

誰でもできる！『Rの正体』を活用した中学校理科2学年での放射線教育

札幌市立白石中学校 森山 正樹

2021年度から中学校において、学習指導要領が完全実施となった。『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 総則編』（文部科学省、2018）において、「現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力」の例として、放射線に関する教育が挙げられている（図1）。今回の改訂では、「放射線の科学的な理解や科学的に探究する態度などの充実を図り、放射線に関する科学的な理解や科学的に考察し、情報を正しく理解する力を育成すること」が特に中学校理科に求められている。そして、中学校理科での

現行(平成29年告示) 中学校学習指導要領解説 総則編より

現代的な諸課題に関する教科等横断的な教育内容

- ・伝統や文化に関する教育 ・環境に関する教育
- ・主権者に関する教育 ・放射線に関する教育
- ・消費者に関する教育 ・生命の尊重に関する教育
- ・法に関する教育 ・知識財産に関する教育
- ・心身の健康の保持推進に関する教育
- ・郷土や地域に関する教育 ・食に関する教育
- ・海洋に関する教育
- ・防災を含む安全に関する教育 (pp204-245)

図1 現代的な諸課題に関する教科等横断的な教育内容

放射線教育の位置づけ(現在)				
※移行措置により、2020年度から実施				
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	2・3学年で放射線を扱う 化学変化	生物の つくり・はたらき	気象
1年 (105時間)	光・音・力	物質	生物の 共通点	大地

これからは2学年の「電流」の単元において、クルックス管の陰極線の学習に伴ってX線が発生することに触れる。科学的に放射線を扱うことができる。→大きなチャンス！

図2 放射線教育の位置づけ

前回(H20年告示)と今回(H29年告示)の比較 中学校学習指導要領解説 理科編より		前回(H20年告示)と今回(H29年告示)の比較 中学校学習指導要領解説 理科編より	
	前回		今回
第2学年	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。		
	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。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。	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もち、医療や製造業などで利用されていることにも触れる。放射線については、核燃料から出ている、自然界にも存在し、地中や空気中の物質から出ている、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、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。

図3 前回と今回の中学校学習指導要領 理科の変更点（文部科学省、2018）

て触れてきた。しかし、3 学年の受験前後に学習するため、教科書を読んで終わってしまう実態が見られた。これからは2 学年の『電流とその利用』の単元において、クルックス管の陰極線の学習に伴ってX線が発生することに触れることができる（図3）。これは、科学的に放射線を扱うことができる大きなチャンス！である。

