

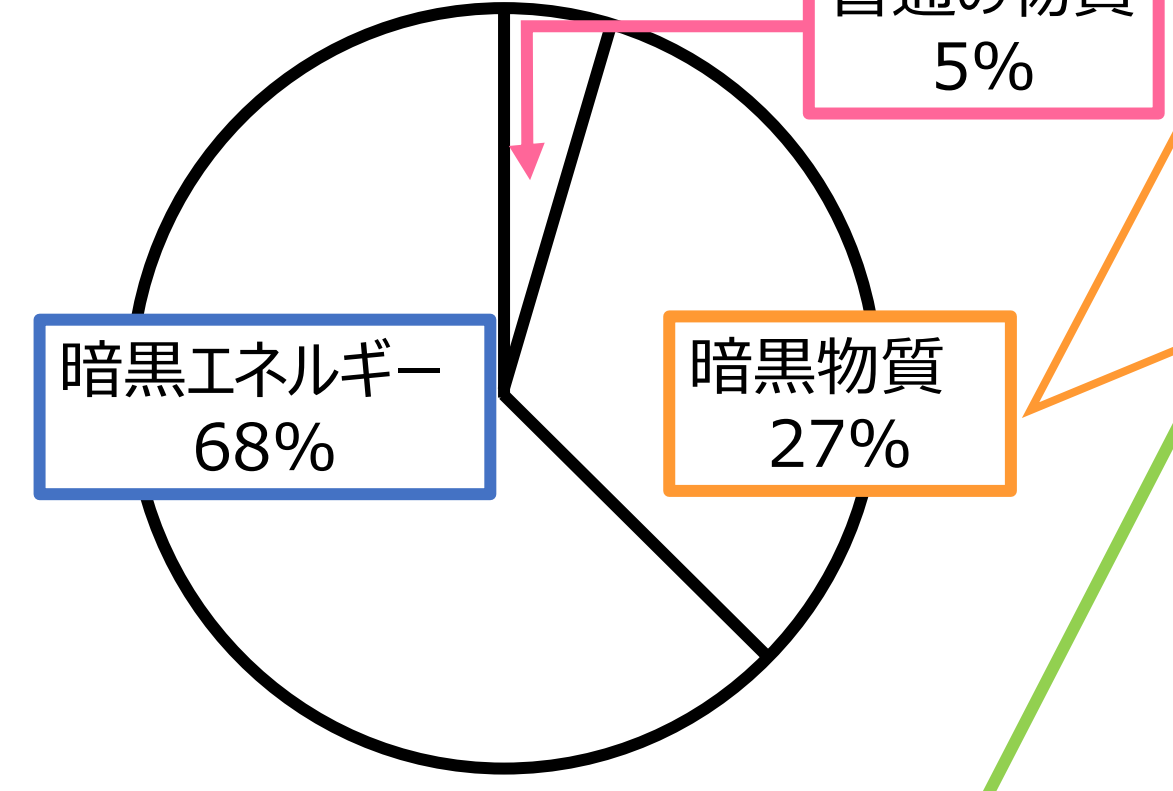
## 暗黒物質探索

## Ionization Yield測定

### ● 暗黒物質とは…

宇宙の全エネルギー組成の約27%を占める、目に見えない**正体不明**の物質

宇宙のエネルギー構成

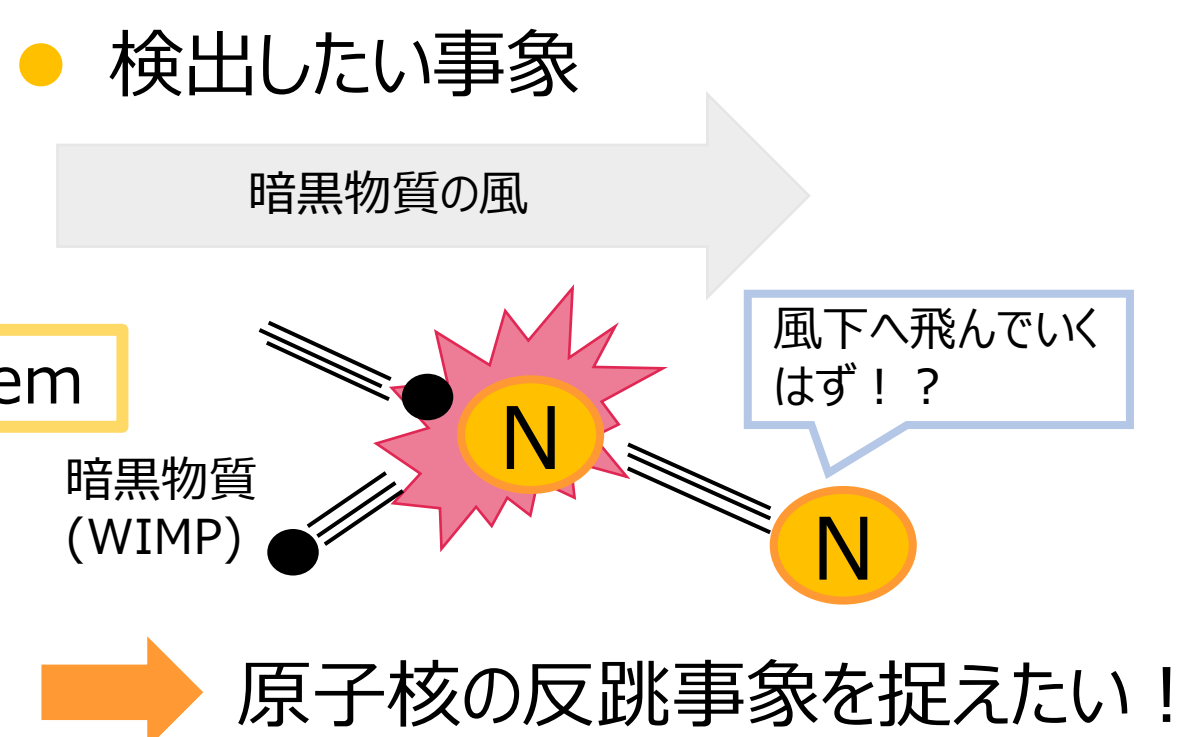
