

中学3年間に渡る「原子力・放射線」単元の構築

原口栄一

鹿児島県鹿児島市立甲東中学校教諭

〒 892-0871 鹿児島県鹿児島市吉野町 5356 番 40 号

【要旨】「原子力・放射線」について中学生が学ぶ内容は、主に中学3年時の3学期くらいに配置されている。しかし、その時期は高校入試対策として3年間の復習に当てられることも多く、学ぶ時期としては不適格と言える。そこで、中学3年間の理科の内容に「原子力・放射線」の内容を付加できないかと考え、それぞれの学年毎に構築した。

1 はじめに

中学校における「原子力・放射線」についての授業の単元を構築するのが研究の目的である。

福島第一原子力発電所の事故以来、今日的課題である「原子力・放射線」の授業内容について、東日本大震災発生以前に決められていた学習指導要領では十分とは言えないと考える。（原子力・放射線についても歴史や事故、再処理等の最新技術などには触れられず、量も全体的に少ない。）そこで、今まで研究してきた内容と最新の知識・状況を基にして、日本人が義務教育段階で学んでおくべき授業単元を現在決められている教科や時数の枠内で実施できないかと考え作成した。

私の担当教科である理科では、放射線や原子力についての基礎的知識を各学年の学習指導で教えるべき内容に加味する授業計画を設定した。また、社会的な事実や人々の心情を考えることも必要と考えて、科学的知識以外の部分を道徳の内容項目に当てはめて扱うことにした。

そのための方法としては、次のようなことを実践してきた。

(1) 常に最新情報を入手する。

- ・原子力・放射線関連の書籍を集め、読み、要点をまとめる。

福島第一原子力発電所事故以来、書籍が多く出版されている。できるだけ購入して読んでいる。

- ・放射線や原子力関連のセミナーに参加して講師の話を聞く。

東京大学原子炉弥生の運転研修、近畿大学原子力セミナー、いくつかの教職員原子力セミナーなどに参加してきた。

- ・研修旅行

茨城県東海村、福井県敦賀市、青森県六ヶ所村、福島県浜通り、北海道幌延深地層研究センター等の原子力発電所及び原子力関連施設の見学、写真等の資料収集

(2) 各種情報を教材化し、実際の授業展開を作成する。

(3) (2)に基づき、授業を行う。

(4) 授業者自身の気づき及び生徒・参観者の反応などから修正を加える。

(5) 「原子力・放射線」についての授業を単元化し、「だれでも真似できる授業」をめざして加工し、保存する。

これらは同時進行とし、単元の構築を行った。

現時点で理科の授業実践が、完了したので、道徳授業とセットにして作成することにし、次のように計9時間で設定した。

- ・ 中学1年 地学分野「大地の変化」の中で1時間
+道徳「人生シミュレーション」1時間
- ・ 中学2年 化学分野「化学変化と原子・分子」の発展で2時間
+道徳「放射線は役に立つのか？」1時間
- ・ 中学3年 総合分野「科学技術と人間」の中で2時間
+道徳「放射性廃棄物を考える」2時間

2 教材作成のための研修旅行

2013 年は、放射線教育について、公益財団法人下中記念財団による下中科学研究助成金がいただけたので、各地に取材旅行ができた。

(1) 福島取材旅行

4月下旬の朝、福島駅に降り立つ。鹿児島県鹿屋市で測定した空間放射線量は $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 、鹿児島県全体もこれくらい。しかし、福島市に降り立ってからは $0.3 \mu\text{Sv/h}$ 前後で約3倍であった。福島駅近くの福島市立三河台小学校にて科学教室の講師を行う。午後は、土湯温泉近くで観光した。ここでの空間放射線量は低く、鹿児島とあまり変わらなかった。福島県でも全土が空間放射線量が高いわけではないということがわかり、この感覚が教材開発に役立つことになる。

次の日は、被災地に近づく。自動車で入ったが、遠くでも福島第一原子力発電所に近づくにつれて空間放射線量は上がっていく。ある中学校のモニタリングポストでは $0.4 \mu\text{Sv/h}$ 前後であった。さらに道を西に進むと、どんどん数値が上がっていった。線量は $0.3 \mu\text{Sv/h}$, $0.4 \mu\text{Sv/h}$, $\dots$ $1.0 \mu\text{Sv/h}$ を越え、さらに $2.0 \mu\text{Sv/h}$, $3.0 \mu\text{Sv/h}$ となる。浪江町に入り、あるバス停付近では、簡易放射線測定器は $9.99 \mu\text{Sv/h}$ を示し、測定不能になった。高性能の測定機器では、 $30.0 \mu\text{Sv/h}$ を示していた。この数値を見たときは、大変緊張した。これが高い放射線量にさらされるということかと。体は何も感じることはないが、線量計の値は確実に上がっていく恐怖である。しかし、何も感じないと言われても、何か空気に違和感がある感じはした。市街地に入ると数



写真1 測定の様子



写真2 黒いフレコンパック

値は下がったが、地震の爪痕がまだあちこちに残っていた。海岸部は津波のために、果てしなく平たい場所であり、コンクリートでできた建物がぼつんと残っているくらいであった。道路脇や小学校のそばには車や建物の瓦礫がまだ残っていた。遠くに福島第一原子力発電所が見えていたが、測定数値はそれほど高くはなかった。線量分布地図どおりの放射線量であった。あちこちの道路脇や田畑には、フレコンバッグと呼ばれる除染した表土や草木を入れた黒い袋が並べられており、行き先がなかなか決まらない現状を表していた。行き先が決まらない理由、それはもちろん除染したものから出る放射線を人々が避けたいからだ。少しでも生活圏内から出したい、入れたくない、そのために除染したものが動けないのだ。

この福島県で見たこと感じたことは、理屈では分かっていたのだが、実際に暮らしている子どもたちの姿を見た上で、汚染の現実、立ち入り制限のための柵などを見ることで問題の解決についてさらに深く考えることができたと思う。

