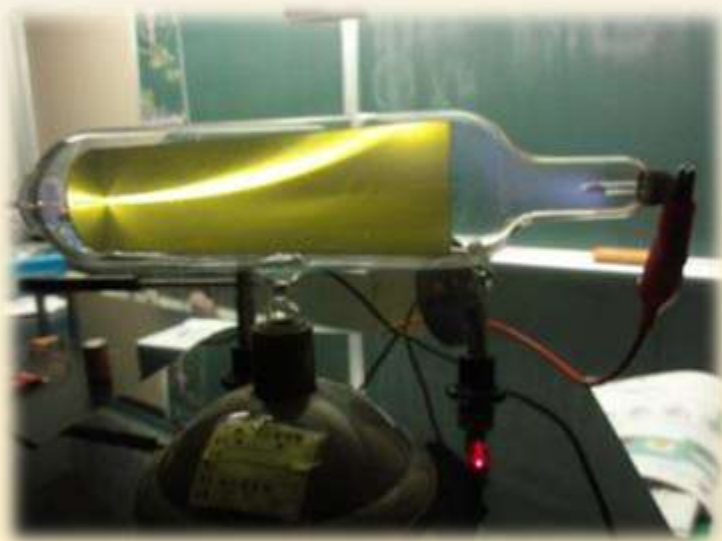


日本放射線安全管理学会学術大会(2018/12/5) クルックス管プロジェクトシリーズ発表 (2) 中学校での放射線教育現状の報告

セッション 1B2 クルックス管 1B2-2



- 森山 正樹 (札幌市立白石中学校)
- 秋吉 優史 (大阪府立大学)
- 掛布 智久 (日本科学技術振興財団)
- 川島 紀子 (文京区立文林中学校)
- 佐藤 深 (札幌市立北栄中学校)
- 宮川 俊晴 (放射線教育フォーラム)

A社の教師用指導書(現行)の扱い

2012年度版中学校理科第2学年教師用指導書

「放電管から1mも離れれば漏洩X線の
影響はほとんどない」



2016年度版中学校理科第2学年教師用指導書

「X線の影響に配慮し、**演示は行わず、**
教科書の写真や図のみでの説明に
とどめる」という表記に変更



図35 雷(埼玉県さいたま市)

①強い上昇気流によって、上空で氷の結晶がぶつかり合い、雲の上層に+の電気、下層に-の電気がたまる。



この間に数万Vの電圧が加わる。

図36 誘導コイルによる放電 誘導コイルは数万Vの電圧を発生させることができる。非常に大きな電圧が発生するので、誘導コイルを使うときは感電しないように注意する。



図37 クロス真空計での放電の様子 気圧を変えた放電管(左からA~F)に誘導コイルで電圧を加えると放電の様子が観察できる。

3 電流の正体

雷は、雲にたまった静電気が、ふつうは電気が流れない空气中を一気に流れる自然現象である(図35)。また、図36のように、誘導コイルを用いて非常に大きな電圧を発生させると、小さな雷のような現象を見ることができる。このように、電気が空間を移動したり、たまっていた電気が流れ出したりする現象を放電という。p.215で、ネオン管や蛍光灯が点灯したのは、下じきやポリ塩化ビニルパイプにたまった静電気が放電したためである。

? 放電中にはどのようなことが起きているのだろうか。

図37は、クロス真空計とよばれる装置に、誘導コイルで非常に大きな電圧を加えたときのような様子である。放電管内の気圧によって、放電の様子が変化する。このように、圧力を低くした気体の中を電流が流れる現象を真空放電という。

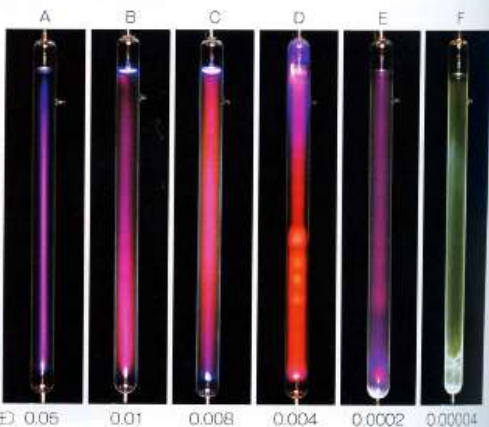


図38のように真空ポンプを使うと、放電管内の気圧の変化に応じて放電の様子が変わるのを観察することができる。

図38で、放電管内の気圧が非常に低くなると、+極側のガラス壁が黄緑色に光るようになる。また、図39の放電管で、A B間に数万Vの電圧を加えると十字板の影ができる。図39や図40から、電流のもとになるものについて、どのようなことがわかるだろうか。

