

2019年度 研究活動報告書

「磁場偏向によるβ線の遮蔽」

都立戸山高等学校 2年 山中涼丞

1. 背景

2018年の8月に、福島での放射線防護研修 (Radiation Protection Workshop in Fukushima 2018) に参加し、原発被害のあった福島へ行き、現地の人や、ワークショップに参加した日本や海外の学生と交流し、また福島県産の食べ物を食べていく中で福島の食の安全性を実感し、一方で漁師さんのお話を聞かせていただく中で、風評被害の深刻さについても感じた。

また、実際に福島第一原発の内部に入らせていただく機会があり、原子炉建屋のすぐ近くまで見せていただくなど非常に貴重な経験ができ、放射線防護に対する課題意識も強まった。

自分にもなにか放射線に関する研究ができないかと思い、調べていく中で、β線の防護に関して、現状では、防護服を着たり、金属の板で遮蔽したりするなどの物理的な手段しか存在しないことを知った。

2. 目的

先述のように、物理的な手段に頼ることは、除染を行う必要があるコスト面や、常に何かを身につけなくてはならないという手間を鑑みると、あまり効率的ではなく、別の手段を取ることもできるのではないかと考えた。

もしもハンディファンのように、首から機械を下げるだけで全身の放射線防護になったら、それはコスト面的にも手間的にも、もっと楽になるのではないかと考えた。

そこで、β線は荷電粒子の流れであることに着目し、磁場中を進むβ線が受ける力 (ローレンツ力) を利用して、体からβ線を遠ざけるシールドのような形でβ線の遮蔽をしようと思い立ち、現在の研究に至る。

3. 活動の内容

3.1 出前講義

「GSHOCK 開発ストーリー」

講演者：伊部菊雄さん (GSHOCK 開発者)

講演内容：GSHOCK を苦難の末に開発した伊部さんの開発秘話を、VTR とともに見せていただき、非常に興味深い話をしていただけた。

放射線とは直接には関係ないが、開発というなかで、日常の中から研究への糸筋を見つけるということを強く感じられた。

3.2 見学

①日時：令和元年 5 月 31 日 (金)

場所：東京大学 駒場キャンパス

見学の目的：実際にリサーチキャンパスを訪問して、研究室を見せていただいたり、その場でポスターによる発表を見せていただいたりした。

海洋調査の研究室では、調査に基づいた海底の 3D マップや、実際の調査映像など、貴重なものをたくさん見せていただいた。

②日時：令和元年 10 月 4 日（金）

場所：お茶の水女子大学 理学部 物理学科 奥村研究室

見学の目的：キャンパス内を見学した後に、大学の研究室を、
学生さんの説明とともにみてまわり、研究室の研究
設備や、研究内容を教えていただいた。



図 1 研究室見学の様子

4 研究の成果

<実験器具>

- コイル 2 つ
- 鉄心
- 電源装置
- データロガー(Science Cube)
- β 線源(ストロンチウム 90)
- サーキュレーター

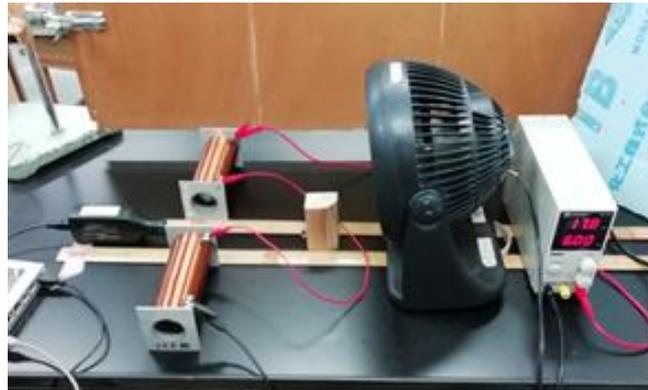


図 2 実験風景

<実験手順>

1. 鉄心を入れたコイル 2 つを電源装置に直列につなぐ
2. データロガーの正面に β 線源を設置する
3. 電源装置から電流を流し、12 時間の間、 β 線がデータロガーを通過した回数を計測する
4. 3 のデータを 1 分間に何回通ったかに換算してデータとする
5. 3,4 を電流の大きさを 0A~0.5A(0.1A ごと)及び 0A~8.0A(1.0A ごと)で変化させて行う

(図 1 において木の板や発泡スチロールは、 β 線の外部への影響を抑えるために遮蔽版として用いている)

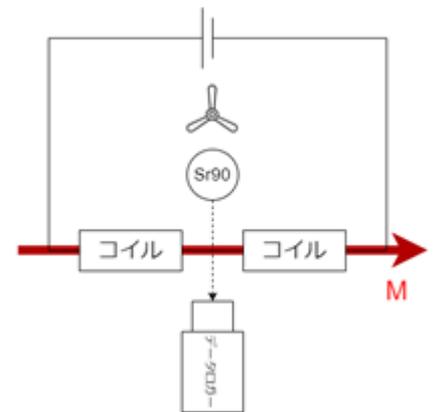


図 3 上から見た様子 (簡略)

<実験結果>

β 線は β 崩壊による自然発生で、常に一定の β 線が出ているとは限らないため、すべてのデータは平均値をその電流の値と代表させて用いる。



図 4 グラフ①



図 5 グラフ②



図 6 グラフ③

<考察>

グラフの説明をする前に、この実験中に起きたハプニングを紹介しておく。

この実験は、本当は電流を 10A まで上げて実験を行おうと考えていたのだが、実際には 8.0A までしかとることができなかった。これはなぜかという、コイルに高電流をかけすぎてコイルが発熱し、コイルを巻いていた樹脂が溶けてしまったのである。