また、これらのことは原子力発電所から出る放射性廃棄物の処分の現状と同じ構図だと感じられた。この現実を知った上で、最終処分場の現実を知りたいと強く感じた。

(2) 北海道・幌延取材旅行報告

原子力発電には、特に人命に大きな影響を与えるような高レベル放射性廃棄物の最終処分場の問題がある。

では、どのように廃棄するのがよいか、各国それぞれで考えられている。

- ・宇宙処分・・・ロケット発射の際、事故が起きたら放射性物質が広範囲に拡散する。
- ・海洋底処分・・・日本も過去太平洋に捨てていたが、環境汚染の心配があることから、廃棄物などの海洋投棄を規制するロンドン条約により禁止となった。
- ・氷床処分・・・氷床の特性が不明確で、南極条約により処分禁止となった。
- ・人間による長期管理・・・戦争やテロ、政治体制の持続性などから人間による恒久的な管理は困難である。また、将来世代まで監視の負担を追わせるのはいかなものか。

これらが、すべて困難ということで、地層処分が期待されている。

- ・地層処分・・・地層が本来持っている物質を閉じ込める能力を利用する。

私も現時点では、これが確実ではないかと考える。(宇宙へ送り出す技術が宇宙エレベーターのように安全が確立されたなら、宇宙処分が良いと考える。しかし、100年にかかるだろう。ここ十数年では無理。)

現在、一番進んでいるのが、フィンランドである。ここでは、オンカロという地に廃棄物貯蔵施設を設け、2004年に掘削開始した。2020年操業開始で、2120年には施設を埋没処理し、閉鎖されることまで予定されている。

では、日本ではどの場所か。日本では岐阜県・瑞浪と北海道・幌延で調査研究されている。あくまで調査研究の場所であって、ここが最終処分場というわけではない。瑞浪は花崗岩質の地下、幌延は堆積岩質の地下で調査研究を行っている。

そこで、どうせならば、鹿児島県から一番遠くの北海道の幌延を見てみたいと考え2013年5月25日に日本原子力研究開発機構の幌延深地層研究センターを訪れた。稚

内から特急で約1時間，幌延駅から迎えのバスで15分の場所で，周りはトナカイ牧場くらいしかないなだらかな大地に立っていた。ここは，高レベル放射線廃棄物の地層処分技術に関する研究開発として地層科学研究や地層処分研究開発が行われており，地層処分の技術的な信頼性を，実際の深地層での試験研究を通じて確認することを目的としている施設である。写真3はゆめ地創館という展示施設である。



写真3 ゆめ地創館

早速，事前申し込みをしていた調査坑道などの地下研究施設を見学した。写真5のような作業服を着用し，西立坑から入った。最初にエレベーターで140 m 坑道に降りる。大変緊張したが，降り立ってみれば，なんということもなく，案内に従って動くことができた。まず，教えられたのが，万が一の事故の際の待避所の存在である。いろいろな救急用具もあり，安心することができた。工事に携わる方々の不安解消にも役立っているのだなと感じた。坑道内はコンプレッサーなどの騒音が大きく，説明がなかなか聞き取れないが，地層処分のためには，ただ穴を掘れば良いというものではなく，多くの専門的な観点から調査研究をしているのだなということがわかった。



写真4 地下坑道内



写真5 作業服



写真6 深度を示す電光掲示板

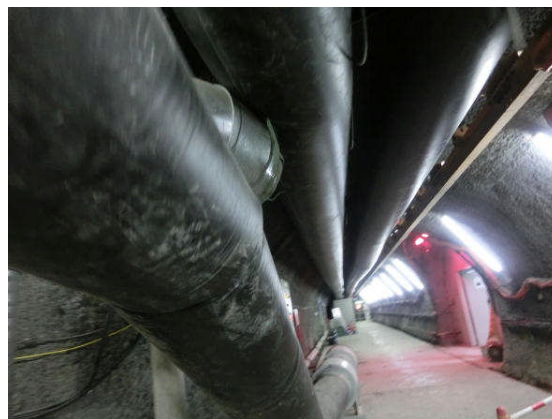


写真7 地下に空気を送り込む管

特に低アルカリ性コンクリートについての開発についての説明は力がこもっていた。掘削した岩盤を安定させるためにコンクリートは無くてもならないものであるが、地下水とふれることにより、その水の pH が上がってしまい、下流に環境汚染を引き起こしてしまうことがある。そこで、地下水と触れても pH が上がらないような低アルカリ性コンクリートを開発したとのこと。また、埋める高レベル放射線廃棄物にも影響を与えることがないようだ。この技術は、これからいろいろな土木・建築現場に還元されていくとの説明があった。次に 250 m 調査坑道に降りる。息苦しくなるかと思いきや写真7のような巨大な管で空気が送り込まれており快適であった。暑いということもない。明るさも 140 m 坑道と同じで、説明板もはっきりと読むことができた。その後、地上に上がり、排水処理設備を見学した。排水処理施設で地下水や工事に伴う汚水を処理して、きれいな状態で天塩川に流すための施設だ。ゆめ地創館で地層処理について展示物を通して学び、地層処分実規模試験施設に入る。ここでは、地層処理をする時の容器について学ぶことができた。



写真8 人工バリア



写真9 組み立て装置

写真8が高レベル放射性廃棄物を収納する人工バリアで、真ん中に放射性廃棄物をガラスに閉じ込めたガラス固化体があり、その周りを20 cmのオーバーパックという炭素鋼で覆い、さらに厚さ約70 cmの緩衝材という粘土（ペントナイト）で覆い岩盤に閉じ込めるというわけである。ペントナイトは猫の砂にも使われている一般的な物質とのことだった。それを写真9のような緩衝材ブロックを地下の穴に定置する装置で自動的に組み立てていくとのことであった。おそらく、緩衝材を組み立てた後でオーバーパックを入れ、ガラス固化体を挿入し、再び、緩衝材でふたをするのであろう。すべて自動化しなければ、高線量の放射線が出るのだから、人間はどうも近寄れない。今回の幌延深地層研究センターの一連の研修を通して、人工バリア+岩盤などの天然バリアを組み合わせた多重システムで高レベル放射線廃棄物が順当に処分されるのではないかと実感ができた。坑道における調査研究などもよくなされている。現在の技術では、地層処分が一番の選択ではないかと考える。

