

「教育臨床総合研究15 2016研究」

島根大学教育学部附属中学校における放射線教育の取組

The Radiation Education in Junior High School Attached to Shimane University

園山裕之*
Hiroyuki SONOYAMA
高橋里美**
Satomi TAKAHASHI

大山朋江*
Tomoe OHYAMA
栢野彰秀***
Akihide KAYANO

要旨

原子力発電所におけるトラブルが発生した際に状況を判断し、科学的な根拠に基づいて防護するための行動を挙げることができるようになることを目標に、島根大学教育学部附属中学校で放射線教育を全5時間実施した。授業実践の前後に行ったアンケート調査の比較から、実施した全5時間の授業により、「 α 線」「 β 線」「 γ 線」といった放射線の種類を除き、多くの生徒が「内部被曝」や「外部被曝」、「放射線の性質」に関する適切な知識の獲得を図っていることがわかった。さらに、学習を通して生徒が記述した放射線の利用と影響についての例示数が増えたことがわかった。また、原子力発電所におけるトラブル発生を想定し、「放射線」や「放射性物質」から防護するための行動を考える学習の授業記録からは、依然として「放射線」と「放射性物質」の区別がついていない生徒がいることがわかった。

〔キーワード〕 放射線 放射性物質 原子力防災訓練 中学校 理科

I はじめに

1. 中学校学習指導要領における放射線教育の明示

『中学校学習指導要領解説理科編』（2008）では、「科学技術と人間」の単元で放射線の性質と利用にも触れることと明記されている¹⁾。原子力発電ではウランなどの核燃料からエネルギーを取り出していること、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と記載されている。1977年に改訂された学習指導要領において中学校理科における放射線に関する学習が削除されて以降、約30年ぶりに学習内容として復活している。また、2011年に起こった福島第一原子力発電所の事故をきっかけとし、放射線教育の在り方や防災教育や安全教育の重要性が提言された^{2, 3)}。このような中で、理科教育において放射線をどのように扱い、どのように指導していくのか、その検討は喫緊の課題といえる。

*島根大学教育学部附属中学校

**島根県松江市立第三中学校

***島根大学教育学部自然環境教育講座

2. 島根大学教育学部附属中学校における放射線教育のこれまでの経緯

島根県は原子力発電所立地県の一つである。原子力発電所の30km圏内に位置する島根大学教育学部附属中学校（以下、附中と略）では、過去3年間にわたり放射線教育の在り方を検討してきた。2015年度は、4年目の取組となる。附中における今までの放射線教育の経緯について表したものが表1である。

表1 附中における放射線教育のこれまでの経緯

年度	授業の内容	授業実践者
2012年度	第1時：放射線とは何か 原子の構造，放射性同位体 霧箱による自然放射線の飛跡の観察【観察】 第2時：自然放射線と放射線の性質 物質から出る放射線の測定【実験】 線源からの距離と線量の測定【実験】 第3時：放射線と私たちの生活 遮蔽物の種類と線量の測定【実験】 放射線の利用 課外：原子力防災訓練	高橋 里美
2013年度	第1時：放射線とは何か 原子の構造，放射性同位体 放射線と放射性物質 霧箱による自然放射線の飛跡の観察【観察】 第2時：放射線を出す物質と放射線 物質から出る放射線の測定【実験】 放射性物質から出る放射線の飛跡の観察【観察】 α 線， β 線， γ 線の性質 第3時：放射線の性質と放射線の影響 放射線の生命への影響・半減期 内部被曝と外部被曝 線源からの距離と線量の測定【実験】 第4時：放射線と私たちの生活 遮蔽物の種類と線量の測定【実験】 日常生活と放射線・放射線の利用 原子力発電のしくみ 課外：原子力防災訓練	園山 裕之
2014年度	第1時：放射線とは何か 原子の構造，放射性同位体 放射線と放射性物質 霧箱による自然放射線の飛跡の観察【観察】 第2時：放射線を出す物質と放射線 物質から出る放射線の測定【実験】 放射性物質から出る放射線の飛跡の観察【観察】 α 線， β 線， γ 線の性質 第3時：放射線の性質と放射線の影響 放射線の生命への影響・半減期 内部被曝と外部被曝 線源からの距離と線量の測定【実験】 第4時：放射線と私たちの生活 遮蔽物の種類と線量の測定【実験】 日常生活と放射線・放射線の利用 原子力発電のしくみ 第5時：放射線に対する防護 状況を判断して防護する方法 課外：原子力防災訓練	大山 朋江

2012年度と2013年度は、放射線についての実験や観察を通して、生徒が放射線の性質についての基礎的な知識を身につけ、放射線の利用とリスクについて理解することを目的に放射線教育を行った。2014年度は、放射線に関する知識や理解をもとに、生徒が状況を科学的な根拠に基づき判断し、行動することができるようになることも目的として付け足した放射線教育を行った。

(1) 2012年度の取組

2012年度は、全3時間の計画によって授業が行われた。第1時には、放射線に関する学習を行った。原子の構造を復習した後に、原子核の崩壊によって放射線が発生することを学習した。その際に「放射線」と「放射性物質」、「放射能」という科学的用語について学習するようにした。授業の最後には、自然放射線の飛跡を霧箱で観察した。第2時には、放射線を出す物質があることを確認し、それぞれの物質の放射線量を測定した。さらに、線源から離れるほど放射線量が減少することを実験の結果から見いだす学習を行った。第3時には、放射線は物質を透過する能力があるが遮蔽できることや放射線の種類によって遮蔽できる物質が異なっていることについて実験を通して見いだした。さらに、放射線の性質は私たちの生活に利用されていることも学習した。