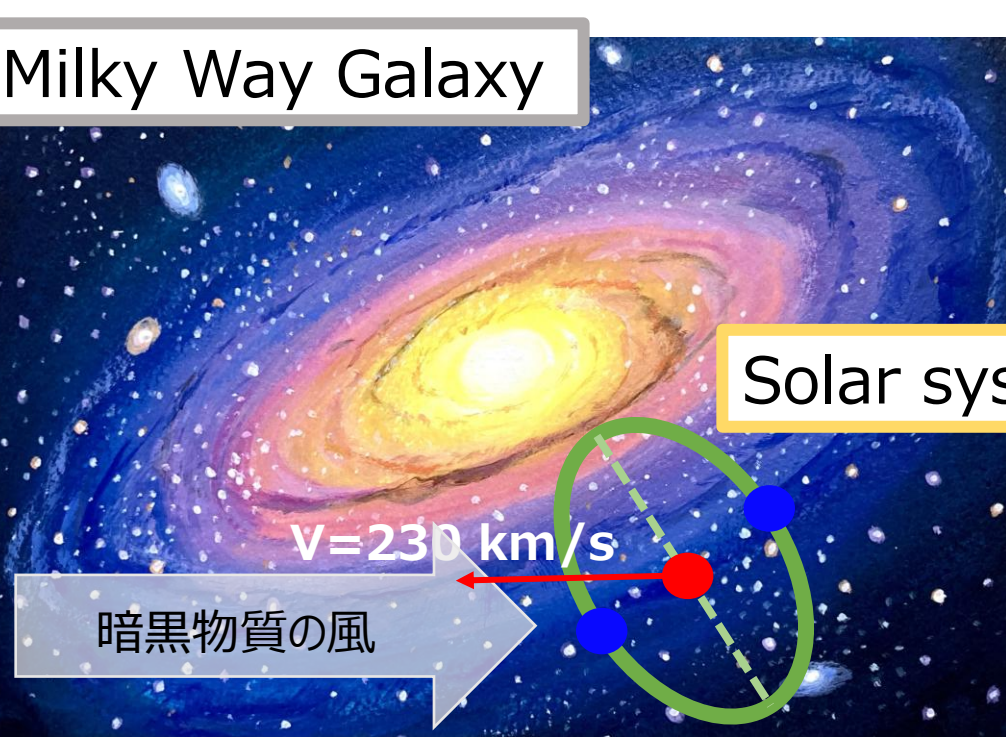


### ● 暗黒物質の候補

#### WIMP(Weakly Interacting Massive Particles)

神戸大の粒子物理学研究室では**WIMP**をターゲットとした方向感度を持った探索を行っている！

→ **NEWAGE実験**  
(ガス検出器を用いた探索)



