

# 中学校教員のための放射線教育－教員免許状更新講習の取り組み－

理科教育講座 中村 琢

## 1. はじめに

教員免許更新制は2009（平成21）年度から導入され、今年度で6年目となる。この教員免許状更新講習の目的は、現職教員が必要な資質能力を、その時々で保持されるよう、定期的に最新の知識技能を身に付けることである。岐阜大学が開講した理科の教員免許状更新講習では、座学で一方向的に情報を与える形式ではなく、理論と実践を交え、現在の教育の状況も紹介しながら、受講する現職教員の参考になるように内容と構成を工夫している。

本稿では、現在の理科教育の状況を整理したうえで、2014（平成26）年度に実施した中学校の理科物理分野の教員免許状更新講習の内容を紹介し、その成果と今後の課題を考えたい。

本講習は、平成26年6月22日に岐阜大学教育学部附属中学校で開催された研究発表会と併せて、「附属学校実践演習」として実施した。その内容は、附属中学校の理科教員による公開授業の参観と理科分科会の参加、大学教員による授業と実験実習の2部からなる。公開授業は、附属中学校の3名の教諭が主体となり、学習者による主体的な学びを促進させる新しい教授法を盛り込み、それぞれ膨大な授業準備を経て実施された。大学教員は、教諭の授業の設計を事前に把握し助言したうえで、受講者とともに公開授業を参観し、理科部会での振り返りにも助言者として関わった。本講習では公開授業と大学教員による授業・実習の内容に一貫性を求めず、幅広い項目を扱うことを優先し、それぞれ独立の内容とした。

大学教員による授業・実習は仲澤和馬、中村琢の2名が異なる内容を担当した。本稿では特に、著者の中村が担当した放射線に関する授業および実習について述べることにする。

## 2. 理科教育の現状を考える

### 2-1 理科教育の現状

ここで現在の理科教育の状況を、様々な視点からまとめておく。はじめに、現行の学習指導要領の元となる中央教育審議会による答申<sup>1)</sup>の「教育内容に関する主な改善事項」において、「理科教育の充実」が掲げられたことは注目すべきことであった。

これを受けて、2008（平成20）年告示の現行の中学校学習指導要領<sup>2)</sup>では、理科の授業時間数が大幅に増加され、小学校ではこれ以前と比べ16%増の405時間に、中学校では33%増の385時間になった。また、総則第4の「指導計画の作成に当たって配慮すべき事項」では、「生徒の思考力、判断力、表現力等をはぐくむ観点から、基礎的・基本的な知識及び技能の活用を図る学習活動を重視する」と記された。さらに、教科の指導に当たっては、「体験的な学習や基礎的・基本的な知識及び技能を活用した問題解決的な学習を重視するとともに、生徒の興味・関心を生かし、自主的、自発的な学習が促されるよう工夫すること」として、知識技能の活用と学習者の主体的な学びを主軸にした、質、量両面の充実へと大きな転換が図られた。この流れの中、中学校理科では、「理科の改善の基本方針」として「観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動、探究的な学習活動を充実する方向で改善する」と示された<sup>3)</sup>。

果たして成果はどうであろうか。平成24年度全国学力・学習状況調査の理科の結果<sup>4)</sup>では「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明することに課題が見られる」と指摘され、特に中学校では、「理科の知識や技能の活用と、科学的な根拠を基に説明することに課題がある」と明確にされた。一方、

TIMSS や PISA の国際比較調査によると、日本の理科の成績は依然として上位にあるものの、理科に対する意欲に課題があると指摘されている<sup>5) 6)</sup>。

以上の状況を考えると、これからの理科授業に求められるのは、学習者に授ける知識の量や質だけではなく、知識を獲得していく過程で「科学的リテラシー」を育てることのできる教授法ではないだろうか。児童・生徒がこれまでの既習の知識を活用し、適切な課題を設定して解決に至る探究の過程を経験しながら、主体的に理科の概念を獲得していくことが求められているのである。

