

NEWAGE実験90: 方向感度をもつ暗黒物質探索の 地下実験状況

神戸大理 東野 聡

身内 賢太朗 生井 凌太 遠山和佳子 西田汐里

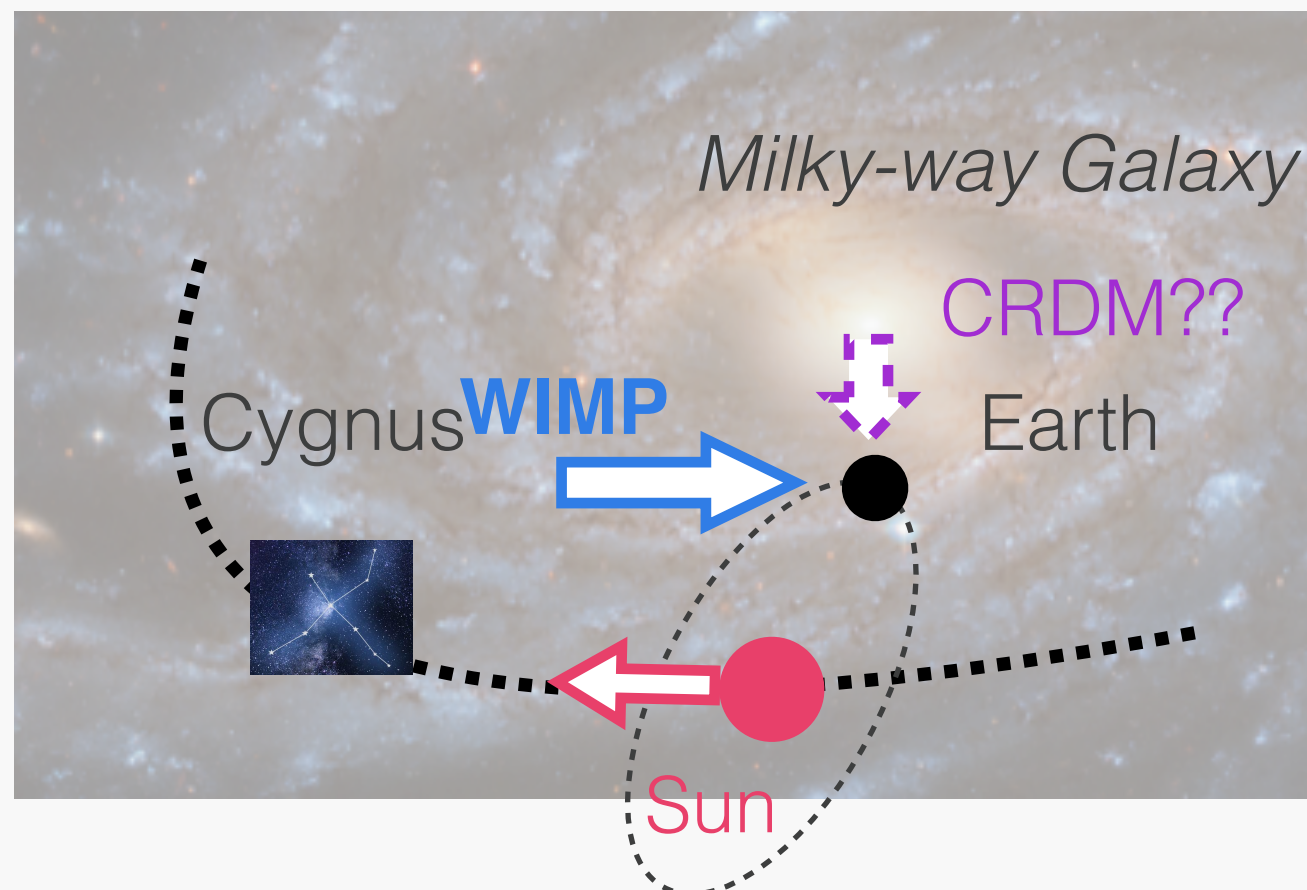
佐村航星 白水渉太 高井優花

2026年 9月 16日

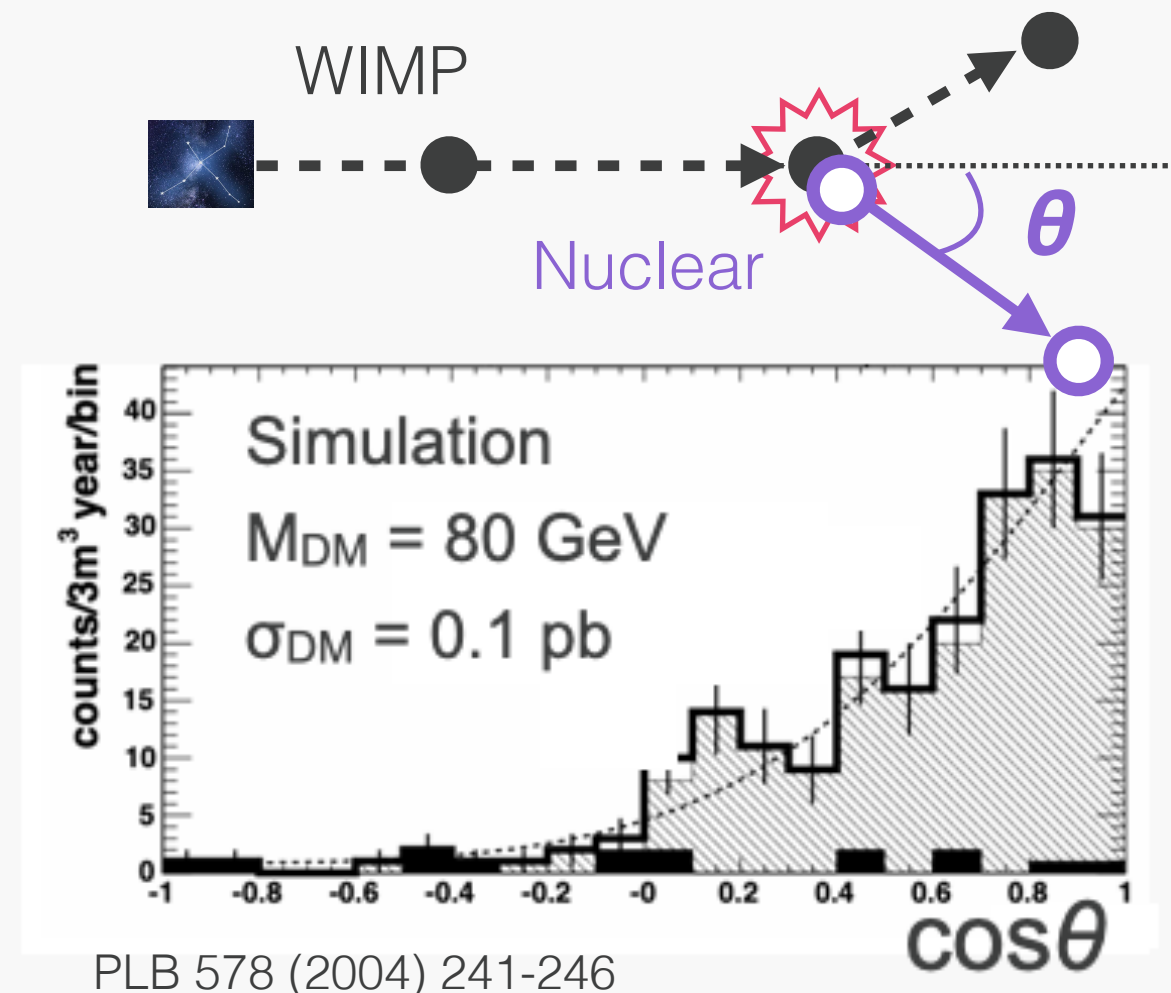
イントロダクション

方向感度をもつ暗黒物質探索

- はくちょう座方向からくる暗黒物質 (WIMP) による原子核反跳の散乱角測定
- 標準ハローモデルを裏付ける強い証拠
 - ➔ 近年、銀河中心にてDMが散乱 & 加速されるモデルも検証中
 - ▶ CRDM (Cosmic Ray-boosted DM)やSelf-interacting DMなど
- 暗黒物質の発見から性質理解へ

