

Quench Gasのみを用いたDrift Chamberの動作特性

東北大理 篠原 督和、大津 秀暁、小林 俊雄

目的

Drift Chamber

- ・ 荷電粒子の通過位置を測定するガス検出器
- ・ 充填ガス：通常Ar/He+Quench Gas($i\text{-C}_4\text{H}_{10}$, C_2H_6 , ...)
- ・ 将来的にはビームライン（真空）で用いたい
- ・ 低圧力ではQuench Gasがほぼ100%
- ・ Quench Gasのみでの動作は未確認

⇒大気圧でQuench Gasのみでの動作特性を評価

- ・ 検出効率
- ・ Pre-Amp出力
- ・ 位置分解能

検出器

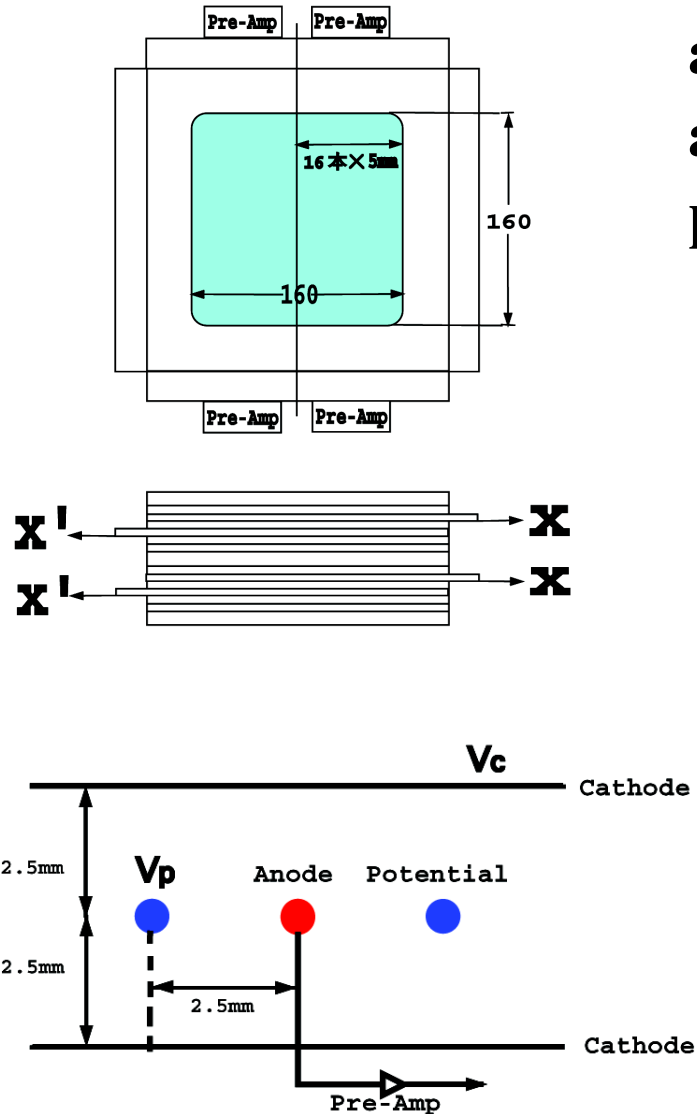
Cell size

anode-potential : 2.5 mm

anode-cathode : 2.5 mm

anode wire : 15 μm ϕ Au-W/Re

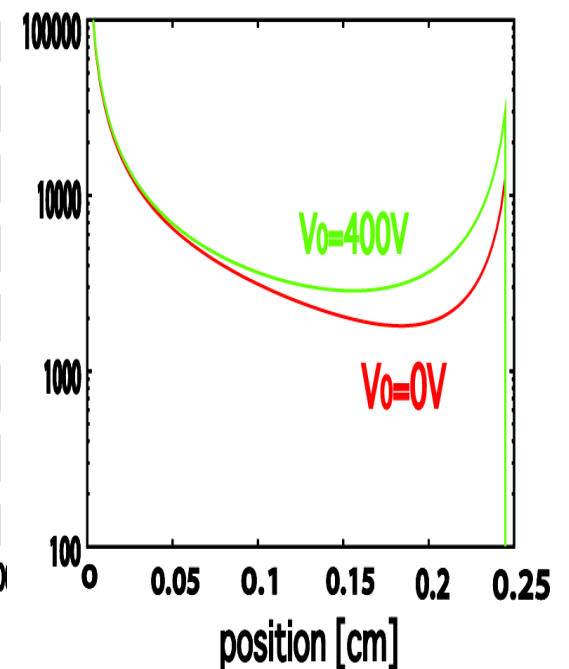
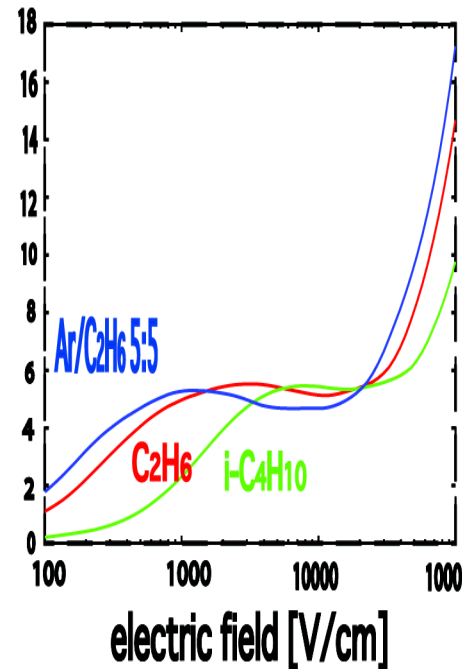
potential wire : 80 μm ϕ Au-Al



$$V_P = V_C - V_0 \quad (V_0 = 0V \sim 400V)$$

drift velocity [cm/ μsec]

