

授業実践事例

高校3年生の生徒に対して、放射線について原子核構造や放射性崩壊の仕組み・半減期など基本的な内容を学習した後に、「本当に放射線は悪なのか？」をテーマに45分2回の授業で説明を行った。

私の物理の授業では、「目に見えない現象をイメージすることが大切」を目標に、2年間で50回以上の生徒実験・50回以上の演示実験を行い、現象からイメージすることを常に念頭において行っている。例えば、基本的な物理量である力や加速度は通常矢印で表すが、見ることはできない。しかし、物体の運動から力や加速度をイメージすることは可能である。このように実物を見ることで目に見えない現象や物理量をイメージすることの手助けは可能である。また、学習指導要領の目標は、「(3) 物理的な事物・現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。」とある。放射線を主体的に考えるためには、放射線は特別な場所에만あるという認識から、身近にどこにでもあるという認識に変える必要がある。また、本当に怖いのはなぜか説明や体験を通して学び、自分事としてとらえて、ただ怖がるだけでなく科学的に考えていく生徒を育てていく必要がある。

今回のテーマについて

2011年以降メディアなどでも「放射線＝悪」という報道を多く目にするようになった。ニュースやYouTubeでも近所の公園などで放射線量を測定して、「 $0.8 \mu\text{Sv/h}$ もあります。子供をこんな危険な場所で遊ばしていてよいのでしょうか。」などのコメントを多く見かけた。実際に、高校3年生の生徒に確認をしても8割以上の生徒が「放射線はレントゲンなどでは便利だが、体に浴びた場合百害あって一利なし」という認識を持っている。また、放射線は身近な場所にはなく、原子力発電所やレントゲン室など特別な場所にあるというイメージが強い。危険という認識を持つことは非常に大切であるが、ただ仕組みも分からず危険だからと漠然とってしまうことは避けなければならない。放射線の原理・仕組みを知ったうえで各自が判断できる生徒を育てていきたい。そのため、授業では何度か生徒に発問するが、オープンエンドで終わらせ、振り返りで各自の考えを記入させている。

【授業後の生徒の考え】

小1の時に東日本大震災が起きて「放射線 危ない」という言葉に包まれて人生の半分以上生きてきたけど、本当はどういうものかを知ることが大切。

本当に身近なことに生かせる分野だと思った。正しい知識を知り、無闇に避けるべきでない。放射線のことを正しく知ることが大事だと思った。放射線のイメージが変わった。

授業の様子 ※7～10 頁に実際のスライドを載せています。

(スライド1～3)「サラダを食べたことはありますか？」実は私たちは、植物に含まれるカリウム 40 という放射性物質を常に食べているので、なんと内部被ばくをしています。他にも、宇宙から、大地から放射線は出ていて、空気中にも放射線は出ています。※このとき、ガイガーカウンターの電源を入れて置き、「ポンッポンッ！」と音が鳴るようにしている

(スライド4・5)では、今日のテーマは「放射線は悪？」なのかです。「あなたは汚染した場所に被ばくしに行きたいですか？」嫌ですよ。では、汚染と被ばくの定義を見てみましょう。

2011 年移行メディアなどでも「放射線＝悪」という報道を多く目にするようになりました。ニュースや YouTube でも近所の公園で放射線量を測定して、「 $0.8 \mu\text{Sv/h}$ もあります。子供をこんな危険な場所で遊ばしていてよいのでしょうか。」などのコメントを多く見かけました。では、実際に YouTube で確認をしてみましょう。このように、目に見えないけど、身近に放射線量が少し高めの場所はどこにでもあるようです。

(スライド6～8) 私も少し HP など調べてみました。国の除染基準の $0.23 \mu\text{Sv/h}$ よりも高いところがいくつか見つかりました。数値はその都度違う値を示すので参考までに見てください。「有馬温泉に行ったことのある人は被ばくは大丈夫でしたか？」他にも、放射線量の高い場所がいくつもあります。確認のため、ラジウム温泉とは

ラジウム温泉説明文 HP より (<http://www.yuuduki.com/raziumuonnenn.html>)