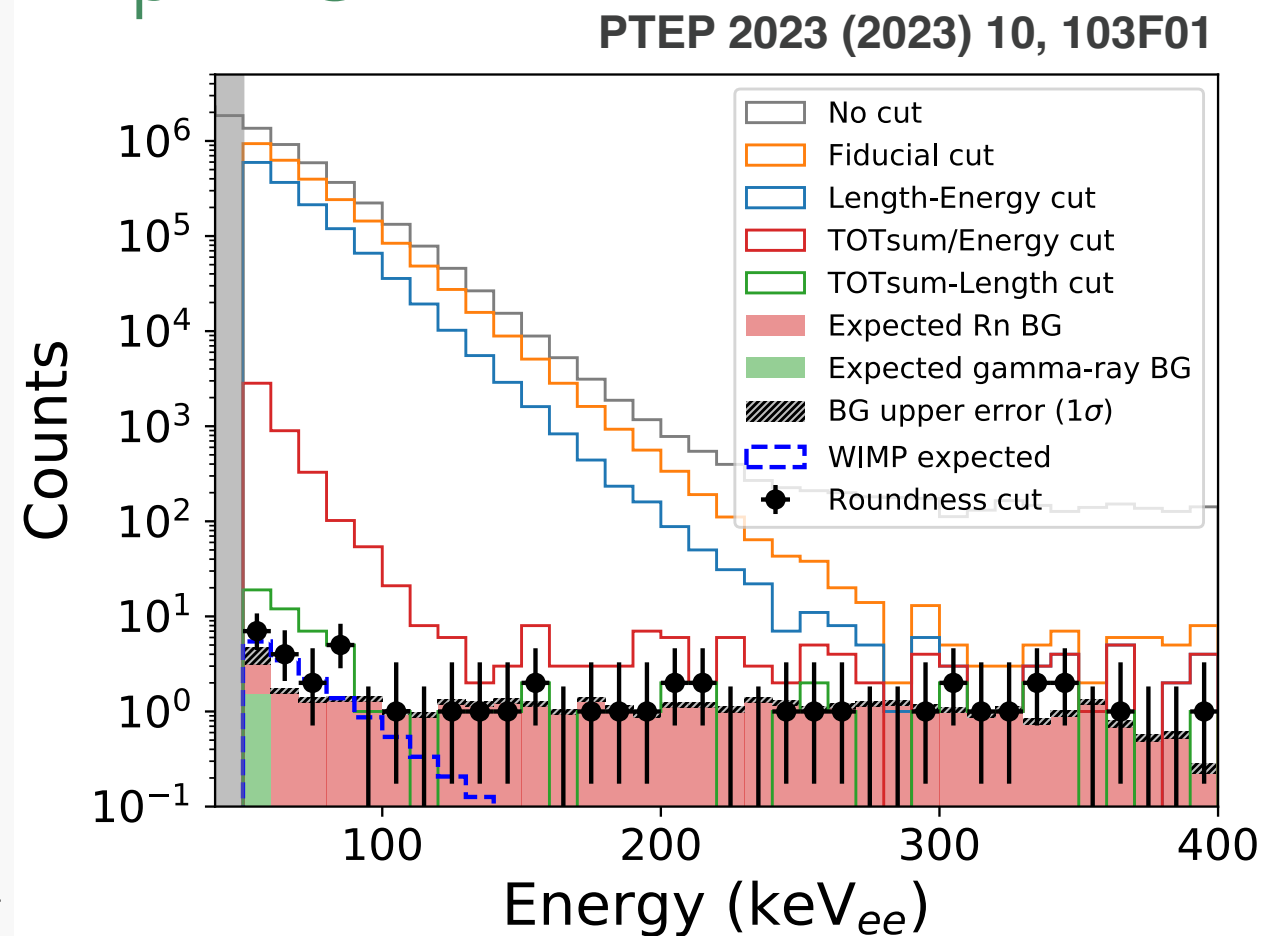
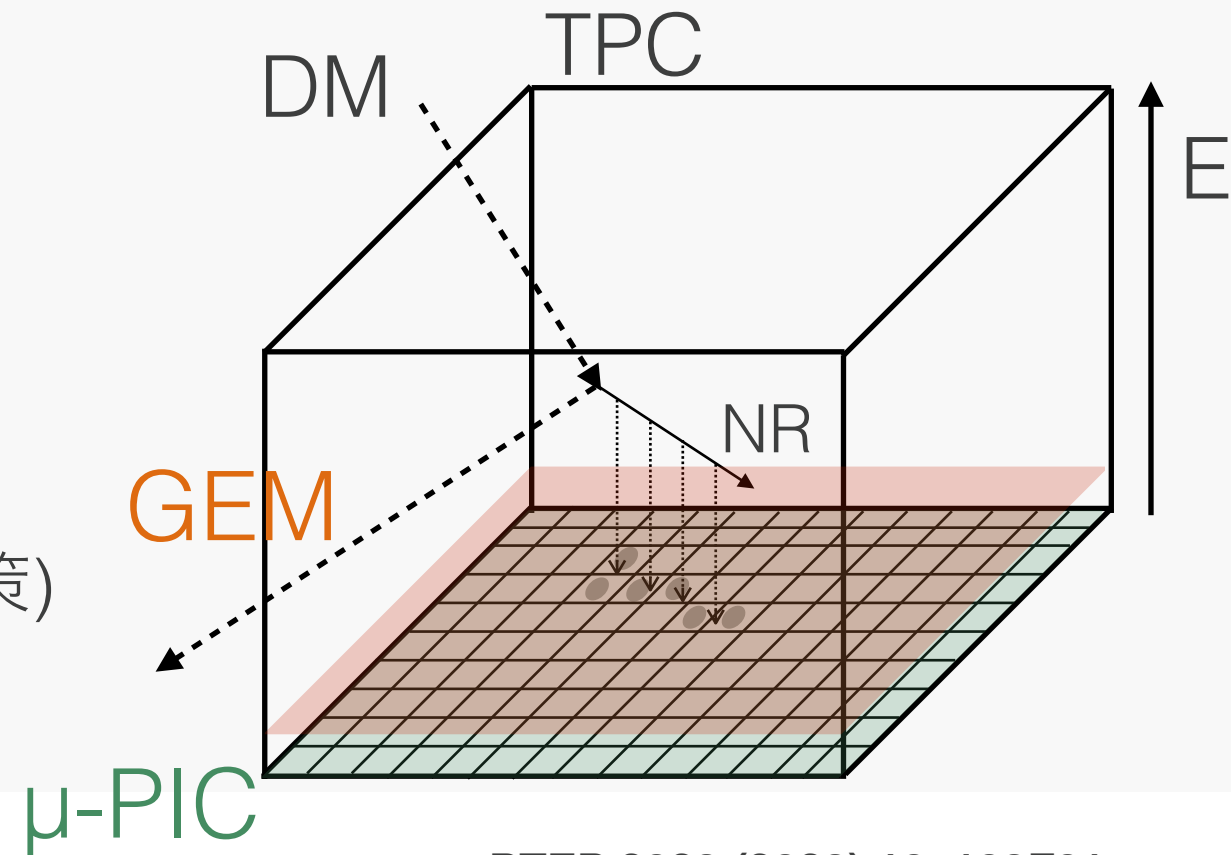
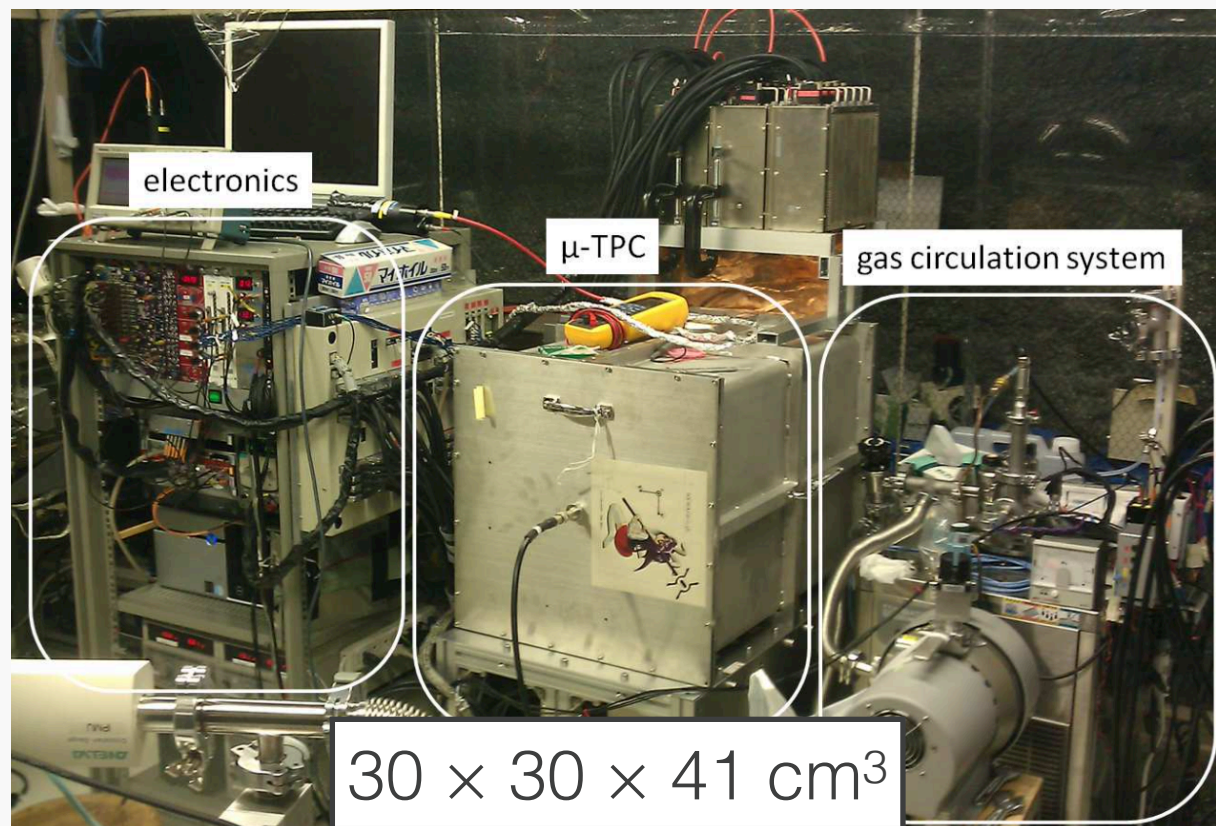


