

1. 対象およびレディネス

高校3年生の物理選択者17名を対象に2時間の授業を行った。1・2年次に各1時間の放射線の出前授業を実施した。1年次には講義とともに、各種試料からの放射線の測定と自然放射線の軌跡が見える林式高感度霧箱での観察を、2年次には、講義とともに小型霧箱の作成とモナザイト線源からのアルファ線の観察を行った。

2. 授業のねらい

- ① 放射線の強さが違う2地点を検出するという課題から、自ら仮説を立ててゆらぎを前提とするデータを評価・判断をする力を涵養する。
- ② クルックス管からのX線の強度が距離によって減じることを数値で理解するだけでなく、霧箱を使い視覚で確認して認識を変える。

3. 授業の内容

事前課題

放射線の線量率の高い場所、低い場所を示せ（最低2か所で大小関係があることを示せ）または、通常高いと思われるところが高いかどうかを示せ（これも比較が必要なため、最低2か所での測定が必要になる）

・定点観測でもいいし、移動しながらの観測でも目的を満たすならばOKです。

Tips

- ① 放射線を出しているものは何か。それからの放射線をたくさん受けるかどうかのキーのひとつ
- ② 放射線を遮蔽するものはなにか。放射線（ガンマ線光子）が飛んでいても遮蔽するものの陰では少ないはず。
- ③ 線量率計の数値、すなわち放射線の強さ（今回は線量率（ $\mu\text{Sv/h} = \mu\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ ）の大小は刻々変化する。1回の測定値で大小は判断できない。

上記のような課題を出して、ガンマ線測定器(KINDpro)とデータロガー（測定値と時刻・位置情報をエクセル形式で記録するアプリを入れたスマホ）を貸与した。

○1時間目 課題発表・霧箱観察

まず、選んだ各地点で線量率は違うという自らの仮説を検証するための測定と結果を発表させた。ゆらぎと比べて小さな平均値の違いがあった場合に高低があると結論した生徒も若干いたが、「違うとは言えない」と正しく評価した生徒が多かった。後のページで生徒のレポートを紹介するが、標準偏差を使って違わないと判断をしたグループもあった。

発表の後、クルックス管から、1, 2, 3 m離れたところに自然放射線を観察できる林式高感度霧箱を設置して、20 kVで加速したクルックス管から発生するX線による糸くず状の軌跡を観察・撮影した（写真1）。1 mの距離では非常に多くの糸くず状の軌跡が観察される。しかし、2 mと3 mでは、糸くず状の軌跡は見られるものの、数は少なく、数の差もあまり見られない。これは、生徒に対して大きなインパクトになり、バックグラウンドの考え方に影響を与えたと考えている。参考だが、この加速電圧では、コンプトン効果の反跳電子と光電効果の光電子が同じぐらいの頻度で軌跡を作っている。



写真1

1 m

2 m

3 m

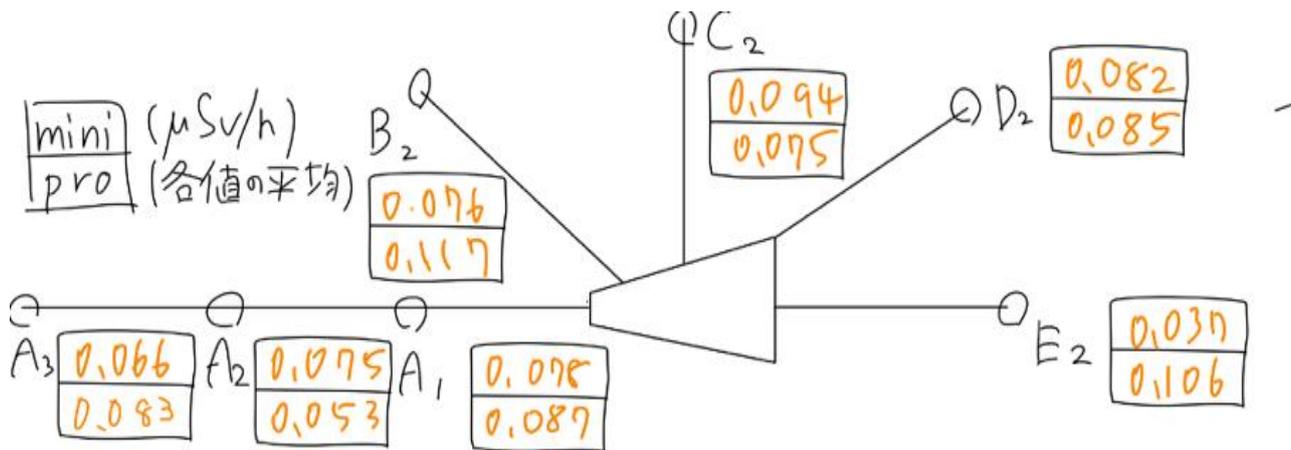
○2 時間目 クルックス管からの X 線の「距離ごとの線量率と方向依存性」および「霧箱での糸くず状の軌跡の量と線量率の比較」