「ラジウム温泉からは、ラドンという気体が発生していて、このラドンという気体を入浴中に呼吸により肺から吸収します。皮膚からも吸収されますが、大部分は呼吸により肺から吸収することになります。そして血液に溶け込んだラドンが全身に運ばれます。ラドンから発せられる放射線により、治療効果が期待されています。ラドンはとても強力な電離作用を持っています。強い放射線ですが、体には蓄積されません。この崩壊の際に放出される α 線は強力な放射線で、治療効果が期待されています。」

ところが、

環境省 HP より (<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h30kisoshiryo/h30kiso-02-05-09.html>)

「ラドン (ラドン 222) 及びトロン (ラドン 220) はラジウム鉱石が放射性壊変をした際に発生する気体状の放射性物質で、呼吸によって人体に取り込まれます。

ラドンは、ウラン→ラジウム 226→ラドン 222 半減期 約 3.8 日

トロンはトリウム 232→ラジウム 224→ラドン 220 半減期 約 55 秒

(天然に存在する放射線による被ばくの中では、ラドン及びその子孫核種による被ばくの割合

が一番大きいといわれています。)

普段の生活において日常的にラドン及びトリロンを吸い込んでいます。呼吸によって吸い込まれたラドンは肺に到達し、 α (アルファ) 線を放出するため、肺への内部被ばくが問題となります。体内に吸い込まれたラドンは更に壊変して子孫核種となり、肺や、喀痰と共に食道から消化器官に移行して内部被ばくをもたらします。ラドンとその子孫核種では、内部被ばくの寄与はラドンからは小さく、ラドンから壊変した子孫核種のほうが大きくなります。これは、ラドンは気体であるため、吸い込んだとしてもすぐ呼気と共に排出されやすいのに対し、ラドンの娘核種である放射性のポロニウム 218 や更に壊変した鉛 214 等は固体状であるため、一旦吸い込むと、肺胞や気管支壁面に付着し、体外に排出されにくいことが原因です。」このように書かれています。

「私は温泉が大好きですが、みなさんはどうでしょうか。もう危険だから入るのはやめておきましょうか。」

『このように、同じ現象を扱っていても、見解の違いなどは多くみられます。また、実際に、ラドン温泉などで測定した放射線量と国が定めている $0.23 \mu\text{Sv/h}$ との違いを見せると、生徒は非常に疑問を持ちます。そして、本当に放射線はただ悪なのか自分たちで考えます。』

(スライド 9・10) 特に岡山県はとてもラジウム温泉が多くあります。県北には人形峠もあります。では、実際に校内で鍵のかかる金庫で保存している、人形峠の砂・ストロンチウム+イットリウム・アメリカシウムの放射線量をガイガーカウンターで測定してみましょう。

例えば、ウランにしても α 崩壊を一度しても安定な原子核にはならないので、何度も α 崩壊・ β 崩壊を繰り返しています。このように、放射線の怖いところは目に見えない・感じるができないのに、体に影響を及ぼすところです。

(スライド 11~13) 「初めにも言いましたが、食べ物を食べても飛行機に乗っても被ばくをします。近所の公園にガイガーカウンターを持って行って、地面や草木の近くで $0.8 \mu\text{Sv/h}$ もあります。危険です。といいながら、週末には飛行機に乗って、ラジウム温泉に浸かるような生活をどう思いますか？もちろん放射線の浴びすぎは体にとって害でしかありません。

でも、日本では古くから温泉に浸かって疲れを癒す習慣がありました。ラジウム温泉に浸かることまでも害でしょうか？放射線は薬と似ているかもしれませんね。薬も医師の指示と用法用量を守って初めて薬になります。守られなければ毒にしかありません。放射線も適量では、治療効果が望めるかもしれませんが、目に見えないし、感じることもできないため、適量の判断ができないところが難しいです。気づけば、体に害のある量を浴びていたなんてこともあるかもしれません。放射線の本当に怖いところは、目に見えないところにありますね。」では、最

後にまとめです。私たちは自然放射だけでなく、医療被ばくも含めて年間でこの程度の線量を浴びています。次回はこの線量がどの程度体に影響があるのかなども見ていきましょう。では、しっかり振り返りを行ってください。

2 回目の授業の様子

(スライド 14・15)「ポテトサラダにじゃがバターに肉じゃがこれらに使われている野菜と放射線には非常に深い関係があります。その野菜とはなんのでしょうか。」今日はまず放射線はどのような場所で使われているか確認をしましょう。放射線の特徴として、状態や物質の変化があります。車のタイヤのゴムやじゃがいもには放射線照射が行われています。日本では食品照射は、唯一じゃがいもだけが認可されています。

