

放射線を科学的に理解するための授業の在り方

—— 可視化させる実験を通して ——

稲田 紘 二¹

原子力発電所の事故をきっかけに、放射線等への関心が高まり、子どもたちから疑問や不安の声が聞かれるようになった。放射線についての指導の在り方を探ることは、喫緊の課題であると考え。本研究では、目に見えない放射線を科学的に理解するためには、可視化が有効な手立てになると考え、教材開発と授業研究を行った。放射線の観察と測定を中心とした授業実践の結果、生徒の科学的な理解を深めることができた。

はじめに

2011年3月、東北地方太平洋沖地震が引き金となり、福島第一原子力発電所の原子炉が破損した。それによる放射性物質の流出は、事故から約3年経過した現在も続いている。環境や健康等、生態系全般への影響が心配される。生徒からは、放射線の性質に関する疑問や、放射線が生物へ及ぼす影響等について、不安の声が聞かれるようになった。放射線についての学習や指導の在り方を探ることは、喫緊の課題であると考え。

放射線は、通常肉眼では見るできない。そのことが、放射線を理解する大きな妨げになっていると考えた。そこでまず、生徒が放射線について学習する際、目や耳で認識できるようにすることを目指し、授業計画の作成と教材開発を行った。次に、検証授業を行い、授業前後の調査結果や生徒、教員の声を基に、生徒が放射線について科学的に理解するための授業の在り方を探った。

研究の内容

1 研究の構想

(1) 理科における放射線の扱い

平成21年度の学習指導要領改訂で、30年ぶりに放射線が中学校理科の学習内容として取り上げられることになった。そのため教員の中には、放射線について教わった経験の無い者も多く、放射線を理解する授業の在り方についての実践や研究が求められている。

文部科学省は、「このような特別の状況に国民一人一人が適切に対処していくためには、まず、放射線等の基礎的な性質について理解を深めることが重要である」と述べている(2011)。そして、2011年10月には、学校教育における放射線等に関する指導の一助として使用するため、『放射線等に関する副読本』(以下 副読本)を配付した。副読本は、学習指導要領で示され

1 大和市立光丘中学校

研究分野 (授業改善推進研究 理科)

ている学習内容を大幅に増やした内容になっており、小学校用、中学校用、高等学校用、教師用解説書がある。学校での指導場面を念頭に作成されているが、指導計画や指導方法は、授業者に任されたものとなっている。

そこで、本研究が今後の放射線等についての授業実践の参考となることを目指し、生徒が放射線について理解を深めるための教材開発と授業研究を行った。

(2) 目指す子どもの姿

東日本大震災直後には、福島からの転校生に対して「放射能がうつる」といった誤った認識によるいじめの事案についての報道があった(毎日新聞 2011. 4. 13)。放射線に関する科学的な理解が不足していることが原因と考えられる。所属校においては、生徒対象に行った放射線についてのアンケートで、「怖いものだと思う」「どうしていいか分からない」「見えないから実感がわからない」等の回答が見られた。これらのことから、まずは放射線の基礎的な性質について、生徒が科学的に理解する必要性を強く感じた。

そこで本研究では、放射線の基礎的な性質について生徒が科学的に理解することを目指した。さらに、科学的な理解が、生徒の学習意欲を高め、自ら考え、判断しようとする態度の育成につながることも意識して研究を進めた。

(3) 科学的に理解するためのアプローチ

文部科学省は、「科学的」ということは、実証性、再現性、客観性等の条件を検討する手続きを重視する側面から捉えることができると述べており、「実証性とは、考えられた仮説が観察、実験などによって検討することができるという条件である。再現性とは、(中略)同一の実験条件下では同一の結果が得られるという条件である。客観性とは、実証性や再現性という条件を満足することにより、多くの人によって承認され、公認されるという条件である。」(小学校学習指導要領解説理科編 2008)としている。

本研究では、放射線の性質について、実証性や客観性を重視した実験を行うことで、生徒の科学的な理解を目指した。具体的には、放射線源からの距離と放射

線量の関係性や、金属等による遮蔽効果について、実際に測定し、実証する実験を行う。その際、1人1台の測定器を使ってグループで実験することで、互いに測定結果を比較・検討し合う活動等を計画した。