考えてみよう

- ① 図39の十字板の影のでき方から、電流のもとになるものはA(-)とB(+)のどちらから出ていると考えられるか。
- ② 図39や図40から、電流のもとになるものはどのような種類の電気をもっていると考えられるか。

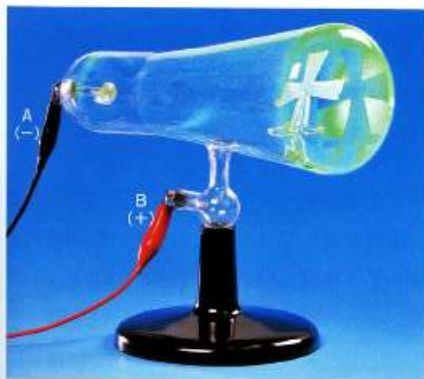


図39 電流のもとになるものを調べる実験①

図38の誘導コイルを使って、AB間に電圧を加える。なお、放電管内の気圧は、図37の放電管Fと同じぐらいである。



図39も図40も、電気の流れは+のほうに引かれているようだ。

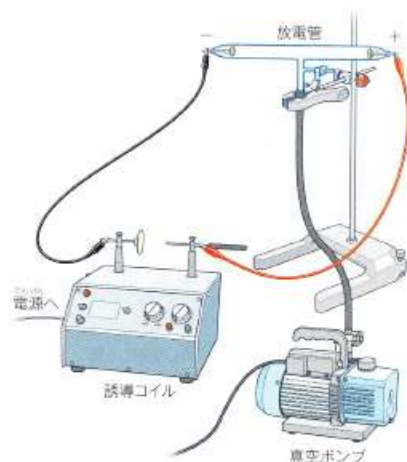
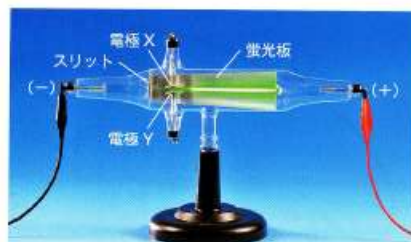
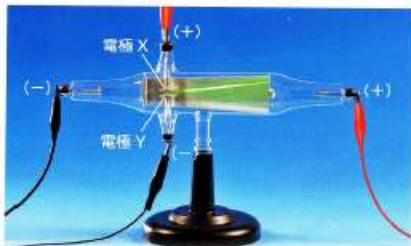


図38 真空ポンプを使って放電の様子を調べる装置



(a) X, Yに電圧を加えないとき



(b) Xを+, Yを-にして電圧を加えたとき

図40 電流のもとになるものを調べる実験② スリットを通りぬけた電流のもとになるものが蛍光板上に当たると、まわりよりも明るい十字が蛍光板上に現れる。

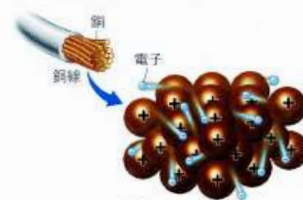


【図41】十字板入り放電管と電子のモデル
一極側から出た電子が十字板に当たり、そのうしろに影をつくる。ガラス壁に衝突した電子は、+極側に移動していく。

①電池や電源装置の一極と接続した電極を陰極といい、電流のもとになるものを、はじめは陰極線とよんだ。陰極線は1876年に発見されたが、1897年にその正体が電子であることがわかったので、現在は陰極線のことを電子線とよぶことが多い。



【図42】放電管内の電子の移動



【図43】金属と電子

前のページの【図39】で、十字板の影ができることから、電流が流れている放電管内では、一極側の電極から電流のもとになるものが出て、+極側に向かっていると考えられる。

また、前のページの【図40】のように、一から+に向かう向きに平行な電極XYを入れた放電管では、電流のもとになるものが、その進路に平行な2つの電極のうち、+のほうに引かれて曲がることになる。

これらのことから、放電管内の電流のもとになるものは、-の電気をもっていると考えられる。

かつて多くの人が研究した結果、電流は一極から飛び出してくる質量をもった非常に小さな粒子の流れであり、放電管内の一極側の電極に使われる金属の種類や、放電管内の気体の種類を変えても、その性質はいつも同じであることがわかった。この電流をつくっている粒子のことを電子という【図41】。

電子の性質をまとめると、次のようになる。

電子の性質

- ① 質量をもつ非常に小さな粒子である。
- ② - (負) の電気をもっている。

前のページの【図38】の真空放電では、放電管を含む回路全体に電流が流れている。このとき、放電管内では、一極側から+極側に向かって電子が移動している【図42】。

電流と電子の移動

【図43】のように、金属中には自由に動き回れる電子がたくさん存在する。電子1個1個は-の電気をもっているが、金属中にはそれを打ち消す+の電気も存在するので、金属全体では+と-のどちらの電気も帯びていない。このような状態を電気的に中性という。



