

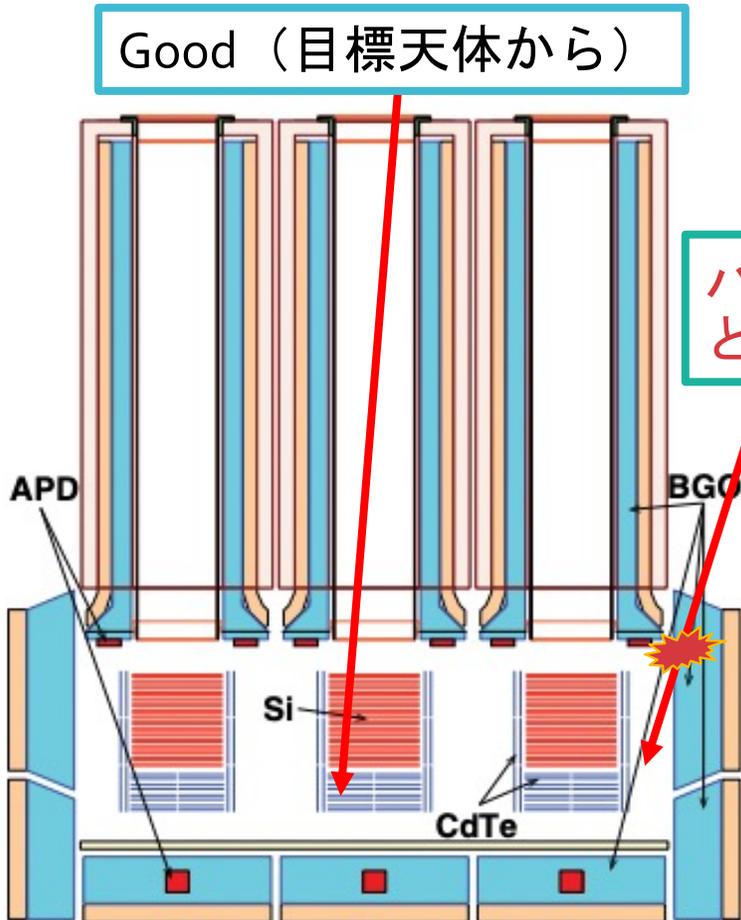
2023 秋季天文学会

# プラスチックシンチレータを用いた、放射線劣化したMPPCの性能評価

森下皓暁, 深沢泰司, 高橋弘充, 丹羽怜太 (広島大学)

# 軟ガンマ線観測

この帯域では、目標天体の光子以外からくるバックグラウンドが多い。



Good (目標天体から)

バックグラウンド  
として処理

## アクティブシールド

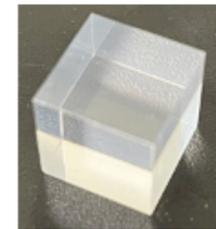
- シンチレーション光の読み出し  
→ シールド自身が信号を生成
- 宇宙線、シールドでコンプトン散乱したガンマ線を除去 (反同時計数処理)
- 感度の向上のために不可欠

低バックグラウンド観測のために、  
低いエネルギー閾値が必要

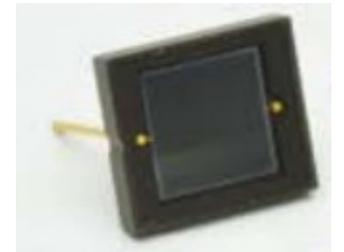
# 研究の背景・目的

プラスチックシンチレータ + 放射線劣化したMPPCに対して、エネルギー閾値を下げることを検討する。

なぜプラスチックシンチレータなのか・・・



プラシンチ



MPPC

○小型衛星での打ち上げの場合、BGOだと衛星重量オーバー

○無機シンチレータに比べて減衰時間が100倍程度速い

- ・ガンマ線の高速計数、高計数率測定に使用
- ・信号が細くて高く、ノイズに対して信号を拾いやすい可能性

# 実験について

## — MPPCの放射線劣化による影響 —

○放射線劣化した&していないMPPCを用いた測定

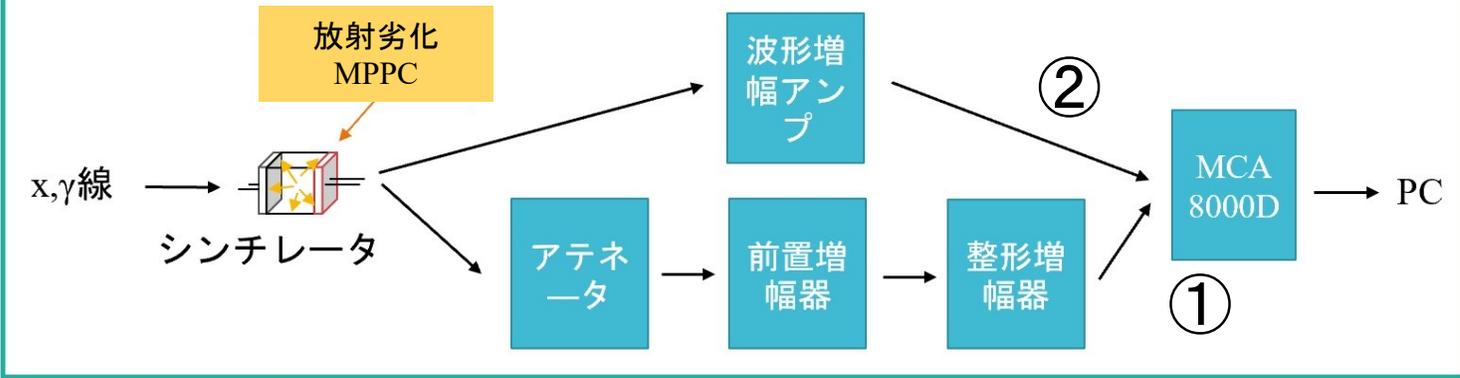


## — エネルギー閾値をどう下げるか —

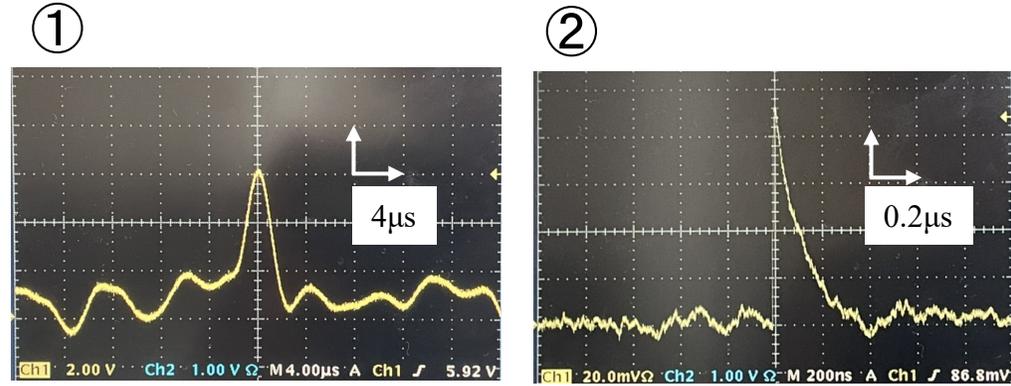
- (1) 波形増幅アンプのみでの測定
- (2) 同時刻イベントのみの測定
- (3) 低温環境での測定