## 2-2 理科教育における放射線の取り扱い

上記のような理科の状況を踏まえ、今回の講習で取り扱う放射線教育が、義務教育の理科でどのように扱われてきたかについて、これまでの状況を整理しておく。あらためて指摘するまでもなく、2011（平成23）年3月11日に発生した東日本大震災と、福島第一原子力発電所事故による放射性物質の放出が甚大な被害をもたらしている。原子炉をとりまく汚染水の処理や、地上に降り積もった放射性物質の処理問題は、震災から4年が経過する現在においても、極めて重大な課題である。氾濫する情報の中で、人々の放射線に関する不安や関心がそれ以前に比べて高まっている。そのなかには、科学的根拠のない風評被害や偏見などを煽るものも多く、背景に国民の放射線に対する知識不足が大きく影響している。このような時代であるからこそ、自分自身で放射線についての情報の正当性を判断し、意思決定する力が必要であり、そのための放射線教育が重要になる。

小学校では、1951（昭和26）年告示の学習指導要領から2008（平成20）年改訂の現行の学習指導要領までの中で、理科で放射線が扱われたことはない。社会科の第二次世界大戦における原子爆弾などを除けば、放射線の内容に触れることはない。

中学校は、1947（昭和22）年告示の学習指導要領では、放射線の扱いはない。1951（昭和26）年の学習指導要領から、中学校第3学年の「科学によって見える世界はどのように広がったか」という単元で、X線の性質と利用を学習したのが最初である。1958（昭和33）年の改訂では、理科第1分野で、X線は電波であり透過力が大きいこと、原子の構造と、放射性元素から放射線が出ることを扱った。第2分野では「エネルギー資源」の単元で、原子力の特性を扱っている。その後の1969（昭和44）年の改訂では、第2分野から「エネルギー資源」の単元が消え、第1分野の「物質と電気」において、放射性元素が放射線を出してほかの原子に変わることを教えた。1977（昭和52）年の改訂では、それまで過密であったカリキュラムから学習内容が削減され、いわゆる「ゆとり教育」が始まった。放射線もその煽りを受け、中学校の理科から削除された。以降2008（平成20）年の改訂時に復活するまでの30年もの間、義務教育で放射線が扱われることのない時代が続いた。

現行の学習指導要領では授業時数の増加に伴い、中学校第3学年「科学技術と人間」の「エネルギー資源」の単元で、人間は水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていることとともに、放射線の性質と利用についても触れることになった。学習指導要領解説理科編では、触れるべき性質や利用の具体例に「原子力発電では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」と示された。あくまでも中学校理科における放射線は、エネルギー資源の単元の一部であり、教科書会社4社（東京書籍、啓林館、大日本図書、学校図書）の教科書と年間指導計画案では、中学校第3学年の最後の単元に割り当てられている。多くの中学生はこの時期に高等学校の入試を控えており、丁寧に実験や観察をしたり、多くの時間を費やしたりできないのが現状であろう。

高等学校での取り扱いについても簡単に触れておく。1948（昭和23）年以降、高等学校物理、化学、地学において放射線および原子力の内容を扱っている。1999（平成11）年の学習指導要領では、理科基礎および物理Ⅰでは放射線に関連する内容は扱われておらず、理科総合Aの資源・エネルギーと人間生活の単元で原子力の利用について学習していた。原子力に関連して天然放射性同位体の存在や、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線

の性質にも触れていた。2009（平成21）年告示の現行の学習指導要領における「物理基礎」では、「原子力については、関連して $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線、中性子線などの放射線の特徴と利用、線量の単位など、放射線及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れる」とされ、「物理」では「原子と原子核」の単元で、「原子核の構成、崩壊、半減期、核分裂、核融合、原子核反応について扱い、さらに放射線計測、霧箱を用いた放射線の観察などを行うことが考えられる」とされた。表1に物理基礎の教科書の内容の比較を示す。

