

身の回りにある放射線について考えてみよう！

石川県立金沢泉丘高等学校 教諭 前田 学

1 概要

令和4年度より、高等学校において新学習指導要領に基づく教育が実施される。そこでは、「日常生活や社会との関連を図りながら、物体の運動と様々なエネルギーに関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察・実験を行うことなどを通して、科学的に探究するために必要な資質・能力を育成することにある」とある。

授業に先立って、生徒たちの知識の確認と意識調査を目的に、放射線に関する自由記述のアンケート調査を行ったところ、知識は持っているが断片的であること、危険性を強く意識しているが日常生活とは無縁と考えていること、放射線の社会での利用に関してよく知らないということなどが分かった。そこで、「身の回りにある放射線」に焦点を当てた授業と観察実験を実施することとした。身の回りにある放射性物質（特にラドンとカリウム）について紹介し、その放射性崩壊と放射線による被ばくについて、生活習慣因子によるがんの相対リスクに関する資料と合わせて、健康への影響に関して生徒たちに考えさせた。

また、宇宙放射線に関するガイガーカウンターを用いた実験などを紹介し、高度と宇宙放射線の関係や大気による遮蔽について考えさせた。霧箱実験では、始めに放射線源を入れない状態での自然放射線の観察を行い、その後、注射器内にあるマントルから出た気体を霧箱に注入したときの観察実験を行い、両者を比較検討させた。

事後アンケートによると、放射線の存在を身近に感じた、ただ怖がるのではなく「正しく怖がる」ことが大切であることが分かった、など生徒たちの意識の変容が見られた。今回の授業実践や反省点を踏まえて、次年度以降の授業について構想を練ることにした。

2 対象生徒

石川県立金沢泉丘高等学校 普通科普通コース 2年生（理型） 41名

3 実施科目

物理基礎

4 事前アンケート

授業に先立って、生徒たちが持っている放射線に関する知識の把握と放射線に対して抱いているイメージや意識を調査するために自由記述のアンケートを実施した。

『放射線とは何ですか？またどのようなイメージを持っていますか？（自由記述）』

放射線とは何ですか？

- ・ α 線、 β 線、 γ 線、中性子線、陽子線など
 - ・ 粒子、粒子の流れ、電子の流れ、原子から飛び出したものなど
 - ・ 波、原子からでる波、原子が発する波、電磁波
 - ・ 高エネルギーの粒子波や電子波、原子から発されるエネルギー
 - ・ 光線、ビーム、何かから出る線
 - ・ 放射能から出る、目で見えない電気の流れ、空気の流れ
- ・・・放射線の種類を名称で
・・・粒子として
・・・波として
・・・エネルギーとして
・・・あいまいな表現
・・・誤解している？

複数の生徒が抱くイメージ

- ・ 危ない、有害、危険なもの、体に害がある
 - ・ 目に見えない、人の目では見られない
 - ・ 物を通過する、人体を通過、壁を通り抜ける
 - ・ 利用されている
- ・・・66%の生徒
・・・28%の生徒
・・・18%の生徒
・・・15%の生徒

CT 検査、放射線治療、がん治療、原子力発電、レントゲン

その他

- ・ 処理できないから邪魔
- ・ ゴキブリが放射能に強い
- ・ 降ってくるイメージ
- ・ 食品から出ている
- ・ 原発事故
- ・ 人に影響を与える
- ・ 原子核
- ・ 核が壊れて放出
- ・ 物体の内部を利用して見ることができる
- ・ 被ばくする
- ・ 核融合
- ・ 自然界にたくさんある
- ・ 発がん性がある
- ・ 医療に使える

知識は持っているが断片的であること、危険性を強く意識しているが日常生活とは無縁と考えていること、放射線の社会での利用に関してよく知らないということなどが分かった。そこで、「身の回りにある放射線」に焦点を当てた授業と観察実験を実施することとした。

5 学習指導案

理科学習指導案

学 校 名 石川県立金沢泉丘高等学校
指 導 者 職・氏名 教諭・前田 学

指導日時・教室 令和4年2月21日(月)5限 教室名 物理実験室
対象生徒・集団 普通科理型2年(次)生41名(内訳29H41名)
科 目 名 物理基礎(単位数 4)
使用教科書 物理基礎 改訂版(出版社名 新興出版社啓林館)

