

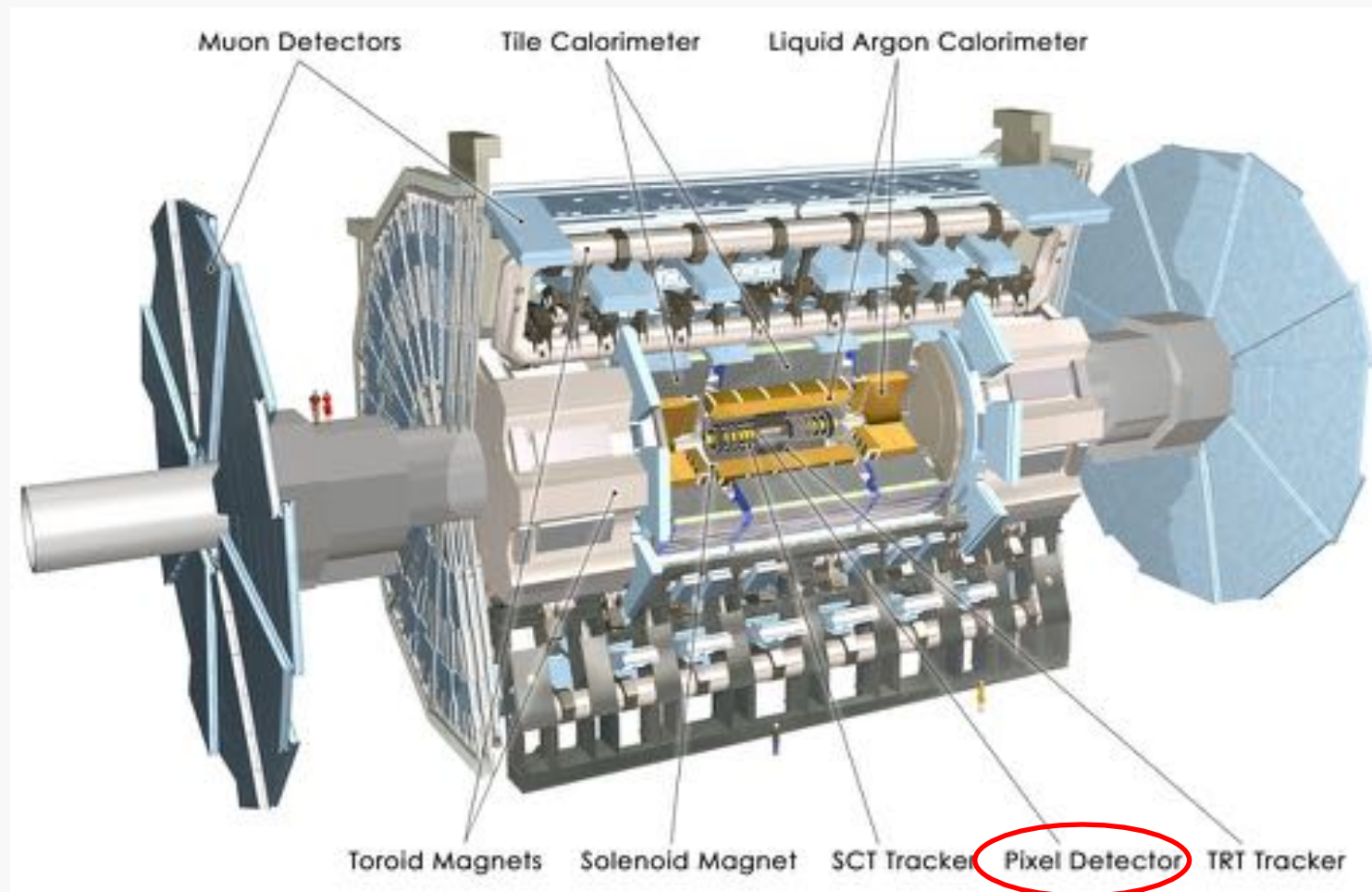
Evaluation of pixel sensor for HL-LHC

2016/7/23 (Sat)

Yamanaka Lab. M₁, Osaka University

Daiki Yamamoto, Hajime Nanjo, Hiromi Sawai, Junki Suzuki, Kazuyuki Sato, Koji Nakamura, Yoichi Ikegami

Overview



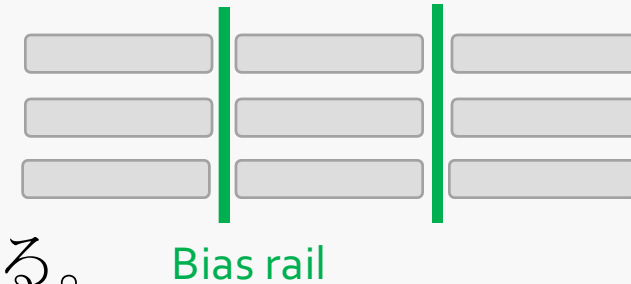
Osaka Atlas は主に
Pixel Detectorを担当

現在は特に放射線耐性についてup grade 検討中

2016/7/23

Previous research

- ・不良品選別を目的として、各センサーを接地するためにバイアスレールを引いている。
しかし、放射線損傷後のバイアスレール付近のefficiencyが下がる。

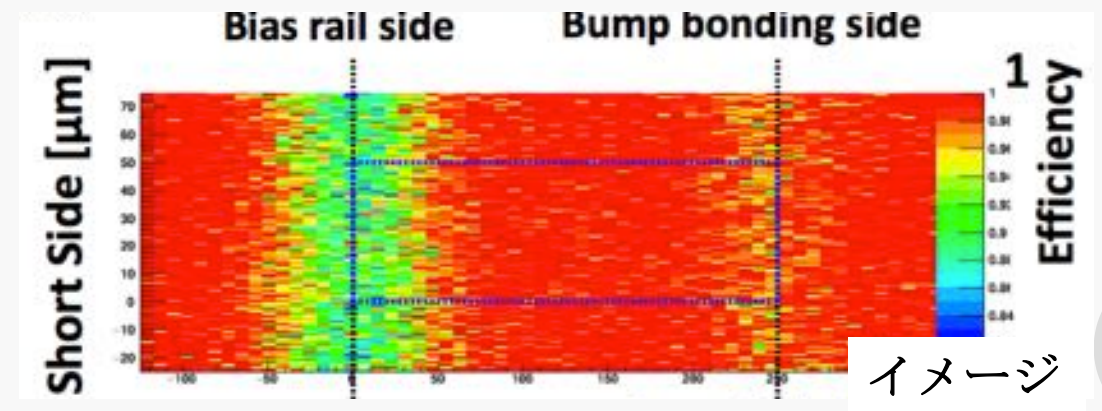


- ・表面損傷による影響（ γ 線照射）は有意に小さい

→ 格子欠陥などによるものが原因である。

comment そうでもない 花垣さん

☆AIのレールよりPolySiliconの方がよい。



2016/7/23

Sample, this time

- $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m} + 50\mu\text{m} \times 450\mu\text{m}$ のセンサー
- $50\mu\text{m} \times 250\mu\text{m}$ の ASIC (FE-I4) で読み出し
- バイアスレールはPolySilicon
- Sampleなので様々なパターンを試す

KEK109

TYPE_{1,2,5,6}

KEK110

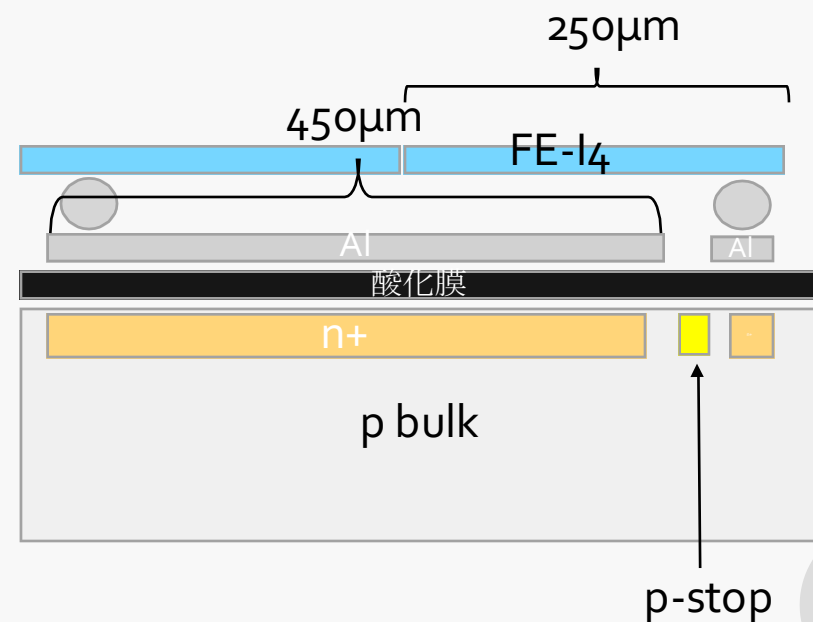
TYPE_{3,4,7,8}

KEK111

TYPE_{1,2,6,9}

詳細はbuck up参照

2016/7/23

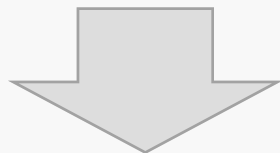


Requirement

HL-LHC (2026年～)

