

高計数率ビームテストにおける ストローチェンバーの性能評価

理学研究科 久野研究室
前田 文孝

内容

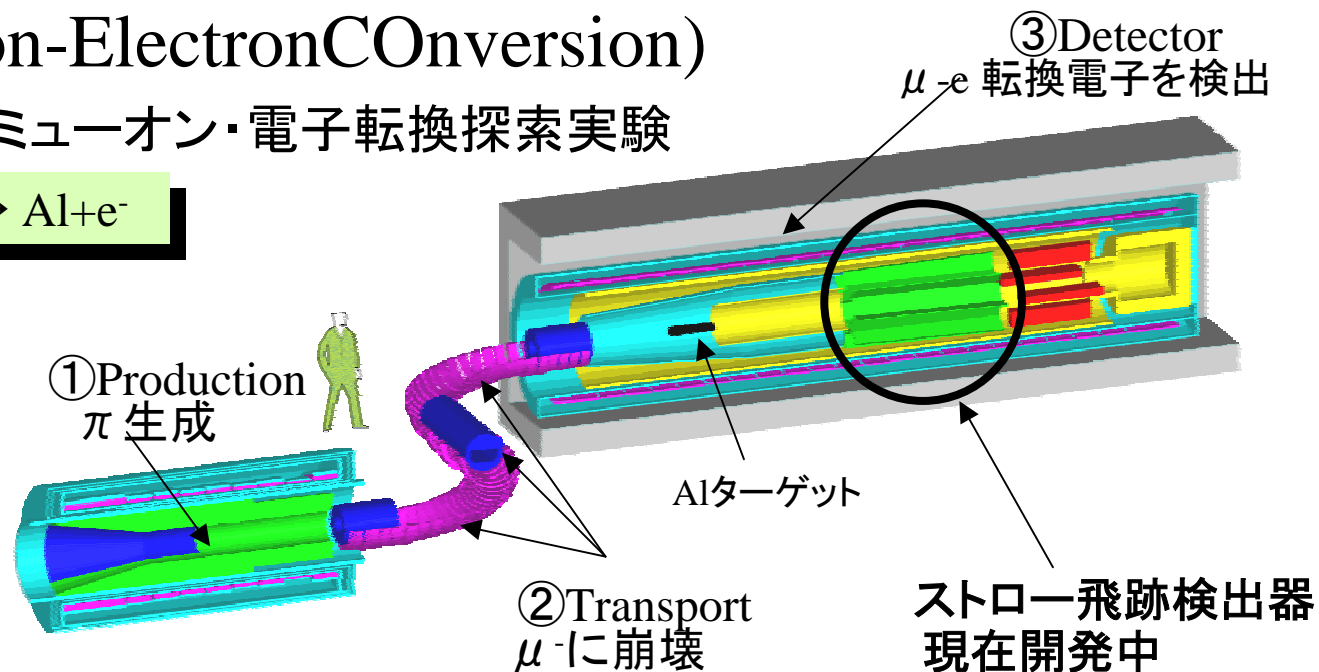
- MECO実験
- PEEKストローチェンバー
- グランド側線蒸着による性能の変化
- 高計数率ビームテスト
- まとめと課題

1. MECO実験

- MECO(Muon-ElectronCOnversion)

- BNLで計画中のミュオン・電子転換探索実験

- 反応： $Al + \mu^- \rightarrow Al + e^-$



- ・多重散乱を小さく→ガス検出器を使用

○検出器の要求性能： μ^-e 転換による電子を
エネルギー分解能 900keV(FWHM)で測定

位置分解能 → 動径方向 $\leq 0.2\text{mm}$
長手方向 $\leq 1.4\text{mm}$

2. PEEKストローチェンバー

● MECOで要求されるストローチューブの物性値

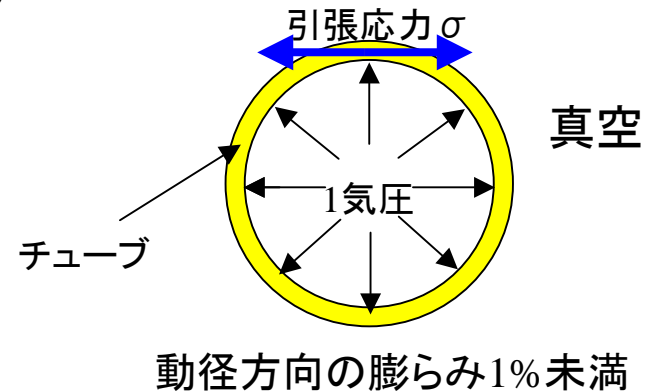
- ・[力学的強度] 降伏引張応力 > 10(MPa)
- ヤング率 > 1.0(GPa)

● 熱硬化性PI(Polyimide)

- ・機械強度、放射線耐性: 非常に高い。
- ・加工が難しい。長尺チューブの開発のめどはまだない。

● PEEK(PolyEther-Ether-Ketone)

- ・機械的強度、放射線耐性: 十分な性能を持つ。
- ・熱可塑性・押し出し成型→1mクラスの長尺チューブの廉価生産の可能性。
- ・押し出し成型による真直性が問題。

