

GEM検出器に用いる中性子コンバータ の開発

東京農工大学
修士2年
大橋 賢太

農工大, KEK^A, 阪市大理^B

仁藤修, 宇野彰二^A, 吉田武史^B, 池口直人^B

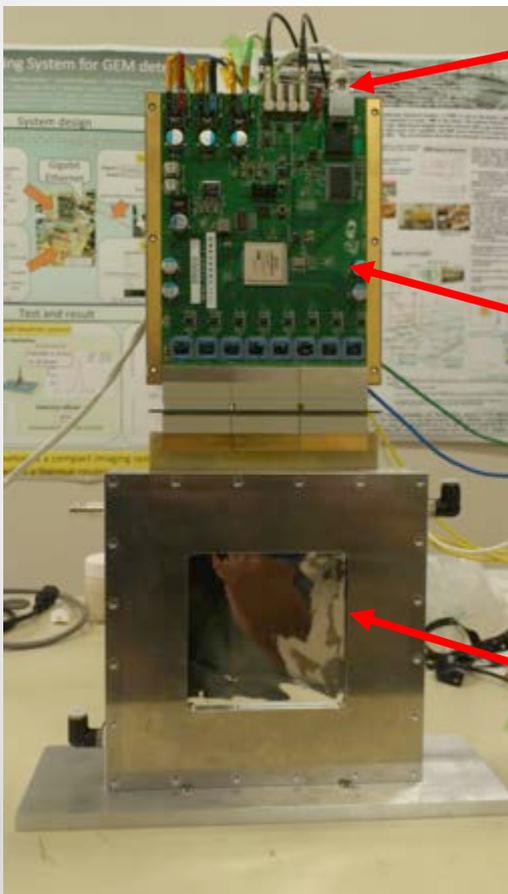
測定器開発室MPGDグループ

Introduction

GEMを使用した中性子検出器の開発を行なっている

検出器システム

検出器サイズ 200mm × 450mm × 40mm



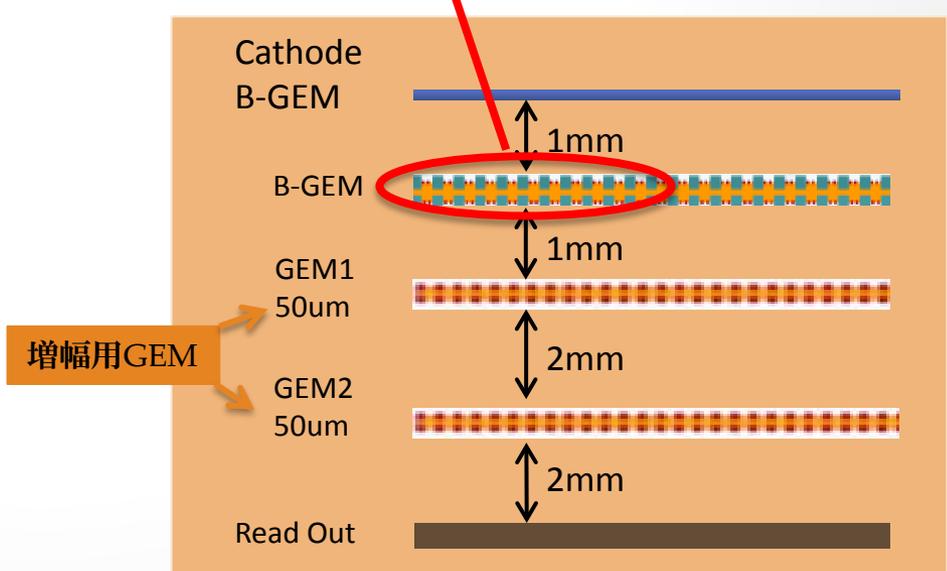
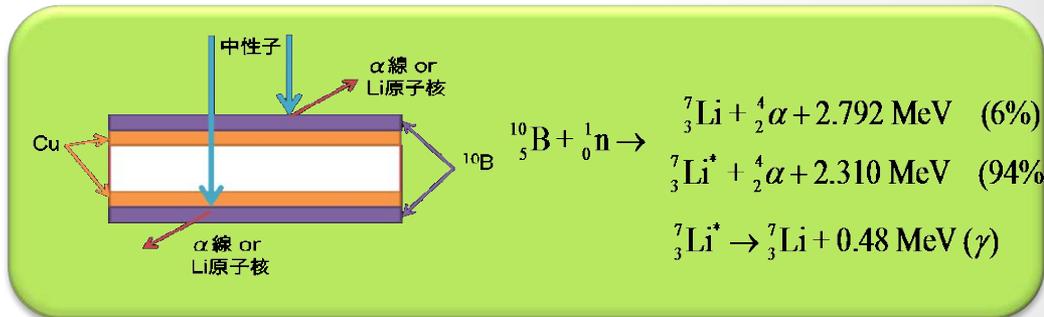
Ethernet

エレキ部
256chボード

GEM
チェンバー部

中性子検出原理

固体コンバータとして ^{10}B をGEMに蒸着し使用



B-GEMについて

- GEMに ^{10}B を蒸着したもの
 - 一> 蒸着中に孔の内部に ^{10}B が入り込んでしまうため、放電しやすい。
 - 一> 土台がGEMであるため壊れやすい。
 - 一> 高価である。
- 中性子コンバータとして使用
 - 一> 増幅度は1で良いためGEMである必要が無い。



多孔コンバータの開発

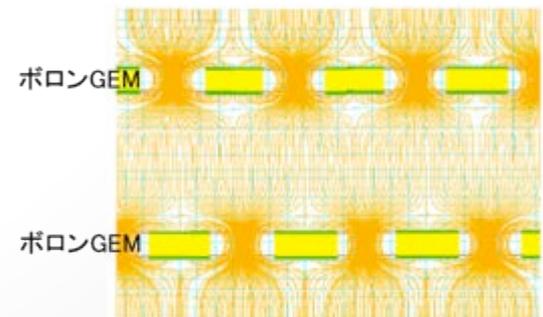
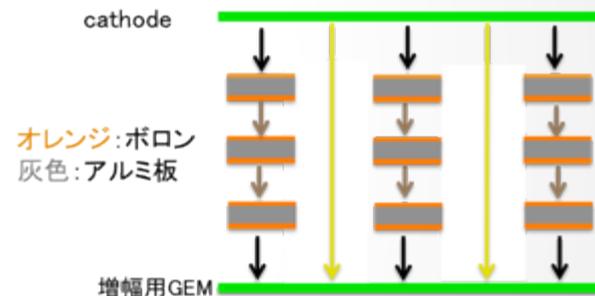
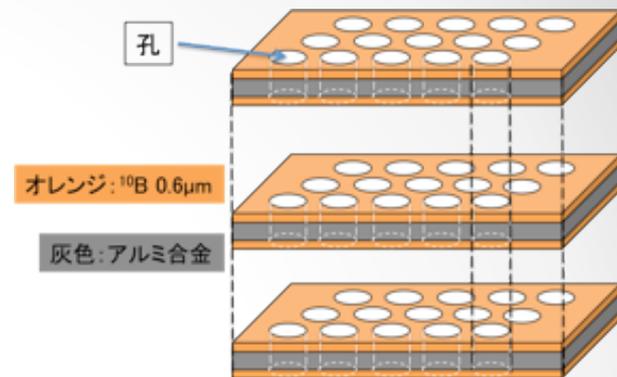
多孔コンバータ

