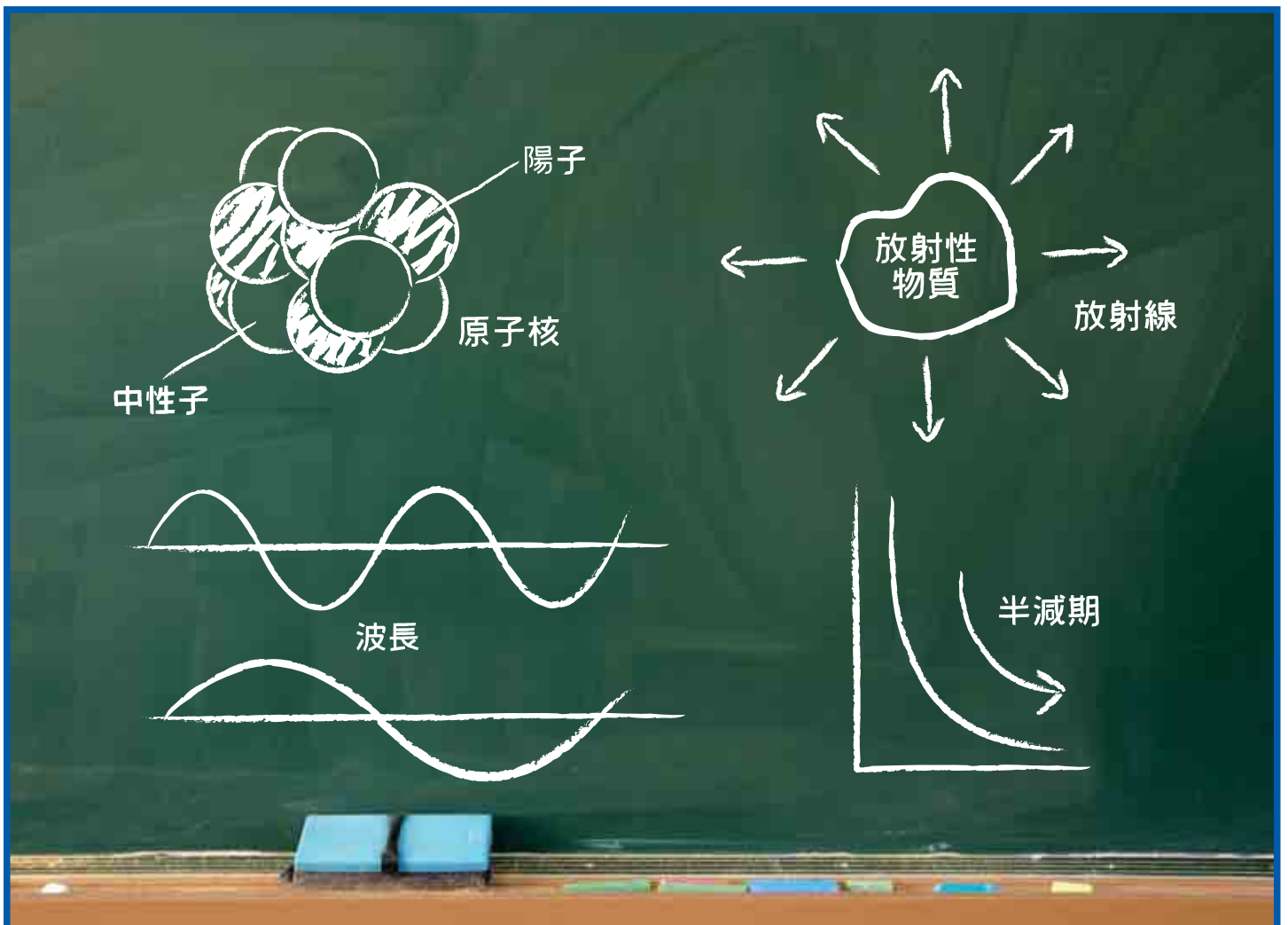


知っておきたい 放射線のこと



高校生のための
放射線副読本

はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(マグニチュード9)によって東京電力(株)福島第一原子力発電所で事故が起こり、放射性物質(ヨウ素、セシウムなど)が大気中や海中に放出されました。

この発電所の周辺地域では、放射線を受ける量が一定の水準を超える恐れがある方々が避難することとなり、東日本の一部の地域では、水道水の摂取や一部の食品の摂取・出荷が制限されました。

このようなことから、教育現場においても放射線への関心や放射線による人体への影響などについての不安を抱く方がおられると考え、放射線についての生徒向けの副読本を作成するとともに、この副読本の解説や関連情報を加えた解説編を作成いたしました。

この解説編では、放射線の基礎知識や放射線による人体への影響、目的に合わせた測定器の利用方法、事故が起きた時の心構え、さらには、色々な分野で利用されている放射線の一面などについての解説や関連情報を掲載しています。

目 次

◆放射線の世界	3
◆原子と原子核	4
◆放射線の基礎知識	5~10
◆放射線による影響	11~16
◆放射線の利用	17~20
◆放射線の管理・防護	21~22
◆身の回りの放射線の測定	23~26
◆放射線についての 参考Webサイト	29

放射線の世界

植物からの放射線を写し出す

右の画像は、スイセンから出ている自然放射線を写したものです。

色の明るい部分は、スイセンの中に含まれるカリウム40*によるものです。色の明るい部分ほど放射線が多く出ています。

画像は、放射線を受けると蛍光を発する物質を塗った特殊な板にスイセンを挟むなどして、外部からの自然放射線を遮る厚い鉛の箱の中に数日から2か月程度入れておくと、スイセンのカリウム40からの放射線が板に写し出されます。

なお、カリウムは、生物が生きていくために重要な元素で植物や動物に含まれています。

*カリウムの中には、放射線を出すカリウム40と呼ばれる物質が微量に含まれています。



CT画像の進歩による3次元立体画像(3D)

CT(コンピュータ断層撮影)では、放射線を利用して体の断層撮影を行います。

これまでは、体を断面画像(輪切りなど)として見るだけでしたが、最近では、画像処理技術の向上によって立体的で鮮明な画像を得ることができます。

右の写真の青い部分は、人工血管を表しています。立体的な画像を見ることにより、人工血管の様子を確認することができます。



人の腎臓周辺の立体画像

原子と原子核

原子と原子核

世の中には、およそ110種類ほどの元素*があります。

水素(原子番号1)からウラン(原子番号92)までの92種類は、ほとんどが自然界で発見されましたが、ネプツニウム(原子番号93)以降は人工的に作り出された元素です。

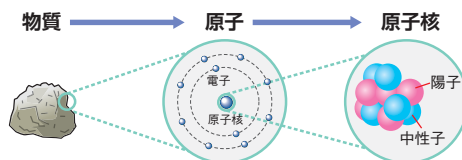
原子の構造は、中心にある原子核とその周囲に存在する電子からなります。

原子核は、正の電荷をもつ陽子と電荷をもたない中性子から成り立っています。

原子番号は陽子の数を表し、陽子の数と中性子の数を合わせたものが質量数となります。

陽子の質量は、電子の質量のおよそ1840倍です。

*元素は、原子の種類、原子核中の陽子の数(原子番号)で決まります。



同位体・同位元素(アイソトープ)

同じ原子番号の元素でも質量数が異なる(中性子の数が異なる)ものを同位体または同位元素(アイソトープ)といいます。

例えば、水素は、大半が陽子1個だけからできていますが、陽子・中性子ともに1個からできた重水素や陽子1個と中性子2個からできた三重水素と呼ばれるものもあります。

同位体の中でも放射線を出さないもの(例えば水素、重水素)を安定同位体、放射線を出すもの(例えば三重水素)を放射性同位体(ラジオアイソトープ)といいます。

質量数(陽子と中性子の合計数と同じ)



■ 原子の表記法
 元素記号の左上に質量数、
 左下に原子番号を示す。
 質量数=陽子(P)の数+中性子(N)の数
 原子番号=陽子(P)の数

学習のポイント

- ◎ 植物などから出る放射線が身の回りに存在することを学ぶ。
- ◎ 色々な分野で放射線が利用されていることを学ぶ。
- ◎ 同位体には、放射線を出す放射性同位体があることを学ぶ。

指導上の留意点

- ◎ 植物などから出る放射線が身の回りに存在することを理解できるようにする。
- ◎ 色々な分野で放射線が利用されていることを理解できるようにする。
- ◎ 同位体の中には、安定同位体と放射性同位体(ラジオアイソトープ)があることを理解できるようにする。

原子と原子核

■イメージングプレート

植物などの自然放射線の画像は、植物から出ている放射線を特殊な板(イメージングプレート生徒用P.3)を使って撮ったものである。植物から出る放射線は少ないため、周辺からやって来る放射線を鉄や鉛などで遮へいして、長時間(数日から2か月程度)置くことによって像が得られる。植物などは、長時間にわたって置いておくため、防腐剤などを使って腐敗しないように処置する。

植物などから出る放射線は、カリウムに0.012%含まれるカリウム40という放射性物質が出すベータ(β)線やガンマ(γ)線である。画像の色の明るい部分が放射線が当たった部分であり、カリウムが多く含まれていることが分かる。



厚い鉛などで遮へいた鉛箱

■中性子線の利用

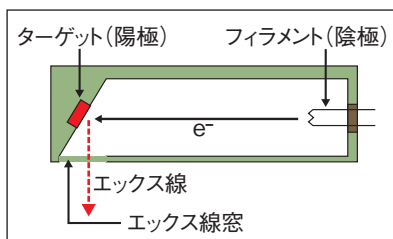
中性子線は、電荷をもたないので物質中での透過性が高いが、陽子(水素の原子核)との衝突によりエネルギーを失うことが多く、水も効果的に中性子を止める性質がある。このことにより植物に中性子線を当てると、水が多い部分ほど中性子線が通り抜けにくくなり、白く写真フィルムに写る。植物の研究に中性子ラジオグラフィを利用し、さらにその方法を発展させて、CT(コンピュータ断層撮影)によって立体的な画像を得ることができる。

■放射線を発生させる装置

放射線は、放射性物質から出る以外に装置を使って人工的に発生させることができる。その主なものを挙げる。

① エックス(X)線を発生させる装置

高電圧を両極に掛けるとフィラメントから高速の電子が飛び出す。反対側に置いてあるターゲット(タングステン)の金属板に高速の電子が当たり、金属板からエックス線が出る。



このようにして発生させたエックス線によって、胸や仏像の写真が撮ることができる。

エックス線発生装置とコンピュータを組み合わせたものがエックス線CT(コンピュータ断層撮影)である。エックス線源とこれに向き合った検出器によって、体を輪切りにした状態の映像が得られる。最近では、立体画像を得ることもでき、正確な診断などに利用されている。

この他、エックス線を発生させる方法としては、電子などの荷電粒子が磁石の力を受けて曲げられる時にエックス線が出ることを利用して、加速器により作り出すこ

とができる。

② 中性子線を発生させる装置

中性子を発生させる方法には、3通りある。それは原子炉、加速器、放射性物質の利用である。

原子炉を使った方法では、中性子がウラン235に衝突して核分裂が起こると、中性子が2~3個発生する。ここで発生した中性子を利用する。

加速器を使う方法では、加速器で加速した粒子を標的に衝突させると、中性子が発生することを利用する。

放射性物質を使う方法には、アメリカウム241などから出るアルファ(α)線をベリリウムに当てて中性子を発生させる方法がある。

■原子の姿、大きさ

全ての物質は、小さな原子がたくさん集まってできている。原子の大きさは、種類によって違うが、大体0.1ナノメートルの大きさである。例えば、1立方センチメートルの金の塊(質量19.3グラム)は、 6×10^{22} (600億の1兆倍の個数)の金の原子が集まったものである。金の原子の直径は約0.32ナノメートル(1ナノメートル= 10^{-9} メートル)である。原子1個の大きさはいかに小さいか分かる。

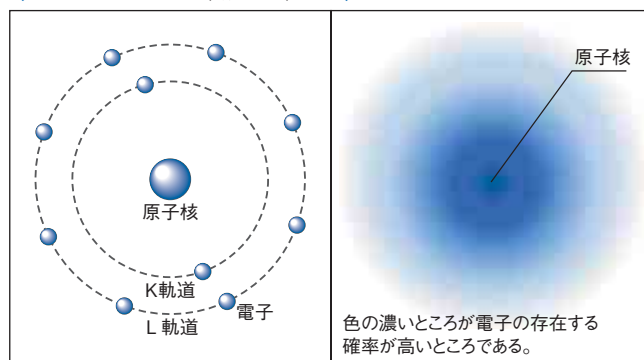
原子は、さらに小さい「原子核」と「電子」により構成されている。原子核の大きさは原子のおよそ1万分の1であり、プラスの電荷をもっている。電子は、マイナスの電荷をもち、質量が 9.1×10^{-28} グラムと軽い粒子である。

原子核の電荷の数と等しい数の電子が原子核の周りを動き全体を囲んでいる。

電子の位置と速度を正確に知ることはできない。電子がある位置に存在している確率を示したものが電子雲である。

◆原子のモデル(殻モデル)

◆電子雲のモデル



■原子核・原子番号・質量数

原子核は、プラスの電荷をもち、質量が電子のおよそ1840倍の陽子と陽子とほとんど同じ質量の電荷をもたない中性子からできている。

原子核を構成する陽子と中性子を核子と呼んでいる。

原子核の中の陽子の個数は、原子番号に相当し、原子核の陽子と中性子の総数を質量数と呼ぶ。質量数で原子核を区別する時は核種と呼ばれる。

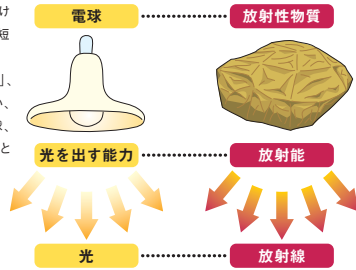
放射線の基礎知識

放射線の基礎知識

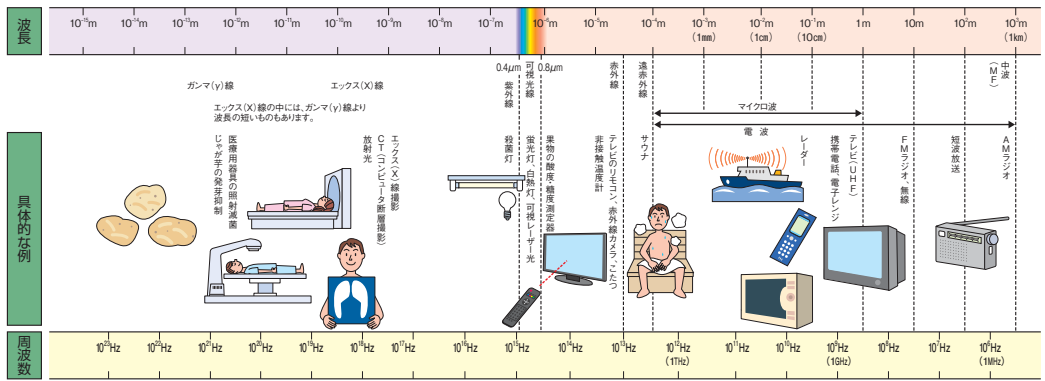
放射性物質と放射能、放射線

放射線は、大きく二つの種類に分けられます。「高速の粒子」と「波長が短い電磁波」です。

放射線を出す物質を「放射性物質」、放射線を出す能力を「放射能」といい、電球に例えると、放射性物質が電球、放射能が光を出す能力、放射線が光といます。



◆電磁波の種類



出典：(独)日本原子力研究開発機構「放射線ってなんだ?」

ガンマ(γ)線、エックス(X)線は電磁波の仲間

「電磁波」とは、電界(電場)と磁界(磁場)が相互に作用しながら空間を伝播する波のことです。電流が時間的に変化したり、電界や磁界が空間的に変化したりすると電磁波が発生します。電磁波は、光と同じ速度(約 $3 \times 10^8 \text{ km/s}$)で進みます。また、隣合う波の山と山の間または隣合う谷と谷の間の長さのことを「波長」といいます。