探索方法は…？

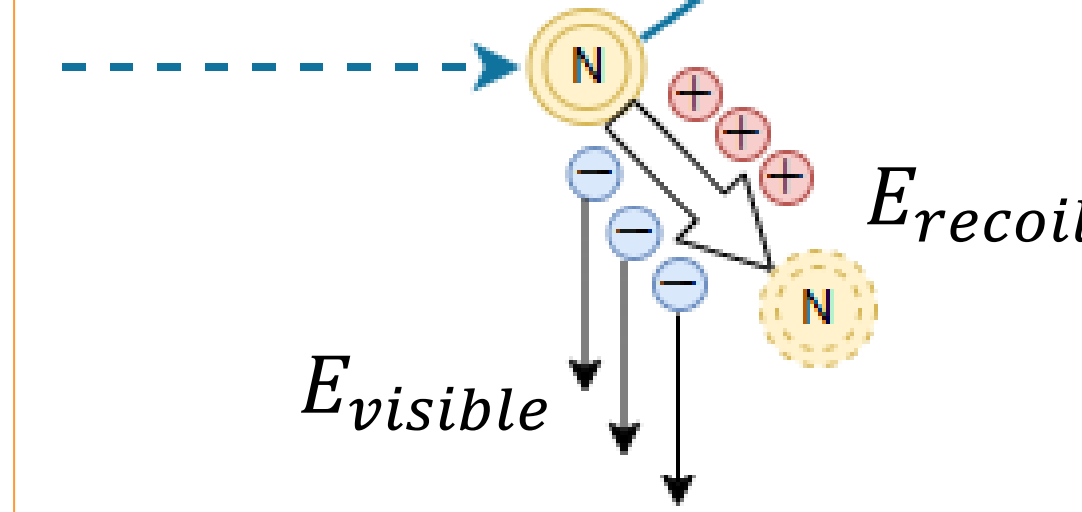
- ・ 加速器による探索
- ・ 間接探索
- ・ 直接探索

### ● Ionization Yieldとは

⇒測定可能なエネルギーと原子核反跳のエネルギーとを補正する係数

$\times$  (暗黒物質)

$\times$  (暗黒物質)



$E_{recoil}$  : 原子核反跳エネルギー

$E_{visible}$  :  $E_{recoil}$ のうち電離によって失われたエネルギー

$Y$  : Ionization Yield

$$E_{visible} = Y \times E_{recoil}$$

### ● Ionization Yieldを求める流れ

ビーム

( $E_{recoil}$ に相当)

エネルギースペクトル

検出器

既知のイオンビームを照射

全てのエネルギーが電離によって失われた場合の分布と比較

⇒ 各ピークエネルギーの比率から  $Y$  を求める

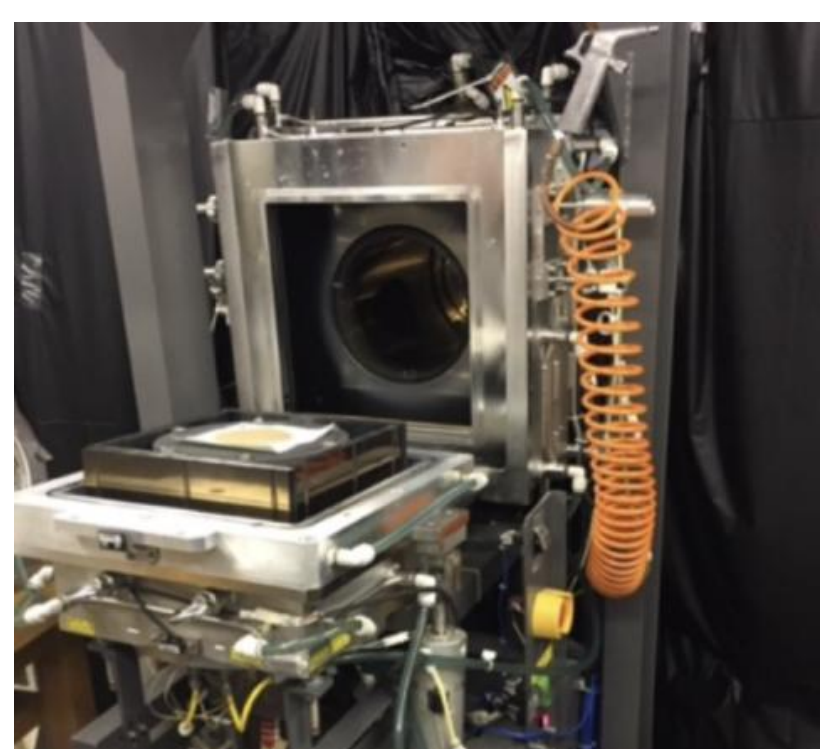
$E_{visible}$

→ 神奈川大のビームラインで実験的に求める

## ビーム実験概要

### 測定条件

- ・ 測定期間 : 2025/9/3~5 @神奈川大
- ・ **フッ素イオン**
- ・ ビームエネルギー : 5~50 keV
- ・ ガス :  $CF_4$
- ・ ガス圧 : 0.06気圧



