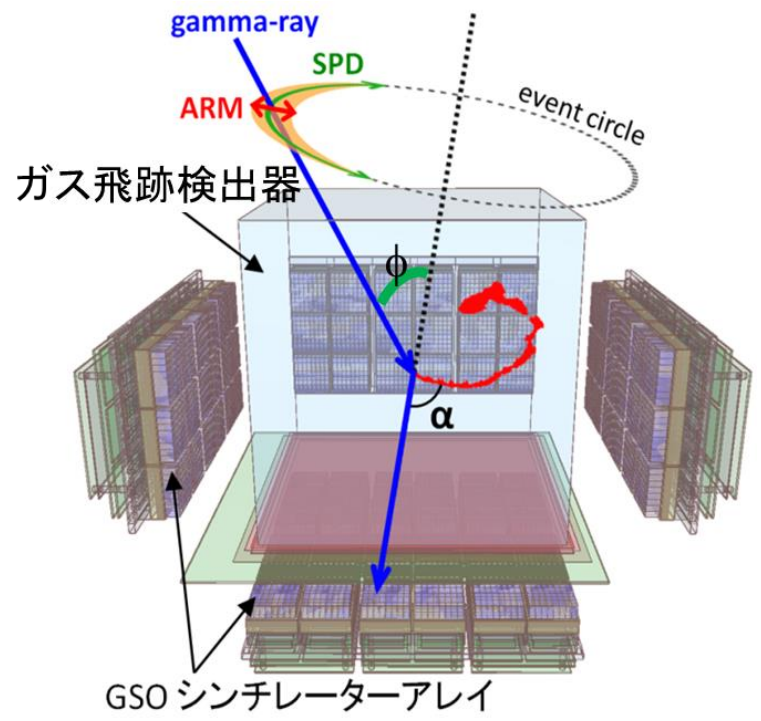
➤ 浄化システム

➤ **SMILE-2+ ETCC** 動作チェック

SMILE-2+ ETCC

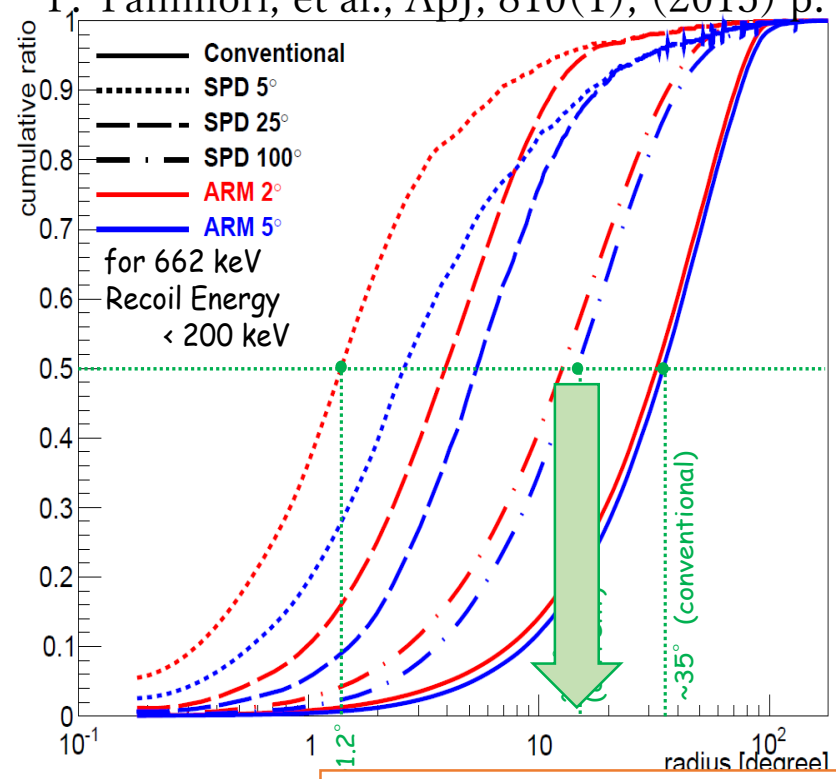
ETCCの角度分解能

ETCC概念図



Point Spread Function

T. Tanimori, et al., ApJ, 810(1), (2015) p. 28.



ARM 5 deg
 SPD 100 degにおいて
PSF(50% include) ~15 deg

- ◆ MeVガンマ線望遠鏡は今まで
 角度分解能をARMとして誤って見積もっていた
- ◆ ETCCではPSFを明確に定義し
 正しく検出を見積もる
- ◆ 天体撮像すべくPSF 10 deg@662 keVを満たす
 SMILE-2+ ETCCの製作

SMILE-2+ ETCCへ

装置改良点

➤ 広帯域化・PSFの向上

Ar 1気圧, 30 cm角⇒
Ee < 150 keVがほとんど
(Ee~50 keV, SPD~100度)