構造

- アルミ板の両面に ^{10}B を蒸着した変換層を1.5mmの空間を空け積層
- 電子が通過する孔の位置がすべての変換層で一致

特徴

- 絶縁体層を使用していない
 - 放電に強い (壊れない)
 - GEMに比べて低電圧で動作可能
- 安価に製作可能



製作方法

- ・ 変換層の孔を一致させるため、変換層を積層したあとに孔を開ける
- ・ 変換層間に空間を作るため、ジグを使用し孔を開けた後にジグを引きぬく

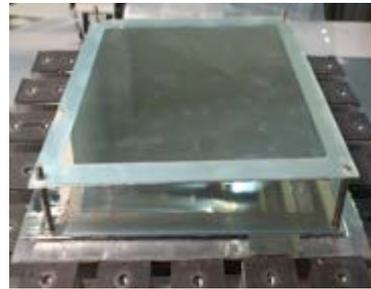
¹⁰B蒸着したアルミ板



スペーサーを接着



積層

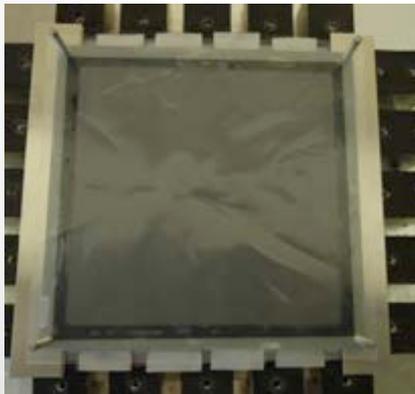


空間にジグを挿入



同じ形のものを2枚用意

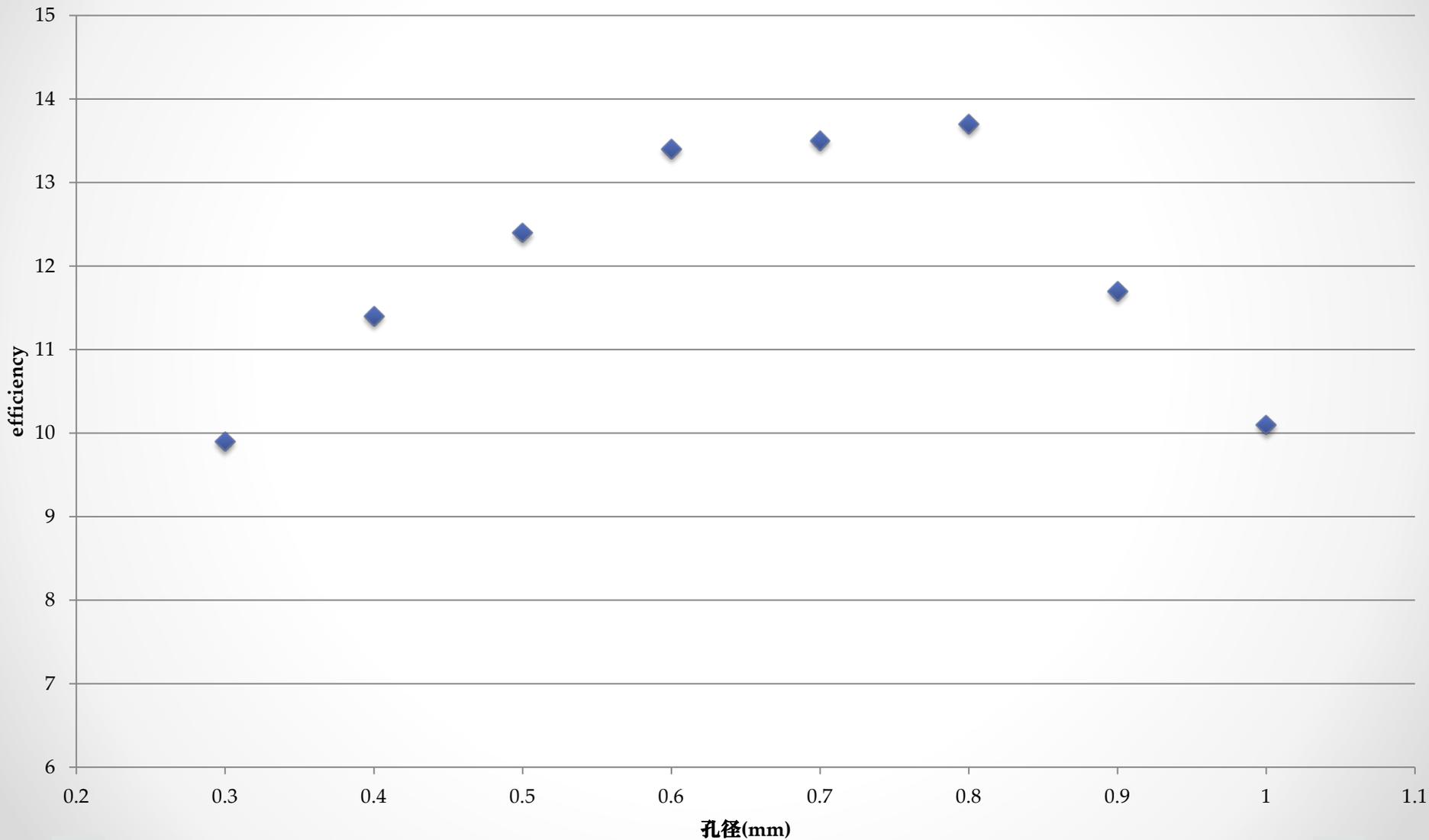
変換層4層



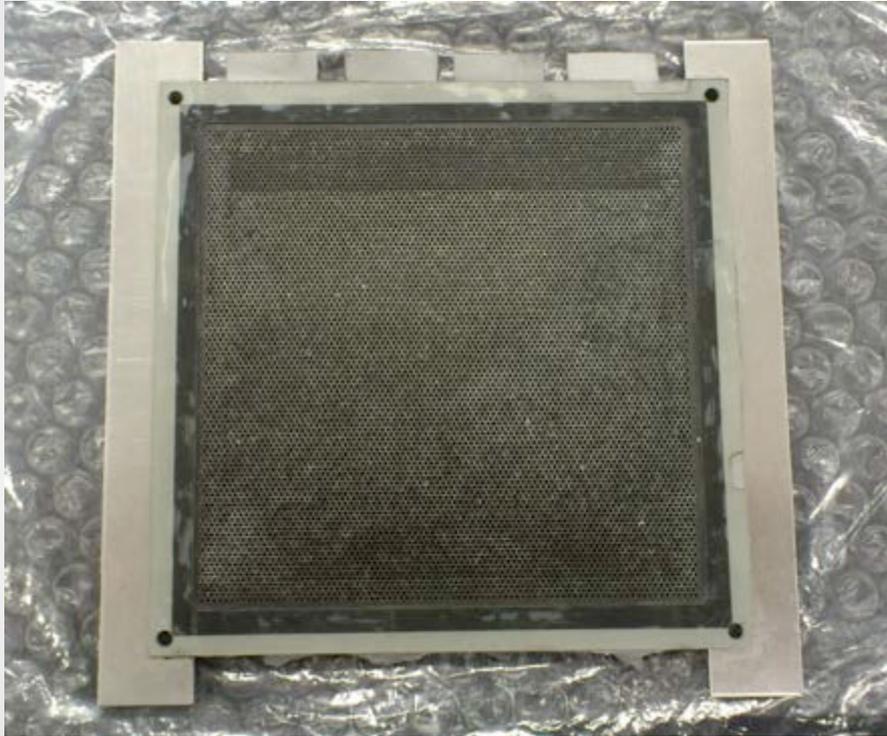
穴あけ

10cm×10cmの領域に孔を開けた
孔径：0.8mm
ピッチ：1.2mm

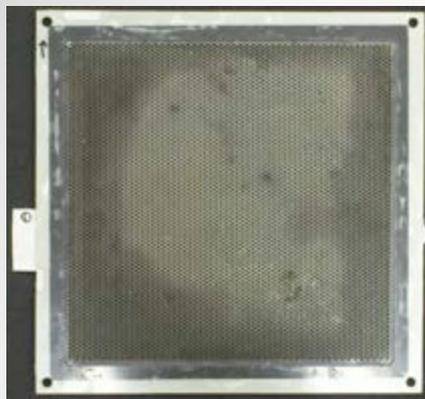
ピッチ1.2mmでの孔径と変換効率の関係



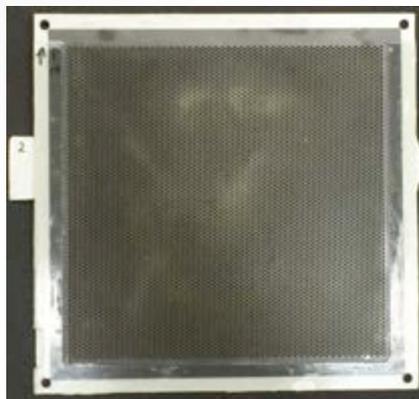
孔径：0.8mm
ピッチ:1.2mm



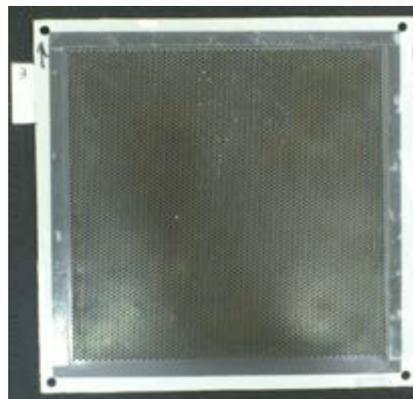
ジグが抜けないため変換層を一枚一枚に分解



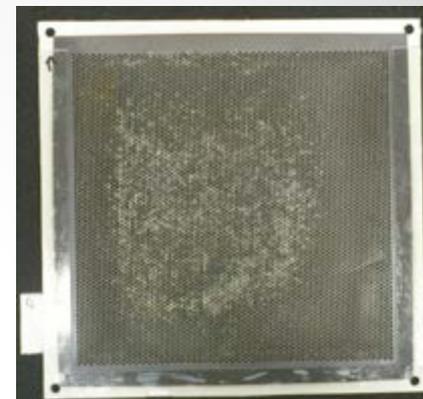
1



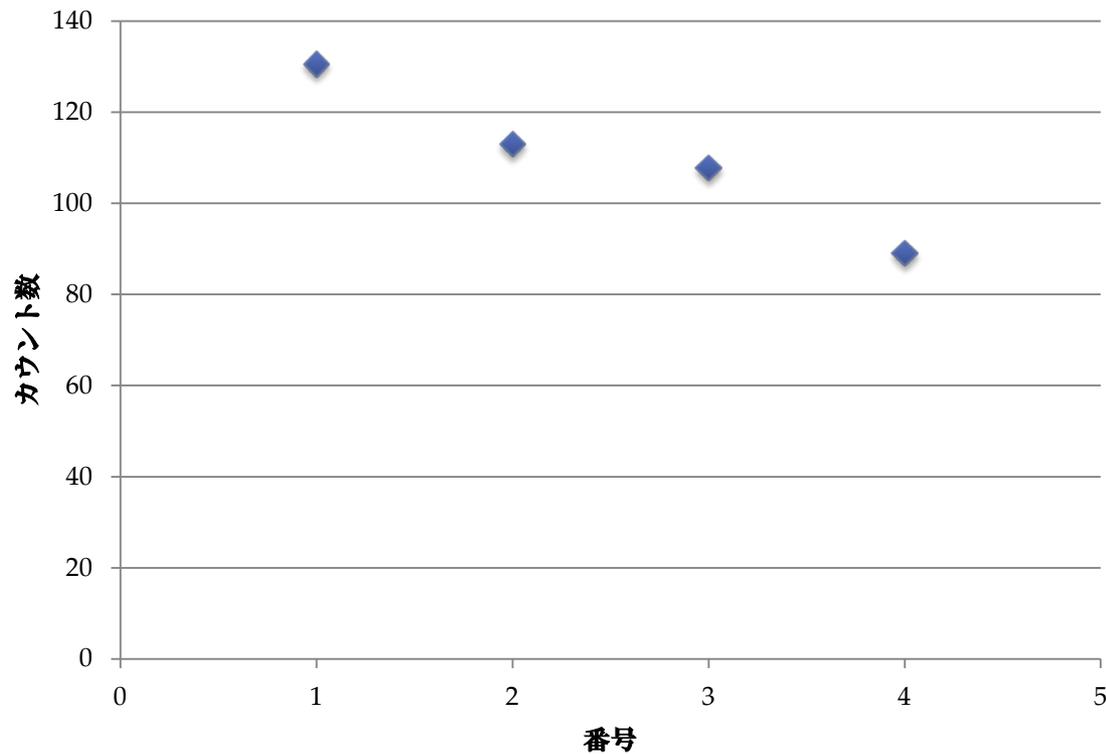
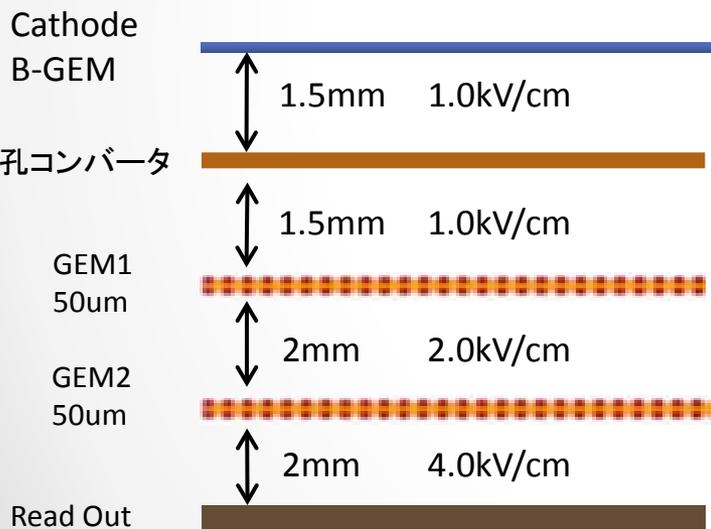
2



3

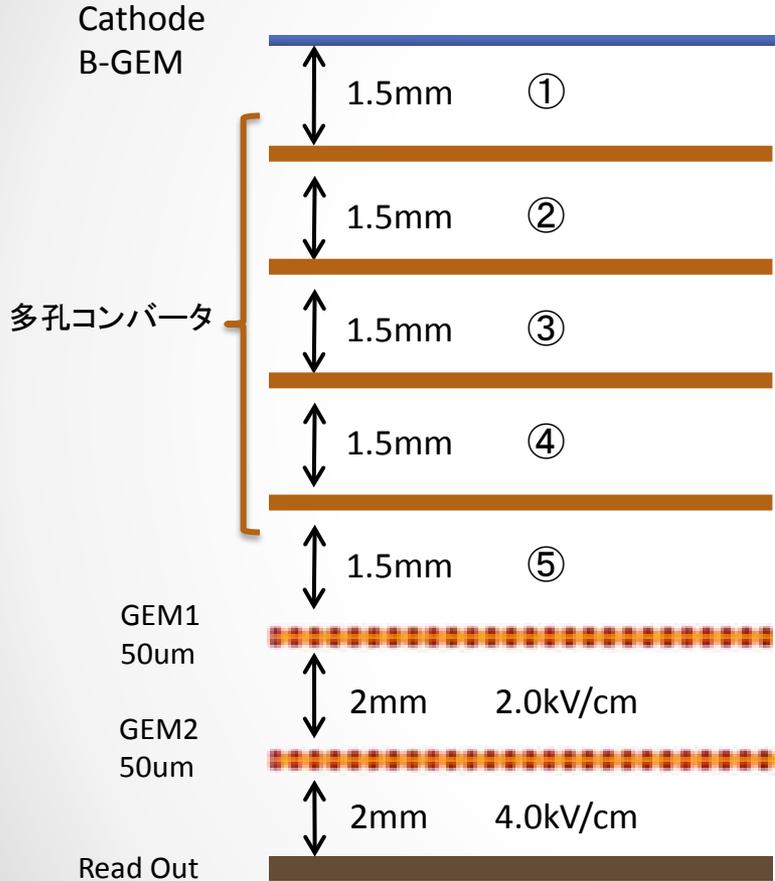


4



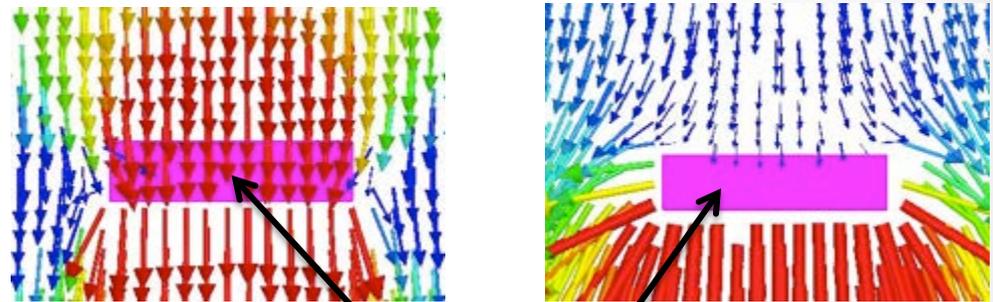
多孔コンバータ使用方法

(多孔コンバータ 4 枚の場合)



