

# 2015年度P4前期実験

「 ${}^4\text{He}(\alpha, n){}^7\text{Be}$ 反応の微分断面  
積測定のための予備実験」

市川 真也  
高橋 祐羽

越川 亜美  
武田 朋也  
渡邊 憲

四方 悠貴  
宮脇 瑛介

# 目次

---

1. 理論的背景・実験目的

2. 実験Set up

3. 解析・実験結果

- ビームエネルギー測定
- 膜のバックグラウンド測定

4. Discussion

# 目次

---

## 1. 理論的背景・実験目的

## 2. 実験Set up

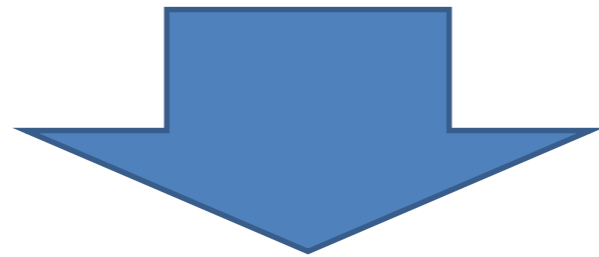
## 3. 解析・実験結果

- ビームエネルギー測定
- 膜のバックグラウンド測定

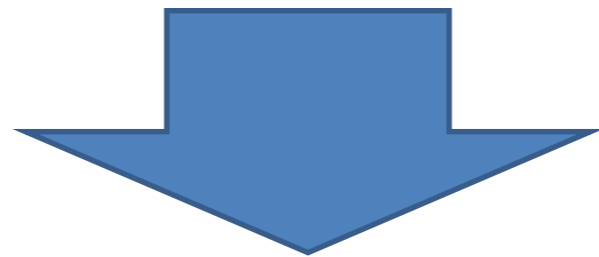
## 4. Discussion

# 今回の実験の動機

最終目標・・・宇宙論における  ${}^7\text{Li}$  問題の解決



${}^4\text{He}(\alpha, n) {}^7\text{Be}$  反応の微分断面積測定



そのための予備実験

# 理論的背景

## $^7\text{Li}$ 問題とは？

宇宙初期において、

$^7\text{Li}$ 存在量のビッグバン元素合成(BBN)における理論予測値と金属欠乏ハロ星による観測値が一致しない問題

# 理論的背景

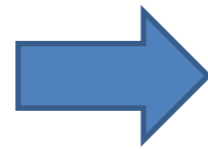
## $^7\text{Li}$ 問題とは？

宇宙初期において、

$^7\text{Li}$ 存在量のビッグバン元素合成(BBN)における理論予測値と金属欠乏ハロ星による観測値が一致しない問題

### その違いは？

水素(H)に対する  
 $^7\text{Li}$ の存在量比



BBN予測値:

$$^7\text{Li}/\text{H} \sim 5.24 \times 10^{-10}$$

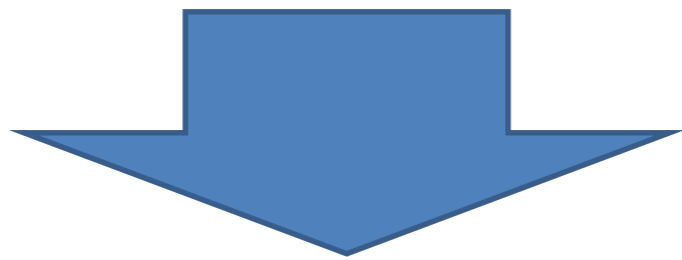
観測値

$$^7\text{Li}/\text{H} \sim 1.23 \times 10^{-10}$$

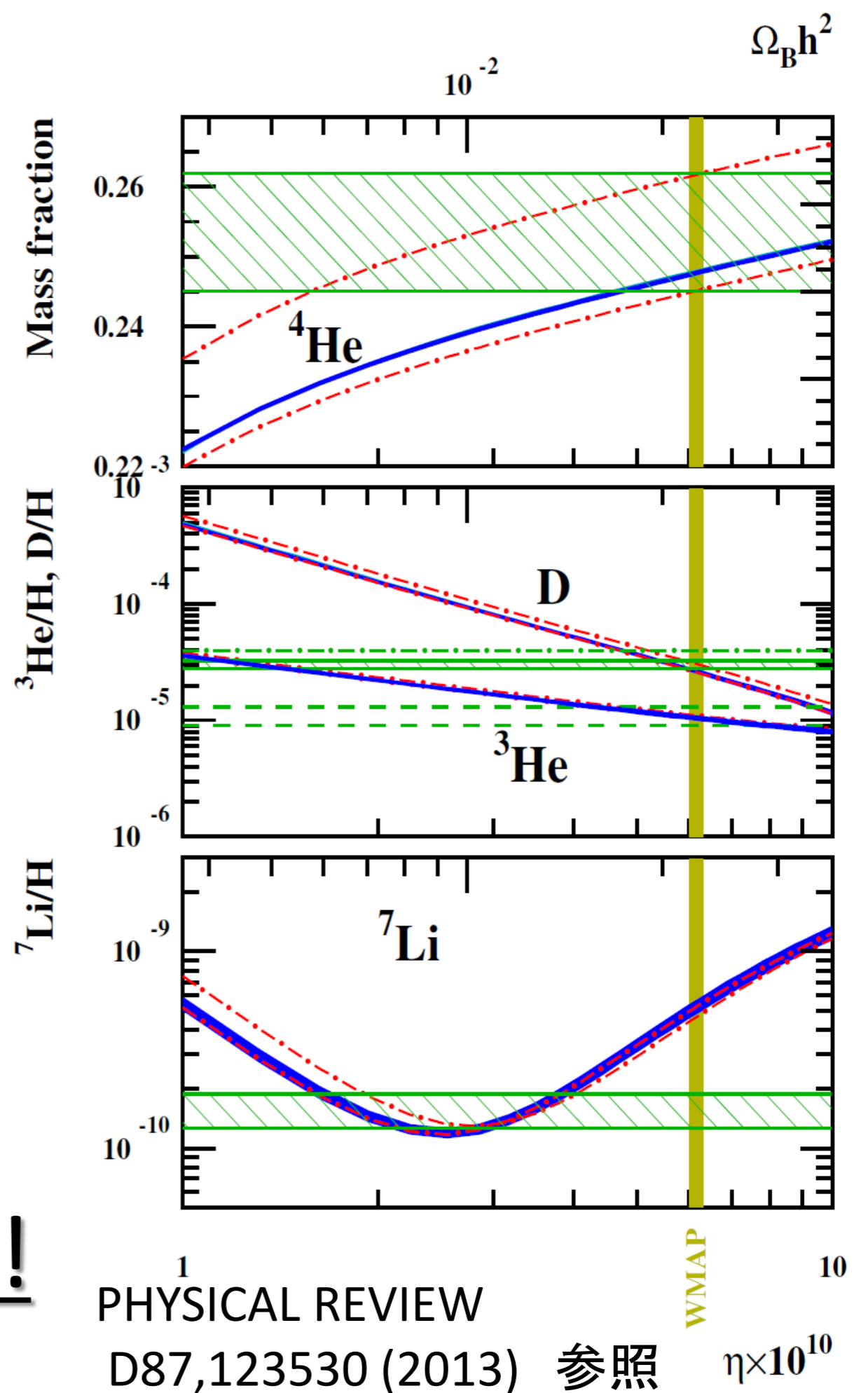
約4倍多い!

# 理論的背景

- 青線と黄色の縦線との交点が理論予測値
- 緑線が観測値



${}^7\text{Li}$ のみ大きはずれ!!



# 解決策～<sup>7</sup>Beからのアプローチ

## <sup>7</sup>Beの主な崩壊チャンネル

	<u>分岐比</u>
${}^7\text{Be}(n,p) {}^7\text{Li} \quad \dots$	97%
${}^7\text{Be}(n,\alpha) {}^4\text{He} \quad \dots$	2.5%



# 解決策～<sup>7</sup>Beからのアプローチ

## <sup>7</sup>Beの主な崩壊チャンネル

### 分岐比



この反応はよく研究されている。  
修正の余地なし



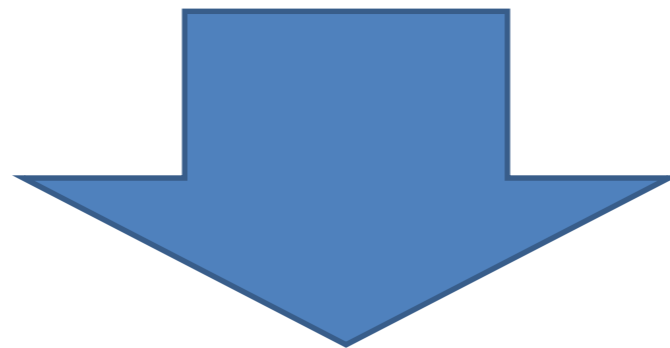
低エネルギー(後述)での研究が不十分

上方修正されるかも！？

${}^7\text{Be}(n,\alpha){}^4\text{He}$ 反応の分岐比が上方修正



${}^7\text{Be}(n,p){}^7\text{Li}$ の分岐比の減少



解決？

${}^7\text{Li}$ の理論的予測値の減少

# 本実験の目標

低エネルギーにおける

${}^7\text{Be}(n,\alpha){}^4\text{He}$ 反応の断面積を測りたい。

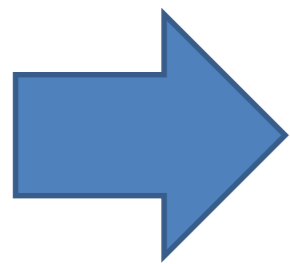
# 本実験の目標

低エネルギーにおける

${}^7\text{Be}(n,\alpha){}^4\text{He}$ 反応の断面積を測りたい。

but

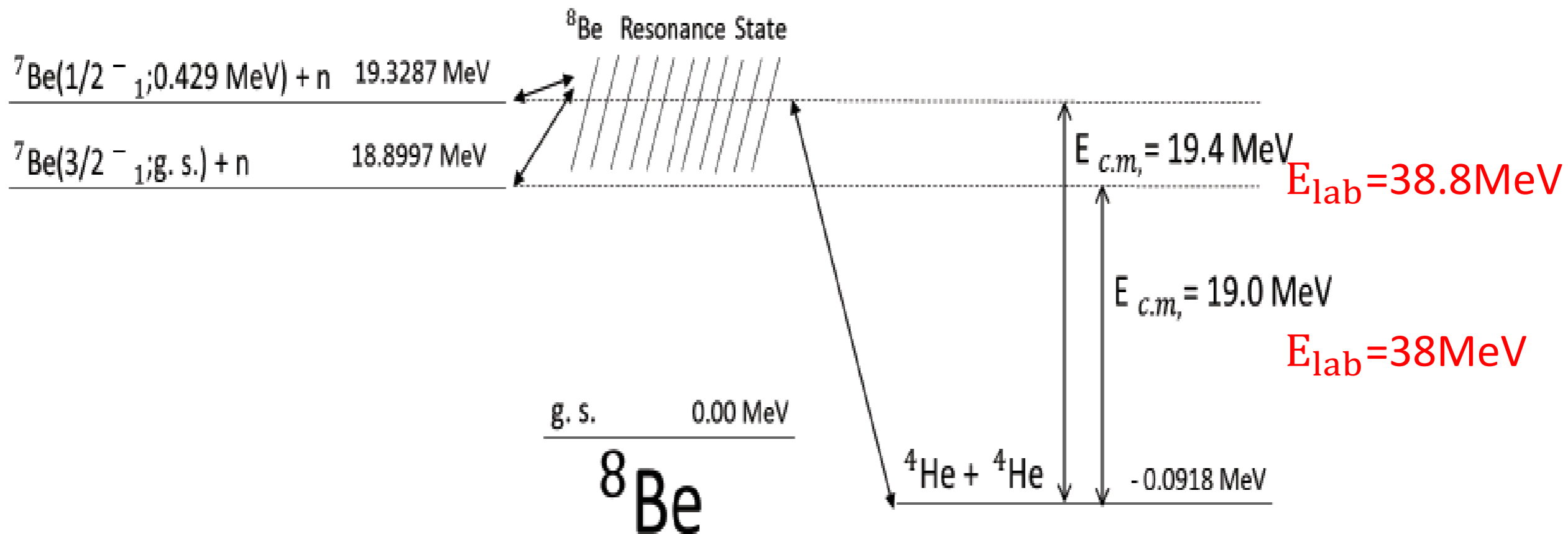
${}^7\text{Be}$ と $n$ は不安定核なので標的に出来ない。



逆反応の

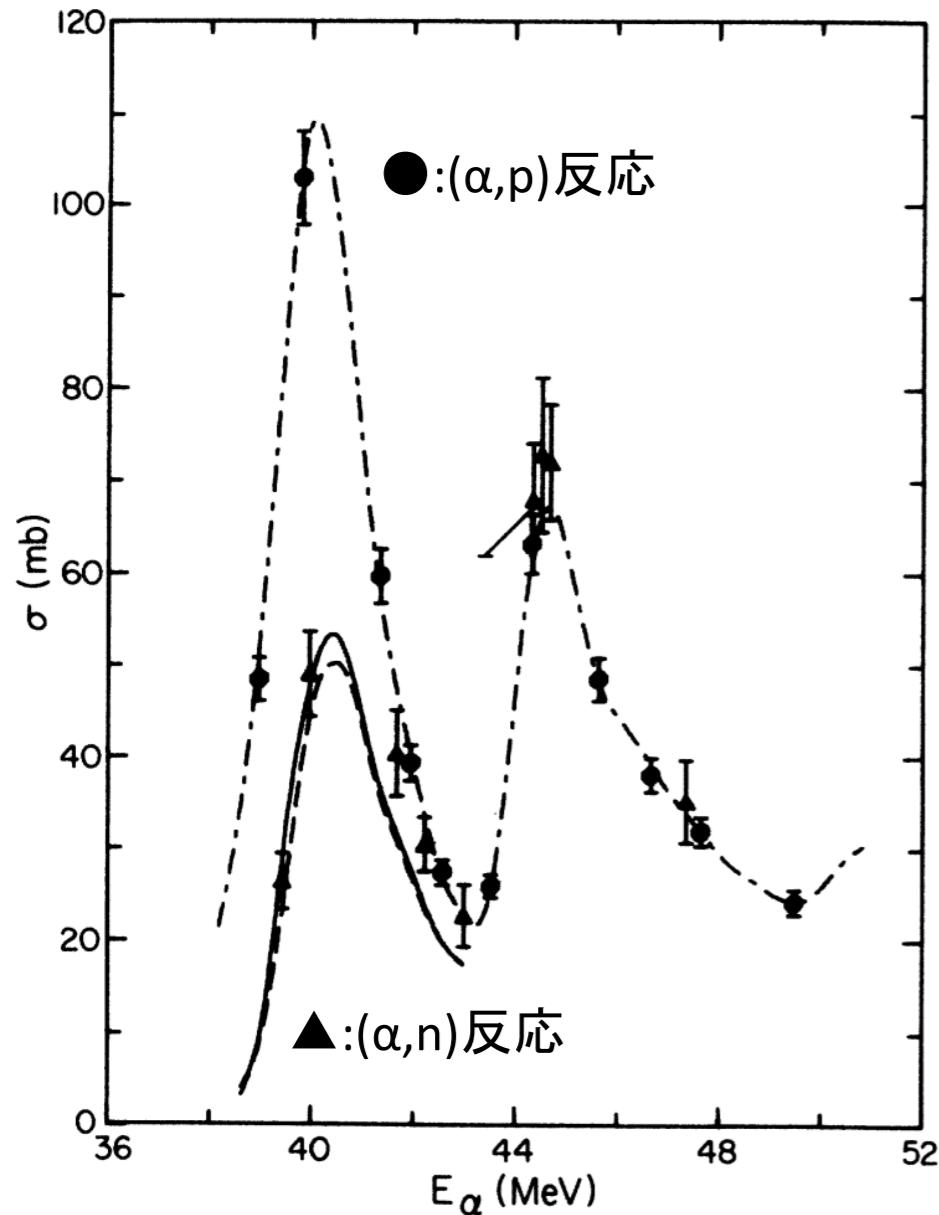
${}^4\text{He}(\alpha,n){}^7\text{Be}$ の断面積を測定!!

# ビームのエネルギー範囲



低エネルギーでのデータが欲しいので、  
ビームエネルギーは  
閾値近傍の  $38 \text{ MeV} \sim 39.4 \text{ MeV}$  で測定。

# ビームのエネルギー範囲



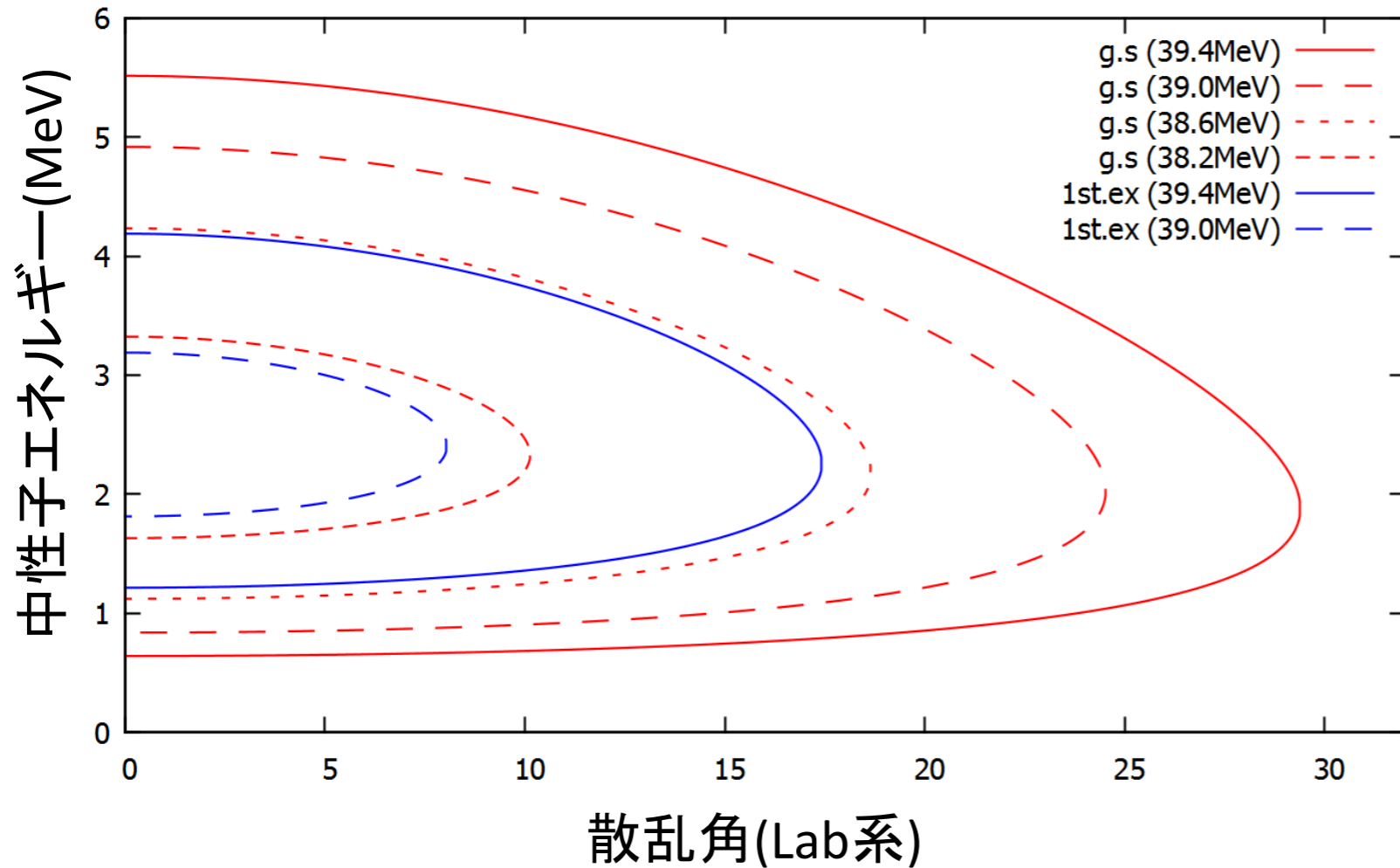
PhysRevC.16.1712(1977)参照



$E_{\alpha}$ (MeV) ( $\pm 100$ keV)	$\sigma$ (mb)
39.43	$26.3 \pm 3.1$
39.96	$49.0 \pm 4.7$
41.67	$40.3 \pm 4.8$
42.23	$30.3 \pm 3.0$
43.00	$22.6 \pm 3.4$
44.34	$68.0 \pm 6.2$
44.52	$72.9 \pm 8.4$
44.69	$72.1 \pm 6.3$
47.36	$35.1 \pm 4.6$

$\alpha$ ビームエネルギーが  
39.4MeV以下のデータがない!!!

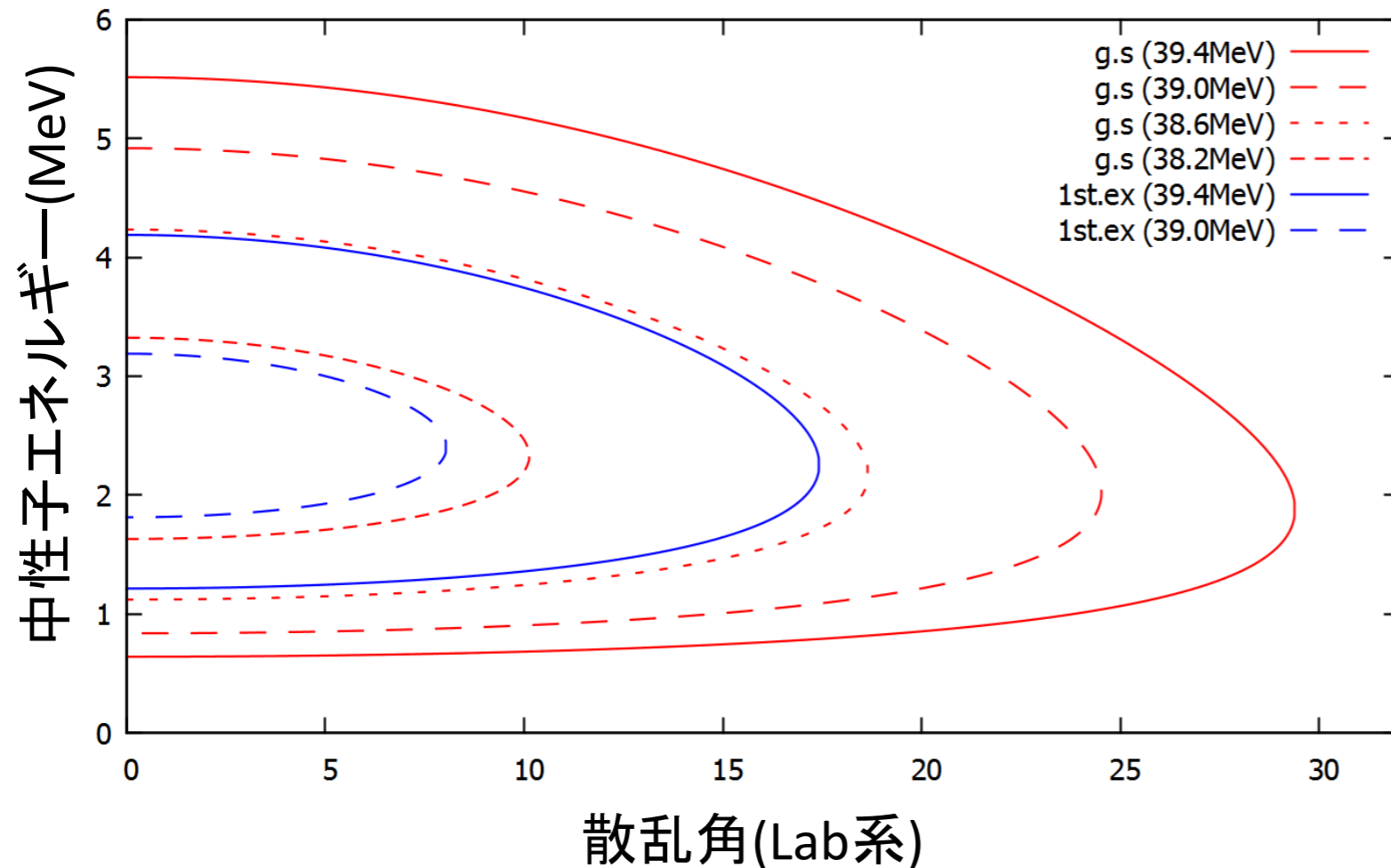
# 中性子のエネルギー範囲



各ビームエネルギー  
に対して観測出来る  
中性子の角度(横軸)  
とエネルギー(縦軸)分布

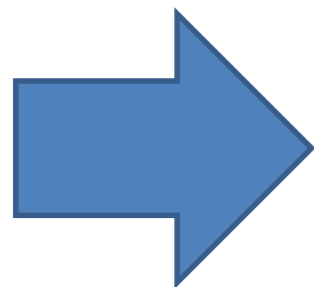
(Lab系)

# 中性子のエネルギー範囲



各ビームエネルギー  
に対して観測出来る  
中性子の角度(横軸)  
とエネルギー(縦軸)分布

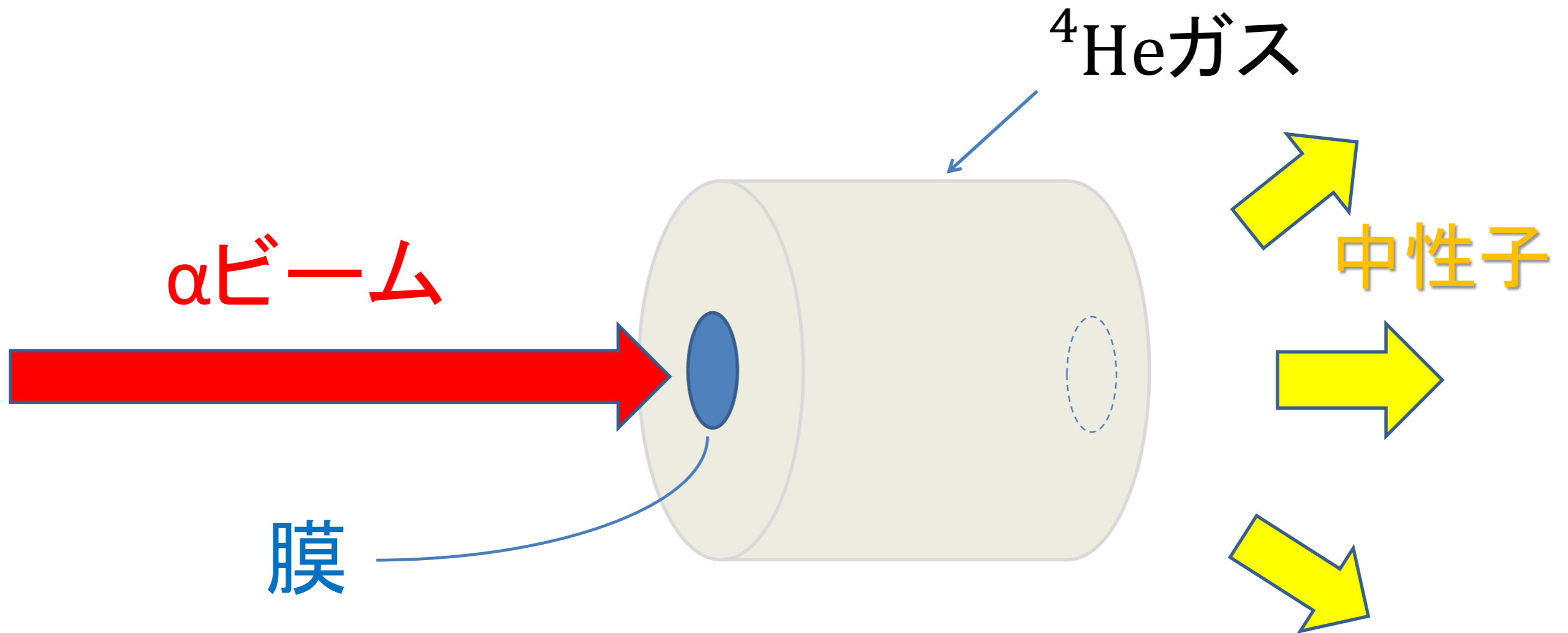
(Lab系)



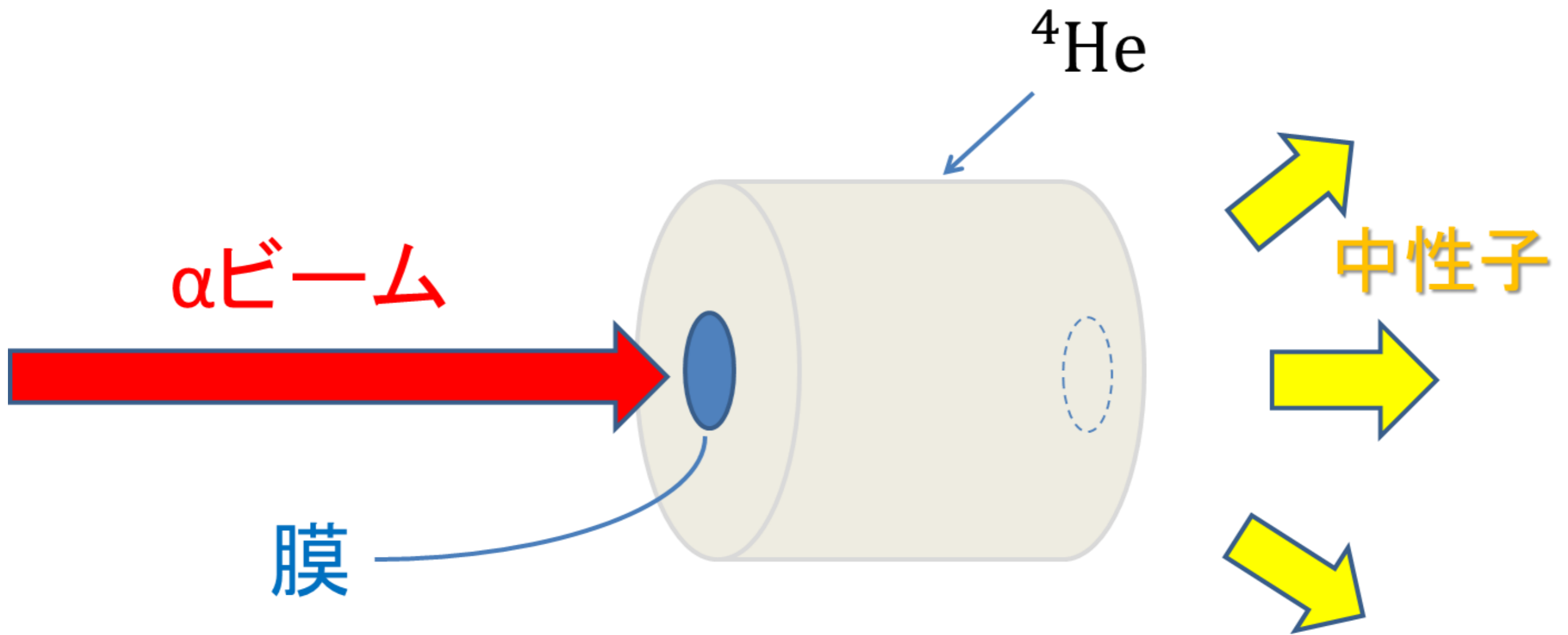
本実験では  
約1~6MeVの中性子を測りたい



# 本実験の目標



$^4\text{He}$ ガスの封入された容器に膜部分から  $\alpha$ ビームを入射し、出てくる中性子を検出する。



## 膜の候補

- Ta
- Havar
- Aramid

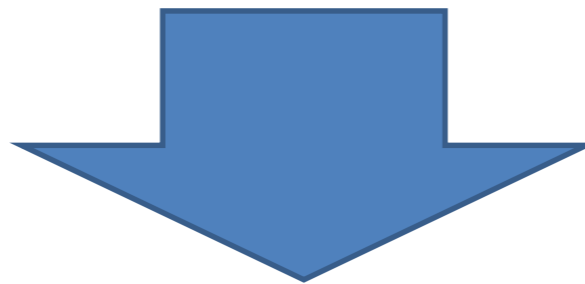
バックグラウンドの  
少ない膜を選びたい！！

# 準備実験の目標①

それぞれの膜に $\alpha$ ビームを入射し断面積を測定



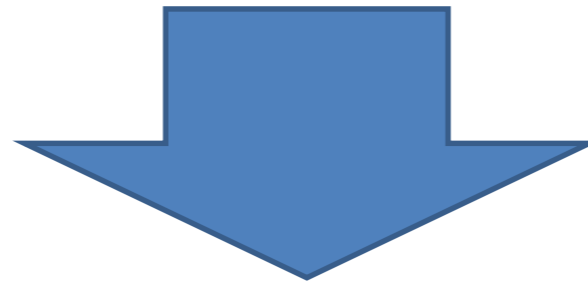
本実験可能かどうかの判断  
(バックグラウンドが多すぎないかの確認)



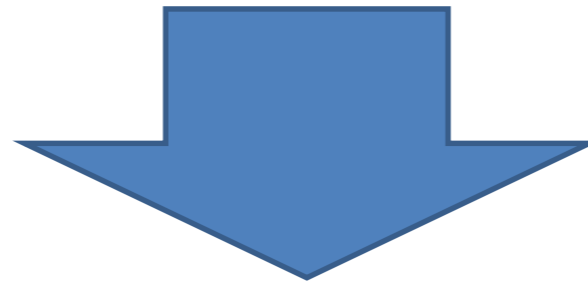
どの膜が一番適しているか確定

# 準備実験の目標②

ビームエネルギーの測定



本実験は400keVごとの測定



本実験可能かどうかの判断  
(目標誤差は50keVの精度)

# 目次

---

1. 理論的背景・実験目的

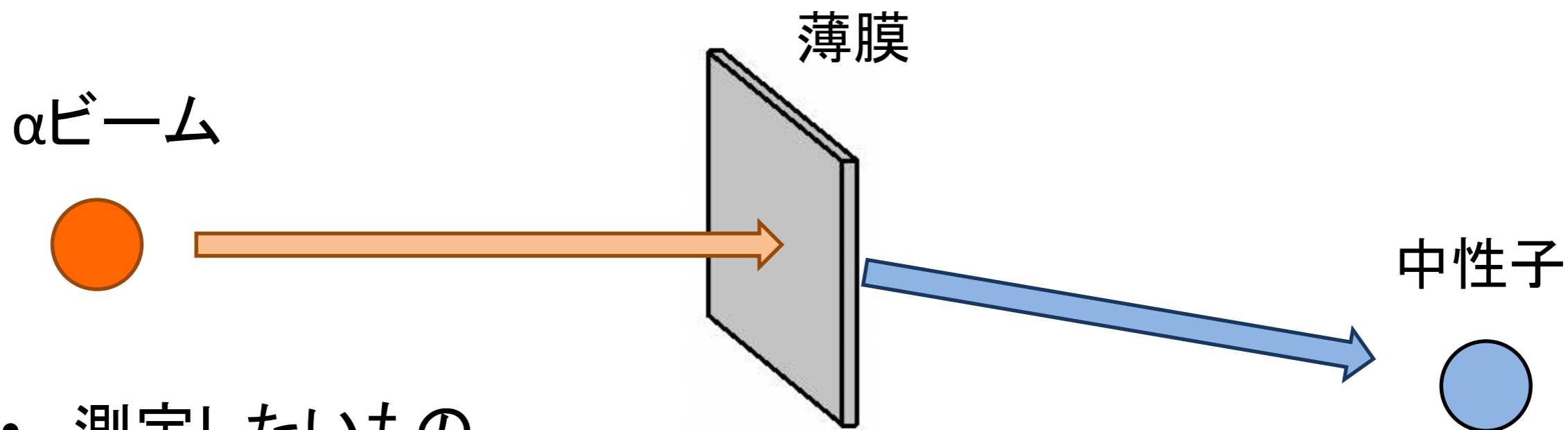
2. 実験Set up

3. 解析・実験結果

- ビームエネルギー測定
- 膜のバックグラウンド測定

4. Discussion

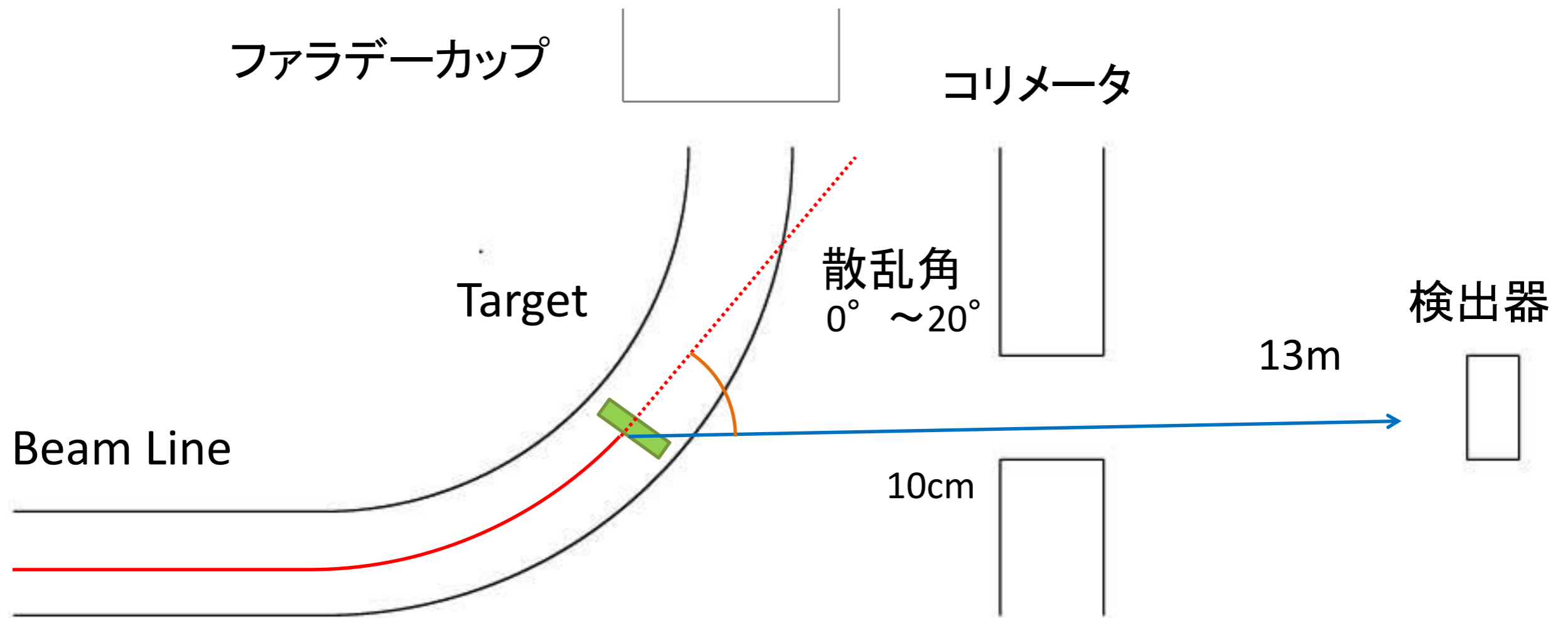
# 実験概要



- 測定したいもの  
薄膜による中性子の断面積
- 知りたいこと
  - ①最も中性子生成量が小さい膜はどれか
  - ②その膜は本実験で使えるのか  
 ${}^4\text{He}(\alpha, n){}^7\text{Be}$  の推測値と比較
  - ③ビームエネルギーの誤差精度

