

放射線を可視化して科学的・道徳的に探究する指導展開

福岡県朝倉市立甘木中学校
主幹教諭 高野 将吾

1 主題設定の背景とねらい

(1) 放射線を学ぶ意味と価値を実感させること。

「放射線がうつる。あっちへ行け！」東京電力福島第一原子力発電所事故で県外への自主避難を余儀なくされた生徒が、転校先で突きつけられた言葉である。かけがえのない家族を亡くし、愛するふるさを失った生徒の心情を考えると、東日本大震災から13年が経過した今でも胸が張り裂ける思いがする。このような放射線に関わる差別を生んだのは、日本社会とりわけ学校教育の責任は極めて重い。「放射線に対する正しい知識を私たちは子ども達に伝えることはできていたのか」、今もなお問われ続けている。真の放射線教育を行うためには、科学的な理解だけでなく、道徳的なアプローチが不可欠である。そこで目には見えない放射線を可視化して捉える実験法と教具を開発し、科学的な探究の学びと道徳的な探究の学びを融合させた指導展開を通して、放射線を学ぶ意味と価値を実感する生徒を育成することとした。

(2) 放射線を可視化する実験法と教具を開発すること。

2021年度から中学校では新学習指導要領が完全実施され、理科では「真空放電と関連づけながら放射線の性質と利用に触れること」が新たに明記された。つまり、真空放電とX線を関連づけて指導することになったのである。しかしながら真空放電とX線を関連づける具体的な指導例や実験例は教科書や指導書には一切掲載されていない。また、放射線に関わる実験は、補足的な意味合いで「霧箱」が教科書に紹介されている程度で、教具そのものは存在しない。目には見るできない放射線について有効な指導法や実験、教具のない現状において、生徒の興味関心を引き出すことは極めて困難な状況にある。このような中、中学校現場では「放射線を対象とした講義や実験は取り扱いが難しい」という理由から、教科書を読むだけで済ませようという風潮もあり、生徒にとって退屈で、つまらない授業となっている場合が多い。そこで、生徒が実感を伴って放射線を理解することができるように、放射線を可視化できる簡便な実験法（クルックス管から発生するX線撮影実験）と安価で作成できる教具（放射線モデルと放射線遮蔽模型）を開発した。これに加えて、放射線測定器、放射線実験樹脂等を用いた実験を行うことにより、目には見るることのできない放射線を写真・モデル・数値等で可視化して捉えることとした。

(3) 科学的・道徳的に探究できる指導展開を考案すること。

中学校では、理科において第2学年「電流とその利用」を中心に放射線が取り扱われ、その中で放射線が透過性の性質をもつこと等が触れられている。しかしながら、例えば、放射線は医療診断やがん治療など生命を救う側面がある一方、大量被曝により人を死に至らしめる側面があること、つまり「放射線がもたらす功罪とは何か」という問いに対して科学的・道徳的に正しく理由を説明できる生徒はほとんどいない。そこで、放射線を学ぶ意味と価値を実感できるように、生徒の「問い」と「思考」を連続展開させながら、科学的な探究の学びと道徳的な探究の学びを融合させた指導展開を考案することとした。

(4) 可視性、有用性、探究性の3つの特性から放射線を可視化して科学的・道徳的に探究する生徒を育成すること。

放射線を可視化して科学的・道徳的に探究する指導展開を通して、放射線を学ぶ意味と価値を実感し、獲得した学びを自らの人生に生かし続けることを求める生徒を育成する。そのために、可視性、有用性、探究性という3つの特性から放射線を可視化して科学的・道徳的に探究する生徒を捉えることとした。

- ・可視性：目には見ることができない放射線を写真・モデル・数値等で捉え、実感を伴って放射線を理解できる。
- ・有用性：日常生活や社会生活と関連づけて放射線を学ぶ意味と価値に気づき、能動的に学び続けることができる。
- ・探究性：放射線のよさと課題を科学的・道徳的に理解し、人間としての在り方や生き方と照らし合わせてよりよく生きていくことができる。

