



NEWAGE実験66 大型ガスTPCを用いた 暗黒物質探索における 背景事象削減に向けたシールド開発

神戸大学

中山郁香

身内賢太郎 東野聡 石浦宏尚 窪田諒

2022/3/15

日本物理学会第77回年次大会

イントロダクション

• 暗黒物質

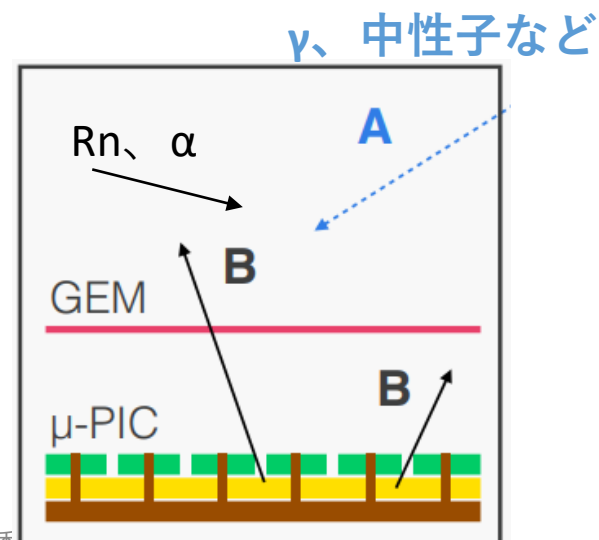
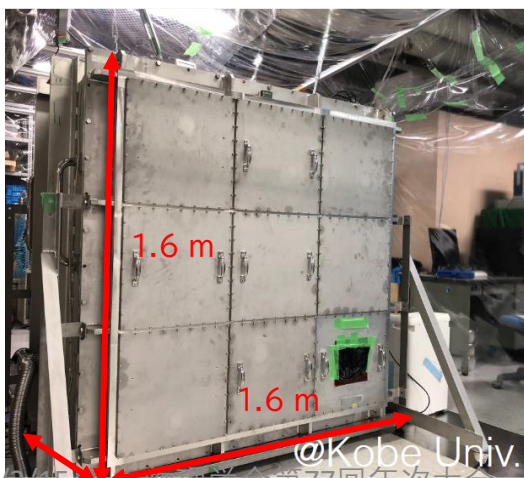
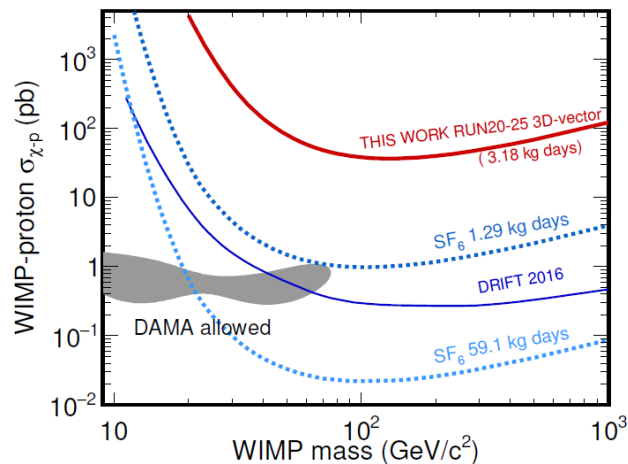
- 暗黒物質 (WIMP) ハロが存在する銀河系を太陽系が回転
→ 太陽系では相対的に回転方向からWIMPが到来

• NEWAGE : 方向に感度のある暗黒物質探索実験

- ガスTPCによりWIMP起因の反跳原子核飛跡を検出

• 大型検出器開発中

- 背景事象削減がテーマ



本研究の目的

30 × 30 × 40 cm³ 検出器での100日間の測定結果

Source	Counts
環境 γ 線	1.5 ± 1.5
環境中性子	(3.5 ± 0.9) × 10 ⁻¹

神戸大 池田智法 2020年 博士論文

検出器の大きさ：18倍
測定期間：3倍



- 環境 γ , 環境中性子イベント数を二桁削減
 - 大型検出器検出器周りにシールドを設置
- 今ある資材で効果的なシールドを作れるのか検証
 - 銅 + ポリエチレンペレットで30 cmシールド作成へ
 - シミュレーションで効果検証

