

平成 30 年度 修士論文

放射線に関する認識調査結果分析及び  
放射線学習に寄与する授業案・実験法の提案

弘前大学大学院教育学研究科  
教科教育専攻 理科教育専修

16GP213 小倉 巧也

目次

頁

**第一章 序論**

1.1 研究の背景・目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1  
1.2 研究の方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2

**第二章 青森県中学生の放射線に関する認識調査結果分析**

2.1 緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4  
2.2 分析を行った調査項目・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4  
2.3 結果と考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5

**第三章 新旧中学校理科学習指導要領における放射線の取扱い分析**

3.1 緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11  
3.2 新旧中学校理科学習指導要領における放射線の取扱い 比較・分析・・12

**第四章 放射線教育の現状調査と放射線学習授業案の提案**

4.1 緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17  
4.2 放射線教育の現状調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17  
4.3 放射線学習授業案の提案・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・23

**第五章 放射線学習に寄与する実験法の提案**

5.1 緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・27  
5.2 放射線学習実験法の提案・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・28

**第六章 総論**・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・34

参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・36

謝辞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・38

# 第一章 序論

## 1.1 研究の背景・目的

平成 20 年に告示された学習指導要領改訂により，中学校理科第一分野第 7 単元「科学技術と人間」の「(イ)エネルギー資源」において「放射線の性質と利用」について触れることが定められた<sup>1)</sup>。以前の学習指導要領において放射線についての記述があったのは昭和 44 年告示の学習指導要領であり<sup>2)</sup>，約 40 年ぶりに再記述されたことになる。更に平成 29 年に告示された中学校理科学習指導要領では，新たに第一分野第 3 単元「電流とその利用」の「㊦静電気と電流」において「放射線の性質と利用」について触れることが定められた<sup>3)</sup>。このことから，中学校理科における放射線教育の重要性が高まっていることが窺える。

また，平成 23 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所事故をきっかけとした放射線に対する強い不安傾向があること<sup>4)</sup>，そして原子力発電所事故が発生してから数年経った現在においてもメディアを通して様々な情報が行き交い不安感が拭われていない現状にあることも知られている<sup>5)</sup>。放射線に関する知識・理解不足による混乱を防ぐという観点においても義務教育機関における放射線教育の重要性は高く<sup>6)</sup>，そこにおいて理科教員の果たす役割は大きい<sup>7)</sup>。

そこで本研究では，更なる効果的な放射線学習指導を実現すべく，まず始めに青森県中学生の放射線に関する認識調査結果の分析を行うことで放射線教育上の課題点の洗い出しを行い，さらに新学習指導要領における放射線の取扱いについて分析を行うことで今後必要とされる放射線教育法及び実験法を見出す。次に，これら結果を踏まえ，放射線学習指導法及び今後必要とされる放射線学習に寄与する実験法の提案を行う。

## 1.2 研究の方法

### 1.2.1 青森県中学生の放射線に関する認識調査結果分析

中学校生徒の放射線に関する認識の現状を把握すべく、青森県内の中学生を対象に実施された放射線に関する認識調査アンケートの結果分析を行った。解析に用いたデータは、日本原燃株式会社が放射線に関する出前授業を行った際に授業実施前に調査したアンケート結果である。放射線関連用語の認知度や放射線に関するイメージ等の分析を行うことで、青森県中学生の放射線に関する知識及び認識を把握するとともに、放射線教育を実施するにあたっての課題点及び今後必要とされる放射線学習指導法についても見出した。

### 1.2.2 新旧学習指導要領における放射線の取扱い分析

今後必要とされる放射線教育法及び放射線学習に寄与する実験法について見出すべく、平成 20 年告示の中学校理科学習指導要領(以下、旧指導要領)と平成 29 年告示の中学校理科学習指導要領(以下、新学習指導要領)における放射線に関する記述についての比較・分析を行った。尚、昭和 52 年以降平成 10 年度以前に告示された中学校理科学習指導要領は放射線についての記述が存在しないため、分析対象から除外するものとする。また、近年の放射線に関する取扱いの動向を図るという観点から、平成 20 年以降に告示された学習指導要領について比較・分析を行った。

### 1.2.3 放射線教育の現状調査と放射線学習授業案の提案

旧学習指導要領において、「放射線の性質と利用」について記述がなされているのは中学校理科第一分野の最終単元「科学技術と人間」の「エネルギー資源」であり、新学習指導要領においても「自然放射線」及び「放射線についての科学

的理解」について記述がなされているのは中学校理科第一分野の最終単元「科学技術と人間」の「エネルギーと物質」である。高校受験を目前に控えた3学年の最終学期に放射線についての授業が実施されるということもあり、生徒に十分な理解を図る授業を実施することが困難となっている実情がある<sup>8)</sup>。この現状を踏まえ、3学年の最終学期に集中する放射線授業を各学年の授業単元と関連付けて段階的に実施するモデル授業案が提案されている<sup>9)</sup>。そこで、学校教育現場における放射線教育の実態を再調査し、これまで提案されてきたモデル授業案をもとに、更なる効果的な放射線学習指導の実現を目的として放射線学習モデル授業改善案の考案を行った。

#### 1.2.4 放射線学習に寄与する実験法の考案

新旧学習指導要領における放射線の取扱い分析及び青森県中学生の放射線に関する認識調査結果分析を行った結果を踏まえ、今後必要とされる放射線学習に寄与する実験法の考案を行った。ただし、放射線に関する実験を実施する上で必要とされる放射線源及び放射線検出器等の機器・機材は、高価かつ取扱いが困難であり、学校教育現場でそれらを用いた放射線学習実験を実施することは難しい。このことから、学校教育現場で実施可能な実験法として、取扱いに配慮を要する放射線源及び高価で導入が困難な放射線検出器等を用いない実験法の考案を行った。

## 第二章 青森県中学生の放射線に関する認識調査結果分析

### 2.1 緒言

平成23年の東日本大震災発生の以前と以降における中学生の放射線に対する認識の移り変わりに関する調査報告は少なく、また、中学校教育現場における放射線教育法及び放射線学習実験法を思案する上で、中学生の放射線に関する認識の現状把握をすることの必要性は高い。

そこで本章では、放射線教育法及び放射線学習実験法考案の手がかりとすべく、青森県中学生の放射線に対する認識調査結果の分析を行い、放射線教育上の課題点を見出した。分析対象として用いたデータは、日本原燃株式会社が放射線に関する出前授業を実施した際に調査したアンケート結果である<sup>10)</sup>。

### 2.2 分析を行った調査項目

分析を行ったアンケートの調査年度、調査対象者数及び分析に用いた項目を以下に示す(Tables 1, 2)。

Table 1 調査年度と調査対象者数

調査年度	調査対象者数
平成21年度	1,044名
平成22年度	2,693名
平成23年度	661名
平成24年度	1,655名
平成25年度	1,683名
平成26年度	1,061名
合計	8,797名

Table 2 分析に用いた調査項目

①	放射線の種類の認知度
②	放射線関連用語の認知度
③	自然放射線の種類の認知度
④	放射線利用の認知度
⑤	放射線・放射能のイメージ

## 2.3 結果と考察

### 2.3.1 放射線の種類の認知度

「アルファ線」「ベータ線」「ガンマ線」について知っている回答した生徒の割合は、平成21年度から平成26年度までの間、20～40%程度と低い値を推移している。「中性子線」についての認知度は例年10%程度に留まり、さらに低い値を示すことが調査結果より分かった。「エックス線」について知っている回答した生徒の割合は50～70%程度であり、他の放射線に対し比較的高い認知度であることが分かるが、一方で、過去に胸部エックス線写真の撮影を経験している生徒も、3人に1人はそれを放射線と認識していない現状にあることも調査結果から読み取られる(Figure 1)。