1秒間に一周期の波が伝播する回数を「周波数(単位:Hz)」といいます。

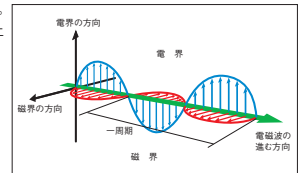
電磁波の性質は、波長または周波数によって大きく異なります。

太陽光線の紫外線や赤外線も電磁波の一種です。

波長が短くなる(周波数が高くなる)ほど電磁波のエネルギーは高くなります。

波長が短いものから順に

- (1) 電離放射線(ガンマ(γ)線やエックス(X)線)
- (2) 紫外線
- (3) 可視光線(人間の目に見える光)
- (4) 赤外線
- (5) 電波(携帯電話などから発生している電磁波)となります。



学習のポイント

- ◎放射線は、「粒子線」と「電磁波」に分けられることを学ぶ。
- ◎「放射性物質」、「放射能」、「放射線」について学ぶ。

指導上の留意点

- ◎放射線には、粒子線(α線やβ線)があり、どちらも原子核から放出されることを理解できるようにする。
- ◎放射線を出す能力を「放射能」、放射線を出す物質を「放射性物質」という違いを理解できるようにする。

■放射線の種類

放射線は、粒子としての「粒子線」と電波や光などと同じ「電磁波」と呼ばれるものに分けることができる。

粒子線は、電荷をもった粒子線と電荷をもたない中性子線とに分けられ、電荷をもった粒子には、アルファ(α)線、ベータ(β)線その他、がんの治療に利用されているプラスの電荷をもった炭素、陽子の他、ミュー粒子(ミューオン)などの素粒子までを含む。

電磁波には、中波(ラジオ波)、マイクロ波、可視光線、エックス(X)線、ガンマ(γ)線などがある。

放射性物質を構成する原子核が壊変(崩壊)して出て来る主な放射線は、アルファ線、ベータ線、ガンマ線である。アルファ線は、ヘリウムの原子核(陽子2個と中性子2個)の流れ、ベータ線は、電子の流れである。

■波長と周波数の関係

一周期の波長λメートル(m)は、電磁波の伝播する速度を毎秒約30万キロメートル(km/s)(=約300メガm/s)、周波数をfメガヘルツ(MHz)とすると次の関係で表される。

$$\lambda(\text{m}) = 300(\text{Mm/s}) / f(\text{MHz})$$

図の波長と周波数は、これで計算される。

※メガ(M)は 10^6

■自然放射線

私たちは、宇宙や大地、空気、そして食べ物から放射線を受けており、世界平均で年間約2.4ミリシーベルト、日本平均で年間約1.5ミリシーベルトの自然放射線を受けている。(P.12参照)

①宇宙から

地球には、銀河系と太陽から来る放射線が降り注いでいる。これらの放射線は、高エネルギーの荷電粒子であり、地球の大気にある原子と衝突し、原子を壊してこれらがさらに大気中の原子に次々に衝突し、色々な放射線が生まれてシャワーのように降り注ぐ。

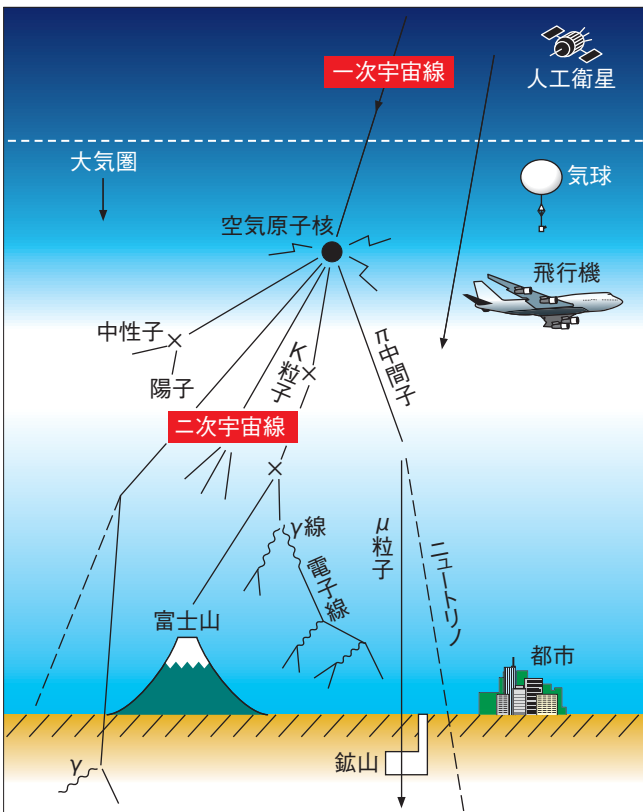
宇宙から受ける放射線量は、地上から高いほど多く受ける。これは、宇宙からの放射線を遮る空気層が少なくなるからである。

また、宇宙からやって来る放射線(宇宙線)が大気中で放射性物質をつくっている。例えば、宇宙線が大気中の原子に衝突して中性子線が生まれ、これが大気中の窒素と衝突して陽子を出し、放射性同位元素の炭素14になる。炭素14は、昔の木材の年代などを測定するのに使われる。

宇宙線を最初に発見したのは、気球に乗って放射線を測定したオーストリアのヴィクトール・フランツ・ヘス博士で1912年のことである。この発見によりヘス博士は、ノーベル物理学賞を受賞した。

②大地から

46億年ほど前に地球が誕生した時から、放射性物質は存在している。それらは、半減期に従って年数とともに減っていくが、現在でも半減期の長いトリウムやウ



ランなどが大地に残っている。そのため、大地から放射線を受けている。

放射性物質による線量は場所によっても違い、インドのケララはモナザイトという放射性物質(トリウム)を含む鉱物が多く存在するため、年間に10ミリシーベルトほどの自然放射線を受けている。その他に高い地域として、ブラジルのポコスデカルダス、イランのラムサール、中国の陽江市などがある。

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で2~3割ほど自然放射線の量が高くなっている。これは、関西地方は大地に放射性物質を比較的多く含む花こう岩が多く存在しているからである。

③空気から

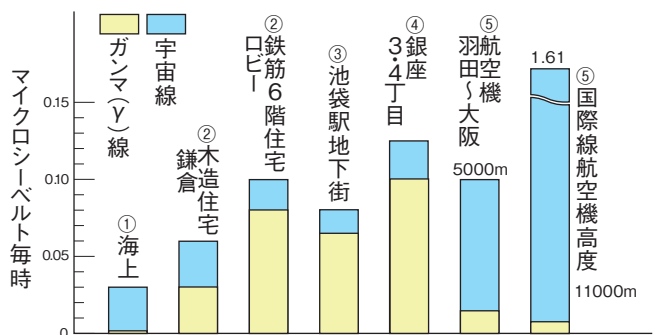
ラドンは、岩石などに微量に含まれるラジウムから生まれる希ガスであり、アルファ(α)線を出す。

そのため、地面や石造りの家、コンクリートの壁などからラドンは湧き出て来る。石造りの家の多いヨーロッパの寒い地域では、窓を閉めるため家の換気率が低くなり、室内のラドン濃度が比較的高くなっているといわれている。極端にラドン濃度が高い場合には、呼吸により肺への影響が高くなることから、窓を開け換気に注意するよう促している。

④食べ物から

植物に必要な三大栄養素は窒素、リン酸、カリウムである。そのうち、カリウムに0.012%のカリウム40が含まれている。カリウム40の半減期は12.8億年、ベータ(β)線やガンマ(γ)線を出す。その他にも食べ物には、炭素14などの放射性同位元素も微量ながら含まれている。

◆色々な場所における自然放射線レベルの違い



注) 1マイクロシーベルトは1/1000ミリシーベルトに当たる。

それゆえ1マイクロシーベルト毎時は、年間8.76ミリシーベルトになる。

出典:高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター「放射線の豆知識 暮らしの中の放射線」(2005年)

(注)

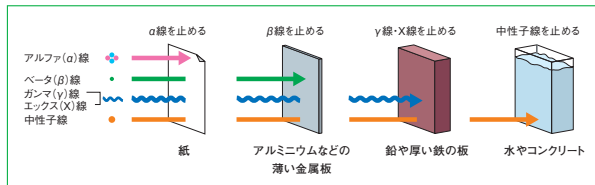
- ①海上では、海水自体に放射性物質が少なく、また、海底などからのガンマ線が海水によって遮られることからガンマ線は低い。
- ②木造住宅では、コンクリートなどで作られた鉄筋住宅よりガンマ線は低いが、コンクリートより宇宙線を遮る力が小さいことから宇宙線は高い。
- ③地下街では、地下にあることから宇宙線は遮られるが、地下街の周辺からのガンマ線が高い。
- ④銀座では、花こう岩が敷石に使われビルディングが立ち並ぶことから、宇宙線より周辺からのガンマ線が高い。
- ⑤飛行機では、宇宙線が空気に遮られないことから、高く飛ぶほど宇宙線量が高い。

放射線の基礎知識

放射線の基礎知識

放射線の種類と性質

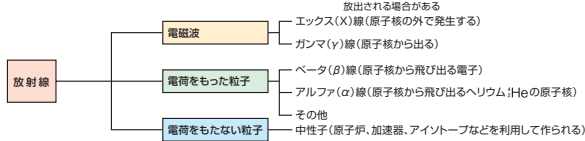
放射線には、アルファ(α)線、ベータ(β)線、ガンマ(γ)線、エックス(X)線、中性子線などの種類があり、どれも物質を透過する能力をもっていますが、その能力は放射線の種類によって違います。アルファ(α)線は紙1枚、ベータ(β)線はアルミニウム板など、材料や厚さを選ぶことにより遮ることができます。放射線を遮ることを遮へいといいます。



原子核には、不安定で自然に放射線を放出して別の原子核になってしまうことがあります。原子核が壊れるこの現象を壊変(崩壊)といい、放射線は、その時に放出される高速の粒子と高いエネルギーをもった電磁波のことです。

放射線は空間を高速で伝わるエネルギーの流れのことですが、この意味では電波や可視光線、赤外線、紫外線も全て含まれてしまうため、通常は、物質を電離(イオン化)させるエネルギーをもつ電離放射線のことを単に放射線といいます。

放射線は、大きく粒子と電磁波に分けられ、粒子の放射線は電荷の有無などでさらに細かく分類できます。

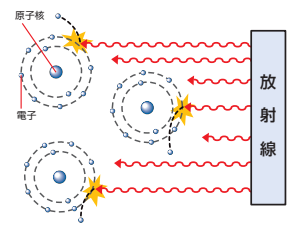


電離作用

放射線が物質を通過する時、もっているエネルギーを原子や分子に与え、電子をはじき出す働きを電離といいます。

バンクしにくい自動車のタイヤの素材や煙を感知すると警報が鳴る煙探知器は、電離作用を利用して開発したものです。

◆電離作用を利用した測定器:GM計数管や半導体検出器、電離箱など



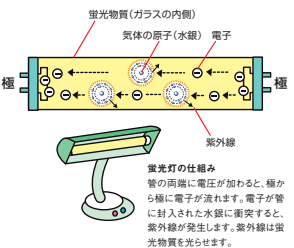
蛍光作用

蛍光作用とは、紫外線や放射線などが特別な物質に当たった時、その物質から特殊な光を出させる働きのことです。

この光を蛍光といい、蛍光を出す物質を蛍光物質といいます。

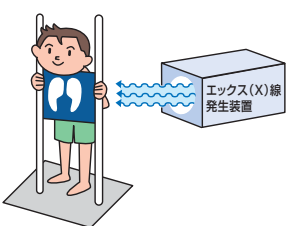
エックス(X)線の発見は、この蛍光作用によるものです。

◆蛍光作用を利用した測定器:シンチレーション式サーベイメータ、蛍光ガラス線量計、熱蛍光線量計など



透過作用

放射線には、物質を通り抜ける作用があります。病院のエックス(X)線撮影は、この透過作用を利用したものです。また、物質を通った後に放射線の量が減っていることを利用して、水位や鉄板、紙などの厚さを測ることができます。



学習のポイント

- ◎放射線には、物質を透過する性質があるが、放射線の種類によって遮へいの方法に違いがあることを学ぶ。
- ◎放射線には、原子核から放出されるものがあることを学ぶ。
- ◎放射線には、色々な作用があることを学ぶ。

指導上の留意点

- ◎放射線の透過力は、種類によって違い、材料や物質によって放射線を遮ることができることを理解できるようにする。
- ◎放射線には、粒子(α 線や β 線)と電磁波(γ 線)があり、どちらも原子核から放出されることを理解できるようにする。
- ◎放射線には、X線のように原子核から放出されないものがあることを理解できるようにする。
- ◎放射線には、電離作用、蛍光作用、透過作用があり、これらの特性が色々な分野で利用されていることを理解できるようにする。

■放射線の透過力

放射線の透過力は、その種類によって違い、アルファ(α)線は、ヘリウムの原子核からなり、空気中でも数センチメートルしか飛ばず、紙一枚でも止まる。飛ぶ間に空気中の物質に当たって徐々にエネルギーを失って止まり、ヘリウムの原子となる。