• Cathodeと増幅用GEMの間に配置

• 電場：①<②<③<④<⑤



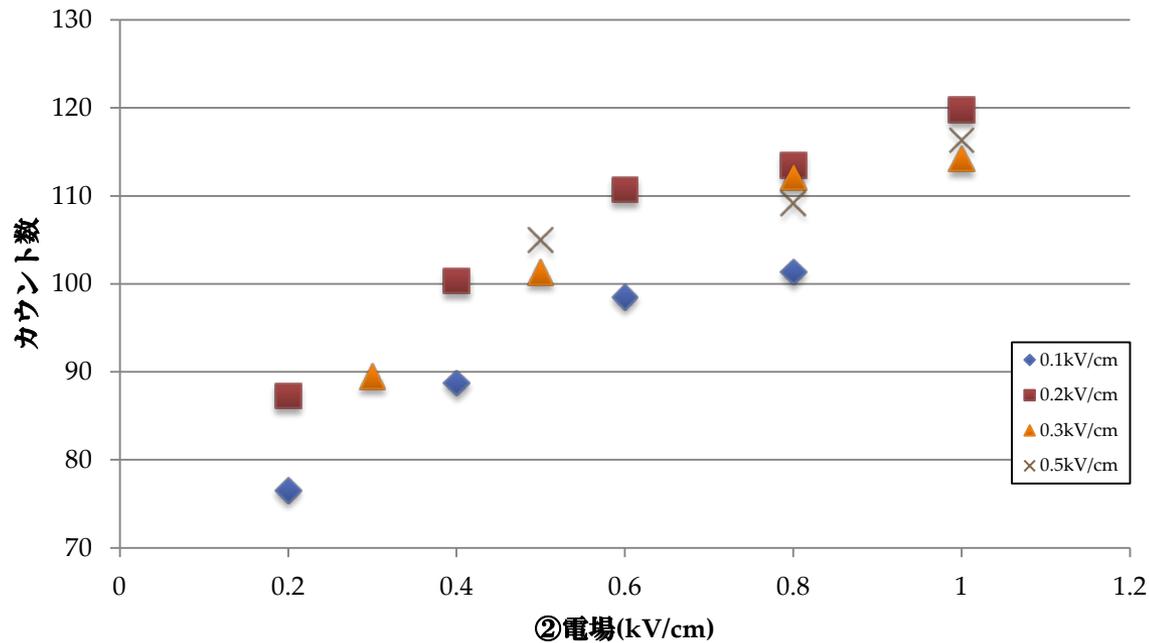
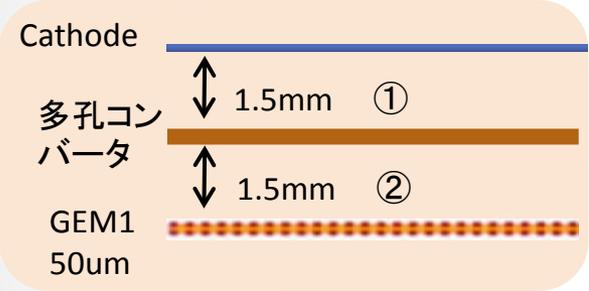
アルミ板

• ①の下限値・⑤の上限値
を決める必要がある



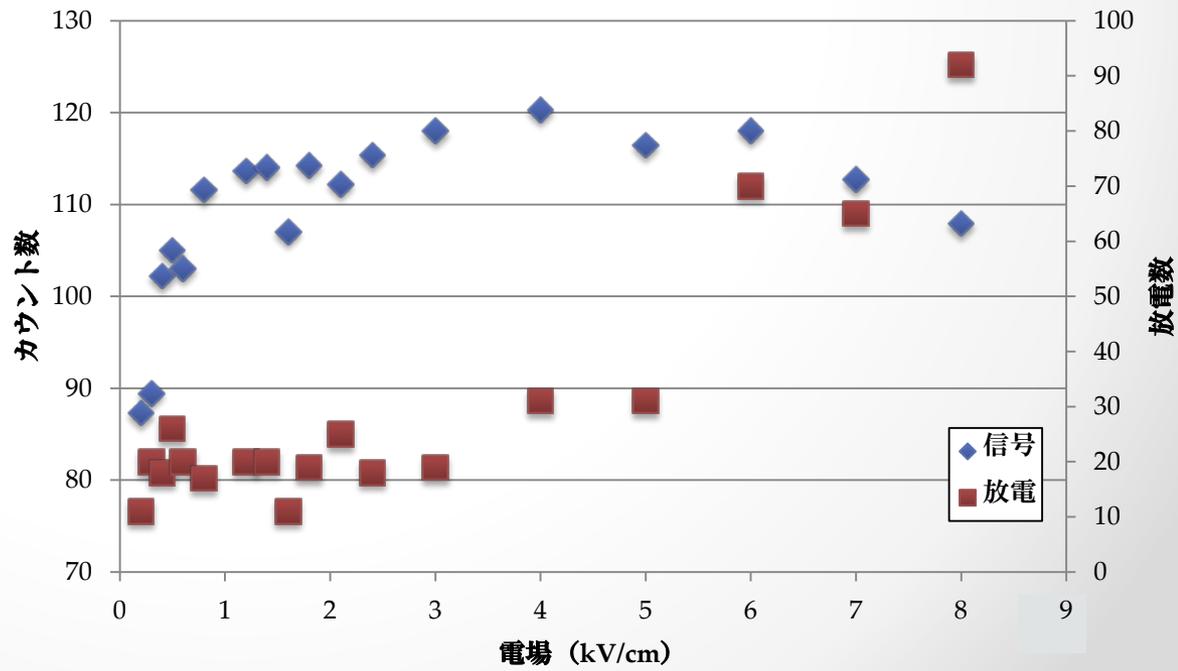
~Cathodeと変換層間①の電場の下限値を決める~
 方法

- 多孔コンバータ 1枚を使用
- ①の電場を0.1~0.5kV/cmで固定
- ②の電場を変化させる

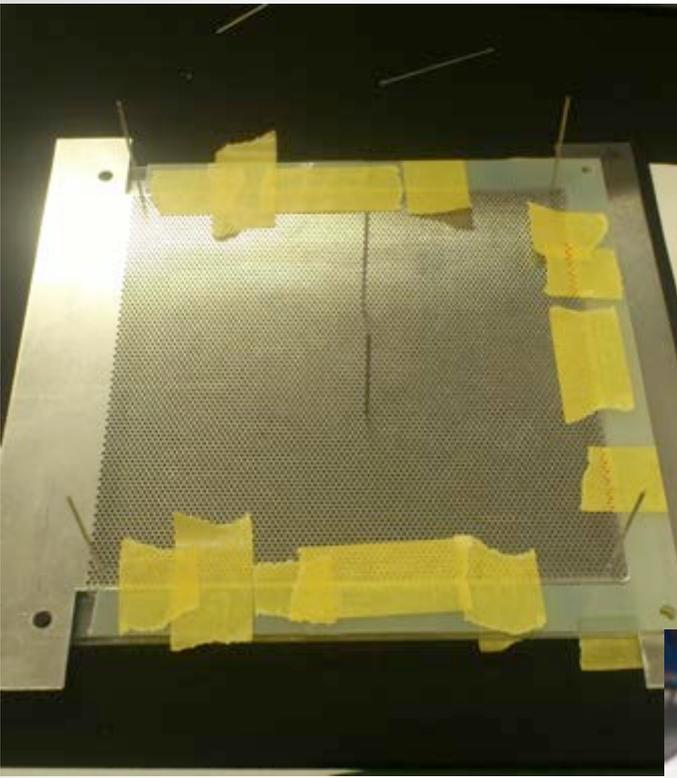


~変換層とGEM間②の電場の上限値を決める~
 方法

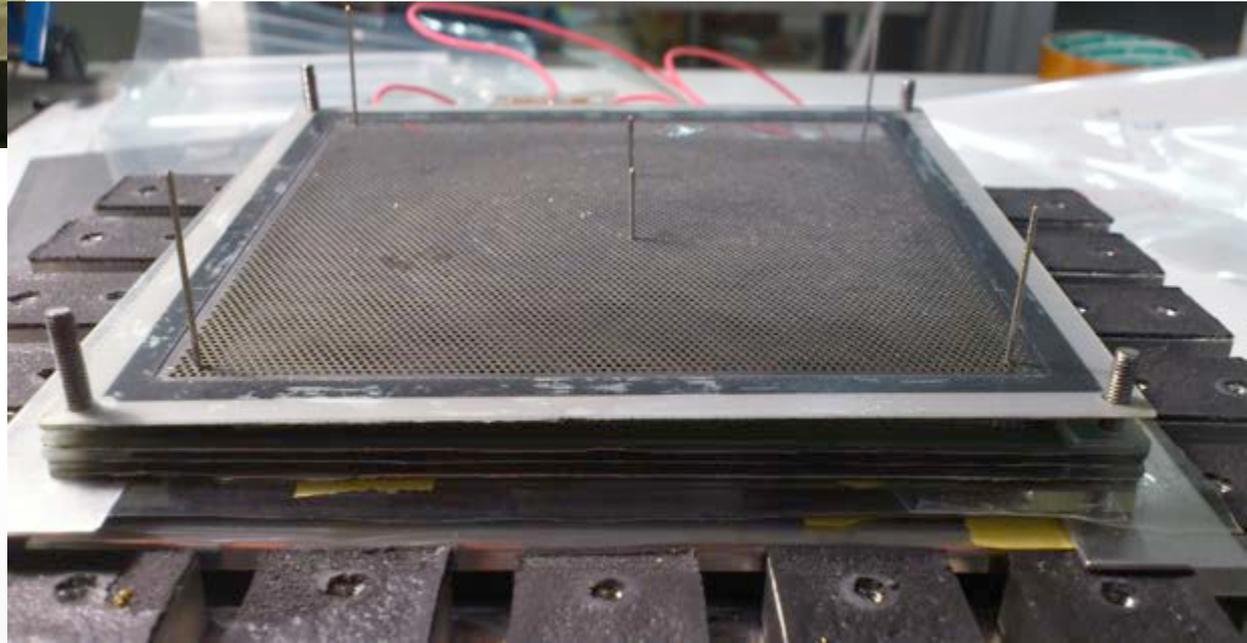
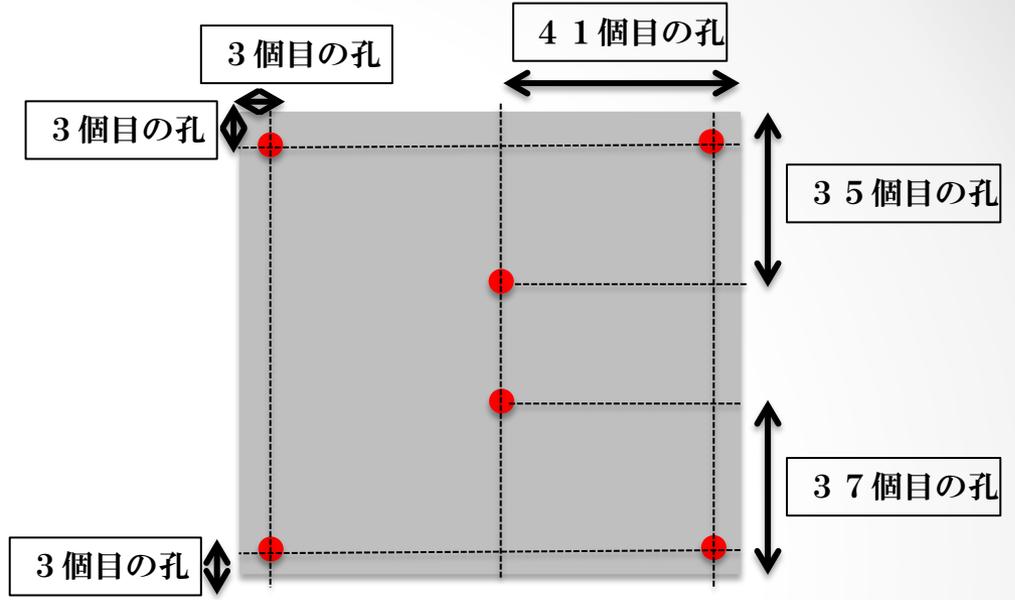
- 多孔コンバータ 1枚を使用
- ①と②を同じ電場に設定し、0~8kV/cmまで変化させる