表面温度を非接触温度計で測ってみると、8.0A の時点で 116.1(°C)と非常に高温になっており、実験中にさらに温度が上がったと思われる。実験は 12 時間にも及ぶため、常に人がついて見張ることは不可能であり、これ以上の高電流は発火の危険があるので急遽実験中止をしたのである。



図 7 コイルの温度

グラフの説明に入る。

①においてははっきりとした相関はみられなかった。

②においては、4.0A は特異的な数値をしているが、それを無視すると全体的に電流が大きくなるほどβ線のカウント数が減っていつているように見える。

また、グラフ③を見ても、電流が大きくなるほどβ線のカウント数が減っていつているように見て取れる。

このことから、電流を大きくするとβ線のカウント数が減っていくことが分かった。

電流を大きくすることで大きくなる力について考えると、磁場の中で荷電粒子(β線)が受ける力である「ローレンツ力」がある。

そこで、下の公式より「ローレンツ力」を求めることにする。

$$f=qvB \sin\theta$$

q :電気量(C), v :荷電粒子速度(m/s), B :磁束密度(T), θ :β線の入射角

この公式に{ $q=1.60\times 10^{-19}$, $v=2.93\times 10^8$, $B=6.52\times 10^{-4}$ (実測値), $\theta=90^\circ$ }を代入していくと、1A あたり 3.06×10^{-14} (N)のローレンツ力が加わっていることが分かった。

3.06×10^{-14} (N)の力が加わると、β線は数 mm ほどずれ動くことになる。

この数値は電流に比例するので、電流が大きくなるほどローレンツ力も大きくなっていく。
このことから、データロガーの検出部の直径は 10mm ほどなので、電流を大きくしていくことで β 線のずれは大きくなり、検出部分を β 線が通りにくくなる。

これらのことから、ローレンツ力が大きくなっていく（電流が大きくなっていく）ほど、 β 線のカウンタ数が減っていくということが考えられる。

この実験の問題は、コイルとデータロガーの距離が近いことで、長い時間磁場の内側に入れられた検出部が何かしらの異常をきたしている可能性があるため、それを払拭するのが今後の課題だ。

<参考文献>

笠 耐,小林 順一,竹原 博「磁場の偏向による β 粒子のエネルギー測定」物理教育 1985

https://www.jstage.jst.go.jp/article/pesj/33/3/33_KJ00005895212/_article/-char/ja/

樋之口 仁「磁石を使った簡単な β 線偏向実験:GM 計数管と霧箱での検出」物理教育 1996

https://www.jstage.jst.go.jp/article/pesj/44/2/44_KJ00005908226/_article/-char/ja/

β 線の速度 v に関しては、下のサイトより引用した。

<https://isok.jp/nit/physics/experim/hint16c.htm>

5 研究成果の発表

①日時：令和元年 12 月 22 日（日） 8 時 30 分～16 時 00 分

発表の場：東京都 SSH 指定校合同発表会

発表形態：ポスター

②日時：令和 2 年 2 月 2 日（日）（予定）

発表の場：TSS（戸山サイエンスシンポジウム）

発表形態：ポスター（日本語英語ともに）& 口頭発表

③日時：令和 2 年 3 月 22 日（日）（予定）

発表の場：関東近県 SSH 指定校合同発表会

発表形態：ポスター



図 8 TSS の様子

6 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

放射線に関しては、今でも多くの方が目に見えないことによる誤解や不安、行き過ぎた危険視などの課題があると感じる。

もちろんそれは自分にとっても例外ではなく、実際に福島を訪れる前は放射線に対していろいろな不安を抱え、福島の食品に対してもあまりいいイメージを持ってはいなかった。

当然、福島で農林水産業を営んでらっしゃる方々は、少なからず震災による原発事故のあおりを受けて被害が出ているのは確かであるが、一番怖いのは風評被害であるとおっしゃっていた。

もちろん放射線が無害であるということではないし、場合によっては人間を死に追いやることもあるため、安全とは言えないものの、大切なことは、正しく放射線の知識を身に着け、正しく放射線を恐れてもらうことだと思ふ。

そして、そのことを正しく伝えていくことは、放射線という問題を扱う一人の人間として行っていきたいと思ふ。

しかし、同時に放射線は危険であるため防護の必要があることは、私の研究テーマ上传える必要がある。

多くの方がこれから廃炉という作業を進めていくうえで放射線影響下に入ることも多くなると思ふ。

少しでも楽に、なおかつ安全に放射線と向きあった作業ができるようにしていくためにもこの研究を進めていきたいと思う。

7 今後の課題

今後の課題は、データロガーの検出部が磁場による影響を受けていないか調べることである。

これは実験結果の整合性を左右する問題であり、早急に調べる必要がある。

そこで、実験で用いているのとは別の GM 管を使って同じ環境下において実験を行い、影響が出ているのかどうかを検証していきたい。

8 まとめ

まずは、メンターである大阪大学 高橋賢臣先生、および助成費をいただいた REHSE の皆様に深く感謝をしたい。

高橋先生には具体的な指導を何度もいただき、また、その研究を進めるうえで必要な道具をそろえることができ、充実した研究を行うことができたと思う。

放射線という、高校生にとっては敬遠されがちな話題をあえて選んだことで、多くの知識を得ることができ、放射線への偏見もなくなり、いまなお原発問題のある福島に対してもきちんと目を向けられるようになったと思う。

そういった経験を、実地で行い、研究の分野にまで持ってくる高校生はなかなかいないと思うし、その面で私はとても貴重な体験ができていると思う。

今後も、放射線と向き合い、誤解を解いて、正しい危険性を伝えることで、一人でも多くの人に放射線へのイメージを変えてもらえたらいいと思う。