アルファ線を出す放射性同位元素が体の外にある場合は、皮膚表面で止まり、体への影響はほとんど無い。しかし、体内に入った場合には、細胞にダメージを及ぼす場合がある。

ベータ(β)線は、アルミニウムなど薄い金属板などによって止まる。

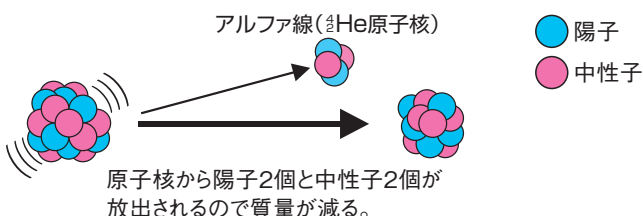
ガンマ(γ)線は、紙やアルミニウム板を通り抜け、鉛や厚い鉄の板で止まる。中性子線は、水やコンクリートで止まる。

このように、放射線の種類に応じて遮へい材を選ぶことによって、放射線の量を減らしたり止めたりすることができる。

■アルファ(α)・ベータ(β)壊変とガンマ(γ)線の放出

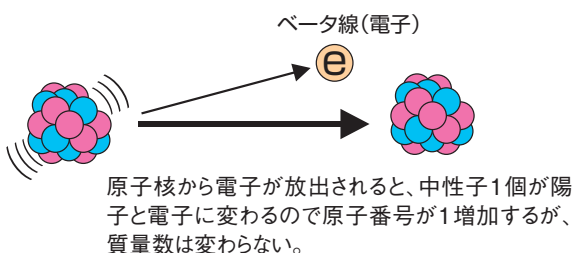
アルファ壊変(崩壊)

原子核の中から陽子2個、中性子2個が一団となって飛び出して来るものをアルファ粒子という。これは、ヘリウム(He)原子核と同じ構造をもつプラスの粒子である。放射線の中では重い粒子のため、短い距離で、空気中の物質の電子を電離・励起してエネルギーを失って止まる。アルファ線を出す壊変をアルファ壊変という。アルファ線は、ウラン、ラジウムなど大きい原子核から出る。



ベータ壊変(崩壊)

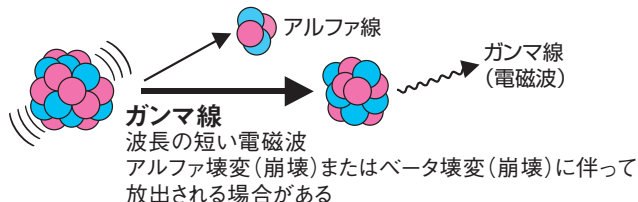
原子核の中の1個の中性子が陽子に変わる時、原子核の中から出て来る高速の電子である。この電子をベータ線といい、ベータ線を出す壊変をベータ壊変という。ベータ壊変では、マイナスの電子が原子核から飛び出す。ベータ線もアルファ線と同様に、物質に当たり電離や励起をしながらエネルギーを失って止まる。



ガンマ線の放出

アルファ線やベータ線を出した原子核の多くは、不

安定な状態(励起状態)になる。その励起状態の原子核は、安定な状態になる時にエネルギーを外へ放出する。その放出されたエネルギーがガンマ線である。ガンマ線を放出しても原子核の種類は変わらない。



■放射線の性質

放射線には、色々な作用がある。物質に対する相互作用を利用して医療や工業、農業などに利用されている。

①電離作用や励起作用

放射線が原子を通過する時に電子を弾き飛ばす働きを電離作用と呼び、残った原子は、プラスの電荷をもった原子(イオン)になる。また、放射線が原子を通過する時により外側の軌道に電子が遷移することを励起作用と呼ぶ。

これらの作用を用いて原子の構造を変えることができ、例えば、プラスチックなどの高分子に放射線を当てて、原子の結び付きを変えることで、丈夫な素材を作ることができる。また、放射線を植物に照射して自然界で起こる突然変異の速度を速めることができることを利用して、品種改良などを行っている。

放射線測定器であるGM計数管、電離箱は、筒の中に入った空気または不活性ガス(ヘリウム、ネオン、アルゴンなど)が放射線によって電離されることを利用している。筒の中にある芯と筒の間にプラスとマイナスの高電圧を掛けて電離した電荷を集め、これが信号となって放射線を数える。

②蛍光作用

励起された電子が元の軌道に戻る時に、余分なエネルギーがエックス(X)線として放出され、そのエックス線が物質に当たると、当たっている間だけ物質が光を出すことを蛍光作用と呼び、このような物質を蛍光物質といい、ウラン鉱石に紫外線を当てると光る。

放射線測定器であるシンチレーション式サーベイメータは、蛍光作用を利用し、放射線が当たると測定器の中の結晶性の物質が光り、これを信号として捉えて測定することができる。

③透過作用

放射線が物質を通り抜けることを透過作用と呼ぶ。病院のエックス線撮影は、重い元素ほどエックス線を吸収することからカルシウムや水分などの透過作用の差を利用している。こうした透過作用の差を利用して、液体や鉄板、紙などの厚さを測る厚さ計にも利用される。

放射線の基礎知識

放射線の基礎知識

放射線の単位

放射線は、ある特定の原子核が別の原子核に変化(壊変または崩壊)する際に放出されます。「ベクレル(Bq)」は、1秒間に壊変(崩壊)する原子核の数のことで、放射性物質が放射線を出す能力を表す単位をいいます。

数値が大きいほど放射線を出して壊変する原子核の数が多くなります。人体が受けた放射線による影響の度合いを表す単位を「シーベルト(Sv)」といい、放射線のエネルギーが物質や人体の組織に吸収された量を表す単位を「グレイ(Gy)」といいます。

このため、放射線が人体に与える影響は、放射性物質の放射能の強さ(ベクレル)の大小を比較するのではなく、放射線の種類やエネルギーの大きさ、放射線を受けた身体の部位なども考慮した数値(シーベルト)で比較する必要があります。

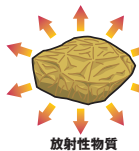
放射性物質の種類によって放出される放射線の種類やエネルギーが異なるので、同じ1000ベクレルの放射能であっても放射性物質が違えば、人体に与える影響の度合い(シーベルト)の大きさは異なります。

ベクレル(Bq)

放射性物質が放射線を出す能力を表す単位

1ベクレルとは、1秒間に一つの原子核が壊変(崩壊)することを表します。例えば、370ベクレルの放射性カリウムは、毎秒370個の原子核が壊変して放射線を出しカルシウムに変わります。

※壊変(崩壊)とは原子核が放射線を出して別の原子核に変わる現象のことです。



シーベルト(Sv)

人体が受けた放射線による影響の度合いを表す単位

放射線を安全に管理するための指標として用いられます。

グレイ(Gy)

放射線のエネルギーが

物質や人体の組織に吸収された量を表す単位

放射線が物質や人体に当たるともっているエネルギーを物質に与えます。1グレイとは、1キログラムの物質が放射線により1ジュールのエネルギーを受けることを表します。

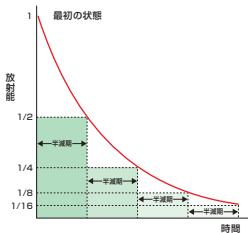
半減期

放射性物質は、壊変(崩壊)を繰り返し、最終的に安定した物質へ変化すると放射線を出しなくなります。原子核の壊変には、規則性があり、放射能の量は一定の時間が経過すると半分になり、さらにその同じ一定の時間が経過するとまたその半分になります。

壊変によって始めの原子核の数が半分になるまでの時間を半減期といいます。

半減期は、放射性物質によって違い、数秒のものから100億年を超えるものまであります。

厳密には、これを「物理学的半減期」といい、これに対して体内に取り込まれた放射性物質の量が代謝や排泄により体外へ排出されて半分になるまでの時間を「生物学的半減期」といいます。また、物理学的・生物学的半減期の両方を考慮したものを「実効半減期」といい、例えば、ヨウ素131は約7.3日、セシウム137は約99日となります。



放射性物質(放射性元素)	放出される放射線	物理学的半減期
トリウム232	α, β, γ	14.1億年
ウラン238	α, β, γ	45億年
カリウム40	β, γ	13億年
炭素14	β	5730年
セシウム137	β, γ	30年
ストロンチウム90	β	28.7年
コバルト60	β, γ	5.3年
セシウム134	β, γ	2.1年
ヨウ素131	β, γ	8日
ラドン220	α, γ	55.6秒

※壊変生成物(原子核が放射線を出して別の原子核になったもの)からの放射線を含む
出典(社)日本アイソトープ協会「アイソトープ手帳13版」

コラム 半減期を利用した年代測定

半減期の特徴を利用し、歴史を紐解く研究が進められています。

炭素14という放射性元素は、半減期が5730年です。宇宙線によって大気中の窒素原子からできるもので、植物は光合成で大気から二酸化炭素を取り込む時に、炭素14も同時に取り込んでいます。また、動物はその植物を食べ、炭素14を取り入れます。植物や動物が死ぬと、炭素14を新たに取り込まなくなるため、炭素14は徐々に減っていきます。

遺跡や遺物など試料に残った炭素14の量を調べることで、何千年前のものか試料の年代を知ることができます。



学習のポイント

- ◎放射線には、3種類の単位があることと、それぞれが何を表しているかを学ぶ。
- ◎放射能の量が半分になる時間を半減期といい、放射性物質によって異なることを学ぶ。

指導上の留意点

- ◎「放射能の強さ」はベクレル、「受けた放射線の影響」はシーベルト、「放射線が与えたエネルギーの量」はグレイを用いることと、その違いを理解できるようにする。
- ◎半減期には、物理学的半減期、生物学的半減期、そしてこれら二つを考慮した実効半減期があることを理解できるようにする。

■放射線の単位

放射能の強さや放射線の量を表す単位には、ベクレル(Bq)やシーベルト(Sv)、グレイ(Gy)などがある。

①ベクレル

1秒間に原子核が壊変(崩壊)する数を表す。表記はベクレル(Bq)で個数/秒である。

放射性物質がどのくらい物質の中に含まれているかを表わす表記はBq/kgである。

放射線を発見したベクレル博士にちなむ単位名。

②シーベルト

放射線による人体への影響の度合いをシーベルト(Sv)という単位で表す。放射線の種類やエネルギーの違い、また、人体の組織や臓器の種類によって現れる影響の程度に差が出るため、放射線の種類やエネルギーによる違いと被ばくした組織や臓器の放射線による影響度合いを補正して、共通の尺度(物差し)で算定される。放射線の被ばく管理に用いられる単位は2種類(実効線量、等価線量)ある(P.14参照)。

③グレイ

放射線により物質や人体の組織にどれだけのエネルギーが吸収されたかを表す。表記はグレイ(Gy)であり、1Gyは、1キログラム当たり1ジュール(J)のエネルギーの吸収があった時の線量を表す。表記はジュール/キログラム(J/kg)である。

がん治療や滅菌照射など、人に対する影響よりも照射した効果を期待する際に使用される単位となっている。

■放射能と半減期

放射性物質は、決まったエネルギーの放射線を放出する。

放射性物質が放射線を出すことによって、その量が半分になる時間を物理学的半減期という。例えば、セシウム137の物理学的半減期は30年であり、30年たてば元の量の半分になる。セシウム137の壊変(崩壊)は0.514メガ電子ボルト(MeV^{*})のエネルギーをもったベータ(β)線と0.66MeVのガンマ(γ)線を出し、セシウムはバリウム(Ba)になる。

これに対して、体内に取り込まれた放射性物質が代謝・排泄によって体外に排出され、取り込んだ量が半分になるまでの時間を表すには、生物学的半減期が用いられる。

物理学的半減期(Tp)と生物学的半減期(Tb)の両方が関与し、体内の実際の放射性物質の量が半分になるまでに要する時間を実効半減期(Te)といい、以下の関係式から求めることができる。

体内に放射性物質が取り込まれた場合、例えば、ヨウ素131は、物理学的半減期は8日であり体内に入ったうちの70%はすぐに尿から排出されるが、残りの30%は甲状腺に取り込まれ、その生物学的半減期は80日となるため、実効半減期は約7日程度となる。また、セシウム137は、

物理学的半減期は30年であり、生物学的半減期は、約100日(全身の筋肉に分布)、実効半減期も同様に約100日である。一方、ストロンチウムは、人体内で複雑な分布をして約70%は全身に広がり、100日ほどたてばほとんどが排泄されるが、約30%は骨に移行して生物学的半減期は非常に長くなる(ICRP publication67,1993)。

これらの生物学的半減期は、成人の値であり、乳児や子どもは、代謝が早いので成人の値より短くなる。

なお、自然放射線であっても人工放射線であっても、受ける放射線量が同じであれば人体への影響の度合いは同じである。

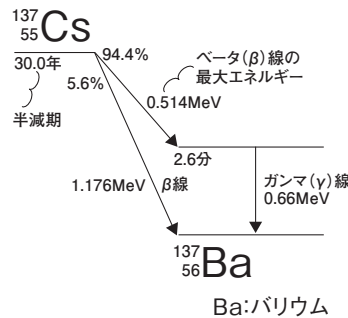
※MeV

M:10⁶

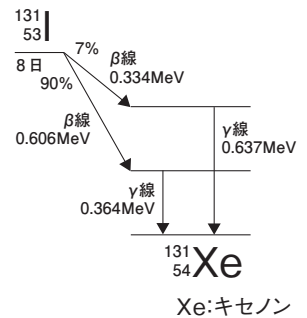
eV:1個の電子が1Vの電位差の間で加速される時に得るエネルギーを表す。

$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_p} + \frac{1}{T_b}$$

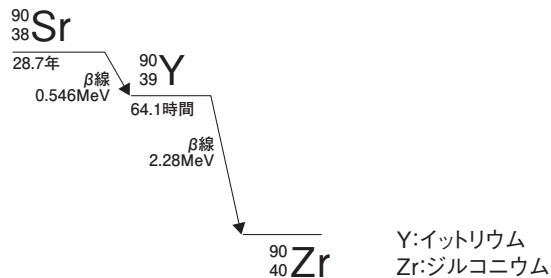
◆セシウム(Cs)137の壊変(崩壊)



◆ヨウ素(I)131の壊変(崩壊)



◆ストロンチウム(Sr)90の壊変(崩壊)