放射線の発見 ～医療への利用～



1895年、ドイツのレントゲンは、真空放電の実験を行っているときに、不思議なことに気がつきました。それは、放電管の近くに置いてあった蛍光板が光る、ということでした。さらにくわしく調べると、放電管と蛍光板の間に紙や布をはさんでも蛍光板は光りますが、金属の板をはさむと金属の影が見えることにも気づきました。レントゲンは、放電管から目に見えない何かが出ていると考え、これをX(エックス)線と名づけ、この業績で第1回ノーベル物理学賞を授与されました。

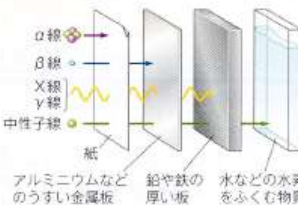
レントゲンがX線を発見した次の年、フランスのベクレルは、ウランという物質からも、X線に似た目に見えない何かが出ていることを発見しました。現在では、これは放射線とよばれています。

また、マリー・キュリーとピエール・キュリーは、放射線を出す物質を研究し、新たにポロニウムとラジウムを発見しました。

現在では、放射線には、+の電気をもったもの、-の電気をもったもの、電気をもたないものがあることがわかっていきます。これらはそれぞれ、α(アルファ)線、β(ベータ)線、γ(ガンマ)線とよばれています。

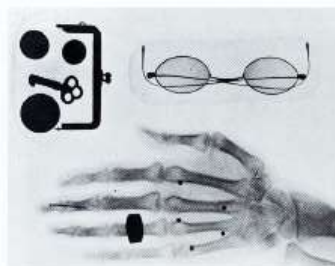
X線は物質により透過のしやすさが異なるため、レントゲンは骨の撮影にも成功していました。これがもとになり、X線は体内のようすを知るために、医療での診断に使われています。また、放射線によって体の中のがん細胞を破壊する放射線治療も、メスを使わずに治療ができる方法として行われています。

放射線は有効に利用されている一方で、健康な細胞も傷つけるなど、生物に悪い影響をおよぼすことがあるので、その利用にはじゅうぶんな注意が必要です。

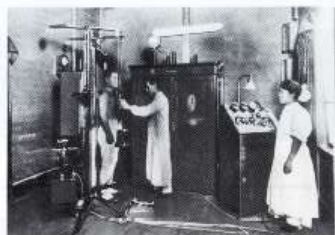


放射線の種類と透過のしやすさのちがいは、α線、β線、中性子線は高速の粒子の流れ、X線とγ線は電磁波(光のなかま)である。

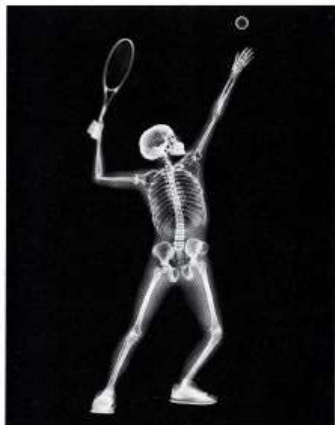
①放射線については、3年でくわしく学ぶ。



初期のX線写真



大正末ごろの国産X線撮影装置による診察のようす 日本では、1900年代に、島津涼蔵が国産のX線撮影装置を開発した。



X線で撮影した人体のようす

放射線教育の現状

- ・現行(平成20年告示)の学習指導要領で、30年ぶりに「放射線」の授業が復活
- ・移行措置を含め、今の大学4年生(現役)以降の生徒は、中学校理科の第3学年で、「放射線」の学習をしている
- ・教える側の理科教師の大部分は「放射線」について習っていない → 受験を控え、教科書を読んで終わってしまっている

放射線教育の現状

- ・平成23年(2011年)の東日本大震災における福島第一原子力発電所の事故により、放射線教育の必要性が叫ばれたが、社会情勢等から、現場では放射線教育を扱いにくい実態
- ・観察・実験を通して科学的に放射線を扱ってきた教師は、ほんの一部にすぎない
- ・平成29年告示の学習指導要領において、中学校の**第2学年**から**放射線について触れる**ことが示された