2 内容の説明

I クルックス管から発生するX線撮影実験

中学校学習指導要領解説理科編では、第2学年「電流とその利用」において「真空放電と関連づけながら放射線の性質と利用に触れること」が明記されている。教科書のコラムには、ドイツの科学者レントゲンによる放射線の発見が真空放電によるものであることが取り上げられている（写真①）。しかし、真空放電とX線を関連づける具体的指導例は教科書や指導書には一切掲載されていない。そこで、この課題を克服し、目には見ることができない放射線を可視化して捉えることができるように、クルックス管から発生するX線を撮影する実験方法を開発した。



写真①教科書に掲載されている
レントゲンのX線写真

(1) 準備物

鉛（100円ショップで購入した釣り用のおもり）、お菓子作成用抜型（100円ショップで購入）、黒い封筒、チェキフィルム、養生テープ、遮光箱（段ボールで作成）黒い布、クルックス管（ケニス）、誘導コイル（内田製作所 TI-10E）、プリントス（タカラトミー）

(2) 実験準備・方法

- ① 「釣り用のおもり（鉛）」をガスバーナーで溶かして「お菓子製作用抜型」に入れ、撮影用の鉛を作成する。（写真②、③、④、⑤）



写真② 100円ショップで
購入した鉛と抜型



写真③ 鉛を溶かす様子



写真④ 溶かした鉛を抜型
に入れる様子



写真⑤ 撮影用の鉛

- ② 黒い布を被せた遮光箱の中でカセット（10枚のチェキフィルムが入った箱）からチェキフィルムを1枚取り出し、鉛を取り付けた黒い封筒に入れる。（写真⑥、⑦、⑧）



写真⑥ カセットとカセット内のチェキフィルム



写真⑦ 遮光箱と黒い布



写真⑧ 鉛を取り付けた封筒

- ③ 鉛を取り付けたチェキフィルム入りの黒い封筒をクルックス管の投影部に養生テープで貼り付け、クルックス管と誘導コイルを取り付けて、放電する。

（写真⑨、⑩、⑪）

※実験はできる限り放射線被曝を防ぐため、生徒は理科室外の廊下から実験の様子を確認した。



写真⑨ 廊下から実験の様子を確認する生徒



写真⑩ チェキフィルム入りの黒い封筒をクルックス管に貼り付けて放電している様子



写真⑪ チェキフィルム入りの黒い封筒を貼り付けた拡大部

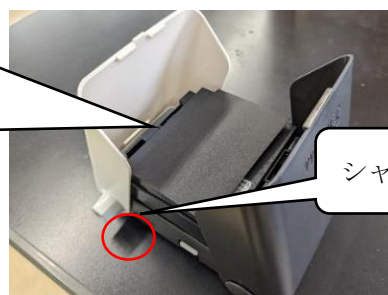
- ④ 遮蔽箱の中で黒い封筒からチェキフィルムを取り出し、カセットの中に入れる。カセットはプリントスに入れて、シャッターを切ることでプリントス内のローラーでチェキフィルムの現像液を均一に拡散する。

（写真⑫、⑬）



写真⑫ プリントス内のフィルムを入れる部分

被写体を写さないようにするためにレンズ部分に黒い画用紙を置く。



シャッター

写真⑬ 使用したプリントス

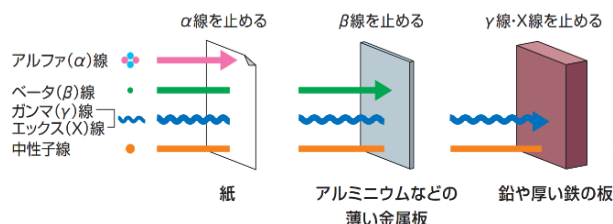
(3) 鉛の形と撮影したチェキフィルム

以下のようにクルックス管に貼り付けた鉛と同じ大きさ・形のものが、明瞭にチェキフィルムで撮影できる。このことから生徒は、クルックス管から発生した X 線を可視化して捉えることができることが分かる。



