

高阻止能結晶シンチレータとアレイ型フォトダイオードを用いたガンマ線検出器の開発

○中本 達也、深沢泰司、宇野 進吾、河嶋 健吾、河本 卓也、木原 邦夫、佐藤 慶二(広大理)、釜江 常好(SLAC)

MeV領域のガンマ線は宇宙の高エネルギー現象 (ガンマ線バーストなど)の解明に不可欠

100 keV以下 光電効果
10 MeV以上 電子対生成
感度のよい検出器

MeV領域 コンプトン散乱

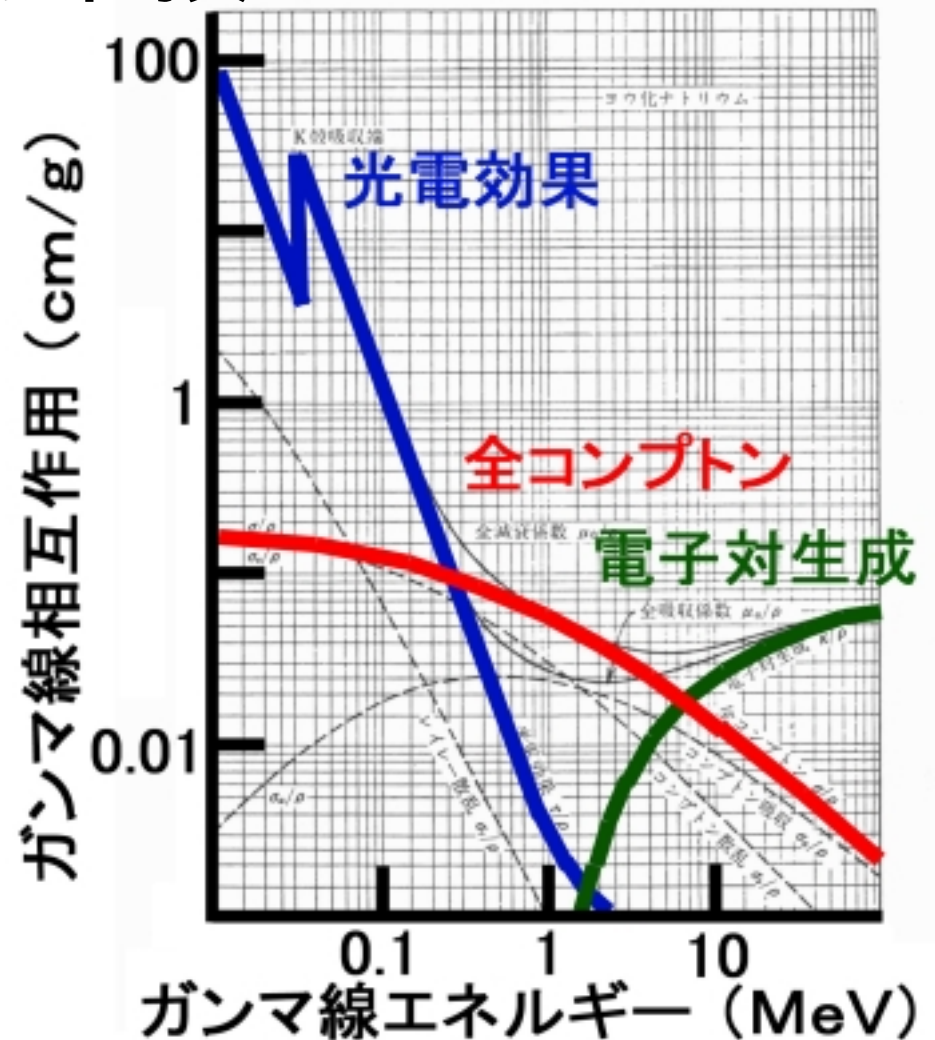