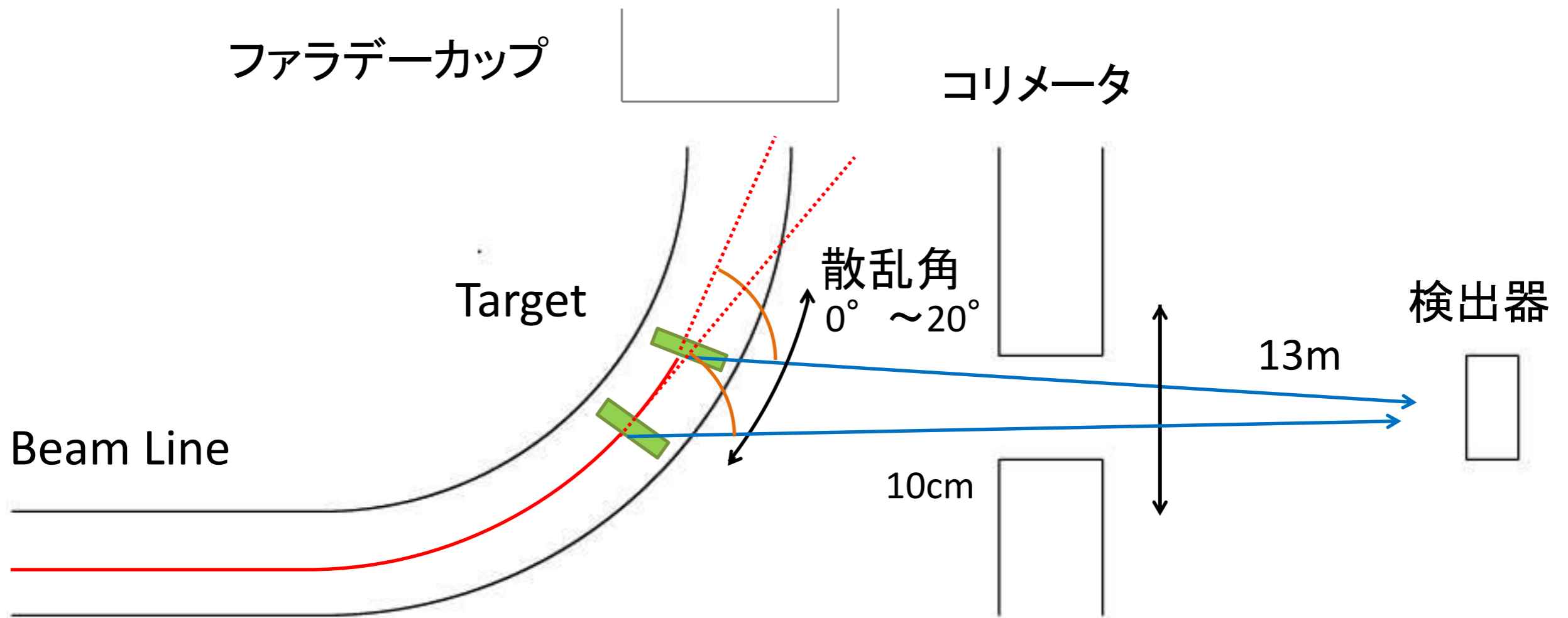
# 実験設備

大阪大学・核物理研究センター(RCNP)・中性子実験室



# 実験設備

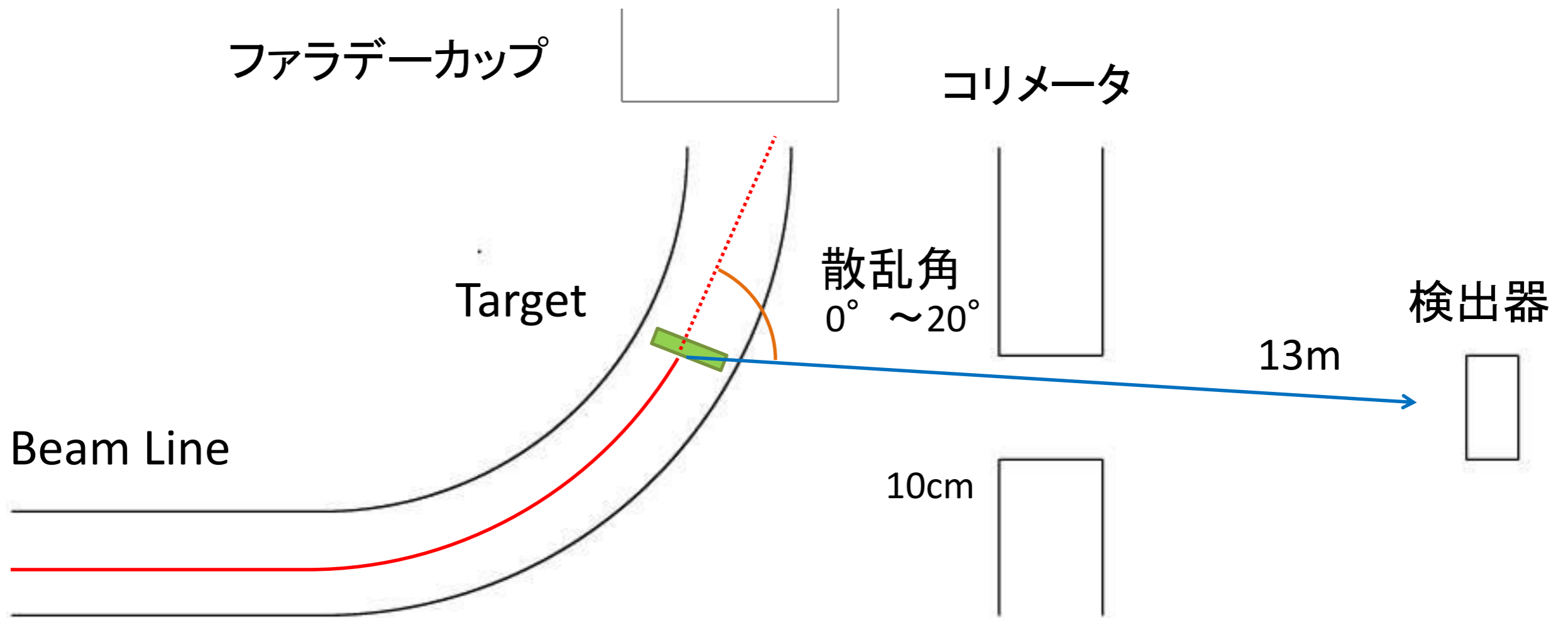
大阪大学・核物理研究センター(RCNP)・中性子実験室





# 実験設備

大阪大学・核物理研究センター(RCNP)・中性子実験室



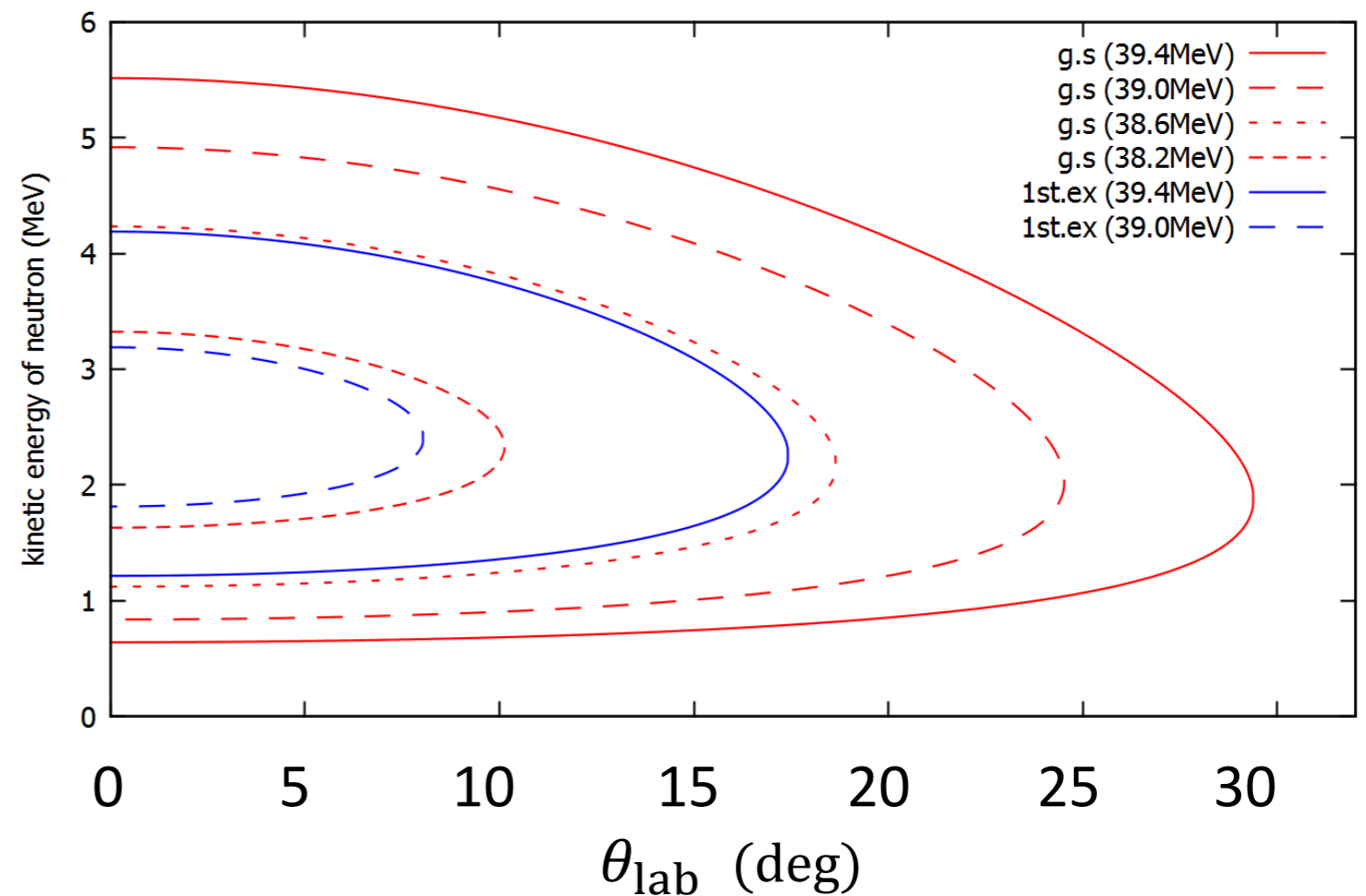
# 実験設備

- 散乱角

運動学で計算すると  $0 \sim 30^\circ$  程度に散乱される

$0^\circ$  から  $20^\circ$  まで

$5^\circ$  刻みで測定する



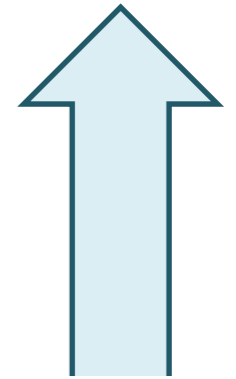
# Target

- Aramid (9.9  $\mu\text{m}$ )  
アミド結合のポリマー
- Havar (2.4  $\mu\text{m}$ )  
Coを主成分とする合金
- Ta (4.6  $\mu\text{m}$ )  
単体の金属

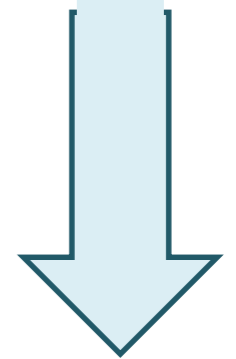
# Target

- Aramid (9.9  $\mu\text{m}$ )  
アミド結合のポリマー
- Havar (2.4  $\mu\text{m}$ )  
Coを主成分とする合金
- Ta (4.6  $\mu\text{m}$ )  
単体の金属

小さい



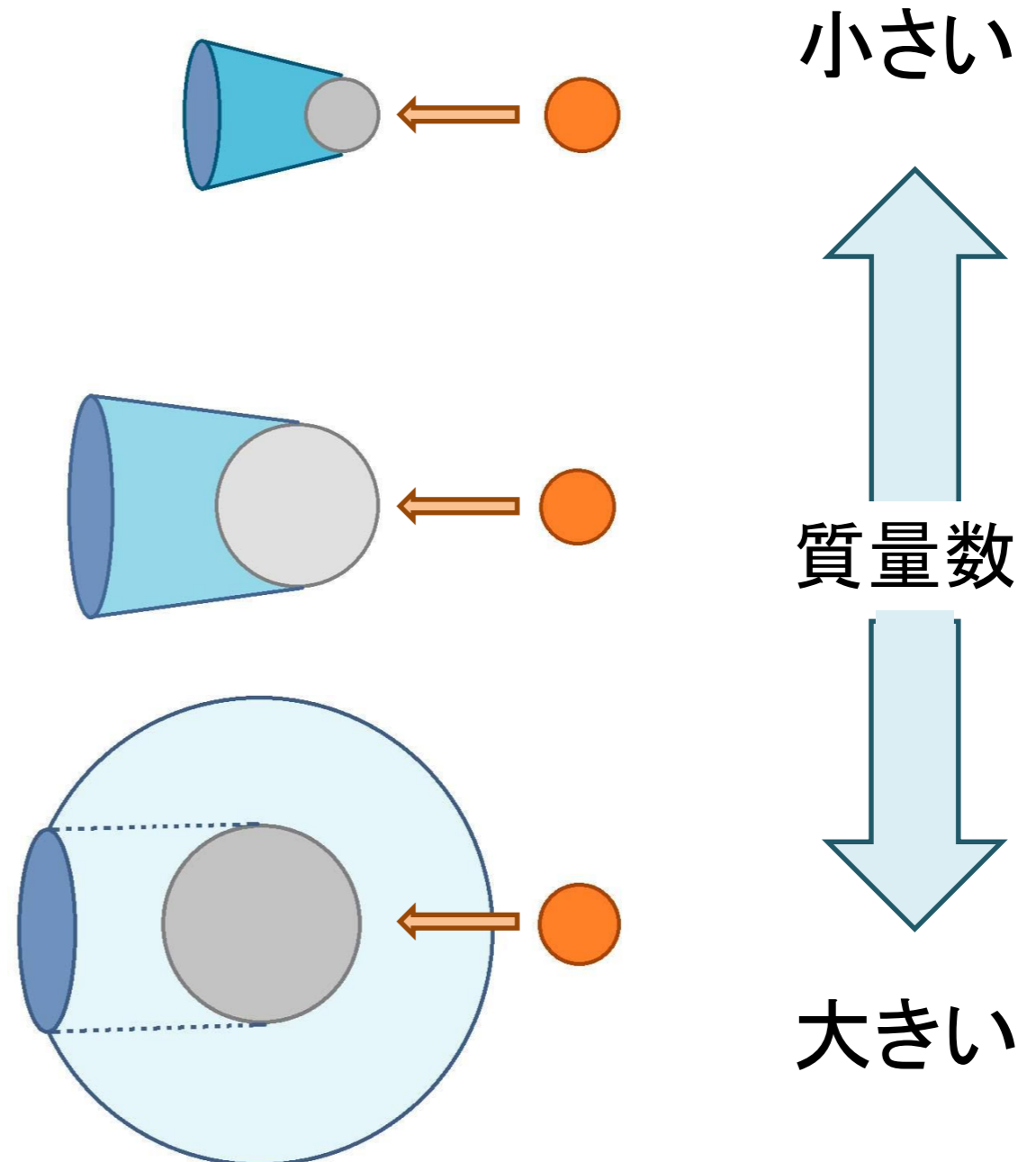
質量数



大きい

# Target

- Aramid (9.9  $\mu\text{m}$ )  
アミド結合のポリマー  
散乱数が少ない
- Havar (2.4  $\mu\text{m}$ )  
Coを主成分とする合金  
薄い膜を作ることができる
- Ta (4.6  $\mu\text{m}$ )  
単体の金属  
等方的な散乱



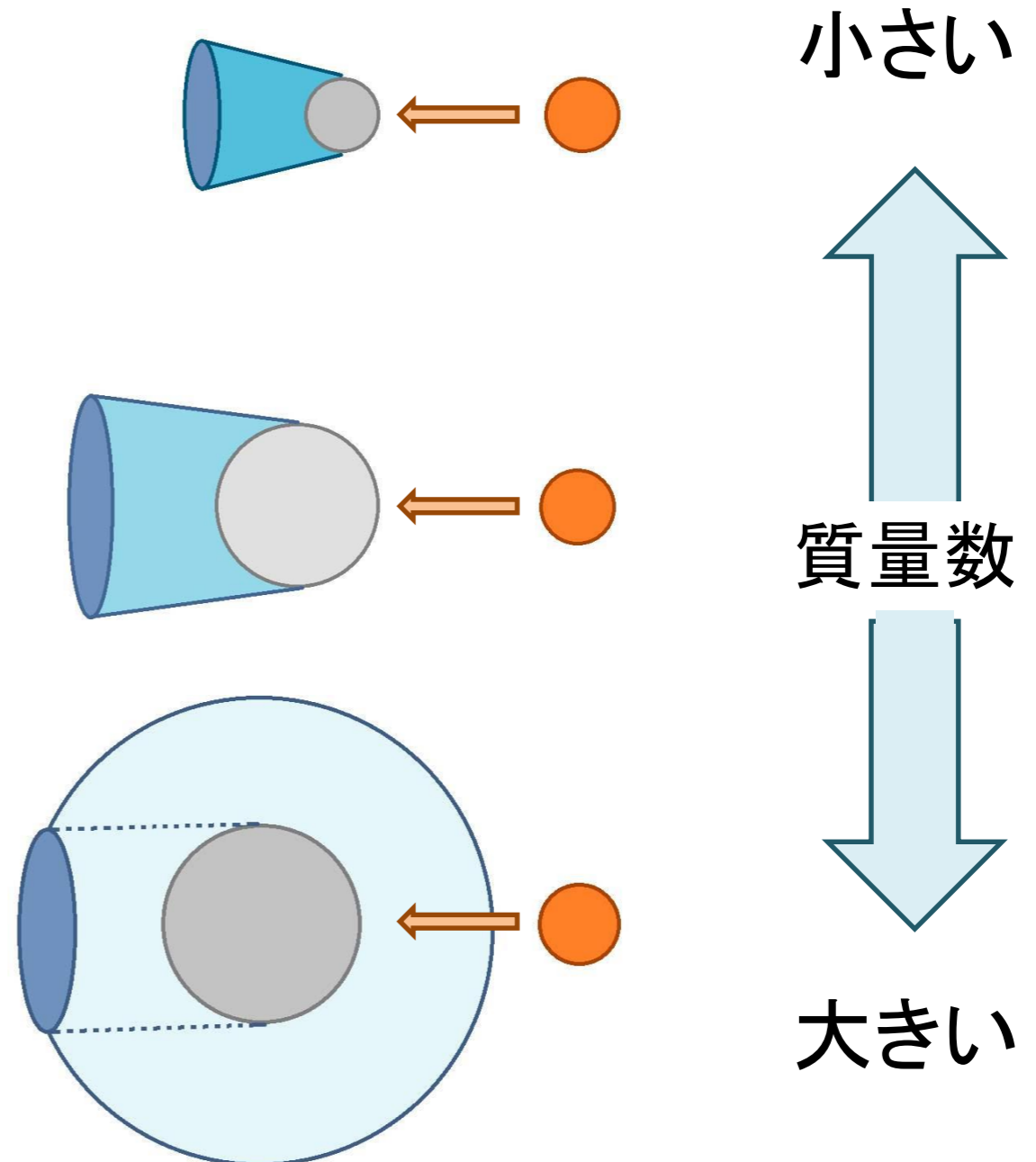
# Target

- Aramid (9.9  $\mu\text{m}$ )  
アミド結合のポリマー  
散乱数が少ない

- Havar (2.4  $\mu\text{m}$ )  
Coを主成分とする合金  
薄い膜を作ることができる

- Ta (4.6  $\mu\text{m}$ )  
単体の金属  
等方的な散乱

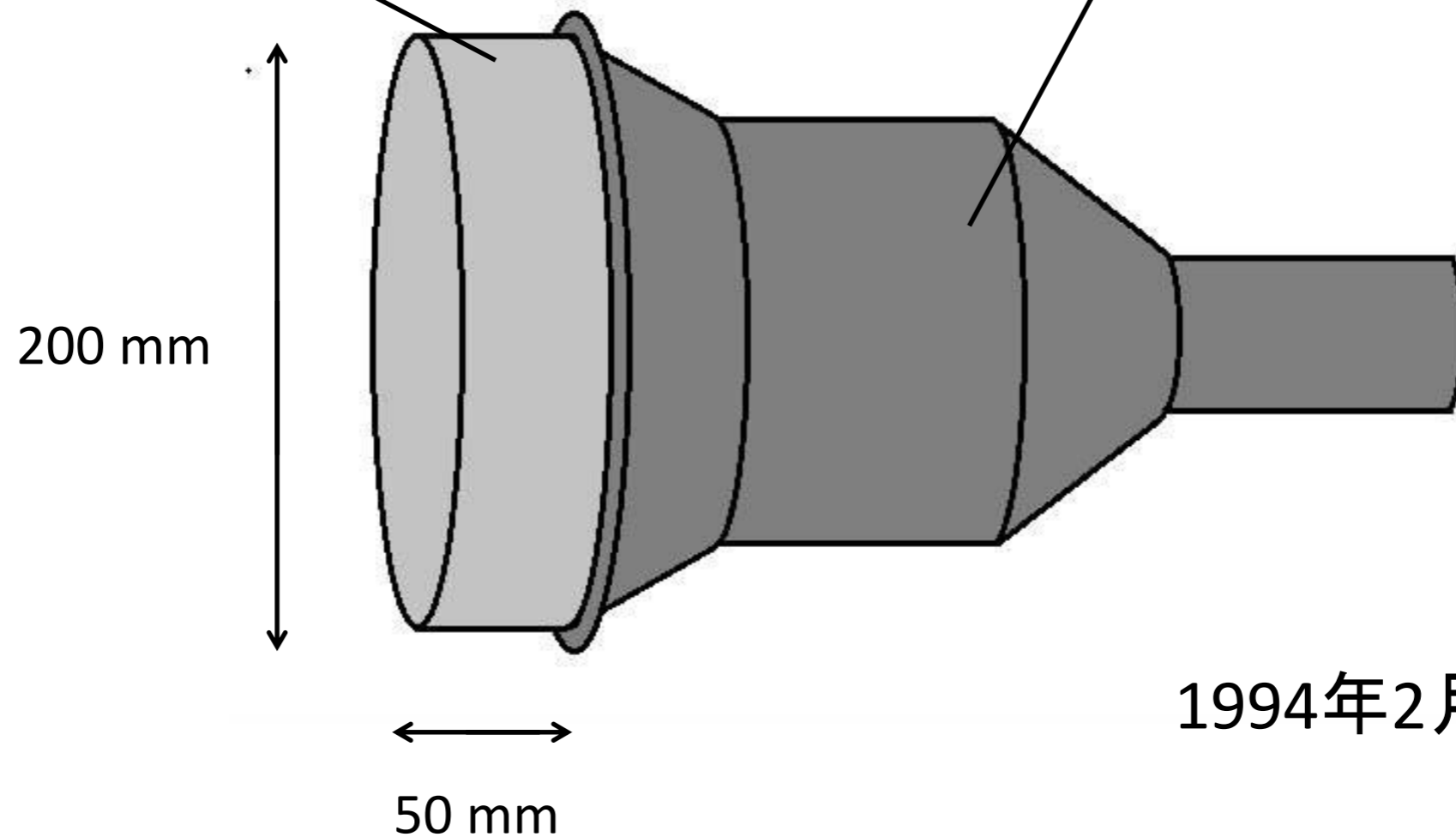
- $^{12}\text{C}$   
 $\alpha$ ビームのエネルギーを正確に決定する



# 中性子検出器

液体シンチレータ (NE213)

光電子増倍管



1994年2月 購入

# 回路図



## ◎ 実験のキーワード

- **PSD (Pulse Shape Discrimination)**  
中性子と $\gamma$ 線の判別法
- **TOF (Time of Flight)**  
飛行時間 (エネルギーの計算に利用)

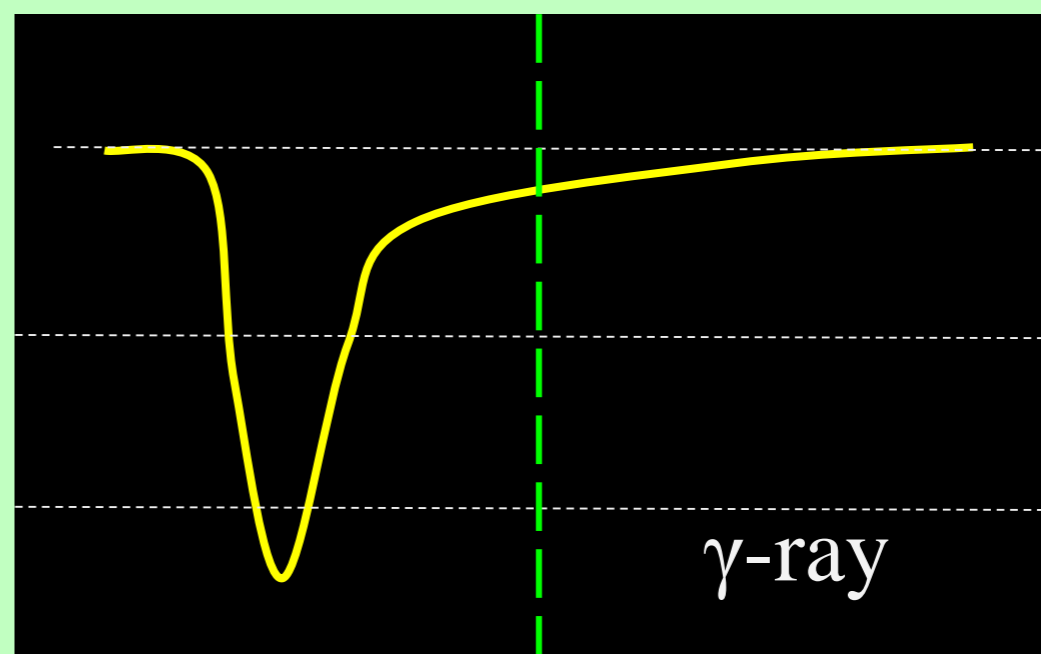
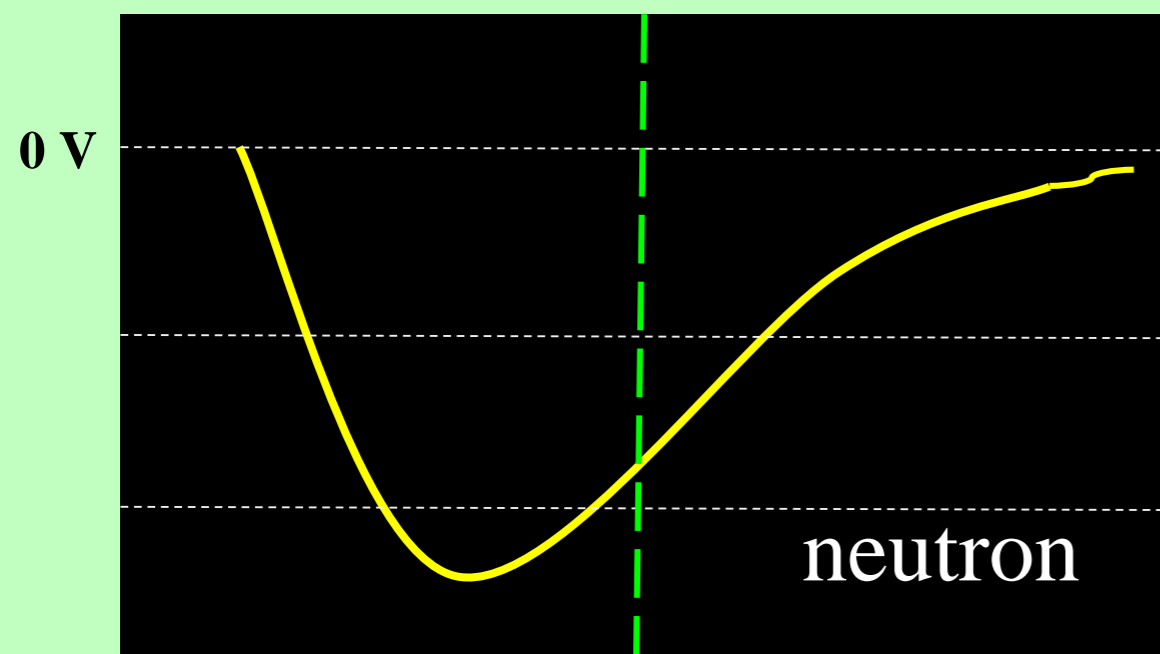
## ◎ 実験のキーワード

- **PSD (Pulse Shape Discrimination)**  
中性子と $\gamma$ 線の判別法
- **TOF (Time of Flight)**  
飛行時間 (エネルギーの計算に利用)

# ◎ PSD ( Pulse Shape Discrimination )

- 波形の違いによって中性子と $\gamma$ 線を分別する方法

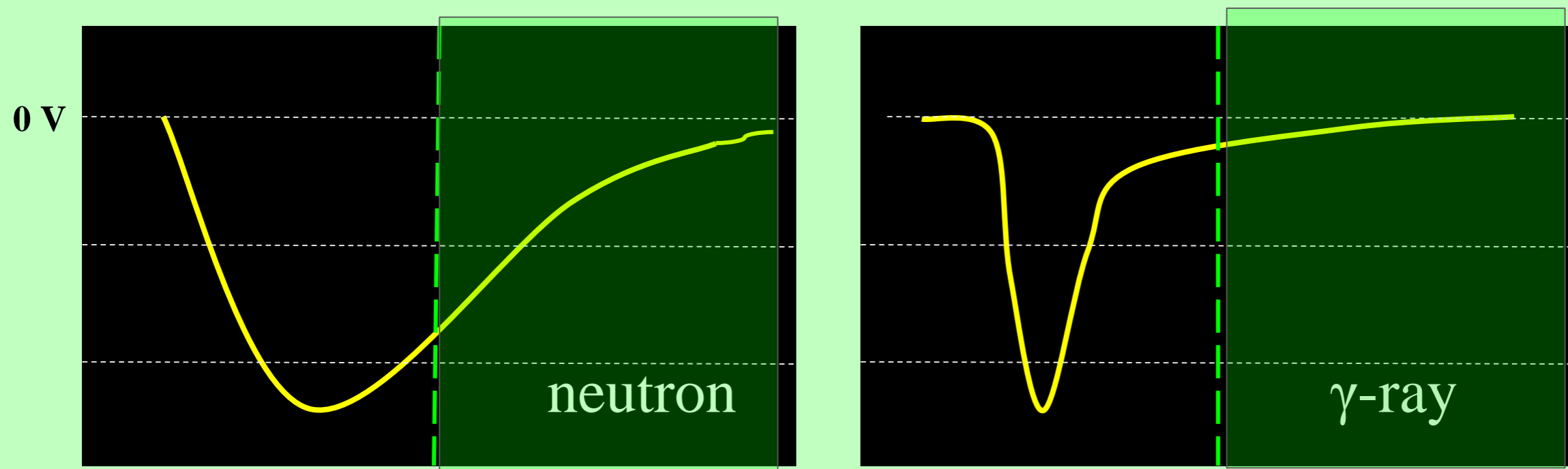
## 波形の概念図



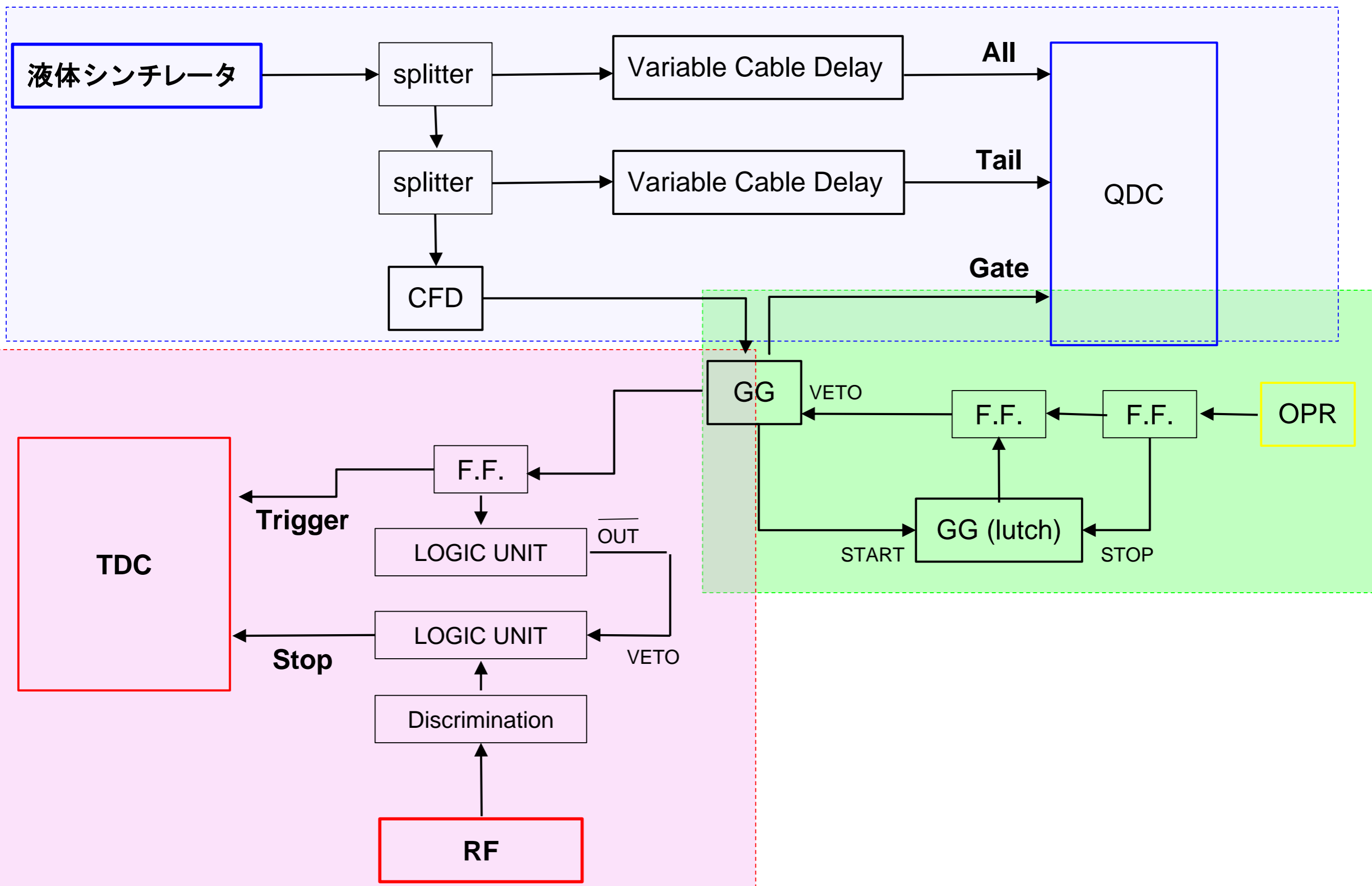
# ◎ PSD ( Pulse Shape Discrimination )

- 波形の違いによって中性子と $\gamma$ 線を分別する方法

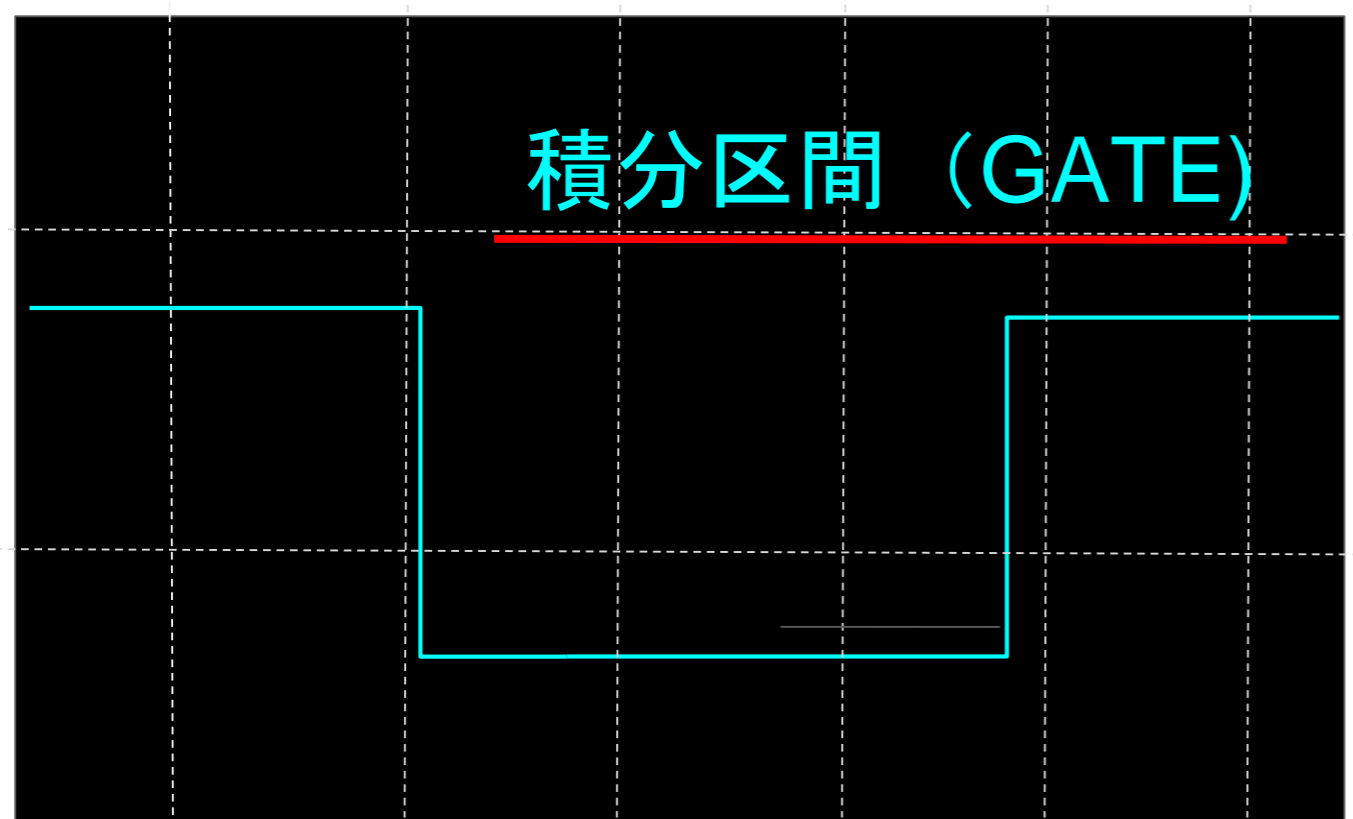
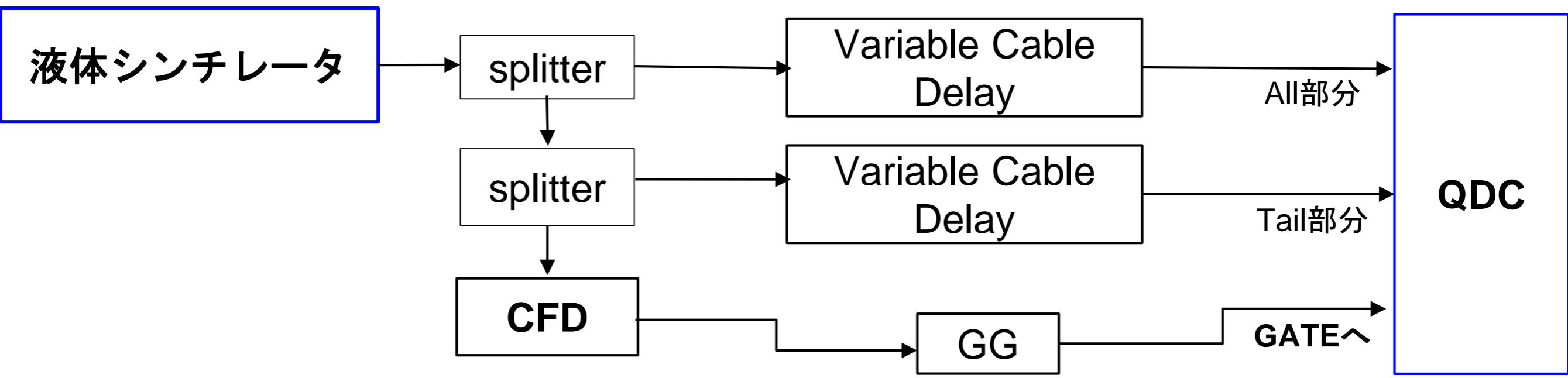
## 波形の概念図



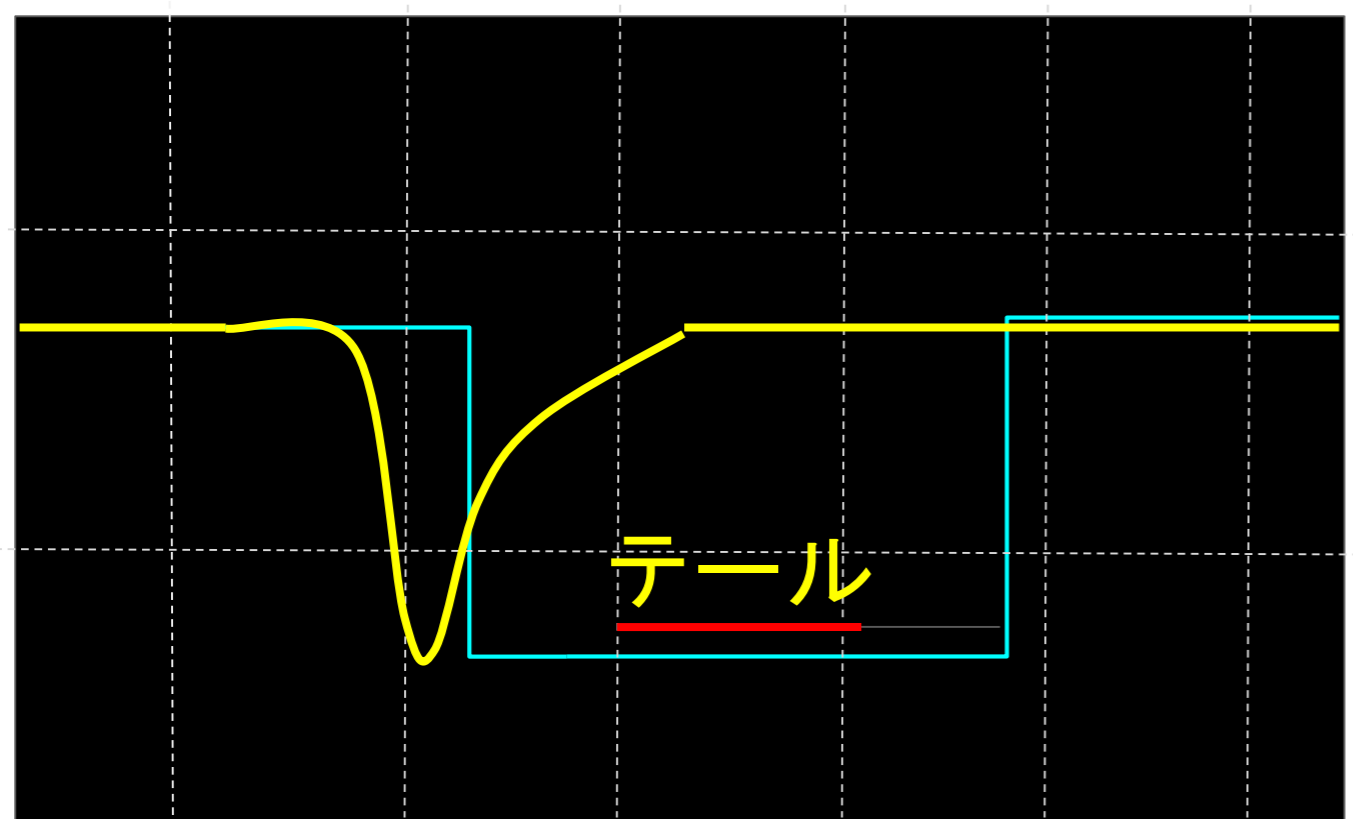
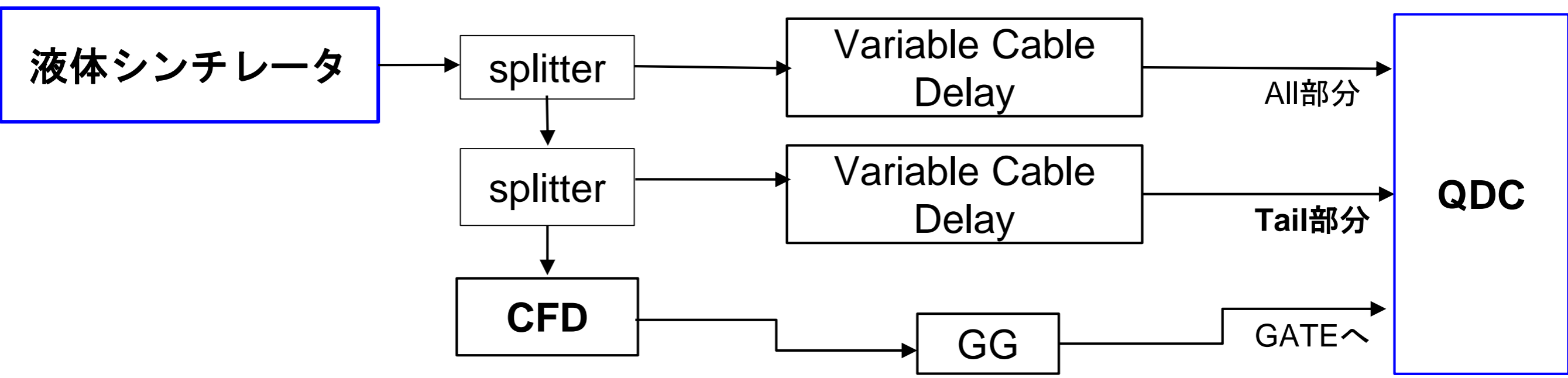
# ◎ 全体の回路図



