

中学校理科における放射線について正しく理解を深める授業の一考察

～霧箱とドライラボ教材を用いた授業実践を通して～

藤倉 宏丞

菰田 聖一

丸山 千佳子

猿渡 英之

田幡 憲一

Science education program for basic knowledge of radiation in junior high school
FUJIKURA Kosuke KOMODA Seiichi MARUYAMA Chikako SAWATARI Hideyuki TABATA Kenichi

概要

中学校理科における放射線に関する教材開発し、指導方法の検討を行った。放射線は目に見えず、福島第一原子力発電所事故や原子爆弾などメディアを通じた印象によって不安感や恐怖心を持っている人は少なくない。そのような中で人々が放射線に対して不信感を持っていることを考慮して CR-39 プレートという固体飛跡検出器を用いた放射線源を直接用いることなく、放射線について実感を持って理解するためのドライラボ教材の作成を行った。また、中学校で放射線について理解を深め、放射線と私たちの向き合い方を考えさせる指導方法を検討し、授業実践を行った。

Key words : 放射線教育 放射線 実験教材 中学校理科 理科教育

I はじめに

2008 年告示の中学校理科学習指導要領に放射線についての記載が加わり、1969 年告示の学習指導要領から 40 年ぶりに復活した。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では、学校教育での放射線教育は非常に重要な事項である。また、福島第一原子力発電所事故後から教科書でも放射線に関する基本的な性質や放射線の外部被ばくなど放射線から身を守る方法がより詳しく記載されるようになった。放射線は目に見えず線量が大きくなると被ばくによって私たちの健康に影響を与えてしまうリスクがある。しかし、自然放射線として私たちの身の回りにあるだけでなく原子力発電や医療・農業・工業分野で広く応用されており、私たちの生活に密接に関わっていることから私たちは放射線と向き合っていく必要がある。そのような中で、生徒が安全に実感を持ちながら放射線に関する理解を深め、放射線や原子力発電について自らの見解を見いだすことのできる教材を作成し、指導方法を考え

ることが必要であると考えた。基本的な考えとしては生徒に放射線から自身の身を守るために放射線量の高い場所からなるべく離れること、放射線源をできるだけ厚いもので遮蔽をすること、放射線を受ける時間を少なくすることを学び、放射線への対応を自己決定できるようにすることが求められる。

本研究では中学校理科において生徒が安心感を持ちながら放射線について学び、放射線と向き合うことのできる教材及び教育方法を検討する。

II 学校教育における放射線教育の位置付け

1 学習指導要領での扱い

放射線に関しては、理科、技術、社会など複数の教科で教科横断的に取り扱うこととなっている。本研究では、授業実践に向けた教育方法を検討し、生徒が放射線に関して主体的に思考し、判断できる資質能力を育成することを目指した。今回は平成 29 年告示中学校学習指導要領や解説を基に各教科と放射線に関する事項との関連について調べた。

理科において第一分野(7) 科学技術と人間 ア エネルギー (イ)「エネルギー資源」について「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」とされている。

技術・家庭科の技術分野において「C エネルギー変換の技術」(1) 生活や社会を支えるエネルギー変換の技術 イ「技術に込められた問題解決の工夫について考える」において「取り上げた技術が、どのような条件の下で、どのように生活や社会における問題を解決しているのかを読み取ることで、エネルギーの変換や伝達等に関わる技術が、社会からの要求、生産から使用・廃棄までの安全性、出力、変換の効率、環境への負荷や省エネルギー、経済性などに着目し、電気、運動、熱及び流体の特性等にも配慮して、最適化されてきたことに気付かせることができるようにする。」とある。また、「原理・法則の指導に当たっては、理科におけるエネルギー、電気、磁気、圧力、運動など、関係する指導内容を確認した上で、連携が図れるよう配慮する。」とある。エネルギー変換の技術について様々な配慮があることを気付かせるために他教科と連携しながら様々な視点から技術について考えることが求められると捉えた。

社会科の公民分野においては「D 私たちと国際社会の諸課題」(1) 世界平和と人類の福祉の増大 ア (イ)「地球環境、資源・エネルギー、貧困などの課題の解決のために経済的、技術的な協力などが大切であることを理解すること」内容の取り扱いについて「核兵器などの脅威に触れ、戦争を防止し、世界平和を確立するための熱意と協力の態度を育成するように配慮すること」となっている。また、学習指導要領解説において同項目で「資源・エネルギーに関わっては、有限である資源・エネルギーが不足してきていること、一層の省資源、省エネルギー及びリサイクルなどの必要性が求められていること、新しい資源・エネルギーの開発やその利用が必要であること」とある。核兵器や原子力発電などの放射線に関わる事項について触れ、

持続可能な社会を構築する資質や能力を生徒に身に付けさせることができると捉えた。

学校教育において放射線を取り扱う際、各教科の特色を生かしてお互いに関連させながら学習することで授業時数を圧迫することなく行うことができるだけでなく各教科の内容がつながり学習内容の深化につながると思う。その中で中学校理科では放射線の性質や種類、放射線の身体への影響などを理解することが重要であると思う。