✓ **ガス容器内にシンチレータを設置**

⇒ 高エネルギー電子測定可能, SPD~20度

GSO 1 R.L. ⇒ 500 keVで40%は素通り
光電吸収は~25%

✓ **シンチレータの厚みを増大(底面部を2 R.L.に)**

⇒ 散乱ガンマ線の検出確率が大

➤ 有効面積の拡大

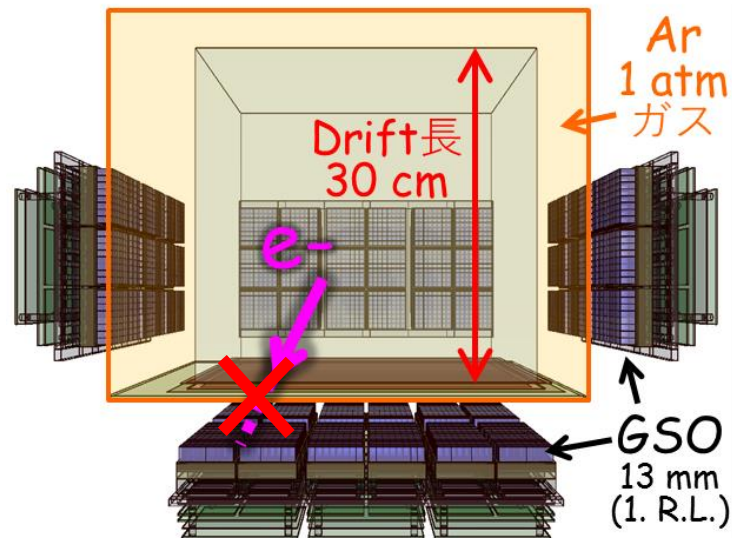
✓ **ガス容器内にシンチレータを設置**

⇒ シンチレータ間の隙間が激減

✓ **Arガス2気圧化**

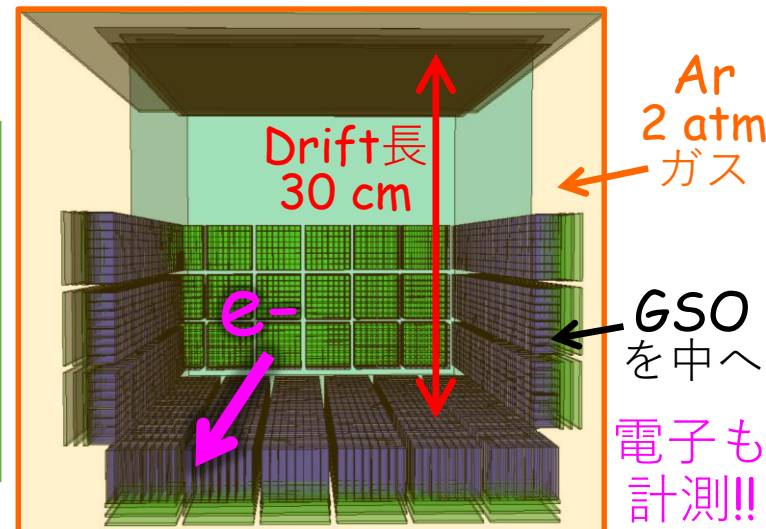
Prototype ETCC

ガス容器

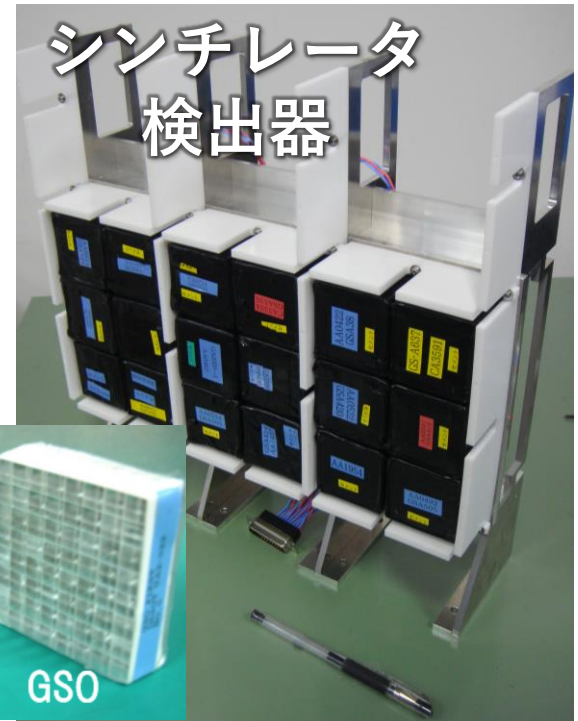
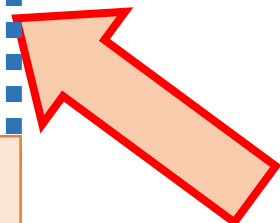
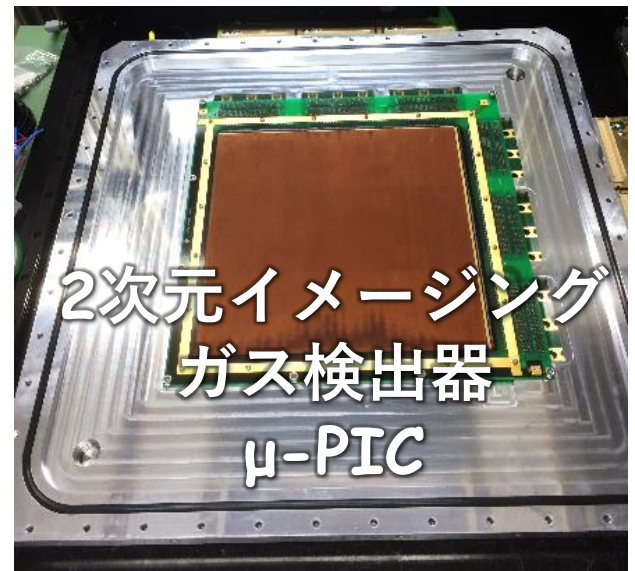
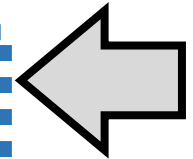