1.シミュレーションと
データの整合性チェック

2.大型検出器における
シールドシミュレーション

検出器

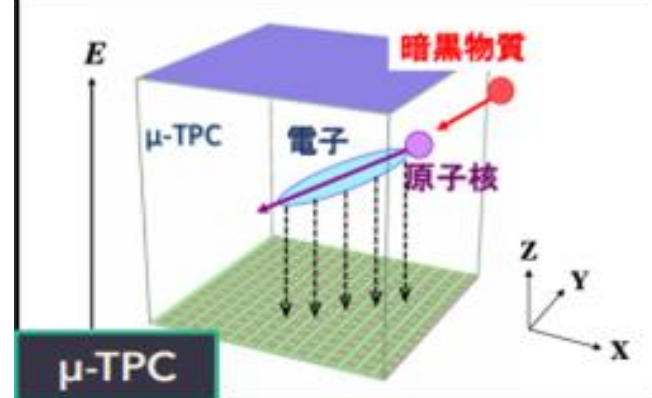
• ガスTPC

- 荷電粒子の飛跡を
二次元位置 + 時間情報で三次元再構成
 - 原子核の反跳角度測定
- 位置検出： μ -PIC
 - 400 μ mピッチのストリップ読み出し
- ガス増幅：GEM + μ -PIC

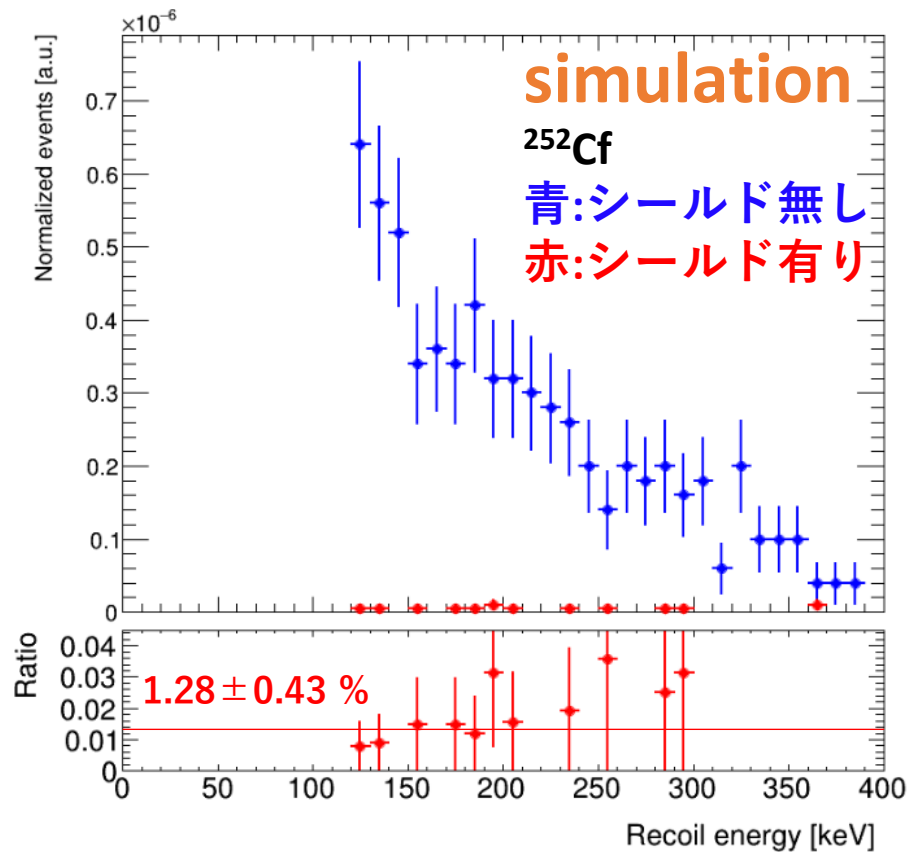
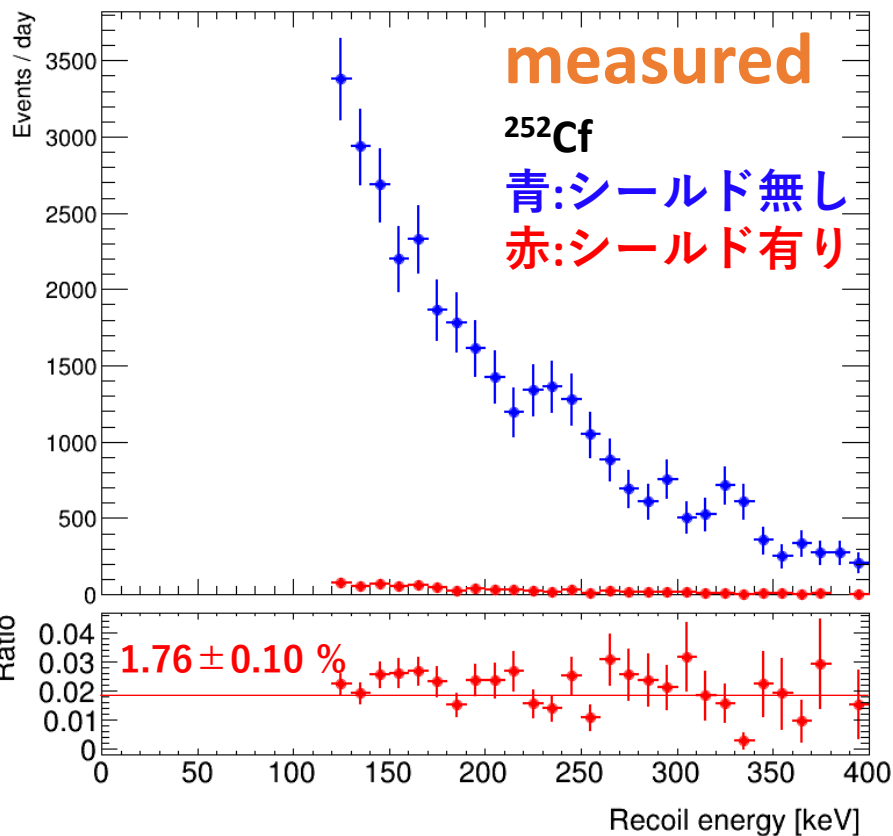
• 神岡坑内の検出器