- ◆ 神奈川大ビーム情報
- ・ 低エネルギー試料照射装置
- ・ 加速電圧 : 5~200 kV
- ・ イオン種 : H, He, F, Ar, Cなど

### ビーム入射孔

厚さ10  $\mu m$ のステンレス箔に直径1  $\mu m$ の穴

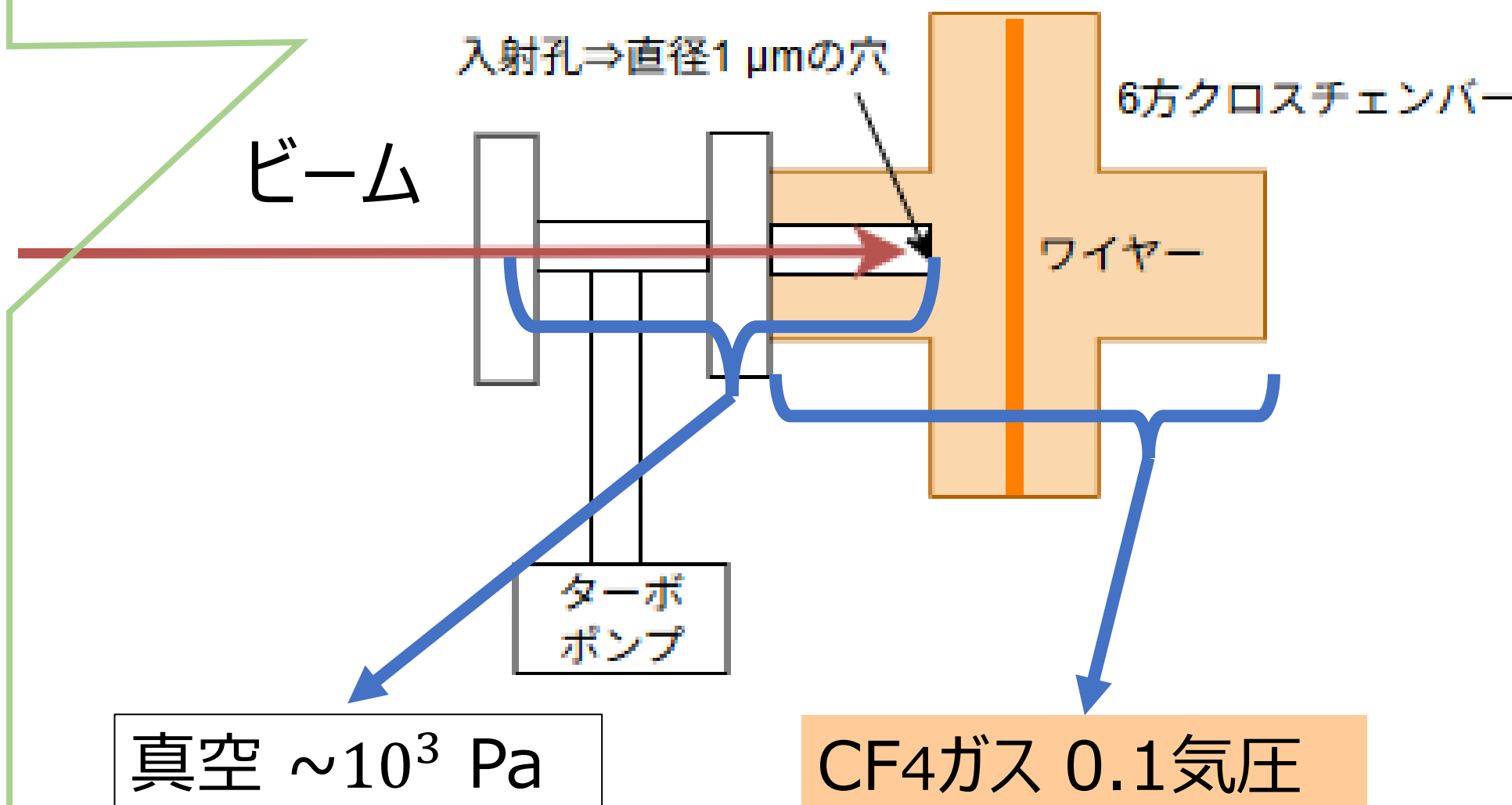
そこにビーム通す！

先行研究  
COMIMAC加速施設での実験  
(Grenoble)