1年目の取組では、授業と観察・実験の内容の大枠をつくることができた。また、授業実践を通して、「放射線」と「放射性物質」についての理解が図れていても、「内部被曝」と「外部被曝」の関連付けが困難であることがうかがえた^{4, 5)}。時間に対して学習内容が多かったため、実験後に実験の結果を分析・解釈するための十分な時間の確保が難しかった。

(2) 2013年度の取組

2013年度は、前年度に明らかになったことをもとに、全4時間の学習計画を立てた。4時間の授業にしたのは、観察や実験を行う時間や実験の結果を分析・解釈する時間を十分に確保するためである。実際の授業においては、「放射線」と「放射性物質」、「 α 線」「 β 線」「 γ 線」の性質、「内部被曝」と「外部被曝」などの知識の定着を図ることに重点を置いた。2年目の取組によって、放射線に関する知識を獲得した生徒は、その関心が社会問題に向かっていることが明らかになった⁶⁾。

(3) 2014年度の取組

2014年度は、2013年度の取組を踏まえて、科学的な根拠を用いて判断し、行動をとることができる生徒の育成を目指した。観察や実験を行いながら放射線に関する知識を獲得する4時間の授業の後に、授業で学んだ知識を活用しながら判断し、行動することを目的とした学習時間を1時間確保した。3年目の取組では、行政と連携を図りながら原子力防災訓練につながる学習場面を設定することができた。生徒が班ごとに判断した結果とその根拠を分析したところ、「放射線」と「放射性物質」という用語を用いて根拠を説明する際に曖昧な言葉の表現となっている生徒がおり、「放射線」「放射性物質」の理解が大切であることが明らかになった^{7, 8)}。

Ⅱ 2015年度の授業実践の目的と方法

附中におけるこれまでの放射線教育の取組に基づいて、次に示す2点を2015年度の授業実践の目的とした。

1. 放射線についての実験や観察を通して、生徒が放射線の性質についての基礎的な知識を獲得し、放射線の利用と影響について理解できる放射線教育の授業実践を行う。
2. 放射線と放射性物質による影響をできるだけ受けないようにするための行動を生徒が状況を判断しながら決定することができる原子力防災訓練を目標にした授業実践を行う。

上記の目的1についての評価は、授業実践の前後に行うアンケート調査における生徒の回答を比較することで検討を加える。上記の目的2についての評価は、授業において各班で話し合われた内容を記録した授業記録を分析することで検討を加える。

授業実践の対象は、附中第3学年の4学級である。授業実践は、中学校第3学年「科学技術と人間」単元にある「いろいろなエネルギー」の内容において行う。附中で採択する理科教科書には、「放射線の性質」および「利用」に関する記載がある。附中においてこれまで取り組んできた放射線教育と理科教科書の学習内容を踏まえて全5時間の授業実践を2016年1月29日から2月5日の期間に行った。

Ⅲ 授業の実際

1. 学習の目標

以下を学習の目標として設定した。

- ① 放射線についての実験や観察を通して、放射線の性質についての基礎的な知識を身につけ、放射線の利用と影響について理解する。
- ② 上記①の学習を通して獲得した知識をもとに、原子力発電所におけるトラブルが発生した際に状況を判断し、科学的な根拠に基づいて防護するための行動を挙げることができる。

2. 評価規準

評価規準は表2のように設定した。

表2 評価規準

関心・意欲・態度	科学的思考・表現	実験・観察の技能	知識・理解
<ul style="list-style-type: none"> 放射線について興味・関心をもち、実験や観察に意欲的に取り組んで、積極的に調べたり、記録したりしている。 放射線について興味をもち、意欲的に質問したり考えたりしている。 	<ul style="list-style-type: none"> 距離依存性を見いだす実験や遮蔽実験をもとに、放射線の性質について考え、説明している。 放射線や放射性物質の影響をできるだけ受けないようにするための行動を科学的な根拠に基づいて説明している。 	<ul style="list-style-type: none"> 実験・観察の目的を理解して、正確に実験器具の操作を行い、自然放射線の観察や、放射線量を測定し、記録している。 	<ul style="list-style-type: none"> 放射線とは何かについて理解している。 放射線の性質と影響について、理解している。 放射線は様々な分野で利用されているとともに、リスクも存在することを理解している。