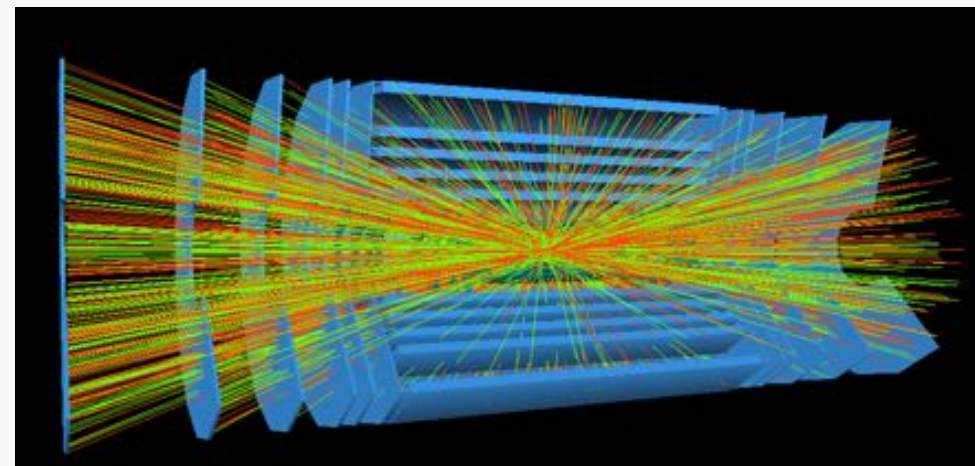
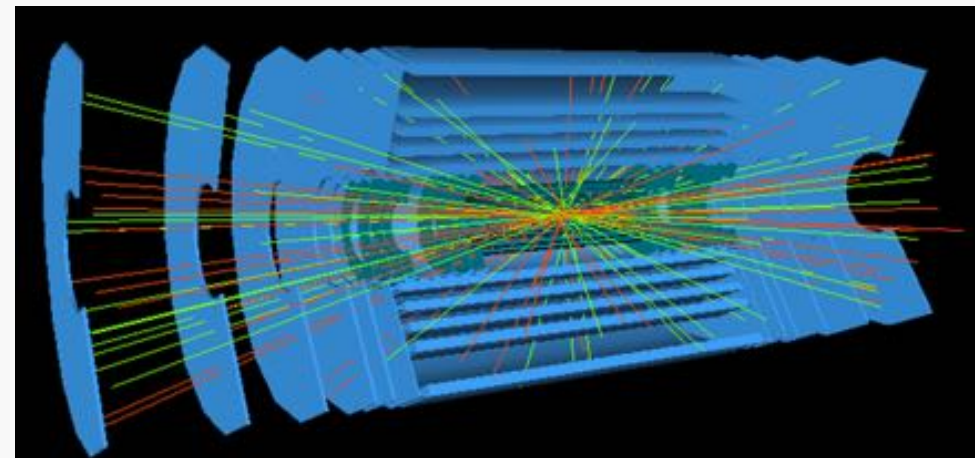
より多くの統計量をためる

積分ルミノシティ $300 \text{ fb}^{-1} \rightarrow 3000 \text{ fb}^{-1}$
最大瞬間ルミノシティ $1 \times 10^{34} \rightarrow 5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



高い放射線耐久のある検出器が必要 $1.7 \times 10^{15} n_{eq}/\text{cm}^2$ (3層目)

評価試験における目標照射量はこれ以上を満たすことを
考慮して $3.0 \times 10^{15} n_{eq}/\text{cm}^2$ とした。

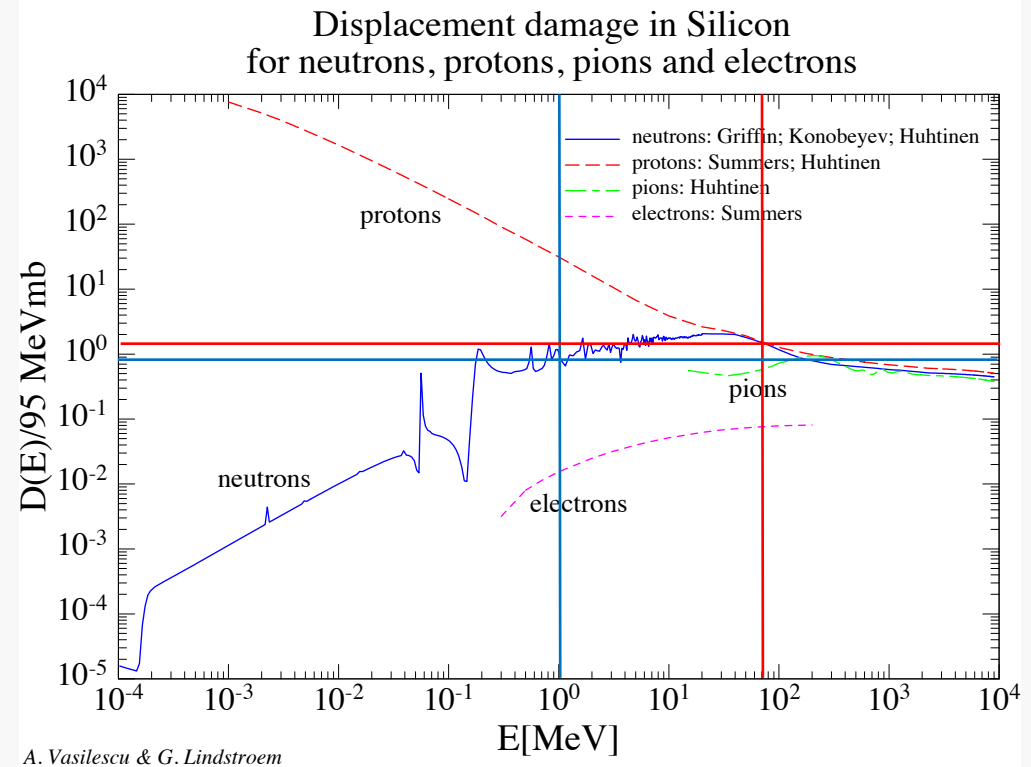


2016/7/23

“1 n_{eq}/cm^2 ” means ...

ある物質に(今回はsilicon)、“1MeVのneutronが非電離損失によって与えるダメージ”に等しい影響を与えるような流速量
 (1 MeV equivalent neutron fluence which would result in the deposition of the same non ionizing energy causing equivalent damage to the material. M.Reinhard)

→例えば70 MeV Protonなら1 MeV Neutronに対して1.5倍程度



A. Vasilescu & G. Lindstroem

neutron

Ekin [MeV]	D/(95MeVmb)
8.600E-01	8.318E-01
9.000E-01	9.434E-01
9.400E-01	1.172E+00
9.800E-01	1.174E+00
1.050E+00	8.020E-01
1.150E+00	6.578E-01
1.250E+00	9.680E-01

proton

Ekin [MeV]	D/(95MeVmb)
6.500E+01	1.580E+00
7.500E+01	1.468E+00
8.500E+01	1.379E+00

2016/7/23

Proton irradiation 1

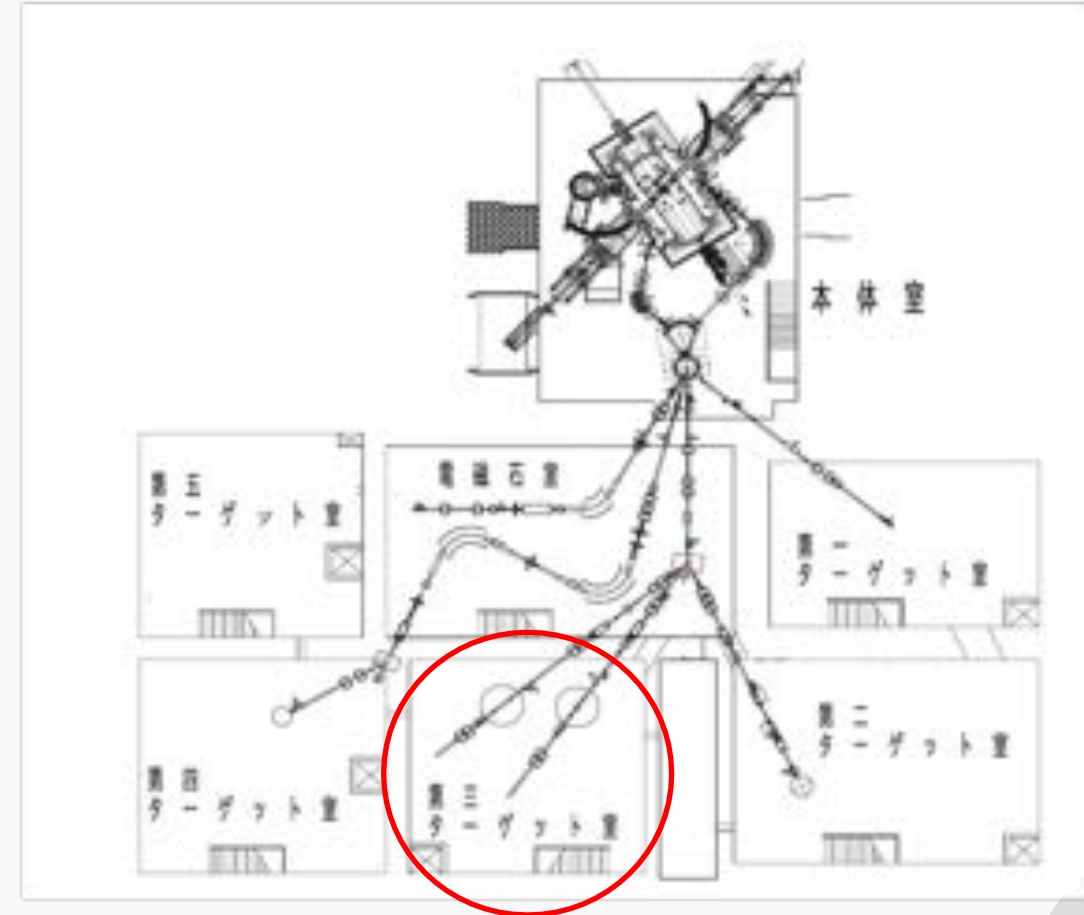
• beam @CYRIC 7/12,13

70 MeV, 300 nA

→ 照射量を推測

$$\frac{300 \text{ nA}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 1.875 \times 10^{12} \text{ proton/s}$$
$$= 2.68 \times 10^{12} \text{ n}_{eq}/s$$