その理由は、数百年から数万年の保管期間において、現人類による一定のエネルギー補給は困難だと想像できるからである。それゆえに一度地層処分してしまえば、エネルギー不要で長時間処理を維持しておけることは非常に大切なことである。ただ、地層処分を行うまでの資源、エネルギーについての問題が懸念される。人工バリアの数は4万本になるとも言われており、それを製造して収納するだけでも相当な資源とエネルギーが必要だろう。また、だれも数万年先にどんなことが起きるかは想像がつかない。現在の技術で地層処分は大丈夫と考えても人類の予想もつかない地殻変動などのアクシデントが起こるかも知れない。だが、「もしも」を考えていては何もできない。現在、人類が持っている最高の技術で処理するしかないのだろう。

このように考えると、原子力を始めるときに廃棄のことも考えて始めて欲しかった。将来の技術進歩に任せるのではなく、当時の技術で良いから、そこでできるオプションを複数用意して欲しかった。（おそらく海洋投棄や施設内保管くらいだったのではないだろうか。その時に処分場の場所を確保していれば、現在のように悩むこともなかったかも知れない。）原子力で人類はこのような苦勞をしているのだ。再度、核融合などのエネルギーや新しい技術、新しい素材を開発したときは、人類として、この苦い経験を二度とすべきではないだろう。

以上の感想を持って福島、幌延の研修旅行を終えた。また、今回の研修を教材化して、授業を2時間組み立てることができた。

- ・1時間は、福島の現状から放射性廃棄物の行方を考える。
- ・2時間は、実験を通して放射線の遮蔽を考える。（放射性物質からの距離・放射生物室を遮蔽する物質である金属や岩石、土、身近な物質などで遮蔽してみる。）

(3) 近畿大学における教職員放射線セミナー

東大の弥生や東海村の原研で原子炉操作は2回ほど経験しているが、今回は参加者が少なかったおかげで、じっくりと理解しながら操作することができた。また、中性子や放射線についても身近に感じることもできた。原子炉の真上に立つこともできた。その時に持ち込みの放射線測定器が計測不能になる原子炉の上でも驚きながらも「短い時間」ということで安心はできた。（福島で計測したときも測定不能の場所があっ

たので、そこで慣れていた事もあった。)放射線についての講座では、久しぶりの知識の更新という意味でも受講して良かった。福島県の校長先生の話をお聴くことができたのも大変有益な内容で、いただいた資料も自分の放射線教育に大いに役立つものであった。

3 中学校各学年における放射線教育の実践

(1) 中学1年 地学分野「大地の変化」の中で1時間

「火成岩のつくり」の観察で放射線測定も入れる。前時までに、火成岩、火山岩、深成岩とは何かを教えて、火成岩の代表である花崗岩と安山岩のつくりの比較観察を予告する。

また、地球の中心近くにウランなどの放射性物質が核分裂していて温かくなっていることも観察時までの授業(地震の起こる理由の一つ→プレート移動→マントルが動く→地球が熱い→なぜ熱い?)で説明しておく。

内容としては、次のようなものである。

地球は地下に進むほど高温になっています。

現在の地球では、地表から深さ 100km で 1000℃程度、中心では 6000℃と考えられており、そのため、マントルが動き、プレートも動いて地震が起こる原因となっています。

では、熱い理由は何か、それは次のようなことです。

(1) もともと高温であった地球が表面から冷めつつあるので、内部はまだ熱い。

(2) 内部に発熱する物質があり今も熱を発生させている。

つまり、(1)は、地球誕生時から隕石や惑星が衝突してきて蓄えられてきた熱、および、放射性元素が壊変する時に生じた熱です。(2)はウラン・トリウム・カリウムなどの放射性物質が壊変するときのエネルギーによってできた熱です。本当なら冷え切ってもおかしくない地球が、今もなお熱いのは、この放射性物質のためでもあるのです。

これらのことを説明した上で、生徒たちは地下から生み出された火成岩の放射線量について関心を持ち、火成岩の放射線測定について積極的になりえる。

次に実践時の指導展開を示す。

＊

(1) 題材 火成岩のつくり (1/2)

(2) 本時の目標

ア 火成岩のつくりを観察し、分類するために、ルーペや双眼実体顕微鏡、放射線量測定器を用いて観察できる。(興味・関心)

イ 観察の結果と火山や火成岩の特徴やマグマの冷え方やできたところを関連づけて考察し、まとめることができる。(科学的思考・表現)

ウ 火成岩を分類するために、ルーペや双眼実体顕微鏡、放射線量測定器を用いて、鉱物の大きさや割合等に着目し、特徴をとらえてスケッチや記録できる。(実験技能)

エ 観察の結果、火成岩は火山岩と深成岩に分類できることが説明できる。(知識・理解)