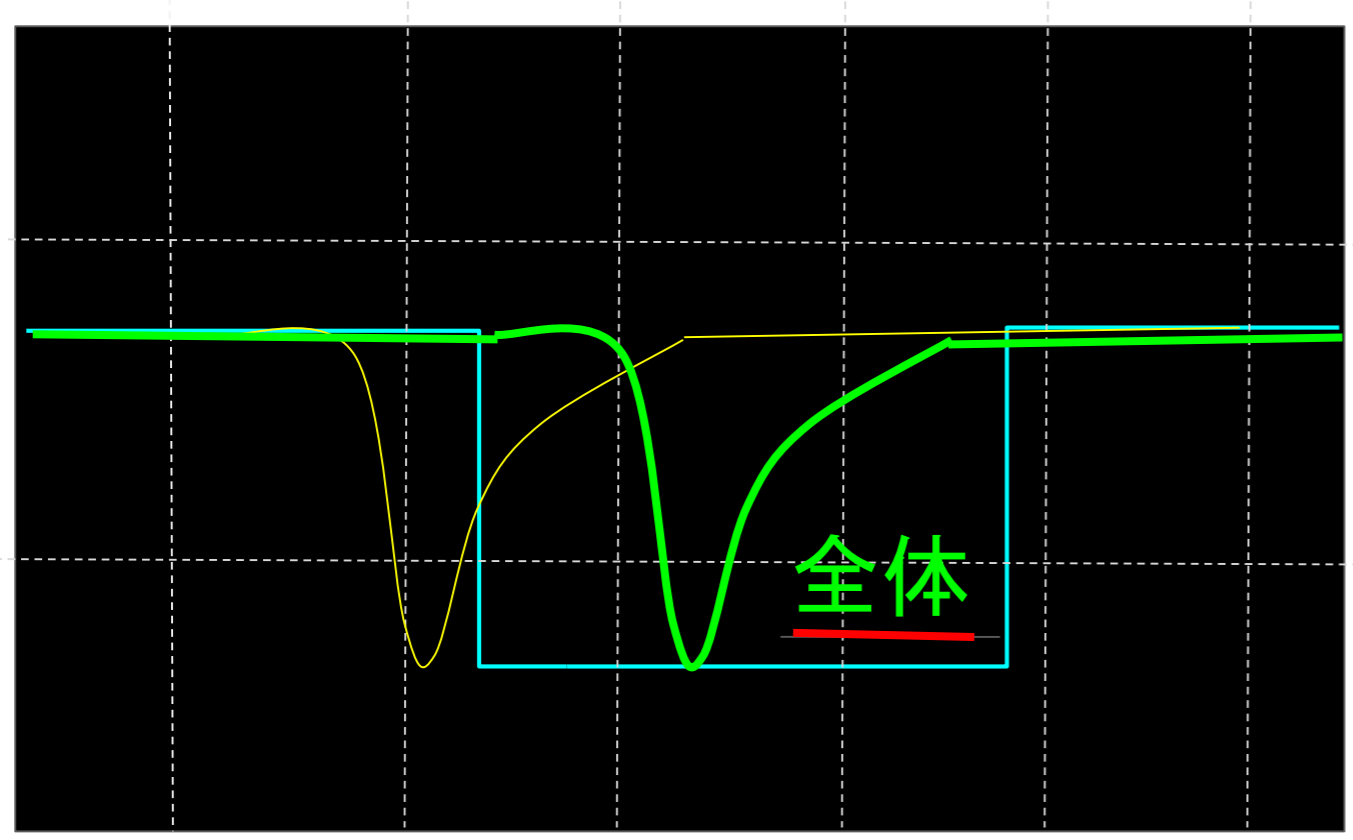
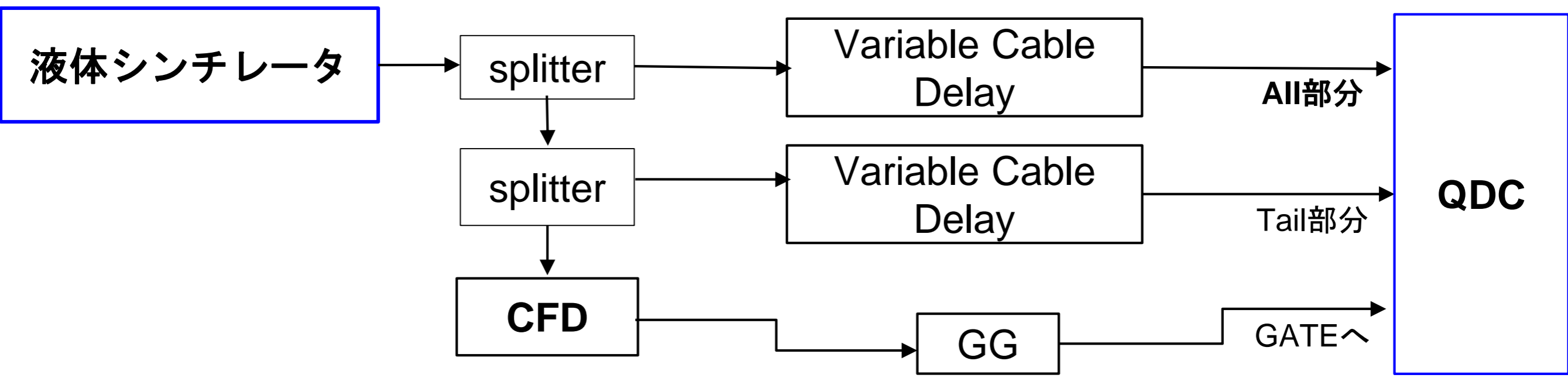
# ◎ 回路図 (PSD)



# ◎ 回路図 (PSD)

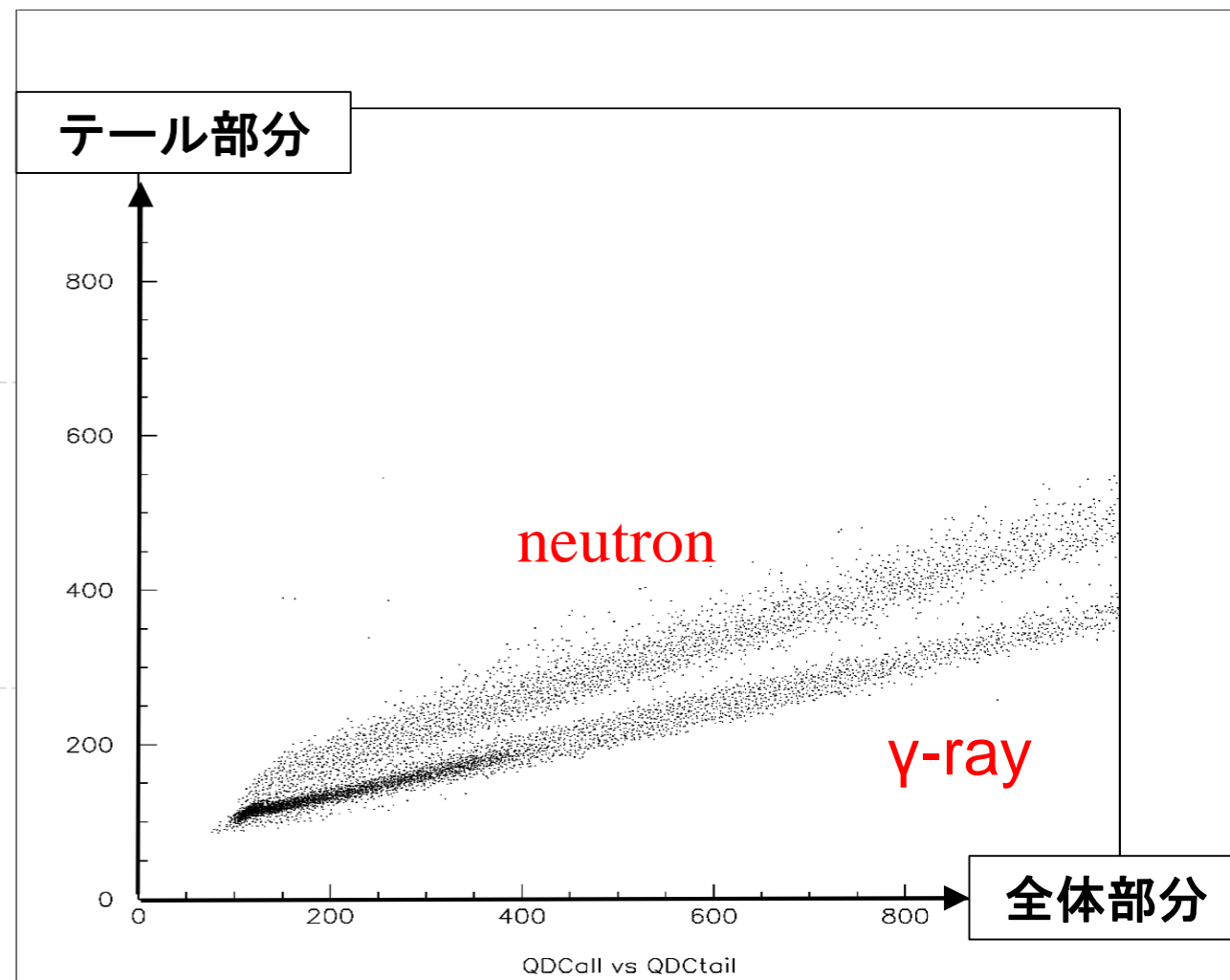
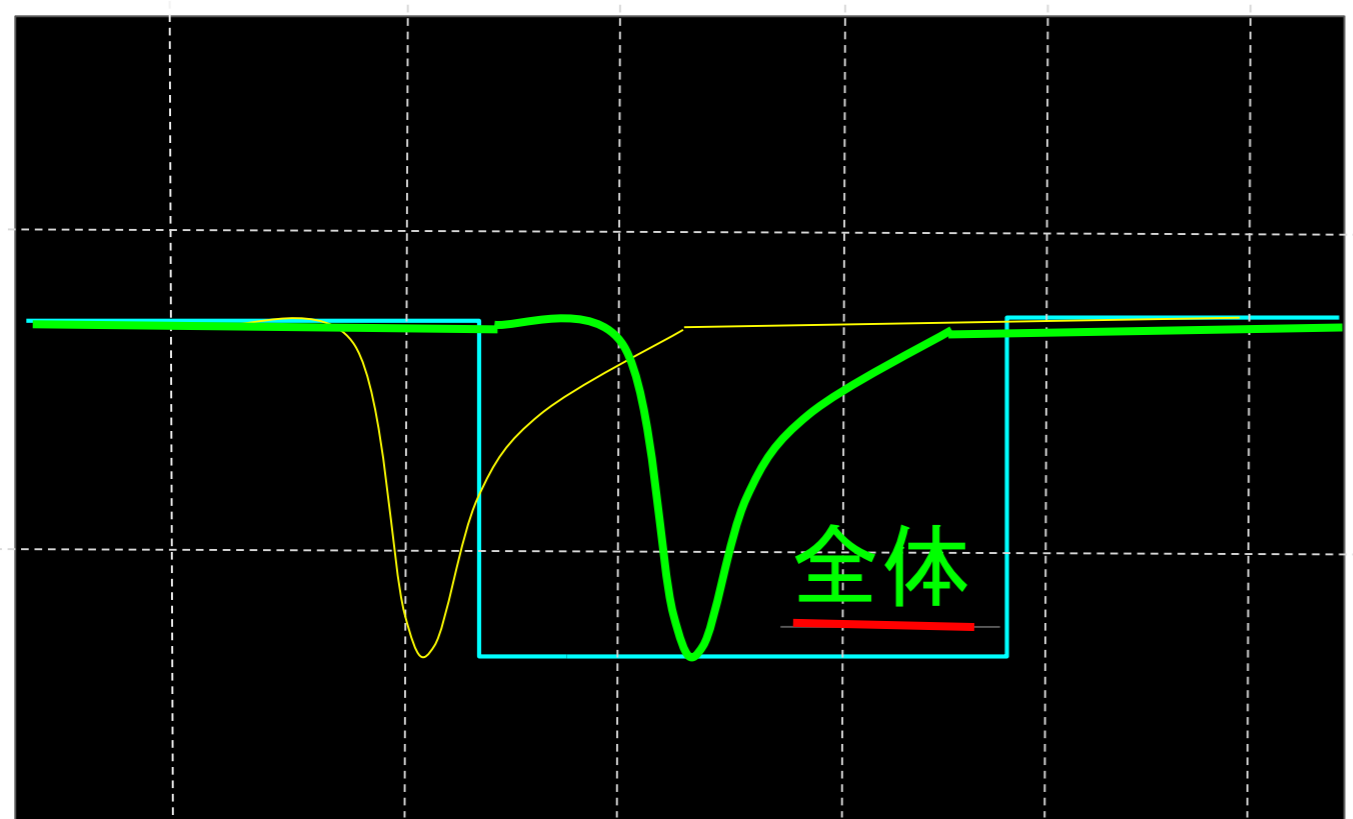
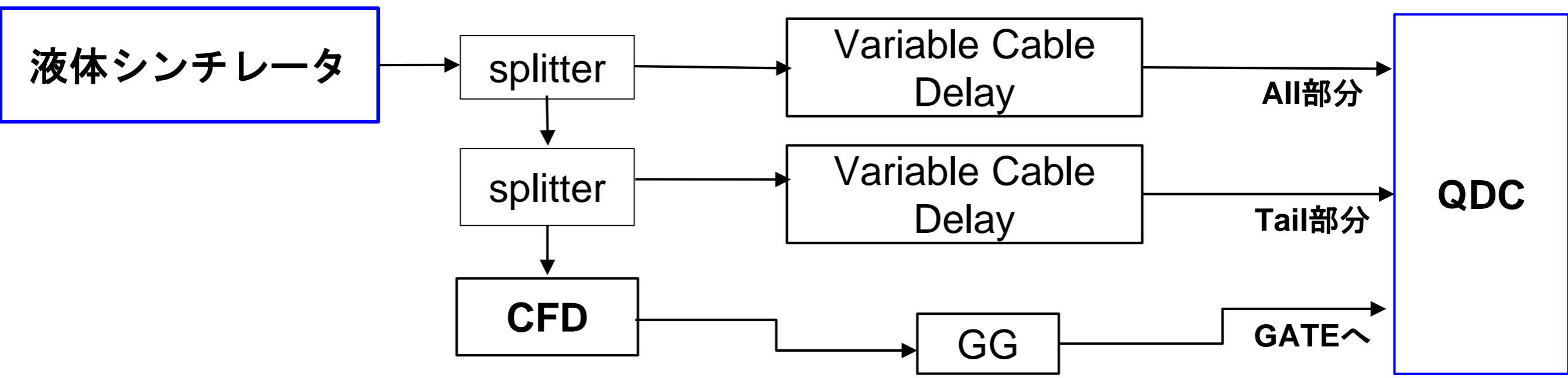


# ◎ 回路図 (PSD)

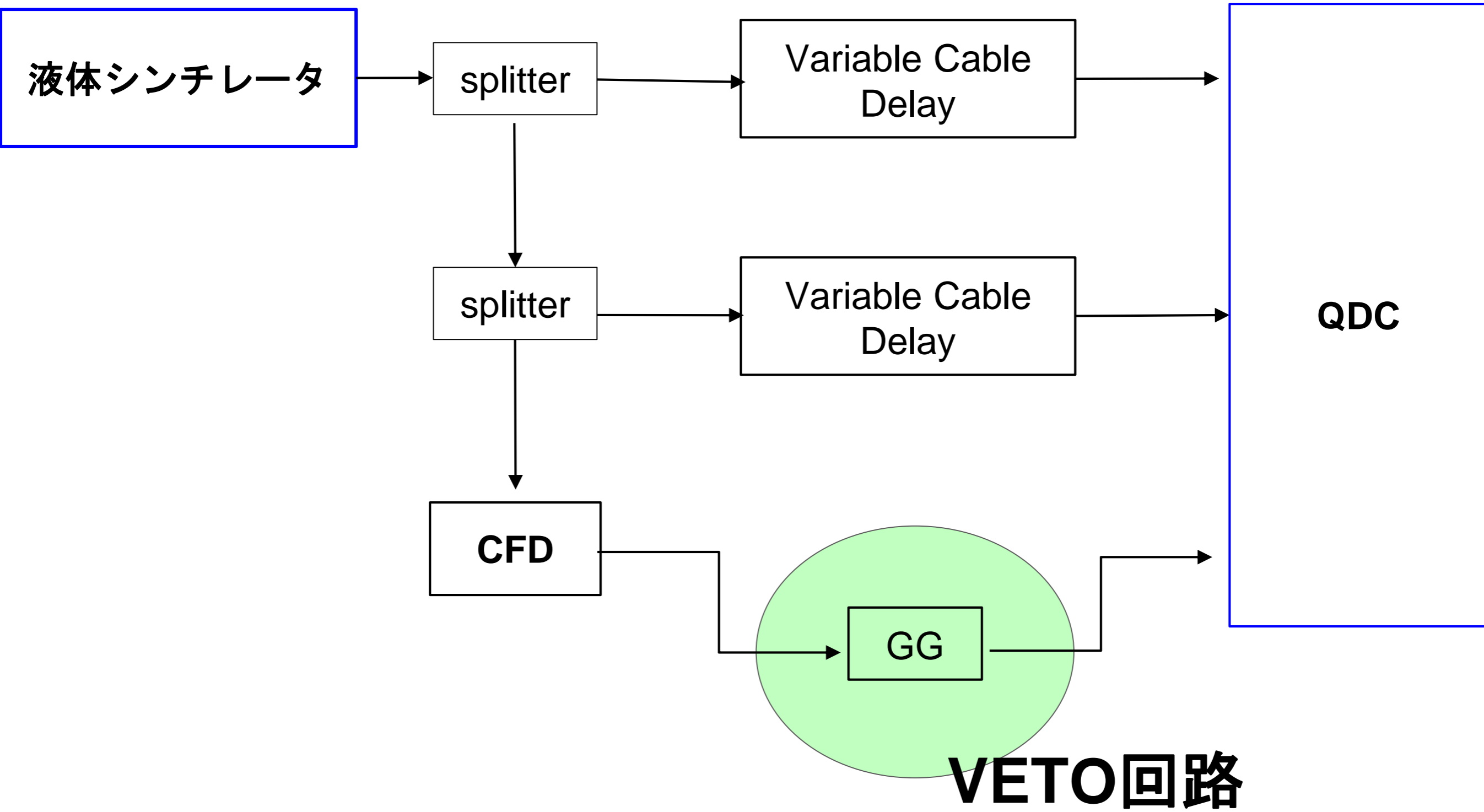




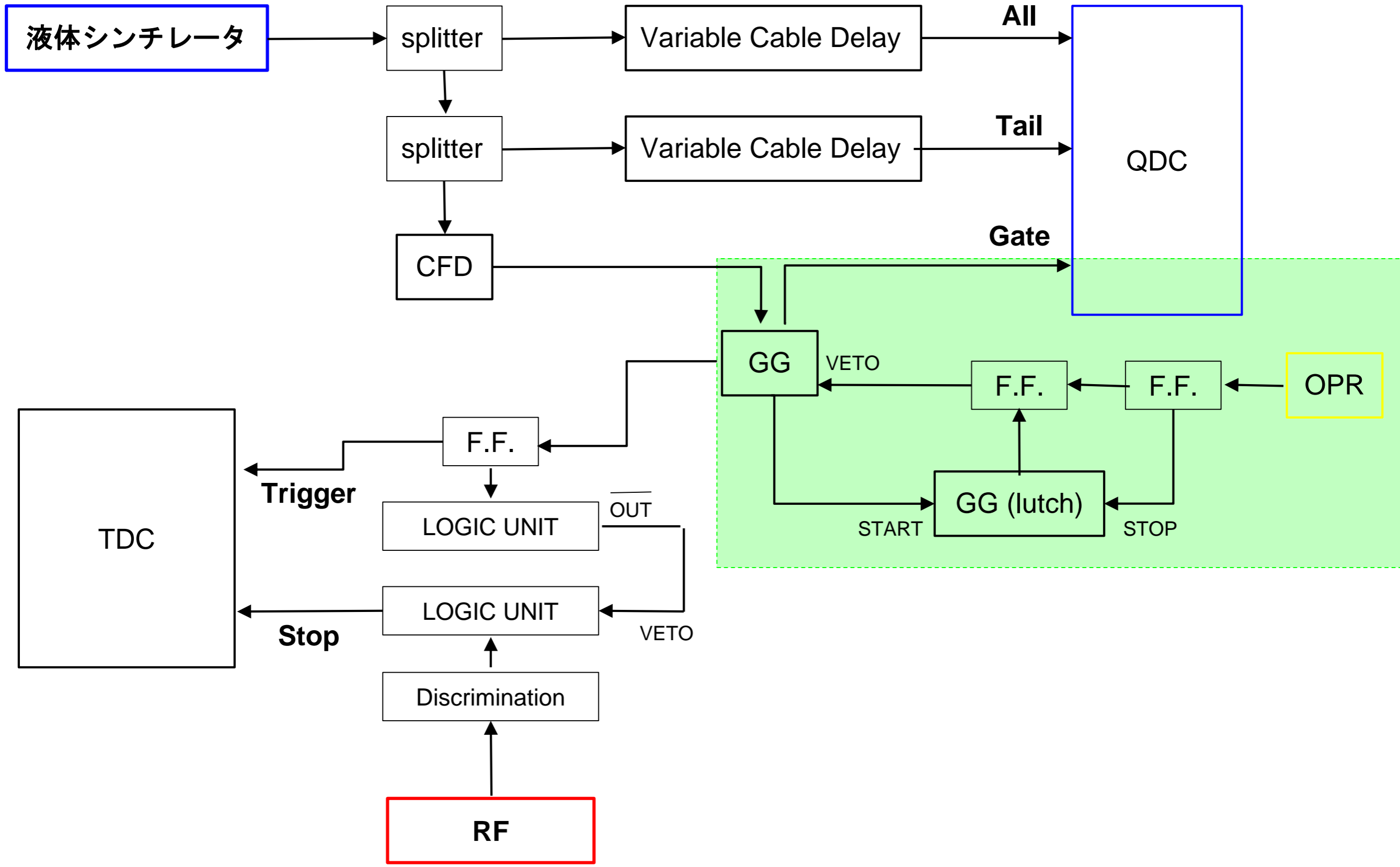
# ◎ 回路図 (PSD)



# ◎ 回路図 (PSD)



# ◎ 回路図 (VETO)

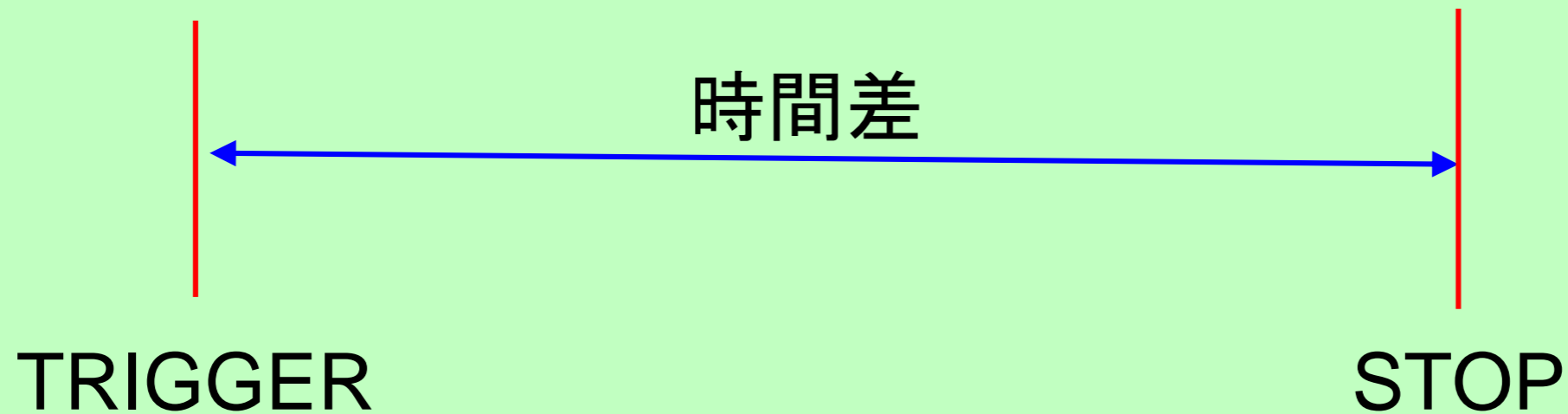


## ◎ 実験のキーワード

- **PSD (Pulse Shape Discrimination)**  
中性子と $\gamma$ 線の判別法
- **TOF (Time of Flight)**  
飛行時間 (エネルギーの計算に利用)

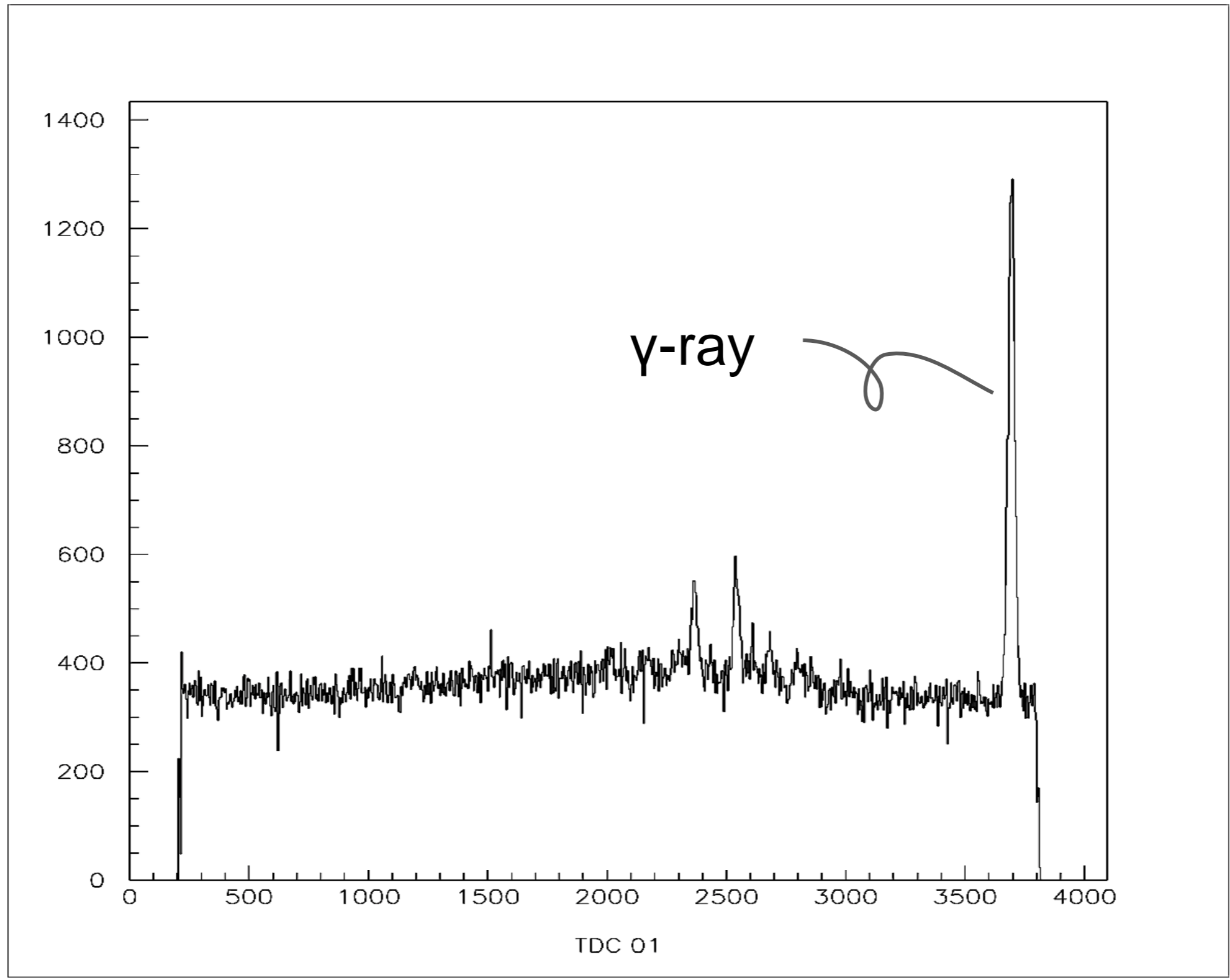
# ◎TDCモジュール

**TDC** . . . 時間差を測定するモジュール。



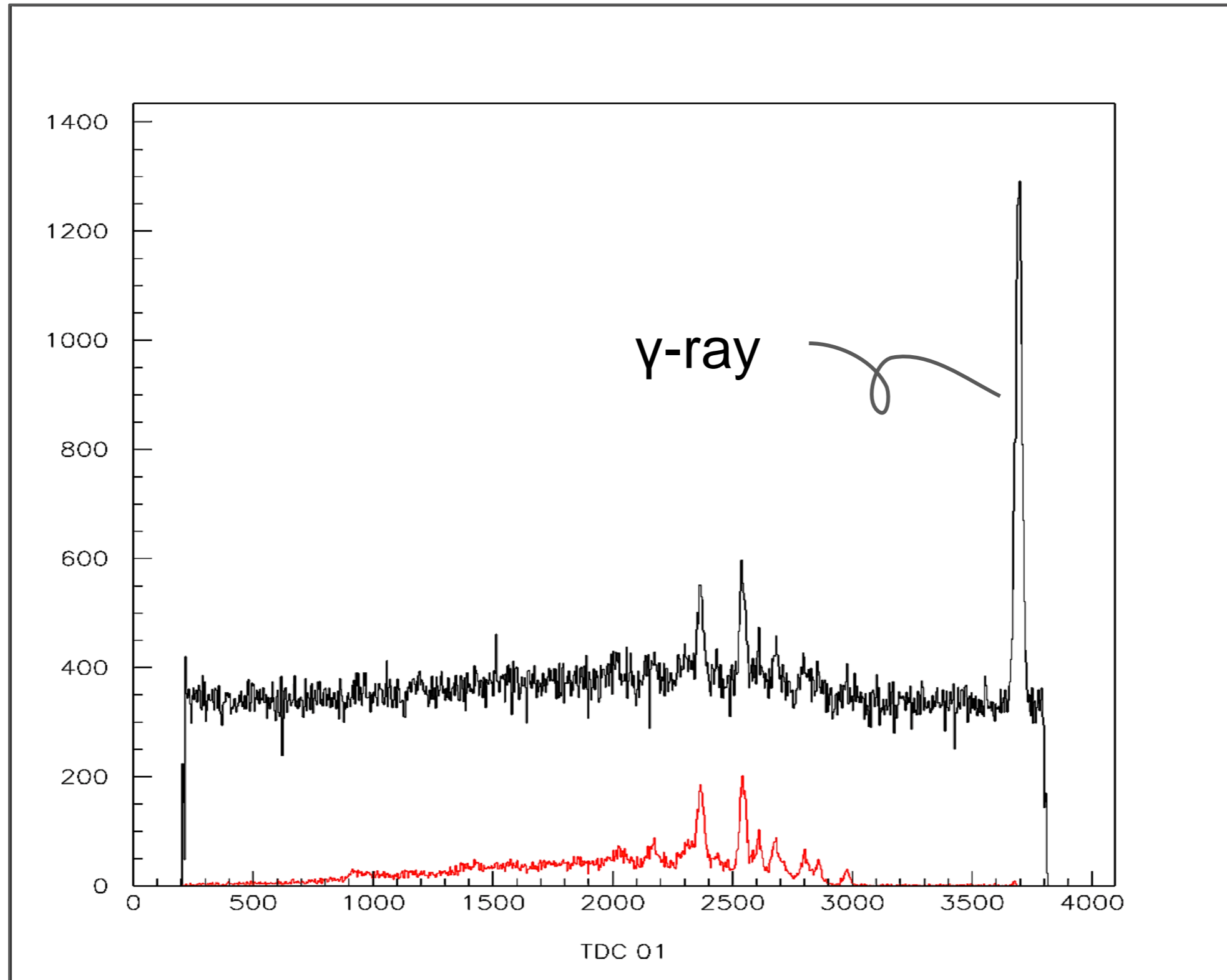
- TRIGGER . . . 液シンからの信号
- STOP . . . RF ( ビームと同期した信号 )

# ◎ TDC histogram ( $\gamma$ 線 )



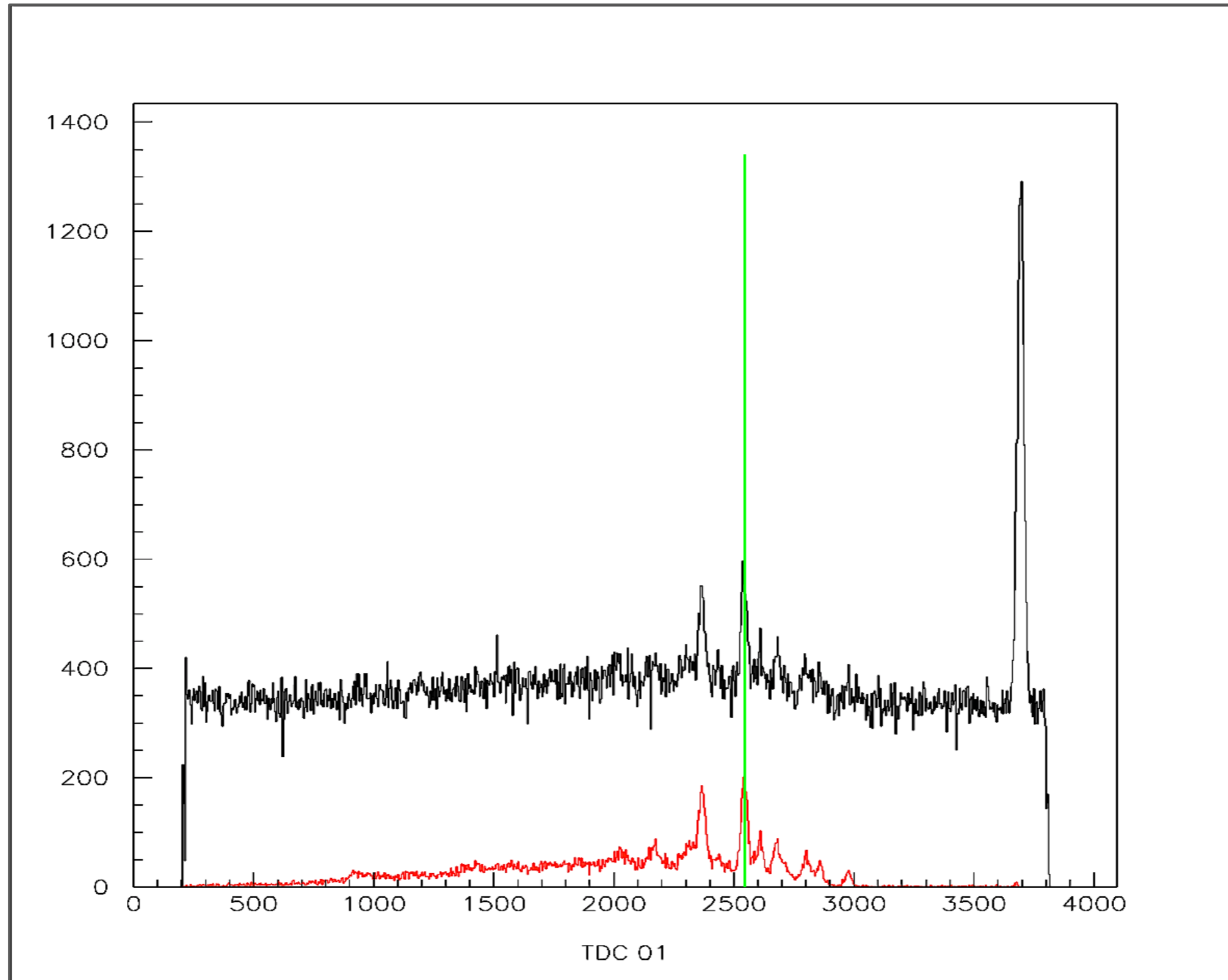
# ◎ TDC histogram (中性子)

