

COMET CDCに対する エージングテスト

23rd ICEPP Symposium
2017年2月22日

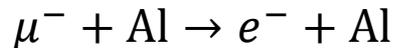
大阪大学久野研究室 修士1年 中村 有希

COMET Phase-I

COMET Phase-I

COMET (COherent Muon to Electron Transition) 実験

- ニュートリノを放出しないミュオン崩壊のエキゾチックな過程($\mu - e$ 転換)の探索。



- この過程は荷電レプトンフレーバー非保存過程である。

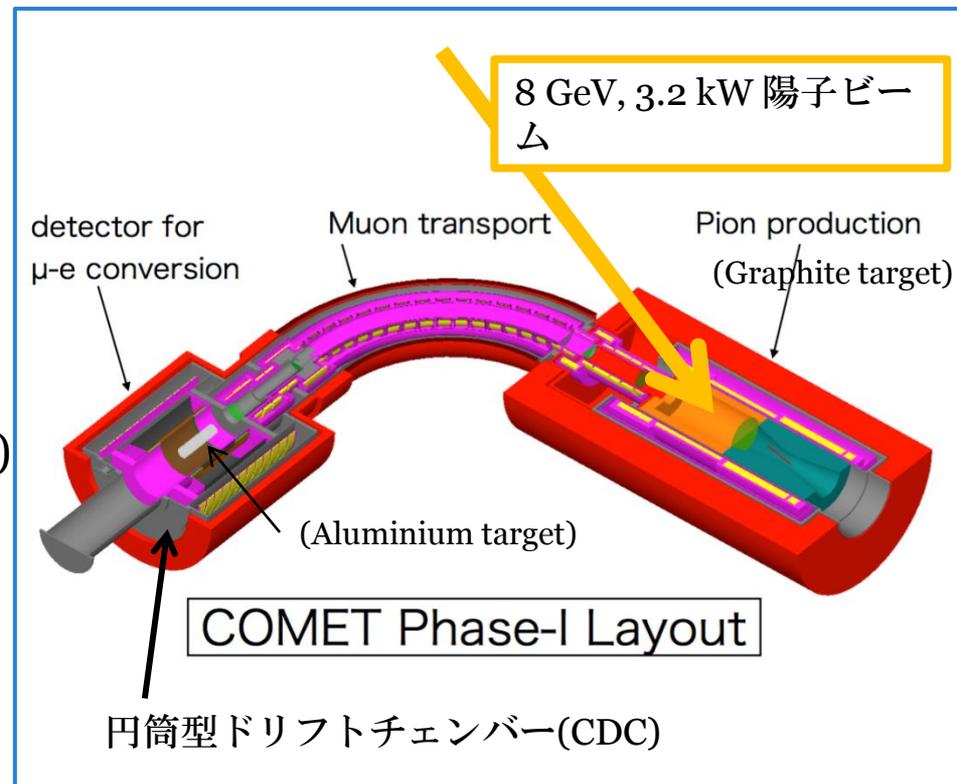
Phase I

- 早期の物理測定
- バックグラウンドの測定
- $\mu - e$ 転換やPhase-IIでは見られない μee などの探索

Single event sensitivity: 3.1×10^{-15}

検出器: 円筒型ドリフトチェンバー (CDC)

$\mu - e$ 転換の電子のエネルギー: 105 MeV

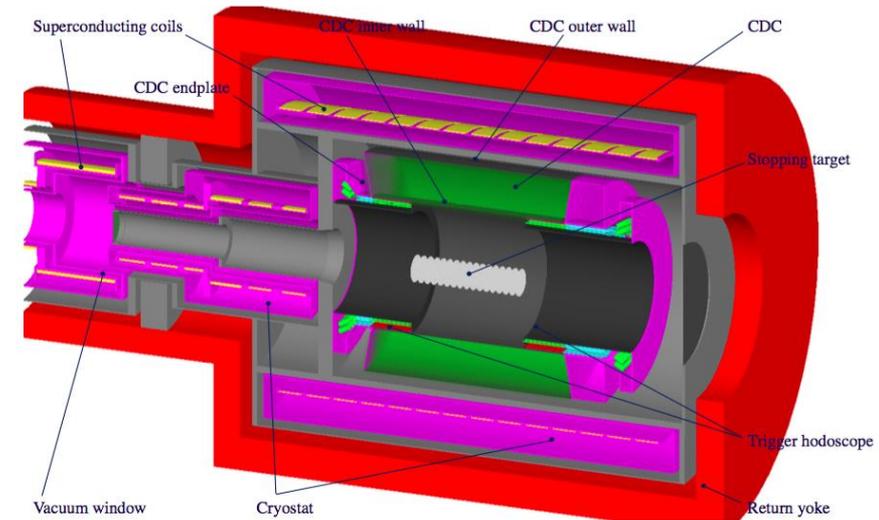


円筒型ドリフトチェンバー(CDC)

COMET Phase I のメイン検出器
セルサイズ: 16.8 mm × 16.0 mm

Table 13.1: Main parameters of the CDC.