# 実験結果(1) 閾値を下げるには (波形増幅アンプ)

MCA8000Dを用いたMPPC 1つでの測定のセットアップ

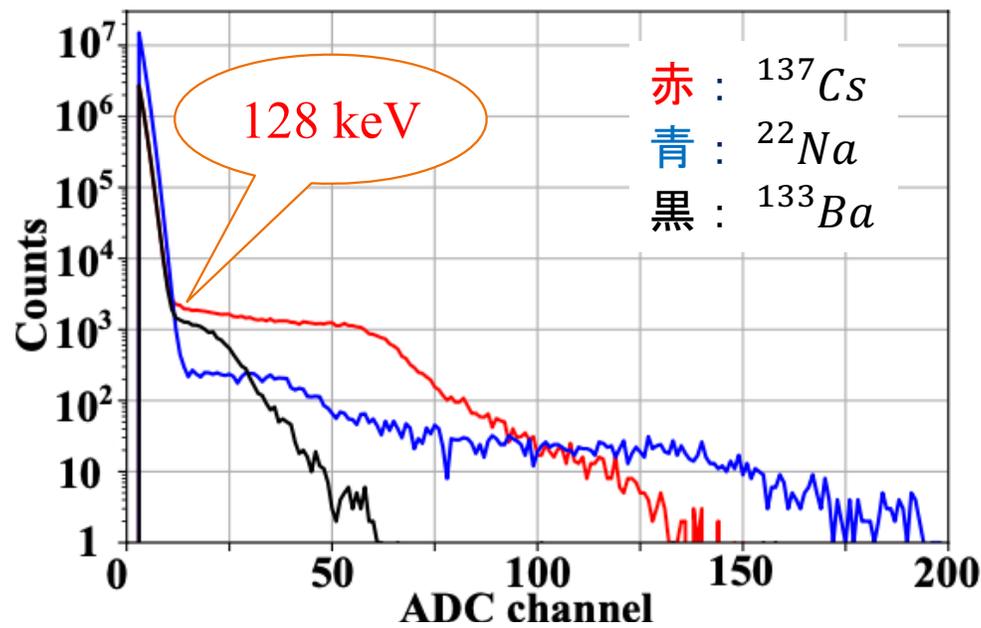
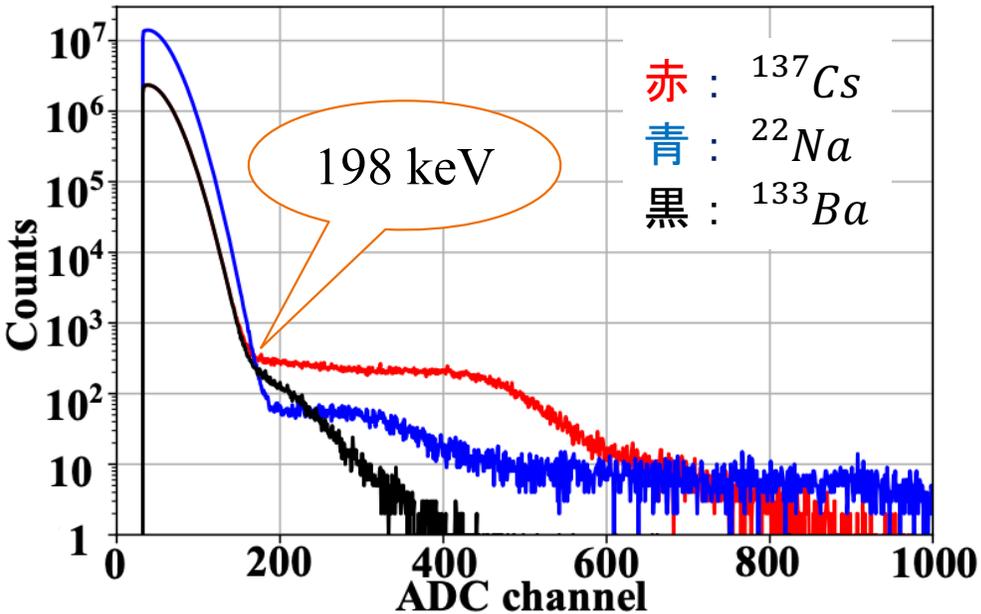