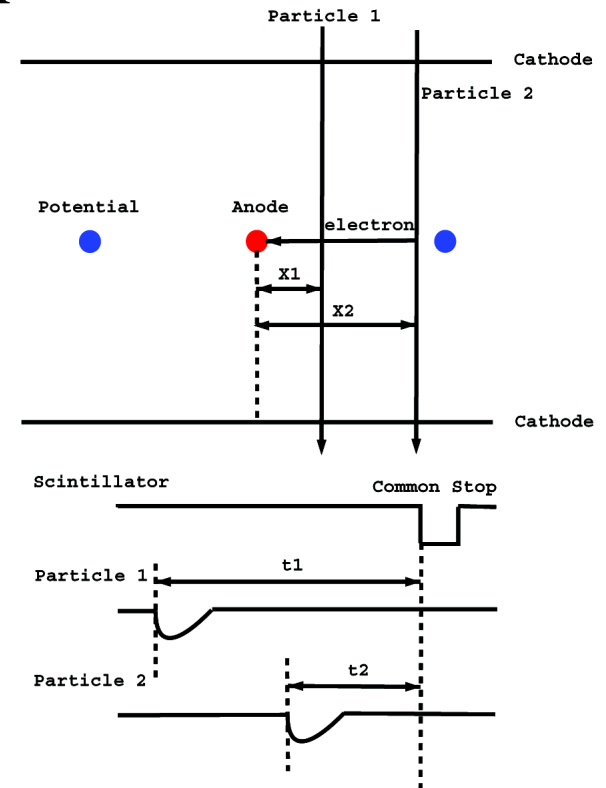
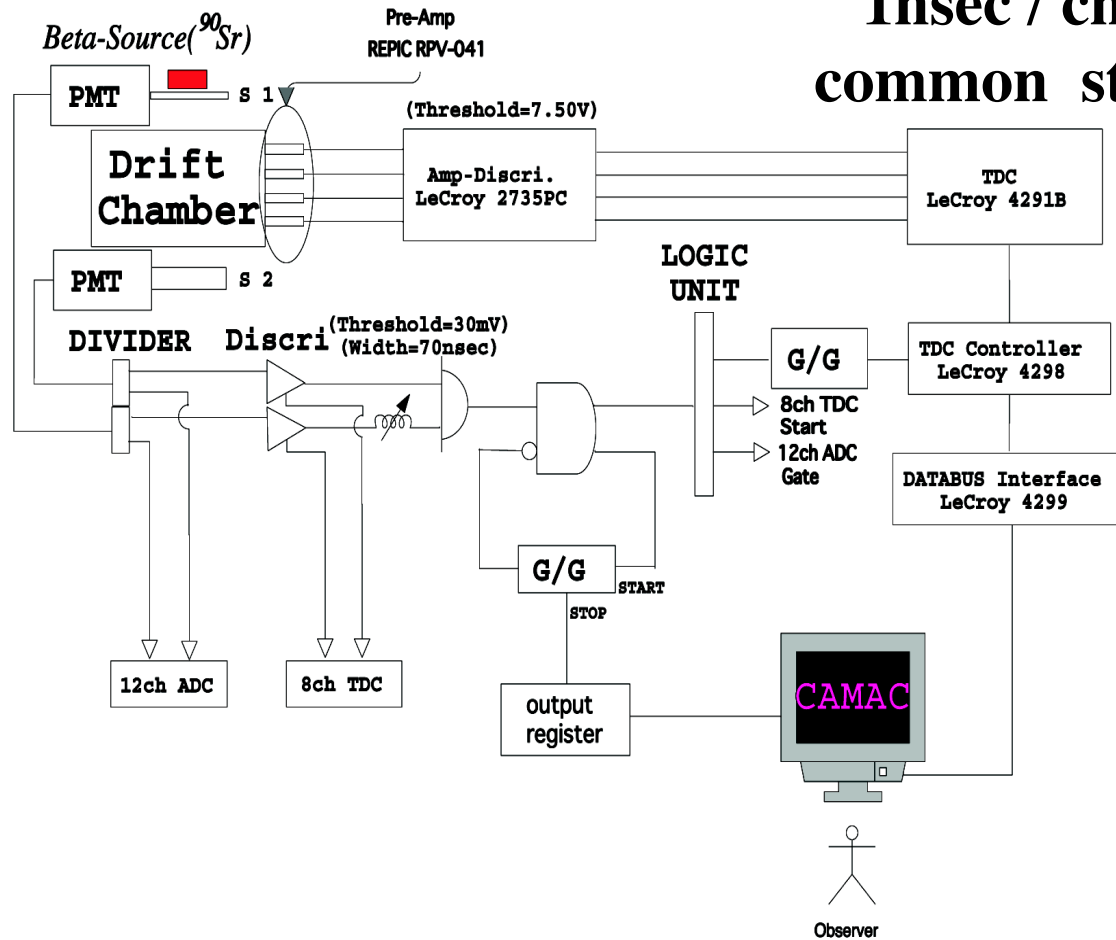
electric field [V/cm]