(3) 本時の展開

過程	時間	学習内容・活動	指導上の留意点・評価	教材・教具
導入	3	1 前時までの復習を行う。 「火山岩と深成岩のできる場所・でき方」を思い出す。	・「火山岩は地表もしくは地表に近いところで急に冷やされてできる。深成岩は地下深いところでゆっくり冷やされてできる。」を思い出させる。	
展開	7	2 本時の課題を知る。 火山岩と深成岩の特徴の違いを調べる。 3 2つの観察方法の説明を聞く。 ・色～何色の鉱物でできているか。 ・見た目～粒がどのようなつくりになっているか。 ・密度～質量÷体積 ・放射線量 ・生徒の提示した調べ方	・個人用ワークと提出用ワークを配布する。	○火山岩(安山岩), 深成岩(花こう岩)を小と大を各班複数ずつ, 特大を教室に1個用意する。 (各種観察にふさわしい物を選択できるようにした。) ○歯ブラシ各班1本
	20	4 観察を行う。 (1) 実験器具の準備をする。 (2) ルーペ, 双眼実体顕微鏡で観察し, 構成鉱物の色, 作りのスケッチを行う。 (3) 密度を測定する。 (4) 放射線量を測定する。 (5) 生徒から提示された調べ方があれば, 各班それぞれ行う。 (6) 考察をし, 前時の既習事項と結びつけて考えさせる。 (7) 提出用ワークに結果を書き込み, 教師に提出する。 (8) 実験器具を片付ける。	・班の中で役割分担を決めて, 観察の効率を上げさせる。 ・評価ア, エ→机間巡視 ・生物, 化学分野の復習も兼ねている。(双眼実体顕微鏡, 密度) ・早く終わった班にはノートを書かせる。 ・提出用ワークを黒板に貼り付けていく。 ・実験に手間どっている班には, 支援する。	○ルーペ各班2個 ○双眼実体顕微鏡各班2台 ○メスシリンダー各班1本 ○自動ばかり各班1台 ○電卓各班1台 ○放射線量測定器「はかるくん」各班3台
	1	5 各班の観察結果を発表する。	・時間に余裕がある場合は各班の代表に発表させる。余裕のない	○小型ホワイトボ

	0		場合は、教師が選択して発表する。	ード及び筆記具各班1セット
終	1	6 学習課題のまとめをする。	・まとめを板書し、生徒にはワークに書かせる。	
0		7 自己評価をする。	・個人用ワークに書かせる。	
末		8 次時の学習内容を知る。		
		9 ワークを教師に提出する。	・評価ア、イ、ウ、エ→ワーク	

＊

観察に必要な放射線量測定器「はかるくん」は「一般財団法人 大阪科学技術センター放射線等に関する学習用機器貸出事務局」から一ヶ月以上前にwebから予約して20台を借り受けることができた。

観察後の生徒たちの感想をいくつか紹介する。

- ・グループのみんなと協力してできた。火成岩と深成岩の特徴の違いもわかったし、密度や放射線量の計算も楽しく良くできた。
- ・安山岩と深成岩の粒の大きさや放射線量の違いも初めて知った。また、同じ岩石でも色が違ったり放射線量が違うことにもビックリした。同じ岩石に見えてもいろいろな部分で違いがあることがこの観察でわかった。

(2) 中学1年 道徳「人生シミュレーション」1時間

(内容項目 1－2 着実にやり抜く強い意志)

キュリー夫人の放射線研究の人生をシミュレーションすることによって、「夢を追い続けることは楽しいが、厳しい道を進むことでもあり、あきらめずに進んでいけば、いつか夢はかなう」ということに気づいてもらいたいオリジナル道徳授業である。

(3) 中学2年 化学分野「化学変化と原子・分子」の発展で2時間

化学分野が終了した後に行う発展的な内容である。

ドルトン「物質はそれ以上分けることのできない粒からできていて、その種類によって性質と質量が違う」と考えた。その考え方がもとになり、現在ではこの小さな粒を原子と呼ぶ。さらに、現在では、原子の構造もわかっており、ヘリウムの例をとると、+の電気をもつ粒を陽子といい、電気をもっていない粒を中性子という。それらをあわせて原子核といい、全体として+の電気をもっている。そのまわりに-の電気をもった電子がある。

原子核には陽子の数と中性子の数の比によって不安定な原子核が存在する。不安定な原子核の原子は放射線を出して安定な原子に変わって行く。

上記の読み物を始まりとしたテキストと教具を作成して1時間授業を行った。

テキストは主に「すぐに授業で使える放射線教育教材」と勤務校に送付されていた「原子力エネルギー図面集 2011年版」から画像を取り入れた。

授業内容は、次の通りである。

- ・原子の構造
- ・3つの放射線
- ・原子炉の構造
- ・放射線と放射能の違い
- ・放射線の利用
- ・日常生活と放射線

教具は、100 円ショップやホームセンターで材料を入手し自作した物がほとんどである。



写真10 γ 線・ α 線・ β 線の模型

100 円ショップにて発泡スチロール球，木棒を購入し加工した。



写真11 中性子・陽子・電子の模型

陽子には+，電子には-の黒テープを貼り付けている。
中性子には何も貼らず。



写真12 原子の直径1 m拡大モデル

黒いプラ段ボールを購入して直径1 mの円に切り出し，中心部には0.1mm程度の穴を開けて裏から赤のLEDを点滅させている。原子の中で原子核が大変小さいことを示すための模型である。



写真13 原子のイメージモデル

ウランなど陽子中性子の多い原子をイメージさせている。天体観察用の透明半球2個，ガチャボンのカプセル，赤とクリーム色のBB弾，透明プラ板を使って作成している。



写真14 ペレット模型

原子力発電所見学の際に入手したもの。



写真 15 1/350 原子力発電所模型

顧問をしている科学同好会の生徒が文化祭に向けて作成したペーパークラフト。

次に生徒の感想を一部載せる。

- ・今までは、名前だけ知っていて、あまり内容を知らなかったけれど、今回の授業は、よくわかった。 α 線や β 線は、どんな違いがあるのかが模型などでわかりやすかった。
- ・放射線と放射能は、セットであるとわかった。原子力発電は、今とても役だっているし、他にも病気の治療や検査などにも役だっているの、すごいと思った。原爆など戦争に使うのではなく、やはり平和のために科学の力は使うべきだと思った。
- ・放射線や放射能のことについてよくわかりました。それに仕組みについてもよくわかりました。すごくおもしろかったです。原子の仕組みもいろいろなことがわかったが、もう少し詳しく知りたいと思いました。今日習ったことが3年生になったらまた習い、入試にも出てくるらしいので、今日わかったことは、しっかり復習して覚えておきたいです。

