

実験 1：放射線に関する実験

a. 説明

i. 放射線源の距離による強度変化

^{137}Cs と ^{60}Co から放出されるガンマ線の線量が線源からの距離によってどのように変化するかを測定し、グラフ化する。

ii. 遮蔽材による放射線の遮蔽効果

^{137}Cs と ^{60}Co から放出されるガンマ線源の前に遮蔽材として鉛(25mm 厚, 4 枚)を置き、線源からの 20.0cm に測定器を置いて遮蔽材なしかたそれぞれの最大枚数まで枚数を増やしながら線量の変化を測定する。遮蔽材の厚さと線量の間をグラフ化し、遮蔽板の厚みと密度から質量吸収係数を計算する。

質量吸収係数の計算方法:

入射ガンマ線及び透過ガンマ線の強度を N_0, N とすると、 $N=N_0\exp(-\mu d)$ で表される。つまり $\ln(I/I_0) = -\mu d$ と 1 次式で表される。ここで、 μ は質量吸収係数 μ である。

b. 装置及び道具

NaI シンチレーター (IU-607R NaI-07 Super K)、光電子増倍管 (07)、ディスクリミネータ、テスター、スケラー、鉛(25mmx4)、Cs-137 線源、Co-60 線源、オシロスコープ。

c. 実験方法

i. 放射線源の距離による強度変化

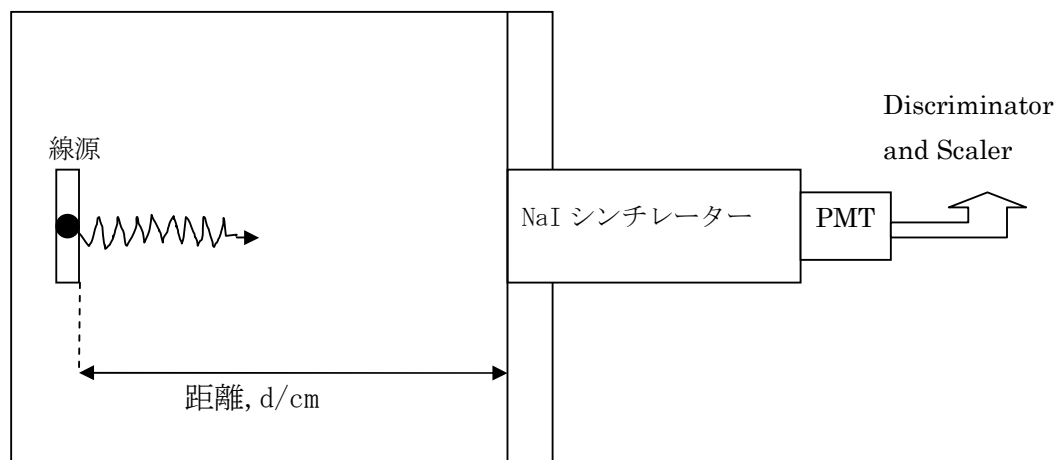


図 1

- (1) 周りに何も物を置いていない机上の比較的広い空間に、図1のように装置を設定する。まずバックグラウンドを測定する。
- (2) ガンマ線線源 (^{137}Cs と ^{60}Co) をシンチレーターから初めに 5.0cm 離して放射能測定を行う。
- (3) 距離を 5.0cm ずつ離してゆき 30.0cm 離れるまでの各位置での放射線強度をそれぞれ 2 回測定し、平均を取り、データをグラフ化する。間隔は 20 秒である。