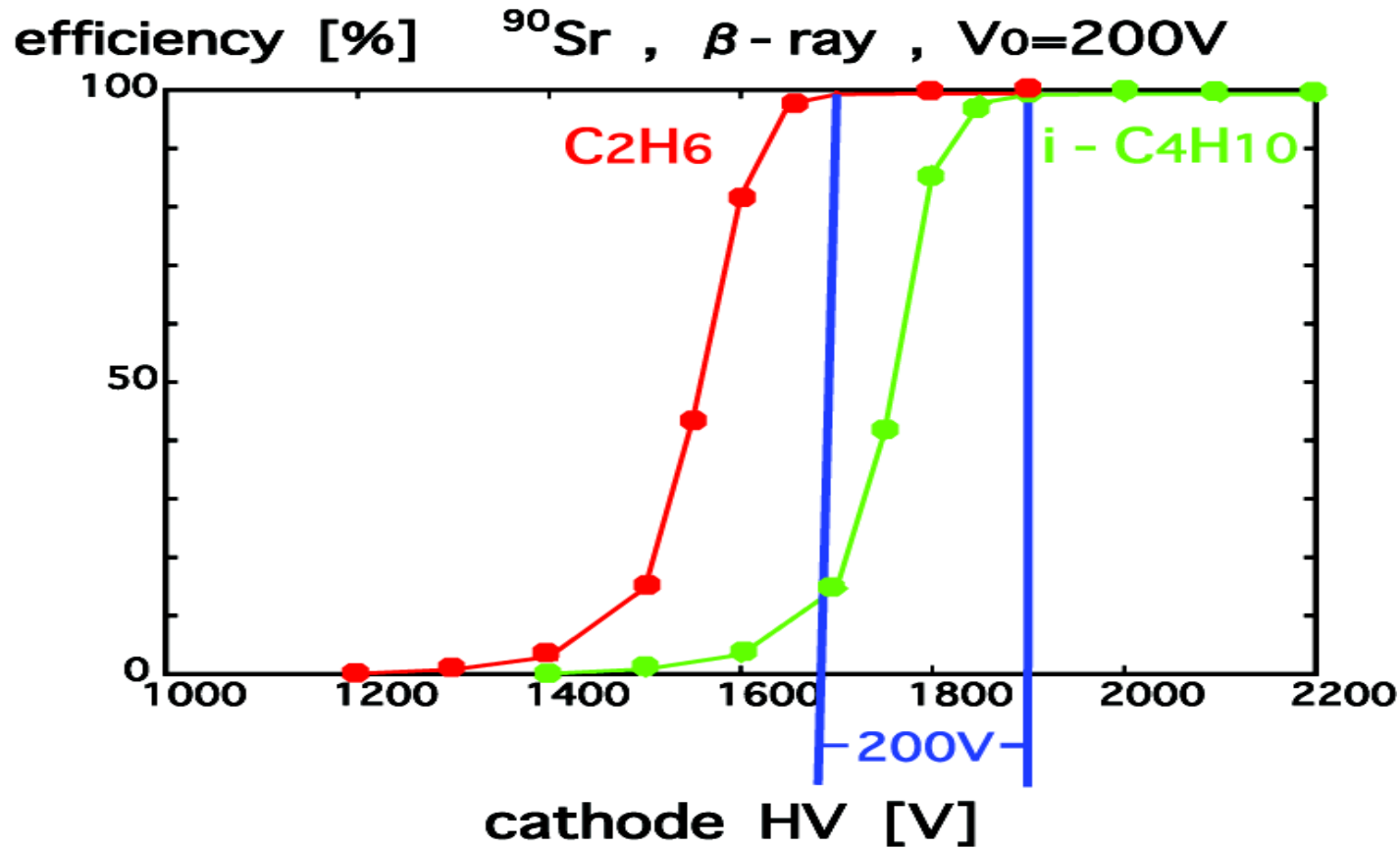
テスト回路

$$\text{efficiency} = (\text{valid TDC event}) / (\text{trigger event}) \times 100 [\%]$$

1nsec / ch
common stop



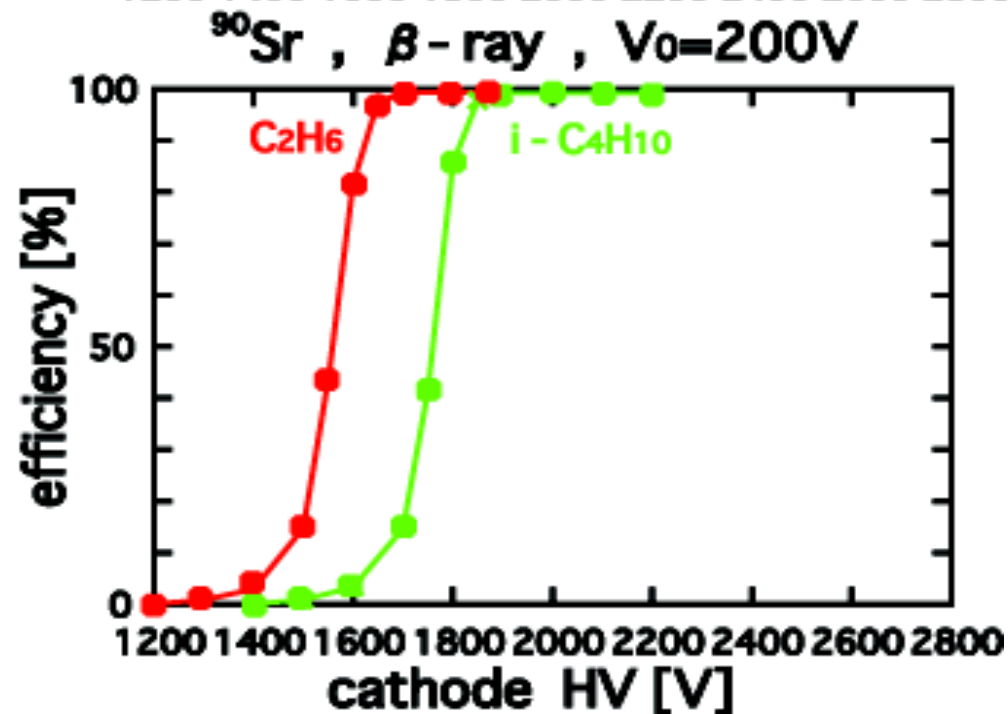
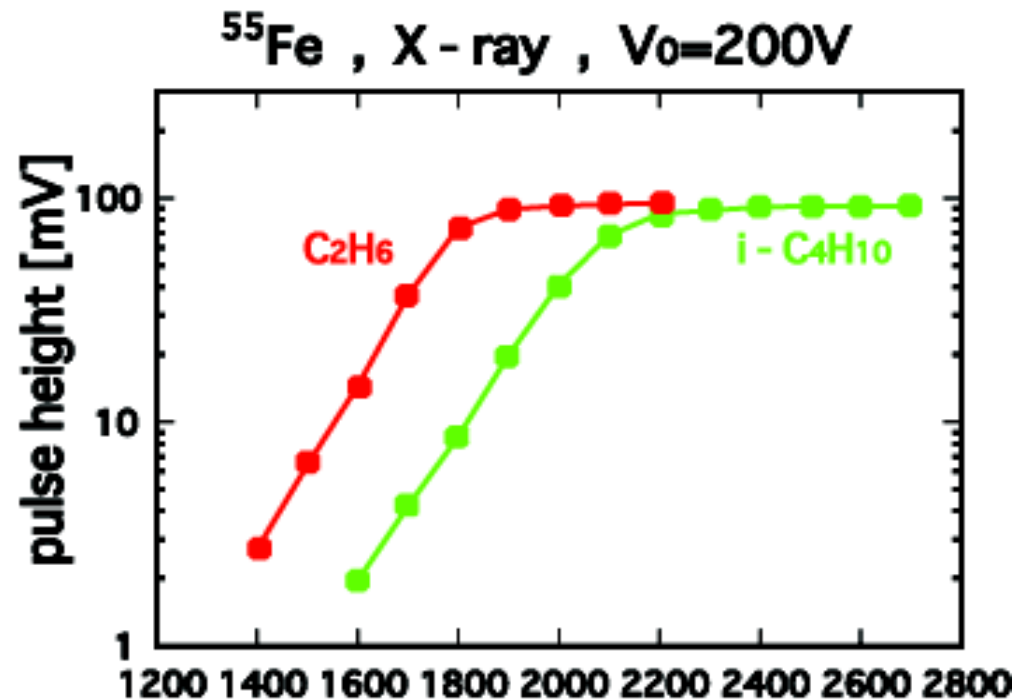
β 線（最小電離粒子）に対する検出効率（efficiency）