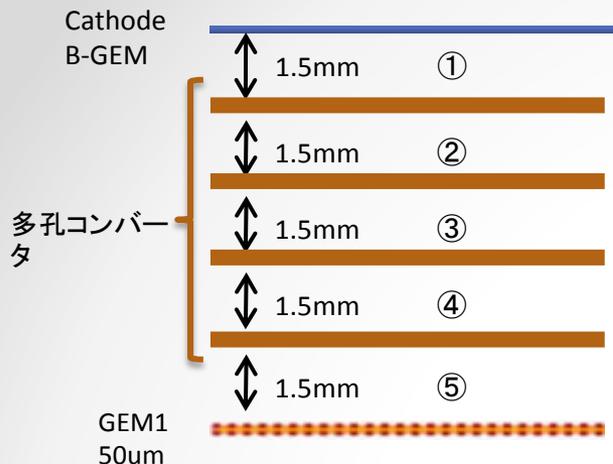
変換層を孔を揃えて積層する



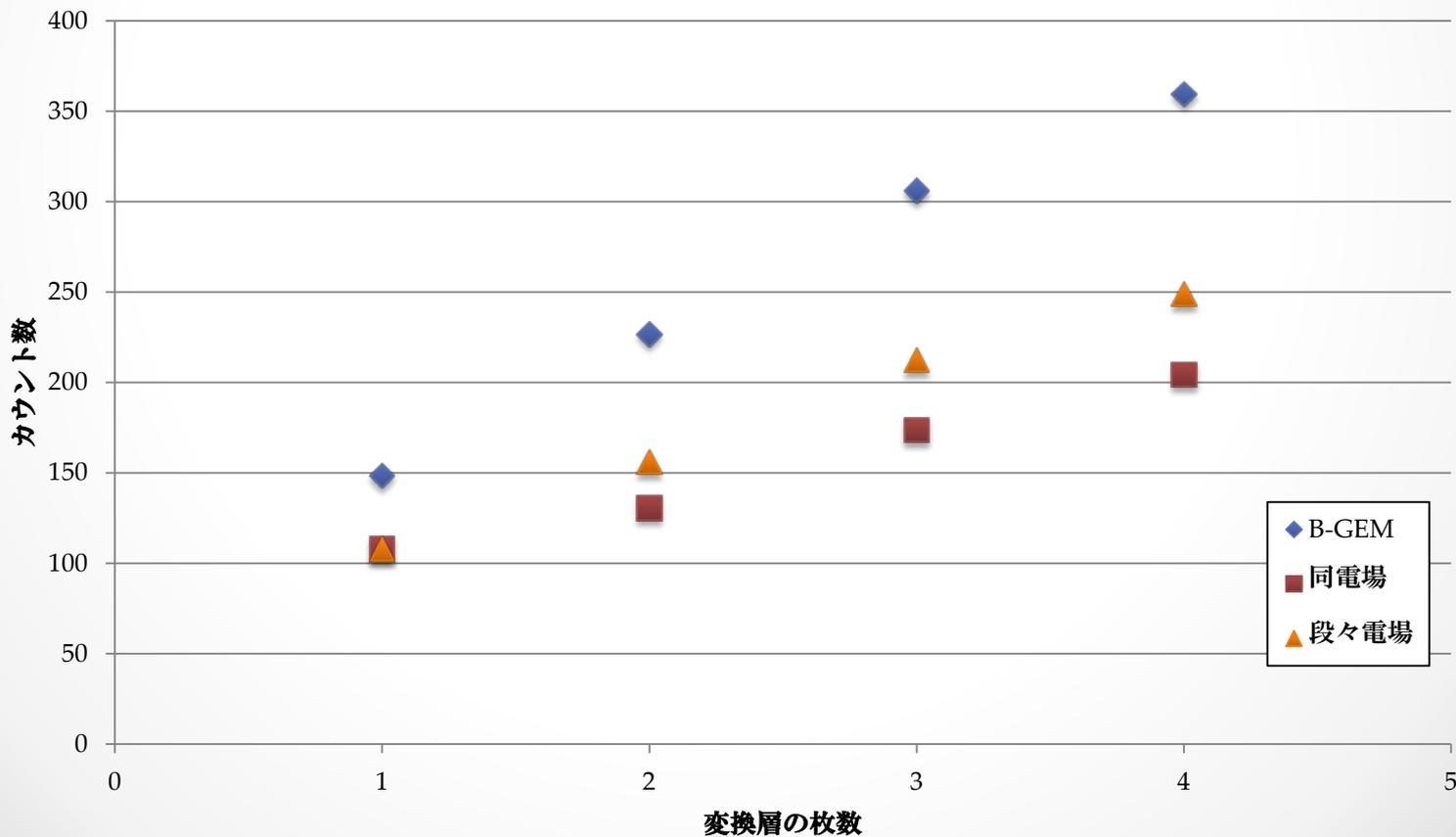
変換層と一緒に孔を開けたジグに直径0.75mmのピンを6箇所を立てる



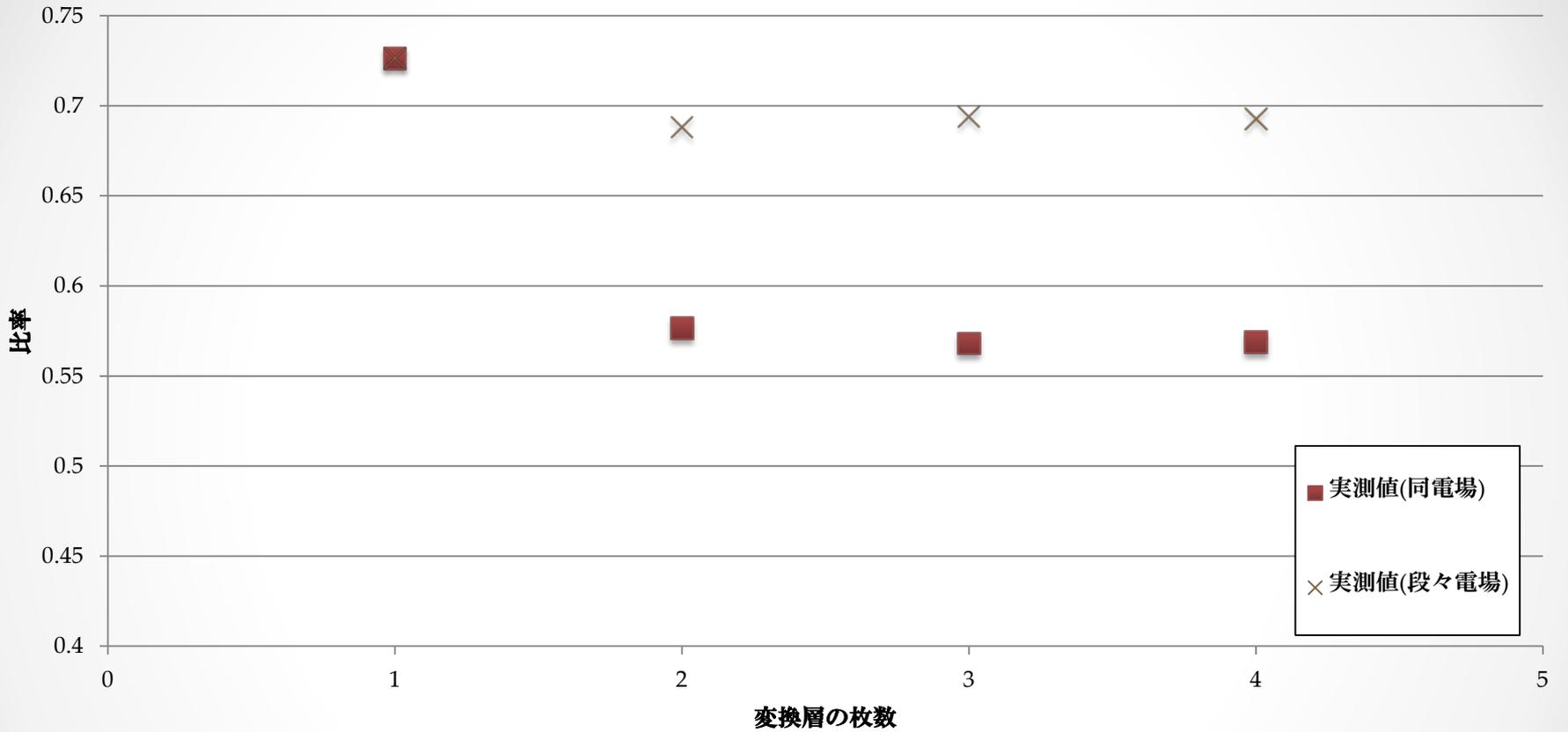
B-GEMと多孔コンバータの90秒間のカウント数



多孔コンバータの電場 (例: 変換層4枚)
-同電場: ①=②=③=④=⑤=1kV/cm
-段々電場: ①<②<③<④<⑤



多孔コンバータ/GEM



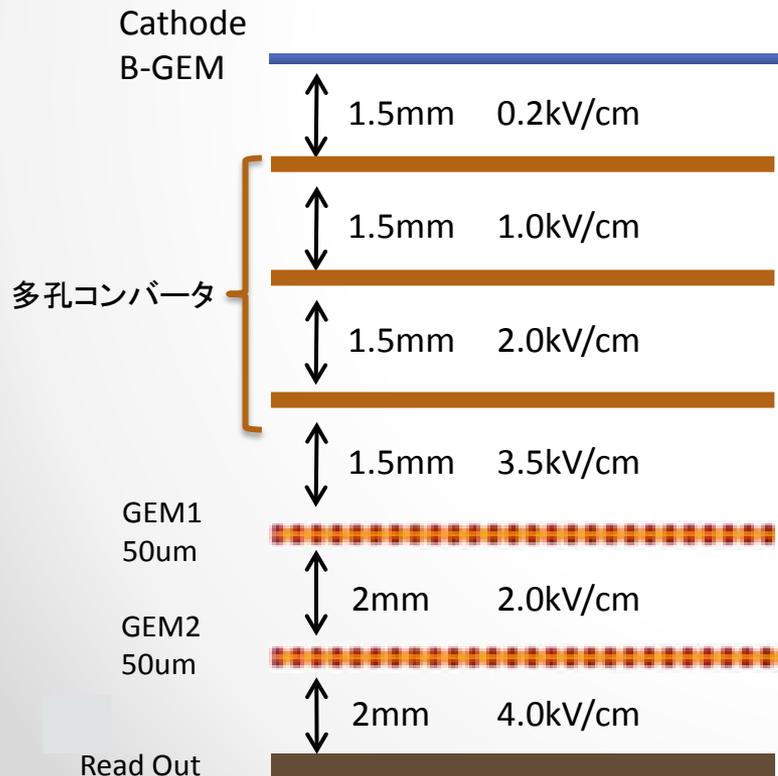
同じ枚数のB-GEMと比較すると7割程度の変換効率