- 反応率が低い
- 到来方向を測定しにくい

性能のよいガンマ線検出器が
開発されていない



コンプトン散乱を利用した次世代ガンマ線検出器

多重コンプトンカメラ



多重コンプトンカメラの外壁

高い阻止能 (散乱体で反応しにくい) MeV領域の入射ガンマ線を
散乱、吸収 : E_n, X_n

高阻止能結晶シンチレータ GSO, BGO

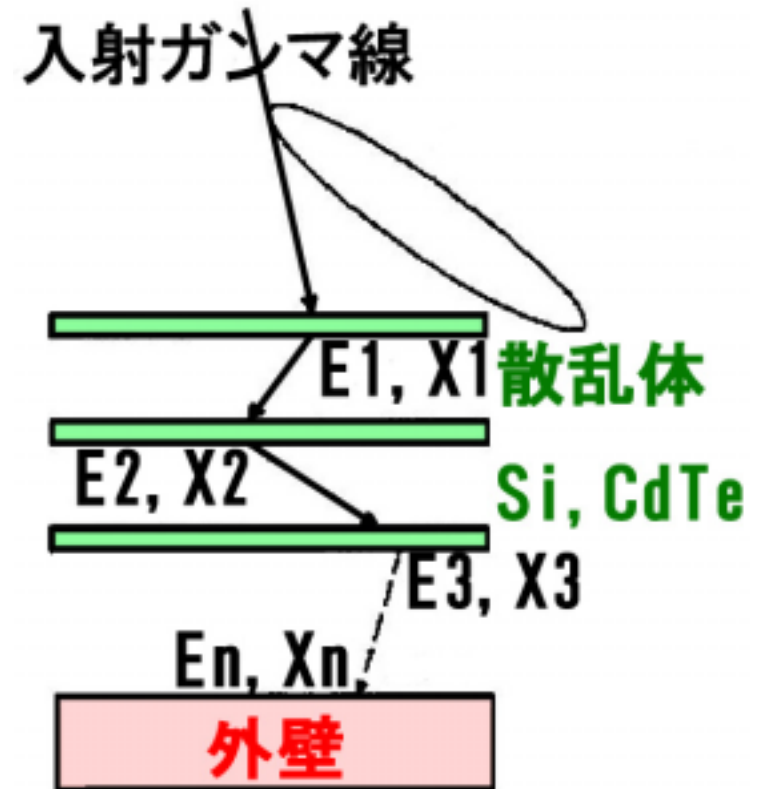
+
位置検出 アレイ型フォトダイオード (: PD)