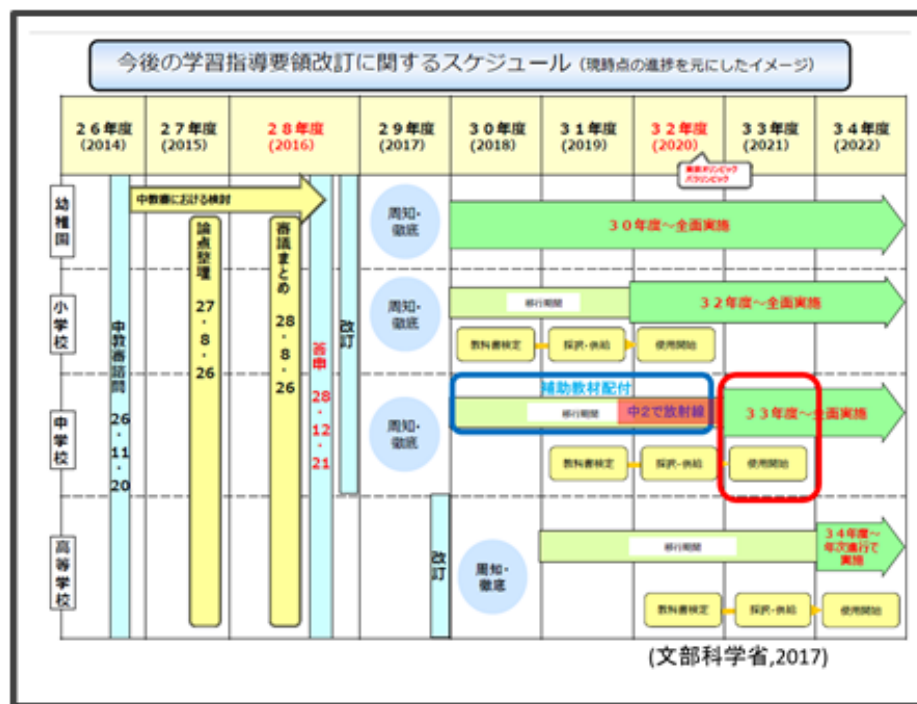


図4 学習指導要領改訂に関するスケジュール

放射線に関する上記の学習内容は、移行措置として2020年度から実施されている（図4）。筆者はこの年に2学年に所属していたため、教科書会社から生徒一人一人に配付された補助教材を活用して、2学年の生徒を対象に、クルックス管による陰極線の実験を通して放射線（X線）について触れる授業を実施した。しかし、新型コロナウイルス感染症のまん延防止のため、北海道は長期に渡って臨時休校になったため、授業時数が通常よりも少なくなってしまった（図5）。

コロナ前後の教育現場の変容

コロナ前

コロナ後

昨年度の中学2年生の実践

- ・ コロナ禍による臨時休校
北海道は2020.2.28(金)～2020.3月末
2020.4.14(火)～2020.5月末
分散登校2020.6.1(月)～2020.6.12(金)
- ・ 授業時数が削られ、理科の授業では小グループによる観察・実験が大幅に制限され、学習すべき内容をこなしていく1年間だった。
- ・ 中2理科で触れる放射線学習も制限された。
→DVD『Rの正体』の活用

図5 コロナ禍に学習環境の変化

これまで3 学年で実施していた「放射線」に関する学習が2 学年で行えるようになったため実験を交えた授業をじっくり行いたかったが、時間がとれなかったので、放射線教育フォーラムが2018年に制作した映像教材『Rの正体～放射線の性質と利用～』（以下、『Rの正体』、図6）のDVDを活用することによって、短時間で効果的に放射線の授業を展開することができた。

『Rの正体』は放射線の歴史と基礎知識、性質と利用、人体への影響などを取材映像とCGアニメーションでわかりやすく解説している。さらに、放射線関連の実験映像や福島県の現状のレポート映像も収録されている。構成は①Rの正体（19分）②実験映像集（6分）③福島の現状を知る（8分）になっており、50分の授業時間中に放射線について詳しく知ることができるように重要な内容がコンパクトにまとめられている。しかし、映像をそのまま流して生徒が見るだけでは主体的かつ効果的に学ぶことにはつながらないため、授業の際には工夫が必要となる。

放射線の授業は、『電流とその利用』の単元において、電流の正体を明らかにするために静電気の学習をしてから、クルックス管を流れる電子を観察する学習の中で、クルックス管からX線が出ていることに触れる展開となっている。そして、この学習の後に電気の性質（オームの法則や回路の性質など）や電気の利用（発熱、電流と磁界との関係など）について学ぶ。単元の学習前には、生徒のレディネス調査を行った。その一つとして、放射線に関するイメージを聞くと、表1のような回答が多く見られた。関連する単語をいくつか挙げる生徒が見られ、8割程度の生徒はマイナスのイメージをもっていた。また、1割程度が放射線の活用として医療や荷物の検査を挙げる生徒がいた。また、数名だが文章で具体的に放射線について説明できる生徒が見られた。

表1 放射線の学習をする前の、放射線に関する生徒のイメージ

<関連する単語> ・α線、β線、γ線 ・レントゲン ・有害 ・原爆 ・原発 ・原発事故 核爆弾 ・東日本大震災 ・医療 ・放射能 ・福島 ・MRI ・CT ・X線 <マイナスのイメージ> ・危険 ・あぶない ・体に悪い ・人を殺す ・害がある ・有害 <放射線の活用> ・病院で使う ・治療に使う ・荷物の検査 <その他> ・生活でのわずかな量では問題ないが、続けて当たるとひばくし、細胞がこわれる ・骨折した時など見ることができるが、使い方によっては人を殺してしまう危ないもの ・伝記の本で読んだマリー・キュリー ・太陽から出る ・浴びすぎると甲状腺がんになる ・目に見えない ・強い光