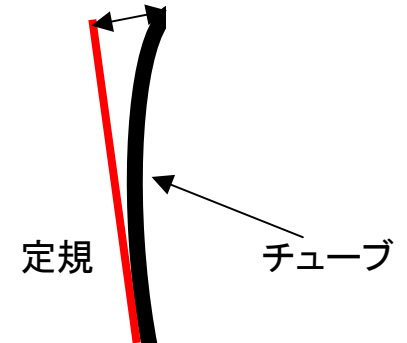


	降伏引張応力	ヤング率	備考
ポリイミド	100(MPa)	4(GPa)	放射線耐性・高価
PEEK	74(MPa)	2.4(GPa)	放射線耐性・安価・長尺OK

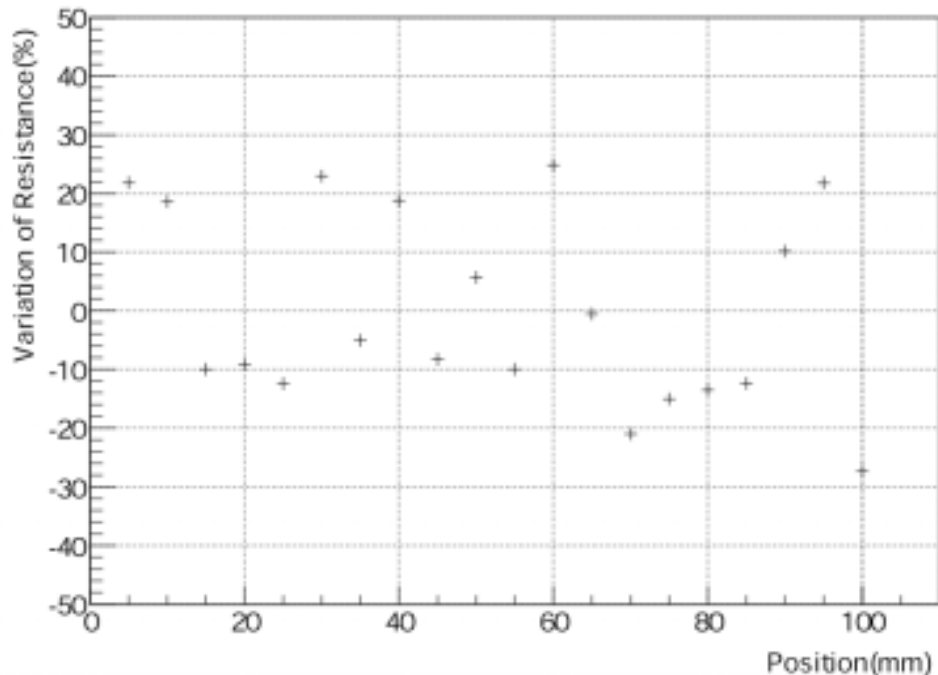


ストローチューブ素材の特徴

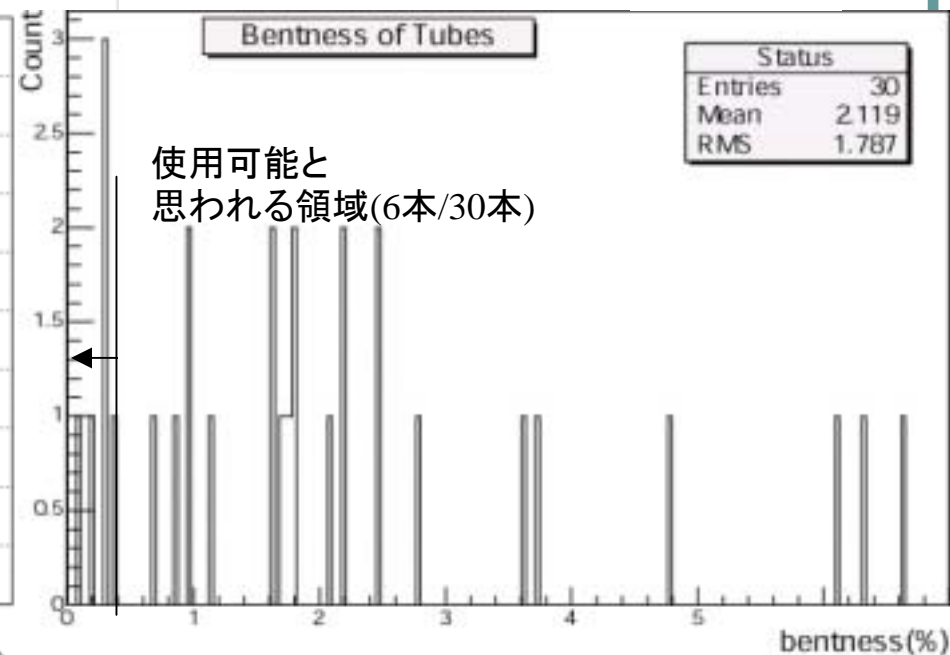
	PI	PEEK(サンプル)	従来型(螺旋2重構造)
素材	ポリイミド+炭素	PEEK+炭素	KaptonXC
抵抗	8MΩ/□±10%	3.3MΩ/□±20%	700kΩ/□
厚さ	25 μm	30 μm	50 μm
直径	5mm	5.8mm	5mm



抵抗のばらつき(PEEK)



曲がり具合(PEEK)