- CF_4 ガス 50 Torr
- 30 × 30 × 40 cm³
- 二種類のセットアップでシールドの効果を比較
 - シールド有り
銅5 cm + ポリエチレン25 cm
 - シールド無し

→ 中性子線源 (^{252}Cf) を用いて原子核反跳事象数を比較



結果



シールド有り/なしのRatio
 → **統計誤差の範囲で一致**



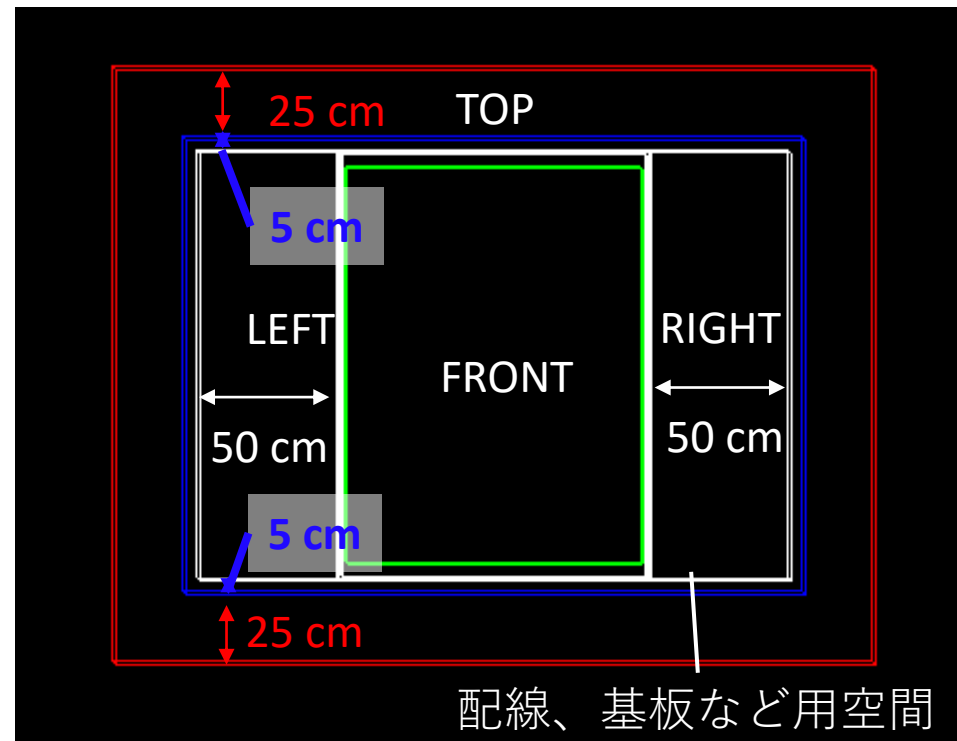
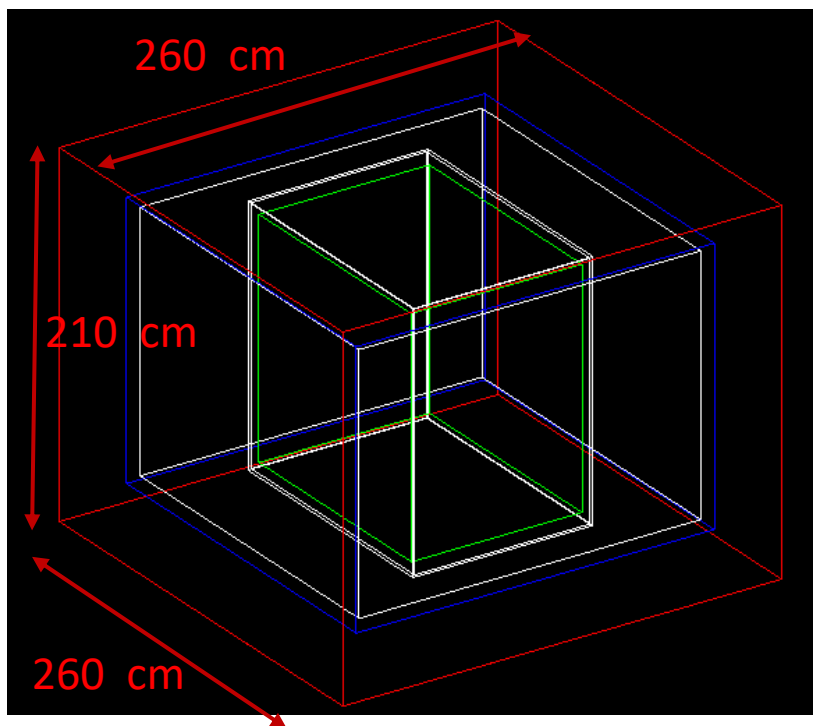
シミュレーション妥当
 → 大型検出器の
 シミュレーションへ