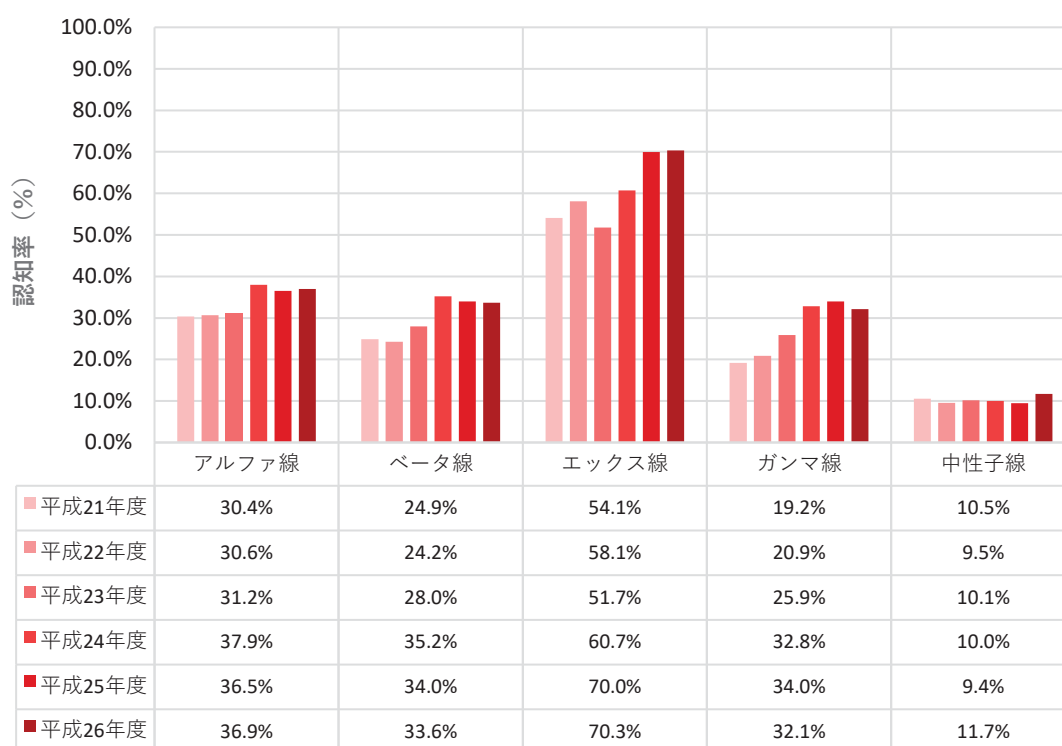


Figure 1 放射線の種類の認知度

### 2.3.2 放射線関連用語の認知度

平成23年の東日本大震災以降、「放射線を知っている」及び「放射能を知っている」と回答した生徒の割合は96%を上回る一方、「放射線と放射能の違いが分かる」と回答した生徒の割合は、上昇傾向にあるものの30%を下回っており、多くの生徒が放射線と放射能の違いを認識していないことが分かった。また、「半減期を知っている」と回答した生徒の割合も10%程度と低い値を示しており、この結果も放射線関連用語の認知度が低いことを示唆するものである (Figure 2)。

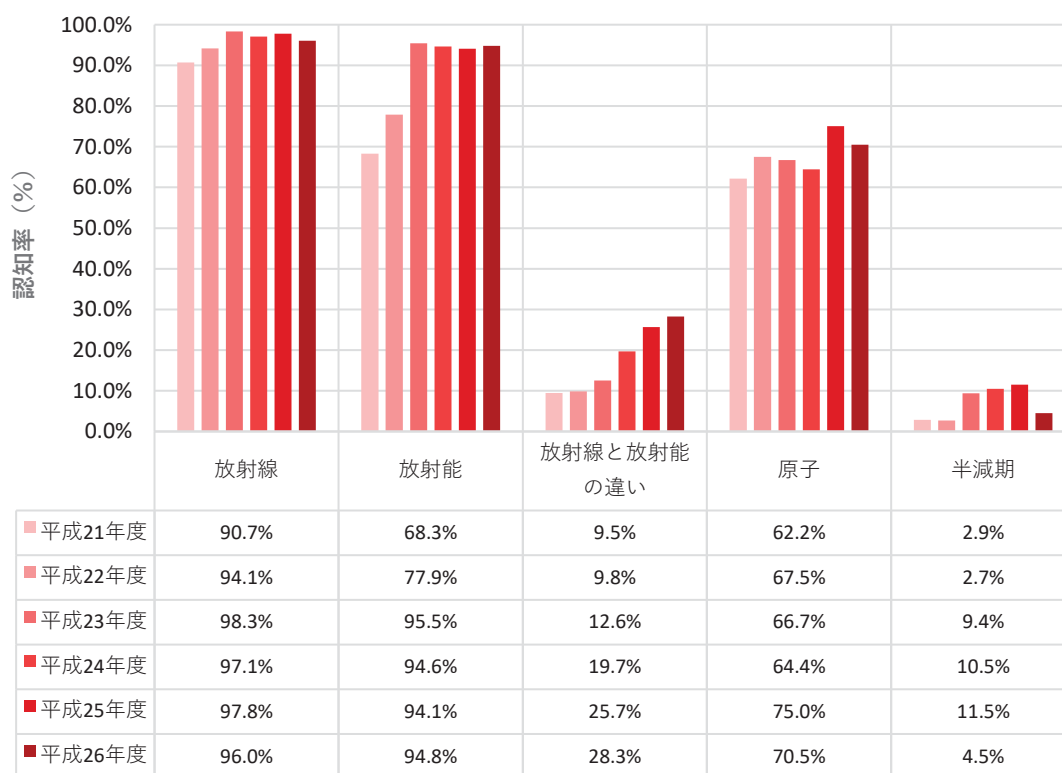


Figure 2 放射線関連用語の認知度



### 2.3.3 自然放射線の種類の認知度

自然放射線について「知らない」と回答した生徒の割合は、東日本大震災以降で減少傾向にある。しかし、「宇宙船」「大地」「食物中の放射線」について知っているとは回答する生徒は10～30%程度であり、空気中に身近に存在する「ラドン」についての認知度は10%未満であった(Figure 3)。これら自然放射線に関する各項目の認知度が低い結果から、放射線教育の余地は依然として大きくあるものと考えられる。

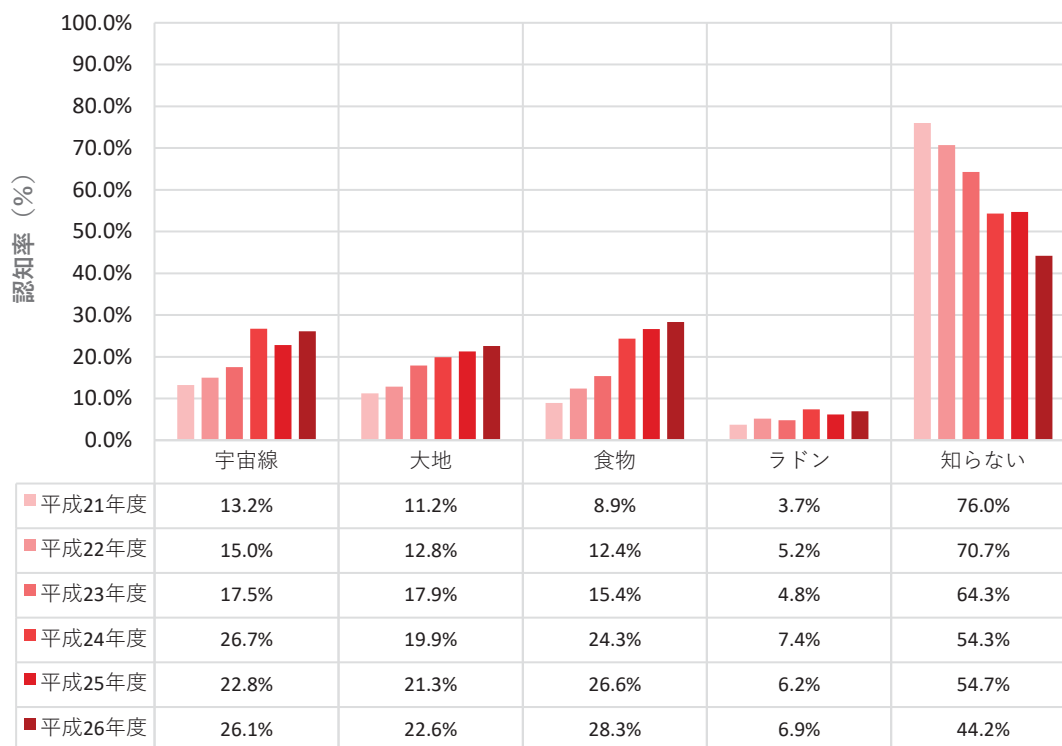


Figure 3 自然放射線の種類の認知度

### 2.3.4 放射線利用の認知度

放射線の利用に関する認知度調査結果より、「エックス線検査」についての認知度は59～70%と高い値を示す一方、「医療器具の滅菌」については13～22%、「品種改良」及び「年代測定」については7～16%と、低い認知度であることが分かった。「発芽防止」に放射線が用いられていることを知る生徒も40%未満であり、総じて放射線利用についての認知度は低いことが分かる(Figure 4)。これら放射線利用に関する認知度の調査結果は、生徒の身近な放射線使用についての学習機会が少ないことを示唆するものである。