---



# ◎ TDC histogram (中性子)

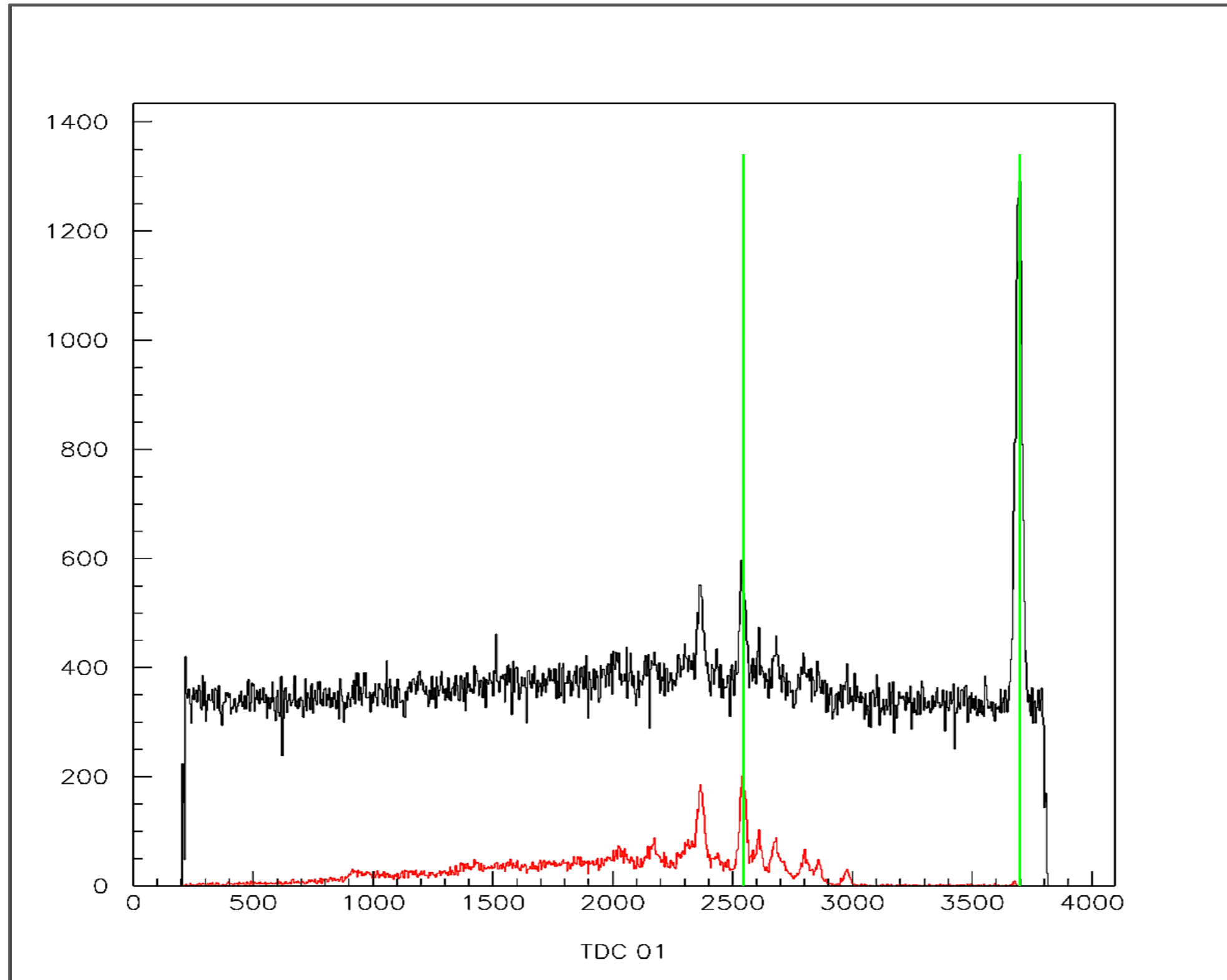
---



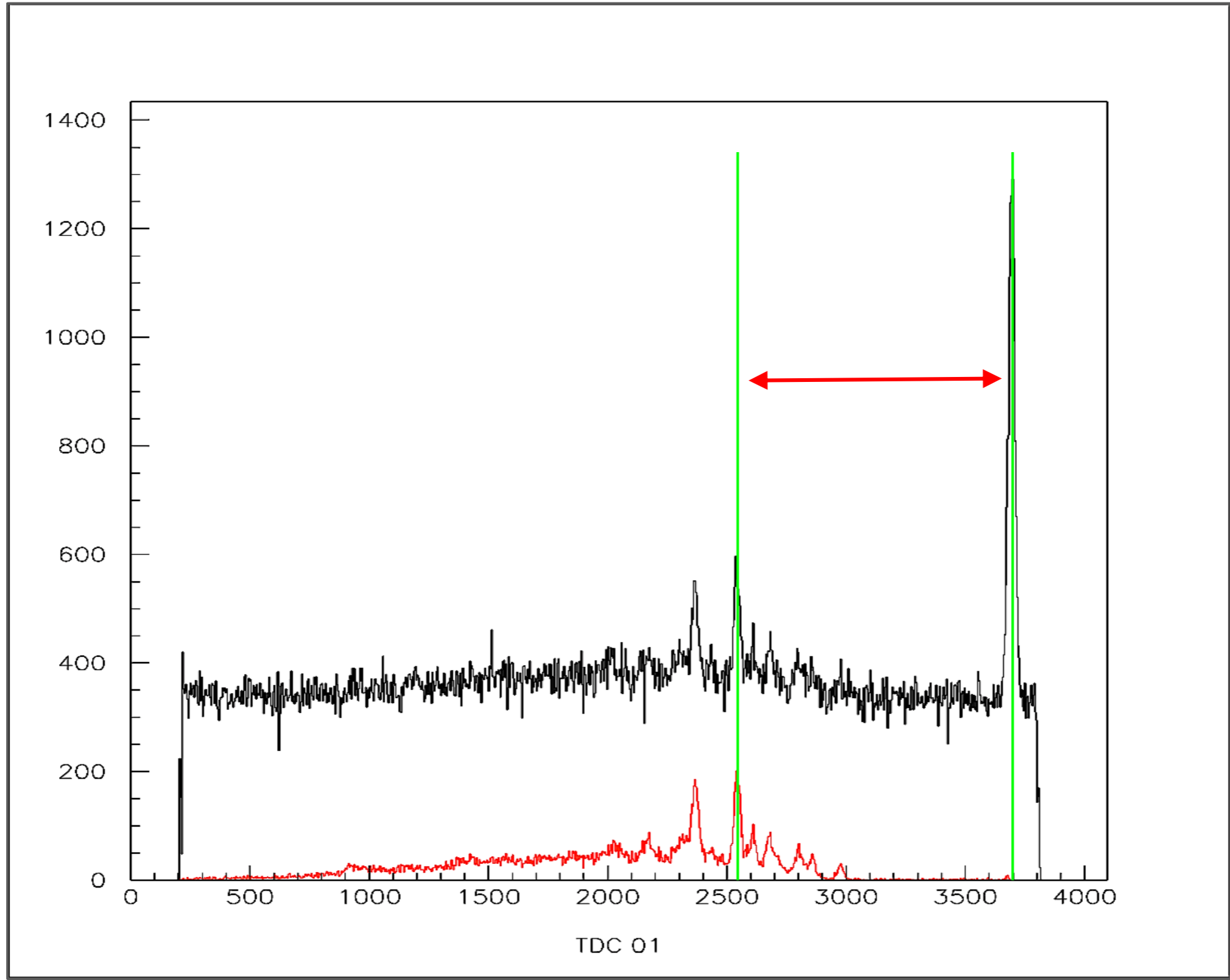


# ◎ TDC histogram (中性子)

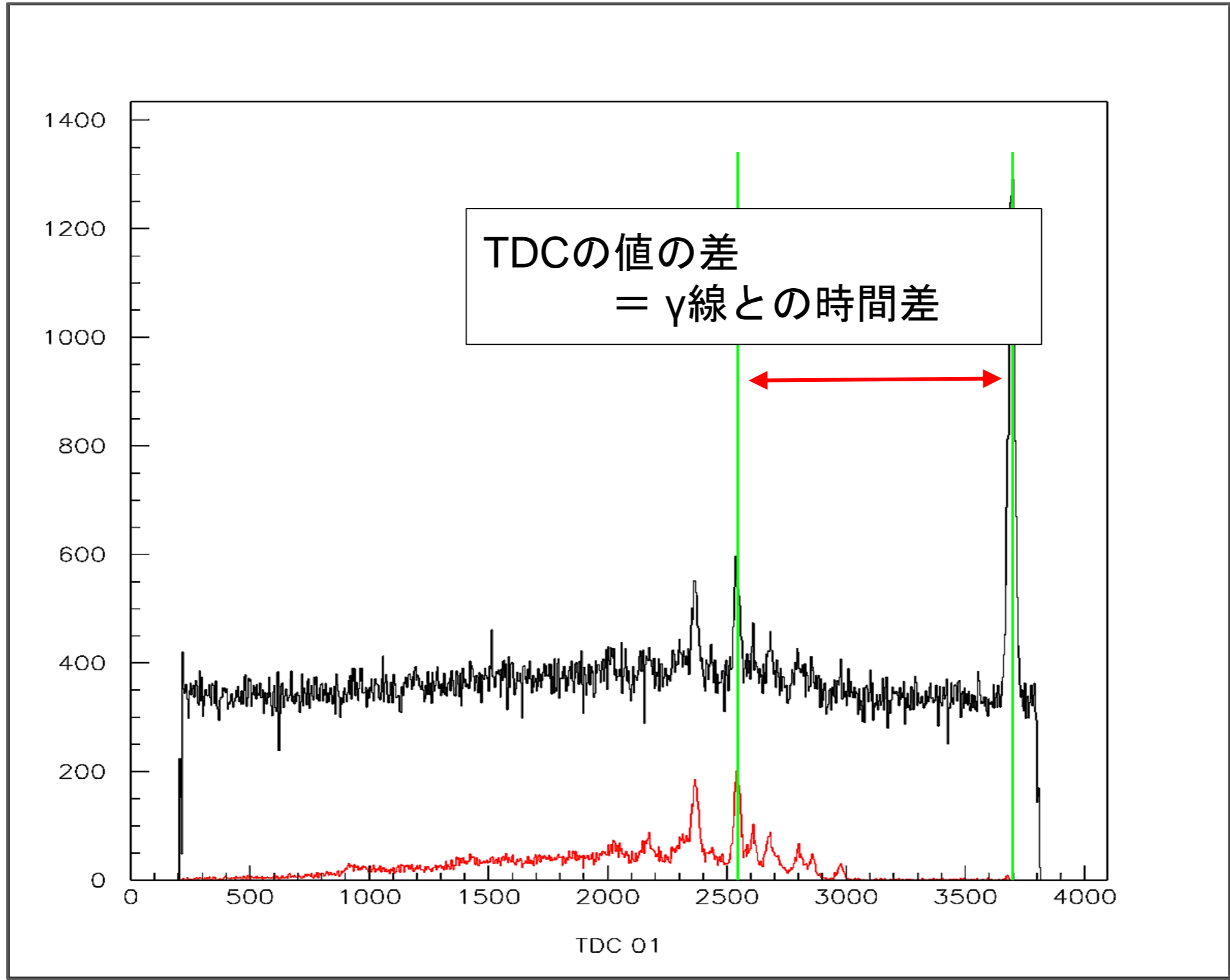
---



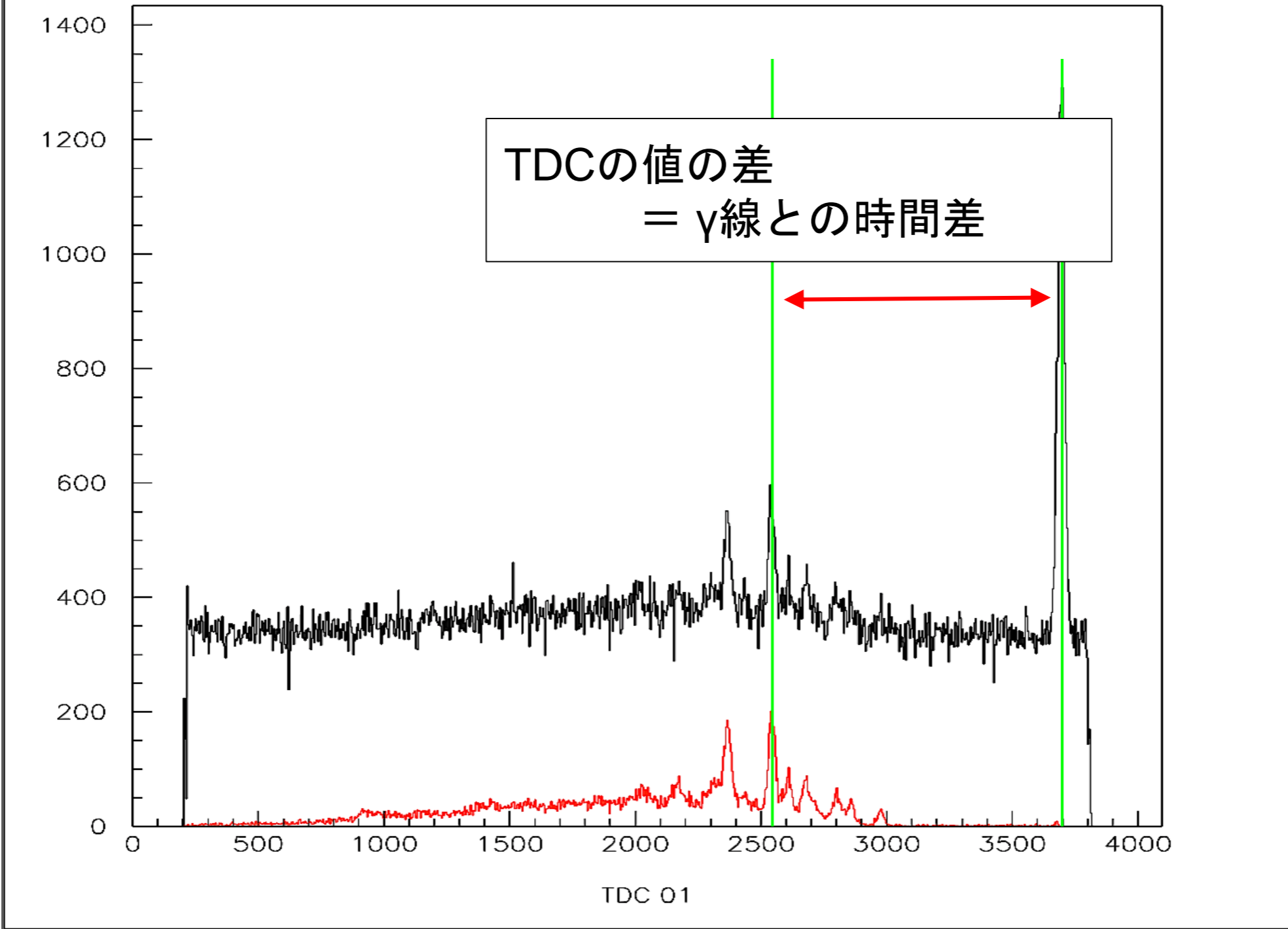
# ◎ TDC histogram ( 中性子 )



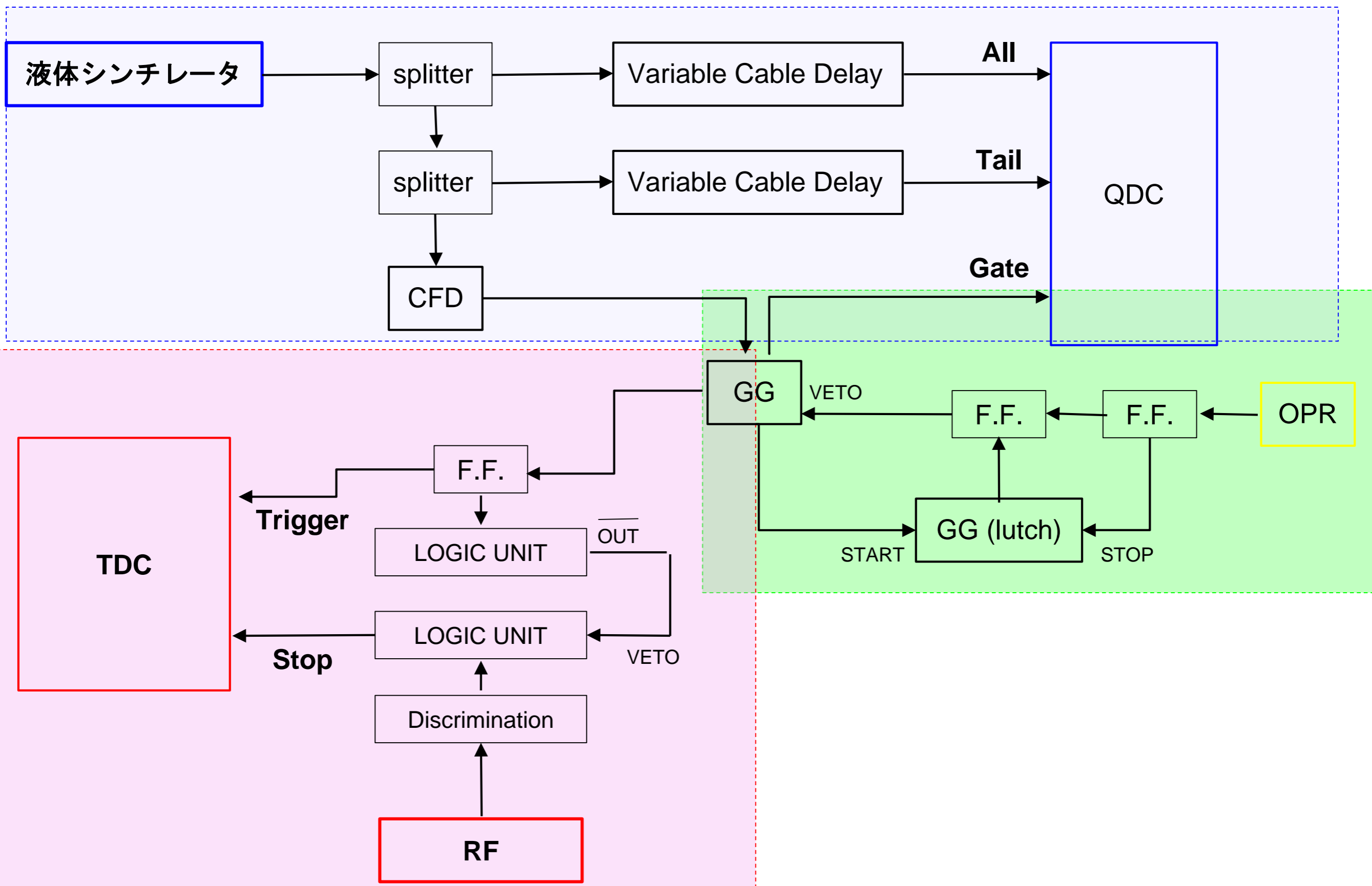
# ◎ TDC histogram (中性子)



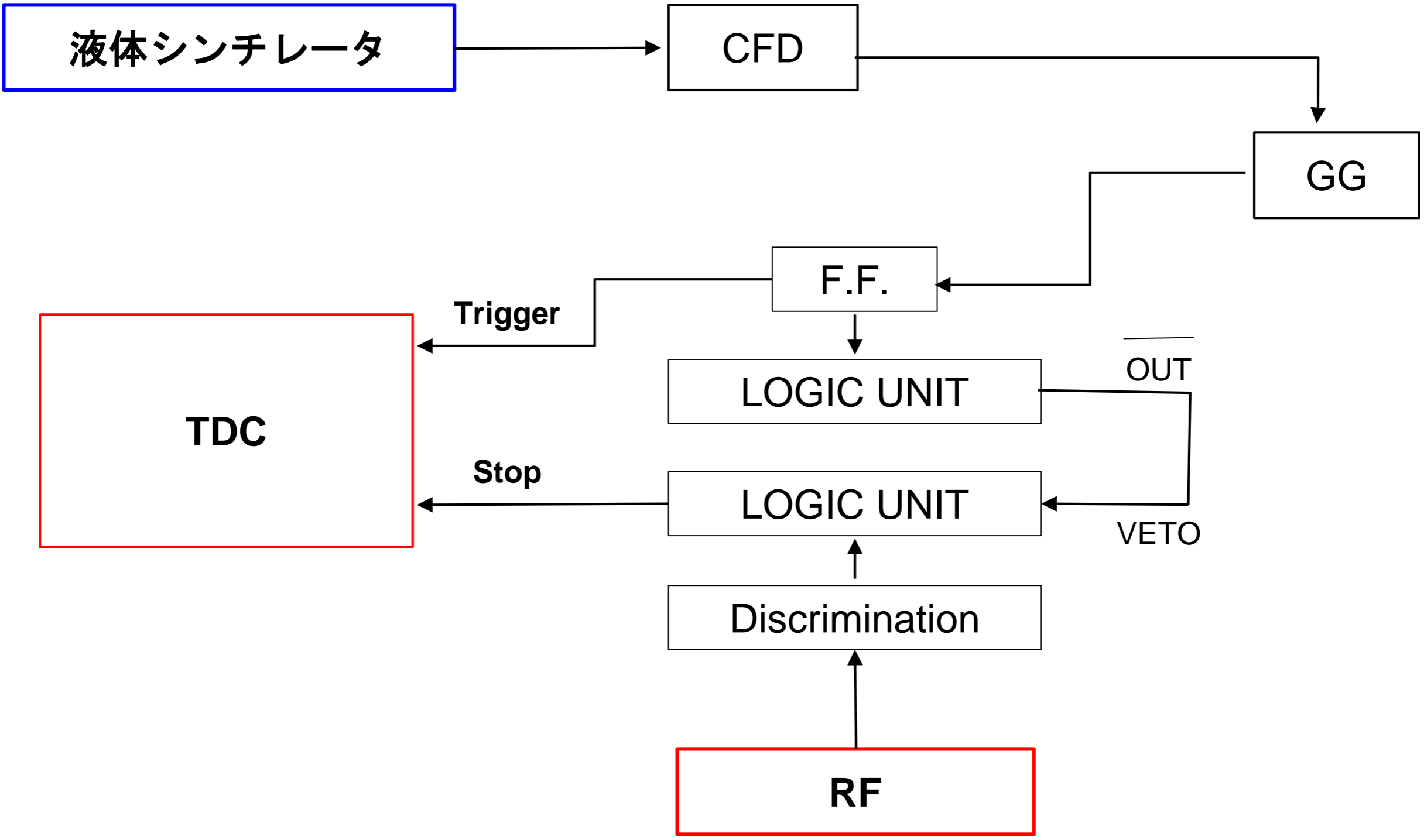
# 中性子のTOF = $\gamma$ 線のTOF + 時間差



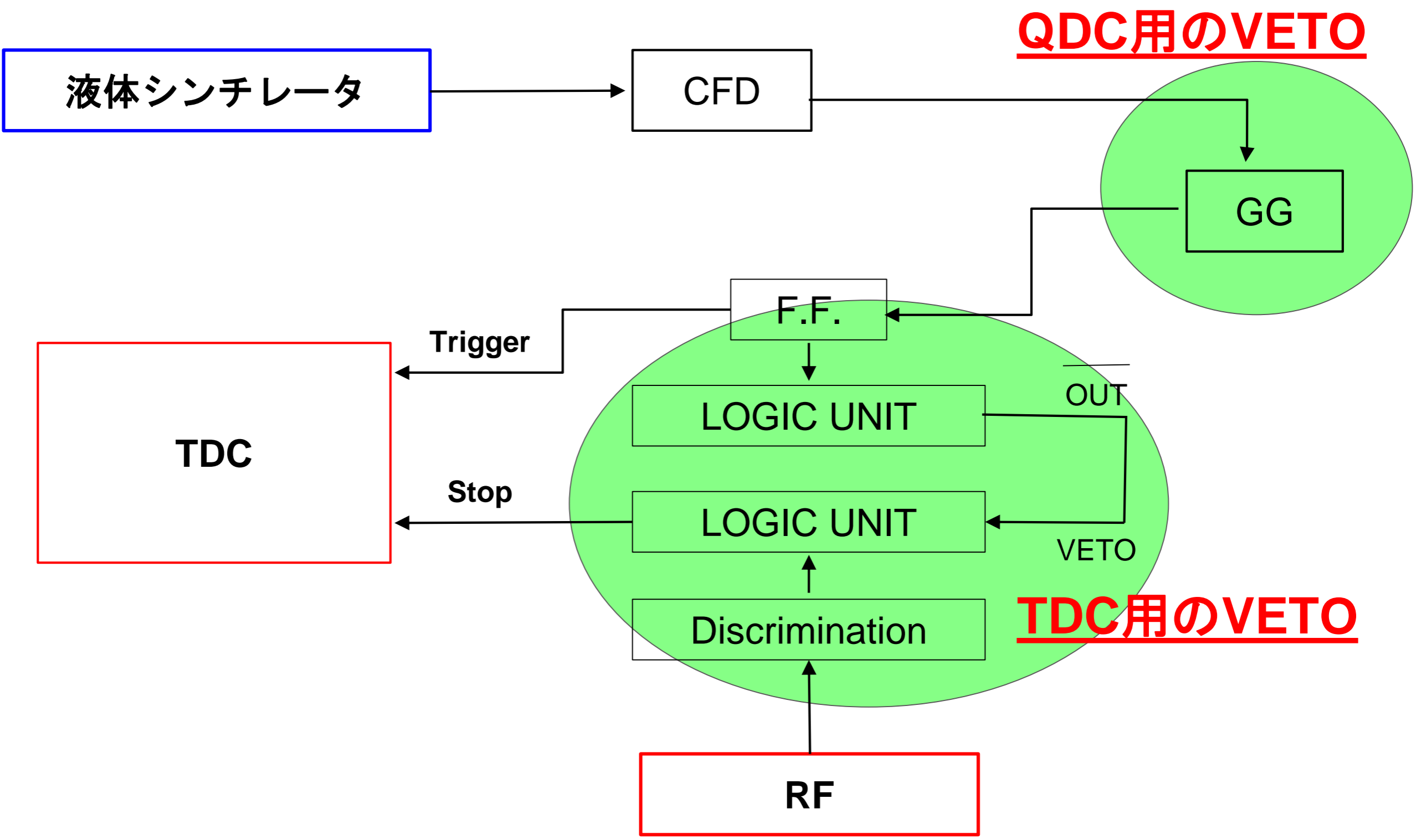
# ◎ 全体の回路図



# ◎ 回路図 ( TOF )



# ◎ 回路図 ( TOF )



# 目次

---

1. 理論的背景・実験目的

2. 実験Set up

3. 解析・実験結果

- ビームエネルギー測定
- 膜のバックグラウンド測定

4. Discussion



# ビームエネルギーの決定

※  $^{12}\text{C}(\alpha, n)^{15}\text{O}$  反応のデータを用いて  
エネルギーの決定を行う

# ビームエネルギーの決定

- $\gamma$ 線のTDCの決定

# ビームエネルギーの決定

- $\gamma$ 線のTDCの決定
- $\gamma$ 線のTDCとNeutronのTDCから  
Neutronのエネルギー決定

# ビームエネルギーの決定

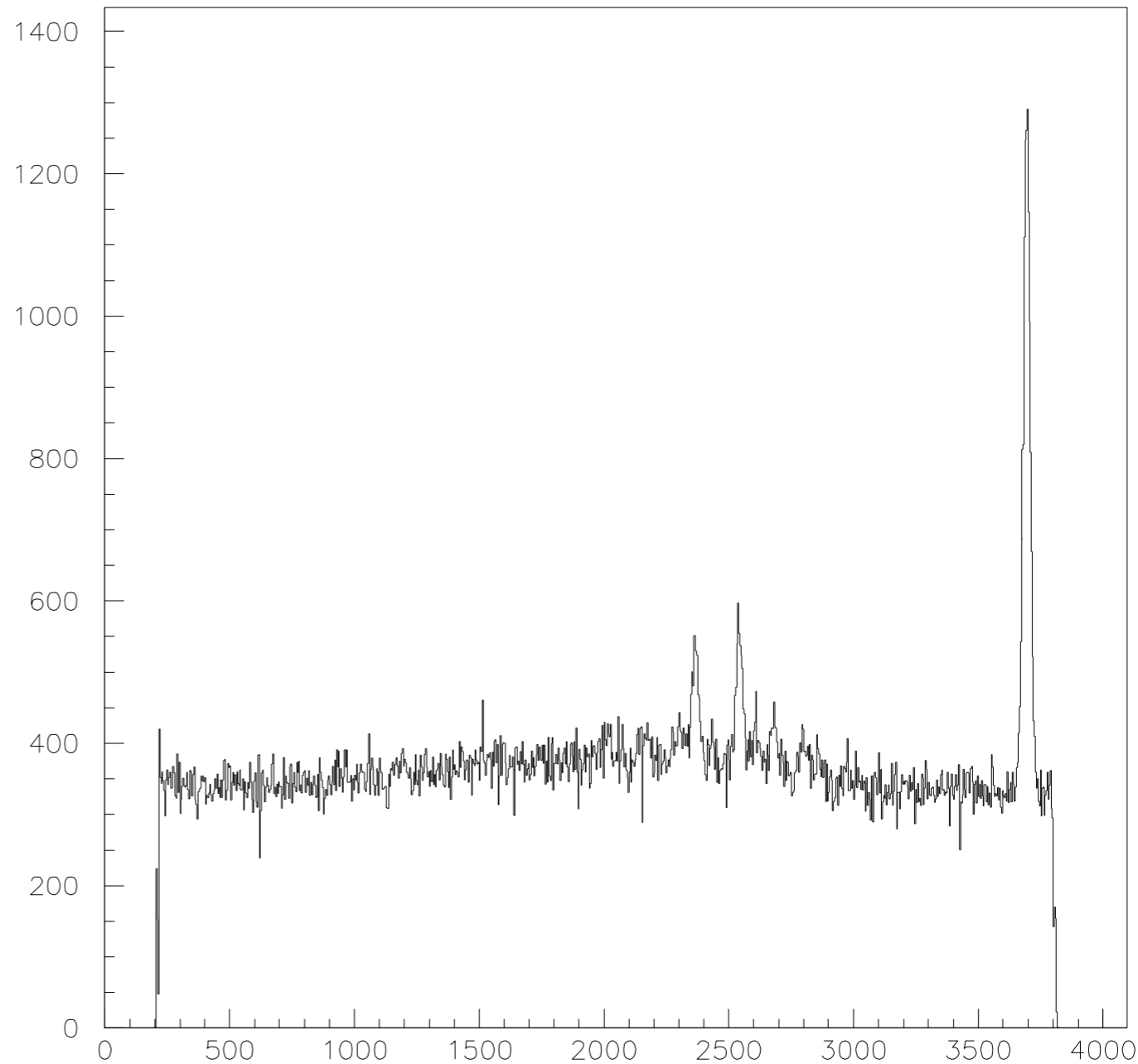
- $\gamma$ 線のTDCの決定
- $\gamma$ 線のTDCとNeutronのTDCから  
Neutronのエネルギー決定
- Neutronのエネルギーから $^{15}\text{O}$ の  
励起エネルギーとビームエネルギーの決定

# ビームエネルギーの決定

- $\gamma$ 線のTDCの決定
- $\gamma$ 線のTDCとNeutronのTDCから  
Neutronのエネルギー決定
- Neutronのエネルギーから $^{15}\text{O}$ の  
励起エネルギーとビームエネルギーの決定

# γ線のTDC

Count数



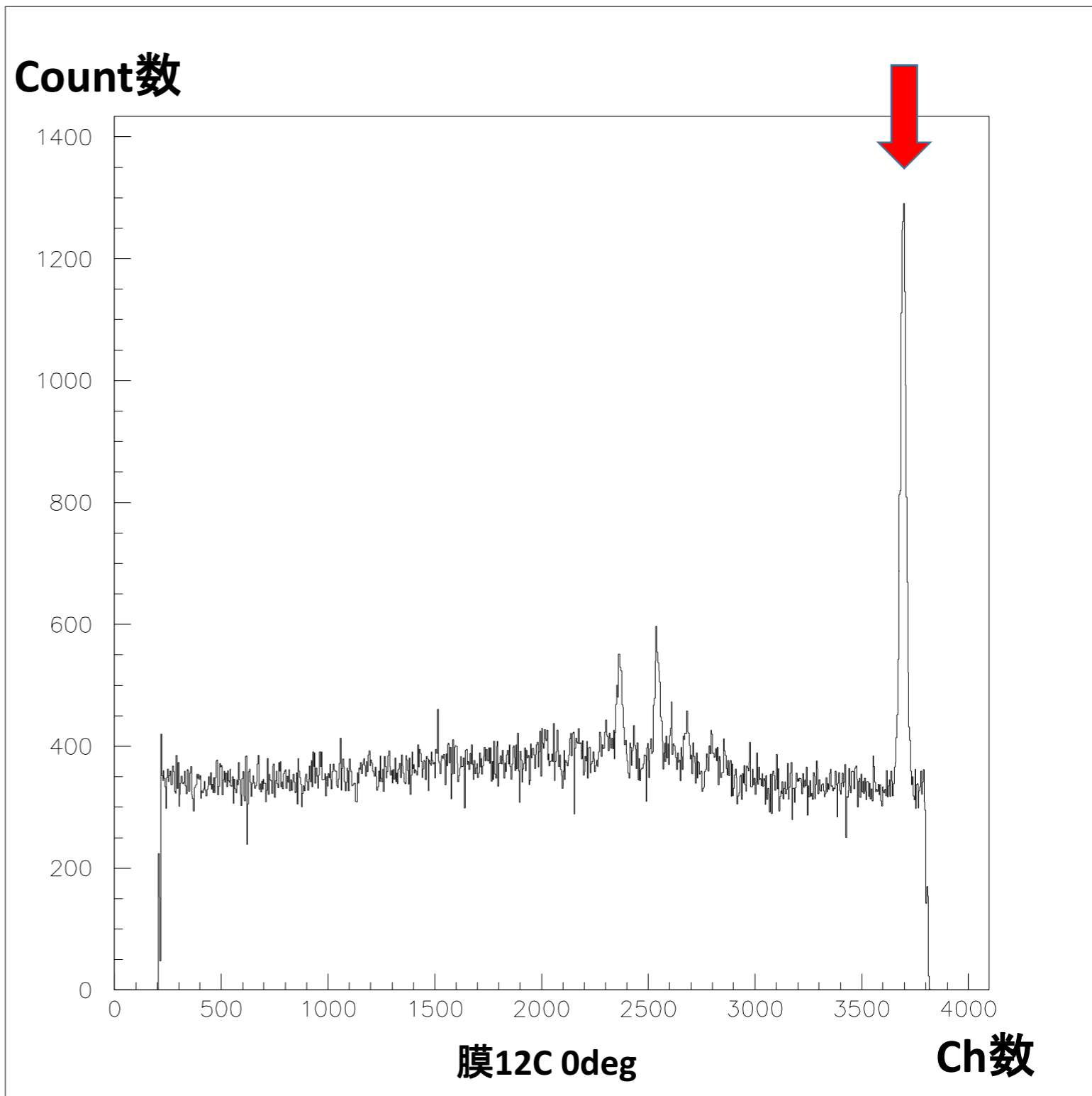
膜12C 0deg

Ch数

# γ線のTDC

γ線のchの値

3693.7

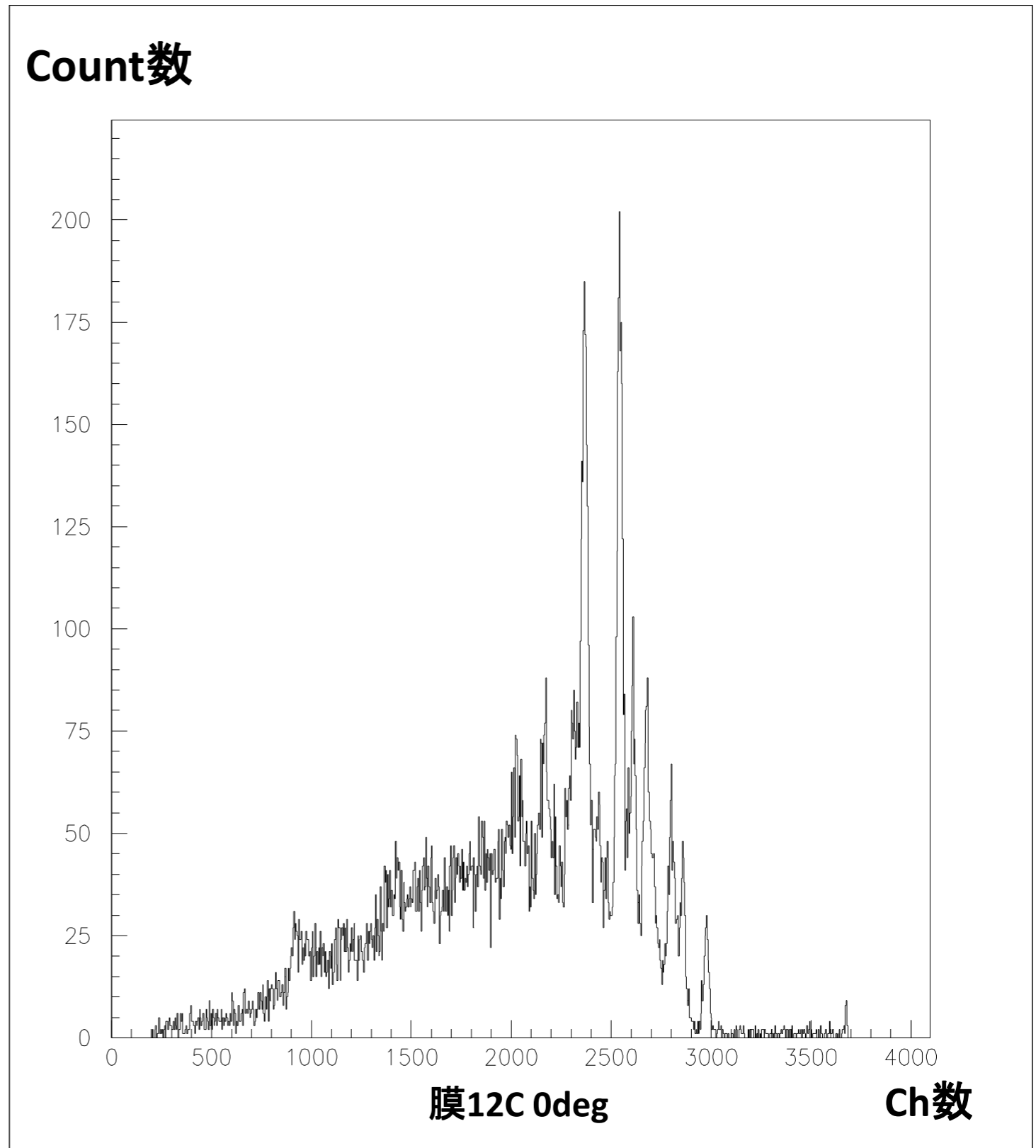


# ビームエネルギーの決定

- $\gamma$ 線のTDCの決定
- $\gamma$ 線のTDCとNeutronのTDCから  
Neutronのエネルギー決定
- Neutronのエネルギーから $^{15}\text{O}$ の  
励起エネルギーとビームエネルギーの決定

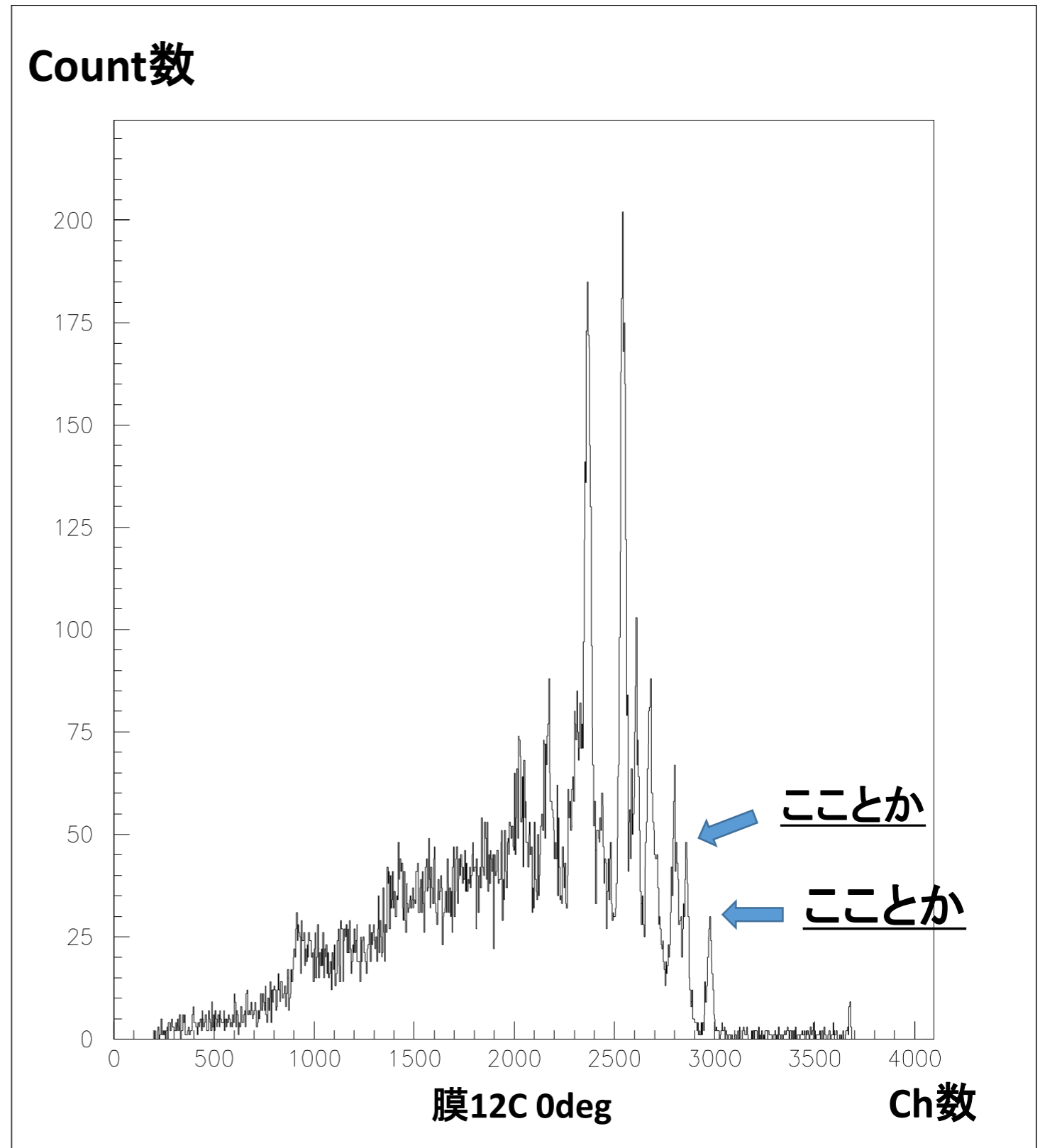


# NeutronのTDC



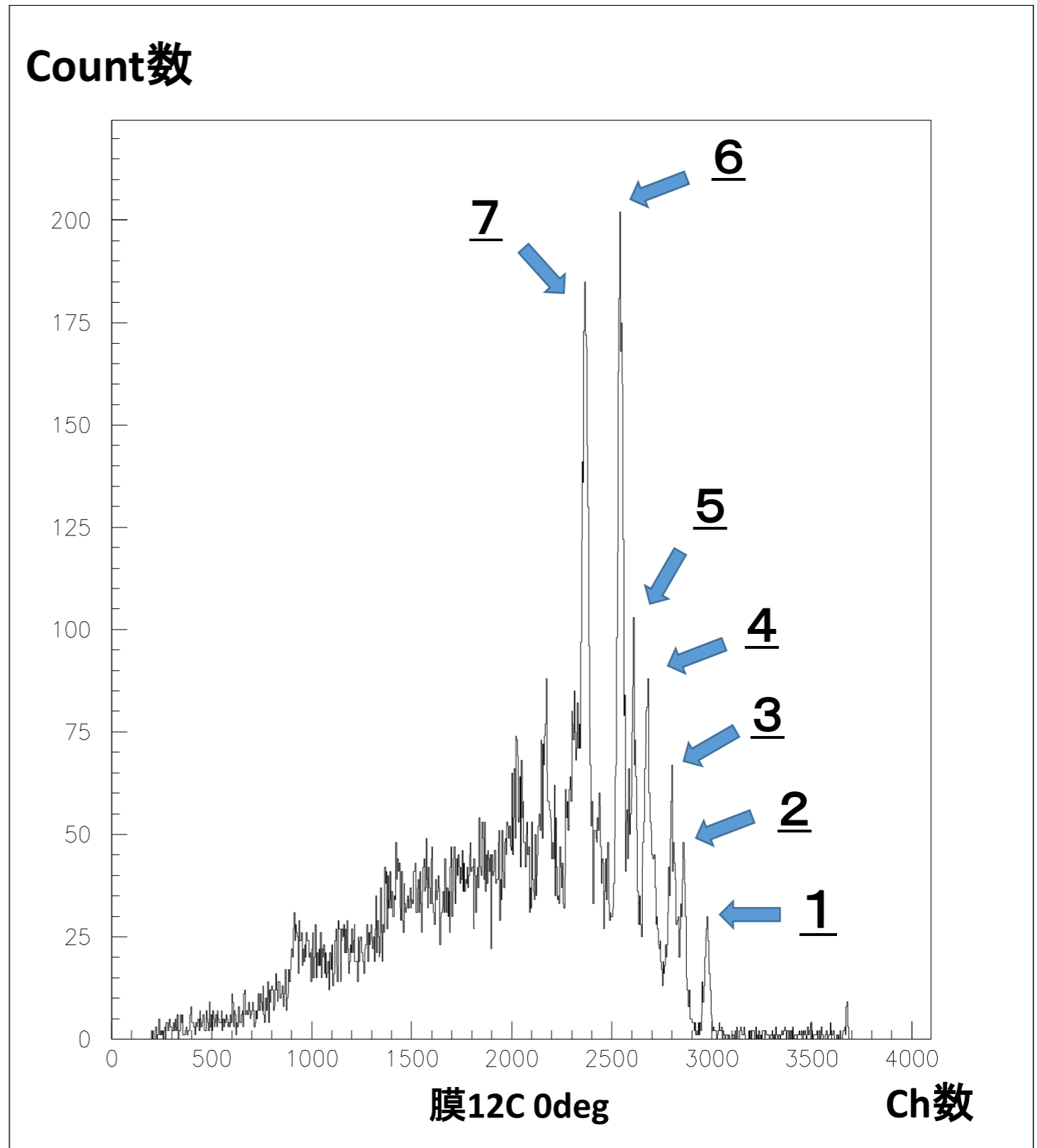
# NeutronのTDC

先ほどの $\gamma$ 線の  
TDCとのch差から  
それぞれのピークでのエ  
ネルギーを出していく

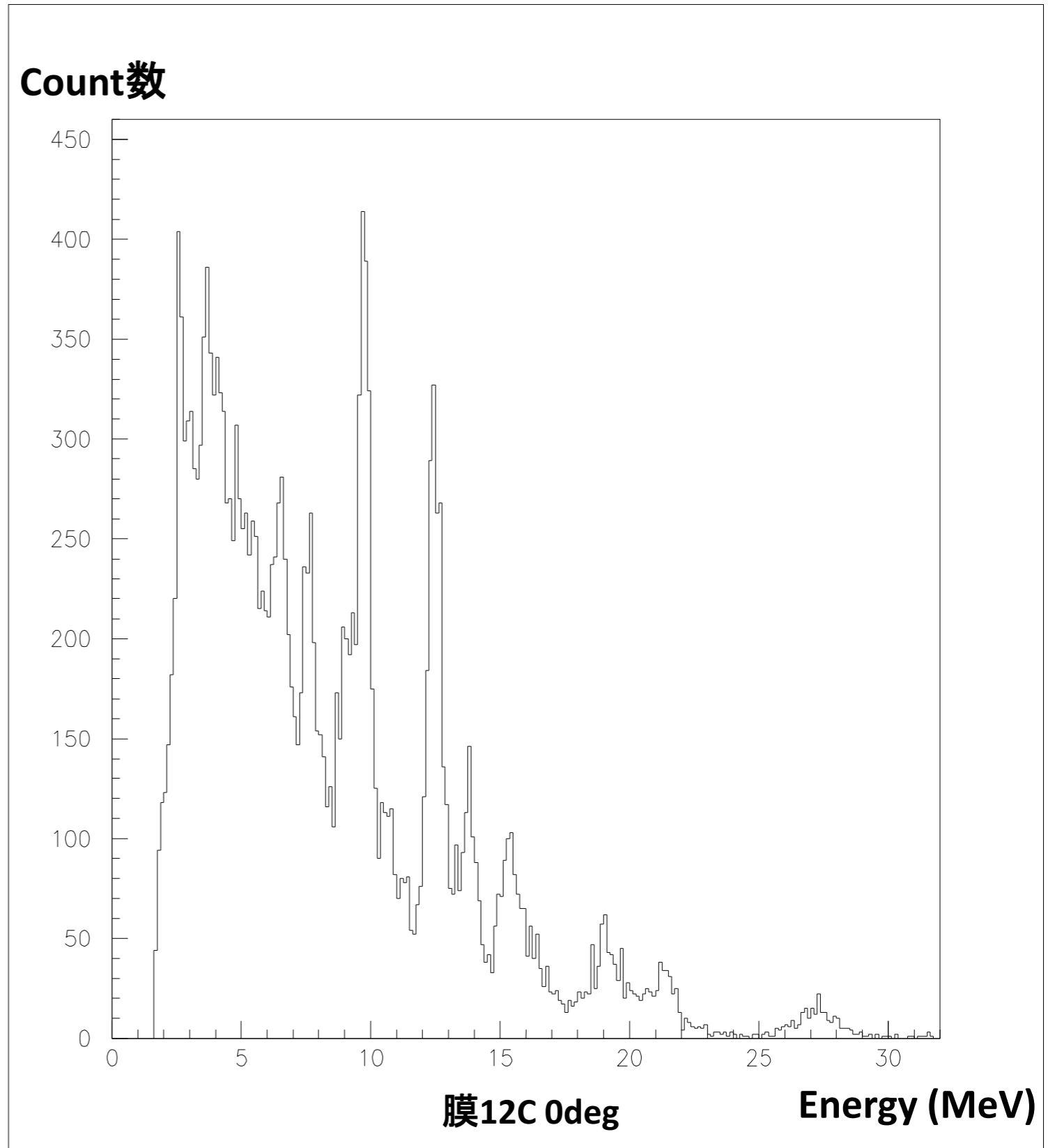


# NeutronのTDC

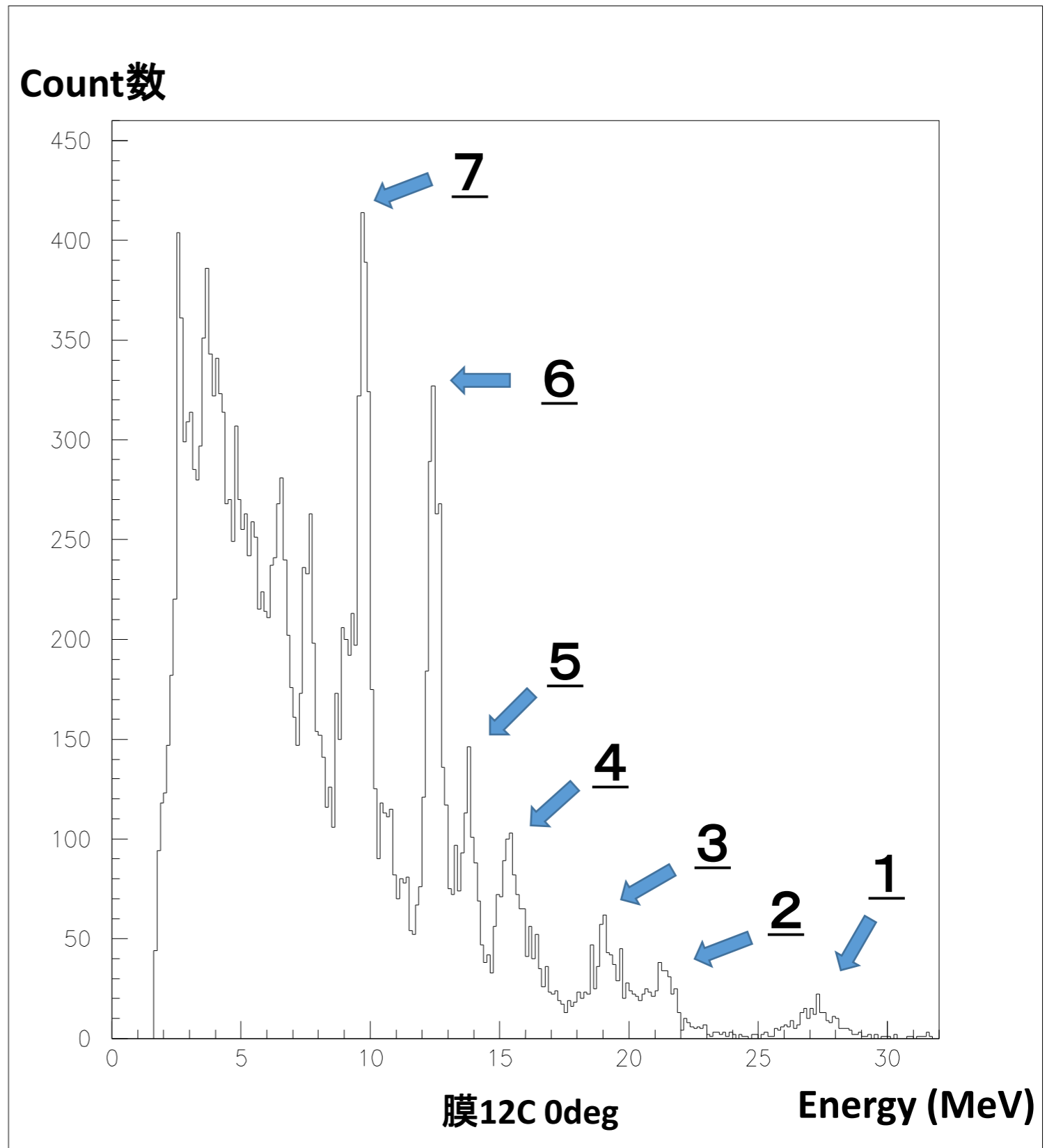
ピーク	1	2	3
Ch数	2975.9	2860.2	2802.1
4	5	6	7
2677.5	2609	2543.1	2367.4



