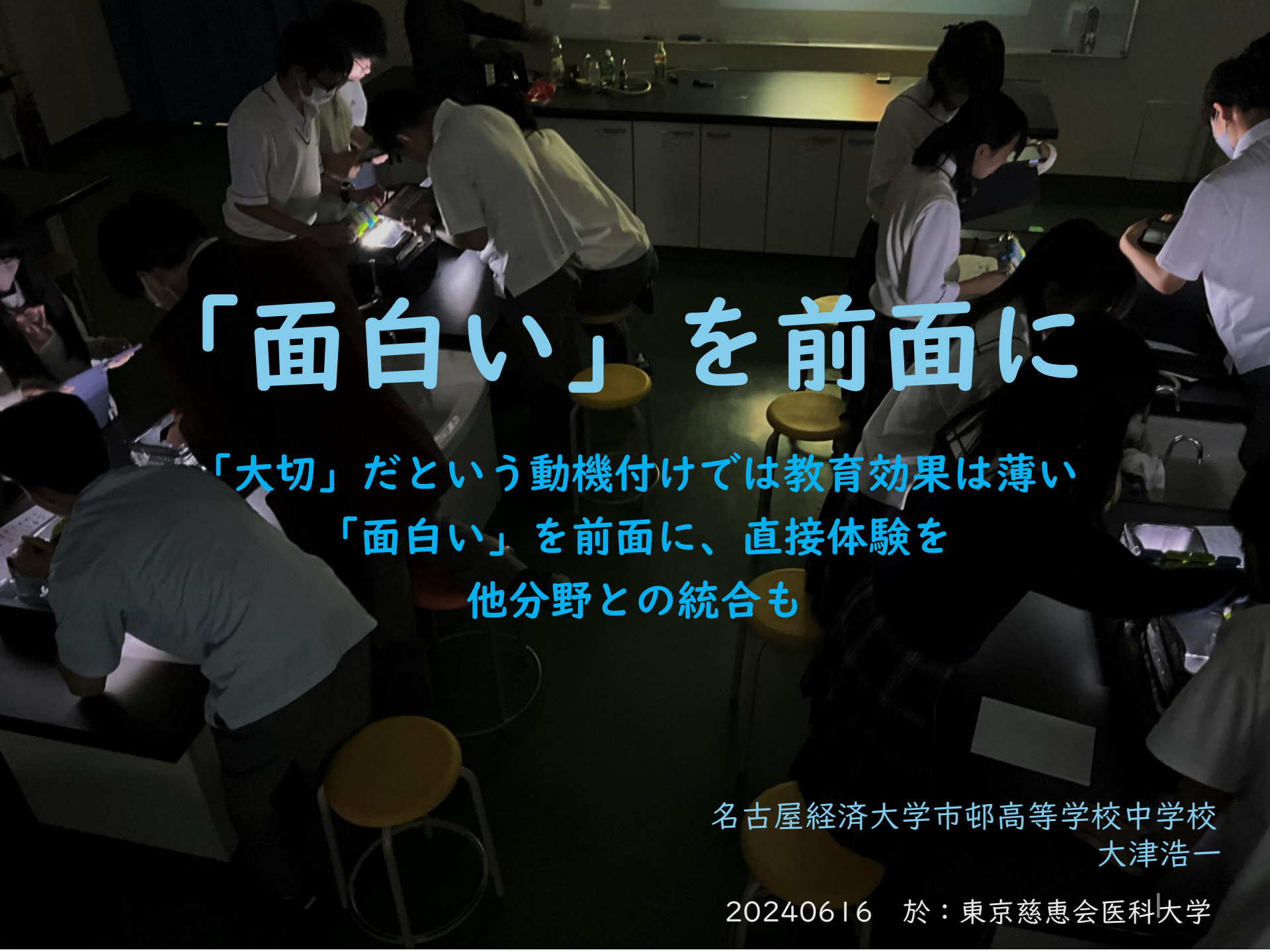


A group of students in white lab coats are working in a laboratory. They are gathered around a long counter, some looking at equipment, others at papers. The scene is dimly lit, with a bright light source illuminating the work area. The students are focused on their tasks, and the atmosphere appears to be one of active learning and experimentation.

「面白い」を前面に

「大切」だという動機付けでは教育効果は薄い
「面白い」を前面に、直接体験を
他分野との統合も

名古屋経済大学市邨高等学校中学校
大津浩一

20240616 於：東京慈恵会医科大学

大津浩一の紹介

1987年 愛知県の公立高校に就職。

1991年7月より2年間、パナマ共和国文部省物理教育顧問（青年海外協力隊同国初代隊員として活動。教授法・評価法・ラボの活用法がテーマ）

2010年生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)に生徒とともに参加

2017年早期退職。名古屋経済大学市邨高等学校中学校に再就職し現在に至る（授業は高校を担当）

勉強会での授業の実践報告

2009年に「高等学校における放射線の教育実践例」

2018年に「主権者教育としての原子力の是非」

2020年に「DNAを知り、自分が放射線を怖がるわけを知る」

- ・大学では放射線に無縁
- ・「原子力・放射線に関する教職員セミナー」で高崎量子応用研究所に行き、放射線の面白さにはまる
- ・毎夏に中学校の理科の先生を市邨高校に招き、放射線中心の講座を実施
- ・毎年在校生500人が受講する放射線出前教室を運営
- ・「先進科学塾@名大」に参加し、科学の面白さを伝える
- ・東京大学生態水文学研究所犬山研究林案内人として森の面白さを伝える
- ・来シーズンはテクニカルプライズにをとるべく夏を頑張ろうと思っている

