

# 重RIビーム粒子識別用検出器の開発

## 16P181

参加者	大関和貴、松田洋平、直井由紀、三木俊也、遠藤奈津美、 日下理太郎、來山益久、稲福清彦、岡村弘之、小林俊雄 (東北大) 大津秀暁 (理研) 佐藤良輝 (東工大) 高田栄一 (放医研)
実験期間	2004年12月
／ビーム	290 MeV/A $^{40}\text{Ar}$ (Z=18)、2次ビーム(Z<18) @SB2/F3
	2005年7月, 2005年12月
	$^{40}\text{Ar}$ (Z=18), $^{84}\text{Kr}$ (Z=36) 1次ビーム @400 MeV/A
	2次ビーム(Z<34) @250-300 MeV/A
	2006年6月、2007年1月
	Xe(Z=54), $^{84}\text{Kr}$ (Z=36) 1次ビーム @400 MeV/A
	2次ビーム(Z<54) @300 MeV/A
	$^4\text{He}$ , $^{12}\text{C}$ , $^{20}\text{Ne}$ 1次ビーム @230-300 MeV/A

---

検出器	位置検出器 :	Drift Chamber (6角セル,4角セル) 低圧力/常圧Drift Chamber 低圧力MWPC 低圧力/常圧Cathode読出型Drift Chamber 高計数率Drift chamber
	全エネルギー検出器 :	HP-Ge, NaI(Tl) + PMT CsI(l) + PD
	電荷検出器 :	Si 多層電離箱
	速度検出器 :	全反射型Cherenkov検出器 透明セラミック、高屈折率ガラス

目的： 200-300 MeV/A、 $A < 100$ の入射核破砕片の粒子識別

質量  $\frac{\sigma_A}{A} \approx \frac{0.2}{100}$

→ 電荷

$\frac{\sigma_z}{z} \approx \frac{0.2}{40}$

エネルギー損失  $\frac{\sigma_{\Delta E}}{\Delta E} \approx \frac{1}{100}$

運動量

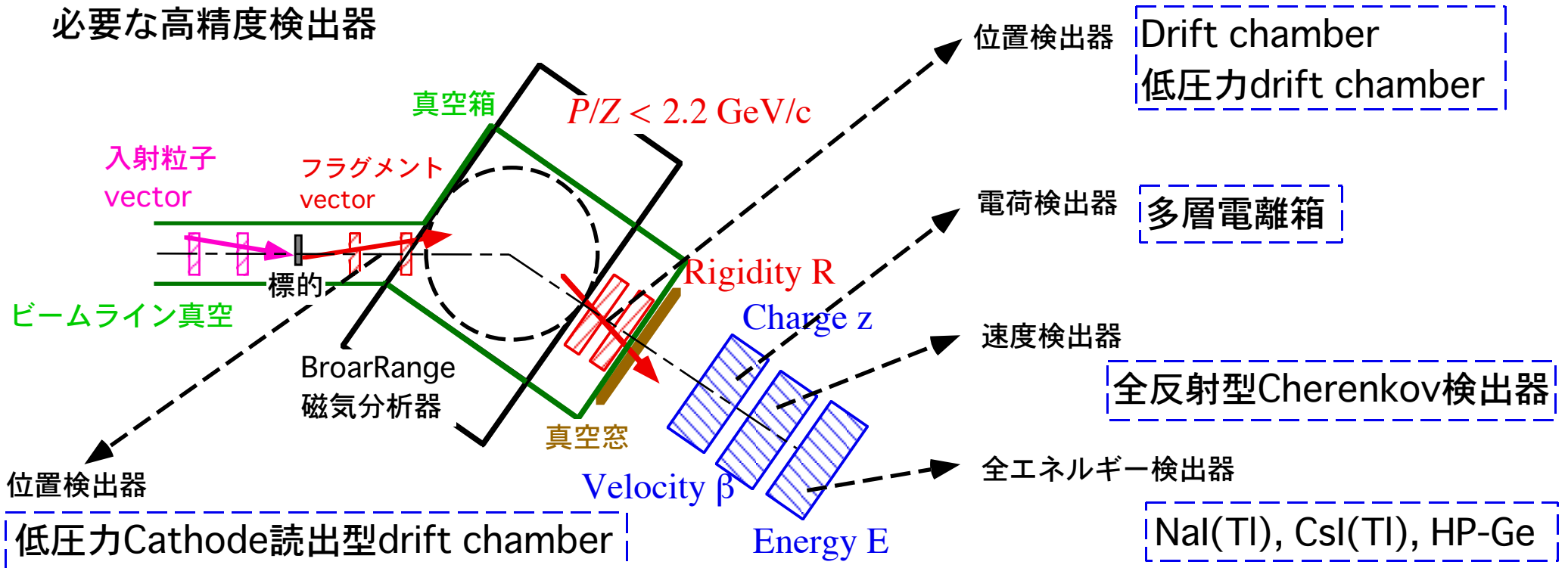
$\frac{\sigma_R}{R} \approx \frac{1}{1000}$