3. 学習指導計画

上述した学習の目標と評価規準に基づき、表3～7に示す全5時間の学習指導計画を立てた。

表3 【第1時：放射線とは何か】の学習指導計画

	学習内容	留意点・備考・評価
10分	<p>○導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高浜原子力発電所（福井県）の再稼動 ・島根原子力発電所に関する原子力防災訓練の実施について ・「放射線」に関するアンケート結果の紹介 <p>○課題の提示</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;">放射線とは何だろうか</div>	<ul style="list-style-type: none"> ・パワーポイントを用いて説明する。 ・再稼動が本日であり、新規制基準後3基目の稼動であることを伝える。 ・「原子力発電所でトラブルが発生したとき、どのような行動をとる必要があるだろうか」という課題を解決するために学習していくことを伝える。 ・放射線について「多くの人が知っていること」と「多くの人がわからないと回答していること」について紹介する。
30分	<p>○放射線とは何か</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子の構造 →原子は原子核と電子、原子核は陽子と中性子から成る。 →原子の中には、原子番号が同じでも質量数がちがう同位体（同位元素）が存在する。 →同位体の中には、不安定なため、原子核が変わって、原子が変わるものがある。これを、放射性同位体又は、放射性同位元素という。 ・放射性同位体は、原子核が変化するとき、放射線を出す。 →α線は、ヘリウムの原子核が飛び出したもので+の電気をもつ。 →β線は、中性子が陽子に変わるとき、電子が飛び出したもので、-の電気をもつ。 →γ線は、α線やβ線が出たときに、原子核から出る電磁波である。 →出てくる放射線の種類は、放射性同位体によって決まっている。 ・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。 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;">○霧箱による自然放射線の飛跡の観察</div>	<ul style="list-style-type: none"> ・教科書の周期表に、原子量は掲載されているが、質量数は掲載されていない。質量数は原子量と違うことを伝える。 ・炭素の同位体を例にして理解を深める。 ・化学変化と比較し、化学変化は原子核が不変であるが、放射線が出るときには原子核が変化することを踏まえる。 ・粒子放射線には、α線、β線の他に中性子線があること、電磁放射線には、γ線の他にX線があることを伝える。 ・電磁波には、ラジオ波、マイクロ波、可視光線などがある。 ・放射線は、高いエネルギーをもつことを伝える。 ・放射性物質から出る放射線をキャンプファイヤーの光に例えて、理解を促す。
10分	<ul style="list-style-type: none"> ・自然放射線の観察 →空気中のラドンの崩壊による放射線の飛跡を観察する。 →私たちも日々微量ではあるが、放射線を浴びている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線は目に見えないという認識を共有させる。 ・霧箱の仕組みの説明。飛行機雲ができる原理と似ているという程度に止める。電離作用については触れない。 ・空気中のラドンが崩壊するときに出る主にα線の飛跡を観察することを伝える。 ・ドライアイスの取り扱いに注意する。 ・3分間で、いくつの飛跡を観測できるか数える。 ・放射線は空気中にも存在していることに気付くようにする。
5分	<p>○本時の課題に対する結論とふりかえり</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・大切だと思ったことや疑問点を書く。

表4 【第2時：放射線を出す物質と放射線】の学習指導計画

	学習内容	留意点・備考・評価
5分	<p>○放射線測定器「ガンマ・スカウト」の説明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射線を表す単位 →放射線の強さを表す単位をベクレル (Bq) という。 →体内に吸収する放射線のエネルギーの量を表す単位をグレイ (Gy) という。 →人体が受けた放射線による影響の度合いを表す単位をシーベルト (Sv) という。 <p>・放射線測定器の原理</p> <ul style="list-style-type: none"> →放射線の出る間隔にはばらつきがあるが、測定は一定時間の放射線量の平均によって、空間の1時間あたりの線量 ($\mu\text{Sv/h}$) を表示する。 <p>○理科室のバックグラウンドの測定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・1秒間に原子核が何個崩壊するかを示していることを補足する。 ・体重1kgあたり何Jのエネルギーを受けるかを示していることを補足する。 ・$1\text{Sv}=1000\text{mSv}=1000000\mu\text{Sv}$であることを補足する。 ・教師の説明にしたがって班ごとに実際に測定器を操作し、空間1時間あたりの自然放射線の線量 ($\mu\text{Sv/h}$) を測定する。
5分	<p>・バックグラウンドの測定</p> <p>○物質から出る放射線の測定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・花こう岩、校庭の砂、カリ肥料、温泉の水、マントル、ラジウムボールから出る放射線量の測定 →岩石に含まれる放射性物質によって、大地から自然放射線が出ており、花こう岩は放射性物質を比較的多く含む。 →花こう岩が風化した真砂土である校庭の砂からも放射線が出ている。 →植物の成長に必要なカリウムを多く含むカリ肥料からも、放射線が出ている。カリウムを植物が取り込むので、私たちは食べることによってカリウムを取り込んでいる。カリウムは、人間の体にも欠かせない栄養素である。 →温泉の水にはラジウムが含まれており、放射線が出ている。 →ラジウムボールからも放射線が出ている。 <p>・自然から受ける放射線量</p> <ul style="list-style-type: none"> →私たちの身近なところに、いろいろな放射線を出す物質があり、微量の放射線を浴びている。 <p>○放射性物質から出る放射線の飛跡の観察</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・3回測定し、平均を求めて、バックグラウンドとする。 ・それぞれの物質について3回測定し、平均を求める。バックグラウンドを引いて、物質からの放射線量を求める。 ・安全性についての確認をする。 ・パソコンにデータを入力し、プロジェクターで提示して、他の班における実験の結果を共有できるようにする。 ・内部被曝と外部被曝のちがいにふれる。 ・一人あたりの自然放射線は、世界では年間平均2.4mSv、日本では年間平均2.1mSvであることを伝える。
5分	<p>・ランタン用の芯(マントル)に塗ってあるトリウムの崩壊による放射線の観察</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・トリウムが崩壊するときに出る放射線の飛跡を観察することを伝える。 ・3分間でいくつの飛跡を観測できるか数える。 ・放射性物質を入れることにより、自然放射線より飛跡の頻度が多くなることを観察するとともに、放射性物質が生活用品の中に利用されていることを知らせる。 ・安全性について確認する。
5分	○本時の課題に対する結論とふりかえり	<ul style="list-style-type: none"> ・大切だと思ったことや疑問点を書く。