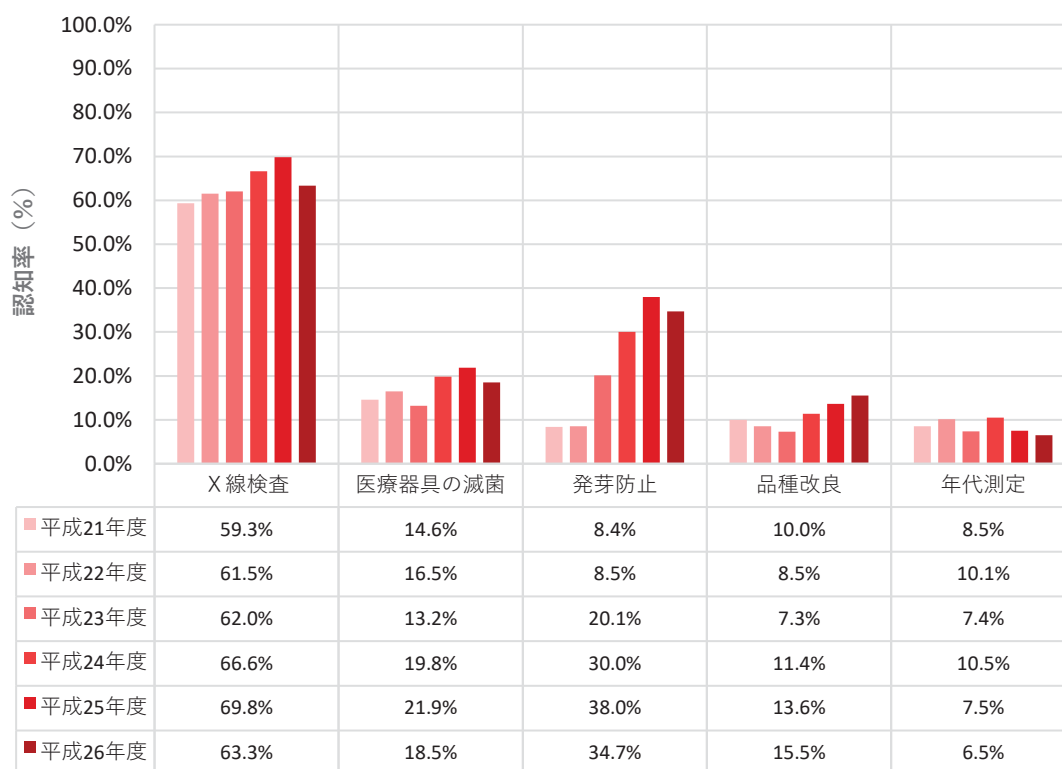


Figure 4 放射線の利用に関する認知度

### 2.3.5 放射線・放射能のイメージ

放射線・放射能について「怖い」「危険」と回答した生徒の割合は、震災発生年の平成23年にピークを示していることが分かり、その後、震災以前と同水準にまで数値が低下していることも見て取れる。また、「原子力発電」のイメージがあると回答した生徒の割合は、震災発生から3年経った平成26年においても高い値を示しており、福島第一原子力発電所の事故が生徒の放射線のイメージに対して大きな影響を与えたことと推測できる。

一方、放射線について「役に立つ」と回答した生徒の割合は、22～32%程度と低い値で推移している。これは、放射線に対するポジティブイメージはそのままに、ネガティブイメージのみ増大していることを表す結果である(Figure 5)。

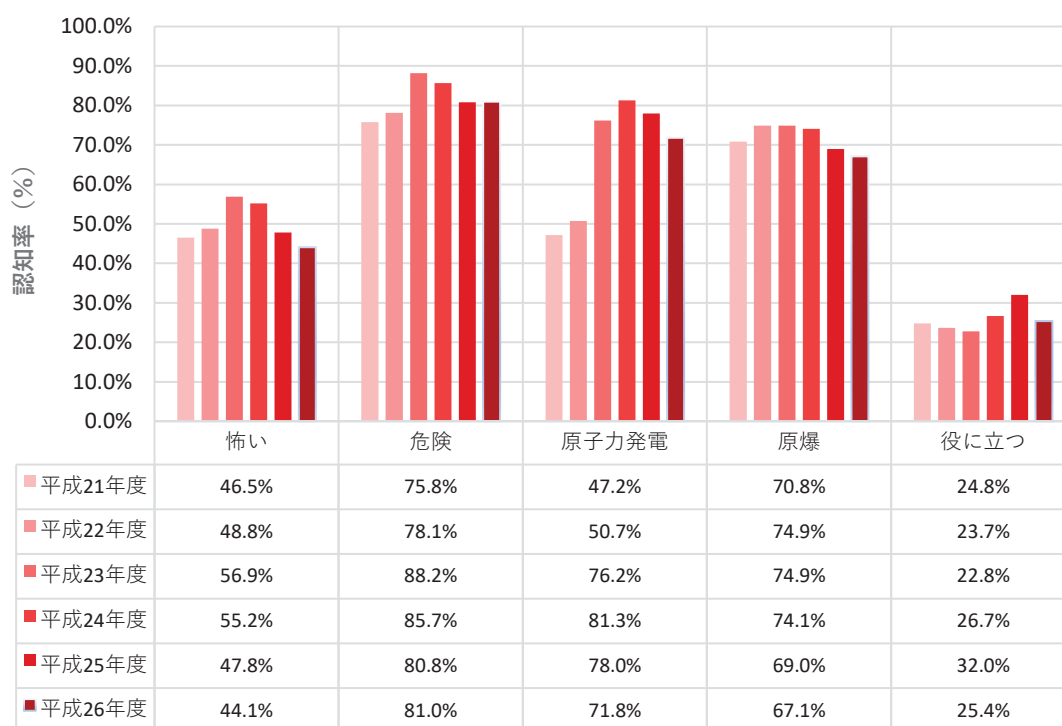


Figure 5 放射線・放射能のイメージ

このアンケート結果について放射線教育フォーラムの宮川氏は、震災以降放射線に関する用語の認知度は増加し、これは放射線教育の成果であるとコメントしている。しかし、青森県内の中学生において放射線・放射能を知っていると回答した生徒は 95%程度に上る一方で、自然放射線である宇宙線やラドンに関する認知度は 20%以下、中性子線及び半減期の認知度に至っては 10%程度と放射線関連用語に関して低い認知度であることが分かり、放射線教育の余地は依然として大きくあると考える。一部放射線関連用語の認知度が増加したのは、福島第一原子力発電所事故発生以来、メディアによって種々の報道がなされることによって専門用語に触れる機会が増加したことに起因したものであると推察する。認知度が低い自然放射線及び放射線使用についての学習機会が必要であり、これらの学習が可能な放射線学習指導法及び放射線学習実験法の考案が求められる。