(スライド 16・17) 原子力発電所に代表されるようにエネルギーとしても利用してきました。東京電力福島第一原子力発電所での事故は記憶に残っているでしょうか？目に見えない放射線だからこそ、莫大な放射線から身を守るためには 1. 遮蔽による防護 2. 距離による防護 3. 時間による防護が大切ですね。また、日常にも放射線はありふれていたはずですね。

(スライド 18・19) では、放射線の人体への影響についても考えてみましょう。よく放射線を浴びるとがんになると言われています。人の細胞は 60 kg の人でおおよそ 36 兆個といわれています。そして、約 100 日で多くの細胞が入れ替わります。このとき、複製ミスが 1 億分の 1 程度の確率でおこります。大切なことは毎日がん細胞は作られていることです。いろいろな要素を考慮すると毎日 10 万個ほどはできていますが、免疫やアポトーシスでがん細胞が増殖しない仕組みが体には備わっています。しかし、その仕組みが追い付かなくなると、がん細胞は増殖し、がんとなります。では、放射線をどの程度浴びるとよくないのでしょうか。これは、一度に 100 mSv または、年間に 100 mSv と言われています。前回までの単位は μ (マイクロ) なので、今回の m (ミリ) という単位に注意してください。

例えば、前回出てきた $0.8 \mu\text{Sv/h}$ の場合、年間では $24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \approx 1 \text{ 万倍}$ なので、ずっと浴びたとしても約 8 mSv/年となります。今回の基準よりは十分に低いといえます。

(スライド 20・21)「では、放射線を浴びた人はどの程度がんになりやすいだろうか？」日本人の死因の第 1 位はがんといわれており約 30%。つまり今 1000 人いたとすると 300 人はがんでなくなる計算です。仮に、この 1000 人が 100 mSv の放射線を浴びたとすると、300 人から 305 人に増えると言われています。「この数値は多いでしょうか？少ないでしょうか？人によって感じ方は違うのではないのでしょうか？」

では、どのようにして放射線によってがん細胞ができるのでしょうか。放射線が直接 DNA を傷つけたり、放射線が水分子に当たり活性酸素にして、その活性酸素が DNA を傷つけることによって起こります。「細胞をがん化させる活性酸素は怖いですよ。やっぱり放射線は怖いですよ。」ところが、この活性酸素は、なんと呼吸をした方が多く作られます。「活性酸素は怖いですから、呼吸はしない方が安全かもしれませんね。」そもそも、私たちの進化は、酸素を嫌いな嫌気性細菌が、酸素を好きな好気性細菌を取り込んだことによると言われています。嫌気性細菌にとって、酸素は猛毒です。好気性細菌の子孫のミトコンドリアがいるからエネルギーとして利用できていますが、そもそも私たちには酸素は毒なんです。「放射線以外にも怖いものがたくさんあるのに、なぜ放射線だけを特に怖がるのでしょうか。放射線だけががんになるから悪なんのでしょうか。がんになりたくないから呼吸をやめてしまうのも一つの方法かもしれませんね。」

(スライド 22) しかし、放射線が怖いというのは事実です。実際に 4 Sv の放射線を浴びると 60 日以内に半数の人が亡くなります。本当の怖さは目に見えないところです。実際に、チェルノブイリでも事故の後、およそ半年間事故が起こったことを隠していました。近隣の町では 500 mSv という放射線を浴びながら気づくことも知られることもなかったそうです。

(スライド 22) 最後に、もう一度放射線の種類を確認しておきましょう。以上で、放射線についての授業は終了です。振り返りの中では、今までの自分の考え方の違いに注目しながら、本当に放射線は悪で怖いだけのものであったか、リフレクションカードを記入してください。

学習の最後の確認テスト (今回は会話文形式で行っている)

B さん：以前、ある農家の米から 1 kg あたり 780 ベクレルの放射性セシウムを検出したという記事を見つけたよ。国の基準値で米については 1 kg あたり 500 ベクレルとなっているそうだよ。