2 中学校理科における放射線教育

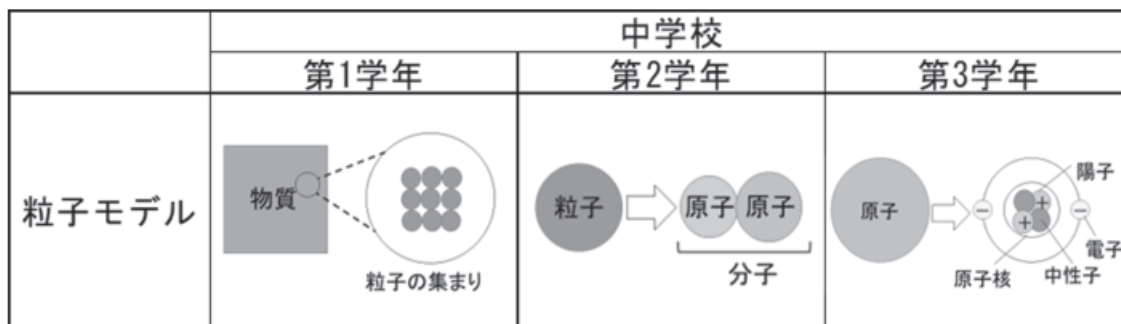
中学校理科における放射線の学習内容を教科書で見ると東京書籍「新編 新しい科学 3」の最後の単元である「単元 5 地球と私たちの未来のために」にて放射線の性質と利用について学習することとなっている。学習事項として主に四つに分けることができる。

一つは放射線に関する基本的な用語の定義や違いについての事項である。放射線、放射能、放射性物質などの放射線に関する用語は混同しやすく、日常生活でも間違った使われ方をされていることが見られる。このように言葉の定義を明確にすることが求められる。

次に放射線の種類についてである。放射線は大きく分けて、原子核から出る粒子(α 線、 β 線、中性子線など)と、電磁波(X線、 γ 線など)とがある。放射線の種類について学習するためには第一分野の化学領域の粒子に関する事項との系統性が重要である。

東京書籍「新編 新しい科学」を基に中学校第1~3学年の粒子の捉え方を表1に示した。小学校から中学校第1学年において身の回りの物質を重さのある粒子の集まりとして捉えて学習している。物質が水に溶ける様子を粒子の広がりで考えたり、物質の状態変化を粒子との熱エネルギーの関係から考えたりしている。中学校第2学年において物質を細分化していくとそれ以上分割できない最小の粒子、原子になること、すべての物質は原子や分子でできていることを学ぶ。原子は化学変化によってそれ以上できず、種類によって質

表1 中学校における粒子モデルのイメージ



量や大きさが決まっていること、原子は化学変化によって他の種類の原子になったり、消滅したりしないことを学習する。また、電気の単元において電子の存在を学習する。中学校第3学年において原子は原子核と電子からできていること、原子核は原子の中心であり、陽子と中性子でできていることを学び、原子内の構造やイオンの存在を学ぶ。第2学年から第3学年にかけて粒子概念はよりミクロに且つ今までの原子の概念を覆し新しい概念形成をするため大きな飛躍がある。そこで第2学年の早い段階から放射線の学習を通して原子の構造について触れておくことで第3学年への系統性を持たせることができると考える。

三つ目に放射線の性質とその利用についての学習である放射線の透過性や物質の結合を切断させ変質させる性質について学習する。そして、現代社会で放射線の性質を利用している技術に触れながら放射線利用と私たちの生活との関連を学習する。

最後に放射線の人体への影響である。放射線にさら

されると細胞が死滅したり、DNAが損傷したりする。放射線の人体への影響について Sv (シーベルト) や Sv/h 等の単位を用いて量的に理解することで日常生活において受けている放射線量を把握する。その際、文部科学省 (2018) が作成した「中学生・高校生のための放射線副読本」にあるように放射線から身を守る方法についても学習し私たちの被ばくを防ぐための具体的な行動について学習する必要があると考える。

福島県教育委員会が作成した平成30年度ふくしま放射線教育・防災教育実践事例集 (2019) によると中学校理科における放射線教育は中学校3年間のカリキュラムの単元の中に分散させ指導を行うことで学習内容の深化を図れることが示唆されている。

以上のことから中学校理科の各単元と放射線に関する事項と関連させて指導を行うために単元内での放射線教育との関連を洗い出し中学校理科における放射線教育の体系化を図った (表2)。

表2 中学校理科の単元における放射線との関連 (岡村定矩ら (2015) 「新編 新しい科学 1~3」を基に作成)