表5 【第3時：放射線の性質と放射線の影響】の学習指導計画

	学習内容	留意点・備考・評価
5分	<p>○前時のふりかえり →私たちの身近なものから、微量の放射線が出ている。 →放射線は高いエネルギーをもっている。</p> <p>○放射線の生命への影響 →放射線はDNAを傷つける原因の1つであり、がん細胞に変わることがある。</p> <p>○課題の提示</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> 放射線を受ける影響を少なくするにはどうしたらよいのだろうか </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・宇宙、大地、空気、食べ物からも放射線が出ていることを確認する。 ・DNAを傷つける原因は、放射線だけでなく、ウイルス・細菌・寄生虫、遺伝的な原因、加齢、酒・たばこ、食習慣、住んでいる環境などの原因もあることを伝える。 ・細胞には、傷ついたDNAを治す能力があり、常に損傷と修復が繰り返されていることを伝える。
10分	<p>○外部被曝と内部被曝</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外部被曝 →放射性物質が体の外部にあり、体外から被曝する（放射線を受ける）こと ・内部被曝 →放射性物質が体の内部にあり、体内から被曝する（放射線を受ける）こと 	<ul style="list-style-type: none"> ・内部被曝と外部被曝の違いを説明する。 ・外部被曝とは、大地からの放射線や宇宙船などの自然放射線とX線撮影などの人工放射線を受けたり、着ている服などに放射性物質が付着して放射線を受けたりする被曝であることを伝える。 ・汚染してしまった場合には、シャワーを浴びたり、洗濯したりすれば洗い流すことができることを補足する。 ・内部被曝は、空気を吸ったり、水や食物などを摂取したりすることによって、それに含まれる放射性物質が体内に取り込まれることによって起こる被曝であることを説明する。 ・内部被曝を防ぐには、放射性物質を体内に取り込まないことが大切であることを伝える。
10分	<p>○放射能と半減期 →放射能は、時間が経つにつれて弱まり、放射性物質の量は減っていく。</p> <p>→トリウム232の半減期は、141億年 ウラン238の半減期は、45億年 セシウム137の半減期は、30年 ヨウ素131の半減期は、8日 ラドン220の半減期は、55.6秒</p> <p>○放射線量と健康との関係 ・身のまわりの放射線被曝（自然放射線・人工放射線）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・放射能の量が半分になるまでにかかる時間を半減期といい、その減り方には規則性があることを説明する。 ・ヨウ素131が体内に取り込まれた場合、甲状腺に蓄積し、内部被曝する。しかし、ヨウ素の半減期は8日と短いので、あとの被曝の確認が難しい。したがって、事前に安定ヨウ素を摂取することで、内部被曝を防げることを伝える。 ・ウラン238は、半減期が45億年であり、地球誕生以後、放射能が半分には減っていない。そのため、原子力発電などに利用されていることを補足する。 ・一度に多量の放射線を受けると人体に影響が出る。しかし、短い時間に100mSv以下の低い放射線量を受けることでがんなどの病気になるかについては明確な証拠がみられていないことを伝える。 ・放射線を受ける量をできるだけ少なくするにはどうしたらよいかと問い、放射線の防護に着目できるようにする。

15分	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 10px;">○線源からの距離と線量の測定</div> <ul style="list-style-type: none"> ・バックグラウンドを求める。 ・ランタン用の芯（マントル）を放射線源として、2 cmごとに、放射線量（$\mu\text{Sv/h}$）を測定する。 （$\alpha + \beta + \gamma$） →（結果）線源からの距離が遠くなると放射線量が減る。 →（考察）放射線には、線源からの距離が遠くなると線量が少なくなる性質がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・3回測定し、平均を求める。バックグラウンドを引いて、マントルからの放射線量を求める。 ・測定結果をグラフに表す。
5分	○本時の課題に対する結論とふりかえり	<ul style="list-style-type: none"> ・大切だと思ったことや疑問点を書く。