■炭素14による年代測定

遺跡などから出土した土器の年代は、土器に付いた「こげ」や「すす」に含まれる炭素を測定して推測される。

放射線を出す炭素14は、大気中でつくられている。宇宙からやって来る放射線(宇宙線)によってつくられた中性子が空気中の窒素に吸収されると、放射線を出す炭素に変化し、その濃度は空気中で一定である。食物が採取されると炭素の取り込みは無くなり、放射線を出す炭素の量は時間とともに規則的に減っていく。そこで放射線を出す炭素の量と出さない炭素の量の割合から食物の「こげ」の年代を測定でき、土器の使用された年代が特定できる。

放射線による影響

放射線による影響

身の回りにある放射線

私たちは、宇宙から地球に降り注ぐ宇宙線を受けていて、この宇宙線は放射線の一種です。高度の高い位置に行くほど、より多くの宇宙線を受けることになります。

例えば、ジェット機で東京-ニューヨーク間を往復(約20時間)した時の宇宙線から受ける放射線量は、約0.2ミリシーベルトとなります。

また、大地の岩石や土などに放射性物質が含まれているため、大地からも放射線を受けています。

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、大地に放射性物質を比較的多く含む花こう岩が多く存在しているからです。

その他、私たちは、食べ物や飲み物、呼吸によって体に取り込んだ放射性物質から放射線を受けています。

例えば、カリウムは自然界に存在するミネラル成分の元素であり、人間の体内の塩分を低下させ血圧の上昇を制御するなど健康を保つために必要不可欠な元素です。

このカリウムには、カリウム40という放射性物質がごく僅か(0.012%程度)含まれていて、カリウム40は食べ物と一緒に体内に取り込まれます。こうした放射性物質は、時間の経過によって少なくなり、また、新陳代謝されるため、体内でほぼ一定の割合に保たれています。

体内、食物中の自然放射性物質



自然放射線と人工放射線

私たちの生活環境には、自然から受ける放射線と人工的に作られた放射線があります。

人類は、地球の誕生以来、宇宙から地球に降り注いでいる宇宙線や大地、飲食物などからの放射線を受けてきました。

これらを「自然放射線」といい、私たちは、年間一人当たり約1.5ミリシーベルト(日本平均)の自然放射線を受けています。

1895年にレントゲン博士によりエックス(X)線が発見され、今では医療や工業、農業などで色々な用途に利用するため人工的に放射線が作られています。これらを「人工放射線」といい、病気の診断などに用いられるエックス(X)線撮影やCTなどのエックス(X)線、核分裂のエネルギーを取り出す原子力発電所で生まれる放射線などがあります。

外部被ばくと内部被ばく

放射性物質が体の外部にあり、体外から被ばくすることを「外部被ばく」といいます。一方、放射性物質が体の内部にあり、体内から被ばくすることを「内部被ばく」といいます。

外部被ばくは、大地からの放射線や宇宙線などの自然放射線とエックス(X)線撮影などの人工放射線を受けたり、着ている服や体の表面(皮膚)に放射性物質が付着(汚染)して放射線を受けたりすることです。

放射線は、体を通り抜けるため、体にとどまるのではなく、放射線を受けたことが原因で人やものが放射線を出すようになることはありません。

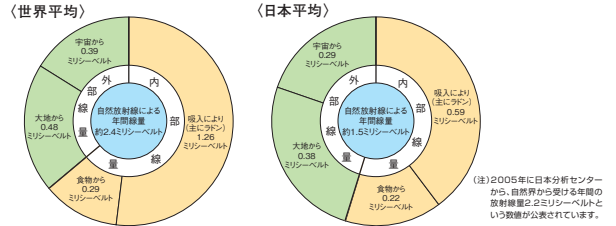
万一、汚染してしまった場合は、シャワーを浴びたり洗濯をしたりすれば洗い流すことができます。

内部被ばくは、空気を吸ったり、水や食物などを摂取したりすることにより、それに含まれている放射性物質が体内に取り込まれることによって起こります。

内部被ばくを防ぐには、放射性物質を体内に取り込まないようにすることが大切です。

自然界から受ける放射線量

一人当たりの年間線量



学習のポイント

- ◎放射線は、宇宙が誕生した時から存在し、地球にも放射性物質が岩石などに含まれていることを学ぶ。
- ◎人体には、損傷したDNAを修復する機能が備わっていることを学ぶ。
- ◎外部被ばくと内部被ばくの違いを理解し、それぞれから身を守る方法について学ぶ。

指導上の留意点

- ◎放射性物質は、地球が誕生した時から存在し、大地にはウラン、トリウム、空気にはラドン、食べ物にはカリウムなどが含まれていることを理解できるようにする。
- ◎人体には、DNAの修復機能があるが、色々な要因でDNAが損傷し、がんなどを引き起こす場合があることを理解できるようにする。
- ◎外部被ばくと内部被ばくの違いを理解できるようにする。

■人工放射線の利用

私たちは、放射線を人工的に作り、医療をはじめとして生活に便利なものに利用している(「放射線の利用」の項目参照)。利用に当たっては、放射線を受けるリスクはあるが、リスクよりも放射線を使った方がベネフィット(便益)があるということが必要である。

①医療からの放射線

医療としては、胸や骨、胃腸などの診断やがんの治療で使う。がんの治療に放射線を利用する利点として、切らずにがんの患部を縮小させることから、治療の予後の生活の質が高くなることが期待される。

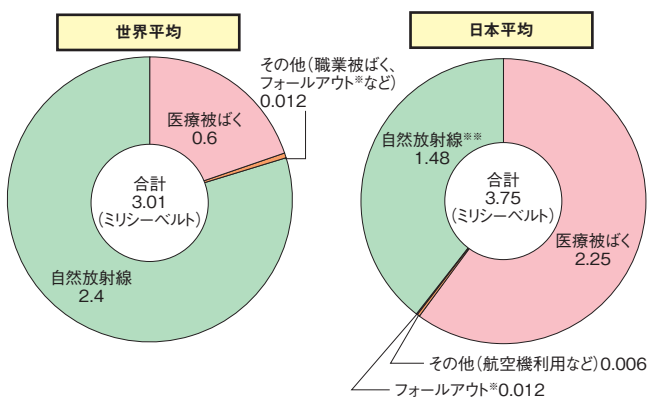
日本において、自然放射線と人工放射線から受ける一人当たりの年間放射線量のうち医療による割合は、6割を占めている。

②原子力施設などからの放射線(平常時)

原子力施設には、原子力発電所や核燃料製造工場、原子力の研究炉などがある。原子力発電所は、火力発電所や水力発電所などと同じように電気を作る電源の一つである。

このような放射性物質を取り扱う施設では、周辺の住民が受ける放射線量を管理している。その量は、法令で年間1ミリシーベルト以下になるように定められている。原子力発電所や核燃料を扱う施設では、周辺の放射線量をできるだけ抑えるために線量目標値を定めている。

◆自然及び人工放射線源から受ける一人当たり年間線量



※フォールアウト:核実験による放射性降下物のこと
※※2005年に日本分析センターから2.2ミリシーベルトという数値が公表されている。
出典:原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)2008年報告、(財)原子力安全研究協会「生活環境放射線」(1992年)

※自然放射線についてはP.6参照

■外部被ばくと内部被ばく

人体が放射線を受けることを被ばくといい、放射性物質が人体の外部にあり、体外から被ばくすることを外部被ばく、放射性物質が人体の内部に入り、体内から被ばくすることを内部被ばくという。

外部被ばくの例としては、宇宙から飛んで来る放射線(宇宙線)などの自然放射線やエックス(X)線などの人工放射線によるものがある。

また、内部被ばくは、放射性物質を含む空気、水、食物などを摂取することにより、放射性物質が体内に取り込まれることによって起こる。

■内部被ばくを調べる

内部被ばくは、体内に存在する放射性物質の量を測定することにより調べることができる。ホールボディカウンタは、数台の検出器や移動する検出器により身体全体の放射性物質の量を測定する装置である。鉄などの遮へい体で囲むことによって外部からの自然放射線を遮り、体内から放出されるガンマ(γ)線のエネルギースペクトル*を分析して体内の放射性物質の種類ごとの量を測定する。その他、採取した尿や呼気などを検出器によって調べ、体内に取り込まれた放射性物質の量を測定する方法がある。

※エネルギースペクトル:光や音、エックス(X)線などを波長の順に並べた強度



ベッド式ホールボディカウンタ

■飲食物の暫定規制値について

原子力安全委員会は、国際放射線防護委員会(ICRP)の勧告に基づいて、甲状腺で年間50ミリシーベルト、全身で年間5ミリシーベルトを基にして飲食物摂取制限に関する管理基準の指標を策定している。その指標値を基に、厚生労働省は「食品中の放射性物質に関する暫定規制値」を定めている。

暫定規制値は、全ての飲食物を1年間、毎日、摂取し続けても健康に影響がないことを前提として決められた基準であり、相当の安全を見込んで設定されている。

ここでの暫定規制値とは、緊急事態時のものとして設定された値であり、被ばくのリスクと野菜を食べる機会が少なくなることによる健康リスクなどを考慮して、被ばくによる健康への影響をできるだけ低く抑えることが求められていることから、合理的に達成可能な範囲内で適宜、この暫定値は見直される。

放射線による影響

放射線による影響

放射線による人体への影響

放射線の発見以降、研究や利用による研究者や医師などの過剰な被ばくや広島・長崎の原爆被災者の追跡調査などの積み重ねにより、放射線による人体への影響が明らかになってきています。

放射線が人体へ及ぼす影響の一つは、被ばくをした人の体に現れる身体的影響です。

身体的影響は、急性障害、胎児発生の障害及び晩発性障害[※]などに分類されます。また、被ばくをした本人には現れず、その子孫に現れる遺伝性影響についても研究されていますが、遺伝性影響が人に現れたとする証拠は、これまでのところ報告されていません。

国際的な機関である国際放射線防護委員会(ICRP)は、一度に100ミリシーベルトまで、あるいは1年間に100ミリシーベルトまでの放射線量を積算として受けた場合でも、線量とがんの死亡率との間に比例関係があると考えて、達成できる範囲で線量を低く保つよう勧告しています。また、色々な研究の成果から、このような低い線量やゆっくりと放射線を受ける場合について、がんになる人の割合が原爆の放射線のように急激に受けた場合と比べて2分の1になるとしています。

ICRPでは、仮に蓄積で100ミリシーベルトを1000人が受けたとすると、およそ5人ががんで亡くなる可能性があると計算しています。現在の日本人は、およそ30%の人が生涯でがんにより亡くなっていますから、

1000人のうちおよそ300人ですが、100ミリシーベルトを受けると300人がおよそ5人増えて、305人ががんで亡くなると計算されます。

なお、自然放射線であっても人工放射線であっても、受ける放射線量が同じであれば人体への影響の度合いは同じです。

[※]晩発性障害:長期間の潜伏期を経てがんなどが発生する

放射線から身を守るには

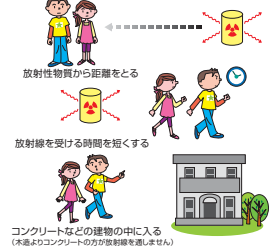
外部からの放射線から身を守るには、放射性物質から距離をとる、放射線を受ける時間を短くする、放射線を遮る方法があります。

放射線の量は、放射性物質からの距離によっても大きく異なり、放射性物質から離れば放射線量も減ります。

例えば、距離が2倍になれば放射線量は、4分の1になります。

その他、被ばくする時間を減らしたり遮へい物を置いたりすることにより放射線量を減らすことができます。

放射線から身を守る方法



がんの色々な発生原因

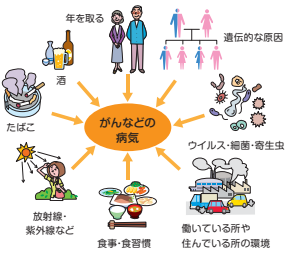
私たちの体を形づくる細胞は、DNA(デオキシリボ核酸)に記録された遺伝情報を使って生きています。

DNAは、物理的な原因や化学的な原因などで傷つけられますが、放射線もDNAを傷つける原因の一つです。しかし、細胞には傷ついたDNAを修復する能力があるため、細胞の中では、常にDNAの損傷と修復が繰り返されています。

DNAが傷付くと遺伝情報が誤って伝えられることがあり、誤った遺伝情報をきちんと修復できなかった細胞は死んでしましますが、ごくまれに生き残る変異細胞の中から、さらに変異を繰り返したものががん細胞に変わることがあります。

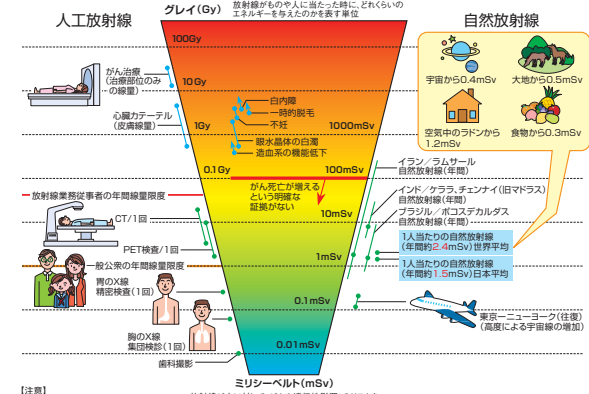
がんは、色々な原因で起こることが分かっています。喫煙、食事・食習慣、ウイルス、大気汚染などについて注意することが大事ですが、これらと同様に原因の一つと考えられる放射線についても受ける量をできるだけ少なくすることが大切です。

がんなどの病気を起こす色々な原因



出典:(社)日本アイソープ協会
[改訂版 放射線のABC] (2011年)などより作成

身の回りの放射線被ばく



放射線がもたらしたエネルギーを吸収したとき、どれだけのエネルギーを吸収したかを表す単位

放射線が人体に対して、がんや遺伝性影響のリスクをそれぞれ、与えるのを評価するための単位

放射線量(1000mSv)は致死量と見なされる

放射線量(100mSv)はがんや遺伝性影響のリスクを高める可能性がある

放射線量(10mSv)はがんや遺伝性影響のリスクを高める可能性がある

放射線量(1mSv)はがんや遺伝性影響のリスクを高める可能性がある

放射線量(0.1mSv)はがんや遺伝性影響のリスクを高める可能性がある

放射線量(0.01mSv)はがんや遺伝性影響のリスクを高める可能性がある

出典:(独)放射線医学総合研究所などより作成

学習のポイント

- ◎がんなどの病気は、色々な生活習慣が原因で起こる可能性があることを学ぶ。
- ◎放射線から身を守る方法について学ぶ。
- ◎身の回りの放射線による被ばくの例や放射線によってがんになるリスクなどのデータを基に、放射線を受ける量と健康への影響について学ぶ。