本日の内容

受け入れられやすい授業形態の模索から、楽しみにされる放射線教育へ。また、主権者教育の一環としての放射線教育を目指して。

- 1 強力アイテム 林式高感度霧箱の紹介
- 2 放射線の強度を正當に評価できる生徒を育てる

令和5年度放射線授業事例コンテスト最優秀賞

- 3 放射線の理解 物理を超えて

令和4年度放射線授業事例コンテスト入選

放射線教育の私の思うキモ

すべての生徒の理解を（少ない時間で）

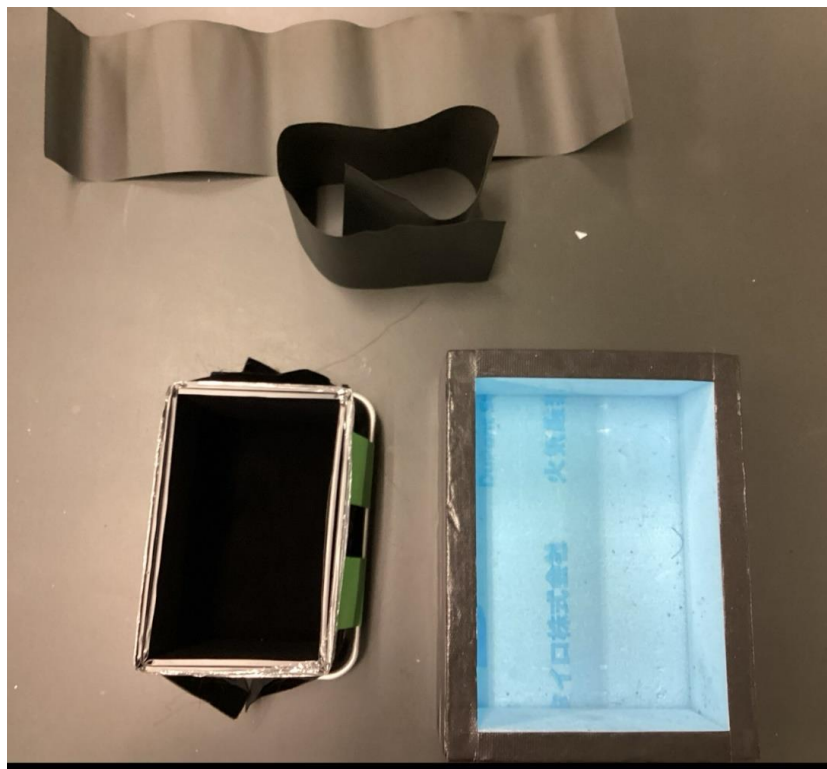
- ・自然放射線の存在の**感覚的理解** ← **林式高感度霧箱**
- ・放射線、放射能、放射性物質 ← **小型霧箱**
- ・リスクとベネフィット ← **カード教材が有効**
- ・リスクは量による ← **模索中**