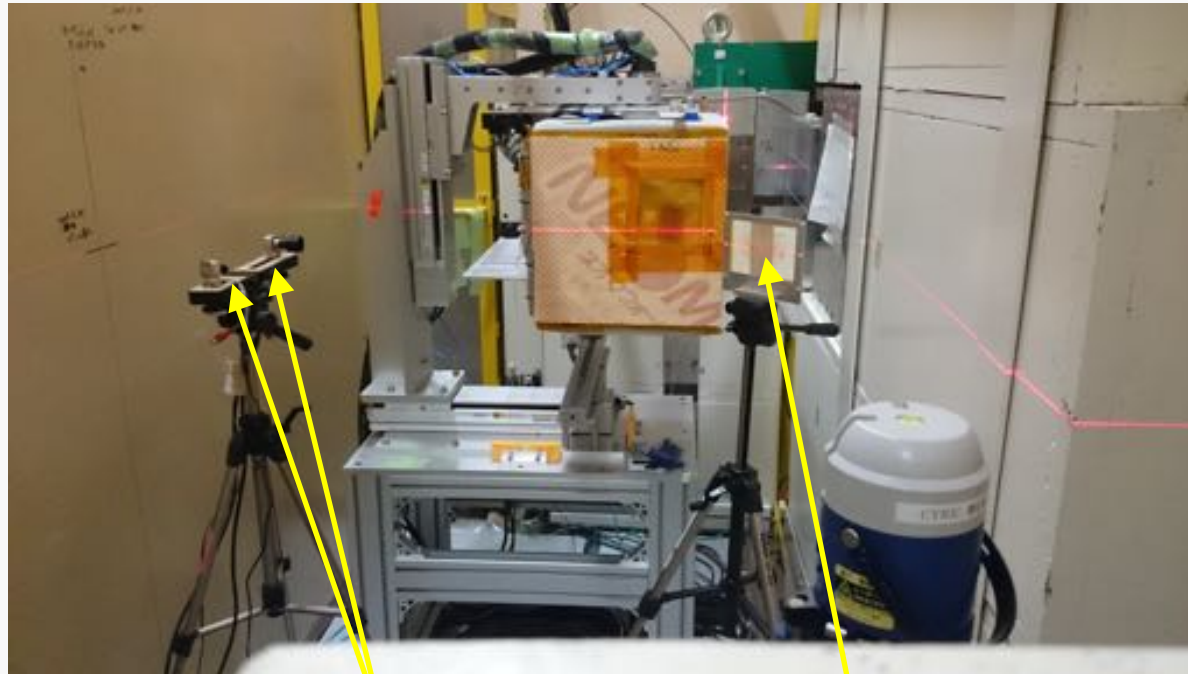
目標照射量に達するまでの照射時間を決める。



2016/7/23

Proton irradiation 2

※写真は今年の5月のもの



Webカメラ

ルミネ板

2016/7/23



Slot 15

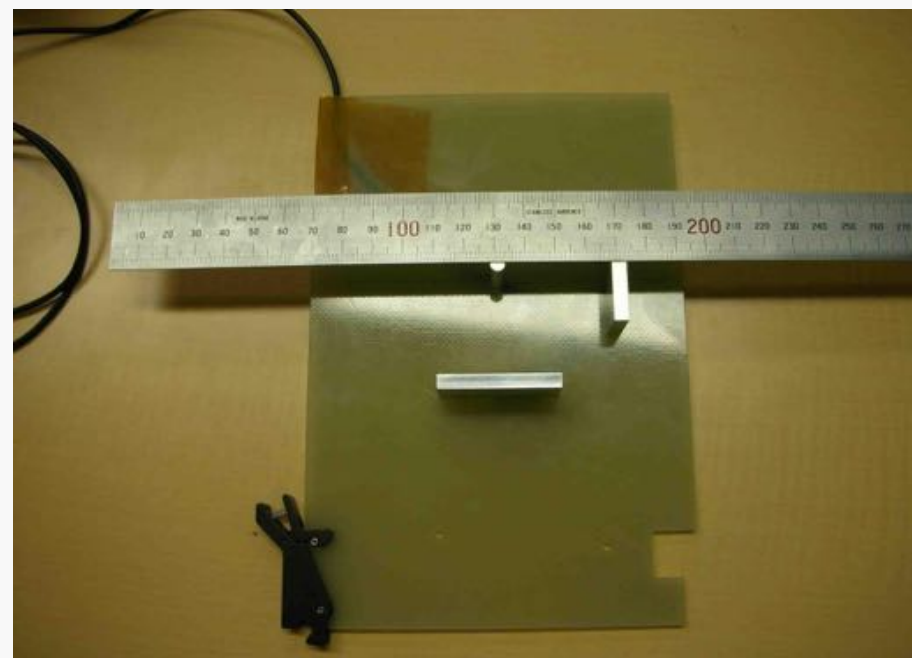
Slot 1

上流側

Slot No.(1~15)

照射BOX内は液体窒素により-15°Cに冷却

Proton irradiation 3



Slot 1(上流)と 15(下流)に配置

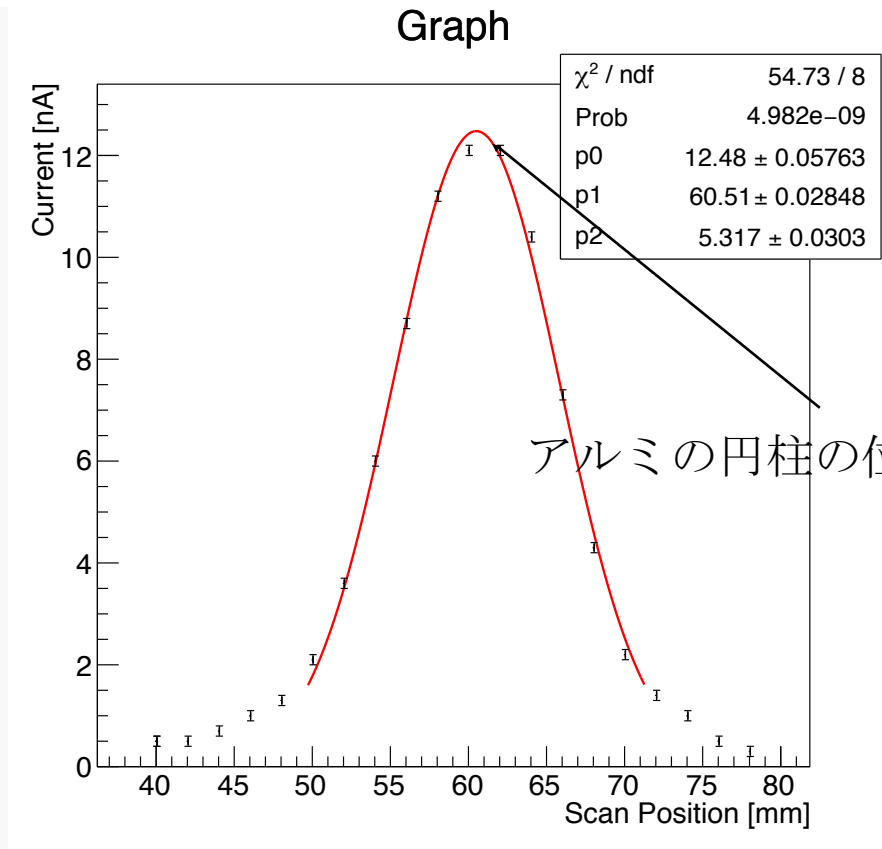
箱ごと2mmずつ平行移動させ、
アルミに流れる電流を
モニターしポジション調整を
行う