放射線教育支援サイト「らでい」

<https://www.radi-edu.jp/>

放射線教育支援サイト



MISSION & ORDER

らでいとは
貸出・出前授業

PRACTICAL

実践紹介

MATERIAL

教材

TEACHING PLAN

指導案集

Q & A

Q&A集

COVERAGE

取材記

COLUMN

コラム

OTHER

その他

らでいとは
ABOUT

ホーム > らでいとは

▶ 新規ユーザー登録
New User Registration

放射線教育支援サイト“らでい”とは

学習指導要領（中学校理科）において、「放射線」に関する内容が組み込まれました。約30年ぶりに復活したその内容は、理科第一分野「科学技術と人間」の「エネルギー資源」の中で、「放射線の性質と利用にも触れること」と表記されました。

また東日本大震災、福島第一原子力発電所の事故を受け、被災地、日本全国の学校現場において様々な問題が発生し、あらためて放射線教育の必要性、継続の重要性が叫ばれています。

当財団では、平成19年度より簡易放射線測定器の貸出だけでなく、放射線出前授業、放射線教育の教材開発など、積極的に放射線教育事業を行って参りましたが、このような状況に鑑み、平成24年度より自主事業として放射線教育支援サイト“らでい”を運営することといたしました。

放射線教育推進委員会※の方々をはじめ、教育現場に関わりの深い有識者、研究機関や研究会・学会などの皆様方の監修、ご協力を仰ぎながら、今後とも“らでい”の運営を継続し、放射線教育の実施を検討する教育職員等への支援を積極的に行って参ります。

公益財団法人日本科学技術振興財団

中学校での放射線教育の例(中3)

放射線教育支援サイト



MISSION & ORDER

らでいとは
発信・出前授業

PRACTICAL

実践紹介

MATERIAL

教材

TEACHING PLAN

指導案集

Q & A

Q&A集

COVERAGE

取材記

COLUMN

コラム

OTHER

その他

放射線教育授業実践事例12：北海道札幌市立宮の森中学校



放射線教育授業実践事例12：北海道札幌市立宮の森中学校

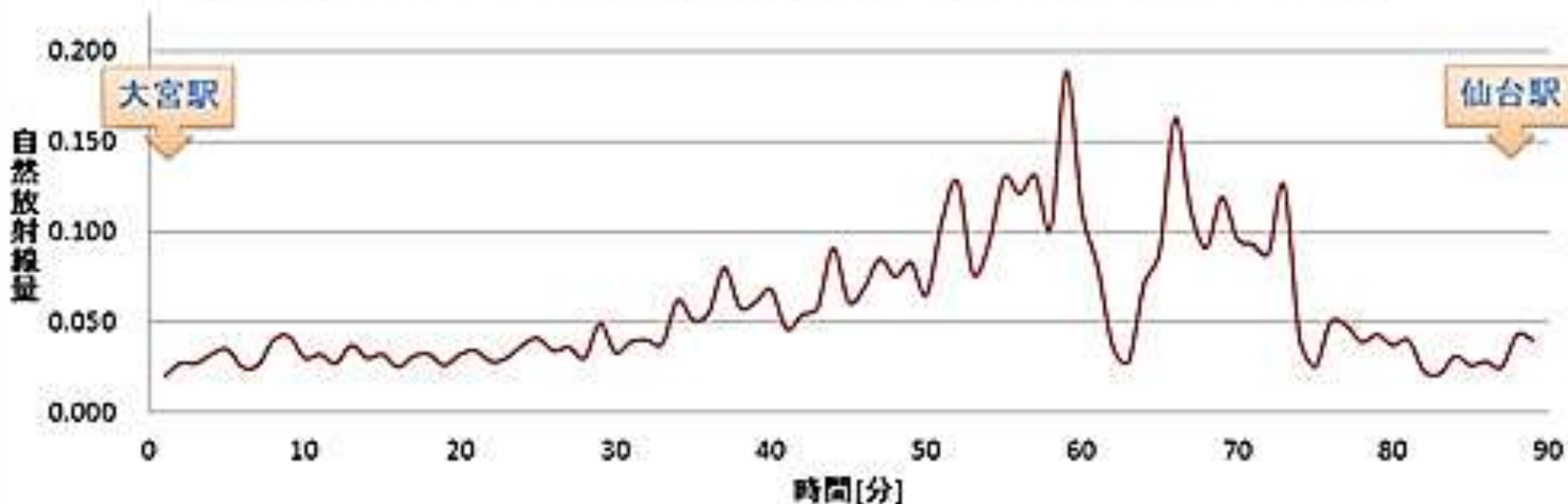
中学校3年理科「エネルギー資源とその利用」の単元として次のような6時間扱いの指導計画のもとで、5時限目の授業「放射線の性質」が北海道エネルギー環境教育研究会の公開授業として11月26日に札幌市立宮の森中学校理科室で行われた。担当教諭は森山正樹氏で、対象は3年1組の生徒30名だった。