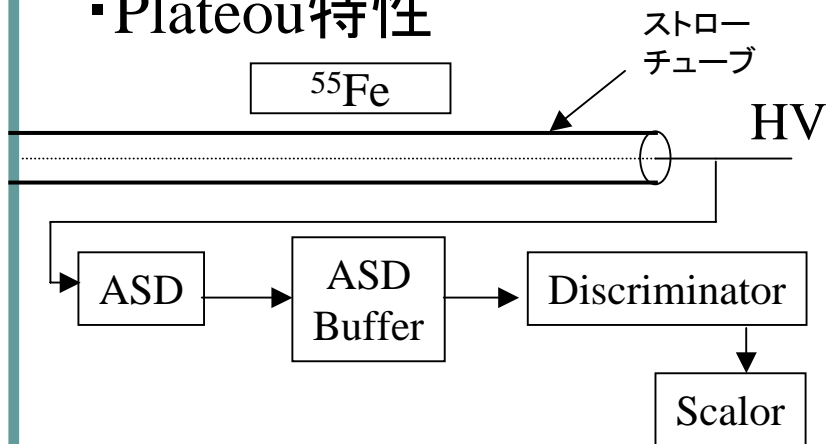


PEEKストローチェンバーの動作確認

● 1本型チェンバーで動作確認

ガス—Ar:C₂H₆=50:50

・Plateau特性

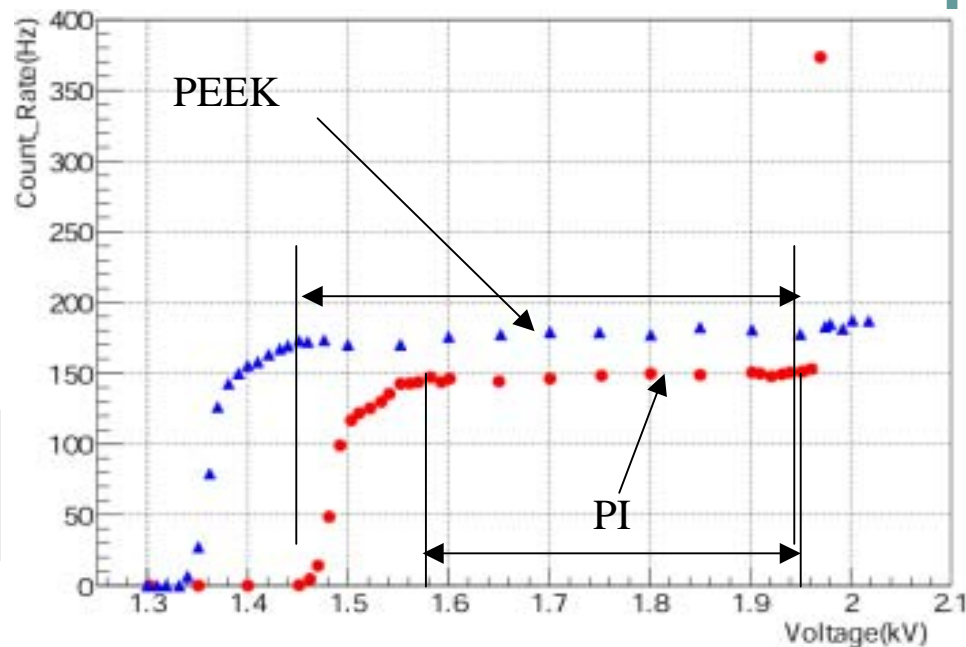


ASD: Amplifier-Shaper-Discriminator
設計: KEK ATLAS JAPAN

- ・プリアンプゲイン: 0.8V/pC
- ・積分時間 : 16n秒

- ・1.8kVで1週間以上連続動作を確認
(カレント<0.01 μ A)

Discriminator-Threshold: 100mV



HVをかけて
動作可能

各素材間での比較

● 実験目的

- ・チューブの抵抗が分解能に与える影響を見る。
- ・結果を基にチューブ抵抗の最適化を行う。

● 実験概要

- ・抵抗の異なる3種類のチェンバー(700k Ω /□, 3.3M Ω /□, 8M Ω /□)のカソード信号において

- ・電荷量分布

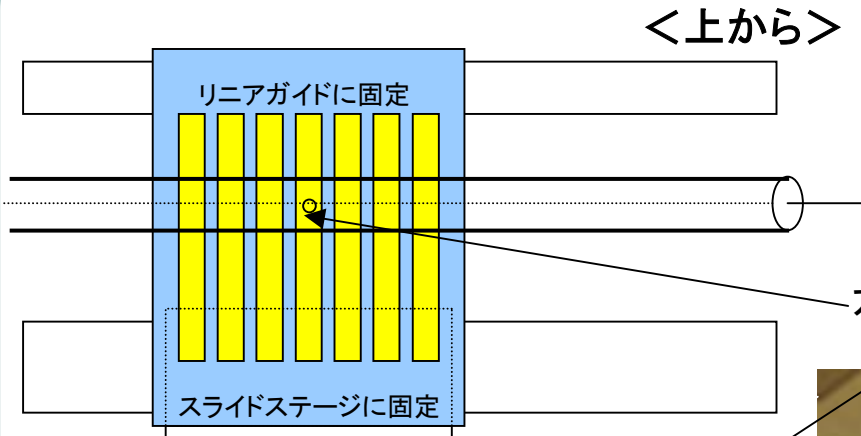
- ・位置分解能

- カソード5チャンネルにおけるADCの分布

- ChargeRatio法による、位置の分解能(R.M.S)

