

# ポジトロニウムの寿命測定と量子振動

P1 岩島 呂帆 杉浦 巧

# 実験の概要

本実験は磁場下でのポジトロニウムの崩壊曲線が振動していることを確認し、その振動数から超微細分裂を測定することが目標である(はずであってが、実験の進度の都合でポジトロニウムの寿命を測定するところで終わってしまいそうである)

# 理論

## Ps: ポジトロニウム

電子と陽電子が束縛状態をつくっており、singletとtripletの状態が存在する

		寿命
O-Ps	$ 1\ 1\rangle =  \uparrow\ \uparrow\rangle$	142ns
	$ 1\ 0\rangle = (1/\sqrt{2}) \{  \uparrow\ \downarrow\rangle +  \downarrow\ \uparrow\rangle \}$	
	$ 1\ -1\rangle =  \downarrow\ \downarrow\rangle$	
P-Ps	$ 0\ 0\rangle = (1/\sqrt{2}) \{  \uparrow\ \downarrow\rangle -  \downarrow\ \uparrow\rangle \}$	125ps

<p>Psの荷電共役性</p> <p><math>\gamma</math>線の荷電共役性</p>	$C  S, S_z\rangle = (-1)^{\hat{L} + S}  S, S_z\rangle$ $C  n, \gamma\rangle = (-1)^{\hat{n}}  n, \gamma\rangle$
---	--



( $L=0$ がPsの消滅ではきいてくる)

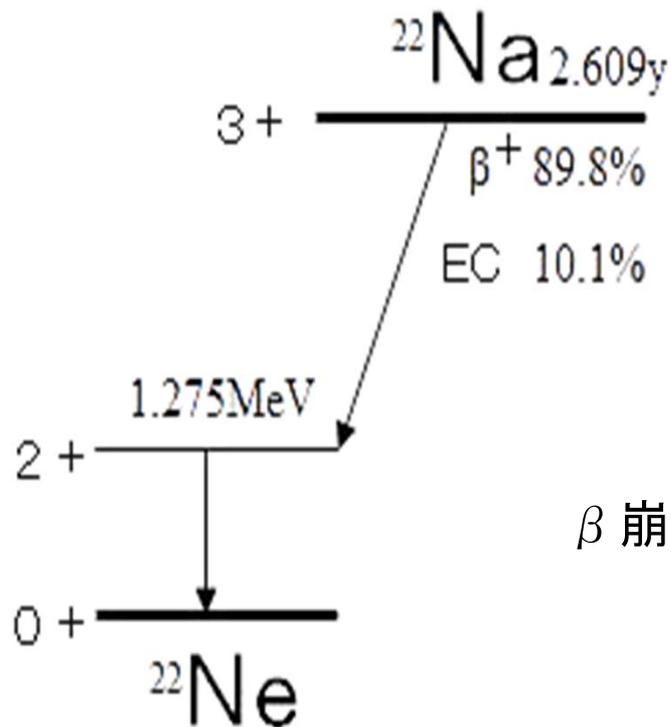
荷電共役性の保存からO-Psは奇数個の  $\gamma$  線に  
P-Psは偶数個の  $\gamma$  線になる