指導上の留意点

- ◎100ミリシーベルト以下の低い放射線量と病気との関係については、明確な証拠はないことを理解できるようにする。
- ◎放射線から身を守る方法について理解できるようにする。
- ◎がんの発生には、色々な原因があることを理解できるようにする。

■放射線の線量(グレイとシーベルト)

グレイとは、単位質量当たりのエネルギー吸収量で定義される「物理量」である。シーベルト*1(ここでは「実効線量」の単位として用いられている)は、被ばくによる将来の発がんリスクを簡略的に数値化した放射線防護のための「指標*2」である。この指標は、放射線に対して感受性の高い乳幼児なども含めて評価されている。実効線量は、がん、白血病、遺伝性影響などの確率的な影響*3のみに使用し、リンパ球減少、おう吐、脱毛、眼の白内障などの確定的な影響*4の線量指標には使用できない。確定的な影響が生じそうな被ばくの線量を表す単位には、グレイを使用するのが適切である。

*1「シーベルト」という単位は、実効線量(注1)のみならず、等価線量(注1)や1センチメートル線量当量(注2)(「はかるくん」などによる測定表示のための量)など、異なる定義の数量にも使用されるので注意が必要である。

*2人体が受けた放射線の種類や受けた人体の部位(臓器・組織の別)の放射線に対する感受性で重み付けをしてグレイを基に計算される。

*3確率的な影響:線量の増加とともに現れる確率が増加すると見なされる影響。

*4確定的な影響:あるレベルの線量を超えると必ず現れる影響。重篤度は、線量とともに増加する。

(注1)人体への影響を表す方法として、実効線量と等価線量がある。単位は、同じシーベルトである。等価線量は、人体のある臓器・組織が放射線を受けた時の影響に放射線の種類による影響の大きさを加味した線量を表す。実効線量は、それぞれの臓器・組織が受けた等価線量に臓器・組織(臓器・組織1からNまで)の影響について重み付けをして足し合わせたものである。

等価線量=吸収線量×放射線の加重係数

実効線量=(臓器・組織1の等価線量×臓器・組織1の加重係数)+…+(臓器・組織Nの等価線量×臓器・組織Nの加重係数)

(注2)1センチメートル線量当量は、実効線量が測定器を用いて測定できない線量であるため、測定可能な実用的な線量として導入された。これは、どのような放射線がどのように人体に入射した場合でも、必ず実効線量を安全側に評価できる量になっている。日本の法令では、1センチメートル線量当量を実効線量とみなすように決めている。

◆放射線加重係数

放射線の種類	放射線加重係数
光子(ガンマ線、エックス線)	1
電子(ベータ線)	1
陽子	2
アルファ粒子、核分裂片、重い原子核	20
中性子線	2.5~20

◆組織加重係数

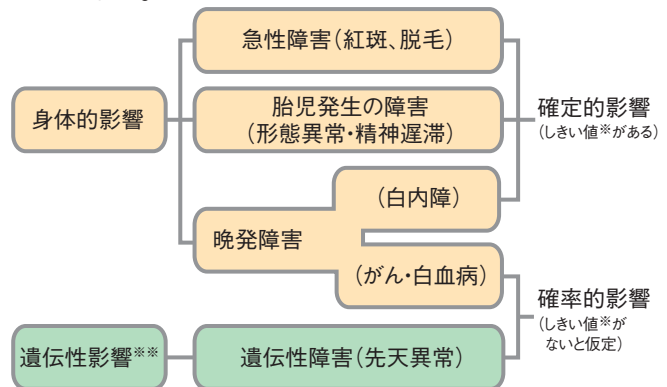
組織・臓器	組織加重係数	組織・臓器	組織加重係数
赤色骨髄	0.12	食道	0.04
結腸	0.12	甲状腺	0.04
肺	0.12	唾液腺	0.01
胃	0.12	皮膚	0.01
乳房	0.12	骨表面	0.01
生殖腺	0.08	脳	0.01
膀胱	0.04	残りの 組織・臓器	0.12
肝臓	0.04		

出典: ICRP Publication 103, 2007

■放射線による人体への影響

放射線の研究や利用による科学者や医師などの過剰な被ばくや広島・長崎の原爆被災者の追跡調査などの積み重ねにより、放射線による人体への影響は明らかになってきている。

人体へ及ぼす放射線の影響の一つは、被ばくをした本人に現れる身体的影響である。身体的影響は、急性障害、胎児への障害及び晩発性障害などに分類される。また、被ばくをした本人には現れず、その子孫に現れる遺伝性影響についても研究されているが、遺伝性影響が人に現れたとする証拠は、これまでのところ報告されていない。



*しきい値:ある作用が反応を起こすか起こさないかの境の値のこと
 **遺伝性影響(hereditary effects)とは、子孫に伝わる遺伝的な影響のことで、遺伝的影響(genetic effects)が細胞の遺伝的な影響までを含むことと区別している。

放射線が人体に与える影響は、放射線の種類や量によって異なり、多量の放射線を受けると人体に症状が出るのが分かっている。同じ放射線量でも一度に受ける方がある期間の積算として受けるより影響は大きい。これは、人体に回復機能が備わっているからである。

一度に100ミリシーベルト以下の放射線量を受けた場合にがん死亡が増えるという明確な証拠はない。

なお、自然界から受ける放射線でも人工的に作り出した放射線でも、受ける放射線の種類や放射線量が同じであれば発生源に関わらず影響は同じである。

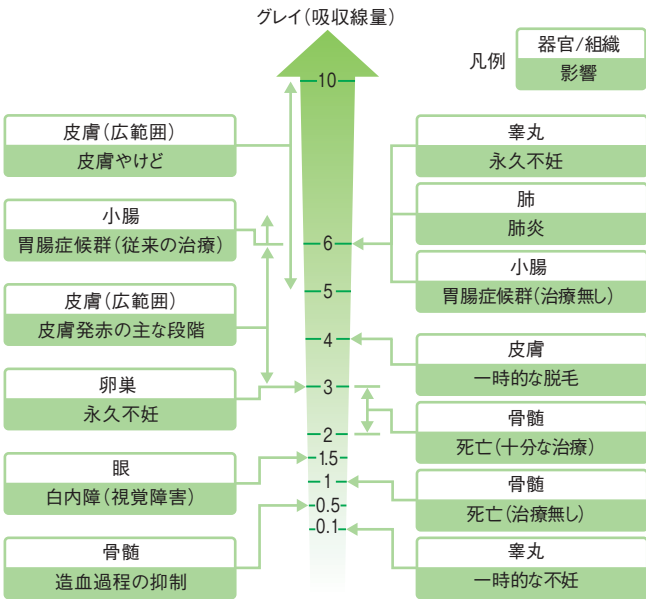
放射線による影響

■一度に多量の放射線を受けて現れる影響

一度に多量の放射線(ガンマ(γ)線やエックス(X)線)を全身に受けた時に現れる影響(急性影響)に関し、どのくらいの量の放射線を受けるとどのような症状が現れるのかは分かっている。

◆放射線を受けた時の人体への影響

罹患率と死亡率が1%になる予測推定しきい値*

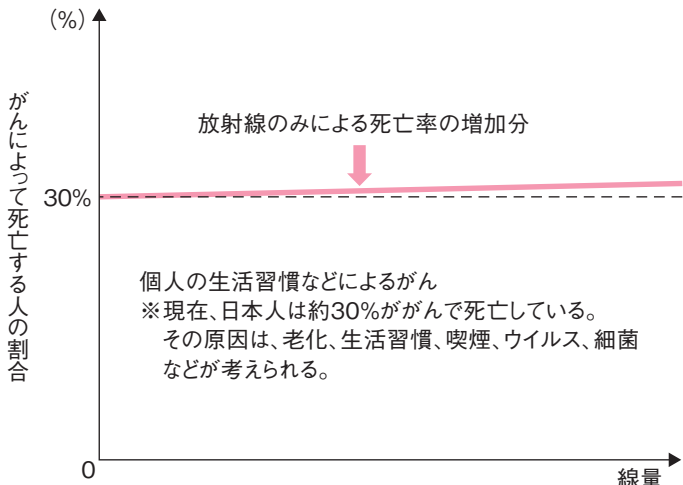


*しきい値:ある作用が反応を起こすか起こさないかの境の値のこと 出典:ICRP Publication 103, 2007

■「しきい値のある影響」と「しきい値がないと仮定する影響」

「しきい値」とは、放射線を受けた時に症状が現れる最小の放射線量のことをいう。例えば、250ミリグレイを超えると人によっては白血球が減少し、それ以下では白血球の減少は見受けられない。しきい値を超えてその影響が確実に現れるような影響が「しきい値のある影響」(確定的影響)である。

◆放射線によるがん・白血病の増加



出典:(独)放射線医学総合研究所

一方、放射線によるがんの発生には、しきい値がないと仮定し、受けた放射線量が増えるに従ってがんの発生する確率が高くなると考えるのが「しきい値がないと仮定する影響」(確率的影響)である。

「がん」や「脳卒中」、「心臓病」は、日本人の死因の約6割を占め、特にがんは死亡原因の第1位となっている病気であり、がんによる死亡者数は増え続けている。

正常な細胞ががん細胞になる原因として、発がん性物質の存在が確認されている。

これらの物質をつくり出す原因は、食生活などの生活習慣に深く関係しており、老化や喫煙、大気汚染、そして放射線もその一つに挙げられるなど、色々な要因によってがんが発生すると考えられている。このため、発生したがんが放射線によるものかどうかを特定することは困難である。

■国際放射線防護委員会の勧告とがん

放射線を受けると健康に影響を及ぼす可能性があり、長期的な影響として、受けた線量が多いほど数年後から数十年後にがんになる危険性が高まると考えられている。

国際的な機関である国際放射線防護委員会(ICRP)は、一度に100ミリシーベルトまで、あるいは1年間に100ミリシーベルトまでの放射線量を積算として受けた場合(低線量率)には、リスクが原爆の放射線のように急激に受けた場合(高線量率)の2分の1になるとしつつも、安全側に立って*、ごく低い放射線量でも線量とがんの死亡率との間に比例関係があると考えて防護するように勧告している。

仮に蓄積で100ミリシーベルトを1000人が受けたとすると、およそ5人ががんで亡くなる可能性があるとして推定している。

日本では、約30%の人ががんで亡くなっているため、この推定を用いると1000人が数年間に100ミリシーベルトを受けたとすると、がんによる死亡がおよそ300人から305人に増える可能性があるとして推定される。

*受ける放射線の量が低くなると、放射線により人体に影響が出てくるかどうかは分からなくなる。この場合でも、受ける放射線の量と比例して影響が起こればと考えて、放射線をできるだけ受けないようにすることが大事であるとされている。

■国際放射線防護委員会(ICRP)の役割

1928年、放射線障害を防止するための国際的な体制として設置された「国際エックス(X)線およびラジウム防護委員会」を継承し、1950年に放射線防護の国際的基準を勧告することを目的にICRPが設立された。ICRPは、放射線防護に関する基礎的な調査研究から被ばく線量限度の勧告値の設定まで広い分野で活躍

しており、世界の大部分の国がICRPの勧告を尊重している。

放射線による人体への影響を「確定的影響」と「確率的影響」とに分けてそれぞれに考え、放射線障害を防止するため線量限度値を勧告している。

■集団実効線量について

集団実効線量とは、ある集団全体の被ばくの大きさを示す指標であり、集団の一人ひとりの実効線量をその集団について合計したものである。その集団が複数の場合には、全体の集団実効線量は、個々の集団実効線量の合計であり、その単位は人・シーベルトである。放射線防護の最適化が集団全体で進んでいるかどうかの判断に用いることや被ばく事故の規模を示す場合にも用いられる。ただし、ごく小さい線量を極めて多い人数で合計した集団線量で集団のリスクを表すことは適切でない。

ICRPは、集団実効線量について次のように述べている。

「集団実効線量は、放射線の利用技術と防護手段を比較するための最適化の手段である。疫学的研究の手段として集団実効線量を用いることは意図されておらず、リスク予測にこの線量を用いるのは不適切である。その理由は、(例えばLNTモデル(しきい値無しモデル)を適用した時に)集団実効線量の計算に内在する仮定が大きな生物学的及び統計学的不確実性を秘めているためである。特に大集団に対する微量の被ばくがもたらす集団実効線量に基づくがん死亡数を計算するのは合理的ではなく、避けるべきである。集団実効線量に基づくそのような計算は、意図されたことがなく、生物学的にも統計学的にも非常に不確かであり、推定値が本来の文脈を離れて引用されるといふ繰り返されるべきでないような多くの警告が予想される。このような計算はこの防護量の誤った使用法である。」

(ICRP2007年勧告)

■がんの色々な発生原因

人の遺伝子が何らかの原因で傷付き、傷の量が一定レベルを超えると、がん細胞になると考えられている。現在では、色々な化学物質・医薬品やウイルス、放射線、紫外線によって発がんが認められている。また、生活習慣との関連が深い発がん性物質には、たばこの煙に含まれるタールなどがある。その他、自然の食品の中にも多くの発がん性物質がある。

■放射線と生活習慣によってがんになる相対リスク

下の表は、国立がん研究センターが発表した調査結果である。がんになるリスクの数値は、喫煙なら、非喫煙者など基準となるグループと比べ、何倍がんになるリスクが高くなるか(相対リスク)を示している。

要因	がんになるリスク
1000~2000ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.8倍
喫煙 飲酒(毎日3合以上)	1.6倍
痩せ過ぎ	1.29倍
肥満	1.22倍
200~500ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.19倍
運動不足	1.15~1.19倍
塩分の取り過ぎ	1.11~1.15倍
100~200ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.08倍
野菜不足	1.06倍

- 放射線は、広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ(固形がんのみ)であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではない。
 - その他は、国立がん研究センターの分析したデータである。
 - ※対象:40~69歳の日本人
 - 運動不足:身体活動の量が非常に少ない 野菜不足:野菜摂取量が非常に少ない
- 出典:(独)国立がん研究センター調べ

放射線の利用

放射線の利用

医療・農業・工業などでの利用

◆医療・・・病気の診断、治療

엑스(X)線撮影は、今や病気の診断に欠かせないものとなっています。その歴史は古く、物理学者のキュリー夫人は、車に積んだ엑스(X)線装置で負傷した兵士の骨折などを診断し、人命救助のために働きました。この他、CT(コンピュータ断層撮影)やPET(陽電子放射断層撮影)など放射線を利用して病気の診断を行う検査方法があります。