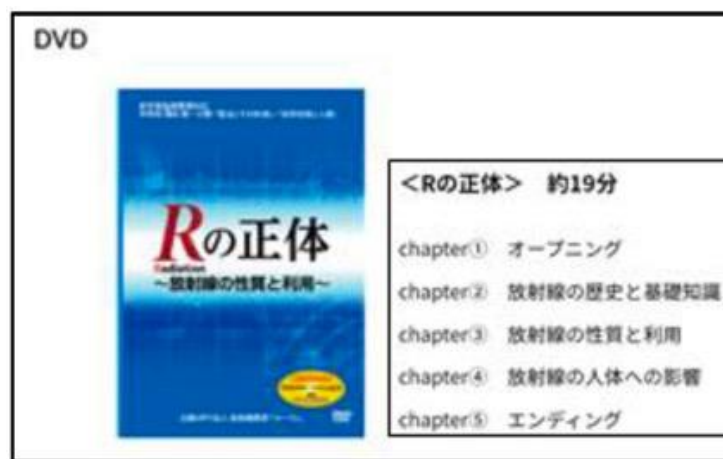


図6 「Rの正体～放射線の性質と利用～」
Teacher's Net (teachers-net.com)

放射線について学ぶ前時に、誘導コイルによる放電（図 7）やクルックス管に大きな電圧を加えて陰極線（電子線）の様子（図 8）を観察した。その後、陰極線が発生しているとき、クルックス管から X 線が発生していることを生徒に伝えた。演示実験の際には、生徒との距離を 1 m 以上離し、短時間で実験することを意識した。生徒と装置の間にはアクリル板（コロナ対策用）を設置した。秋吉(2019)は、3 mm のアクリル板でも X 線が半分ほどに減衰すると報告している。

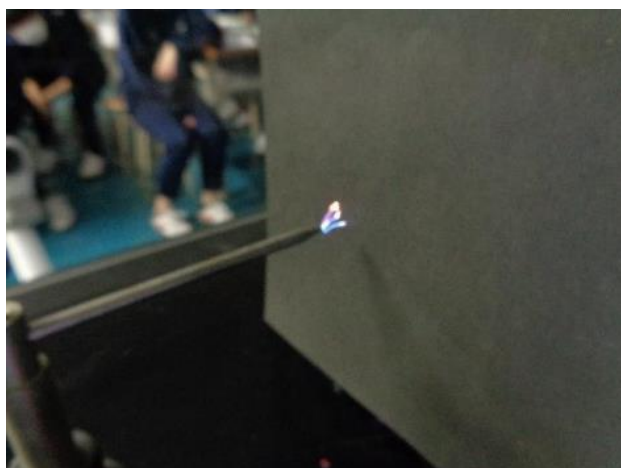


図 7 誘導コイルを用いた放電の演示実験の様子



図 8 クルックス管を用いた陰極線の演示実験の様子

No.4 1/2 (4) ②0.2 と 25% 993 64P 26

(予習)

放電 ~ 電気が空間を移動したり、たまっていた電気が流れ出す現象。

真空放電 ~ 圧力を低くした気体の中を電流が流れる現象。→ 宝光燈

電流の向き
+極から-極

陰極線 - 陰極から陽極へ移動する電子の流れ。
(電子線)
× 電子の流れは、電流と逆
(⇒ 電流)
+極 ← (+) (+) (+) (-) 華線 → -極
自由電子 (-極 → +極)

スリット
+極
× 磁石で曲がる (電荷)
影
+極
電子は直進する。... の電線の
電子は質量もつ小粒です。

図 9 理科室の板書と装置の様子

学習シート(No.4) 1月28日(木) 天気○、室温20.3℃、湿度LL%、気圧 hPa 教科書 p.216 ~ 2年 4組 7番 unit 氏名

学習課題: 電流の正体は何だろう

Note ~ 裏紙の内容もただ書き写すのではなく、授業中に考えた内容や先生・仲間の発言もどんどんメモしよう! ~

予想・仮説
回路の中に
電子が流れたもの

関連する既習事項
電流の流れ
+ → - 極

一課題を解決するための「思考の流れ」が分かる記録を残そう!