O-Psは3  $\gamma$  への崩壊が非常に優位である

# Psの作り方

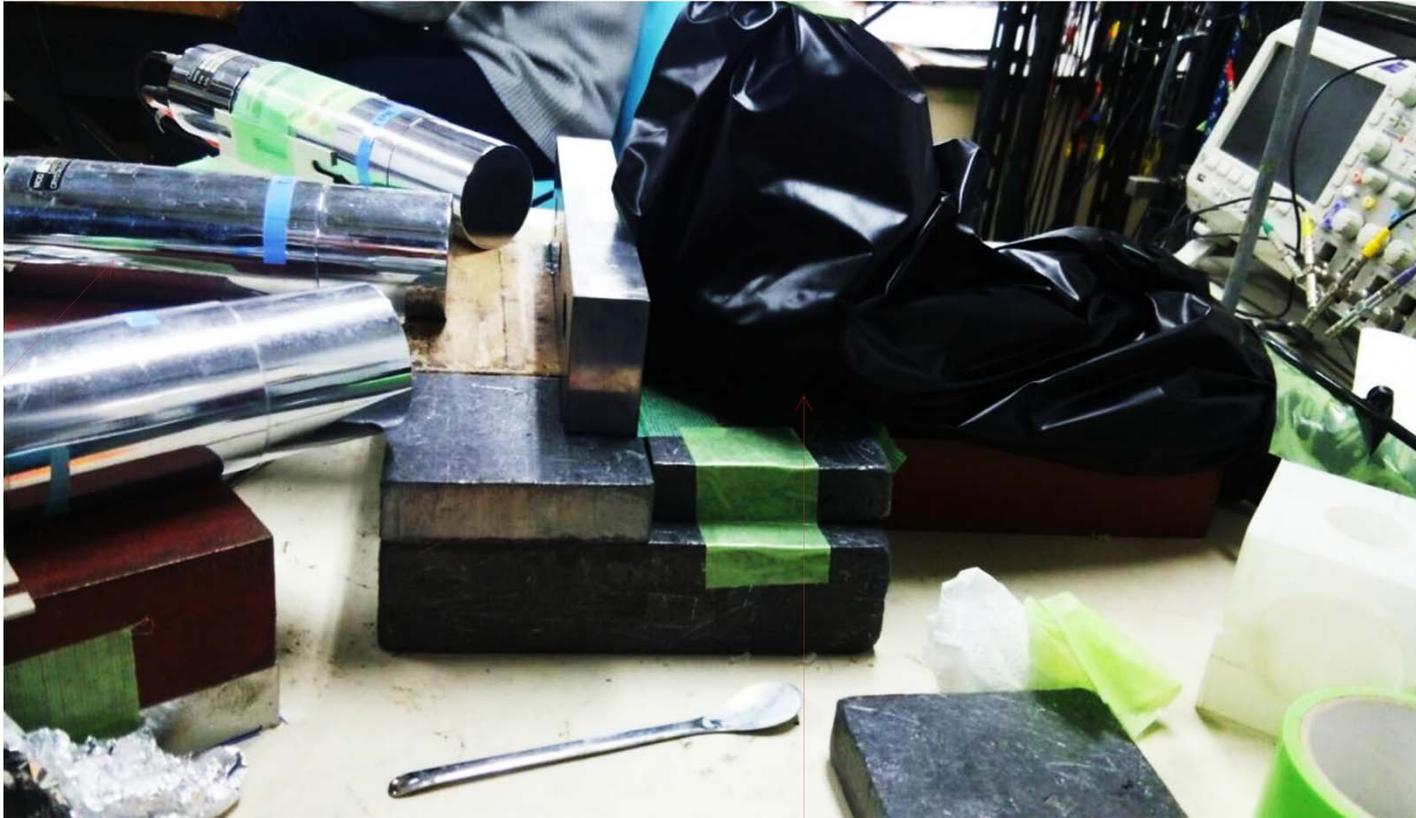
## Na22の $\beta$ 崩壊を利用する

Naの崩壊図式



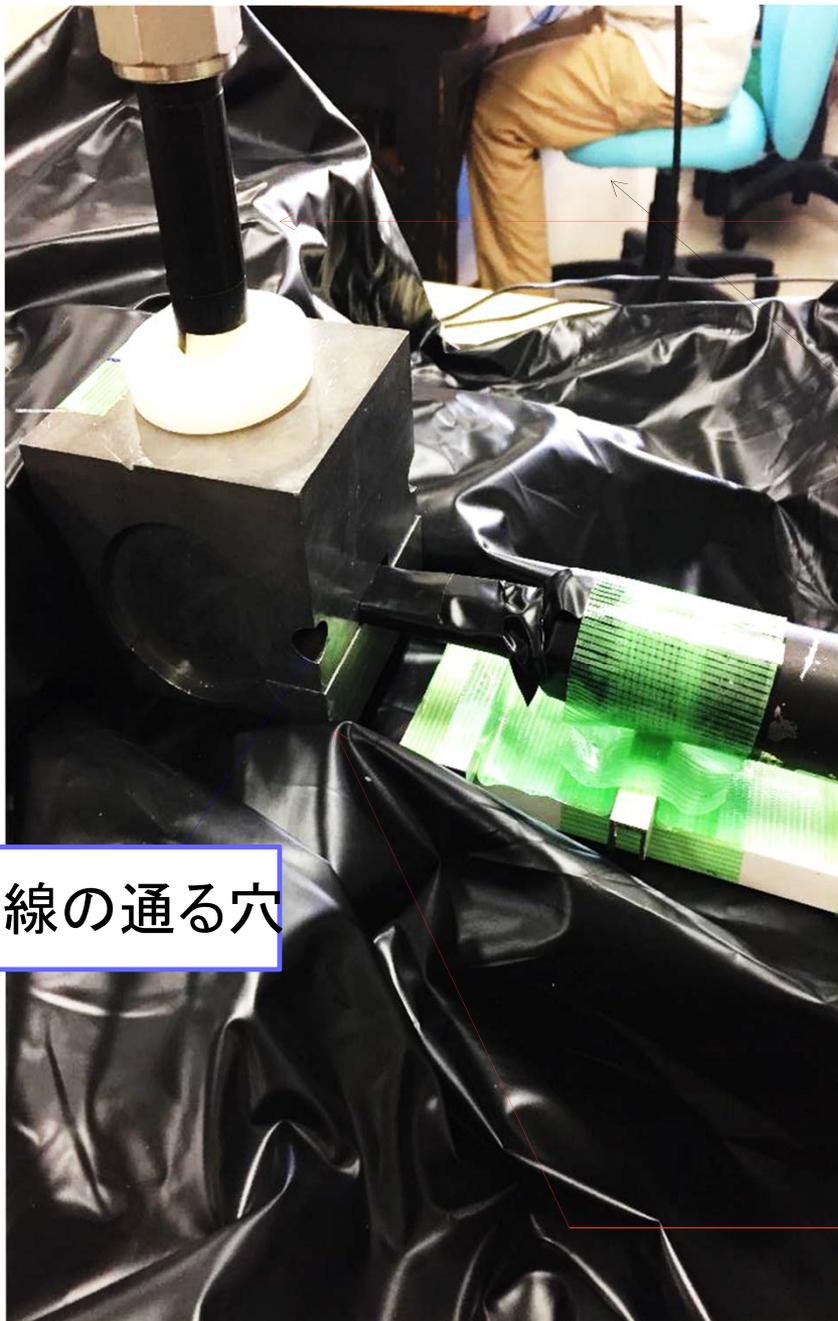
$\beta$  崩壊で生じた陽子と物質中(本実験ではシリカ)の電子を反応させてPsをつくる

# 実験装置の概要



NaI

この中に線源、シリカパウダー、  
プラスチックシンチレータと  
それを入れた鉛ブロックがある



シリカパウダーを入れる容器

中脇

$\gamma$ 線の通る穴

鉛ブロック  
(中に線源とプラスチックシンチレーター)

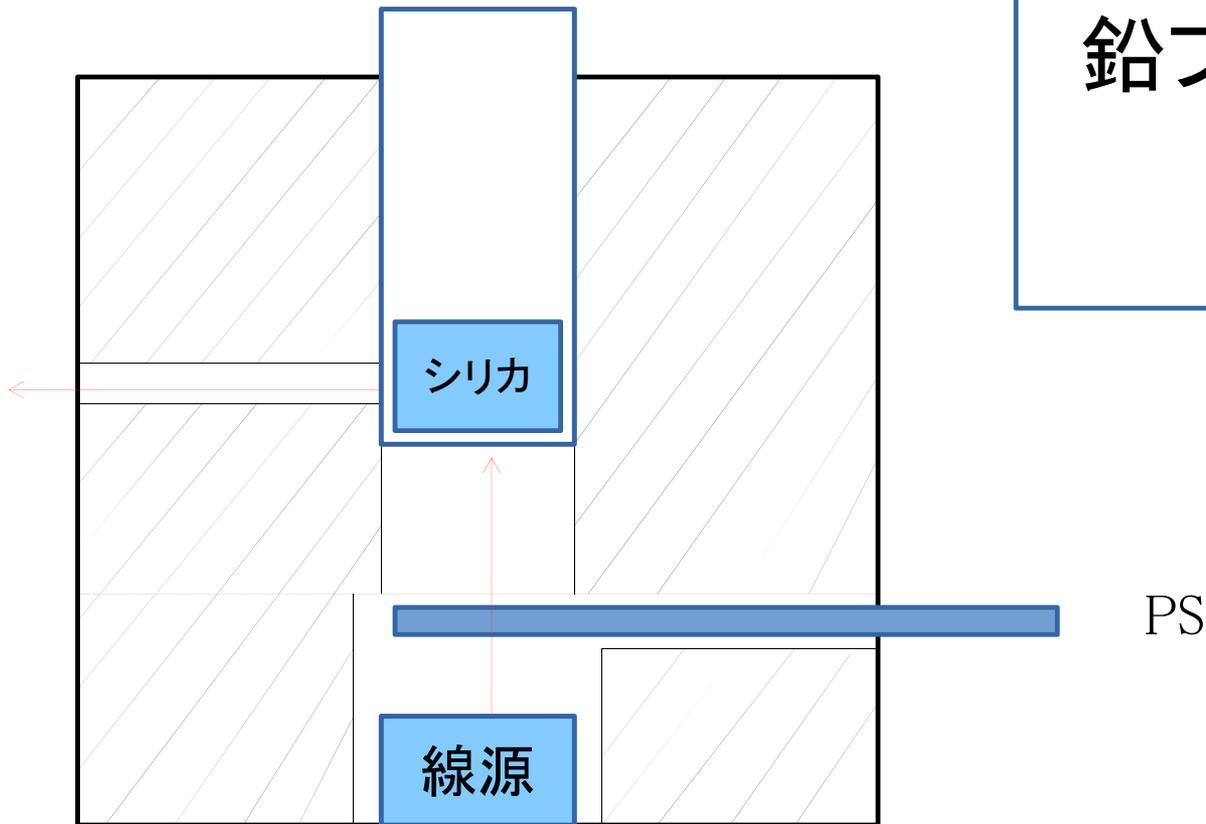


中脇

プラスチックシンチレーター  
(PS)