A 君：米からも放射線って出ることがあるんだね。

B さん：何を言っているの？植物の 3 大栄養素である、窒素・カリウム・リンの中の (ア) は放射性同位体が 0.01% はあるから、ずっと放射線は出ているよ。

A 君：そうなんだね。

B さん：それに、日本では唯一、発芽防止目的で放射線照射が認められている野菜^(イ)もあるよ。

A 君：カレーや肉じゃがによく入っている、あの野菜がそうなんだね。

B さん：でも、私が気になったのは、国の基準で 500 ベクレル/kg となっているけど、これってどのくらいセシウムが含まれているのかしら。

A 君：500 ベクレルっていうのは1秒間に500個の放射性物質が崩壊することだったよね。

B さん：セシウムの半減期は30年だから、30年後には250 ベクレルとなるね。

A 君：つまり、30年間の平均で考えたら、近似的には1秒間に（ウ）個の放射性物質が崩壊していると考えることができるね。

B さん：30年ということはおよそ 9.5×10^8 秒だから、概算として 1.0×10^9 秒として計算すると30年間で（エ）個の放射性物質が崩壊しているよ。

A 君：つまり（エ）がもともとあったセシウムの半分となるから、初めにあった数は（エ）の2倍となるね。

B さん：セシウムは1 mol (6.0×10^{23} 個) で137 g となるから、もともとあったセシウムの質量は（オ）g となるね。

A 君：国の基準って米1 kg に（オ）g ととても厳しく定めているんだね。

B さん：たしかに、里芋やホウレン草でも200 ベクレル/kg 程度はあるから、米だけが特別に放射線量が多いとは感じないね。

A 君：ただ、基準を定めておかないといくら放射性物質が含まれていても良いと勘違いされてしまうから、正しく定めておく必要があるよね。

問1 （ア）に当てはまる言葉を窒素・カリウム・リンの中から選べ。 →カリウム

問2 下線部（イ）に該当する野菜を答えよ。 →じゃがいも

問3 （ウ）に当てはまる数値を有効数字2桁で答えよ。 → 3.8×10^2

問4 （エ）に当てはまる数値を有効数字2桁で答えよ。 → 3.8×10^{11} （問3の 10^9 倍）

問5 （オ）に当てはまる数値を有効数字2桁で答えよ。 → 1.7×10^{-10} g

問3について補足 $(500 + 250) \div 2 = 375$ ※ただし半減期のグラフを線形とみなした場合なので、実際はこれよりも少ないと考えられるため $3.4 \sim 3.8 \times 10^2$ 程度を正解とする

原子と原子核

放射性物質とは一見危険なものイメージがあるが...特別なものだろうか？

スイセンの自然放射

●体内の放射性物質の量



スイセンに含まれる
(カリウム40)による
放射線→β線・γ線を出す

カリウム40	4,000ベクレル
炭素14	2,500ベクレル
ルビジウム87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル

(体重60kgの日本人の場合)

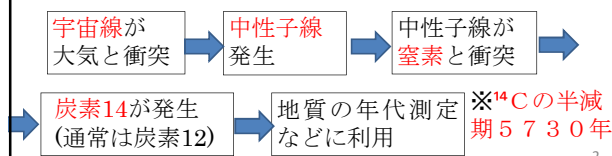
図は文部科学省 放射線読本より引用¹

自然放射は自然界に多く存在する

①植物の放射線 (植物3大栄養素—窒素・リン・カリウム) 植物からは常に放射線が出ている!!

②宇宙からの放射線 (宇宙線) ←ヘス博士が発見 (ノーベル物理学賞受賞)

太陽などからの荷電粒子が大気とぶつかることで発生
地上から高いほど放射線量は多い。



2

自然放射は自然界に多く存在する

③大地 (岩石)

ラジウム・トリウム・ウランなどの放射線源は
鉱物に多く含まれる

→岡山県においては人形峠が有名

※ウランはとても不安定で重たい元素

④空気

家の壁に使われるコンクリートはラジウムなどを
含む岩石からも作られる

ラジウムからは放射線が出ているので換気が必要

3

放射線って悪？
汚染と被ばくってどういうこと？

イメージしてください

あなたは汚染した場所に被ばく
しに行きたいですか？

4

汚染と被ばく

汚染とは放射性物質があるべきでない
場所に付着すること。

被ばくとは放射線を体に浴びること。

体の外側に浴びることを外部被ばく、

体内に放射性物質が入ることを

内部被ばくという。

5

国(環境省)が示す毎時0.23 μSv(マイクロシーベルト)

