



放射線防護の3原則に 関する測定実験と 研修における疑問点の解消実験

おうまサンチーム

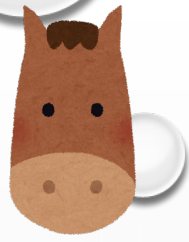
東京都市大学修士1年 松井隆祥

名古屋大学修士1年 神田皆人

北海道大学修士2年 p. Jakkrit

北海道大学学部4年 西原由宇太

早稲田大学学部3年 小宅巧馬



本講習で行なった実験

- NaI(Tl)シンチレーション検出器による空間 γ 線測定
- 鉛遮へい材による遮へい時のB.G.測定
- NaI(Tl)シンチレーション検出器による試料の元素同定



本講習で行なった実験

- NaI(Tl)シンチレーション検出器による空間 γ 線測定
→ 三原則は適応されているか確認 (実験1-1,1-2,1-3)
- 鉛遮へい材による遮へい時のB.G.測定
- NaI(Tl)シンチレーション検出器による試料の元素同定
→ 追加実験をして気になったところを詳しく分析
(実験2-1,2-2,2-3)

実験1-1,1-2,1-3について



放射線防護の3原則

- ① 時間 → 実験1-1
- ② 距離 → 実験1-2
- ③ 遮へい → 実験1-3



実験1-1

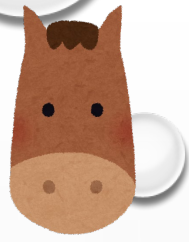
測定時間による線量の変化

- 目的

→放射線防護の三原則の1つ、“**時間**”に関して、測定時間を変化させて実験を行う。

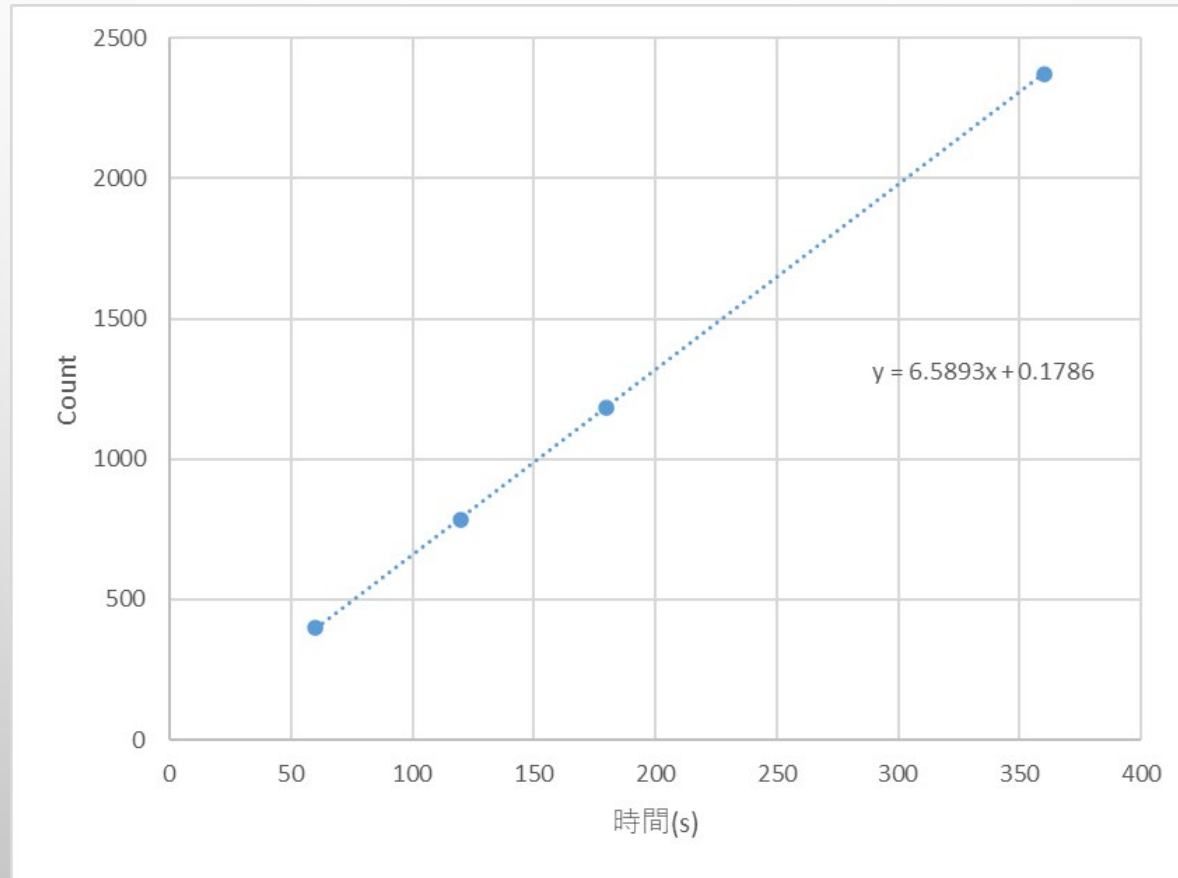
- 方法

1. ^{137}Cs を線源として、NaIシンチレーション検出器から200mmの距離に置き、測定時間を変えて測定を行う。（60s、120s、180s、360s×2回ずつ）
2. B.G.を考慮した測定データを比較する。

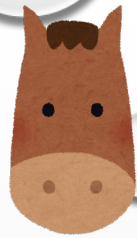


実験1-1

測定時間による線量の変化



測定時間と線量はほとんど比例の関係にある。
蓄積により線量が減るなどの影響は出なかった。



実験1-2

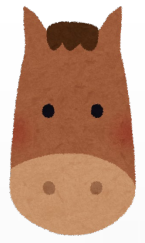
線源からの距離と γ 線量の関係

- 目的

→放射線防護の三原則の1つ、“距離”に関して、距離と線量の間を調べる。

- 方法（実験場所：会議室）

1. ^{137}Cs を線源としてNaIシンチレーション検出器から50.0mm、100mm、200mm、300mmの距離においてそれぞれ測定を行う。（180秒間×2回）
2. B.G.を考慮した測定データを比較する。



