

## 第 1 章

# iso-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> (10) + H<sub>2</sub> (9) のガス特性

本章では検出ガスとして用いる iso-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> (1) + H<sub>2</sub> (9) の特性について述べる.

### 1.1 ドリフトスピード

ドリフトスピードのドリフト電場依存性を調べた. Magboltz でドリフトスピードが  $0.014 \text{ mm ns}^{-1}$  となるドリフト電場は  $6.80 \text{ V mm}^{-1}$  である. ドリフト領域の長さは  $140 \text{ mm}$  であるので, plate と grid の電位差は  $952 \text{ V}$  となる. 調整の行いやすさを考え  $955 \text{ V}$  を中心に  $100 \text{ V}$  間隔で  $455 \text{ V}$  to  $1455 \text{ V}$  の範囲で変化させて計 10 点測定した. 線源を用いて測定したドリフトスピードと Magboltz により求めたドリフトスピードを図??に示す. 線源を用いて測定したドリフトスピードと Magboltz で求めたドリフトスピードがおおよそ一致していることが分かる. ただ, 全体的に測定値のドリフトスピードの方が小さくなっている. これは測定で用い

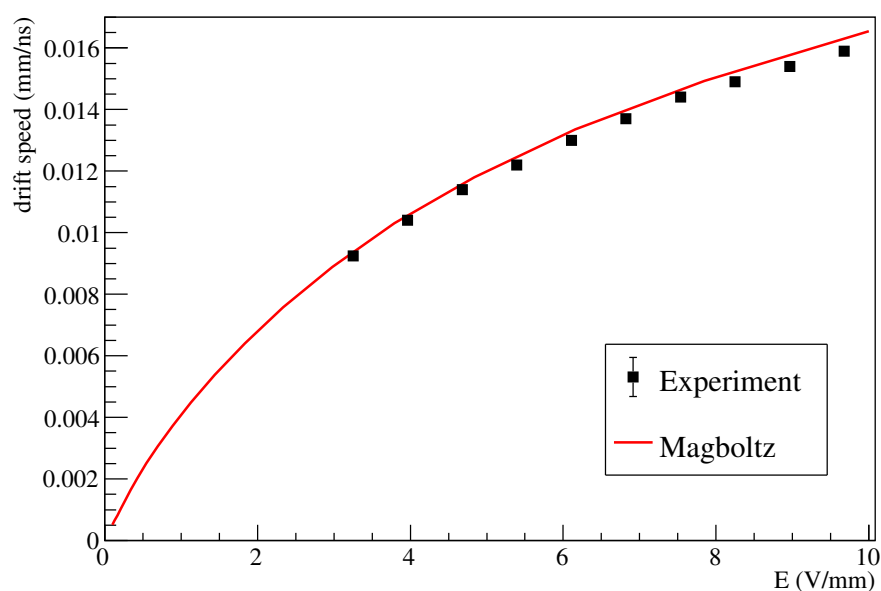


図 1.1: ドリフトスピードの電場依存性. 点は測定したドリフトスピード, 実線は Magboltz で求めたドリフトスピードを示す.

表 1.1: 基準となる電圧構成.

項目	電位差 (V)
$\Delta V_{\text{grid-GEM}}$	700
$\Delta V_{\text{GEM}}$	350
$\Delta V_{\text{GEM-}\mu\text{-PIC}}$	650
$V_{\mu\text{-PIC}}$	400