○指導計画

- 1時：生活を支えるエネルギー資源とさまざまな発電方法
- 2時：放射線とは（霧箱実験）
- 3時：北海道の発電とエネルギー事情
- 4時：放射線の利用（放射線技師による講演）
- 5時：放射線の性質（簡易放射線測定器“はかるくん”、バリウム133）
- 6時：未来のエネルギー社会を志向する

中学校での放射線教育の例(中3)

新幹線内(ゆまひこ149号)の放射線量の測定 [$\mu\text{Sv/h}$] 大宮駅→仙台駅 2012.8.10(金)



教師が実際に測定した放射線量率のグラフを導入に用い、値の変化の要因を実験から探る授業を行った。

中学校での放射線教育の例(中3)



距離の実験



遮蔽物の実験

放射線教育の位置づけ(現行)

中学校	物理	化学	生物	地学
3年 (140時間)	エネルギー 放射線	イオン	遺伝・生態系	宇宙
2年 (140時間)	電流	化学変化	動物	気象
1年 (105時間)	光・音・力	物質	植物	大地

現行:「科学技術と人間」の單元において、原子力発電の短所としての放射線が出てくる。3学年の受験前に学習するため、教科書を読んで終わることが多い。

放射線教育の位置づけ(次期)

中学校	物理	化学	生物	地学
3年 (140時間)	エネルギー 放射線	イオン	遺伝・生態系	宇宙
2年 (140時間)	電流 放射線	化学変化	動物	気象
1年 (105時間)	光・音・力	物質	植物	大地

第2学年でも放射線を扱う

次期: 2学年の「電流」の單元において, クルックス管の陰極線に伴ってX線が発生することを触れる。科学的に放射線を扱うことができるようになる。 →大きなチャンス!

現行(H20年告示)と次期(H29年告示)の比較 中学校学習指導要領解説 理科編より

	現 行	次 期
第2学年	<p>雷も静電気の放電現象の一種であることを取り上げ、高電圧発生装置(誘導コイルなど)の放電やクルックス管などの真空放電の観察から電子の存在を理解させ、電子の流れが電流であることについて理解させる。</p>	<p>電流が電子の流れに関係していることを扱うこと。また、真空放電と関連付けながら放射線の性質と利用にも触れること。また、雷も静電気の放電現象の一種であることを取り上げ、高電圧発生装置(誘導コイルなど)の放電やクルックス管などの真空放電の観察から電子の存在を理解させ、電子の流れが電流に関係していることを理解させる。<u>その際、真空放電と関連させてX線にも触れるとともに、X線と同じように透過性などの性質をもつ放射線が存在し、医療や製造業などで利用されていることにも触れる。</u></p>

現行(H20年告示)と次期(H29年告示)の比較 中学校学習指導要領解説 理科編より

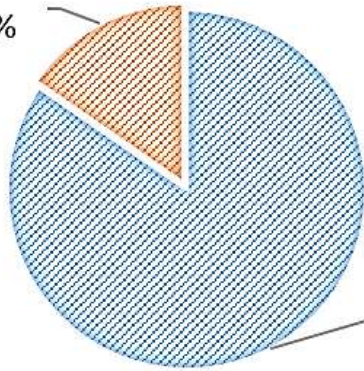
	現 行	次 期
第3学年	核燃料は放射線を出していることや放射線は自然界にも存在すること、放射線は透過性などを持ち、医療や製造業などで利用されていることなどにも触れる。	放射線については、核燃料から出ていたり、自然界にも存在し、地中や空気中の物質から出ていたり、宇宙から降り注いでいたりすることなどにも触れる。東日本大震災以降、社会において、放射線に対する不安が生じたり、関心が高まったりする中、理科においては、 <u>放射線について科学的に理解することが重要であり、放射線に関する学習を通して、生徒たちが自ら思考し、判断する力を育成することにもつながると考えられる。</u> その際、他教科との関連を図り、学習を展開していくことも考えられる。

中学校理科教師の実態(N=13)

クルックス管を用いた演示実験を

していない

15%

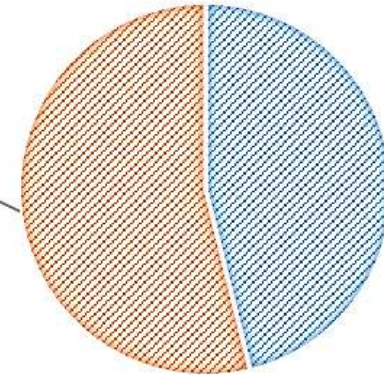


している
85%

クルックス管からX線が出ることを

知らな
かった

54%



知っていた
46%

2018年6月に、ある地域の中学校理科教師にとつたアンケートの結果。演示をする先生は、「**本物・実物を見せたい**」という理由を述べている。

中学校理科教師の実態

- ・クルックス管内の陰極線に伴う漏洩X線の存在を知らなかったり、知っていても不安を感じながら演示実験をしたりしている理科教師(高校の理科教師も同様)が多い
- ・歯科用のデンタルフィルムを用いてクルックス管から出る漏洩X線を用いたX線撮影の演示実験をしている教師もいる