→ 1  $\mu m$ の穴を通した真空とガス領域の破れはなかった



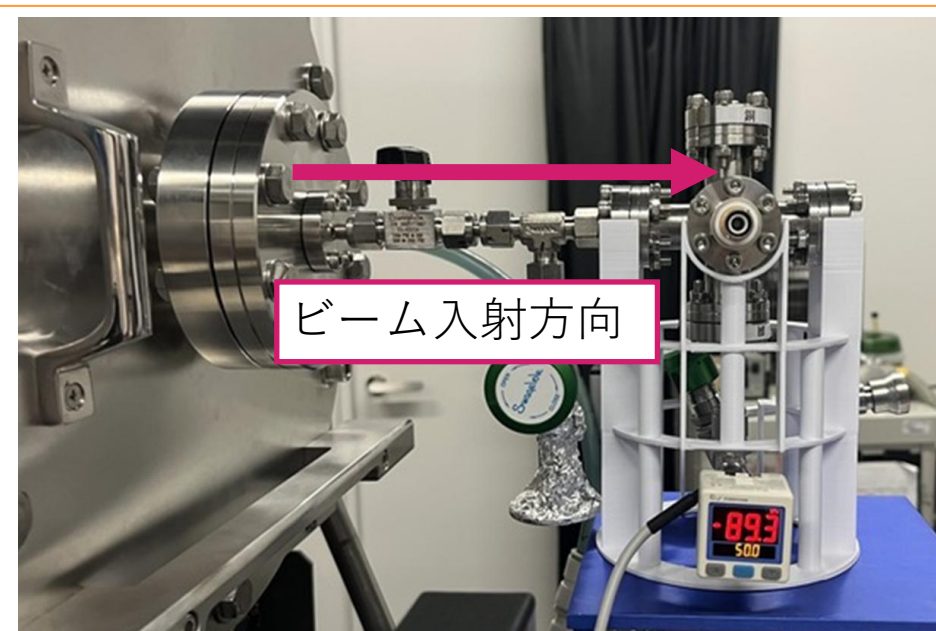
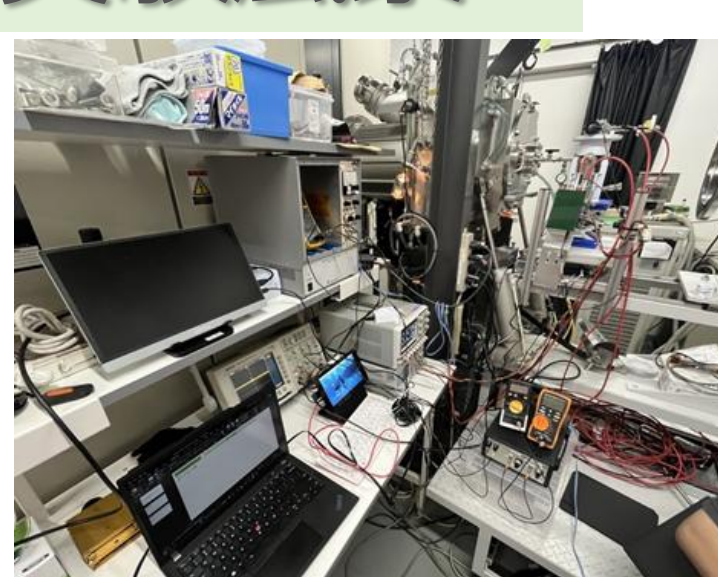
### ビームライン模式図