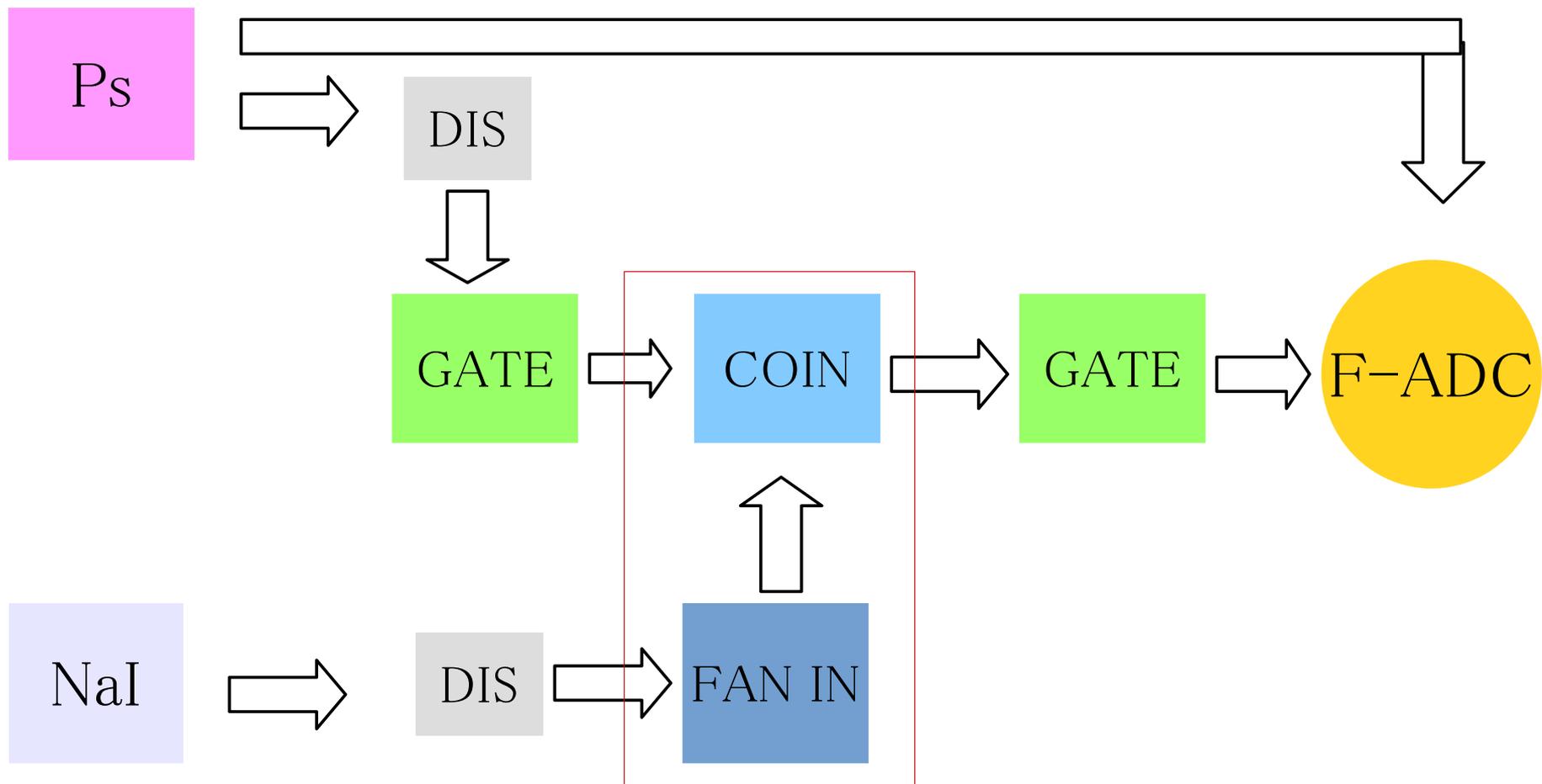
線源( $^{22}\text{Na}$ )