ii. 遮蔽材による放射線の遮蔽効果

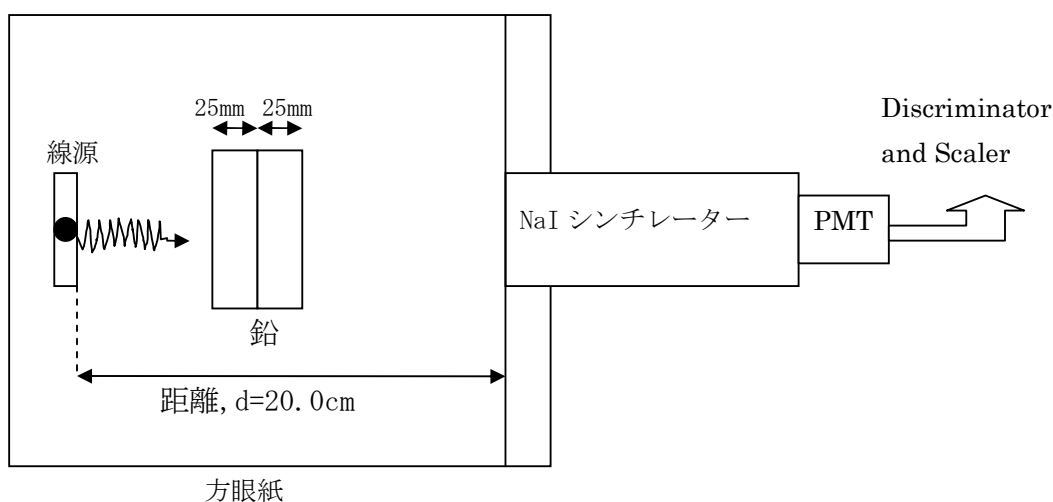


図 2

- (1) 周りに何も物を置いていない机上の比較的広い空間に、図2のように装置を設定する。
- (2) ガンマ線線源 (^{137}Cs と ^{60}Co) をシンチレーターから 20.0cm 離して、鉛を 1 枚から 4 枚まで置いた時の放射線強度をそれぞれ 2 回測定し、平均を取り、データをグラフ化する。間隔は 20 秒である。

d. データ

i. 放射線源の距離による強度変化

シキイ値 = -22.9mV, 電圧 = -1003V,

$$\begin{aligned} \text{背景放射, } B(\text{count}/20\text{s}) &= (1476+1435+1446+1351+1428+1355+1392+1412)/8 \\ &= 1412 \end{aligned}$$

Cs の場合

| 距離/cm | Count 数, N/20s | | | N-B(count/20s) |
|-------|----------------|-------|-------|----------------|
| | 一回目 | 二回目 | 平均値 | |
| 5.0 | 52438 | 52619 | 52529 | 51117 |
| 10.0 | 21824 | 22137 | 21981 | 20569 |
| 15.0 | 12720 | 12800 | 12760 | 11348 |
| 20.0 | 8662 | 8438 | 8550 | 7138 |
| 25.0 | 6557 | 6380 | 6469 | 5057 |
| 30.0 | 5045 | 5107 | 5076 | 3664 |

Co の場合

| 距離/cm | Count 数, N/20s | | | N-B(count/20s) |
|-------|----------------|--------|--------|----------------|
| | 一回目 | 二回目 | 平均値 | |
| 5.0 | 444309 | 447009 | 445659 | 444247 |
| 10.0 | 186798 | 189042 | 187920 | 186508 |
| 15.0 | 105803 | 105226 | 105515 | 104103 |
| 20.0 | 68521 | 68481 | 68501 | 67089 |
| 25.0 | 49059 | 48741 | 48900 | 47488 |
| 30.0 | 36706 | 36742 | 36724 | 35312 |

ii. 遮蔽材による放射線の遮蔽効果

Cs の場合

| 鉛の厚さ/cm | Count 数, N/20s | | | N-B(count/20s) |
|---------|----------------|------|------|----------------|
| | 一回目 | 二回目 | 平均値 | |
| 2.5 | 1983 | 1915 | 1949 | 537 |
| 5.0 | 1412 | 1546 | 1479 | 67 |
| 7.5 | 1448 | 1457 | 1453 | 41 |
| 10.0 | 1391 | 1462 | 1427 | 15 |