～～北海道大学45MeV LINACにおいて多孔コンバータの動作確認～～

使用チェンバー

- ・両面単純X-Yストリップ基板：128×128
- ・高抵抗シート：三菱マテリアル製、10MΩ/□、50μm厚
- ・接着層：両面テープ、15μm厚
- ・絶縁層：マイラーテープ、100μm厚

検出器Set Up

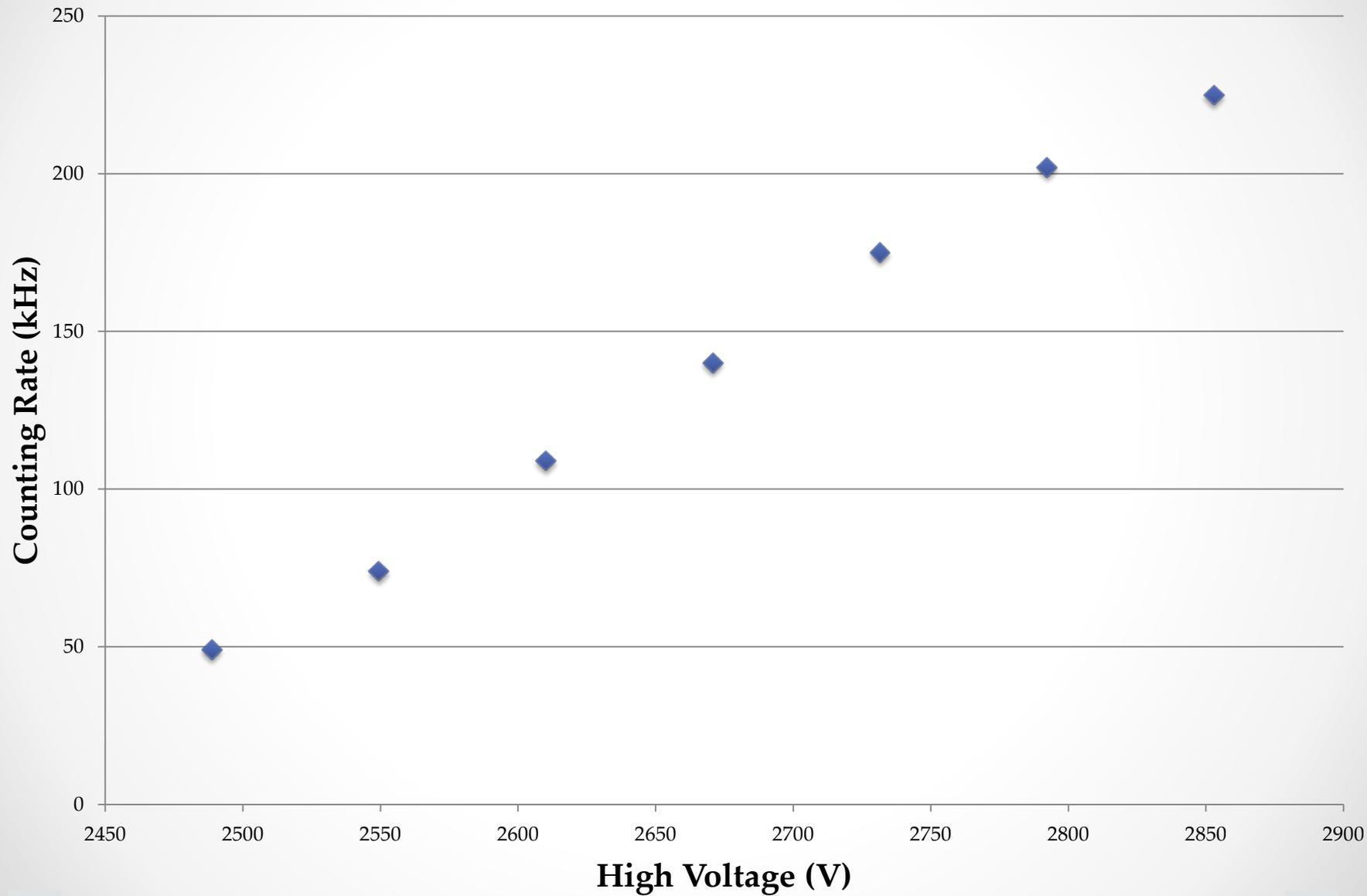


実験内容

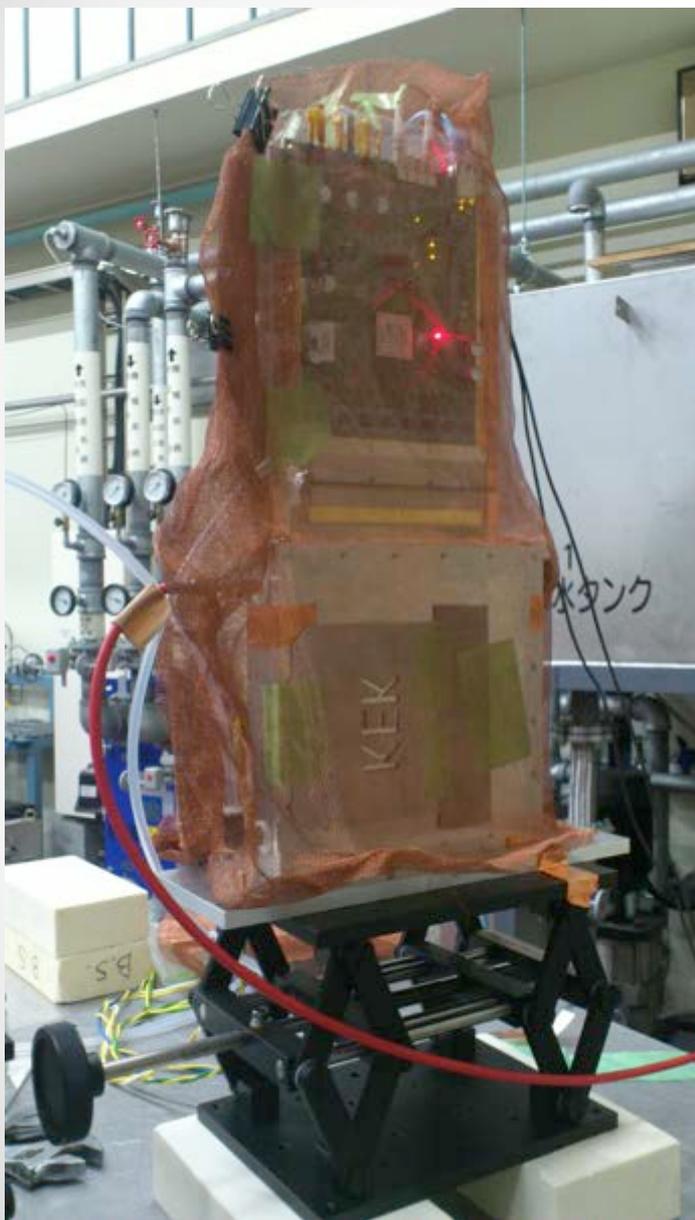
- ・ Counting Rateの印加電圧依存
- ・ “KEK” という文字を抜いたCd板を用いた画像取得
- ・ 0.5mm^Φのピンホールを用いた位置分解

能

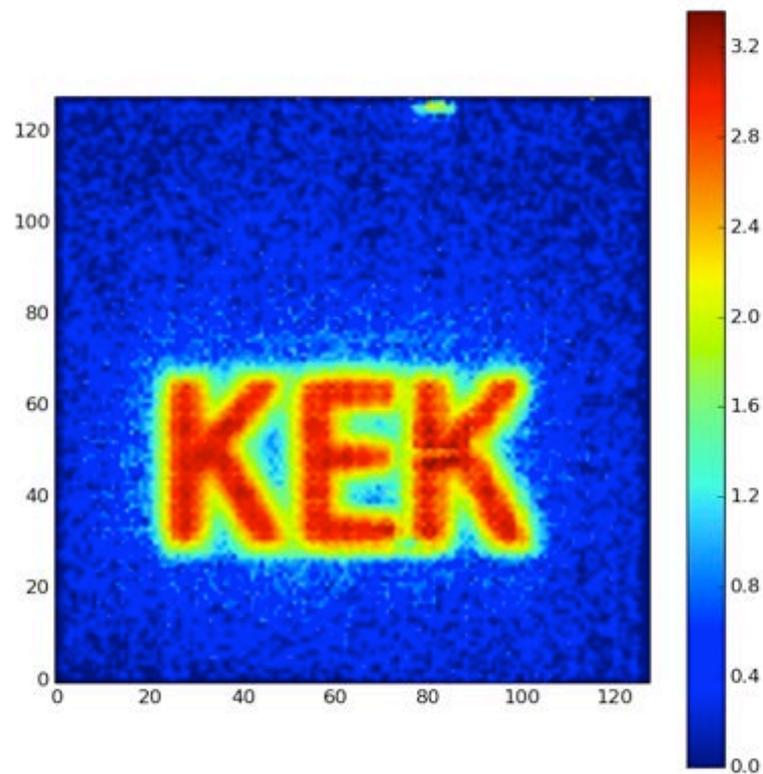
多孔コンバータ (3枚)