シリカの  
容器

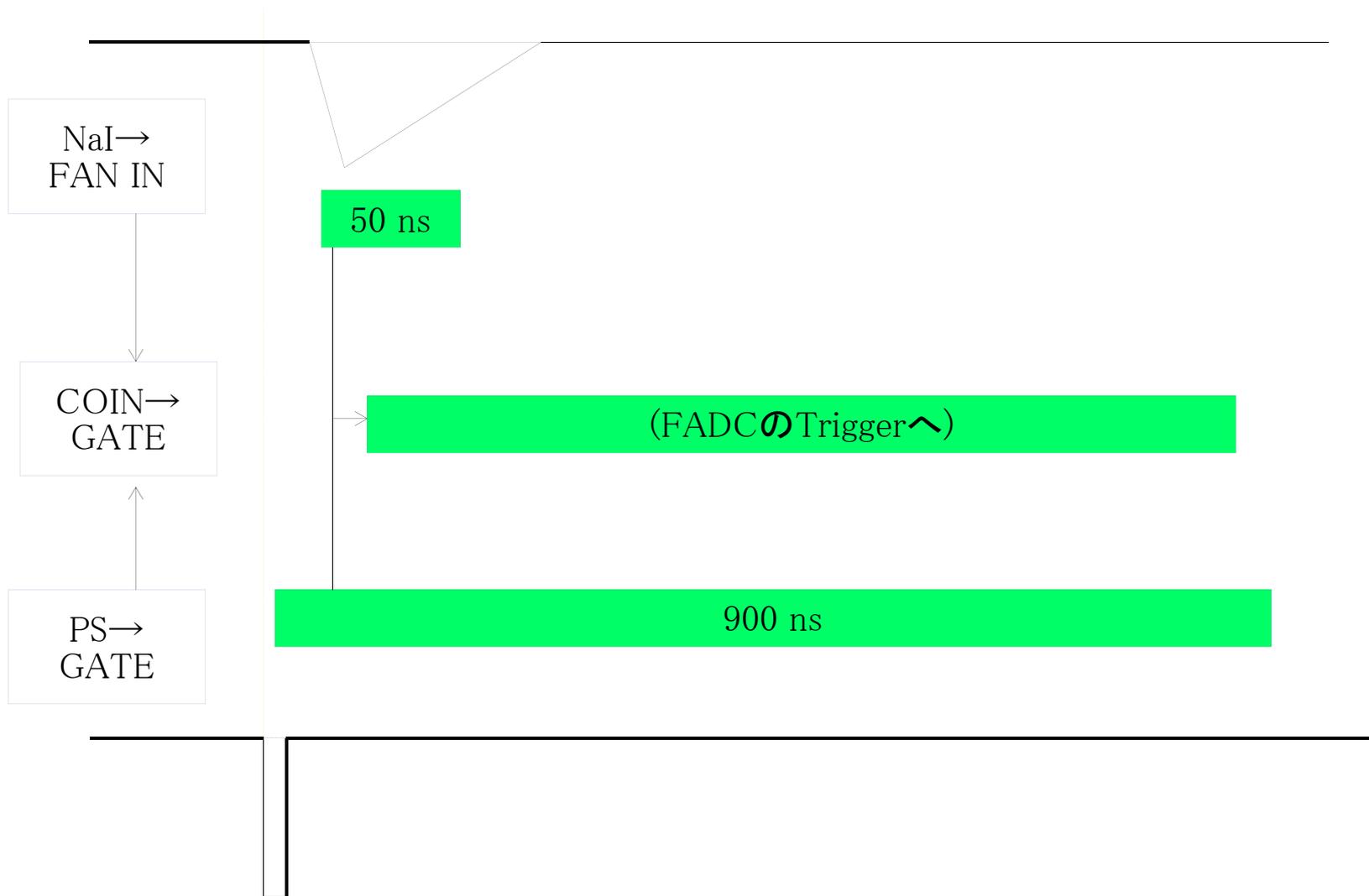


鉛ブロック内の  
概念図

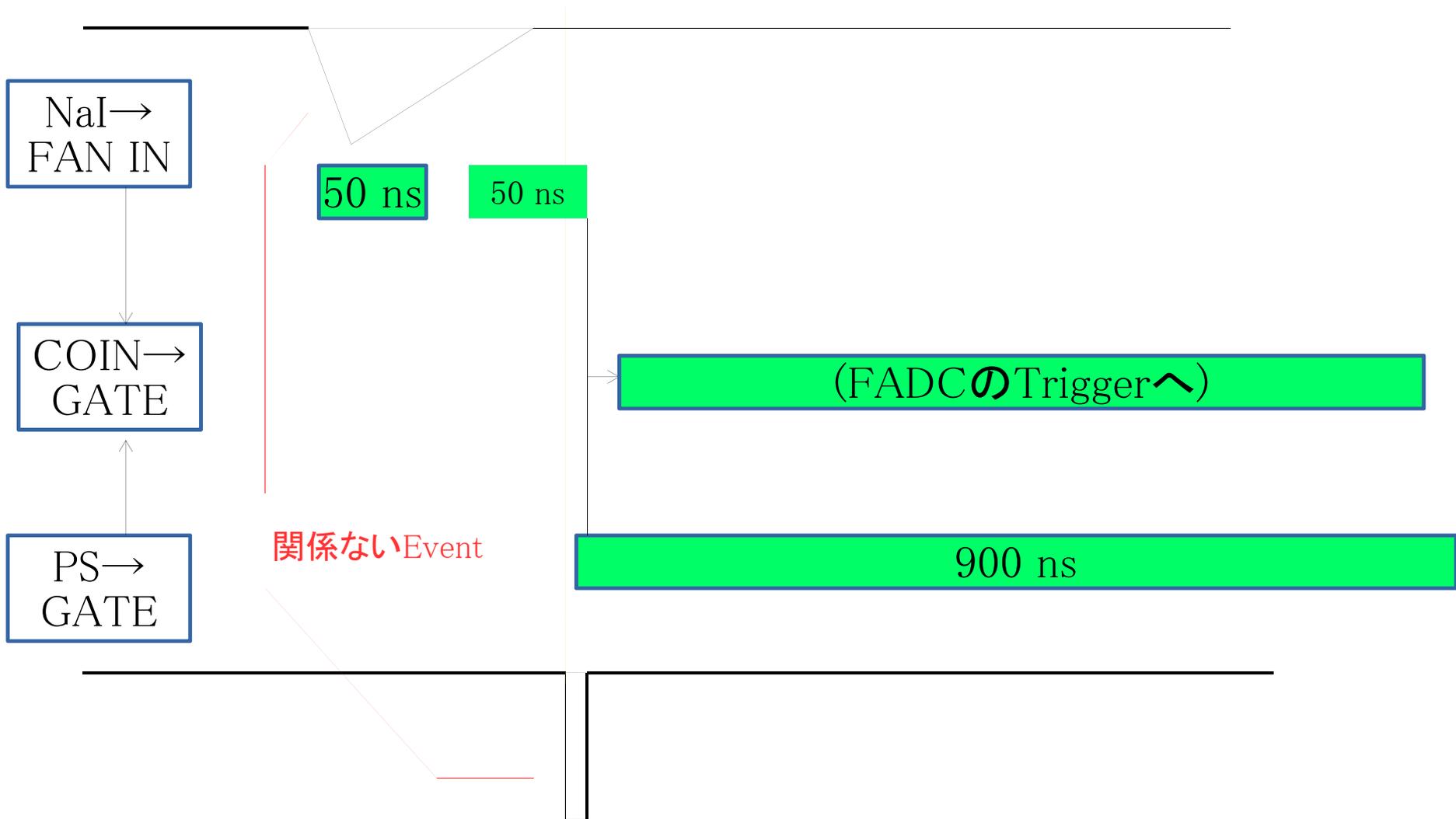
# 実験に使用した回路



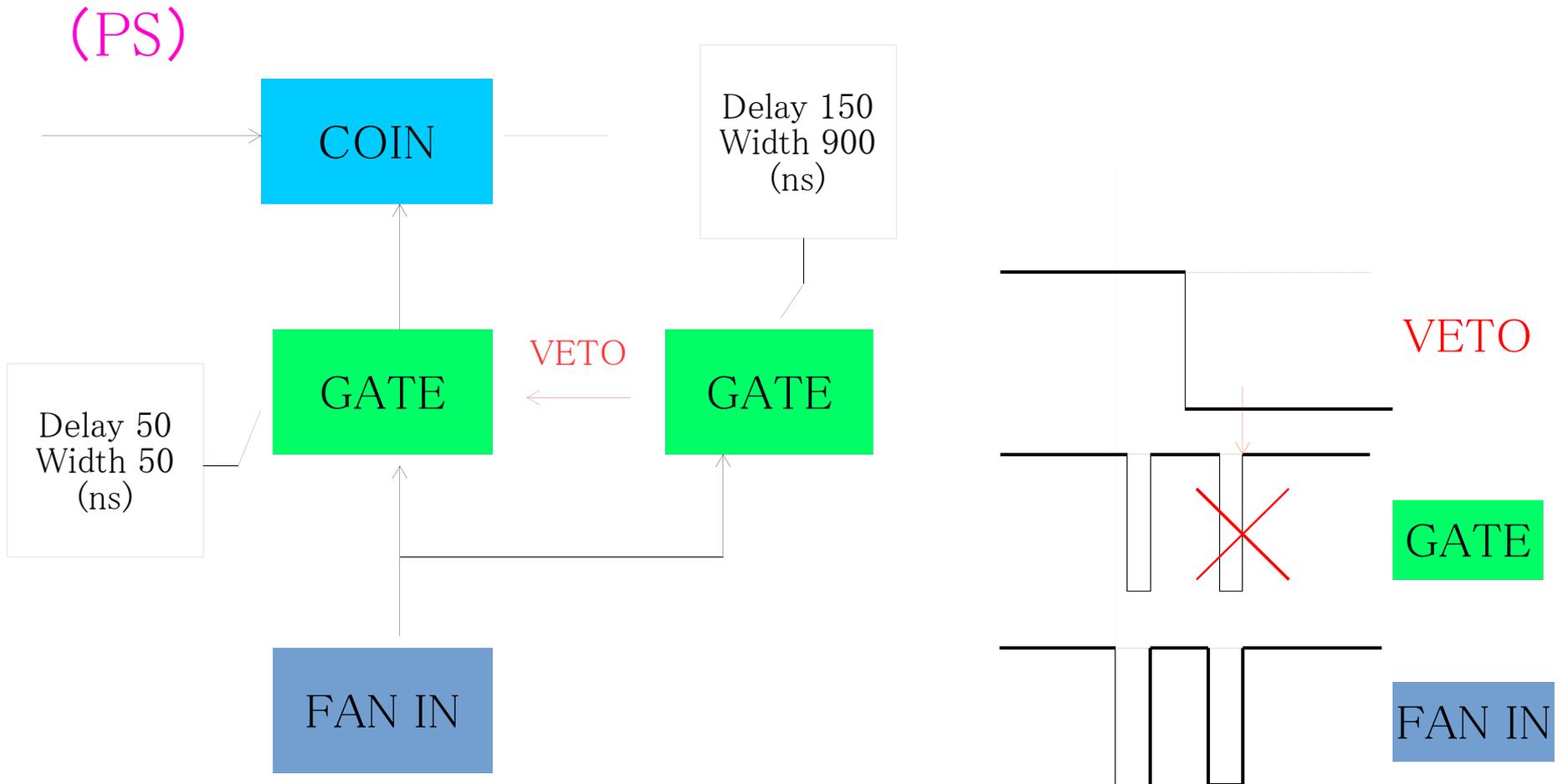
# 信号の概念図



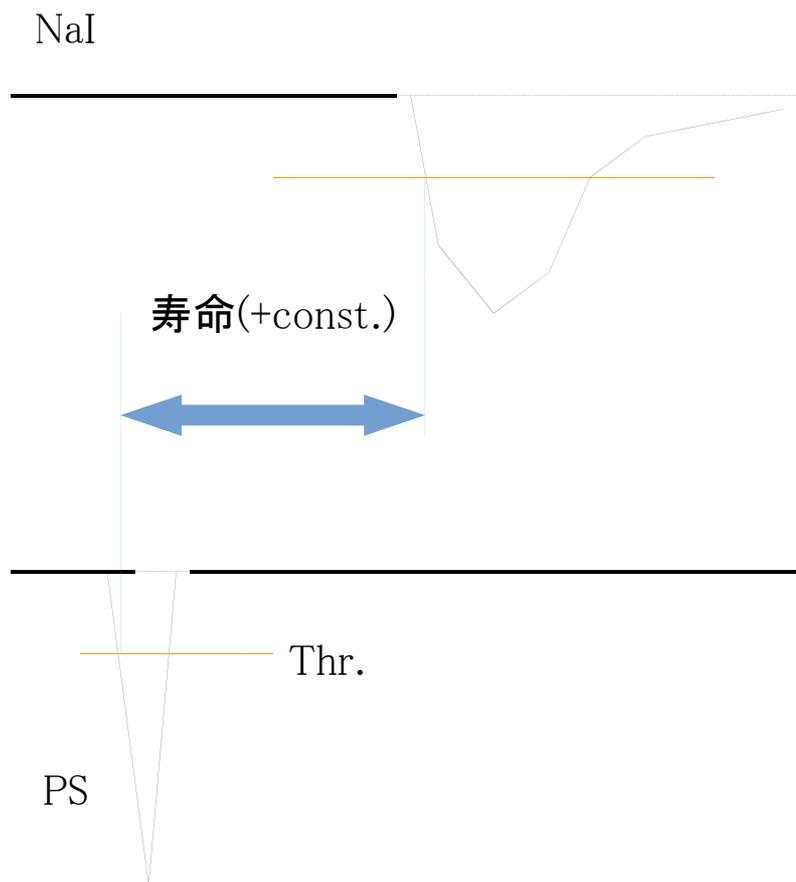
# 余計なCOINCIDENCE



# 改善した回路の詳細

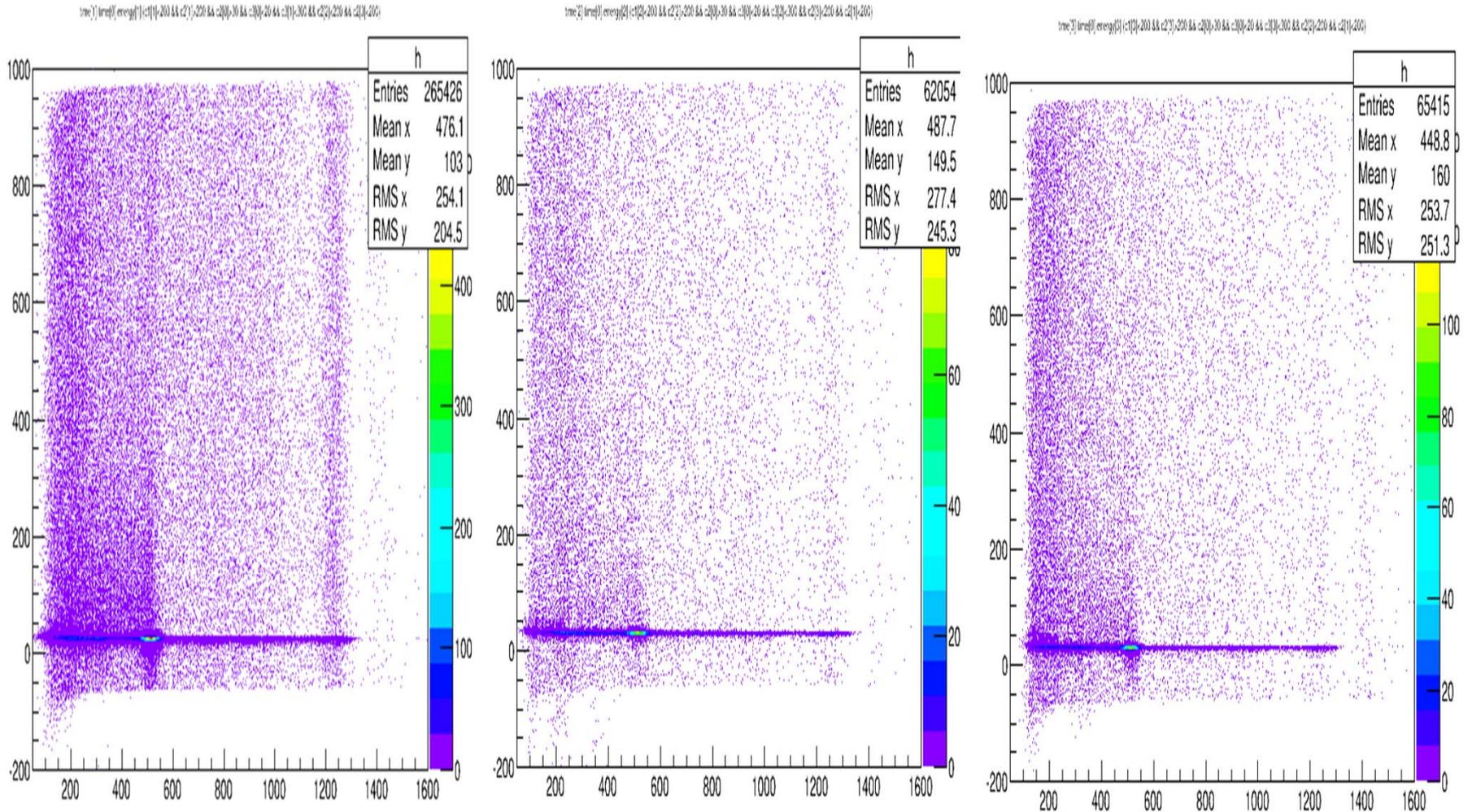