ビームはガウシアンのように
広がっているので、
電流値もそれに従って分布する

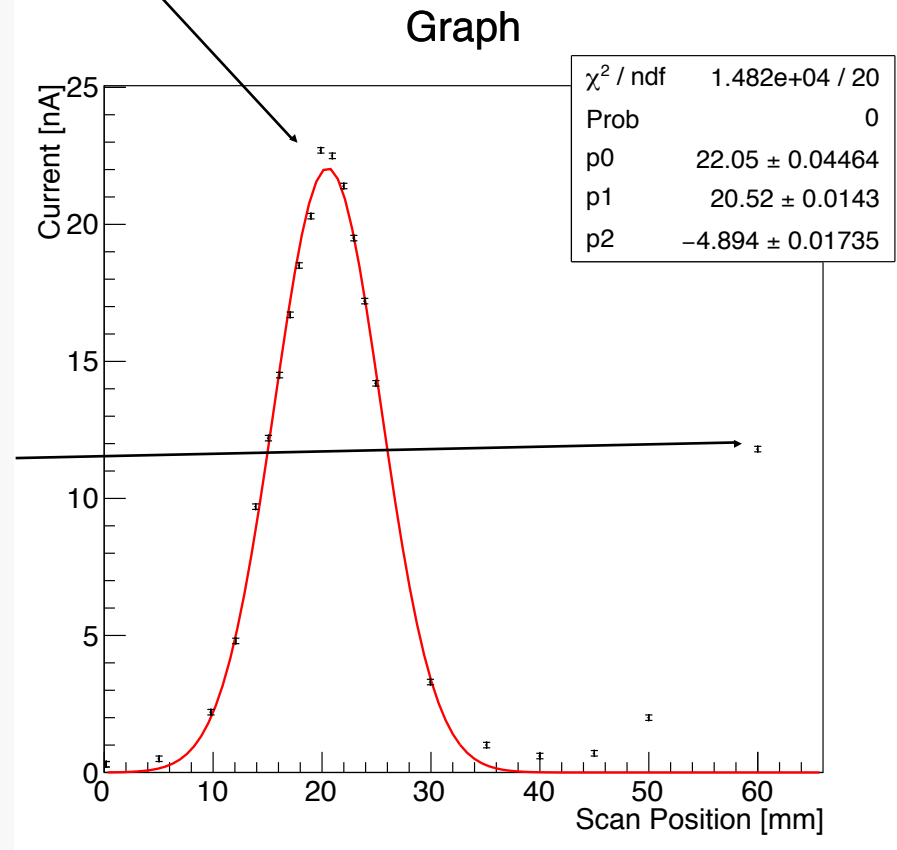
2016/7/23

Proton irradiation 4

Vertical (upstream)



下側のアルミ板の位置に対応

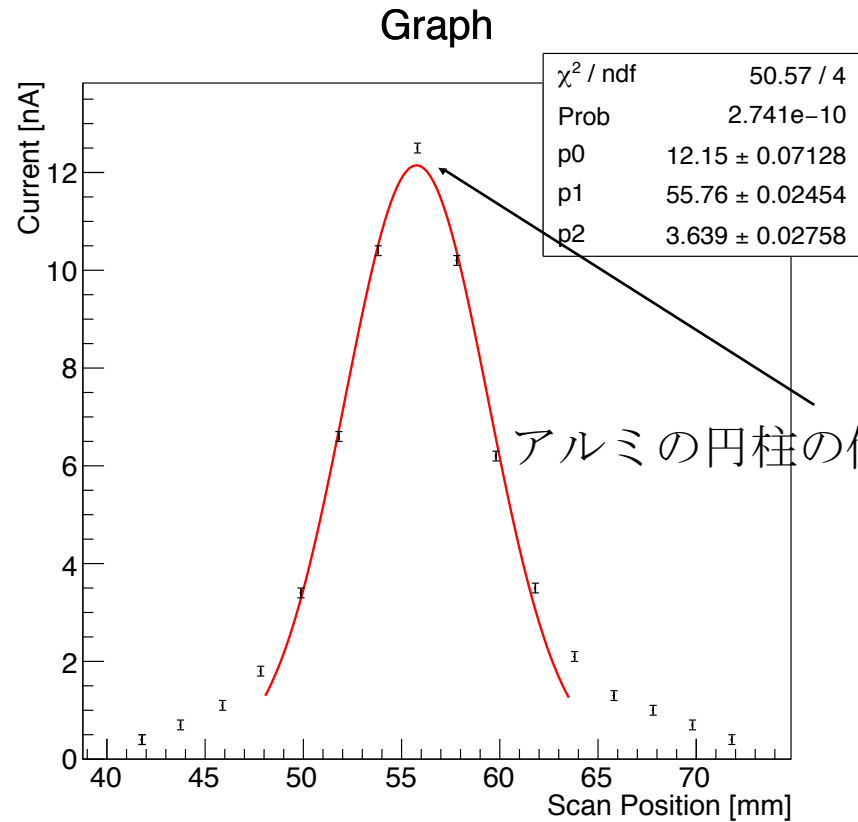


2016/7/23

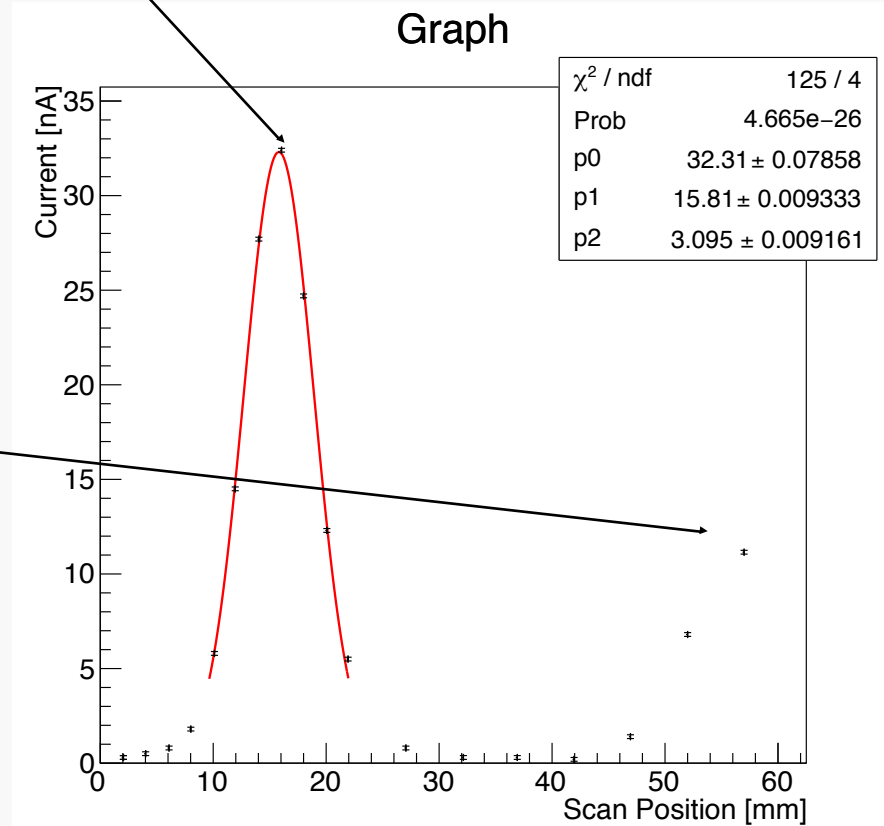
上流と下流で2mmのズレあり
→下流でscanするときには照射中央を1mmずらしてscan

Proton irradiation 5

Horizontal (upstream)



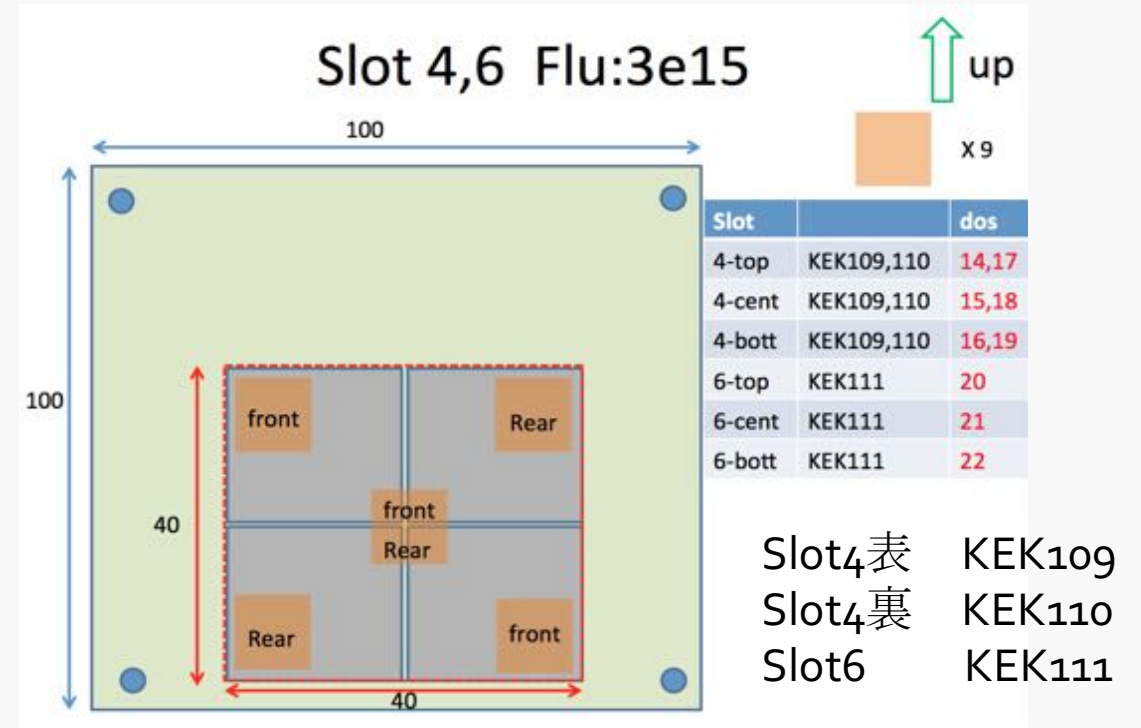
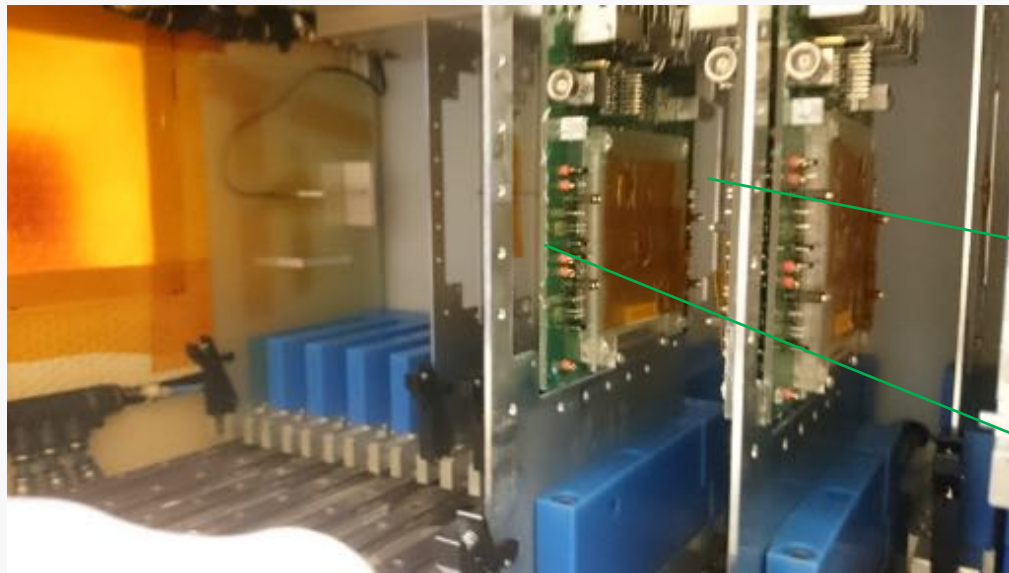
下流に向かって右側の
アルミ板の位置に対応