KEK画像取得

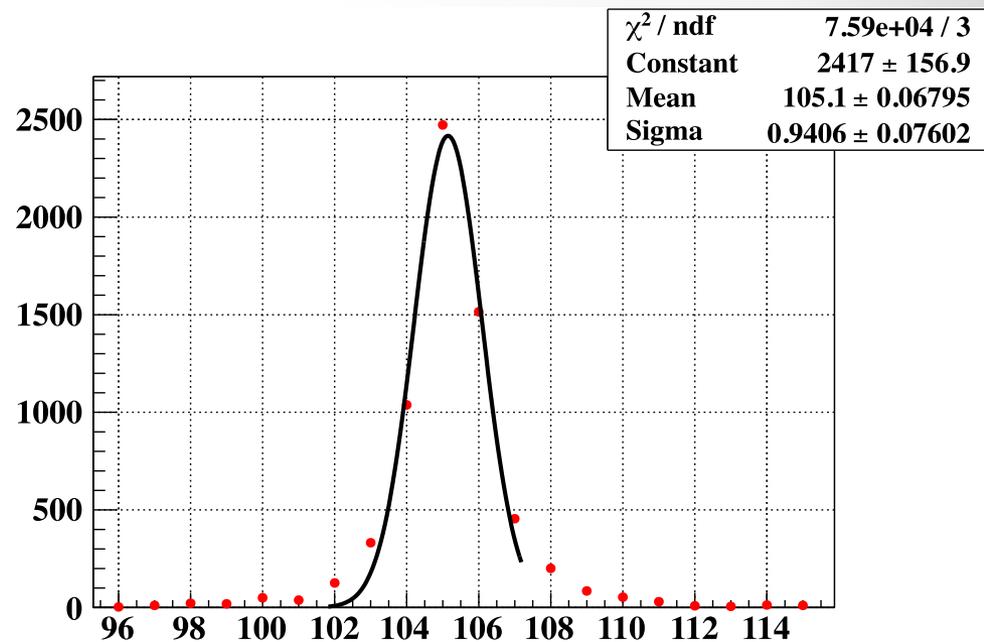
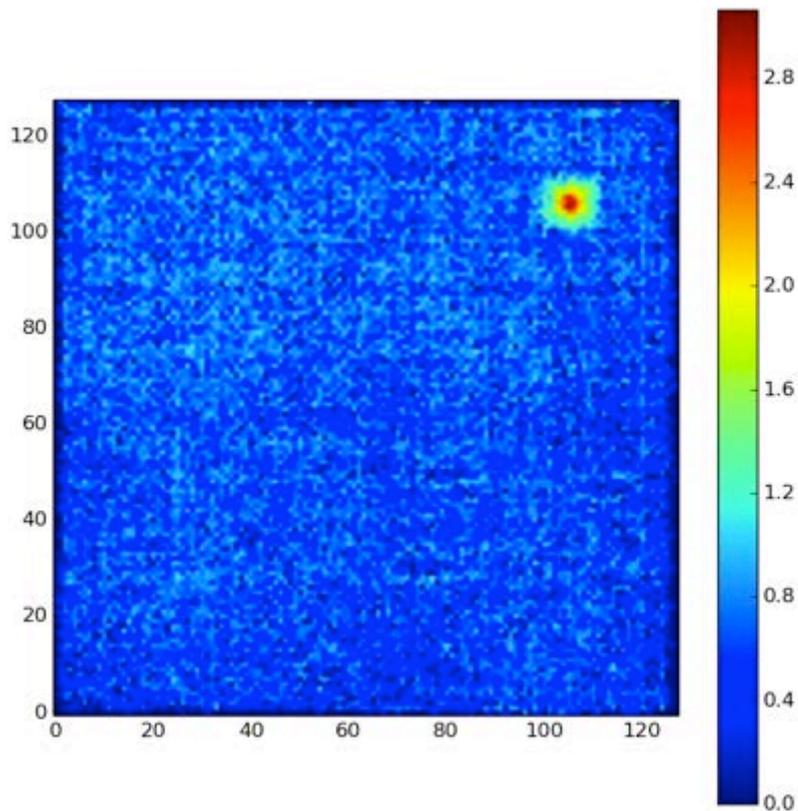


Cdで作った切り抜きをGEM検出器の全面に貼付けて画像取得した



0.5mm Φ Pinhole Image

多孔コンバータ 3枚



1次元方向のみ取り出してFitすると、
位置分解能 (FWHM)

1.77mm

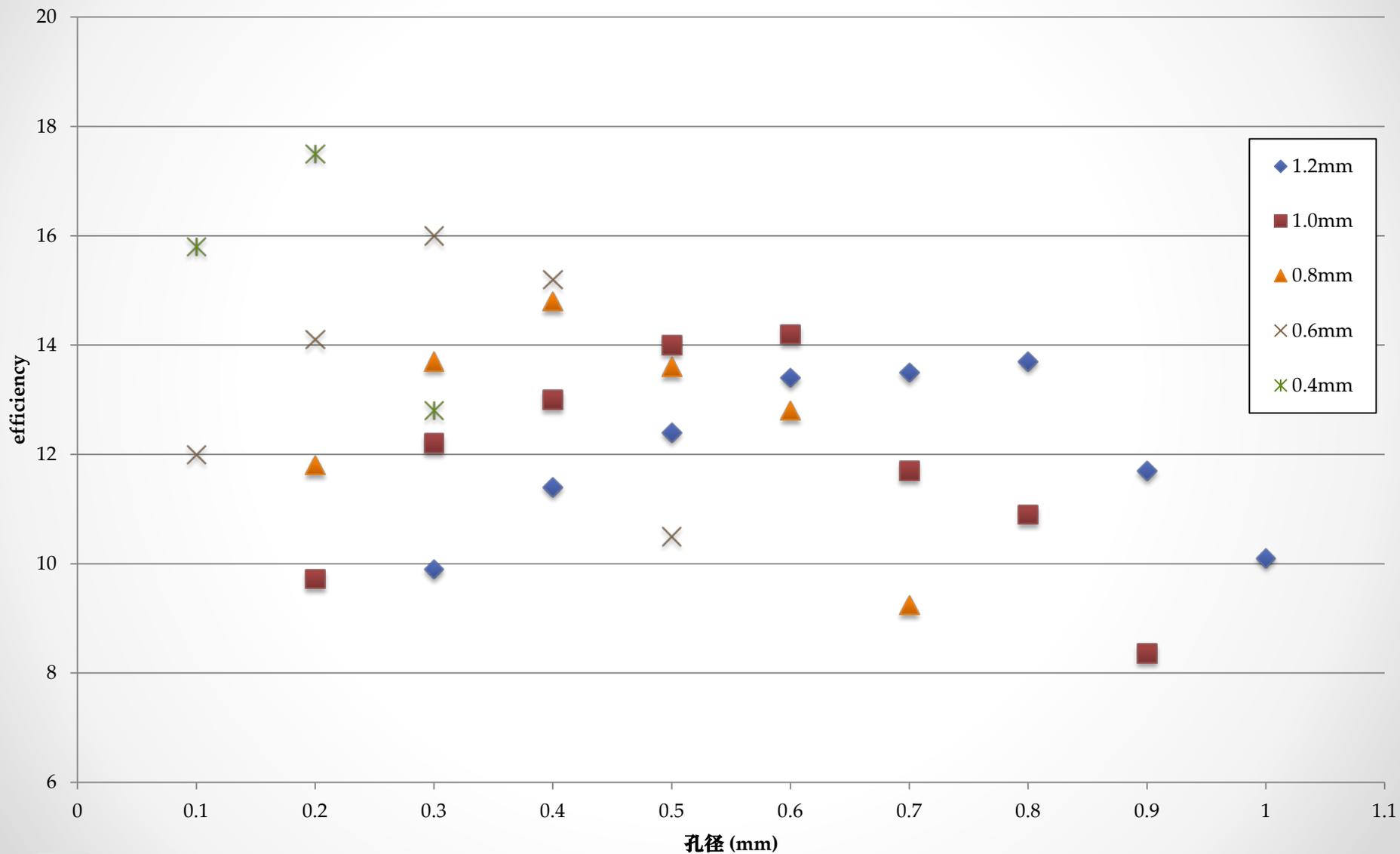
	Cathodeのみ	B-GEM (2枚)	多孔コンバータ (3枚)
Counting Rate	80kHz (1)	212kHz (2.65)	203kHz (2.53)
Resolution (FWHM)	(1.85mm)	1.68mm	1.77mm
High Voltage	2255 V	3185 V	3035 V

まとめ&今後について

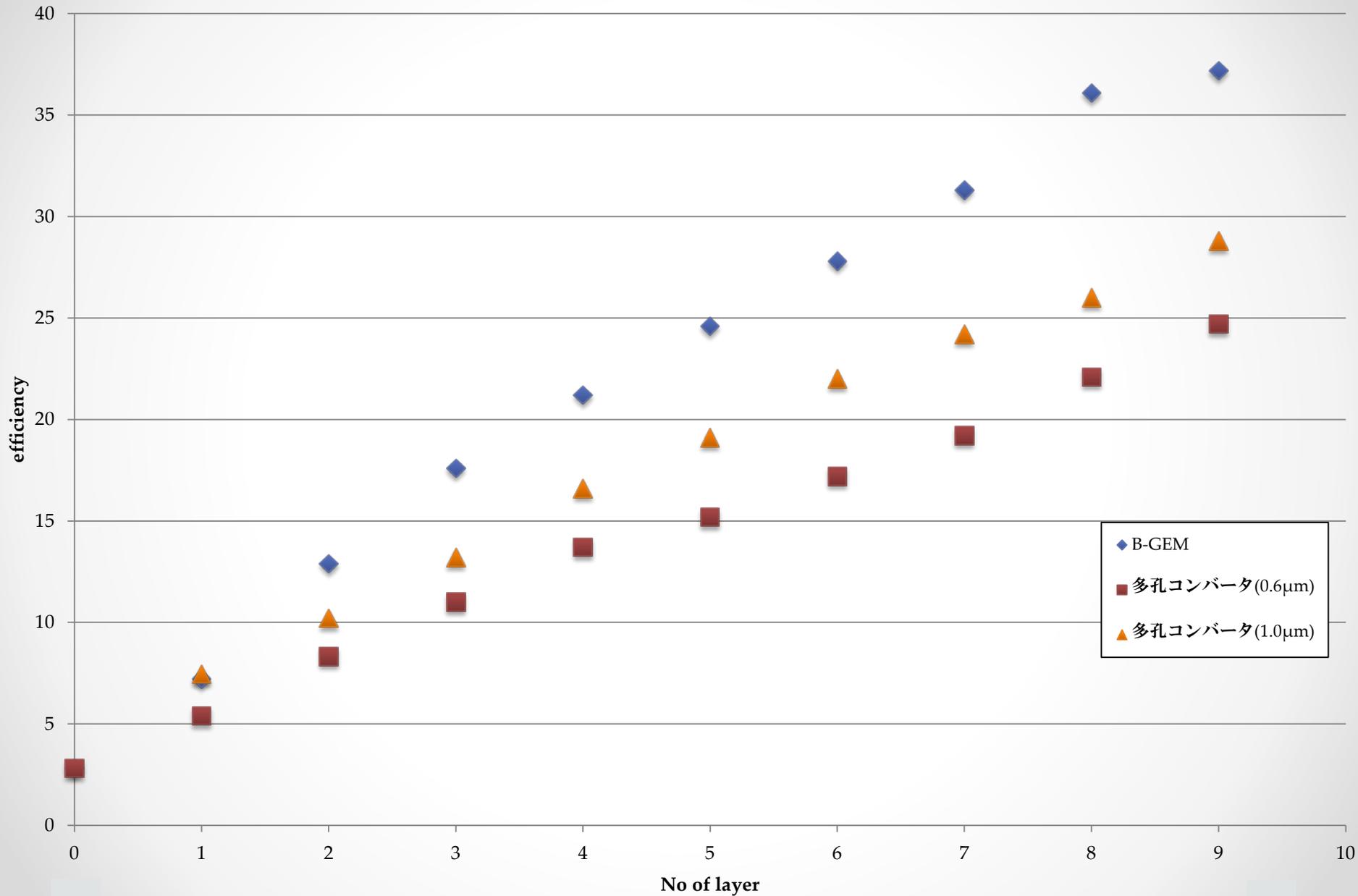
- ^{10}B を蒸着した多孔コンバータが中性子コンバータとして動作することを確認できた。
- 位置分解能はB-GEMとほぼ同程度であった。
- 変換効率はB-GEMと比較すると7割程度であったが、 ^{10}B の厚さ、孔径とピッチの関係、電圧のかけ方で向上可能である。
- 制作方法について考える必要がある。
 - 変換層の積層方法
 - 孔の開け方