神奈川県大和市立中学校全9校31名の理科教員を対象に実施した放射線に関するアンケートの中で、「放射線について現状と課題をどのように考えるか」と質問したところ、半数以上の教員が現状について、「生徒の理解は不十分と感じる」と回答した。また、課題として、「見えないことが理解を妨げている」という回答が見られた。このことは、生徒の「見えないから実感がわからない」という声と合致している。

これらの声から、放射線の学習においては、単に知識を伝達するだけでなく、観察や測定を通して、生徒が放射線の存在を実感することが、放射線についての理解を助けると考えられる。そこで本研究では、放射線を可視化させる実験を行い、生徒が放射線の存在を実感することで理解を促していくことを目指した。

ここで言う可視化とは、人間が直接見ることで見えない現象を目で見えるようにするという意味に加え、数値等の客観的に判断できる指標や図を用いて表すことも指す。これまでの理科指導において、肉眼では見えない現象について学ぶ際に、理解しやすくするための手立てとして、可視化を用いてきた。そこで、今回は放射線の可視化を試みた。具体的には、放射線の軌跡の観察や、放射線量の測定、測定結果の比較・図示等の学習活動を想定して、教材開発と授業研究を行った。

2 研究の実践と展開

(1) 単元計画

中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省 2008）では、放射線に関する事項は、第3学年の単元「科学技術と人間」の中に、次のように記載されている。

(7) 科学技術と人間（一部抜粋）

エネルギー資源の利用や科学技術の発展と人間生活とのかかわりについて認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断する態度を養う。

ア (イ) エネルギー資源

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。

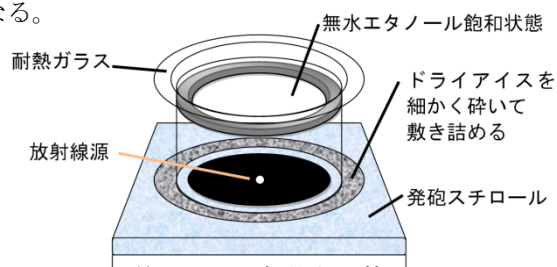
本研究では、単元「科学技術と人間」の中で、放射線に関する学習を2時間設定し、単元計画を作成した。放射線を可視化させる実験を中心に据え、学習指導要領に記載されている事項に、副読本の内容を加えた授業を計画した。

(2) 教材の工夫

放射線を可視化させる実験を行うための教材として、霧箱、簡易放射線測定器「はかるくん」（以下 はかるくん）、線量マップに注目した。生徒による実験を想定し、教材開発や教材の効果的な活用方法の研究を行った。

ア 霧箱

霧箱（第1図）を用いると、放射線の軌跡を肉眼で確認することができる。放射線源を入れた容器の中を、エタノールの蒸気で飽和させ、容器の底をドライアイスで冷却する。すると、容器下部にエタノールの過飽和状態ができる。そこに放射線が通ると、放射線の軌跡上でエタノールが凝縮するため、軌跡の観察が可能になる。



第1図 一般的な霧箱

放射線の軌跡を可視化させて観察できる霧箱は、生徒が放射線の存在を実感することにつながる教材であると考え、授業に取り入れることにした。

生徒による観察実験を想定し、次の三つの視点で霧箱の開発研究を行った。

- ◇放射線の検出性能を高め、確実に観察できること
- ◇大きく、見やすくすること
- ◇入手しやすいもので準備できること

何度も予備実験を行い、次の①～③について観察に適した条件を探った。

- ①温度条件
- ②容器の材質と大きさ
- ③使用する放射線源

温度条件については、温度計で測定しながら予備実験したところ、容器上部と下部の温度差は40～50℃以上必要であると分かった。条件を満たすためには、ドライアイスを使う方法が一般的である。本研究においても、ドライアイスを使った霧箱を作成した。

容器の材質と大きさについては、材質の熱伝導率と容器の大きさ、厚さのバランスが重要である。生徒が観察しやすいように、大きな容器を使うのであれば、熱伝導率が高い材質を用いる必要がある。耐熱ガラスの熱伝導率は約1 [W/m・K] である。容器に適している素材としては、ステンレス（約16 [W/m・K]）やアルミニウム（約237 [W/m・K]）等が考えられる。

本研究の検証授業では、入手しやすいもので準備できるという視点から、実験室にあったステンレスパットを使用した。その結果、ドライアイスを板状のまま土台とするだけで、放射線の軌跡を観察することがで