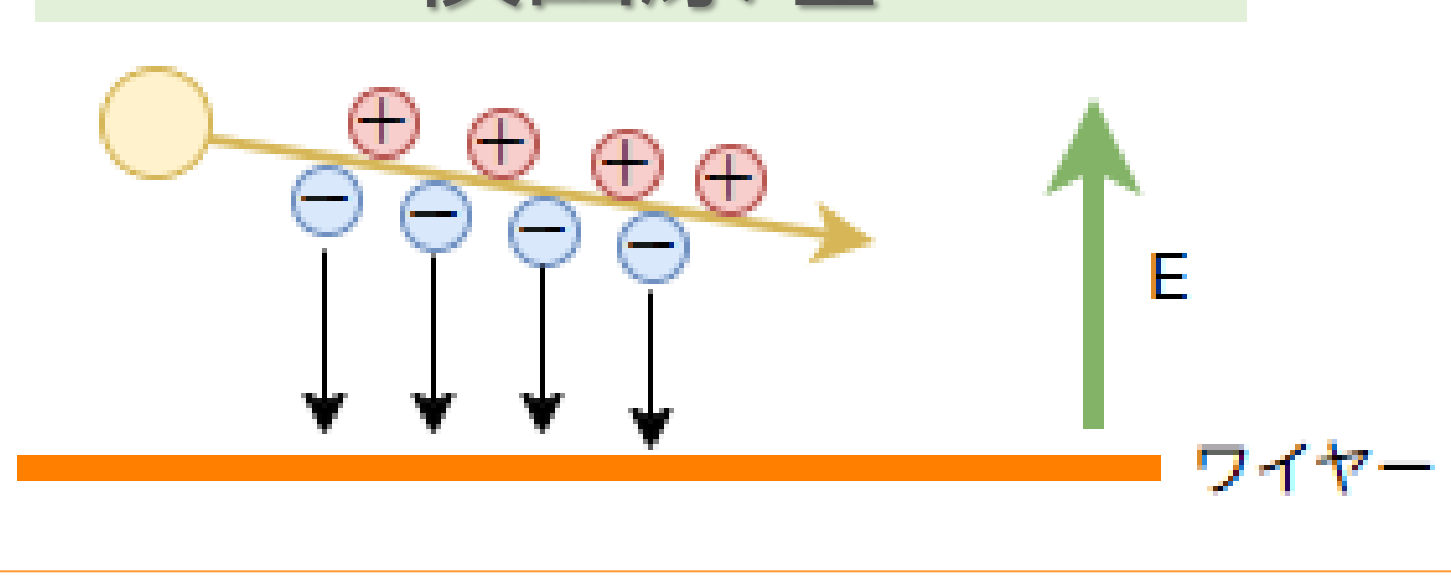
### ワイヤーチェンバー



### 実験風景



### 検出原理

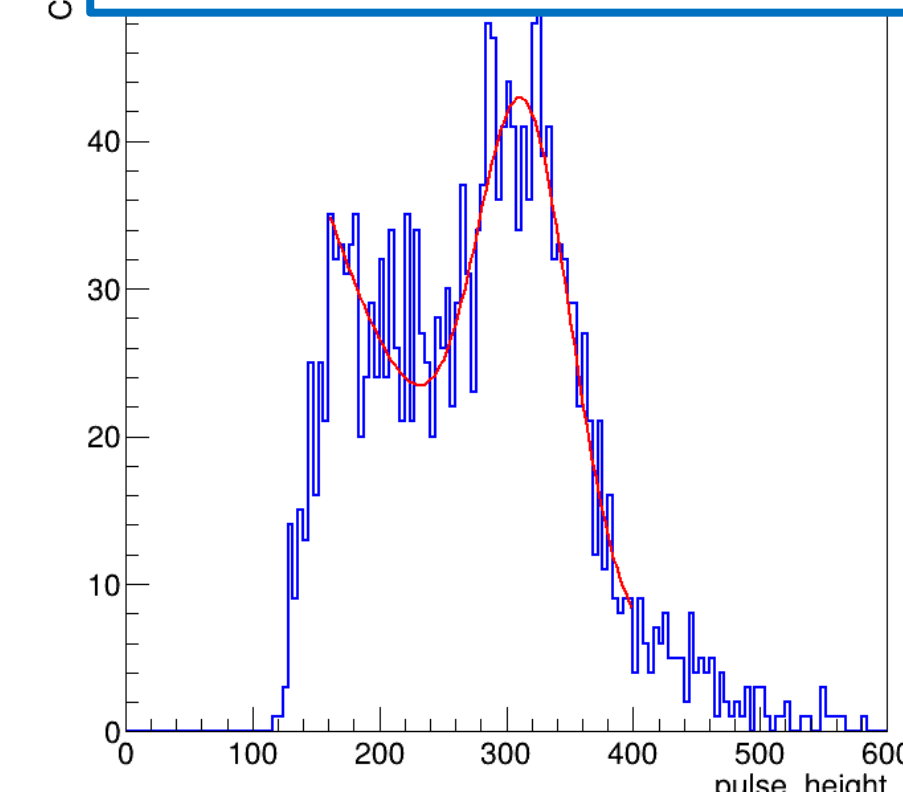


1. 荷電粒子がガスを電離
  2. Drift電場により電子が移動
  3. ワイヤー付近の強電場部分で雪崩増幅
- ⇒ 電荷信号検出