実験1-2

線源からの距離とγ線量の関係



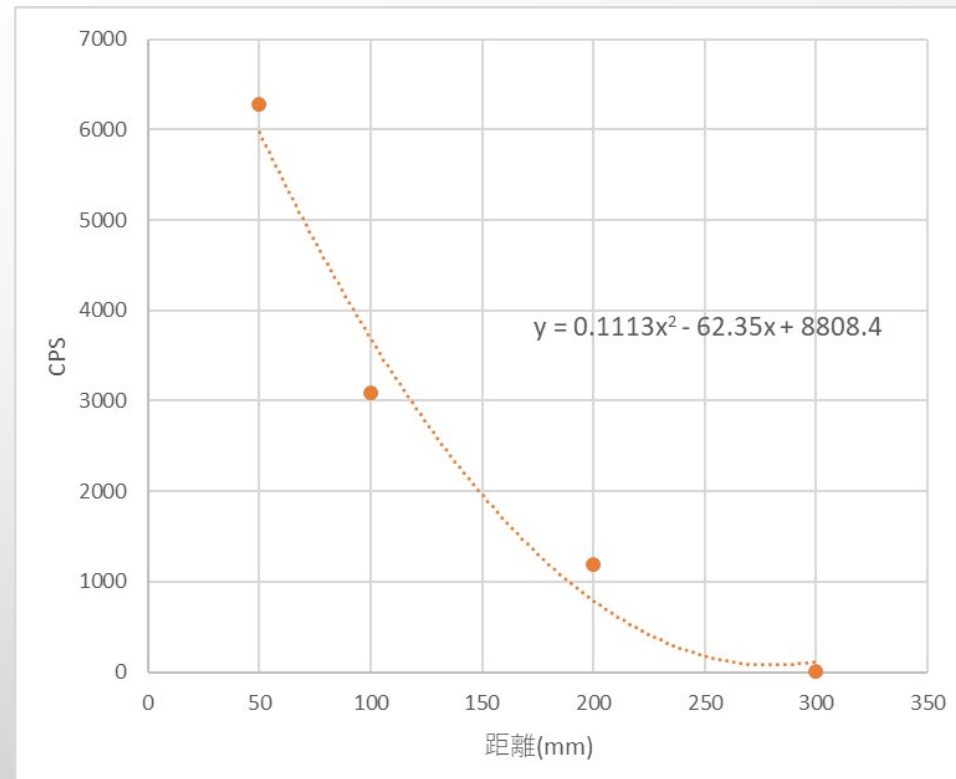
- 結果

→距離の2乗に反比例した

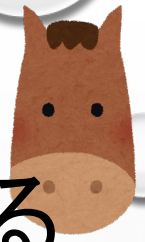
→近似直線に乗らなかった理由

①線源と検出器の立体角の影響

②距離データの不足



実験1-3



遮へい材の有無及び厚さの変化による 線源から検出 γ 線量の変化

- 目的

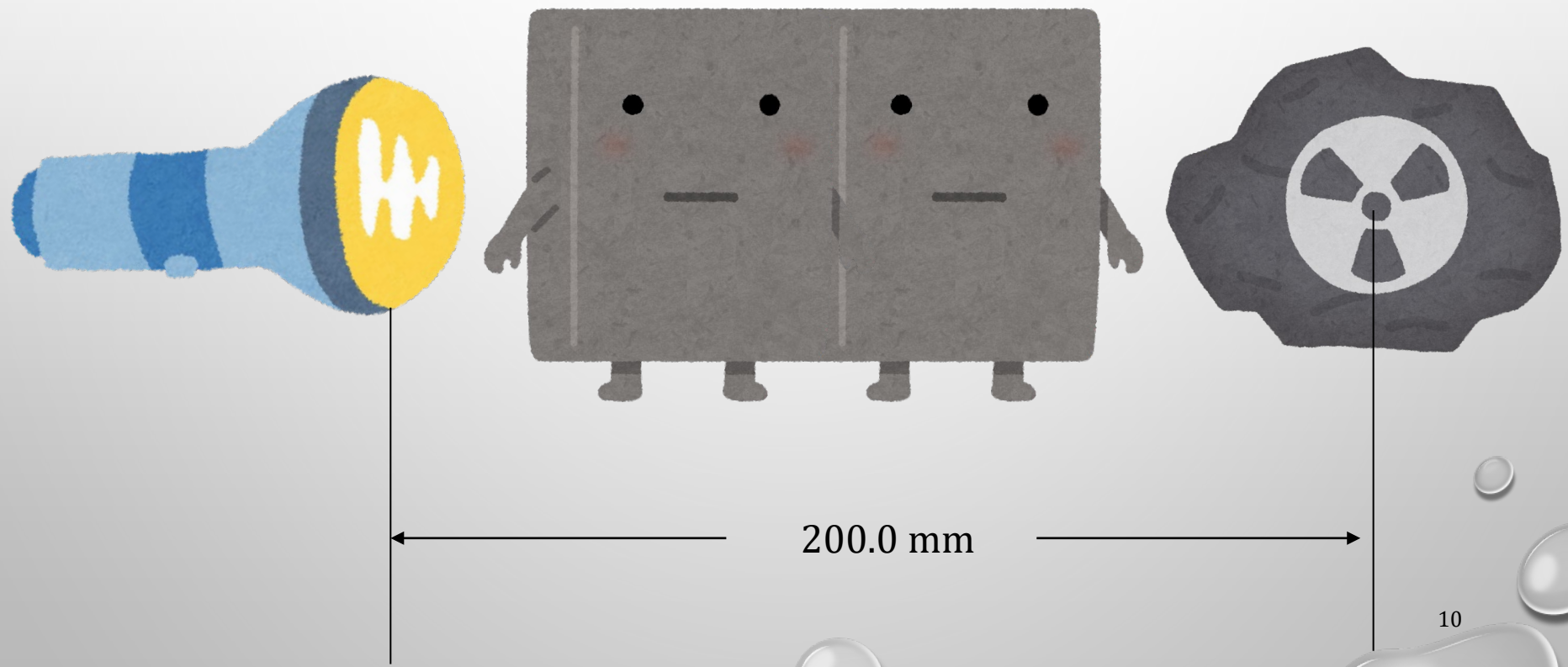
→放射線防護の三原則の1つ、“**遮へい**”に関して、遮へい材の枚数と線量の間係を調べる。

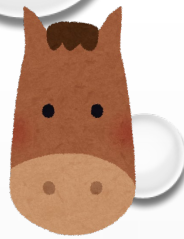
- 方法（実験場所：会議室）

1. ^{137}Cs を線源として、NaIシンチレーション検出器から200.0mmの距離に置き、鉛遮へい材を0枚（遮へいなし）、1枚、2枚、3枚と変えて測定を行う。
2. B.G.を考慮した測定データを比較する。