き、準備に必要な時間を大幅に短縮することができた。

冷却に際しては、温度低下による容器の変形が少なからず生じることに注意が必要である。容器の変形によりドライアイスとバットとの接触面積が減ると、容器下部の温度が下がらず、放射線の軌跡が見えづらくなってしまふ。今回の検証授業では、縦300[mm]×横220[mm]×深さ60[mm]×厚さ0.5[mm]のバットを使用した。幾分か変形は生じたが、セットして1分程で観察可能な状態となり、以後6時間は持続して観察できた。第2図が、作成した霧箱である。



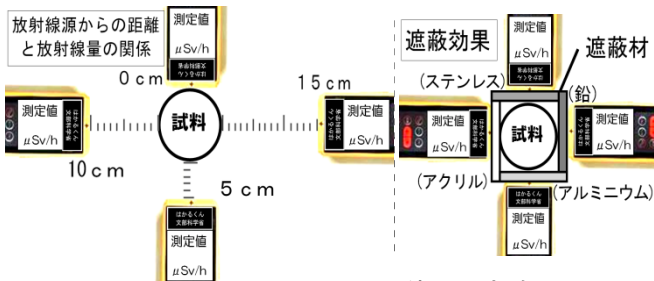
第2図 作成した霧箱

使用する放射線源については、今回は、酸化トリウムを含むマントル（キャンプ用ガスランタンの芯）を用いた。予備実験では、一般的な放射線源として用いられる花崗岩やカリ肥料等と比べ、マントルから放出される α 線を中心とした放射線の軌跡の方が、鮮明に観察することができた。生徒による観察の際に有効であると考え、本研究ではマントルを使用した。

イ はかるくん（簡易放射線測定器）

はかるくんは、文部科学省が貸し出している簡易放射線測定器の名称である。 β 線、 γ 線の線量がそれぞれ数値化して表示される。検証授業3ヶ月前に借用申請したところ、はかるくん40台と特性実験セット10台を準備することができた。生徒による放射線量の測定実験を想定し、はかるくんを使った効果的な実験方法を探った。

特性実験セットには、船底塗料等の放射線源や、アクリル、アルミニウム、ステンレス、鉛でできた遮蔽材（それぞれ厚さ5[mm]）等が含まれている。このセットを使い、放射線源からの距離と放射線量の関係を調べる実験と、遮蔽効果を調べる実験をすることができる（第3図）。



第3図 特性実験セットを使った実験

はかるくんには、 β 線測定用、 γ 線測定用、そして β 線と γ 線両方の測定ができる機種がそれぞれあり、使用目的に応じて使い分ける。 β 線と γ 線では、それぞれ測定単位も値の大きさも異なる。本研究では、 β

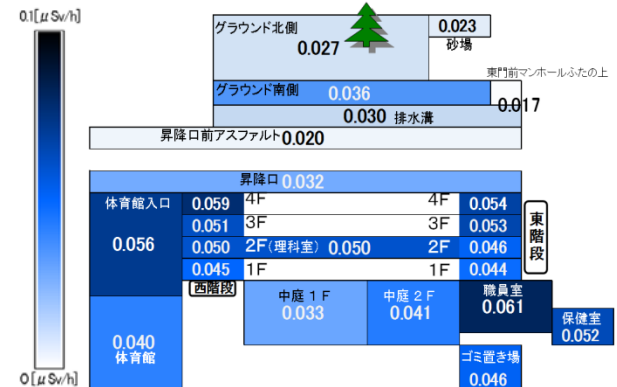
線と γ 線を両方測定できる機種を用いて予備実験を行い、より有効な測定結果を導く方法を調べた。

その結果、本研究では、一般的な環境調査と比較できるようにするため、 γ 線の空間線量[$\mu\text{Sv/h}$]を測定した。また、はかるくんを1人1台使い、自分の測定値を同じグループのメンバーの測定値と比較・検討できるようにした。

また、はかるくんは、放射線検知時にブザーが鳴るように設定できる。放射線量の数値化に加え、耳でも確認することで、生徒が放射線の存在を実感できると考えた。

ウ 校内線量マップ

表計算ソフトウェアを使って、校内のどこでどのくらい放射線量が測定されたかを可視化して示す、校内線量マップを独自開発した（第4図）。



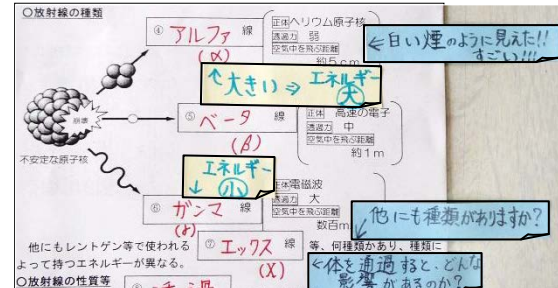
第4図 校内線量マップ(単位[$\mu\text{Sv/h}$])