表1 高等学校物理基礎の教科書内容の比較（扱いのある場合は○）

内容	東京書籍	啓林館	数研出版	実教出版	第一学習社
$\alpha$ 線・ $\beta$ 線・ $\gamma$ 線	○	○	○	○	○
中性子線	○	○	○	○	○
放射能	○	○	○	○	○
放射性物質		○	○		
放射線の透過性	○	○	○	○	○
電離作用	○	○	○		○
単位 Bq	○	○	○	○	○
単位 Sv	○	○	○	○	○
単位 Gy	○	○	○	○	○
単位 Ci					
半減期		○		○	○
霧箱	○				
放射線量測定				○	○
距離による防護			○	○	
時間短縮による防護			○		
遮蔽による防護			○	○	

現行の学習指導要領は福島第一原発事故前に告示されたものである。検定教科書も事故以前に作られており、放射線防護に関することや、原子力発電の危険性などに対する記述は少ない。

原発事故から8か月後の2011（平成23）年11月に、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」とし、「日本の将来を担わなければならない子ども達においては、小学校・中学校・高等学校の各段階に応じて、放射線や放射能、放射性物質について学び、自ら考え、判断する力を育むことが大切である」として、「放射線等に関する副読本」を作成し、全国の小学校・中学校・高等学校等の児童・生徒に配布した<sup>7)</sup>。また、すべての教員に教師用解説書も準備された。

他方、この副読本への批判も少なくない<sup>8)</sup>。「今回の未曾有の事態に的確に対処するための一助」と位置付けておきながら原発事故に関する記述が一切ないことや、原子力を推進する立場から一方的に編集されていること、原発事故について過小評価されていることなどが挙げられる。こうした意見も反映され、2014（平成26）年には「新しい放射線副読本」が公表された<sup>9)</sup>。原発事故後による被害や、風評被害、偏見・差別、事故からの復興・再生に向けた取り組みなどが取り入れられた。

### 2-3 教員の現状

教育現場で理科教育を行っている教員は、放射線の教育をどのように捉えているだろうか。岐阜県の理科専門の現職教員76名（小学校22名、中学校38名、高等学校16名）に対して、2014（平成26）年度に教育経験と意識について、質問紙による調査を実施した。

表2に放射線教育の経験、学習経験および放射線副読本の使用経験の調査結果を示す。放射線の内容を授業で扱った経験のある教員はわずか24%であった。小学校では扱わないことや、高等学校では物理でのみ

扱うということもあり、現状ではこのような結果になっている。授業での指導内容についての自由記述では、中学校・高等学校では、1～2時間以内の授業時数で座学中心で行われていた。2名の教員が、放射線測定器「はかるくん」を用いた環境の放射線量の測定を挙げていた。中学校では各種発電方法のメリット、デメリットを調べさせ、議論させるなどの取り組み例も挙げられた。自身の学習経験については半数の理科教員が、これまで放射線について学習経験がないと回答した。そのような経験のない教員にとっては、実験や観察を伴う授業の設計は難しく、座学中心にならざるを得ないであろう。放射線測定器は高価であり、測定器のない学校が多いことも、原因となっている。また、放射線副読本の使用経験については、驚くべきことにわずか2名の教員が授業で使用しただけであった。その理由として、どのように扱えばよいかわからない、内容が難しすぎる、生徒のレベルに合っていない、授業時間の確保ができない、などの意見が挙げられた。

表2 放射線教育の経験に関する質問紙調査結果 (N=76)

放射線を授業で扱った経験	ある 24%	ない 76%		
放射線を学習した経験	ある 48%	ない 52%		
放射線副読本の使用経験	授業で使用 3%	授業計画の参考にした 10%	個人的に読んだ程度 32%	使用していない 55%

次に、放射線教育についての意識調査の結果を表3に示す。質問紙は4件法で回答を求めた。「かなりそう思う」「ややそう思う」を肯定的回答、「あまりそう思わない」「全くそう思わない」を否定的回答としてまとめ、合計人数を換算して各項目について直接確率計算（両側検定）による分析を行った。