CTは、体の外から엑스(X)線を当てて、엑스線の透過度の差を臓器の「形」に画像化する検査です。

PETは、放射性物質を含む薬を投与して、病気の正確な位置やその程度を調べます。

また、放射線は注射器、手術用メスなどの医療品の滅菌やがんの治療にも利用されています。

最新の治療では、がんに集中的に放射線を当てて、周りの正常部位(細胞)のダメージを少なくし、がん細胞を消滅させることが可能になっています。



手の엑스(X)線写真

◆農業・・・害虫防除

害虫防除では、不妊虫放飼法が行われています。この方法では、まず放射性物質のコバルト60から出るガンマ(γ)線を当てて不妊化した虫を大量に野外に放します。その後、放した虫と健全な虫が交尾を行ったとしても繁殖することができず、次世代の個体数を減らすことができます。

これを数世代にわたって繰り返すことにより害虫を根絶します。農業への被害を防ぐことができ、また、農業と違って人体や環境への影響の無い方法です。

この方法は、ウリミバエの他、さつま芋の害虫であるイモゾウムシなどの駆除にも応用されています。



ゴキブリやイカに卵を産みつけてしまうウリミバエ

◆農業・・・品種改良

品種改良は、放射線を当てることによって意図的に突然変異を起こさせ、病気に強い新品種や寒冷地に適した品種(変種)を得たりする技術です。

病気を防ぐ農業の使用回数を減らすことができ、また、色々な色や形のキクやカーネーションなどが作られています。



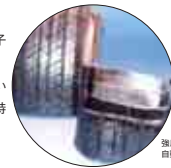
品種改良で作られたキク

◆工業・・・材料加工

現代の工業製品には、化学繊維や合成樹脂などの高分子化合物が天然・人工を問わず多く用いられています。

高分子化合物(ゴムやプラスチックなど)の成型加工において、放射線を当てると分子間の結合がより強固になり、力学的特性や耐熱性を向上させることができます。

例えば、強度を高めた自動車のタイヤなどが開発されています。



強度を高めた自動車のタイヤ

◆工業・・・ラジオグラフィと厚さ計

病院で使われる엑스(X)線検査と同様の原理で、放射線の透過作用や減衰する性質を利用して、物体の内部の状況調べています。

例えば、金属の溶接部分に生じる恐れのある空洞などの欠陥の有無を調べる非破壊検査に使われ、また、家庭で使用されるクッキングホイル(アルミはく)の圧延やティッシュペーパーなどの紙のロール圧延作業などでは、対象物に触れずに厚さを測定し、その制御に用いられています。



アルミはくの厚さの測定

先端科学技術への利用

◆粒子線治療

放射線治療では、メスを使わず、臓器の機能や身体を保ったまま治療を行うことができます。

特に重粒子線治療では、がんの位置や大きさ、形状に合わせ、がん病巣に重粒子線を集中的に当てて、がん細胞を消滅させます。正常な臓器への影響をより少なくすることができる最先端治療として注目されています。



重粒子線がん治療照射室

◆大強度陽子加速器施設(J-PARC)

J-PARC(Japan Proton Accelerator Research Complex)は、世界最高クラスの大強度陽子ビームを用いて新しい研究手段を提供する最先端の研究施設です。

高いエネルギーまで加速された陽子を原子核に当て、中性子、ミュオン、ニュートリノ、反陽子などの多様な粒子を生成します。これらを利用して、原子核物理、素粒子物理、物質科学、生命科学、原子力工学などの分野における最先端の研究が行われています。



J-PARC全景

学習のポイント

◎放射線は、医療、農業、工業など多くの分野で利用されていることを学ぶ。

指導上の留意点

◎放射線が医療、農業、工業など多くの分野で利用されていることを放射線の性質(生徒用P.8)も含めて理解できるようにする。

■医療分野

〈滅菌〉

注射器や手術で使うメスなどの医療器具は、使用前に細菌などの微生物を完全に死滅させる必要がある。現在は、ディスポーザブル(使い捨て)の器具が数多く開発されている。滅菌の方法は幾つかあるが、煮沸滅菌では、加熱により材質が劣化する不利益がある。また、薬品による滅菌処理の場合、薬品の微量の残留汚染というリスクがある。そこで、これらの医療器具は放射線照射による放射線滅菌が有力な方法として実施されている。放射線滅菌は、材質の劣化や汚染がほとんど無く、また、包装したまま滅菌できるという利点がある。ディスポーザブル注射針と注射筒、ディスポーザブル採血器具、輸血用器具、医療用接着剤、プラスチック製縫合糸など多くの医療器具の滅菌に放射線が利用されている。

〈診断〉

病院では、胸や胃などの内臓などを診断するために、エックス(X)線撮影やCT(コンピュータ断層撮影)が利用されている。また、核医学の検査では、微量の放射線を出す化合物を体内に投与して、体内から出て来る放射線を捉えて診断する方法もある。この場合は、半減期の短い放射性物質を工業的に作って病院に供給している。

〈治療〉

放射線によってがん細胞などを手術をせずに破壊し、がんを治療することができる。治療方法としては、外から放射線を照射する方法、患部に放射性物質を埋め込む方法の2種類がある。また、手術のように切り取らずそのままの形として残すことができ、投薬治療のような副作用もほとんど無い。

■農業分野

〈食品への放射線照射〉

じゃが芋は、時間が経過すると発芽して食べられなくなってしまうが、じゃが芋の芽に放射性物質のコバルト60から出るガンマ(γ)線を当てることにより発芽を防止することができることから、じゃが芋を長く保存することが可能となる。

日本では食品への放射線照射は、じゃが芋の発芽防止のみが実用化されているが、海外では、色々な食品を対象に行われている。対象食品は、生鮮野菜(じゃが芋、玉ねぎなど)、果実(マンゴ、パパイヤなど)、生鮮肉類、調味料(スパイス、ハーブなど)などであり、目的は、発芽防止、寄生虫や病原微生物の制御、害虫駆除などである。

〈品種改良〉

品種改良は、放射線を当てることによって意図的に突然変異を起こさせ新しい品種を作る技術である。黒班病という病気に強い梨や寒さに強い稲など、数多くの品種が作り出されている。日本では、1950年代に各研究機関にガンマ線照射室が作られ、放射線育種の実験が始まった。そして1960年には、野外照射のできる大型のガンマーフィールドをもつ放射線育種場((独)農業生物資源研究所)が茨城県常陸大宮市に建設され、放射線による新品種の育成が大きく進展した。



ガンマーフィールド

〈害虫駆除〉

農業分野では、薬を使わない方法として害虫駆除や品種改良などに利用されている。

放射線照射を利用した害虫防除の技術の一つに不妊虫放飼法がある。これは、放射線を当て不妊化したオスの害虫を野外に放して害虫の数を減らす技術である。不妊処理したオスを野生のオスよりも多く野外に放すと、野生虫同士の受精の機会が減って、次世代の害虫の数が減っていき、やがては絶滅してしまう。

日本では、1972年にゴーヤーやきゅうりなどの野菜類に大きな被害を与えていたウリミバエの駆除を目的として沖縄県農業試験場内(病害虫防除技術センター)などにウリミバエ不妊化施設が建設された。そして、1993年に沖縄県と鹿児島県奄美群島のウリミバエ根絶に成功した。ただ、外からウリミバエは島に入ってくるので、この駆除は毎年行われている。

現在では、国際的な協力の下に、この技術によるハエの仲間の害虫根絶作戦が展開されている。ただ、すべての害虫に有効ではない。

放射線の利用

■工業分野

〈新しい材料〉

自動車のダッシュボードやシート、タイヤ、水泳用のビート板、お風呂場のマットなどは、放射線の電離作用を利用して耐熱性に優れた物質に改質したり、強度を高めたりする技術が使用されている。

また、材料に色々な機能を付け加えることができる。このような材料は、空気清浄機のフィルターやボタン電池などに利用されている。

〈厚さ計〉

物質に放射線を照射した時の透過作用を利用した厚さ計が用いられている。これは、食品包装用のラッピングフィルムや紙、アルミはくなど厚さを均一に保たなければならないような工業製品の工程管理において、厚さを正確に測定するために利用されている。



〈非破壊検査〉

材料内部の欠陥や表面の微小な傷などを、物品(材料、機器、建造物など)を分解しないで調べる検査方法を非破壊検査という。機器や構造物あるいは金属の溶接部分、また、金銅仏や重要な美術工芸品などの細かい傷やひび割れその他内部の欠陥状況を知るため、エックス(X)線やガンマ(γ)線を使って検査することが広く行われている(病院のエックス線撮影と同じ原理)。

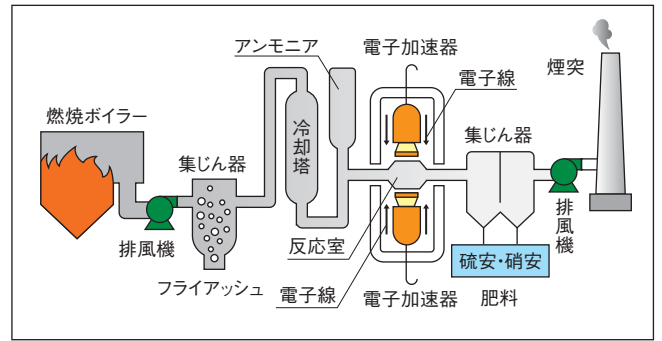
その他、空港での手荷物検査でも使われている。

〈環境保全〉

火力発電所では、酸性雨の原因となるイオウ酸化物(SOx)や窒素酸化物(NOx)が多く排出されるため、その除去対策が重要な問題となっている。日本原子力研究開発機構では、これら大気汚染物質を除去するために小型の加速器により作り出した電子線を照射し、イオウ酸化物、窒素酸化物を効率よく除去する方法を開発した。



この技術は、火力発電に依存する中国の成都及び杭州、ポーランドのポモジャーニの火力発電所で実用化されている。また、ブルガリアのマリツァイースト火力発電所でもパイロット施設が稼働している。



日本原子力研究開発機構が開発した大気汚染物質を除去する仕組み

■自然・人文科学分野

〈年代測定〉

遺跡などから出土した土器の年代は、土器に付いた「こげ」や「すす」に含まれる炭素を測定して推測される。

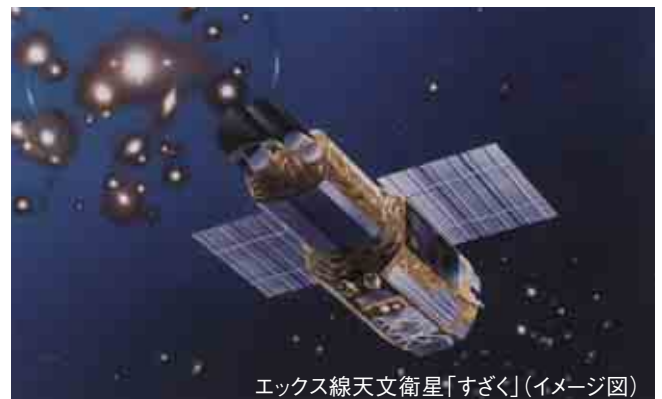
放射線を出す炭素14は、大気中でつくられている。宇宙からやって来る放射線(宇宙線)によってつくられた中性子が空気中の窒素に吸収されると、放射線を出す炭素に変化し、その濃度は空气中で一定である。食物が採取されると、炭素の取り込みは無くなり、放射線を出す炭素の量は時間とともに規則的に減っていく。そこで、放射線を出す炭素の量と出さない炭素の量の割合から食物の「こげ」の年代を測定でき、土器の使用された年代が特定できる。

■放射線と宇宙の謎

放射線は、原子核から生まれるアルファ(α)線、ベータ(β)線、ガンマ(γ)線その他、陽子線やニュートリノなど、色々なものがある。これらを使った最先端の研究が世界で行われている。

「すざく」は、エックス(X)線を観測する天文衛星である。色々な波長のエックス線を観測することが可能であることから、宇宙の構造や進化、ブラックホールの研究などに利用されている。

この他、宇宙からやって来る微弱な放射線を観測して、それまで望遠鏡では捉えることのできなかった宇宙の姿を見ることができるようになってきた。



エックス線天文衛星「すざく」(イメージ図)

■先端科学技術での利用

兵庫県にある大型放射光施設SPring-8は、「放射光」と呼ばれる強力な電磁波を発生させて利用することにより、物質構造や化学反応の時間的変化などを原子・分子という超微細なレベルで調べることができる研究施設である。放射光に含まれるエックス(X)線や紫外線といった光を利用して色々な実験を行うことができることから、ナノテクノロジーをはじめとした材料科学、さらには生命科学や医学などといった幅広い研究分野に利用されている。小惑星探査機「はやぶさ」が持ち帰った微粒子の解析や自動車排ガス浄化用の高性能な触媒の開発、さらにインフルエンザ治療薬の開発に利用されるなどの成果が生まれている。

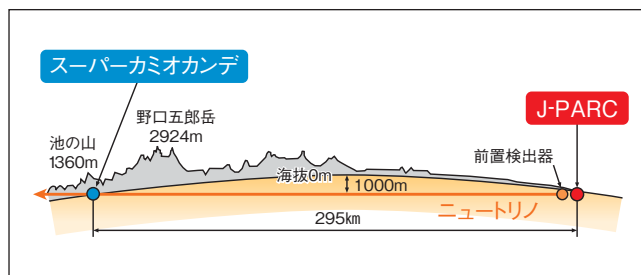


SPring-8

茨城県にある大強度陽子加速器施設J-PARCは、陽子を利用した加速器施設である。加速された陽子を原子核に衝突させて発生した中性子やミュオン粒子(ミュオン)、ニュートリノなどの粒子を使って、素粒子物理や物質科学などの最先端の研究を行う施設である。J-PARCから発生させたニュートリノを約295キロメートル離れた岐阜県にあるスーパーカミオカンデで検出して、ニュートリノが起こす現象の一つの兆候を世界で初めて発見した。



J-PARC



■放射線に関する職業

● 診療放射線技師・医師

エックス(X)線、CT(コンピュータ断層撮影)、PET(陽電子放射断層撮影)での病気の診断、ガンマ(γ)線、重粒子線などでのがんの治療などを行う。

● 研究者

放射線・加速器などを使っての基礎物理の研究、新しい材料や薬剤などの研究、宇宙から来る放射線を解析しての宇宙の研究などを行う。

● 放射線管理者

大学・病院、研究所、会社などで扱う放射線の管理を行う。

● 非破壊検査技術者

超音波、放射線、磁力など、色々な手段を利用してものを壊さずに検査を行う。エックス線、ガンマ線を利用した非破壊検査及び診断を行う。

● 環境調査会社の技術者

環境中にある放射性物質の検査を行う。

● 放射線測定器製作会社の技術者

放射線測定器の開発・製作などを行う。

放射線の管理・防護

放射線の管理・防護

環境モニタリング

原子力発電所など原子力施設の周辺では、原子力施設から放出された放射性物質による周辺環境への影響を監視するため、敷地周辺にモニタリングポストやモニタリングステーションを設置しています。これらを用いて環境中の放射線量を監視し、事業者や自治体のホームページなどで情報が公開されています。また、周辺の海底土、土壌、農産物、水産物などについても、定期的に試料を採取して放射線の測定（モニタリング）を行い、放出された放射性物質が周辺に影響を与えていないかどうか確認されています。全国の自治体などでは、放射線や放射能を調査しており、空気中のちりや土壌などを調べ放射線物質の分析やモニタリングを行っています。