中学校理科		
第1学年	第2学年	第3学年
第二分野 地学分野 (大地) 単元: 大地の変化 第1章: 火を噴く大地 火山の活動によってつくられた岩石に含まれる放射線の性質や、身の回りにある自然放射線について理解する。	第一分野 化学分野 (物質の変化) 単元: 化学変化と原子・分子 第5章: 化学変化とその利用 放射線の作用について理解する。放射線の単位等の理解を深める。放射線の人体への影響や健康への影響を理解する。	第一分野 化学分野 (物質の構成) 単元: 化学変化とイオン 第1章: 水溶液とイオン 原子構造を基に放射性同位体について理解する。 第一分野 物理分野 (エネルギーの利用) 単元: 科学技術と人間 3 放射線の性質と利用 放射線が様々な分野で利用されていることを調べ、放射線のリスクと利点を理解し、放射線の正しい利用方法を考える。

Ⅲ 実践に向けた教材の検討

1 CR-39 を用いたドライラボ教材

これまでの放射線教育に関する先行研究や菰田聖一（2017）の研究を基に、CR-39 による放射線の飛跡の観察実験及び文献調査を行い、より科学的に正確な実験系を検討した。

放射線の外部被ばくから身を守る方法として放射線外部被ばく低減三原則「距離（放射性物質とできるだけ距離をとる）」、「遮蔽（放射性物質との間に遮蔽物）」、「時間（線量が高いところに長く留まらない）」が知られている。今回、CR-39 を用いた写真教材を作成することで、放射線の外部被ばく低減3原則を生徒自身が見いだすことのできる教材を検討した。

(1) CR-39 について

CR-39 とは固体飛跡検出器の一つであり、フクビ化学工業株式会社から BARYOTRAK という製品名で、販売されている。CR-39 はプラスチックの一種で、ジエチレングリコール・ビス・アリルカーボネイト (C₁₂H₁₈O₇) の液体モノマーを重合させたもので無色透明のものである（金崎真聡, 2012）。

CR-39 プラスチックは α 線などの荷電粒子に対して高い感度を示し、放射線による損傷の観察が容易である。CR-39 を荷電粒子が通過すると、化学結合が切断され、イオンの飛跡に沿って潜在飛跡と呼ばれるナノスケールの損傷が生じる。放射線が入射した際に形成される潜在飛跡の大きさは、数 nm から数十 nm である。この潜在飛跡ができた CR-39 を、強アルカリ溶液でエッチング処理を施すことにより傷が拡大し、光学顕微鏡で飛跡として観測を行うことができる（金崎真聡, 2012）。CR-39 の構造式を図 1 に示す。中央のエーテル結合、その両側に二つのエステル結合が存在する。これらの官能基は、放射線の感受性が高いとされており、これらの結合が切断されることで放射線（α 線）

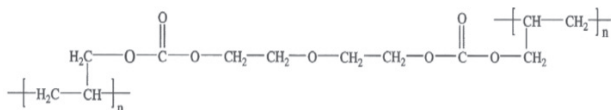


図 1 CR-39 の構造式

((金崎真聡, 2012) を基に作成)

の飛跡を傷として観察することができる（小平聡, 2012）。

(2) 写真教材の作成方法

本実験では CR-39 に放射線源である直径約 2mm モナズ石 1 個を曝露した。CR-39 上に画びょうで放射線源を置く場所に印を入れ、印の上に放射線源の中心を接するように固定した。CR-39 に放射線源を曝露する（曝す）ことのできた傷を 75℃ に熱した 7.5 M 水酸化ナトリウム水溶液に 5 時間浸すことで大きくした。その後、カメラ付き顕微鏡を用いて拡大画面の中心と印を合わせて放射線源を置いた中心が撮影画面の中心に合わせて撮影する（図 2）。カメラ付き顕微鏡の 10 倍対物レンズを用いて、CR-39 の縦約 0.9 mm、横約 1.4 mm の範囲を撮影し解析を行う。解析は撮影した写真画像を印刷して放射線によってできた CR-39 上の飛跡を計数することによって放射線量を推定した。

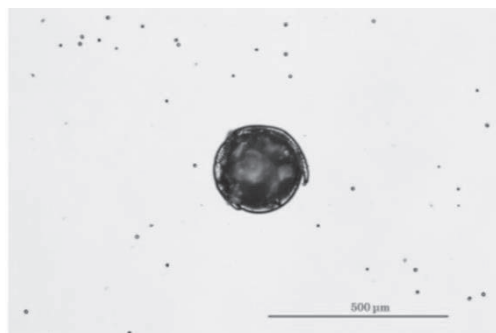


図 2 モナズ石を 2 時間曝露した CR-39 の写真資料
小さな黒点は飛跡であり、中央の黒丸は線源の位置を決めるための印である

CR-39 とモナズ石の距離（実験①）、CR-39 とモナズ石の間の遮蔽物の厚さ（実験②）CR-39 にモナズ石を曝露する時間（実験③）の 3 つの条件を変えて実験を行った。

それぞれの実験条件に関して表 3 に示した。実験①に関しては厚さ 3 mm の発泡スチロールの板を 1~3 枚重ねて距離を離れた（図 3）。実験③に関してティッシ

表 3 CR-39 にモナズ石を曝露する各条件

	実験①(距離)	実験②(遮蔽)	実験③(時間)
曝露時間/h	2	2	0, 1, 2, 3
遮蔽物/枚	0(なし)	0, 1, 2, 3	0(なし)
距離/mm	0, 3, 6, 9	0(密着)	0(密着)