いずれの質問項目についても肯定的群と否定的群との関連を直接確率計算で分析すると、有意な差が見られた。福島原発事故前後に、95%の教員の「放射線に関する意識・関心」が高まっているものの、指導経験が乏しいことから、この分野に苦手意識を持ち、指導に不安を感じる教員が86%にも上ることは、憂慮すべき事態である。加えて、小中高等学校の全児童・生徒と教員に配布された放射線副読本も、現実的にはほとんど活かされていないことが明らかとなった。

状況を改善するためには、教員が実際に実験・観察を伴う体験的な学習を経験し、学びなおす必要がある。そのため、一般の教員が取り扱える放射線教材を開発し、指導法を含めて普及させることが必要であろう。

表3 放射線教育の意識に関する質問紙調査結果 (N=76)

質問項目	かなり そう思う	やや そう思う	あまり そう思わない	全く そう思わない	直接確率計算
福島原発事故の前後で放射線に関する意識・関心は高まった。	61	11	1	1	$p = .0000$ **
放射線の指導に不安を感じる	48	17	7	4	$p = .0000$ **
放射線副読本の内容は難しいと感じる	18	32	18	3	$p = .0008$ **

### 3. 教員免許状更新講習

これまで述べた状況から、放射線をテーマにした講習が必要であると判断した。ここからは教員免許状更新講習における大学教員の授業と実習について、具体的な内容を紹介する。岐阜県では小中学校の教員の人事交流があるので、小学校教諭を含む7名の現職教員が本講習を受講した。いずれも放射線について実験や測定をした経験がなく、勤務校の授業で生徒に教えた経験もない方々であった。講義と実習の内容、使用するテキスト、結果と課題について順に論じていく。



### 3-1 講義と実習の内容

次の表4に示す内容で事前講義と実習を実施した。事前講義は作成した講義資料を用いて座学で行った。実習は受講者が一人ですべてを実験できるように、教材を人数分用意した。

表4 講義・実習の内容

項目	内容
事前講義	(1) 理科の現状を考える 本稿の2-1「理科教育の現状」で整理した内容を補足しデータを用いて説明
	(2) 放射線教育の指導の状況 本稿の2-3「教員の現状」で述べたことを紹介
	(3) 放射線に関する講義 放射線に関係する知識を講義形式で紹介
実習1	放射線量マップを作る
実習2	いろいろな物から出る放射線量を測定する
実習3	放射線の遮蔽効果を測定する
実習4	放射線源から距離を離れたときのγ線量の変化を測定する
実習5	放射線の飛跡の可視化（霧箱の製作と観察）
確認テスト	実習内容の理解を確認する試験

#### 1. 事前講義 (3) 放射線に関する講義

次の事柄について講義を行った。中学校の理科で扱う内容に加え、高等学校の物理、化学、地学で扱う内容を含め、基になる原理にも触れながら解説した。

事前講義で扱った内容：物質の構成要素、自然界の階層性、放射線・放射能の発見の歴史、X線の発見、ベクレルの実験、キュリー夫妻の実験、放射線・放射能の定義、放射線の種類（電磁波放射線、粒子放射線）、放射能の減り方（物理学的半減期、生物学的半減期）、放射線の単位（ベクレル、シーベルト）、原子核の崩壊（α崩壊、β崩壊、γ線放射）、放射線の透過力、崩壊系列（トリウム系列、ウラン系列）、食品中の放射能濃度、大地の放射線レベルの世界比較、宇宙線の成分と宇宙線量、実効線量と等価線量、放射線の利用、放射性炭素年代測定法、放射線の人体への影響、生体反応のメカニズム、確定的影響と確率的影響

#### 2. 実習1 放射線量マップを作る

学校の敷地の地図を用意し、いろいろな場所の自然放射線量を測定して、放射線量マップを作成する実習である。検出器は環境放射線モニタ Radi (HORIBA、PA-1000) を使用した。空間線量率の単位  $\mu\text{Sv/h}$  の意味を理解させ、身近な環境の値を確認した。花崗岩には放射線を出すカリウム ( $^{40}\text{K}$ ) や微量のウランが含まれているので、花崗岩の敷石がある道や、花崗岩でできた門柱、石碑等の付近は測定値が高めに出ることを学習した。この環境放射線モニタは1台約10万円と高価であり、中学校の現場で入手が困難な場合には、検出器の貸し出しもできることを合わせて伝えた。