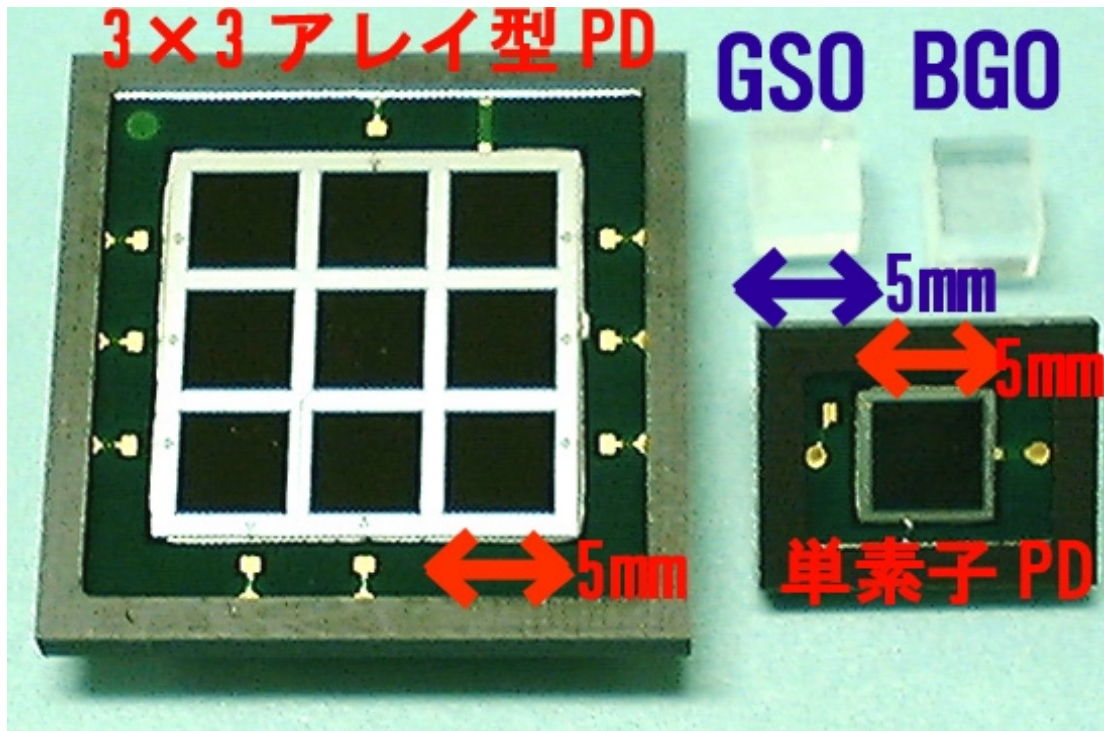
- 位置分解能 ~ 1度@1 MeV
- エネルギー分解能 ~ 5%@1 MeV