## エネルギーキャリブレーション

ビームによるデータ測定毎にキャリブレーション  
⇒正確なビームエネルギーを測定

**$^{55}Fe$  (5.9 keVのX線源)**  
エネルギースペクトル



電子銃とのクロス  
チェックも実施

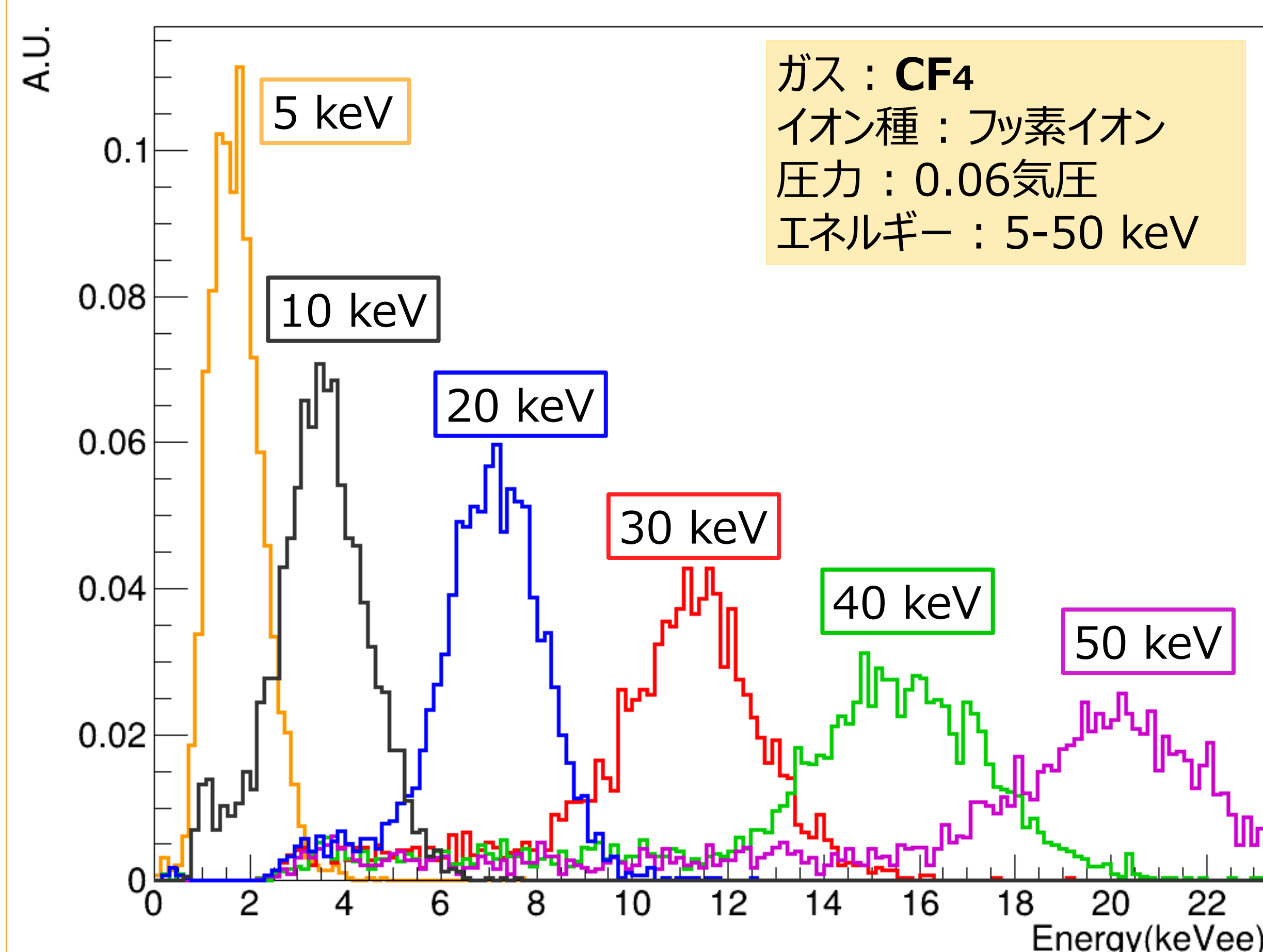
電子銃のエネルギースペクトル  
( $^{55}Fe$ でキャリブレーション)