2時間目は放射線について基本的な実験を行った。放射線量測定器「はかるくん」を一人一台そろえて、内容は次のことを班で調べさせた。

- a 物質による放射線の線量
 - ・自然状態の線量は0.024くらい。
 - ・湯の花、船底塗料、御影石、カリ肥料、塩のうち、船底塗料の線量が高いことがわかる。
- b 放射線の遮蔽効果のある物質（身の回りの物質、金属、岩石）
 - ・アクリル、ステンレス、鉛、アルミニウム、厚紙、木板、ガラス板、水のうち、鉛が一番遮蔽することがわかった。他に火成岩や堆積岩を試した班もあった。
- c 放射線の届く距離
 - ・距離が遠くなるほど、弱くなることが理解できた。

(4) 道徳「放射線は役に立つのか？」1時間

(内容項目 1－2 着実にやり抜く強い意志)

●資料1を読んでください。

給食中の教室に突然、校内放送が流れた。「Aで事故が起きた。窓を閉めて室内に待機するように」。事故が起きた日。事故現場から約2キロ離れた村立舟石小。当時教頭だった秋山喜実夫さん（58）は、わが耳を疑った。窓を閉めながら、旧ソ連のチェルノブイリ原発事故が頭をよぎる。テレビに躍る「臨界」の文字を見ても事態がつかめず、児童や保護者に「とにかく室内にいるように」としか言えなかった。

「もし、登下校のときに事故が起き、建物に避難することになったら、Bを通しにくいコンクリートの建物に避難しましょう」。しかし、子どもたちの関心はさほど高くない。今月 18 日、村立東海中で行われた避難訓練。1 年生の男子生徒（13）は「事故は聞いたことはあるが、もう起きないと思う」。別の生徒（12）も「親から少し聞いたことがあるぐらい」と、ぴんと来ない様子だった。同校によると、訓練前に行った聞き取りでは、生徒の 9 割以上が事故の詳しい内容を知らなかった。

ただ、生きた証言は、子供の心をとらえる。

「教室は蒸し風呂のようだったが、Bが漏れていたらと思うと、窓を開ける気にならなかった」。東海中の訓練で、当時同校の生徒だった男性講師（24）が語りかけると、生徒真剣な表情で聴き入った。事故を語り継ぐことが、原子力防災を「自分のこと」として受け止めるきっかけになる。」として受け止めるきっかけになる。

事故発生時の学校

村は「建物の外に出ないように」と電話などで指示。午後 3 時半以降屋内待避が解除され、下校を開始した。翌日はAから 10 キロ圏内の小中高など 230 校が休校。2日は通常通りだったが、自宅以外へ避難したり、B検査を受けるなどして、240 人以上の児童・生徒が欠席した。（2009 年 9 月 30 日 読売新聞）を改変

発問 1 何が起きたのかわかりますか。またA, Bに入る語句を考えなさい。

・生徒の答え「原発事故」「インフルエンザ」「放射線が漏れた」

◇A Bの答えはBはわかった生徒が少なからずいたが、Aは難しかったようだ。

A（JCOウラン加工工場）

B（放射線）

●資料 2 が答えです。

資料 2 の一部

JCOでおきた臨界事故

1999年9月30日、茨城県東海村にあるJCOという会社のウランを加工する工場で事故がおきました。ここは、原子力発電所で使うためのウラン燃料をつくる工場でした。ウラン化合物の水溶液を混ぜ合わせる作業の時に、決められていた量よりも多いウランをひとつの場所に入れてしまったため、まちがって臨界量を超えてしまい、ウランが核分裂をおこしたのです。

「チャートBOOKS 原子爆弾から原子力発電まで原子力のことがわかる本」

（館野 淳 監修／数研出版株式会社）p122 より

発問 2 放射線は、なぜ怖いのでしょうか。

・生徒の答え「光を浴びただけでなくなったり病気になったりする。

「体内に直接害を及ぼす物質が入ってくるから」

「大量の放射線を浴びると放射線が漏れた」

「放射線の熱を浴びると体にとって悪いから」

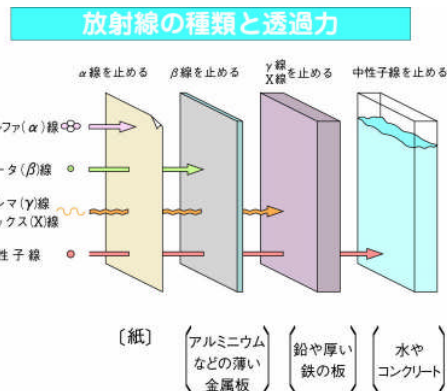
「人体に影響を及ぼすガンマ線が多く含まれているから」

「わからない」という発言多し。

◇「なんとなく放射線は怖いもの」という考えが多い。

●資料 3 が答えです。

放射能物質から放出される放射線には、アルファ線(アルファ粒子, ヘリウム原子核), ベータ線(ベータ粒子, 電子), ガンマ線(波長のきわめて短い電磁波)の3つがある。アルファ線は正の電荷をもち, 紙でさえも透過できない。ベータ線は負の電荷をもち, 紙は透過できるが, アルミ箔(はく)では遮断されてしまう。ガンマ線は紙もアルミ箔も透過できるが, コンクリートや鉛では遮断されてしまう。



放射線障害 (ほうしゃせんしょうがい) 放射線をあびたためにおこる障害。放射線は細胞に損傷をあたえ, 組織によっては重大な障害がおこる。X線やガンマ線など外部からの放射線が原因となることが多い。また, 放射線で汚染された食べ物などが体内にはいると, 放射性物質が細胞に取り込まれ, そこから出る放射線が細胞に影響を及ぼす場合もある。