スーパー（カミ商事株式会社製「エルモア」）を2枚1組で1枚として1~3枚重ねていくことで遮蔽物の厚さを厚くした（図4）。

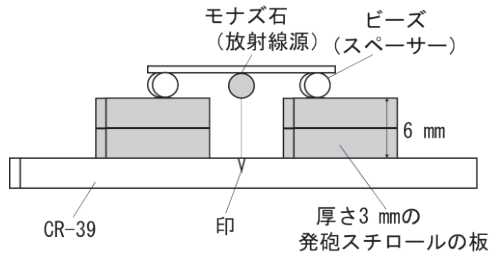


図3 実験①の様子（距離6mm）

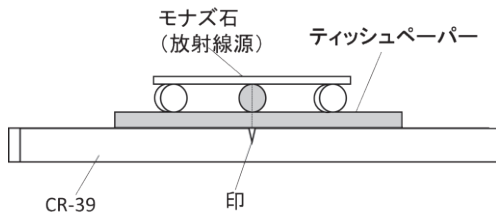


図4 実験②の様子（ティッシュペーパー1枚）

結果を図5~7に示した。各点に付した誤差範囲は $\pm\sqrt{\text{飛跡の数}}$ である。放射線源から距離を離すことによって飛跡の数が減少した（図5）。ティッシュペーパーの枚数（遮蔽物の厚さ）を増やすことによって飛跡の数が減少した（図6）。放射線源に曝露する時間が増えることで飛跡の数が増えた（図7）。このことから、撮影した写真資料を教材として用いて放射線飛跡の計数と実験結果の解析させることで生徒に放射線源を直接近づけずに放射線外部被ばく低減三原則について実感を持って学ぶことができるドライラボ教材として用いることができると考えた。

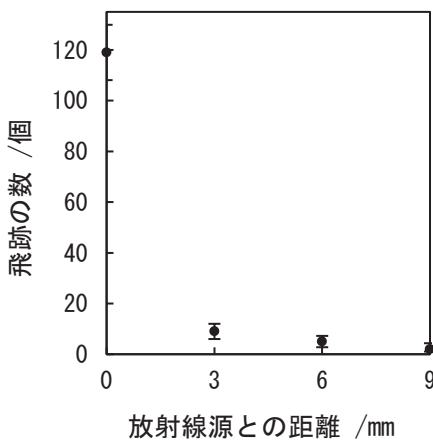


図5 実験①（距離）の実験結果

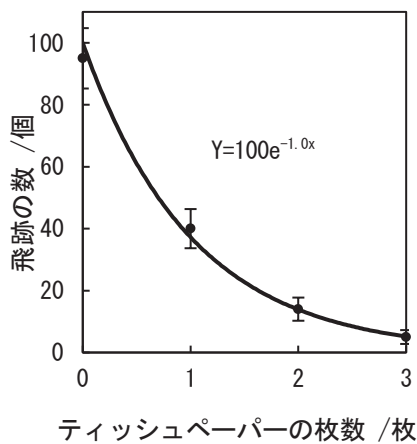


図6 実験②（遮蔽）の実験結果

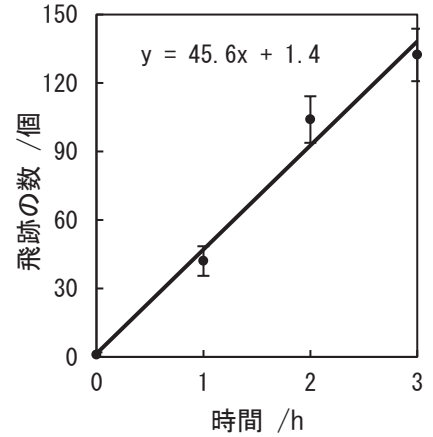


図7 実験③（時間）の実験結果

実験①について距離を離したことで空気層による遮蔽効果の影響が考えられるため室温でアスピレーターを用いて2kPa以下に減圧した状態で検討を行った。表4から減圧下でも大きく差がないため本実験においては空気層による遮蔽効果は大きくないと判断した。

表4 実験①における各条件下での実験結果

距離 / mm	0	3	6	9	
飛跡の数 / 個	大気中	119	9	5	3
	減圧下	91	9	2	1

2 霧箱を用いた自然放射線の観察実験

(1) 霧箱とは

霧箱は水蒸気の凝結作用を使って放射線（ α 線、 β 線）の飛跡を可視化できる装置である（図8）。容器の底と側面を沸点の低いエタノールで浸すことによってエタノールの気体で容器内を充満させる。そして容器の底を急激に冷やすことによって過飽和の状態を作る。この過飽和状態の霧箱内を放射線が通過すること