II 放射線モデルと放射線遮蔽模型

放射線には、 α 線、 β 線、 γ 線、X 線などの種類があり、透過力がある。その性質は遮蔽物の違いから知ることができる。教科書にも放射線の種類と特性は記載がされているが、知識面の理解にとどまり、興味関心をもって理解するには至らない (図①)。そこで目に見ることができない放射線には様々な種類があり、透過力に違いがあることについて実感を伴って理解することができる教具を開発した。その際、100 円ショップ等ですべて購入可能な安価でかつ身近な材料で簡単に作成できる教具にすることを心掛けた。



(1) 準備物

発砲スチロール球、プラスチックボトル、輪ゴム、養生テープ

(2) 作成方法

- ① 直径 1.5 cm、直径 2.5 cm、直径 5.0 cm の発砲ポリスチレン球に色をつけ、放射線モデルを作成する。(写真⑭)
- ② プラスチックボトルを切断したものを 3 つ用意し、それぞれのペットボトルに格子幅 (1.0 cm 間隔、2.0 cm 間隔、3.0 cm 間隔) に合わせて切り込みを入れ、輪ゴムをつける。(写真⑮)

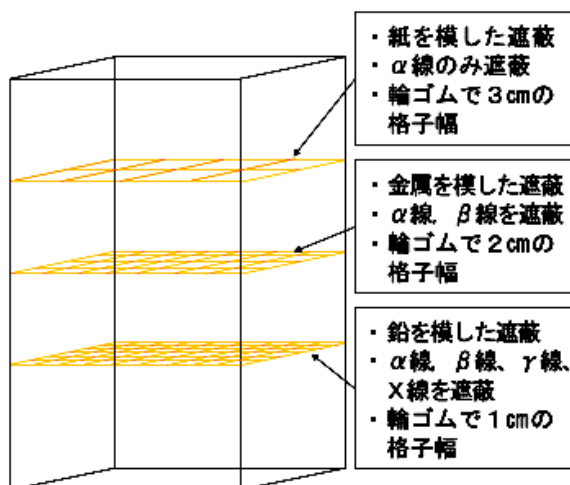


写真⑭ 作成した放射線モデル

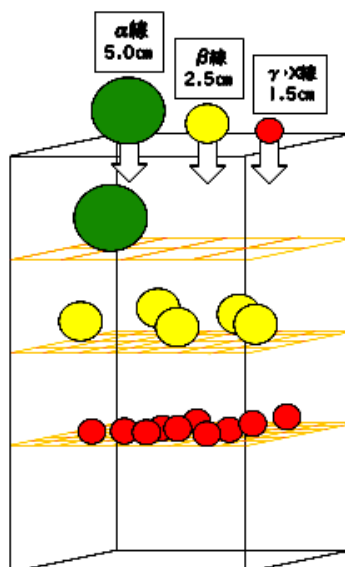


写真⑮ それぞれ格子幅の輪ゴムを取り付けたプラスチック

- ③ 3つのプラスチックボトルを養生テープで貼り付けて組み立て、放射線遮蔽模型を作成する。(図②)
- ④ 放射線モデルを放射線遮蔽模型の上から入れる。(図③、写真⑬)



図② 3つのプラスチックボトルを重ねた放射線遮蔽模型



図③ 遮蔽模型に各種放射線モデルを入れたイメージ図



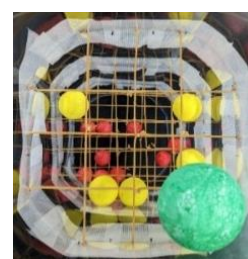
写真⑬ 遮蔽模型に各種放射線を入れた様子

(3) 教具の操作

放射線モデルと放射線遮蔽模型を用いることで、透過力の違いなど放射線の特性について実感を伴って理解することができる。(写真⑭、⑮)