放射線をあびることを被曝(ひばく)という。被曝すると初期症状として, 食欲不振と吐き気がおこり, まもなく嘔吐, 下痢がはじまる。その後の症状は, 放射線の量や被曝していた期間, どんな組織が被曝したのかなどによってことなる。骨髄が損傷をうけると, 白血球の数が減少し, 感染の危険がふえる。生殖器官の場合は永久不妊になる。短時間に大量に被曝すれば髪の毛がぬけたり, 出血がある。その場合は, 治療しても生命が危険な状態になる。(Microsoft(R) Encarta(R) Reference Library 2004. (C) 1993-2003 Microsoft Corporation. All rights reserved.) より

発問3 ここに放射線測定器「はかるくん」があります。スイッチを入れるとピピピと反応するでしょうか。しないでしょうか。

・生徒の答え

する 21人 理由「一年の頃, 実験をしたことがあり, 少しくらいあると思う。」

「鉄とかにいろいろな物質が入ってそうだから」

「部屋の中にも少しくらいはあると思う。」

しない 13人 理由「放射線は, どこにもないから」

「始めに少しくらいなるかもしれないけれど, 最終的にはない。」

◇中学1年「大地の変化」や2年の科学分野でも放射線を測定しているので, 復習である。

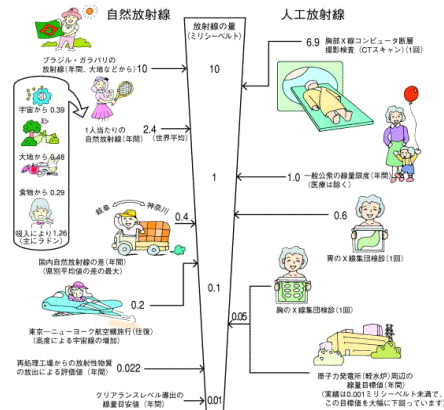
◇「はかるくん」のスイッチを入れると自然放射線の反応がある。

説明 何も試料がなくても放射線はどこからか飛んでいるのですね。

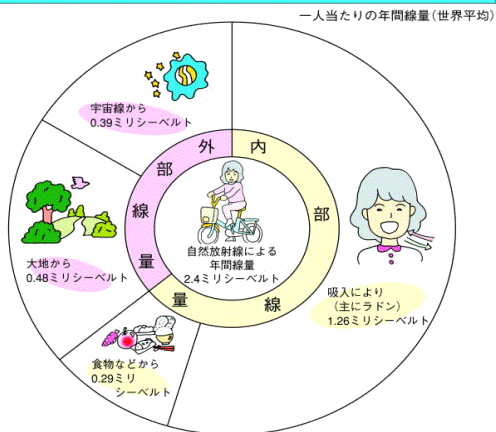


●資料4を見てください。

日常生活と放射線



自然放射線から受ける線量



出典：国連科学委員会(UNSCEAR)2000年報告

放射線は自然にも存在していて、人間はそれをあびて生活している。しかし、日常生活で1年間に受ける自然放射線は2 ミリシーベルトほどであり、障害がでることはほとんどない。

発問4 では、放射線は、人間にとって厄介者なのでしょうか。それとも役立つことがあるのでしょうか。

・生徒の答え

ある 16人 例「レントゲン」「何かの治療」

ない 18人

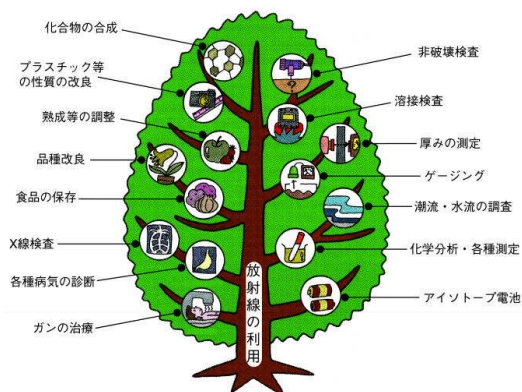
◇「レントゲン」が多かった。でも、全体的に「ない」と思う生徒が多かった。

●資料5を見てください。答えです。

下の写真は、茨城県にあるガンマフィールドとよばれる実験農場である。円形の農場の中心のやぐらに、コバルト 60 という強力なγ線を出す放射性物質が置かれている。ここでは、放射線で農作物のDNAに突然変異を



放射線のいろいろな利用



出典：日本原子力文化振興財団「放射線のはなし」

おこさせ、新しい農作物をつくる研究をしている。コバルト 60 はがん細胞を殺すがん治療などにも役立てられている。

発問5 できるだけ放射線による被害を少なくするための三原則があります。どんなことをすれば、少なくなるのでしょうか。

- 1 Bと私の間に（ ）を置く。
- 2 Bと私の間の（ ）を大きくとる。
- 3 Bにさらされる（ ）をできるだけ短くする。

◇みんなで考えてみた。答えは上から「遮蔽物」「距離」「時間」である。やはり「遮蔽物」についてはなかなかでったが、「壁」「荷物」「物」ということで、だいたいわかっているようであった。そして、風向きに注意することも付け加えた。

指示 今日授業の感想を書いてください。(生徒の授業評価5段階 楽しさ／ためになった)

- ・すごくこわかったです。でも、放射線が、いろいろな人のためになってきているのすごいなと思った。教室でもラドンという物質が飛んでいるのでこまめにそうじをした方がいいと思いました。とても貴重な授業だった。(2/5)
- ・放射線といえば、「こわい」としか頭になかったけれど、授業を聴いていて「役に立つ」ことも知ったので、そうなんだと思いました。でも、怖いところの方がまだまだ多いので、私も少しでも長生きできるように放射線から自分を守っていきたいです。(5/5)
- ・「放射線」という言葉は、聴いたことがあるというだけでした。あまり知らないのに、私にはほとんど関係ないだろうなと思っていましたが、そうではありませんでした。