角度  $\sigma_\theta \leq 1 \text{ mrad}$

速度/全エネルギー

$\frac{\sigma_\beta}{\beta} \approx \frac{\sigma_E}{E} \approx \frac{1}{1000}$

必要な高精度検出器



# エネルギー損失(電荷) 検出器 : 多層電離箱

有効領域15x15cm<sup>2</sup>の多層電離箱－試作機

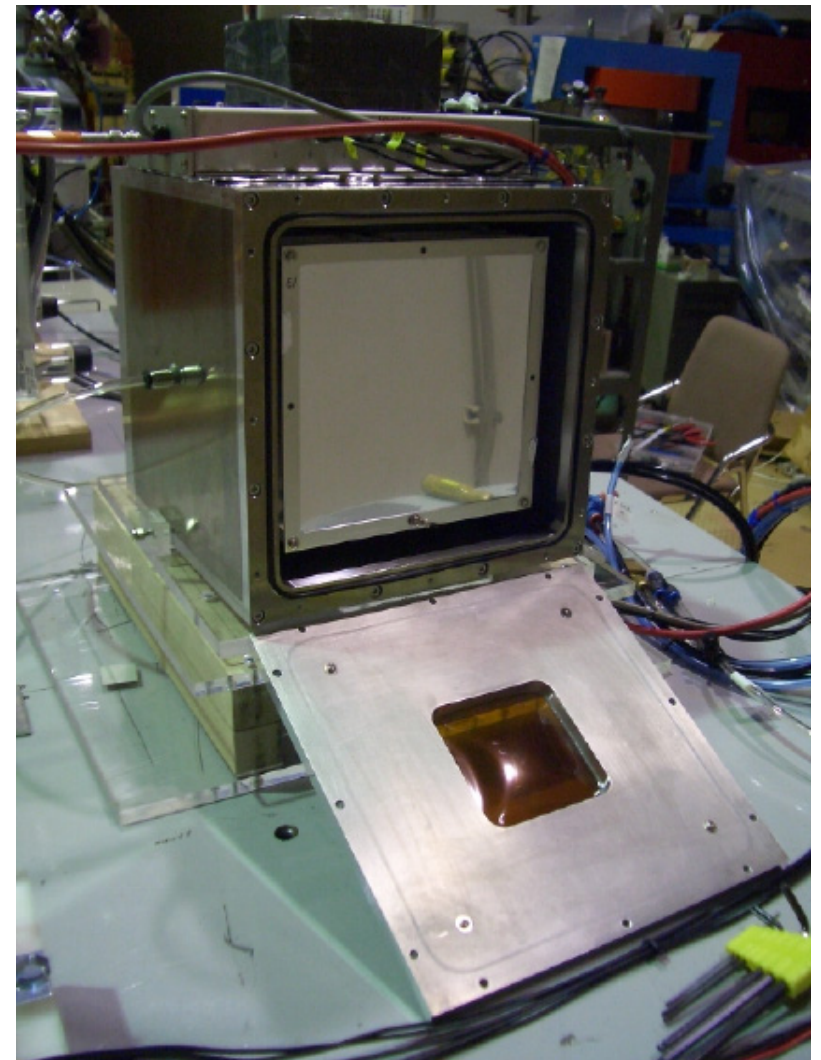
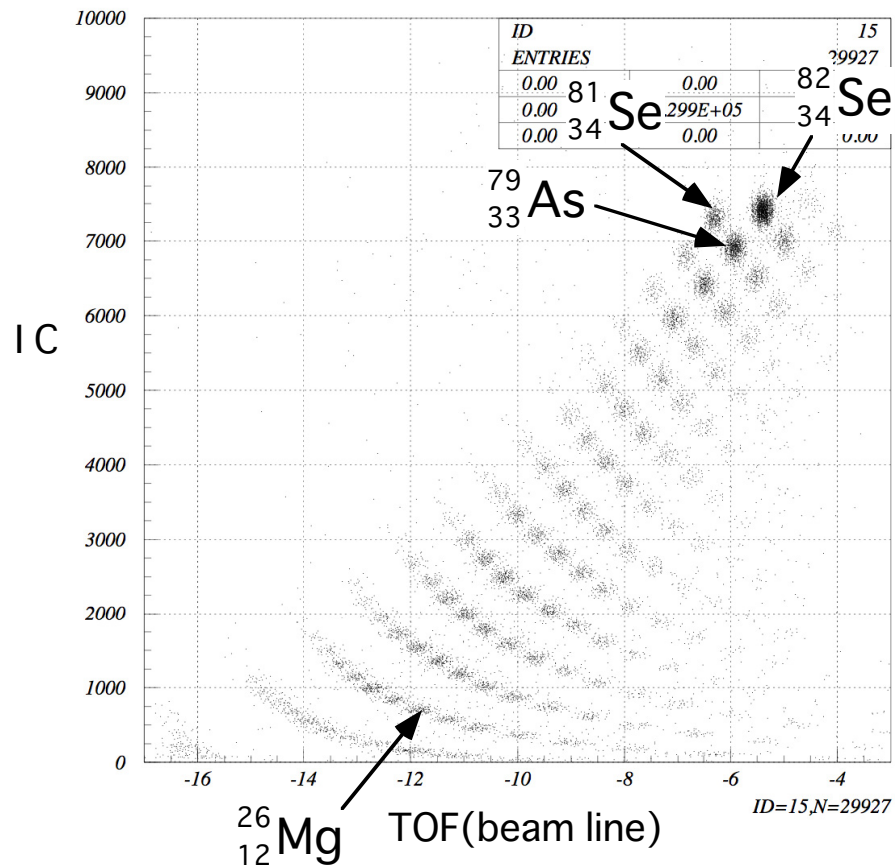
2 μm厚電極、これまでと異なる電極製作方式

傾斜角度=0度、電極間隔=2-3cm

前置増幅器自作

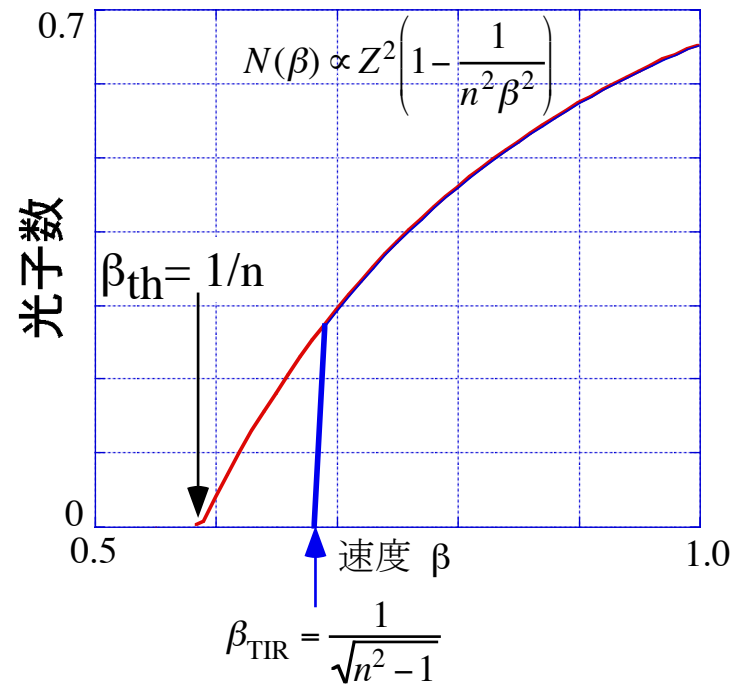
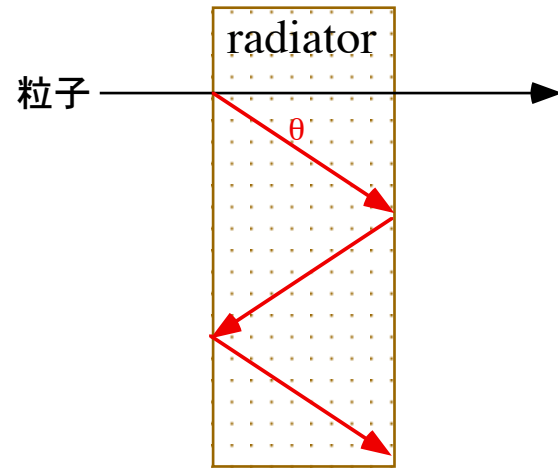
L=180mm P10-gas  $\sigma_z=0.25$