# Neutronのエネルギー

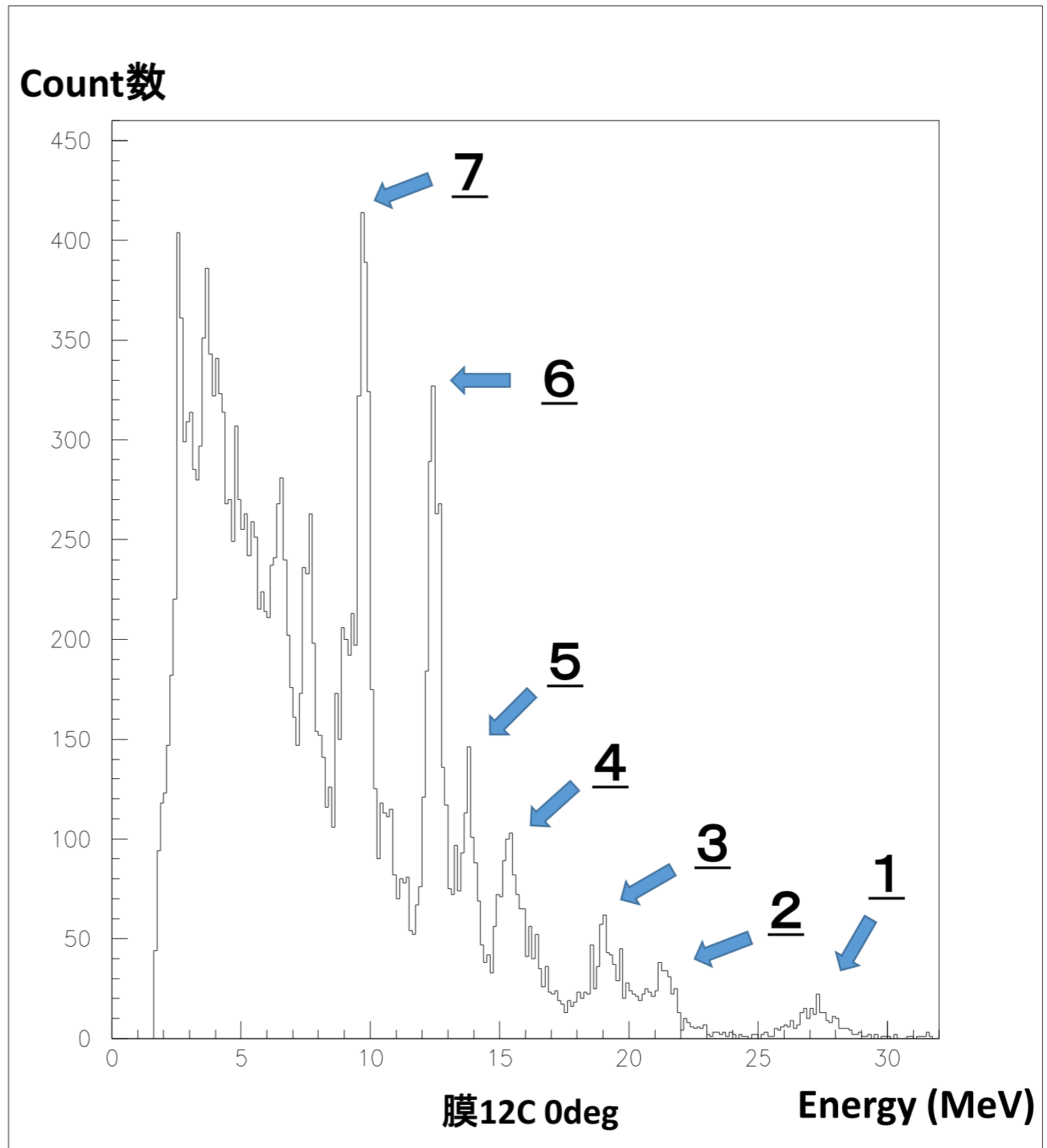


# Neutronのエネルギー



# Neutronのエネルギー

ピーク	1	2	3
Energy (MeV)	27.27	21.42	19.17
4	5	6	7
15.41	13.80	12.48	9.76



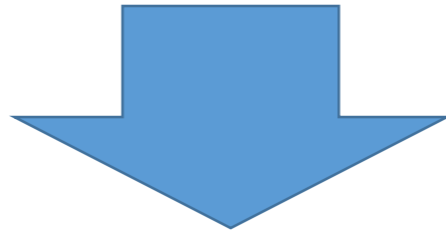
# ビームエネルギーの決定

- $\gamma$ 線のTDCの決定
- $\gamma$ 線のTDCとNeutronのTDCから  
Neutronのエネルギー決定
- Neutronのエネルギーから $^{15}\text{O}$ の  
励起エネルギーとビームエネルギーの決定

- $^{12}\text{C}(\alpha, n)^{15}\text{O}$  反応において、 $0^\circ$  におけるneutronのエネルギーと $^{15}\text{O}$ の励起エネルギー( $E_x$ )が分かると

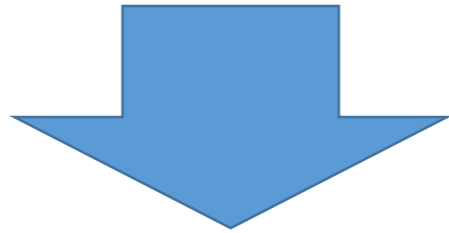


- $^{12}\text{C}(\alpha, n)^{15}\text{O}$  反応において、 $0^\circ$  におけるneutronのエネルギーと $^{15}\text{O}$ の励起エネルギー( $E_x$ )が分かると

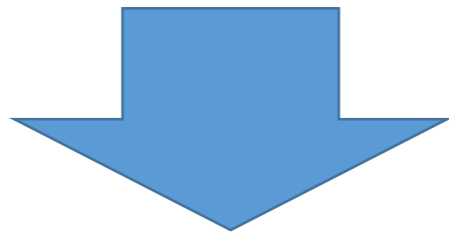


- 運動学より、 $\alpha$ ビームのエネルギー( $E_\alpha$ )も分かる

- $^{12}\text{C}(\alpha, n)^{15}\text{O}$ 反応において、 $0^\circ$  におけるneutronのエネルギーと $^{15}\text{O}$ の励起エネルギー( $E_x$ )が分かると

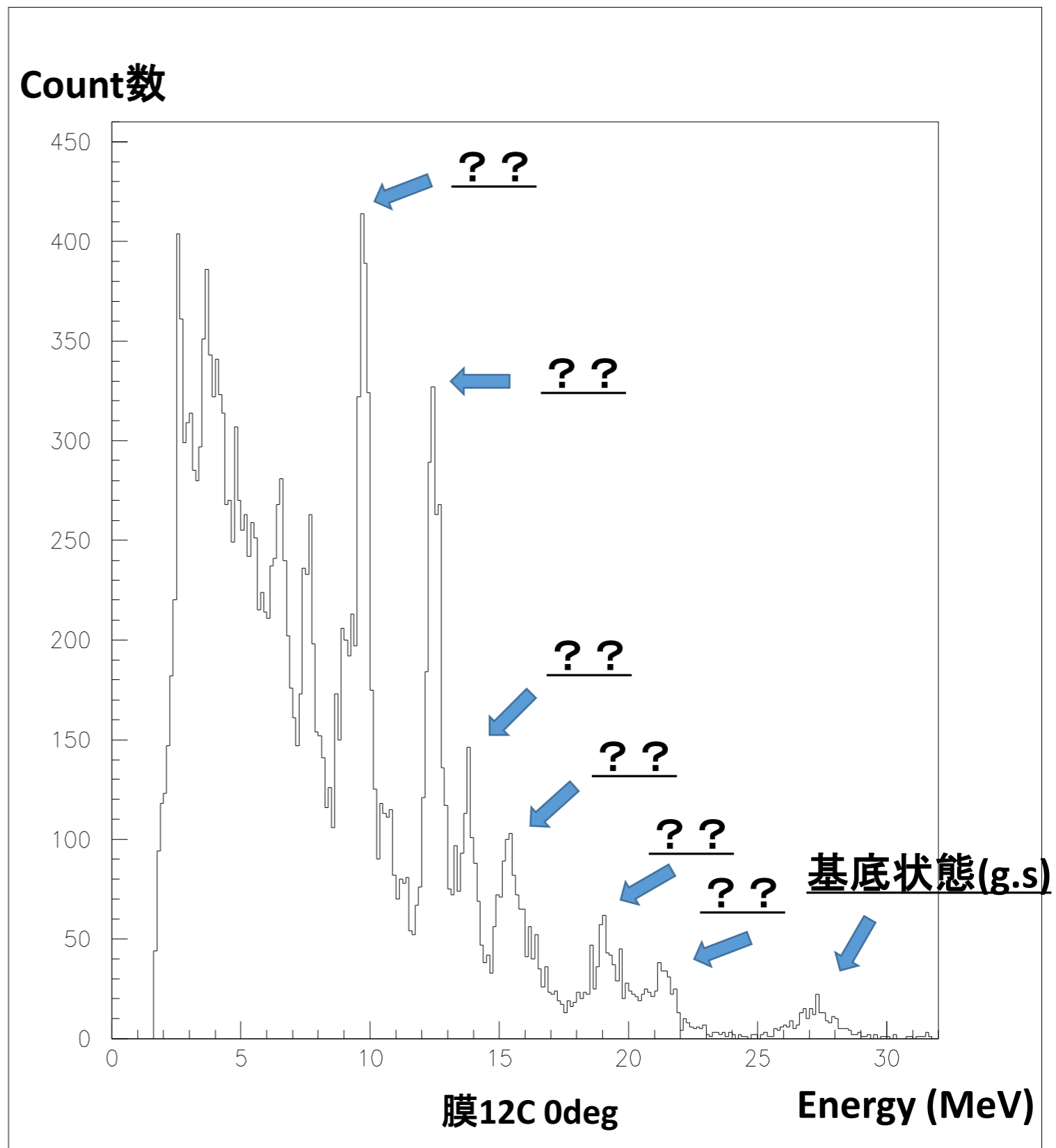


- 運動学より、 $\alpha$ ビームのエネルギー( $E_\alpha$ )も分かる



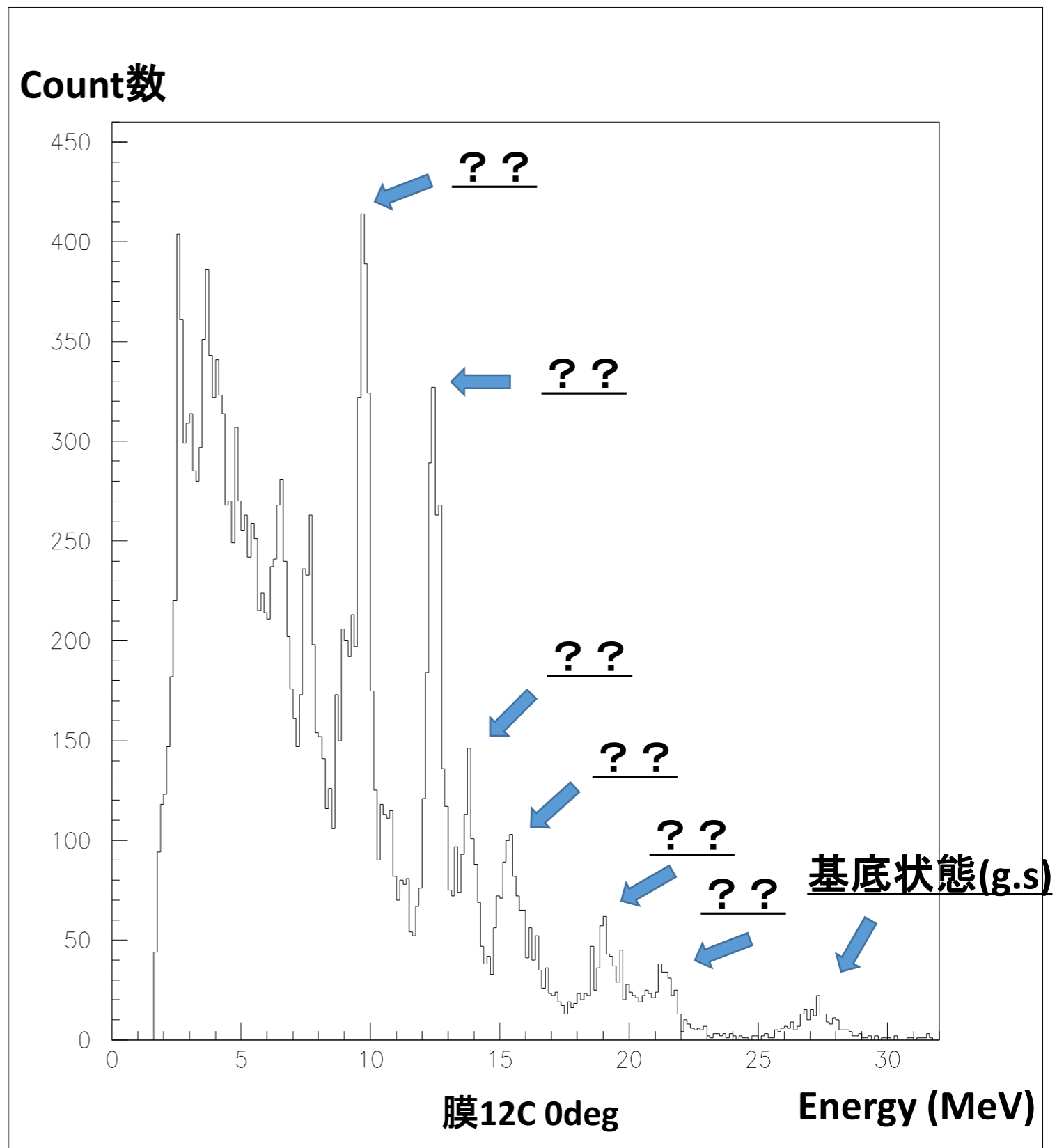
それぞれのピークに対応する $E_x$ を決定したい！

# $^{15}\text{O}$ の励起状態



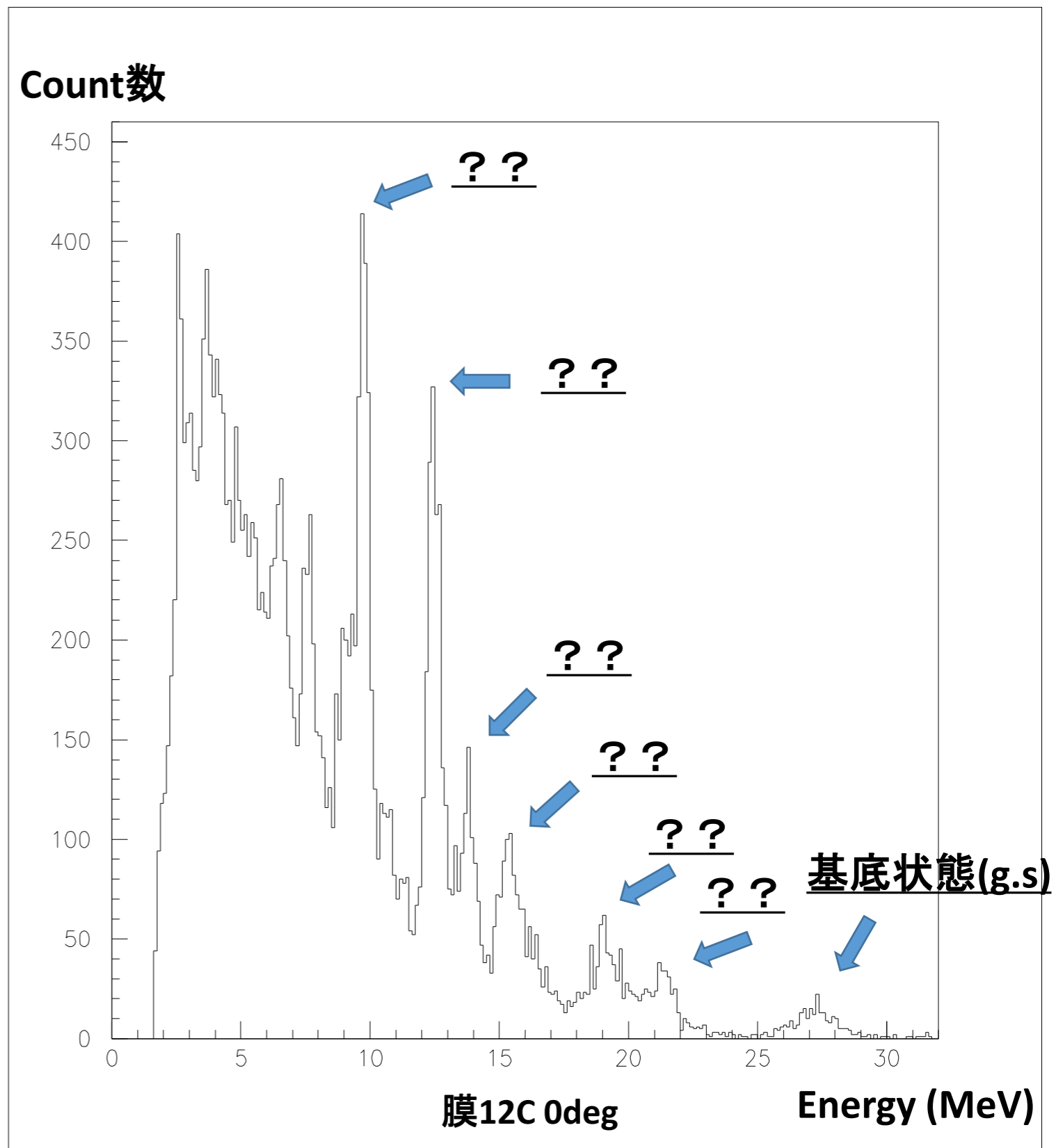
# <sup>15</sup>Oの励起状態

- 最初のピークは基底状態
- それ以降のピークは基底状態のときのビームエネルギーと近くなるように、  
N(ational)N(uclear)D(ata)C(enter)  
のChart of Nucleidsの  
list of levelsの値から選ぶ



# $^{15}\text{O}$ の励起状態

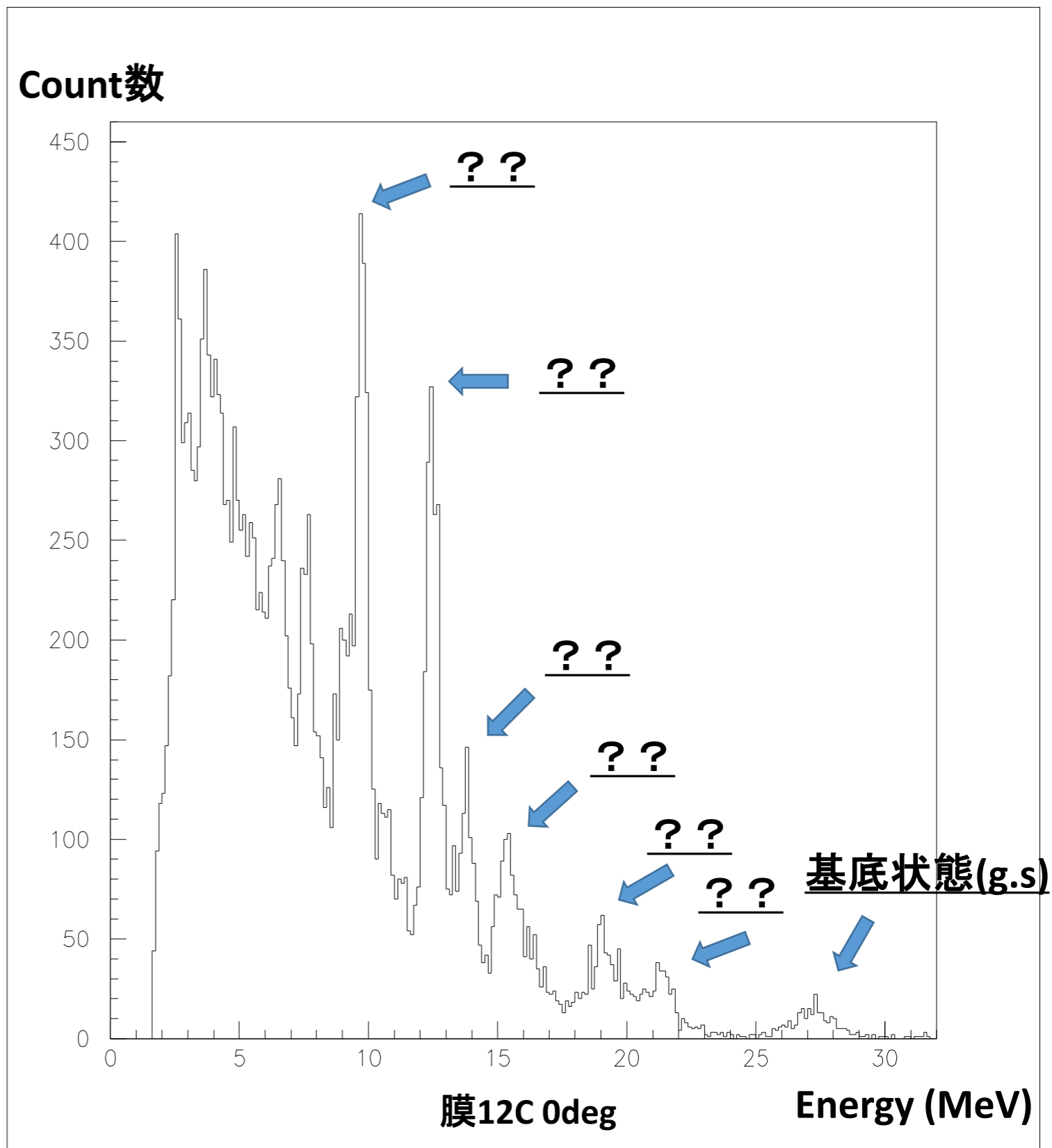
g.s.における  
 $E_{\alpha}=39.31\text{MeV}$



# $^{15}\text{O}$ の励起状態

g.s.における  
 $E_{\alpha}=39.31\text{MeV}$

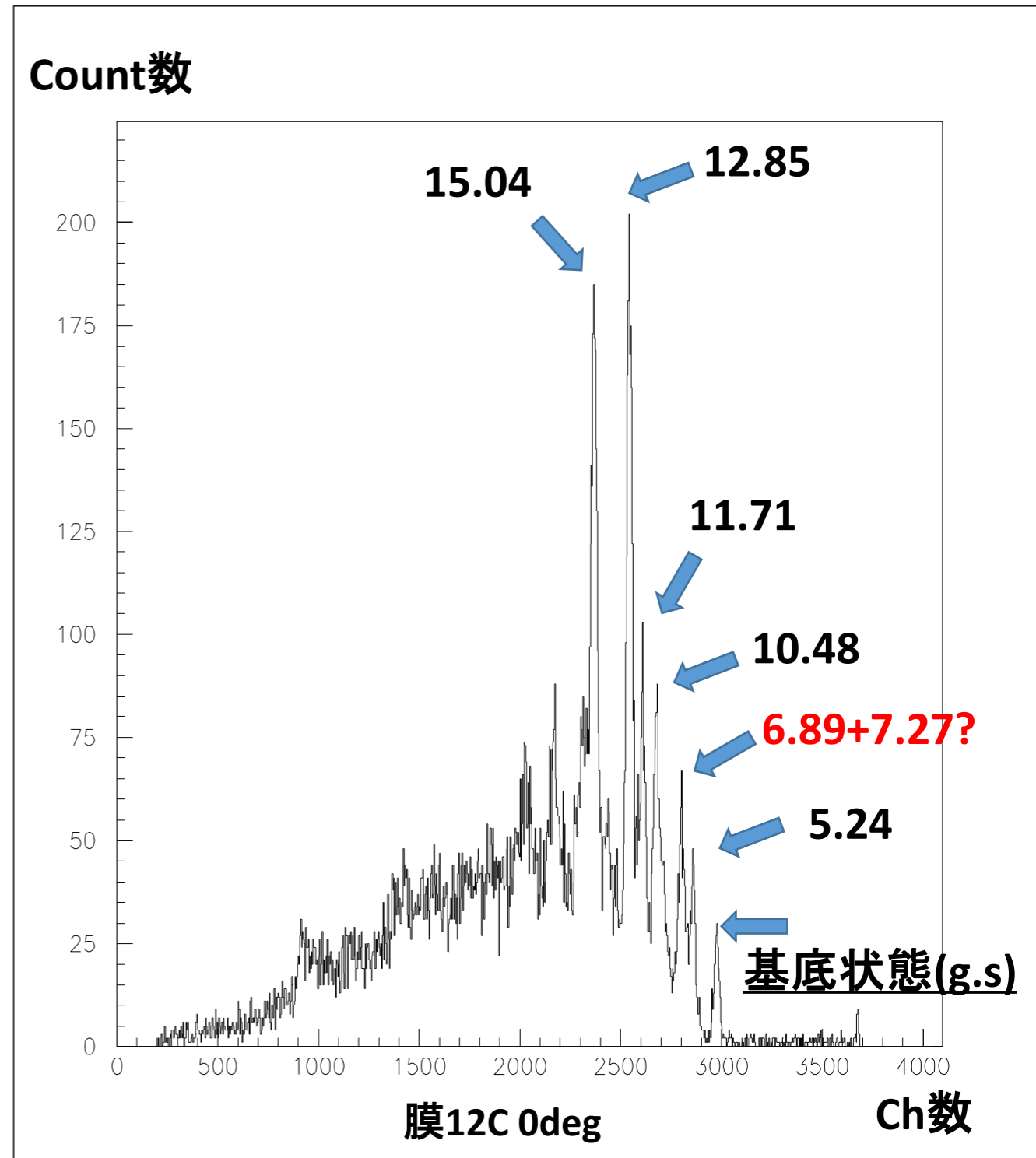
	NNDC Ex (MeV)	Ref Ex (MeV)	En (MeV)	$E_{\alpha}$ (MeV)
1	5.24	5.24	21.42	39.32
2	6.89 7.26	7.26	19.17	38.99 39.36
3	10.47	10.48	15.41	39.33
4	11.71	11.71	13.80	39.18
5	12.83	12.85	12.48	39.21
6	15.05	15.04	9.76	39.22



# <sup>15</sup>Oの励起状態

励起状態は右図の通り

※3つ目のExは  
正確には決定できなかった



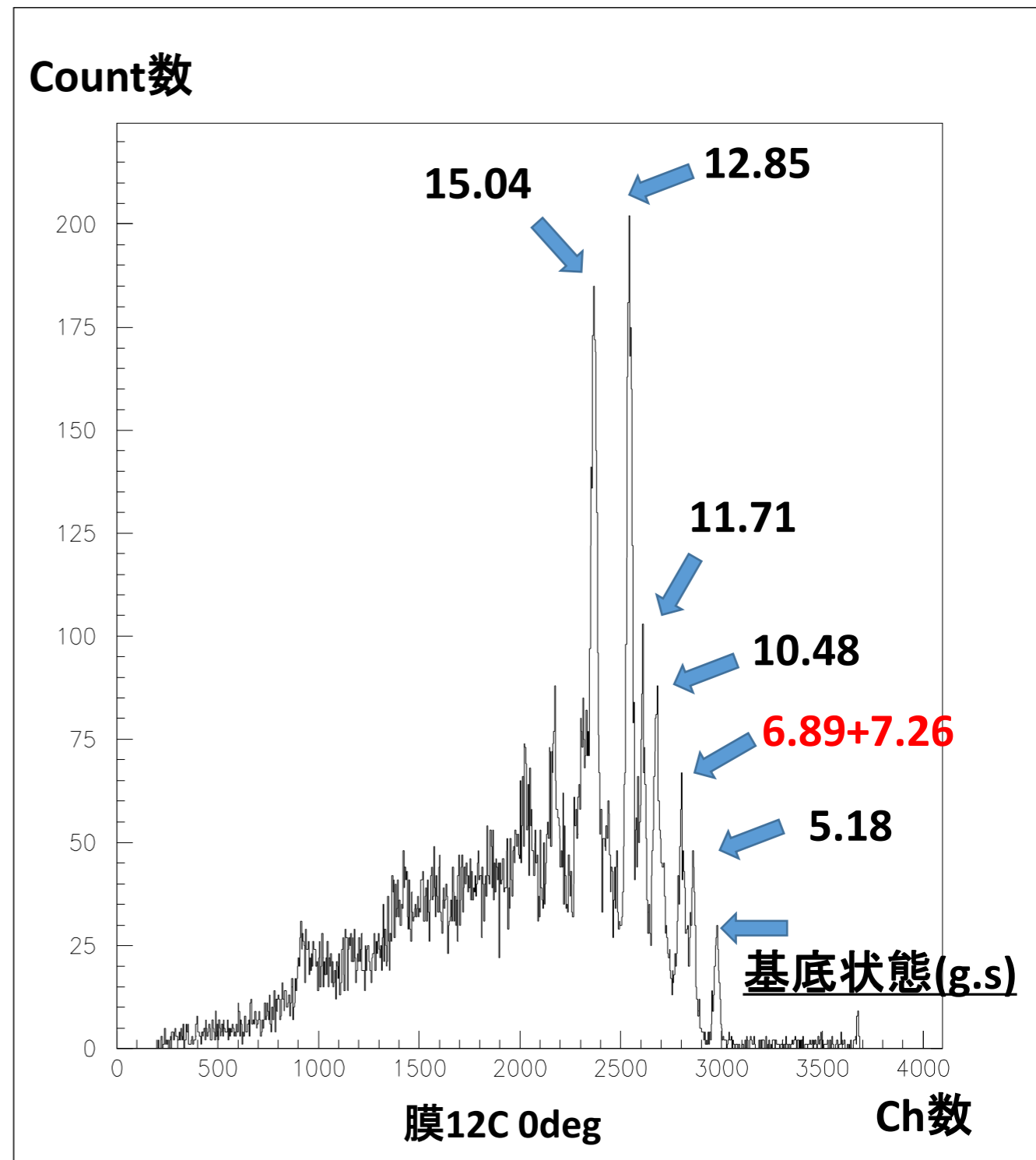
# <sup>15</sup>Oの励起状態

励起状態は右図の通り

※3つ目のExは  
正確には決定できなかった



決定出来たものから  
誤差(※)を考慮して  
ビームエネルギーを  
求めたところ、  
39.21MeVとなった





# ビームエネルギーの誤差

## 誤差の要因

- ・TDCのキャリブレーション(0.152ns)
- ・TDCの中性子ピークの読み取り誤差(~0.2ns)
- ・TDCの $\gamma$ 線ピークの読み取り誤差(0.02ns)
- ・標的とシンチレータの距離の誤差(5mm)
- ・励起エネルギーの誤差(20keV)

判断材料がないため、適当に決める

# ビームエネルギーの誤差

## 誤差の要因

- ・TDCのキャリブレーション(0.152ns)
- ・TDCの中性子ピークの読み取り誤差(~0.2ns)
- ・TDCの $\gamma$ 線ピークの読み取り誤差(0.02ns)
- ・標的とシンチレータの距離の誤差(5mm)
- ・**励起エネルギーの誤差(20keV)**

**判断材料がないため、適当に決める**

各励起状態ごとに誤差を求めて重み付き平均をとり、 $(\chi^2/\text{自由度})$ が1に近づくように励起エネルギーの誤差を決定する

# ビームエネルギーの誤差

## 誤差の要因

- ・TDCのキャリブレーション(0.152ns)
- ・TDCの中性子ピークの読み取り誤差(~0.2ns)
- ・TDCの $\gamma$ 線ピークの読み取り誤差(0.02ns)
- ・標的とシンチレータの距離の誤差(5mm)
- ・**励起エネルギーの誤差(20keV)**

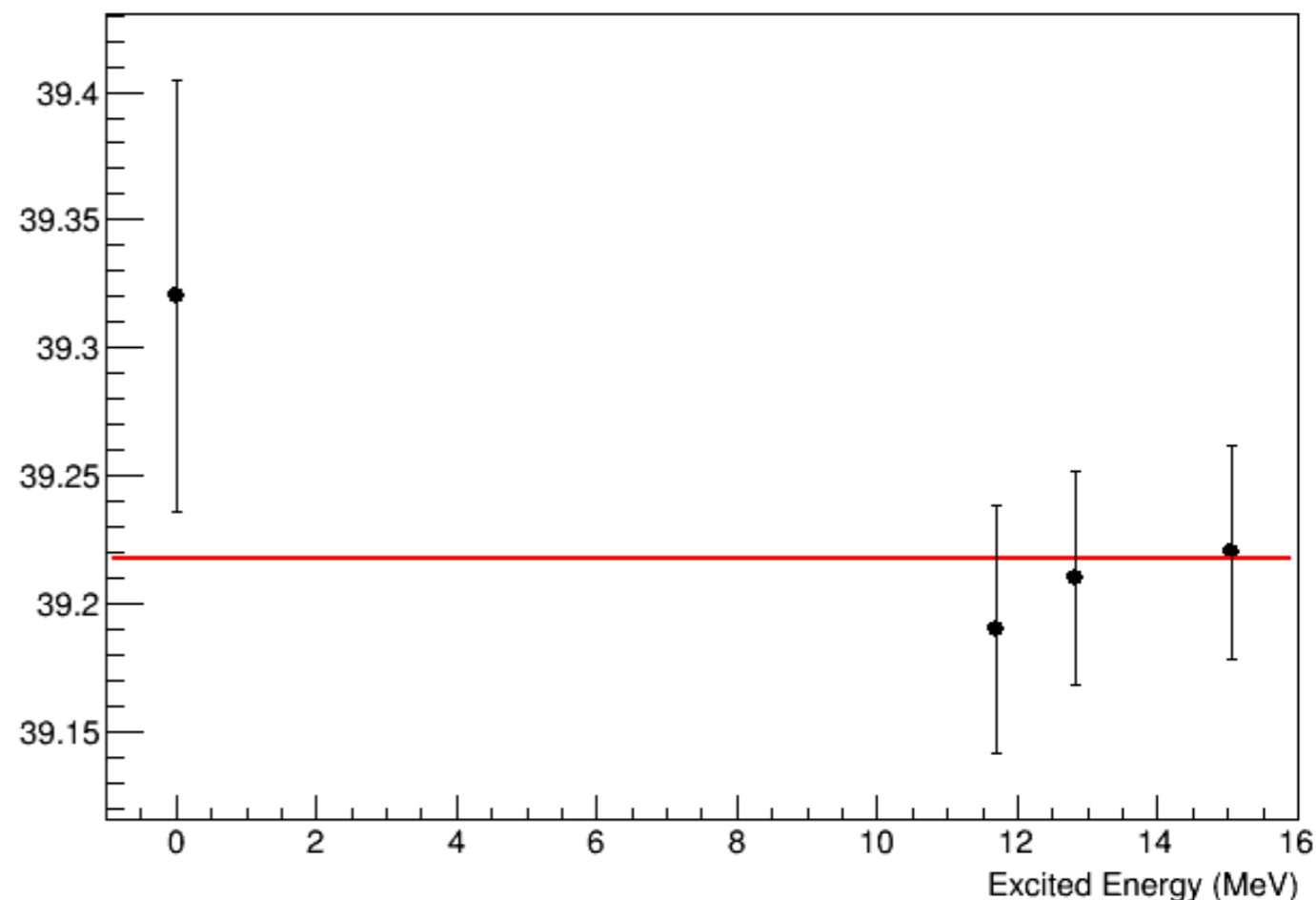
判断材料がないため、適当に決める

各励起状態ごとに誤差を求めて重み付き平均をとり、 $(\chi^2/\text{自由度})$ が1に近づくように励起エネルギーの誤差を決定する

ビームエネルギー (MeV)

$$E_{\alpha} = 39.21 \pm 0.021 \text{ MeV}$$

$$\chi^2/\text{自由度} = 1.2759$$



# ビームエネルギーの決定

- 決定出来たExを用いてビームエネルギーを出したところ、 $39.21 (\pm 0.021) \text{MeV}$ と決定できた

# ビームエネルギーの決定

- 決定出来たExを用いてビームエネルギーを出したところ、 $39.21 (\pm 0.021) \text{MeV}$ と決定できた
- ただし、これは $^{12}\text{C}$ の中心を通った時のエネルギーであり、実際のビームエネルギーは $39.33 \text{MeV}$ となった

# 目次

---

1. 理論的背景・実験目的

2. 実験Set up

3. 解析・実験結果

- ビームエネルギー測定
- 膜のバックグラウンド測定

4. Discussion

# 微分断面積の求め方

$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dE} = \frac{(Y - BG)}{N_b \times N_t \times \Delta\Omega \times \Delta E} \times (\text{補正係数})$$