- ・ 1 krad 陽子照射したMPPC
- ・ 1cm角立方体シンチレータ



①前置増幅器 + 整形増幅器

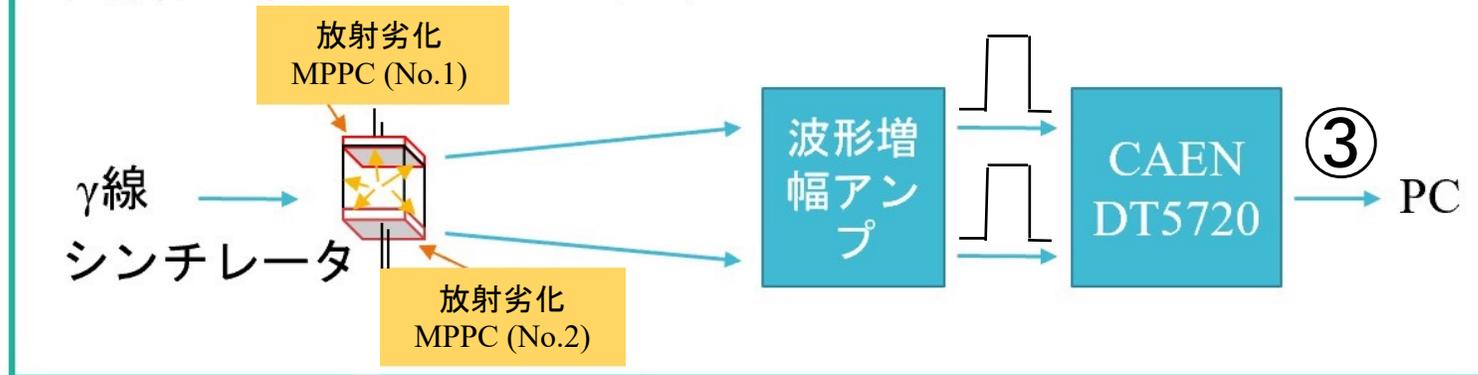
②波形増幅器



65%に減少

# 実験結果(2) 閾値を下げるには (同時刻イベント測定)

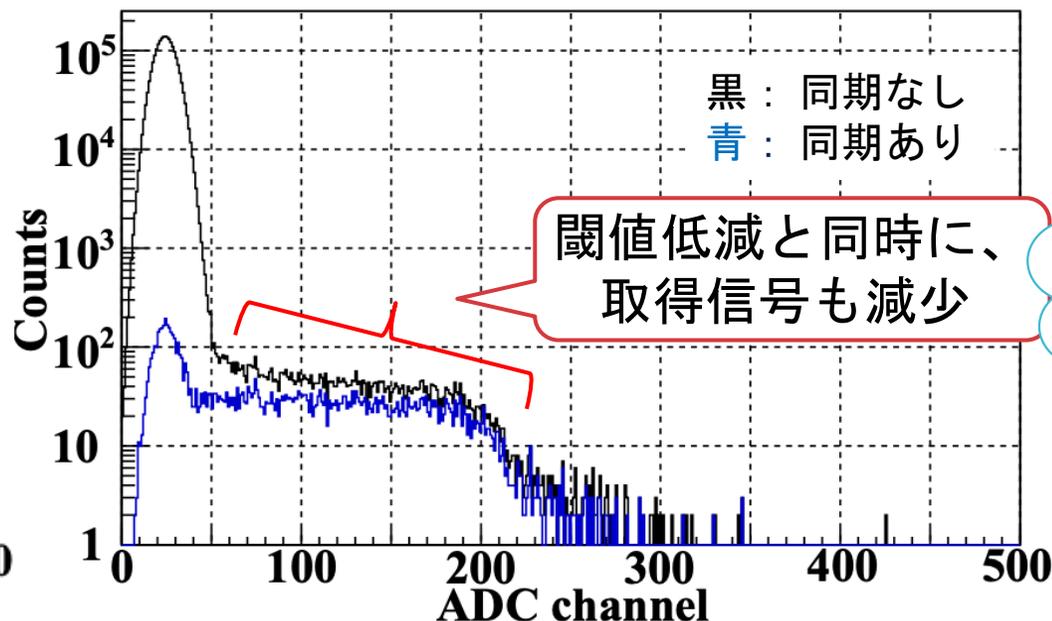
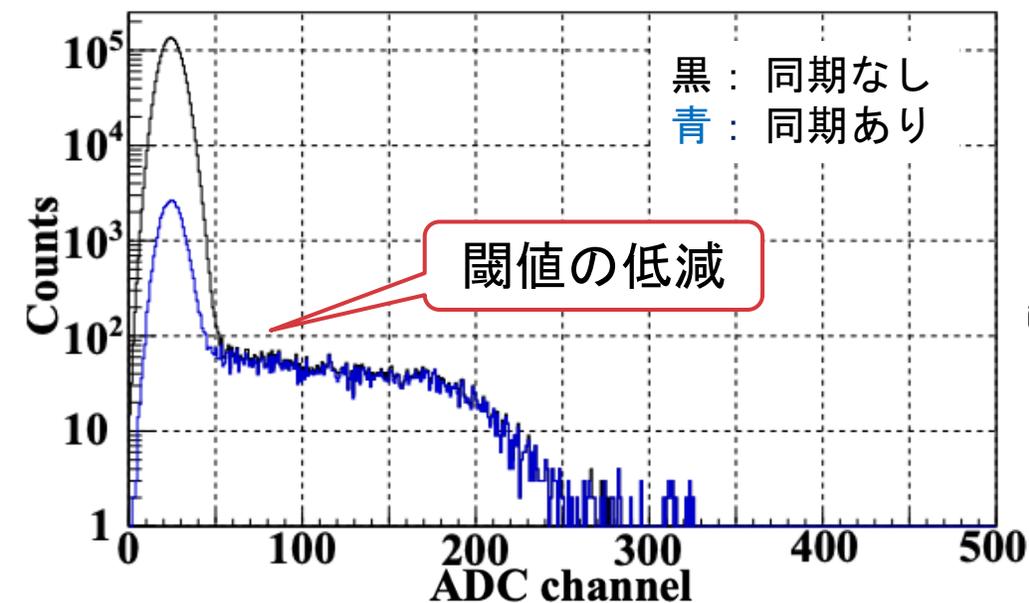
## 同期測定のセットアップ



- ・ 1 krad 陽子照射したMPPC × 2
- ・ 1cm角立方体シンチレータ

③  $^{137}\text{Cs}$ , Coincidence width : 40 ns

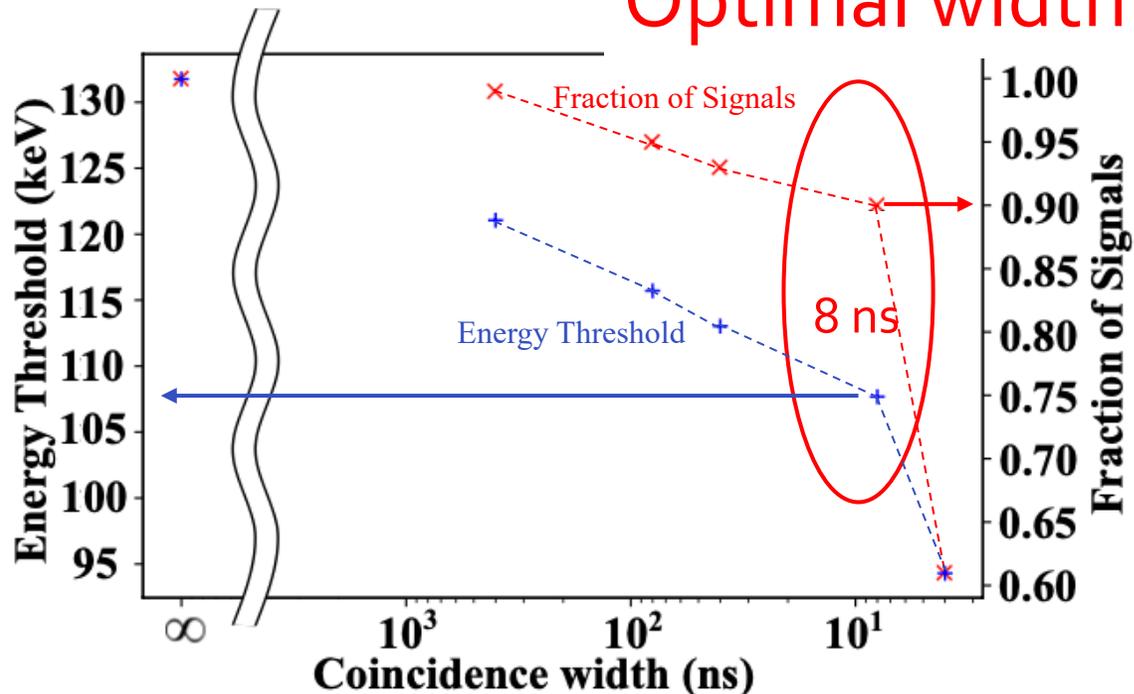
③  $^{137}\text{Cs}$ , Coincidence width : 4 ns



最適な値を探る

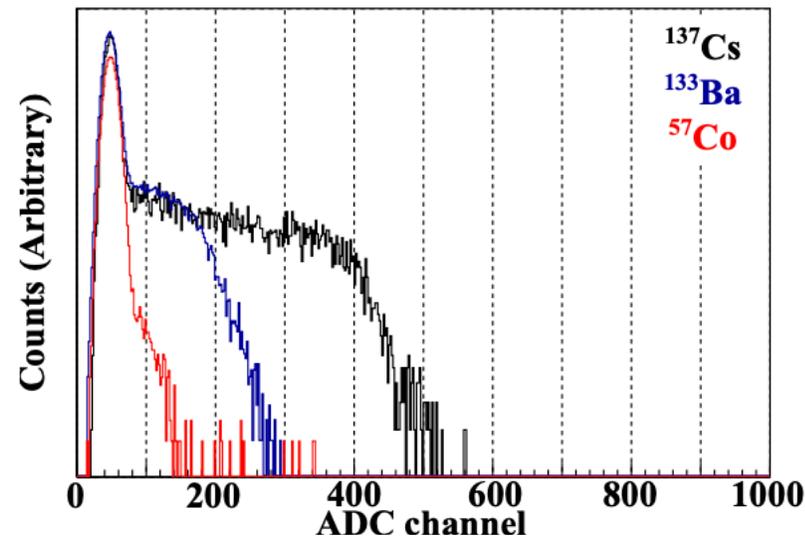
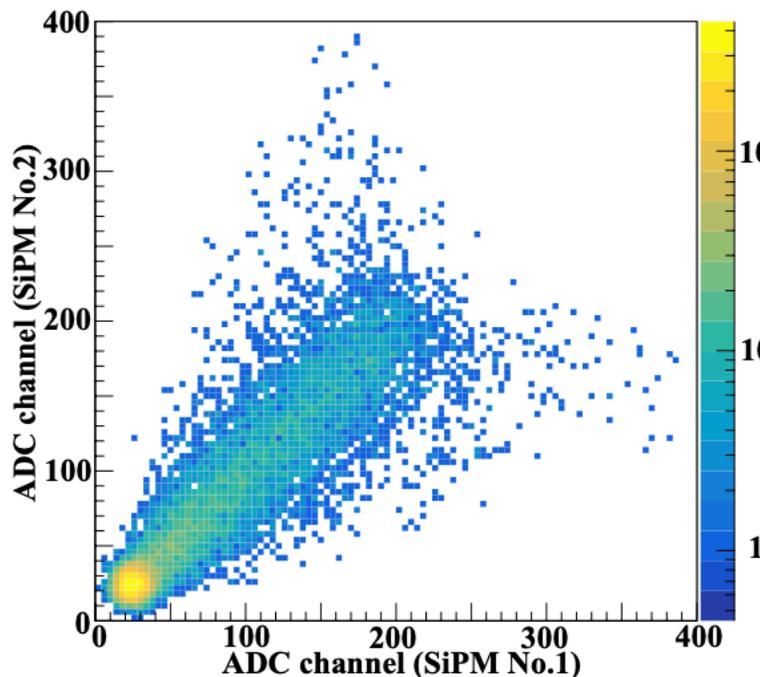
# 実験結果(2) 閾値を下げるには (同時刻イベント測定)