の情報をみる。

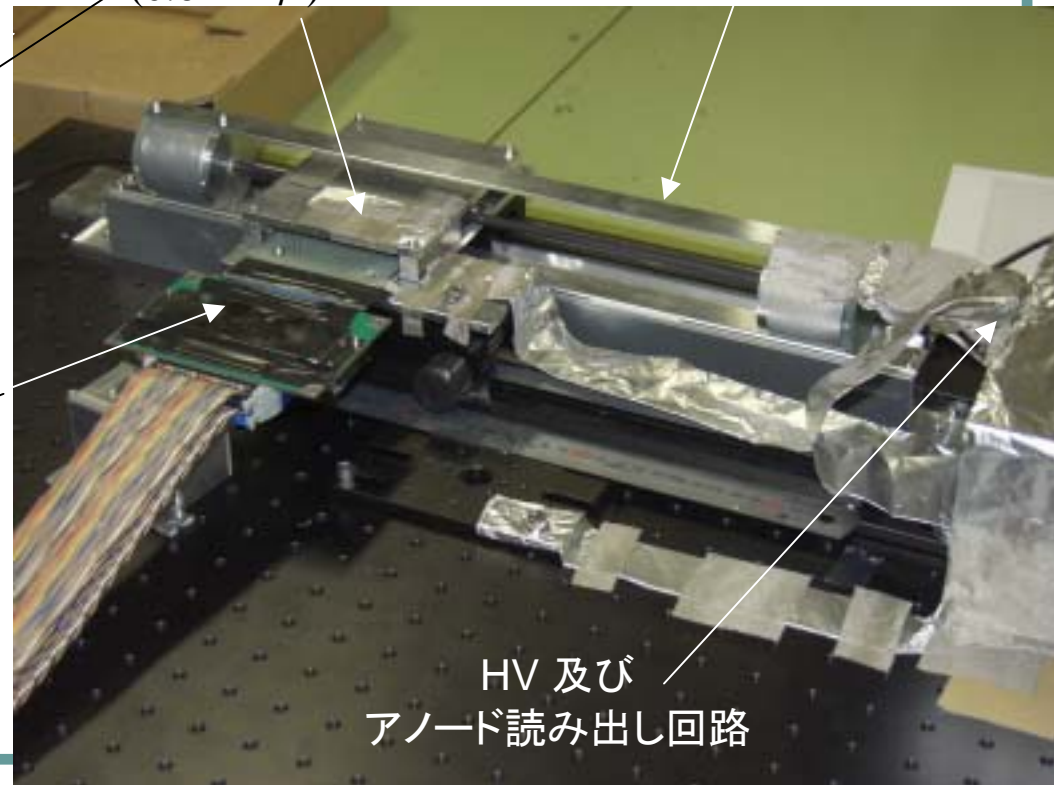
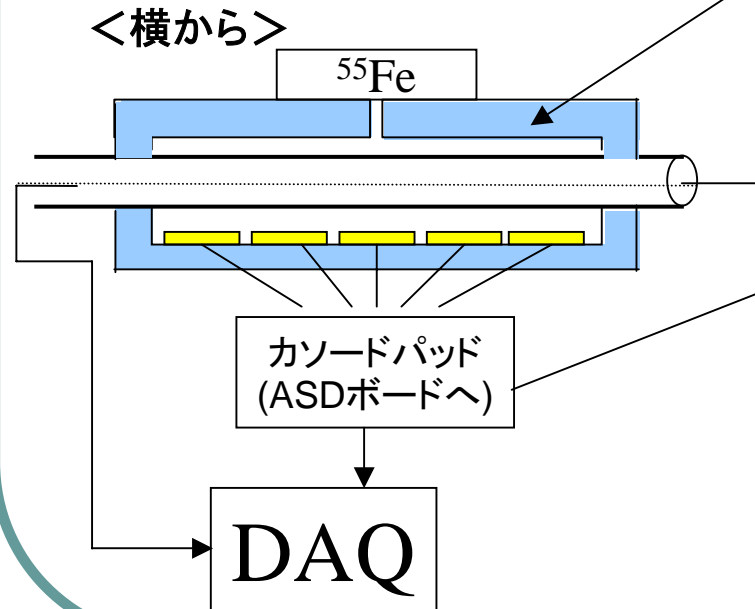
実験のセットアップ