どうやって教えるのか

- ・体系的に
- ・面白さを前面に
 - ・**強力アイテムは[計測器]と[霧箱]と[クルックス管]**
 - ・見学、プラス自分の経験談

面白さを演出 Ⅰ. 「林式高感度霧箱」

ドライアイス冷却で自然放射線を観察可能

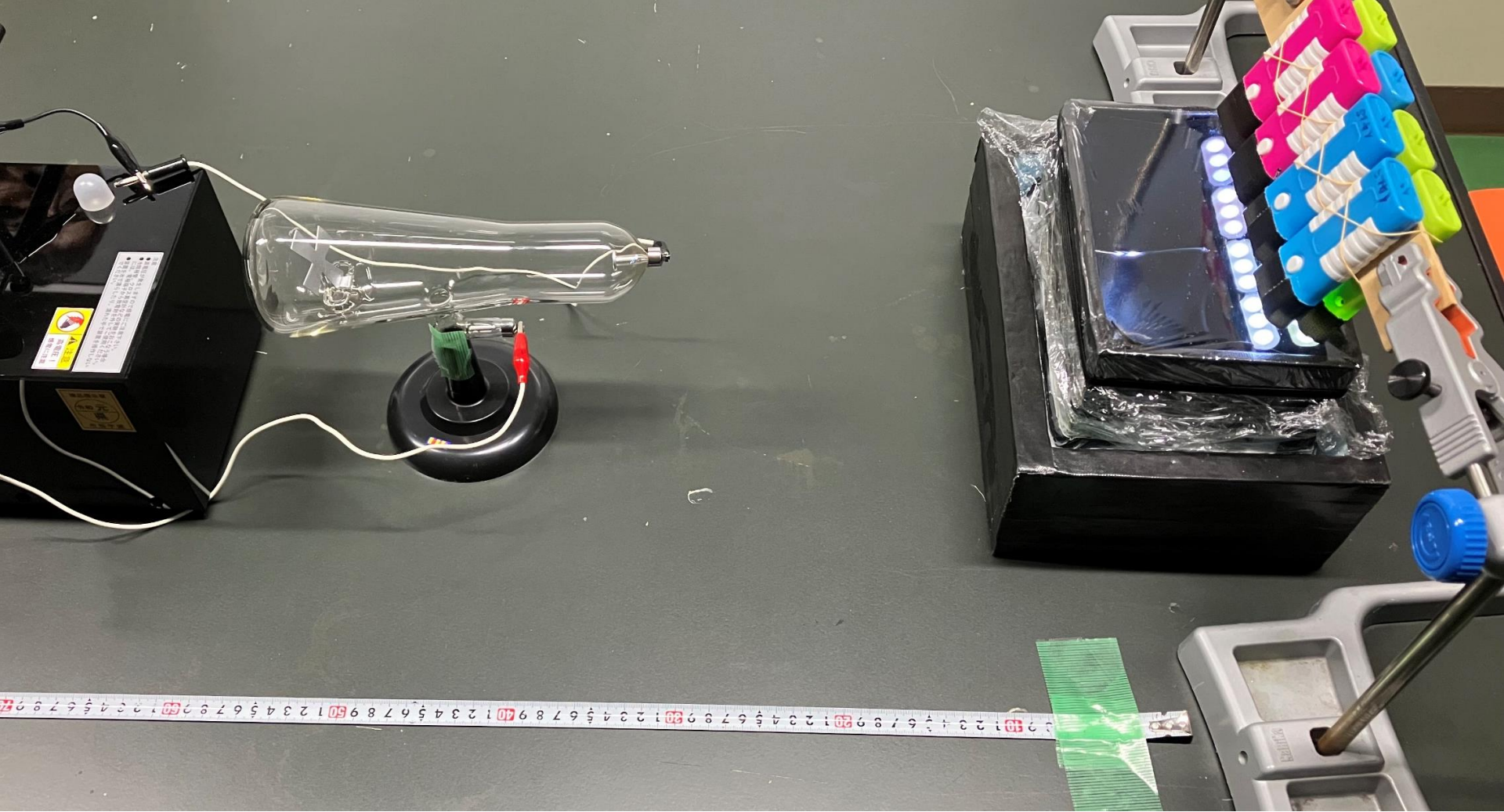


20210827

のりくら山頂直下で 霧箱による宇宙線観測

ヤリ

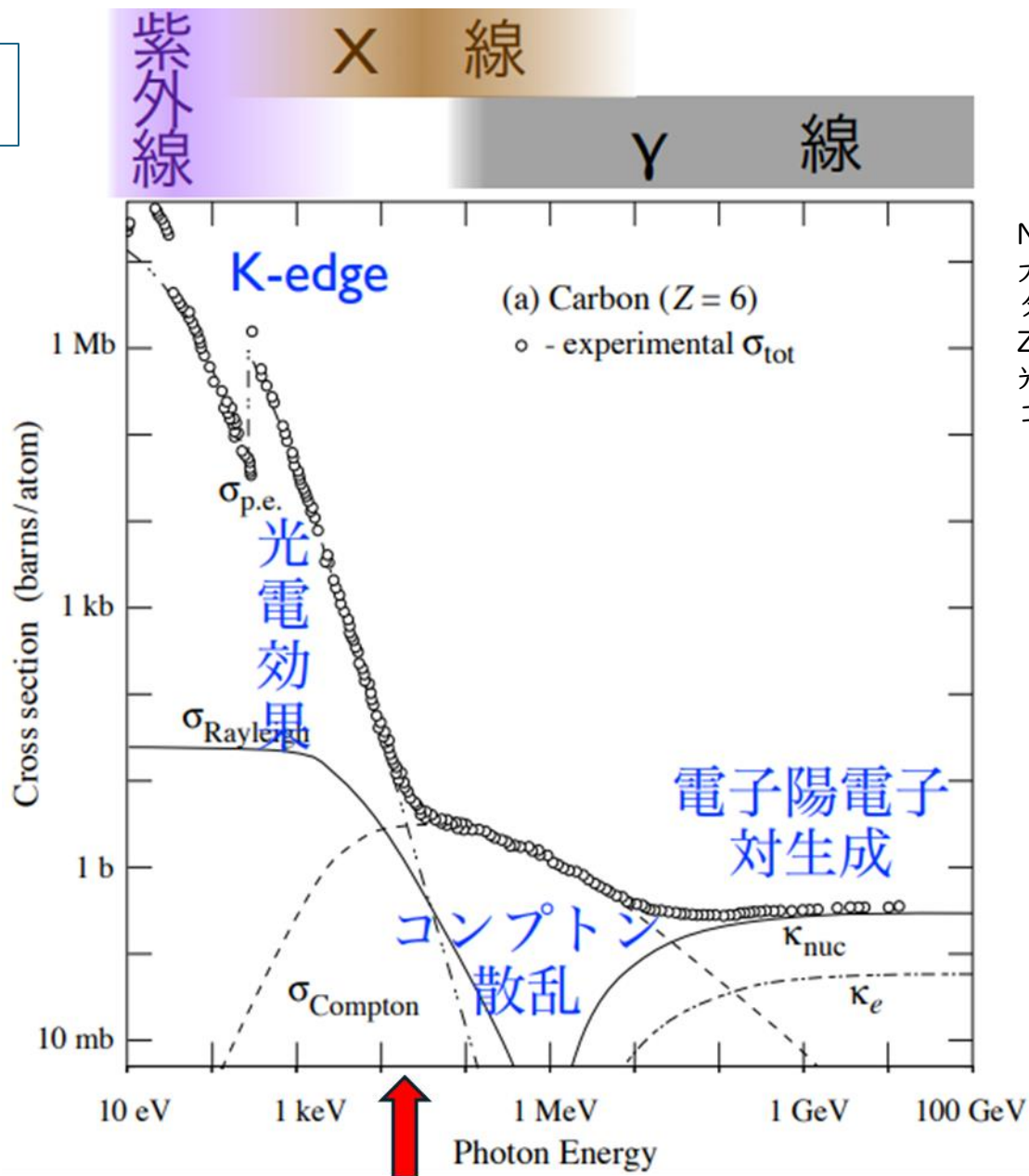




クルックス管からのX線の検出（コンプトン効果・光電効果）
加速電圧1.5万Vでは、窒素・酸素のコンプトン効果と光電効果が同程度

霧箱とクルックス管の逆2乗則をお楽しみください

参考



N ($Z=7$), O ($Z=8$) なので、
 大きな差はない
 ターゲットとなる物質の原子番号
 Z の増加と共に、線源弱係数は
 光電効果 $Z^4 \sim 5$ に比例
 コンプトン効果 Z に比例

2. 放射線の強度を正に評価できる生徒を育てる

- ・ ゆらぎのある線量率のデータを正しく評価できるように
- ・ 視覚と測定値をつなぎ、感覚的に強度を感じられるように

令和5年度放射線授業事例コンテスト最優秀賞

・ 2時間の授業

・ 高校3年生 物理選択生徒対象

- ・ 高校1年生で、放射線の基礎と自然放射線の測定・自然放射線の霧箱観察（1時間）
- ・ 高校2年生で、小型霧箱でモナザイトのアルファ線の観察、半減期（1時間）



⇨ 1年次：林式高感度霧箱



2年次：小型霧箱⇨
中部原子力懇談会提供

授業のねらい

放射線を超えた
一般的な理科の
能力も涵養

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。

- ・ 線源から離れると急激に減少
- ・ ある程度離れれば減少は少しずつ

② クルックス管からのX線の強度の逆2乗則を、霧箱を使い視覚で感じて認識を変える。

事前課題

次のどちらかを選び、プレゼンしなさい
(測定器とデータロガーを貸与)

1. 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)
2. 通常高いと思われるところが高いかどうかを示せ

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。



日本科学技術振興財団より借用

授業前に提出させ朱入れ

7/5 (水) 気温: 27°C

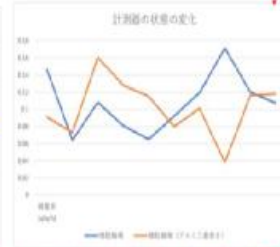
少数点以下の桁数も四捨五入すると

計測場所別の線量率		線量率 (μSv/h)											
計測場所別の線量率	放射線計	3.148	0.064	0.108	0.261	0.090	0.087	0.119	0.171	0.12	0.107	0.101	0.10
	放射線計 (アルミホイル巻)	3.051	0.073	0.11	0.118	0.115	0.30	0.100	0.108	0.116	0.119	0.11	0.11

場所別の線量率		線量率 (μSv/h)											
場所別の線量率	多量ミドリアツ トンネル	0.08	0.049	0.128	0.384	0.090	0.13	0.063	0.101	0.127	0.137	0.11	0.11
	愛知大学前広場	3.062	0.147	0.148	0.07	0.091	0.143	0.13	0.204	0.12	0.076	0.11	0.11
	伊勢山	3.108	0.118	0.149	0.121	0.133	0.078	0.069	0.101	0.098	0.123	0.11	0.11
	放射線計	3.148	0.064	0.108	0.261	0.090	0.087	0.119	0.171	0.12	0.107	0.101	0.10

0.01 μSv/h 減り、変わらないという?