2016/7/23

Dosimetry 1

- 照射量測定方法
アルミ箔をセンサー周りに配置し、
その測定を行う

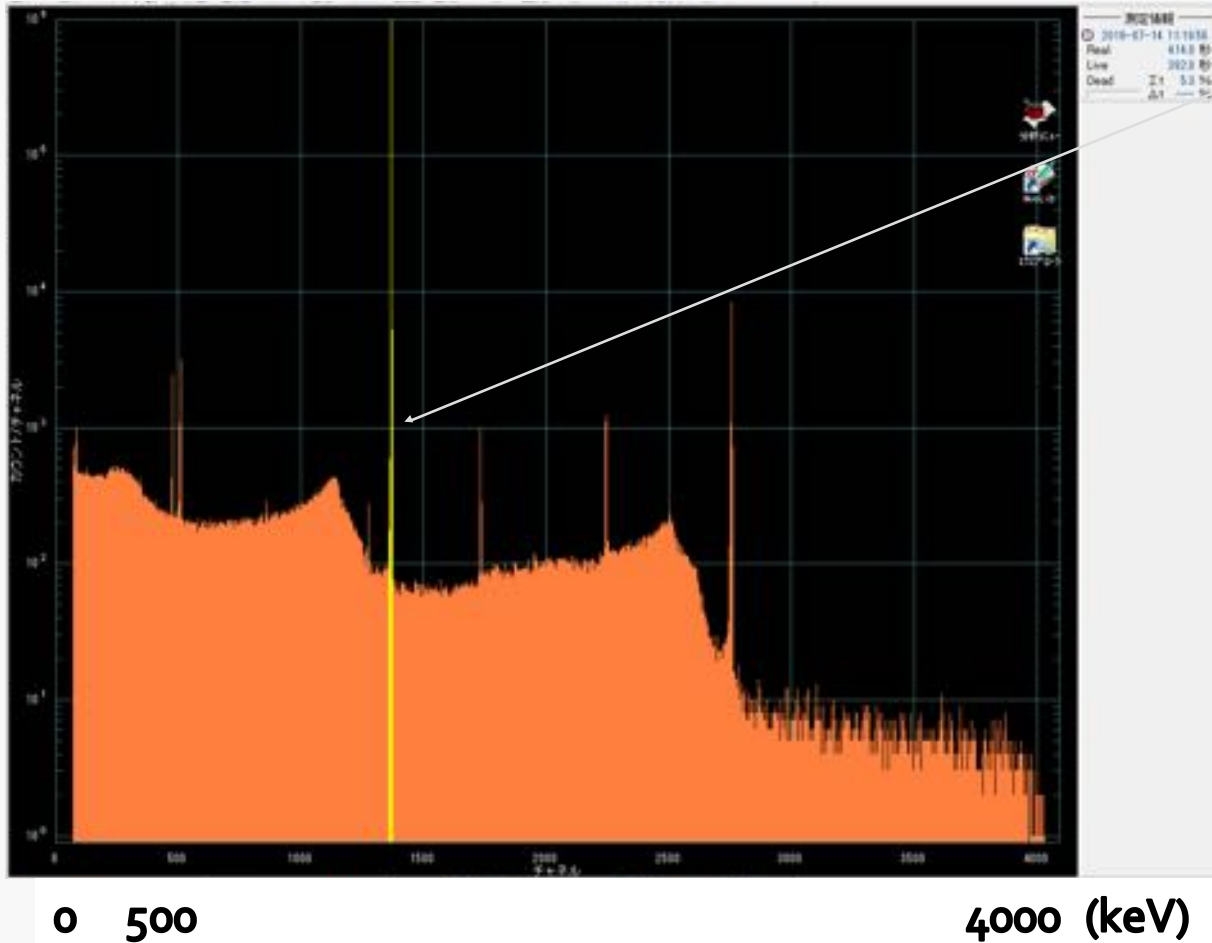


アルミ箔

2016/7/23

Dosimetry 2

Irradiation後のアルミのスペクトル Ge検出器で測定



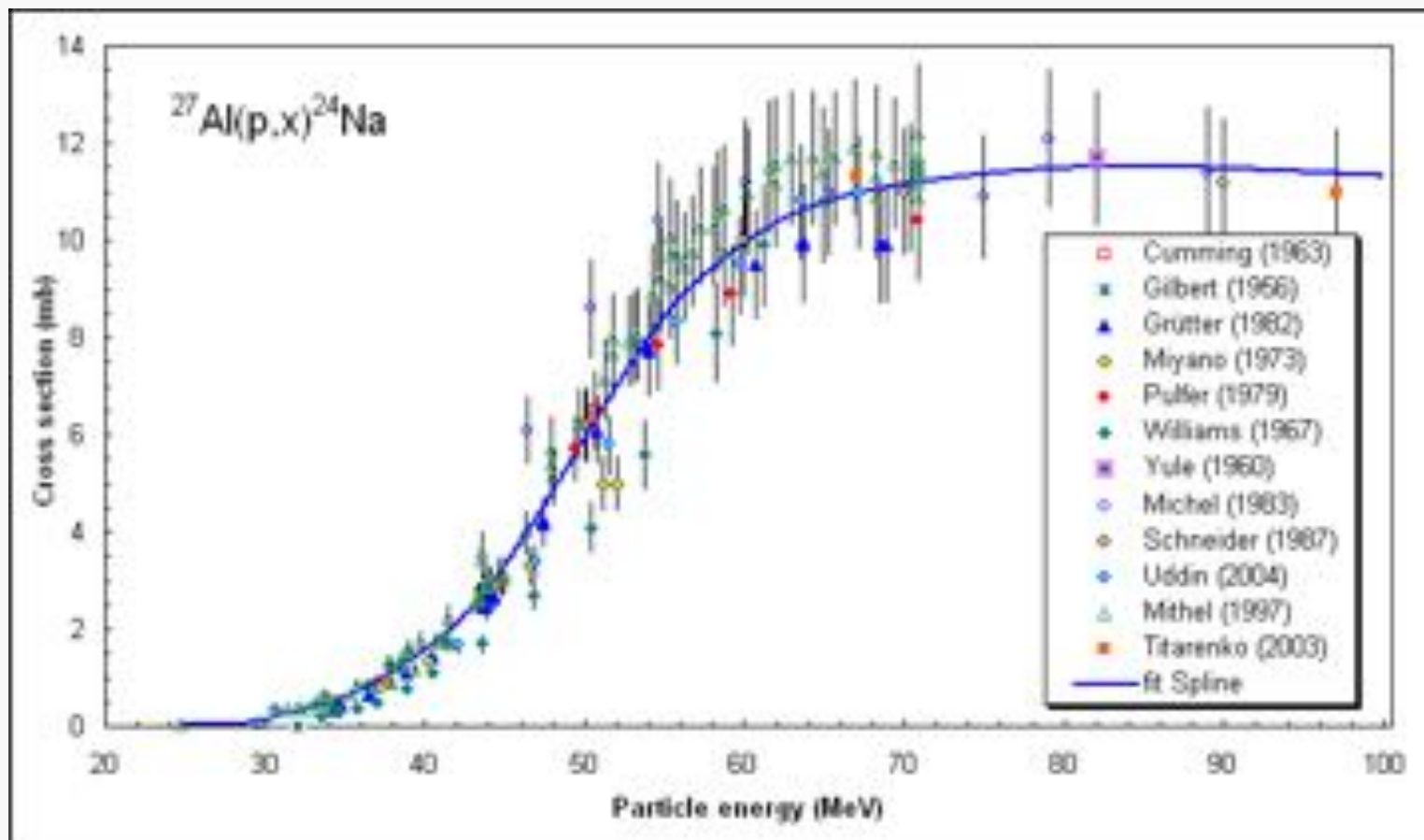
- 1369 keVのピークをみる
- ^{60}Co (1173 keV, 1333 keV) と ^{137}Cs (662 keV) の線源を用いてcalibrationした。
 - 線源からの距離 30mm,60mm で測定。
 - エネルギーとGeの検出効率の相関を求める。
- ^{24}Na の生成量を算出する。
 - Geの検出効率から放射能を求める。
 - 半減期14.66 h からproton照射後の数を計算。