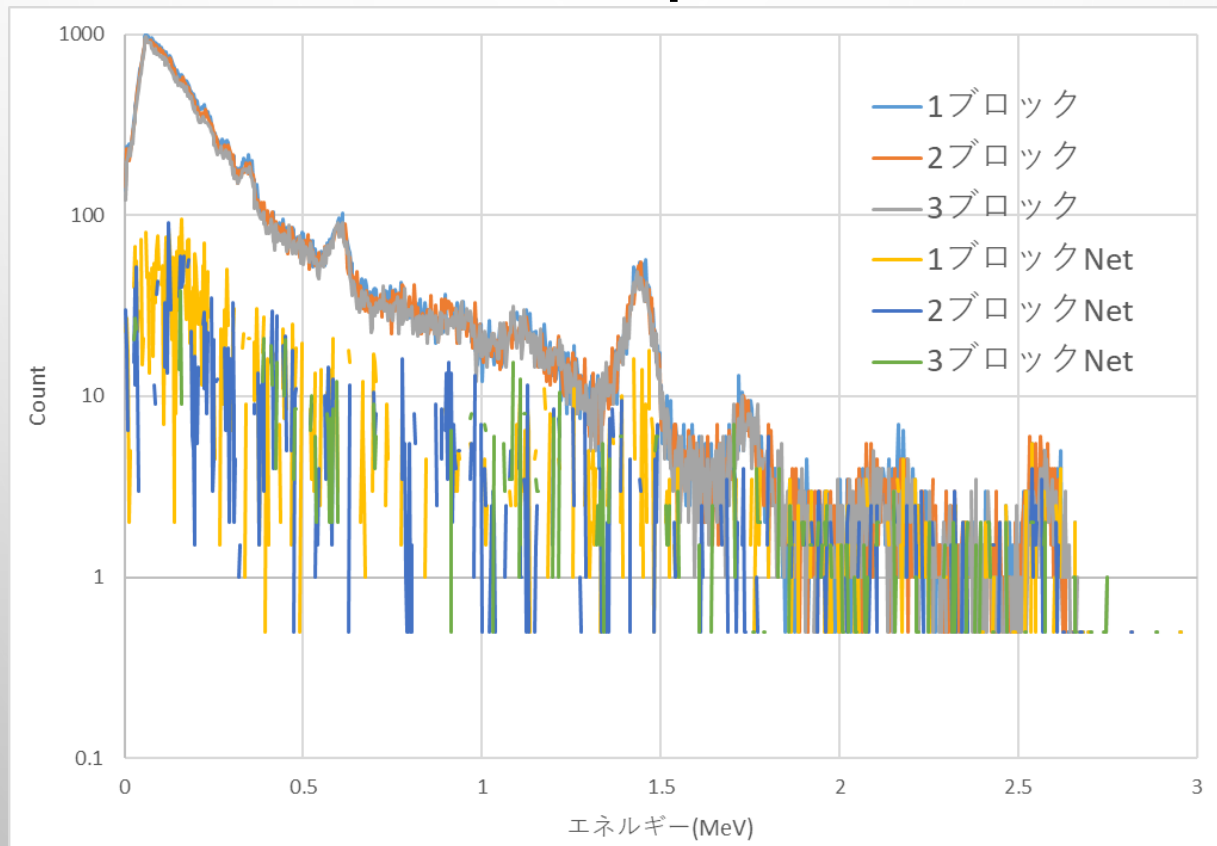
実験1-3 装置図概要



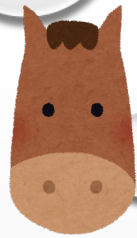


実験1-3

遮へい材の有無及び厚さの変化による線源から検出 γ 線量の変化

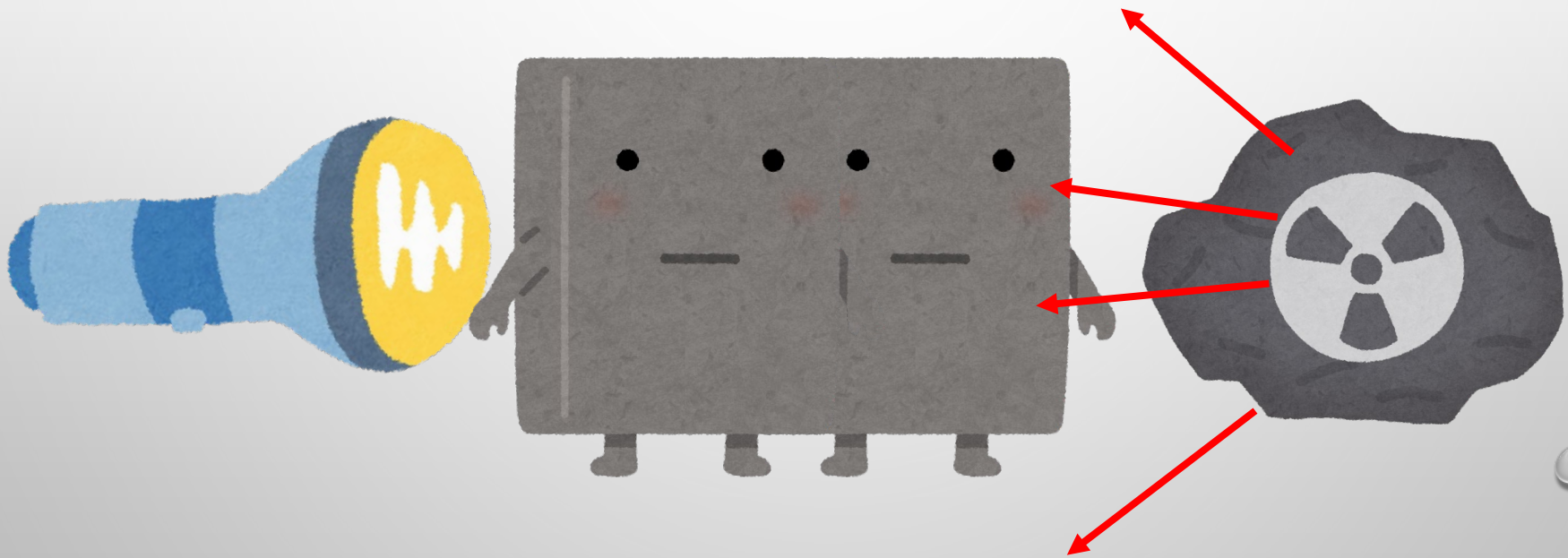


ブロック数を変化させても、
検出器に入射する γ 線量は変わらなかった



実験1-3

遮へい材の有無及び厚さの変化による
線源から検出 γ 線量の変化



線源からランダム方向に放射線が出るが、
1ブロックで既に遮蔽できている

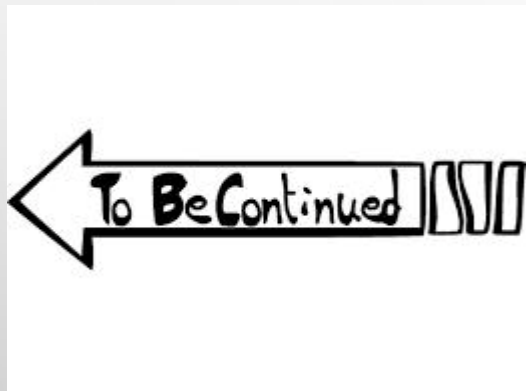
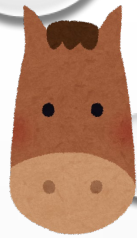
セクション1のまとめ



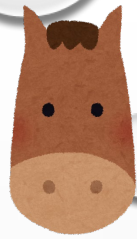
Nalシンチレーション検出器は
放射線防護の3原則に即している

- ① 時間 → 線形になった
- ② 距離 → 300mm程度
- ③ 遮へい → 5mm程度

定量的な見通しを得た

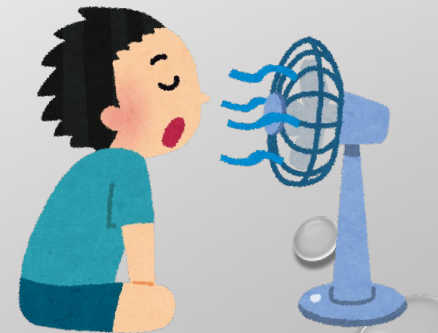


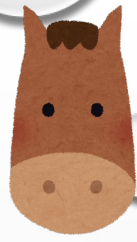
セクション2 受講中に気になったこと



でてきた疑問点

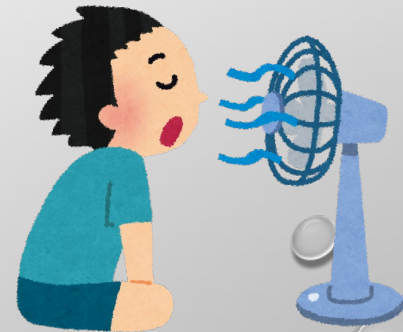
- B.G.とのピークのズレはなにによるもの？
- 鉛遮へい材の有無によるcpsの比率に法則性はないか？
- 放射化させたAuの減衰がどの程度起こっているか？





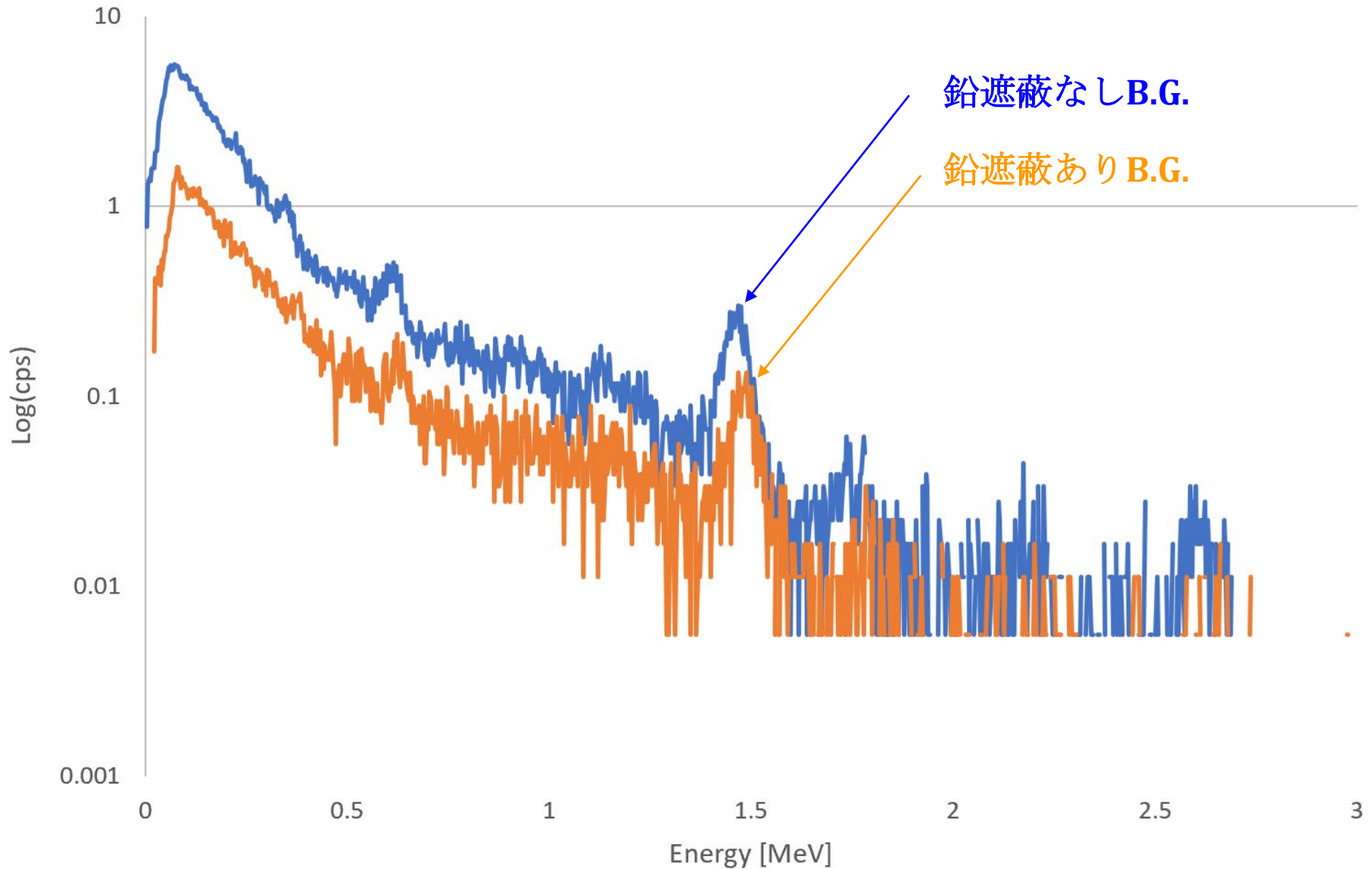
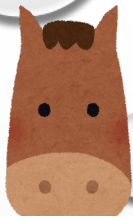
でてきた疑問点

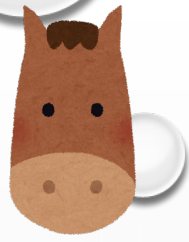
- B.G.とのピークのスレはなにによるもの？
→ (実験2-1) 磁石
- 鉛遮へい材の有無によるcpsの比に法則性はないか？
→ (実験2-2) cpsの比から頻度分布を作成し解析
- 放射化させたAuの減衰がどの程度起こっているか？
→ (実験2-3) 試料A



実験2-1

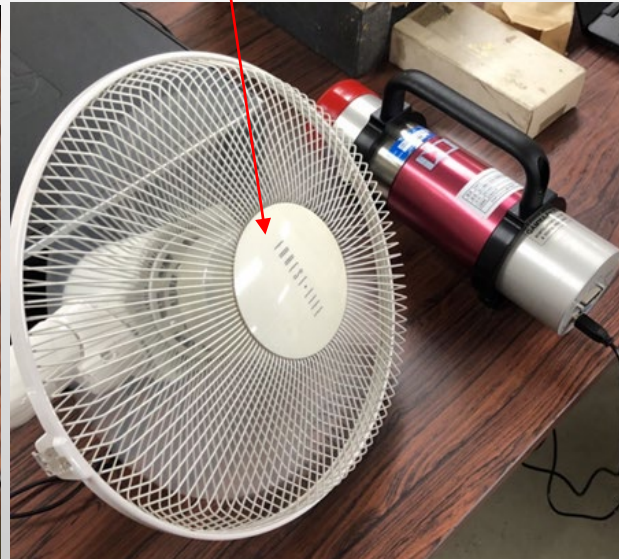
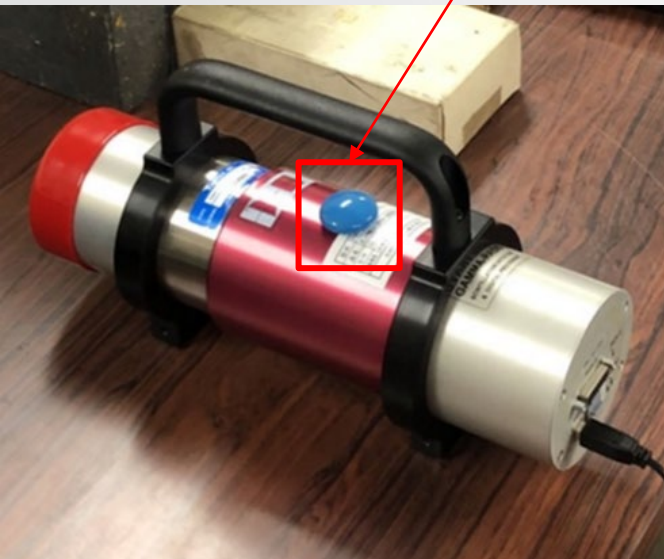
周辺磁場が γ 線測定に及ぼす