Inner wall	Length	1495.5 mm
	Radius	496.0~496.5 mm
	Thickness	0.5 mm
Outer wall	Length	1577.3 mm
	Radius	835.0~840.0 mm
	Thickness	5.0 mm
Number of sense layers	20 (including 2 guard layers)	
Sense wire	Material	Au plated W
	Diameter	25 μm
	Number of wires	4986
	Tension	50 g
Field wire	Material	Al
	Diameter	126 μm
	Number of wires	14562
	Tension	80 g
Gas	Mixture	He:i-C ₄ H ₁₀ (90:10)
	Volume	2084 L



エージング効果

エージング効果

ドリフトチェンバーの長期間使用によるワイヤーのエージング

- ガスの分子、シリコンゴム、不純物がワイヤーの表面にスパイク状の化合物をつくる。

→ワイヤー表面の状態変化によるゲイン低下やノイズの増加、放電が発生。

原因

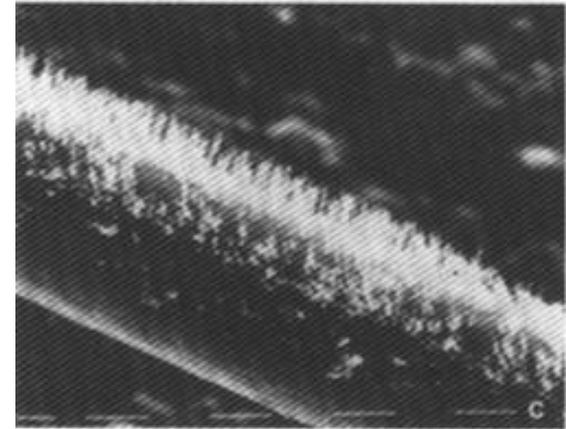
- 放射線、電磁場、ガスの流量、不純物など。

エージング効果の軽減

- メタル配管などにより化合物の構成原子になりうる要因をできる限り除去

- ガス中へ水蒸気を注入

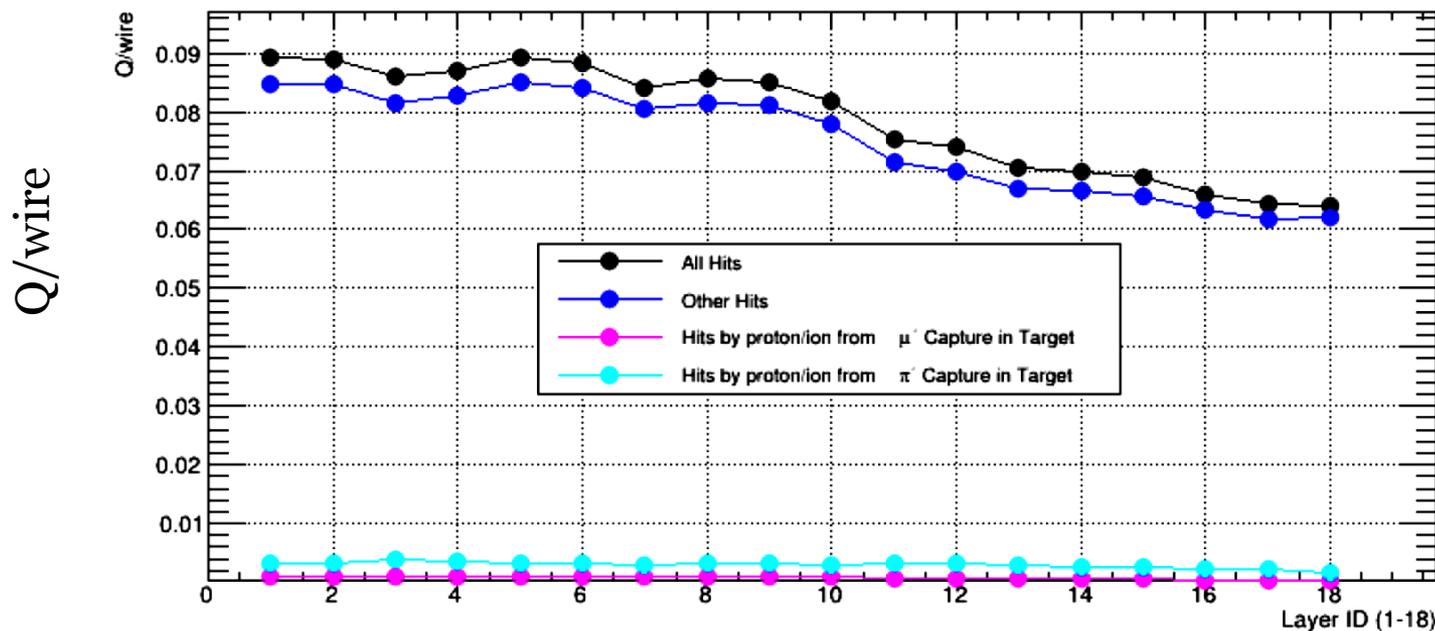
この効果を完全に排除することは困難。
どのくらい影響するか見積もる必要がある。



エージングしたワイヤーの表面
(J.Va'vra, DESY workshop, October 2,2001)

CDCの積算電荷量

Charge Accumulating Speed in Each Layer Q:(mC/cm/day/wire)



Layer ID (1~18)

CDCの積算電荷量シミュレーション

- 200日間の運用で20 mC/cm/wire 以下

エージングテストの目標: **200 mC/cm/wire** (安全ファクター 10)
 最小目標値: 20 mC/cm/wire

ゲイン低下は10%以内であれば、ソフトウェアで補正可能。

エージング試験

ガス混合He/iC₄H₁₀とHe/C₂H₆でのエージングの調査

他実験のエージング試験との比較

- KLOE (He/iC₄H₁₀(90/10))
- Belle (He/C₂H₆ (50/50))

KLOEでのガス混合比率(He/iC₄H₁₀(90/10))はCOMET CDCと同じ。

積算電荷量~2.5 mC/cmでゲインの低下が~5%であることを調査。

COMET CDCでは**200 mC/cm**までエージング。

まずは、He/C₂H₆ガスで最小目標 20 mC/cmのエージング効果を調査。

異なる条件の比較:

- ガスの混合比
- ガスの流量
- 陽極ワイヤーへの印加電圧 など

過去のCOMET CDCエージング試験

過去のCOMET CDCエージング試験の問題 (He/iC₄H₁₀ (90/10), 1セルチェンバー)

- 1セルチェンバー 体積(5×5×30 cm)が小さいため、ガスの流量が大きい
- 安全ファクターが 2.35 (47 mC/cm/wire)
- 通常より高いHVを印加した加速試験