3-5 中学3年 総合分野「科学技術と人間」の中で1時間

1 年時と 2 年時で放射線の基礎を学び、測定器の使い方にも慣れ、岩石や資料の測定

を行ってきた。3 年生では、福島第一原子力発電所の事故による放射線量について、身近な食品からの放射線量や資料の放射線量と比較して 2 年時よりも深く理解させる。初めて放射線を霧箱で観察し、視覚で放射線を認識させる。

次に実践時の指導展開を示す。

＊

(1) 題材 科学技術と人間・エネルギー資源

生活を支えるエネルギーはどんなエネルギーか

- ・放射線の特徴を調べる。
- ・福島第一原発事故の放射線汚染について理解する。(1/1)

(2) 本時の目標

- ア 放射線測定実験を進んで行おうとする。(興味・関心)
- イ 福島第一の放射線の広がりに関連づけて放射線の性質を理解し、放射線実験から結果を考察することができる。(科学的思考・表現)
- ウ 放射線についての用語を理解し、知識を身につけている。(知識・理解)
- エ 放射線についての実験を正しく行い、結果を出すことができる。(実験技能)

(3) 本時の展開

過 程	時 間	学習内容・活動	指導上の留意点・評価	教材・教具
導 入	1 0	1 放射線について復習を行う。	・理科ノートを発表させながら生徒に書かせる。 ・1, 2年時に学んだことを思い出させる。 ・評価ウ→ノートチェック	○α β γ 線中性子線模型 ○DNA模型 ○原子模型
展		2 福島第一原子力発電所事故の概要を知る。 3 本時の課題を知る。 ・放射線の性質を調べる。 ・福島第一原発事故の放射線汚染について調べる。 4 実験 1 を行う。 福島第一原発から流れ出た放射線量と試料の放射線量を比較する。 (1) 特性実験セットの試料と身	・ワーク 1 を配布して説明する。 ・自宅内の放射線量が高い場所をシミュレーションする。 ・希望する生徒に測定させる。 ・放射線から避ける 3 つの原則を確認する。 ・生徒に実験 1 と実験 2 の説明をする。 ・実験記録用紙・実験道具を配布す	○原子力発電所模型 ○福島第一原発事故の写真 ○自宅内の原寸図（文化祭にて劇中使用） ○放射線測定器「はかるくん」 ○放射線を避けるための 3 つの原則

開	30	近で放射線量が高いと考えられる食品の放射線量を「はかるくん」で1分間ずつ測定する。 (2)一番高い試料の放射線量を元に放射能の広がり地図を見て比較する。 (3)比較結果を記録用紙に書き込む。	る。 - 生徒に実験の手順や分担を考えさせる。 「はかるくん」測定時間は1分間かけることを確認する。 「はかるくん」で測定した結果は2台で平均をとる。 ・評価ア，エ→机間巡視	○放射線測定器 「はかるくん」 各班2台 ○特性実験セット各班1台 ○電卓各班1台 ○時計各班1台 ○バナナ・ナッツ・昆布 ○霧箱各班1台 ○ドライアイス ○携帯電灯（光源）各班1台 ○温度計 ○気圧計 ○湿度計 ○UVチェッカー ○電磁波チェッカー ○静電気テスター ○LUX計
	5	実験2を行う。 放射線を自分の目で見る。 (1)霧箱をセッティングする。 (2)放射線の軌跡を確認する。 (3)軌跡を記録用紙にスケッチする。 6 実験3を行う。(早い班のみ) 放射線は他の測定器に影響を及ぼさないかを調べる。 (1)特性実験セットを広げて、その周りに「はかるくん」と温度計や電磁波チェッカー等を置き、測定する。 (2)高い放射線資料をセットの中心に置き1分間待って測定する。 (3)測定器の変化を調べ、結果を記録用紙にスケッチする。	・霧箱はドライアイス以外は放射線源も付属した上で配布する。 ・霧箱使用時の注意点を確認する。 ＊ドライアイスは直接手で触れない。 ＊二酸化炭素は空気より重いので、上から観察する。 <pre> graph TD A[測定器] --- B((中心)) C[測定器] --- B B --- D[はかるくん] </pre> ・評価ア，エ→机間巡視	
終末	81011	8 考察を各班代表が発表する。 9 自己評価をする。 10 次の学習内容を知る。 11 記録用紙を集めて教師に提	・評価ア，イ→ワーク	

		出する。		
--	--	------	--	--

＊

観察後の生徒たちの感想をいくつか紹介する。

- ・今回の授業で、放射線の怖さを改めて感じた。そんな放射線が福島にたくさん降っていると思うと、あまり気にしていなかった私たちでさえ怖いのに、福島の人たちはもっと怖い思いをしているんだなと思った。
- ・放射線の第一印象は怖いでした。でも、放射線はとても身近にあると知って、とてもびっくりしました。でも、たくさん浴びると怖いので、原子力発電所は爆発しないで欲しいです。
- ・2年時でしたが、今回は、しっかりとできていろいろなことが分かり良かったです。放射線について知ることができました。
- ・霧箱で放射線の動きを初めて見た。楽しかった。

3－6 道徳「放射性廃棄物を考える」2時間

(内容項目 3－2 自然愛・4－2 より良い社会の実現)

福島、北海道の2カ所の取材を元に2年生で行う授業を作成した。ねらいは「放射性廃棄物の現実を日本人の課題として認識し、未来について考える。」とした。授業時間を2時間で設定した。

発問1 福島県は、第一原子力発電所事故のために放射性物質がたくさん巻き散らされましたが、どこか放射線量が低い鹿児島なみ ($0.1 \mu \text{ Sv/h}$ くらい) の場所はないでしょうか。

- A まったくない。
- B 少しくらいはある。でも、原発から離れた県境ぎりぎりの場所。
- C 少しくらいはある。あちこちに。
- D 県の西半分くらいは、鹿児島並み。高いのは海岸だけ。
- E 県全体、鹿児島並み