84Kr @400MeV/Aからの2次ビーム@250MeV/A



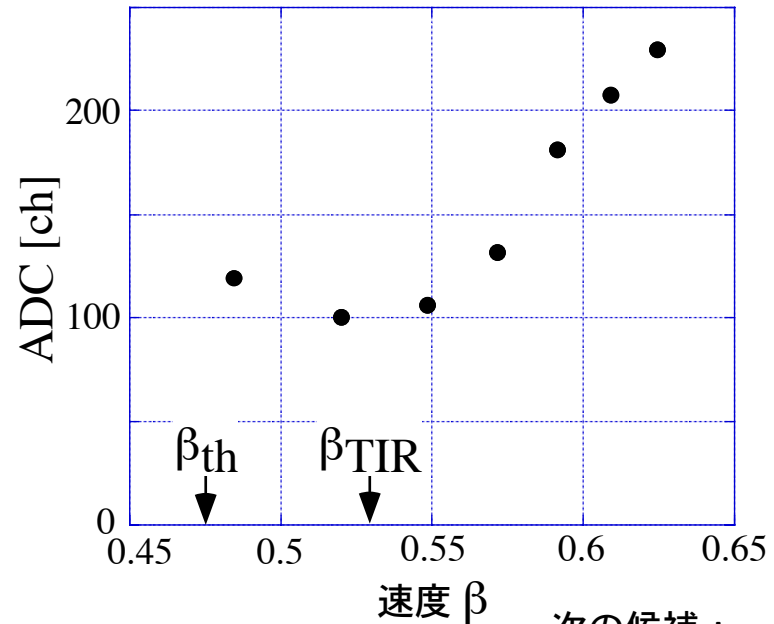
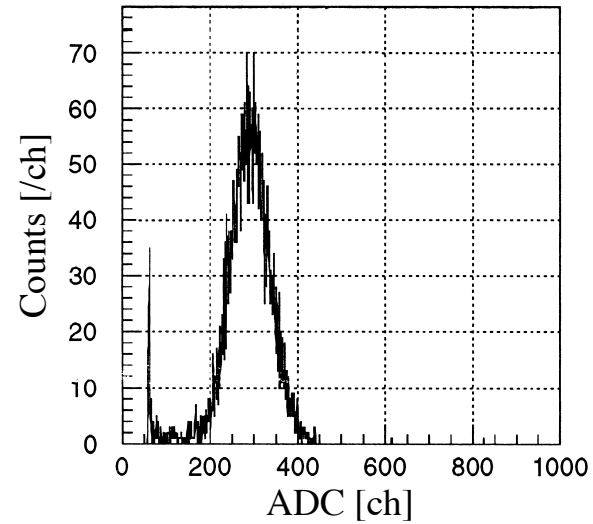
# 全反射型Cherenkov検出器 -1

目的：速度 $\beta$ (@ $\beta \approx 0.7$ )の高精度測定



透明セラミック(n=2.1)

Beam:  $^{40}\text{Ar}$  150-290 MeV/A

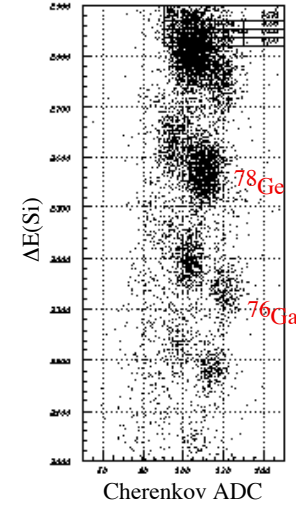
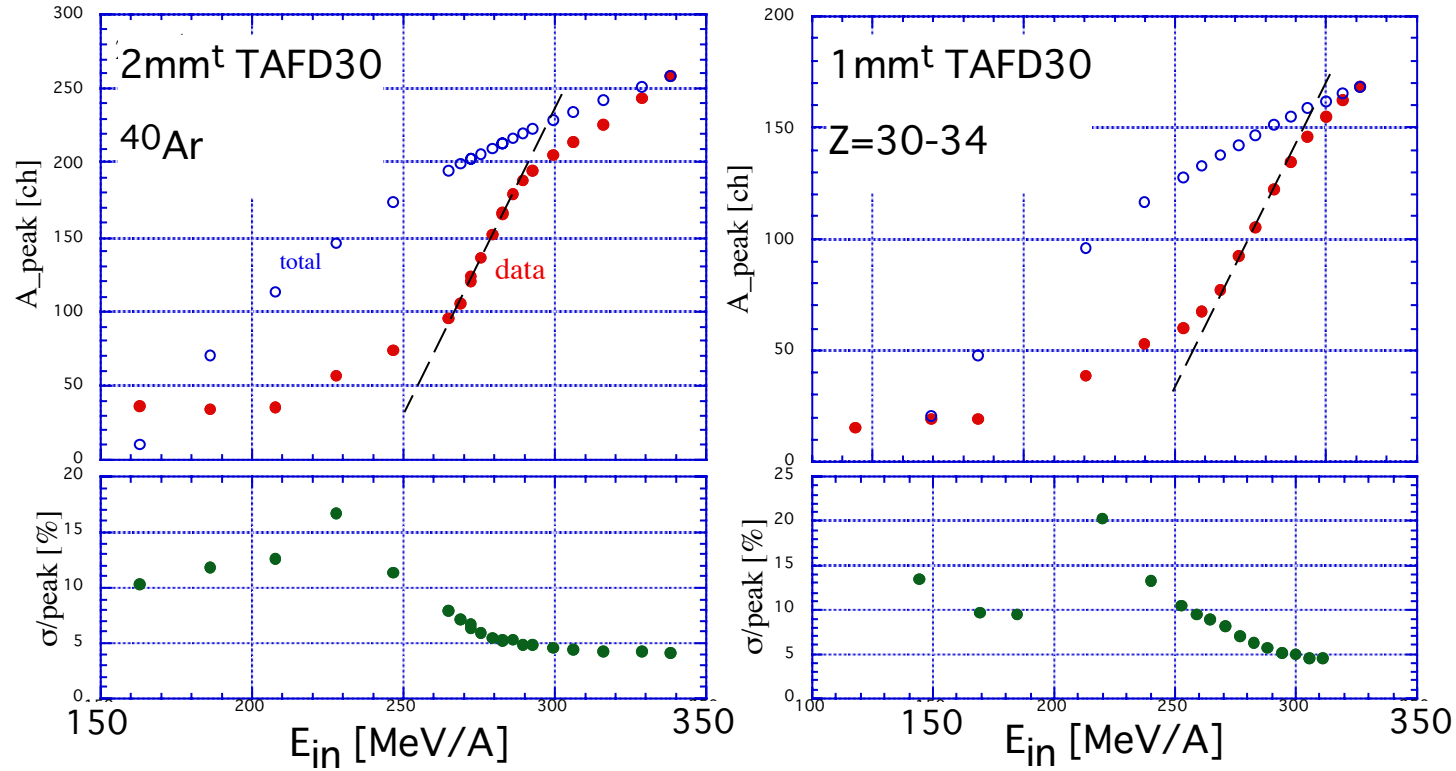