距離依存性は、写真2のように方向依存性ととも測定し、生徒がまとめたその結果が図1である。実際には、クルックス管は写真のように、D2（Dの向きに2 mという意味）のほうに円形面を向けている。生徒はD2またはE2の向きが最小というのに気が付いた。レポートによると、生徒たちは方向依存性の存在に大いに驚いたようである。KINDproは γ 線用の測定器であり、クルックス管からのX線のエネルギーは自然放射線の γ 線の揺らぎに埋もれて検出できないのだが、それに気が付いた生徒はいなかった。○レポートは、1時間目の発表前までに提出させ、それにコメントを入れ、それを参照して書いた最終レポートを放射線の授業後に提出させた。



写真2

生徒まとめ



		クルックス管なし ($\mu\text{Sv/h}$)				クルックス管あり ($\mu\text{Sv/h}$)			
					平均				平均
A ₁	mini	0.050	0.079	0.051	0.06	0.073	0.103	0.057	0.078
	pro	0.075	0.060	0.072	0.069	0.100	0.060	0.101	0.087
A ₂		0.053	0.055	0.030	0.046	0.082	0.107	0.076	0.075
		0.061	0.063	0.058	0.060	0.075	0.041	0.041	0.053
A ₃		0.066	0.041	0.071	0.059	0.053	0.093	0.072	0.066
		0.134	0.117	0.151	0.134	0.081	0.101	0.067	0.083
B ₂		0.078	0.047	0.069	0.065	0.051	0.118	0.058	0.076
		0.052	0.109	0.080	0.080	0.124	0.143	0.085	0.117
C ₂		0.011	0.092	0.087	0.063	0.125	0.115	0.043	0.094
		0.099	0.123	0.090	0.104	0.115	0.049	0.060	0.075
D ₂		0.070	0.099	0.047	0.072	0.082	0.098	0.067	0.082
		0.049	0.076	0.074	0.066	0.130	0.063	0.061	0.085
E ₂		0.008	0.053	0.059	0.040	0.055	0.10	0.047	0.037
		0.074	0.055	0.082	0.070	0.121	0.086	0.111	0.106

図 1

次の事例（図2）では、生徒が提出したものに私がコメントをいれたものである。生徒は感覚的にすべての点で線量率の差はないと結論付けている。グラフより、平均値の差が数値の揺らぎのなかに十分入っていることを感覚的に感じたと思われる。同様に、測定器にアルミ箔を巻いても遮蔽はできないことを検出し、密度の問題という仮説を立てた。

7/5 (水) 気温: 27°C

計測器の状態の変化

線量率($\mu\text{Sv/h}$)	0.146	0.064	0.108	0.081	0.065	0.092	0.119	0.171	0.12	0.107	Ave
楕形計測器	0.146	0.064	0.108	0.081	0.065	0.092	0.119	0.171	0.12	0.107	0.10
楕形計測器 (アルミ三重巻き)	0.091	0.073	0.16	0.128	0.115	0.08	0.101	0.038	0.116	0.118	0.10