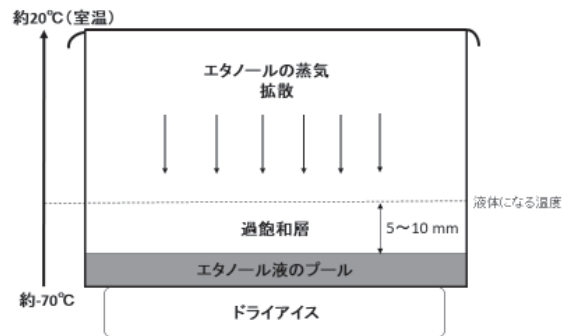


図8 霧箱の構造

（大野新一（2006）を基に作成）

とによってエタノールが凝結して飛行機雲のように飛跡として現れる。この状態でLEDなどの光源で霧箱内を照らすことで放射線の飛跡を可視化することができる。これを「放射線の飛跡」と呼んでいる。霧箱は放射線教育の教材として広く用いられている。

(2) クリアファイル霧箱の検討

クリアファイル霧箱は林熙崇(2015)による高感度霧箱をもとに考案された霧箱で、山本海行と小林真理子(2016)によって考案された。文房具として用いられるクリアファイルなど100円均一の小売店で手に入るもので作ることができ、短時間で作成することができる(図9)。また、高感度なので、放射線源を用意しなくても放射線の飛跡を観察することができる。以上のことから生徒に私たちと放射線が共存している事を実感させるために有効な教材であると言える。

クリアファイル霧箱を用いて放射線源を置かずに空気中の放射線の観察を行った。名古屋大学理学研究科基本粒子研究室 Web サイトの林式高感度霧箱に関する記述では「曲がって進む飛跡がβ線の飛跡である。宇宙線は細長くまっすぐに伸びた飛跡である。」「数分間に1回くらいの割合で数cmの長さの真っすぐな濃い飛跡が見えることがある。これはα線の飛跡である。」とされている。今回作製したクリアファイル霧箱でも、曲がった飛跡、短い直線の飛跡、長い直線の飛跡を観察することができた。しかし、過飽和層ができるまで時間がかかることが懸念されたため実践に向けてクリアホルダー霧箱の内側上部にフェルト生地を付けることによってエタノールが気化し、過飽和層ができやすいように工夫を行った。



図9 クリアファイル霧箱

IV 中学校第2学年での授業実践

1 放射線に対する意識調査

(1) 調査対象

中学校第2学年(4学級 計155名)

(2) 調査時期

2019年11月下旬

(3) 調査内容

放射線に関する授業実践を行うにあたり、生徒が放射線に対してどのような意識・知識を持っているか、アンケート調査を行った(有効回答者117名)。調査項目については資料1のとおりである。

(4) 調査結果・考察

調査結果については図10のとおりである。放射線という言葉は全生徒が聞いたことがあり、福島第一原子力発電所事故や放射線治療などで聞いている。放射線に対してのイメージについては「良くない」「どちらとも言えない」という回答が多かった。放射線について「良くない」イメージを持つ理由として「福島第一原子力発電所事故について報道で見て危険だと思ったから」や「私たちの身体に悪そうだから」など福島第一原子力発電所事故の報道から漠然と「危険」や「怖い」というイメージを持っている生徒が多く見られた。放射線のイメージについて「どちらでもない」と回答した理由として放射線のリスクとメリットの両方を挙げた生徒も見られた。しかし、具体的にどのような

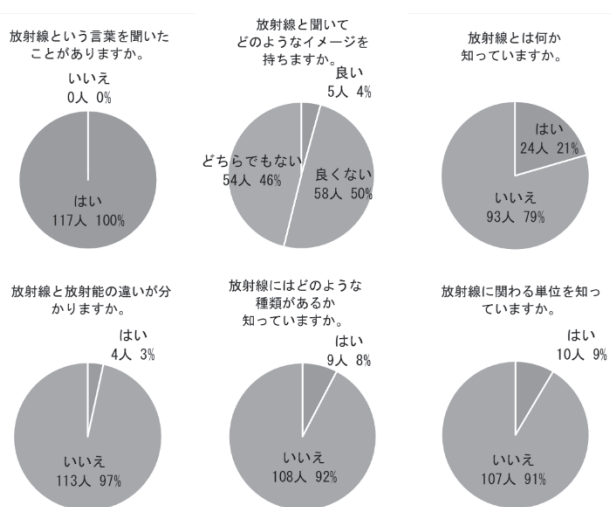


図10 事前調査の結果(有効回答者数117名)

危険があるか、どのような活用がされているか捉えている生徒はいなかった。また、「放射線についてよく分からないから」など放射線という言葉は聞いたことがあるがよく理解していない生徒も見られた。放射線に関する知識を問う問題でも約9割の生徒が放射線に関する知識が未獲得である。以上のことから生徒の実態として放射線に対しては漠然と恐怖心や不安感をもっており、正確な知識を持ち合わせていないことが分かる。

このような実態から、放射線に関する基本的な知識を習得させることで放射線に対して科学的根拠や明確な基準を基に行動する重要性に気付かせる指導を行う。また、放射線が私たちの生活に役立っている例を示すことで、放射線のメリットとリスクの両面があることに気付かせ、放射線と私たちとの関わり方について自分の考えを持つことができるような指導を目指す。