250MeV/A領域では高屈折率の物質が必要

次の候補： TAFD30 (n=1.95)

# 全反射型Cherenkov検出器 -2

TAFD30( $n=1.92$ ) @ $\sim 250\text{MeV/A}$



$A \sim 80$  @  $275 \text{ MeV/A}$

# (4-1) 全エネルギー検出器 - 1

NaI(Tl) + PMT

Range 短 : 3 cm ( $^{40}\text{Ar}$ ), 1.5 cm ( $^{84}\text{Kr}$ )  $R \propto \frac{A}{z^2} E^2$

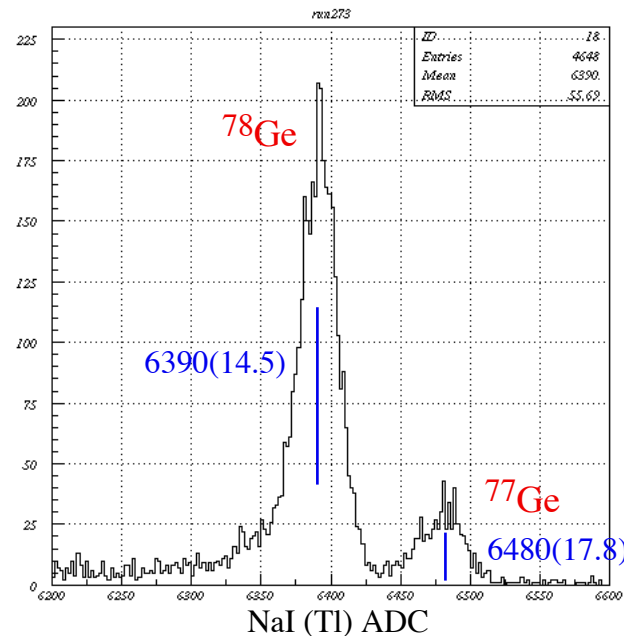
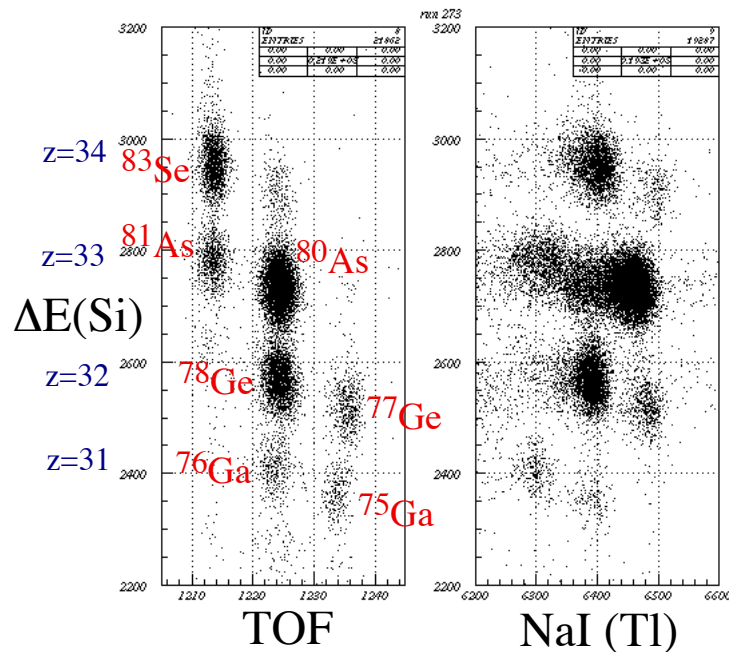
3"  $\phi$  x 3" 厚、3" 立方体 :

個体差有

光量大 : PMTの低電圧動作

Anode出力-電荷積分型ADC < Anode出力-電荷積分型PA-整形増幅-ピーク型ADC

ビームラインでの運動量分析(0.1%)



$$\frac{\sigma_E}{E} \approx 0.15\% @ 23\text{GeV}$$

290MeV/A  $^{78}\text{Ge}$

A~80での質量分離可能

答



## (4-2) 全エネルギー検出器－2

CsI(Tl) + PhotoDiode(PD) + 電荷積分型PreAmp

潮解性： 弱

キャリア数： 2倍

$$\frac{N_{\gamma}(CsI) \varepsilon(CsI)}{N_{\gamma}(NaI) \varepsilon(NaI)} \approx \frac{1.80}{2.20} = 2$$