Optimal width



最適な値の測定において、2ch  
のスペクトルを足し合わせる  
⇒ 大小ノイズを平均化

↓ 2つのMPPCの波高値



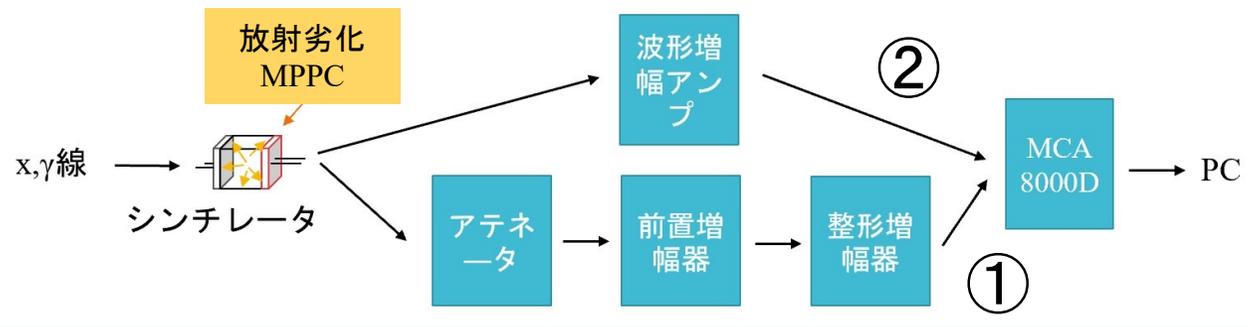
↑ 2つのスペクトル  
の足し合わせ

Threshold  
132 keV  
↓  
93 keV

70%

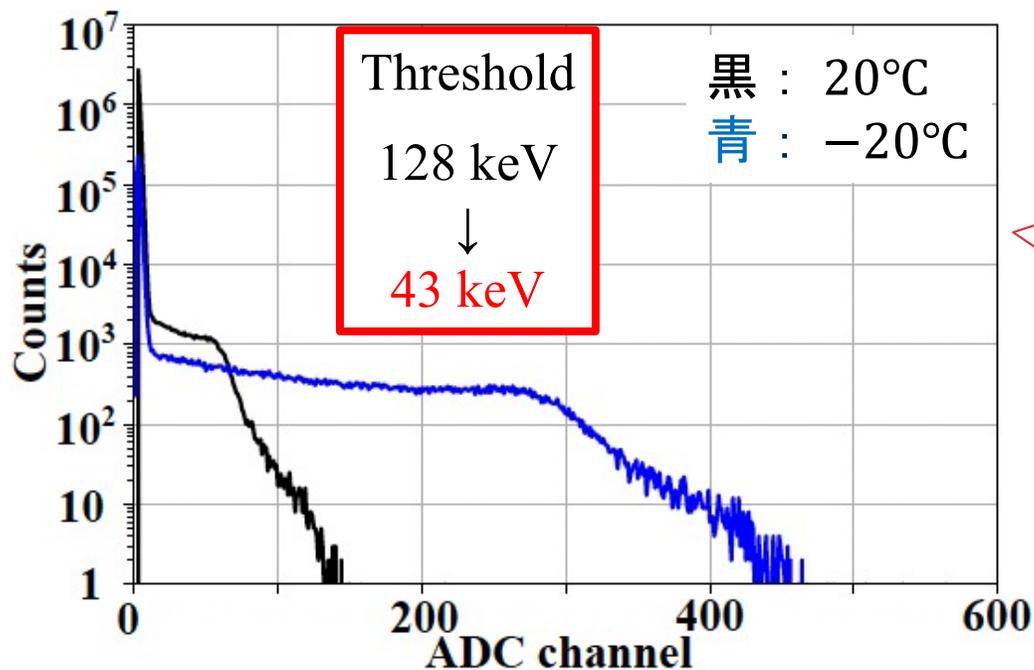
# 実験結果(3) 閾値を下げるには (低温環境で測定)

MCA8000Dを用いたMPPC 1つでの測定のセットアップ

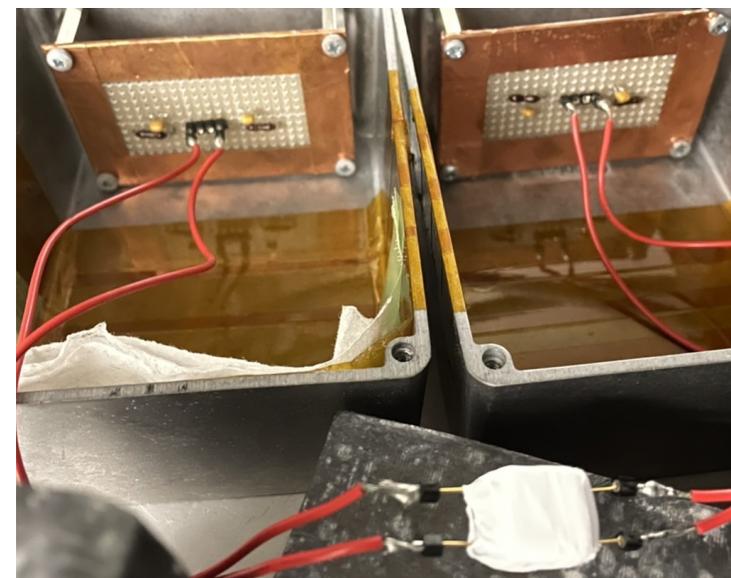


- 1 krad 陽子照射したMPPC
- 1cm角立方体シンチレータ

②  $^{137}\text{Cs}$ , 波形増幅器での常温と低温測定



33%に減少



# まとめ

3つの実験により、エネルギー閾値が下がることを確認した。

(1) 波形増幅アンプのみの測定・・・65%

(2) 同期測定(82%)＋スペクトルの足し合わせ(86%)・・・70%

(3) 低温での測定・・・33%

→ これらを掛け合わせると、理想的には、15%程度まで下げられる。

(2) 最適なCoincidence幅：8 ns (1 cm角プラスチックシンチレータ)