はかるくん測定した値を、校内地図の各場所に入力すると、数値の大小によって色の濃さによって設定した。存在量の数値表示と合わせて、存在場所を色の濃淡で表示させることは、測定値の比較・検討を容易にし、生徒の理解の助けになると考えた。また、数値に対して苦手意識を持つ生徒に対しても、校内線量マップは理解を助ける教材になると考えた。

エ ワークシートと付箋紙

可視化させる教材に加え、生徒が自分の考えを整理するための工夫として、付箋紙を使った。

ワークシートに付箋紙を貼っていくことで、授業中に自分が考えたことや、気付いたこと、疑問等を記録していくようにした（第5図）。



第5図 付箋を貼ったワークシートの例

これにより、生徒は自分自身の学習の過程や、成果を確認しながら学習を進めることができる。そして、測定実験の際には、生徒が互いの考えを、口頭だけで

なく、文字によっても伝え合うことで、学習効果が高まると考えた。また、普段あまり発言しない生徒や、発表することが不得手な生徒にとっても、考えを表出しやすくなると考えた。

(3) 検証授業

ア 検証授業における放射線の扱い

事前調査では7割以上の生徒が、放射線について「怖いものだと思う」と答えた。この結果からは、「放射能がうつる」といった誤った認識をしている生徒がいることも想定された。そこで、授業の中で、生徒が放射線を科学的に理解するため、次の二つのことに特に留意した。

一つは、放射線を可視化させる実験を取り入れた授業にしたことである。学んだ知識について、生徒が自分で行った観察や、測定の結果と結びつけることで理解を促すことを目指した。

もう一つは、放射線使用のメリット・デメリットの両面を知らせ、これから放射線をどのように利用していくのか、生徒が考えられる授業にしたことである。放射線の基礎的な性質とともに、放射線利用や生物への影響について伝え、今後の利用について考え続けて行こうとする態度を育成することを目指した。

イ 検証授業の展開

検証授業は、大和市立光丘中学校第3学年全7クラス250名を対象に行った。

1時間目は、放射線の存在を実感するとともに、放射線の基礎的な性質を知ること为目标として、観察と測定を中心に授業を行った(第6図)。

1時間目	目標	放射線の存在を実感するとともに放射線の基礎的な性質を知る。
①	霧箱を使った放射線の軌跡の観察	学習の導入として、放射線の存在を確かめる
②	基礎的な性質の説明	放射線の種類や透過性といった基礎的な性質、技術利用、生物への影響等を知る(プレゼンテーションソフトウェアの活用)
③	はかるくんを使った放射線量の測定	
④	校内線量マップの作成	放射線量の測定をグループで行い、放射線が周囲にどれくらい存在しているのかを確かめる

第6図 1時間目の流れ

学習の導入として、はかるくんを使って理科室内の放射線量を測定し、数値で示すとともに、生徒に放射線検出時のブザー音を聞かせた。

次に、霧箱の観察を行った。生徒は、前方2ヶ所に設置した霧箱を交替で観察した。

放射線の説明は、大きく分けて、次の3つの内容についてスライドを使って行った。

- ◇放射線の種類(α、β、γ、X線等)
- ◇放射線の性質(透過性、遮蔽効果、生物への影響等)
- ◇放射線の利用(医療、製造業、農業、エネルギー等)

続いて、はかるくんを1人1台使い、校内の放射線量を測定した。グループ別に場所を分担して、同じ場所を3回測定し、平均値を求めた。結果を報告し、マップに値を入力していくことで、報告完了と同時に校内線量マップが完成した。完成した線量マップは、プロジェクターを使いクラス全体で共有し、値を比較・考察した。また、学校外の地域の放射線量等とも比較し、気付いたことや疑問等を付箋に記入した。