た検出ガスに水分などの不純物が含まれていることが原因と考えられる．水分によるドリフトスピードの変化は付録??で述べる．

## 1.2 電子増幅率

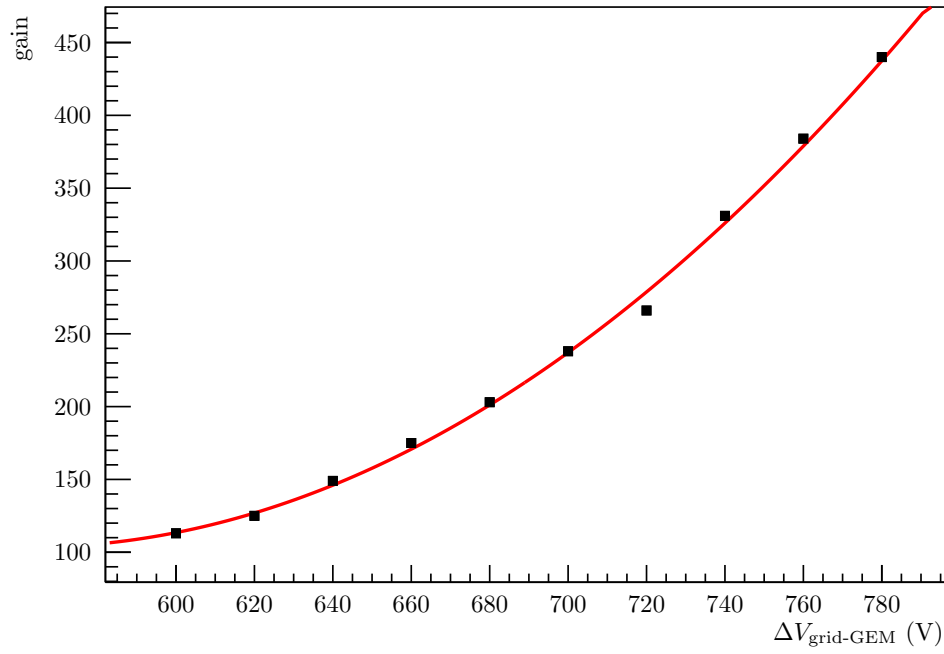
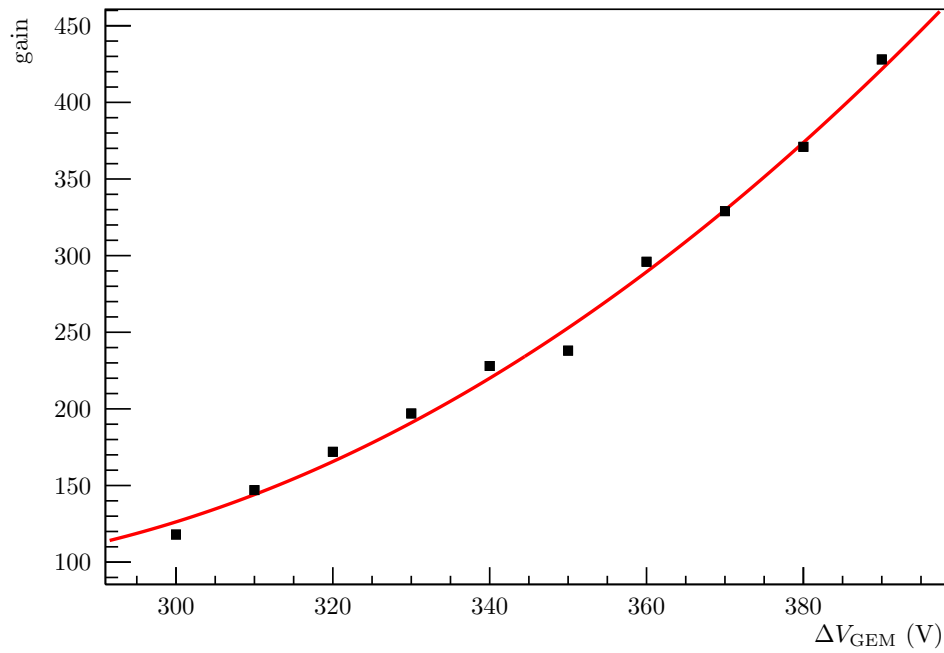
電子の増幅率は GEM,  $\mu$ -PIC の電圧によって変化する．また, grid や GEM を通過する際に電子の一部が増幅されずに吸収されてしまう．そこで, 電子増幅率の電位差依存性を調べる．grid と GEM との電位差を  $\Delta V_{\text{grid-GEM}}$ , GEM の両面間の電位差を  $\Delta V_{\text{GEM}}$ , GEM の  $\mu$ -PIC 側と  $\mu$ -PIC との電位差を  $\Delta V_{\text{GEM-}\mu\text{-PIC}}$ ,  $\mu$ -PIC の anode 電極の電圧を  $V_{\mu\text{-PIC}}$  とする． $\mu$ -PIC の cathode 電極は接地されている．表??にあるような電位差を基準として, 各項目の電位差依存性を調べた．表??は??章でドリフトスピードを測定したときの構成である．増幅率の測定方法は??章で述べた通りである．本測定では GEM,  $\mu$ -PIC の増幅率や電子の収集効率をそれぞれで求めることができないので, それらを畳み込んだ増幅率として求める．