愛知大学前広場は 0.01 μSv/h 高いといえるか?



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?
 - 鉛の密度は 11350 kg/m^3 、アルミニウムは 2698 kg/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?

I 時間目

- ・ 課題のプレゼン
- ・ クルックス管からの距離と放射線量の違いの観察

・ 平均が違っていても「違うとは言えない」と正しく評価した生徒が多かった。妥当な評価ができるようになったと感じる。

・ 標準偏差を使って違わないという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, 3m離れたところに林式高感度霧箱を設置して、20kV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した。

クルックス管からの距離と放射線量の比較

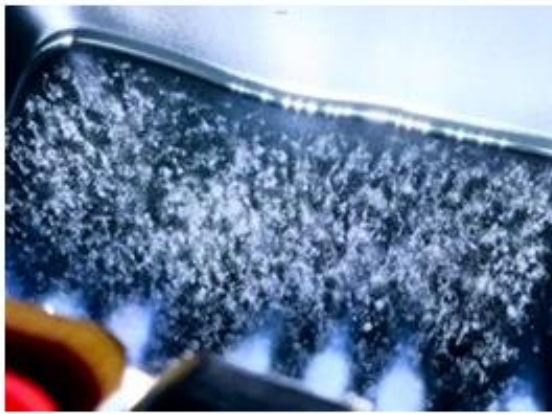


写真1

1 m



2 m



3 m

- ・ 1 mの距離ではおびただしい数の糸くず状の軌跡が観察される。
- ・ 2 mと3 mでも糸くず状軌跡が見られるものの、数は少なく、数の差もあまり見られない。

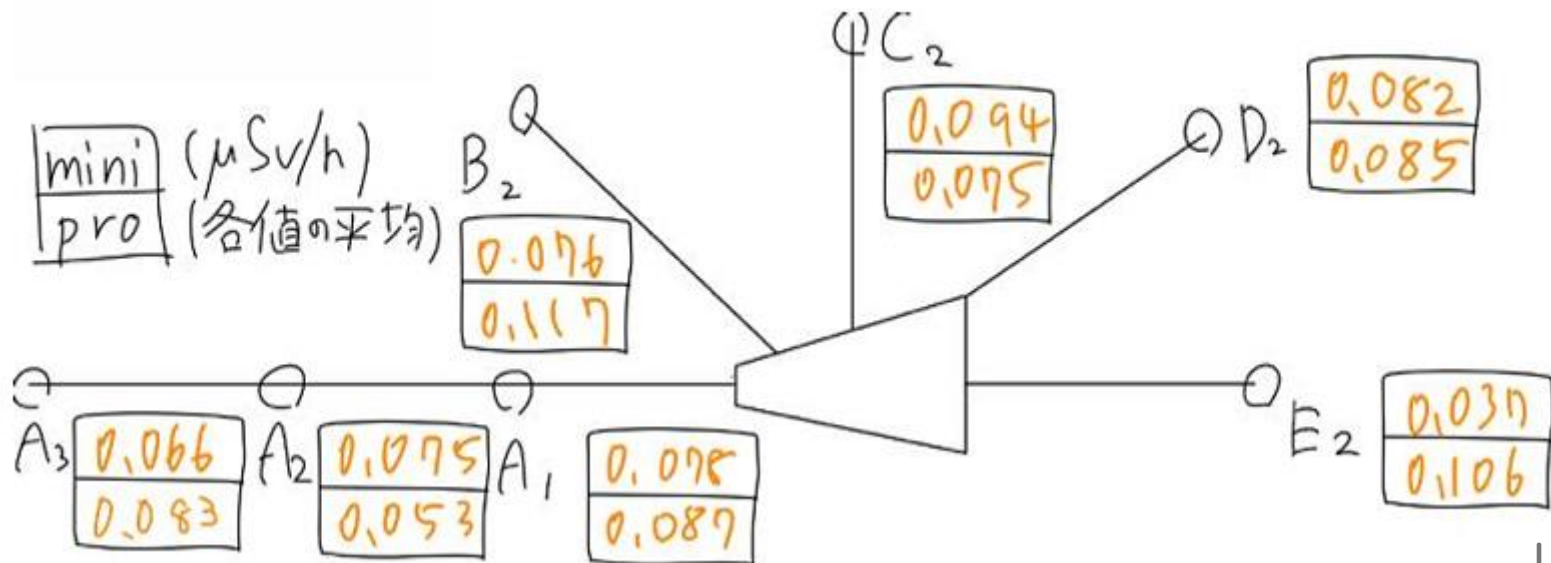
大きなインパクトを与え、距離が与える変化の感じ方を変化させる（リニア⇒逆2乗）と考えている。

2 時間目 クルックス管の距離・方向依存性の検出

○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コンプトン効果の量と線量率の比較

距離依存性・方向依存性の検出のために測定し、生徒がまとめたその結果が下図である。実際には、クルックス管は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X線に感度がないのだが、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たものにコメントを入れ、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。