より信頼できるデータが欲しい



新しいチェンバーの作製

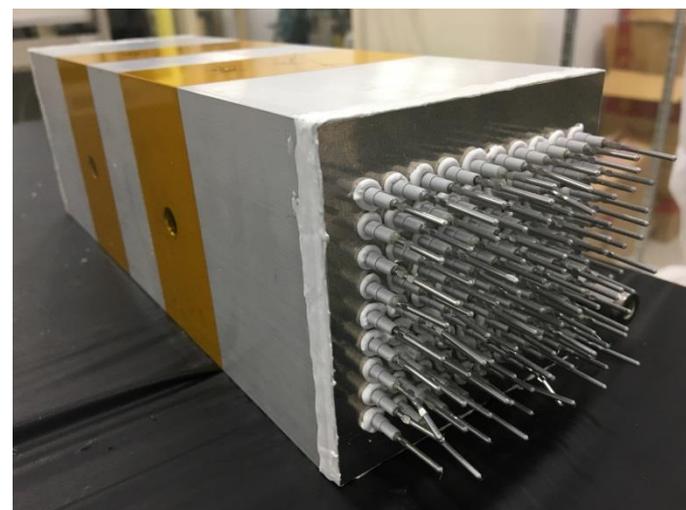
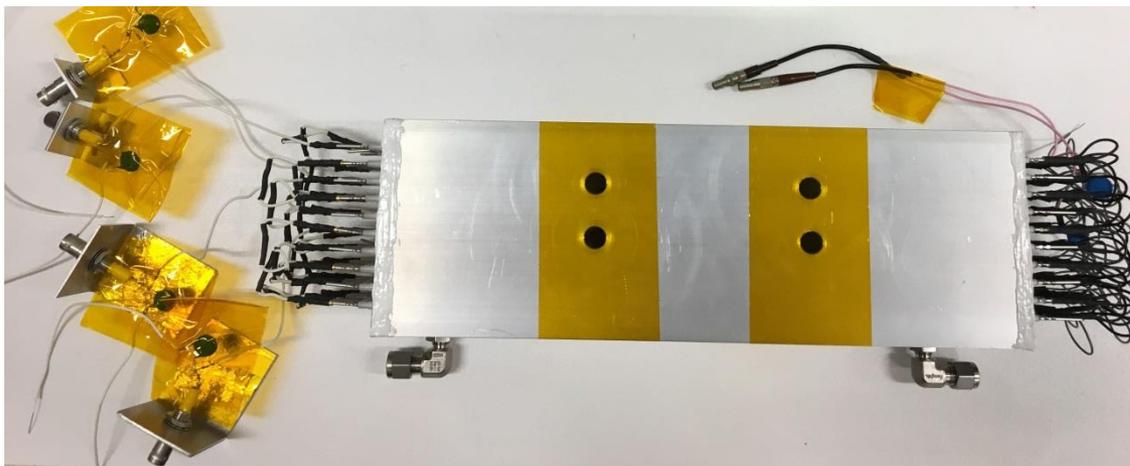
- 9セルチェンバー (体積 10×10×30 cm) → より実機に近い流量と電場を実現)
- **セーフティファクター 10** (200mC/cm/wire)
- より実機に近いHVを印加

テストチェンバーの作製

テストチェンバーの作製

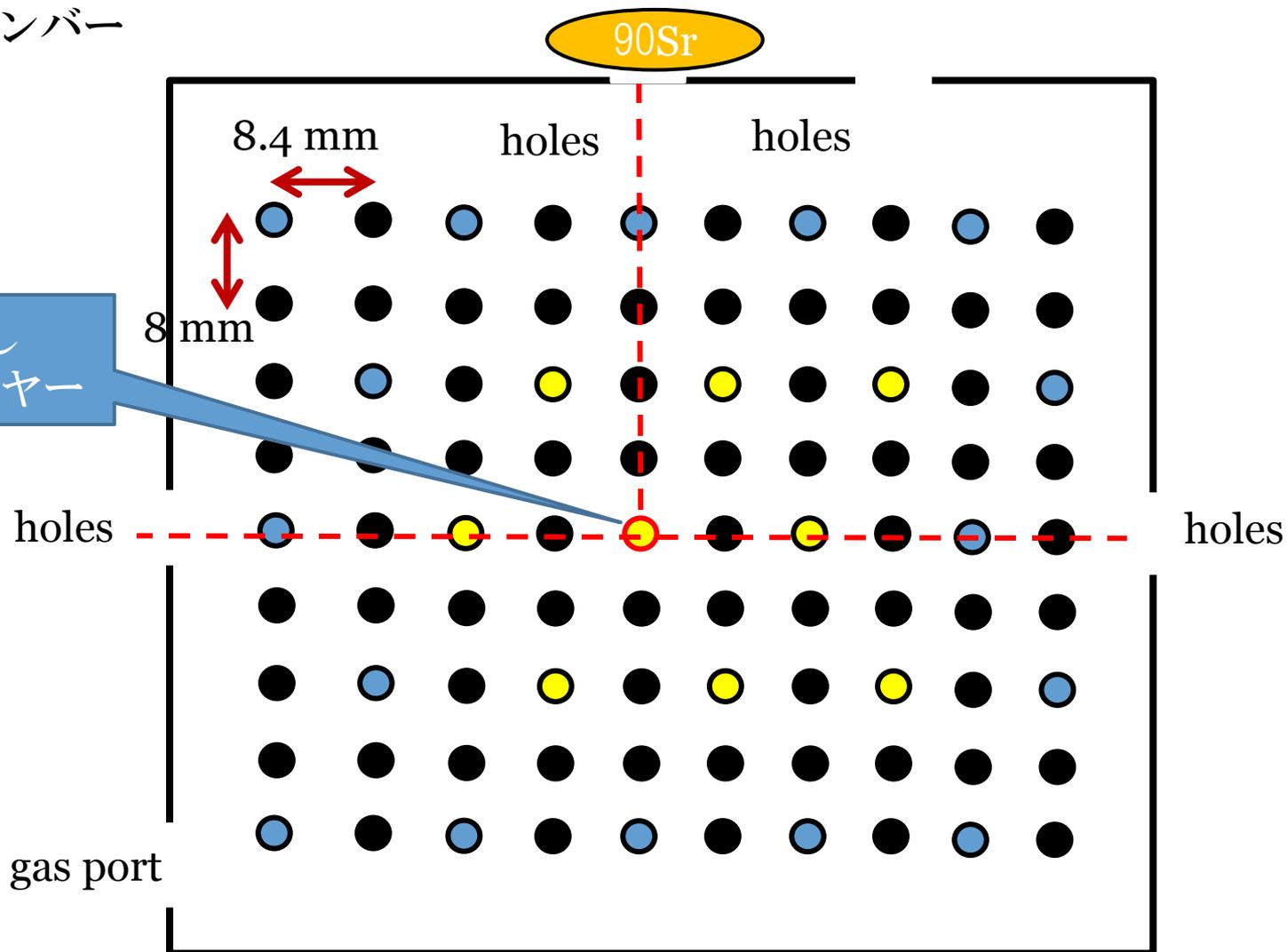
	素材	直径	張力	
			COMET CDC	Prototype V
フィールドワイヤー	Al	$\Phi 126 \mu\text{m}$	70 g/1.5 m	35 g/30 cm
センスワイヤー/ ガードワイヤー	Au-W	$\Phi 25 \mu\text{m}$	50 g/1.5 m	15 g/30 cm