SMILE-2+ ETCC

ガス容器



SMILE-2+ ETCC 実物



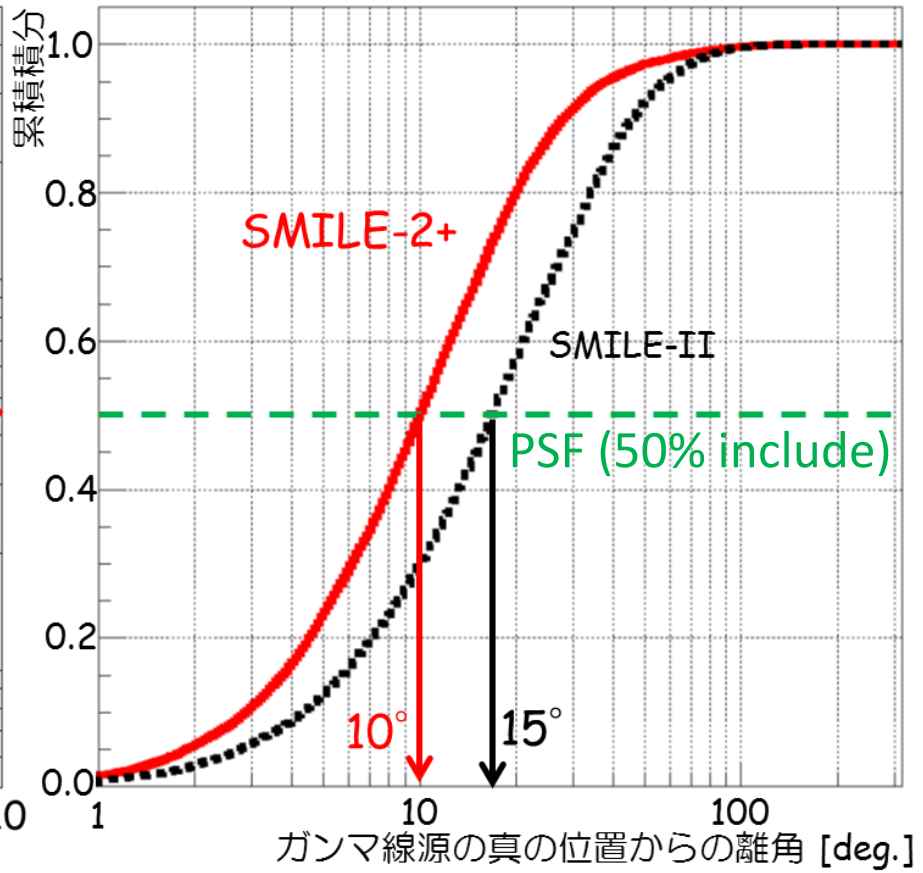
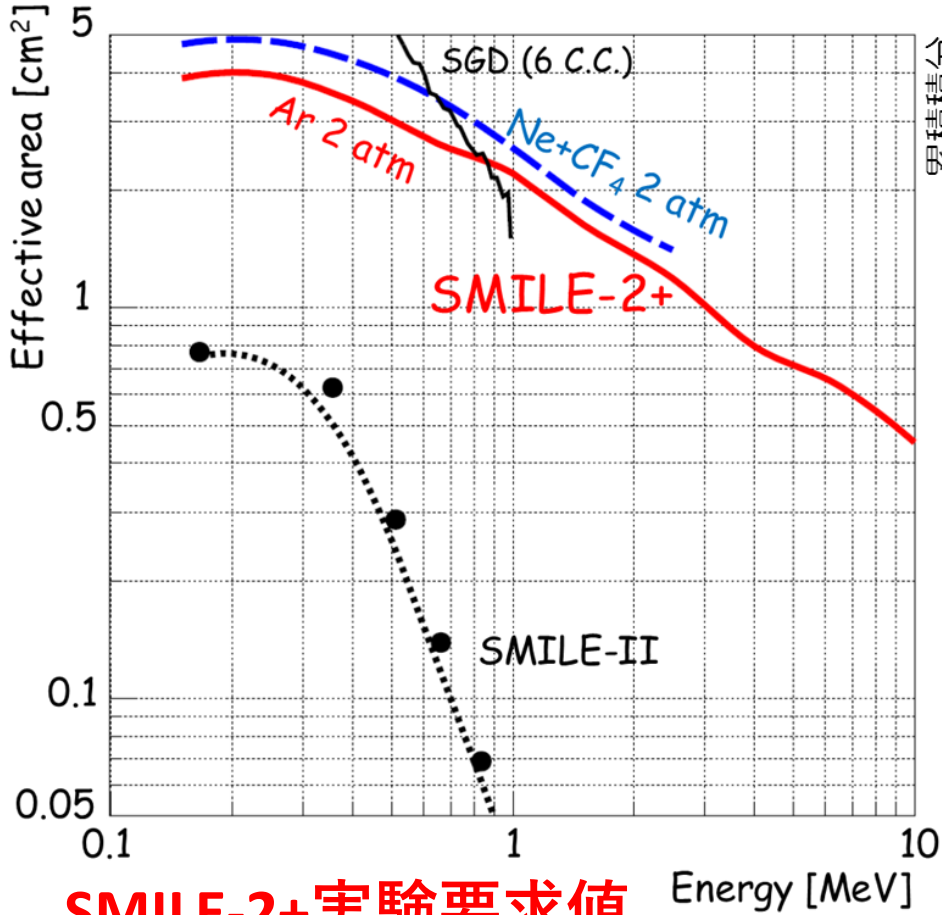
ガス飛跡検出器
(Time Projection Chamber)

SMILE-2+ ETCC

予測性能

有効面積

Point Spread Function



SMILE-2+実験要求値

有効面積: ~3 cm²@511 keV,
 ~2.1 cm²@1 MeV

HPR: 10 deg@662 keV を満たす

SMILE-2+ : ARM 6° SPD 50°
 SMILE-II : ARM 6° SPD 100°

ガス浄化システム

ガス浄化システム

• 最も危惧された問題

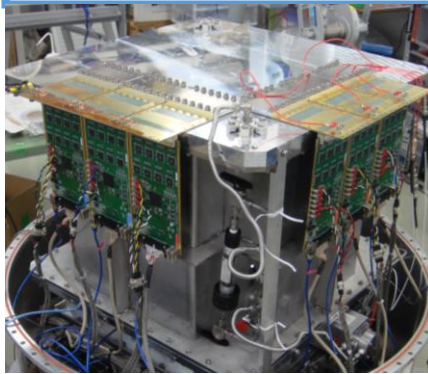
ガス容器内に物質増加

=>アウトガスでの性能劣化

- 対策: **ガス純化システムの導入**
(主に水分吸着)

吸着剤(ゼオラム)と循環ポンプを用いてアウトガスを除去

ガス検出器



循環ポンプ



吸着剤



ゼオラム(東ソー):

- ゼオライト

(アルミナケイ酸塩+陽イオン)

- 陽イオンの種類によって
孔径をコントロール
(H₂O 吸着用にオーダー)