#### 3. 実習2 いろいろな物から出る放射線量を測定する

身近な物から出る放射線量を測定する実習である。道路、コンクリート、レンガ、岩石、カリ肥料、鉱物標本、食塩、塩化カリウムなどから出る放射線量を測定した。検出器は同じく Radi を使用した。自然放射線のγ線の場合、最も多いのはカリウム ( $^{40}\text{K}$ ) から出てくるγ線のため、カリウムを多く含むものは測定値が大きくなることを確認した。鉱物標本でもモナズ石や閃ウラン鉱では大きな値が出た。

#### 4. 実習3 放射線の遮蔽効果を測定する

放射線源と検出器の距離を一定に保ち、間に様々な物を挟んだ時に、測定値がどのように変化するか調べる実習である。検出器はRadiを使用した。遮蔽体としてレンガ、水、アルミニウム板（厚さ0.3mm、1mm）、アクリル板（厚さ1mm）を用いた。

放射線源として、岐阜県土岐市の山林から採掘した花崗岩を用いた。岐阜県は環境の放射線量が福島県の一部を除いて日本で最も高く、特に東濃地域にはウラン鉱床があり、天然の露頭として存在している箇所がある。今回使用した花崗岩は100g程度に砕いた小石で5～10 $\mu\text{Sv/h}$ の物である。コイン線源などの密封線源を使用する方法も考えられるが、学校の授業で使用するには、天然の物の方が教育上良いと考える。放射性物質は放射線管理区域や原子力発電所などの特殊な場所にしかないと考えられる生徒が多く、このような誤った考えを持たないためには、できるだけ身近な環境の物から教材を作ることが望ましい。線量の強い物の方が、遮蔽効果がわかりやすく、理論との比較もしやすい。この実験には1 $\mu\text{Sv/h}$ 以上の線源の利用が理想的であるが、それより低い物でも使用できる。

遮蔽体の種類、厚さにより、遮蔽効果が変わること確かめた。

#### 5. 実習4 放射線源から距離を離れたときの $\gamma$ 線量の変化を測定する

放射線源と測定器との距離を変えたときの $\gamma$ 線線量率を測定する実習である。放射線源として同じく花崗岩を使用し、検出器はRadiを用いた。測定値からバックグラウンドの値を減じた値が、距離とともに下降していく様子をグラフに表わすと、放射線量が距離の2乗に反比例することがわかる。放射線量が距離とともに、なぜこのような減り方をするのかを考えさせるのも適切な課題である。グラフの書き方を工夫させ、横軸に距離の2乗の逆数を取り、縦軸を測定値とするとグラフが直線になることなどを理解させる（図1）。測定を繰り返し、測定値がばらつくことを確認させ、放射線は放射性同位元素が壊変することにより出てくるが、存在する放射性同位元素の何個が崩壊して $\gamma$ 線を出すかは、確率で扱うしかないと理解させる。標準偏差と平均値を求めて、ばらつきの程度を調べ、より真の値に近い値を求める。

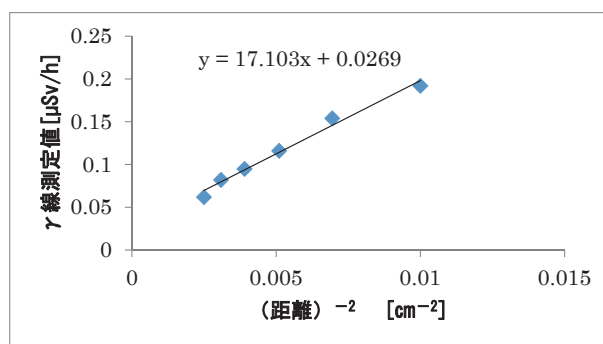


図1 放射線源からの距離と $\gamma$ 線線量率との関係

#### 6. 実習5 放射線の飛跡の可視化（霧箱の製作と観察）

実習1～4は、いずれも放射線の測定装置を必要とする実習である。得られる情報は $\gamma$ 線の線量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）である。数値は一見わかりやすいようで、実はその数値の意味することの理解は難しい。中学校の現場で数値の大小でこの単元の内容を習得するには、あらかじめ調べ学習をするなどの工夫が必要である。