写真⑭ 放射線遮蔽模型に放射線モデルを入れる様子



写真⑮ 上から見た様子

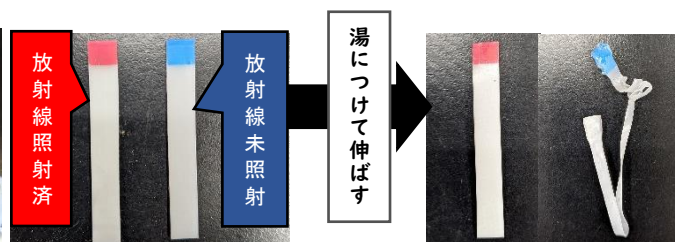
Ⅲ 放射線を可視化するその他の実験

目には見ることができない放射線を数値や物質の形状で捉えることで実感を伴って理解することができるようにするために、放射線測定器、放射線実験樹脂等を用いて放射線を可視化する実験を行った。

実験名	放射線測定器で特性を見る (写真⑯)	放射線実験樹脂で効果を見る (写真⑰)
可視化	放射線の特性を数値で捉える	放射線の効果を物質の形状で捉える
実験方法	(1) 自然放射線や様々な放射線源を放射線測定器で測定する。 (2) 測定器と放射線源との距離を変えて放射線を測定し、放射線源からの距離と放射線の強さとの関係について調べる。 (3) 金属板等の遮蔽材を用いて、測定器と放射線源の間を遮蔽して放射線を測定し、物質による遮蔽力と厚さによる遮蔽力の違いについて調べる。	(1) 放射線未照射樹脂と放射線照射済樹脂を準備する。 (2) 放射線未照射樹脂を 60℃以上のお湯につけ伸ばし、もう一度 60℃以上お湯につけ、時間をおいても変化がないことを確認する。 (3) 放射線照射済樹脂を 60℃以上のお湯につけ伸ばし、もう一度 60℃以上お湯につけるとともに戻すことを確認する。



写真⑯ 放射線源と放射線源を遮蔽した放射線測定



写真⑰ 放射線実験樹脂

Ⅳ 道徳科における放射線教育

生徒の心に響く放射線教育を行うために、道徳科の授業の中で放射線が使い方によっては生命を奪ったり間違った理解で人の心を傷つけたりするという負の側面と放射線が社会を豊かにしているという正の側面の両面を捉えさせ、自己の生き方について考えさせる授業づくりを行った。

主題名	放射線による誹謗中傷（図④）	ふるさと朝倉の誇り「古賀良彦」（図⑤）
教材	「福島県民お断り」A - (5) 真理の探究 (第36回全国中学生人権作文コンテスト作品)	レントゲン胸部間接撮影法で結核撲滅に尽力した医師「古賀良彦」C - (16) 郷土愛（自作教材）
ねらい	放射線に対する差別をなくすには正しい科学的な知識と思いやりの心が大切であることを捉え、真理を探究し続けていこうとする心情を培う。	福岡県朝倉市出身「古賀良彦」の研究が多くの人々の生命を救ったことを誇りに捉え、放射線をこれからも学び続けていこうとする実践意欲を培う。
活動	- 放射線による負のイメージについて身近な例を話し合い、教材を読む。 『「福島県民お断り」と言って差別する人がいるのはなぜか」話し合う。 「差別をなくすために大切なことは何か」話し合い、これからの生き方について考える。	- 放射線が社会を豊かにしている身近な例について話し合い、教材を読む。 「古賀良彦が一生懸命研究を進めたのはなぜか」話し合う。 「古賀良彦のすばらしさ」について話し合い、これからの生き方について考える。