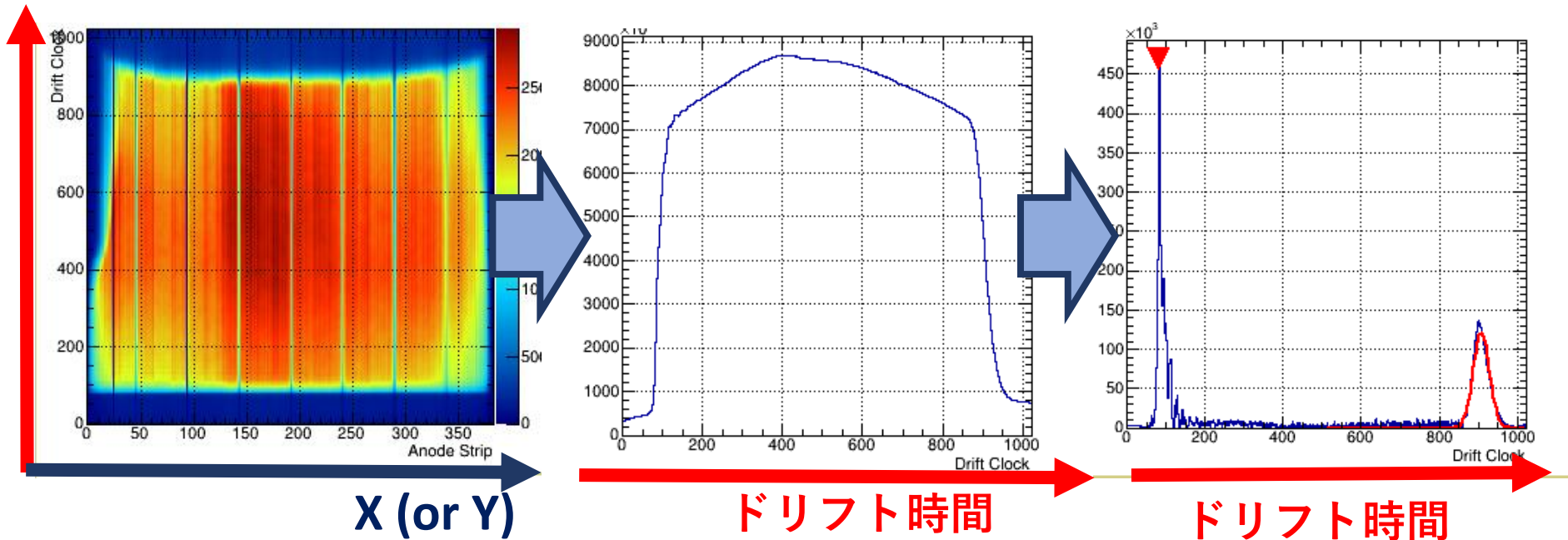


- 物理吸着がメイン

ドリフト速度の算出方法

ドリフト速度、ガスゲイン値: ガス状態によって変化

ドリフト時間



ガス飛跡検出器ヒット情報の重ね合わせ

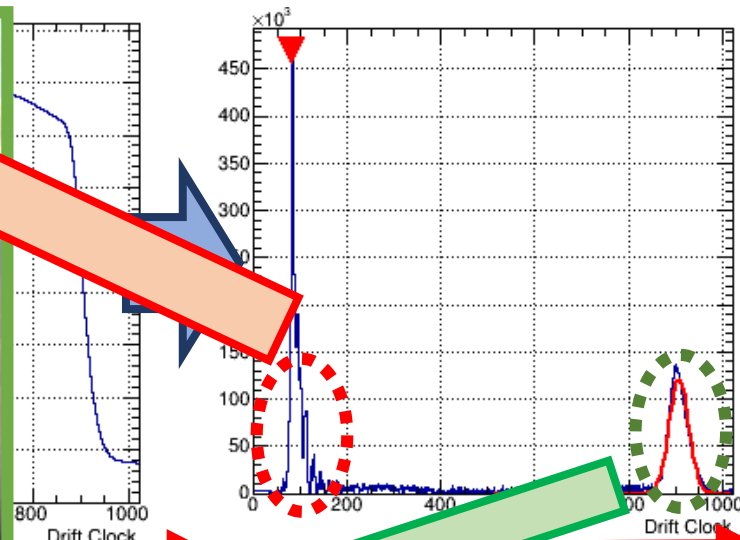
ドリフト時間に射影

微分し2つのピークを

HVメッシュ・GEM位置としドリフト速度を算出

ドリフト速度、ガスゲイン値: ガス状態によって変化

ドリフト時間



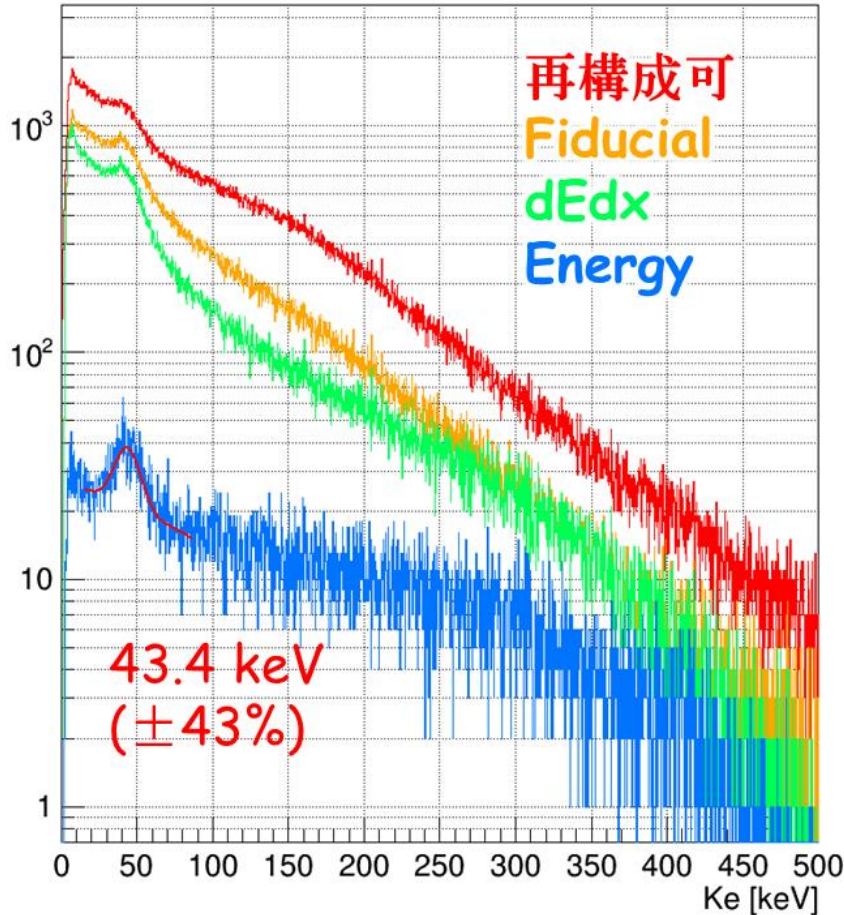