1. シミュレーションと
データの整合性チェック

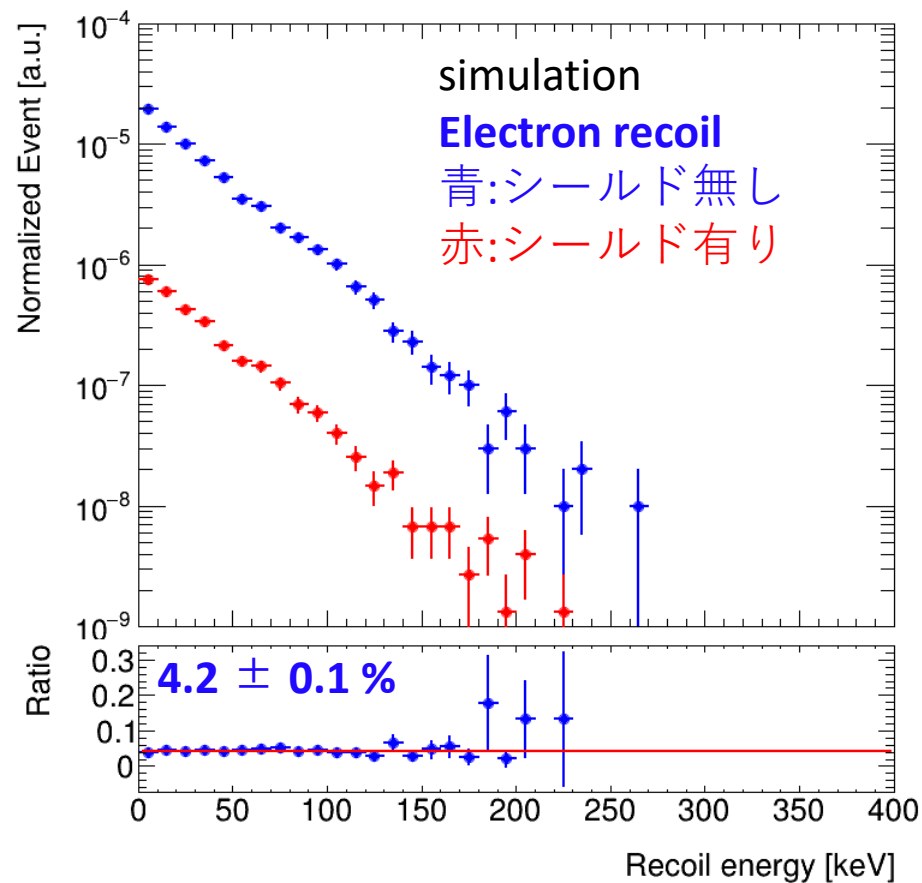
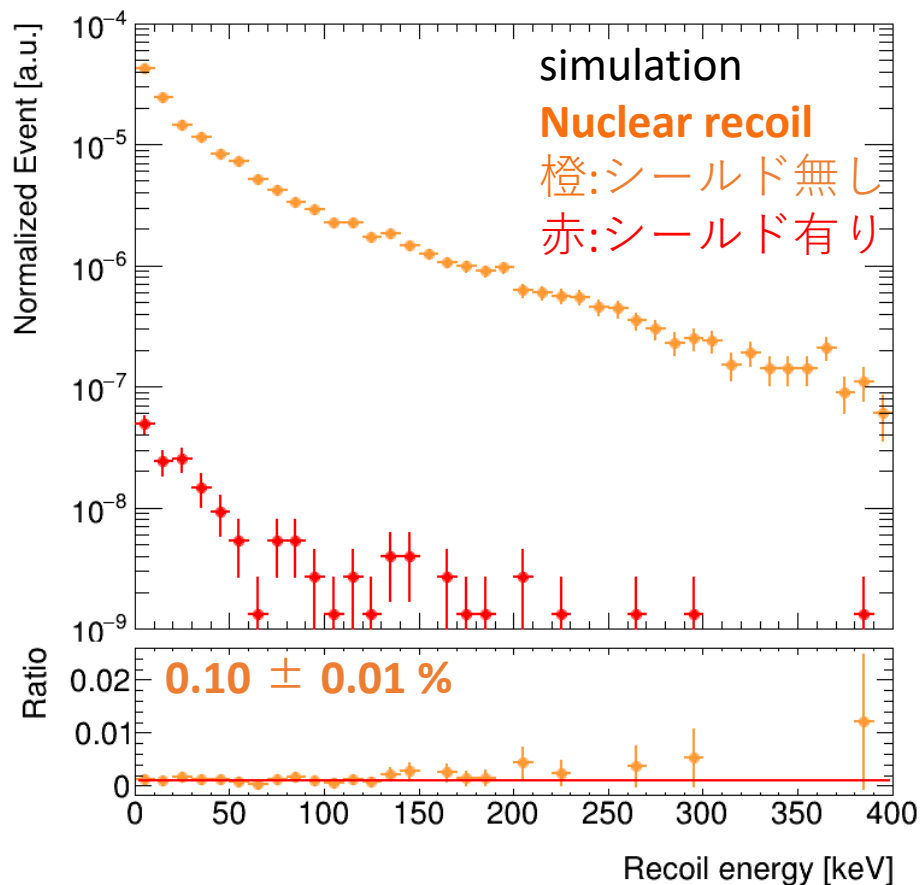
2. 大型検出器における
シールドシミュレーション