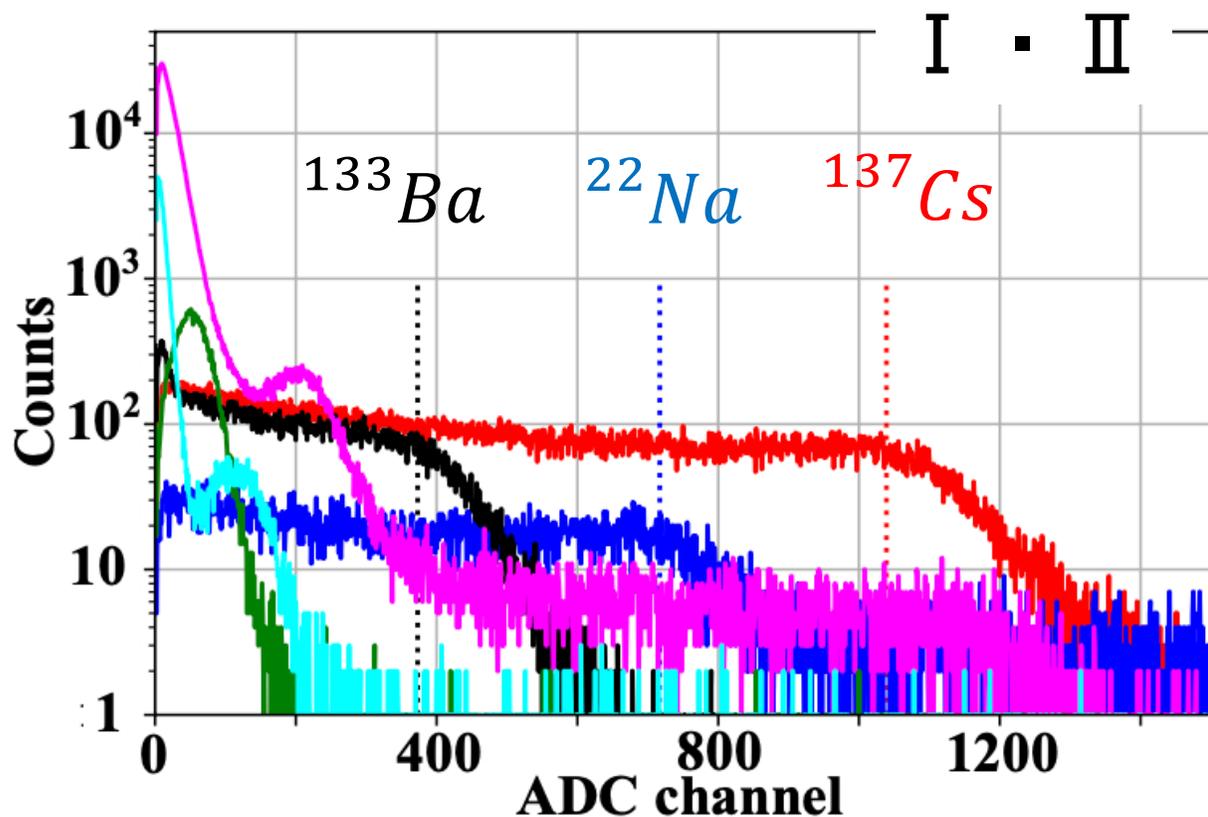
同時刻イベントのみの測定では、スペクトルの波高値が違っていても、信号をあまり失わず、またエネルギー閾値も下げられる。

MPPCを増やすことで、さらなる閾値低減も見込める。

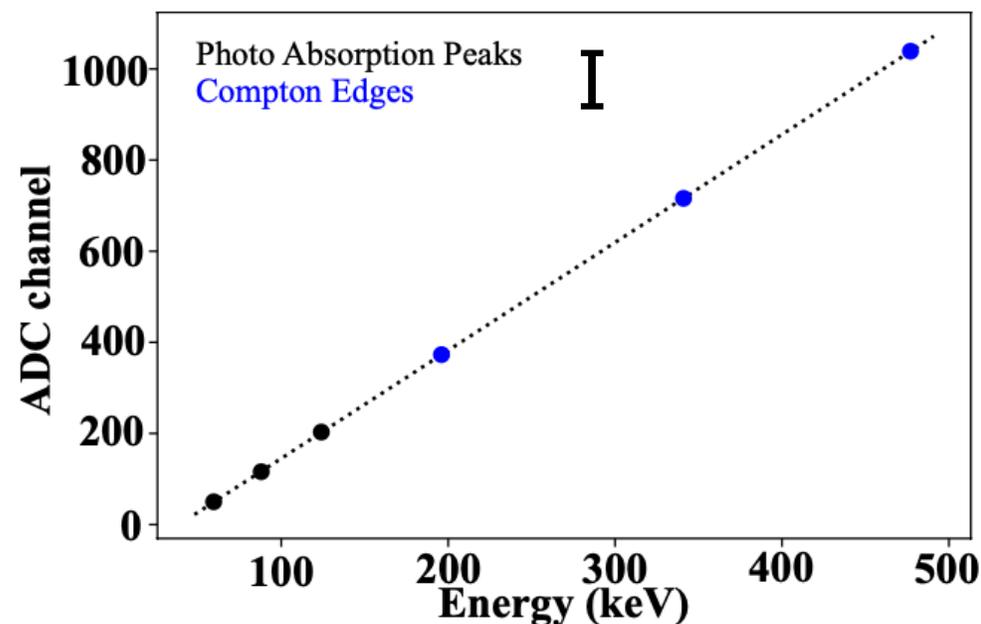
Backup Slides

# Appendix. コンプトンエッジの決め方

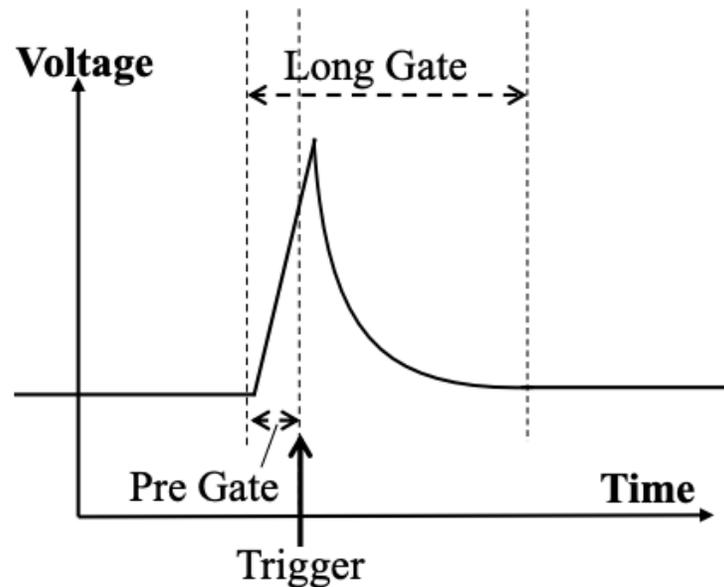
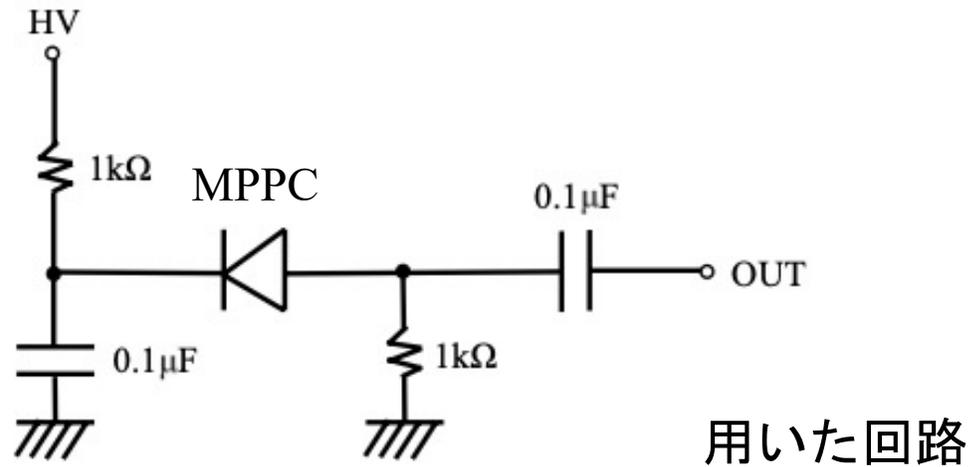
- I. 通常MPPCで、光電吸収ピーク ( $^{57}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{241}\text{Am}$ )から較正直線を作成
- II. それをもとに、 $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ のコンプトンエッジの位置を決定
- III. この図を拡大して擬似的にエネルギー分解能を悪くし、重ね合わせる