生徒まとめ



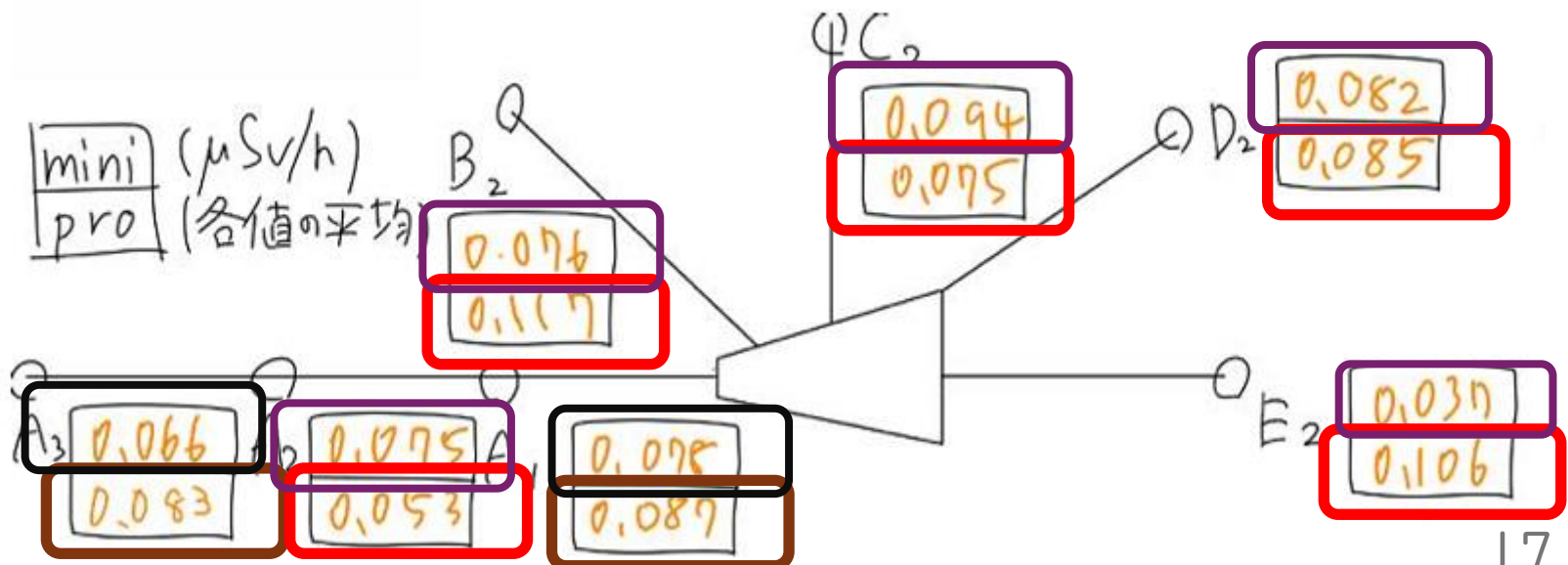


2 時間目 クルックス管の距離・方向依存性の検出

○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コンプトン効果の量と線量率の比較

距離依存性・方向依存性の検出のために測定し、生徒がまとめたその結果が下図である。実際には、クルックス管は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X線に感度がないのだが、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。

生徒まとめ



1

観測地点①



- ・名古屋市名東区～一宮市（約36km）
- ・高架下(左図の赤丸部分)と住宅地や田んぼを通った

4

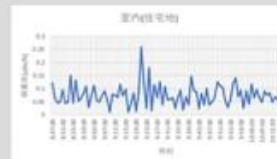
①と②の比較

①



最大	0.162
最小	0.008
平均	0.072
標準偏差	0.033
最大高低差	0.154

②



最大	0.259
最小	0.011
平均	0.075
標準偏差	0.041
最大高低差	0.248

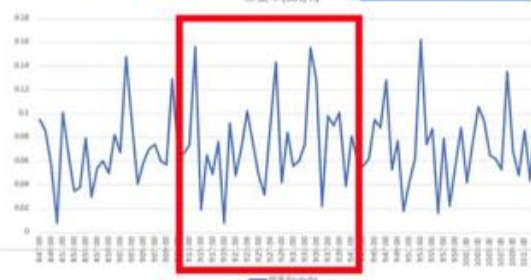
2

測定地点

測定地点
拡大図

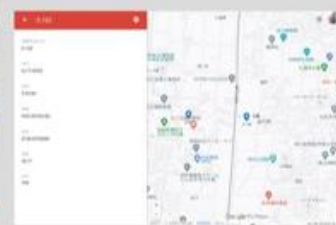
約500mごとに測定

線量率(μSv/h)



5

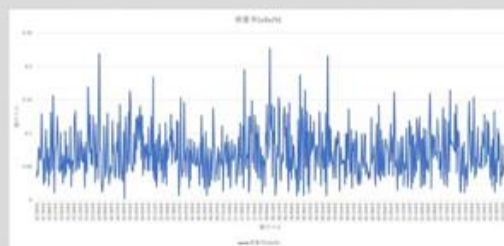
①の線量率が一番高かった場所



3

観測地点②

- ・名古屋市熱田区 木造建築の家
- ・住宅街にあり、位置の変更はなし



今から、身の回りの放射線量について見てみます。

今回は、屋外と室内、コンクリートの近くと一般的な室内を比較できるように測定を行いました。

→目的観測地点は名古屋市熱田区から一宮市の36km間です。

途中高架下を通りましたが観測地点は田んぼに近いところを通りました。

左の写真が移動した観測地点です。

このグラフは、時間の経過とともに測った放射線量を示しています。赤い内線は、高架下で計測した部分の値です。

地点は、約500mごとに測定しました。

→目的観測地点は名古屋市熱田区にある木造建築の家の中です。

ここでは移動はありませんが、観測地点上の移動した時よりも多しデータを取りました。

そのデータも時間とともに測った放射線量を表しています。

左に二つの地点での放射線量を示すために時間ごとの放射線量を表したグラフを載せました。

結果から平均はほぼ同じ、また標準偏差も非常に小さく、今回の測定結果からほぼ同じの値は見られました。

私は自宅の中で測定したものはある地点での測定なので急激な放射線量の変化はなく、また移動する測定では場所と建物が変化する放射線量の変化が多少ありましたが、測定時の環境などで変化はありますが、屋外と室内では大きな放射線量の差はないということが分かりました。

そして観測地点①での放射線量が最も高かった場所は高架下ではなく田んぼがあるところに近い場所となりました。観測地点②の近くは一般的な室内と比べても放射線量が低い場所です。

放射線量が多いのではないかと考えていますが、結果は高架下ではありませんでした。予想外の結果でしたが、ある一瞬の測定でもないのでこの結果から高架より田んぼに近い地点の方が放射線量が多いというには正確ではないとも言えます。この結果より、コンクリートの近くと一般的な室内でも大きな差は見られませんでした。