3

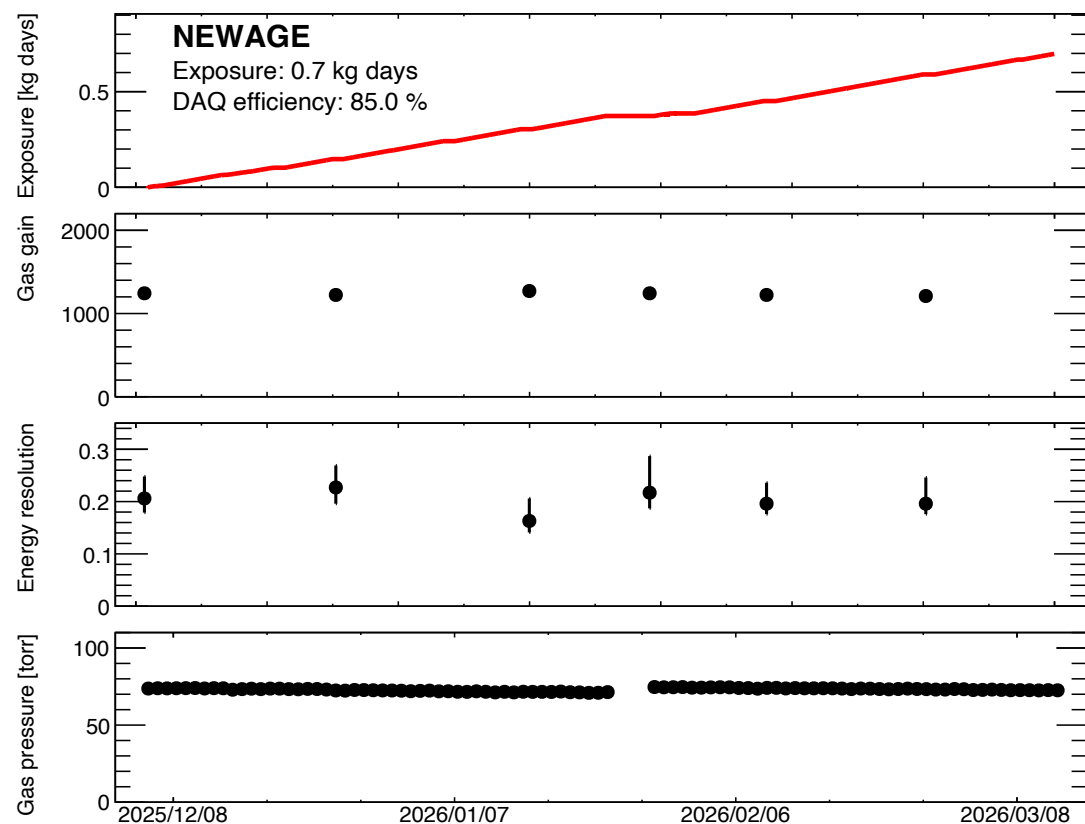
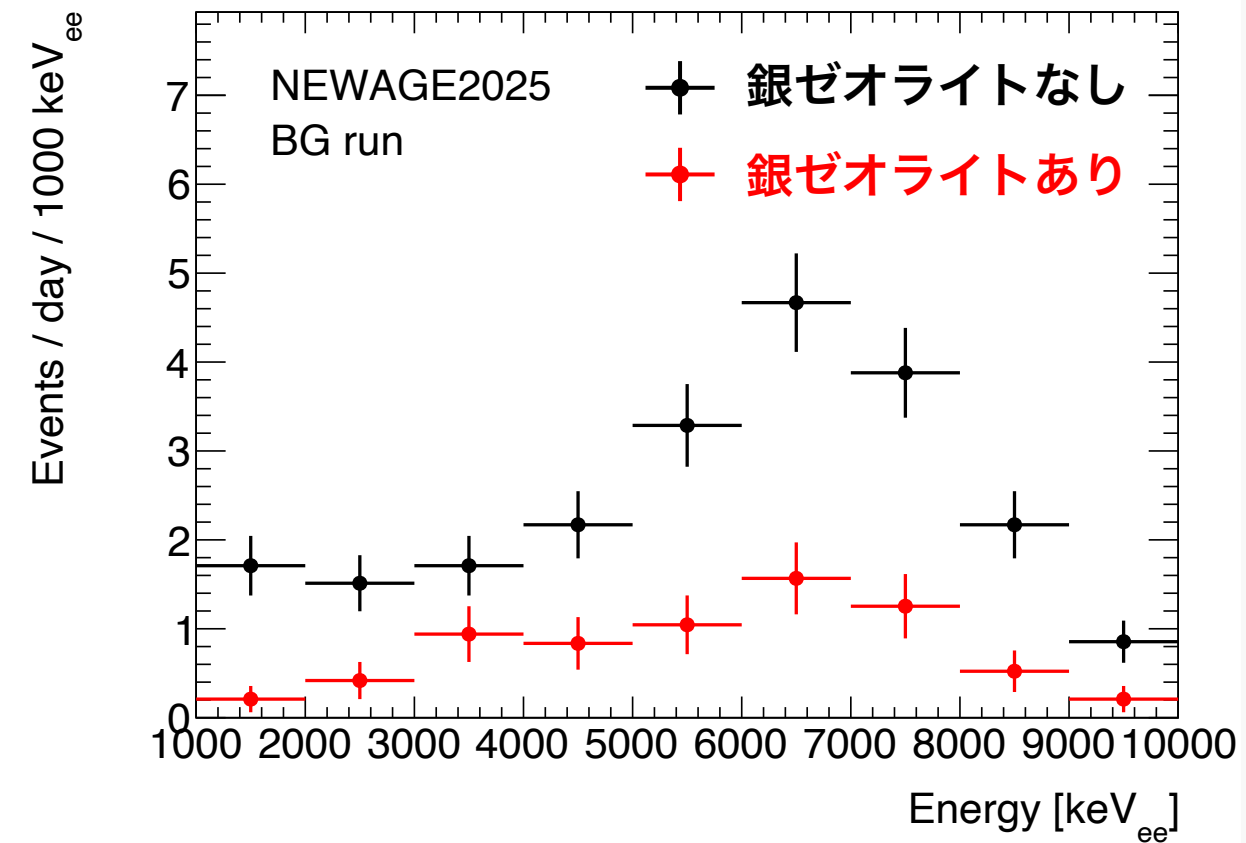
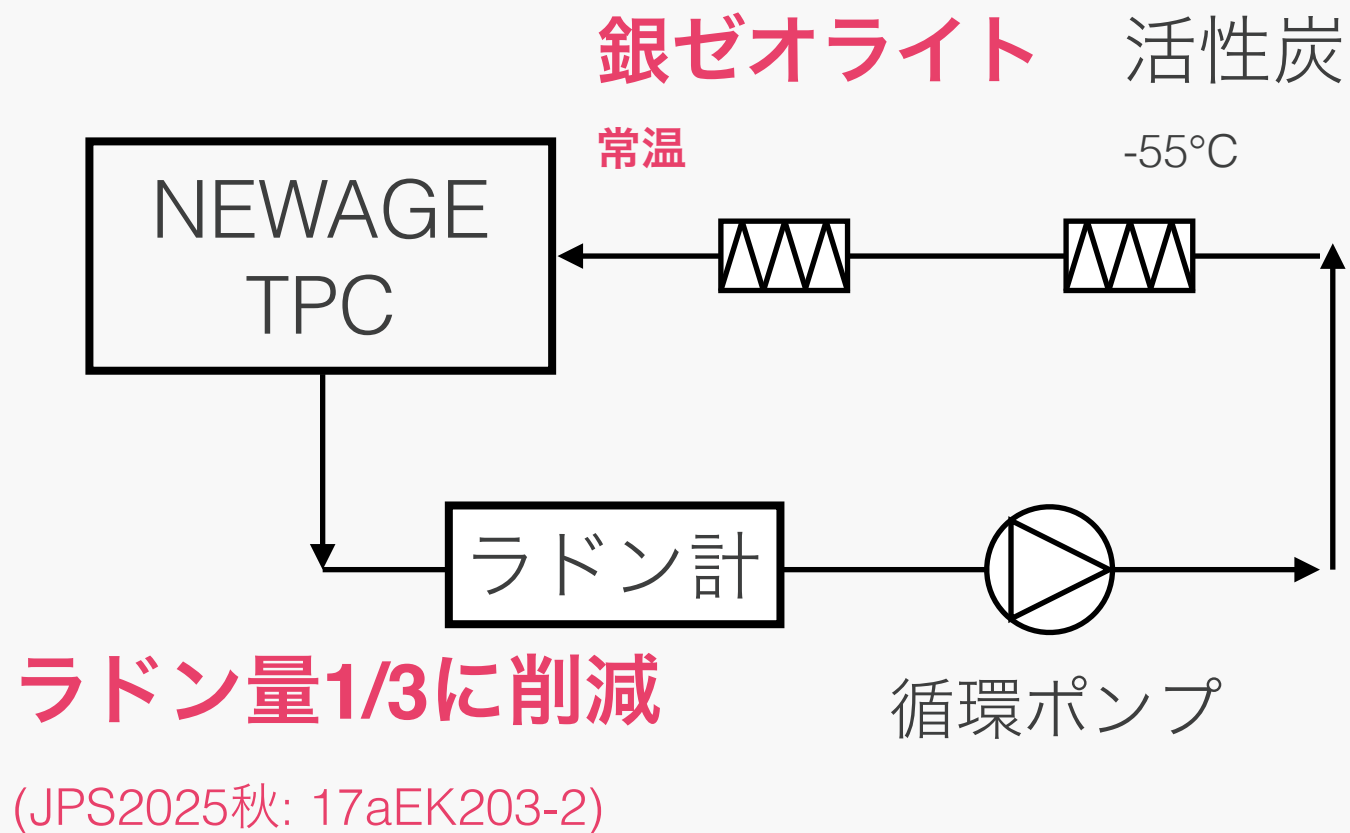


NEWAGE

- 神岡坑内 (Lab-B) での地下実験
- 低圧ガス (CF_4 0.1 atm) を用いたTPC
 - ➔ $30 \times 30 \times 41 \text{ cm}^3$ fiducial volume
- 現在は銅シールド実装済み (環境ガンマBG対策)
 - ➔ 内部のラドンによるアルファBGが感度制限



これまでの地下実験の状況



地下実験継続中

JPS2026春: 25pV2-8

並行して更なる低BG化を
目指している

NEWAGEロードマップ

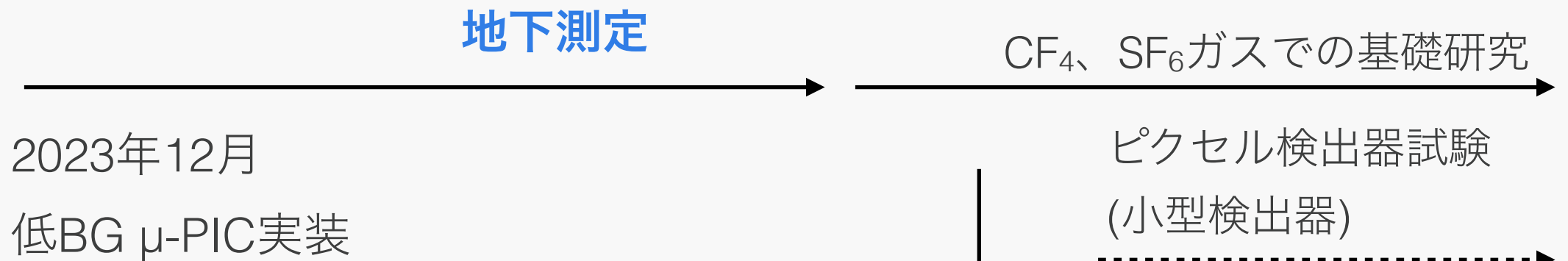
2025

2026

2027

... 2030

NEWAGE 0.3b''



低BG μ -PIC
C/N-1.0に実装

30 × 30 × 41 cm³

C/N-1.0

2025年12月
Module-1実装
地上測定開始

Module-0, 1, 2 地下測定
(commissioning)

18モジュール運転
**1 m³ チェンバーで
地下測定**

2026年夏
Module-2実装

2026年
神岡坑内へ搬送

低BG μ -PIC
C/N-1.0に実装

1 m³

NEWAGEロードマップ

2025

2026

ピクセル読み出し (低閾値)
+ 陰イオンガス (低BG化 etc...)

NEWAGE91: 遠山 (次々講演)

NEWAGE 0.3b''

地下測定

CF₄、SF₆ガスでの基礎研究

2023年12月

低BG μ -PIC実装

低BG地下実験進行中

NEWAGE90: 東野 (本講演)

ピクセル検出器試験
(小型検出器)

低BG μ -PIC

C/N-1.0に実装

C/N-1.0地上運転開始、
地下搬入に向け準備中

NEWAGE90: 生井 (次講演)

C/N-1.0

2025年12月

Module-1実装

地上測定開始

Module-0, 1, 2 地下測定
(commissioning)

18モジュール運転

1 m³ チェンバーで
地下測定

2026年夏

Module-2実装

2026年

神岡坑内へ搬送

低BG μ -PIC

C/N-1.0に実装

1 m³

NEWAGEロードマップ

2025

2026

ピクセル読み出し (低閾値)
+ 陰イオンガス (低BG化 etc...)