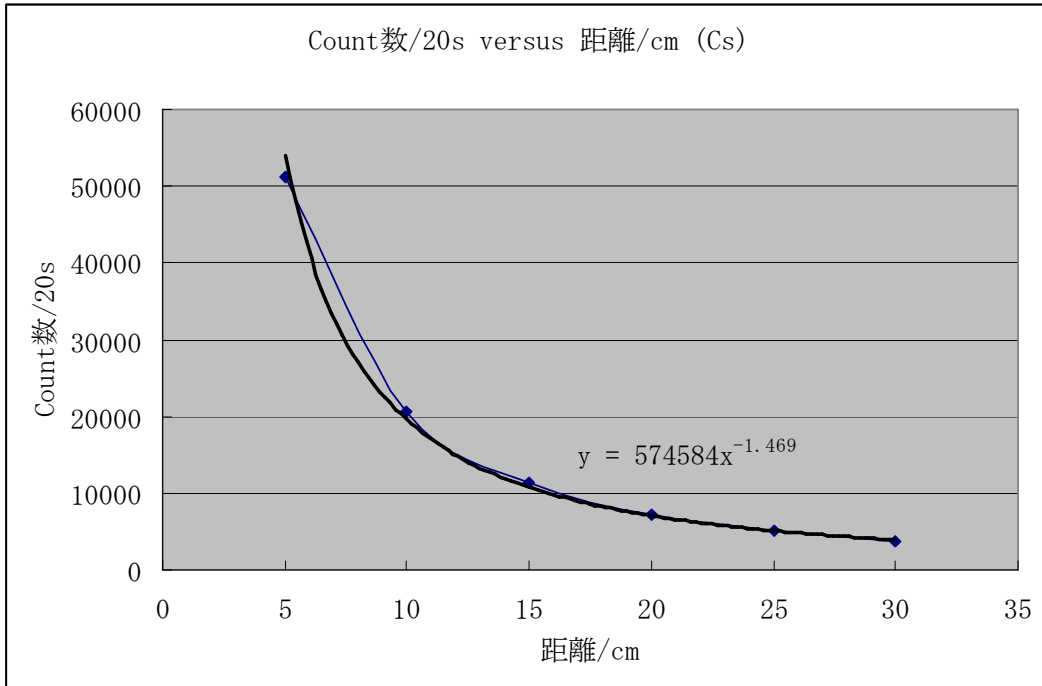
Co の場合

| 鉛の厚さ/cm | Count 数, N/20s | | | N-B(count/20s) |
|---------|----------------|-------|-------|----------------|
| | 一回目 | 二回目 | 平均値 | |
| 2.5 | 56388 | 57747 | 57068 | 55656 |
| 5.0 | 16229 | 16170 | 16200 | 14788 |
| 7.5 | 5140 | 5193 | 5167 | 3755 |
| 10.0 | 2340 | 2280 | 2310 | 898 |