放電 ~ 電気が空間を移動したり、たまに電気が流れ出す現象

真空放電 ~ 圧力を低くした気体の中を電流が流れる現象 → 蛍光灯

陰極線 ~ 陰極が陽極へ(電子線) 移動する電子の流れ
※ 電子の流れは電流と逆 (⇒ 電流)

自由電子 (- 極 → + 極)

電子は直進する。一の電荷をもつ。
電子は質量をもつ小さな粒子

スリット
磁石で曲がる(電流)
影
+ 極
- 極

【振り返り】

○課題解決 ~ 学習課題に対して、
解決した内容を2行でまとめるよう

電子の流れは、- 極から + 極へ流れる(電流とは逆である)。電子は- の電荷もち、質量がある粒子なので物をつかぬける。進む時は真っ直ぐに進む。

・新たに生じた疑問、解決したい内容: 電子はどの物質も通りぬけられるんだろうか。

・感動したこと、すごいと感じたこと: 静電気がおきたとき、電気は体へ流れていった。ち

★自分の生活と関連している内容 → 蛍光灯と100W電球の熱さは全然違うが、と料が違うからか

図 10 授業で用いた学習シートの記入例

決した内容（知識・技能）、生じた疑問（思考）、すごいと思ったこと（感性）、生活との関連（態度）を毎回書き、授業後に回収して評価に生かしている。図 11 は生徒が振り返った内容の中で、生徒全体に知らせたい優れた気付きや疑問をまとめたものである。放射線について学習する当日の学習シートの裏面に、前時に生徒たちが振り返った内容を掲載し、授業の開始時に仲間の優れた気付きを共有した。

No.4の記述からいくつかを抜粋		Memo他の人の記述から考えたこと/
1	小さな電子が飛んで紙に穴があくのはすごいと思った。なぜ車は雷が落ちてても大丈夫なのか。3	<先生から> ・X線（放射線）について、たくさんの記述が出てきました。放射線とはどのようなものなのか、探っていこう！
2	目の前で電子の流れを見ることができたのがすごいと思った。森山先生が何回も感電したことがあるのがすごいと思った。3	
3	クルックス管(真空管)のX線を生徒は受けずに済んだけれど、森山先生は1m以内にいたし、アクリル板もなくてもろ受けていた。森山先生は大丈夫か？3	
4	★歯がとれたときに歯医者に行ってX線をとった。役に立つものだった！レントゲンさんの実験する意欲に感動した。3	
5	★放射線治療と聞いたことがあるけれど、放射線は浴びると体に害があるのではないのか。3	
6	★X線の検査をあまり多くするとダメだというのを聞いたことがあったので言われていた理由がわかった。電流が電子だとしたらA(アンペア)は電子の量を表しているのか。3	
7	★1年生の職場体験の病院でMRIやCTで鉛が使われているのはなぜだったのか。3	
8	骨はなぜX線を吸収するのか。3 / 放射線は手術にも用いられるのか。3	
9	実験で見るのと教科書で見るのとでは違ってすごいきれいだった。電流の力はすごいなあと感動した。2	
10	黒色の紙に無数の穴が開いていて、すごい威力なんだなと感じました。2 / 電子も原子と同じく、消えたり新しくできたりしないのか。2	
11	一見なんの関係もなさそうに見える電気と空気の圧力に関係があった。2	
12	★電子を運動量や熱量や光に変える技術が改めてすごいと思った。2/ 電子はなぜ磁石に引きつけられたのか。1	
13	自分は腰を怪我したとき、レントゲンを撮った。MRIとかCTも撮った。2 / 病気でX線を撮ったら悪化してしまうことはないのか。1	
14	放電は教科書で見るより、実物の方が迫力があつた。1 / 教科書で読むだけではなく、実験をすると読むより分かったし、すごかった。1	
15	小学校のころ、伝記でマリー・キュリーとピエール・キュリーがラジウムを発見したという本を見た。1	
16	★放射線治療というものを聞かぬが、治療できるの？体に害があるのでは？日常的に放射線が出ていると聞いたことがある。何から出ているの？1	
17	写真で見た時より、とても迫力があつたし、音なども聞こえたので実験した方が良かった。1 / 実際に実験した方がすごさや魅力が感じられてすごいと思う。1	
18	蛍光灯を長時間点けていると熱くなる理由が分かった。1	
19		
20		