- Quench Gas 100%でもefficiency~100%のプラトーを持って動作する。
- C₂H₆の方が i-C₄H₁₀より200V動作点が低い。

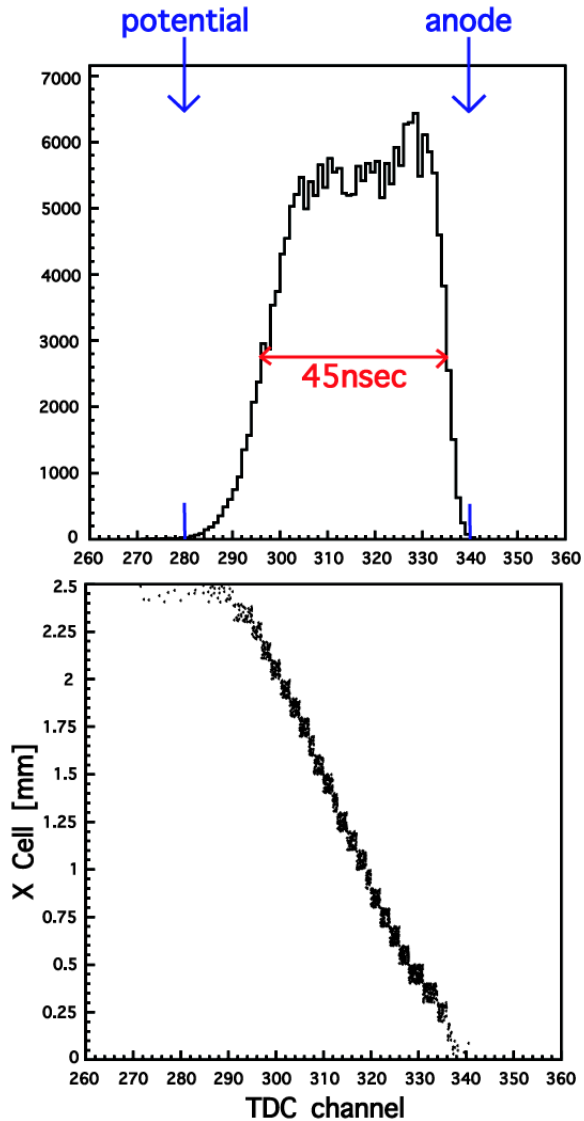
Pre-Amp 出力

	i-C ₄ H ₁₀	C ₂ H ₆
ρ [mg/cm ³]	2.36	1.22
W 値 [eV]	23.2	24.4
energy loss [keV]	3.24	1.82
一次電離電子 [個]	140	75