エンドプレートとパイプの接着、フィードスルーの接着: RTV ラバー
 ガス管との接合部: Epoxy (2216 B/A Gray)
 フィードスルーの先端: LOCTITE 222



ワイヤーの配置

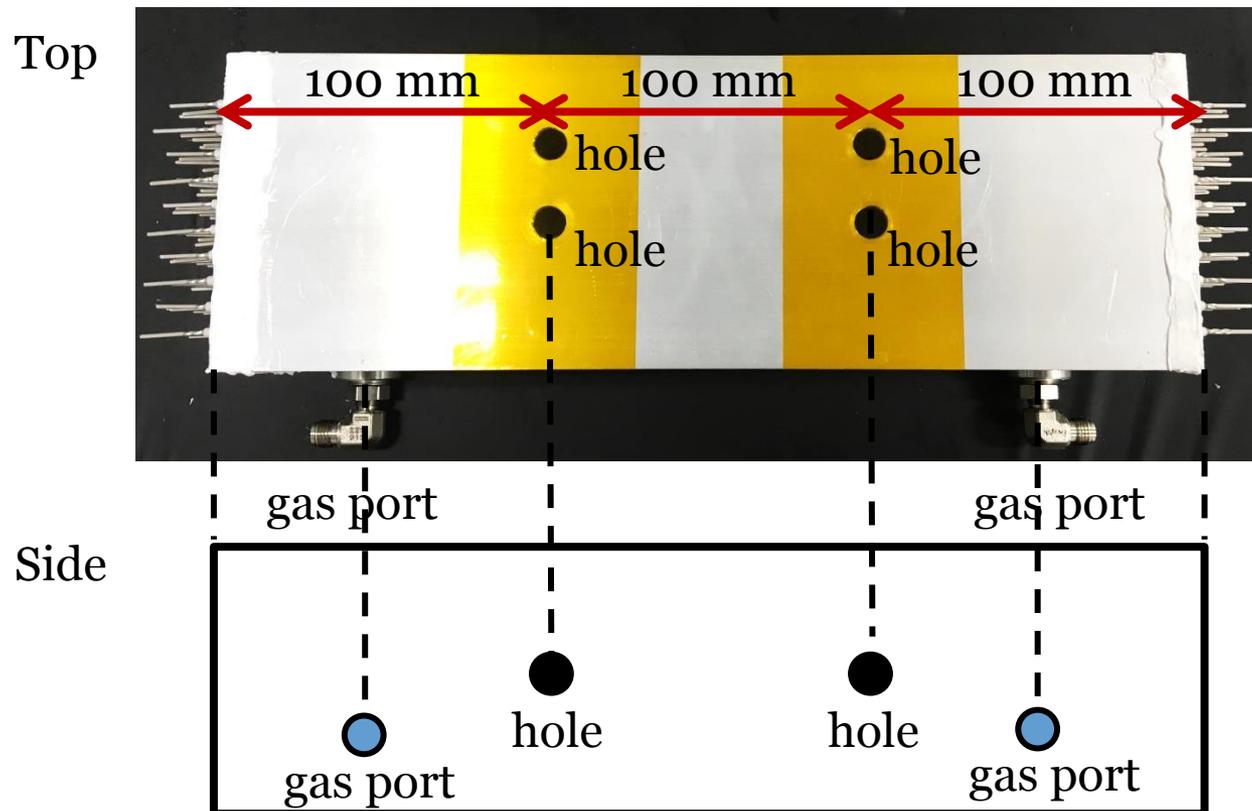
9セルチェンバー



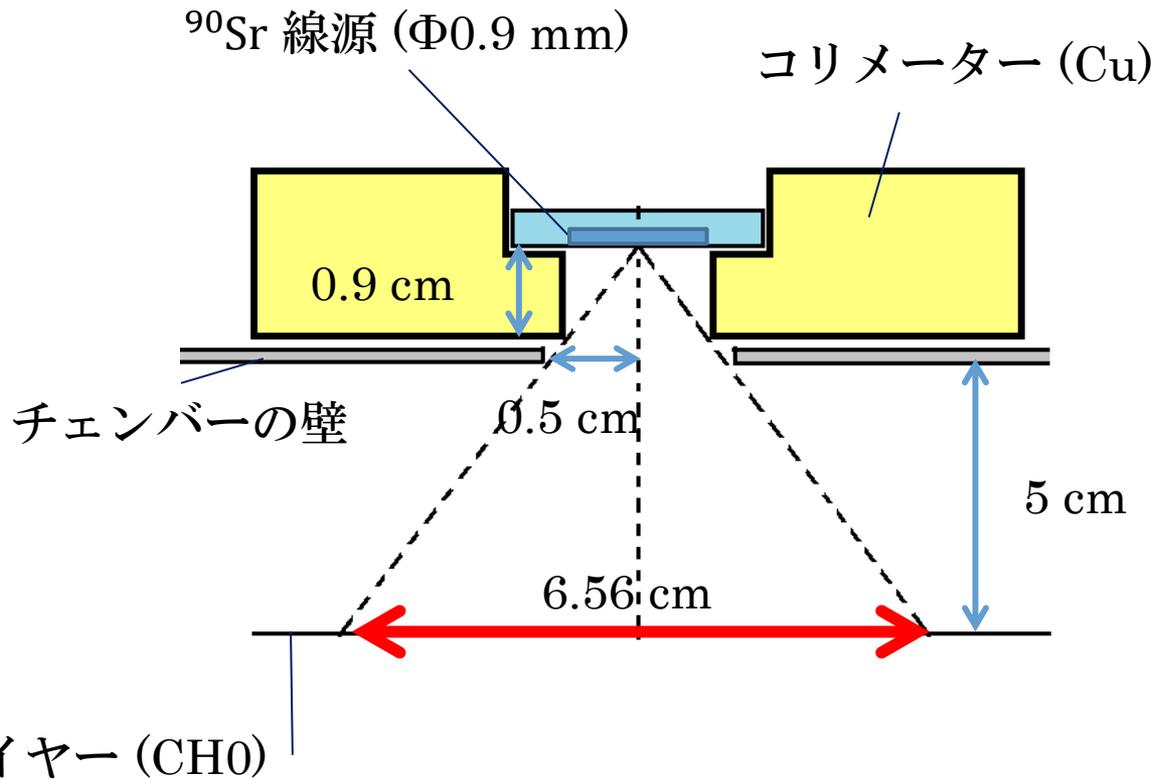