### 1.2.1 grid と GEM との電位差による電子の増幅率

grid と GEM の間の電位差によって電子がドリフト領域から増幅領域へ移動する効率が変化することがわかっている [?].  $\Delta V_{\text{grid-GEM}}$  を 20 V 間隔で 600–780 V の範囲で変化させて計 10 点測定した．電子の増幅率の  $\Delta V_{\text{grid-GEM}}$  による変化を図??に示す．増幅率の変化は  $gain = 0.00704 \times \Delta V_{\text{grid-GEM}}^2 - 7.92 \times \Delta V_{\text{grid-GEM}} + 2330$  と表すことができる．ドリフト電場に対して増幅領域の電場を強くすることで, 電子をより強く増幅領域へ吸い出すことができるため, 増幅率が増加したと考えられる． $\Delta V_{\text{grid-GEM}} = 700$  V のとき,  $140 \text{ V mm}^{-1}$  であり, ドリフト電場の約 20 倍となっている．

### 1.2.2 GEM による電子増幅率

GEM は絶縁体のフィルムの両面を銅で被覆し, 微細な穴を開けたものである．GEM の各面に電圧をかけることで高電場を形成し, 電子のアバランシェ増幅を起こす． $\Delta V_{\text{GEM}}$  を 10 V 間隔で 300 V to 390 V の範囲で変化させて計 10 点測定した．電子の増幅率の  $\Delta V_{\text{GEM}}$  による変化を図??に示す．増幅率の変化は  $gain = 0.0188 \times \Delta V_{\text{GEM}}^2 - 0.67 \times \Delta V_{\text{GEM}} + 1340$  と表すことができる． $\Delta V_{\text{GEM}}$  を大きくして, GEM の穴の中に生成される電場を強くすることでより強く増幅されることが確認された．

図 1.2: 電子増幅率の  $\Delta V_{\text{grid-GEM}}$  依存性.図 1.3: 電子増幅率の  $\Delta V_{\text{GEM}}$  依存性.

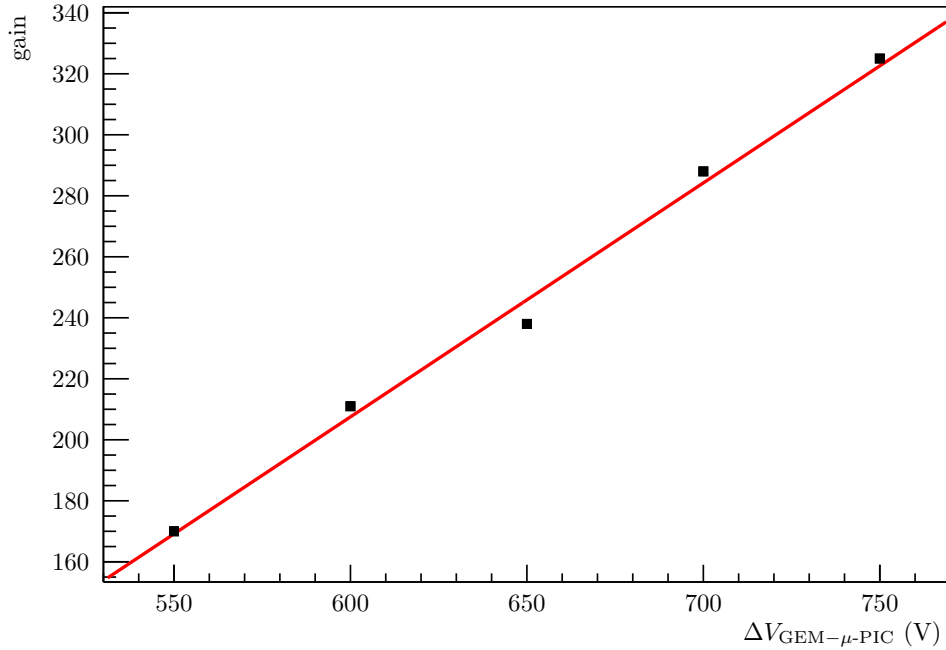


図 1.4: 電子増幅率の  $\Delta V_{\text{GEM}-\mu\text{-PIC}}$  依存性.