## 第三章 新旧中学校理科学習指導要領における放射線の取扱い分析

### 3.1 緒言

平成 20 年告示中学校理科学習指導要領<sup>11)</sup>より、第三学年最終単元において放射線について触れることが明記された。平成 20 年以前の学習指導要領において放射線について学習することが定められていたのは、昭和 26 年改訂学習指導要領(試案)<sup>12)</sup>(Table 3)、昭和 33 年告示学習指導要領<sup>13)</sup>(Table 4)、昭和 44 年告示学習指導要領<sup>14)</sup>(Table 5)である。平成 29 年告示学習指導要領<sup>15)</sup>においては、更に第二学年においても放射線について学習することが定められ、中学校理科における放射線教育の重要性は近年益々増加していることが示唆される。放射線教育法及び放射線学習実験法の考案を行う上で、旧学習指導要領と新学習指導要領における放射線についての取扱いの違いについて調査・分析することの意義は大きい。

そこで本章では、今後必要とされる放射線学習指導法及び放射線学習に寄与する実験法考案の手がかりとすべく、旧中学校理科学習指導要領と新中学校理科学習指導要領における放射線の取扱いについての比較・分析を行った。

Table 3 昭和 26 年改訂 学習指導要領理科編(試案) 放射性元素の記載

第 3 学年
単元Ⅱ 天然資源を開発利用し、さらにこれから新しい物資を作り出すのに科学はどのように役立っているか
1. 金属はどのように採掘され、どのように利用されるか
(4)金属はどんな性質を持っているか。また、それはどのように利用されるか
d. 放射性元素の性質と利用

Table 4 昭和 33 年告示学習指導要領理科放射線の記載

第一分野
(5)電波が受信できること， および原子の構造の概要について指導する。
ウ 原子の構造
(イ)原子の構造
c 放射性元素は， 放射線を出すことを知る。

Table 5 昭和 44 年告示学習指導要領理科 放射線の記載

第一分野
(8)物質と電気
ウ 物質の構造
(イ)放射性元素の原子は， 放射線を出して，ほかの元素の原子に代わること。

### 3.2 新旧中学校理科学習指導要領における放射線の取扱い 比較・分析

中学校理科第一分野第 3 単元「電流とその利用」の「(ア)電流」「(イ)静電気と電流」において，新学習指導要領では新たに「クルックス管等の真空放電と関連させてエックス線に触れるとともに，エックス線と同様に透過性などの性質を持つ放射線が存在し，その放射線が医療や製造業等で利用されていることについても触れる」と明記された。これら文言は，旧学習指導要領第 3 単元には記載がないものの，旧学習指導要領第 7 単元「ア 科学技術と人間」「(イ)エネルギー資源」において同様の記述があり，旧学習指導要領第 7 単元の内容が新学習指導要領第 3 単元に移行されたものとなっている (Tables 6, 7)。

Table 6 第3単元 旧学習指導要領（一部抜粋）

平成20年告示 中学校理科学習指導要領

(3)/ア/(エ)静電気と電流

(前略)雷も静電気の放電現象の一種であることを取り上げ、高電圧発生装置(誘導コイルなど)の放電やクルックス管などの真空放電の観察から電子の存在を理解させ、電子の流れが電流であることについて理解させる。

Table 7 第3単元 新学習指導要領（一部抜粋）

平成29年告示 中学校理科学習指導要領

(3)/(ア)/(エ)静電気と電流

(前略)雷も静電気の放電現象の一種であることを取り上げ、高電圧発生装置(誘導コイルなど)の放電やクルックス管などの真空放電の観察から電子の存在を理解させ、電子の流れが電流に関係していることを理解させる。その際、真空放電と関連させてX線にも触れるとともに、X線と同じように透過性などの性質をもつ放射線が存在し、医療や製造業などで利用されていることにも触れる。

第7単元においては、「エネルギーや物質に関する観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、日常生活や社会と関連付けながら、エネルギーや物質についての理解を深める」の記述にあるように、理科授業内における観察・実験の重要性と、日常生活や社会等の身近な事物・現象と関連付けて理解を深めることの重要性について言及された(Tables 8, 9).

Table 8 第7単元 旧学習指導要領（一部抜粋）

平成20年告示 中学校理科学習指導要領

(7)科学技術と人間

(前略)ここでは、エネルギーについての理解を深め、エネルギー資源を有効に利用することが重要であることを認識させるとともに、科学技術の発展の過程や科学技術が人間生活に貢献してきたことについての認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について多面的、総合的にとらえ、科学的に考察し、適切に判断する態度を養うことが主なねらいである。

Table 9 第7単元 新学習指導要領（一部抜粋）

平成29年告示 中学校理科学習指導要領

(7)科学技術と人間

(前略)ここでは、理科の見方・考え方を働かせて、エネルギーや物質に関する観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、日常生活や社会と関連付けながら、エネルギーや物質についての理解を深め、エネルギー資源や物質を有効に利用することが重要であることを認識させることが主なねらいである。

また、同単元の「エネルギーと物質」「エネルギーとエネルギー資源」においては、「核燃料から放射線が出ていたり、自然界にも存在し、地中や空気中の物質から出ていたり、宇宙からも降り注いでいたりする」の記述にもあるように、自然放射線について触れることに加え、「放射線について科学的に理解することが重要であり、放射線に関する学習を通して、生徒たちが自ら思考し、判断する力を育成する」との記述が増え、放射線についての科学的理解の重要性と、放射線学習を通じた思考判断能力の育成にも言及された(Tables 10, 11).



Table 10 第7単元 旧学習指導要領（一部抜粋）

平成20年告示 中学校理科学習指導要領

(7)/(ア)/(イ)エネルギー資源

(前略)日常生活や社会で利用している石油や天然ガス、太陽光など、エネルギー資源の種類や入手方法、水力、火力、原子力、太陽光などによる発電の仕組みやそれぞれの特徴について理解させる。その際、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。

Table 11 第7単元 新学習指導要領（一部抜粋）

平成29年告示 中学校理科学習指導要領

(7)/(ア)/(㊦)エネルギーとエネルギー資源

(前略)エネルギー資源の利用については、日常生活や社会で利用している石油や天然ガス、太陽光など、エネルギー資源の種類や入手方法、水力、火力、原子力、太陽光などによる発電の仕組みやそれぞれの特徴について理解させる。その際、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に触れる。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。東日本大震災以降、社会に置いて、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、理科においては、放射線について科学的に理解することが重要であり、放射線に関する学習を通して、生徒たちが自ら思考し、判断する力を育成することもつながると考えられる。

以上より、放射線について科学的理解を図るべく、日常生活や社会と関連させて放射線学習指導を行うことの必要性及び体験的に学習可能である放射線学習実験法開発の必要性を見出した。これら得られた分析結果は、放射線学習授業案及び放射線学習に寄与する実験法の作成に反映させるものとする。

## 第四章 放射線教育の現状調査と放射線学習授業案の提案

### 4.1 緒言

平成 28 年度から採用された検定済み全国 5 社の教科書において、放射線の記載があるページ数及び重要語句数の増加、また旧教科書においては囲み記事として本文外にあった記述が本文に示され、福島第一原子力発電所事故の記述も追記されるなど、総じて平成 23 年度採用の旧教科書と比べ放射線に関する記述の充実化がなされた<sup>16)</sup>。しかし、平成 20 年告示学習指導要領において、「放射線の性質と利用」は中学校理科の最終単元「科学技術と人間」の「エネルギー資源」で触れることが定められており、高校受験を目前に控えた 3 学年の最終学期に授業が実施されるケースが多く、生徒に十分な理解を図る授業の実施が困難となっているのが実情である<sup>17)</sup>。学習指導要領及び教科書の内容の充実化がなされても、放射線教育が効果的に実施されるためには上記のような解決すべき課題がある。

そこで本章では、生徒の効率的な放射線学習の実現を目的とし、放射線養育の現状調査結果を踏まえ、3 学年最終学期に集中する放射線授業を各学年の授業単元と関連付けて段階的に実施する授業案の考案を行った。

### 4.2 放射線教育の現状調査

#### 4.2.1 栃木県小山市絹中学校の実践

平成 28 年 11 月開催の放射線教育フォーラムにおいて、栃木県小山市の絹中学校では 3 年生の「エネルギー資源とその利用」において 4 時間構成で放射線学習指導の実践が行われたことが報告された。以下に絹中学校で実践された放射線授業内容について掲載する(Table 12)。