ガスーAr:C₂H₆=50:50

HV:1.7kV

ストローチェンバー



電化分布と位置分解能

● チューブ毎の電荷分布

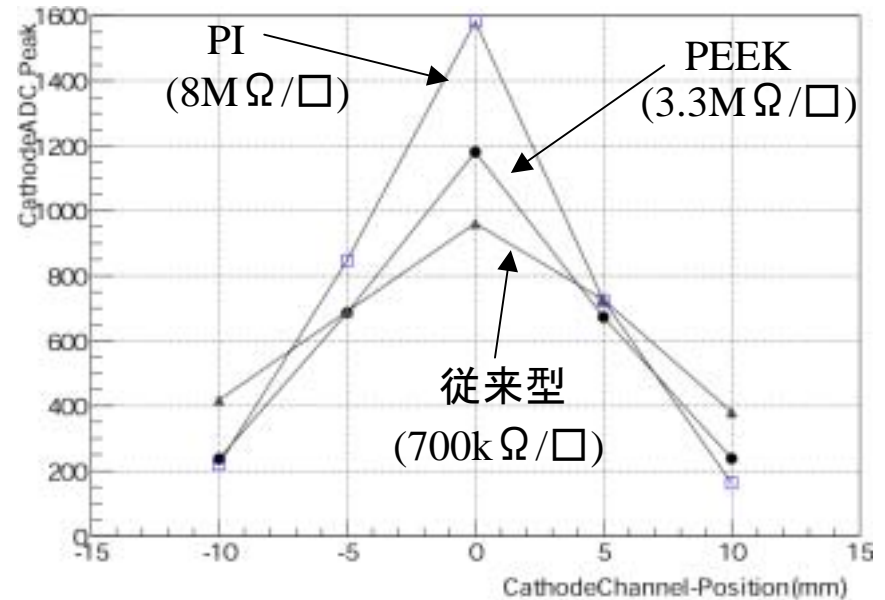
- ・従来型 ー分布がなだらか
- ・PEEK, PIー分布が鋭い



PEEKの位置分解能は従来型よりも高いと予想される。

● チューブ毎の分解能

- ・全体的に差が見られない
- ・PEEKはMECO実験で必要な分解能について十分にクリアしている。



@ 1.7kV, 単位:mm

注: コリメータの影響は考慮していない。

Tube	PI (8MΩ/□)	PEEK (3.3MΩ/□)	従来型 (700kΩ/□)
分解能 (R.M.S)	0.56±0.03	0.60±0.03	0.62±0.03

3. グランド側線蒸着による性能の変化

- 高計数率環境下におけるストローの電圧降下
- 長さ2.5m,径5mmのストローに対し、~100MeV程度の電子が500kHz(MECO予想)で入射する。
 - ・現在の我々の所有しているチューブで起こる、チャージアップによる電圧降下量

PIチューブ(8M Ω /□) → 約330Volt

従来型チューブ(700k Ω /□) → 約 32Volt

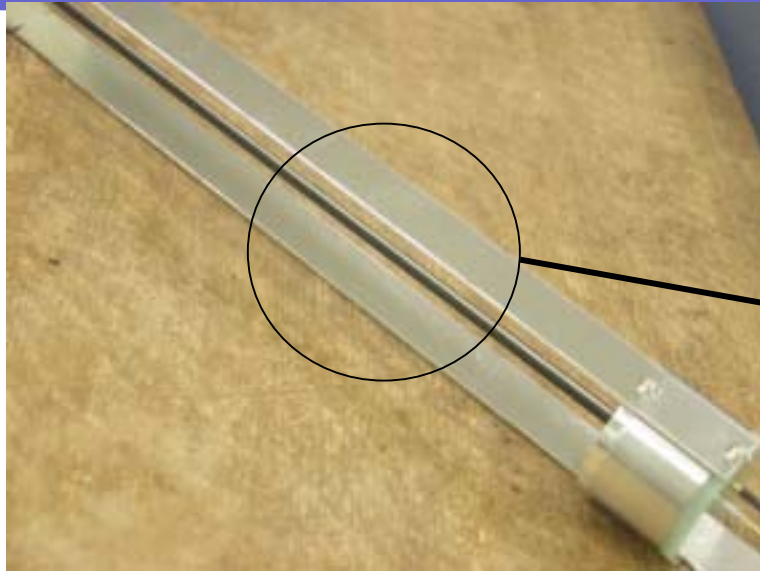
PEEKチューブ(3M Ω /□) → 約120Volt

対策：イオンによるチャージアップ電荷を短時間で逃がす。

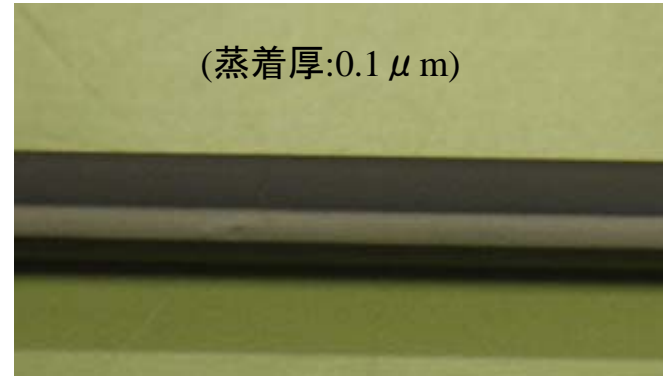
→ストローにグランド側線を蒸着する

・短時間で電荷を逃がす事が出来る。→電圧降下が小さくなり、高計数率に耐え得る。

蒸着による性能比較



2mm蒸着チューブ



● 実験概要

・蒸着あり/無しのチェンバーのカソード信号について

・電荷量分布

・位置分解能

ーカソード5チャンネルにおけるADCの分布

ーChargeRatio法による、位置の分解能(R.M.S)