● ガードワイヤー ● センスワイヤー ● フィールドワイヤー ○ 読み出し

テストチェンバー

- 放射線照射用の窓
- 中央のセンスワイヤーから信号読み出し



^{90}Sr の積算電荷量

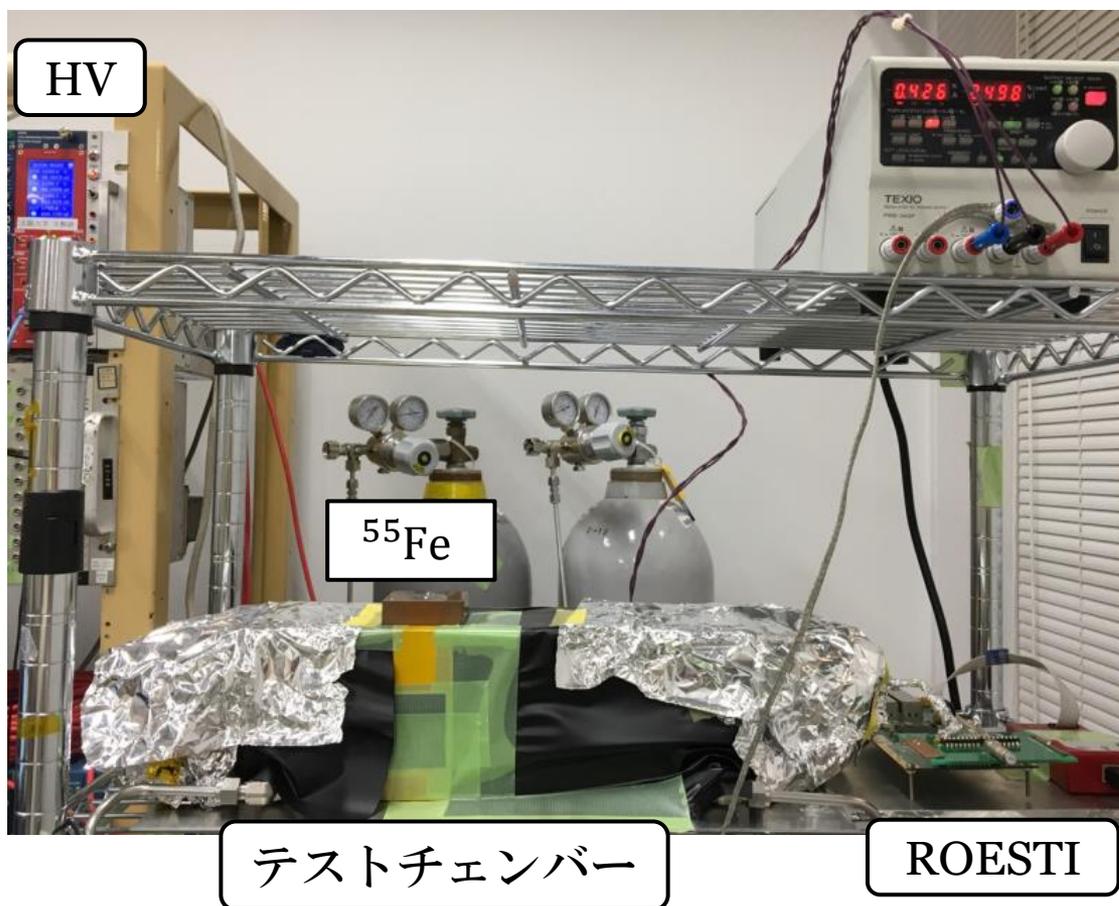
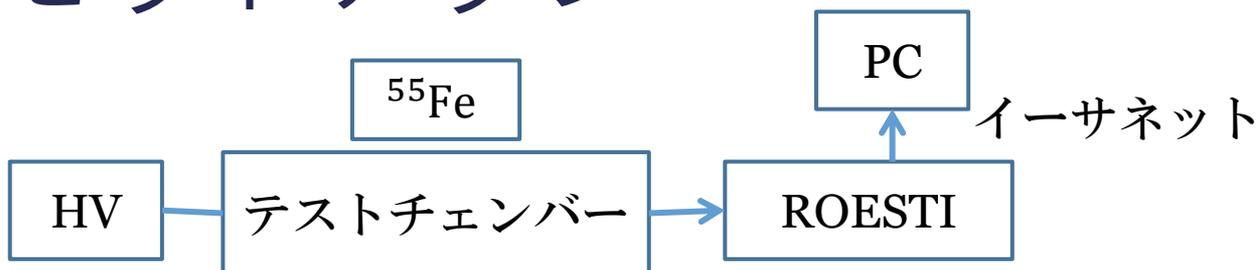