1 単元(題材)名 エネルギーとその利用 / 物理学が拓く世界

2 単元(題材)の目標

- ・人類が利用可能な水力、化石燃料、原子力、太陽光などを源とするエネルギーの特性や利用などについて、物理的観点から理解している。【知識・技能】
- ・霧箱による観察・実験を通して、身の回りにある自然放射線について探究し、飛跡に関する規則性、関係性、特徴などを見だし、比較したり、関連付けたりして考察している。
【思考力・判断力・表現力等】
- ・観察・実験から見いだした関係性や傾向から、検証可能な仮説を設定し、それを確かめるための観察・実験の立案を行っている。【学びに向かう力・人間性】

3 指導に当たって

(1) 生徒観

- ・次年度「物理」を選択履修する予定の生徒と、「物理」を履修せずに「生物」を選択履修する予定の生徒が混在するクラスである。そのため、興味・関心や学習に対する意欲に大きなばらつきがある集団である。しかし、演示実験に対する反応やディスカッションなどの活動に対する学習態度は良好である。また、単元ごとの事後アンケートによると、日常生活や社会との関連性を明確にして行った授業に関して、学習の意義や有用性を実感している生徒が多い。

(2) 教材観

- ・中学校では1分野「科学技術と人間」で、様々なエネルギー資源について学習し、「電流とその利用」で放射線とその利用について学習している。事前に実施したアンケートから、放射線に関しての知識は持っているが断片的であること、危険性を強く意識しているが日常生活とは無縁と考えていること、放射線の社会での利用に関してよく知らないということなどが分かった。
- ・ α 線、 β 線、 γ 線、中性子線などの放射線に関する基本的な性質についての理解を深めさせたい。また、日常生活における自然放射線や社会生活における人工放射線について、その安全性や危険性と利用における課題について考察させたい。

(3) 指導観

- ・学習に対する関心や意欲を高めるために、大地、空気、食べ物から出る放射線や宇宙放射線など「身の回りにある放射線」に焦点を当てた授業と観察・実験を実施する。
- ・放射線の安全性や危険性についてデータに基づいて比較したり、関連付けたりしながら考察させたい。また、霧箱を用いた自然放射線の観察・実験から、「身の回りにある放射線」を実体験させ、生活の中での放射線との向き合い方を考えさせたい。

4 単元(題材)の指導計画(総時数3時間)

第一次 様々なエネルギーとその利用(2時間)
1時 様々なエネルギーとその利用
2時 放射線とその利用 . . . 本時
第二次 物理学が拓く世界(1時間)

5 本時の指導と評価の計画（第一次・第2時）

（1）本時のねらい

- 霧箱による観察・実験を通して、身の回りにある自然放射線について探究し、飛跡に関する規則性、関係性、特徴などを見いだし、比較したり、関連付けたりして考察している。
【思考力・判断力・表現力等】

（2）準備・資料等

ノートPC、大型ディスプレイ、ワークシート
霧箱、ドライアイス、懐中電灯、ランタン用マントル（放射線源）、注射器

（3）本時の展開

時間	学習内容	生徒の学習活動	教師の指導・留意点	評価規準 【観点】（評価方法）
導入 5分	放射線とは？ 5分	<ul style="list-style-type: none"> 放射線のイメージ共有 放射線の種類など基本事項について理解する 霧箱の基本原理を理解する 	<ul style="list-style-type: none"> 事前アンケートに基づく放射線のイメージ共有 放射線の種類の説明 霧箱内に発生した霧により放射線の飛跡が見える原理について説明する 	
展開 40分	自然放射線と人工放射線 12分	<ul style="list-style-type: none"> 被ばく量のデータから自然放射線と人工放射線の比較を行い安全性について考察する 放射線量と生活習慣因子を対比しながら、がんの相対リスクについて考察する 	<ul style="list-style-type: none"> 特に、空気中のラドンと食品中のカリウムの放射性崩壊について詳しく紹介する 複数のデータを比較させ放射線の相対的な危険性について、数値に基づき科学的に考えさせる 	霧箱による観察・実験を通して、自然放射線について探究し、飛跡に関する規則性、関係性、特徴などを見いだし、比較したり、関連付けたりして考察している。 【思考力・判断力・表現力等】 (ワークシート)
	宇宙放射線 8分	<ul style="list-style-type: none"> 高度によって宇宙放射線の量に違いがあることに気づき、その原因について考察する 	<ul style="list-style-type: none"> 高地における霧箱実験の動画を紹介する 学校屋上と高地におけるGM計数管のデータを示す 	
	霧箱の観察 (放射線源なし) 10分	<ul style="list-style-type: none"> 飛跡の観察を行い、その特徴や違いについてワークシートに記入する 	<ul style="list-style-type: none"> 放射線の種類による飛跡の違いについて説明する α線は、主に空気中のウラン系列のラドンが原因であることを説明する 	
	霧箱の観察 (放射線源あり) 10分	<ul style="list-style-type: none"> 飛跡の観察を行い、放射線源の有無によるその特徴の違いについて記入する 飛跡の違いについて考察する 	<ul style="list-style-type: none"> V字の飛跡が見られるα線は、トリウム系列のラドンとポロニウムが原因であることを説明する 	
まとめ 5分	考察・まとめ 5分	<ul style="list-style-type: none"> 本時の授業を通して、放射線に対する意識の変容について振り返る 	<ul style="list-style-type: none"> 身の回りにある放射線に関心を持ち、科学的な情報に基づいて、「正しく怖がる」ことが大切であることを伝える 	