表6 【第4時：放射線と私たちの生活】の学習指導計画

	学習内容	留意点・備考・評価
5分	○前時のふりかえり →放射線は、線源からの距離が遠くなると線量が少なくなる性質がある。 ○課題の提示 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> 私たちの生活には放射線のどのような性質が利用されているのだろうか </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線を受ける量を少なくする方法の一つであることを確認する。
20分	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 10px;">○遮蔽物の種類と線量の測定</div> <ul style="list-style-type: none"> ・ランタン用の芯（マントル）を放射線源として、放射線測定器との間に、遮蔽物（紙・アルミニウム・鉛）を置き、放射線量を調べる。 →（結果）遮蔽物を置くことで、放射線量は減る。 →（結果）遮蔽物の種類によって透過する放射線量に違いがある。 →（結果）γ線は、鉛で一番、遮蔽される。紙やアルミニウムではほとんど遮蔽できない。 →（結果）γ線は、紙やアルミニウムを透過する。 →（考察）放射線には、遮蔽物の種類によって通過したり止められたりする性質がある。 <p>○α線とβ線の遮蔽</p> <ul style="list-style-type: none"> ・α線は、紙や鉛で遮蔽される。 ・β線は、アルミニウムや鉛で遮蔽される。紙ではあまり遮蔽できない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・3回測定し、平均を求める。バックグラウンドを引いて、マントルからの放射線量がどれだけ透過したかを求める。 ・線源からの距離は一定にして、条件を揃える。 <p>・実験をγ線のみで行うため、α線とβ線の遮蔽について補足を加える。</p>
5分	○放射線の透過作用 <ul style="list-style-type: none"> ・放射線の種類によって透過する能力に違いがある。放射線は、材料や厚さを選ぶことによって遮蔽することができる。 ・放射線の性質として、物質を変質させるはたらしもある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線の透過力が利用されているものにどのようなものがあるだろうかと問い、放射線の性質と利用について着目できるようにする。
15分	○放射線の利用 →工業分野：紙の厚さ測定・テニスラケットのガット・プラスチックやタイヤの強化・色つきダイヤ	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線の性質と関連させながら例示し、理解を促す。

<p>5分</p>	<p>→医療分野：レントゲン・ガンマナイフ・殺菌 →農業分野：品種改良・ジャガイモの発芽の抑制・ガンマフィールド →考古学分野：年代測定</p> <p>○原子力発電のしくみ</p> <p>○本時の課題に対する結論とふりかえり</p>	<p>・核分裂反応による高いエネルギーにより加熱され水が水蒸気になることを確認する。 ・原子力発電の長所と短所を既有知識と関連付けながら確認する。</p> <p>・大切だと思ったことや疑問点を書く。</p>
-----------	--	---

表7 【第5時：放射線に対する防護】の学習指導計画

	学習内容	留意点・備考・評価
<p>5分</p>	<p>○前時のふりかえり →放射線には透過作用がある。 →放射線は、遮蔽できる。種類によって遮蔽できる物質は異なる。 →放射線は、工業・医療・農業・考古学分野・原子力発電所に利用されている。</p> <p>○課題の提示</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>島根原子力発電所でトラブルが発生したとき、どのような行動をとる必要があるだろうか</p> </div>	
<p>40分</p>	<p>○原子炉から放射性物質が漏えいする事故が起きたときにどのような行動をとったらよいかを考える。</p> <p>【状況】 天気：快晴，風向：北北西，風速：5 m/s …放射性物質が風に乗って飛んでくる。 気温：10℃，湿度52% …エアコンがかかっていたり，換気扇が回っていたりする状況。</p> <p>→放射性物質に対する防護</p> <ul style="list-style-type: none"> ・体についたり，吸い込んだりすることを防ぐ。 例) 長袖の服を着る，マスクを付ける 屋内に入る ・放射性物質が屋内に入ることを防ぐ。 例) ドアや窓を閉める， エアコンや換気扇の使用を控える ・体についた場合に対処する。 例) 顔や手についたときは，洗い流す <p>→放射線に対する防護 (外部被曝の低減三原則)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・離れる(距離をとる) 例) 部屋の中央部に行く，窓から遠ざかる ・間に重いものを置く(遮蔽する) 例) コンクリートに囲まれた建物に非難する ・近くにいる時間を短くする 例) 迅速な行動をとる，すばやく移動する 	<p>・図を用いて事故の状況を説明し，状況を判断の材料として取るべき行動を考えるようにする。 ・行動を取ると考えた理由を科学的な根拠に基づいて説明できるようにする。</p> <p>・放射線と放射性物質を区別してとるべき行動を考えるようにする。 ・内部被曝と外部被曝を区別して，考えた行動の根拠を説明できるようにする。</p> <p>・外部被曝の低減三原則に基づいて取るべき行動を考えるようにする。</p> <p>・個人で考えた後，班や学級全体で意見を共有し合う学習活動を行う。その活動の中で，個人における多面的な価値判断を促したい。 ・「放射線」に関わる行動と「放射性物質」に関わる行動に分けて黒板に貼る。</p>
<p>5分</p>	<p>○本時の課題に対する結論とふりかえり</p>	<p>・大切だと思ったことや疑問点を書く。</p>

IV 結果と考察

1. 目的1に対する検討

(1) アンケート調査の実施

学習前と学習後に、表8に示した質問項目でアンケート調査を行った。学習前のアンケート調査は、本授業を開始する2日前に行った。学習後のアンケート調査は、本授業を終えてから4日後、原子力防災訓練の翌日に、学習前のアンケートと同様の質問項目で実施している。