場所での変化

線量率($\mu\text{Sv/h}$)	0.09	0.049	0.128	0.086	0.095	0.13	0.063	0.182	0.122	0.137	Ave
ささしまライブ トンネル	0.09	0.049	0.128	0.086	0.095	0.13	0.063	0.182	0.122	0.137	0.11
愛知大学前広場	0.062	0.147	0.148	0.07	0.081	0.145	0.19	0.204	0.12	0.079	0.12
功明の家	0.108	0.128	0.149	0.121	0.103	0.073	0.089	0.097	0.068	0.123	0.11
楕形計測器	0.146	0.064	0.108	0.081	0.065	0.092	0.119	0.171	0.12	0.107	0.11

場所での変化 (グラフ)

計測器の状態の変化 (グラフ)

実験結果

- ・ 全ての場所において線量率は大きく変わらなかった(愛知大学前広場だけ微小ながら大きかった)。
- ・ アルミホイルを巻いても線量率に変化はなかった。

考察

- ・ 愛知大学前広場だけ線量率が大きかった。
 - 天候が影響してるから？
- ・ アルミホイルを巻いても線量率は変わらない。
 - さらに密度の大きい物質でないと放射線を通してしまうため変わらない？ 次の仮説の立て方が良い。
 - 鉛の密度は 11350kg/m^3 、アルミニウムは 2698kg/m^3 のため、鉛を使うと通さないかも？

問題になるのは密度だけ

図 2

次の事例（図3）は、コメント後の最終提出レポートである。移動しながらの測定であるが、「高速道路下の国道を走るときは上下左右をコンクリートに挟まれるので、一番線量率が高い」という仮説を持って測定した。生徒たちは自然放射線源となる岩石をコンクリートが含んでいるからだとは知らないが、教室内の線量率が高いことは知っていた。だから、「木造住宅内では線量率が高い」という仮説も立てた。しかしながら、標準偏差を参照



図3

して有意な差がないと判断した。福島事故などの特別な事情がない限り、木造家屋内外での差がほぼないのは当然かもしれないが、私自身、誤解していた。

次の事例（図4）も最終レポートである。川沿い（大地からの放射線を水が遮蔽）、地下鉄（コンクリートに囲まれている）、マンションのエントランス（御影石が線源）とその場所でのフライパンでの遮蔽などを実験でのキーとした。文献調査をしたのは評価できる。また、フライパンでの遮蔽で、「フライパンの遮蔽能力が低い」という結論を得たが、「フライパン自身が周囲と同じくらいの放射線を出している」という可能性を指摘していたのは興味深い。このレポートを書いた生徒を含むグループが、放射線ホルミシスを与える愛知県内外の放射能泉の線量率を測定に出かけて研究をまとめてコンクールに応募した。その際、浴室の中でも放射能泉中（湯舟の中（水中））より水面直上や水面上2mが線量率が明らかに高いことがわかり、水（湯）の遮蔽が効いていることを見出した。

3年2組8番 小松 龍貴

発展物理 放射線測定実験

実験のおしながき

- 川沿いでの測定
- 家のエントランスでの測定
- 地下鉄での測定

調べてみたい場所

- 海上
- 地下鉄
- 高所
- トンネル
- 墓地

参照元：<https://www.kanzenkon.org/houshasen/index.html>

川沿いパターンの考察

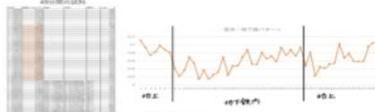
- 3分、7分、10分の地点で入れ替わっている
- 一度の測定に比べて川沿いの放射線量が多いとは言えない。
- 平均が変わらない。
- 川沿いで測定したものが、陸地を測定した感じになっているのかもしれない。
- 3分の点では途中の値に低く、10分あたりの点では川沿いであるが、予想より大きな値をとった。
- 二つ目の考察より、地面のとりうる値の許容範囲だった。

改善案 → 川沿いの測定も考えたが、高層階に上がった方が、近くに基地がなかったのでマンションで代用。



地下鉄パターン

東海通一今池までの49分間を測定



地下鉄パターン考察

- 地下鉄は地上と大差ない？
- レットに入れて測定したが、別のもを測定下ことになり、それが良くなかったかもしれない。
- 地下鉄が低いのではなく、居住区の間合いで地上の数値が少し高く出たのかもしれない。