PDのメリット

原理的にエネルギー分解能で光電子増倍管 (: PMT) を上回る

- ▶ 量子効率 ~ 85% \Leftrightarrow PMT ~ 20%
- ▶ コンパクト

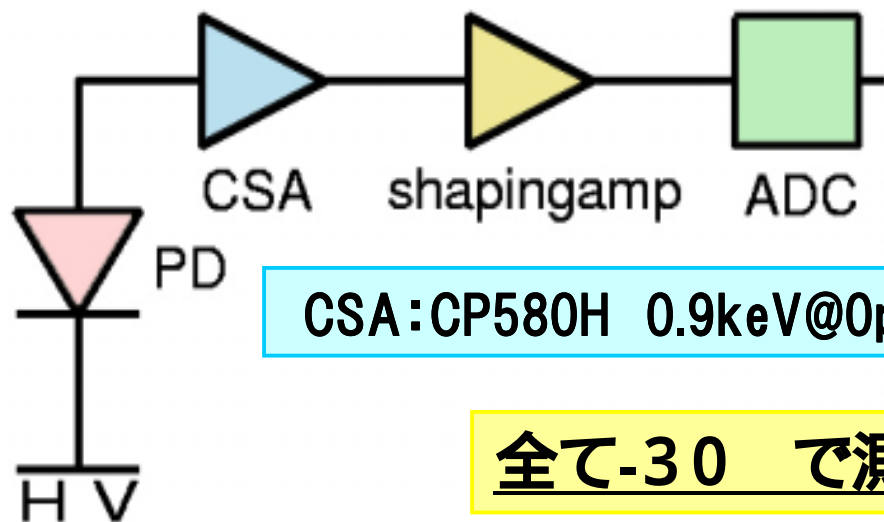




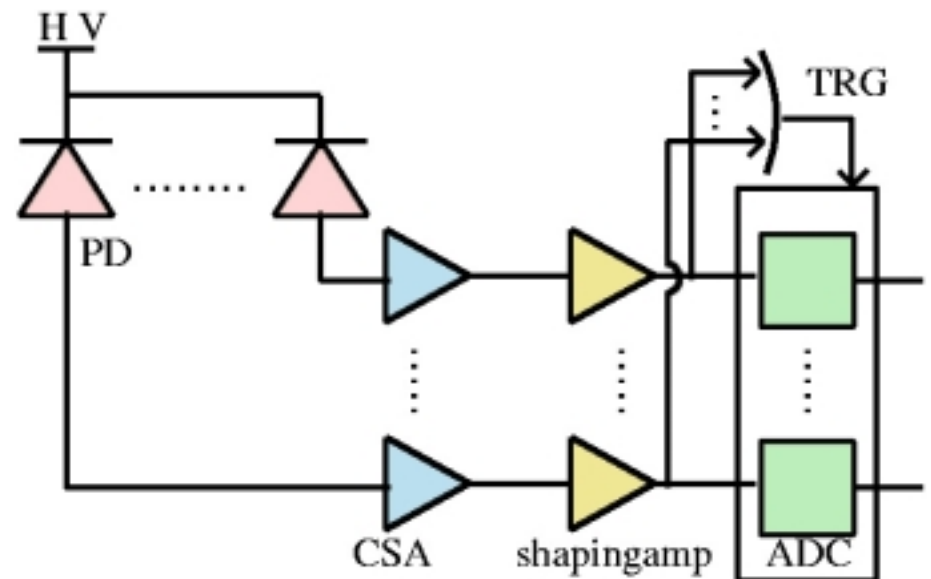
単PD、3PD1素子あたり (@20°C)