の情報をみる。

・セットアップは、素材比較の場合と同じ。

電荷量・分解能の変化

● 全電荷量の変化

・蒸着幅が大きくなると、電荷が減ってしまう。

● 電荷分布の変化

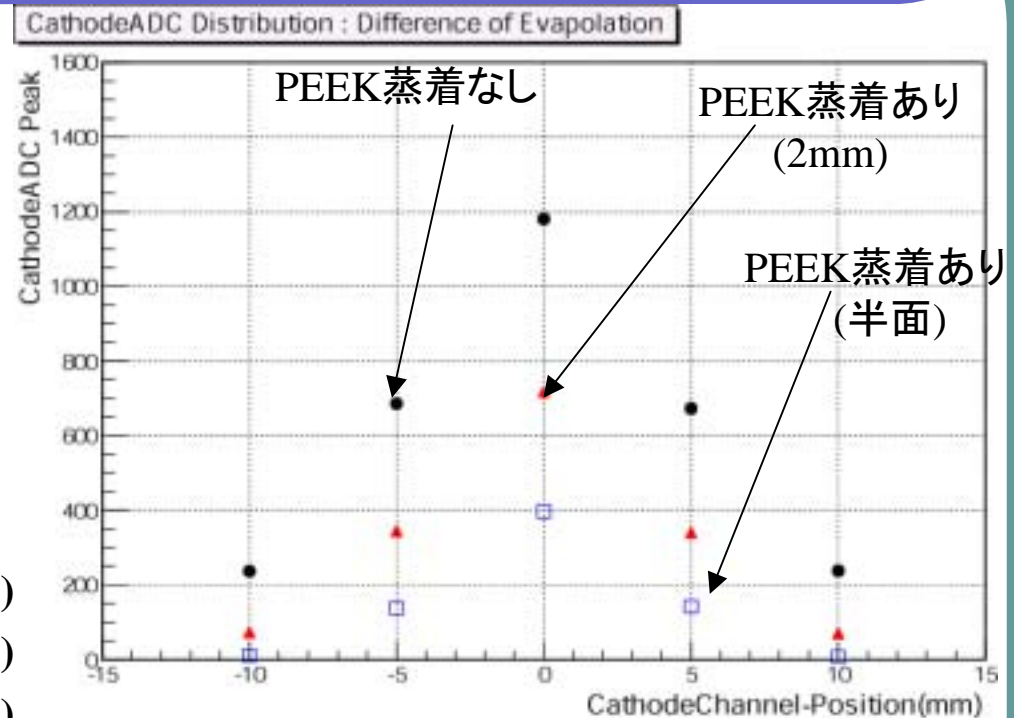
・蒸着幅が大きくなると、分布は細くなった。

● 分解能の変化

蒸着なし	: $0.60 \pm 0.03 \text{mm(R.M.S)}$
2mm蒸着	: $0.54 \pm 0.03 \text{mm(R.M.S)}$
半面蒸着	: $0.43 \pm 0.03 \text{mm(R.M.S)}$

分布が細くなったため、分解能が良くなっていると思われるが、現在のところ、そのメカニズムははっきりしていない。

→ 今後も究明を続ける。



4. 高計数率ビームテスト

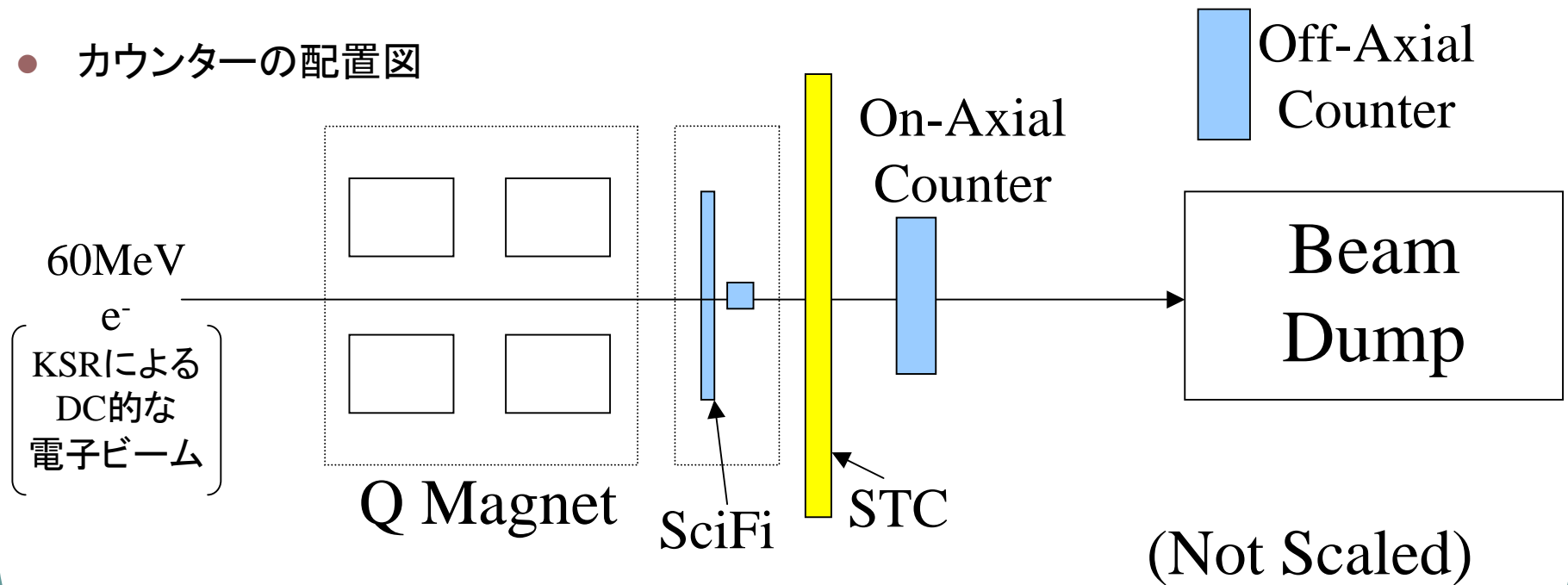
- 高計数率ビームテスト(@京大化学研究所 期間:2003 11/17~11/22)
 - ・PEEKチェンバー(蒸着有・無)を用い、高計数率ビーム環境における、電圧降下の影響を見た。
 - 実験の目的
 - ・ADC変化から、蒸着による高計数率耐性を評価。
 - ・高計数率環境でのストローチェンバーの動作についての理解
- 今まで数百kHzでストローチェンバーを動作させた例は少ない。
→今回の実験で、このような環境での動作についての情報が期待できる。