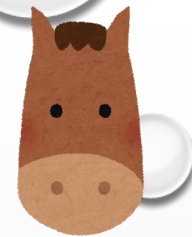


実験2-1 測定方法

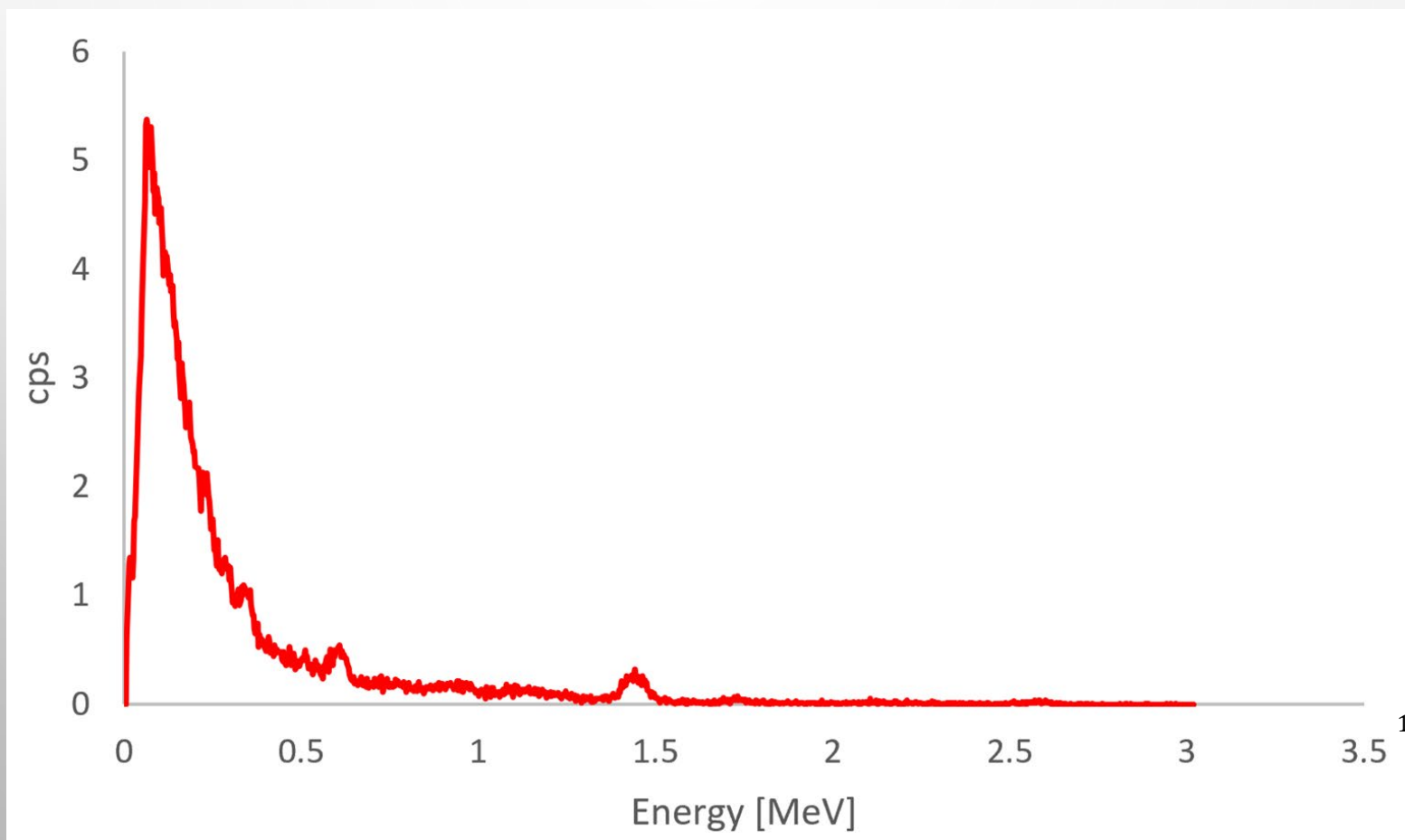
同じ場所で、磁石あり、扇風機あり測定、及びB.G.の測定を行った。



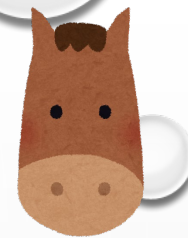
実験2-1 測定結果（マグネット）



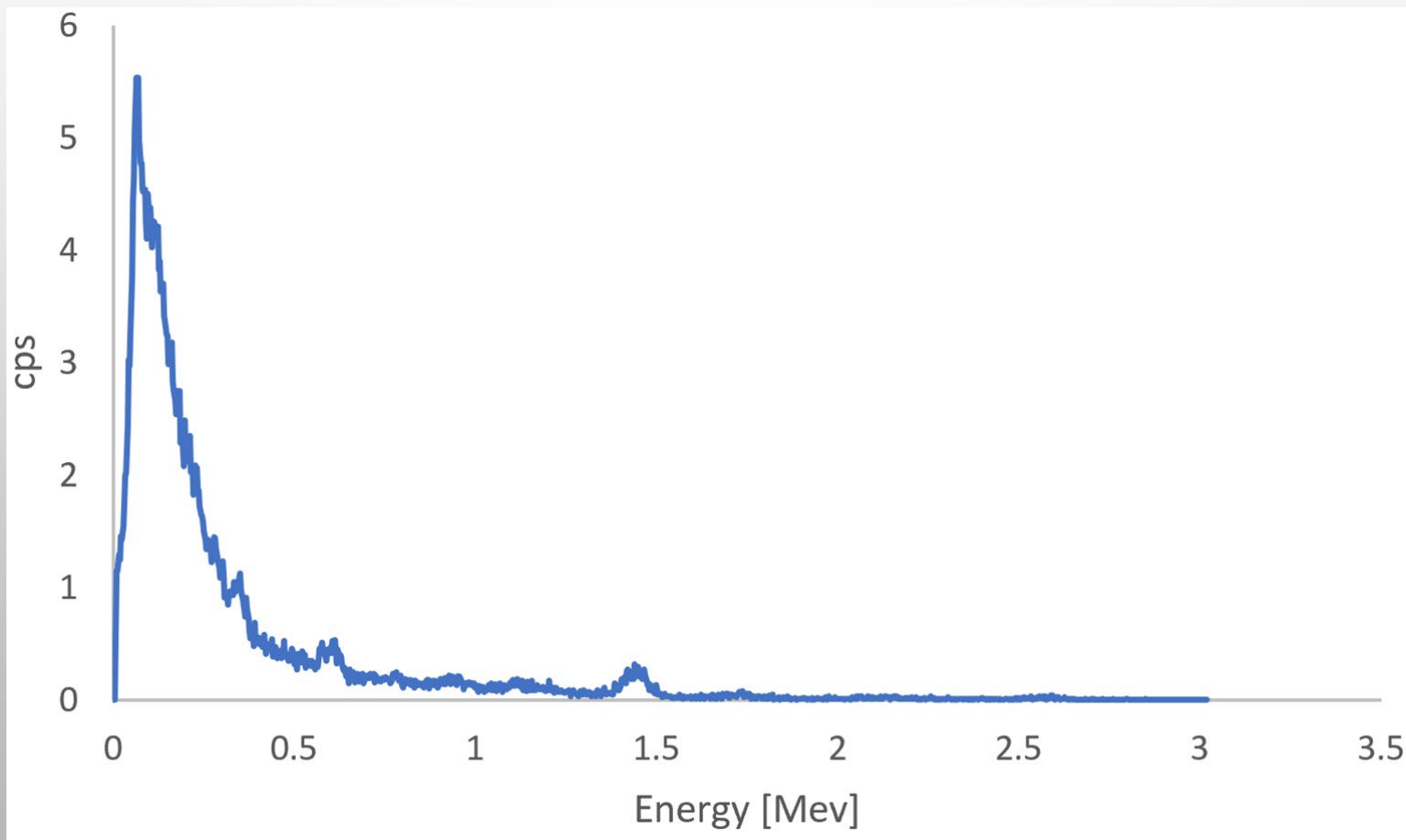
マグネットを近づけて計測した結果



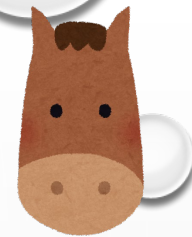
実験2-1 測定結果（扇風機）



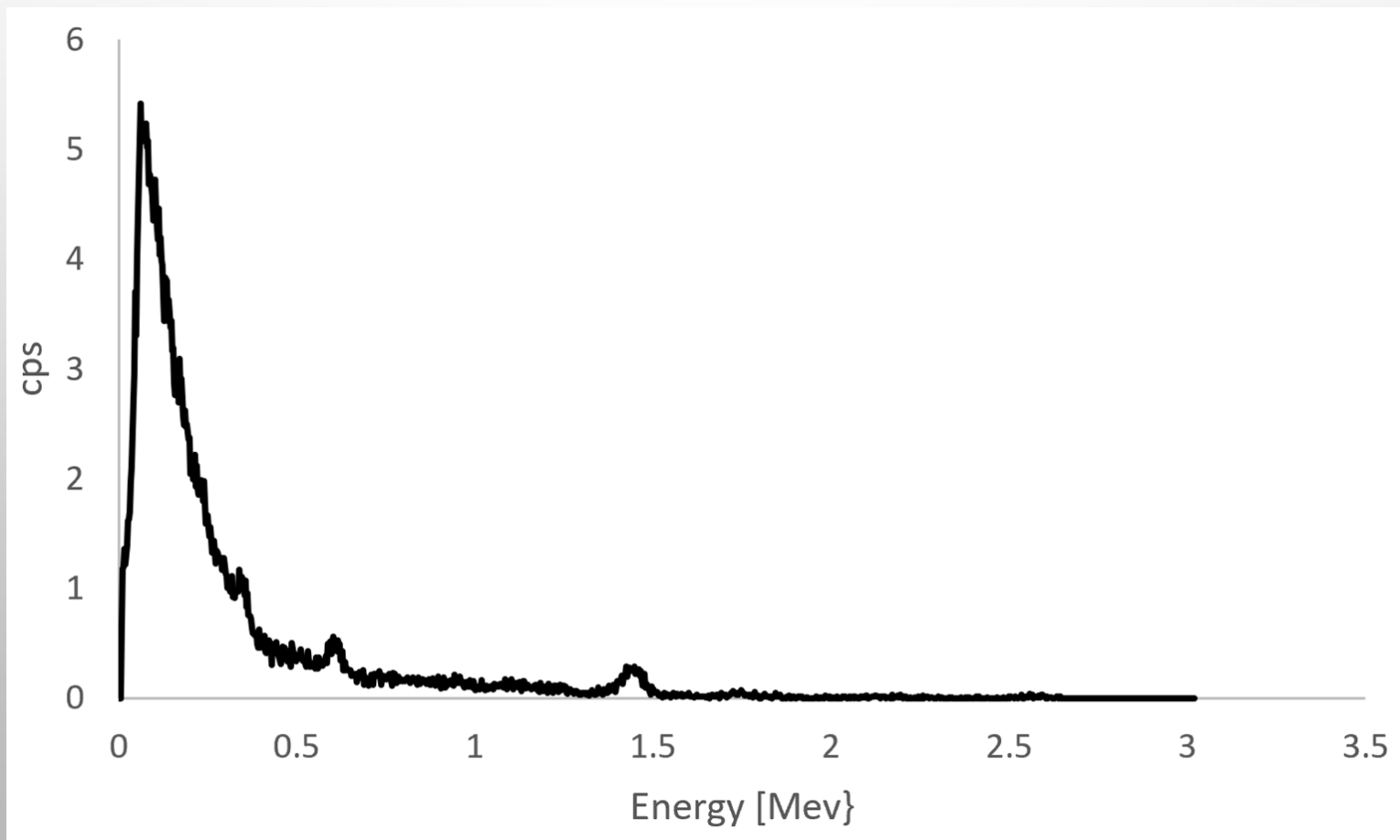