# 解析の方法(概要)

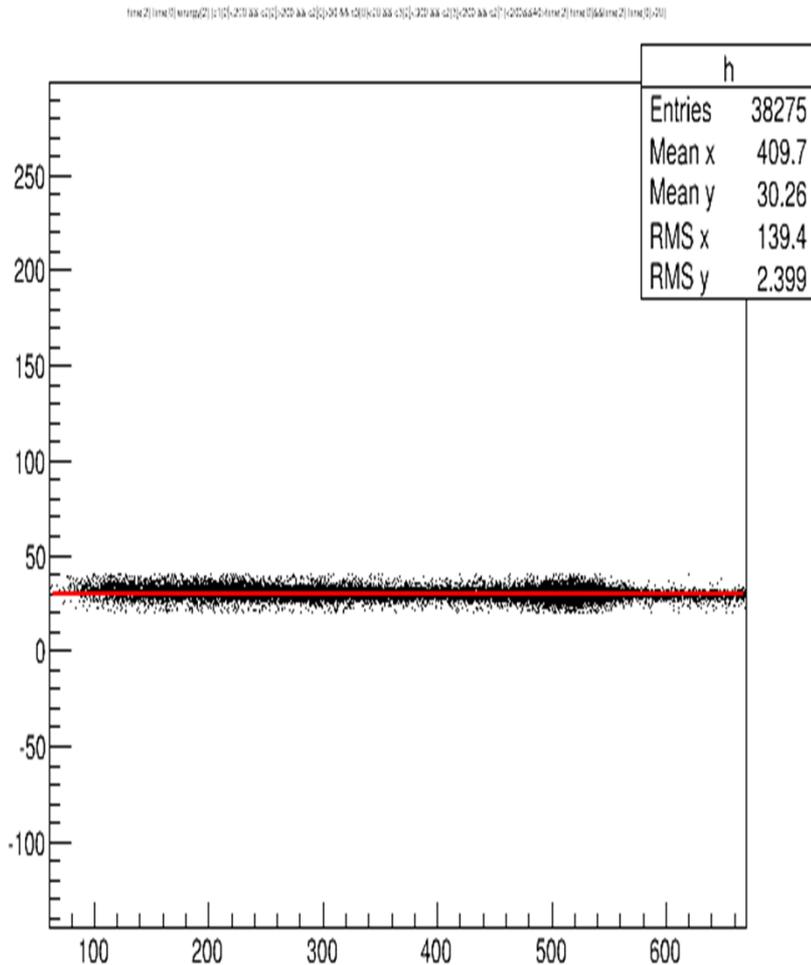


- FADCの積分値
- データをとった日ごとにCalibration,
- エネルギー(keV)に変換
- 寿命
- FADCの波形から、PSとNaIに
- 信号が来たタイミングの差をとる
- FADCは250MHzであることから
- 時間の差に変換
- タイミングのとり方
- ピークの高さによる誤差が出ないように、ピークの高さに対して1/3を基準とし、それを越えるタイミングをとった。
- その結果、ほとんど誤差は出なかった。