位置分解能 1

(1) Drift time分布(TDC) (2) 0次のT → X変換



仮定：β線が有感面に一様に当たる

$$\text{i.e. } dN / dx = \text{const}$$



$$X(t) \propto \int (dN / dt) dt$$

$$\text{TDC}(1 \sim 512\text{ch}) \rightarrow X(\text{mm})$$

$$(1\text{ch} \sim 1\text{nsec})$$

(3) 4面 fit

2⁴通りの組み合わせ

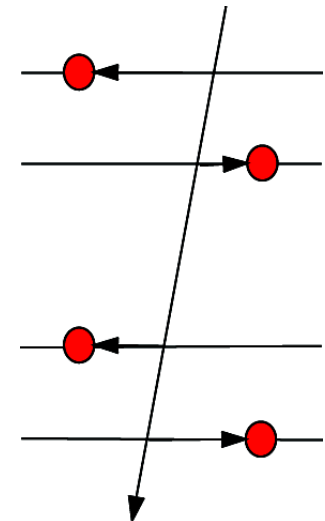
直線で fit



χ²最少の組み合わせを選択

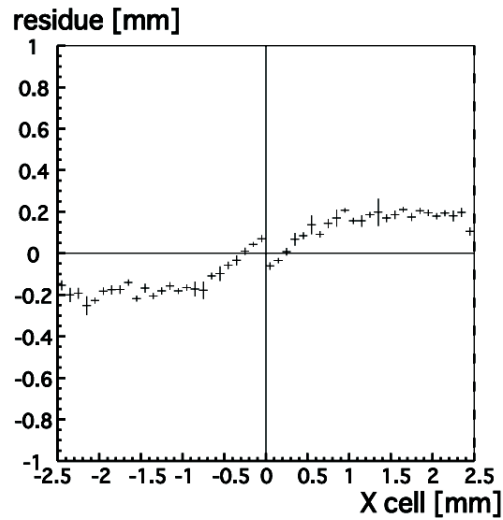


残差

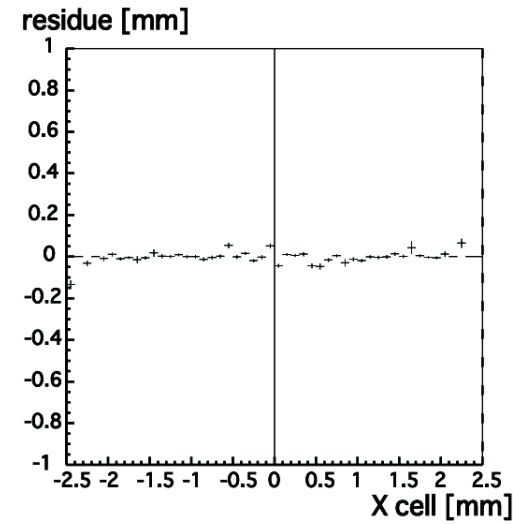


位置分解能 2

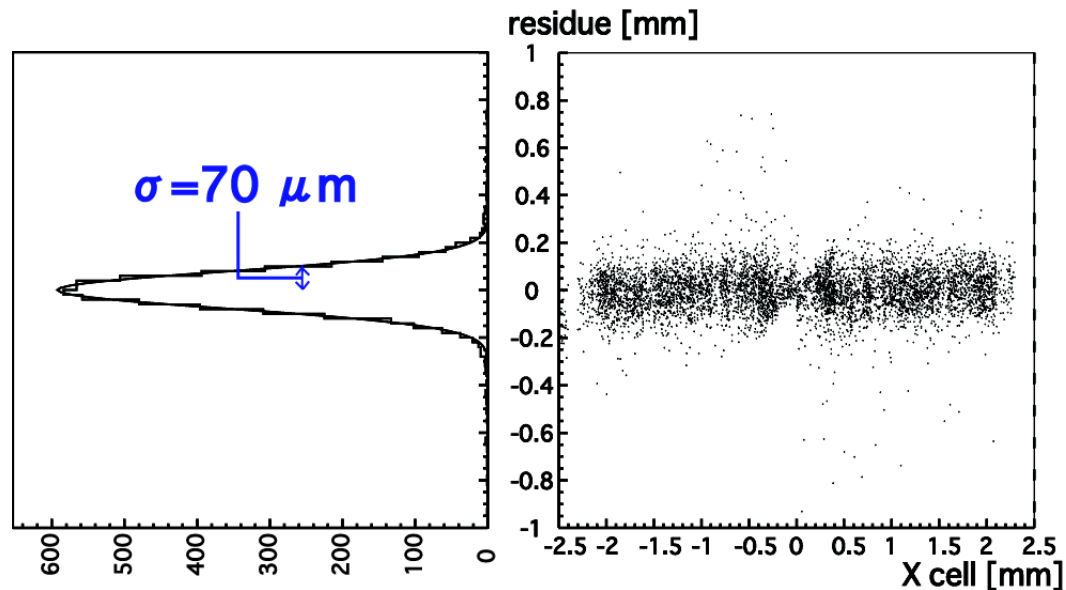
(4) 残差分布



多項式でfit
T⇒X変換を補正



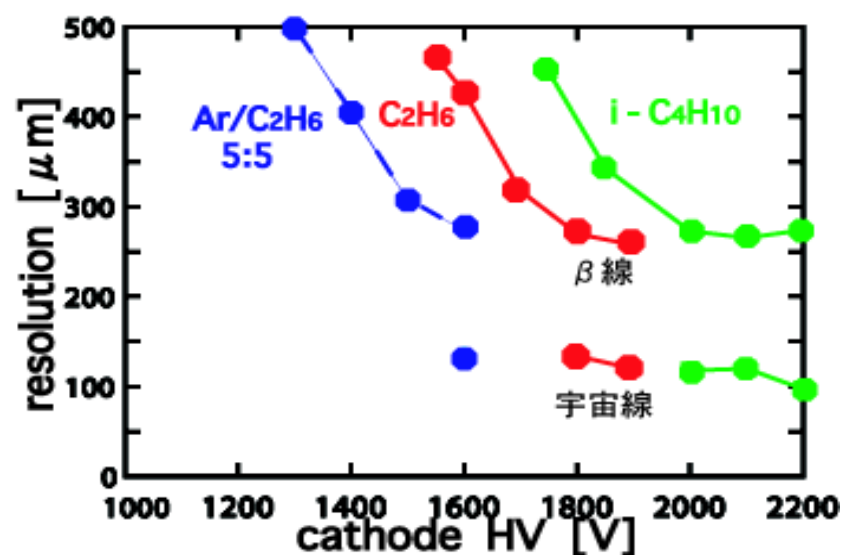
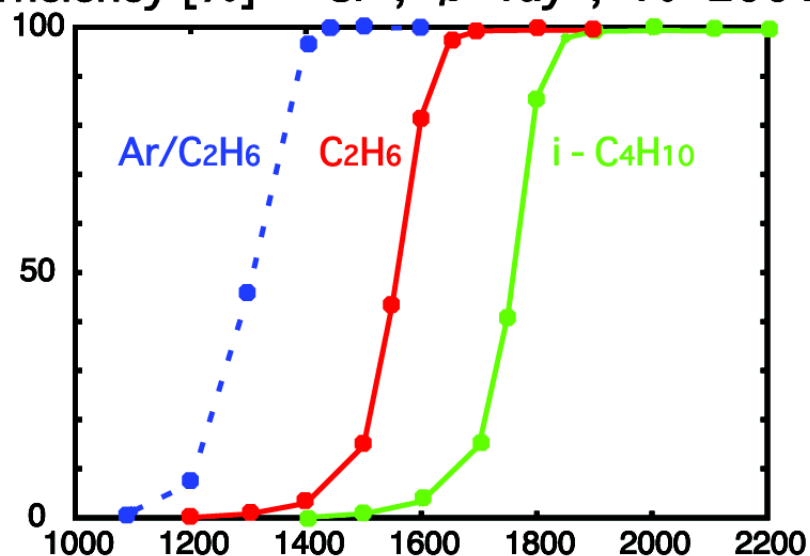
(5) 残差分布をy軸に射影



(6) 残差分布 ⇒ 位置分解能

位置分解能の結果

efficiency [%] ^{90}Sr , β -ray, $V_0=200\text{V}$



位置分解能

β 線 : 265 μm i-C₄H₁₀
 257 μm C₂H₆

宇宙線 : 97 μm i-C₄H₁₀
 117 μm C₂H₆

c.f. : 134 μm Ar / C₂H₆ (5 : 5)

まとめ

大気圧でQuench Gas100%におけるDrift Chamberの動作特性を2種類のガスを用いて評価

- ・ β 線（最少電離粒子）に対する検出効率（efficiency）
i-C₄H₁₀、C₂H₆ とともに efficiency $\sim 100\%$ のプラトーを持って動作

- ・ Pre-Amp出力

Pre-Ampの相対出力 \Rightarrow HVに対して exponential で増加

- ・ 位置分解能

$$\text{i-C}_4\text{H}_{10} \quad \sigma = 97 \text{ } [\mu\text{m}]$$

$$\text{C}_2\text{H}_6 \quad \sigma = 117 \text{ } [\mu\text{m}]$$

\Rightarrow 低圧動作

位置分解能 3

(6) 残差分布 $\Delta r \Rightarrow$ 位置分解能 Δx

最少 2 乗法の計算から算出

$$\Delta r_1 = 0.6597 \Delta x$$

$$\Delta r_2 = 0.7515 \Delta x$$

$$\Delta r_3 = 0.7515 \Delta x$$

$$\Delta r_4 = 0.6597 \Delta x$$

位置分解能のHV依存性

- i - C₄H₁₀

$V_c \backslash V_0$	0 V	200 V	400 V
2000 V	123 μm	118 μm	225 μm
2100 V	115 μm	120 μm	108 μm
2200 V	107 μm	97 μm	101 μm