（放射線に対する負のイメージ）

- ・原爆 ヒロシマ ナガサキ
- ・チェルノブイリ原発事故
- ・福島第一原発事故
- ・体に浴びると良くない（健康に悪い）

めあて
 本当のことを大切にしようとする心を膨らませよう。

「福島県民お断り」（人権作文）

人はなぜ差別をするだろうか

- ・自分の気持ちを優先して相手の気持ちを考えていない
- ・先入観にとらわれていて正しい知識をもっていない
- ・情報を鵜呑みにして正しい情報を比べてたり調べたりしない
- ・周りに合わせて流されたりしている（同調圧力）

差別をなくすために大切なことは何だろうか

正しい科学的な知識

思いやりの心

「正しい科学的な知識」と「思いやりの心」は車の両輪。二つともないと前進できない。↓差別を無くせない。

まとめ
 本当のこと（真実）を求めて、自分を見つめながら学び続けていくこと。

前進

福島第一原発の爆発

原子爆弾

爆発した建屋

東日本大震災（2011,3,11）

図④ 主題名「放射線による誹謗中傷」板書

（放射線が社会を豊かにしていること）

- ・医療（レントゲン撮影・がん治療）
- ・品種改良（農業）
- ・新しい薬をつくる
- ・空港検査（壊さず中身が見える）

めあて
 ふるさと朝倉出身「古賀良彦」の人生から自分の生き方について考えよう。

世界で初めてレントゲン胸部間接撮影法で結核撲滅に尽力した朝倉の医師「古賀良彦」が一生懸命研究を続けたのはなぜか。

一人でも多くの人の生命を救いたかったから

結核を地球上からなくしたいと思ったから

自分の研究が世界中に広がれば結核がなくなるから

この当時、結核で苦しんでいる人がたくさんいたから

「古賀良彦」の素晴らしさとは何だろうか。

「放射線は危険だ」という当時の風潮に負けなかった

「多くの人の生命を救いたい」という信念を持ち続けた

成功しても福岡に戻り研究を続けた（久留米大学学長）

朝倉の誇り

多くの命を救う

結実した研究

根気強い研究

古賀良彦

胸部レントゲン撮影

図⑤ 主題名「ふるさと朝倉の誇り『古賀良彦』」板書

V 放射線を可視化して科学的・道徳的に探究する指導展開

「問い」と「思考」を連続展開させながら、放射線を可視化して科学的・道徳的に探究する指導展開を通して、放射線を学ぶ意味と価値を実感し、獲得した学びを自らの人生に生かし続けることを求める生徒を育成できるように、課題把握、課題追究、課題解決の三次構成で生徒自身の主体的な活動が行われるようにする。

次	第一次 (課題把握)	第二次 (課題追究)				第三次 (課題解決)
課題	放射線の「よさ」と「課題」にはどのようなものがあるのだろうか？					
過程	2年理科 クルックス管から発生するX線撮影実験	2年理科 放射線モデルと放射線遮蔽模型実験	2年理科 自然放射線測定、放射線の距離と遮蔽実験	2年道徳科 福島県民お断り(人権作文) A - (5)真理の探究	2年理科 放射線実験樹脂を用いた放射線利用実験	2年道徳科 胸部レントゲン開発者古賀良彦 C - (16)郷土愛
生徒の問いと思考の流れ	放射線とは一体何だろうか？	X線の他に放射線はどんなものがあるのかな？	放射線から身を守るにはどうすればよいかな？	どうして放射線に関わる差別が起こるのかな？	放射線はどんなことに役立っているのかな？	朝倉出身の古賀良彦さんはどんな人なのかな？
	X線の発見から放射線の研究が始まったんだな。	放射線には様々なものがあって性質が違うんだな。	被曝を防ぐには距離や時間、遮蔽物が大切なんだな。	差別をなくすには正しい知識と思いやりの心が大切なんだな。	放射線は様々な分野で私たちの社会を豊かにしているんだな。	誇れる偉人が朝倉にいた。これからも放射線を学び続けたい。
ねらい	放射線を可視化することで実感を伴って課題を把握し、課題解決に向けた見通しをもつことができる。		放射線に関わる様々な実験を基に科学的な探究の学びと道徳的な探究の学びを融合させることで放射線への理解を深め、課題解決に向けて意欲的に追究することができる。			放射線を学ぶ意味と価値を捉え、獲得した学びを自らの人生に生かし続けようとするすることができる。