2 実践の実際

2019年12月、放射線の性質と利用に関する単元を作成し、授業実践を行った。実態を踏まえて中学校第2学年で放射線に関する指導を完結させるために合計3時間分計画、実施した(表5)。

3 実践の成果とまとめ

(1) 実践結果

1 時間目

ワークシートの記述から放射線とは何か(性質や種類など)本時で学んだ事を用いながら自分の言葉で説明する姿が見られた(表6)。

自然放射線の飛跡の観察実験において霧箱内に飛跡が現れることに生徒も興味を持ち自然放射線の存在を実感することができたと考える(表6)。実際に自然放射線の飛跡を観察することができた実験班もあったが、飛跡を観察できなかった班やどれが飛跡なのか分からない班には予備実験で撮影した霧箱内の動画を個別で見せることで放射線の飛跡がどのように見えるかを示すことで放射線が自然界に共存していることを認識させることができた。放射線の飛跡を観察できなかった原因として過飽和層ができるまで十分な時間が足りなかったことや霧箱の下部のエタノール溶液のプールにLEDが反射してしまい観察を妨げたことが考えられる。霧箱の側面に穴をあけてLEDを側面から照射することができればより放射線飛跡を観察することができる。また、実践において生徒が飛跡を観察することはできたが線種の判別は難しく、授業では特に言及しなかった。事前に観察時の視点を明確に示すことが必要であると考え。

表6 1時間目での生徒の記述

		記述
放射線とは何か	①	物体を通り抜け、原子の結びつきを切断する性質があり、原子から出るエネルギーを持った粒子や電磁波のこと。放射線は危険な実験室だけではなく自然にも存在している。
	②	放射線は原子から出る粒子や電磁波の総称で、放射線を出す物質を放射性物質、放射線を出す能力を放射能という。放射線は物質を通り抜ける性質があり、レントゲンなどに使われている。また、原子の結びつきを切断する性質がある。
授業の感想		放射線はよく聞くことばだけれど、放射線に関しては知っている事がほぼなかった。この授業で、放射線の性質などについてだいたい知ることができた。(放射線の)飛跡を観察できるなんておもしろかった。

表5 授業実践の単元計画

時間	主な学習活動	本時での目標
1	放射線に対するイメージや利用例を考え、放射線の学習へ興味・関心を持つ。放射線の定義、放射線と放射能の違いを学習した後、クリアファイル霧箱を用いて自然放射線、放射線の種類とその性質について体験的に学ぶ。	<ul style="list-style-type: none"> 放射線の種類や性質などの基本的な知識を理解する。 霧箱によって自然放射線の飛跡を観察して放射線が我々と共存していることを理解する。
2	放射線に関わる単位について学習する。放射線の身体への健康への影響を量的に把握する。CR-39の実験結果を考察することで外部被ばくの低減三原則について体験的に学ぶ。	<ul style="list-style-type: none"> 放射線の人体への影響を量的に理解する。 実験結果を基に放射線から身を守る方法を考察する。
3	放射線の有用性について把握した上で既習事項を用いて放射線の光と闇について理解する。そして今後、放射線とどのように向き合っていくべきか考える。	<ul style="list-style-type: none"> 放射線と私たちの生活との関わりについて理解する。 放射線と私たちの関わり方について考え、自分の考えを持つ。

2 時間目

人体への影響ということで生徒も自分事としてとらえやすく興味を持ちながら授業に臨む姿勢が見られた。放射線の人体の影響について量的に理解する活動について、初めて扱う単位 Sv に対して、視覚的に理解できる距離の単位 m (メートル) などとは異なり直感的にイメージできず最初は戸惑いを感じていた。しかし、自然放射線として日ごろ浴びている線量やレントゲン検査・CT スキャンなど医療現場での人口放射線の線量、広島や長崎での被ばくを想起させ大量の放射線量を一度に浴びたときの人体への影響を説明することで放射線量とその人体への影響に関する理解につながったと考える。

CR-39 を用いた実験結果の解析は、計数の仕方について例を示して説明することで生徒が正確に写真教材の解析を行うことができた (表 7)。さらに、実験結果を解析し考察するだけでなく、外部被ばくを防ぐため具体的な行動についての記述も見られた (表 8①)。しかし、遮蔽物がティッシュであったことから服を厚着することで放射線の外部被ばくを防ぐことができると誤った考えにつながった生徒が多くおり (表 8②)、解析後に強い線量や透過性の高い放射線に関しては密度の高い鉛などで遮蔽する必要があると訂正が必要だった。

表 7 生徒の記述「実験結果から分かったこと」

記述	
実験	A 距離が大きくなると傷の数が減少した
	B (遮蔽物の) 厚さを厚くすると傷の数が減少した
	C (曝露する) 時間が長くなると傷の数が増えた

表 8 生徒の記述「放射線から身を守る方法」

記述	
①	(線量が高い場所に) できるだけ長い時間居ないようにして遠い場所に逃げ、壁が分厚い建物に移動する。
②	<ul style="list-style-type: none"> ・なるべく外にでなくて放射線にあたる時間を減らす ・放射線事故の現場からできるだけ離れる ・服を厚着するなどして、接する面積を減らす