実験の概要

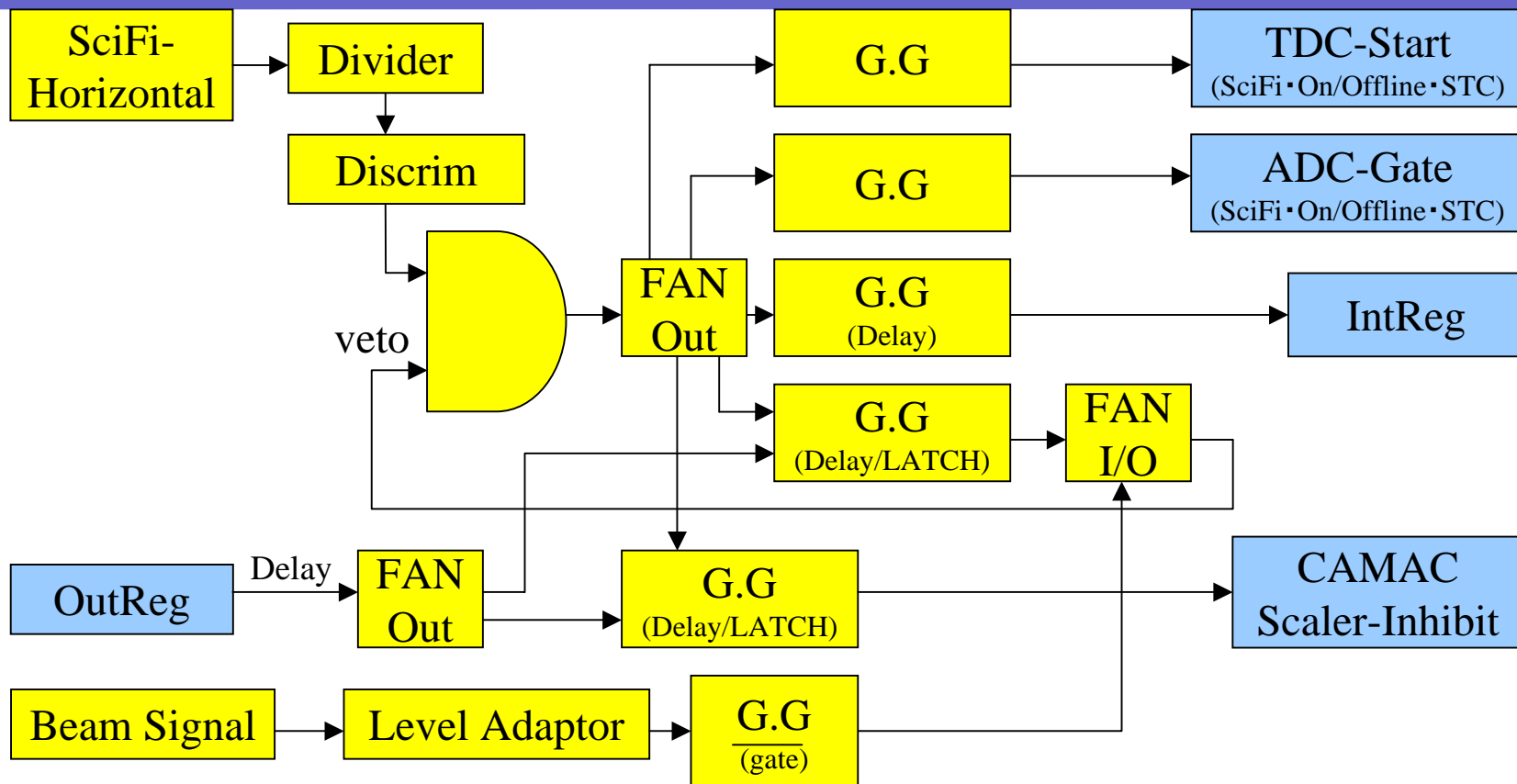
- ・蒸着なしPEEKチェンバー(PEEK I)
- ・蒸着ありPEEKチェンバー(PEEK II)