放射線を可視化して理科教育と道徳教育を融合させた探究活動

3 学習指導における実践事例

I 活動名 「放射線の『よさ』と『課題』について探究しよう」

II ねらい

目には見ることができない放射線を可視化して捉えることで放射線を理解し、放射線がもたらす「よさ」と「課題」を科学的・道徳的に探究して、獲得した学びを自らの人生に生かし続けることができる。

Ⅲ 活動の実際と考察（6時間）

（１）課題把握（１時間）

まず、放射線発見についての歴史的経緯を説明し、「レントゲン博士になって放射線を撮影してみよう」というめあてを設定した。次に、「放射線とは何か」を理解することができるようにするために、クルックス管から発生する放射線（X線）について撮影する実験を行った。生徒は、鉛の形と撮影したチェキフィルムを見比べて



写真⑳ 鉛の形と撮影したチェキフィルムを確認する生徒

「レントゲン写真だ!」と次々に驚きの声を上げていた（写真㉑）。最後に、生徒は「X線の発見から放射線の研究が始まったんだな」という考えをもつことができた。このような活動を通して放射線を可視化することで実感を伴って課題を把握し、課題解決に向けた見通しをもつことができた。

（２）課題追究（４時間）

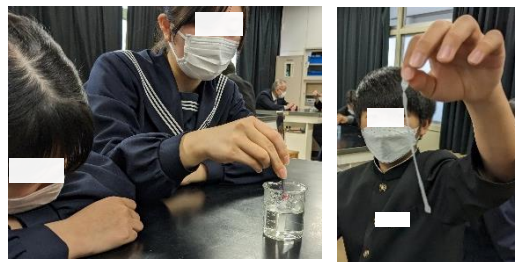
まず、「X線の他にどのような放射線があるのか」を理解することができるようにするために、放射線モデルと放射線遮蔽模型を用いて放射線の種類と性質について考えた（写真㉒）。次に、「放射線から身を守るのはどのようにすればよいのか」を理解することができるように、放射線源と放射線測定装置、鉛などの遮蔽物を用いた実験を行い、放射線の被曝を防ぐには時間と距離、遮蔽物が大切なことに気づいた（写真㉓）。さらに、道徳科の授業において「福島県民お断り（人権作文）」の教材を読み、「どうして放射線についての差別が起こるのか」について考え、差別をなくすには正しい科学的な知識と思いやりの心が大切であることに気づいた。最後に、「放射線がどのように役立っているのか」を理解することができるようにするために、放射線実験樹脂を用いて実験を行い、湯につけて伸ばすと放射線未照射樹脂は元に戻らず放射線照射樹脂は元に戻ることから、放射線は様々な分野で私たちの社会を豊かにしていることについて考えた（写真㉔）。このような活動を通して科学的な探究の学びと道徳的な探究の学びを融合させることで、課題解決に向けて意欲的に追究することができた。



写真㉒ 放射線モデルと遮蔽模型を操作する生徒



写真㉓ 遮蔽物を置いて線量を調べる生徒



写真㉔ 放射線実験樹脂を調べる生徒

（３）課題解決（１時間）

道徳科学習において、まず、放射線が社会を豊かにしていることについて話し合い「福岡県朝倉市出身『古賀良彦』の人生から自分の生き方について考えよう」というめあてを設定した。次に、古賀氏が「世界で初めてレントゲン胸部間接撮影法を開発し研究に励んだのはなぜか」について話し合った。最後に、古賀氏の「放射線を利用して多くの生命を救いたい」という思いに共感し、自らも社会に貢献できる人間になりたいという実践意欲をもてた。このような活動を通して課題を解決し、放射線を学ぶ意味と価値を捉え、獲得した学びを自らの人生に生かし続けようとすることができた。