- C₂H₆

$V_c \backslash V_0$	0 V	200 V
1800 V	144 μm	134 μm
1900 V	117 μm	120 μm

物質量と多重散乱

	L/L_R
i - C₄H₁₀	3.12 × 10⁻⁴
C₂H₆	1.56 × 10⁻⁴
Window (×2)	0.28 × 10⁻⁴
Cathode (×9)	3.76 × 10⁻⁴
Anode (×8)	0.81 × 10⁻⁴
Potential (×8)	0.90 × 10⁻⁴

(L:物質の厚さ、L_R:放射長)

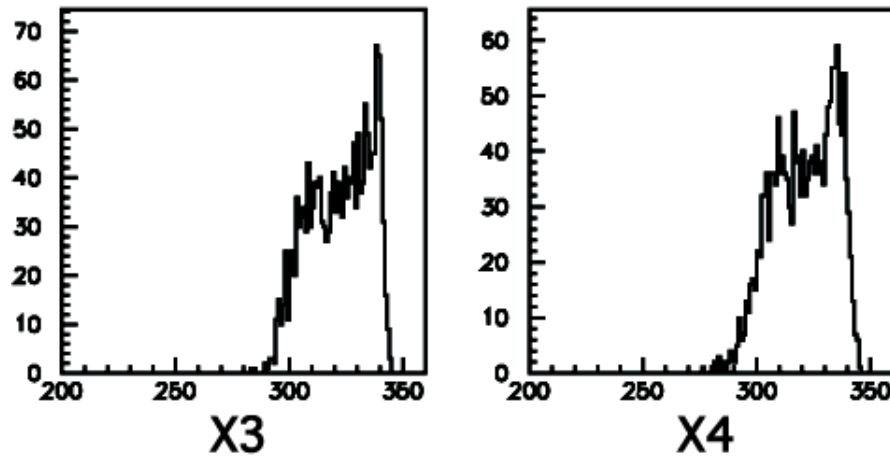
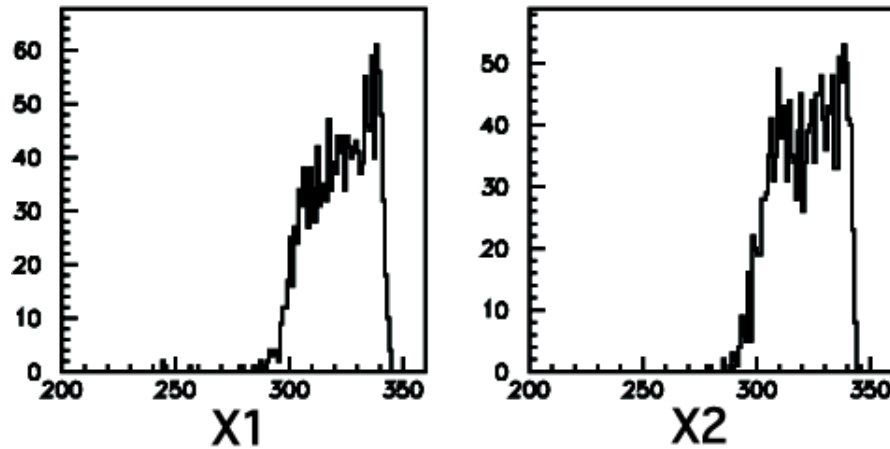
C₂H₆を用いた場合での、クーロン多重散乱角 θ :

宇宙線 : $\theta \sim 0.23 \text{ mrad}$ (0.013°)

β 線 (⁹⁰Sr) : $\theta \sim 0.30 \text{ rad}$ (17°)