①～⑭の回答については、選択肢から1つ（あるいは複数）選択する方式を採用している。⑮～⑰の回答については、記述によって回答する方式を採用している。

表8 アンケート調査の質問項目

番号	質問内容
①	放射線とは何ですか。
②	アルファ線とは何ですか。
③	ベータ線とは何ですか。
④	ガンマ線とは何ですか。
⑤	放射性物質とは何ですか。
⑥	放射能とは何ですか。
⑦	放射線はどこにありますか。
⑧	人間は放射線をどのように感じますか。
⑨	放射線の人体への影響を示す単位として使われているものはどれですか。
⑩	外部被ばくが起こるときはどんなときですか。
⑪	内部被ばくが起こるときはどんなときですか。
⑫	放射線を出す物質から離れると放射線の強さはどうなりますか。
⑬	放射線の中で物質を透過（通り抜けること）する能力が一番強いものはどれですか。
⑭	厚さ2mmの鉛、紙、アルミニウムを測定器と放射性物質の間に置いたとき、放射線を遮蔽（ささぎること）ができる能力が一番高いものはどれですか。
⑮	放射線を有効利用している例を知っているだけ書いてください。
⑯	人体に及ぼす放射線をあびないようにするための方法の例を知っているだけ書いてください。
⑰	放射性物質の影響をできるだけ受けないようにする方法の例を知っているだけ書いてください。

(2) アンケート調査の結果の検討について

行われた授業実践の目的1についての検討は、表8に示した学習前と学習後のアンケート調査を比較することで行った。目的1の「放射線の性質についての基礎的な知識」に関する検討は、生徒が回答したアンケート調査の①～⑭において「わからない」と回答した生徒の人数と「わからない」以外の回答をしている生徒の人数に検討を加えた。目的1の「放射線の利用と影響についての理解」に関する検討は、アンケート調査の⑮～⑰において生徒が例として挙げた実数を学習前と学習後で比較することで検討を加えた。

(3) 放射線の性質についての基礎的な知識に関する検討

表9は、学習前後のアンケート調査の①～⑭において「わからない」と回答した生徒の人数

と正答・誤答を問わず「わからない」以外の回答をした生徒の人数を示したものである。表9の右側には、学習前後のアンケート調査の①～⑭の各項目において「わからない」と回答した生徒の人数と「わからない」以外の回答をした生徒の人数についてFisherの正確確率検定を行い、求められたp値を示している。さらに、表9の一番右側の欄には、学習後のアンケート調査において生徒が選択した回答の正答率を項目ごとに示している。

表9 学習前後のアンケート調査の結果 (①～⑭)

質問項目	学習前後	「わからない」 回答人数 (人)	「かわらない」以外の 回答人数 (人)	p値	学習後の 正答率
①	学習前	76	49	.586**	70%
	学習後	7	118		
②	学習前	75	50	.590**	30%
	学習後	6	119		
③	学習前	77	48	.573**	62%
	学習後	9	116		
④	学習前	50	74	.378**	61%
	学習後	10	115		
⑤	学習前	40	85	.392**	93%
	学習後	3	122		
⑥	学習前	49	76	.440**	86%
	学習後	4	121		
⑦	学習前	30	95	.335**	98%
	学習後	2	123		
⑧	学習前	10	115	.150**	98%
	学習後	2	123		
⑨	学習前	29	96	.311**	85%
	学習後	3	122		
⑩	学習前	42	83	.413**	95%
	学習後	2	115		
⑪	学習前	28	96	.322**	98%
	学習後	2	123		
⑫	学習前	30	93	.339**	95%
	学習後	2	122		
⑬	学習前	62	62	.554**	94%
	学習後	2	123		
⑭	学習前	48	76	.463**	94%
	学習後	2	123		

* : $p < .05$ ** : $p < .01$

表9より、質問項目①～⑭の全てにおいて学習前後における「わからない」と回答した生徒の人数と「わからない」以外の回答をした生徒の人数に1%，または5%水準で有意な隔たりが認められた。この結果から学習前には「わからない」と回答していた多くの生徒が、学習後には「わからない」と回答しなくなったといえる。

また、表9より、学習後には質問項目⑤～⑭の10項目に関する正答率が80%を超えていることがわかる。このことから、質問項目⑤～⑭については知識の獲得を図ることができたと考えられる。これは、第2時から第4時それぞれの授業の中において観察・実験に基づいた学習を行ったことが原因として考えられる。例えば、質問項目⑤の「放射性物質」については、第2

時に放射性物質から出る放射線の測定を行っている。

しかし、質問項目②においては依然30%の正答率に留まっている。「 α 線とは何なのか」については、本授業実践では確実な理解が難しかったといえる。さらに表9より、質問項目①、③、④についても質問項目⑤～⑭より正答率が高くはないことがわかる。この原因は、 α 線、 β 線、 γ 線などの線種については、授業において観察・実験を行っていないことが考えられる。このことから、放射線の発生が原子核の壊変によることを中学生が理解することは困難である可能性が考察できる。

(4) 放射線の利用と影響についての理解に関する検討

放射線の利用と影響についての理解に関する検討は、放射線の利用についての理解を質問項目⑮である「放射線を有効利用している例」に検討を加えた。放射線の影響についての理解に関する検討は、質問項目⑯「放射線をあびないようにするための方法の例」と⑰「放射性物質の影響をできるだけ受けないようにする方法の例」に検討を加えた。

1) 放射線の利用についての理解に関する検討

表10は、学習前後の質問項目⑮における生徒の回答とその数を示したものである。

表10をみると学習前の質問項目⑮には、「レントゲン」が59、「原子力発電所」が32挙げられていることがわかる。学習後の質問項目⑮には、「レントゲン」が98、「原子力発電所」が37挙げられていることがわかる。学習前に例として挙げられていた「レントゲン」や「原子力発電所」を学習後も例として挙げている生徒が多くいることがわかる。学習後にはこれらに加え、「ラケットのガットの強化」や「トイレットペーパーの厚さの測定」、「色付きダイヤモンドの製造」、「品種改良」などの例が新たに挙げられるようになったこともわかる。