4 学習指導における教育上の効果

本研究では、可視性、有用性、探究性という三つの特性を基に、放射線を可視化して科学的・道徳的に探究する生徒を捉えていった。

I 可視性について

資料①は「クルックス管から発生するX線撮影実験」を終えての生徒の記述である。クルックス管から発生している放射線を自らの経験と照らし合わせて記述している。また、表①は学習活動において「目に見えない放射線を捉えることができた実感できたか」についてのアンケート結果である。いずれの項目においても実感を伴って放射線を可視化して捉えることができたことが分かる。これらのことから生徒は、目には見ることができない放射線を写真・モデル・数値等で捉え、実感を伴って放射線を理解できていると考える。

実験をしてみて自分もレントゲン博士のような科学者の気持ちになれた。鉛の形がチェキフィルムと同じなのを見て部活で指を骨折した時に撮ったレントゲン写真と同じだったのでびっくりした。レントゲン博士はクルックス管から放射線を発見し、それを未知のもの「X線」と名づけたのは「なるほど」と思った。

資料① 生徒の学習ノート

【目に見えない放射線を捉えることができた実感できたか】				
	とても(%)	やや(%)	あまり(%)	まったく(%)
クルックス管から発生したX線の撮影実験	94	6	0	0
放射線モデルと放射線遮蔽模型を用いた操作	70	24	6	0
放射線測定器による実験	58	24	15	3
放射線照射樹脂による実験	64	30	6	0

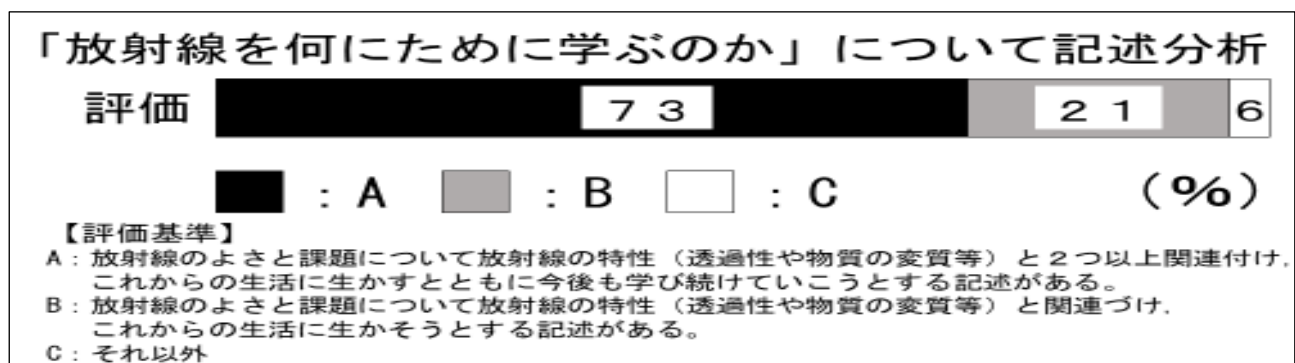
表① アンケート結果(%)

II 有用性について

資料②は、学習活動終了後に「何のために放射線を学ぶかと思うか」についての生徒の記述である。放射線を学ぶ意味と価値について自分の考えを表出することができており、持続可能な社会の担い手として今後も学び続けていこうとしている。図⑥は生徒の文章記述を分析した結果である。約7割の生徒が放射線のよさと課題を2つ以上記述し、これからの生活に生かすとともに今後も学び続けていこうとしている。これらのことから生徒は、日常生活や社会生活と関連づけて放射線を学ぶ意味と価値に気づき、能動的に学び続けていこうとしていると考える。