Table 12 栃木県小山市立絹中学校での放射線教育実践

---

①放射線の基礎知識 1

- ・安心と安全の違い
- ・放射線と放射性物質，放射線の単位とその違い

実験 1：自然の放射線量を測定してみよう

目的：放射線は身の周りに必ず存在していることを知る

---

②放射線の基礎知識 2

- ・体内の自然放射線
- ・人工放射線と自然放射線（年間の被曝線量）

実験 2：放射線の性質を調べよう

目的：放射線を用いて距離と遮蔽について計測を行い，グラフ化する。  
結果のグラフから分かったことを考察する。

---

③放射線の基礎知識 3

- ・放射線とがん
- ・がんの要因（喫煙，食物等について）

実験 3：霧箱を用いた自然放射線の観察

目的：自然放射線の飛跡を観察し，日常の生活環境において放射線があることを実感する。

---

④エネルギー資源としての放射線

- ・日本のエネルギー資源の活用
  - ・化石燃料のメリット，再生可能エネルギー
  - ・原子力発電のメリット，デメリット
  - ・福島第一原子力発電所の事故と現状
  - ・リスクのないエネルギー資源の選択はないこと
  - ・これからのエネルギー問題を考える
-

絹中学校において放射線教育の実践を行った島田氏によると、放射線教育経験の少ない教員が放射線教育の授業を実践することにより、教師にとっても学びが深まり有意義であるとの省察がなされていた。また、授業を受けた生徒は、

- ・原子力発電は便利なものだが、事故が起きてしまうと大変だと思った。自分たちも将来を担っていかなければならない立場なので、できることは何かを考えていきたい。
- ・再生可能エネルギーを効率よく発電できるようにいろいろ考えたいと思った。
- ・自分は将来電気関係の仕事に就きたいと思っていたので、とても大切な授業だと思った。

などと振り返っており、放射線教育の実践によりエネルギー問題について生徒が主体的に考える態度が養われていることがうかがえる。

#### 4.2.2 福島県三春町三春中学校の実践

福島県三春町立三春中学校では、3年生は受験期であり1週間の短い3月に放射線教育の実施は時数的に厳しいとの理由から、1年生を対象に放射線教育の実践を行ったことを平成28年に報告している。理科で3時間、保健体育で2時間使用し放射線に関する基礎知識の授業を行い、総合的な学習の時間で4時間用い、これまでに学んだこと及び調べ学習を通して得られた知識を3年生に発表させる形で授業実践を行った。次頁に実施した授業内容について掲載する (Table 13)。

Table 13 福島県三春町立三春中学校での放射線教育実践

---

○Step1 理科

- ・物理学的に放射線をとらえる
- ・ベクレル，シーベルト，半減期，補助単位（ミリ，マイクロ）

---

○Step2 保健体育

- ・専門家（神戸学院大学 礒部先生）を招致しての講義
- ・内部被ばく，外部被ばくの実際
- ・自家製農作物の検査

---

○Step3 総合的な学習の時間

- ・インプットしたことをアウトプット
  - ・稚拙でも自分たちでまとめ，発表する（教える）ことで，  
学習の定着を目指す
  - ・「学び方」を学ぶ
- 

三春中学校での放射線授業の実施前後で，アンケート調査を行った結果が報告されており，その報告内容によると「放射線はヒトの体に害を与える時がある」の質問に対し，正しい認識をした生徒は授業前で 93.5%，授業後で 91.0%へと低下した。また，分からないと回答した生徒は授業前で 2.0%，授業後で 7.5%と増加した。この結果に対し，三春中学校の坂本氏は「逆説的に放射線の学びが深まった証拠といえる」との見解を示した。しかしながら，この結果は生徒の誤った認識の定着に他ならないものであり，この誤った認識は放射線リテラシーの欠如に繋がり，延いては科学リテラシーの欠如に繋がる危険性を伴う。以上調査結果より，放射線教育を中学校 1 年生のみで完結させてしまう危険性が見出された。

#### 4.2.3 東京都世田谷区立千歳中学校の実践

世田谷区立千歳中学校では、ESD(Education for Sustainable Development = 持続可能な開発のための教育)の視点から考えるエネルギー・環境教育の実践として、中学校3学年にわたる放射線教育を実践したことを報告している。

- ・1年生：【地震と震源】発電所の立地場所の件等
- ・2年生：【生物組織の役割と血液】放射線による生物への影響
- ・3年生：【太陽】原子力と核融合

このうち、第2学年の「放射線による生物への被害」は全2時間構成であり、実践を行った青木氏により報告された指導計画について以下に掲載する(Table 14)。

Table 14 世田谷区立千歳中学校「放射線による生物への被害」指導計画

時	主な学習活動
1	1 陰極線の学習から電子の存在について確認する
	2 放射線の種類を知る
	3 放射線の利用と影響を知る
2	1 放射線の測定を「はかるくん」を使って行う
	2 霧箱実験で放射線の軌跡を観察する
	3 遮蔽実験から放射線の種類を確認する
	4 放射線による生物への被害についてまとめる

この実践を終えた後の生徒の感想として、

- ・いろいろな場所で放射線をはかることができた
- ・放射線の利用の場所が分かった
- ・放射線の被害が分かった

などが上げられ、授業実施者である青木氏は、これら生徒の感想は放射線教育の

成果が着実に得られていることを示唆するものであるとの見解を示した。一方、「放射線は難しい」と考える生徒も少なくはなく、更なる放射線教育の実施が必要であるとの指摘もした。これら実践結果報告も、中学校 3 年間にわたる放射線教育の実践の必要性を示唆するものである。

#### 4.2.4 名古屋市における放射線教育の現状

放射線施設立地県ではない地域における放射線教育の現状を調査すべく、名古屋市教育センター指導主事の羽澄氏から聞き取り調査を行った結果を以下に示す(Table 15)。

Table 15 名古屋市における放射線教育の現状と課題

---

##### ①名古屋市の教育現場における放射線教育の現状について

→3年生最終単元での取扱いということもあり、重要視されていない現状にある。また、放射線施設の立地県ではないため、生徒の放射線そのものへの関心が薄い。その他、学ぶべき喫緊の問題(飲酒、喫煙、薬物使用等)が他に存在していることも、放射線教育が重要視されない要因の一つであると考えられる。

---

##### ②教師に対する放射線教育の実施状況について

→名古屋市では、初任者研修で「新しい指導内容」として放射線教育を学ぶ機会を設けている。研修内容としては、

- ・放射線教育の概要説明
- ・霧箱を用いた実習

の計 90 分程度の時間を設け、放射線教育に関する研修を行っている。

---

##### ③名古屋市における放射線教育上の課題点

→生徒は、原子の構造等の学びを通して学問として放射線の本質を学び、見方・考え方(リテラシー能力)を養うことが求められる

→放射線を指導可能な教員を養成するために、教員養成課程の学生と教員、教育委員会、その他原子力団体と連携する必要があると考える。

---



#### 4.2.5 放射線教育の現状調査まとめ

調査結果より、いずれの学校教育現場における教育実践においても霧箱や放射線検出器を用いた観察・測定実験が実施されていることが多いことが分かった。発展的な位置づけとして、身の周りや社会において放射線が使用されていることを体験的に学ぶことができる放射線学習実験を実施することにより、放射線使用によって生じるリスクとベネフィットの均衡のとれた学びに繋がると考えられる。

三春町立三春中学校の実践報告より、誤った認識は逆説的に放射線について学ぶことができたと指摘していたが、これは正しい認識により科学的に判断・行動決定することのできる能力である放射線リテラシーの欠如に繋がる危険性がある。また、認識を誤ってしまう理由として1年生を対象に授業を行ったためと指摘していたが、この結果より放射線学習を1年生だけで完結させてしまうことの危険性を見出した。

### 4.3 放射線学習授業案の提案

中学生の放射線に対する認識調査及び学習指導要領での放射線の取扱い、そして放射線教育の現状調査を踏まえ、3学年最終学期に集中する放射線授業を各学年の授業単位と関連付けて段階的に実施する授業案の考案を行った結果を以下に示す。

#### 4.3.1 中学第1学年における放射線学習授業案

「光と音」において、プリズムを用いた分光の学習に関連させることで、可視光領域以外を含めた電磁波の総体を理解する。可視光よりも短波長の電磁波として、紫外線、エックス線及びガンマ線が存在することを学ぶ。

「火山と地震」においては、放射線測定器を用いて花崗岩の線量測定を行い、

身の周りの自然放射線の存在に気付く。この際、全国的に広く取り組まれている霧箱を用いた放射線の軌跡の観察実験を実施することが可能であり、更には自然放射線の学習とともに天然放射性核種の使用のされ方として、放射性炭素を用いた年代測定の概要を学習する機会を設けることで、「放射能」「放射性壊変」「半減期」についても関連付けて学ぶことが可能である(Table 16).