フライパンで囲むパターン

目的：フライパンで囲むことによってエントランスの範囲内（7）からの放射線を減らすことができるのかを調べる。



この次にやる実験

- 基準値を作る。たとえば自分の部屋、つまり何もないところの数値を測定して各実験の数値の大きさを評価する（盲点）。
- フライパン（測定器を囲ったもの）の素材を調べる。アルミ？ステンレス？鉄？
- 水上に設置をどうにか設置する。
- リュックに入れて測定。という方法を変えてみる。
- 地上の建物が影響して値が大きくなるかもしれないので田舎で測定してみる。
- 地下鉄の測定結果、海上、他の人が調べた結果を統合して分析してみる。今回は時間的に断念

海上パターン

流石に精密機械を水中に放り投げるのは得られたので、岸辺においてみた。



エントランスでの測定結果

9分間の試料

測定時間	測定値 (uSv/h)
00:00	0.015
00:05	0.018
00:10	0.012
00:15	0.016
00:20	0.014
00:25	0.017
00:30	0.013
00:35	0.015
00:40	0.016
00:45	0.014
00:50	0.015
00:55	0.016
01:00	0.014

エントランスでの測定結果

9分間の試料

測定時間	測定値 (uSv/h)
00:00	0.015
00:05	0.018
00:10	0.012
00:15	0.016
00:20	0.014
00:25	0.017
00:30	0.013
00:35	0.015
00:40	0.016
00:45	0.014
00:50	0.015
00:55	0.016
01:00	0.014

ノーマル・フライパンの比較（エントランス）



測定時間	測定値 (uSv/h)	フライパンあり
00:00	0.015	0.015
00:05	0.018	0.018
00:10	0.012	0.012
00:15	0.016	0.016
00:20	0.014	0.014
00:25	0.017	0.017
00:30	0.013	0.013
00:35	0.015	0.015
00:40	0.016	0.016
00:45	0.014	0.014
00:50	0.015	0.015
00:55	0.016	0.016
01:00	0.014	0.014

川沿いの線量率の測定結果

12分間の試料

測定時間	測定値 (uSv/h)
00:00	0.015
00:05	0.018
00:10	0.012
00:15	0.016
00:20	0.014
00:25	0.017
00:30	0.013
00:35	0.015
00:40	0.016
00:45	0.014
00:50	0.015
00:55	0.016
01:00	0.014

自転車漕いでる時の測定結果

15分間の試料

測定時間	測定値 (uSv/h)
00:00	0.015
00:05	0.018
00:10	0.012
00:15	0.016
00:20	0.014
00:25	0.017
00:30	0.013
00:35	0.015
00:40	0.016
00:45	0.014
00:50	0.015
00:55	0.016
01:00	0.014

川沿い・道中の比較



測定時間	測定値 (uSv/h)
00:00	0.015
00:05	0.018
00:10	0.012
00:15	0.016
00:20	0.014
00:25	0.017
00:30	0.013
00:35	0.015
00:40	0.016
00:45	0.014
00:50	0.015
00:55	0.016
01:00	0.014

平均 (uSv/h) 0.0713 0.0706 平均が変わらない

エントランスパターン考察

- 4分、7分の点で測定値が交差
- どちらの方が放射線量が多い少ないとは言えない。
- フライパンは意味なかった？
- わからない。エントランスの壁も放射線量が少なく、フライパンから発せられる放射線量と同程度だった可能性も考えられる。また、フライパンの素材、厚さに問題があったのかもしれない。
- そもそもエントランスの壁が大理石ではないかもしれない。

地下鉄パターン

東海通一今池までの24分間を測定



測定値Max: 0.093, Min: 0.014
→ 0.1を一度も超えていない(意外)。

図4

次の事例（図5）も最終レポートである。「電波と放射線に共通の特徴がある」と仮説を立てた。また、「自然的な場所は放射線量が低い（原文のまま）」とも仮説を立てているが、これは、「人工物が少ない場所だから」か「自然は人に良いから」という独善的な哲学からか不明である。測定した3地点の平均値は違うが、その差がゆらぎの中にはいる川と家の2地点は差がない、駅（地下鉄駅）がその2地点より高いと正しく結論している。