扇風機を近づけて計測した結果



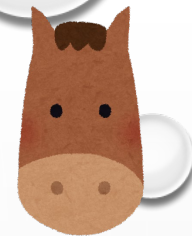
実験2-1 測定結果 (B.G.)



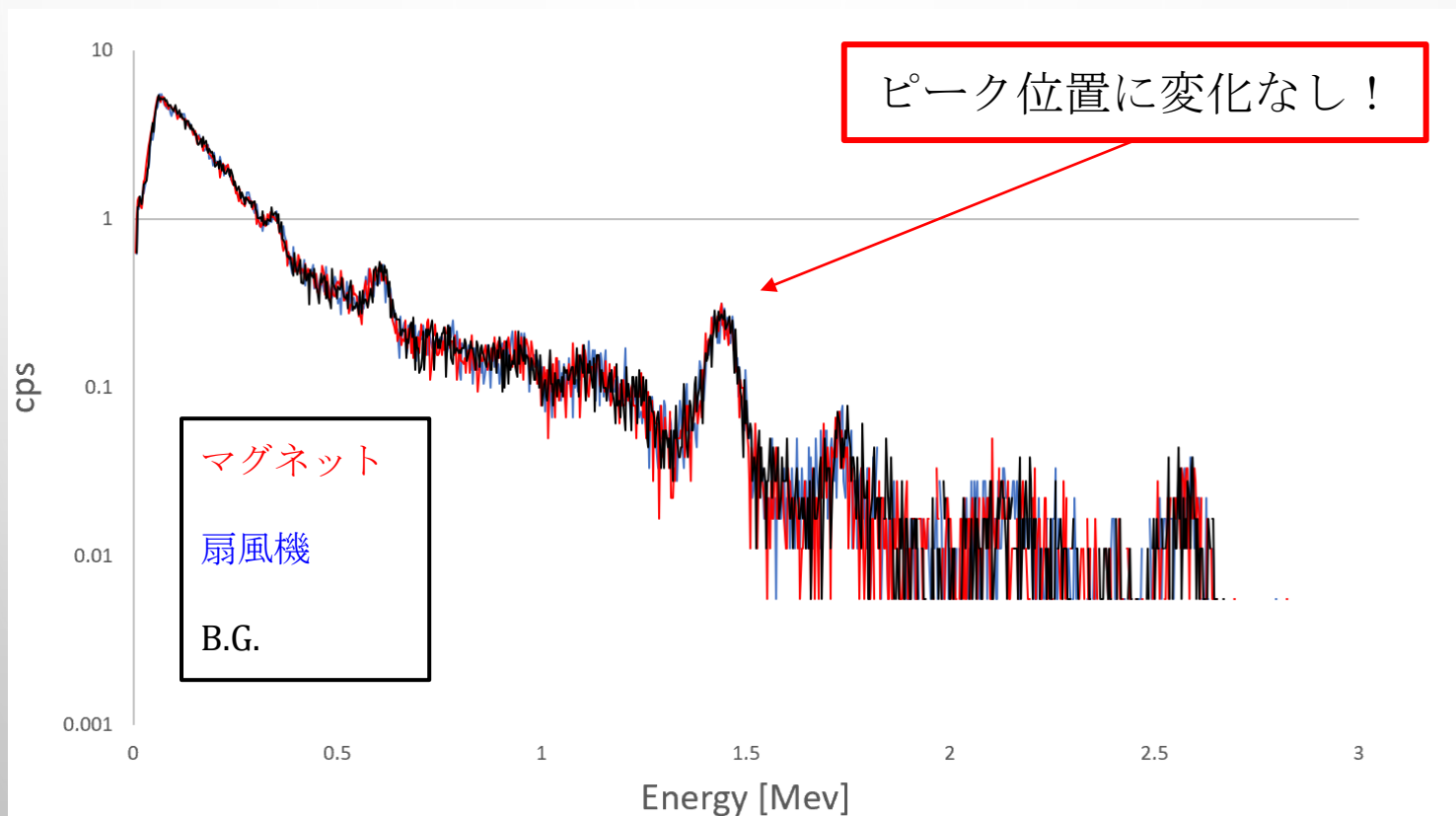
バックグラウンド計測した結果



実験2-1 測定結果の比較



3つのスペクトルを重ねて比較した



マグネットあり、扇風機あり、B.G.の比較で、
ピークのシフトは確認できなかった。



実験2-1 考察

会議室にある磁力の小さなマグネットが、
シンチレーターに影響を与えた

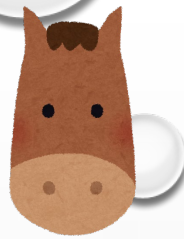
鉛遮蔽により、空気中のガンマ線のエネルギーが全体的
にシフトした。高エネルギー側にシフトする？