	容量	暗電流
単PD	11.6 pF	1.0 nA
3PD	13.2 pF	0.5 nA

基礎測定: 1 channel で読み出し

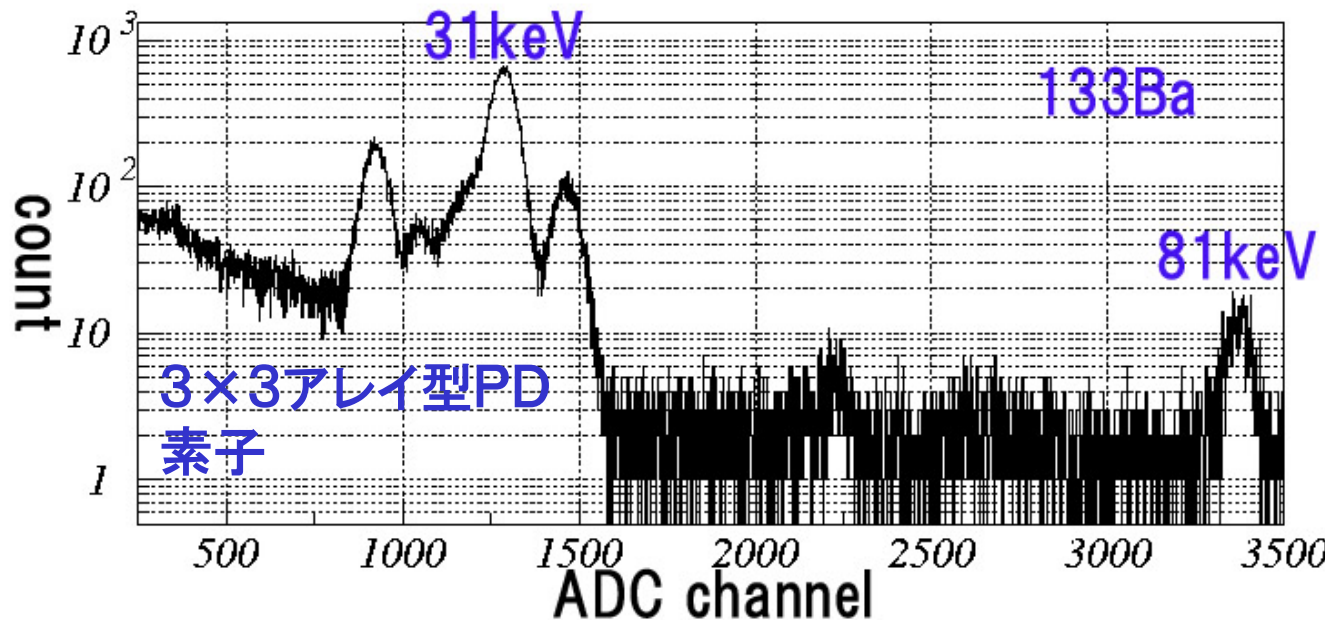


8 channel で読み出し

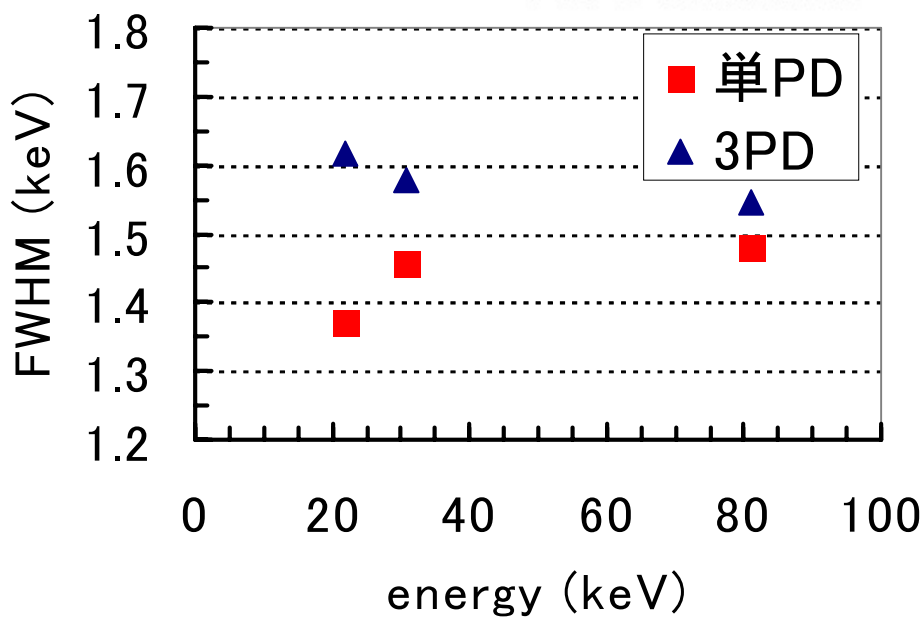


PD自体の性能をみるため シンチレータを接着せずに測定

1channel @ -30



使った線源
¹⁰⁹Cd(22keV)
¹³³Ba(31keV、81keV)