2時間目は、グループによる実験を通して、放射線を科学的に理解することを目標として、前時に学習した放射線の性質を実験し、考察した(第7図)。

2時間目	目標	グループによる実験を通して放射線を科学的に理解する。
①	特性実験セットを使った放射線量の測定	距離や遮蔽による放射線量の変化の仕方を確認する実験をグループで行う
②	放射線量を減らす方法の考察	個人、グループ、全体で考え、まとめる
③	学習の振り返り・まとめ	

第7図 2時間目の流れ

まず、前時に生徒が挙げた質問の中で、「測定値が時間とともに変化する理由」「マンツルの放射線量」「他クラスの測定結果」等を説明した。

次に、放射線源からの距離と放射線量の関係を調べる実験と、遮蔽効果を調べる実験を行った(第3図)。実験前に結果を予想し、測定後に共有・比較して、気付いたことや疑問等を付箋・ワークシートに記入した。最後に、2時間の授業を振り返り、まとめを行った。

2時間ともに、グループによる実験を中心とした活動を行った。放射線量の変化を実際に測定することや、生徒が互いの結果を比較・検討する活動を行うことは、実証性、客観性の視点から科学的な理解を目指すために有効と考え、授業の中心に据えて計画した。

ウ 検証授業における生徒の様子

[1時間目]

生徒の多くが、理科室内で放射線が検出されると思っていなかったようで、導入ではかるくんのブザー音を聞かせたときには、どよめきが起こり、信じられないといった表情を浮かべる生徒もいた。

霧箱の観察では、生徒から、「本当に見える」「わあ、すごい」といった驚嘆の声が聞かれた。これから学習する放射線の存在について実感したようであった。

スライドを使った放射線の説明について、生徒からは、「どこが大切なのか理解しやすい」「写真や図が一緒に見えて分かりやすかった」という感想が聞かれた。生徒は、説明を聞きながら、ワークシートや付箋に考えたことや疑問等を記入していた。

測定実験では、意欲的に実験を進める生徒の姿が見られた。はかるくんを1人1台使ったことが、生徒の意欲喚起につながったようである。また、自分の測定結果を、グループ内の他のメンバーだけでなく、他グ

グループや学校外の地域の値とも比較したことで、測定結果に客観性を持たせることができ、生徒は放射線の存在を実感することができたようである。

ワークシートには、「外よりも校舎内の値の方が大きくて驚いた」「思っていたより（測定値に）ばらつきがなかった」等の記述があった。また、生徒は授業の中で多くの疑問を持ったようで、付箋に多くの質問が書かれていた。その質問については、2時間目のはじめに取り上げて解説する時間を設定した。

〔2時間目〕

実験では、放射線源から離れるほど放射線量は減ること、γ線の多くは鉛によって遮蔽されること等の放射線の性質を、数値を比較することで実証できた。

実験前の予想では、放射線源からの距離と線量の関係について、「前時の観察で、放射線があまり遠くまでは飛んでいなかったことから、放射線源から離れるほど線量は減るのではないか」といった、観察結果を根拠にして予想した生徒がいた。遮蔽物と線量の関係については、「遮蔽物の密度が高い方が、放射線を防ぐのではないか」といった、これまでの理科の学習内容と結びつけて予想した生徒がいた。

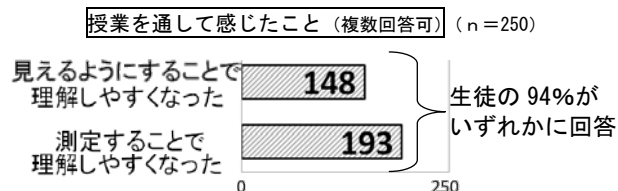
ワークシートには、「学んだ知識を実験によって確認できたことで理解が深まった」「測定値を比べて確認合ったことで、傾向が分かった」等の記述が見られた。これらのことから、放射線の性質を実証しながら学んだことや、測定結果をグループで比較・検討したことが、生徒の理解につながったと考えられる。

3 アンケート調査の結果と考察

放射線を可視化させる実験が、生徒の理解を深める有効な手立てとなったかを検証するため、検証授業の前後に調査を実施し、その結果を分析した。

(1) 可視化による理解の深まり

「授業を通して感じたこと」として、94%の生徒が、「見えるようにすることで理解しやすくなった」「測定することで理解しやすくなった」のいずれかに回答した（第8図）。