Table 16 中学校第一学年における放射線学習授業案

単元	学習内容
光と音	電磁波の総体を学習
	短波長領域にエックス線及びガンマ線が存在することを知る
火山と地震	花崗岩の線量測定により自然放射線の存在について知る
	放射性炭素による年代測定の概要を学習 「放射能」「放射性壊変」「半減期」について知る

#### 4.3.2 中学第2学年における放射線学習授業案

「電流」においては、放射線測定器を用いたクルックス管の線量測定を行い、人工放射線の存在を確認するとともに、放射線発見の科学史理解を図ることが可能である。加えて、クルックス管から放出される放射線を利用してデンタルフィルムの感光実験を行うことで、放射線の重要な性質の一つである「写真作用」を学ぶことが可能である。このデンタルフィルムは比較的安価であることから各生徒が個別に実験を実施することを可能にし、この主体的な学習活動を通してより効率的な放射線学習が実現されることを期待する。しかし、学校教育現場において放射線源を用いたフィルムの感光実験を行うことは、安全配慮の観点から実施困難であるのも実情である。その点を踏まえ、改善案として放射線源を必要としないフィルム感光モデル実験を次章で提案する。

「化学変化」においては、原子や原子核の構造を理解するとともに、放射線の

発生現象の基礎的理解を図ることが可能である。

「動物の体のつくりと働き」においては、放射線による DNA の損傷及び修復などの放射線の健康影響に関する基礎的理解を図ることが可能である。ここでは同時に、放射線の医療利用として「レントゲン写真」「がん放射線治療」の概要を関連付けて学ぶことで、放射線が身近に使用されていることを学ぶ機会とする。更に、発展的学習内容として「核医学検査」を取り上げることにより、放射線のトレーサーとしての働きについても学習することが可能である (Table 17)。

Table 17 中学校第二学年における放射線学習授業案

単元	学習内容
電流	クルックス管の線量測定により人工放射線について知る デンタルフィルムの感光実験で「写真作用」について知る
化学変化	原子の構造理解とともに放射線の発生現象について知る
動物の体のつくりと働き	放射線による DNA 損傷等の健康影響について学習 放射線の医療利用を学び、身近な放射線使用を知る 放射線はトレーサーとしての性質をもつことを知る

#### 4.3.3 中学第3学年における放射線学習授業案

「エネルギー」において、「エネルギー変換」として原子力エネルギーを学ぶとともに、放射線もエネルギーの一種であることが学習可能である。

「遺伝の規則性と遺伝子」では、放射線による DNA 損傷及び DNA 修復機構を学習するとともに、関連して食品・医療器具の滅菌及び防護の重要性について触れることが可能である。

「科学技術と人間」では、放射線の重要な性質の一つである「透過性」を学ぶことをねらいとした「非破壊検査モデル実験」を行うことも有効であると考えられる。

ただし、先に述べたように放射線源及び放射線検出器を必要とする実験は、実験機器の導入費用や維持管理、安全配慮の観点から学校教育現場において実施することは困難であることが予想されるため、放射線源及び放射線検出器の代替となる教材・実験器具等を用いて実施可能な実験法の考案が求められる。また、環境問題に関連させ、工場内及び野外における物質の動態検査を目的として非放射性同位体を用いる「アクチバブルトレーサー法」の概要について説明することで、非放射性同位体の「放射化」についての知識習得も図ることが可能である (Table 18)。

Table 18 中学校第三学年における放射線学習授業案

単元	学習内容
エネルギー	原子力エネルギーを学ぶ 放射線もエネルギーの一種であることを知る
遺伝の規則性	放射線による DNA 損傷及び DNA 修復機構について知る 食品・医療器具の滅菌に放射線が使用されていることを知る 放射線からの防護の重要性について学ぶ
科学技術と人間	非破壊検査モデル実験を通じた「透過性」の学習 動態検査を目的とした非 RI のトレーサー利用について知る

以上、3 学年の最終学期に集中して行われる放射線授業は 3 年間で分割して実施が可能であり、また、分割して複数の単元と関連させて学習することで放射線に関する体系的な理解に寄与することが可能である。更に、目に見えない現象である放射線の本質的な理解を図るためには、実験を主軸とした授業展開が有効であり、実験法の開発の必要性が見出された。

## 第五章 放射線学習に寄与する実験法の考案

### 5.1 緒言

中学生の放射線に対する認識調査の分析結果及び新旧学習指導要領の比較・分析より、日常生活や社会と関連させ、体験的に学習可能な放射線学習実験法の考案が必要であることが見出された。しかしながら、学校教育現場における新たな放射線学習実験法に関する報告は少ない。

そこで本章では、放射線の重要な性質である「①透過性」「②電離作用」「③写真効果」を学習することを目的として、「日常生活や社会と関連させた内容」の観点で実験法の考案を行った(Table 19)。学校教育現場における実験実施を想定し、実験機器の導入費用及び安全配慮の観点から、放射線源や放射線検出器を用いない実験法を考案し、提案する。ここでは、放射線源の代替としてUVライト(Vensky, VS-FL01JP)、放射線検出器の代替としてUV感知ビーズ(Kenis, UV-AST)及びUV蓄光塗料、骨やコンクリート等の放射線高吸収体の代替としてUVカットフィルム(リンクコマース, HGS05SL)を用いる。

Table 19 学習したい放射線の性質と実験内容

放射線の性質	実験内容
透過性	非破壊検査モデル実験
電離作用	滅菌モデル実験
写真効果	X線写真モデル実験

## 5.2 放射線学習実験法の提案

### 5.2.1 透過性：非破壊検査モデル実験

放射線の重要な性質の一つに「透過性」がある。この物を透過する性質を工業的に使用したものとして、「非破壊検査」が一般的に良く知られている。非破壊検査とは、物を壊さずに内部の傷や表面の傷或いは劣化の状況を調べ出す検査技術のことである。主な非破壊検査適用物として、原子力発電所、プラント、鉄道や航空機等があり、この検査によって各種設備の安全性を確認すること可能である<sup>18)</sup>。日常や社会と関連した内容であること、そして放射線が使用されている技術であることから、「透過性」の性質を学習することを目的として、学校教育現場で実施可能な「非破壊検査モデル実験」について考案し、提案する。

#### 【実験に用いる教材・器具及び準備】

ここでは、放射線源の代わりに UV ライト、放射線測定器の代わりに UV 感知ビーズ、コンクリート等の放射線高吸収体の代わりに UV カットフィルムを用いる。構造物の破損部を再現するため、一部欠損部を設けた UV カットフィルムを 2 枚の亚克力板で挟み込み固定したものを、事前に準備・作成し配布する。

#### 【実験方法】

生徒は、UV カットフィルムを挟み込んだ亚克力板の下に UV 感知ビーズを配置する。配置する紫外線感知ビーズの位置は教師側からは指示することなく、生徒に一任する。生徒は配置した紫外線感知ビーズのおおよその位置を記録し、観察結果を記入できるようにしておく。その後、亚克力板に UV ライトを用いて紫外線を照射し、UV 感知ビーズの変色結果を観察することで、UV カットフィルムの欠損部を探索する。この UV 感知ビーズは数秒程度の紫外線照射で変色が観察できるため、即時的に実験結果が得られる利点がある(Figure 6)。