時間

ドリフト時間

射影 微分し2つのピークを
HVメッシュ・GEM位置としドリフト速度を算出

ガス検出器 ゲイン調整

^{137}Cs TPC スペクトル



キラルモードでなく

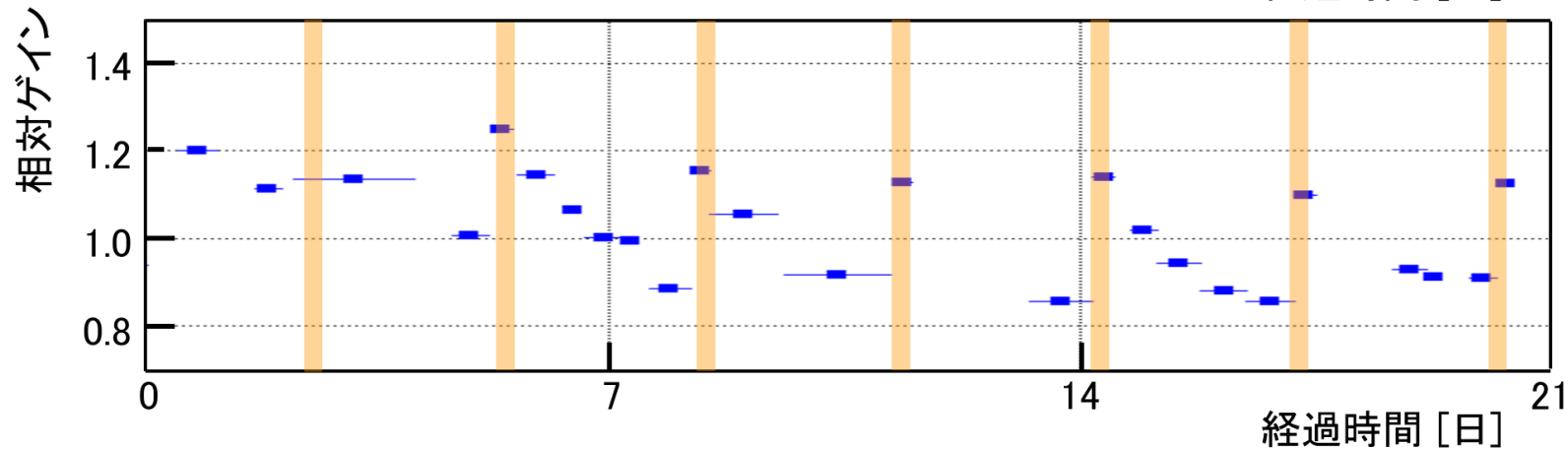
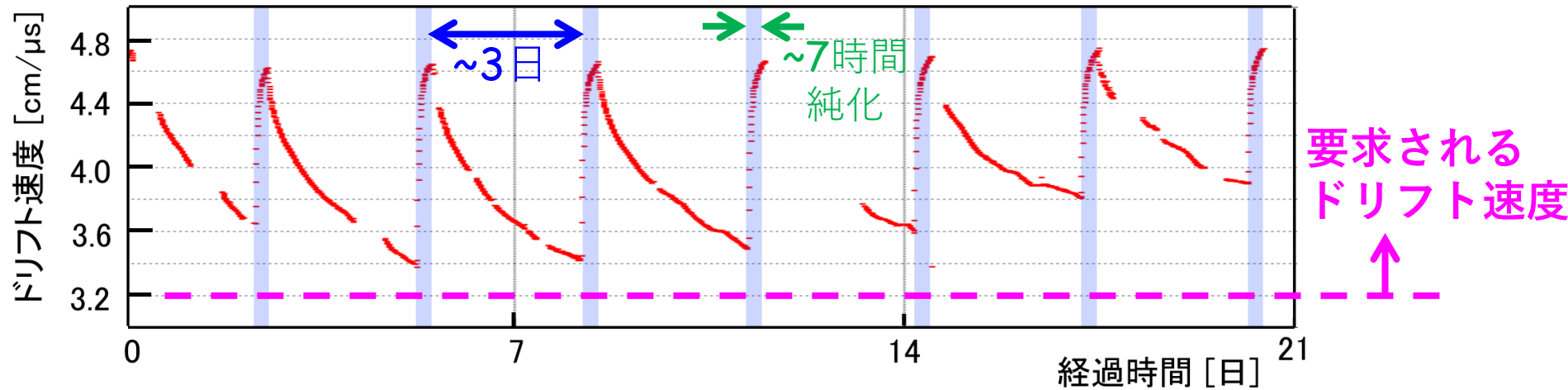
**ETCC動作としてガス検出器は
Gd 41 keVのラインを検出**

Gd 41 keVのラインにて
ガスゲインの情報が得られる



ドリフト速度、ガスゲインは
ETCC動作にて測定可能
(上空中にキラル時間は不要)