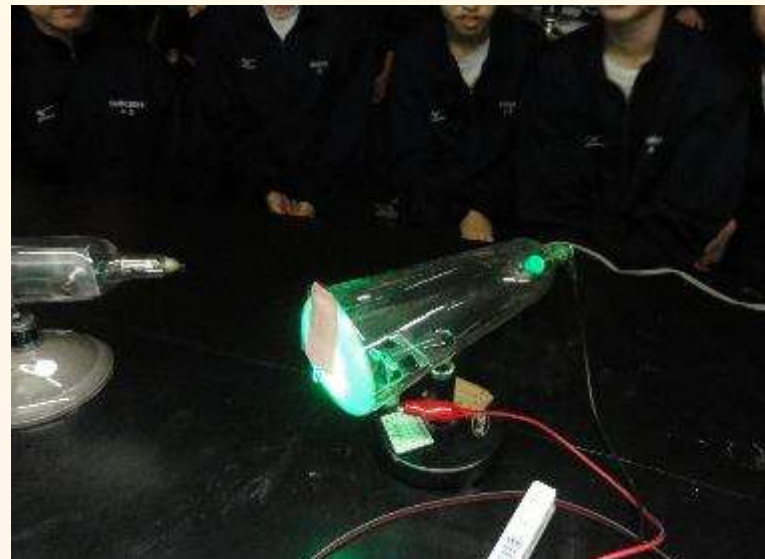
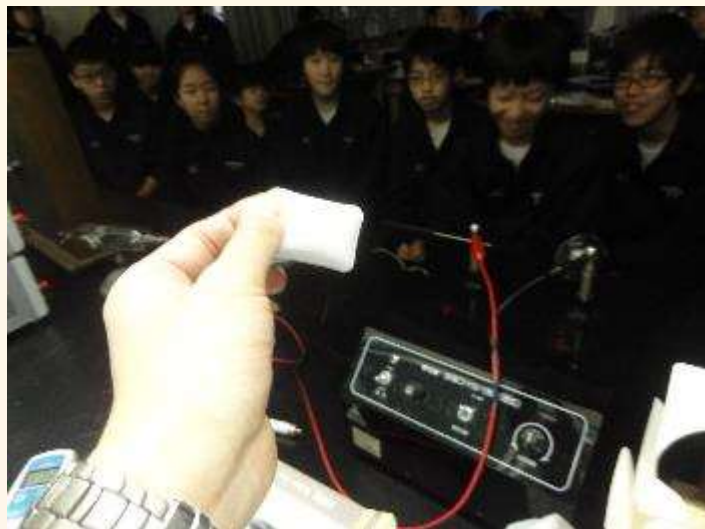
授業(中2)における演示実験の様子

- ・高電圧に対する安全性と、生徒が目の前で観察する効果を鑑み、**前方で生徒をイスに座らせる**
- ・近い所にいる生徒と装置との距離を**1m前後に保つ**
- ・**数分間の演示実験を見せている**



授業(中2)における演示実験の様子

→デンタルフィルムを用いた実験



中学校における装置の実態

- ・クルックス管や誘導コイル等の装置は高額であり，学校が統廃合しても引き継がれる
- ・昭和の時代に購入した装置を備品として理科室に保有している学校が多く，装置は多様
- ・高価かつ使用頻度が1年に1回などの理由から，中学校の現場では新しい装置に買い替えるのは困難

クルックス管による実験の実態

- ・ 演示実験をする教師は、50cm程度の距離の所において、操作しながら説明する。
- ・ 50分の授業の中で、延べ5分程度。
- ・ 大きな規模の学校だと、第2学年4～5学級を担当する。予備実験を含めても、3年間の中で30分程度の時間、クルックス管から50cmの所にいる(1年間で10分間)と考えることができる。 ※歯科用デンタルフィルムでX線撮影の実験をする場合は、その時間を加える必要がある。

現場の理科教員の声

ベネフィット(便益)