また、UV 感知ビーズは紫外線照射後 4～5 分程度で元の白色に戻るため、一度の紫外線照射で欠損部を特定することができない場合、数分後に再度 UV カットフィルム欠損部の探索実験が実施可能である。UV 感知ビーズが白色に戻るまでの間、生徒は観察結果を記録用紙に記入し、その結果からフィルム欠損部を予想し、次の UV 感知ビーズの配置計画を立てることができる。



Figure 6 非破壊検査モデル実験 UV 感知ビーズ変色結果

UV ライトを放射線源、UV 感知ビーズを放射線検出器と見立てて非破壊検査モデル実験を行うことにより、放射線には物を透過する性質があることを学習することが可能である。そして、放射線が身近に工業的に使用されていることを知る機会となり得る。しかし一方で、エックス線・ガンマ線及び紫外線は同じ電磁波ではあるものの、それぞれに波長差があり、放射線の代わりに紫外線を代替として用いる場合には生徒の混乱を招かぬよう注意が必要である。解決策としては、事前事後のエックス線及びガンマ線等の電離放射線と紫外線の違いに関する知識教授を行う方法がある。

### 5.2.2 電離作用：滅菌モデル実験

放射線の重要な性質の一つに「電離作用」がある。電離作用とは、放射線が物質中を通過するときに、そのエネルギーによって原子中の軌道電子をはじき出して、陽電荷を帯びた状態と自由な電子又は電子を付加して陰の電荷を帯びた状態とに解離することである<sup>19)</sup>。放射線が微生物の細胞に当たると、放射線が通り抜けた近傍の分子を励起や電離して、反応性の高い活性種を作る。放射線はランダムに細胞に当たるが、細胞の中で最も大きな分子はDNAであり、直接電離する可能性が高い。更に、細胞内の水が電離して生じた活性種もDNA分子と反応してDNAの間接電離を引き起こす<sup>20)</sup>。この電離作用を工業的に使用した例として、「放射線滅菌」が挙げられる。放射線の重要な性質である「電離作用」を学習することを目的とし、学校教育現場で実施可能な「滅菌モデル実験」について考案し、提案する。

#### 【実験に用いる教材・器具及び準備】

ここでは、放射線源の代わりにUVライト、滅菌対象として大腸菌を用いる。滅菌対象として大腸菌を選択したのは、採取・培養が容易であり、かつ紫外線感受性が高いからである。また、実験には大腸菌を培養するためのペトリ皿及び寒天培地を必要とする。実験運営者は事前に培地の作成を行い、更にシャーレ及び培地を滅菌処理する必要がある。

#### ①培地作成方法

細菌用の培地として、寒天培地を作成する。水100 mLあたり砂糖3 g、うま味調味料(アミノ酸)1 g、寒天1.5 gをビーカーに入れ、湯浴中でこれらを溶かす。用いる水は水道水でよい。湯浴後は明るい場所でビーカーを横から観察し、寒天の粒子が溶け切っていることを確認する必要がある。



## ②使用器具及び培地の滅菌方法

滅菌処理を行う方法としては、オートクレーブを用いた高圧蒸気滅菌処理が一般的であるが、中学校の教育現場においてオートクレーブを用いて滅菌処理を行うことは設置機器の都合上困難であることが予想される。そこで、オートクレーブの代替として圧力鍋を用いて滅菌処理を行うことが可能である。121℃、2気圧で20分間高圧蒸気処理を行うことでほぼ完全な滅菌が可能となる<sup>21)</sup>。圧力鍋を用いた滅菌手法として、圧力鍋中に滅菌したい器具及び寒天培地を入れ、加熱し、沸騰後更に20分間加熱することで滅菌処理が完了する。火をとめてから約20分間放置し、温度が約80℃まで下がったことを確認してから蓋を開ける。

培地及び器具の滅菌終了後、シャーレに培地液を厚さ3～4mmとなるように入れる。シャーレに蓋をして放置すると培地が固まるが、最初のうちは蓋をずらして水蒸気がシャーレの中にこもらないようにする。培地を固化後、大腸菌を播種する。大腸菌は身の周りに多く存在しているが、入手が困難な場合にはNITE Biological Resource Centerにおいて中学校及び高等学校教材利用に限り安価に販売しており、これを利用することも可能である。菌の播種後、一日高温下(35～40℃付近)で培養することにより、大腸菌コロニーが形成される。

### 【実験方法】

実験は班ごとに実施する。生徒は、紫外線照射前のシャーレの大腸菌コロニー数を計数する。その後、シャーレに紫外線を照射し、35～40℃付近で再度培養を行い、翌日コロニー数を再度計数する。この際、各班に紫外線を照射する時間(10秒、20秒、30秒、…)を設定し、照射を行わせるものとする。紫外線照射前後でのコロニー数の変化の割合を算出し、クラス全体で結果を共有する。すべての結果をもとに各個人で考察を行い、紫外線による滅菌効果を確認する。その

後、同じ電磁波である放射線を使用した滅菌法が存在すること、またその滅菌には放射線による電離作用を利用していることについて言及することで、紫外線から放射線に拡張して学習することが可能である。ただし、紫外線と放射線が混同することのないよう、両者の波長の違い及び性質の違いについての知識教授は必須となる。

実験上の注意として、大腸菌播種後のシャーレを扱う際は必ずゴム手袋を装着する。また、紫外線を照射する際には UV ライトの紫外線照射範囲を事前に確認し、人体に照射されることのないように注意する。特に、UV ライトの光を直接のぞき込むことのないよう注意する必要がある。大腸菌を培養するにあたり、他の菌の汚染につながる可能性があることを考慮し、注意する必要がある。実験実施後のテーブル及び使用器具は、アルコールによって消毒することが望ましい。

### 5.2.3 写真効果：エックス線写真モデル実験

放射線の重要な性質に「写真作用」がある。放射線は、ハロゲン化銀を含む写真乳剤中の原子・分子に電離作用を及ぼし、自由電子、イオンや励起種を生成させる。これらが銀イオンを還元して潜像を生ずる。潜像は安定であり、これを現像することで写真ができる。これが放射線の写真作用である<sup>22)</sup>。この作用の発見により、エックス線写真の撮影が行われるようになった<sup>23)</sup>。この「写真作用」を学習することを目的とし、学校教育現場で実施可能な「エックス線写真モデル実験」について考案し、提案する。

#### 【実験に用いる教材・器具及び準備】

ここでは、エックス線管球の代わりに UV ライト、写真乳剤の代わりに UV 蓄光塗料、骨等のエックス線高吸収体の代わりに UV カットフィルムを用いて実験を行う。実験運営者は、事前に UV カットフィルムを適当な形に切り取り、骨等のエックス線高吸収体を模した UV 不透過フィルムを作成する。また、エックス線感光フィルムの代替として、UV 蓄光塗料を塗布したフィルムを作成する。

#### 【実験方法】

生徒は、UV 蓄光塗料塗布フィルム上に骨等を模した UV 不透過フィルムを配置し、その上から UV ライトでもって紫外線を照射する。紫外線照射後、暗所にて UV 蓄光塗料塗布フィルムの感光の様子を観察し、観察結果を記録する。UV 不透過フィルム下のフィルム部分は蓄光せず、それ以外の部分のみ蓄光する形となり、実験の結果を各個人及び班単位で考察し、クラスで共有する。その後、感光原理を呈示し、放射線によるエックス線写真撮影の概要についても知識教授することによって、放射線の写真作用の学習に繋げることが可能である。

## 第六章 総論

青森県中学生の放射線に関する認識調査結果の分析により、自然放射線の種類をはじめとした放射線関連用語についての認知度が低いことが分かり、放射線教育の余地は依然として大きくあることが分かった。また、新旧学習指導要領の比較・分析を通し、放射線について科学的理解を図るために、日常生活や社会と関連させて放射線学習指導を行うことの必要性及び体験的に学習可能である放射線学習実験法開発の必要性が見出された。