◎調べてみたいこと【

調べた内容→

図 11 学習シートの裏にまとめた生徒の優れた気付き

生徒の振り返りの記述には新しく学習したX線に関連する内容が多かった。そこで、本時の学習課題を「放射線にはどんな種類や性質があり、どのように利用されているのか」と設定し、目的をもって『Rの正体』を通して学びを深めていった。視聴の際には必要に応じて映像を止めて補足したり、重要語句を板書したりすることにより、生徒は自分事として学習課題を解決しようと集中して取り組んだ（図 12）。また、映像の中で自然放射線を測定する場面では、映像を見るのではなく、筆者が所有している簡易放射線測定器（映像と同じRadi PA-1100）を用いて、教室内のγ線を測定して生徒に示した。視聴覚教材をそのまま使うのではなく、教師が必要に応じて内容を取捨選択しながら重点的に扱うことが、目の前の生徒に合った学びにつながったと考える。図 13 は、この時間に用いた学習シートである。今回も自分の実体験や経験と結びつけて放射線に向き合う姿が見られた。図 14 は、この時間に書かれた振り返りの優れた記述をまとめたものである。



図 12 「R の正体」を視聴している授業の様子

学習シート(No.5) 2月1日(月) 天気○、室温25.3℃、湿度い %、気圧 hPa 教科書 p.104~5 2年1組29番 H unit 氏名

学習課題:放射線にはどんな種類があり、性質をどのように利用しているか

Note ~黒板の内容をただ書き写すのではなく、授業中に考えた内容や先生・仲間の発言などどんなものか!~

予想・仮説
物をうつがする。

関連する既習事項

100年前に発見された。
・しょう品のガンリ
・フアン(ウ)から出たX線の
ようなものを放射線とされた。

単位) Bq (ベクレル)
Sv (シーベルト)
mSv, μSv

教室の値 0.061 μSv/h

※自然界にふつうに存在

1895 レントゲン X線の発見・透過する光
1896 ベクレル 放射線
1898 ユーソー 放射能
1899 ラザフォード α線、β線
その後
1900年以降 α線、β線、γ線、X線など
放射線物質 新・アルミ、金などではめる

電離性 ~がん治療・タイ・ガット・滅菌
透過 ~CTスキャン・非破壊検査
(影響) DNAを傷つける→修復
一部が可逆化

放射線にはα線-[紙やひもで止まる]、β線-[Alなどのうすい金属で止まる]、γ線、X線[粒子ではなく電磁波の一つ。ZnやFeなどの厚い板で止まる]放射線は悪い影響があるが、その分、良い所(長所)も