原子力施設周辺の放射線モニタリング



非常時における放射性物質に対する防護

原子力発電所や放射性物質を扱う施設などの事故により、放射性物質が風に乗って飛んで来ることがあります。

その際、長袖の服を着たりマスクをしたりすることにより、体に付いたり吸い込んだりすることを防ぐことができます。屋内へ入り、ドアや窓を閉めたりエアコン（外気導入型）や換気扇の使用を控えたりすることも大切です。なお、放射性物質は、顔や手に付いても洗い流すことができます。

その後、時間がたてば放射性物質は地面に落ちるなどして、空気中に含まれる量が少なくなっていきます。そうすれば、マスクをしなくてもよくなります。



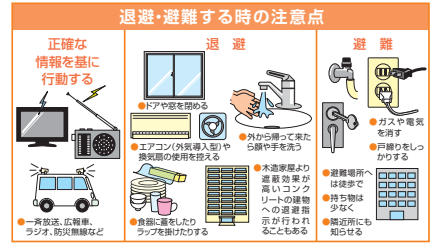
退避や避難の考え方

放射性物質を扱う施設で事故が起こり、周辺への影響が心配される時には、市役所、町や村の役場、あるいは県や国から避難などの指示が出されます。

周辺のデマなどに惑わされず、混乱しないようにすることが大切です。

家族や先生の話、テレビやラジオなどで正確な情報を得ること、家族や先生などの指示をよく聞き落ち着いて行動することが大切です。

事故後の状況に応じて、指示の内容も変わってくるので注意が必要です。



退避と避難は、どちらも放射性物質から身を守ることであり、「退避」は家や指定された建物の中に入ること、「避難」は家や指定された建物などからも離れた場所に移ることです。

学習のポイント

- ◎ 平常時においても、様々な方法で地域の放射線が測定・管理されていることを学ぶ。
- ◎ 事故後しばらくたつと、それまでの対策を取り続けなくてもよくなることを学ぶ。

指導上の留意点

- ◎ 事故後しばらくたつと、放射性物質が地面に落下することから、それまでの対策を取らなくてもよくなることを理解できるようにする。

放射性物質の管理とは

一定の放射性物質を取り扱う場合には、取り扱う前に許可を受けたり届出をしたりしなければならないことなどが法令で定められている。また、そのような場合には、放射線を取り扱う者以外の立ち入りを制限する「(放射線)管理区域」の設定などが行われている。

外部被ばくの防護の方法

放射線を取り扱う時には、放射線防護の方法がある。時間・遮へい・距離である。「時間」は、放射線業務従事者が放射線を受ける時間を短くすることにより被ばく線量を低減する。「遮へい」は、放射線の種類によって透過力は異なるため適切な遮へい物を設置することにより被ばくを低減する。「距離」は、放射線源との距離を離すことにより、空間線量率を低減する。

同様に原子力災害時などにおいては、一般公衆にも一部適用が考えられる。放射線を受ける時間を短くし、コンクリート造など遮へい効果の高い建屋に入ることにより被ばくを低減することができる。また、距離については、放射性物質から離れるほど放射線の量が減り、例えば、放射性物質が人体に比べて十分小さく点として

存在するような場合は、距離が2倍になれば放射線量は、4分の1となる。ただし、放射性物質が周辺に面として分布しているような場合は、離れれば影響は小さくなるが、距離の2乗に反比例して影響が小さくなる関係は薄れることに注意する必要がある。

■退避と避難の考え方

外部被ばく(体の外から放射線を受けること)を防ぐには、「退避」や「避難」が有効である。また、内部被ばく(放射性物質を体内に取り込むこと)を防ぐには、屋内へ退避し建物の窓を閉めるなどして、放射性物質を吸い込まないようにするとともに、自治体の指示で飲食を制限されている飲み物や食べ物をとらないことが重要となる。

東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故では、事故発生から1年の期間内に積算線量が20ミリシーベルトに達する恐れのある区域に住む方々に対し別の場所への計画的避難が指示されている。

※国際放射線防護委員会(ICRP)と国際原子力機関(IAEA)の緊急時被ばく状況における放射線防護の基準値は20~100ミリシーベルト(年間)。

■避難勧告となる20ミリシーベルトの考え方

ICRPは、緊急時の被ばく状況において、放射性物質により汚染された食品の摂取の制限などに伴う健康リスクと被ばくによるリスクを考慮して、放射線防護の基準値を年間20~100ミリシーベルトとしている。

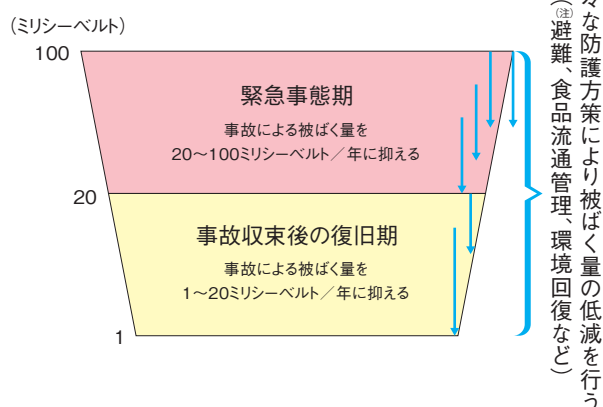
東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故では、緊急時としてその基準の中で最も低い値である20ミリシーベルトが採用されている。将来的には、年間1ミリシーベルト以下まで戻すことを目標として様々な方策により「合理的に達成できる限り低い」被ばく線量を目指している。

この基準は、ICRPの勧告を基に原子力安全委員会の助言を得て定められている。

1. 緊急事態期: 事故による被ばく量が20~100ミリシーベルトを超えないようにする。この段階では、遠くの安全な場所へ避難したり、飲料水や食品についての放射線測定を徹底したりすることなどにより、被ばく量の低減に努める。
2. 事故収束後の復旧期: 年間1~20ミリシーベルトを超えないようにする。この段階では、学校や住宅周辺の汚染された土壌の処理を行ったり、規制値を超える食品などが市場に出回らないよう監視を継続したりすることなどにより、被ばく量の低減に努める。

◆ICRPの勧告について

事故に関する放射線量の目安



(注) 東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故直後に政府は、半径20キロメートル圏内の住民に対して避難を指示し、さらに事故発生から1年の期間内に積算線量が20ミリシーベルトに達する恐れのある区域に住む方々に対し別の場所への計画的避難を指示している。「食品流通管理」では、規制値を超える放射性物質が検出された食品が発見された場合には、その出荷や摂取の制限が行われた。そして「環境回復など」では、今後、モニタリングの結果も踏まえて、必要に応じて土壌の除染などの措置を取り、避難先からの帰還を検討する見通しとなっている。

■放射線の規制値

我が国における放射線被ばくの規制は、国際放射線防護委員会(ICRP)の勧告に基づいて制定され、公衆の被ばくは、年間1ミリシーベルトを超えないように原子力発電所、病院、工場などの事業所ごとに事業所の境界での線量限度が決められている。この線量限度は、適切な施設の設計や防護の計画を立て、認可された条件の下での規制値であり、これらの限度を超えれば、健康影響が現れるというような安全と危険の境界を示すものではない。

今回の東京電力(株)福島第一原子力発電所事故のように、環境中に放出された放射性物質による被ばくは、計画被ばく状況での規制された線源からの被ばくと違い、計画的な防護ができない状況であるので上述の年間1ミリシーベルトという線量限度は適用されず、緊急事態期や事故収束後の復旧期の参考レベルという制限値を用いて防護する。参考レベルとは、その値を超えるような場合に必ず避難や除染のような線量低減の防護措置を取るよう設定する制限値である。しかし、ICRPは、この防護措置について過大な費用と人員を掛けることなく、経済的、社会的に見て、合理的に達成できる限りにおいて行うべきであると述べている。

身の回りの放射線の測定

身の回りの放射線の測定

色々な放射線測定器

放射線は、人間の五感で感じることはできませんが、目的に合わせて適切な測定器を利用することによって数値や画像として確かめることができます。

測定の方法は、大きく三つに分類されます。

- ① 放射性物質の有無を調べるもの
- ② 空間の放射線量を調べるもの
(自然放射線や人工放射線を含めた空間の放射線量を測定)
- ③ 個人の被ばく線量を調べるもの

です。



① 放射性物質の有無を調べる
ガイガーカウンター(GM管数値)など放射線の数を測るもの。物質に放射性物質が附着しているかを調べるのに利用します。(単位:cpmなど)
※cpm:1分間に計測された放射線の数



① 放射性物質の有無を調べる
イオンシンプレート
物質の放射線の二次元分布の状態を測るもの。物質に含まれる放射線の位置的な分布を調べます。



① 放射性物質の有無を調べる
② 空間の放射線量を調べる
半導体検出器
放射線のエネルギー分布を測るもの。放射線物質の種類を調べるのに利用します。(単位:eV)



② 空間の放射線量を調べる
電離箱式サーベイメータ
放射線量を測るもの。放射線によって電離させて放出されるイオンの量から放射線量を調べます。(単位:μSv/h)



② 空間の放射線量を調べる
シンチレーション式サーベイメータ
空間の放射線量を測るもの。放射線による人体への影響を調べるのに利用します。(単位:μSv/h)



③ 個人の被ばく線量を調べる
個人線量計
個人が受ける放射線量を測るもの。放射線量を測るのと同じように、放射線による電離作用に基づいて放射線量を測定する。携帯型で、個人が身につけて利用する。



② 空間の放射線量を調べる
簡易放射線測定器「はかるくん」(シンチレーション式サーベイメータ)
空間の放射線量を測るもの。身の回りの放射線(ベータ(β)線、ガンマ(γ)線)を調べることができる学習用の測定器です。(単位:μSv/h)

放射線が通った跡を見ることができます。



真ん中から何本かの飛行機雲のようなものが見えます。これは、放射線が通った跡です。(放射線の通った跡を見る道具を「霧箱」といいます)

● 空間線量の測定

自然放射線や人工放射線を含めた空間の放射線量を測定します。

● 体内の放射能を測る方法

体外測定法:ホールボディカウンタにより体内から放出される放射線を測定し調べます。また、放射線のエネルギーをスペクトル分析することにより体内に存在する放射性核種を特定することができます。

自然放射線を遮るために鉛の箱のような所で測定します。

● 食物などに含まれる放射能を測る方法

半導体検出器を利用して、自然放射線を遮る容器の中で食物に含まれる放射能を調べます。これは原子力施設周辺の放射能監視や核実験などの影響調査などに応用されています。

● 放射線従事者などの放射線量の測定

放射線取扱業務に従事する人は、個人の放射線被ばくを確認するため、個人線量計(蛍光ガラス線量計・シリコン半導体線量計など)を身に付けなければなりません。

さらに原子力施設に入った作業員は、ホールボディカウンタなどの計測も行い、個人の被ばく量が登録・管理されています。

※スペクトル分析:光や音、エックス(X)線などを波長の順に並べた強度分布を基に分析すること

コラム リスクとベネフィット

世の中のものには、プラスの面とマイナスの面があります。

プラスの面をベネフィット(便益)といい、マイナスの面をリスクといいます。

リスクは、日本語の「危険」とは違い量的な意味で使用され、望ましくない害が起こる可能性の程度(確率)を指します。

実際に発生した時の害の大きさが異なる場合には、その大きさと発生する確率との組み合わせで定義されることもあります。

ベネフィットは大きければ大きいほど良く、リスクは小さければ小さいほど良いのです。しかしながら、人がベネフィットを得るために何らかのものを利用しようとする限り、幾らかのリスクは避けられず、それを完全に無くすることは決してできません。さらにいえば、リスクを完全に無くしてベネフィットだけを得ることは不可能です。

放射線利用の場合は、多量の放射線を受ければ、がんなどの症状が将来において現れるかもしれないというリスクがありますが、その一方で、放射線を用いたエックス(X)線撮影、CT(コンピュータ断層撮影)などの利用により体内臓器の検査をしたり、早期にがんを発見したり、放射線を照射してがんを治療したりすることができるというベネフィットがあります。

学習のポイント

- ◎ 放射線の測定器には色々な種類があり、目に見えない放射線も、その量を測ることができることを学ぶ。
- ◎ 「はかるくん」や「霧箱」を用いて、身の回りに放射線があることを学ぶ。
- ◎ 放射線には、リスクとベネフィットがあることを学ぶ。

指導上の留意点

- ◎ 放射線測定器は、目的に合わせて使用することを理解できるようにする。
- ◎ 「はかるくん」や「霧箱」の実験を通じて、身近な放射線や放射性物質の存在を理解できるようにする。
- ◎ 放射線には、リスクとベネフィットがあることを理解できるようにする。

■色々な測定器

放射線を測る測定器は、大きく三つに分類される。

- ①放射性物質の有無を調べるもの(表面の汚染の測定に利用)
- ②空間放射線量を測定するもの
- ③個人被ばく線量を測定するもの

①のガイガー・ミュラーカウンタ(GM計数管)は、放射線の電離作用を利用したもので管に高電圧を掛けて放射線の数を測る装置である。

②のシンチレーション式の測定器は、放射線の蛍光作用を利用したものでガンマ(γ)線のエネルギーや線量を測定するNaI(ヨウ化ナトリウム)やCsI(ヨウ化セシウム)の結晶を用いた測定器などがある。

③の個人線量計は、体に着用する小型の測定器で体の外から受けた放射線量を測定する。光刺激ルミネセンス線量計(OSL)、シリコン半導体線量計、蛍光ガラス線量計、熱ルミネセンス線量計(TLD)などが用いられている。