- ・生徒が実験を見ることによる**意欲の向上**や**動機づけ**の効果が大きい
- ・教科書を読むだけより、**理解が深まる**

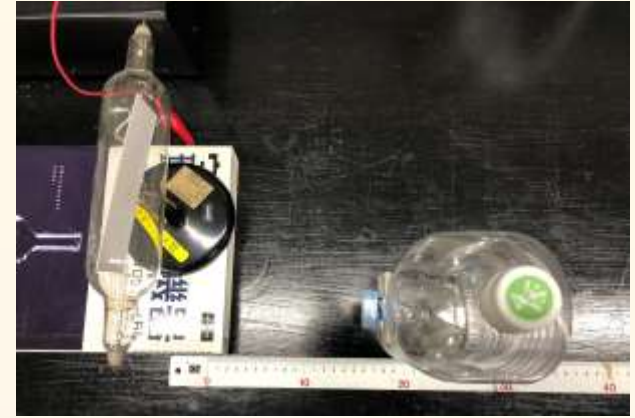
リスク

- ・教師や生徒が放射線から受ける**影響**がそもそもわからないので、**なんとなく不安**
- ・具体的なリスクは何か(**どのような確率的影響**があるのか)?

本プロジェクトでの測定の様子

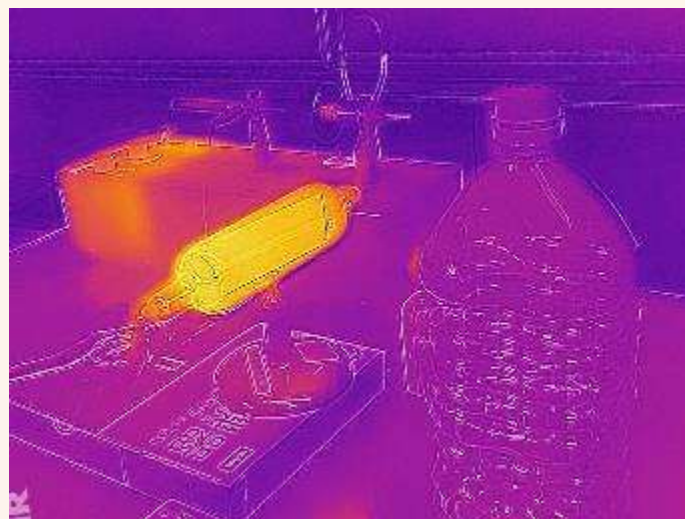
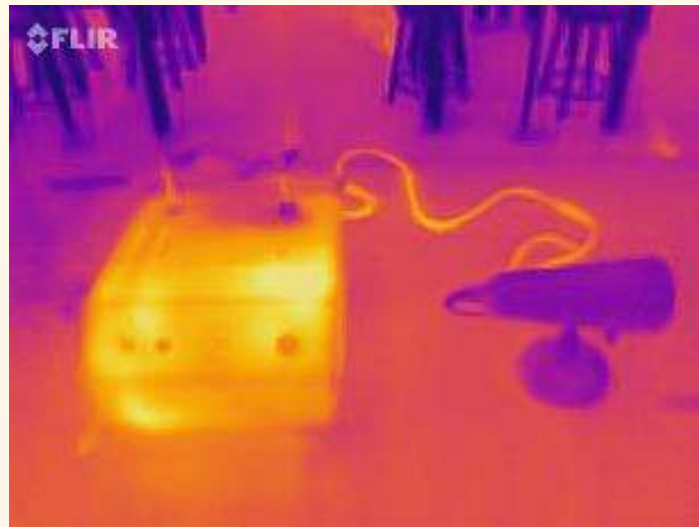
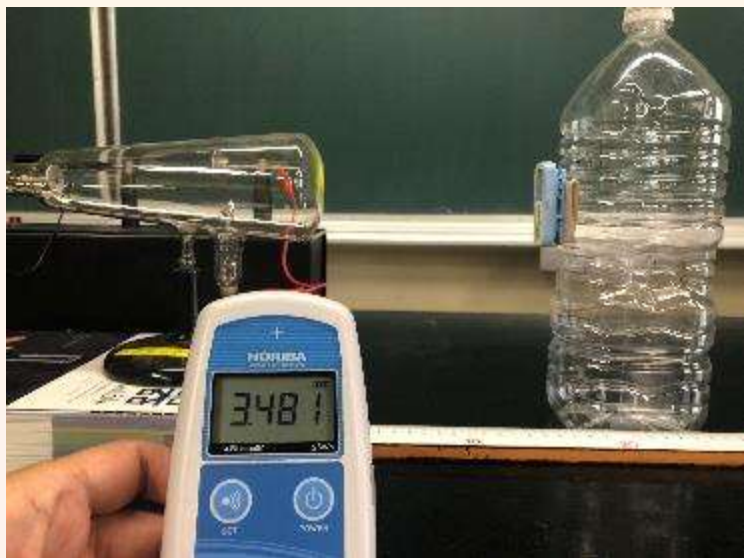
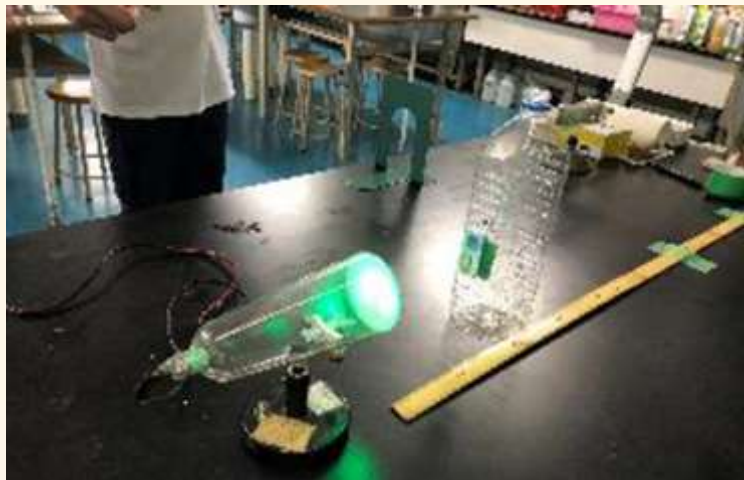