### (1) CsI(Tl)結晶

サイズ： 1.8<sup>2</sup>x4, 3<sup>2</sup>x4, 43, 5<sup>3</sup> cm<sup>3</sup>

表面： 鏡面／スリガラス状

反射材： テフロン、ESR(3M)

### (2) ライトガイド

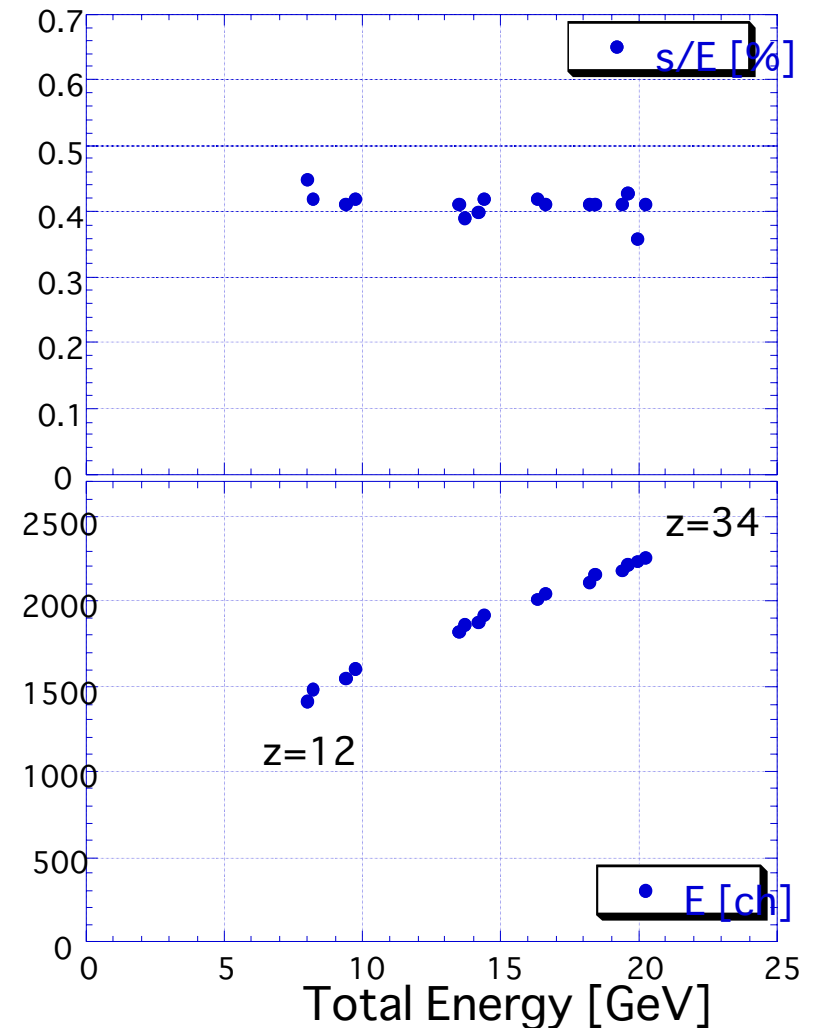
### (3) Photo Diode

面積： 1<sup>2</sup>, 1.8<sup>2</sup>, 2.8<sup>2</sup> cm<sup>2</sup>

### (4) PreAmp

Hybrid 3種類 + C<sub>f</sub> ~ 100pF

<sup>40</sup>Ar, <sup>86</sup>Krからの2次ビーム@250-300MeV/A





### (4-3) 全エネルギー検出器－3

#### 高純度(HP)-Ge検出器

$$\varepsilon = 3\text{eV} : \quad \sigma_E/E \approx (4-6) \times 10^{-4}\% \quad @ (10-20)\text{GeV}$$

結晶 : 60mm  $\phi$  x 35mm t (semi-planar)

60mm  $\phi$  x 10mm t (planar)

PreAmp : 自作  $C_F = 200-500\text{pF}$

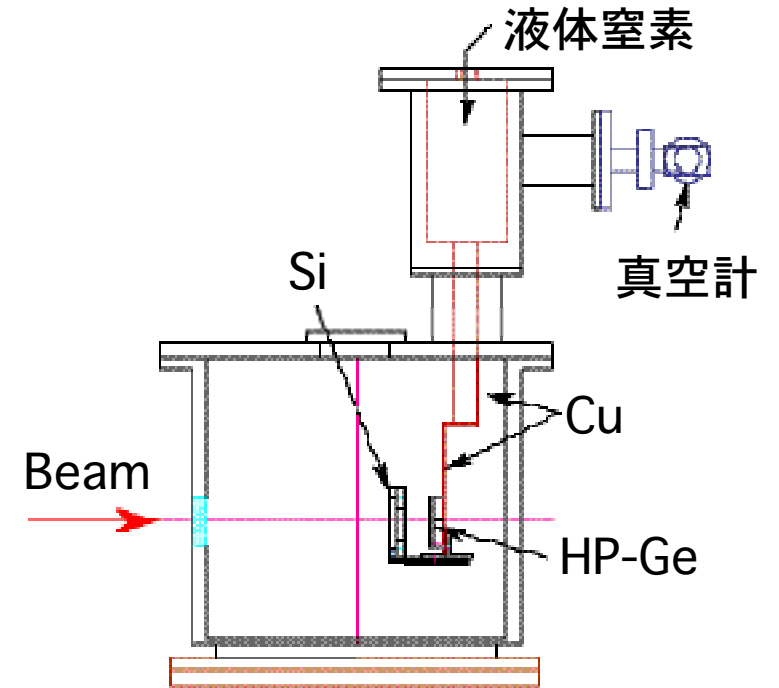
真空/冷却 : 自作

結果 :

リーク電流が大きい

最良 :  $\sigma_E/E = 0.35\% @ 3\text{GeV}$

制限 : ?