NEWAGE91: 遠山 (次々講演)

NEWAGE 0.3b''

地下

NEWAGEのlimit更新
0.3b, "低BG測定"

F₄, SF₆ガスでの基礎研究

2023年12月

低BG μ -PIC実装

低BG地下実験進行中

NEWAGE90: 東野 (本講演)

ピクセル検出器試験
(小型検出器)

小型検出器で
低質量探索

低BG μ -PIC

C/N-1.0に実装

C/N-1.0地上運転開始、
地下搬入に向け準備中

NEWAGE90: 生井 (次講演)

C/N-1.0

2025年12月

Module-1実装

地上測定開始

Module-0, 1, 2 地下測定
(commissioning)

18モジュール運転

1 m³ チェンバーで
地下測定

2026年夏

Module-2実装

2026年

神岡坑内へ搬送

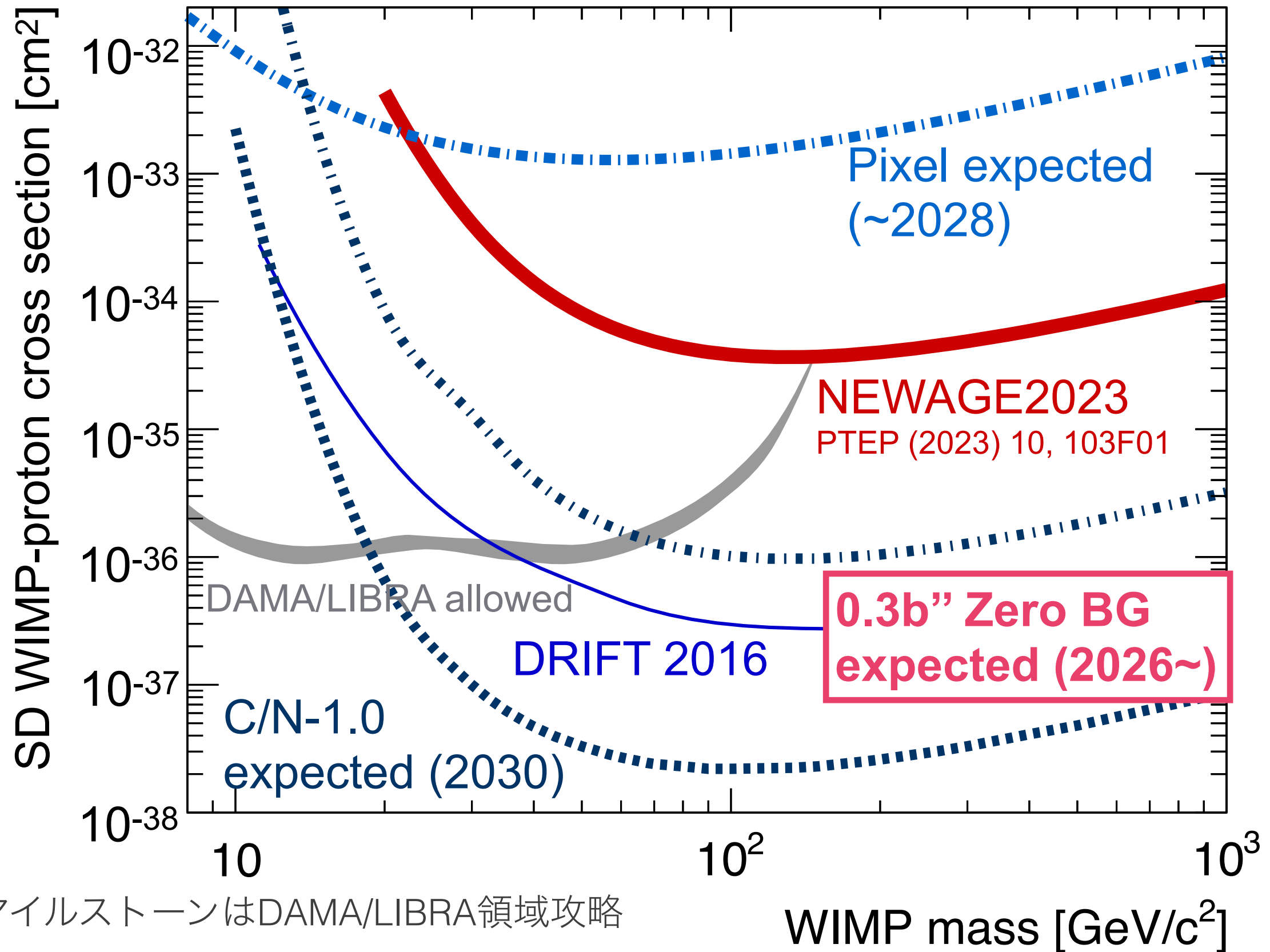
低BG

C/N

DAMA/LIBRA領域到達
C/N-1.0, "大質量測定"

1 m³

Expected limits



直近のマイルストーンはDAMA/LIBRA領域攻略

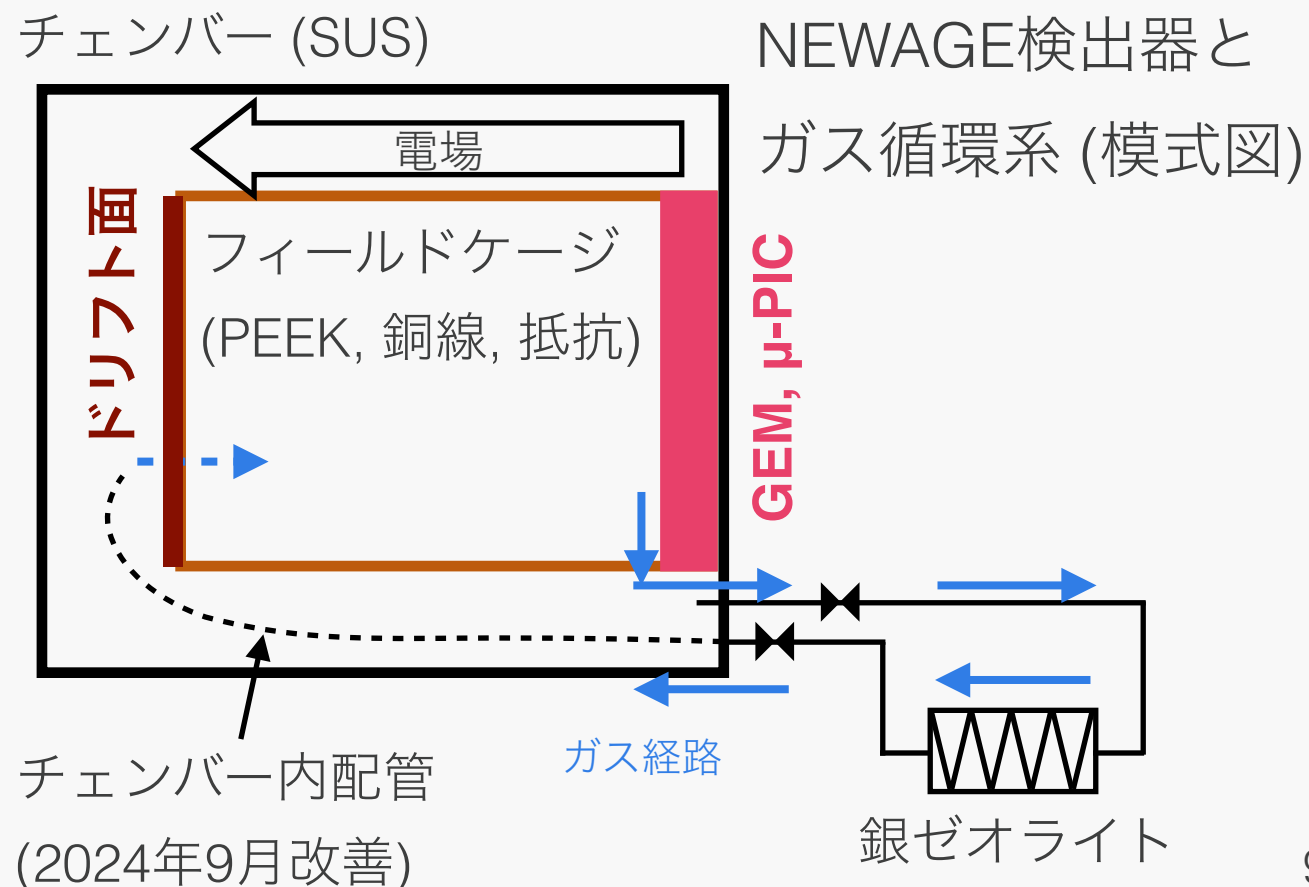
そのためにより低BG環境を目指しつつ探索

さらなる低BG化に向けて

(内部ラドン削減)

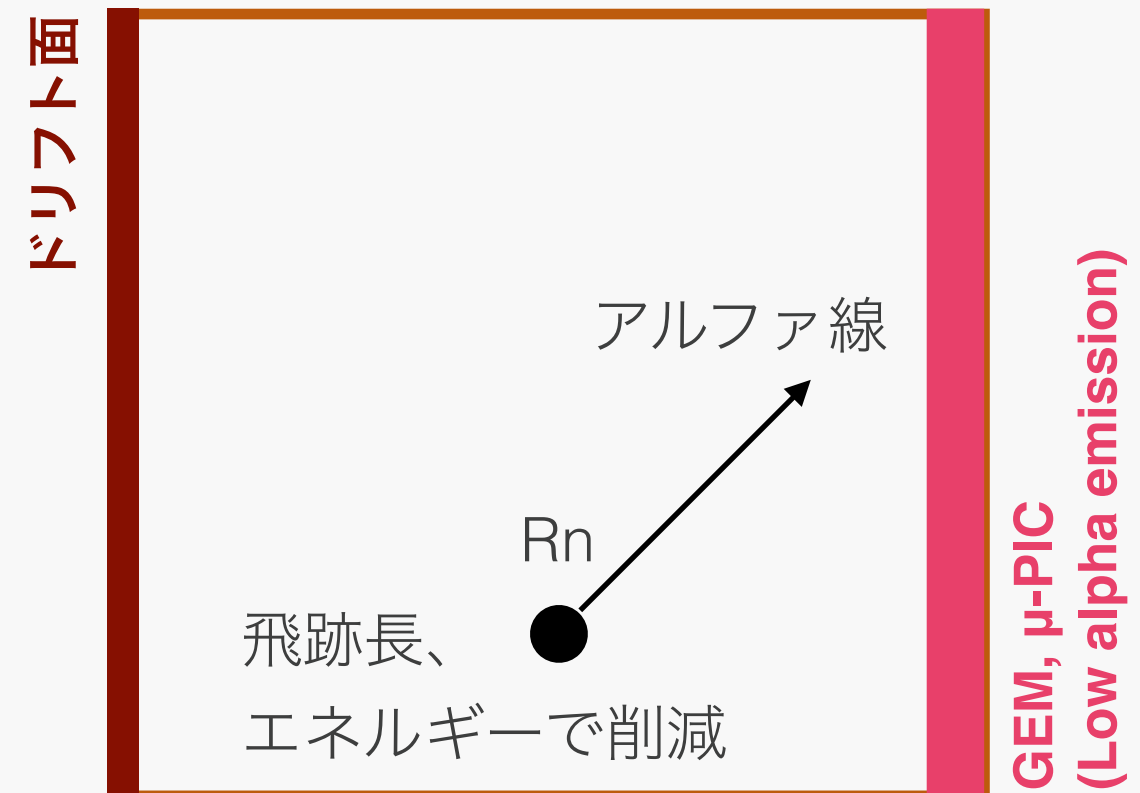
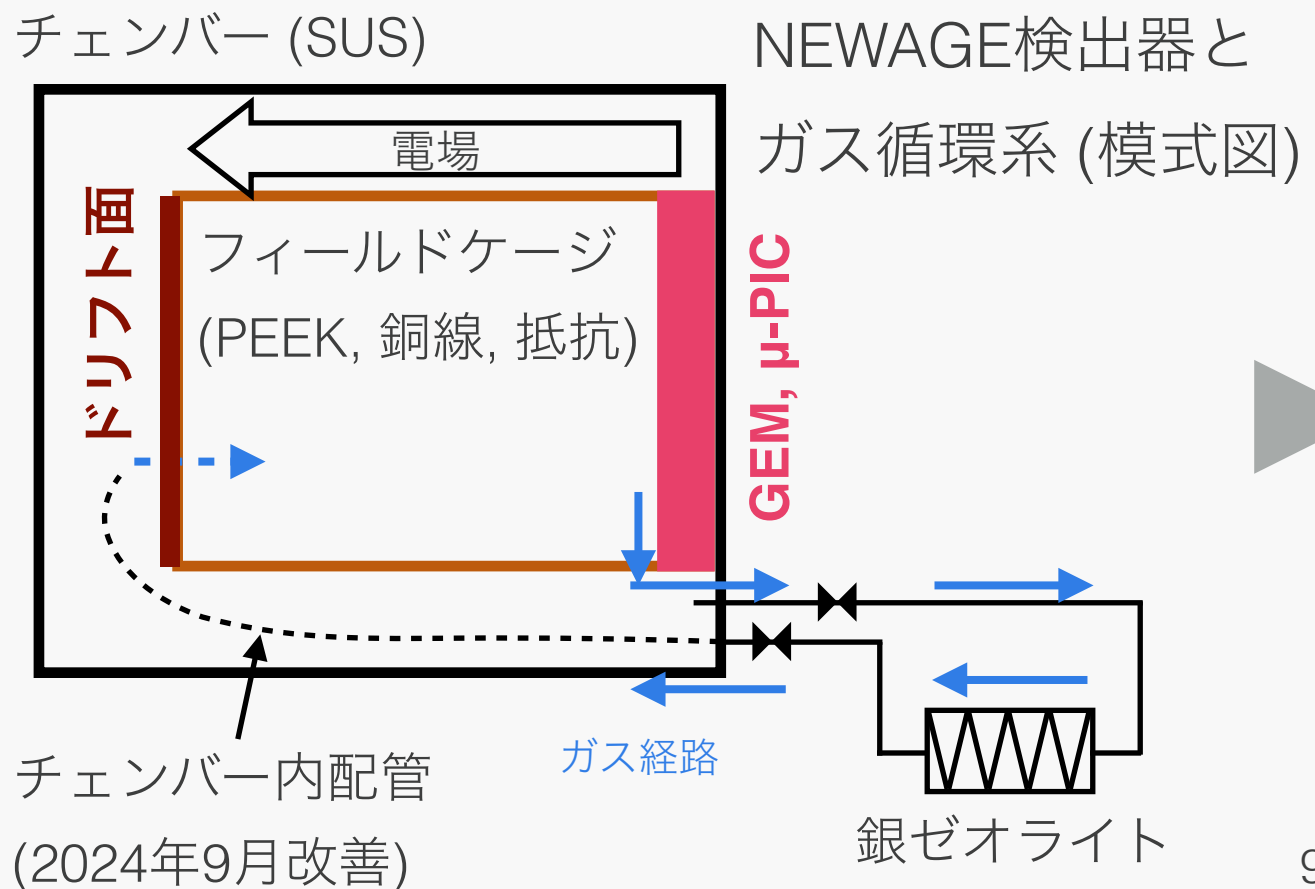
ラドン (+娘核) 由来アルファ線