Y:収量

BG:background

$N_b$ :  $\alpha$ 粒子の数

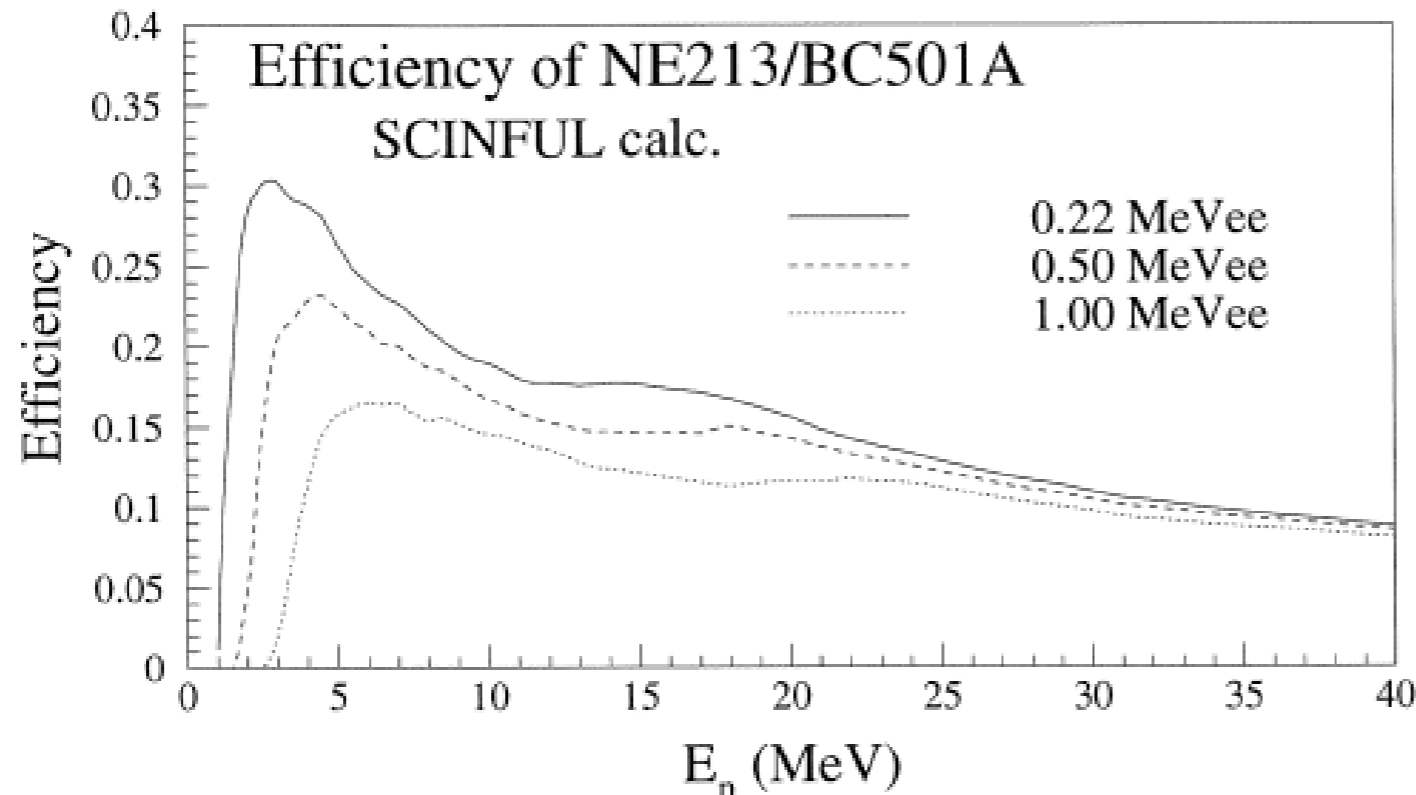
$N_t$ : 単位面積当たりのTarget粒子の数 ( $\text{mb}^{-1}$ )

$\Delta\Omega$ :検出器の立体角 (sr)

$\Delta E$ :bin幅 (MeV)

# 補正係数について

1. 空気のattenuation( $^{12}\text{C}$ でtargetと検出器との距離を変えて測定)~1.04
2. live time(triggerの数と時間を測って計算)~1.01
3. 検出効率(Phys. Lett. B 551 255 (2003) を使用)