# 時間:エネルギー分布



# 一応、Fitting



$a/(Energy-b)^c + d$   
と言う関数でフィッティング



$C=0$   
つまり定数関数となったので、  
補正は不要

# Signal/Noise比の改善

量子振動を見るために、できるだけNoiseの割合を減らしたい。

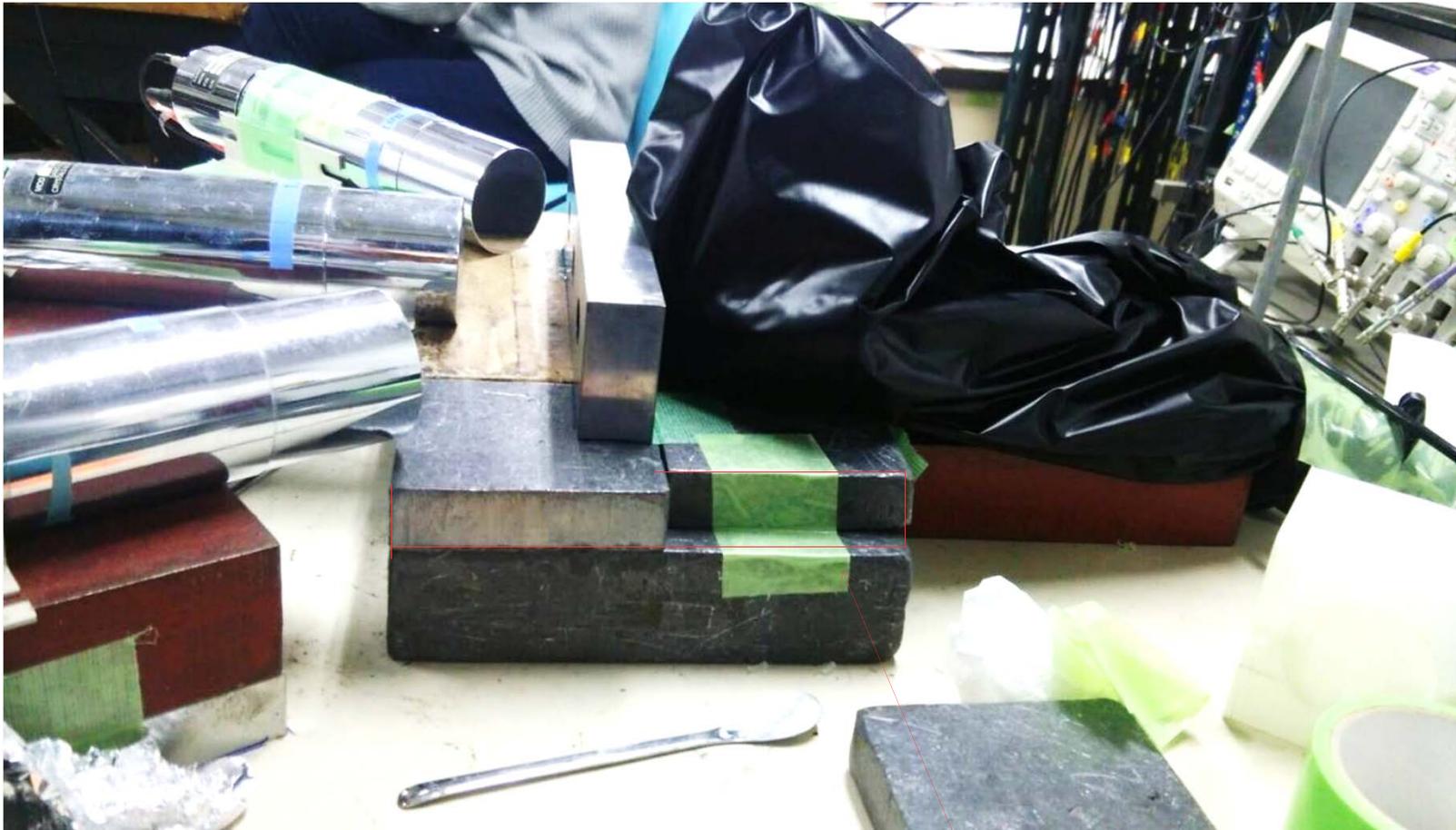


シリカパウダーありとなしで、  
トリガーレートがどれだけ変わるかを確認めた。  
その結果、ほとんど変わらなかった。  
(Signal/Noise=1/80くらい…)