3 時間目

今までの学習を利用して放射線の利点と危険性を理解し、自身の言葉でまとめていた。放射線の危険性

に対しての対処法についても具体的にまとめており、放射線のメリットとリスクの両面に気付く姿が見られた (表 9)。また、生徒が放射線の有用性と危険性の両面を理解した上で放射線とどのように関わっていくか自分の考えをもっている姿が見られた (表 10)。

本時の内容は技術科でも取り扱える内容であるため、教科間で連携することでより、学習内容を深化できると考える。

表 9 生徒の記述「放射線の利点と危険性」

記述	
放射線の利点	<ul style="list-style-type: none"> ・人の生活を豊かに ・(原子力発電) 何も異常がなければ環境にも優しい ・医療、農業、工業分野での活用
放射線の危険性 (危険性への対処法)	大量の放射線被ばくをうけることでがんのリスクが高まったり最悪の場合、死んでしまったりする →放射線外部被ばく低減三原則を守る

表 10 生徒の記述「放射線との関わり方」

記述	
①	危険なものという考え方をもちつつも私たちの生活の中では必要であるというどちらの方向からも見ていくことが大切だと思いました。放射線について適切な知識を持って関わっていけば良いと思いました。
②	放射線と聞いてただ危ない、危険だと思うのではなく、確かに危ないけれども私たちの生活を豊かにするためには欠かせない存在であって正しい理解をした上で正しく判断して関わっていくべきだと思います。

(2) 事後調査の結果

授業実践後に事前に行った意識調査と同じ内容の調査を生徒に行った。事後での放射線についての調査の結果を図 11 に示す。放射線に関する知識を問う質問について「はい」と回答する生徒が大幅に増加し、自由記述欄においても授業内で取り上げた事を用いて回答をしていた。このことから生徒が放射線に関する知識を獲得することができたと考えられる。また、放射線に関するイメージについて、「どちらとも言えない」と回答する生徒が 33.3 ポイント増加した。放射線のイメージについての事前調査と事後調査の変化について表 11 に示した。放射線のイメージについて実践前に良くないイメージを持っていた生徒が放射線のメリットとリスクに気付くことができたと考えられる。また、アンケート内の自由記述について同一生

徒に注目すると、イメージに対して具体的な根拠を持って回答していた（表 12, 13）。

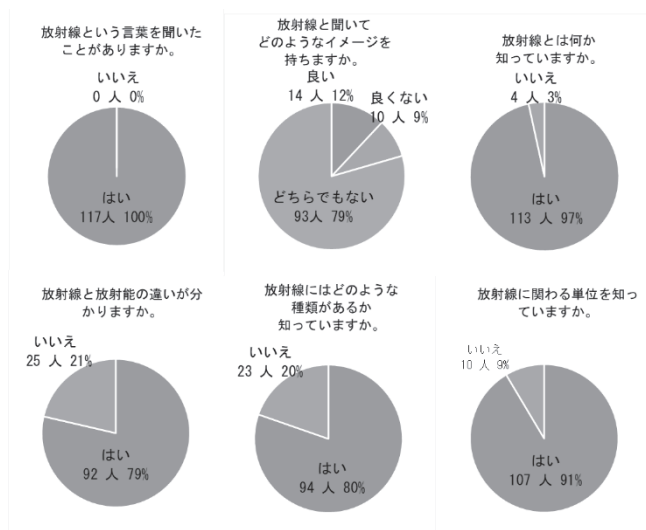


図 11 事後調査の結果（有効回答者数 117 名）

表 11 放射線に対するイメージの変化

人	事後			合計	
	良い	あまり良くない	どちらとも言えない		
事前	良い	2	0	3	5
	あまり良くない	6	9	43	58
	どちらとも言えない	6	1	47	54
合計	14	10	93	117	

表 12 生徒 A の放射線へのイメージに対する変容

	放射線へのイメージ	記述
事前	どちらとも言えない	聞いたことはあるけどよく分からない。
事後	どちらとも言えない	様々な場面で生活を豊かにしてくれるが、危険性も伴うから。

表 13 生徒 B の放射線へのイメージに対する変容

	放射線へのイメージ	記述
事前	良くない	福島原発事故などのニュースで良くない印象がある。甲状腺がんにつながるなどの話を聞いたことがあるから。
事後	どちらとも言えない	授業で習ったように様々な利点がある一方で被ばくなどの害もあるから。

(3) 実践の成果と課題

アンケート調査と生徒の記述から、生徒に放射線に関する基本的な知識を習得させ、放射線に対して科学的根拠や明確な基準や根拠を基に行動する重要性に気付かせる指導することができたと考え。また、放射線が私たちの生活の役に立っている例を示すことで放射線の有用性と危険性の両面があることに気付