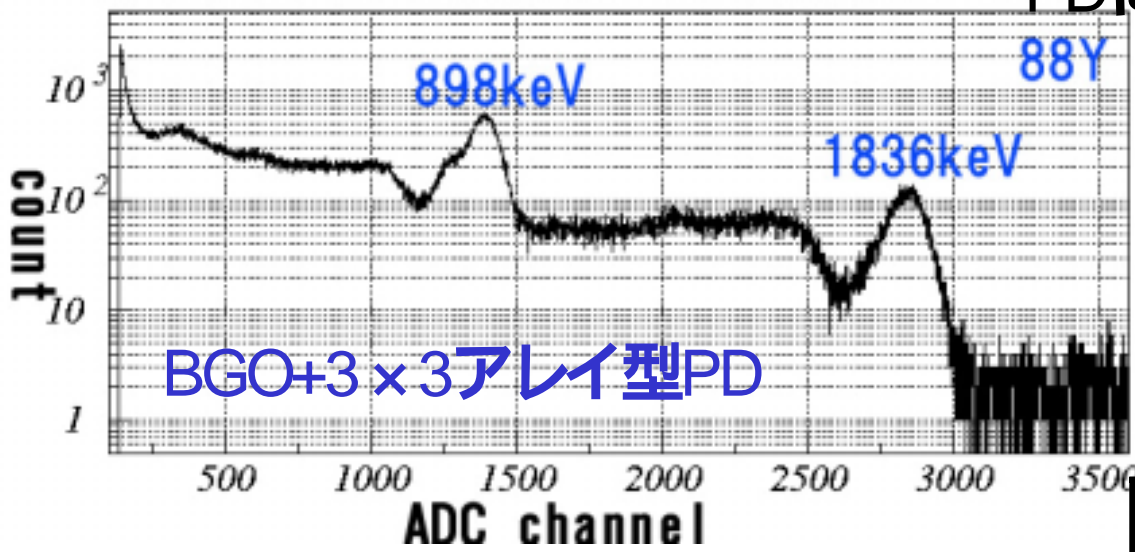


FWHM @31keV

	測定値	推定値
<u>単PD</u>	<u>1.45keV</u>	<u>1.4keV</u>
<u>3PD</u>	<u>1.58keV</u>	<u>1.4keV</u>

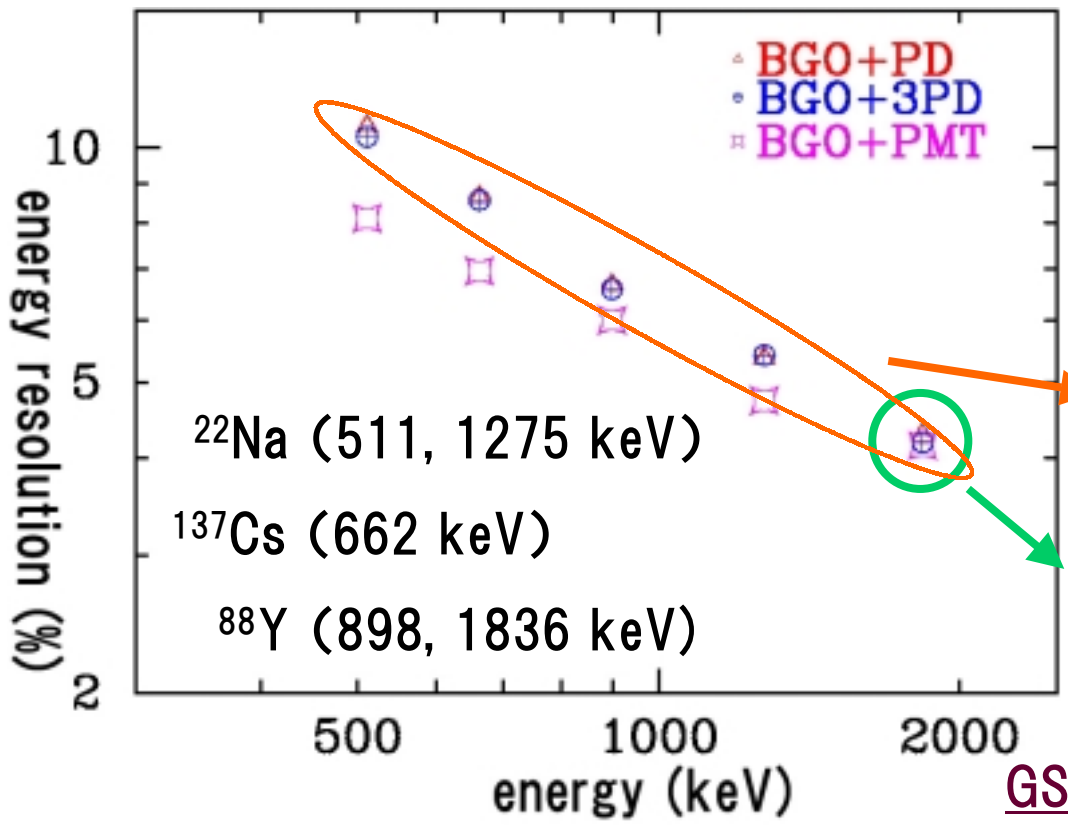
PDにGSO, BGOを接着して測定

1 channel @ -30



エネルギー分解能

	898 keV	1836 keV
<u>単PD</u>	<u>6.7%</u>	<u>4.3%</u>
<u>3PD</u>	<u>6.6%</u>	<u>4.2%</u>
<u>PMT</u>	<u>6.0%</u>	<u>4.2%</u>