東京江戸川区 0.78 μSv/h 国の基準の約3.5倍

図は玉川温泉放射線量ベスト1から引用
<https://www.youtube.com/watch?v=AAAdQzYfTsg>

その他の汚染された場所

玉川温泉の放射線量

鳥取県三朝温泉 0.74 μSv/h

兵庫県有馬温泉 2.47 μSv/h

秋田県玉川温泉 6.716 μSv/h

島根県池田ラジウム温泉

ラドン含有量は6640マッヘと世界一 9.52 μSv/h

国の基準値の約41倍

シーベルト[Sv] ...放射線が人体に与える影響の度合い
※大人・子供・臓器の種類によっても異なる



6

ラジウム温泉説明文HPより

ラジウム温泉からは、ラドンという気体が発生
していて、このラドンという気体を入浴中
に呼吸により肺から吸収します。

皮膚からも吸収されますが、大部分は呼吸により肺から吸収することになります。そして血液に溶け込んだラドンが全身に運ばれます。ラドンから発せられる放射線により、治療効果が期待されています。

ラドンはとても強力な電離作用を持っています。強い放射線ですが、体には蓄積されません。この崩壊の際に放出される α 線は強力な放射線で、治療効果が期待されています。

環境省より

ラドン(ラドン222)及びトリオン(ラドン220)はラジウム鉱石が放射性壊変をした際に発生する気体状の放射性物質で、呼吸によって人体に取り込まれます。

ラドンは、ウラン→ラジウム226→ラドン222	半減期	約3.8日
トリウムはトリウム232→ラジウム224→ラドン220	半減期	約55秒

(天然に存在する放射線による被ばくの中では、ラドン及びその子孫核種による被ばくの割合が一番大きいといわれています。)

普段の生活において日常的にラドン及びトリンを吸い込んでいます。呼吸によって吸い込まれたラドンは肺に到達し、 α （アルファ）線を放出するため、**肺への内部被ばくが問題となります**。体内に吸い込まれたラドンは更に壊変して子孫核種となり、肺や、喀痰と共に食道から消化器官に移行して**内部被ばくをともなわします**。

ラドンとその子孫核種では、内部被ばくの寄与はラドンからは小さく、ラドンから壊変した子孫核種のほうが大きくなります。これは、ラドンは気体であるため、吸い込んだとしてもすぐ呼吸と共に排出されやすいのに対し、ラドンの娘核種である放射性のポロニウム218や更に壊変した鉛214等は固体状であるため、一旦吸い込むと、肺胞や気管支壁面に付着し、体外に排出されるに比べてが原因です。

岡山県の主なラジウム温泉

倉敷由加温泉 ホテル山桃花

湯郷温泉 ふくます亭

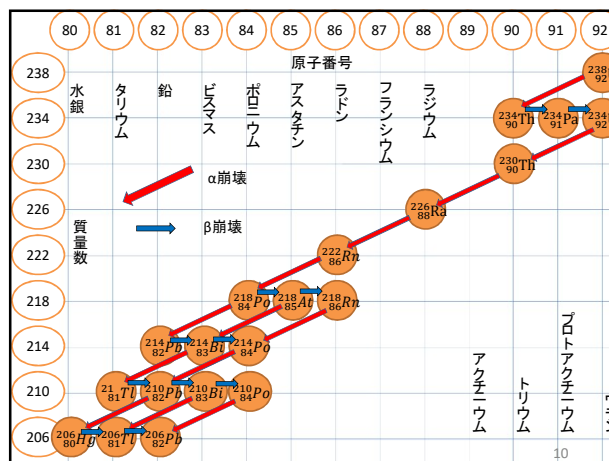
苦田温泉 乃利武

奥津温泉 名泉鍵湯 奥津荘

(約400年前美作の国主森忠政が領民の入浴を禁じて鍵をかけた鍵湯で知られる、名湯です)

岡山空港温泉 レスパール藤ヶ鳴

では、ウラン（温泉の成分の元）（ α 線＋ γ 線）・ストロンチウム＋イットリウム（ β 線）・アメリシウム（ α 線）をガイガーカウンターで測定してみましょう。