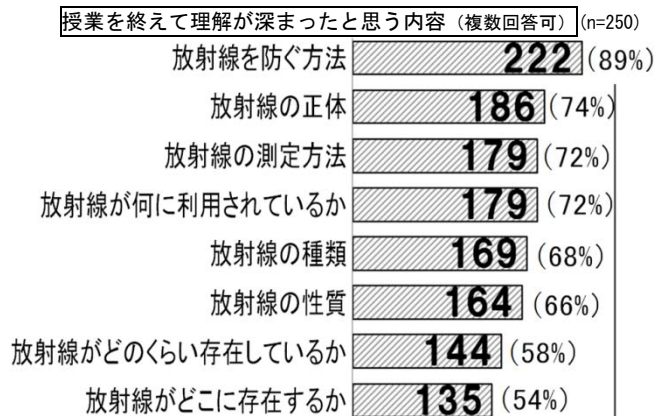
第8図 観察・測定による理解の深まり

生徒の感想には、「放射線の軌跡を肉眼で観察したことで、放射線のイメージがわいた」「放射線を自分で測定したことで、放射線が自分の周囲に存在していることを実感した」等の記述が見られた。これらの記述から、放射線を可視化させる実験を行ったことで、生徒は放射線の存在を実感できたことがうかがえる。

また、「授業を終えて理解が深まったと思う内容」

として、放射線の測定方法や正体、放射線を防ぐ方法を挙げた生徒が多かった。これは、はかるくんを1人1台使ったことや、実験を中心とした授業とした結果と考えられる。

また、放射線の性質や種類、存在量等すべての質問項目で、過半数の生徒が「理解が深まった」と回答している（第9図）。

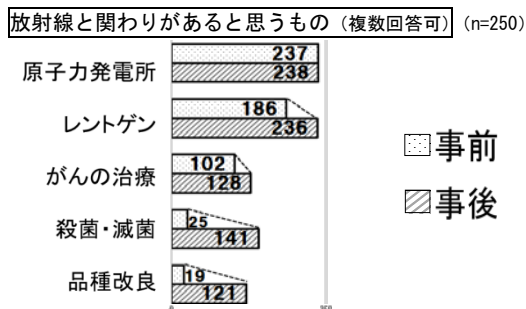


第9図 授業を通して理解が深まった内容²⁵⁰

以上の結果から、放射線を可視化させる実験が、生徒の理解を助ける有効な手立てになったと考えられる。

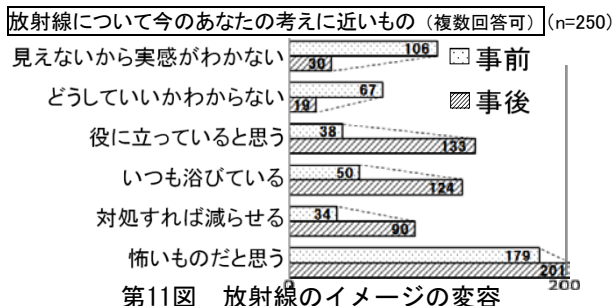
(2) 意識の変容

「放射線と関わりがあると思うもの」を選ぶ質問では、授業前に回答が少なかった「殺菌・滅菌」「品種改良」等の項目で、授業後の回答数が増えた。生徒の感想には、「様々な分野で利用していると知り、身近にあると実感した」とあった。授業を通して、放射線と日常生活との関連付けができたと考えられる（第10図）。



第10図 放射線と実生活の関わりについての認識

「放射線について今の考えに近いもの」を選ぶ質問では、「見えないから実感がわからない」「どうしていいかわからない」と回答した生徒は減少し、「対処すれば減らせる」「怖いものだと思う」等の項目では回答が増えた（第11図）。