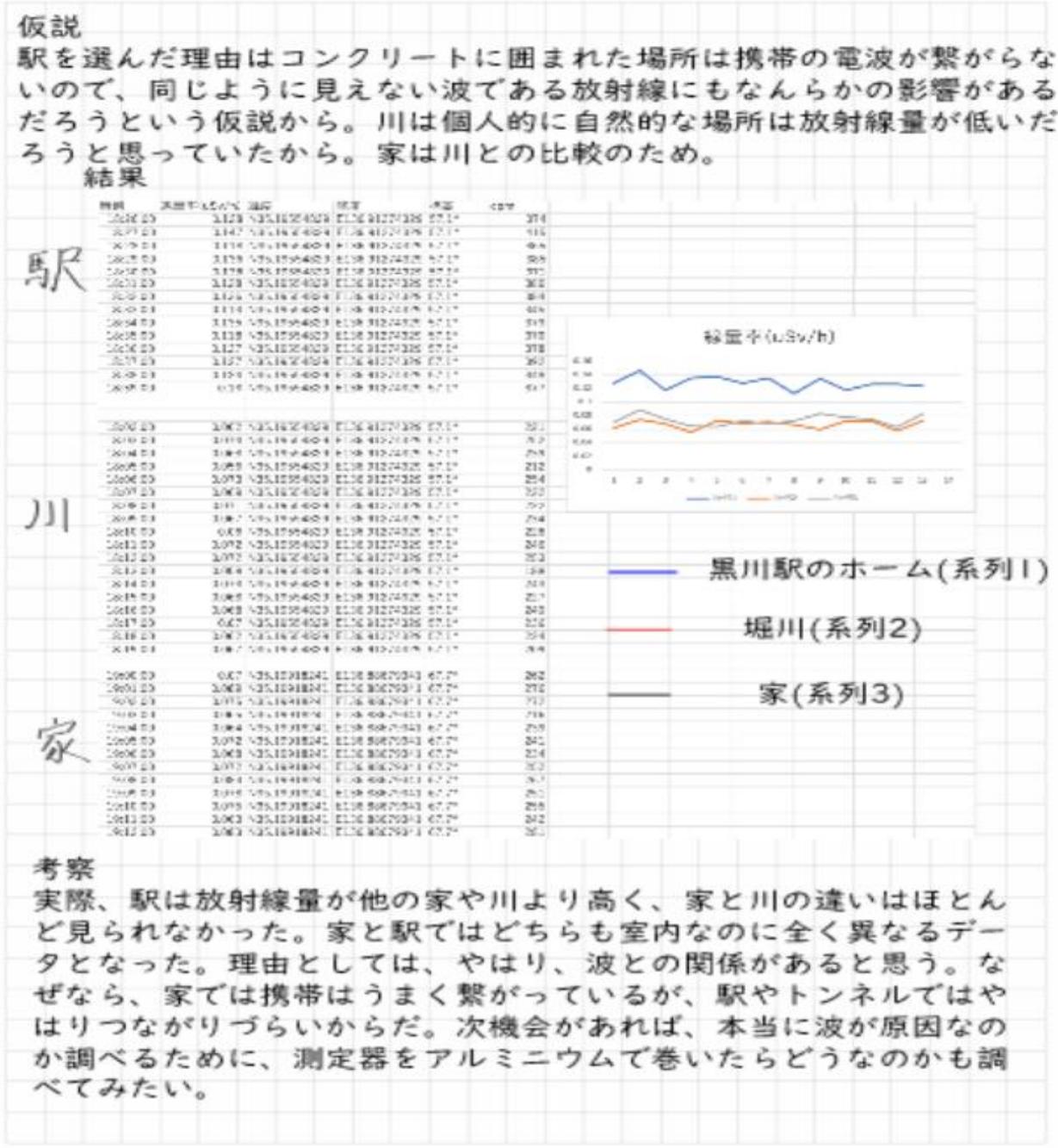


図5

以上。