- チェンバー内配管により実質フィールドケージ内でガス循環
 - ➔ フィールドケージ、検出器からのラドン湧き出しが寄与するだろう
- 低エネルギー領域ではドリフト面や検出器からの表面アルファ線も懸念
 - ➔ 表面アルファを出す材質からのラドン湧き出しも疑う (*必ずしも対応しない)



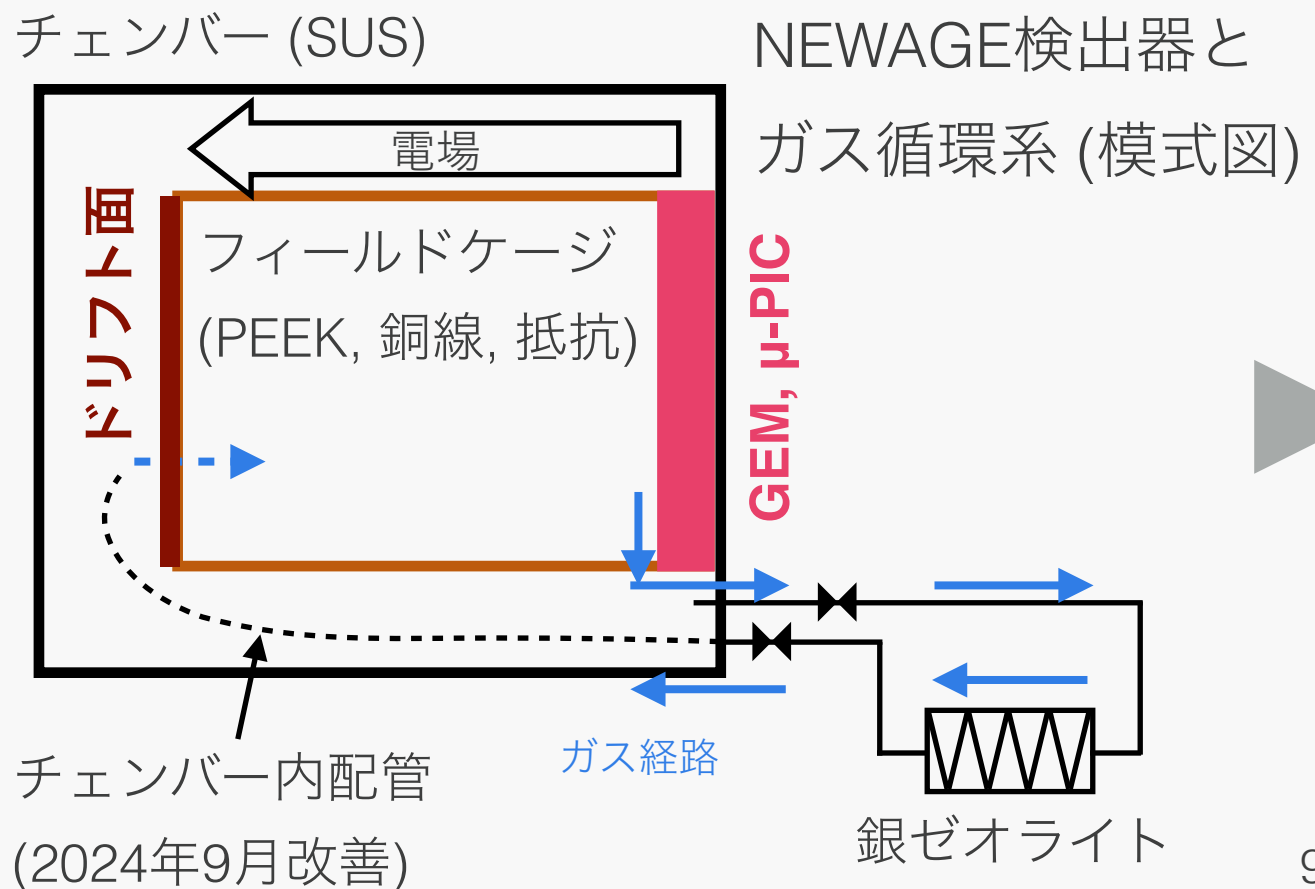
ラドン (+娘核) 由来アルファ線

- チェンバー内配管により実質フィールドケージ内でガス循環
 - ➔ フィールドケージ、検出器からのラドン湧き出しが寄与するだろう
- 低エネルギー領域ではドリフト面や検出器からの表面アルファ線も懸念
 - ➔ 表面アルファを出す材質からのラドン湧き出しも疑う (*必ずしも対応しない)

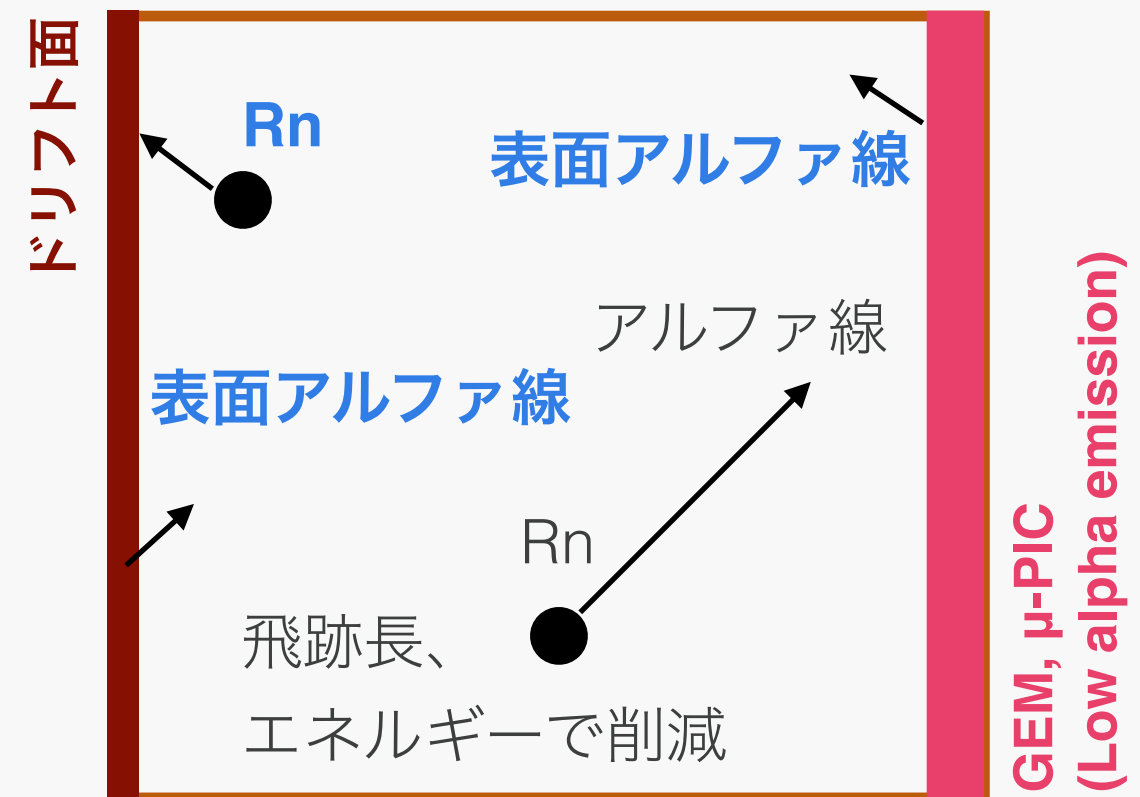


ラドン (+娘核) 由来アルファ線

- チェンバー内配管により実質フィールドケージ内でガス循環
 - ➔ フィールドケージ、検出器からのラドン湧き出しが寄与するだろう
- 低エネルギー領域ではドリフト面や検出器からの表面アルファ線も懸念
 - ➔ 表面アルファを出す材質からのラドン湧き出しも疑う (*必ずしも対応しない)