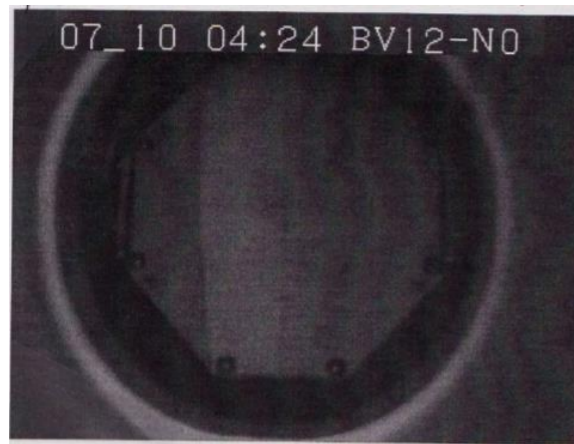




# Taのファラデーカップでの様子

膜との反応によって $\alpha$ ビームが大きく広がる

0度



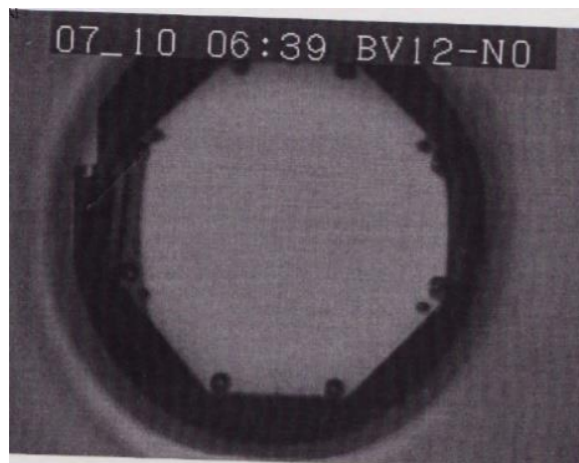
縦方向に  
Focus



ビーム量  
を増加



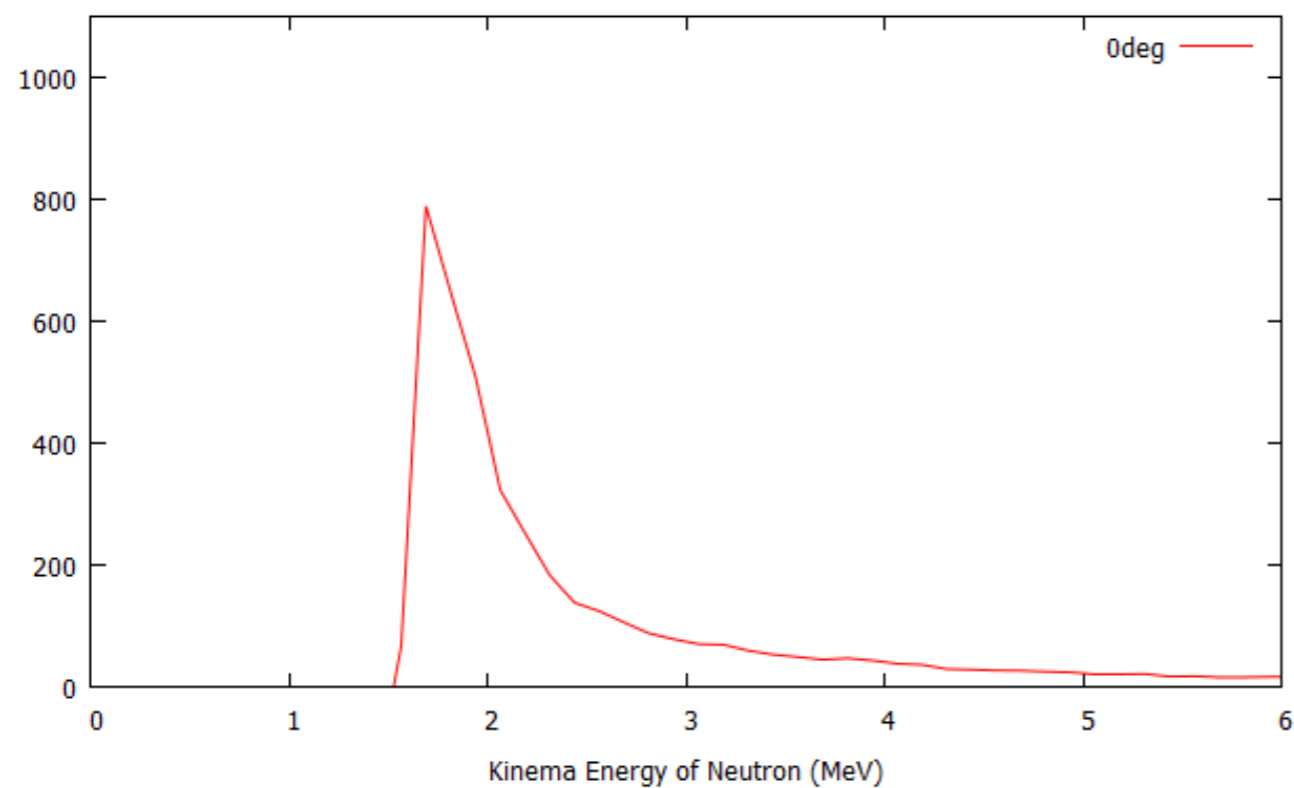
5度



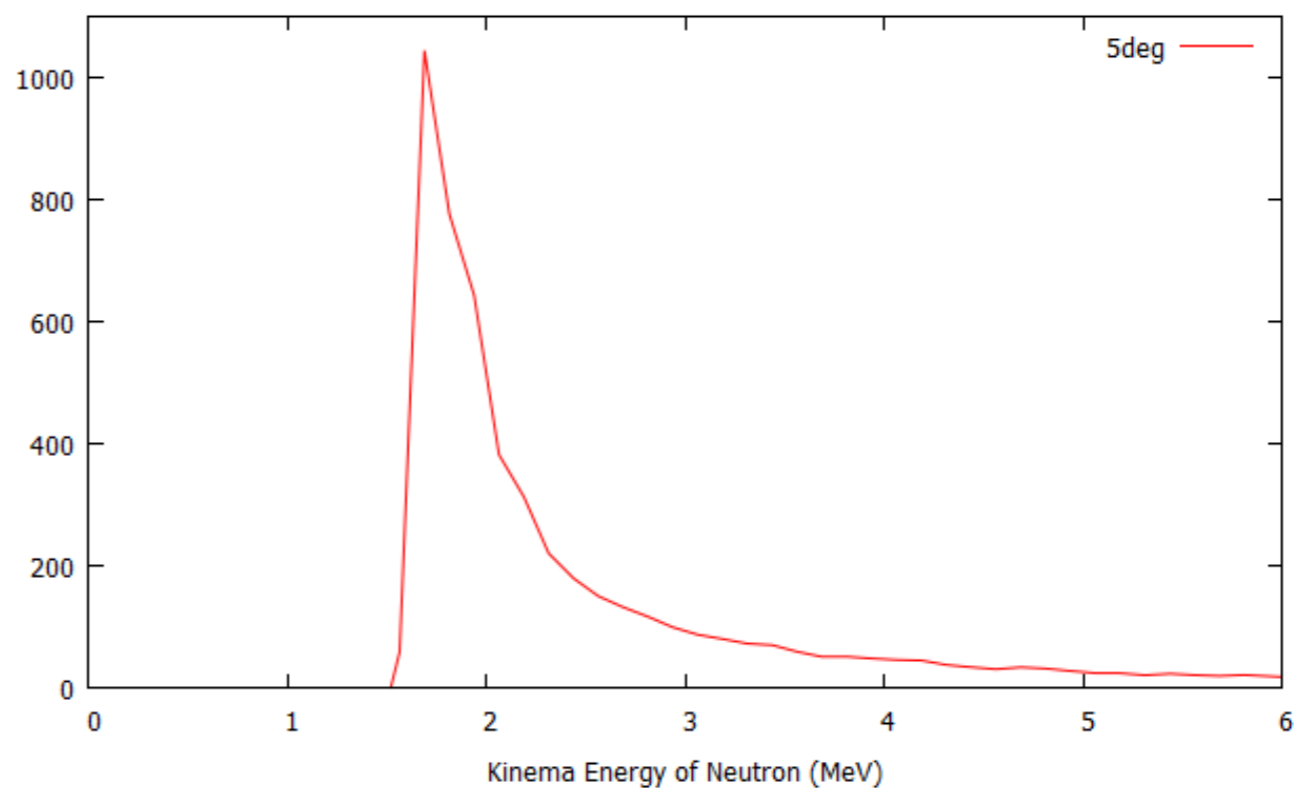
Taでの測定は時間の都合もあり、  
0度と5度で打ち切り

# Taの微分断面積 [mb/sr/MeV]

0度

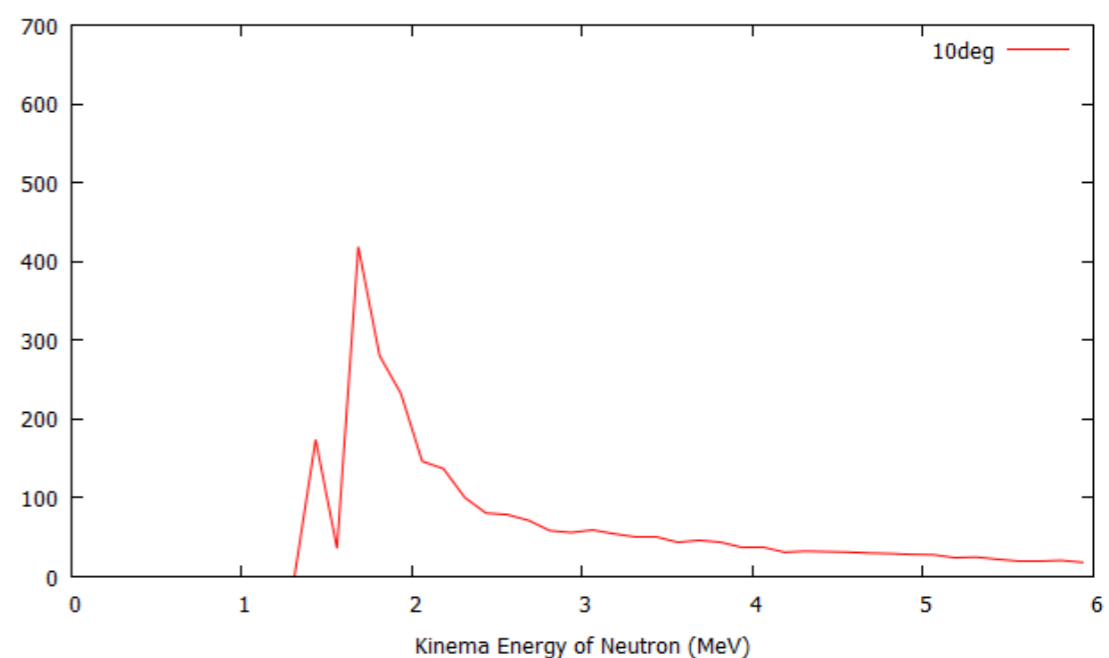


5度

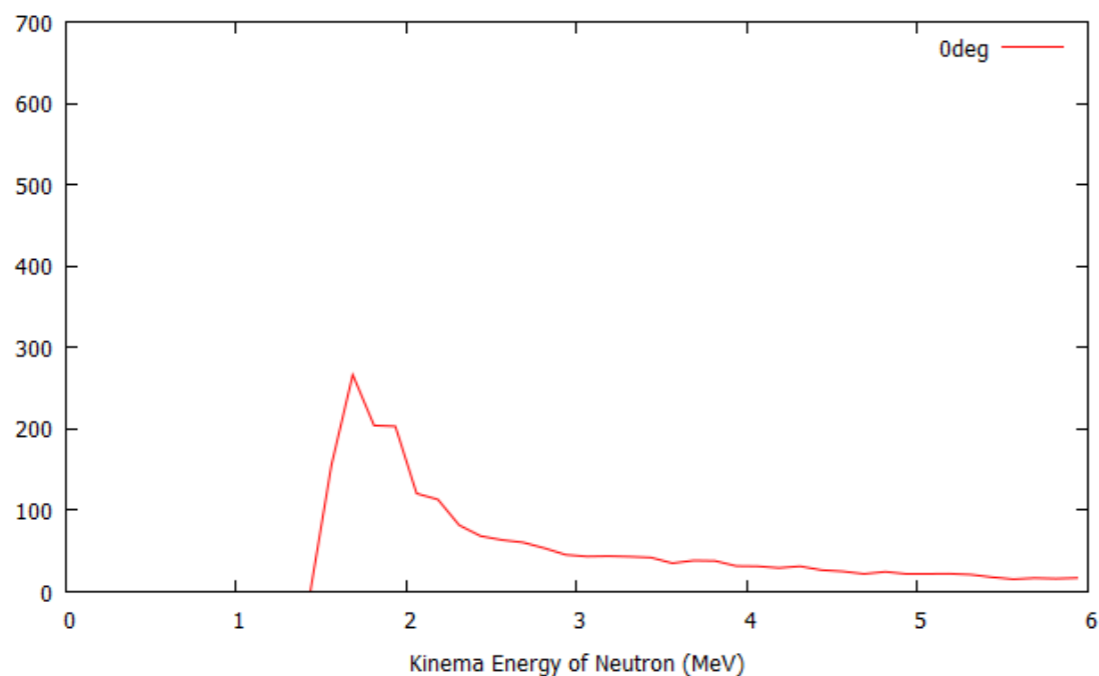


# Havarの微分断面積 [mb/sr/MeV]

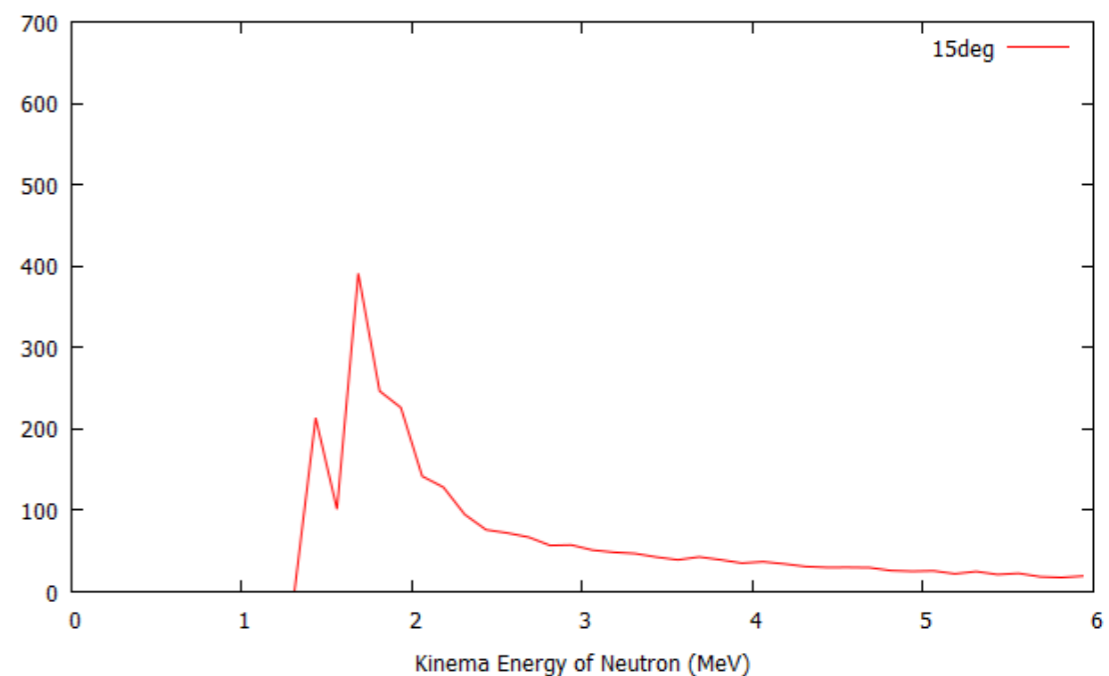
10度



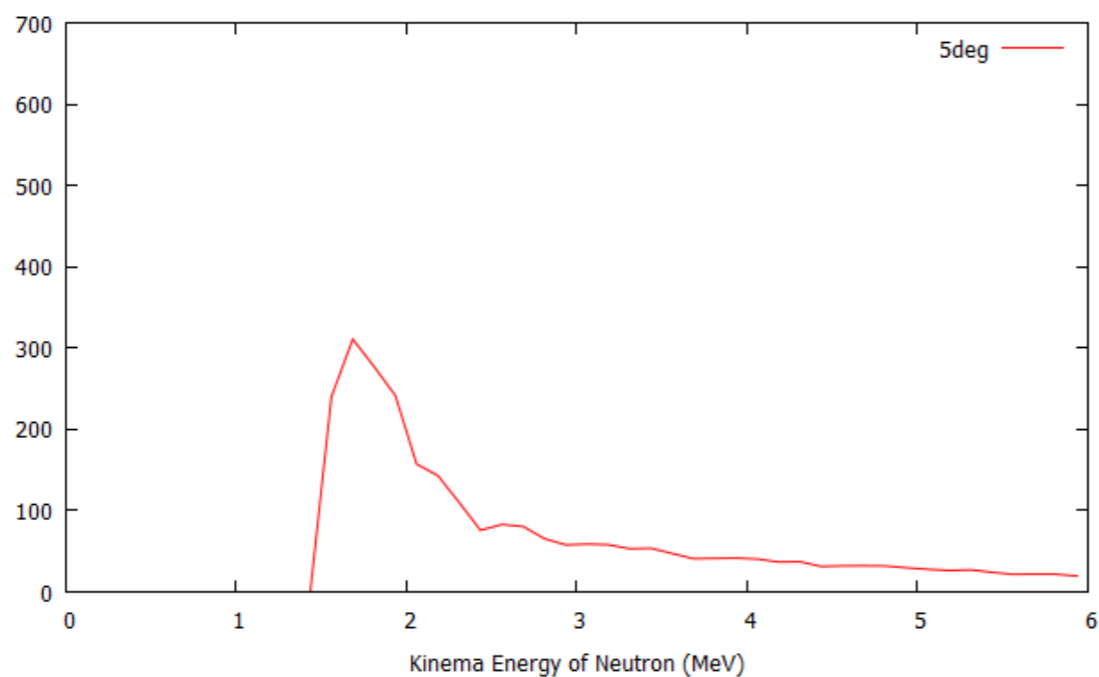
0度



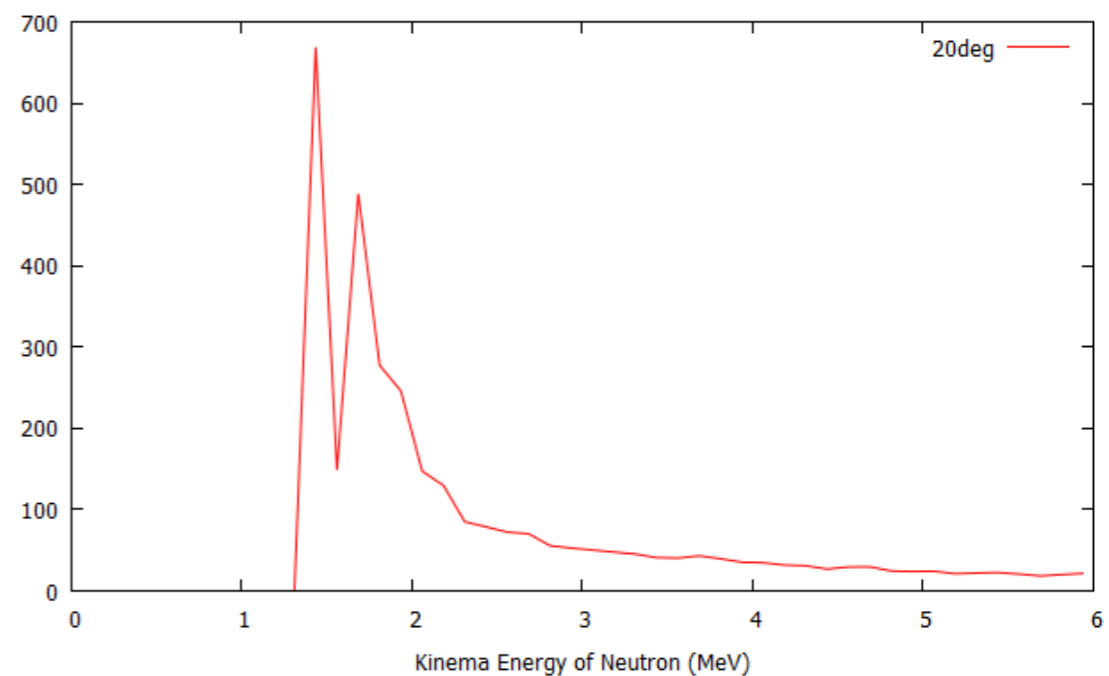
15度



5度

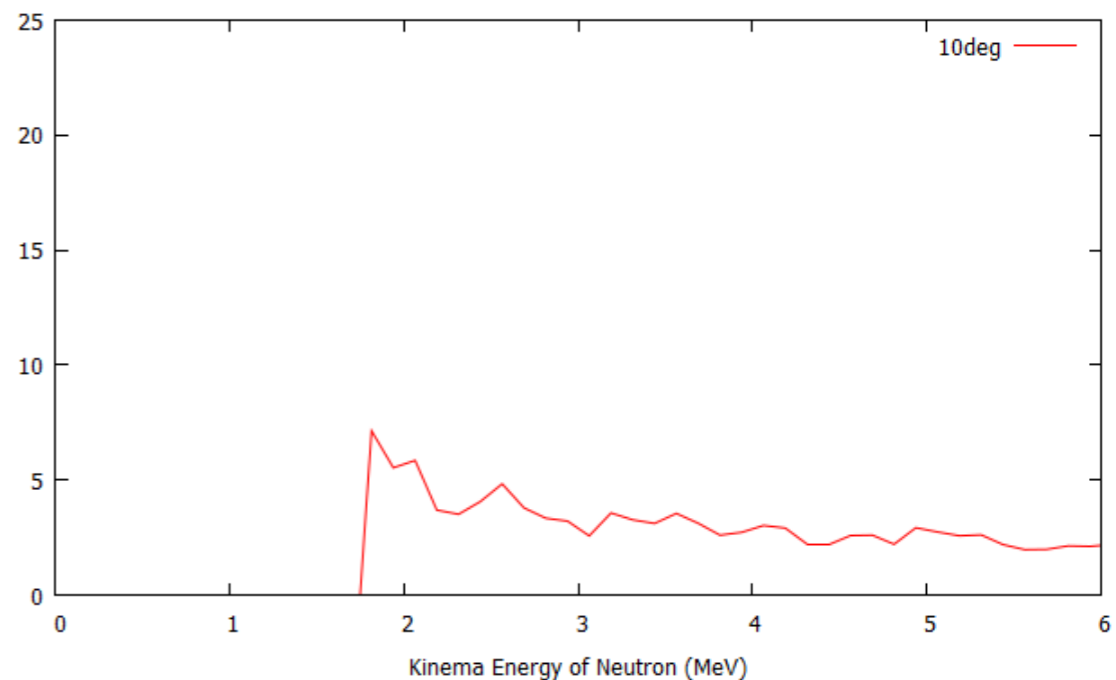


20度

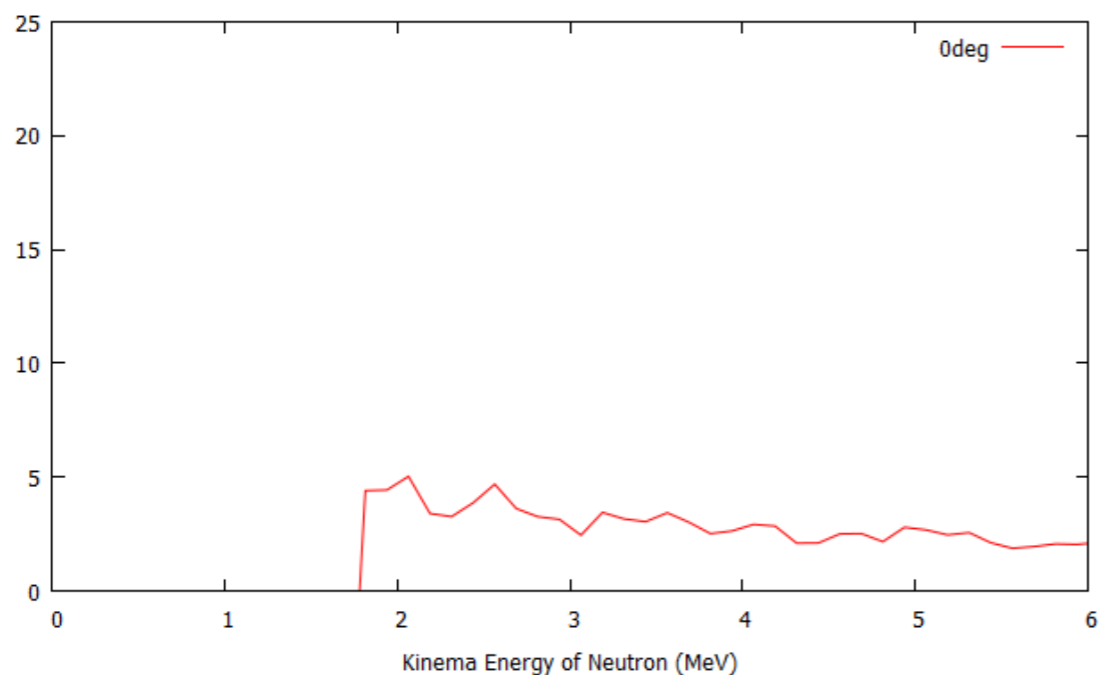


# Aramidの微分断面積 [mb/sr/MeV]

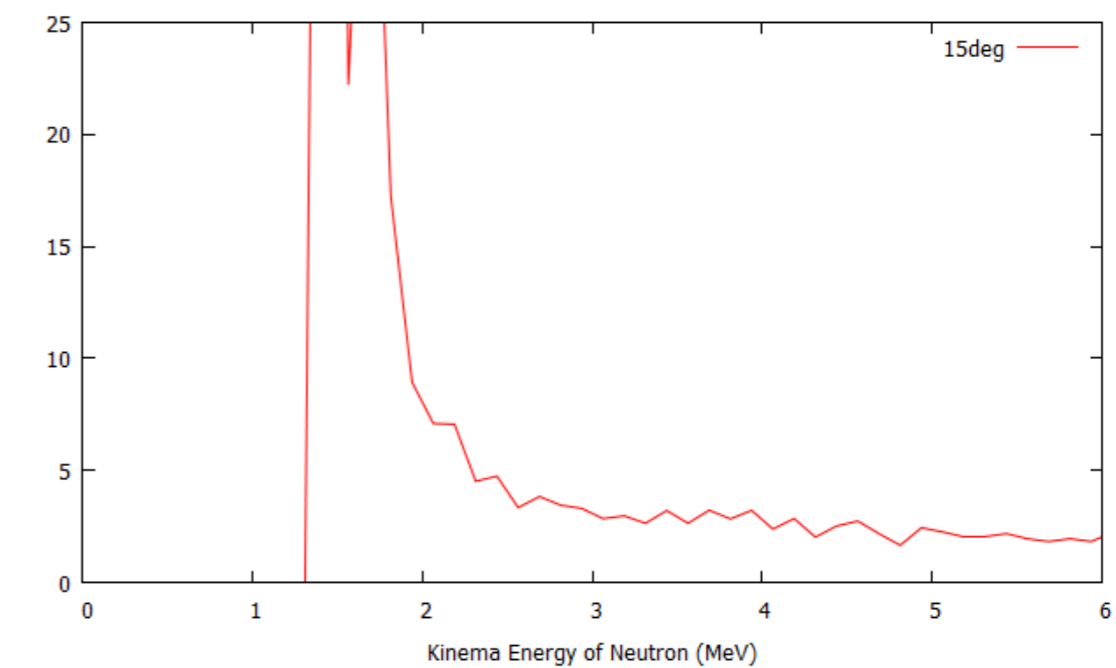
10度



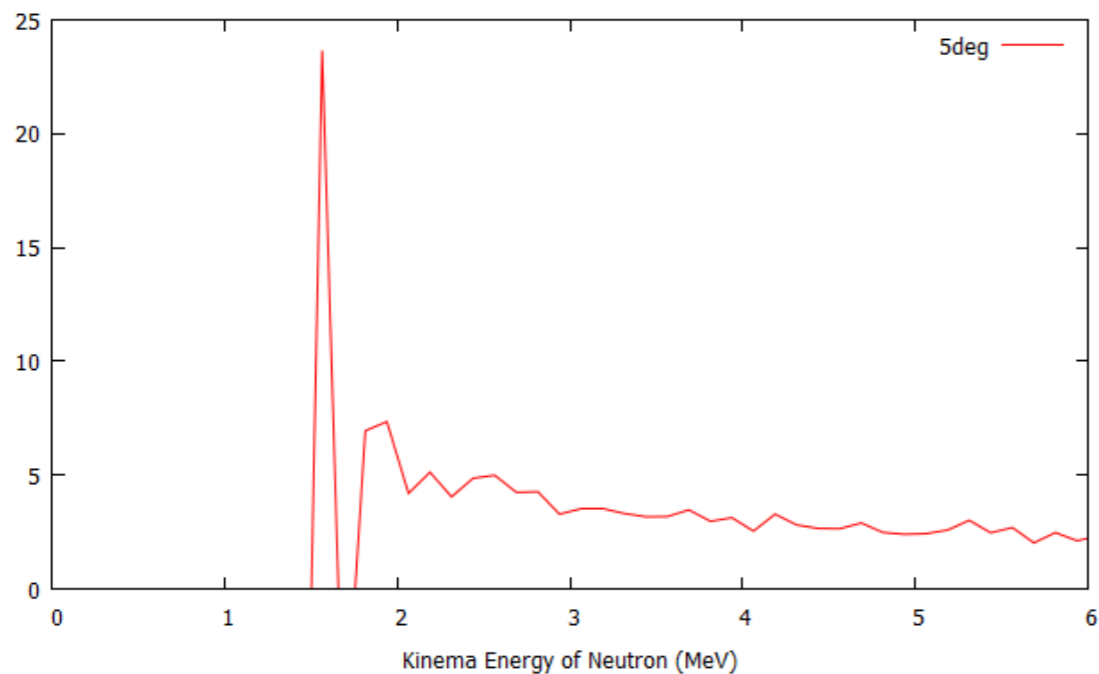
0度



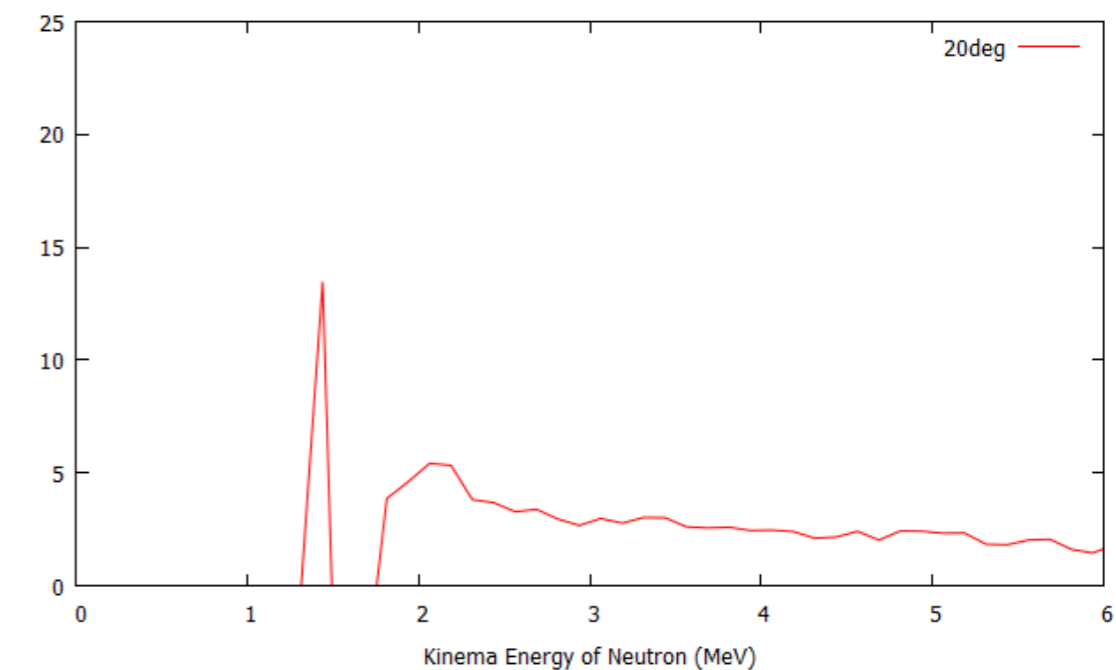
15度



5度

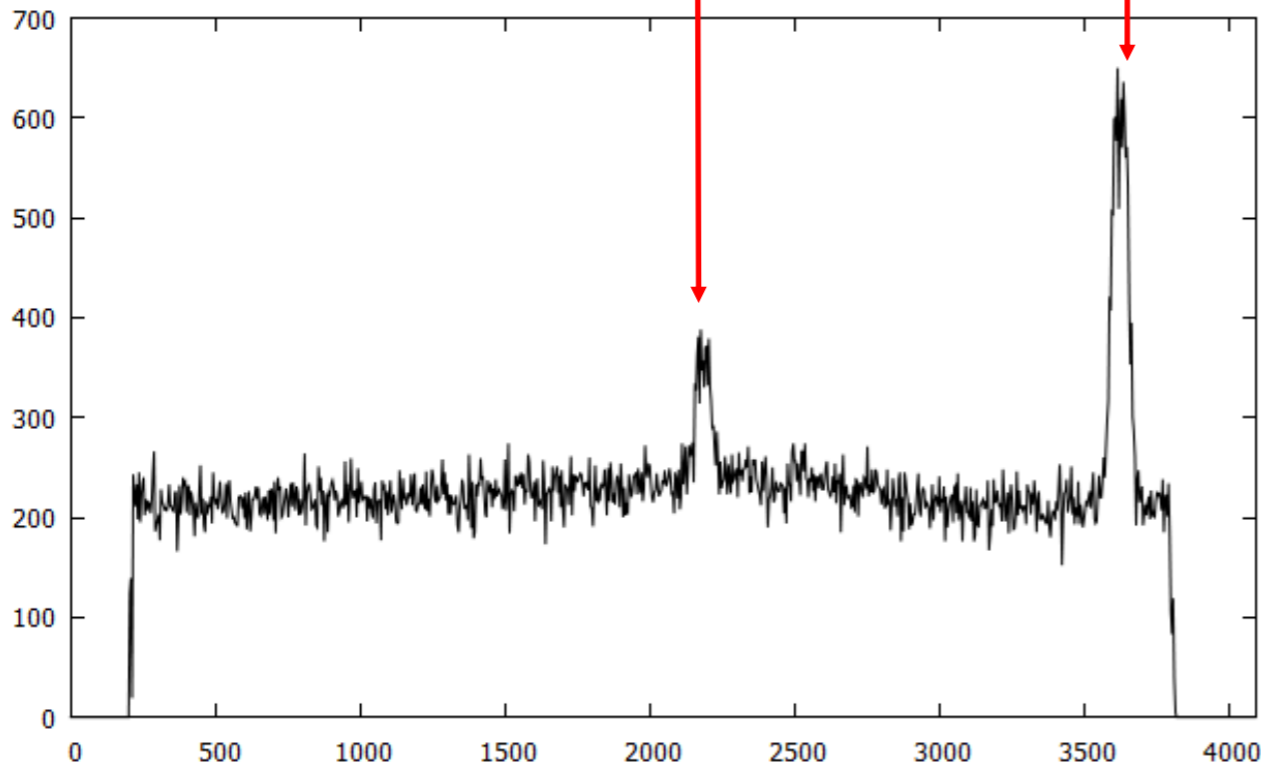


20度

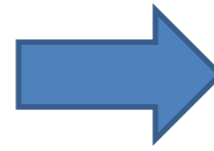


# Aramidの15度について

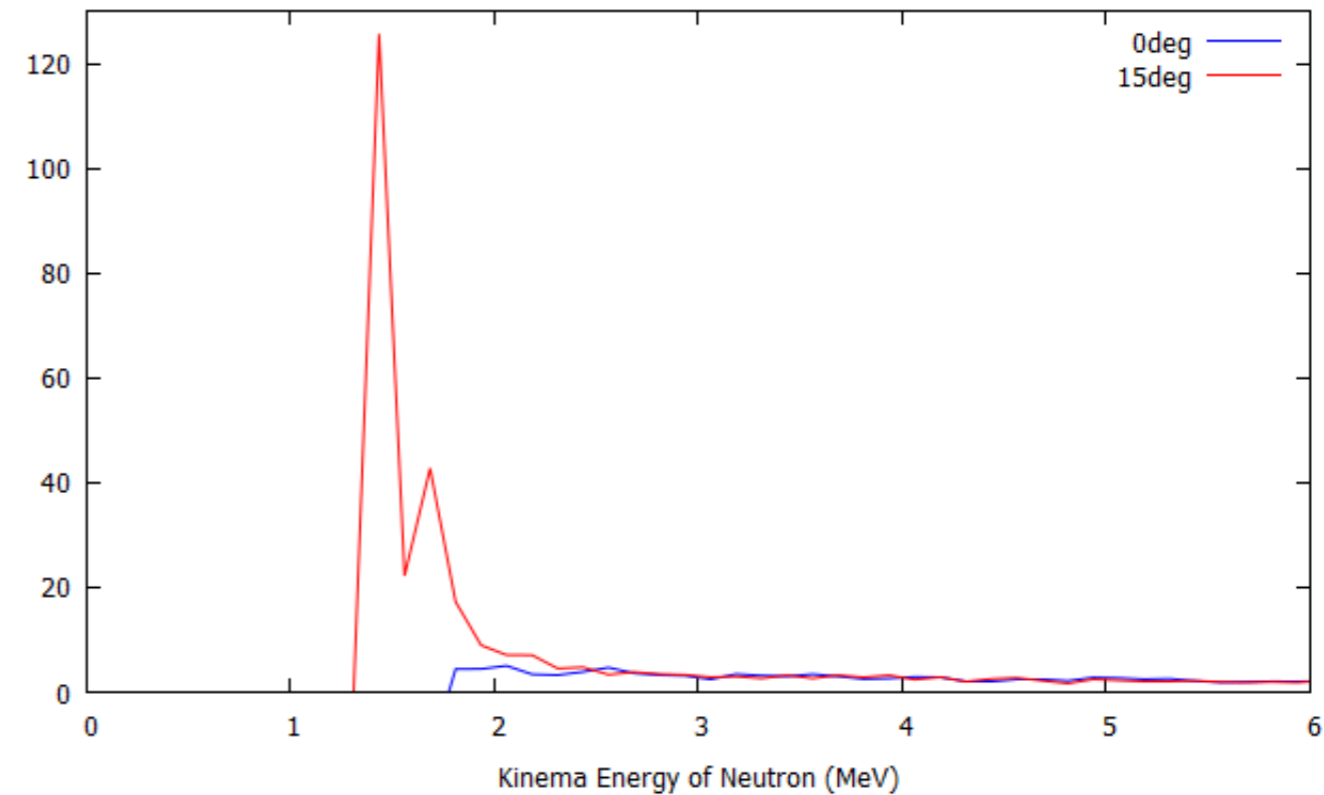
TDCヒストグラム



加速器の2周期分

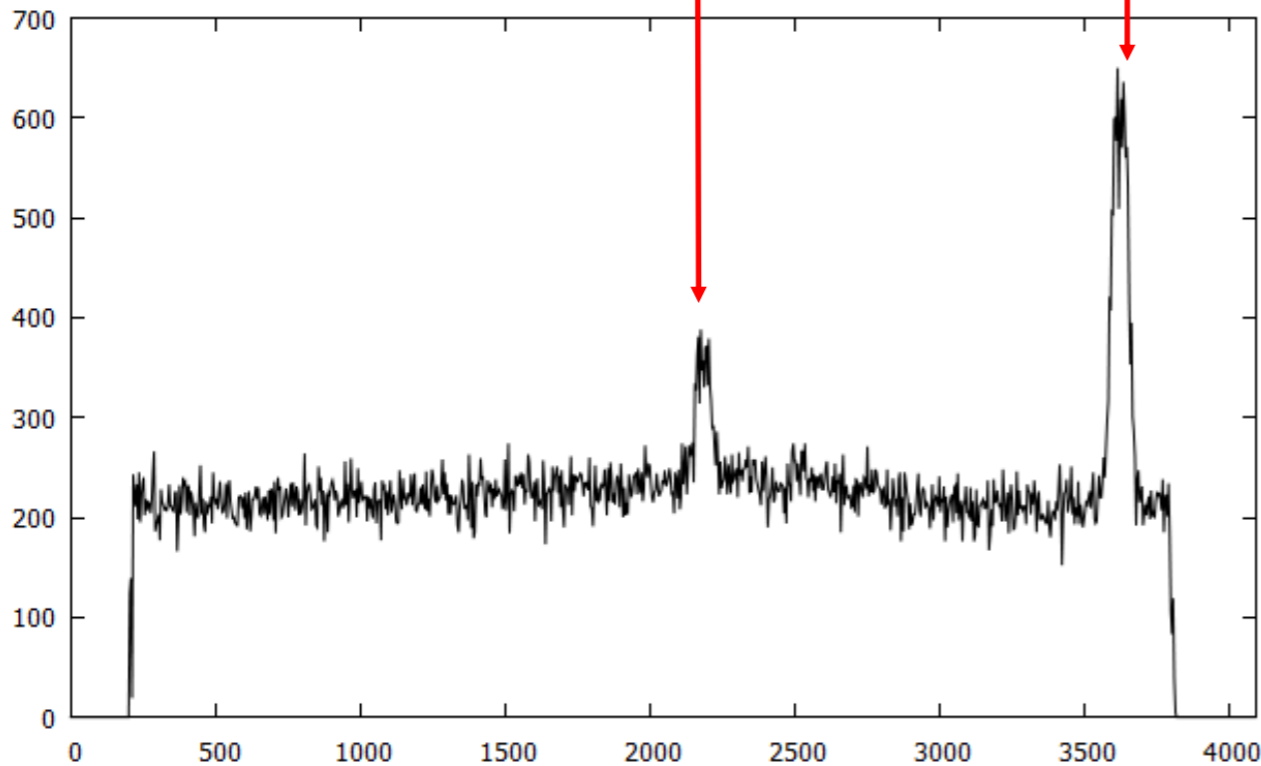


- ・ビームを捨てきれなかった可能性大
- ・低エネルギーのノイズが大きくなった

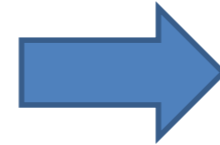


# Aramidの15度について

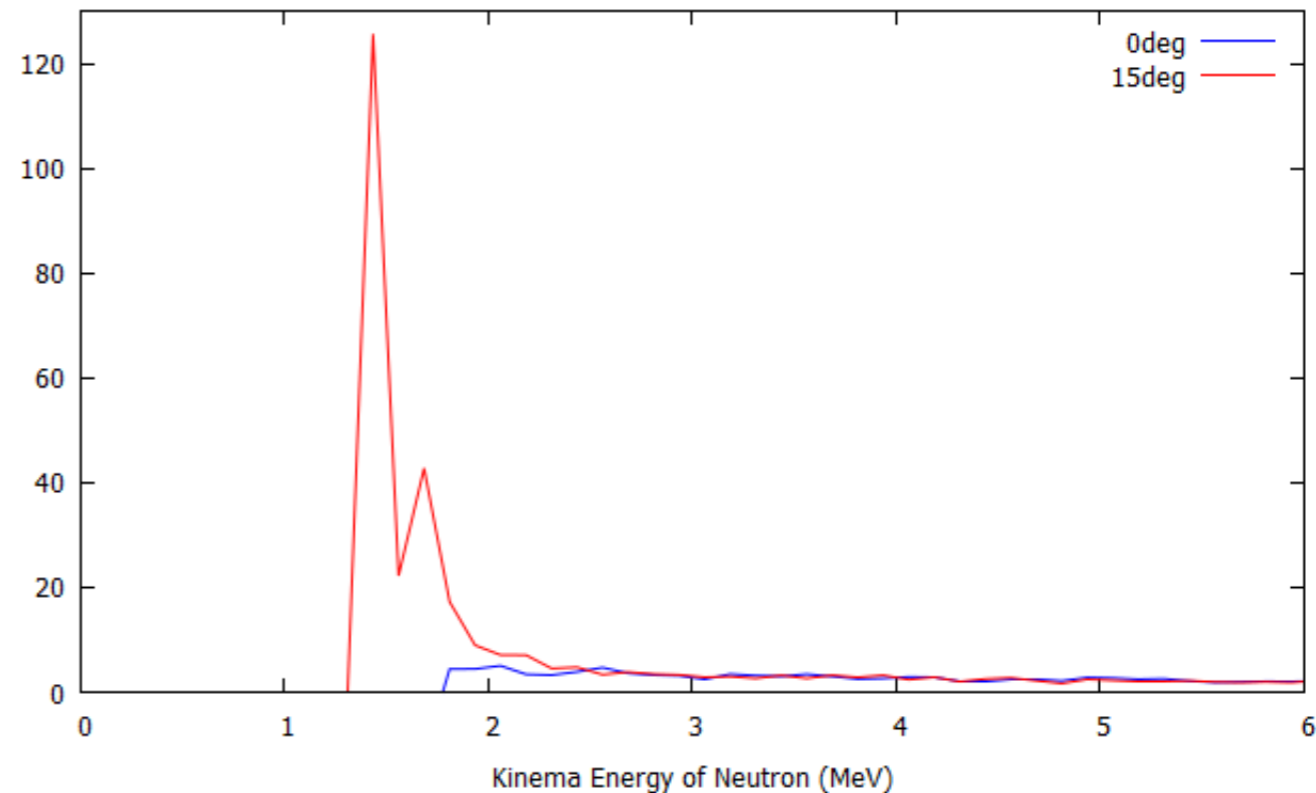
TDCヒストグラム



加速器の2周期分



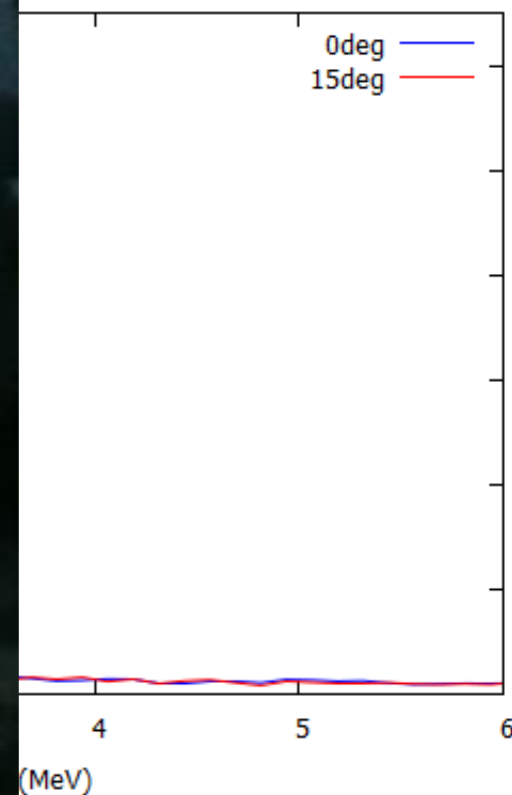
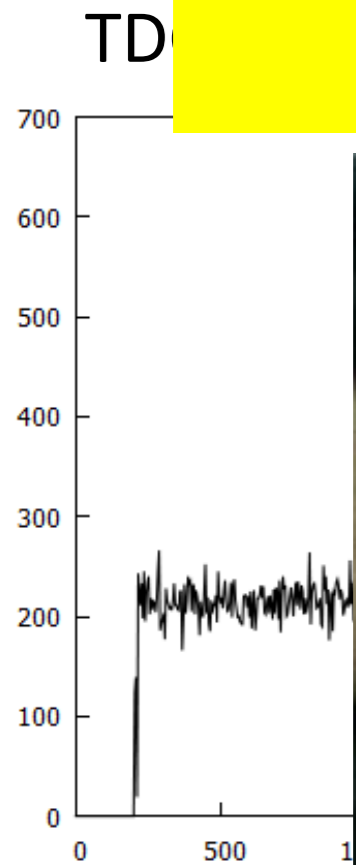
- ・ビームを捨てきれなかった可能性大
- ・低エネルギーのノイズが大きくなった



次回の実験では、測定中にデータを  
確認することが重要！

# 漫画を読みながら寝ている 場合ではない！

可能性大  
きくなった



次回  
確認

夕を

# 目次

---

1. 理論的背景・実験目的

2. 実験Set up

3. 解析・実験結果

- ビームエネルギー測定
- 膜のバックグラウンド測定

4. Discussion



# 第2回 膜決定杯

	膜	オッズ
▲	Ta	12.5
◎	Aramid	1.65
○	Havar	3.34

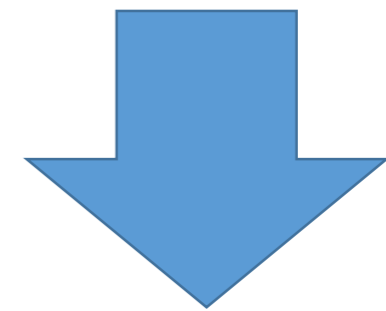
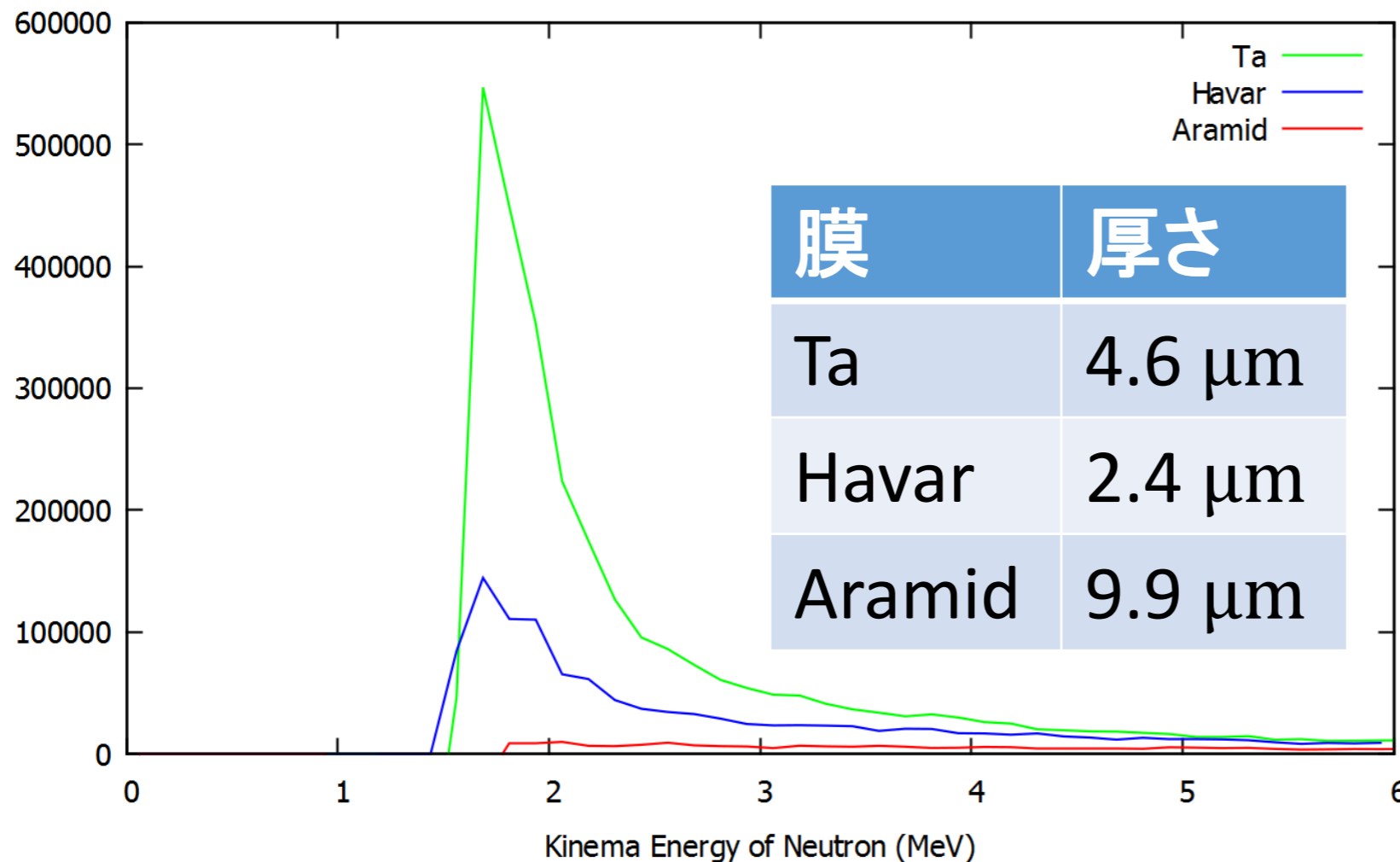
Taに賭けて野球  
賭博の借金を返  
すぞ！



# 膜の比較

## 中性子の散乱粒子数

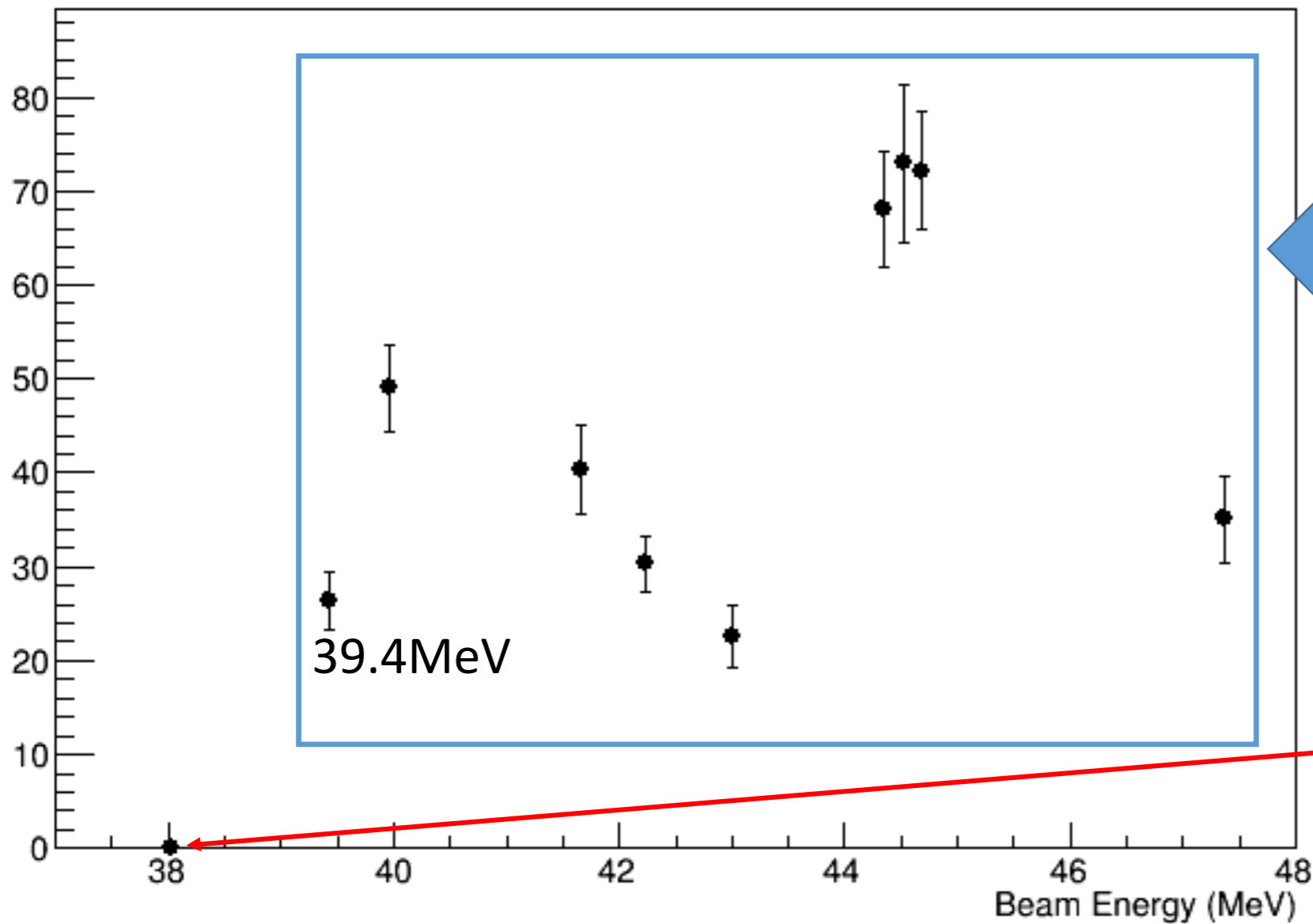
40nAで20分間  $\alpha$ ビームを入射した場合の粒子数を比較



**Aramidの  
圧勝！**

# ${}^4\text{He}(\alpha, n)$ の微分断面積の予想

CM系での全断面積 (mb)

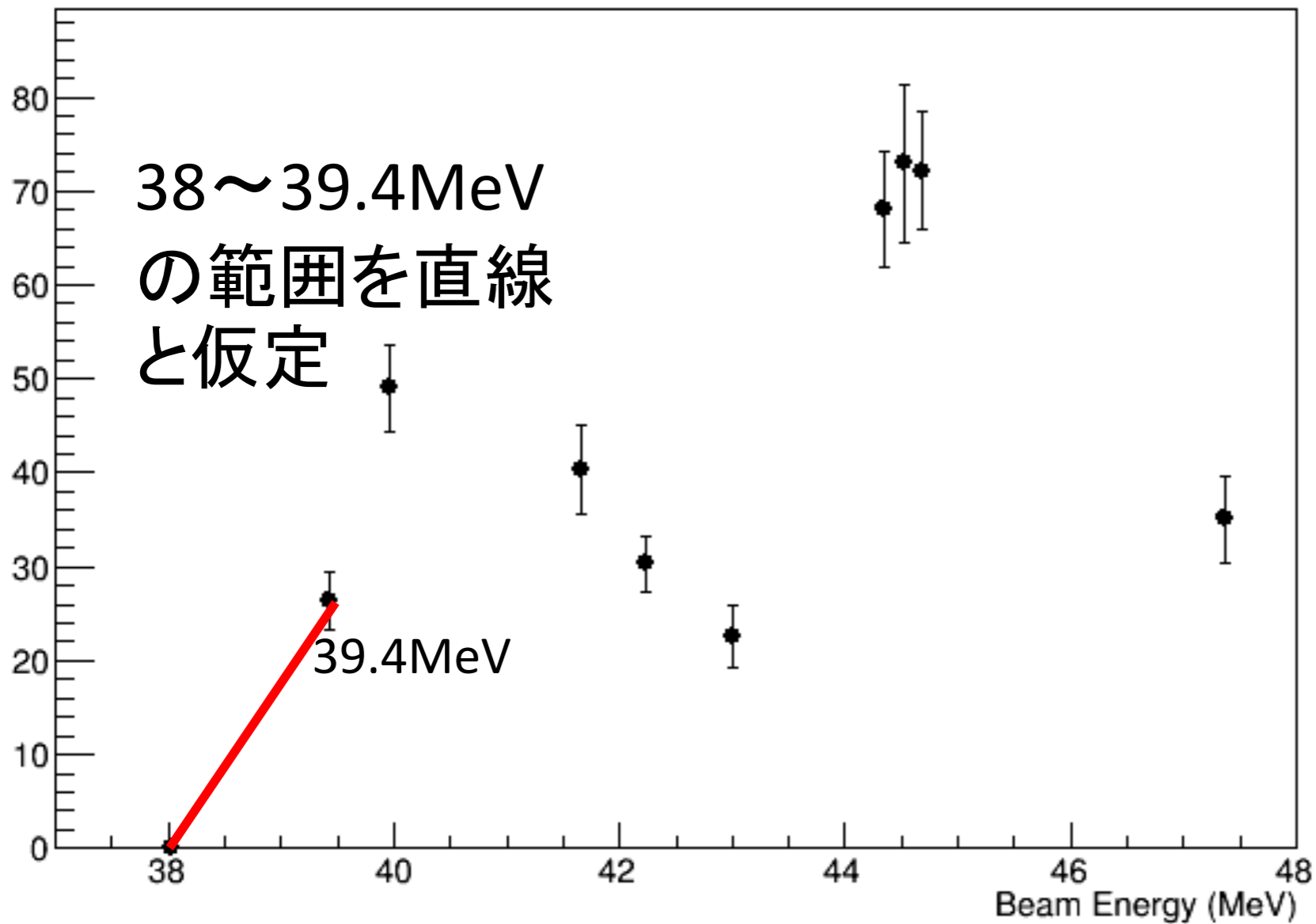


PhysRevC.  
16.1712.1977  
参照

運動学から計算した反  
応が起こらなくなる点

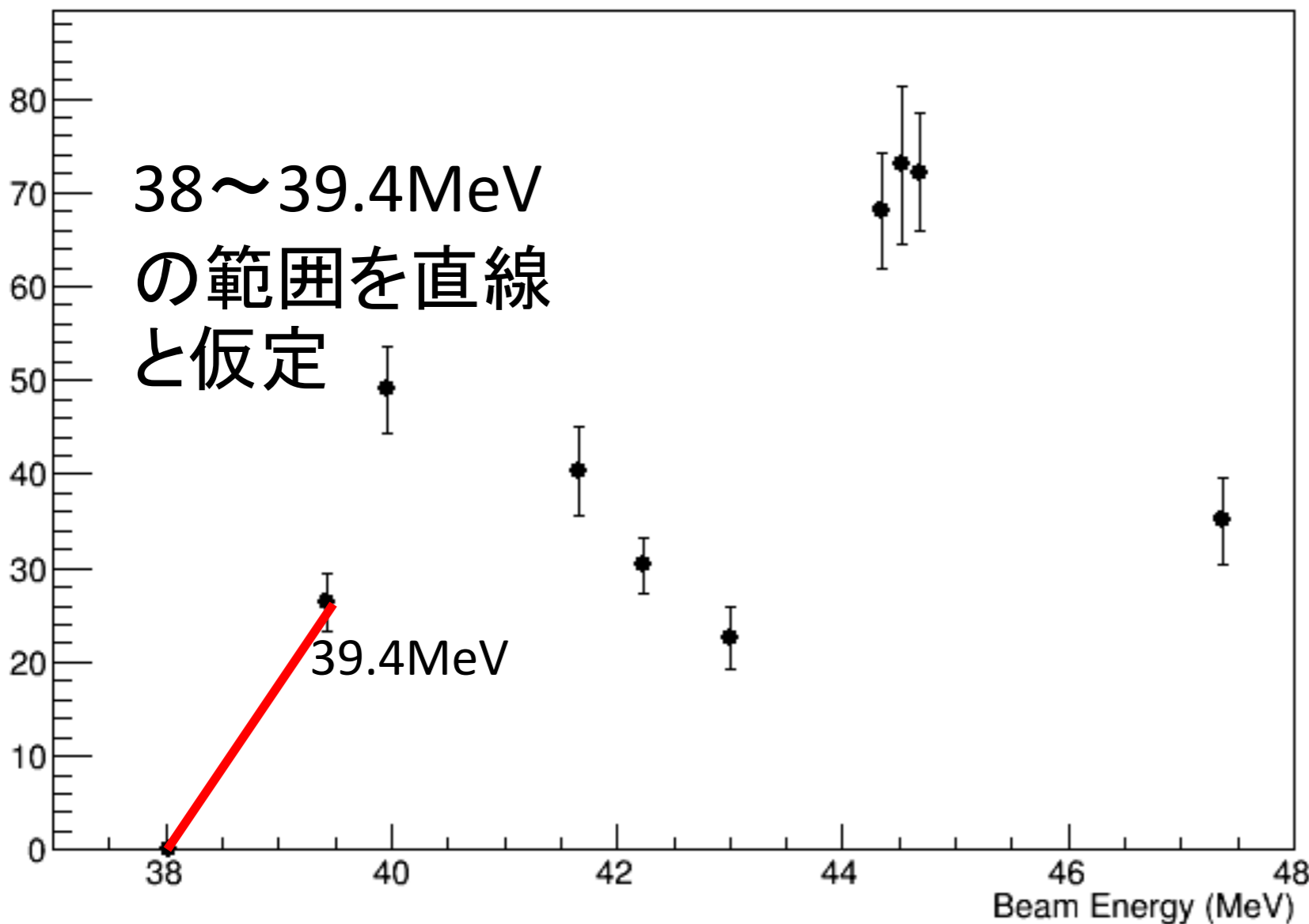
# ${}^4\text{He}(\alpha, n)$ の微分断面積の予想

CM系での全断面積 (mb)

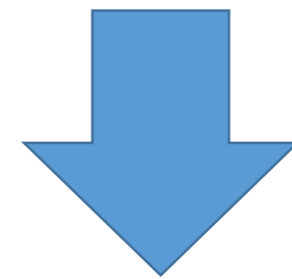


# ${}^4\text{He}(\alpha, n)$ の微分断面積の予想

CM系での全断面積 (mb)



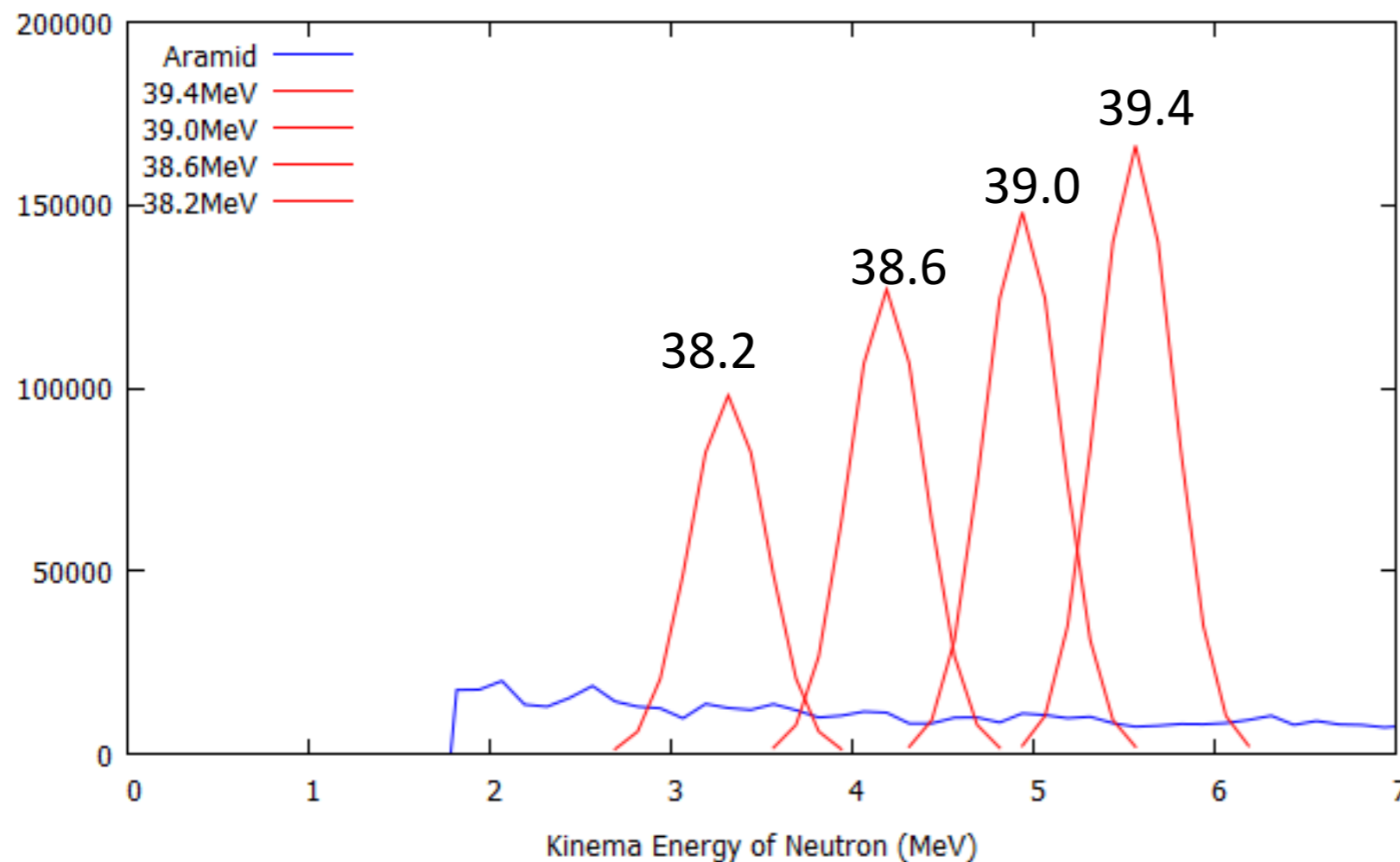
CM系では角度依存性がないと仮定して微分断面積を計算する



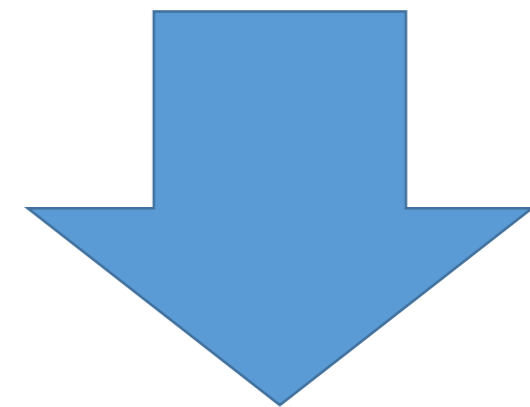
lab系に変換して  
Aramidと比較

# Aramid 2枚と ${}^4\text{He}$ (6cm) の比較 (0deg)

## 中性子の散乱粒子数



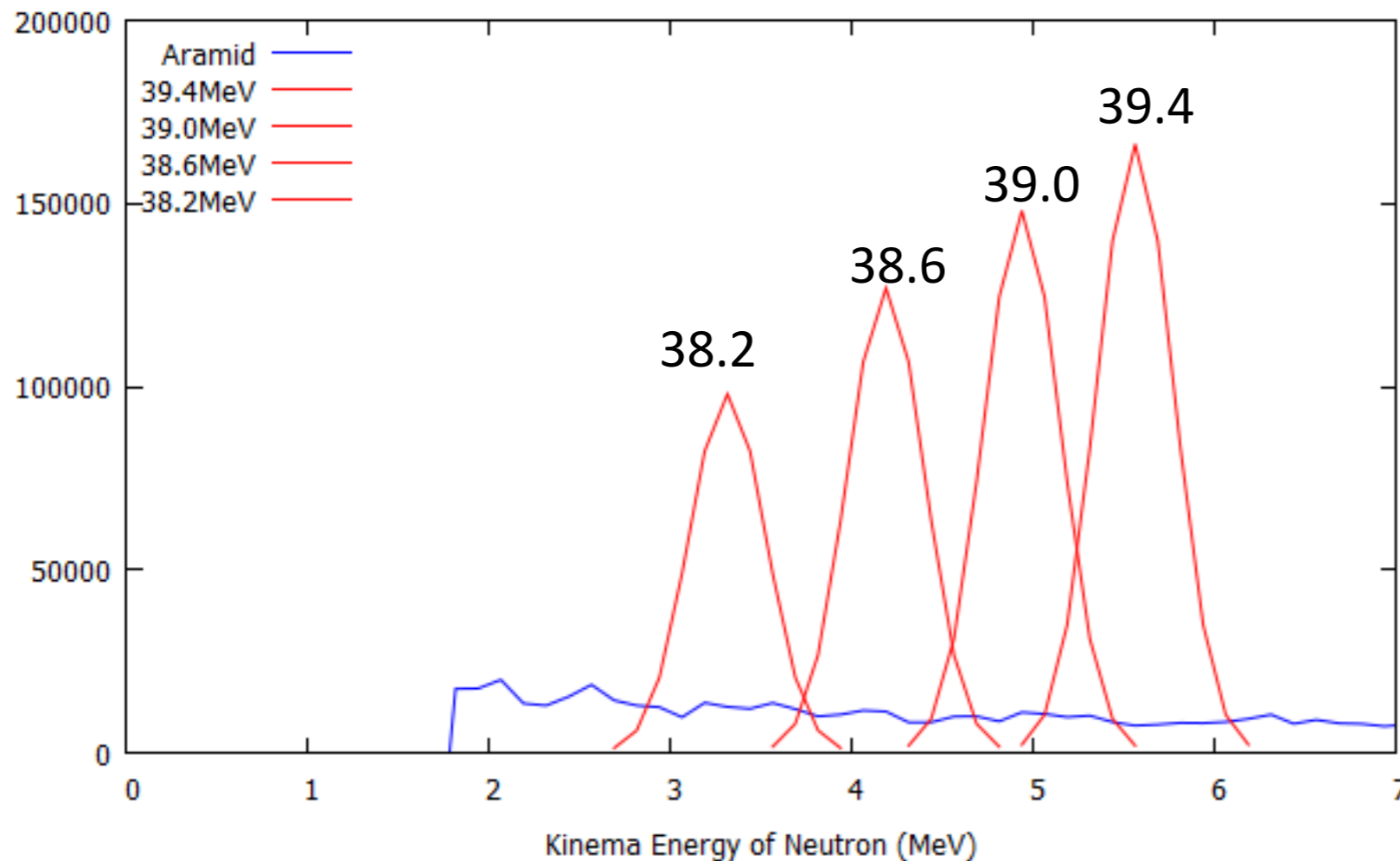
40nAで20分間 $\alpha$ ビームを  
入射した場合の粒子数を  
比較



${}^4\text{He}$ のスペクトル  
を観測できる！

# Aramid 2枚と $^4\text{He}$ (6cm) の比較 (0deg)

## 中性子の散乱粒子数



見る!! Aramidが  
ゴミのようだ!!



# まとめ

- ・今回比較した膜ではAramidが最も適切
- ・Aramidと  $^4\text{He}$  を比較すると、 $^4\text{He}$  の山を観測することができる

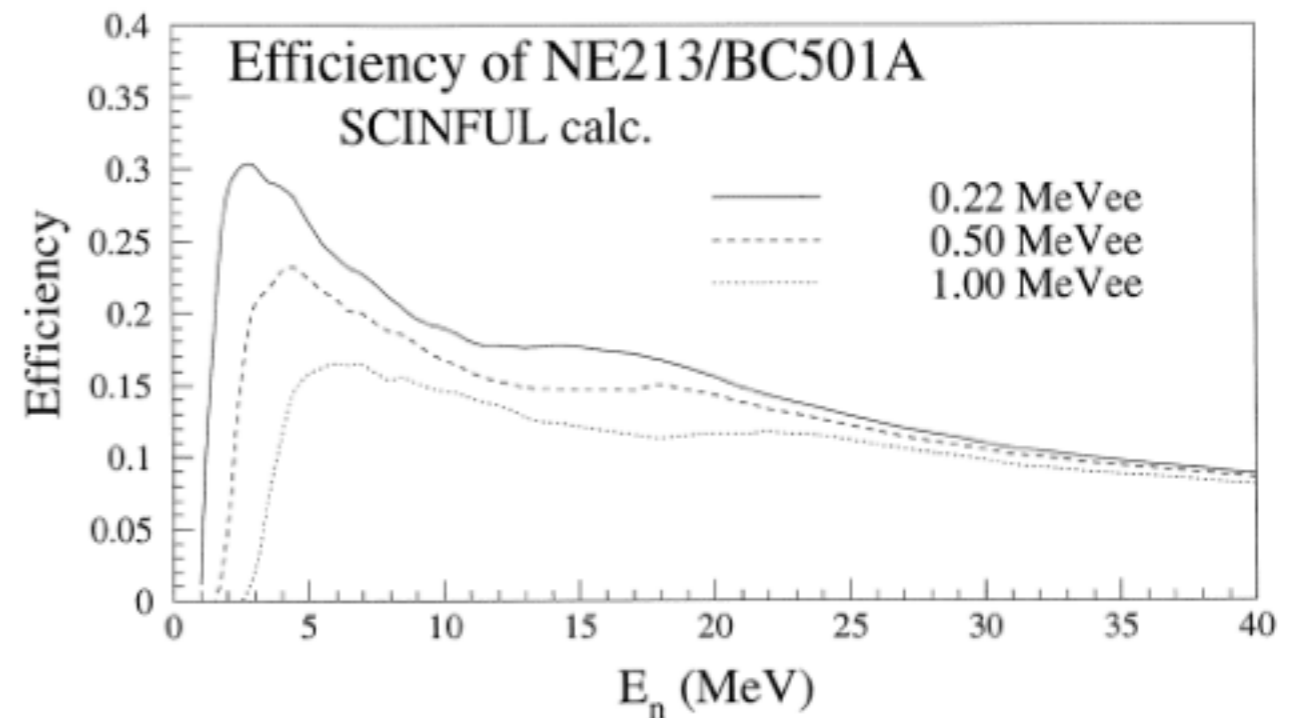
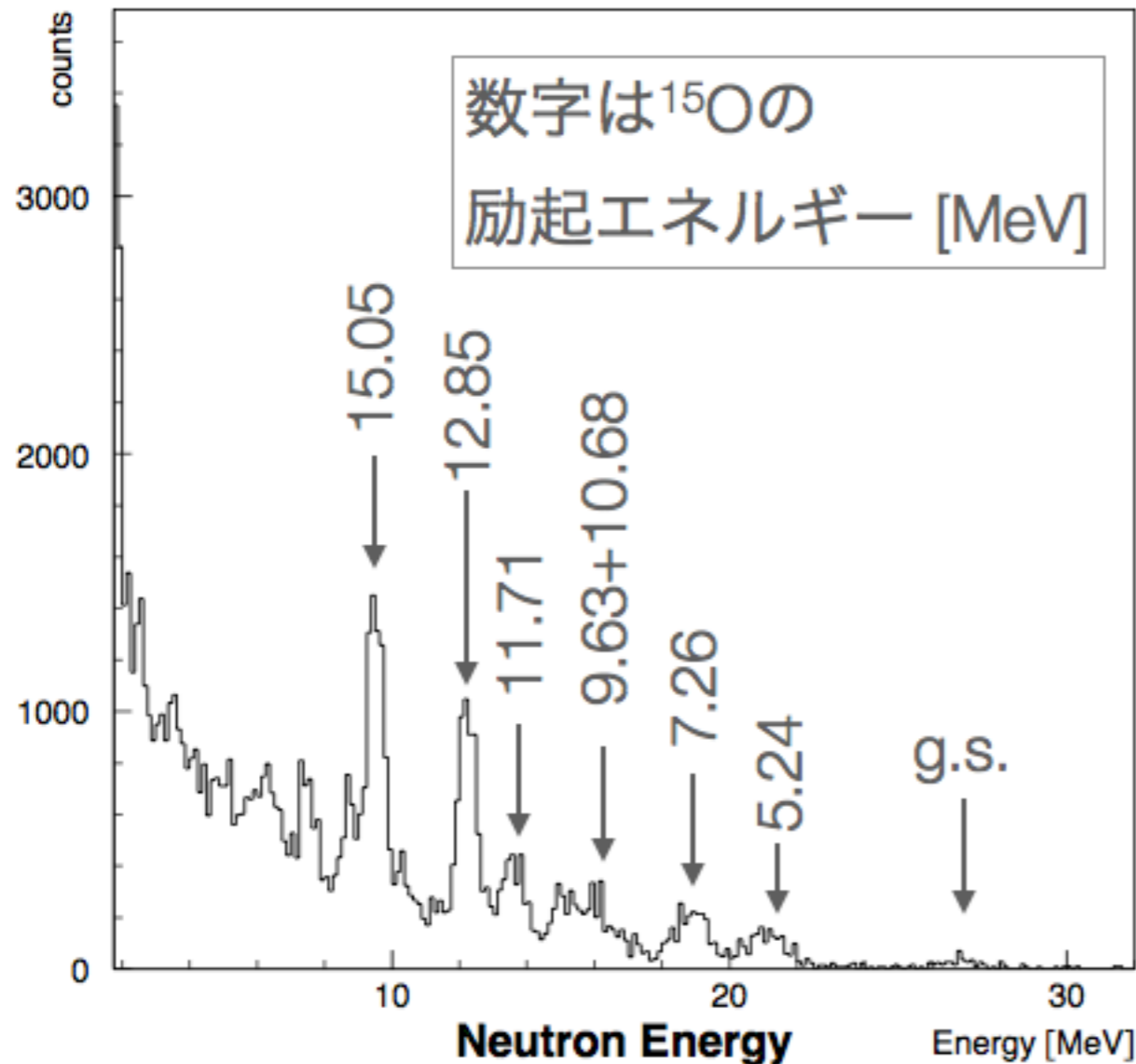
本実験可能！