純化システム動作

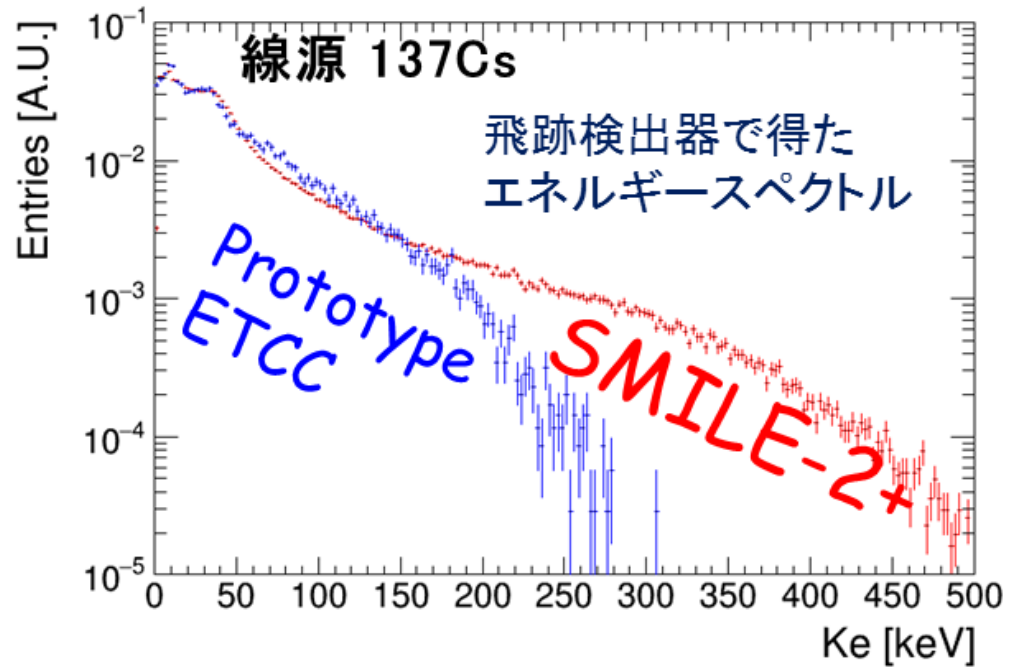
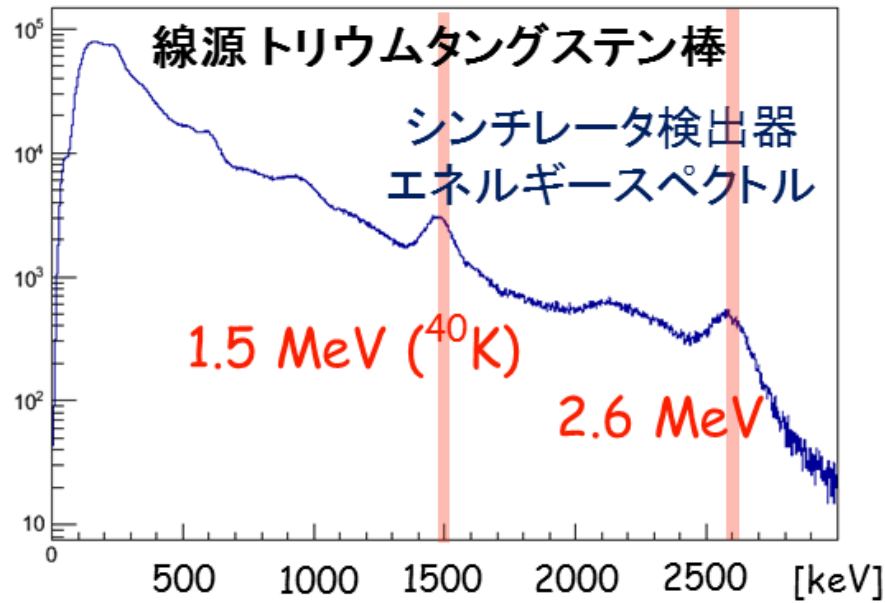