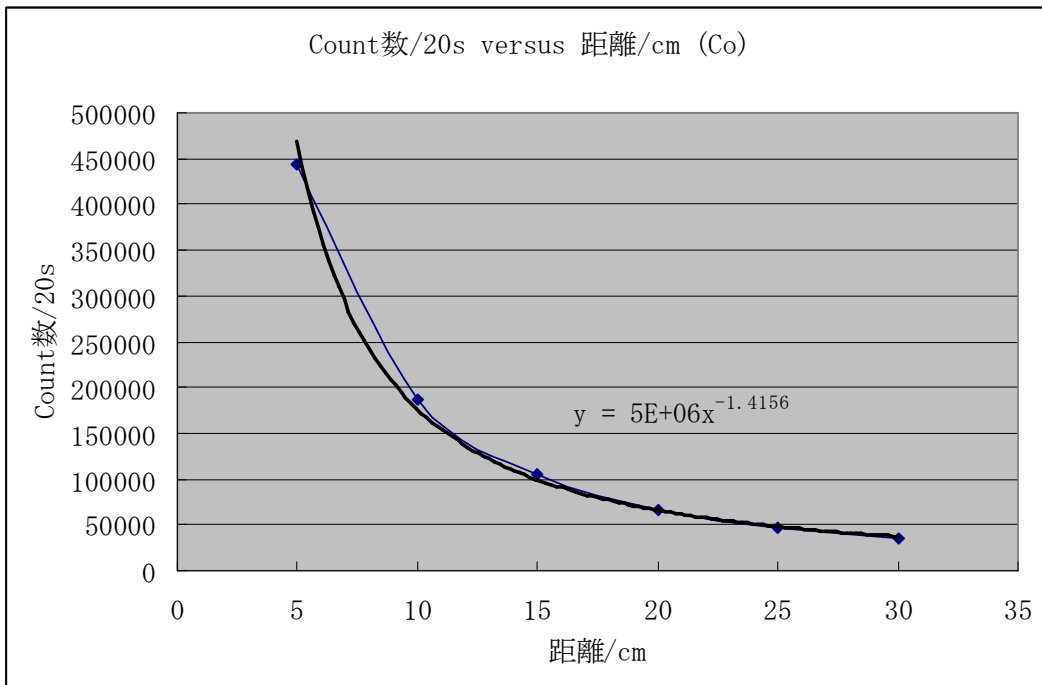
e. 解析

得られたデータをグラフ化すると、次の6つのグラフが出来た。ただし青い線は本のデータで、黒い線はデータフィッティングによるものである。

i. 放射線源の距離による強度変化

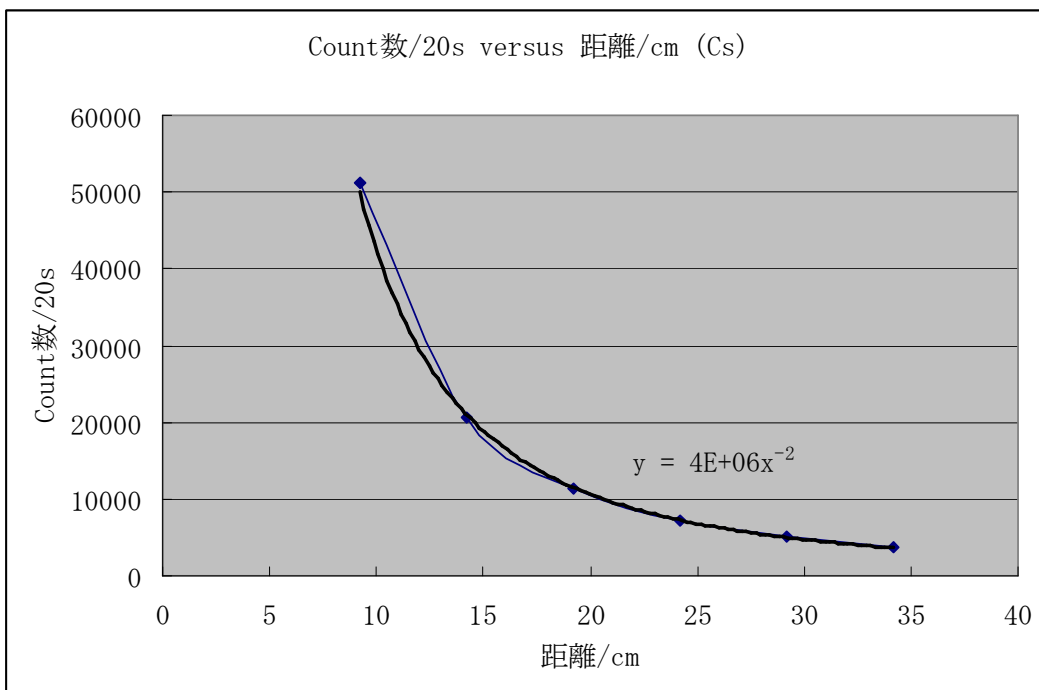


グラフ 1

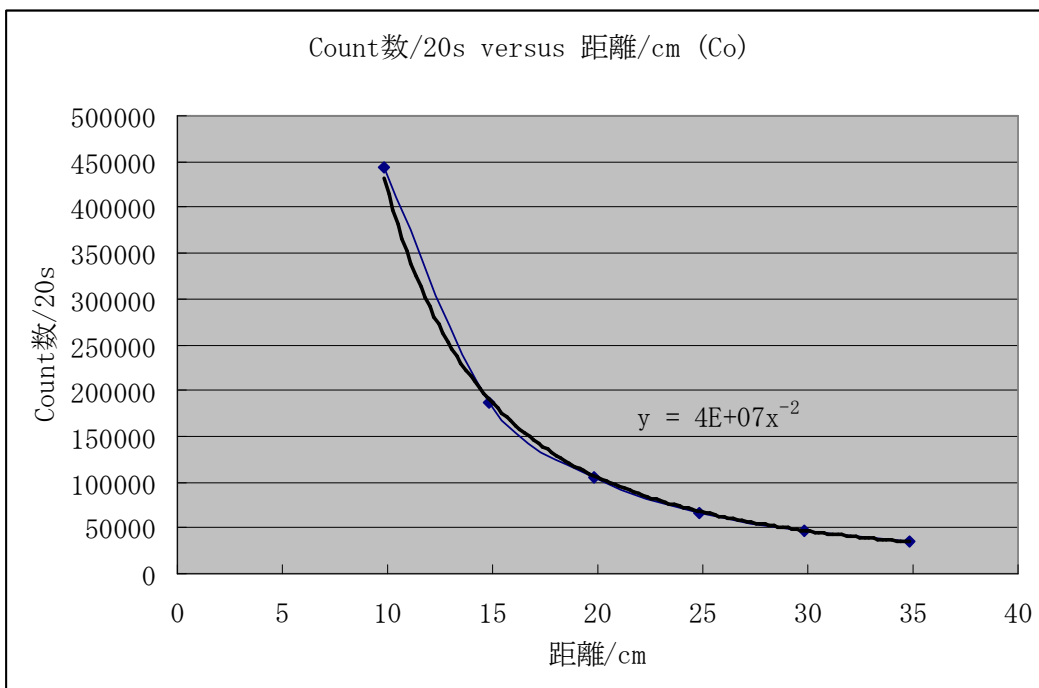


グラフ 2

また、予測より Count 数が距離に逆 2 乗に比例する場合、次のグラフが得られる。ただし、これは $N(x)=N_0/(x+\Delta)^2$ というシンチレータによる補正をしたものである。 $\Delta(Cs)=4.21\text{cm}$, $\Delta(Co)=4.85\text{cm}$ 、平均は $\Delta=4.53\text{cm}$ である。