一方、放射線の飛跡を可視化できる教材として霧箱がある。霧箱は、アルコールの過飽和状態の中を、電荷を持った放射線が通ると周辺の気体分子をイオン化し、イオンを核としてアルコールの液滴が引きつけられ、凝結する現象を利用した飛跡検出器である。荷電粒子の飛跡に沿って霧を観察でき、人間の五感では感じることはできない放射線を、可視化できる画期的な教材である。ドライアイスとアルコールを使用して簡単に作製できることから、教科書にも取り上げられている。ここでは図2に示す2種類の霧箱を紹介する。



図2 放射線源マントルを使用したペットボトル霧箱（左）、放射線源を使用しない高感度霧箱（右）

図2の左はペットボトルを容器として使用した霧箱である。ドライアイスと接触させるための1mm厚のアルミニウム板で底面を作り、内側を黒く塗る。ペットボトル上部にはアルコールを保持するためのスポンジテープを巻き、上面をラップで蓋をする。放射線源として、ランタン用のマントルを入れる。暗い部屋で懐中電灯の光を上から照らし、霧に注視していると時々放射線の飛跡がマントルから出るのを確認できる。マントルは照明として使われるランタンの燃料であり、放射性トリウムを染み込ませてある。トリウム系列の核種が崩壊する際の $\alpha$ 線や $\beta$ 線が出て、その飛跡を観察できる。

しかし、今日ではこのような放射性物質を教材として使うことが難しくなっている。原発事故以降、人々の放射線への関心が高まり、危険だからと拒否する人々が増えたこともあり、放射性物質を使用したあらゆる製品が姿を消した。このマントルも非放射性的の物へと変更が加えられ、放射線源として使えなくなってしまった。このような背景から、放射線源を使用しない霧箱が必要となった。環境中に存在する自然放射線の飛跡をとらえることのできるような高感度の霧箱が求められた。

こうして開発された高感度霧箱が図2の右に示す新しい霧箱である<sup>10)</sup>。林らによって開発された大型の霧箱<sup>11)</sup>を参考にして材料を選定した。感度を上げるために容量を5Lまで大型化し、効率よく霧を発生させるためのアルコールの液貯めと、毛細管現象を利用してアルコールを容器全体に満たす機構を付加した。さらに、ドライアイス層との熱交換効率を上げるために、底面の物質量を極限まで減らした。これにより環境の自然放射線の飛跡の観察と、粒子の識別ができるようになった。図3に示すように、観察された放射線の飛跡は種類によって見え方が異なる。この霧箱は、荷電粒子が霧箱内の原子と電磁相互作用をすることによるエネルギー損出の割合の差によって、飛跡の太さと長さが異なる。 $\alpha$ 線は飛程が数cmと短く、電離損出量が大きいため太い飛跡となる。 $\beta$ 線はエネルギーにより直線であったり、散乱を受けてふらふらと曲げられたりした細い飛跡である。 $\gamma$ 線は電荷を持たないためそれ自体の飛跡は見えないが、コンプトン散乱による2次電子の飛跡として間接的に観察される。コンプトン電子の場合、霧箱中の途中から飛跡が発生するのが特徴である。また、高エネルギーの宇宙線の飛跡は定規で引いたような薄い直線の飛跡として観察される。大部分は天頂方向から飛来するが、ごくまれに横方向の飛跡も見られる。