表10 学習前後のアンケート調査の結果 (⑮)

生徒があげた例	学習前	学習後
レントゲン	59	98
原子力発電所	32	37
放射線治療	10	0
ガンマナイフ	1	15
ラケットのガットの強化	0	39
トイレットペーパーの厚さ測定	0	26
色付きダイヤモンドの製造	0	24
品種改良	0	19
その他	8	32

さらに、一人当たりの平均値を計算すると学習前には0.77個、学習後には2.40個の例を挙げている。学習前後の一人当たりの平均値の差にt検定を加えた。学習前後の一人当たりの平均値の差は有意であることがわかった ($t=12.4$, $df=124$, $p<.01$)。学習後には一人当たりの例示数が増加しているといえる。

2) 放射線の影響についての理解に関する検討

表11は、学習前後の質問項目⑯における生徒の回答とその数を示したものである。

表11をみると学習前の質問項目⑯には、「コンクリートでできた建物に入る」が19、「離れる(逃げる)」が17挙げられていることがわかる。学習後の質問項目⑯には、「コンクリートでできた建物に入る」が51、「離れる(逃げる)」が35挙げられていることがわかる。学習後には「放射線をあびないようにするための方法の例」として「コンクリートでできた建物に入る」や「離れる(逃げる)」などの回答が増加していることがわかる。これは、遮蔽や距離依存性などの放射線の性質を調べる実験を通じた学習が回答の増加の一因ではないかと考えられる。

さらに、学習後に「防護服を着る」が増えていることがわかる。しかし、うすい不織布からできている防護服を着ることですべての放射線を防ぐことはできないのである。学習を通して防護服は放射線を防護する服であると認識をしてしまった生徒がいる可能性が考えられる。

さらに、一人当たりの平均値を計算すると学習前には0.37個、学習後には1.42個の例を挙げていた。学習前後の一人当たりの平均値の差にt検定を加えた。学習前後の一人当たりの平均値の差は有意であることがわかった ($t=5.33$, $df=124$, $p<.01$)。学習後には一人当たりの例示数が増加しているといえる。

表12は、学習前後の質問項目⑰における生徒の回答とその数を示したものである。

表12をみると学習前後の質問項目⑰には、「離れる (逃げる)」が17、「コンクリートでできた建物に入る」が14、「防護服を着る」が8挙げられていることがわかる。学習後の質問項目⑰には、「離れる (逃げる)」が43、「コンクリートでできた建物に入る」が21、「防護服を着る」が25挙げられていることがわかる。学習後には「放射性物質の影響をできるだけ受けないようにする方法の例」として「離れる (逃げる)」や「コンクリートでできた建物に入る」、「防護服を着る」の回答が増えていることがわかる。

さらに、一人当たりの平均値を計算すると学習前には0.40個、学習後には1.16個の例を挙げていた。学習前後の一人当たりの平均値の差にt検定を加えた。学習前後の一人当たりの平均値の差は有意であることがわかった ($t=6.76$, $df=126$, $p<.01$)。学習後には一人当たりの例示数が増加しているといえる。

表11 学習前後のアンケート調査の結果 (⑯)

生徒があげた例	学習前	学習後
コンクリートでできた建物に入る	19	51
離れる (逃げる)	17	35
防護服を着る	13	33
窓を閉める	5	6
薬を飲む	5	4
マスクをつける	4	4
カーテンを閉める	2	11
その他	29	31

表12 学習前後のアンケート調査の結果 (⑰)

生徒があげた例	学習前	学習後
離れる (逃げる)	17	43
コンクリートでできた建物に入る	14	21
防護服を着る	8	25
厚着をする	6	6
窓を閉める	4	12
昆布を食べる	4	0
体内に取り込まない	3	7
カーテンを閉める	2	11
その他	19	14

2. 目的2の検討

(1) 第5時の授業の分析について

目的2の検討は、第5時の授業実践を行った附中の4学級のうち1学級(33名)を対象として検討を加えることにした。第5時の授業の分析は、対象学級の各班において授業内に話し合われた内容を記録し、その内容を分類することで行った。すなわち、生徒それぞれが班内において説明した内容を分類することによって、防護するための行動を科学的な根拠に基づいて発言しているかどうかについて分析を加えたのである。

(2) 防護するための行動とその根拠

表13は、対象学級における生徒それぞれが班内の話し合いにおいて発言した行動とその根拠を示したものである。表13中の◎は最終的に決定した行動である。○は班内において発言した行動である。なお、根拠がわからないものについては、枠をくくって中央に印をつけている。

(3) 科学的な根拠に基づいた防護するための行動に関する検討

表13より、33名全ての生徒が最終的に科学的な根拠に基づいた防護するための行動を挙げていることがわかる。さらに、「コンクリートでできた建物に入る」が8人、「カーテンを閉める」が20人、「窓を閉める」が22人であり、これまでの1年生と2年生の原子力防災訓練の実体験に基づき妥当な判断をしていることがわかる。筆者らは生徒が防護するための行動として多くの手段を挙げることを期待した。しかし、1つだけの行動を挙げている生徒がいるなど、全体的に防護するための行動の列挙数が少ない結果となった。