・新たに生じた疑問、解決したい内容: レントゲンなどの人工放射線にはどのように、どのような仕組みで発生するのだろうか? 多く存在する

・感動したこと、すごいと感じたこと: 放射線にはα線、β線、γ線、X線と、色んな種類があるということにおどろいた。

★自分の生活と関連している内容→ みく島第一原発・チェルノブイルの事故。

図 13 授業で用いた学習シートの記入例

No.5 の記述からいくつかを抜粋		Memo 他の人の記述から考えたこと
1	小学生の時に放射線を浴びると死ぬ、と教えられていたけれど、今日の授業で全然そんなことないことが分かった。3	
2	見えない放射線の跡を森箱で見られるのがすごいと思った。3 / 放射線のおかげで、自分の使っているラケットのガットが切れづらくなっている。3	
3	悪いイメージがあった放射線だが、実際は検査や治療に使われていて助けられていた。3 / 放射線技師とはどんな仕事なのか知りたい。3	
4	非破壊検査で商品を見られる。また、空港の手荷物検査で薬物とかを発見できるのもすごいと思った。3	
5	なぜ放射線は細胞などを破壊するのに、タイヤなどは強化するのだろうか。3 / 原子爆弾とかには、放射線がどれほどの量が含まれているのか知りたい。3	
6	原子力発電では、どのようにして放射線を利用して発電しているのか。3	
7	人工放射線で新しい品種を作ることができるなんて、いつか自分も何か作ってみたいと思った。3	
8	歯医者さんでX線を撮るときに、担当の方が一回一回部屋から出ていたのは、被ばくをしないためだった！3	
9	日本是世界唯一の被爆国にも関わらず、なぜ核を廃止する条約に署名しないのか。3	
10	自分は骨折して、何回もレントゲンを撮った事があって恐かったけれど、今回のですごく安心した。3	
11	映画『Fukushima 50』を見たとき、言っていることが一緒だった(福島第一原子力発電所)。この間、この映画を見ただけだから、今回の授業でもっと詳しく知ることができた。小さいころは、「よく知らないけれど、こわいもの」という認識をしていたけれど、今は「いっぱい受けると死に至るが、普通の暮らしでは多く受けることはなく、安全だし、(放射線は)生活に役立っている」と考えている。ずっと放射線に対して恐怖の気持ちを持ち、本当のことを後世に教えないということはダメだと思った。いつの日かちゃんと教育してくれる世の中ができることを願う。3	<先生から> →森山先生は2013年にウクライナのチェルノブイリ原子力発電所に視察に行って、現状を見てきました。後はど、そのときのことをお知らせしますね！
12	放射線は他にどのような物に使われているのか調べてみたい。1 / 将来、たばこやお酒のみすぎないようにする。1	
13	電離ってイオンの電離式と同じ電離？ なら、原子は放射線で変化しているのか。1	
14	旧ソ連のチェルノブイリ原発事故は、何十年も前の事故なのにまだ近づけないらしい。なぜなのか。1	
15	広島、長崎に落とされた原子爆弾はどういう仕組みで放射線をたくさんばらまいたのか。1	
16	放射線は危険だと思っていたけれど、身の回りにもあるもので使い次第で便利なものだと分かった。1	<先生から> 『Fukushima 50』(フクシマフィフティ)は、2020年3月6日に公開された日本映画。門田隆将著のノンフィクション書籍『死の淵を見た男 吉田昌郎と福島第一原発』を原作に、東北地方太平洋沖地震に伴う福島第一原子力発電所事故発生時に発電所に留まって対応業務に従事した約50名の作業員たち・通称「フクシマ50」の闘いを描く。(Wikipediaより)
17	大量に放射線を浴びるとがんになる可能性があるのに、なぜがん治療に放射線を使うのか。1	
18	テレビで放射線を受けた大地や建物(の表面)を削っていたが、その必要はなぜあるのか。2 一除染です。(森山)	
19	「デーモン・コア」はどのくらいの放射線を放つのか。放射線は使い方を間違えれば殺人兵器にもなるが、上手に使えば生活を豊かにできる。2	
20		

◎調べてみたいこと【 】

調べた内容→

図 14 学習シートの裏にまとめた生徒の優れた気づき

生徒の振り返りの記述から、放射線について詳しく探究したいという思いが伝わってきた。しかし、コロナ禍で授業時間が限られているため、「放射線に関する学習は3年生でまた考えていく」と伝えた。授業時間に余裕があれば、これまで3学年で学習してきた放射線の遮蔽や距離との関係について、実験を通して明らかにする授業を展開したかったが、それが難しかった。

以上で示したように、本実践では『Rの正体』を活用した。『Rの正体』は素晴らしい映像教材であり、さらに Teacher's Net から YouTube 等で公開されているため、手軽に授業で活用することができる。ぜひ、全国の現場で広く活用されることを望む(図 15)。