# 低圧力MWPC (Multiwire Proportional Chamber) LPMWPC

用途： 運動量分散焦点面F1での位置/角度測定

高計数率： >10 MHz

位置分解能：  $\sigma < 1$  mm

真空中での動作：

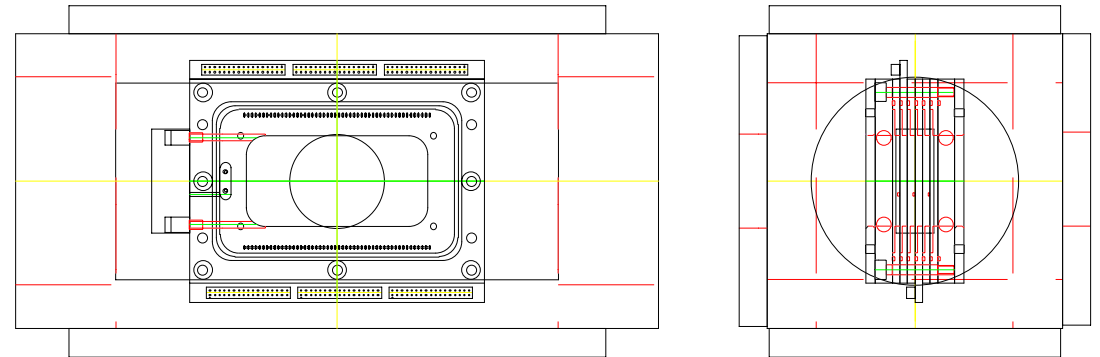
測定条件：

MWPC: 2mm-spacing

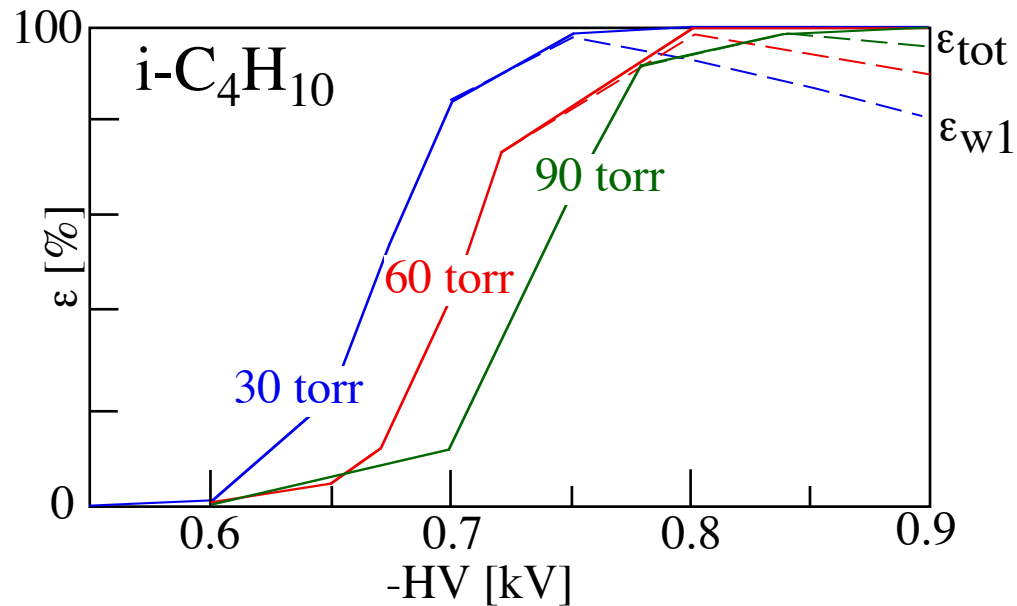
有効領域: 96mm x 48mm, x-x

Gas:  $C_2H_6$ ,  $i-C_4H_{10}$ ,  $C_3F_8$

圧力: 30, 60, 90 torr

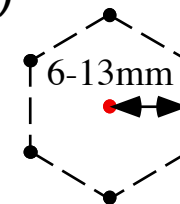


検出効率

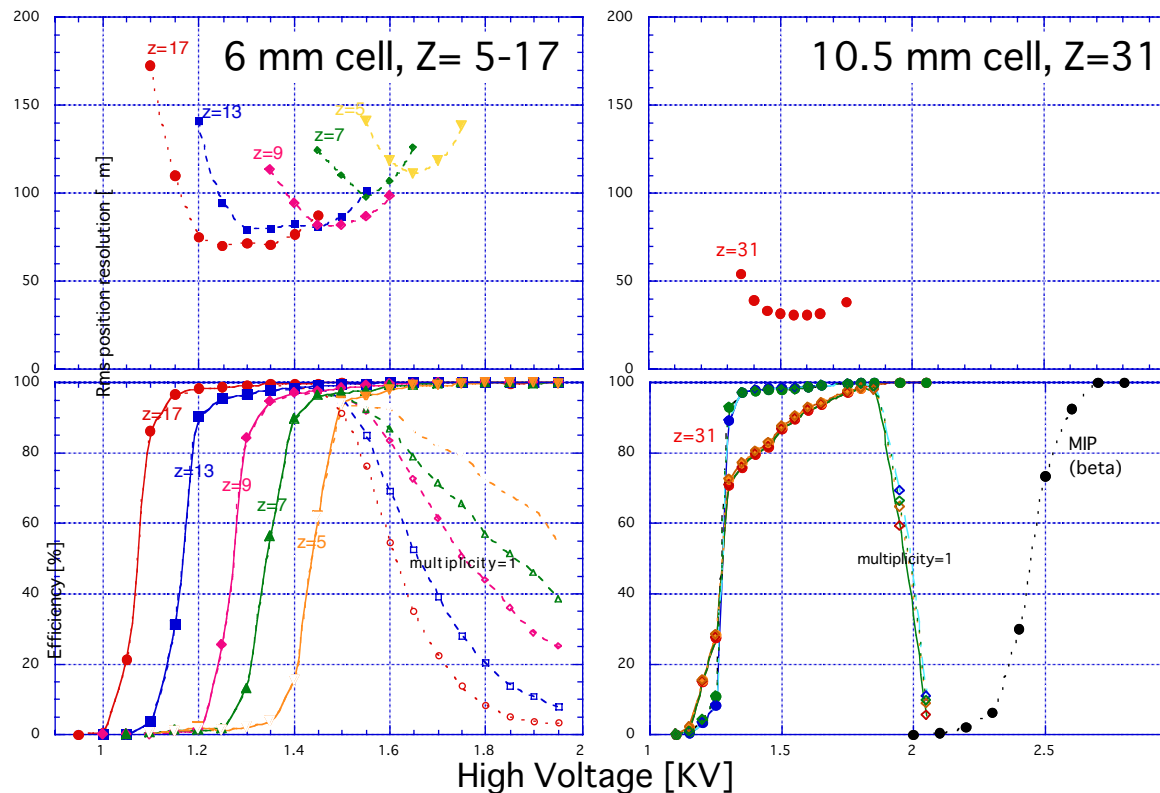


# 位置検出器－ 1

低物質質量： (常圧) 六角セル型drift chamber + Heベース混合ガス(He+50% $C_2H_6$ )