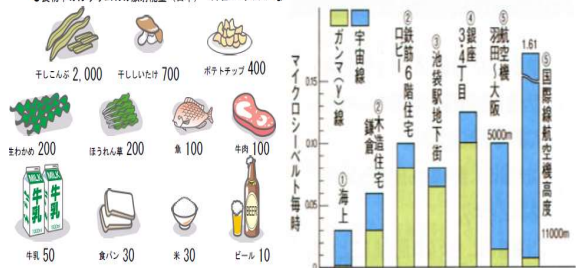


自然放射は自然界に多く存在する

⑤**食べ物**（実は、多く放射線物質が含まれている）
1kg当たり

●食物中のカリウム40の放射能量（日本）（単位：ベクレル/kg）

◆ 色々な場所における自然放射線レベルの違い



図は文部科学省 放射線読本より引用

11

薬と毒の関係と同じ

手に入りやすい薬とその致死量(LD₅₀)目安

・エタノール

参考

福岡県薬剤師会 (<https://www.fpa.or.jp>) 表 消毒薬の中毒一覧表

成人経口致死量 6～10 mL/kg(100%液)

幼小兒經口致死量 3.6 mL/kg(100%液)

・クレゾール石けん液

ヒト経口推定致死量 180~250 mL

・ヨードチンキ ヒト経口推定致死量 30～250 ml

参考 日臨救急医学会誌(JJSEM)2017;20:672-7 致死量を超えて内服した市販薬トラベルミン(ジフェンヒドラミン、*ジプロフィリン配合剤)の急性中毒例

・トラベルミンシニア(吐き気止め)

ジフェンヒドラミン 38～60錠 (ヒトでの致死量は 40 mg/kg)

参考 クローズアップ現代 2017/9/21 急増！
・エストロンモルフィン（眠気防止剤）

カフェイン 100錠(ヒトでの致死量は5~10g)

12

自然放射は自然界に多く存在する

⑥まとめ 実は今もみんな放射線にさらされています。

自然放射量

世界平均2.4 mSv

日本平均1.5 mSv



医療被ばく

世界平均0.6 mSv

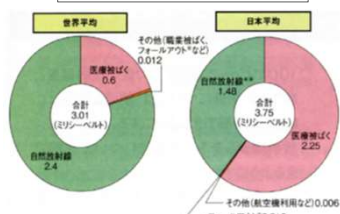
日本平均2.25 mSv

だからと言って日本が年間線量が少ないか？

年間線量

世界平均3.0 mSv

日本平均3.75 mSv



原子と原子核

放射性物質とは一見危険なもののイメージがあるが...特別なものだろうか？

放射線のいろいろな利用



放射線の応用利用方法

①状態・物質を変化をえる

例1) 車のタイヤのゴム。通常のゴムより非常に固い

例2) ジャガイモの発芽を抑える

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み

放射線照射済み



図1 ジャガイモ照射施設(北海道 士郎農協)