ドリフト速度、相対ゲイン値: ガス状態によって変化
3日ほどで劣化、7時間の浄化で回復

性能劣化の回復を実証、SMILE-2+実験で問題とならない

SMILE-2+ ETCC動作試験

シンチレータ検出器、ガス検出器 動作



高エネルギー成分(< 1.5 MeV)
を得るため、シンチレータ検
出器のゲインを調整

ガス2気圧化による検出エネ
ルギーの拡大を確認

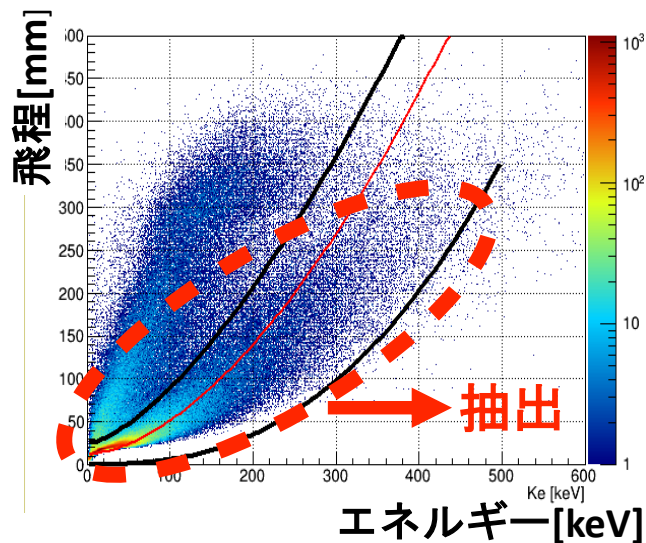
SMILE-2+ ETCCスペクトル

線源 ^{137}Cs , Zenith 20 deg, 距離2 m

ETCCスペクトル

Cut一覧

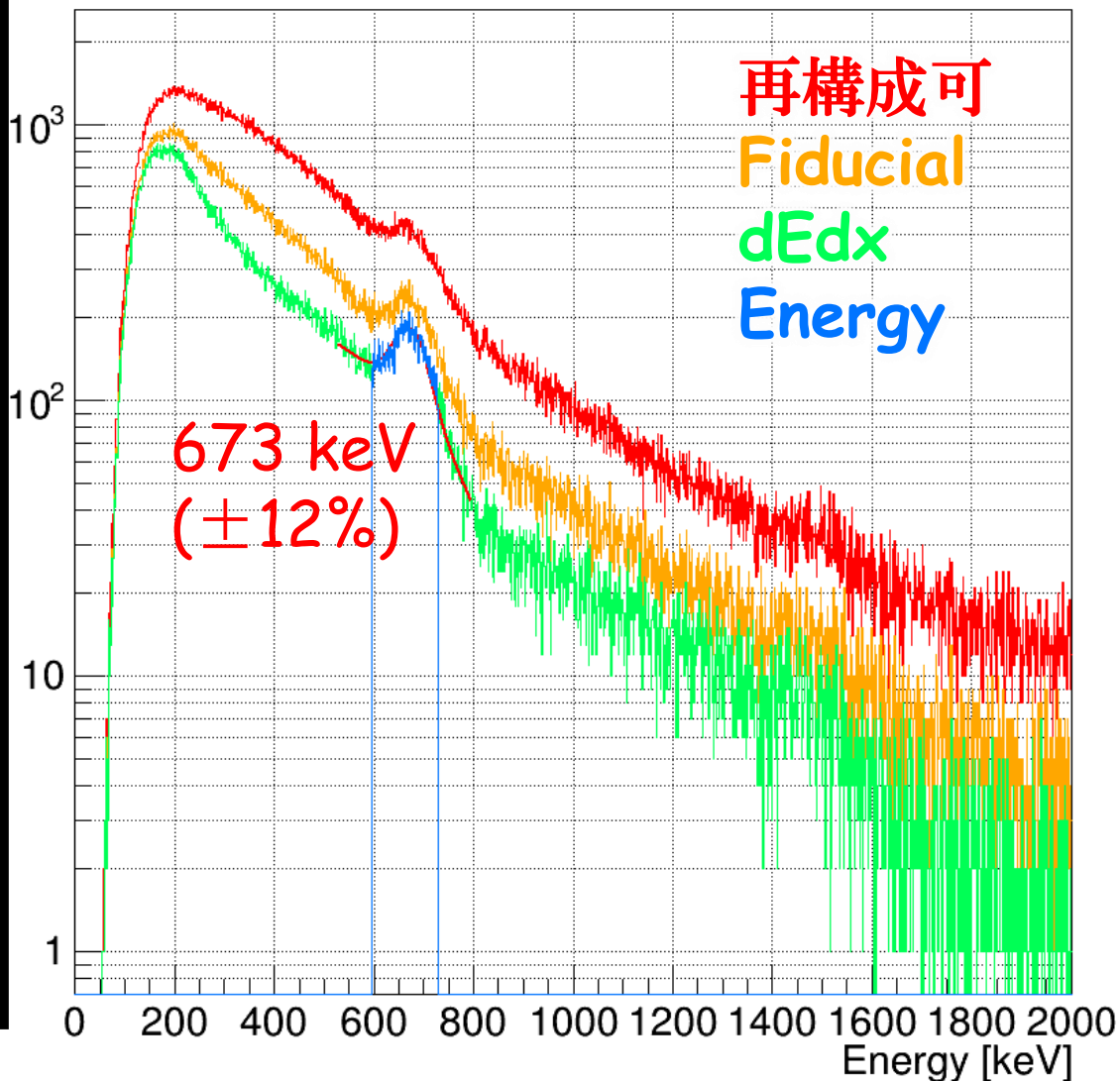
dE/dx Cut



Fiducial Cut

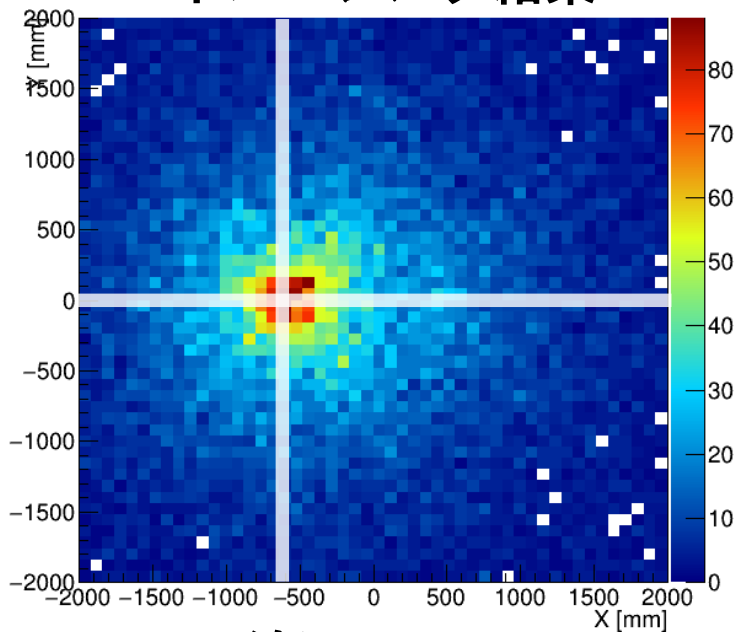
ガス検出器領域をはみ出すイベントを除去

Energy Cut



SMILE-2+ ETCC撮像

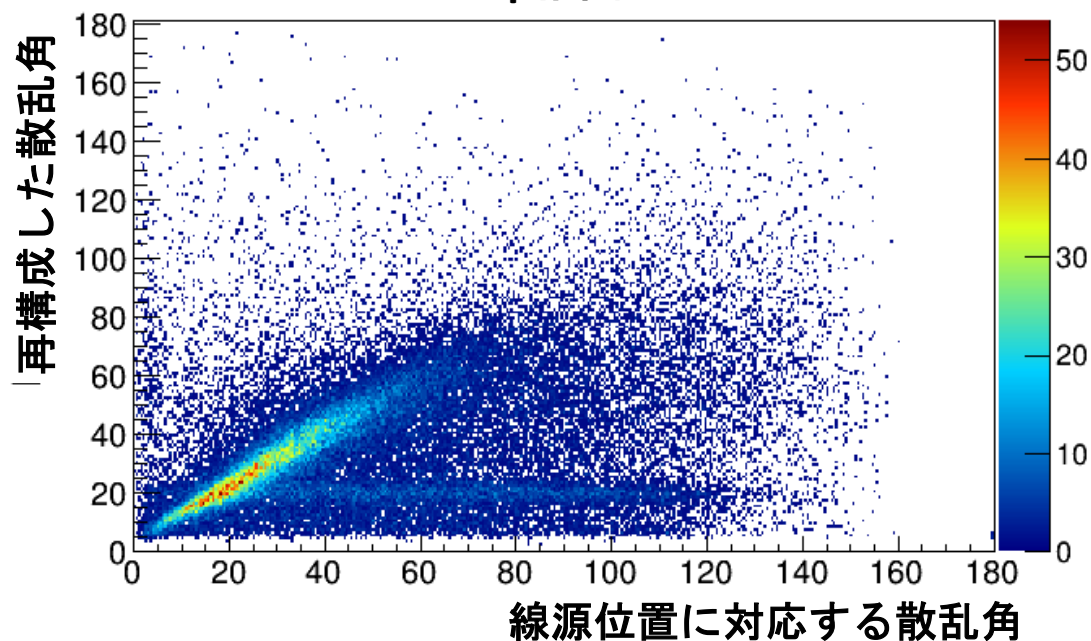
イメージング結果



線源 ^{137}Cs

エネルギーカット $662\text{keV} \pm 10\%$

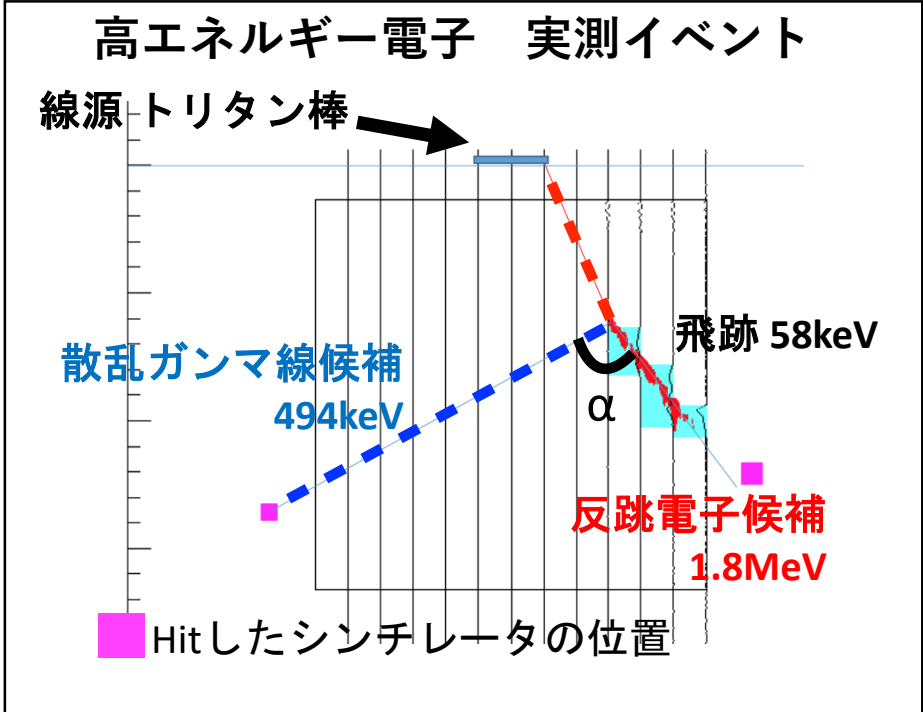
φ相関



- ・ 底面シンチの厚さを1放射長から2放射長へ増強
- ・ シンチ2Hitイベントの解析プログラムの開発・実装