中央のセンスワイヤーに流れるカレント(He/C₂H₆ (50/50), HV 2300 V): 0.3 μA
 → 200 mC/cmを達成するには、約53日間の照射が必要

まずはHe/C₂H₆(50/50)を用いて5日間で最小目標値20 mC/cmのエージングを行い、Belleとの比較を行う。

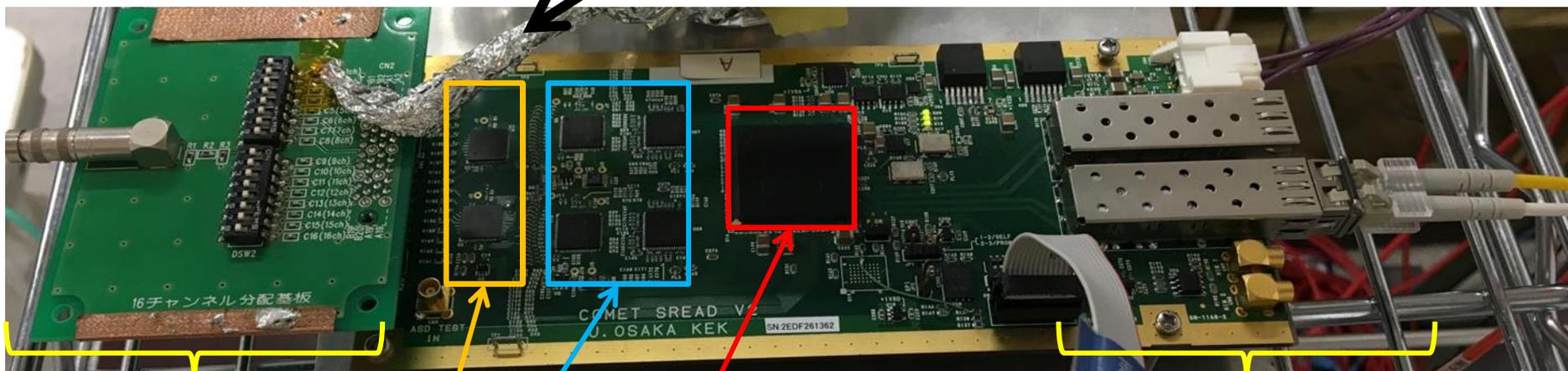
ガスゲインの測定

セットアップ



- データの読み出しにはCOMETで信号電子の識別を担うストロー飛跡検出器の読み出し回路である、ROESTI(Read Out Electronics of Straw Tube Instrument)を用いる。
- テスト信号入力用ボードを改造し、チェンバーからの信号を直接入力するようにはんだ付け。

ROESTI



信号入力基盤

8ch ADS (Amp Shaper Discriminator) ×2
増幅率1.1 V/pC、I-V変換、パルス整形

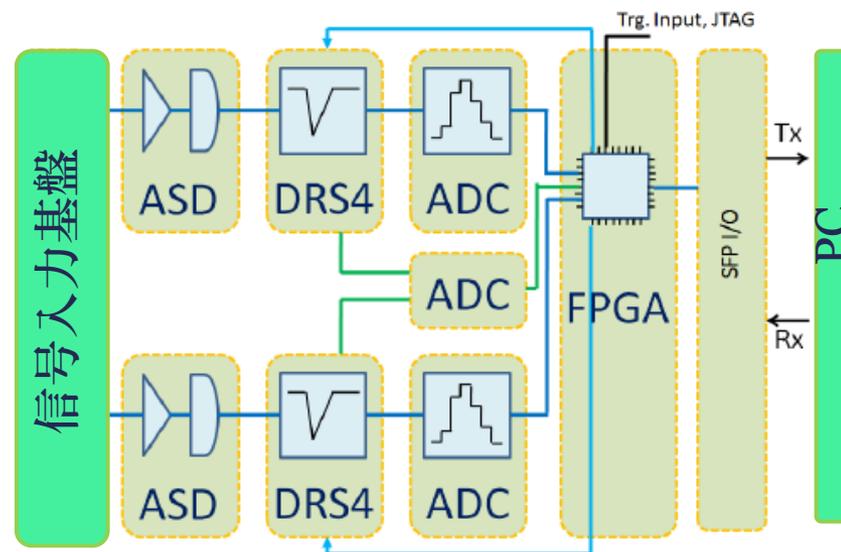
波形デジタイザ
DRS4

1024個のキャパシタを搭載、波高に比例した電荷を1 nsごとに蓄える

ADC
電荷の読み出しとデジタル化 (1ADC=0.25 mV)