多孔コンバータの孔径とピッチの最適化

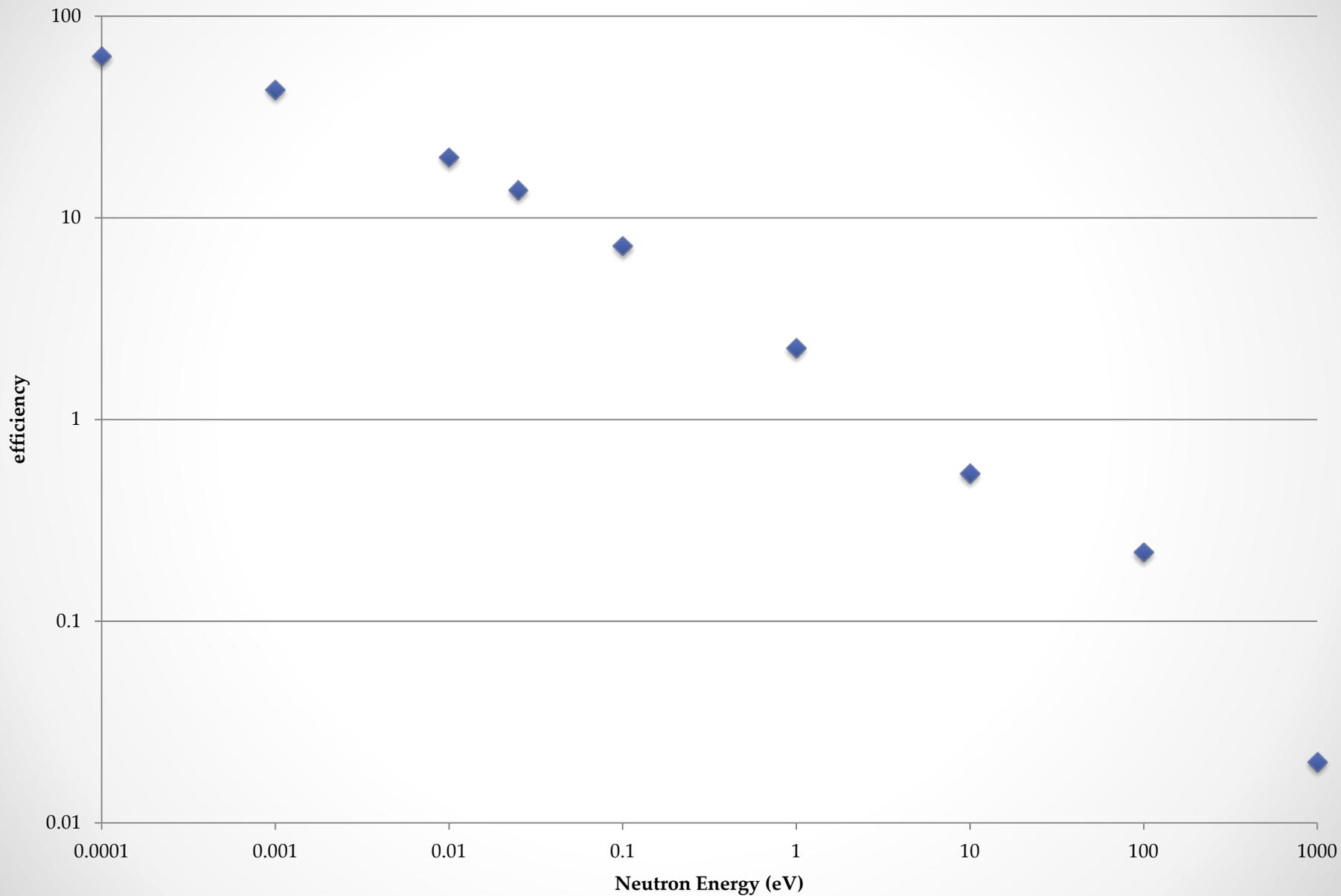
各ピッチに対する孔径と変換効率の関係



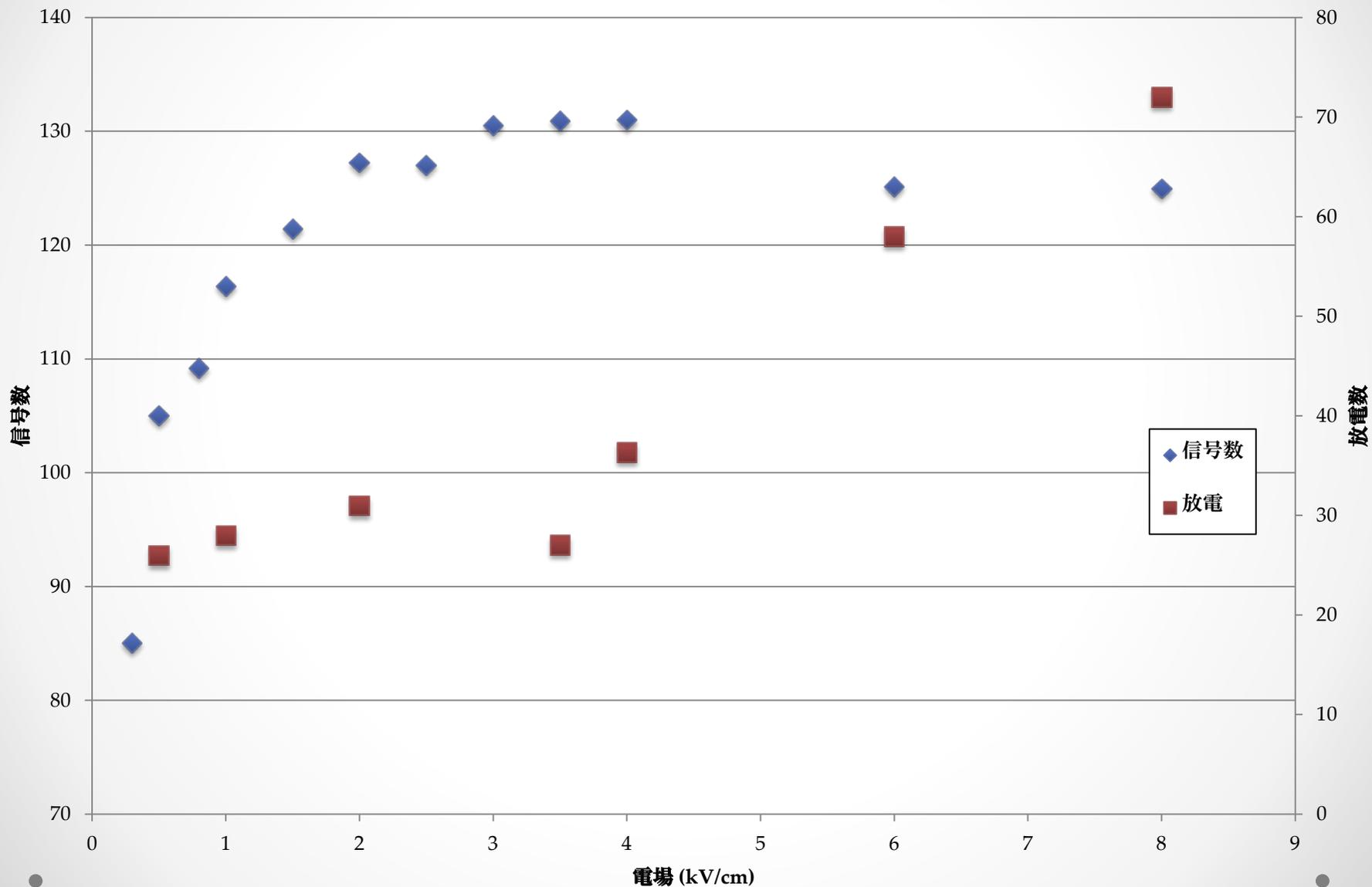
シミュレーションでのGEMと多孔コンバータの比較 (B:0.6 μm)



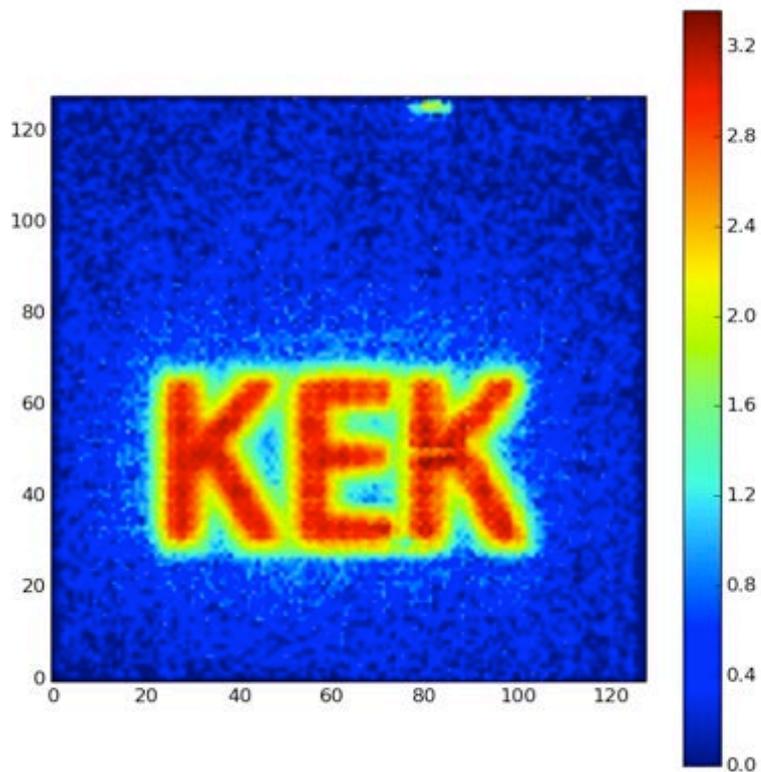
Neutron Energy と efficiency の関係 (多孔コンバータ : 4枚)



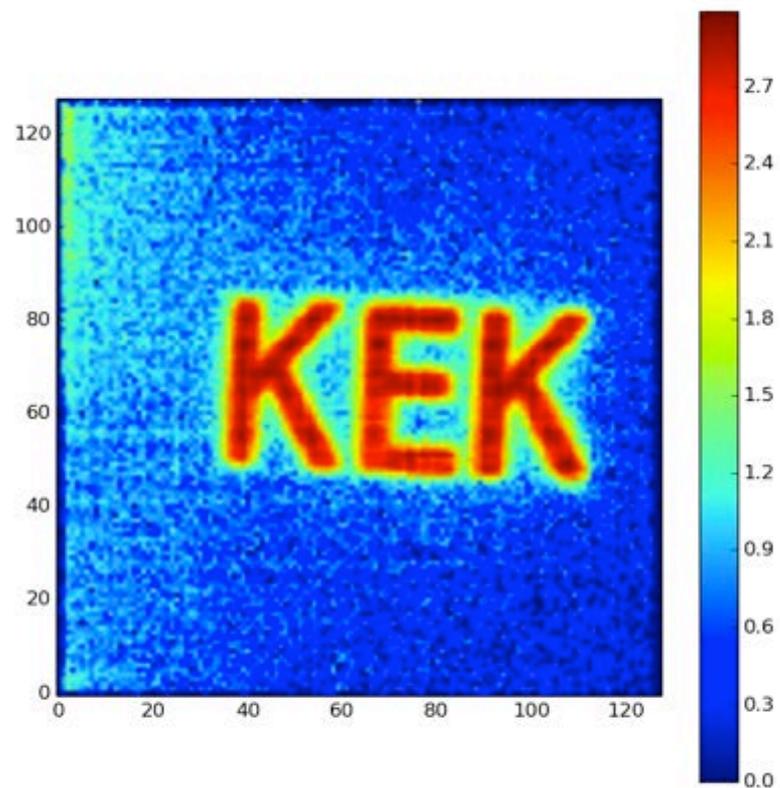
電場とカウント数の変化 (変換層 1 枚使用,cathode~変換層の電場 0.5kV/cm固定)