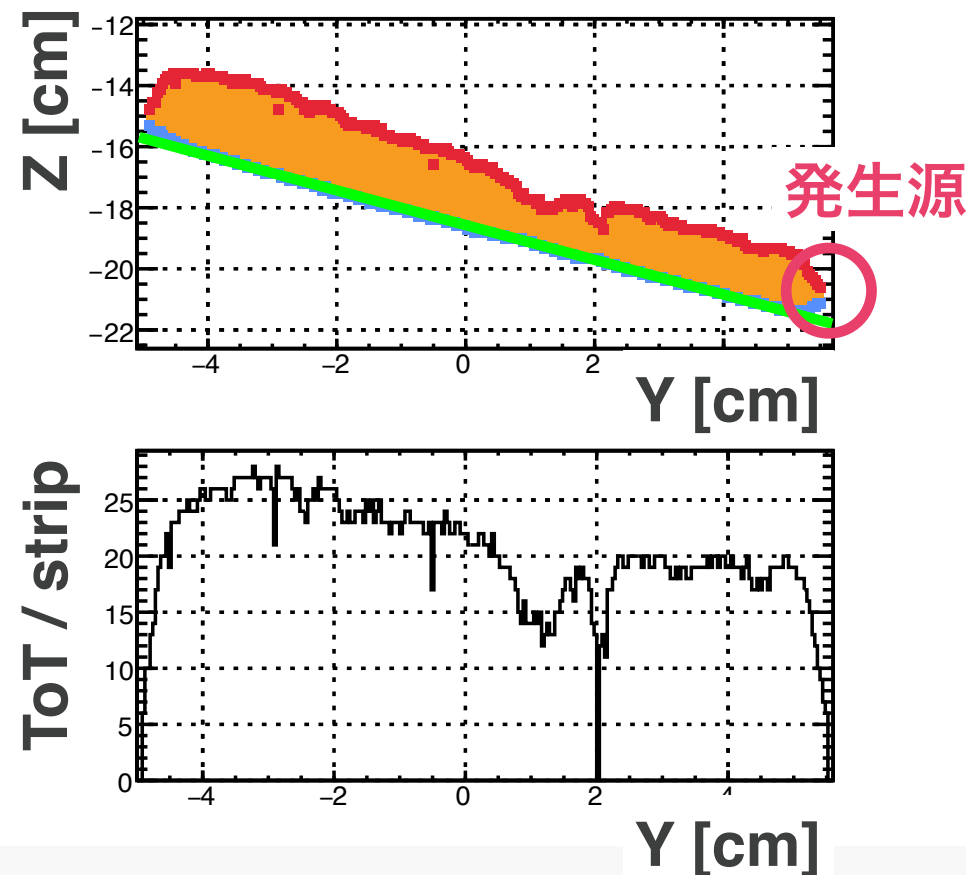
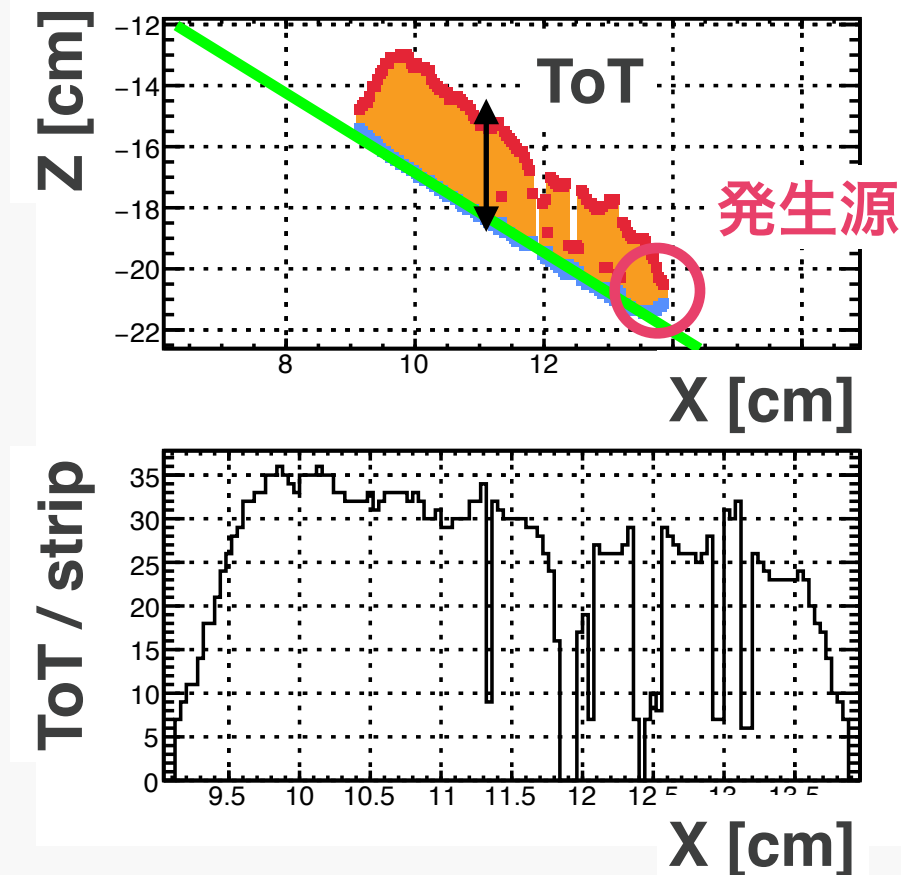


原子核反跳に誤識別



飛跡情報を用いた発生源調査

- NEWAGEが得意な3次元飛跡再構成技術を用いた解析
 - ➡ 進行方向にブラッグピークを作る
 - ➡ 再構成した飛跡の前後判定により発生源特定可能



NEWAGE Event Display

Dataset : 20260701, period : 33

File ID : 91, Trigger ID : 467

Energy: low = 4621.0, high = 6209.1 [keV]

Track Length = 12.8 [cm]

TOT-sum=8265

Roundness = 0.068

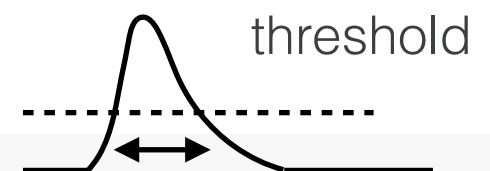
Elevation Angle = -27.51 [deg]

Absolute Azimuth Angle = 66.45 [deg]

Skewness X : -0.031078

Skewness Y : -0.038586

Skewness 2D : -0.021399



Time over Threshold (ToT)

アルファ線発生源分布

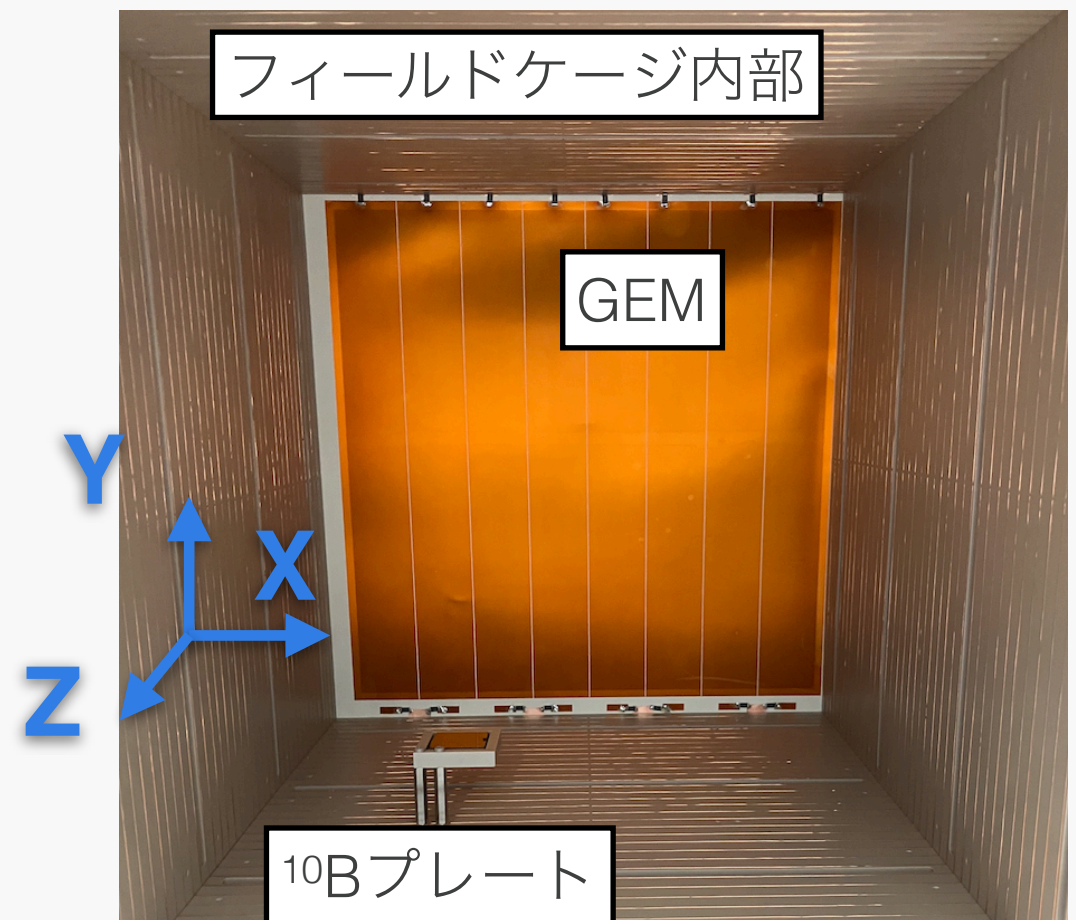
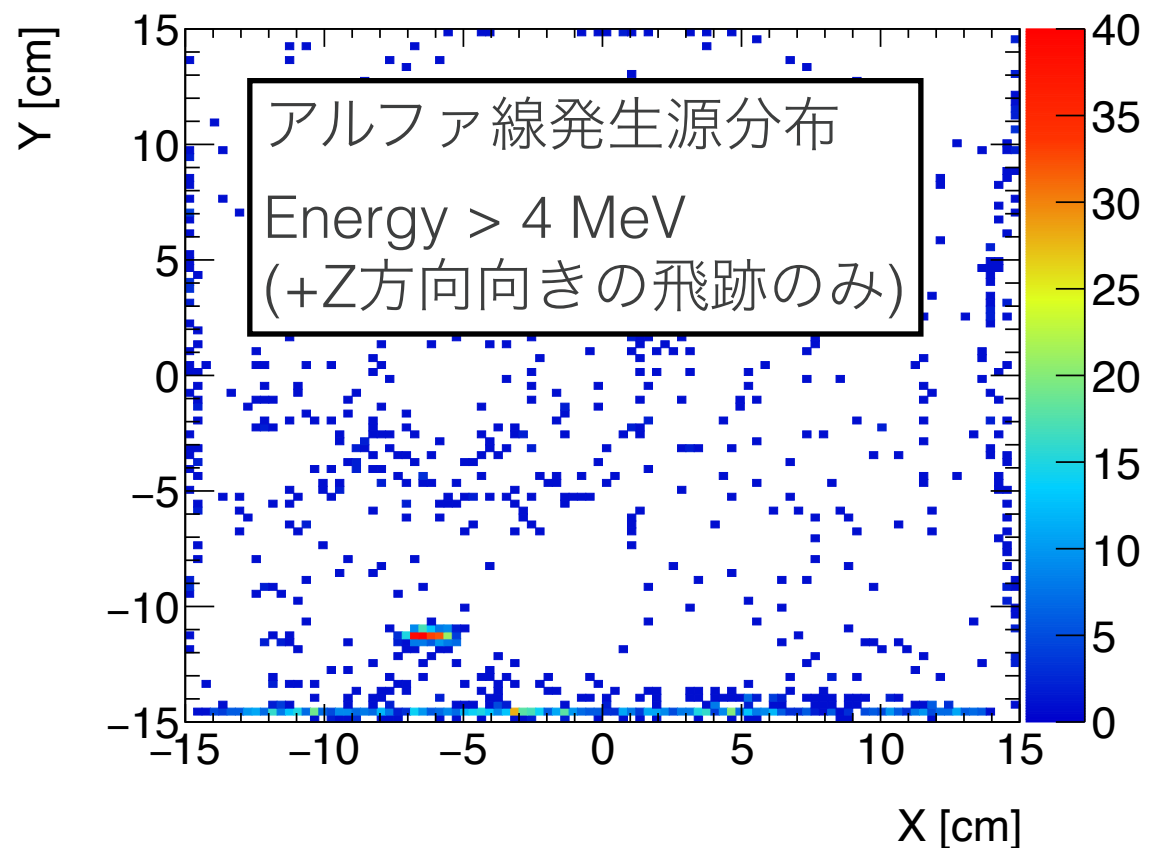
- 飛跡の前後判定を用いて発生源の分布を調査