- ・ 通常MPPC
- ・ 1cm角立方体シンチレータ

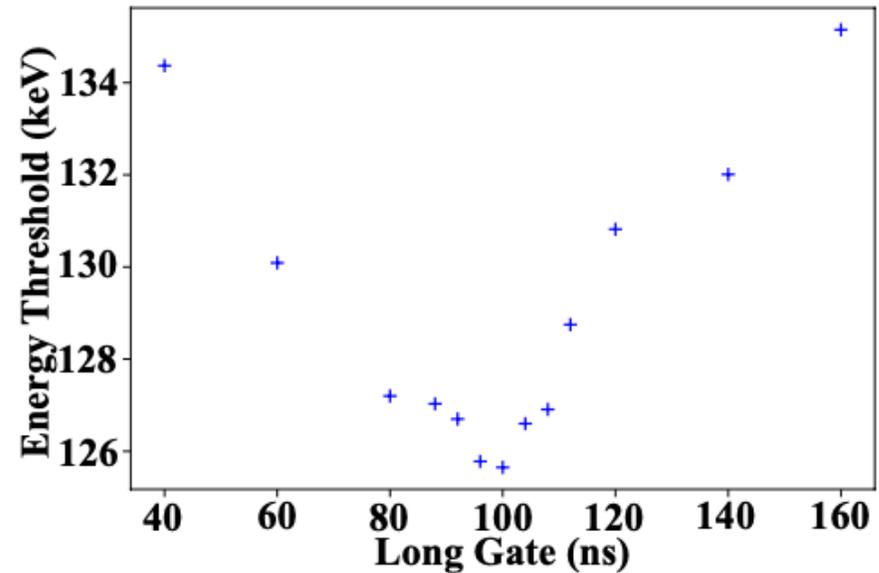


# 使用した回路とパラメータ



波形の概念図

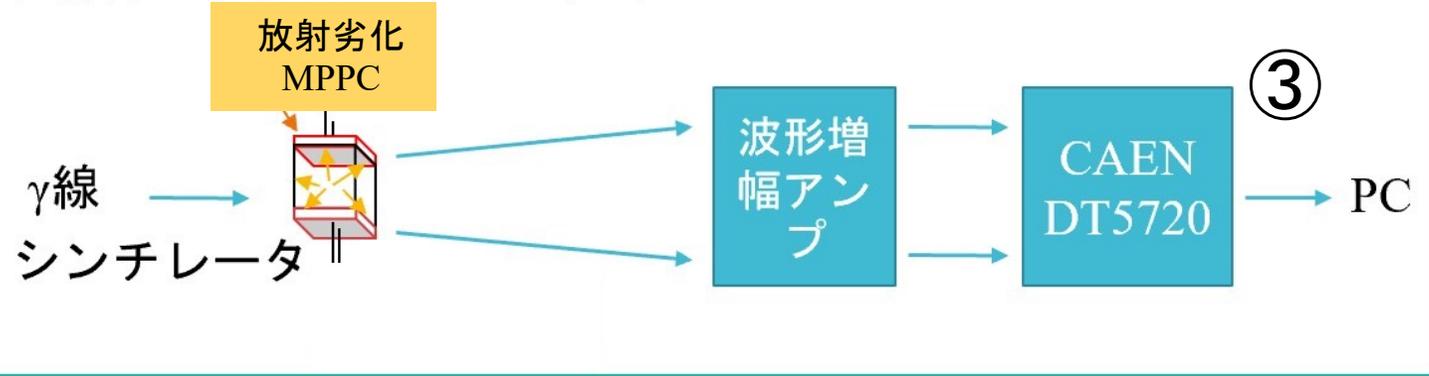
RI	$E_{abs}(\text{keV})$	$E_{edge}(\text{keV})$
$^{137}\text{Cs}$	662	477
$^{21}\text{Na}$	511	341
$^{133}\text{Ba}$	356	196
$^{57}\text{Co}$	122	
$^{109}\text{Cd}$	88	
$^{241}\text{Am}$	59.5	