5 指導のポイント

(1) イメージの共有

まず、事前アンケートの結果をクラス全体で、正しいものも誤ったイメージも含めて共有することにした。自分だけでなく他者がどのように放射線についてイメージしているのかを互いに話し合わせた。多くの生徒が「中学校で習ったが何となく覚えている程度」であり、放射線に対してあまり身近な存在ではないと感じているようであった。

(2) 身の回りにおける放射線

「中学生・高校生のための放射線副読本～放射線について考えよう～」(令和3年10月改訂)にある資料から、自然放射線と人工放射線に関する資料を抜粋して紹介した。

p. 3 放射線が飛ぶ様子を捉える。

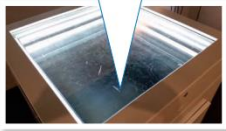
p. 4 身の回りの放射線

p. 5 原子と原子核、原子から出る放射線

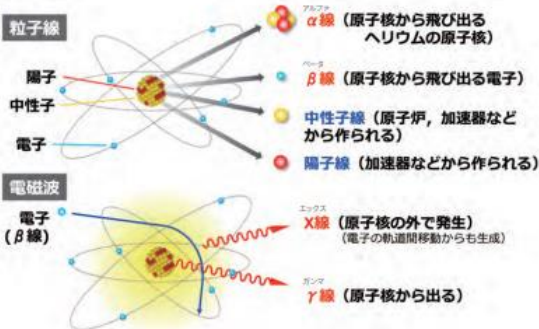
p. 11 身の回りの放射線被ばく

○放射線が飛ぶ様子を捉える。

身の回りに飛んでいる放射線は目には見えませんが、霧箱という実験装置を使うと、放射線が通過した跡が観察できます。



霧箱



(出典) 放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料 (平成 29 年度版)

○身の回りの放射線

放射線は、宇宙から降り注いだり、大地、空気、そして食べ物からも出たりしています。また、私たちの家や学校などの建物からも出しています。目に見えていなくても、私たちはいつも放射線がある中で暮らしており、放射線を受ける量をゼロにすることはできません。

宇宙から



宇宙は、今からおよそ138億年前のビッグバンによって生まれたと考えられています。私たちの住む地球は、そのビッグバンから90億年前とった46億年前頃に誕生しました。この宇宙には、誕生時からたくさんの放射線が存在し、今でも常に地球に降り注いでおり、これを宇宙線といいます。宇宙線は、地上からの高度が高いほど多く受けます。例えば、標高の高い山では、平地と比べて大気中の空気が薄くなるため、宇宙線を受けるものが少なくない、平地よりも多く受けます。

食べ物から



食べ物には、主にカリウム40という放射線を出す物質(放射性物質)が含まれており、自然界にあるカリウムのうち0.012%がカリウム40です。カリウムは、植物の三大栄養素の一つとして体内にカリウムを取り込んでいます。そのカリウムは、人間の約1%を占め、体重が60kgの人は、体内の約0.2%が含まれています。

大地から



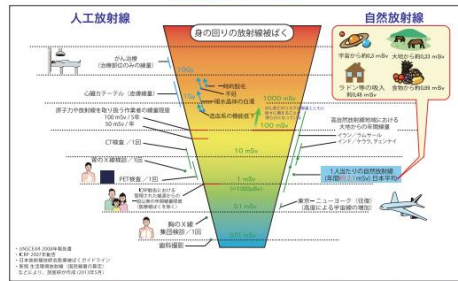
46億年前頃に誕生した地球の大地にも放射性物質が含まれており、こうした環境の中で全て生き物が生まれ、進化してきました。大地では、岩石の中などに放射性物質が含まれています。放射線の量は、岩石に含まれる放射性物質の量によって変わります。例えば、イランのウムサルやインドのケララ、チェンナイといった地域では、世界平均の倍以上の放射線が大地から出ています。日本でも関東地方と関西地方を比べると、関西地方の方が年間2〜3割ほど自然放射線の量が高くなっています。このような地域差があるのは、関西地方は大地に放射性物質が比較的多く含む花こう岩が多く存在しているからです。