...などを行う事で、さらなる性能向上を図る

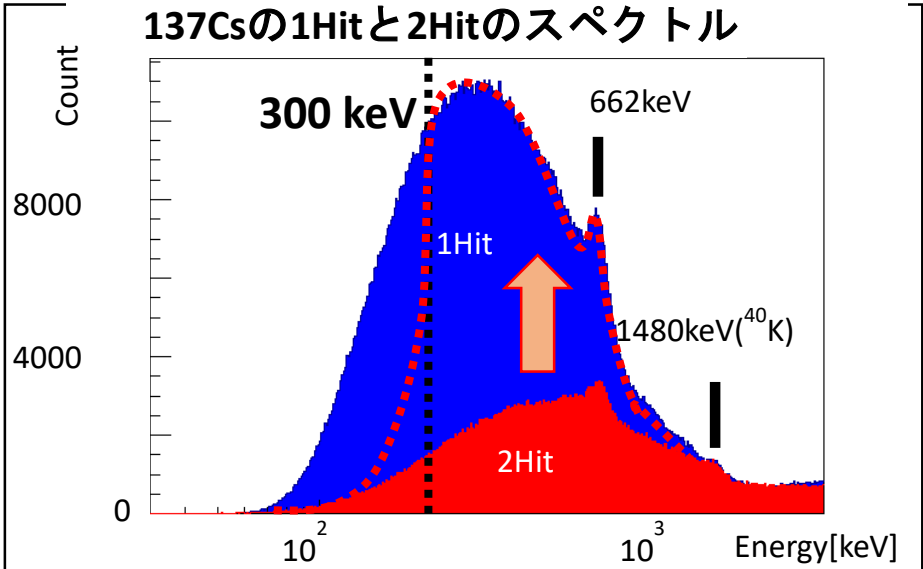
ETCC シンチ2Hitイベント



初めてETCCでシンチ2Hit

高エネルギー電子のシンチレータ検出
散乱ガンマ線のシンチレータ検出
と考えられる**イベントの取得に成功**

- 再構成方向と線源位置の一致
- α 角(反跳電子と散乱ガンマ)の一致
コンプトン運動学からの計算値 $\text{Cos}\alpha_{\text{kin}} = -0.028$
幾何学的に計算した値 $\text{Cos}\alpha_{\text{geo}} = -0.044$



~ 1 mm厚ほどブラックテープで覆っていたため1 MeV以下の2Hitイベントが少数

厚み220 umのブラックテープにまき直し
=>300 keV以上の電子も測定可能に

まとめと今後のスケジュール

➤ 検出器の初期動作チェック

- コンプトン散乱事象の検出を確認
- ガンマ線イメージの撮像O.K.
 - 詳細な性能評価（有効面積・角度分解能など）はこれから
 - 高エネ電子イベントの解析で $\sim 3 \text{ cm}^2 @ 511 \text{ keV}$ に

➤ アウトガスによる性能劣化への対策：ガス純化システム導入

- 純化から3日以上要求性能で動作、7サイクル以上の稼働実証

=>最も危惧されていた課題をクリアー

➤ 今後のスケジュール

11月、12月上旬: ETCC性能評価

12月: 梱包・輸出

4月: 放球