### 1.2.3 GEM と $\mu\text{-PIC}$ との電位差による電子の増幅率

$\Delta V_{\text{GEM}-\mu\text{-PIC}}$  によって GEM で増幅された電子の  $\mu\text{-PIC}$  による収集率が変化する.  $\Delta V_{\text{GEM}-\mu\text{-PIC}}$  を 50 V 間隔で 550 V to 750 V の範囲で変化させて計 10 点測定した. 電子の増幅率の  $\Delta V_{\text{GEM}-\mu\text{-PIC}}$  による変化を図??に示す. 増幅率の変化は  $\text{gain} = 0.767 \times \Delta V_{\text{GEM}-\mu\text{-PIC}}$  と表すことができる. GEM で増幅された電子をより強い電場で移動させることで, 効率よく  $\mu\text{-PIC}$  に電子が輸送されたと考えられる.

### 1.2.4 $\mu\text{-PIC}$ による電子増幅率

電子は  $\mu\text{-PIC}$  で読み出される直前に,  $\mu\text{-PIC}$  によって作られた高電場によって増幅される.  $V_{\mu\text{-PIC}}$  を 10 V 間隔で 350 V to 440 V の範囲で変化させて計 10 点測定した. 電子の増幅率の  $V_{\mu\text{-PIC}}$  による変化を図??に示す. 増幅率の変化は  $\text{gain} = 2.06 \times V_{\mu\text{-PIC}} - 253$  と表すことができる.  $\mu\text{-PIC}$  の anode 電極の周りにより強い電場が形成されることで, より強く電子が増幅されることが確認された.

## 1.3 拡散効果

ドリフトスピードが一定である場合は, 電子の拡散は  $\sqrt{L}$  に比例する. 線源は線源導入機によって, チェンバーの気密性を保持したまま電子のドリフト方向に移動可能である. 線源導入機は 2016 年度の森本修論 [?] で開発された. 図??に線源導入機の先に線源を取り付けた様子を示す. 図??中の矢印の方向に線源を移動させることができる. 線源導入機によって線源の位置を変化させることで, 拡散効果の  $L$  依存性を調べるこ

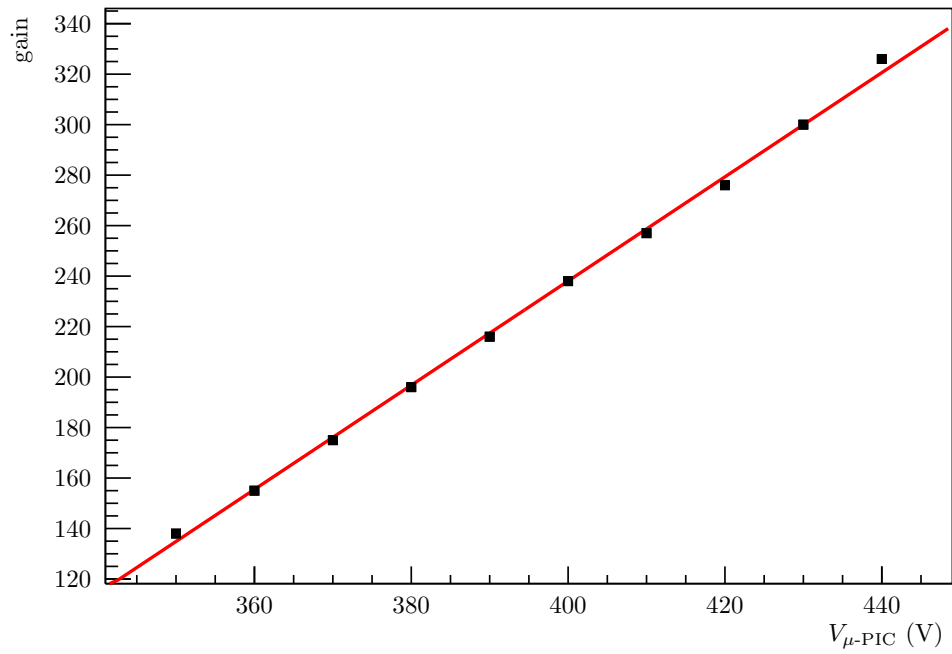


図 1.5: 電子増幅率の  $V_{\mu-PIC}$  依存性.