- ➡ エネルギー較正用の ^{10}B プレートのほか、-Y側に分布？

- ▶ ^{10}B プレートは既知の発生源、ラドン量の原因ではない

- ▶ -Y側にはGEMバイアスの保護抵抗、鉛フリーはんだ、銅テープ

- ラドン計で測定済み、NEWAGE内部のラドン量を説明できるほどではない



アルファ線発生源分布

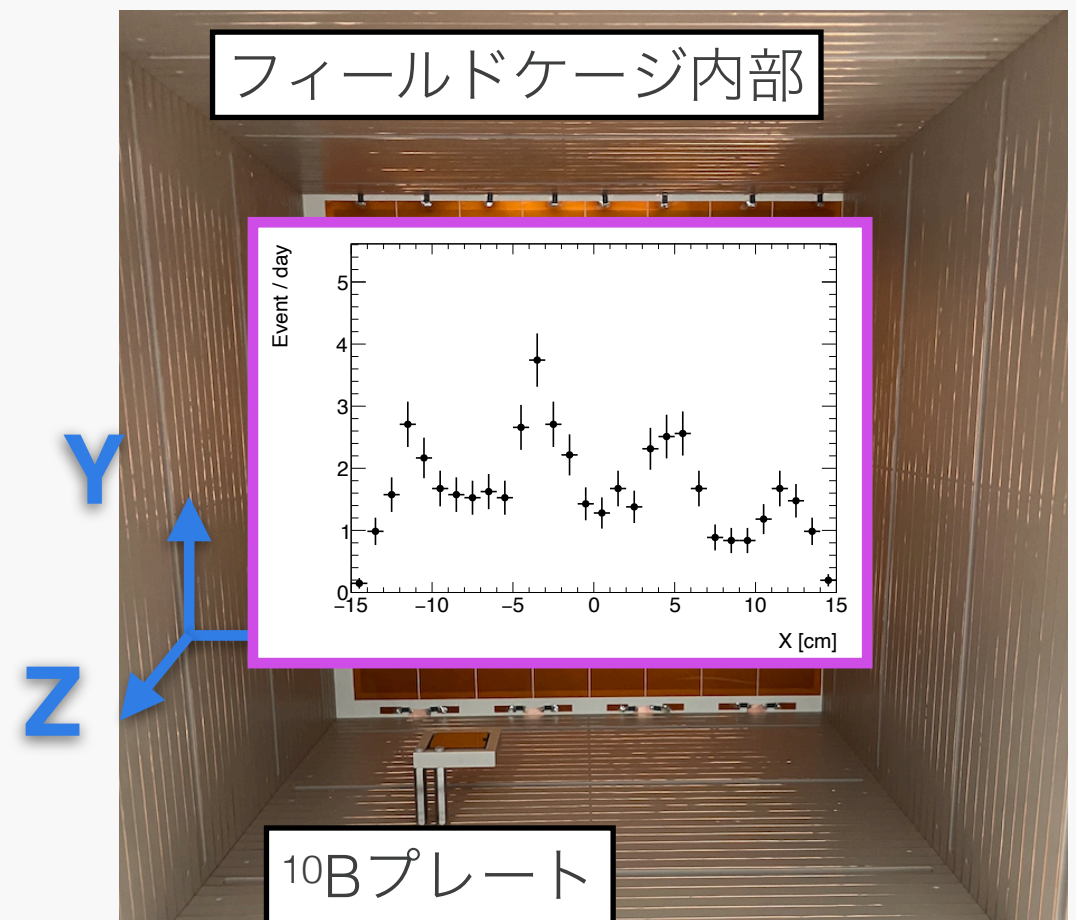
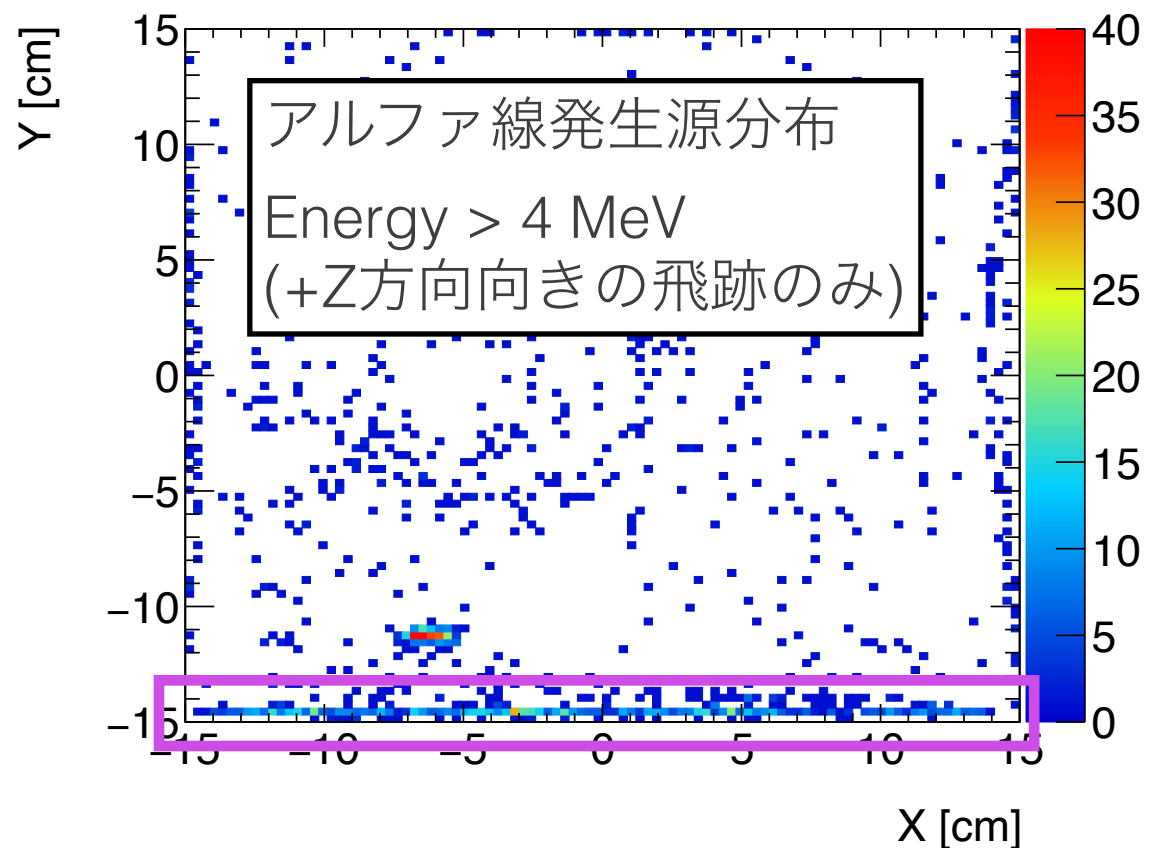
- 飛跡の前後判定を用いて発生源の分布を調査