第11図 放射線のイメージの変容

研究のまとめ

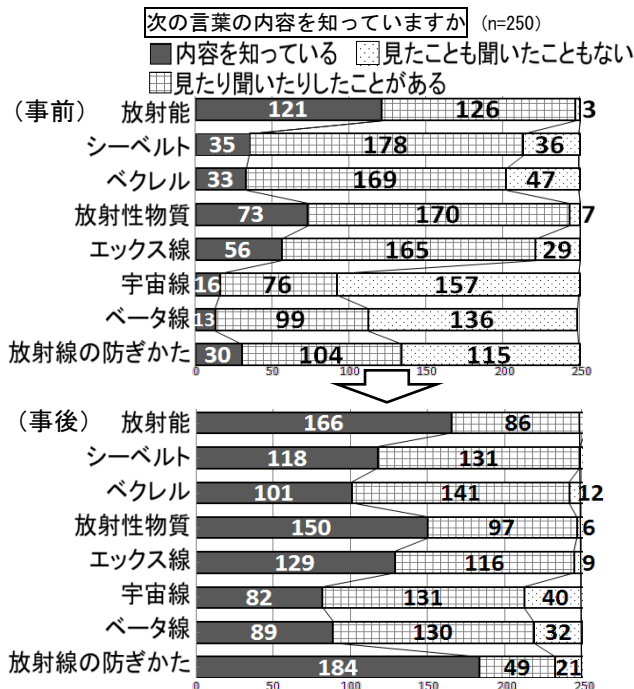
生徒の感想には、「0.050[μ Sv/h]と少量でも、常に自分が放射線を受けていることに驚いた」「身近な事に使われていると知り、意識が高まった」等があった。

放射線の性質とともに、技術利用や対処法を学ぶことで、「怖いものだと思う」という回答は減るのではないかと考えていたが、予想に反し増えていた。増えた理由を、生徒の感想や理解の深まりの状況から考えると、学習前の漠然とした「怖い」から、放射線について理解した故の「怖い」へと変化したからではないかと考えられる。つまり、生徒は放射線と実生活の関わりと、放射線が生物に及ぼす影響を併せて学んだことで、日常生活と関連付けて考えるようになり、根拠のある「怖さ」として実感するようになったからではないかと考察している。

また、生徒の学習意欲や態度にも変容が見られた。ワークシートでは、82%の生徒が「放射線についてもっと詳しく知りたい」と回答した。また、「他人事ではない。これからちゃんと深く考えよう」「どのように放射線と暮らしていくのか考えていきたい」等の記述があった。これらのことから、放射線への理解が、生徒の学習意欲を喚起し、今後の放射線利用について考えようとする態度の育成につながったことがうかがえる。

(3) 理解を伴った知識の習得

「次の言葉の内容を知っていますか」という質問に対して、授業後はすべての項目で「内容を知っている」という回答が大きく増えた（第12図）。



第12図 放射線に関する知識の向上

可視化による理解の深まり、意識の変容、生徒のワークシートの記述等を併せると、生徒は、今回学んだ知識について、これから自分の生活に役立てて行くことができる、理解を伴った知識として習得することができたと考える。

放射線を可視化させる実験を中心とした授業を通して、生徒の知識の向上と理解の深まりが見られた。さらに、放射線についての学習意欲の高まりや、これからの放射線利用について考えていこうとする態度の育成を図ることができた。

放射線を科学的に理解する授業の在り方として、放射線を可視化させる実験を取り入れることが有効であることが分かった。実験においては、実証性や客観性の視点から結果を検討する手続きを重視し、科学的な理解を目指すことが大切である。

また、放射線を学ぶにあたっては、放射線使用のメリット・デメリット両面を伝え、これから放射線をどのように利用していくのか、生徒が考えられる授業にすることが重要であることが分かった。

本研究では、中学校理科において、生徒が放射線の基礎的な性質について科学的に理解することを目指した。放射線についての理解をさらに深め、自ら考え、判断する力を育むためには、理科だけでなく様々な分野の知識が必要となる。本研究の成果と課題を踏まえながら、放射線について、他教科や総合的な学習の時間等における指導の在り方を併せて考えていくことを、今後の課題としたい。

おわりに

放射線等の科学技術全般について、まず理解を深め、これからどのように利用していくのか考え、判断していく力を育むことが求められている。生徒には、近い将来、大人として意思決定を任される場面が訪れる。学んだ知識を生活に役立てて、根拠に基づいて考え、判断しようとする態度を持ち続けることを強く願う。

引用文献

- 文部科学省 2008 『小学校学習指導要領解説理科編』大日本図書 p.10
- 文部科学省 2008 『中学校学習指導要領解説理科編』大日本図書 pp.52-54
- 文部科学省 2011 「放射線等に関する副読本」(http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/detail/1311072.htm (2014. 2. 25取得))

参考文献

- 日本科学技術振興財団 「はかるくんWeb」(<http://hakarukun.go.jp/> (2014. 2. 25取得))
- 放射線等に関する副読本作成委員会 2011 『中学生のための放射線副読本』文部科学省
- 毎日新聞 「『放射能怖い』福島からの避難児童に偏見」(2011. 4. 13)