表13 防護するための行動とその根拠

班	生徒	行動 根拠	コンクリートで できた建物に入る		カーテンを 閉める		窓を閉める		防護服を着る		マスクをつける		逃げる (遠ざかる)		その他	
			放射線	放射性 物質	放射線	放射性 物質	放射線	放射性 物質	放射線	放射性 物質	放射線	放射性 物質	放射線	放射性 物質	放射線	放射性 物質
A	1		◎		◎		◎				○		○			
	2		◎			○										
	3														◎	◎
	4				◎		◎		○		○					
B	5				◎		◎				○		○			
	6					○		○					○		◎	◎
	7				○			○					○		◎	◎
C	8		○				◎		○							
	9						◎									
	10		◎						○							
	11					○		◎								
D	12														◎	
	13					◎		◎								
	14														◎	
	15								○							◎
E	16				◎		◎	○			○		○			
	17				◎		◎						○			
	18				◎		◎		○				○			
	19				◎		◎									
F	20		○			○		○					◎	◎		
	21		○			◎		◎			○					
	22					◎		◎								
	23		◎											○		
G	24					◎		◎								
	25												○		◎	◎
	26												○		◎	◎
	27					◎		◎								
H	28					◎		◎			○		○			
	29					◎		◎		○			○		○	
	30					◎		◎			○					
I	31		◎	◎						○			○			
	32												◎	◎		
	33												◎			

加えて、表13から防護するための行動における判断の根拠が放射線の性質のみが多いことがわかる。このことから、依然として「放射線」と「放射性物質」の区別がついていない生徒がいる可能性があると考えられる。

V おわりに

本稿では、行われた授業実践について学習前後のアンケート調査と授業内において生徒が班内で説明した内容をもとに検討を加えた。その結果、以下の諸点が導出できる。

まず、一つ目の目的についてである。第1時から第5時までの観察・実験を含めた放射線に関する学習を進めることによって、学習前には「わからない」と回答していた多くの生徒が、学習後には「わからない」と回答しなくなった。さらに、放射線の種類に関する項目以外については、ある程度の知識の獲得を図ることができたと考えられる。しかし、「 α 線」など放射線の種類については、知識の定着を図ることが難しかった。これは、観察・実験を伴った学習ではなかったことが原因の1つとして考えられる。今後は、放射線の飛跡を観察する場面において、その飛跡のようすから「 α 線」「 β 線」「 γ 線」を区別するような視点をもちながら観察してはどうかと考える。また、定着を図るためのカリキュラムについても検討の余地がある。さらに、第1時から第5時までの観察・実験を含めた放射線に関する学習を進めることによって、「防護服を着る」以外における放射線の利用と影響についての理解を図ることができたと考えられる。

次に、二つ目の目的についてである。今回の授業実践を通して、最終的には全ての生徒が科学的な根拠に基づいた防護するための行動を挙げることができた。このことは、第1時から第4時までの学習によって「放射線の性質」など知識を適切に獲得することができたことが原因の一つとして考えられる。さらに、第5時の「放射線に対する防護」の学習を設けたことにより、友だちが考えた「放射線」や「放射性物質」の防護に向けた行動が共有できたことも原因として考えられる。生徒はこれまでに少なくとも2回の原子力防災訓練を経験している。1年生や2年生のときに行われた原子力防災訓練を通じた学習が、今回の学習における生徒の思考に少なからず影響を与えていることも考えられる。

さらに、依然として「放射線」と「放射性物質」の区別がついていない生徒が少なからずいることがわかった。このことは、第2時「放射線を出す物質と放射線」において一度は学習している内容である。今後はさらに、「放射線」と「放射性物質」についての理解を図るカリキュラムの検討が必要であると考えられる。

来年度は、今年度の反省を踏まえながら生徒がより理解できる放射線教育の取組を行いたいと考えている。

【附記】

本研究の一部は、中国地域エネルギー環境教育研究会・中国地域エネルギーフォーラム主催、第3回中国地区エネルギー環境教育実践助成（研究代表者：山陰エネルギー環境教育研究会栢野彰秀）の資金援助による。

【註】

- 1) 文部科学省：『中学校学習指導要領解説理科編』，大日本図書，2008.
- 2) 文部科学省：『中学生・高校生のための放射線副読本』，2013.
- 3) 文部科学省：『「生きる力」を育む防災教育の展開』，2013.
- 4) 高橋：「放射線をどう教えるか」，『日本エネルギー環境教育学会第8回全国大会論文集』，pp.116-117，2013.
- 5) 森，高橋他：「中学生の放射線に対する知識獲得の地域差に関する調査：松江市と釧路市との比較を事例として」，『エネルギー環境教育研究』，Vol.8（2），pp.111-118，2014.
- 6) 園山，高橋，栢野他：「島根大学教育学部附属中学校における放射線教育の取り組み」，『日本科学教育学会研究会研究報告』，Vol.29（8），pp.94-99，2014.
- 7) 大山，栢野他：「島根大学教育学部附属中学校における放射線教育（1）」，『日本エネルギー環境教育学会第10回全国大会論文集』，pp.176-177，2015.
- 8) 栢野，大山他：「島根大学教育学部附属中学校における放射線教育（2）」，『日本エネルギー環境教育学会第10回全国大会論文集』，pp.178-179，2015.