Dosimetry 3

• ^{24}Na の生成数から
proton照射量を求める。

— ^{27}Al とProtonの ^{24}Na
を生成する反応断面積は
右図の通りの
エネルギー依存性を示す。
→11.1 mb @70 MeV



2016/7/23

Dosimetry 4

- proton照射量から1 MeV Neutron equivalentに換算する。

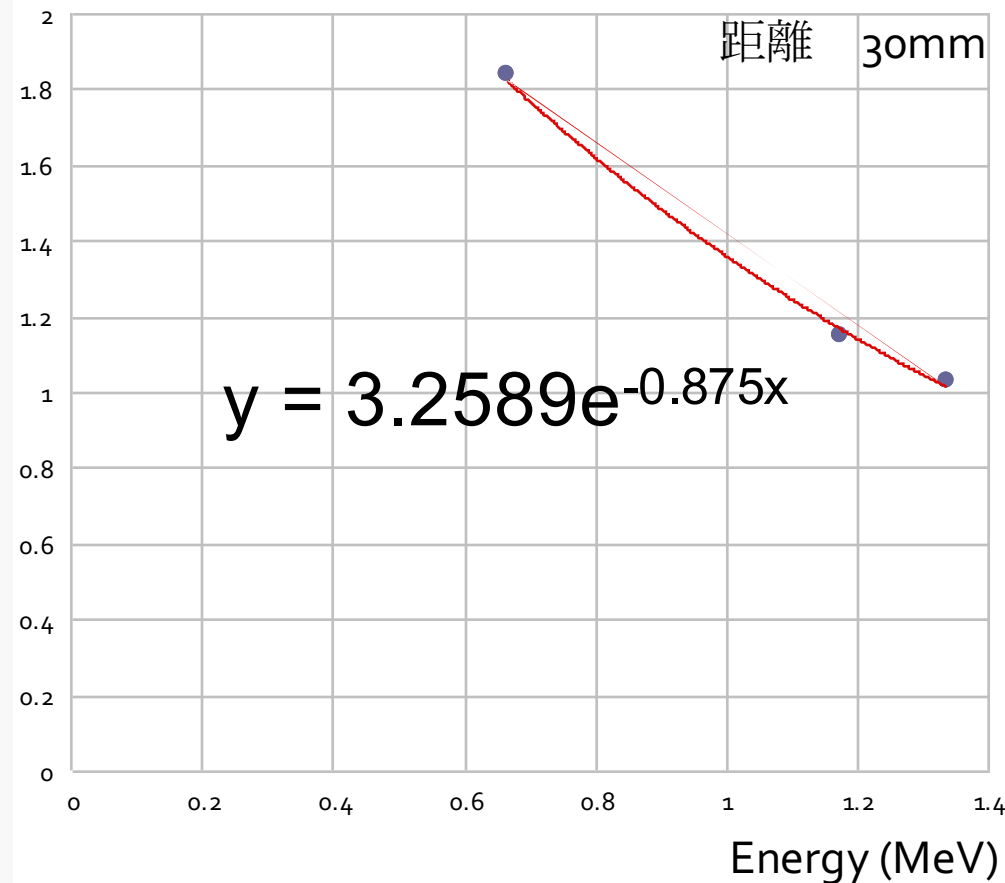
$$N \left[\frac{n_{eq}}{cm^2} \right] = (\text{proton flux}) \times (\text{irradiation duration}) \div 0.7$$

expになる必然性はない

- エネルギーとGeの検出効率の相関

$$(\text{efficiency of Ge Detector}) = A \exp(B \times (\text{energy of gamma ray}))$$

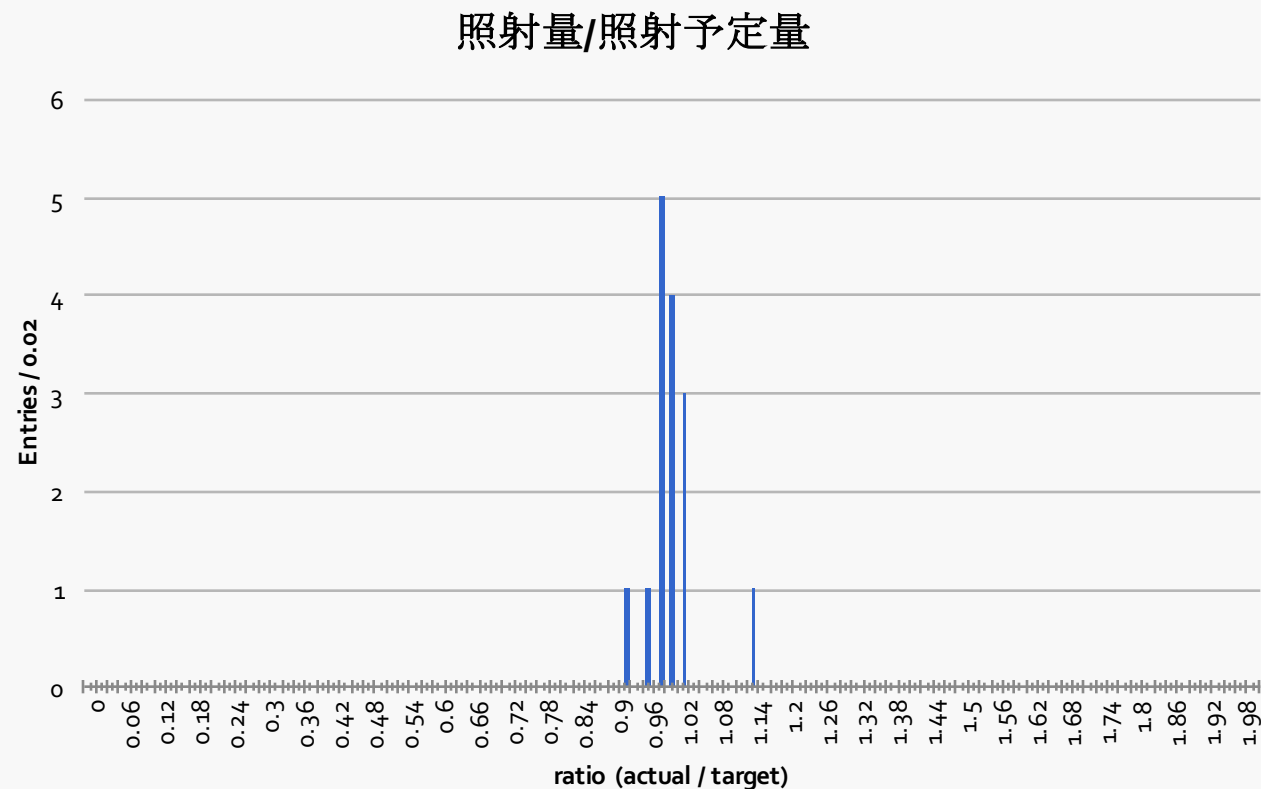
Efficiency (%)



2016/7/23

Dosimetry 5

result



すべてのSlotで
目標照射量とほぼ一致

2016/7/23

Future

- 7/26~28 KEKにてproton照射後動作確認
- 8/14~28 CERNにてbeamtest
- 12月 Fermiにて $50 \times 50 \mu\text{m}$ のみのpixel sensor beamtest