測定場所を移動した際に、USB端子を抜き差しした際、
ハード面の条件が同じにならなかった



ピークのシフトがずれた

ピークのずれは、磁力の影響や鉛遮蔽の影響ではなく、接続不良や印加電圧の不足などハード面の問題と考えた（ほんと？）

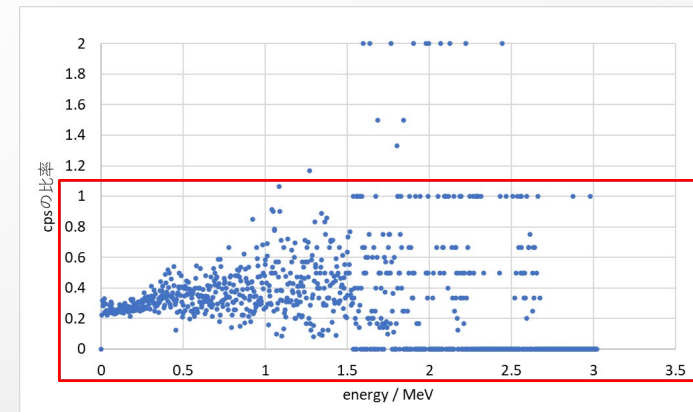


実験2-2

遮へい材の厚さに対する放射線量(cps)比率の特性解析

- 背景

「資料p.104 バックグラウンドとその対策法」
鉛による遮へいの有無について
→ 放射線量(cps)を求め、比率を求めた。



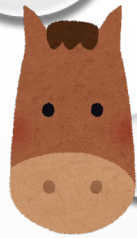
鉛遮へいの有無によるcpsの変化割合

比率が0~1の区間について頻度分布を作成

遮へい材の厚さに対する減弱率の「期待値・分散」が求められるのでは？

- 目的

NaIシンチレーション検出器による γ 線測定において、
遮へい材の厚さに対する放射線量(cps)の変化特性を解析する



実験2-2

遮へい材の厚さに対する 放射線量(cps)比率の特性解析



遮へい材の穴



50mm遮へい



100mm遮へい

• 方法

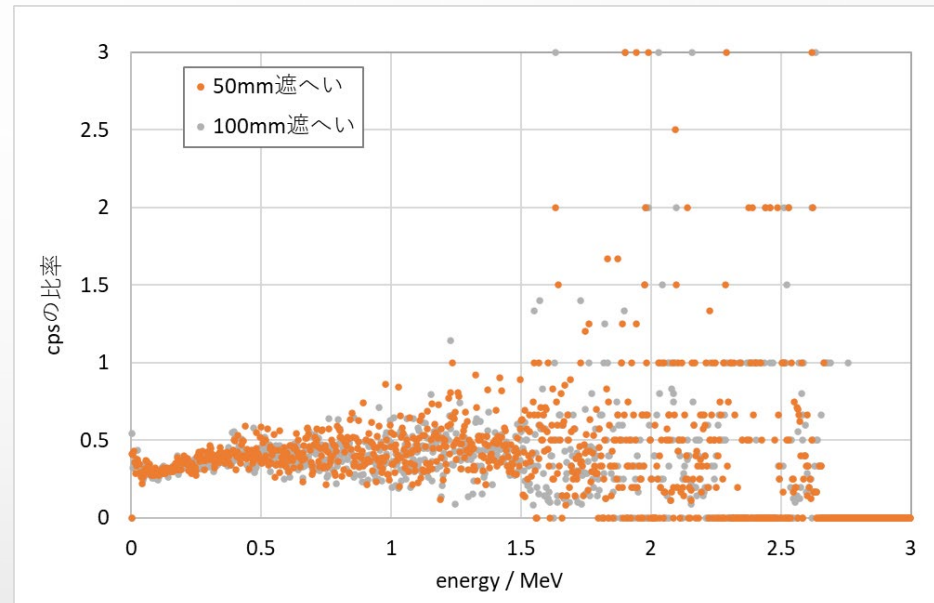
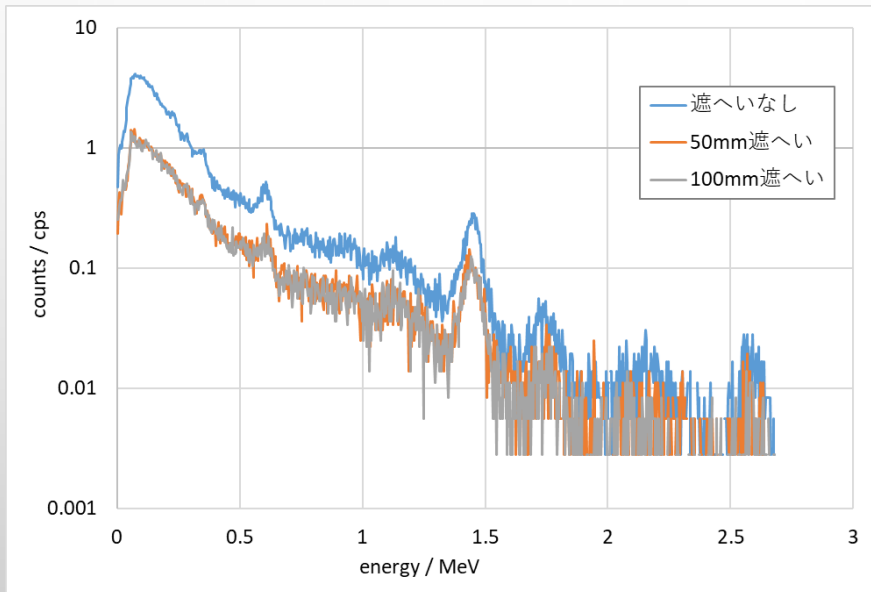
実験場所：制御室

測定時間：180s

検出器ヘッドの差し込み長さ：65mm

1. 鉛遮へい材で囲いを作成、NaIシンチレーション検出器を差し込んだ
2. (遮へいなし、50mm、100mm) の3通りについて2回ずつ計測を行った

実験2-2 結果



エネルギーと放射線量の関係

低エネルギー帯の放射線量
→ 鉛の厚さによる差が少ない
高エネルギー帯の放射線量に着目

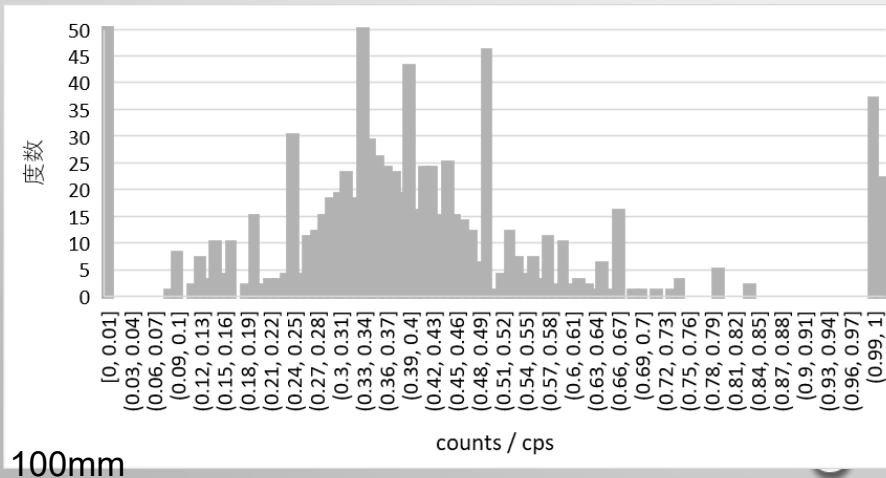
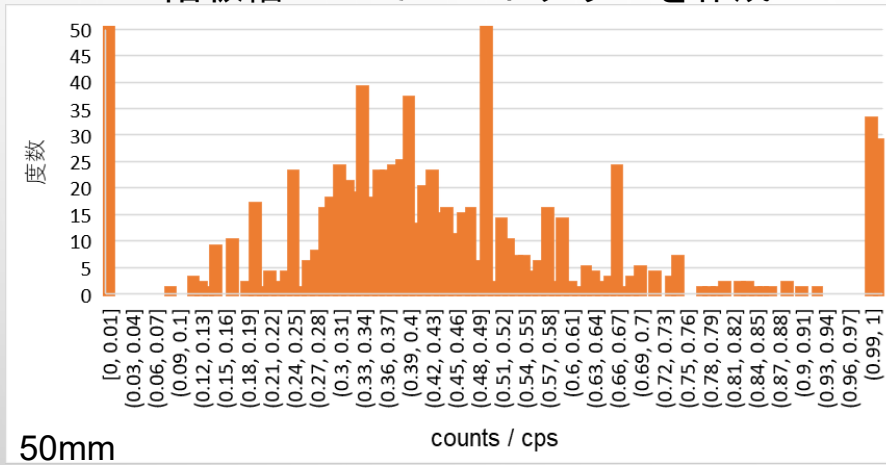
遮へいの有無に対する放射線量の比率