空気から



空気には、主にラドン(岩石から微量に放出される希ガス)という放射性物質が含まれています。また、石やコンクリートの壁から出ているため、石造りの家が多いヨーロッパでは、寒冷なことから窓を閉めることが多く、日本に比べ室内のラドンの濃度が高くなっているといわれています。

放射線被ばくの早見図



放射線の種類	がんの発症リスク
1000 - 2000	1.8
500 - 1000	1.4
200 - 500	1.19
100 - 200	1.06
100未満	放射線被ばく

生活習慣因子	がんの発症リスク
喫煙者	1.6
大量飲酒 (450g以上/週 ¹⁾)	1.6
大腸がん (300-440g以上/週 ²⁾)	1.4
喫煙 (喫煙量 20 ³⁾)	1.22
喫煙 (喫煙量 10 ³⁾)	1.29
喫煙 (喫煙量 5 ³⁾)	1.15 - 1.19
喫煙 (喫煙量 2.5 ³⁾)	1.11 - 1.15
喫煙 (喫煙量 1.25 ³⁾)	1.06
喫煙 (喫煙量 0.625 ³⁾)	1.02 - 1.03

※1 喫煙については、エタール検査値を示す
 ※2 喫煙量を表す指標として国際的に用いられている指標。
 (1日あたり1〜1.5本のみの喫煙)で喫煙している者
 出典: 国立がん研究センターウェブサイト

(出典) 放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料 (平成 29 年度版) より作成

(3) 空気中のラドン 222 の崩壊

自然放射線被ばく量のなかで大きな割合を占めるラドン 222 について詳しく説明した。土壌や岩石から空気中に放出され、コンクリートなどの建材からも放出されることなどは、生徒たちはとても驚いたようであった（事後アンケート結果より）。気密性の高い現代家屋では、日本の伝統的な木造家屋よりもラドン 222 の濃度が高いことなどについても関心が高かった。核反応式も示しながら、半減期 3.8 日で α 粒子を放出してポロニウム 218 に α 崩壊することを説明した。

(4) 食品中のカリウム 40 の崩壊

食品を通して体内に取り込まれて内部被ばくする例としてカリウム 40 について詳しく説明した。天然のカリウムに含まれており、カリウム 40 は 89% の確率で β 崩壊を起こしてカルシウム 40 に変化し、11% の確率で β^+ 崩壊もしくは軌道電子捕獲でアルゴン 40 に変化することを説明した。身の回りには自然放射線があり、生徒たちにその安全性や危険性について考える機会とした。

(5) 宇宙放射線

地球由来の放射線の他に、宇宙由来の放射線があることについて考えさせた。以下の 2 つの資料を提示し、特に高度と宇宙放射線の量の関係について考えさせて、なぜそのような違いが生じたのかについて考察させた。

(A) 乗鞍岳山頂および朴ノ木平における霧箱実験の動画

(名古屋経済大学市邨高等学校中学校 大津浩一先生からご提供頂いた)

乗鞍岳山頂付近 標高 3026m

朴ノ木平 標高 1235m

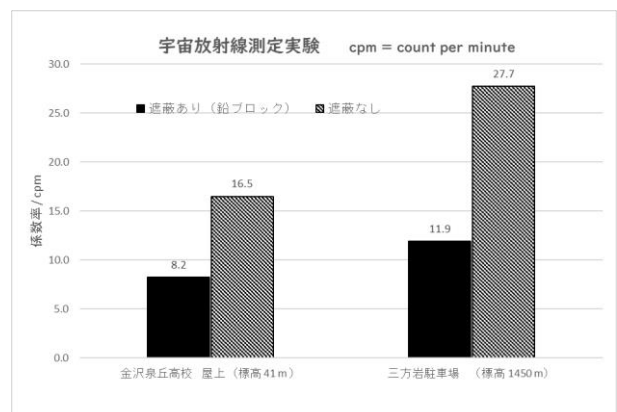
(B) 本校屋上および白山ホワイトロード三方岩駐車場における

ガイガーカウンターを用いた宇宙放射線の測定実験

※大地からの放射など、宇宙放射線以外の影響をできるだけ除くために、測定器の周りを鉛ブロックで覆い遮蔽した。

本校屋上・・・標高 41m

三方岩駐車場・・・標高 1450m



(6) 霧箱の観察 (4種類の飛跡)