本プロジェクトでの測定の様子



本プロジェクトでの測定の様子

ガンマ線用の測定器で計測→



←赤外線カメラで撮影←

おわりに

- ・クルックス管を用いた演示実験の教育的効果は極めて大きい(科学としての放射線教育)
- ・教師が自信をもって授業を行っていくには、どのような条件(時間・距離・電圧等)下で実験を行えばよいかの指針があると嬉しい(伴うリスクは何か?)
- ・放射線教育がますます発展するように、専門家の方々の力をぜひお借りしたい

現行(平成20年告示)

中学校学習指導要領解説 理科編より

中2 (3) 電流とその利用 (内容の取扱い)

(I) 静電気と電流について

……。また，雷も静電気の放電現象の一種であることを取り上げ，高電圧発生装置(誘導コイルなど)の放電やクルックス管などの真空放電の観察から電子の存在を理解させ，電子の流れが電流であることについて理解させる。」(p.36)

現行(平成20年告示)

中学校学習指導要領解説 理科編より

中3 (7) 科学技術と人間 (内容の取扱い)

イ 放射線の性質と利用にも触れること

(イ) エネルギー資源について

……, 核燃料は放射線を出していること
や放射線は自然界にも存在すること, 放
射線は透過性などをもち, 医療や製造業
などで利用されていることなどにも触れ
る。」 (pp.53-54)

次期(平成29年告示)

中学校学習指導要領解説 理科編より

改善・充実した主な内容 (p.13)

- ・第3学年に加えて、第2学年においても、**放射線**に関する内容を扱うこと

中2 (3) 電流とその利用 (内容の取扱い)

エ・・・、電流が電子の流れに関係していることを扱うこと。また、真空放電と関連付けながら**放射線**の性質と利用にも触れること。

(p.41)

次期(平成29年告示)

中学校学習指導要領解説 理科編より

中2 (3) 電流とその利用 (内容の取扱い)

①…。また、雷も静電気の放電現象の一種であることを取り上げ、高電圧発生装置(誘導コイルなど)の放電やクルックス管などの真空放電の観察から電子の存在を理解させ、電子の流れが電流に関係していることを理解させる。その際、
…… (p.43)

次期(平成29年告示)

中学校学習指導要領解説 理科編より

中2 (3) 電流とその利用 (内容の取扱い)

①…。その際、真空放電と関連させてX線にも触れるとともに、X線と同じように透過性などの性質をもつ放射線が存在し、医療や製造業などで利用されていることにも触れる。

(p.43)

次期(平成29年告示)

中学校学習指導要領解説 理科編より

中3 (7) 科学技術と人間(内容の取扱い)

ア…。放射線については、核燃料から出ていたり、自然界にも存在し、地中や空気中の物質から出ていたり、宇宙から降り注いでいたりすることなどにも触れる。東日本大震災以降、社会において、放射線に対する不安が生じたり、関心が高まったりする中、理科においては、……

(p.65)

次期(平成29年告示)

中学校学習指導要領解説 理科編より

中3 (7) 科学技術と人間(内容の取扱い)

ア…。理科においては、放射線について科学的に理解することが重要であり、放射線に関する学習を通して、生徒たちが自ら思考し、判断する力を育成することにもつながると考えられる。その際、他教科との関連を図り、学習を展開していくことも考えられる。(p.65)