(日本農林規格照射センター) <http://radioactive-laboratory.jp/>

図は原子力百科事典ATOMICA

(<https://atomica.jaea.go.jp/>)より引用

図は厚生労働省 食品衛生法における

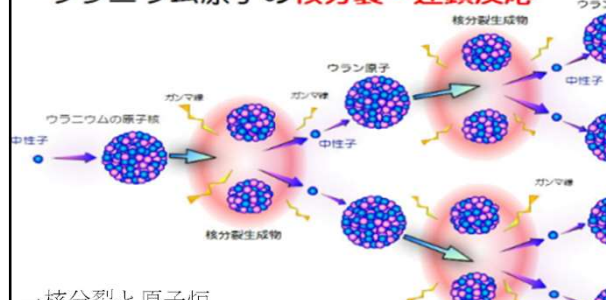
食品照射の取扱いについてより引用

※日本での食品照射は、唯一ジャガイモが認可

放射線の応用利用方法

②原子核にぶつけ、原子核を崩壊させる

ウラン原子の核分裂・連鎖反応



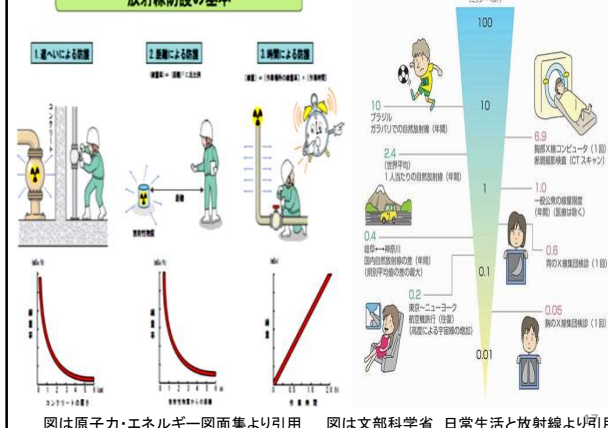
→核分裂と原子炉

→エネルギーとして利用

図はよくわかる原子力 原子力教育を考

える会 (<https://nuketext.org/>)より引用

放射線防護の基本



人体への影響

人の細胞は36兆個→100日ではほとんどの細胞が変わる

細胞が新しく作られる時に1億分の1の確率で製造に失敗し、それががん細胞になると言われていることから一日に生まれるがん細胞の数がわかる

$36兆 \div 100 \times \frac{1}{1億} = 約3600個$

実際には毎日10万程度作られている。

通常は

放射線や酵素代謝、発がん物質、たばこ、ウィルス、紫外線などの原因で細胞に傷が付く

→DNAには修復、排除、淘汰ができる。

一度に大量の細胞が傷つくと、修復が間に合わず傷を持った細胞が複製される

→組織の傷

(放射線の目安 一度に100 mSv or 年間に100 mSv)

18

特定のDNAの損傷がもととなり、修復、排除されず、複製、再生産されて何年もかけて組織にまで成長すると、がんとして発見される。

※がんとは無限増殖する細胞のこと

※特に、細胞分裂周期の早い、幼児期や胎児は大きな影響が出やすい。

→組織の傷

(放射線の目安 一度に100 mSv or 年間に100 mSv)

0.8 μSv/hの場合

24時間 × 365日 = 8760時間 ≒ 1万時間

0.8 μSv/h → 約8 mSv/年

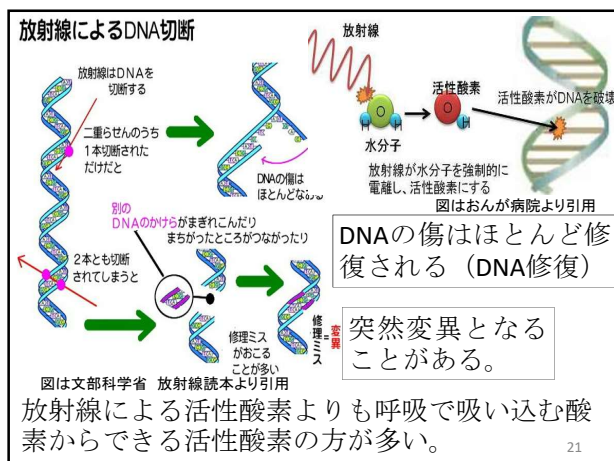
19

では、放射線を浴びた人はがんになりやすいだろうか？

→一般にはがんになる確率は30%といわれています。(つまり1000人では300人はガン)

全員が100 mSvを受けると、1000人中305人がガンとなる。

20



21

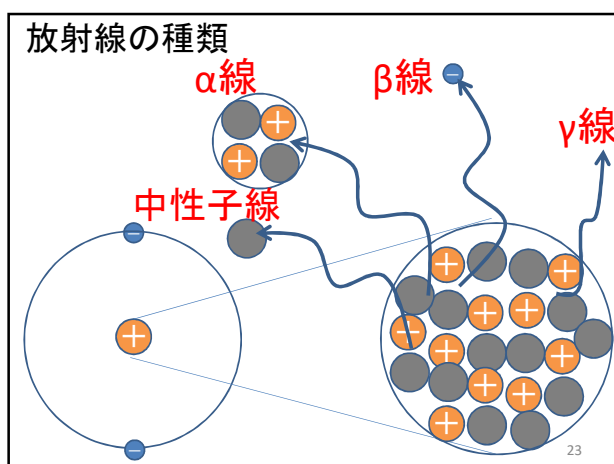
但し、一度に4000 mSv (4 Sv)を受けると、60日以内に半数が死亡

超えるべきではない

年間100 mSv 一生1000 mSv

1986年4月26日に旧ソ連ウクライナのチェルノブイリで起きた原子力発電所事故では、事故炉から3 km離れたプリピャチ市の住民で約500 mSv

22



23