霧箱実験においては、4種類の飛跡の違いについて観察し、考察させた。

(A) 放射線源を何も入れずに観察

- ・ α 線の飛跡・・・太くて短い飛跡
- ・ β 線の飛跡・・・細くてジグザグである飛跡
- ・ ミューオンの飛跡・・・細く直線的な飛跡 (宇宙放射線)

主に観察されるのは、空気中のラドン 222 の α 崩壊とポロニウム 218 の α 崩壊だと考えられる。また、ミューオンの飛跡を見ることもある。

(B) ランタンのマントルが入った注射器内の空気を放射線源として霧箱に注入し観察

- ・ α 線の飛跡・・・太くて短い飛跡 多数
- ・ V 字型の飛跡・・・ α 線の飛跡がほぼ同時に発生する V 字型の飛跡

マントルには酸化トリウムが含まれており、ラドン 220 (半減期 55.6 s) が α 崩壊し、ポロニウム 216 (半減期 0.145 s) に変化しているものと考えられる。ラドン 220 はラドン 222 に比べて半減期が短いため、注射器内の空気を注入後すぐに多数の飛跡を観察することが出来、数分間それが続く。また、ポロニウム 216 は半減期がとても短いため、すぐに崩壊する場合、V 字型飛跡を作ったものと考えられる。

6 授業を実践して

今回は身近にある放射線を題材にして、ただ知識を与えるだけでなく、体験やデータをもとに生徒たち自身にたくさん考える機会を与える授業になるように工夫しました。事前アンケートでは、生徒たちの知識があいまいであり、また、放射線は日常生活と関りが薄いものであると感じていることが分かりました。しかし、授業を終えた後の事後アンケートでは、98%の生徒が興味関心が増したと答えており、当初の目的は達することができたと考えています。自由記述では、「日常と深くかかわっていて驚いた」「放射線をただ怖いというイメージで捉えていたが、とても面白く、また正しく怖がるのが大切だとわかった」「とても楽しい実験だった」「放射線と付き合っていくことについて考える機会となった」など、放射線に対するイメージの変容が見られる記述が多くみられた。また、「放射線の利用について調べてみたい」「飛跡の違いの理由についてなぜなのか興味を持った」など、次につながる意見も多かった。

しかし、事後アンケートから課題も見つかった。霧箱の実験について「放射線を見ることが出来てびっくりした」「放射線を実際に観察出来てよかった」などの記述が散見された。これは、放射線の飛跡を、「放射線そのものを見ることができた」と勘違いしているためではないかと考えられた。そのため、後日改めて霧箱実験に関するアンケート調査を行った。

7 追加のアンケートの結果

質問 霧箱実験で見えたものは何ですか？

- α線、β線、放射線 . . . 多数
- γ線
- 自然放射線
- 原子中の陽子
- 大気中のラドンが崩壊し大気中を移動しているもの
- ドライアイス
- α線の飛跡
- エタノールが線になったもの
- 白いもや
- 白い波のようなもの
- 放射線の飛ぶ様子
- 蒸気の筋
- アルコールの蒸気

(霧箱実験で見えた白い飛跡について、再び詳しく説明をした後の感想)

- ・α線そのものだと思っていた . . . 多数
- ・放射線が見えたと思っていた
- ・放射線の粒子が核になっていると思っていた
- ・霧は水だと思っていた
- ・ちゃんとわかっていなかった
- ・放射線がなぜ見えるのか不思議だった
- ・放射線は目に見えないが、この装置を使えば見えるようになると思っていた
- ・見えているわけではないことは分かっていたが、何が見えているのか分かっていなかった . . . 多数
- ・α線が見えたとは思っていなかったが、横に押しつけて濃くなっていたと思っていた
- ・認識は間違っていなかった . . . 一定数

観察実験の反応が良かったので油断していたが、生徒たちに飛跡についての説明がほとんどうまく伝わっていないことがわかった。それどころか、誤解を生じさせていたことが判明した。次年度以降は、反省を生かし霧箱実験と通して誤解が生じないような丁寧な説明を必要とすることがわかった。

8 謝辞

名古屋経済大学市邨高等学校中学校、大津浩一先生からは、霧箱に関する大変貴重な動画をご提供頂きました。本当にありがとうございました。