放射線は空港での荷物検査やがん細胞への放射線治療など、透過性や物質を変質させる性質をもつことが分かった。だけど、戦争で原子爆弾が使われたらたくさんの人が一瞬で亡くなったり、原発事故がもしも起こったら被曝して苦しむ人が出てくる。放射線は社会の役に立つことだけに利用していくべきだ。どのように利用していけば地球はこの先ずっと未来まで存在できるのか。これからも考えていきたい。

資料② 生徒の学習ノート



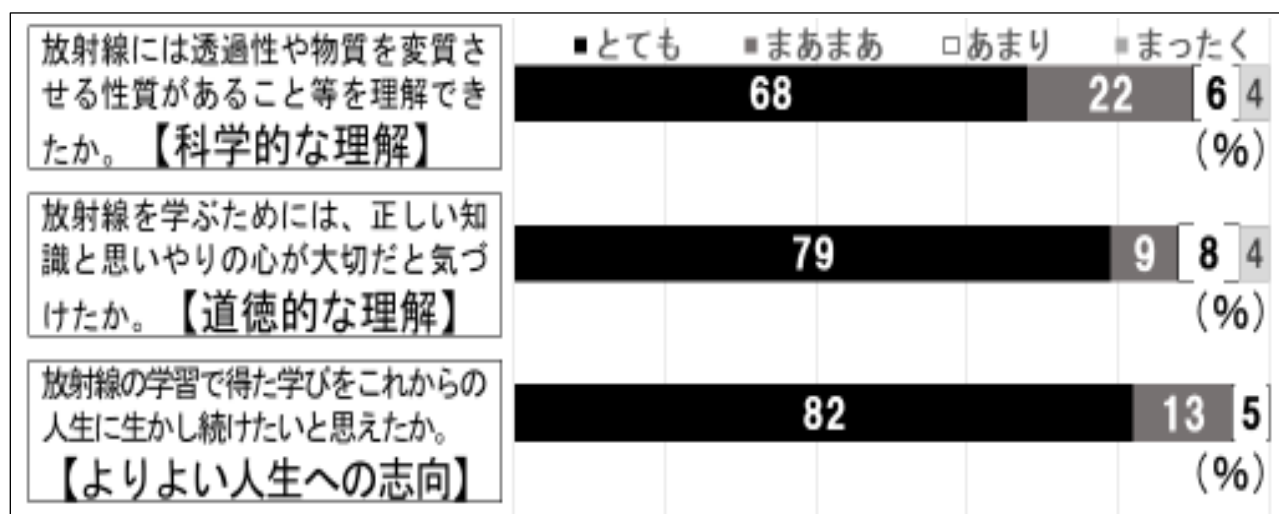
図⑥ 文章記述の分析結果(%)

Ⅲ 探究性について

資料③は学習活動終了後に行った生徒の感想である。放射線に対する正しい科学的な知識と思いやりの心の大切さについて記述しており、科学的・道徳的に放射線を理解してよりよく生きていきたいことが分かる。また、図⑦は学習活動終了後に行ったアンケート結果である。科学的・道徳的な理解の基に、獲得した学びをこれからの人生に生かしていきたいことが分かる。これらのことから生徒は、放射線のよさと課題を科学的・道徳的に理解し、人間としての在り方や生き方と照らし合わせてよりよく生きていこうとしていると考える。

レントゲン検査や農作物の品種改良など放射線は社会を豊かにすることができる。また放射線は社会を豊かにできるけど人を死に追いやる可能性もある。放射線を正しく怖がることが大切だ。そのためにも「正しい知識」と「思いやりの心」が必要だし、この2つがあれば差別のない社会をつくることができると思う。

資料③ 生徒の学習ノート



図⑦ アンケート結果 (%)

<研究の成果（○）と今後の展望（●）>

- 可視性、有用性、探究性という3つの特性を基に、放射線を可視化して科学的・道徳的に探究する指導展開を通して、放射線を学ぶ意味と価値を実感し、獲得した学びを自らの人生に生かし続けることを求める生徒を育成することができることが明らかになった。
- 中学校3年間を見据えた系統的な放射線教育を実践する。