Long Gateとエネルギー閾値

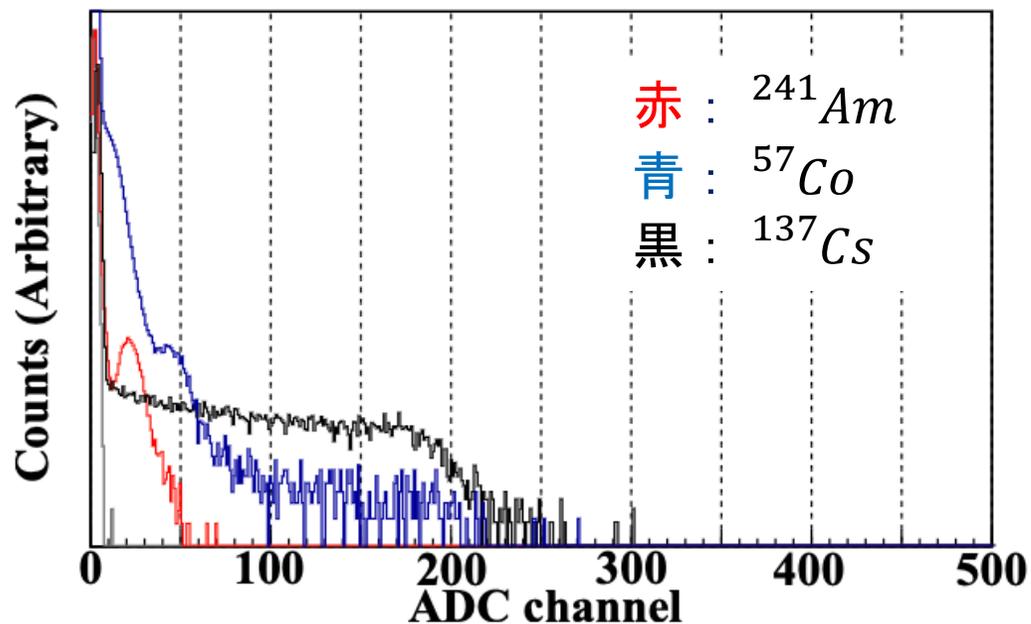
# 実験結果 MPPCに対する放射線劣化の影響

## 同期測定の設定アップ

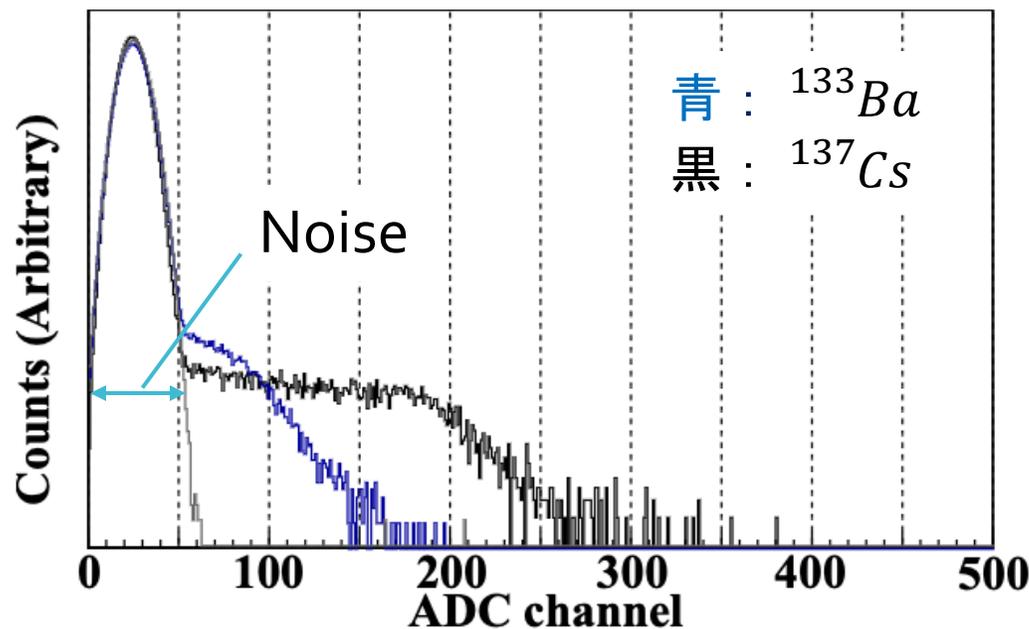


- ・ 通常MPPC
- ・ 1 krad 陽子照射したMPPC
- ・ 1cm角立方体シンチレータ

## ③通常MPPC



## ③放射線劣化MPPC



Threshold

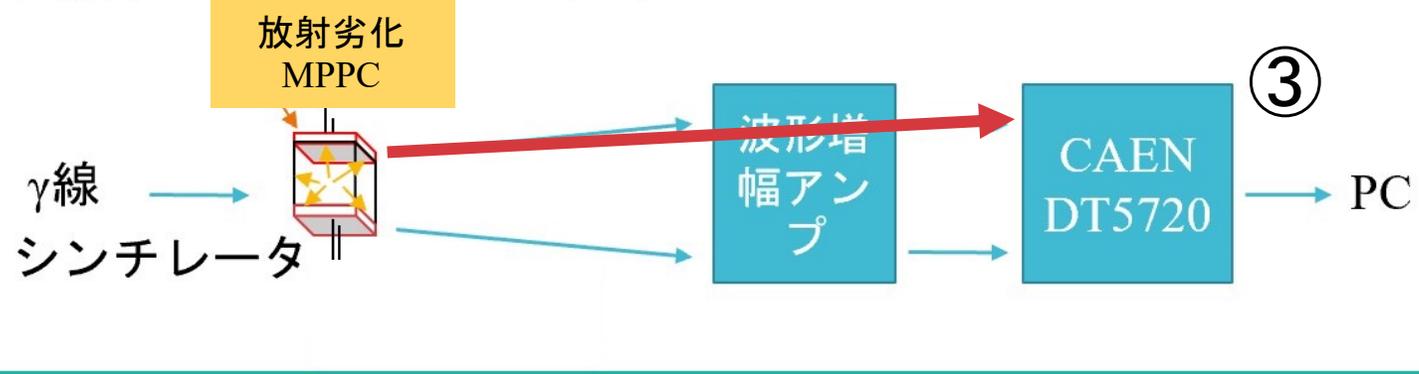
23 keV



132 keV

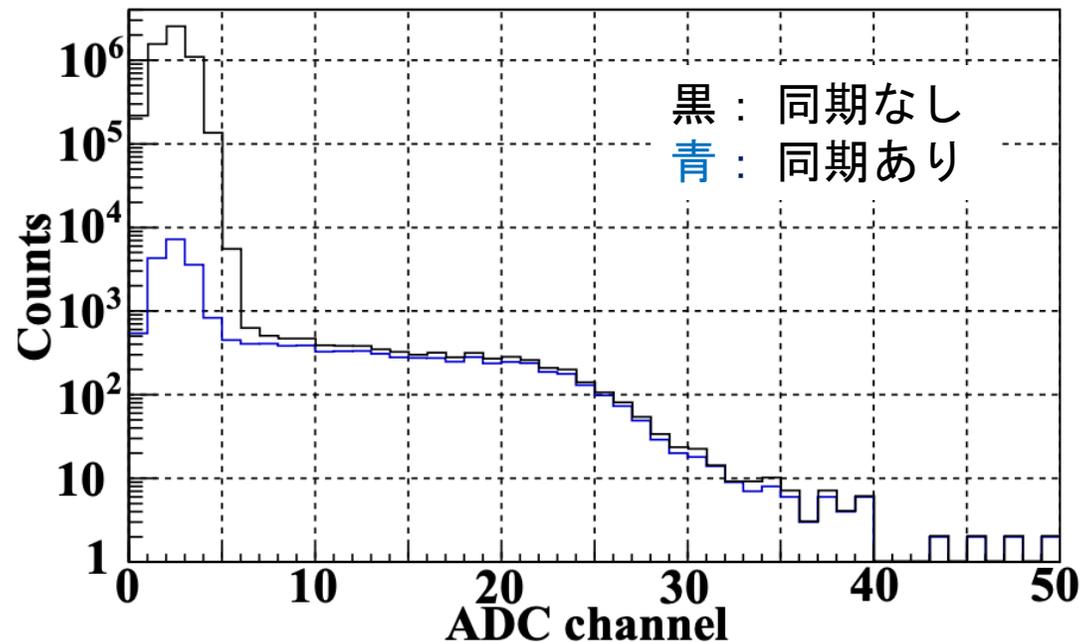
# 実験結果 波高値が異なる場合の同時イベント測定

## 同期測定のセットアップ



- 1 krad 陽子照射したMPPC
- 1cm角立方体シンチレータ

③  $^{137}\text{Cs}$ , Coincidence width : 8 ns



波高値10:1での測定（左図は1の方を表示）

同じようにエネルギー閾値を下げる  
ことができる。

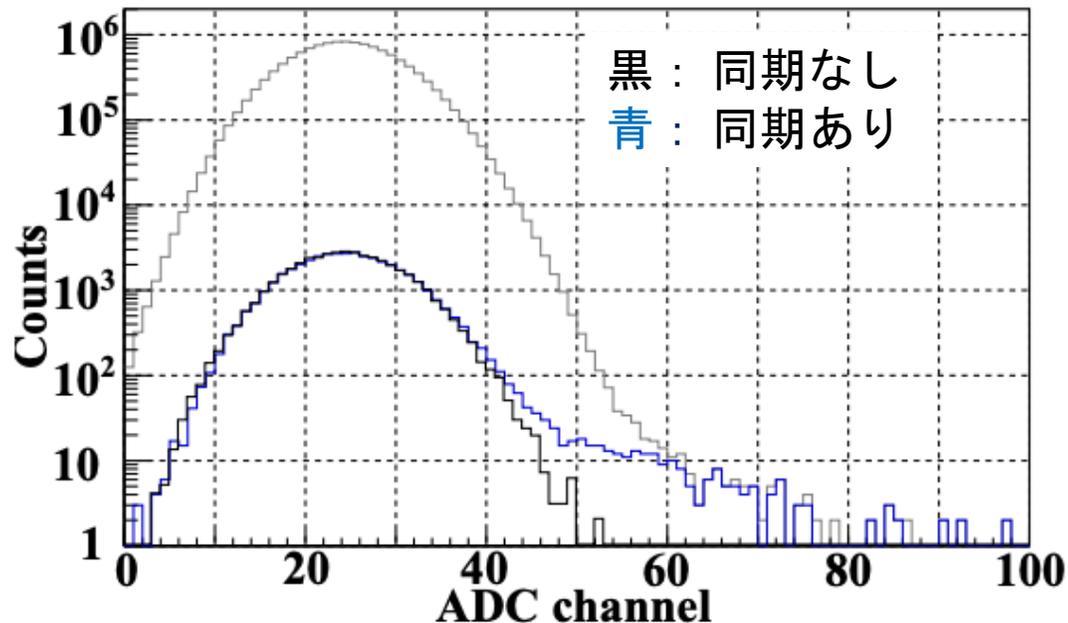
# 実験結果 同時イベント測定の効果

## 同期測定のセットアップ



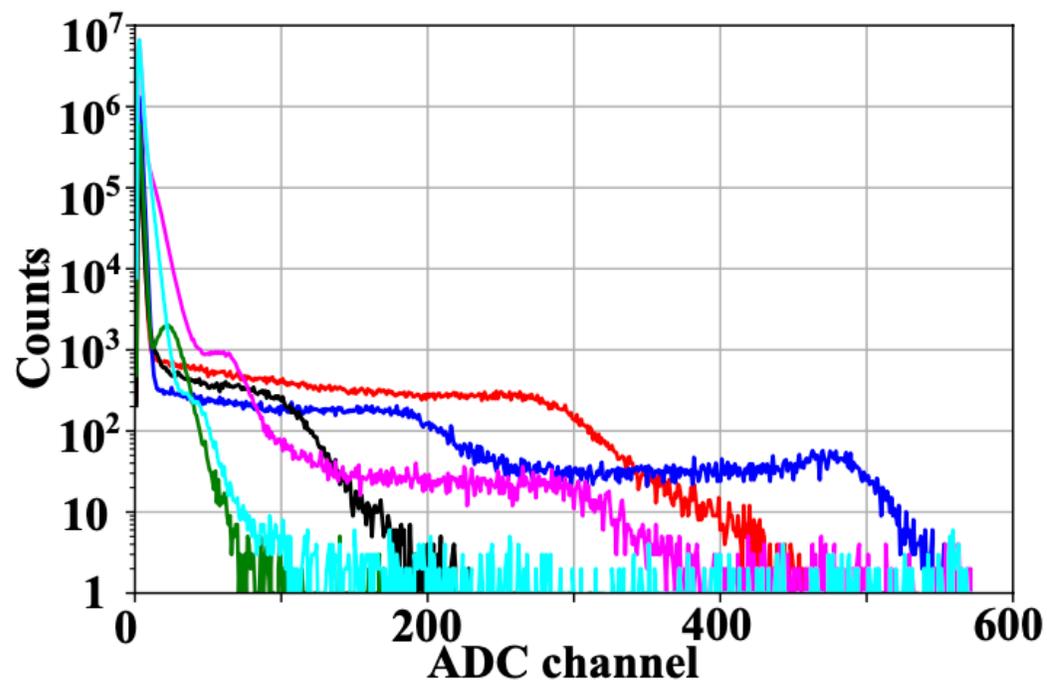