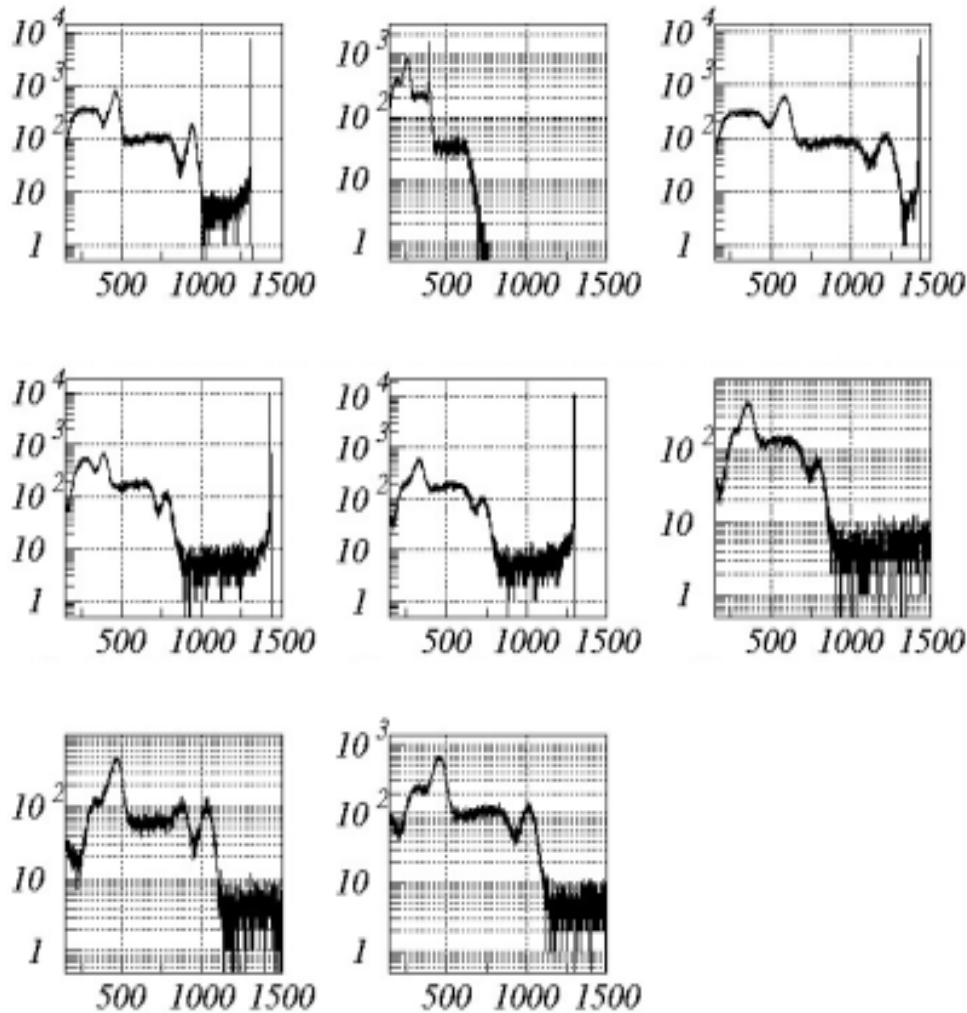


アレイ型PDと単PDでほぼ同じエネルギー分解能

2MeV付近でPMTのエネルギー分解能と同等

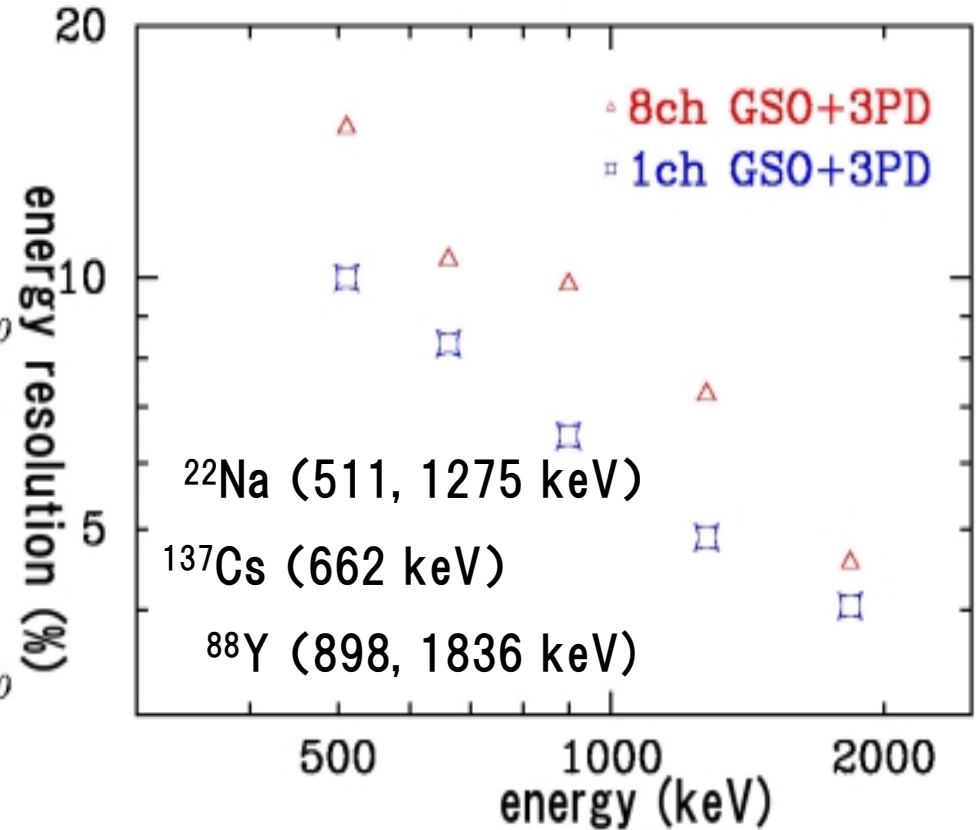
GSOもBGOとほぼ同じエネルギー分解能

8 channel 読み出し @-30度



^{88}Y の各チャンネルのスペクトル

1 ch読み出しの時と同じCSA



	898 keV	1836 keV
<u>8 ch</u>	<u>9.8%</u>	<u>4.6%</u>
<u>1 ch</u>	<u>6.6%</u>	<u>4.2%</u>

1 ch 読み出し時のエネルギー分解能に近づける

まとめ・今後

単PDとアレイ型PDのエネルギー分解能はほぼ同じ

2MeV付近でPMTと同等のエネルギー分解能

CsIより高阻止能で遜色のないエネルギー分解能



推定値では1MeV以上でPMTと同等以上のエネルギー分解能(~6%)になる。

3×3アレイ型PD1素子 1channel

	898keV	1836keV
単PD	6.7 %	4.3 %
<u>3PD</u>	<u>6.6 %</u>	<u>4.2 %</u>
PMT	6.0 %	4.2 %
<u>CsI</u>	<u>5.2 %</u>	<u>4.0 %</u>

目標 ~ 5 % @ 1MeV

- ▶性能の良いICSAを使う
- ▶PDを厚くする(現在300 μ m)
- ▶1素子のピクセルを小さくする

3×3アレイ型PD 1素子

	898 keV	1836 keV
<u>8 ch</u>	<u>9.8%</u>	<u>4.6%</u>
<u>1 ch</u>	<u>6.6%</u>	<u>4.2%</u>

1ch読みだしの時のエネルギー分解能に近づける