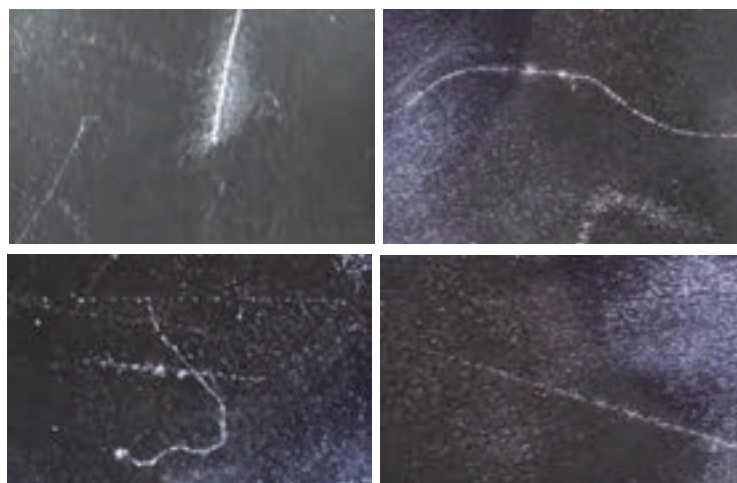


図3 霧箱中で観測された放射線の飛跡  
(左上： $\alpha$ 線、右上： $\beta$ 線、左下： $\gamma$ 線によるコンプトン電子、右下：宇宙線)

この高感度霧箱は放射線の種類と特徴の違いを、ビジュアル映像として識別が可能であるため、生徒にとっても直感的に理解しやすい利点がある。入射する放射線の痕跡をリアルタイムで映像として見られることは、インパクトが大きく、線量計の数値と霧箱の見え方との対応もわかりやすい教材である。また、花崗岩を放射線源として用いて、放射線の物質への吸収と遮蔽の効果や、距離をとることにより入射放射線の数が減少すること、照射時間を減らすことにより入射放射線の飛跡数の蓄積を減らせる、という「放射線防護の3原則」を目で見て確認できる教材である。

## 7. 確認テスト

講習の最後に実施した確認テストでは、次のような問題を出題した。

- (1) 放射線の種類と電荷、磁場中でローレンツ力を受けた荷電粒子のふるまい。
- (2) 放射性崩壊における原子番号、質量数の変化。
- (3) 半減期を用いた放射性崩壊による原子核数の減り方の計算。
- (4) 実習1から実習5までの内容で学んだことのまとめを記述。

### 3-2 結果と課題

これまで述べてきたように、放射線教育に関する内容で教員免許状更新講習を実施してきた。ここで成果と課題をまとめてみたい。

現職の教員にとって、指導経験に乏しく苦手意識の根強い放射線分野を、講義形式と実習形式で一通り紹介し、体験してもらったことは、成果と言えるだろう。実習では一人ずつ実験装置を用意し、実験の全工程を体験してもらい、実際の指導でどのように工夫できるかなど、考える機会を提供できた。すべての実習を体験することにより、放射線防護の3原則を実験結果から獲得できる内容とすることができた。受講者から、「今まで知識として知っていたことの本当の意味が分かった」、「今回の実習で体験した実験を授業で実施してみたい」という好意的な感想を聞いた。本講習の最終的な意義は、受講者が教育現場で今回の経験を活かしてもらうことにあり、今回はその意味で一定の役割を果たせたと考える。

一方、課題は、実習内容を詰め込んだために、1つ1つの実習について細かく議論したり、考察したりする時間を十分に確保できなかったことが挙げられる。実際、全体を2部構成にしたことにより、この放射線の内容を約2時間で実施した。今年度に初めて計画し実施したもので、時間配分を甘く見積もっていたのは反省点である。座学中心で一部分を実習という形式も検討したが、放射線について一通りの内容を扱うこと



と、体験を通して学んでもらうことが、生徒を前にした教育現場では役に立つと考え、実施に踏み切った。

受講者の理解度を測るために講習の最後に行った確認テストでは、特に知識に関する問題と、計算問題の成績が悪かった。例えば、主な放射線の種類で $\alpha$ 粒子は質量数4、原子番号2のヘリウム原子核で電荷は+2、 $\beta$ 粒子は原子核から出る電子で質量数0、電荷-1であり、 $\alpha$ 線と $\beta$ 線が磁場中でローレンツ力を受けて曲げられる様子や、 $\alpha$ 崩壊、 $\beta$ 崩壊の前後で原子番号や質量数の変化などで、知識の定着が不十分であった。計算問題では、原子核が放射性崩壊により減少していく速度を求める問題で、正答率が低かった。これは指数関数、対数関数の方程式を解く問題であるが、具体的な数値を順番に代入していくという解答が多く見られた。いずれも最初の事前講義でこれらに触れたことであり、高等学校の物理や、数学で扱う簡単な内容であるが、小中学校の理科では学習指導要領の範囲内では扱わない内容であるためか、難しく感じたようである。実習と結果を用いて議論をするなどの時間が足りなかったことが原因と考えられる。