一方、学習指導要領上で放射線についての記述があるのは中学校理科第一分野第3単元「電流とその利用」「(ア)電流」「(イ)静電気と電流」及び第一分野第7単元「科学技術と人間」「(ア)エネルギー」「(イ)エネルギーとエネルギー資源」であり、また、学校教育現場における授業実践の報告結果から、特定の単元のみでの放射線学習指導では放射線の体系的な理解を図ることは困難であることが示唆された。これを踏まえ、中学校3年間を通して放射線を学ぶ放射線学習授業案を提示した。この提案により、1年生から3年生までの継続した放射線学習指導により、生徒の放射線に関する体系的な理解に繋がることが期待される。

そして、放射線の重要な性質である「透過性」「電離作用」「写真効果」を学習することを目的として、「非破壊検査モデル実験」「滅菌モデル実験」「エックス線写真モデル実験」の3つの実験法を考案した。学習指導要領の分析結果を踏まえ、「日常生活や社会と関連させた内容」であること、また学校教育現場における放射線学習実験の実施に対する敷居を下げべく放射線源や放射線検出器を必要としない条件での実験法考案を行った。日常生活や社会に関連した内容を実験題材として取り上げることで、より生徒の実感を伴った放射線学習が可能であると考えられる。また、安価で簡便なこの放射線学習実験法は、教育現場での充実した放射線教育活動を支え、より効果的な放射線学習指導の実現に大きく貢献するものと期待する。しかし一方で、放射線の代替として紫外線を用い

て実験をすることからその両者を混同して認識してしまう生徒が現れる危惧があることから、放射線と紫外線の混同を避けるべく、実験実施前後での適切な知識教授の必要性も見出された。

これら放射線学習指導法及び放射線学習実験法の提案により、中学校教育現場における放射線教育の敷居を下げ、より効果的な放射線学習指導実施に寄与することを期待する。今後の展望としては、本研究において提案した放射線学習指導法を元に指導案を作成し、学校教育現場において実践することで実際の学習効果を検討することが挙げられる。また、UVを用いて実験を実施するにあたり紫外線を人体に直接照射することは避けるべきであり、実験器具そのものにより紫外線の照射野を絞る機構を備えることや、衝立等により紫外線漏洩を防ぐなど、より安全に配慮した実験方法について検討の余地がある。さらには、放射線には透過性、電離作用、写真作用以外の性質もあり、本研究で提案した3性質以外の放射線の性質を学習するための実験法の考案も求められる。放射線学習指導案の作成及び更なる放射線学習実験法の検討を行い、実際に教育現場において実践を重ねることで、より充実した放射線学習指導法の確立がなされることを期待する。

## 参考文献

- 1) 工藤和彦(2014)「西の隅から」, 『Radiation Education』 Vol.18, No.1, p.13, 放射線教育フォーラム
- 2) 田中隆一(2014)「放射線教育の現状と在り方について」, 『Radiation Education』 Vol.18, No.1, p.53, 放射線教育フォーラム
- 3) 高島勇二(2017)「被ばく軽減に配慮した放電実験」, 『放射線教育フォーラム ニュースレター』 No.69, p.10, 放射線教育フォーラム
- 4) 下道國(2014)「放射線に関する簡単なアンケートから見えること」, 『Radiation Education』 Vol.18, No.1, p.82, 放射線教育フォーラム
- 5) 高橋葉月ほか(2015)「「放射線リテラシー」を育成する教育実践-小学生への授業実践を中心に-」, 『岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要』 第14号, p.95, 岩手大学教育学部附属教育実践総合センター
- 6) 村井健志(2013)「放射線教育の現状と放射線に関する意識調査」『INSS JOURNAL』 Vol.20, p.28, 原子力安全システム研究所
- 7) 高橋大地(2014)「クルックス管を用いた放射線学習教材の開発-レントゲンによる放射線発見の過程をたどる-」, 『Radiation Education』 Vol.18, No.1, p.13, 放射線教育フォーラム
- 8) 田中隆一(2017)「新教科書による中学校での放射線授業実践の支援-放射線教育フォーラムの最近の活動から-」, 『エネルギー環境教育研究』 Vol.11, No.2, p.77, 日本エネルギー環境教育学会(JAEEEE)
- 9) 佐々木敏紘(2014)「中学校理科における放射線を扱う学習機会の可能性に関する検討」, 『Radiation Education』 Vol.18, No.1, p.145, 放射線教育フォーラム
- 10) 宮川俊晴・高島勇二(2015)「中学校理科における放射線モデル授業の提案について」, 『NPO 法人放射線教育フォーラム 平成27年度第2回勉強会資料』, p.2, 放射線教育フォーラム

- 11) 文部科学省, 中学校学習指導要領解説 理科編, 2008
- 12) 文部省, 中学校・高等学校学習指導要領 理科編(試案改訂版), 1951
- 13) 文部省, 中学校学習指導要領, 明治図書, 1958
- 14) 文部省, 中学校学習指導要領, 1966
- 15) 文部科学省, 中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 理科編, 2017
- 16) 林壮一・川村康文(2015)「中学校教科書にみる放射線教育の歴史」,  
『Radiation Education』 Vol.19,No.1, p.3-12, 放射線教育フォーラム
- 17) 畠山正恒(2015)「検定申請された中学校理科教科書における放射線記述の傾向について」『放射線教育フォーラム ニュースレター』 No.63, p.6, 放射線教育フォーラム
- 18) 一般社団法人 日本非破壊検査協会 「非破壊検査とは」  
<<http://www.jsndi.jp/aboutus/aboutus02.html>>  
2018 年 7 月 1 日アクセス.
- 19) 一般財団法人 高度情報科学技術研究機構 「電離作用」  
<[http://www.rist.or.jp/atomica/dic/dic\\_detail.php?Dic\\_Key=1101](http://www.rist.or.jp/atomica/dic/dic_detail.php?Dic_Key=1101)>  
2018 年 7 月 1 日アクセス.
- 20) ラジエ工業株式会社 「放射線滅菌 Sterilization/Disinfection」  
<<http://www.radia-ind.co.jp/services/c01/sterilization>>  
2018 年 7 月 1 日アクセス.
- 21) AZ ONE 「各種滅菌法・消毒法の概要」  
<<https://www.as-1.co.jp/academy/21/21-3.html>>  
2018 年 7 月 1 日アクセス.
- 22) 一般財団法人 高度情報科学技術研究機構 「放射線の写真作用」  
<[http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat\\_detail.php?Title\\_No=08-01-02-04](http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-02-04)>  
2018 年 7 月 1 日アクセス.
- 23) 日本獣医師会 放射線診療技術研修支援システム 放射線防護技術編  
<<http://www.020329.com/x-ray/bougo/contents/chapter3/3-2-ref01-page4.html>>  
2018 年 7 月 1 日アクセス.



## 謝辞

本論文は、筆者が弘前大学大学院教育学研究科の修士課程(教科教育専攻)に在籍中に行った研究成果をまとめたものです。

弘前大学教育学部教授の長南幸安先生には、指導教官として本研究の実施の機会を与えていただき、論文の取りまとめに至るまで、ご指導ご鞭撻を賜りました。心より厚く御礼申し上げます。

弘前大学教育学研究科に在籍中には、本研究の遂行にあたって理科教育専修の先生方に、数々のご指導、ご助力を賜りました。同専修の先生方に厚く御礼申し上げます。

放射線教育フォーラムの宮川俊晴先生、福島県環境創造センターの佐々木清先生、名古屋市教育センター指導主事の羽澄大介先生には、研究の取りまとめにあたって多くのご助言を賜りました。心より感謝申し上げます。特に、放射線教育フォーラムの宮川俊晴先生には、様々な貴重なデータを提供いただき、またご指導ご鞭撻を賜りました。心より御礼申し上げます。

最後に、本研究の遂行にあたってご協力を賜りました弘前大学大学院教育学研究科の諸先生方、並びに筆者を支えてくれた先輩、後輩、友人の皆様、両親に、心より感謝したいと思います。本当にありがとうございました。