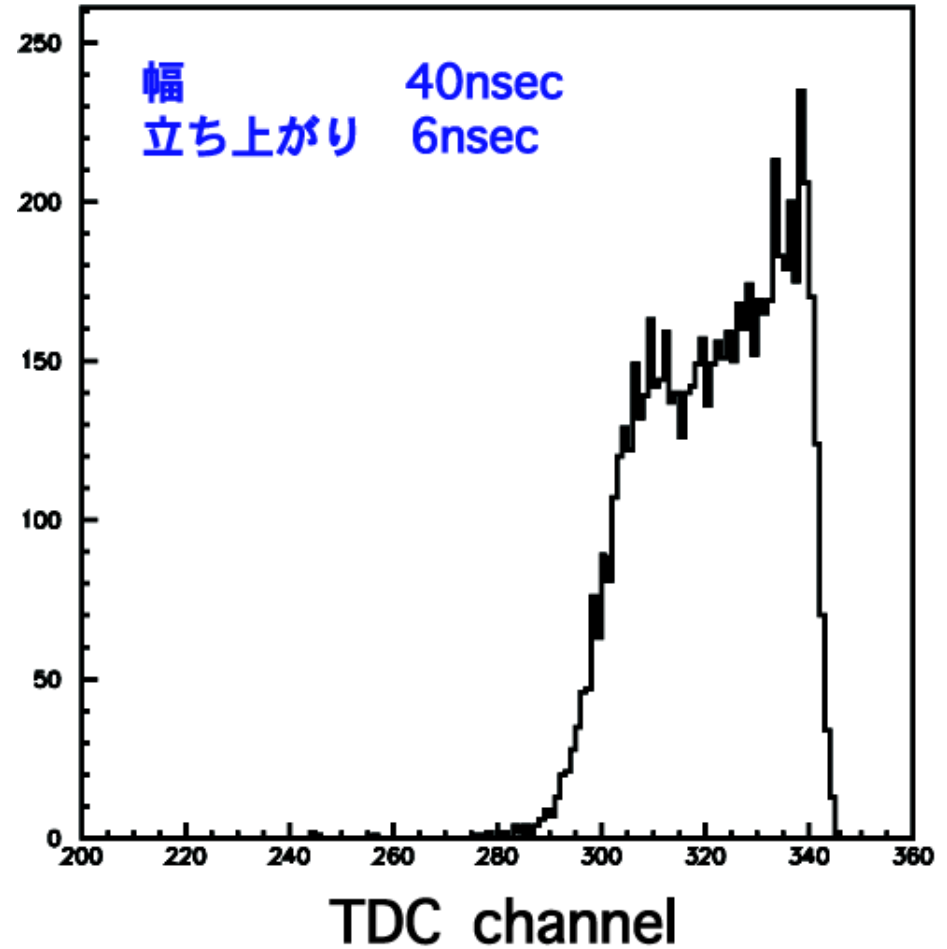
Drift time分布(TDC)1

i - C₄H₁₀ , V_c=2200V , V₀=200V



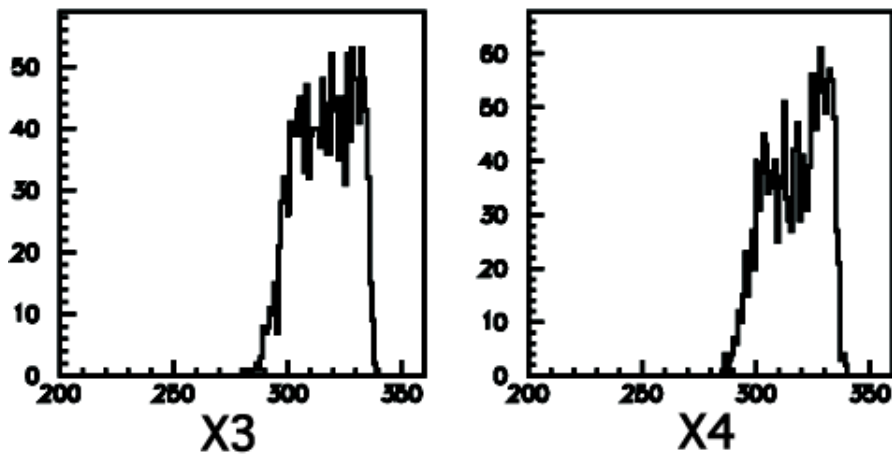
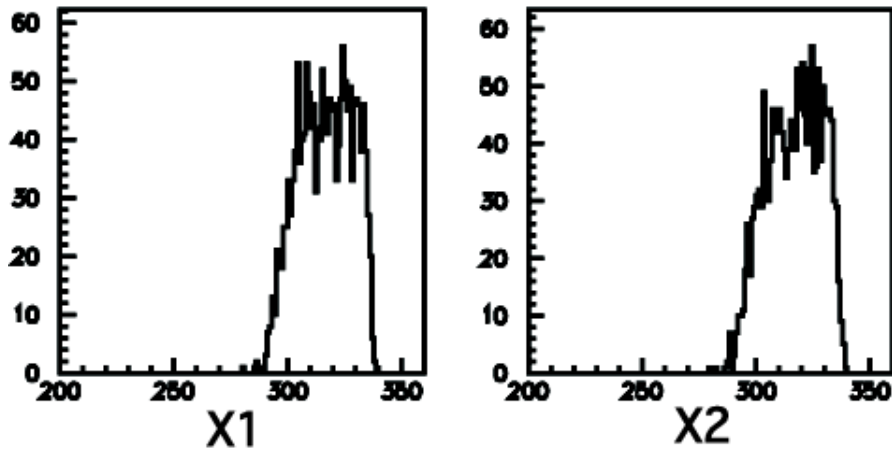
TDC channel