・『Rの正体～放射線の性質と利用～』
→素晴らしい映像教材です！

・教師が映像をただ見せるのではなく、目的(学習課題)に応じて、必要な活用の仕方をするのが大切である。

・一人一台タブレットにより、子ども一人一人が調べたい内容を自分でweb上で調べられるようになった。

→放射線に関するコンテンツの充実をさらに期待したい。

図 15 『Rの正体』を活用したまとめ

2021 年度、GIGA スクール構想により一人一台タブレットが整備されたため、学校における授業の様子が大きく変わった。授業中に疑問が生じた場合には、生徒が自らタブレットを用いて調べることができるようになった。また、これまで DVD を用いて見せていた視聴覚教材が、YouTube 等のオンライン映像で手軽に見せられるようになるとともに、生徒が自分の興味に基づいて個別に視聴することができるようになった。教師が授業をデザインしながら、従来の学習の在り方を変えていく時代が来た。それに加えて、自然科学に関わる教師として、生徒が自然事象を直接体験することも大切にしていきたい。放射線に関しても観察や実験を通して、生徒が事象に触れながら科学的に探究していくことを大切にしたい。

2020 年度の 2 学年ではコロナ禍のため十分な授業時間が取れなかったもので、2021 年度の 3 学年における「エネルギー資源とその利用」の学習の中で、放射線についてさらに深めていく学習を展開した。また、学習を積み重ねていくうちに、放射線に対するイメージが負のものから、放射線の活用に目を向けたものへ変わっていった。これらの詳細は、次の機会に報告したい。

【引用・参考文献】

- ・秋吉優史(2019).「クルックス管プロジェクトの進捗状況のまとめ」
- ・文部科学省(2018).『中学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説 総則編』. 東山書房.
- ・文部科学省(2018).『中学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説 理科編』. 学校図書.
- ・Teacher's Net 中学校教材紹介 R の正体 ~放射線の性質と利用~

<https://www.teachers-net.com/education/r> (参照 2022-02-07) .

アクリル板の遮蔽について指摘がありましたので、データを提示します。私も所属して研究に関わったクルックス管プロジェクトの進捗状況のまとめにデータが示してあります。これは、大阪府立大学の秋吉優史先生が中心となって発足・研究を行ったプロジェクトです。

2019年 3月 28日

クルックス管プロジェクトの 進捗状況まとめ

大阪府立大学 放射線研究センター 秋吉 優史
クルックス管プロジェクト有志各位

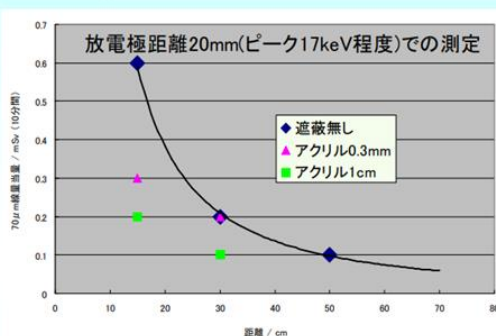
秋吉 優史: akiyoshi@riast.osakafu-u.ac.jp

<http://bigbird.riast.osakafu-u.ac.jp/~akiyoshi/Works/index.htm>



実際に X 線が出ているクルックス管にてアクリル板を用いて実験したデータです。私が用いた 3 mm のアクリル板ですと、約半分程度の X 線が減衰するとの報告があります（左のグラフの記載「アクリル 0.3mm」は「アクリル 3 mm」または「アクリル 0.3cm」の間違いだと思います）。

有効な遮蔽



20keV ではアクリル1cmで半分に減衰する。実際はもう少しエネルギーが低いいため、3mmで約半分、1cmで1/3に減衰する。ガラスははるかに遮蔽能が高く、5mmのガラスで20keVでも1/50程度に減衰する。

しかし、実際には分厚いアクリルやガラスの遮蔽体は取扱が困難。



スリット入りのクルックス管は、観察を行わないスリットより陰極側（ビームの上流側）が最も線量が高いため、この部分を適当な物で遮蔽すると効果的。古くなったデスクトップPCが、自立するので使いやすい。