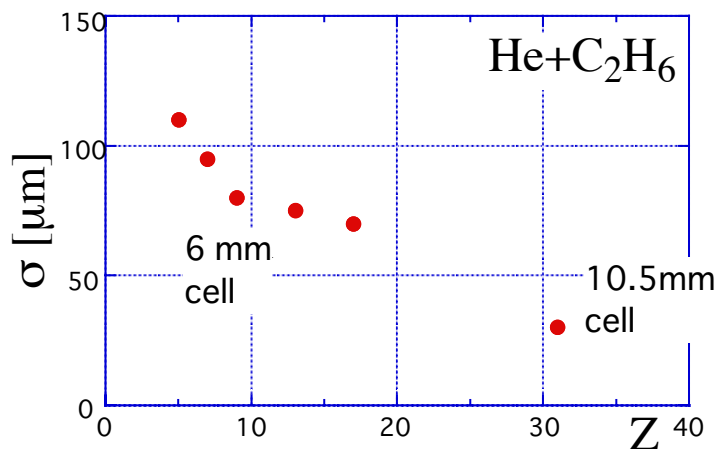


位置分解能



検出効率

位置分解能



動作： 安定  
 位置分解能： 良  
 問題： HV 低 -> drift time 長

動作parameterの増加  
 HV -> HV, 圧力(E/p)  
 [gas gain, drift field]

# 位置検出器－ 2

## 低圧力 6角セル型drift chamber

動作parameter増加：

HV, Pressure (E/P) <--> gas gain, drift field

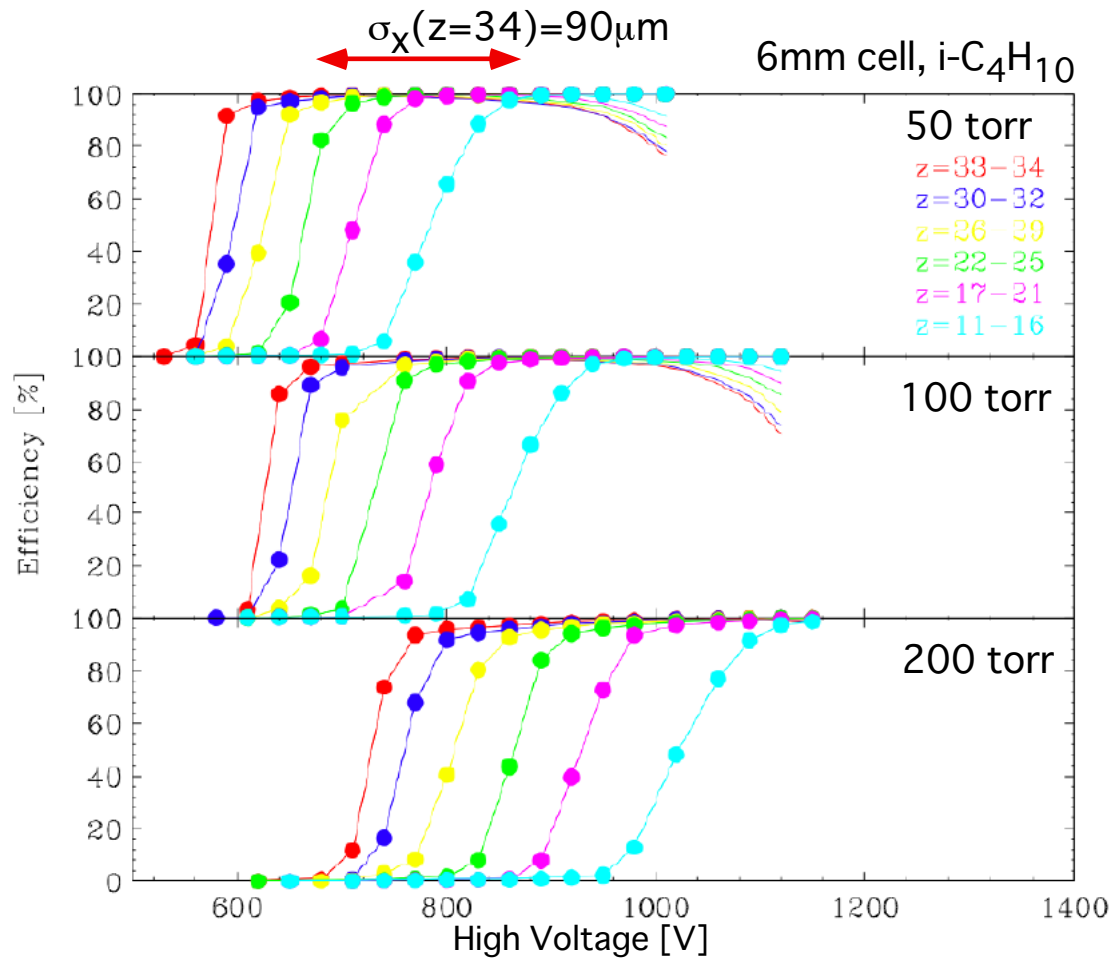
低物質量化 + 真空箱中での動作

純quench gas使用：

i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 又は C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>