# $^{12}\text{C}(\alpha, n)^{15}\text{O}$ 微分断面積測定

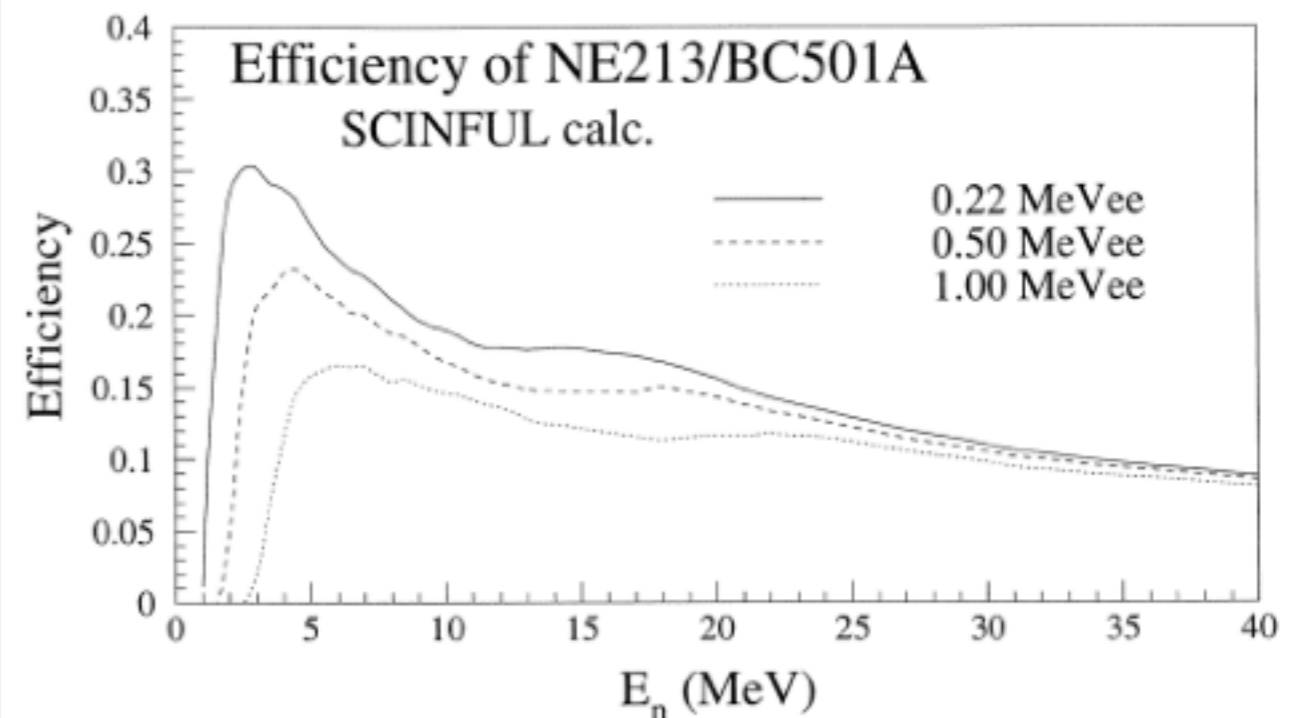
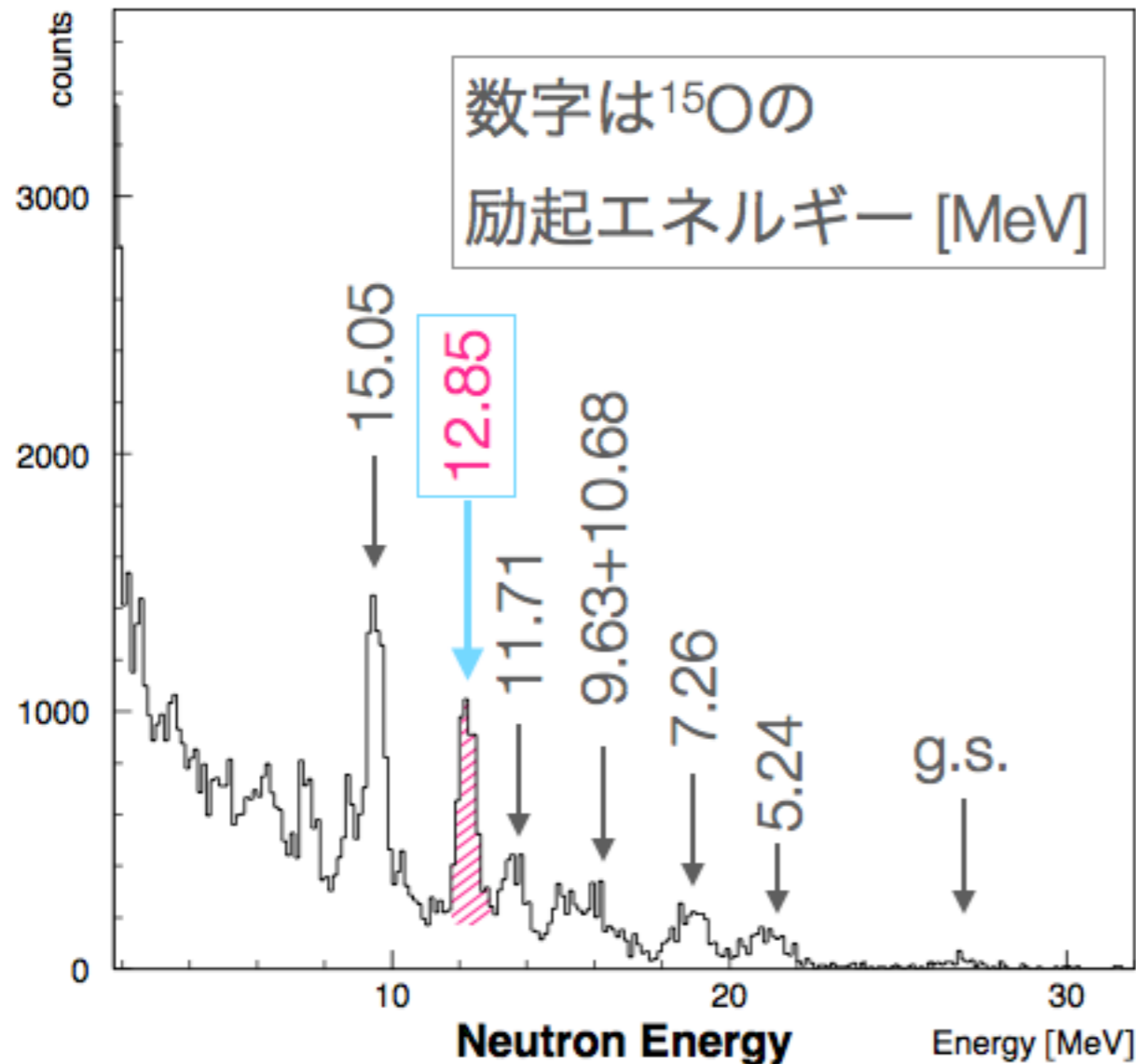
今回の実験セットアップで既存の実験<sup>[1]</sup>を再現出来るかCheck  
液体シンチレータの中性子検出効率<sup>[2]</sup>が正しいか？



- [1] Nucl. Phys. A **363** 98 (1981)  
[2] Phys. Lett. B **551** 255 (2003)

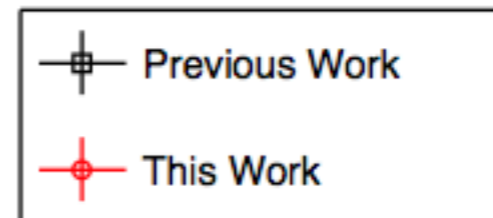
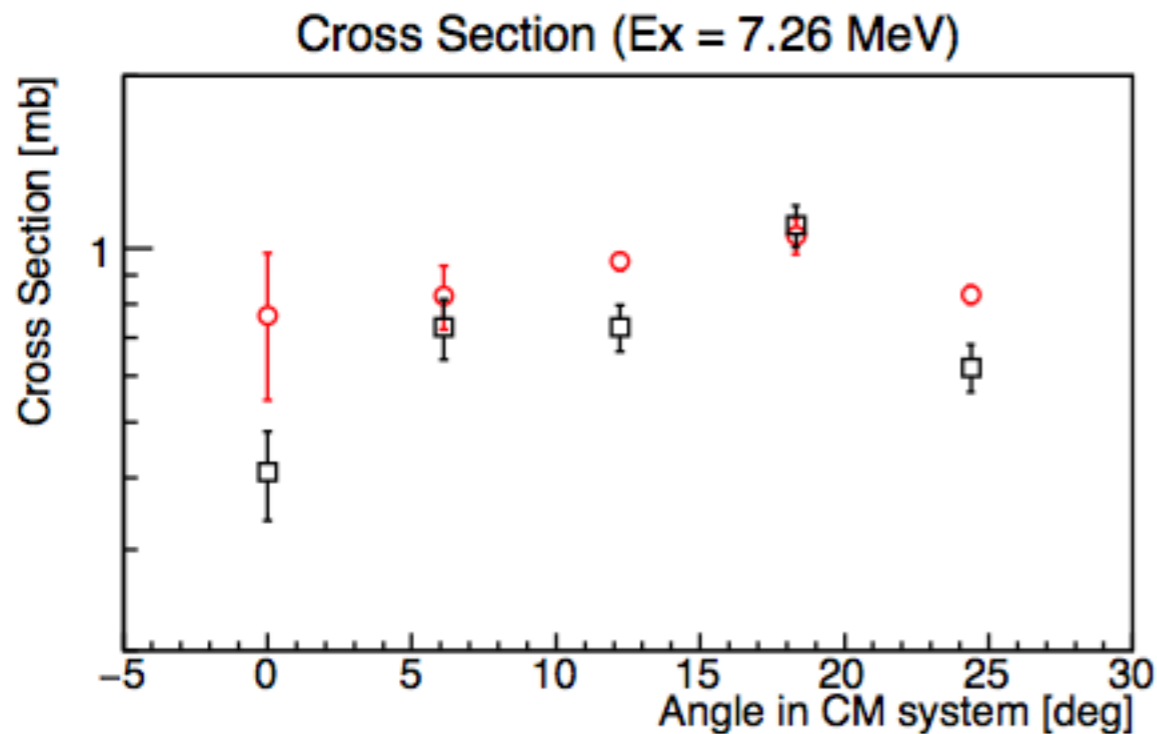
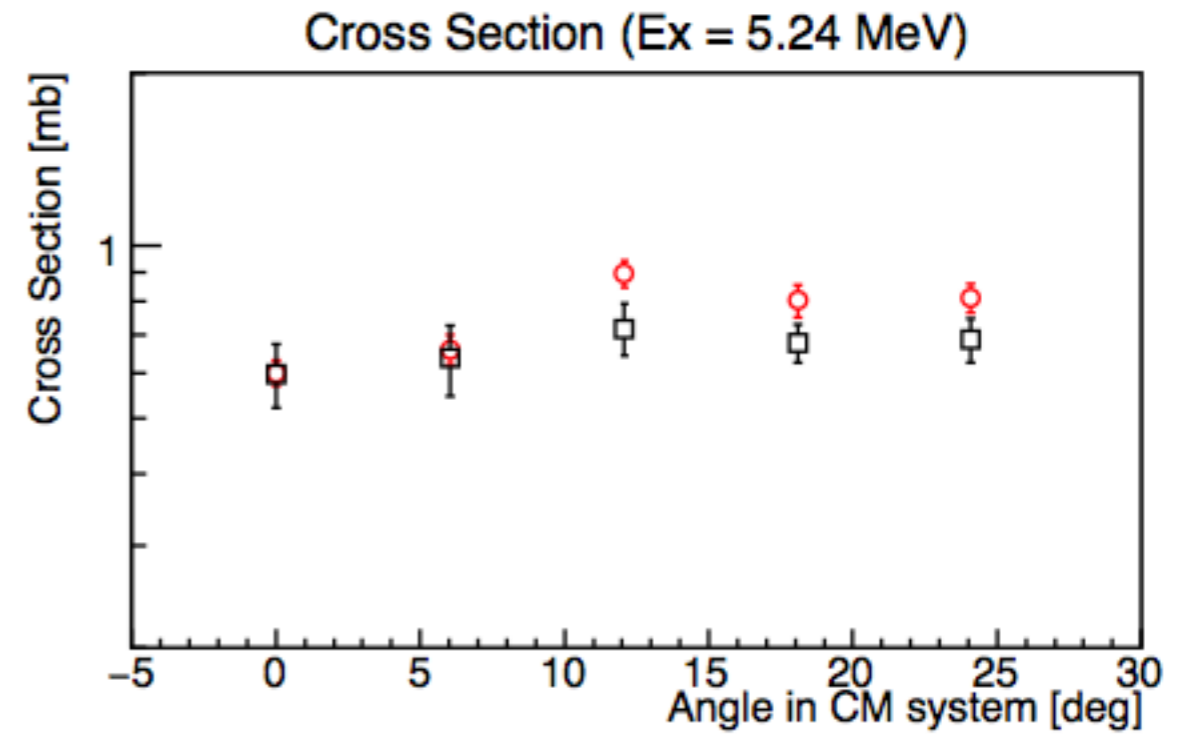
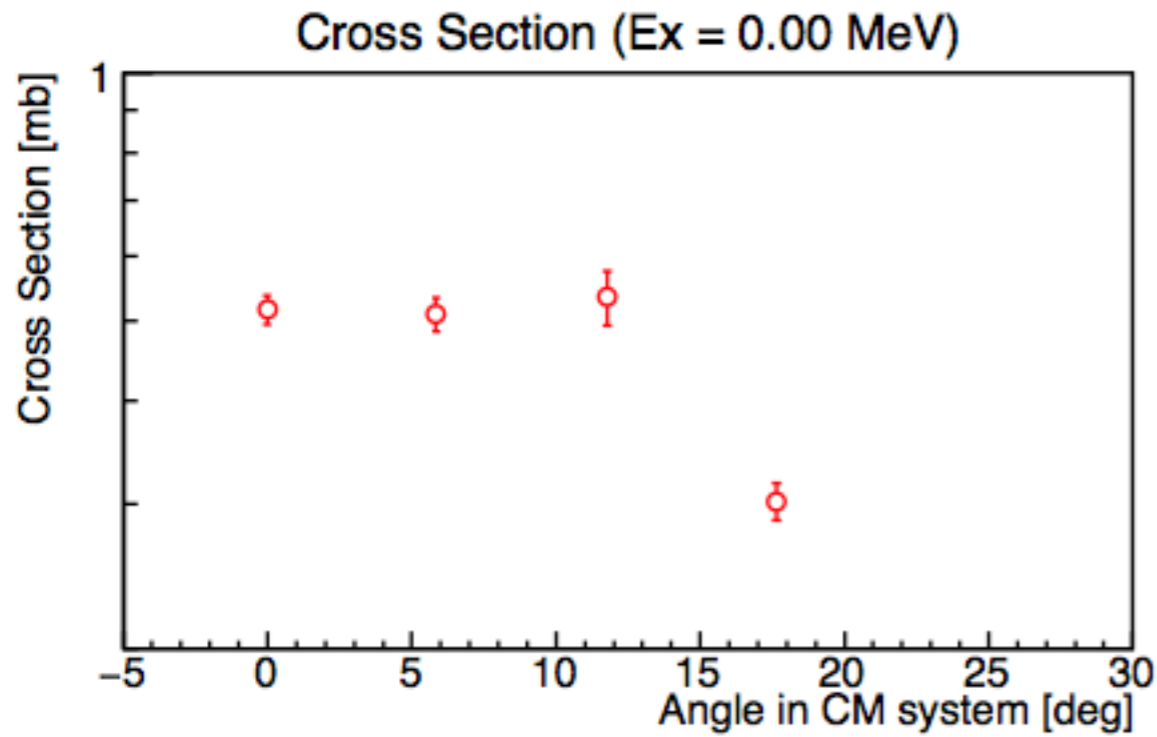
# $^{12}\text{C}(\alpha, n)^{15}\text{O}$ 微分断面積測定

今回の実験セットアップで既存の実験<sup>[1]</sup>を再現出来るかCheck  
液体シンチレータの中性子検出効率<sup>[2]</sup>が正しいか？



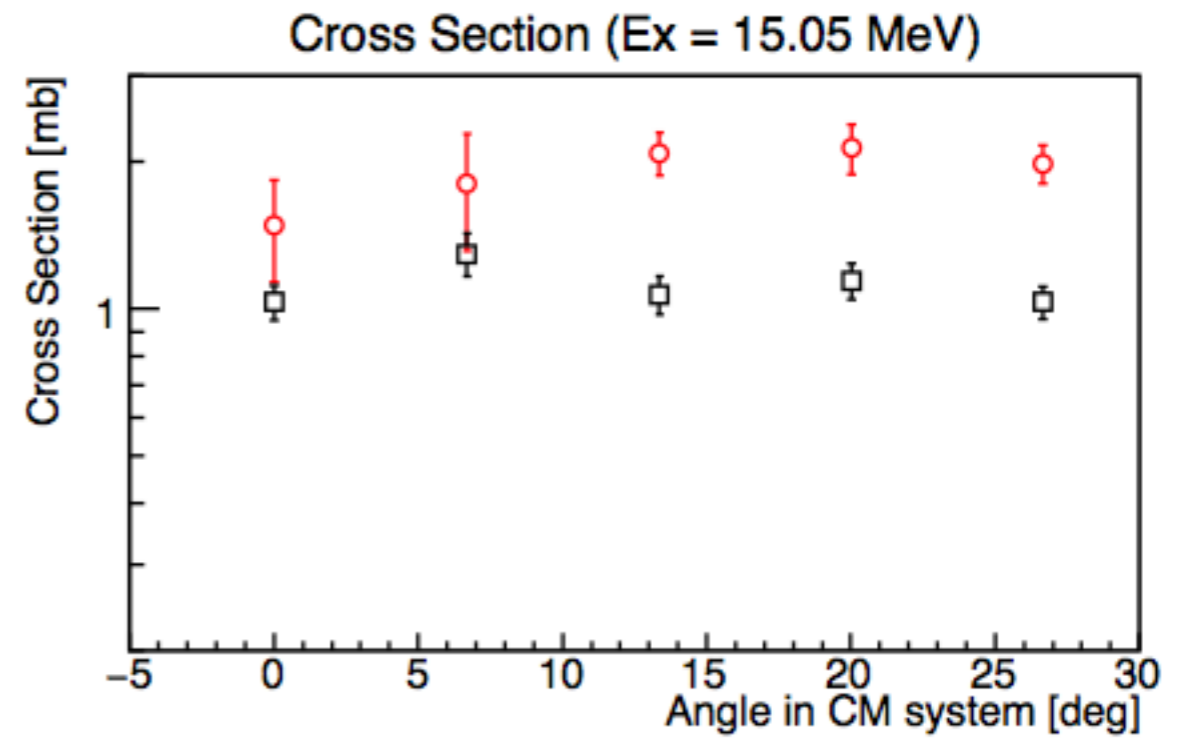
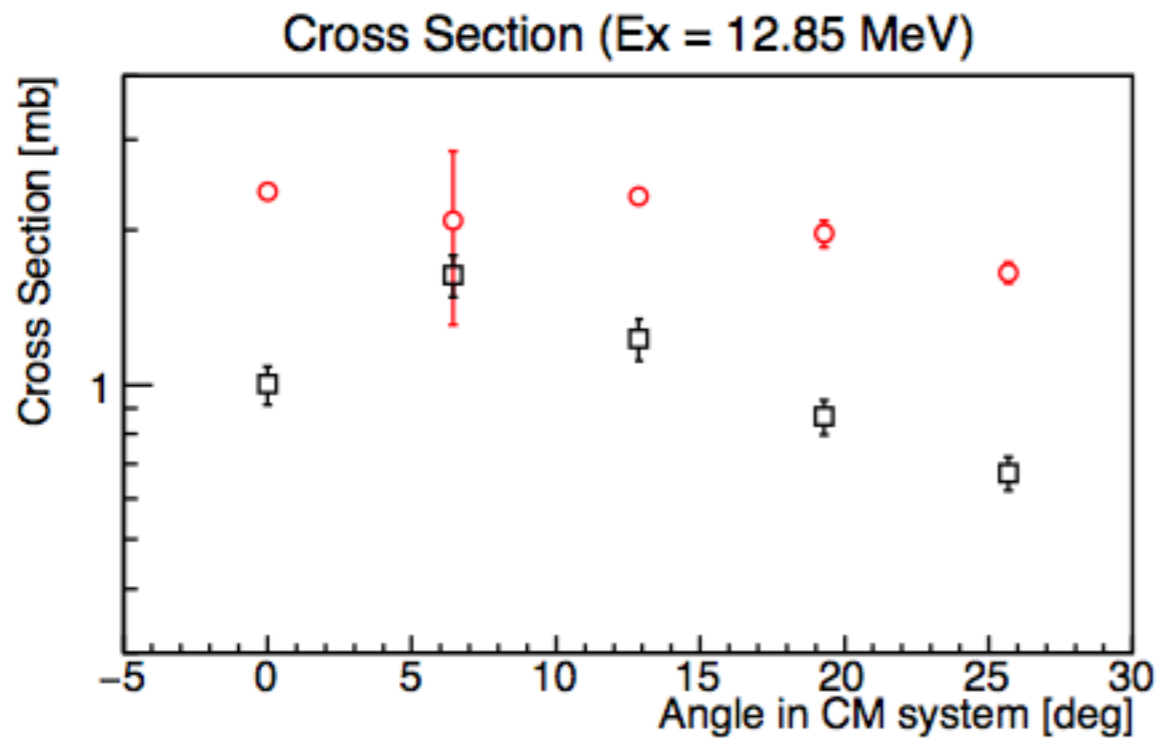
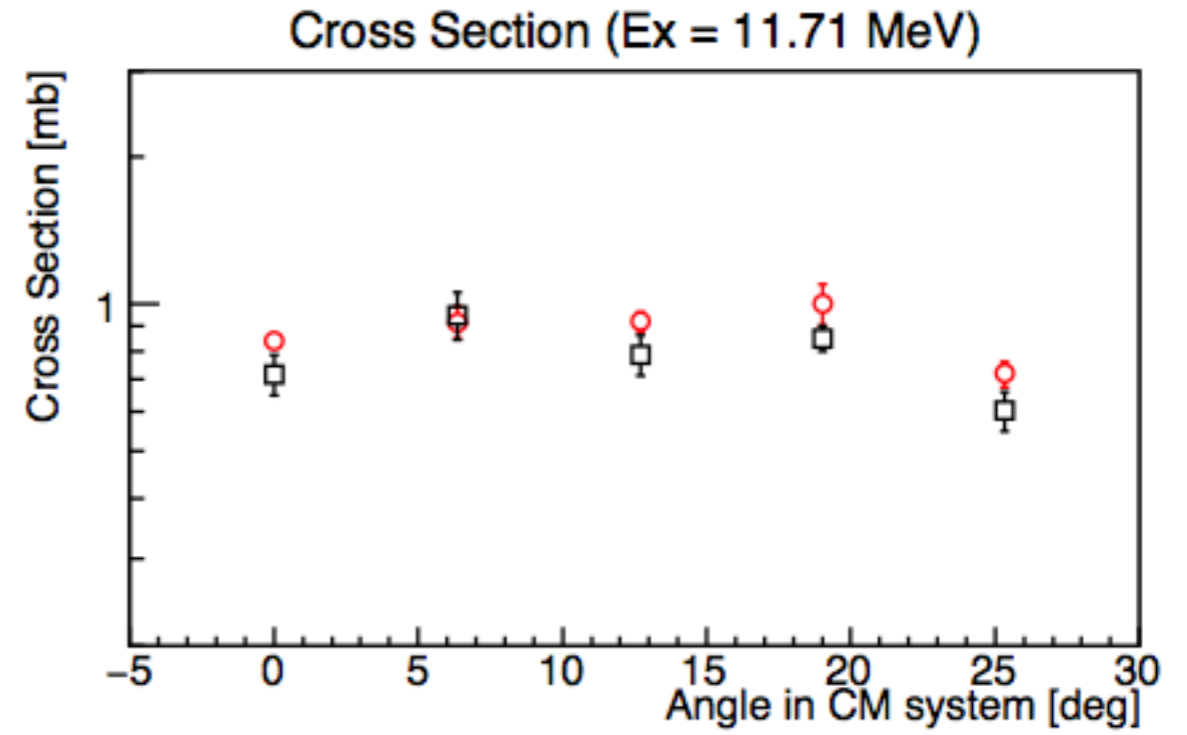
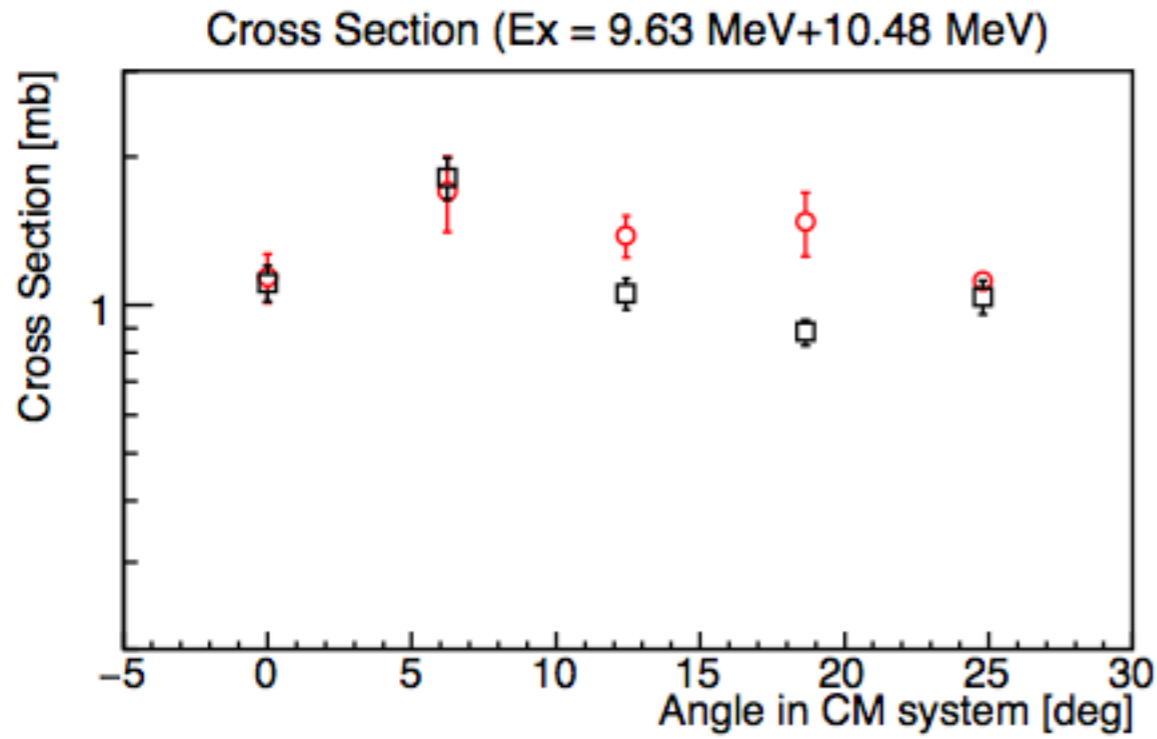
- [1] Nucl. Phys. A **363** 98 (1981)  
[2] Phys. Lett. B **551** 255 (2003)

# 結果1



- 誤差はcount数の違いによるもの
- 統計誤差の寄与は無視出来る程度

# 結果2



おおむね合っている！

おおむね合っている！ .....が、

# 考察

励起エネルギーが大きい (nのエネルギーが小さい) ときの断面積は先行研究の2倍の値 (´・ω・`)

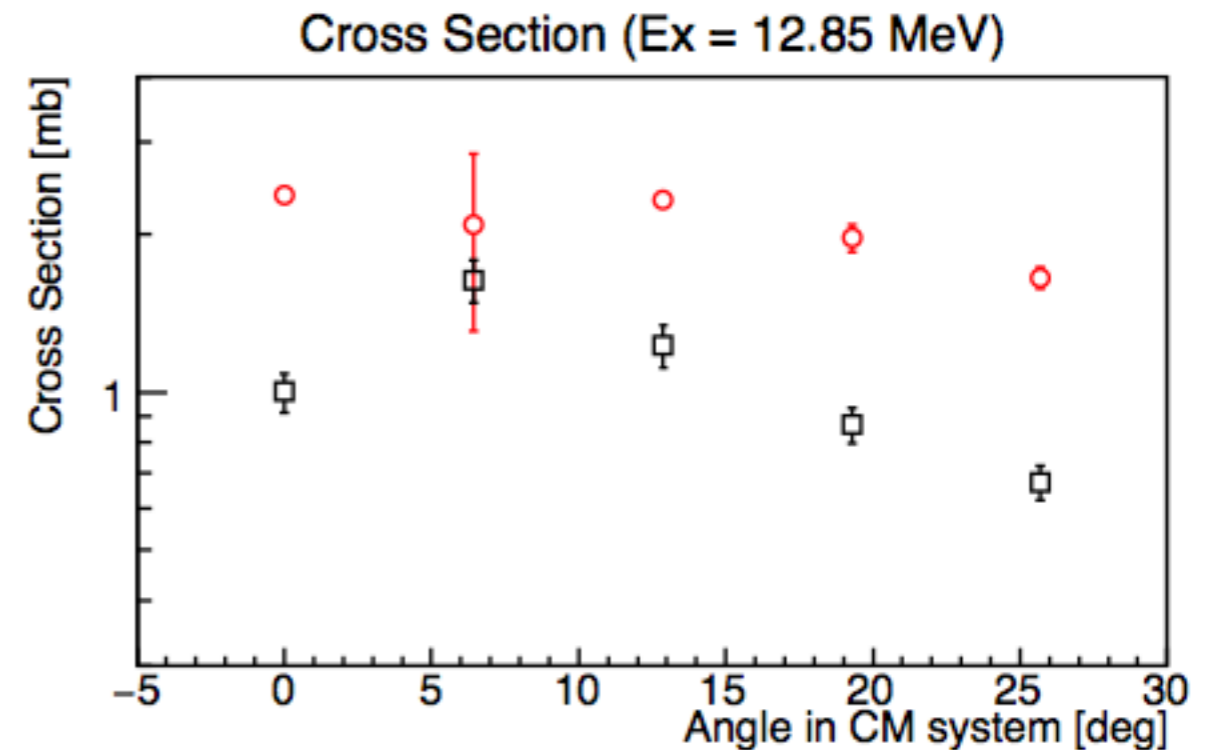
✓ 検出器の劣化は起きていない  
(20年前の検出器, 評価されたのは12年前)

× 低エネルギー側での検出効率が過小評価されていた?

△ 先行研究の妥当性?

→ 本実験までに検出効率をより正しく評価する  
ビームを使った評価

→ 川畑准教授に新しい検出器を買ってもらおう ✨ ✨



# まとめ

---

- ${}^4\text{He}(\alpha, n){}^7\text{Be}$  の微分断面積の測定を38.2 MeV –39.4 MeVの範囲で、エネルギーを変えながら行いたい。
  - ◆ ガス標的の膜の候補としてHavar, Aramid, Taを用意したが、**Aramid**が最もバックグラウンドが少なかった。(S/N ~ 5)
  - ◆  $\alpha$ ビームは **(39.33 ± 0.02) MeV** と要求される精度で測定出来た。
- 今後の課題
  - ◆  ${}^4\text{He}$ ガス標的の作成（膜によるビームの横広がり, Yield, ……）
  - ◆ 中性子検出器の性能評価



# 謝辞

---

- 川畑貴裕准教授、延與佳子准教授
- TAの村田求基さん、森本貴博さん
- 京大原子核ハドロン物理学研究室の  
津村美保さん、古野達也さん
- 大阪大学RCNPの職員のみなさま

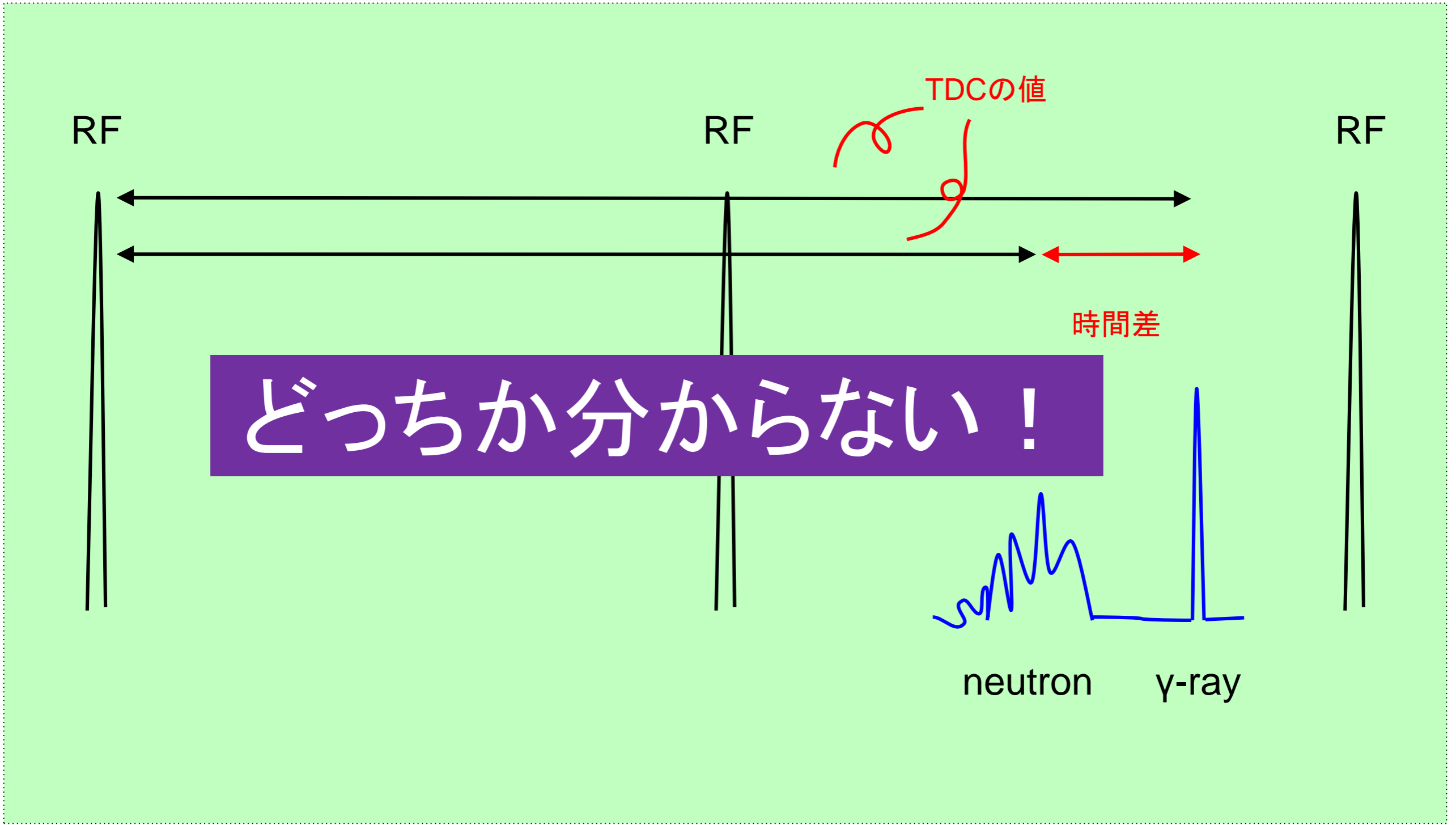
この場を借りて御礼申し上げます。

# まとめ

---

- ${}^4\text{He}(\alpha, n){}^7\text{Be}$  の微分断面積の測定を38.2 MeV –39.4 MeVの範囲で、エネルギーを変えながら行いたい。
  - ◆ ガス標的の膜の候補としてHavar, Aramid, Taを用意したが、**Aramid**が最もバックグラウンドが少なかった。(S/N ~ 5)
  - ◆  $\alpha$ ビームは **(39.33 ± 0.02) MeV** と要求される精度で測定出来た。
- 今後の課題
  - ◆  ${}^4\text{He}$ ガス標的の作成（膜によるビームの横広がり, Yield, ……）
  - ◆ 中性子検出器の性能評価

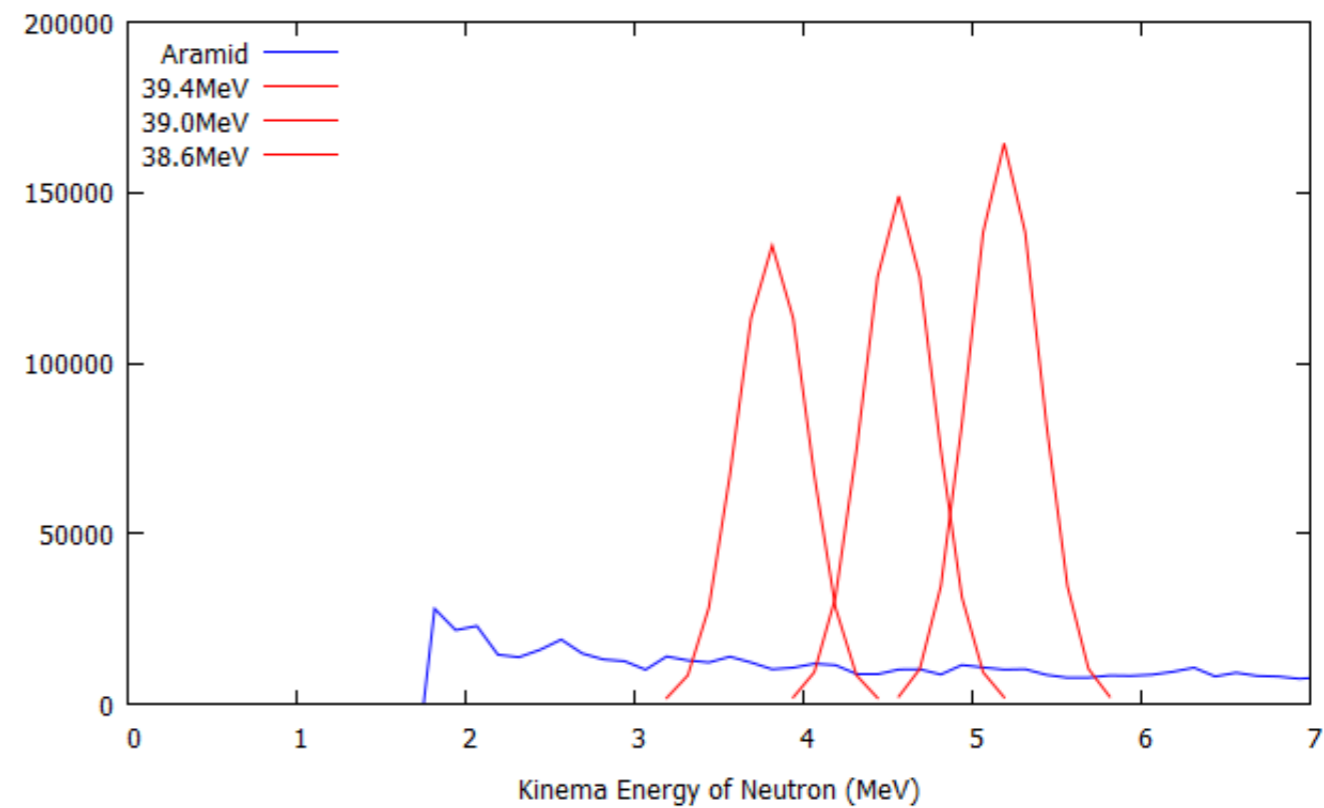
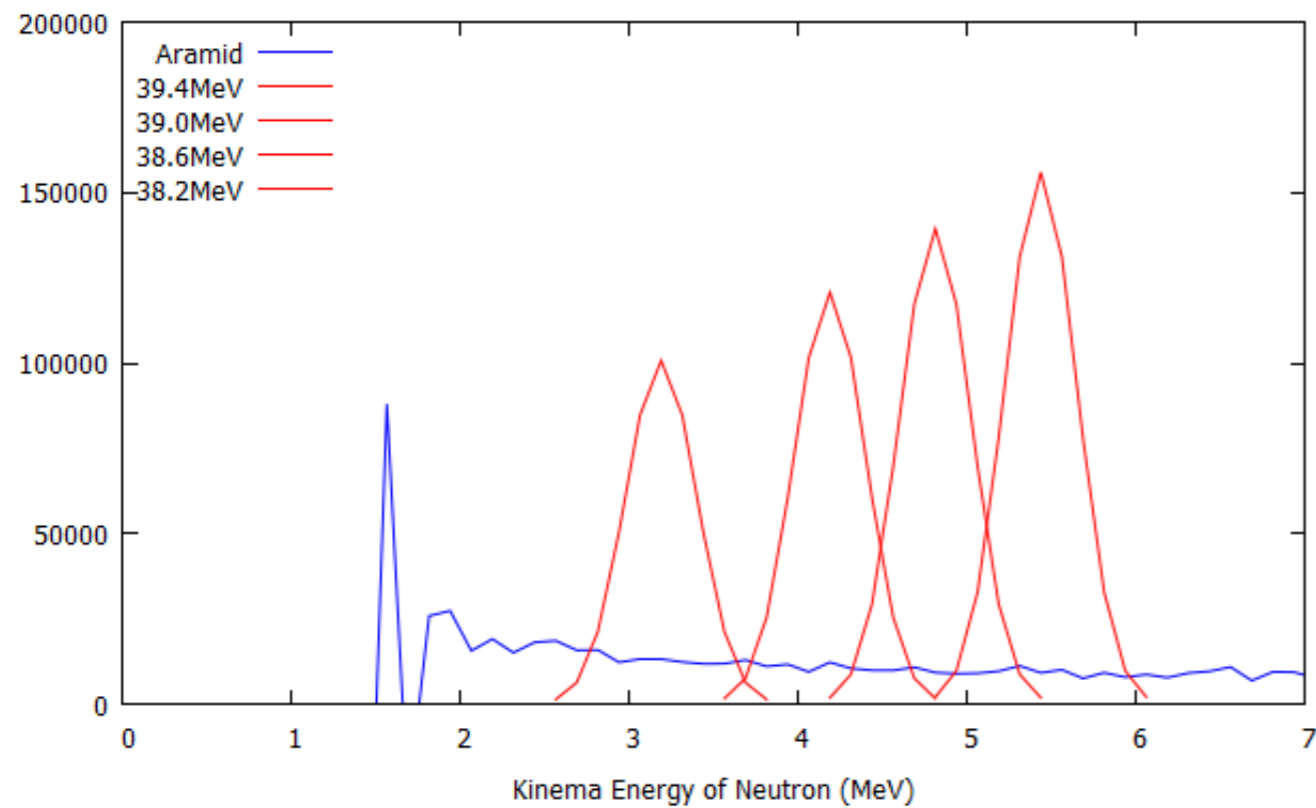
# ◎ RFとTDCスペクトル



# その他の角度

5deg

10deg



# その他の角度

## 15deg

## 20deg