レートを変えながら
DC的に電子ビームを
当てる

● カウンターの配置図



トリガーロジック

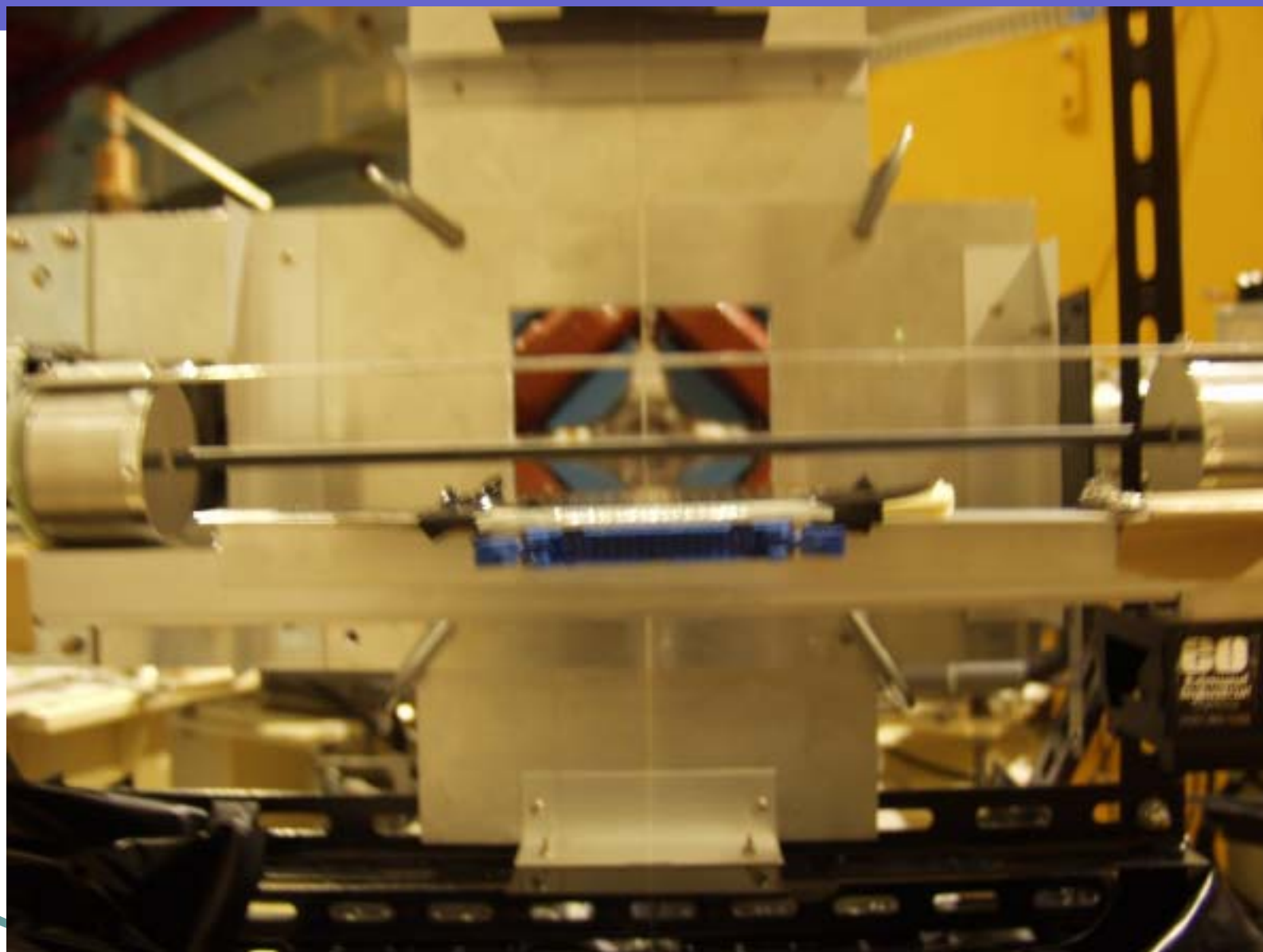


- トリガーがかかってから1m秒間はデータを取らない。
- この間CAMACスケーラはカウントを取り続け、短時間のレートを測定。
- その後、次のイベントをとる。

セットアップ①



セットアップ②



セットアップ③



解析はまだ始まったばかり……

● 解析で見えていく項目

1. ビームレートの校正

- ・低ビームレート($\sim 300\text{kHz}$)では、On-Axialカウンターを用いてSTCへの入射ビームレートを計算。
- ・さらに高いレートで、シンチの計数効率が下がってきたら、SciFiとOn-Axialカウンターの計数効率の相関からカウントレートを補正計算し、STCへの入射ビームレートを出す。

2. ビームレートに対するADCの変化

- ・ $\sim 1\text{MHz}$ 程度までのビームレートに対し、各ストローチェンバーのアノードADCの変化を評価。
- ・蒸着チェンバーの高計数率ビーム環境への耐性を見る。

まとめ

- PEEKを新しい素材としてストローチェンバーを試作した。
 - ・プラトー特性を測定
 - ・分解能はMECOの要求をクリアしている
 - ・1.8kVで150時間以上の使用可能
- PEEKチェンバーの、側線蒸着による位置分解能の影響を測定した。

蒸着なし	:	$0.60 \pm 0.03 \text{mm(R.M.S)}$
2mm蒸着	:	$0.54 \pm 0.03 \text{mm(R.M.S)}$
半面蒸着	:	$0.43 \pm 0.03 \text{mm(R.M.S)}$

(コリメータの寄与を除く前の値)

蒸着によって見かけ上分解能は良くなっているが原因は究明中

- 京大化研において、KSRによる高計数率ビームテストを行った。
 - ・解析はまだ始まったばかり。
 - ・蒸着の有無での高計数率耐性を見る。