Have to do

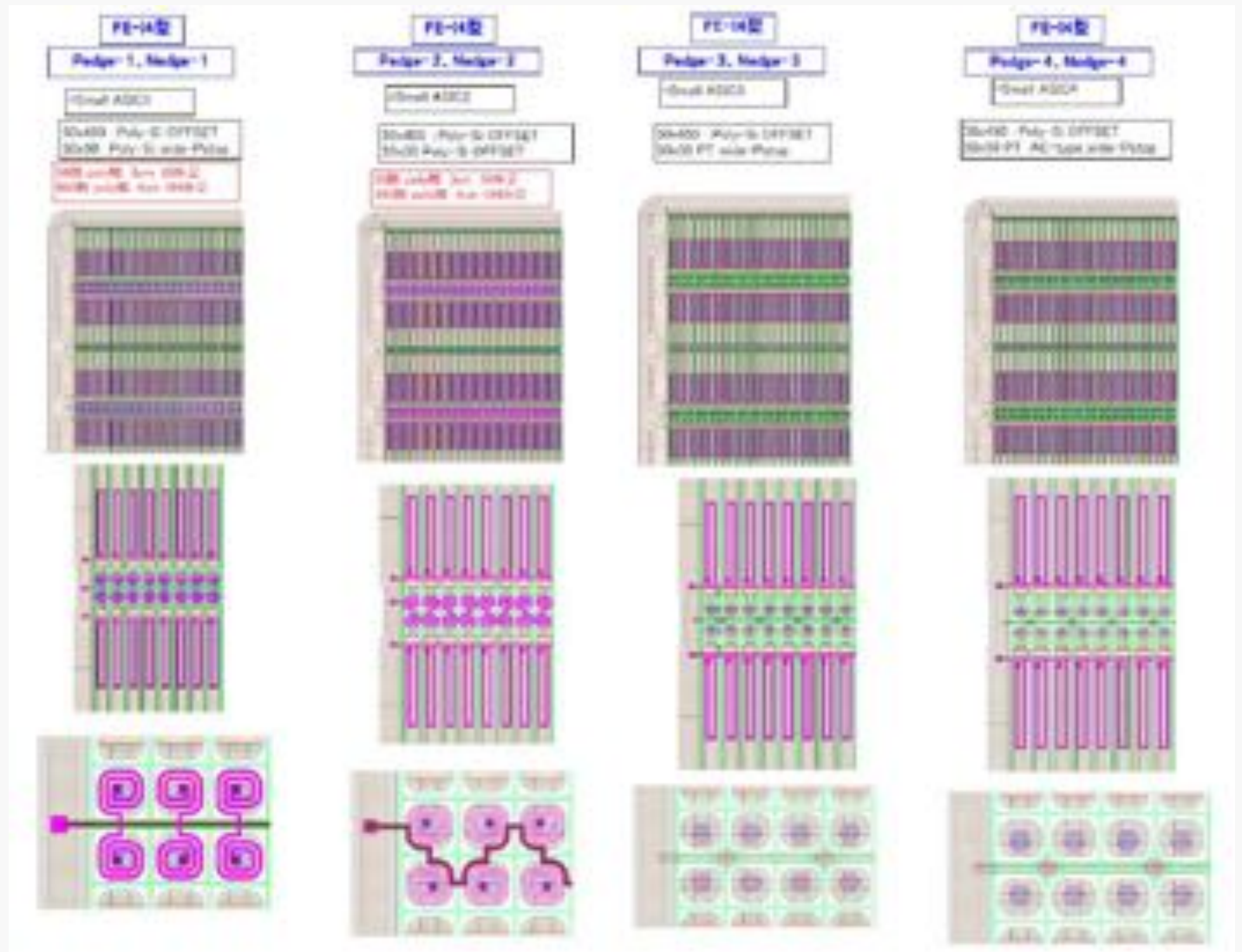
12月にむけて、SVXテレスコープの分解能向上のstudy
irradiation後のpixel sensorの冷却装置の準備