i - C₄H₁₀ , V_c=2200V , V₀=200V



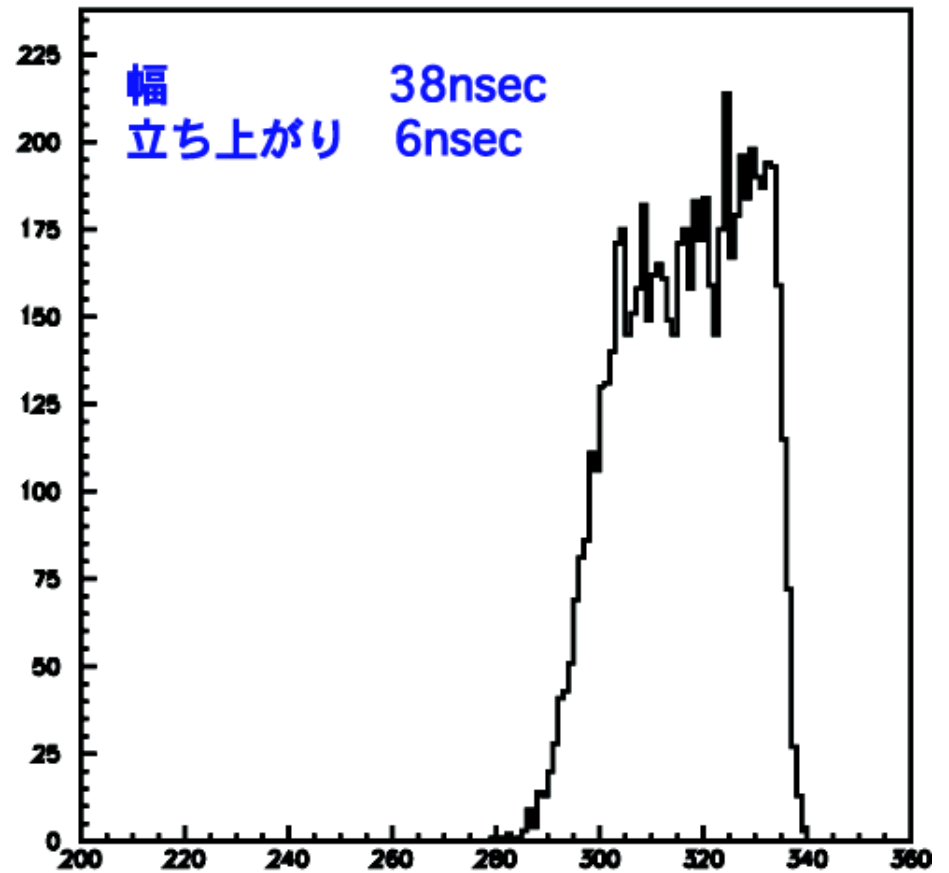
Drift time分布(TDC)2

C₂H₆ , V_c=1900V , V₀=0V



TDC channel

C₂H₆ , V_c=1900V , V₀=0V

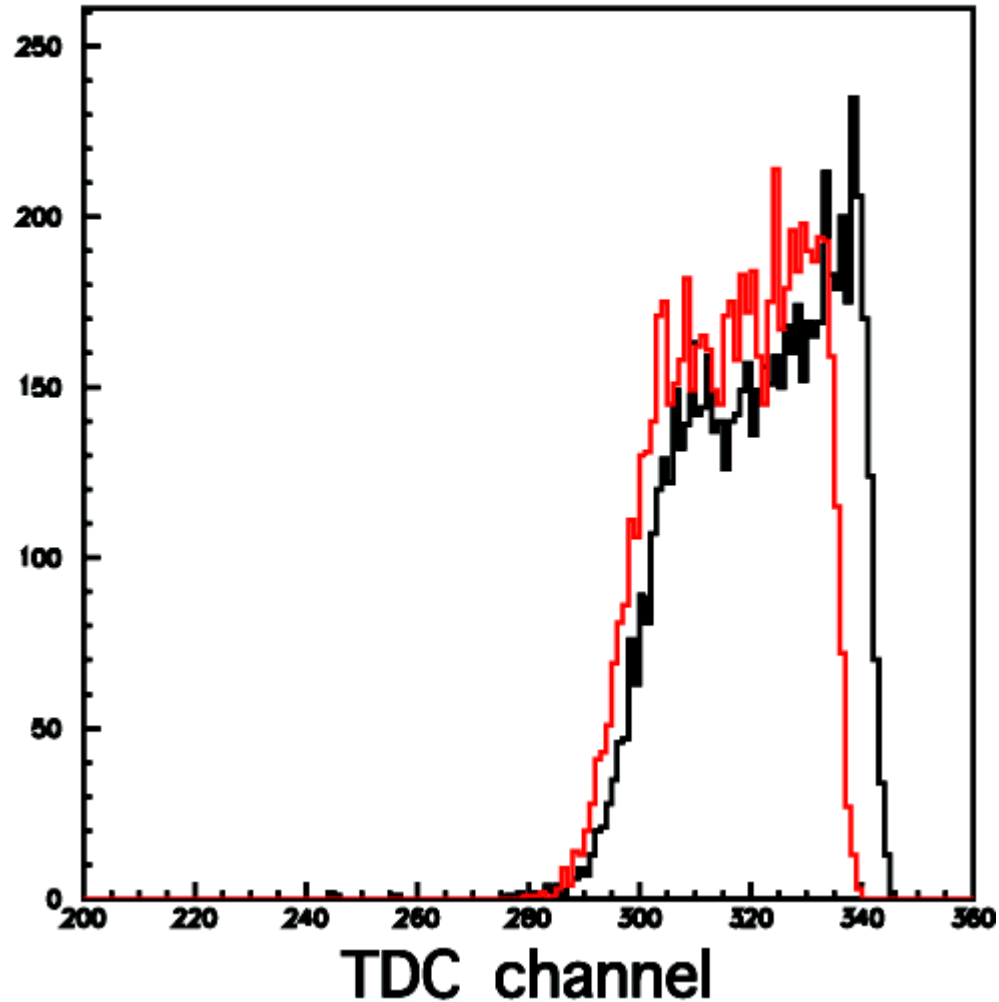


TDC channel

Drift time分布(TDC)3

赤 C_2H_6 , $V_c=1900V$, $V_0=0V$

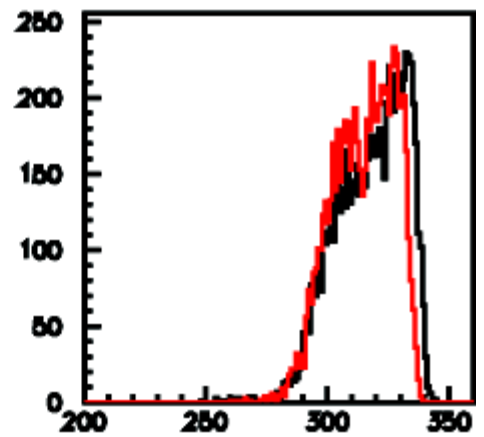
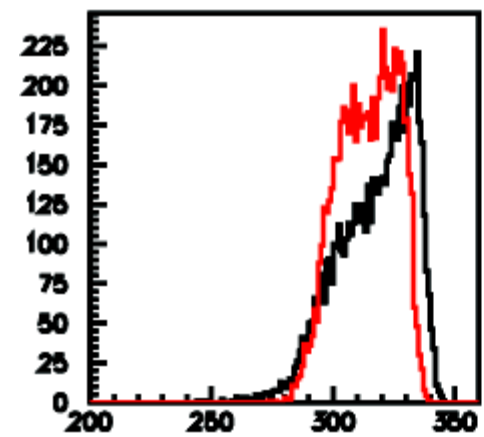
黒 $i-C_4H_{10}$, $V_c=2200V$, $V_0=200V$



Drift time分布(TDC)4

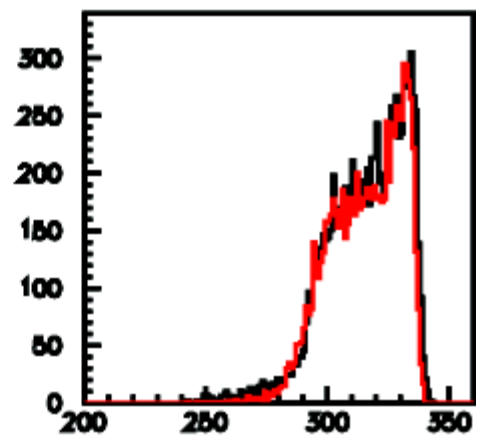
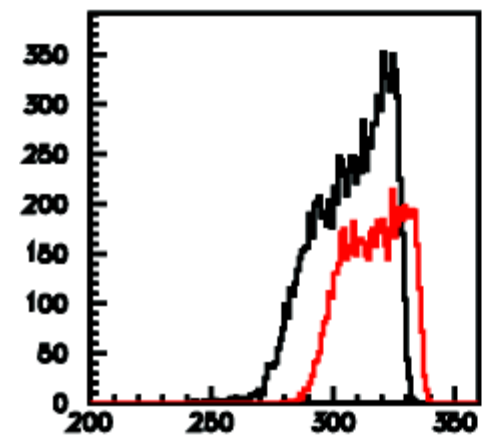
赤 C₂H₆
黒 i-C₄H₁₀
V₀=0V

V₀=200V



V₀=0V

V₀=200V



TDC channel

原理

(1) Drift Chamber

Drift時間 ⇒ Drift距離

(2) 充填ガス

通常、希ガス (Ar/He...) + Quench Gas

(i-C₄H₁₀, C₂H₆...)

希ガス

- ・ 電離の他に励起状態から基底状態に落ちる時光子を放出
- ・ その光子がガス分子中の電子と光電効果を起こし、また新たに電子を放出
- ・ それが繰り返され、最終的には放電してしまう
- ・ 位置分解能の悪化

Quench Gas

- ・ 4原子以上からなる分子で、回転、振動などの様々な励起状態を持つ
- ・ 光子を吸収可
- ・ 放電を防止