- 1 krad 陽子照射したMPPC
- 1cm角立方体シンチレータ

③  $^{57}\text{Co}$ , Coincidence width : 8 ns



同期なしでは検出できなかったところに、 $^{57}\text{Co}$  の光電吸収ピークを確認

# 実験結果(3) 閾値を下げるには（低温環境で測定）

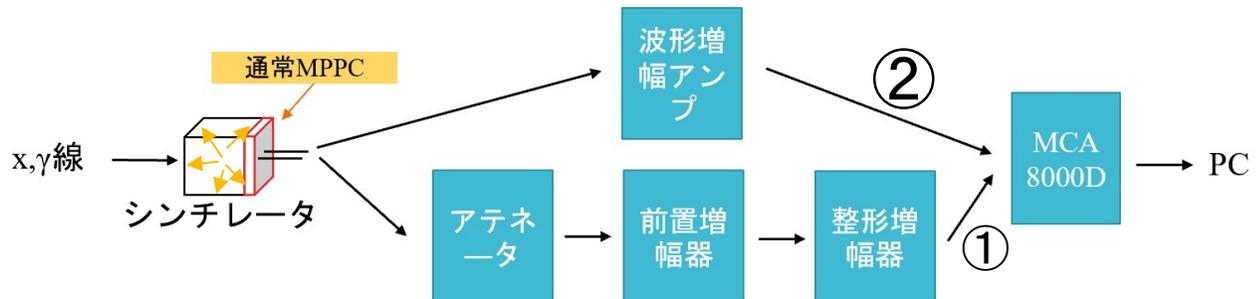


-20°Cで波形増幅アンプを用いて測定した<sup>137</sup>Cs（赤）、<sup>22</sup>Na（青）、<sup>133</sup>Ba（黒）、<sup>57</sup>Co（マゼンタ）、<sup>241</sup>Am（緑）、<sup>109</sup>Cd（シアン）のエネルギースペクトル。

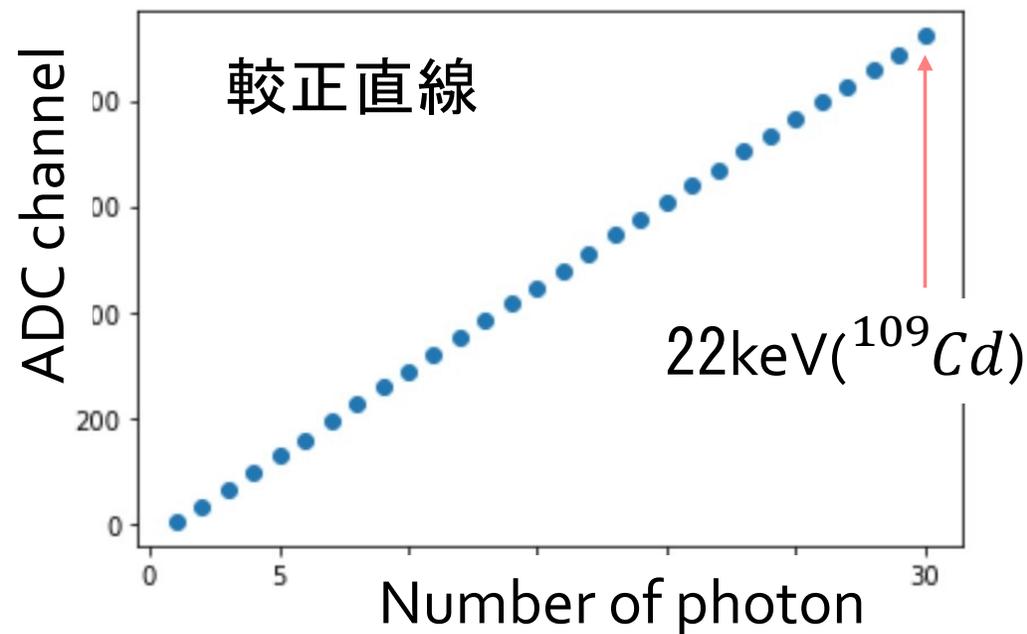
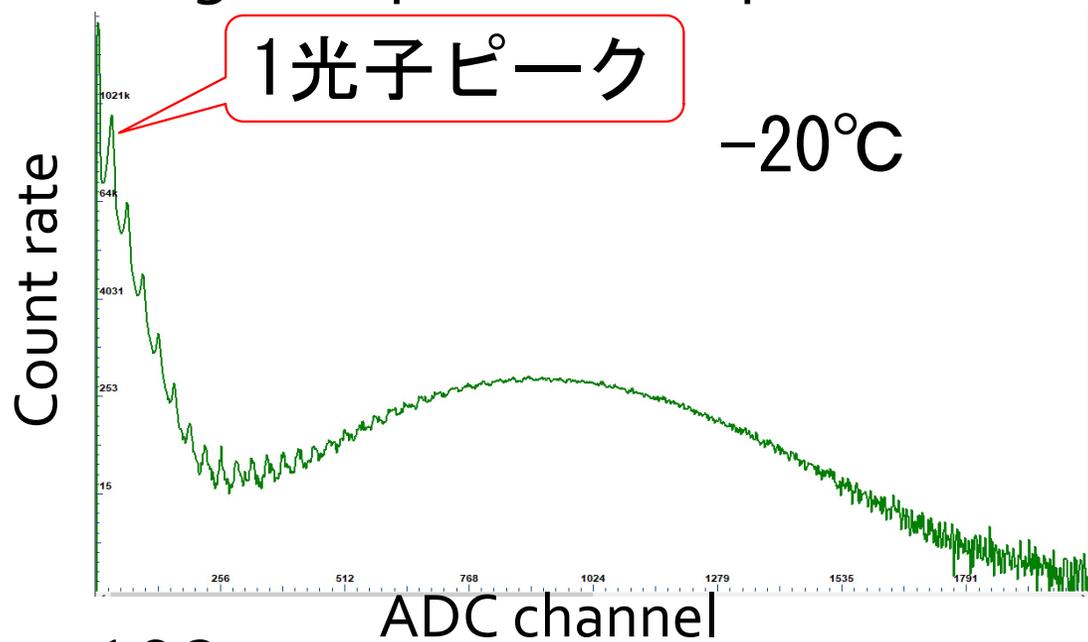
より低エネルギーの光電吸収ピークも確認

# 実験結果

MCA8000Dを用いたMPPC 1つでの測定のセットアップ



① Charge Amplifier + shaper ( $^{109}\text{Cd}$ )



$^{109}\text{Cd}$  peak (22 keV)は約 30 光子に対応