2016/7/23

Back up slides

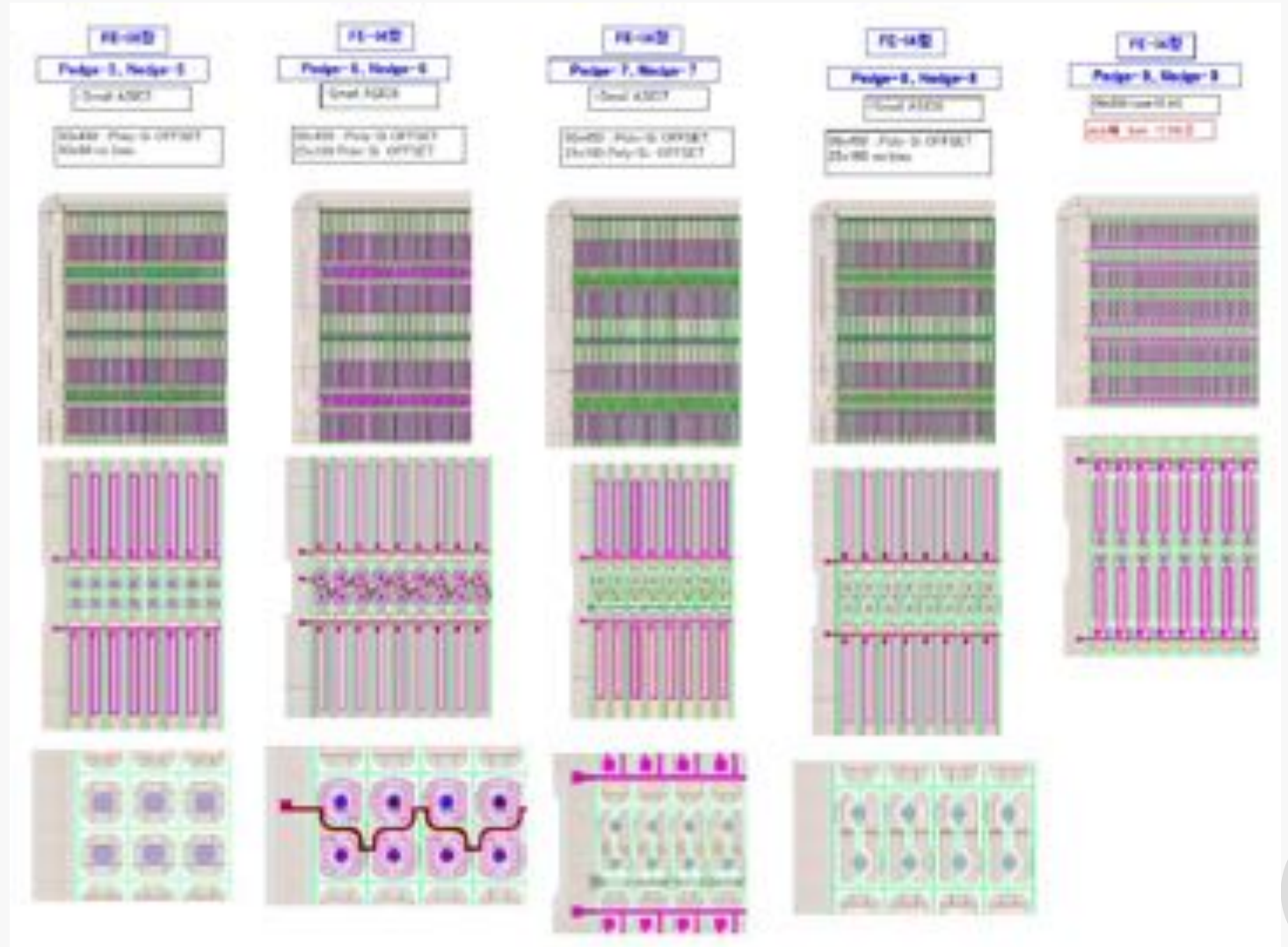
2016/7/23

Sensor type summary



2016/7/23

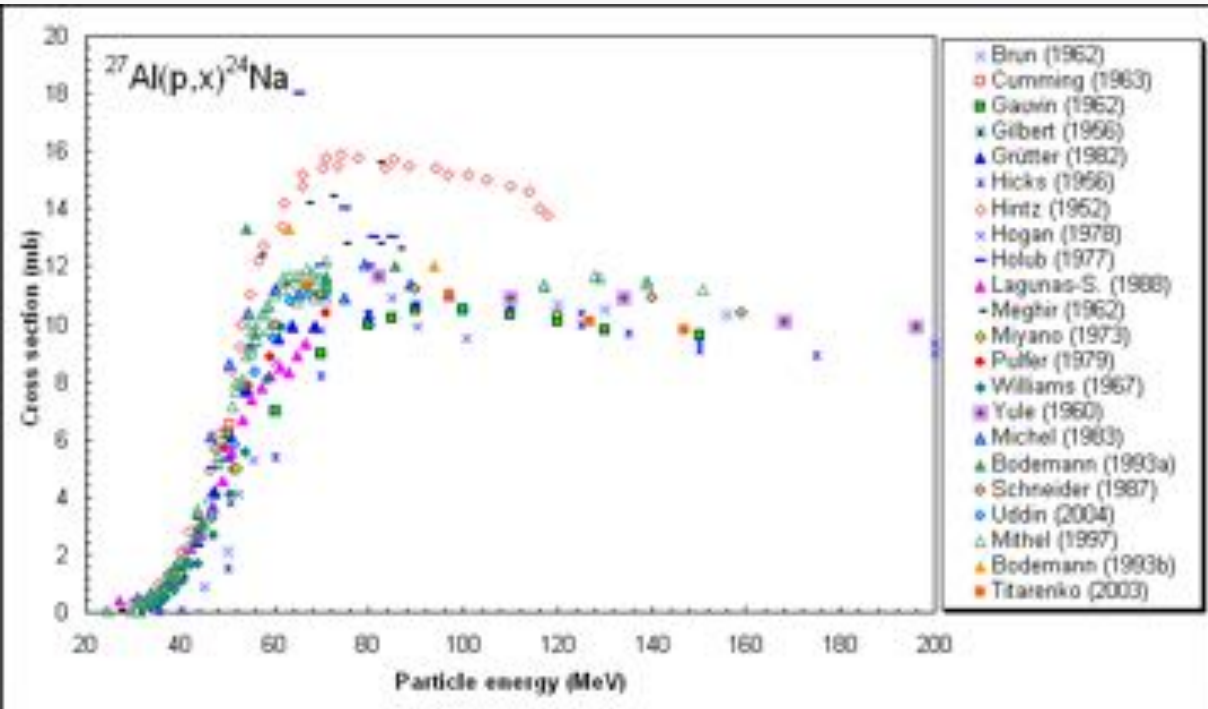
Sensor type summary



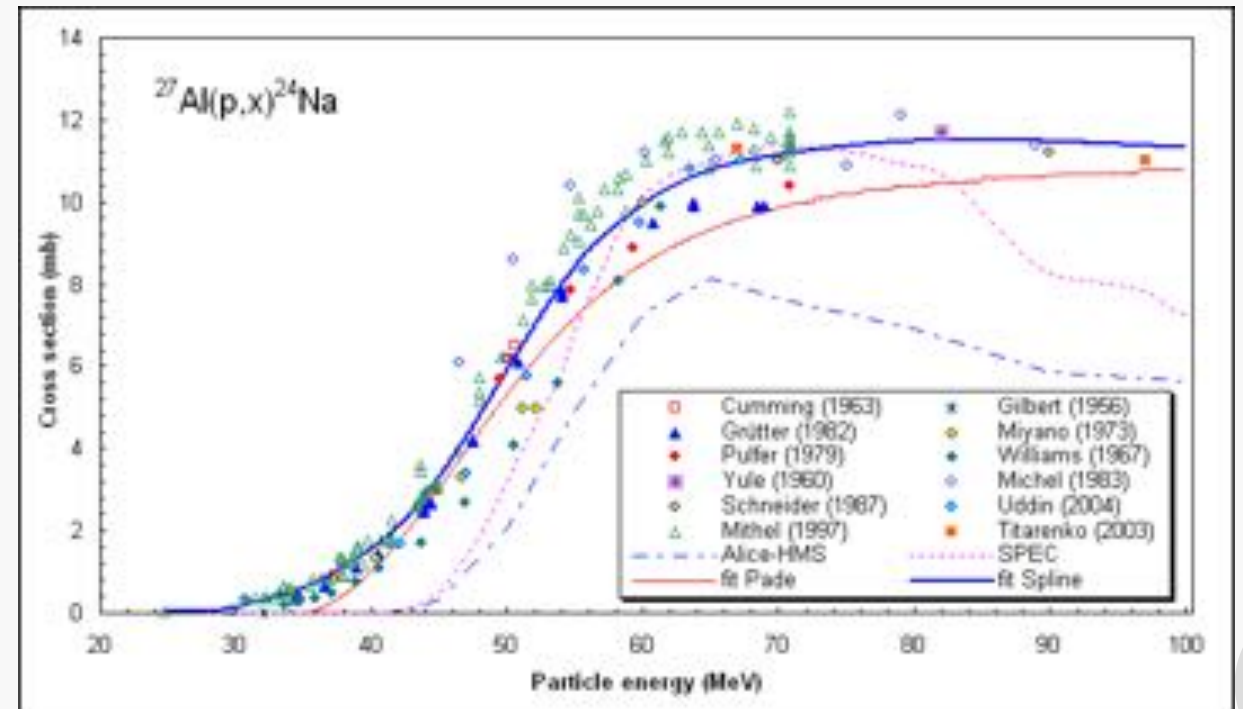
2016/7/23

Al と proton の反応断面積の不定性

All data



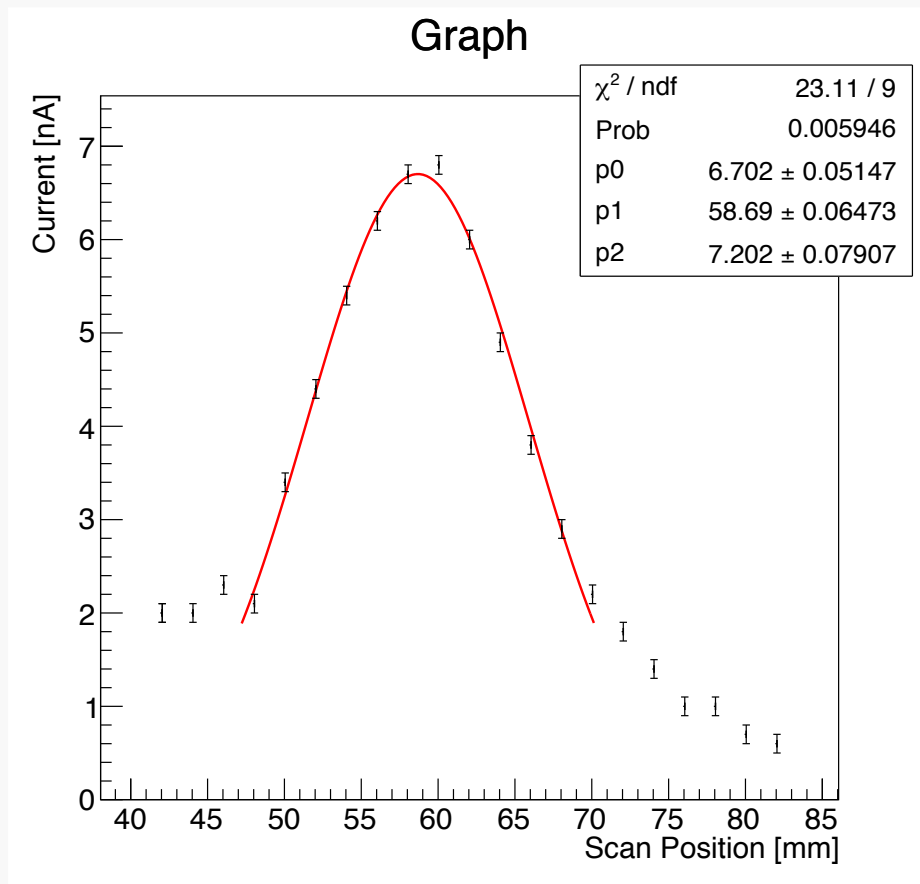
Selected



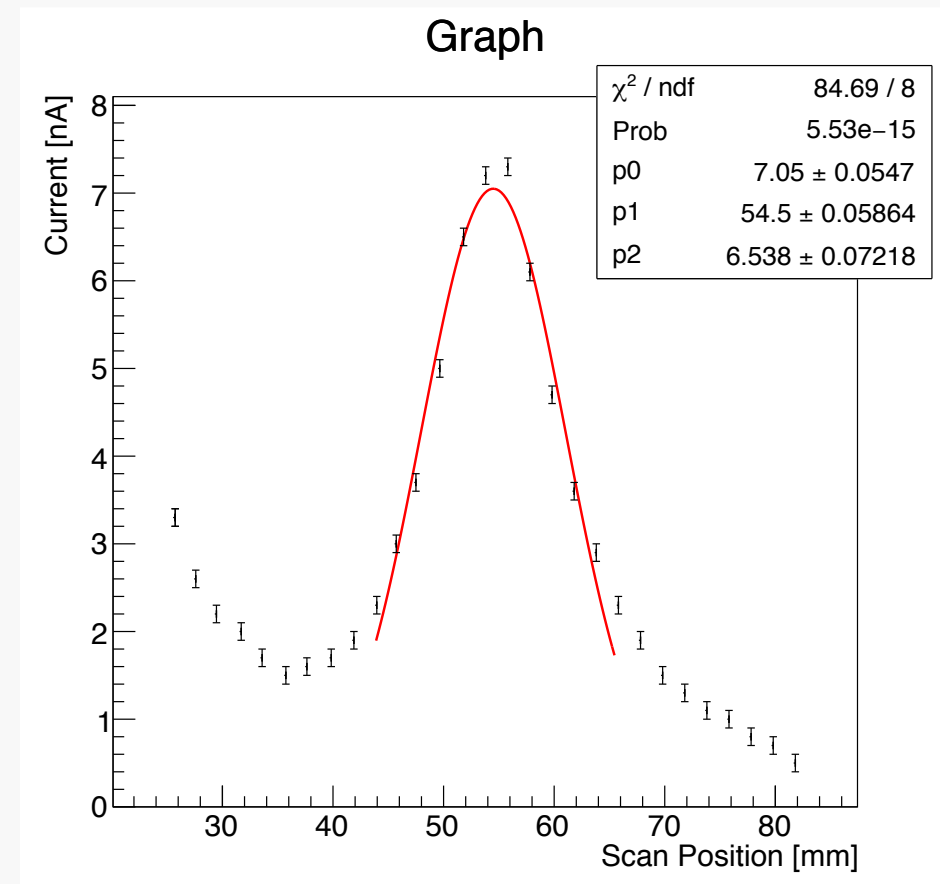
2016/7/23

downstream での中心値

Vertical (downstream)



horizontal (downstream)



P15の計算

$$N \left[\frac{n_{eq}}{cm^2} \right] = (\text{proton flux}) \times (\text{irradiation duration}) \div 0.7$$

$$(\text{proton flux}) = \frac{(\text{generated } ^{24}\text{Na}) \times (\text{decay const.})}{(\text{number of } ^{27}\text{Al atom}) \times (\text{crosssection})}$$

$$(\text{generated } ^{24}\text{Na}) = \frac{(\text{Net counts of } ^{24}\text{Na with Ge detector})}{(\text{efficiency of Ge detector})}$$

$$\begin{aligned} (\text{efficiency of Ge Detector}) &= A \exp(B \times (\text{energy of gamma ray})) \\ &= \frac{(\text{Net count of } \{^{137}\text{Cs}, ^{60}\text{Co}\})}{(\text{Branching fraction}) \times (\text{Live time}) \times (\text{activity of source@measurement})} \end{aligned}$$

2016/7/23