加えて、今回の実習内容を中学校の理科授業でどのように実施すべきかについて、受講者と議論することができなかった点も課題である。授業設計において、教育効果の高い方法として学習者主体型の活動や、近年注目が集まっている教育工学的視点を加味した授業について、現場の経験のある受講者の意見を聞いてみたかった。

これらの課題を修正、改善し、受講者のアンケートの結果も分析して次年度以降の講習に活かしていきたい。

#### 4. おわりに

本稿では、現在の日本の理科教育の状況をまとめ、中学校理科に30年ぶりに復活した放射線の教育内容とその取り扱いおよび、教員の状況について論じてきた。さらに中学校理科の教員免許状更新講習において実践した放射線教育の実習内容とその効果について述べた。

福島第一原子力発電所事故後の日本は、これまでにないほど人々の放射線についての関心が高まった。諸問題を解決していく日本の将来を担う子どもたちのために、正しい放射線教育が必要になっている。そのためにはリスクとベネフィットの両論を示し、一方だけを押し付けない教育が必要であろう。教育現場では実験実習を通して放射線の性質を学ばせながら、考え判断する材料と機会を提供すべきであろう。

次期学習指導要領の改訂に向けて、文部科学省による中央教育審議会への諮問<sup>12)</sup>がなされ、「【何を教えるか】という知識の質や量の改善はもちろんのこと、【どのように学ぶか】という、学びの質や深まりを重視することが必要であり、課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習（いわゆる【アクティブ・ラーニング】）や、そのための指導の方法等を充実させていく必要がある」と示された。

放射線教育をどのような教授法で行うのか、教師の力量が問われるところである。本教員免許状更新講習がその課題を考えるきっかけになったと考えている。

#### 謝辞

教員対象のアンケート調査の実施にあたり、岐阜県教育委員会教育研修課研究企画係の山田茂樹先生（現長良西小学校教頭）に多大なご協力をいただいた。また、附属学校実践演習で貴重な授業を公開してくださった吉田泰久先生、松浦亮太先生、山村雄太先生に感謝を申し上げたい。

#### 引用文献

- 1) 「幼稚園、小学校、中学校、高等学校および特別支援学校の学習指導要領の改善について（答申）」、中央教育審議会、2008年1月。
- 2) 中学校学習指導要領、文部科学省、2008年。
- 3) 中学校学習指導要領解説 理科編、文部科学省、2008年。
- 4) 平成24年度全国学力・学習状況調査の結果について（概要）、国立教育政策研究所、2012年9月。

- 5) PISA については例えば PISA2006、PISA2009、PISA2012などについて国立教育政策研究所の国際結果の要約がある。
- 6) 国際数学・理科教育動向調査の2011年調査 (TIMSS2011) 国際調査結果報告 (概要)、国立教育政策研究所、2011年。
- 7) 放射線等に関する副読本、文部科学省、2011年11月。
- 8) 例えば、みんなで学ぶ放射線副読本、後藤忍、福島大学放射線副読本研究会、2013年3月。がある。
- 9) 新しい放射線副読本、文部科学省、2013年12月。
- 10) 高感度霧箱を用いた中学校理科放射線分野の教材開発と教育効果、中村琢、日本理科教育学会第60回東海支部大会 研究発表要旨集、2014年。
- 11) <http://flab.phys.nagoya-u.ac.jp/2011/ippan/hcloudchamber/make/>
- 12) 初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について (諮問)、文部科学省、2014年11月。