理想的なシールド

- 赤：ポリエチレン25 cmシールド
- 青：銅5 cmシールド

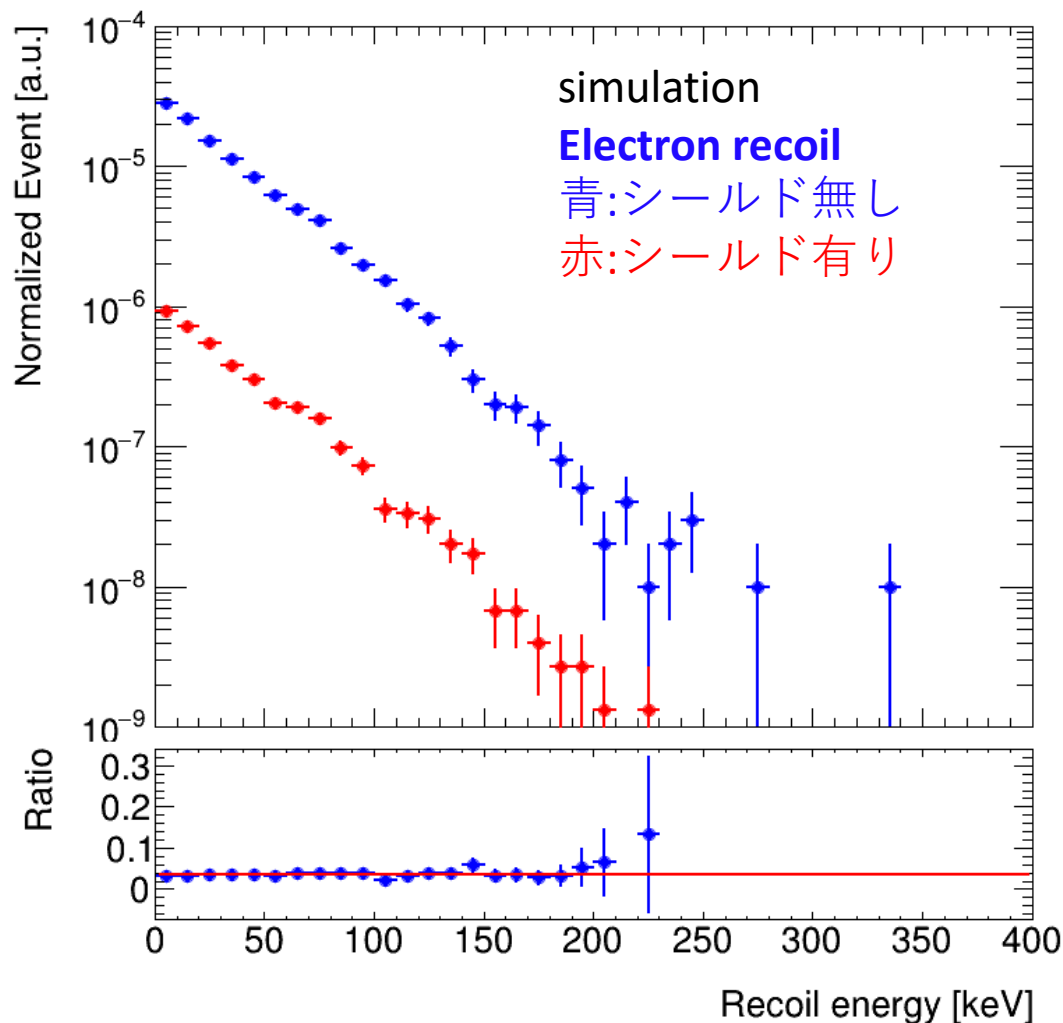


環境中性子



- 原子核反跳イベントの要求値を達成
- 中性子起源の電子反跳イベントが新たなバックグラウンド源

環境 γ



- 電子反跳BG:
 $3.42 \pm 0.07 \%$

→二桁削減には届かなかったが、大幅削減できる見込み

試作シールドでの課題

- アルミフレームを用いて試作
 - ポリエチレンが実質60%程度の密度しか持たないことが判明
 - ペレットかさ密度
 - フレームの体積占有率

→ 銅5 cm + ポリエチレン12.5 cm
でシミュレーション

ポリエチレンシールド厚さと各イベントのRatio [%]

ポリエチレン厚さ [cm]	25	12.5
原子核反跳イベント	0.1 ± 0.01	2.39 ± 0.08
電子反跳イベント	3.42 ± 0.07	6.9 ± 0.1

- 各イベントについてシールドの効果減少
- ペレットとブロックを併用して密度改善へ



結論と展望

- 実測値とシミュレーションで結果が**誤差の範囲で一致**
- シミュレーションによるシールド効果
 - 原子核反跳BG: **$0.10 \pm 0.01 \%$**
 - 電子反跳BG: **$3.42 \pm 0.07 \%$** に削減の見込み
 - **原子核反跳イベントの要求値を達成**
 - 電子反跳BGの更なる削減のため、解析改善などが必要
- 試作機でシールド効果減少の見込み
→理想的なシールド作成に向け試行錯誤
- 四月に大型検出器を
岐阜県神岡鉱山の坑内に搬入予定
→**搬入前のシールド完成に向けて開発中**