FPGA
データサプレスなど

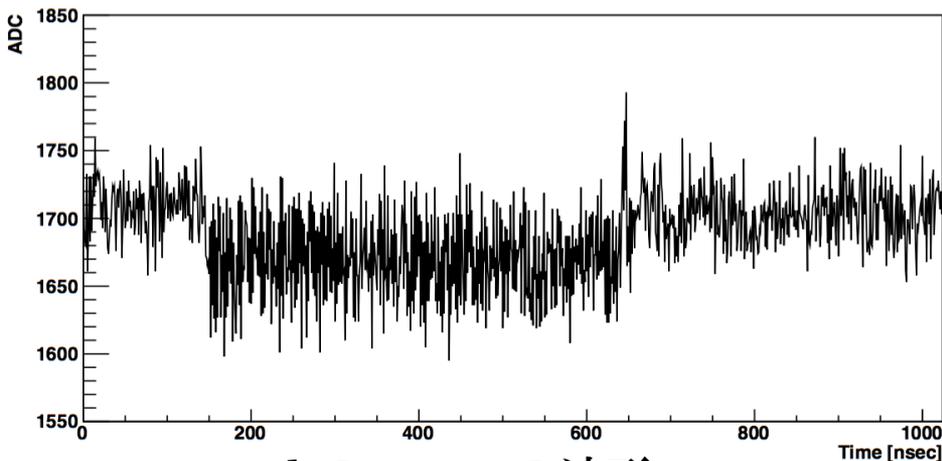
SFPモジュール
SiTCP通信でPCへデータ送信



ROESTIのパターンコレクション

- DRS4は1024個のキャパシタに、各時刻の順々に波高の高さに比例した電荷を蓄え、波形を記録。
- キャパシタには個性があり、それぞれ違ったペDESTALを持つ
- ペDESTALのデータを取り、各キャパシタごとにガウシアンフィッティングの中心値を求め、これを引くことで本来の波形を取り出す(パターンコレクション)