厚さ100mmの場合
→ 高エネルギー帯の分布から
分散が小さくなっていることが
予想される

実験2-2 考察



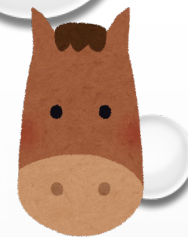
放射線量(cps)について
階級幅 0.01でヒストグラムを作成



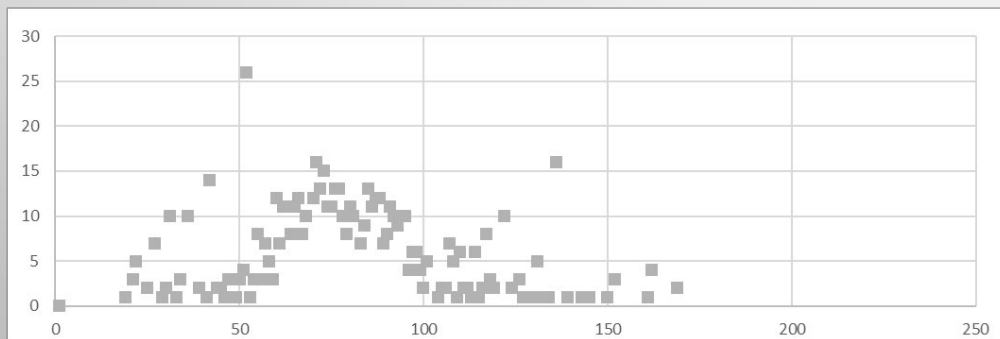
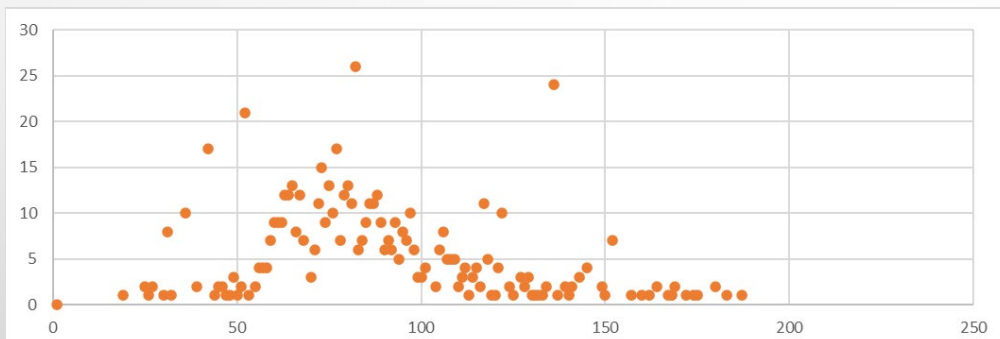
	50mm遮へい	100mm遮へい
平均	0.219478	0.190525
分散	0.158516	0.115954
標準偏差	0.398141	0.340519

分散・標準偏差の両方
50mm遮へい > 100mm遮へい
厚くすることで高エネルギー帯に対する
遮へい率が上がった

実験2-2 考察

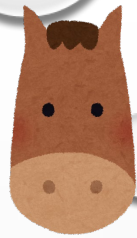


度数分布表をもとに散布図を作成



ガウシアンでフィッティング

→ みなしの放射線量(cps)が
求められるのではないか

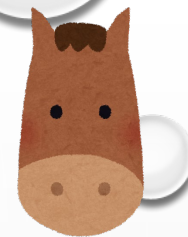


実験2-3

照射1日後、2日後における 試料Aの γ 線の計測

- 目的
放射化試料の減衰現象を観測する。

実験2-3 測定方法



8月30日 :

試料Aへの中性子線照射



8月31日 :

照射後 1 日の試料Aの測定 : 360s



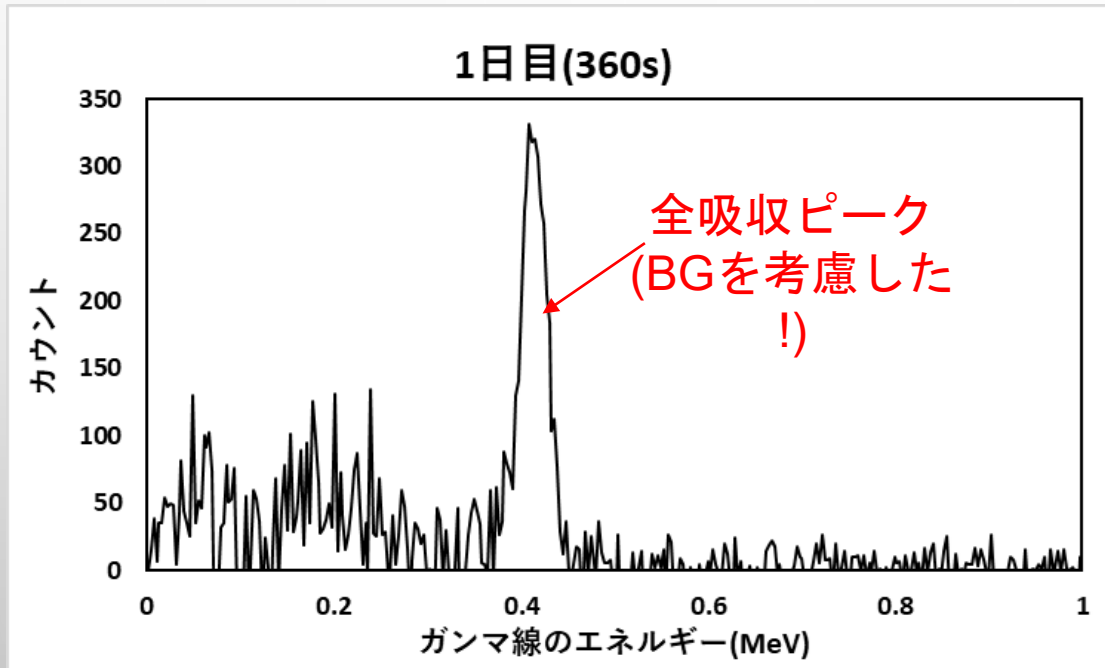
9月1日 :

照射後 2 日の試料Aの測定 : 360s





測定結果：照射後1日の試料A(360s)



全吸収ピークの
計数*
3703 カウント

*測定範囲

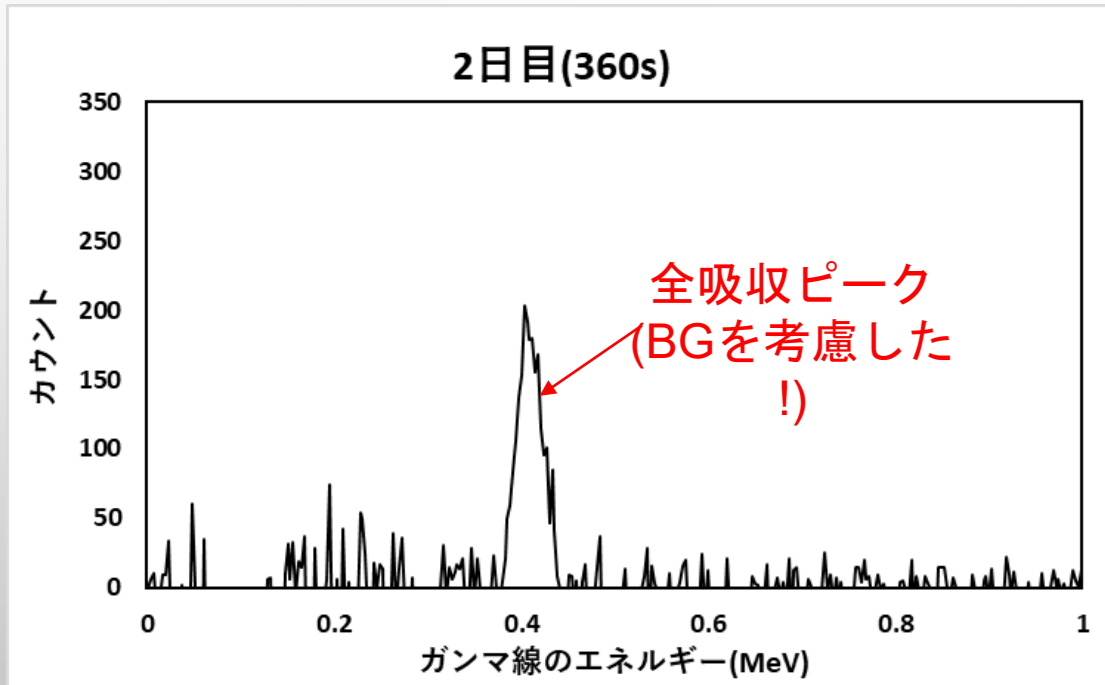
チャンネル数: 130~153

(エネルギー

0.362~0.430)



測定結果：照射後2日の試料A(360s)



全吸収ピークの
計数*
2010 カウント

*測定範囲

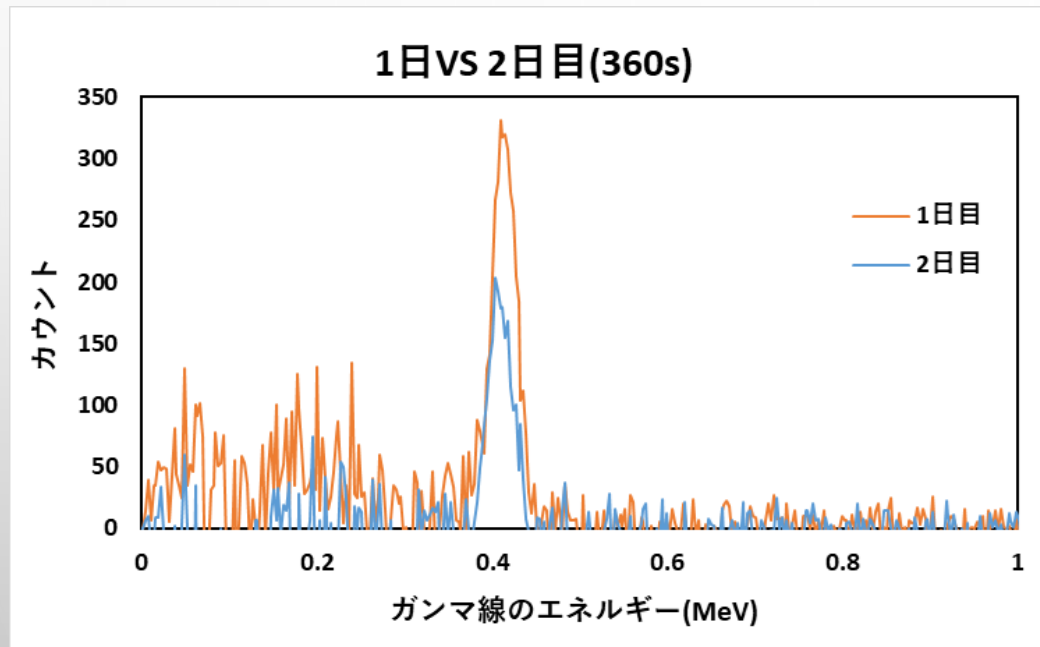
チャンネル数: 130~153

(エネルギー

0.362~0.430)



測定結果：照射後1日と照射後2日の比較



- 2日目の全吸収ピークのカウント*が減った



放射化試料の放射能の減衰

*測定範囲：チャンネル数: 130~153(エネルギー0.362~0.430)

照射後 1 日と同じカウントを得る ように...