<sup>84</sup>Krからの2次ビーム @250MeV/A

検出効率



安定動作！

@50 torr

長い HV plateau

位置分解能

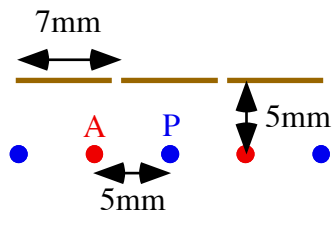
$\sigma \sim 100\mu\text{m}$

# 位置検出器－ 3

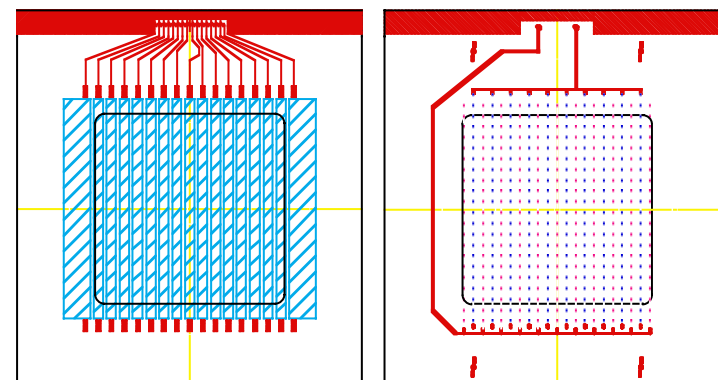
## 低圧力Cathode読出型drift chamber

低物質質量：  $L/L_r < 10^{-4}$

真空中動作



w-K<sub>x</sub>-A<sub>y</sub>-K-A<sub>x</sub>-K<sub>y</sub>-w



MIP(z=1) :

$\sigma_x = 100 \mu\text{m}$

with He+C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>@1気圧

50MeV proton :

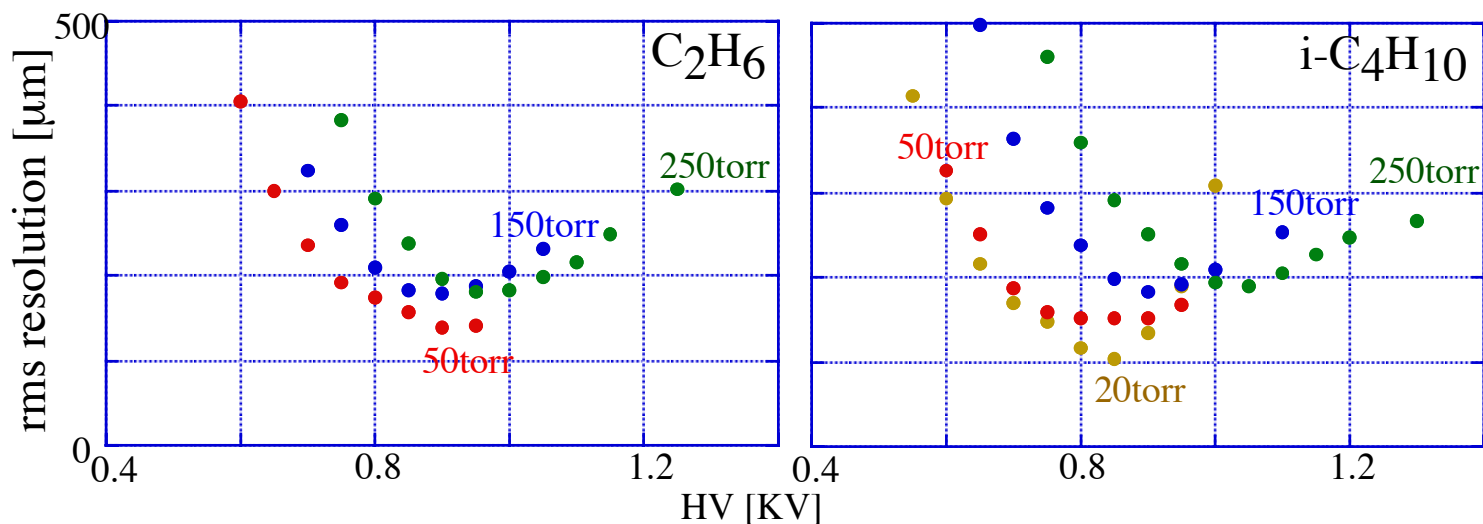
$\sigma_x > 150 \mu\text{m}$

with 電荷分割 i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>@200torr

重イオン :

$\sigma_x \sim 100 \mu\text{m}$

with i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>@20torr, @300MeV/A, z=36



+大気圧

## 位置検出器－ 4

---

### Cathode読出型Drift Chamber/MWPC大型化 (wire cathode)

MWPC1 : anode: 1mm  
gap : 3mm  
config: X, Y, U, V 186x186mm  
cathode: 1mm-pitch, readout/4-6mm

MWPC2: anode: 2.5mm  
gap: 8mm  
config: X, Y, U 600x400mm  
cathode: 2.5mm pitch, readout/12.5mm

Gas: He+20%i-C4H10 @1気圧

Readout: 16ch Amp/Shaper/500nsec-Delay  
1/t-tail, pole-zero....

Resolution:  $\sim 250-300 \mu\text{m}$  for Kr( $Z=36$ ) (余り良く無い)  
rateに弱い

ワイヤー切れ :

## 位置検出器－5

---

高計数率用 : narrow-cell drift chamber  
drift/half gap: 2.5mm  
config: xx'yy'xx'yy' 80mmx80mm, 160mmx160mm

Ligth beam: He, C, Ne @230-300 MeV/A

Rate:  $<4 \times 10^6$  Hz

Resolution: ~強度依存性無し  
~90  $\mu$ m for He  
~70  $\mu$ m for C  
~65  $\mu$ m for Ne

ASD: 16nsec(ATLAS)/80nsec(谷森)  
LVDS output + 64ch VME TDC (AMSC)  
低ノイズ動作



## 現状まとめ

---

### (1) 電荷測定

木村方電離箱

—高計数率対応？

### (2) 速度測定

高屈折率ガラス (TAFD30) @250-300 MeV/A

ほぼ十分な分解能

—高物質質量？

### (3) 全エネルギー検出器

NaI(Tl)+PMT

良い条件の時は~0.15%分解能

—高強度対応？

### (4) 位置検出器

低圧力MWPC :

Focul planeでの運動量tag

低圧力drift chamber (6角) :

有望

低圧力Cathode-RO DC/MWPC :

高計数率？

Cathode RO DC/MWPC :

分解能? @大気圧

大型化

低計数率 / 小型試作機

---> 高計数率 / 大型化