かせ、放射線と私たちとの関わり方について自分の考えを持てるように指導ができたと考え。本実践では中学校第 2 学年での実践に絞ったが、今後中学校 3 年間で体系的に放射線に関する実践を行っていきたい。

クリアファイル霧箱や、CR-39 を用いた写真教材には、放射線源を直接近づけずに生徒に実感を持たせながら放射線の存在や性質について理解させる効果があった。クリアファイル霧箱はエタノールの水面に光が反射してしまうため、光の当て方を工夫するなど、自然放射線の飛跡がより見えやすいように工夫する余地がある。また、今回はドライアイスを用いたが、より身近なものを利用した寒材を用いることでより工夫の余地がある。CR-39 を用いた写真教材においても遮蔽物を様々な素材を用いて実験を行ったり放射線源を変えて実験を行ったりすることでより科学的に探究できる展望があると考え。

V おわりに

本研究において中学校理科における放射線の性質と利用について生徒が実感を持って放射線について正しく理解できる実践を行った。放射線に関わらず理科において物事を科学的に理解することは非常に重要である。日本では 2 度の原子爆弾投下やビキニ環礁での水爆実験に巻き込まれた第五福竜丸の事件などの放射線に関する事件を経験している。また、福島第一原子力発電所事故、東海村 JCO 臨界事故、放射線に関する事故も起きている。世界的にもスリーマイル島による原発事故、チェルノブイリ原発事故など放射線の被害は私たちの日常生活の中で突然起こりうる。だからこそ私たちは放射線について十分に理解し、放射線から身を守る方法について自己決定できるようになることが重要であると考え。その中で放射線と私たちの関わり方について根拠をもって自身の考えを持つことが非常に重要であると考え。

VI 謝辞

本研究にご協力していただいた仙台市内中学校の

皆様に深謝いたします。

Ⅶ 引用・参考文献

- ・大野新一(2006)「霧箱による α 線飛跡観察からわかること」, 放射線教育, 第10巻第1号, pp. 15-22.
- ・岡本定矩ら(2015)「新編 新しい科学」, 東京書籍.
- ・小平聡, 山内知也(2012)「固体飛跡検出器 CR-39 における重イオン飛跡生成メカニズム研究の現状」, 放射線化学, 第94号, pp. 27-40.
- ・金崎真聡, 福田祐仁, 榊泰直, 西内満美子, 近藤公伯, 倉島俊, 神谷富裕, 服部篤人, 小田啓二, 山内知也(2012)「イオンビーム特性評価を目的とした固体飛跡検出器 CR-39 の利用」, J. Plasma Fusion Res., Vol. 88-5, pp. 261-275.
- ・鎌田 正裕(2011)「新学習指導要領の概要」, 日本放射線安全管理学会誌, Vol. 10, pp. 146-48.
- ・菰田聖一(2017)「放射線教育に関する実験教材の作成と授業実践」, 教職大学院 教材ミュージアム, pp. 133-142.
- ・名古屋大学理学研究科基本粒子研究室「宇宙線が見える? 超簡単・林式高感度ペットボトル霧箱を作って宇宙線を観察しよう(霧箱・入門編)」, 名古屋大学理学研究科基本粒子研究室, https://flab.phys.nagoya-u.ac.jp/2011/ippan/hcloudchamber/hcloudchamber_202012_1.pdf(最終確認日 2020.03.01).
- ・林熙崇(2015)「宇宙線が見える超簡単・林式ペットボトル霧箱(小・中学生向け)」名古屋大学理学研究科基本粒子研究室, <https://flab.phys.nagoya-u.ac.jp/2011/ippan/cloudchamber>(最終確認日 2020.02.10).
- ・福島県教育委員会(2016)「ふくしま 放射線教育・防災教育指導資料(活用版)」.
- ・文部科学省(2017)「中学校学習指導要領(平成29年告示)」, 大日本図書.
- ・文部科学省(2017)「中学校学習指導要領解説(平成29年告示) 技術・家庭編」, 大日本図書.
- ・文部科学省(2017)「中学校学習指導要領解説(平成29年告示) 社会科編」, 大日本図書.
- ・文部科学省(2017)「中学校学習指導要領解説(平成29年告示) 理科編」, 大日本図書.
- ・文部科学省(2018)「中学生・高校生のための放射線副読本」.
- ・山本海行, 小林真理子(2016)「クリアファイルで作る簡単霧箱」, たのしい授業, No. 445, pp. 62-69.
- ・山本海行(2016)「クリアファイル霧箱の作り方・うみほしの部屋」, <https://umihoshi.com>(最終確認期日 2019.12.20)

★マークのしかた



(8) 放射線と放射能の違いがわかりますか。

わかる

わからない

(9) (8)で「わかる」と回答した人に質問です。放射線と放射能の違いをわかる範囲で教えてください。

(10) 放射線に関わる単位を知っていますか。

知っている

知らない

(11) (10)で「知っている」と回答した人に質問です。放射線に関わる単位についてわかる範囲で教えてください。

(12) 他に放射線について知っていることを書いてください。

ご協力ありがとうございました。