今回の実験の結果、測定範囲内では放射線量の差を確認することはできませんでした。一般的には屋外より室内、またコンクリートの近くは放射線量は多いとされています。今回の結果から見ていくと、室内よりも放射線量は多いとされています。これは高架下ではありませんでした。

また、コンクリートからの放射線が少なかったこともその原因が考えられます。放射線量の測定は、測定方法や測定場所、測定時間によって異なる場合があります。放射線量の測定を行う際には、測定方法や測定場所、測定時間について注意する必要があります。

以上です。ご質問がありましたらご連絡ください。

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
- 一般の場所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、結局地面を測定した感じになっているのかもしれない。
3分の点では道中の割に低く、10分あたりの点では川沿いであるが、予想より大きい値をとった。
→二つ目の考察より、地面のとらえる値の許容範囲だった。

改善策… やっぱ探り込むべきだったか。

花崗岩を計測しなかったけど

近くに墓地がなかったので
マンションで代用。



ノーマンパターン



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花崗岩(?)
からの放射線を減らすことができるのかを調べる。



これをこうじゃ



エントランスでの測定結果

9分間の試料

時間	放射線量 (μSv/h)	緯度	経度	標高	深度
17:00:00	6.10	35.1145	139.714	34.2	100
17:00:30	6.12	35.1145	139.714	34.2	100
17:01:00	6.13	35.1145	139.714	34.2	100
17:01:30	6.14	35.1145	139.714	34.2	100
17:02:00	6.15	35.1145	139.714	34.2	100

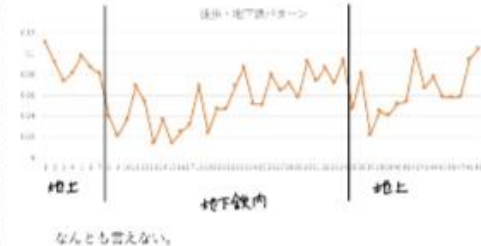


地下鉄パターン

東海通→今池までの49分間を測定

49分間の試料

時間	放射線量 (μSv/h)	緯度	経度	標高	深度
17:00:00	6.10	35.1145	139.714	34.2	100
17:00:30	6.12	35.1145	139.714	34.2	100
17:01:00	6.13	35.1145	139.714	34.2	100
17:01:30	6.14	35.1145	139.714	34.2	100
17:02:00	6.15	35.1145	139.714	34.2	100



地下鉄パターン考察

- ・地下鉄は地上と大差ない？

→リュックに入れて測定したが、別のもの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、居住区の兼ね合いで地上の数値が少し高く出たのかもしれない。

この次にやる実験

- ・基準値を作る。たとえば自分の部屋、つまり何も無いところの数値を測定して各実験の数値大きさ小ささを評価する(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?
- ・水上に装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っての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

3. 放射線の理解 物理を超えて

令和4年度放射線授業事例コンテスト入選

- 1時間の授業
- 高校3年生 物理選択生徒対象
 - 高校1年生で、放射線の基礎と自然放射線の測定・自然放射線の霧箱観察
 - 高校2年生で、小型霧箱でモナザイトの放射線の観察、半減期