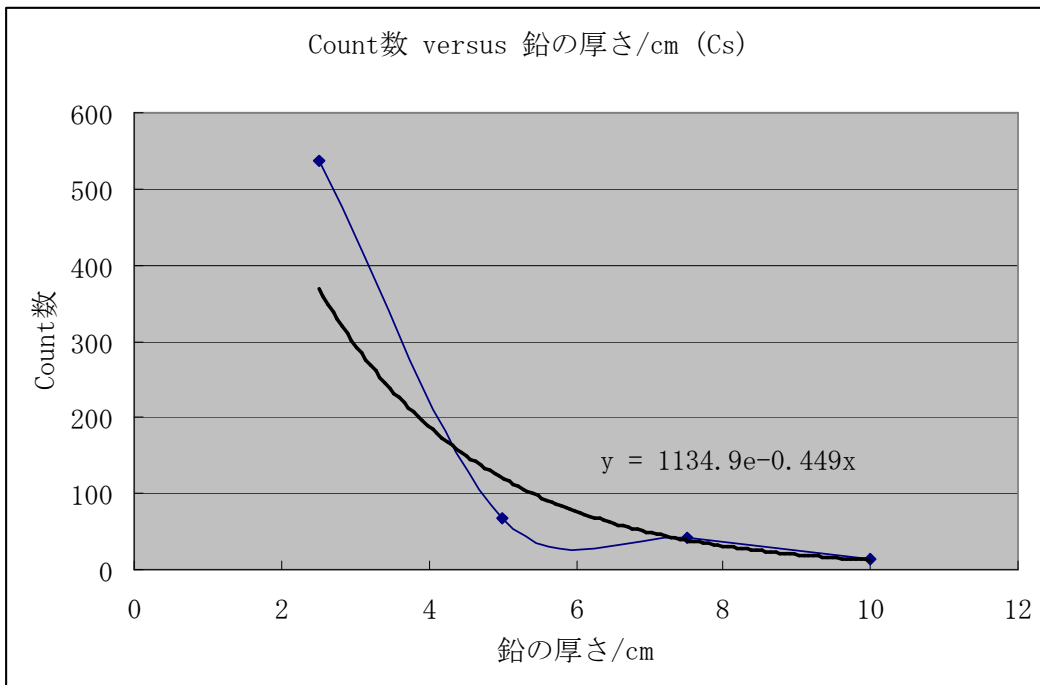


グラフ 3



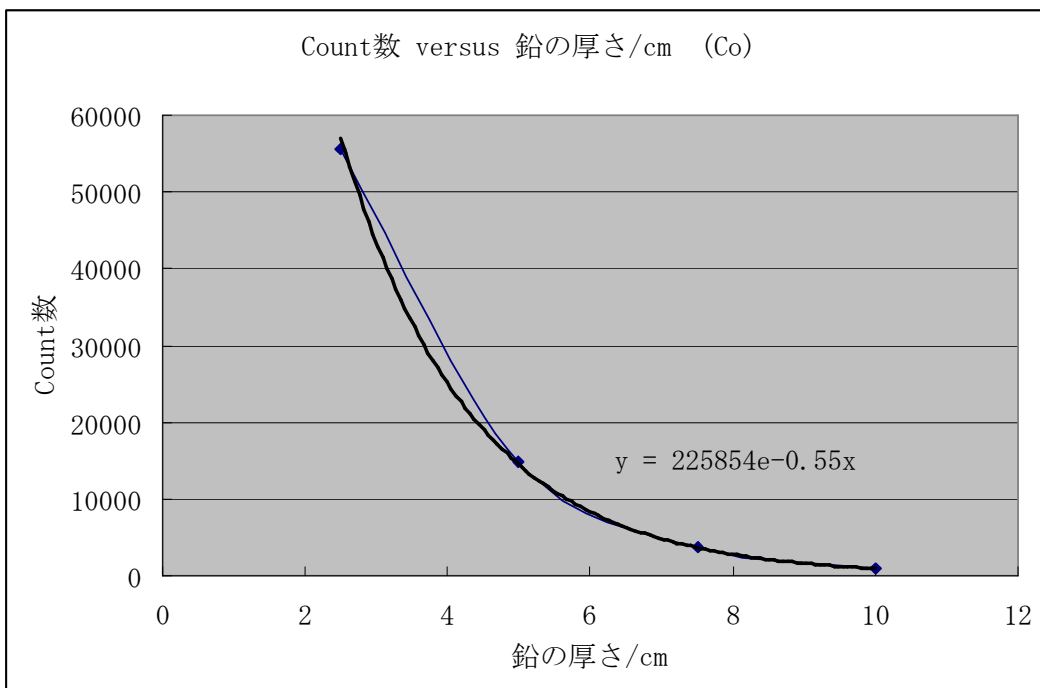
グラフ 4

ii. 遮蔽材による放射線の遮蔽効果



グラフ 5

(注) : Cs 線源が弱いので、背景放射が効いてくるから、うまくいかなかった。



グラフ 6

グラフ 6 より、鉛の質量吸収係数は 0.55cm^{-1} であることがわかる。

f. 結論

グラフ 1 から 6 より、放射線源の距離により強度変化は $N(x)=N_0/(x+\Delta)^2$ と書くことができる。また、遮蔽材による放射線の遮蔽効果は $N(d)=N_0\exp(-\mu d)$ という式で表わせる。ここで、 x は距離、 d は厚さ、 Δ はシンチレータによる補正距離と μ は質量吸収係数である。二つのパラメーターを合わせて、 $N(x, d)=N_0\exp(-\mu d)/(x+\Delta)^2$ という式が出てくる。(時間があれば、もう一度検証してみたい。) なお、多数の遮蔽材が存在するとき、 $N(x, d_i)=N_0\exp(-\sum \mu_i d_i)/(x+\Delta)^2$ になるのだろう。ここで、 μ_i 、 d_i は各物質の質量吸収係数と厚さである。