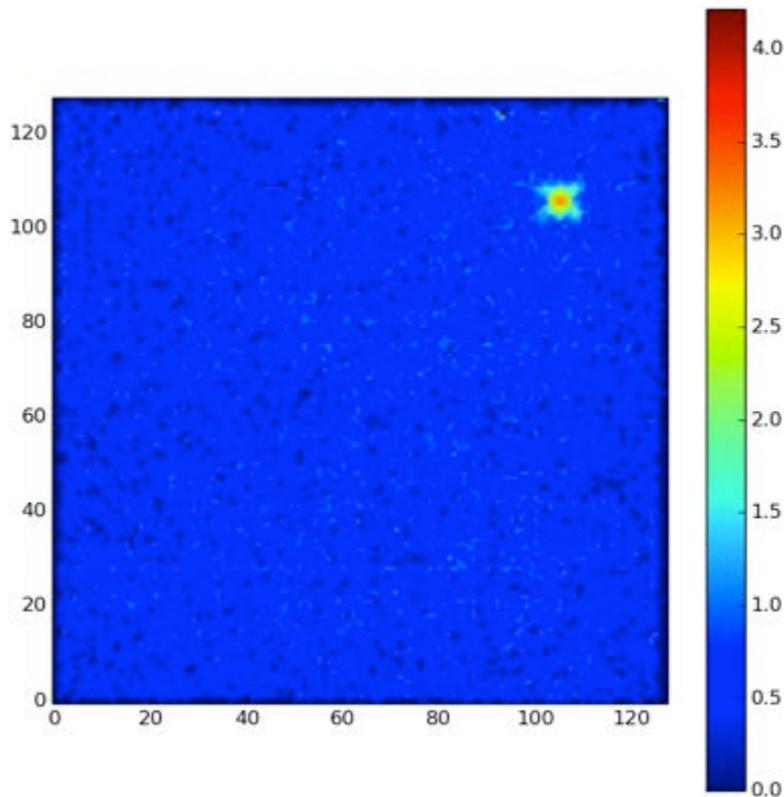
多孔コンバータ (3枚)



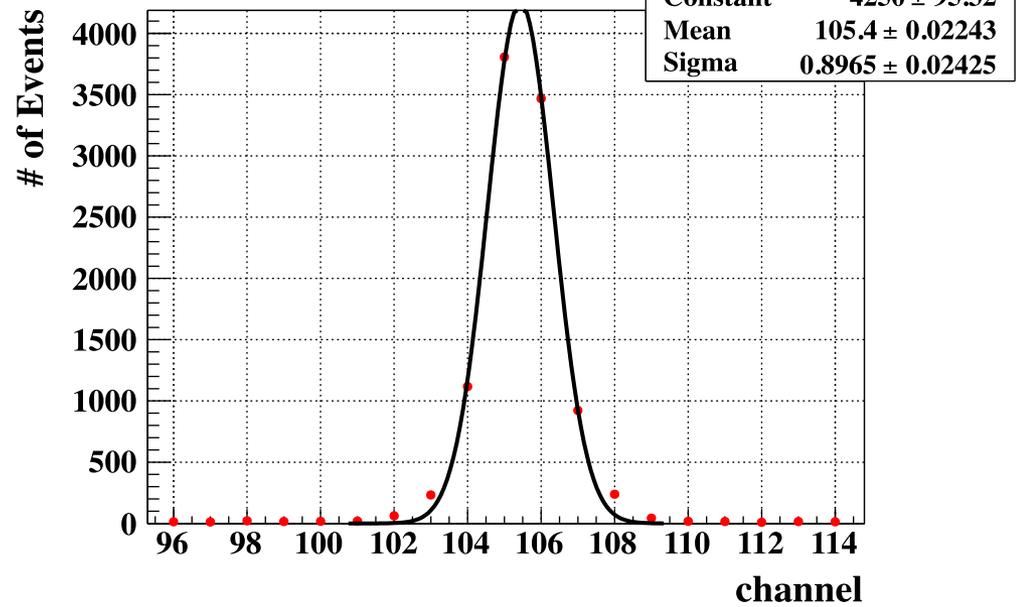
B-GEM (2枚)



B-GEM2枚



Graph



1次元方向のみ取り出してFitすると、
位置分解能(FWHM)

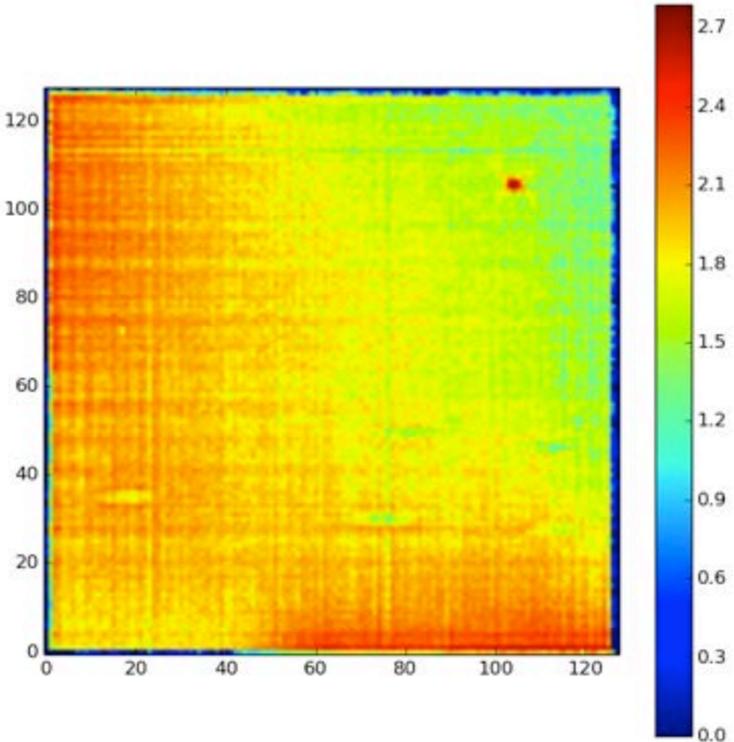
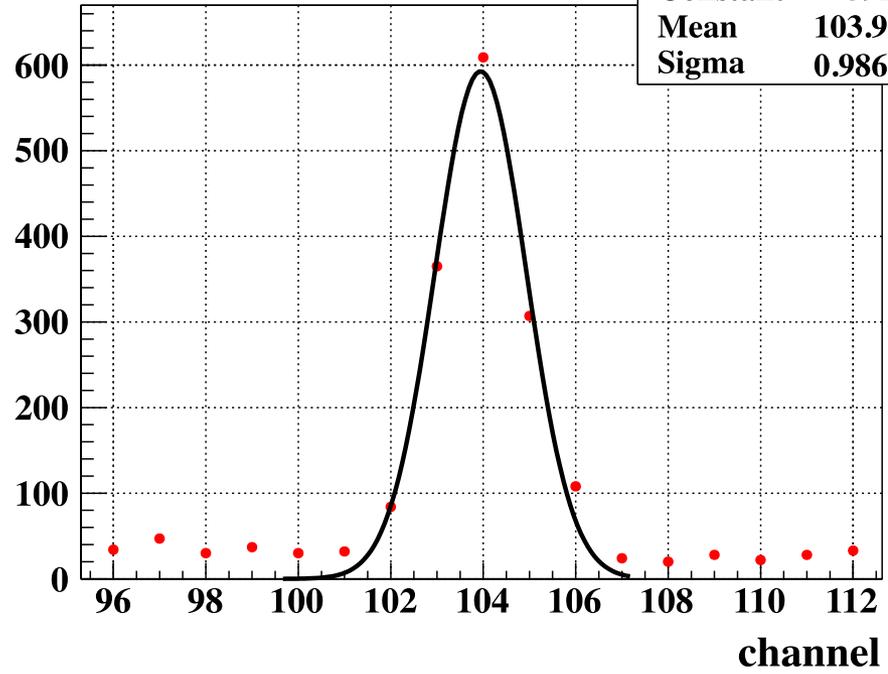
1.68mm

cathode

Graph

χ^2 / ndf	4658 / 5
Constant	592.9 ± 29.22
Mean	103.9 ± 0.05448
Sigma	0.9869 ± 0.0598

of Events



1次元方向のみ取り出してFitすると、
位置分解能(FWHM)

1.85mm

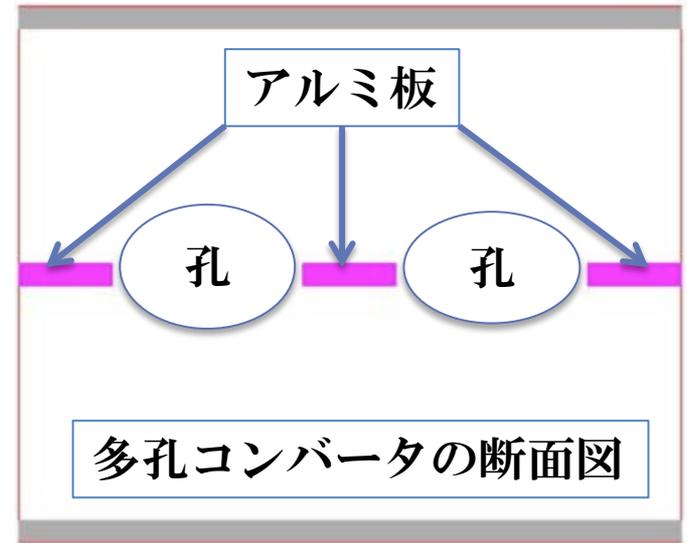
変換層の断面を考える

現状は0.1mm厚のアルミ板を使用しているが、歪み生じやすく一様な平面を作ることが難しい



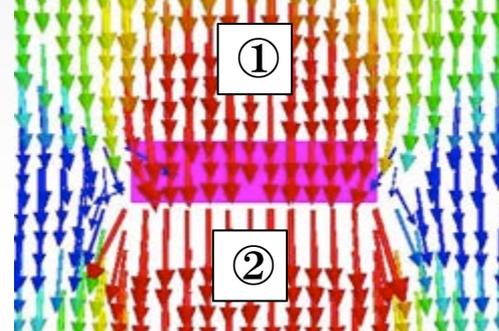
アルミ板を厚くする

孔の形状を変化させたときの電場の向きをMaxwell2Dで調べた。



ドリルで孔を開けた場合		片面エッチングで開けた場合 (できるかわからない)	
0.1mm厚	0.3mm厚	0.3mm厚	0.3mm厚
<p>0.4mm</p>	<p>0.4mm</p>	<p>0.4mm 0.16mm</p>	<p>0.16mm 0.4mm</p>

上の電場①を1としたときに、下の電場②を1~5倍まで変化させたときの変換層に引き込まれている電気力線の数を知る。右図の場合、14本となる。



	0.1mm 	0.3mm 	0.3mm 	0.3mm 
1倍	14	18	17	16
2倍	12	15	13	11
3倍	11	13	11	9
4倍	9	13	11	8
5倍	6	11	10	7



アルミ板を厚くするとより多くの電気力線が引き込まれるのがわかるエッチングが出来れば、現状とさほど変わらない