フィットしたときのピークエネルギー 実際の電子のエネルギー とのずれ  $\pm 2.6\%$  以内

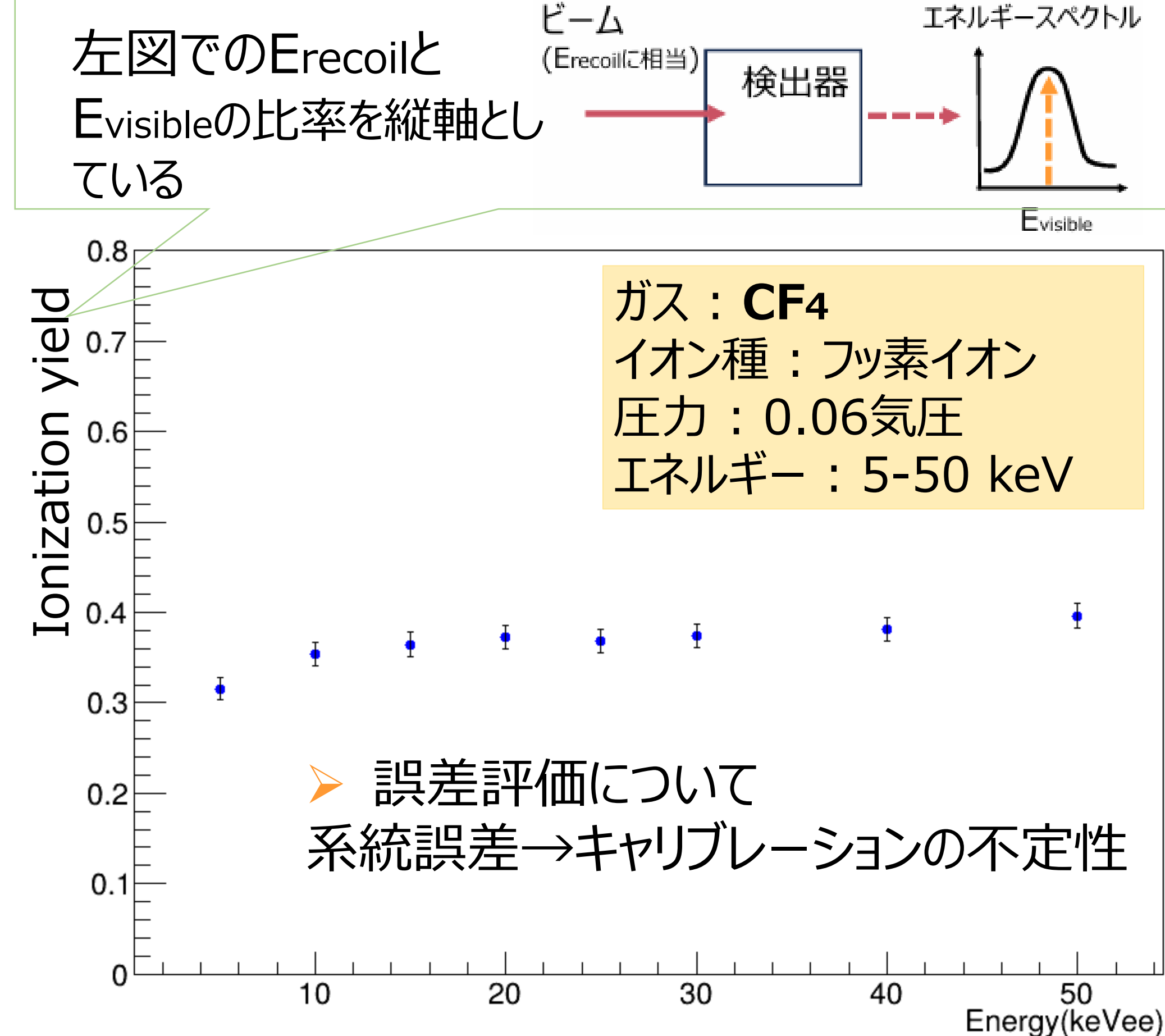
## ビーム実験結果

### フッ素イオン エネルギースペクトル



- ビームエネルギーに対する測定エネルギーの相関も確認
- 電離以外でエネルギーを落としていることを確認
- Ionization Yieldは約30~40 %

### フッ素イオン Ionization Yield



- CF<sub>4</sub> 0.06気圧中でのフッ素の Ionization Yieldを求めることができた

## 展望・結論

### ● 展望

- ・ シミュレーションと実測値との違いを説明できる、もしくは実測値の正確性を確かめられるようなデータを得る or 調査を実施
- ・ 求めたIonization Yieldの値で正確な暗黒物質による原子核反跳のエネルギーを測定する

### ● 結論

- ・ 暗黒物質の直接探索では暗黒物質による原子核反跳事象を検出
- ・ Ionization Yield測定のためのビーム試験を実施
- ・ 1  $\mu m$ の穴を境とした真空とガス領域の分離に成功
- ・ ビームエネルギーに対するエネルギーピークの相関を確認
- ・ CF<sub>4</sub> 0.06気圧中でのフッ素イオンのIonization Yieldを求めた
- ・ 日本で低速イオンビーム施設を用いたIonization Yield測定手法確立へ