- ➡ エネルギー較正用の ^{10}B プレートのほか、-Y側に分布？

- ▶ ^{10}B プレートは既知の発生源、ラドン量の原因ではない

- ▶ -Y側にはGEMバイアスの保護抵抗、鉛フリーはんだ、銅テープ

- ラドン計で測定済み、NEWAGE内部のラドン量を説明できるほどではない



アルファ線発生源分布

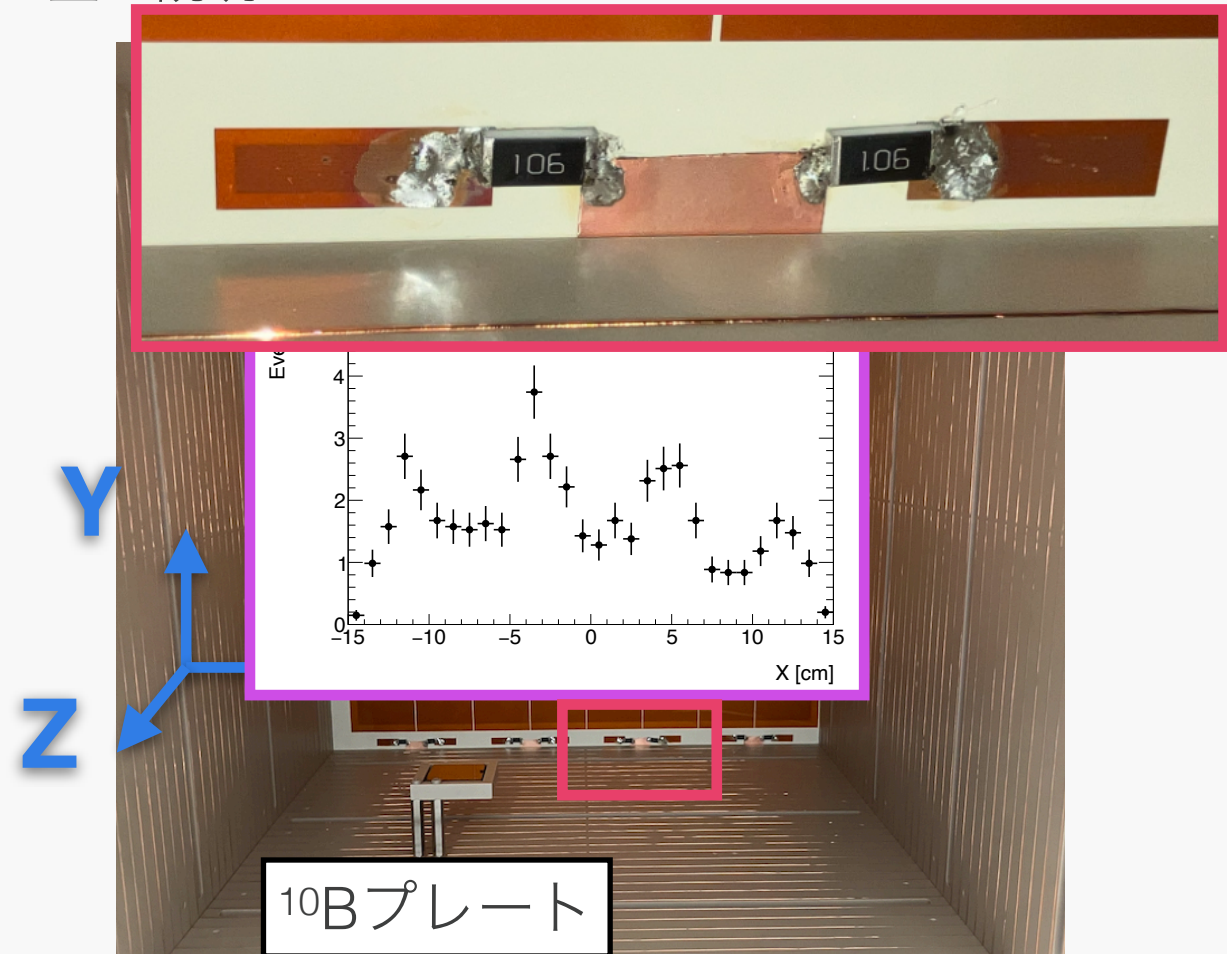
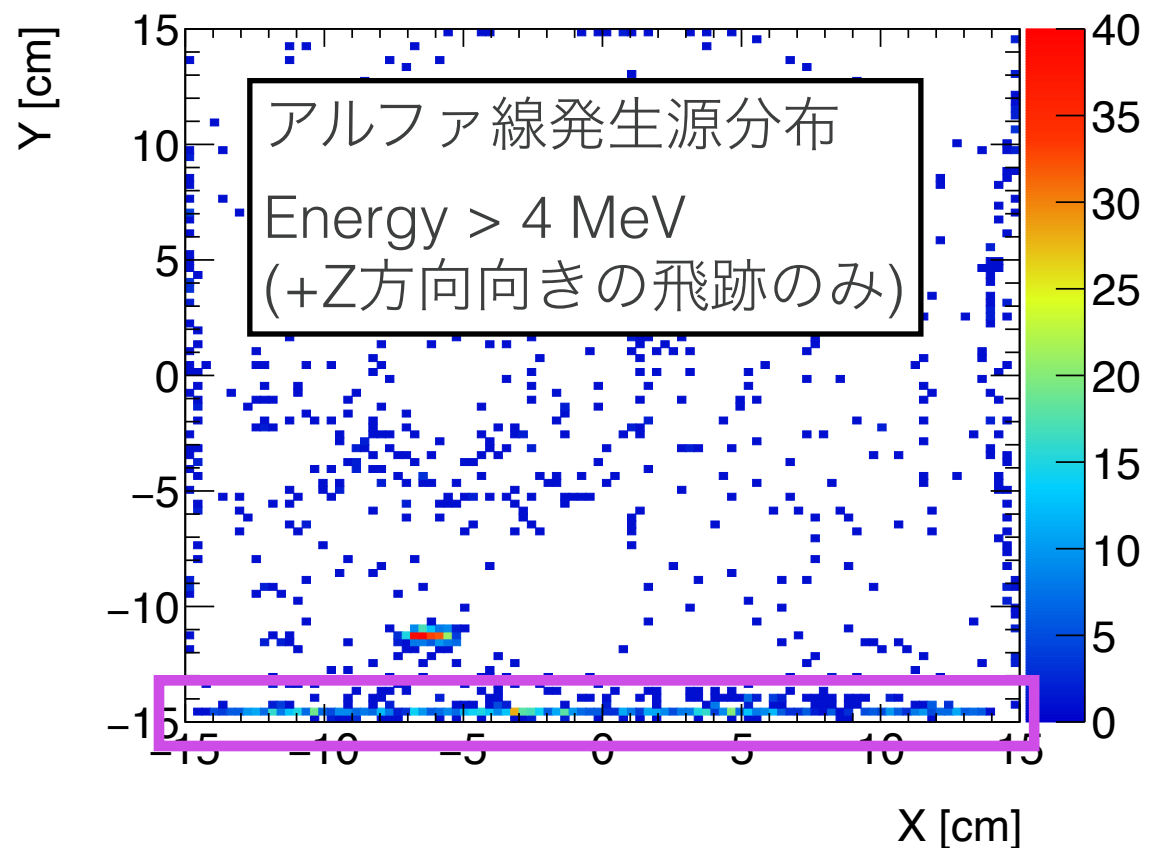
- 飛跡の前後判定を用いて発生源の分布を調査

- ➡ エネルギー較正用の ^{10}B プレートのほか、-Y側に分布？

- ▶ ^{10}B プレートは既知の発生源、ラドン量の原因ではない

- ▶ -Y側にはGEMバイアスの保護抵抗、鉛フリーはんだ、銅テープ

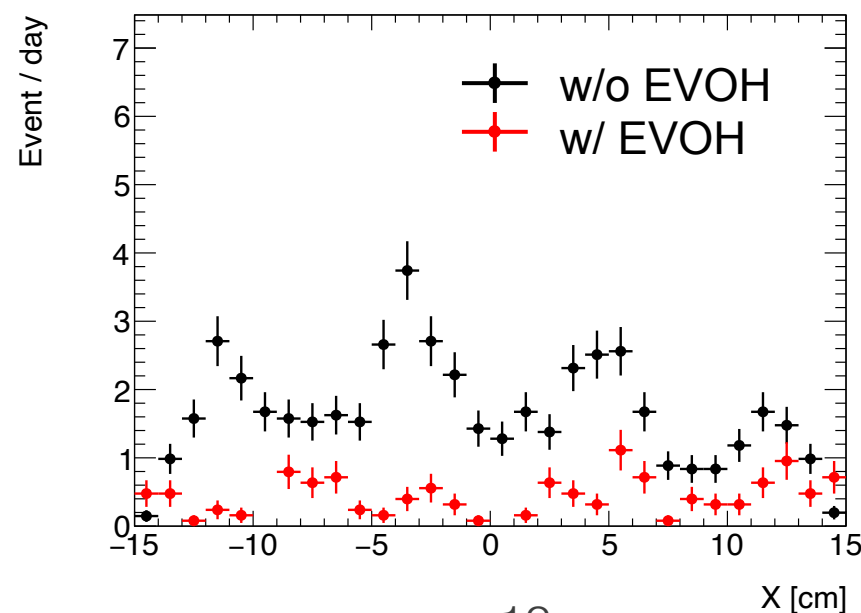
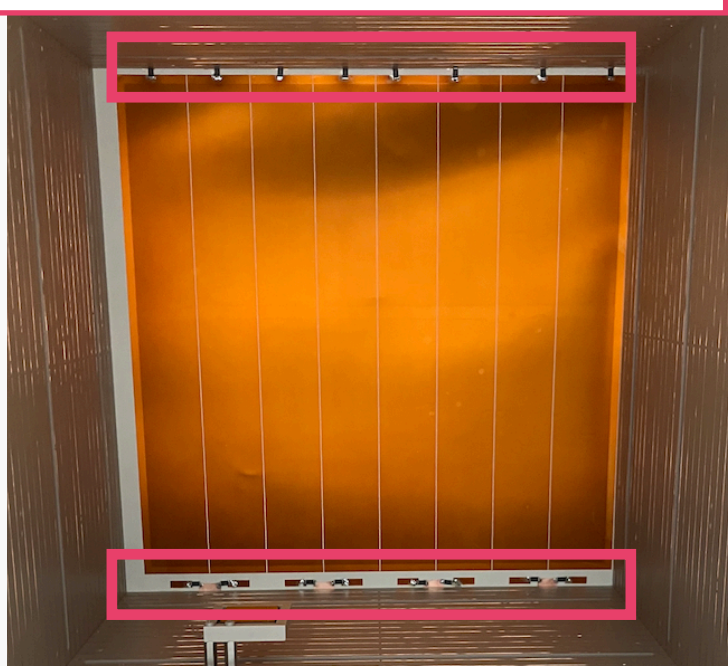
- ラドン計で測定済み、NEWAGE内部のラドン量を説明できるほどではない



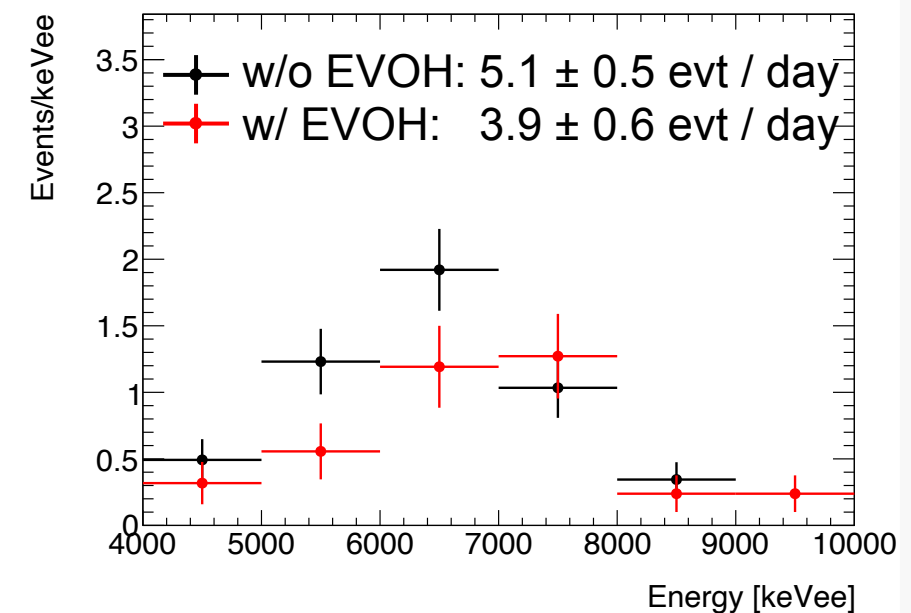
EVOHシートカバーによる封止

- 保護抵抗部にEVOHシート貼り付け作業実施
 - ➡ 表面アルファ線 + ラドン湧き出し防止
- **表面アルファ線の削減に成功**、内部ラドン量は微減 (要統計)
 - ➡ ROIにより近い低エネルギー側も要調査
- 飛跡解析によるBG対策のデモンストレーションができた

EVOHシート貼り付け



12



結論

- NEWAGE地下実験の高感度化に向けBG削減が必須
- 2025年12月より神岡坑内にて本格的に測定再開
 - ➡ Exposureを増やしつつさらなるBG削減対策
- 3次元飛跡再構成、解析から内部BG削減へアプローチ
 - ➡ GEM表面からのRI源 (特に表面アルファ線) の削減に成功
 - ➡ 継続して内部BG調査実施中

Backup