授業のねらい

1. 透過性・電離作用のメカニズムと発がんリスク（DNA損傷）のメカニズムの統一的理解
2. μ 粒子の弁別を通しての科学の方法の理解

3-1 霧箱での観察

上半分で写真を貼って、軌跡に赤線を



種類分け（図のパターンを手で描く）

直線状に浮き出てしずんていくもの

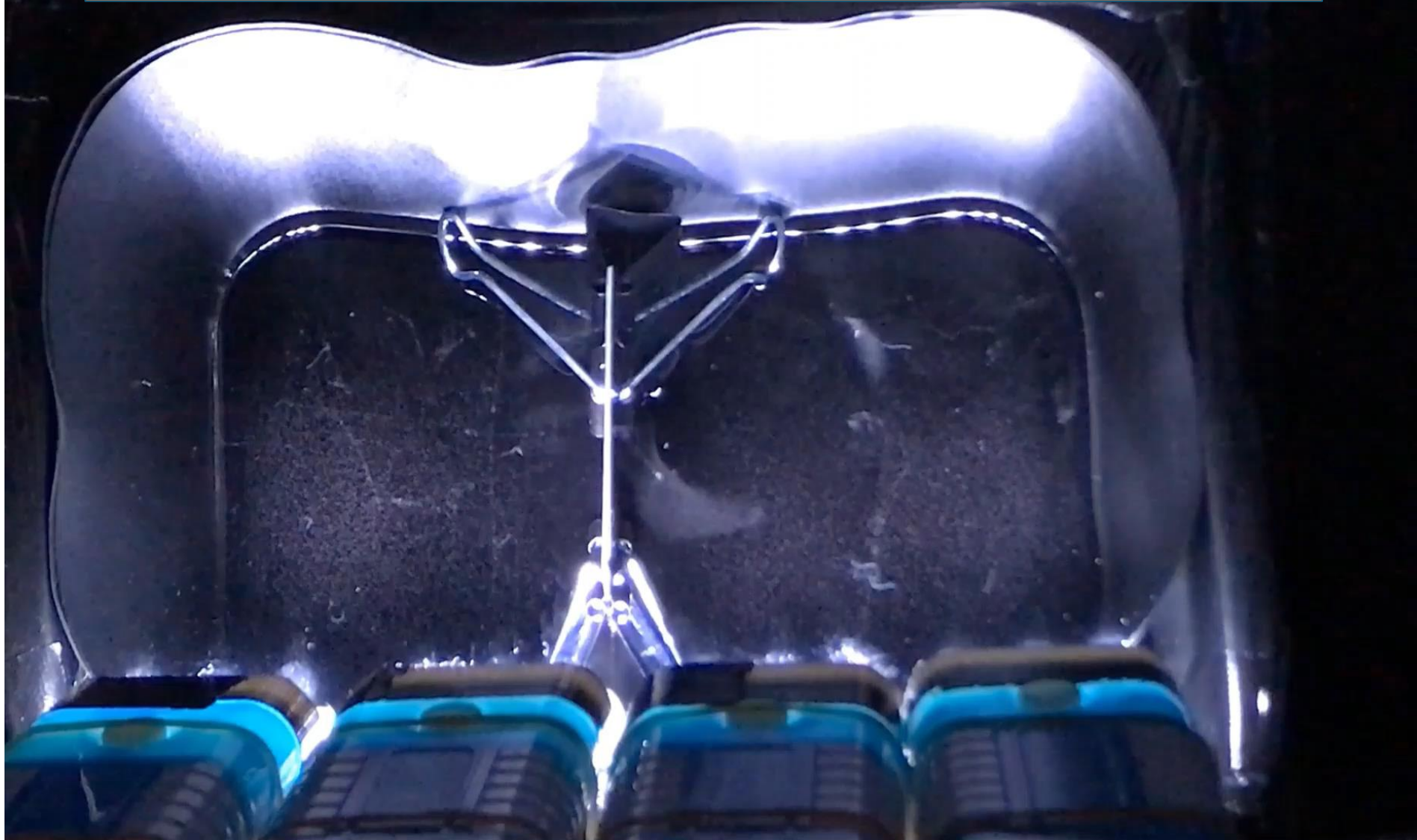


もれもれ

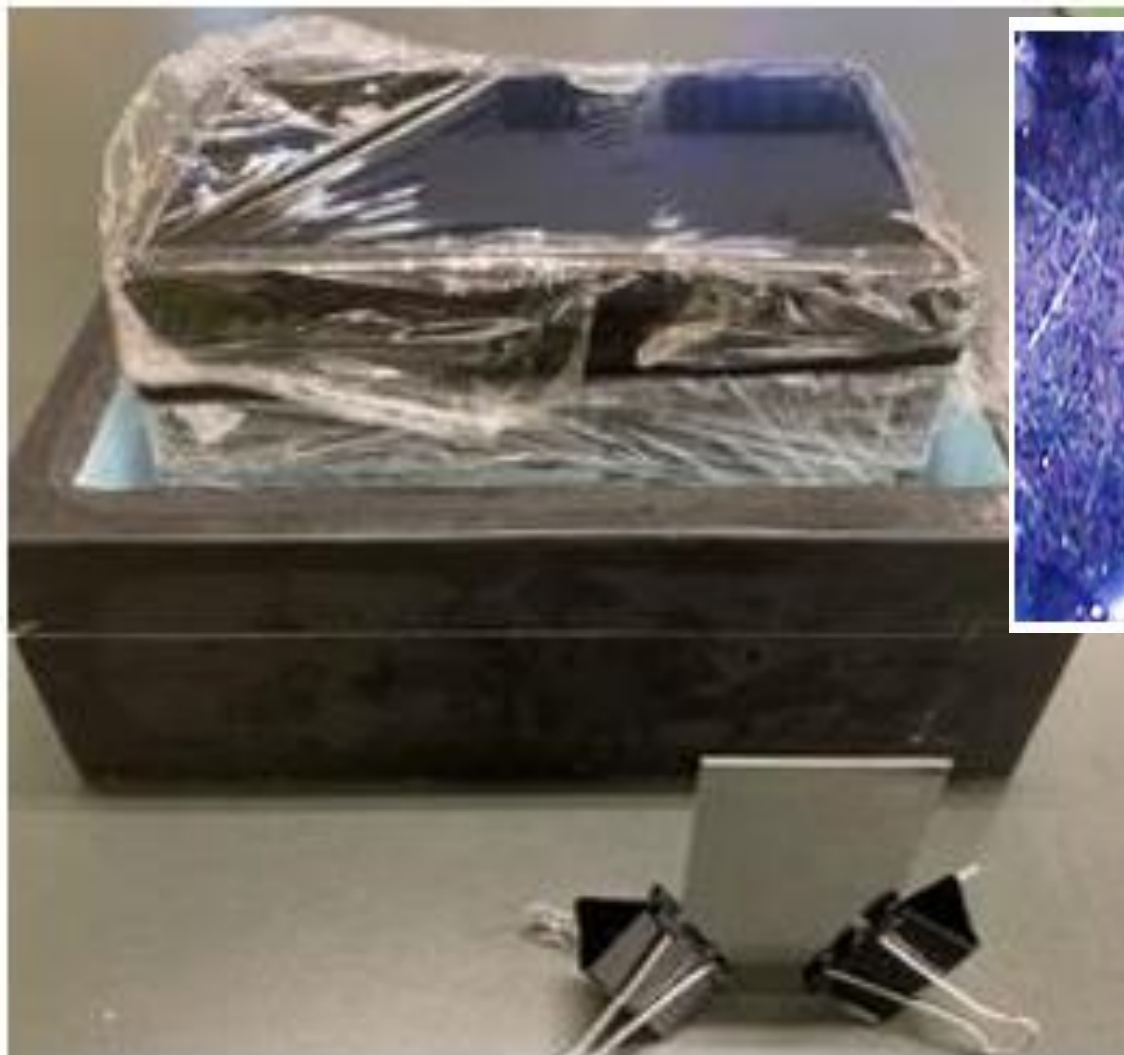


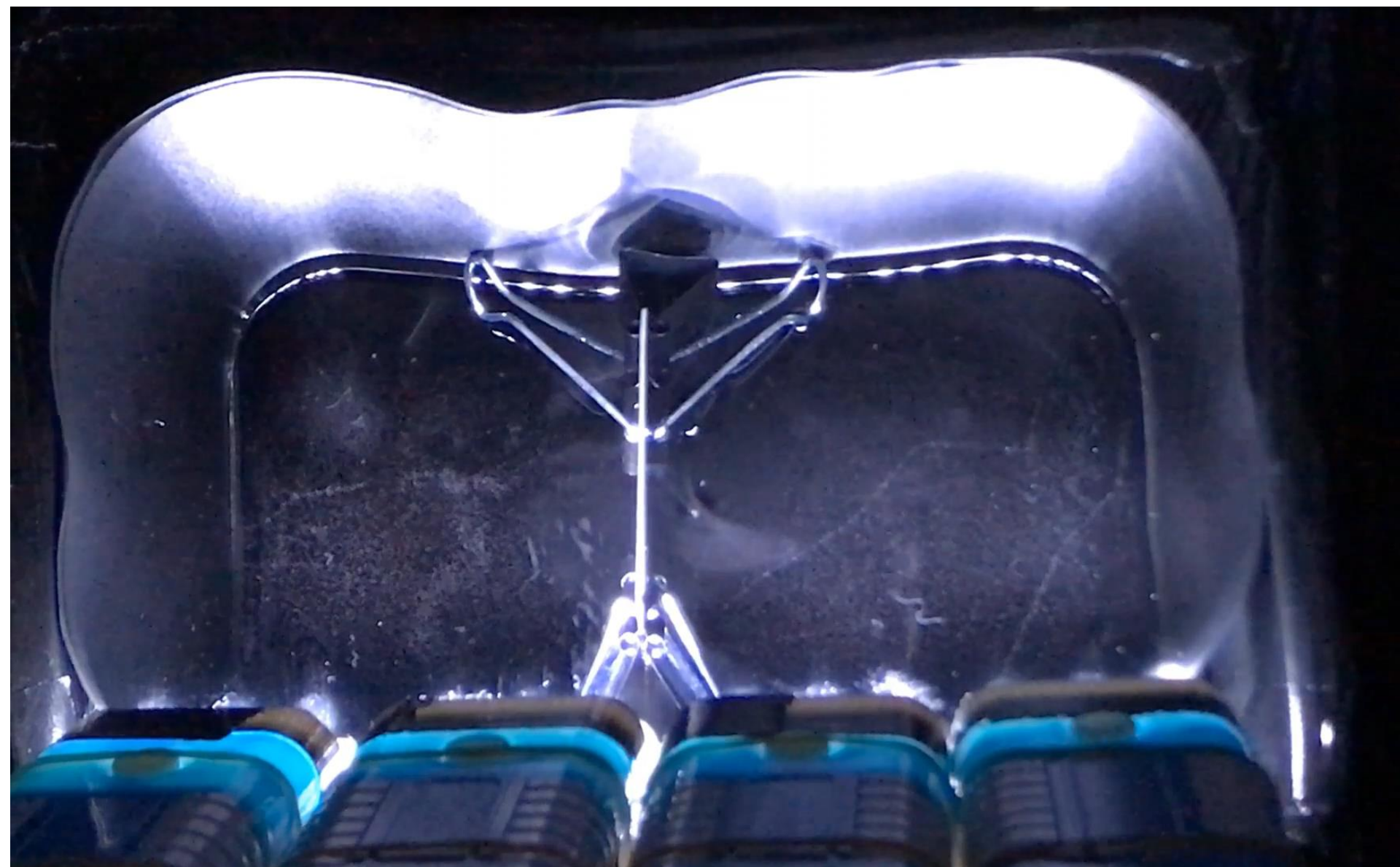
線分が一点で交わったもの

3-2 動画カタログでの解説



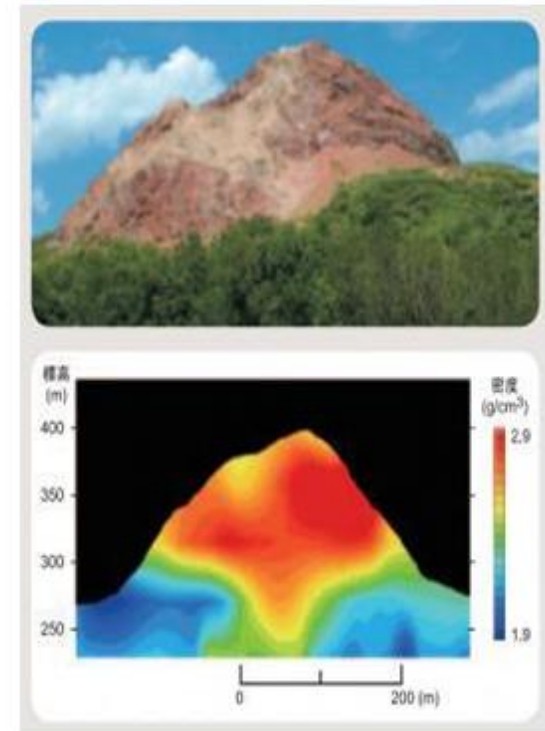
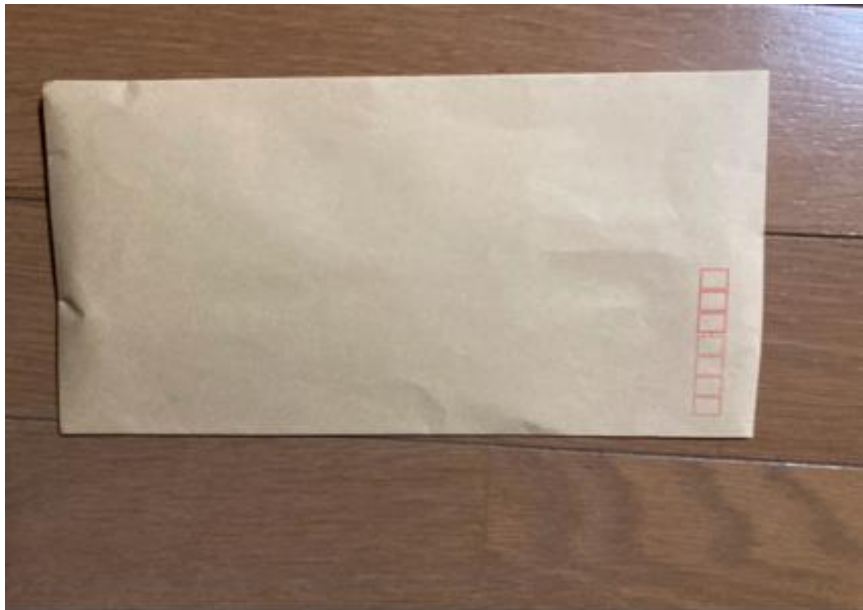
3-3 軌跡の長い β 粒子と μ 粒子の弁別





ミュー粒子

3-4 透過性



はさみは著者撮影

レントゲンは骨折した知人の好意による

昭和新山・ μ 粒子透視像は東京大学・地震

研究所ニュースレター「CHEERnews 第2号」

(2012年12月)より引用

謝辞

名古屋大学F研

林 熙崇先生

科学技術振興財団

加藤 太一先生

中部原子力懇談会

内田 宗範様

池戸 康樹様

名古屋経済大学市

邨高等学校中学校

奥谷 悟様

ご協力に

感謝申し上げます

参考文献 大津浩一 高
感度霧箱 × ICT 単純な
知識のその先へ 東海圏
エネルギー環境教育ネッ
トワーク エネルギー環
境教育のフロンティア
Vol.3 2023



ご清聴ありがとうございました