(生徒の反応) 生徒の答えた結果を見ると、すべてのクラスでB、Cの「少しくらいはある」で半分以上になっていた。県全体や県半分が鹿児島並みとは、ほとんどの生徒が考えていないようだ。(正解はB)

(教師の指示)「原子力発電所事故のあった福島に行ってきました。ビデオを見てください。」と言うと、生徒から「本当に行ったんですか」と問われ、皆がざわめいた。私は「はい」と答えてビデオを流した。内容は「実際に福島の浜通りに放射線測定を行いながら撮った被災地の写真を音楽をつけて編集したオリジナル動画」である。

発問2 浪江町に向かう途中の写真にあった黒い袋は何でしょうか。

(生徒の反応) 生徒の数名は知っていて「除染をしたために出たゴミ」と答えた。半分くらいの生徒は知らなかった。

(教師の指示) 次に「ここを見たときに、しばらく置かれているということを地元の人に聞きました。そこで、なぜ、すぐに片付けずに道ばたに置かれているのでしょうか

か。」と続けて聞いた。

(生徒の反応)「わからない」生徒が多かった。

(教師の指示) 理由が分かる資料「原子力事故から何を学ぶか(放射線教育フォーラム資料から引用改変したもの)」で説明した。中身は、「福島第一原子力発電所事故の経緯，土壌汚染，除染，放射能汚染について人々の不安，除染ゴミの行き先が決まらない，原子力発電所のゴミについても行き先が決まらない」というような内容にした。除染の結果のゴミと原子力発電所による放射性廃棄物では，線量のレベルも違い，高レベルから低レベルまで何段階かに分かれての処理も考えられていることはわかっているが，ここでは，あえて福島の身近な放射性廃棄物の問題と原子力発電所の高レベル放射性廃棄物の問題の根本は同じと考えて，次の発問に進んだ。(この授業では，なるべく専門的なことは省き，中学生にわかりやすいように授業設計をしている。)

発問3 これらのゴミがあるために原子力発電は「トイレのないマンション」とも言われていますが，ゴミをどうすればよいのでしょうか。

- A ロケットで打ち上げて宇宙処分
- B 船で海溝まで持っていき，海洋底処分
- C 南極などの氷に埋める氷床処分
- D 施設を地上に作り人間による管理
- E 地下深く穴を掘り，そこに埋める地層処分
- F その他

(生徒の反応) AやEが多かった。

(教師の指示) A～Eそれぞれの処理方法の欠点をあげていき，最後に，「現時点で実現可能性が高いものは，Eの地層処分です。」と告げた。

発問4 一番地層処理が進んでいる国はどこでしょうか。ヨーロッパにある国です。

(生徒の反応) 生徒の答えとしては「フランス」「イギリス」などが多かった。

(教師の指示)「現在，一番進んでいるのが，フィンランドである。2004年に掘削開始した。」と告げた。続けて「日本では岐阜県・瑞浪と北海道・幌延で調査研究されている。瑞浪は花崗岩質の地下，幌延は堆積岩質の地下で調査研究を行っている。」と説明し，ビデオを見せることにした。ビデオの内容は「実際に北海道・幌延深地層研究センターを訪れて地下250mの坑道を見学した体験写真に音楽をつけて編集したオリジナル動画」である。

放射性廃棄物のゴミについて考える感想を書かせて終了した。

生徒の感想の一部を紹介する。

- ・放射線についてよくわかりました。そして放射線を防ぐ岩石があったり放射性廃棄物は土に埋めるのが一番良いことや埋める時の深さ，どのように埋めるのかがよくわかりました。埋める時に水分に触れないようにする工夫や今，土を掘っていることなど知れました。福島県にも鹿児島県並みの放射線の場所があったりとびっくりすることがたくさんありました。また，原子力発電所が爆発したら，コンクリートの建物に逃げて風向きも考えればいいということがわかりました。これから放射性

のゴミをできるだけ出さないようにし、新しい電気の開発など取り組むと良いと思います。

- ・原発事故のゴミが今すごい問題になっているんだなと思いました。原発事故のゴミも放射線がたくさんあるから、どこも怖くて受け入れられないのはわかります。でも、だからといって、いつまでも福島に置きっ放しはだめだなと思いました。原発のゴミは地層処分が一番いいのだから、どこかに場所を決めてうめなきゃと思います。早くどこかに施設を完成させて欲しいです。今回の授業や実験で、放射線について今までより詳しく知ることができました。福島の現状、課題や放射線を多く出す試料などいろいろわかりました。特に実験で放射線の多い試料、放射線を弱めるものなどよくわかりました。放射線は、これからいろいろなことに関わると思います。なので、さらに詳しく知って、放射線に向き合っていきたいです。

4 研究の成果と課題

数年間の取材、授業実践を経て今年度、中学3年間9時間の「原子力・放射線」の単元化を図り、まとめることができた。これらを計画的に実践していけば、実験の中身で重複することもあるが、それが復習となり生徒の関心が高まる放射線教育になると考える。このような授業があと10年早く行われていれば、今回の風評被害や混乱の軽減にもつながったのではないかと考える。

生徒たちは、未知なるものや現象に好奇心をもち実験に夢中になる。特に放射線については、中学生にとって教科書や参考書に答えのない未知なる実験対象である。その特性を知るということは、ほとんどの生徒にとって楽しい初めての体験になったようである。今後も充実した放射線の実験を行い、原発事故や放射線に対して関心を高められるような授業にしていきたいと考える。

また、道徳の時間において過去の原発事故や核兵器、放射線の利用の歴史等を通して道徳的、社会的な面からも考えさせることで、「原子力・放射線」についての認識が理科の内容と関連づけて、さらに深まることになる。

しかし、この9時間で完成したとは考えていない。今後も最新情報を得て実践を深めながら、これからも改変、削除、追加をしてより良い単元にしていこうと考えている。

本授業実践記録等についての遠慮の無いご感想、ご意見をお知らせください。