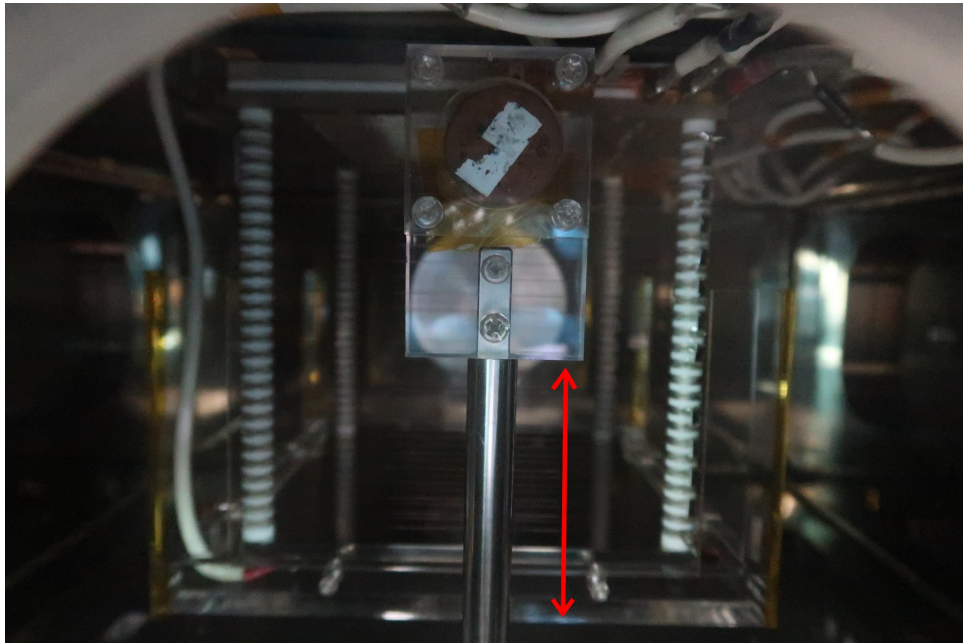


図 1.6: 線源導入機に取り付けたれた線源. 矢印の方向に移動させることができる.

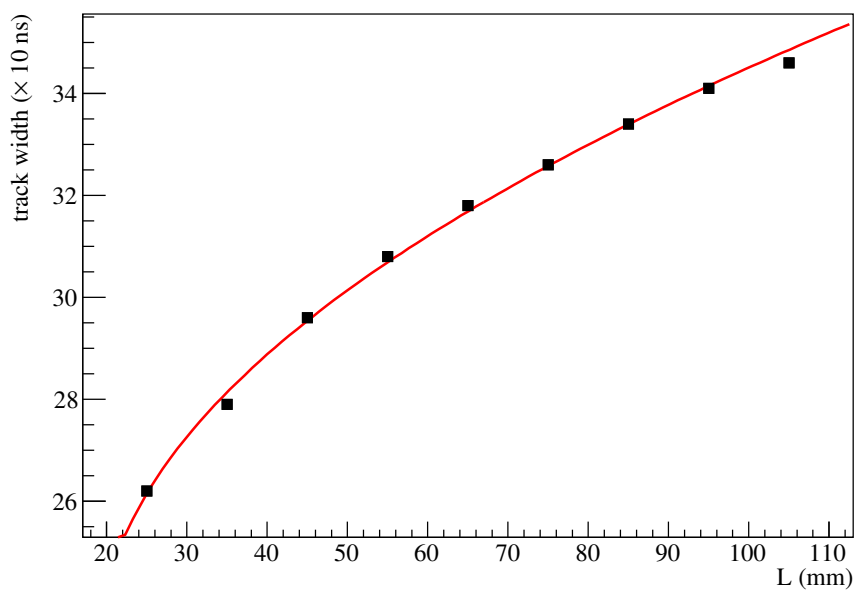


図 1.7: トラックの太さの位置依存性.

ができる．拡散効果とトラックの太さが比例していると仮定すると， $\text{track width} \sim \sqrt{L}$  となる．トラックの太さと線源の位置との依存性を図??に示す．図??の  $L$  は線源コリメータの  $0^\circ$  穴と grid とのドリフト方向の距離である． $\text{track width} = 1.27 \times \sqrt{L - 19.2} + 23.1$  となり， $\sqrt{L}$  に比例していることが確認された．