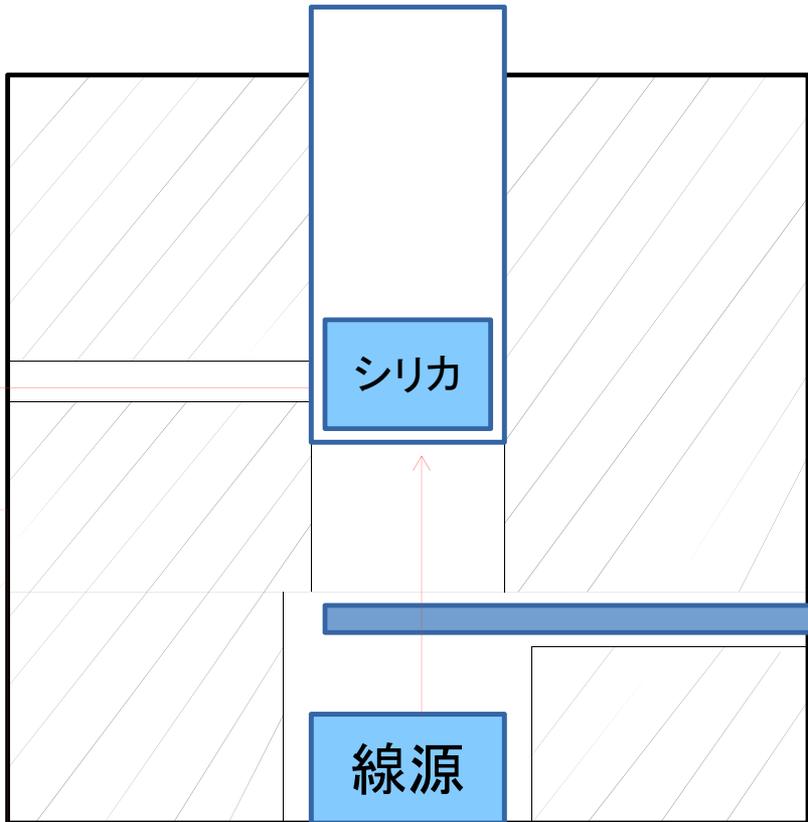
これを改善したい。

# 鉛ブロックの底上げ



シリカの  
容器

鉛ブロック内の  
概念図



シリカ

PS

線源

これを追加した

# 新たな穴空きブロック



線源からシンチレーターまでの距離について

NaIが線源から遠ければ遠いほど、Noiseは劇的に減っていく

しかし、本来得たい信号も減っていく。



信号は、鉛ブロックの穴を通り抜けてくるのである程度方向が決まっている。

その穴を通り抜けた信号が直進した場合、確実にNaIに入射出きるように距離を定めた。

(鉛ブロックの端から)正面 5.3cm/ 斜め 8.7cm

その結果、トリガーレートは

シリカあり 18Hz

シリカなし 15Hz



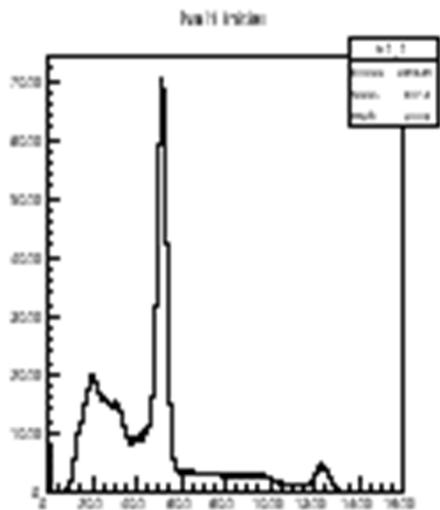
Signal/Noiseの比は1/6程度に改善した

また、エネルギー分布図からもNoiseを落とせていることがわかった(次のスライド)