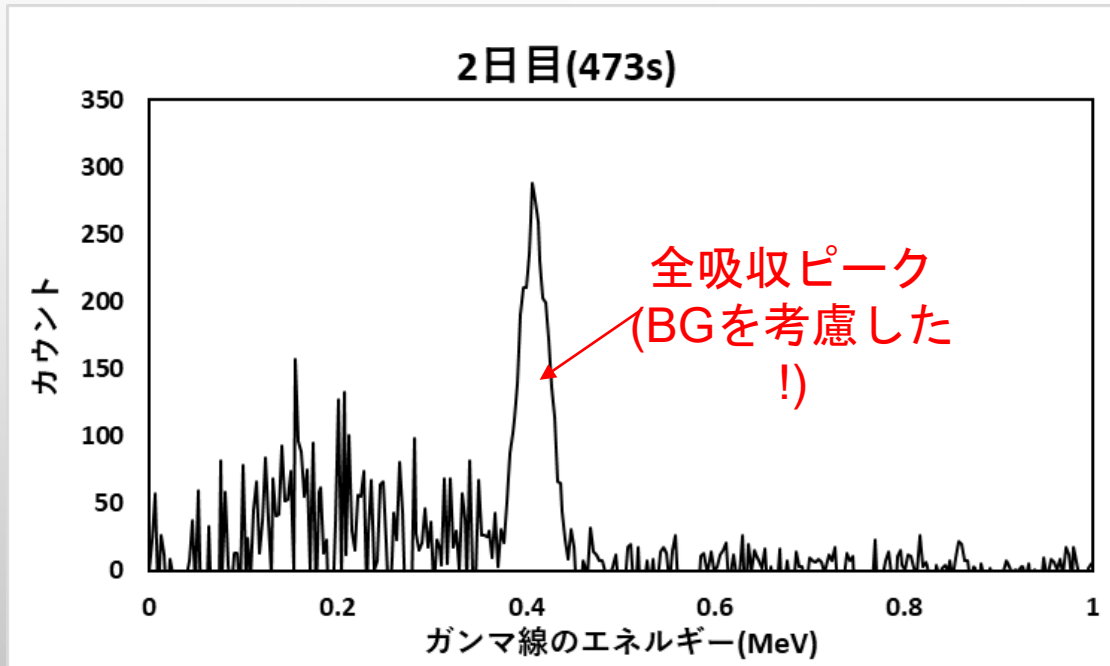


$$\left\{ \begin{array}{l} A(t_2) = \varphi N \sigma (1 - \exp(-\lambda t_1)) \exp(-\lambda t_2) \\ A(t_2) = \text{カウント} / \text{測定時間} \end{array} \right.$$



照射後 2 日は473sで測
定すればよい!!

再測定結果：照射後2日の試料A(473s)



全吸収ピークの
計数*
3358 カウント

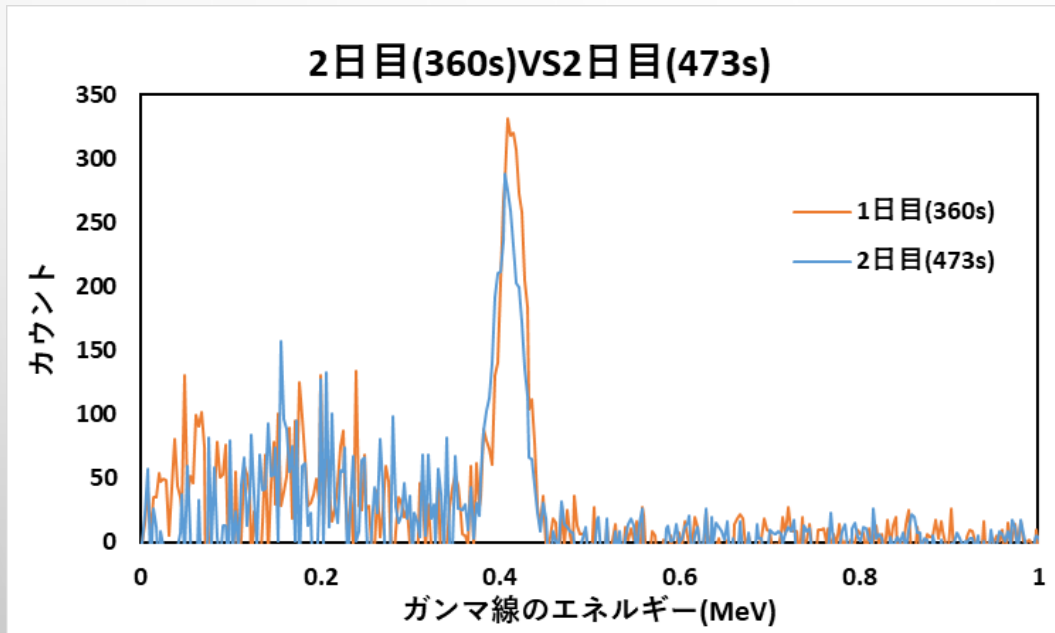
*測定範囲

チャンネル数: 130~153

(エネルギー

0.362~0.430)

測定結果：照射後 2 日 (360s VS 473s)



- 全吸収ピークのカウント*が合わない

考察

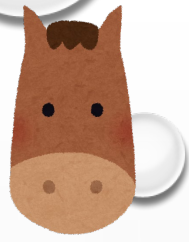


照射後 1 日の測定
全吸収ピークの
計数
3703 カウント

VS

照射後 2 日の測定
全吸収ピークの
計数
3358 カウント

9.31%のずれ！！！！！！



実験2-3 考察②

8/31と9/1の計測データから Auの半減期を求める

・ 計算式

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

N:現在の量、 N_0 :最初にあった量
t:経過時間、T:半減期

よって減少割合をxとすると

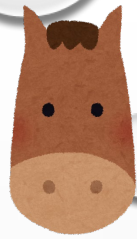
$$T = t / \log(1/2)x$$

以上より半減期Tを計算すると $1.04 \times 10^5 \text{秒} = 1.20 \text{日}$ であった。

(Auの半減期の文献値 :

38

2.70日)



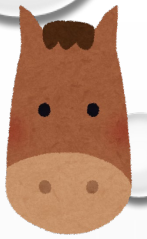
セクション2のまとめ

抱いた疑問の解消

- B.G.とのピークのズレはなにによるもの？
→磁石・扇風機の影響はごく微量であったと考えられる。
- 鉛遮へい材の有無によるcpsの比に法則性はないか？
→50.0mmの鉛遮へい材があれば十分な遮へいできた。
→2枚にすることで...？
- 放射化させたAuの減衰がどの程度起こっているか？
→文献値よりも早い減衰率で減衰が起こっていた。

今後の眺望 (§1)

(更に更にこんな実験がしたい！)



- ・ 時間の実験
→ 統計誤差を極力なくす実験計画
- ・ 距離の実験
→ 立体角による影響を考慮した実験計画
- ・ 遮へいの実験
→ 他の放射線 (β 線・中性子線など) について
遮へいの方法について検討した実験



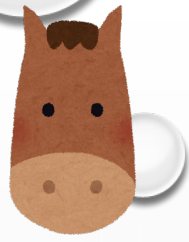


今後の眺望 (§2-1) (更に更にこんな実験がしたい！)

- ・ ピークのずれに関する実験
 - 磁力[Wb]既知の磁石を用いた実験で、
定性的かつ定量的に磁力の影響を測りたい

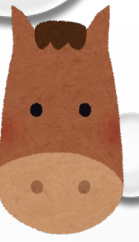
懸念点

検出器の破損

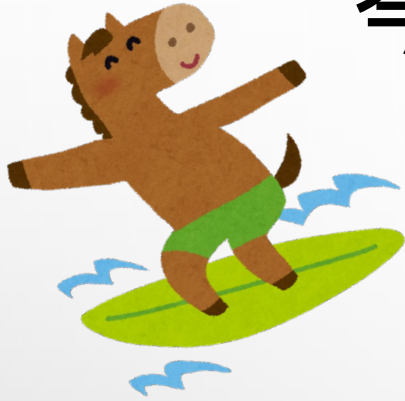


今後の眺望 (§2-2と3) (更に更にこんな実験がしたい！)

- ・ 遮へい材の遮へい率に関する実験
 - 厚くすることで高エネルギー帯に対する遮へい率が上がった
 - 遮へい材を3層、4層にするとどうなるのか？
- ・ Auの半減期に関する実験
 - より長く減衰させた上で実験を行うとどうなるのか？



今回の実習の感想



楽しかった！