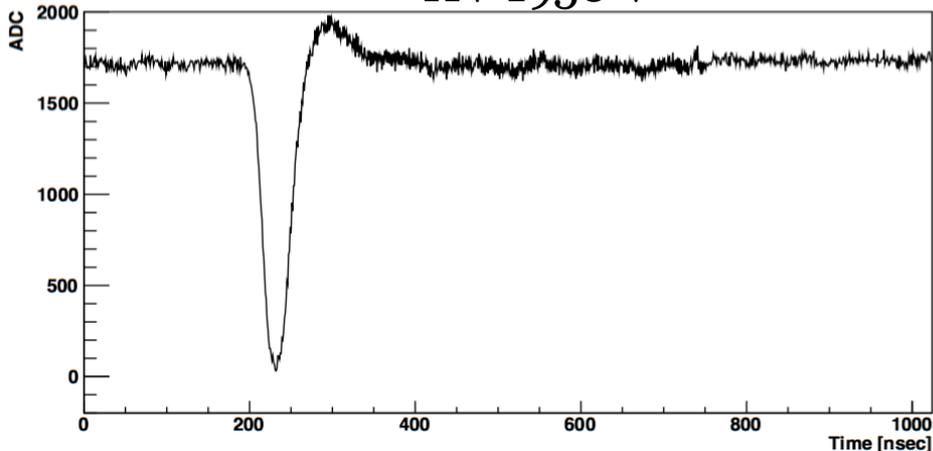
Waveform run0006, ch: 0, entry:1



0 chのentry 1の波形

Waveform run0228, ch: 0, entry:26

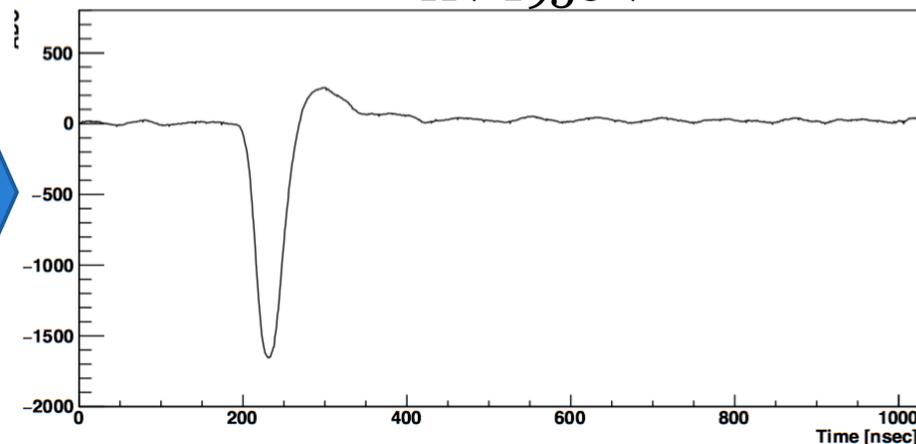
HV 1950 V



パターンコレクション前の ^{55}Fe の波形

Waveform run0228, ch: 0, entry:26

HV 1950 V

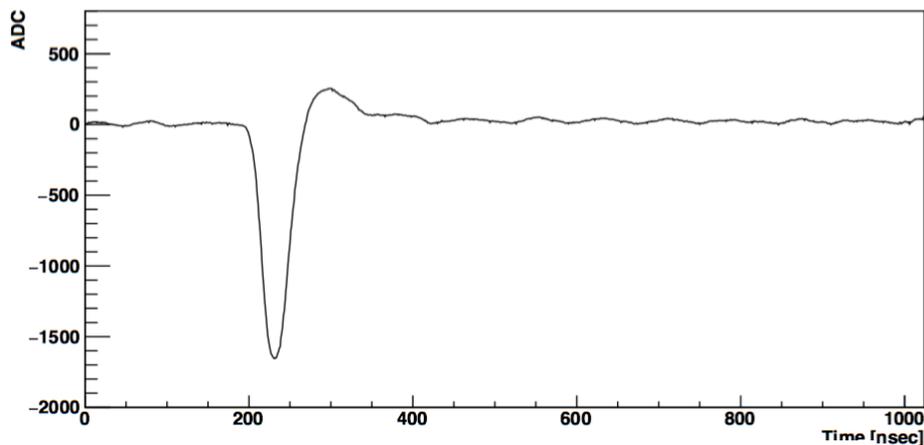


パターンコレクション後の ^{55}Fe の波形

ガスゲインの測定

- 用いるX線源 ^{55}Fe

Waveform run0228, ch: 0, entry:26



実際に得られた信号波形

印加電圧 2290 V

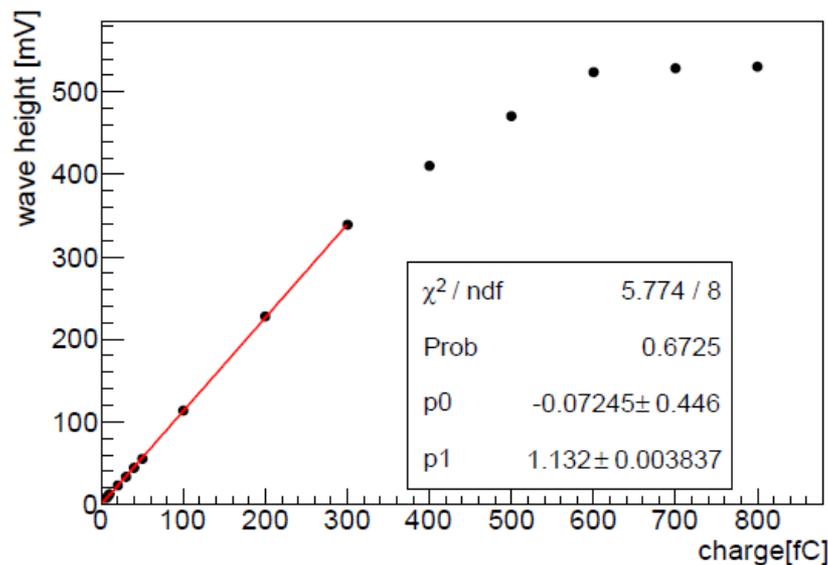
しきい値 -280 mV

ガス混合

He(20 mL/min): C₂H₆ (20 mL/min)

1 ADC = 0.25 mV

wave height vs charge



- 過去のROESTIの性能評価試験から、得られた波高と電荷の関係を用いて、ガスのゲインを計算する。

図 波形の高さと電荷の関係

引用 岡本慧太、『COMET実験用ストロー飛跡検出器の読み出し回路の開発』、修論

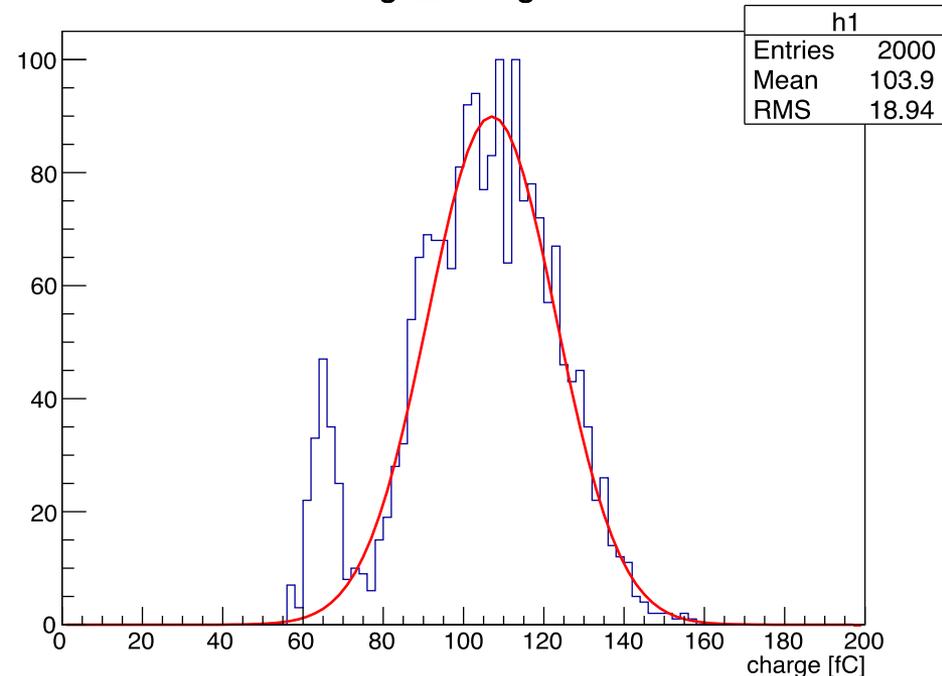
問題点

ガスゲイン
電荷のヒストグラム → ガウシアンフィッティング → 中心値の取得



ノイズと信号が重なってしまっていた。

charge_histograms



考えられる解決策

- 印加電圧を変える
ノイズと信号波形の分離
印加電圧は高くするとゲインが高くなり、信号ヒストグラムのピークが右にシフトする。
- しきい値を変える
ノイズのしきい値による排除

しきい値と印加電圧を最適化する必要

閾値 -

まとめ

- COMET CDCに対するエージング試験の準備が行われている。
- COMET Phase Iでの積算電荷量は20 mC/cm/wireより、10倍の200 mC/cm/wireを照射したときに、ゲインの低下がどれほどあるか測定する。
- 信号の波形の読み出しにはROESTIを用いる。
- He/C₂H₆ (50/50)でのガスゲインの測定を行った。
→ノイズ落とし、しきい値と印加電圧の最適化をする必要性
- エージング試験を来週中に開始する。

バックアップ

ドリフトチェンバーの原理