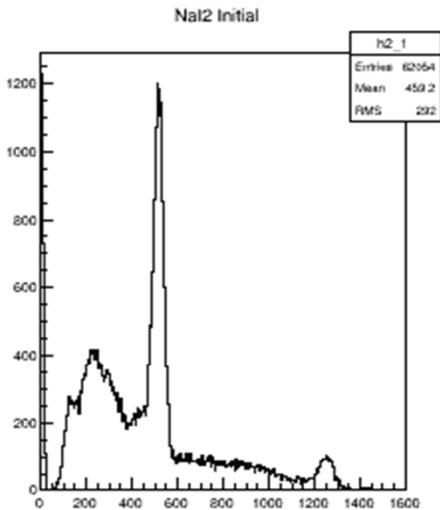
但し、これは新たな疑問も生んだ

# 結果その1

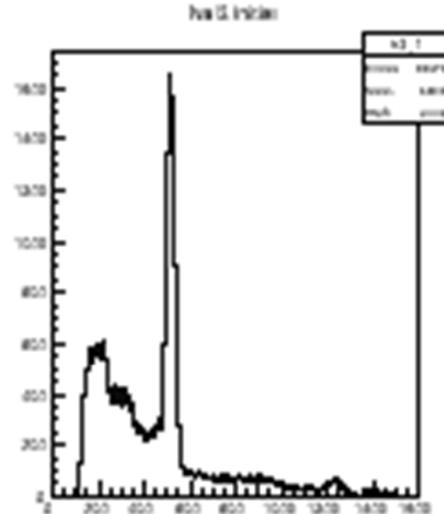
NaI1



NaI2

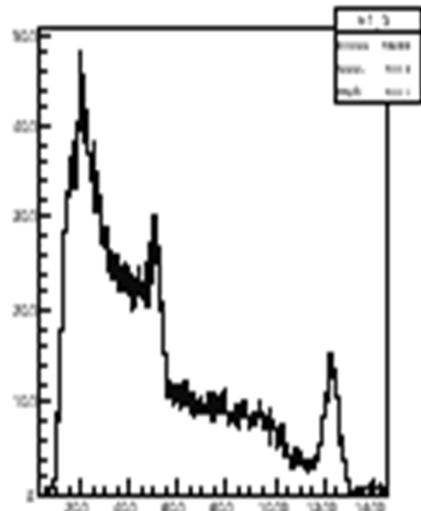


NaI3

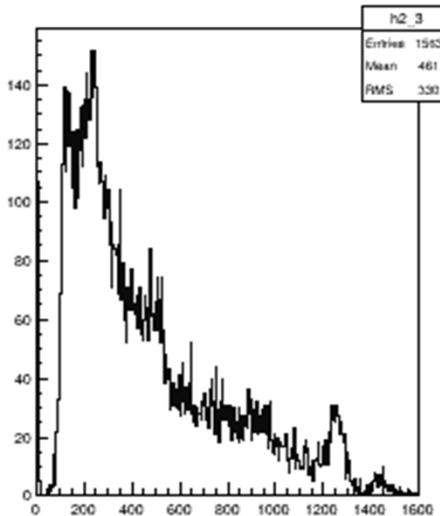


全体の  
エネルギー  
分布

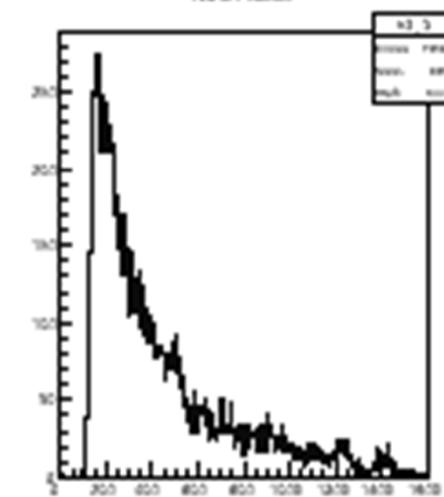
NaI1 Picked



NaI2 Picked

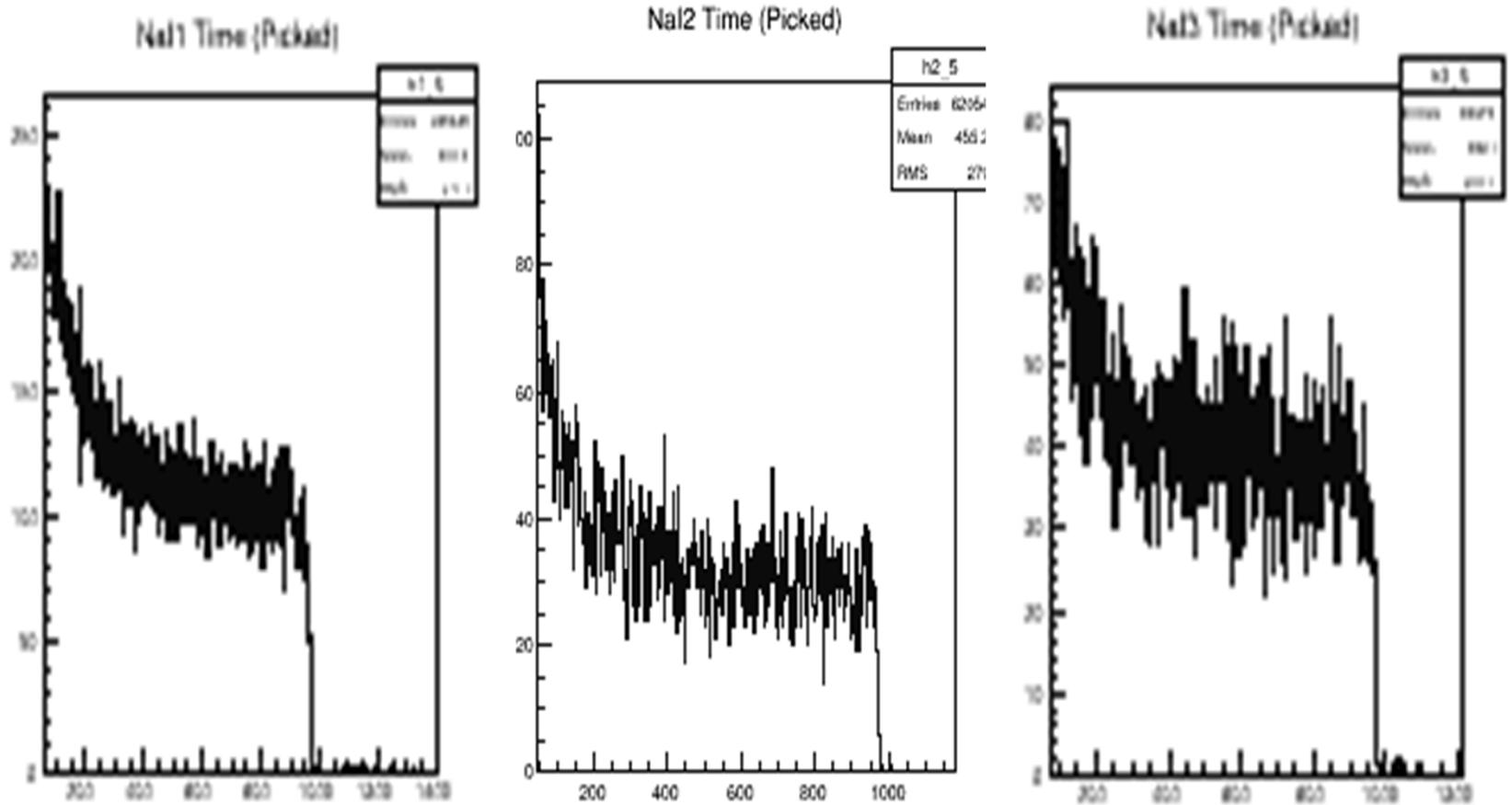


NaI3 Picked



遅く崩壊  
したものの  
エネルギー  
分布  
(60ns~)

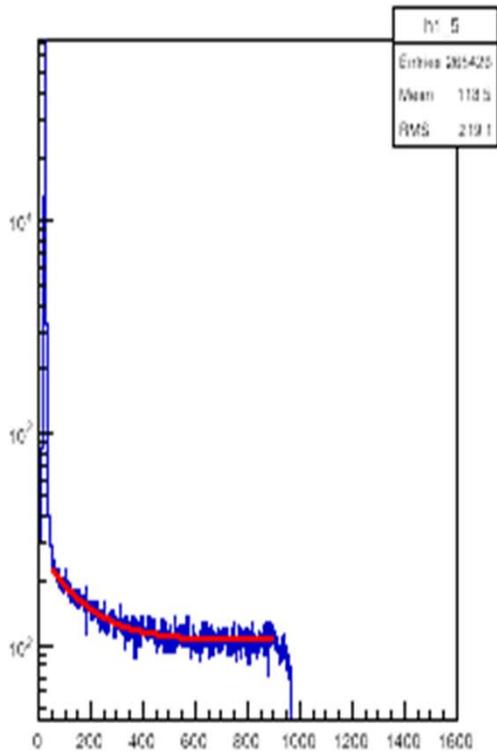
# 結果その2(時間分布)



# フィッティング

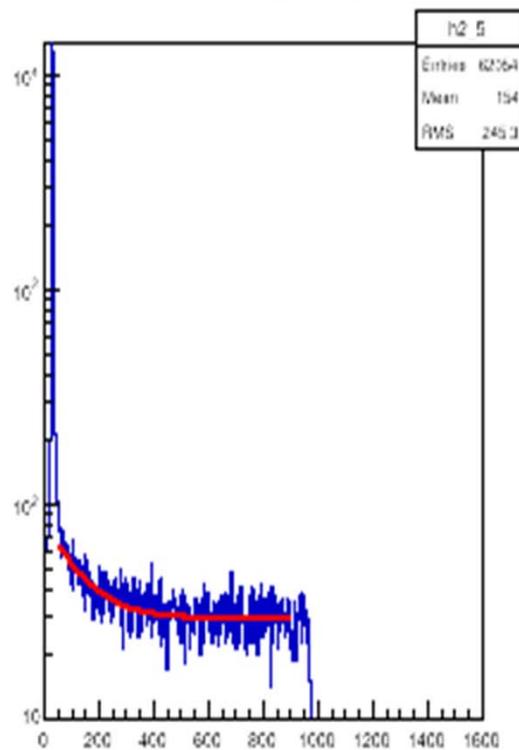


Nal1 Time (Picked)



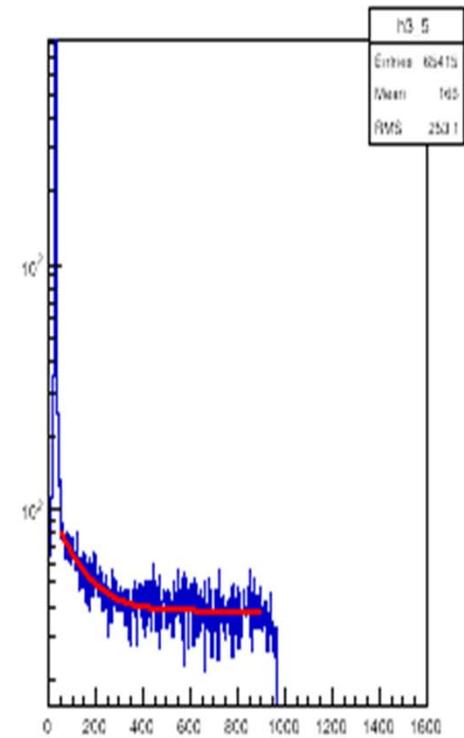
$137.1 \pm 6.5\text{ns}$

Nal2 Time (Picked)



$108.7 \pm 9.3\text{ns}$

Nal3 Time (Picked)



$111.7 \pm 10.6\text{ns}$

Fitting range: 60ns ~ 900ns

# 反省

- 長い時間をかけて崩壊したと見られる信号でのエネルギー分布において、511keVや1.27MeVのピークがきれいに消えていたことから、ノイズの割合を下げる、と言う点においてはうまく言ったと考えられる。
- 但し、ピークがきれいに消えたはずのデータの方が、崩壊曲線がきれいな形をしていなかった、と言う問題があり、なぜこうなってしまったかは突き止めることができなかった。統計的な問題とも考えられるが、それだけで説明できるとは思えない。
- 測定を始めてから、フィルターの詰まり(容器の真空漏れが原因?)や、容器の機密性を高めようとした結果、接着剤がベータ線を遮ってしまうなどの失敗、トラブルが続出し、結局本当に測定を開始できた時期が遅くなってしまった。それによって、得られたデータ量が不充分であった。
- 結果として、量子振動の測定が可能と考えられるような、きれいな崩壊曲線は得られなかった。

# シリカを入れる容器の改善



今までの容器底の皮膜

改善後の皮膜

ナトリウムからの陽子が減衰  
してしまわないようにする