放射線の測定には、放射線の種類によって測定するものが違うため、その目的に合った測定器を使用することが重要である。



イメージングプレート
物質の放射能の2次元分布の状態を測るもの。物質に含まれる放射能の位置的な分布を調べる。

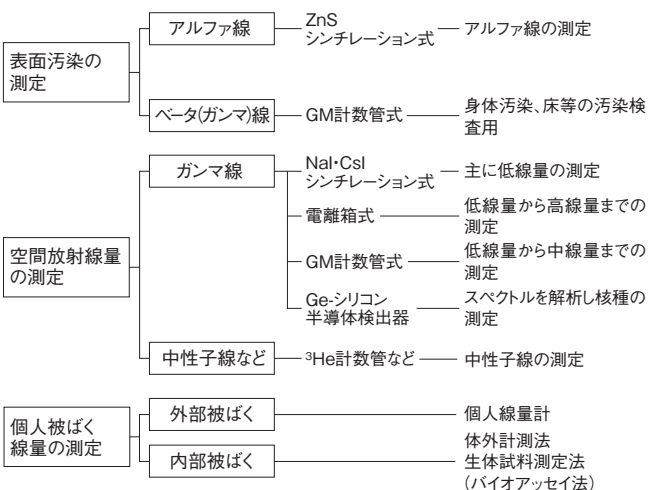


電離箱式サーベイメータ
放射線量を測るもの。放射線によって電離されて放出されるイオンの量から放射線の量を調べる。



半導体検出器
放射線のエネルギー分布を測るもの。放射性核種の種類を調べるのに利用する。

◆放射線測定の種類



■放射線量を測る

放射線は、測定器を用いて測ることができ、放射線の種類によって使用する測定器も違ってくる。

測定器が放射性物質に近付けば近付くほど測定値は高くなり、一般的な測定では、空間線量を測る時は近くに建物などが無い場所で地上から1メートルまたは、50センチメートル離して測る。

放射性物質の汚染を探す時には、測定器を汚染させないために少し距離を離すか、測定器にカバーをして測る。

個人(放射線業務従事者)が受けた放射線の線量を測るには、胸や腹部(妊娠可能な女性の場合)などに装着して測る。

測定器により測定できる放射線の種類、エネルギーの範囲やその精度が違うため、測定する際には注意書きなどを読むことが必要である。

■簡易放射線測定器の活用

小学生、中学生、高校生や学校などに限定して、簡易放射線測定器「はかるくん」が貸し出されている(P.25参照)。

これを使って、目には見えない放射線を測定し、放射線の存在を確認することができる。

[身近な放射性物質の例]

- ①花こう岩(トリウム、ウラン、カリウム40など)
- ②塩(カリウム40)
- ③湯の花(トリウム、ウラン)
- ④カリ肥料(カリウム40)
- ⑤船底塗料(トリウム232)
- ⑥マントル(トリウム232)
- ※キャンプの時などに使用するランタンの芯
- ⑦塩化カリウム(カリウム40)

[測定場所の例]

- 屋 内:木造やコンクリート建築の他に石造建築、煉瓦建築など
- 屋 外:自宅の庭、道路、田畑、神社、寺院、公園など
- その他:石材店、トンネル、洞窟、池、湖、海、山など高い所、雨や雪の降り始めの大地など

[注意事項]

測定の際、測定場所の様子(屋内なら壁材や床材など、屋外なら地面や周囲の特徴など)を記録させる。

「はかるくん」を電子機器などに近付けた場合、電気ノイズの影響で異常に高い値を示すことがあるので、電子機器の近くで測る場合は注意が必要である。

身の回りの放射線の測定

■放射線の飛跡の観察

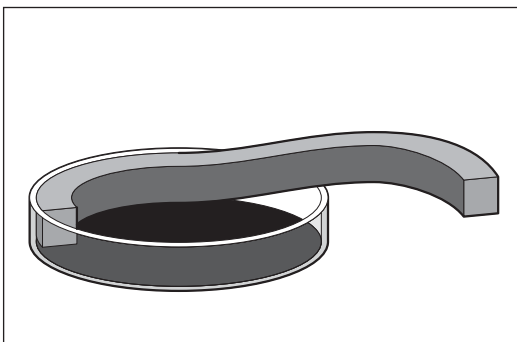
霧箱を使うと、放射線の飛跡を見ることができる。

ここで紹介するのは、アルファ(α)線の飛跡を見ることができる霧箱の作り方である。

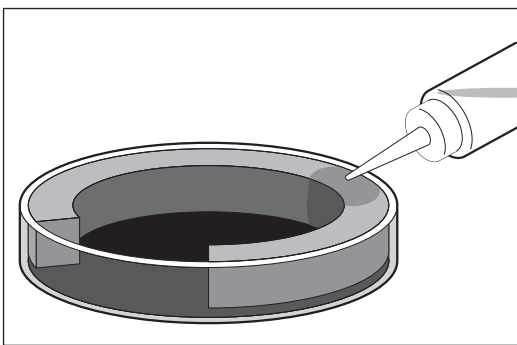
①用意するもの

透明な容器、黒い紙、エタノール、スポイト、スポンジテープ、懐中電灯、発泡スチロール、ドライアイス、放射線源。例えば、掃除機の吸込口をティッシュペーパーなどで覆い、30分間程度吸引して空気中のちり(ちりにはラドンの壊変生成物が付着している)を集めて利用する。

②黒い紙を容器の底に入れ、内側にスポンジテープを貼り付ける。

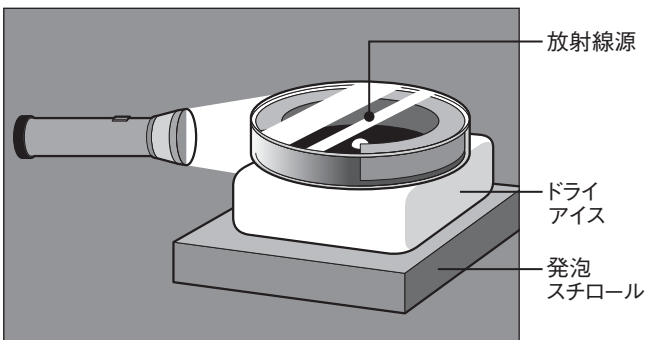


③スポンジテープにスポイトに入ったエタノールをたっぷりと染み込ませる。



④放射線源を中央に置き、蓋を閉める。ドライアイスの上に透明な容器をのせる。

⑤部屋を暗くし、懐中電灯で横から照らし観察する。



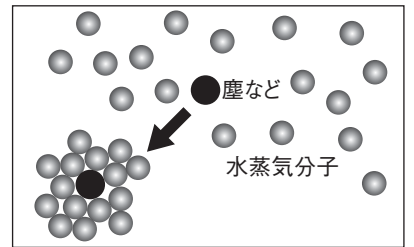
※ドライアイスは、直接手で触らないこと。
※エタノールは、火の近くで使わないこと。

■飛行機雲の原理

霧箱で見る放射線の飛跡は飛行機が通った跡に見える飛行機雲と似ている。

飛行機が飛ぶ高度1万メートルの気温は、地上から100メートル高くなるごとに0.6℃ずつ下がっていくので、-40℃位である。

水蒸気が-40℃に冷やされ過飽和となっているところに飛行機が通り、その飛行機の排ガスから出るちりなどが中心となることで水滴または氷の粒(氷晶)ができ、飛行機雲が発生する。ちりなどがあると、それに水滴が付く。

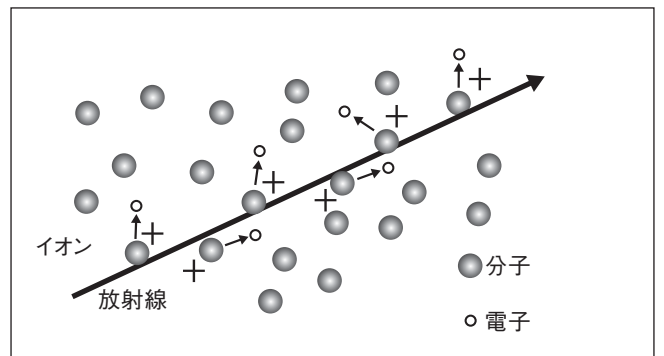


■飛跡が見える仕組み

霧は、空気中の水蒸気が寄り集まって小さな水滴になったものである。この時、空気中のちりなどが寄り集まって中心となる。空気中の水蒸気が急に冷やされ、限界(飽和水蒸気圧)以上に水蒸気を含んでいる不安定な状態(過飽和)であると霧はできやすくなる。

霧箱の中では、過飽和な状態を作りやすくなるために、水蒸気の代わりにアルコール(エタノール)の蒸気を利用する。室温とドライアイスとの温度差から、容器の中に過飽和状態を作る。

容器の中の線源から出るアルファ線の飛んだ道に沿ってイオンができ、それが中心となってアルコール蒸気が凝集して飛行機雲のような水滴または氷の粒(氷晶)ができ、それが筋となって見える。これを「放射線の飛跡」と呼んでいる。



放射線によりはじき飛ばされた電子とイオンの対が中心となる。

簡易放射線測定器「はかるくん」について

簡易放射線測定器「はかるくん」の貸し出しは、学校教育支援を目的としており、利用者は小学生、中学生、高校生や学校などに限定されている。

■問合せ先

文部科学省 〒100-8959 東京都千代田区霞が関3-2-2
TEL.03-6734-4131(直通)
専用Webサイト→<http://hakarukun.go.jp/>

■放射線のリスクとベネフィット

現在、色々な分野で利用されている放射線。しかしながら、放射線にはリスクとベネフィット(便益)の二つがある。

国際的に放射線に関する規制について各国に勧告を行っている国際放射線防護委員会(ICRP)は、放射線を利用する時に受ける放射線の量を合理的に制限するために、次のような方針を打ち出している。

1. 放射線の利用による利益がそのために起こると予想される不利益と比べて大きいものとする(正当化)
2. 放射線被ばくは、経済的及び社会的な要因を考慮に入れながら、合理的に達成できる限り低く保つこと(最適化)
3. 患者が受ける医療上の放射線被ばくや自然の放射線を除いた計画的な被ばくは、勧告した限度を超えないこと(線量限度)

放射線発見の歴史

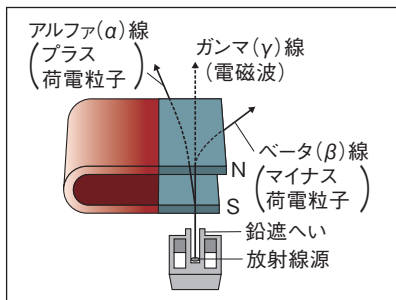
ドイツのレントゲン博士は、蛍光管のように電極の付いたガラス管で実験をしていた。1895年に博士は、ガラス管を黒い紙で覆っているにも関わらず、蛍光板が蛍光を発しているのに気付いた。ガラス管から未知の光が出ているということから、これをエックス(X)線と名付けた。その後の実験により、このエックス線によって写真乾板を感光させ、骨の形などを見ることができることが分かった。

エックス線が発見された翌年の1896年、フランスのベクレル博士はウランを含んだ物質を重しとして写真乾板にのせて机の引き出しにしまい、ある時、この写真乾板を現像したところ、重しの下に置いていたものが写っていた。ウランを含んだ物質から出ている写真乾板を感光させたものは、エックス線に似た性質をもっていることを発見した。

キュリー夫妻は、エックス線に似た光線を出す物質を取り出そうと試み、1898年にウラン鉱石から、それまでよりもはるかに感光作用の強いポロニウムやラジウムという物質を取り出すことに成功した。キュリー夫人は、感光作用などを示す能力を放射能と名付けた。

イギリスのラザフォード博士は、磁石によってラジウムから出る放射線が二つの方向

に曲がることを発見し、これらをアルファ(α)線、ベータ(β)線と名付けた。その後、ある放射線が磁石を使っても曲がらないことが分かり、この放射線をガンマ(γ)線と名付けた。



ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン(1845-1923)
 ドイツ生まれ ドイツの物理学者
 1901年第1回のノーベル物理学賞を受賞



アンリ・ベクレル(1852-1908)
 フランス生まれ フランスの物理学者
 1903年ノーベル物理学賞を受賞



マリー・キュリー(1867-1934)
 ポーランド生まれ フランスの物理学者
 ピエール・キュリー(1859-1906)
 フランス生まれ フランスの物理学者
 1903年ノーベル物理学賞を受賞
 ピエールの死後マリーは
 1911年ノーベル化学賞を受賞



アーネスト・ラザフォード(1871-1937)
 ニューージーランド生まれ イギリスの物理学者
 1908年ノーベル化学賞を受賞

	放射線に関わる出来事	日本の出来事
1894年		日清戦争
1895年	レントゲン博士によるエックス線の発見	下関条約
1896年	ベクレル博士がウランから不思議な光線が出ているのを発見	国産の装置によりエックス線撮影に成功
1898年	キュリー夫妻がポロニウムとラジウムを発見	
1899年	ラザフォード博士がアルファ線、ベータ線を発見	長距離電話が開通(東京～大阪)
1900年	ヴィラール博士がガンマ線を発見	

放射線についての参考Webサイト

放射線の人体への影響など

- ◆(社)日本医学放射線学会◆
<http://www.radiology.jp/>
- ◆日本放射線安全管理学会◆
<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jrsm/>
- ◆日本放射線影響学会◆
<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jrr/>
- ◆(独)放射線医学総合研究所「放射線Q&A」◆
<http://www.nirs.go.jp/>

放射線の食品への影響など

- ◆食品安全委員会◆
<http://www.fsc.go.jp/>
- ◆厚生労働省◆
<http://www.mhlw.go.jp/>
- ◆農林水産省◆
<http://www.maff.go.jp/>
- ◆消費者庁「食品と放射能Q&A」◆
http://www.caa.go.jp/jisin/pdf/110701food_qa.pdf

環境放射能など

- ◆文部科学省「放射線モニタリング情報」◆
<http://radioactivity.mext.go.jp/ja/>
- ◆文部科学省「日本の環境放射能と放射線」◆
http://www.kankyo-hoshano.go.jp/kl_db/servlet/com_s_index

著作・編集

放射線等に関する副読本作成委員会

【委員長】

中村 尚司 東北大学名誉教授

【副委員長】

熊野 善介 静岡大学教育学部教授

【委員】

飯本 武志 東京大学環境安全本部准教授

大野 和子 京都医療科学大学医療科学部教授／社団法人日本医学放射線学会

甲斐 倫明 大分県立看護科学大学教授／日本放射線影響学会

高田 太樹 中野区立南中野中学校主任教諭／全国中学校理科教育研究会

永野 祥夫 世田谷区立用賀中学校主幹教諭／全日本中学校技術・家庭科研究会

野村 貴美 東京大学大学院工学系研究科特任准教授／日本放射線安全管理学会

藤本 登 長崎大学教育学部教授

諸岡 浩 西東京市立碧山小学校校長／全国小学校生活科・総合的な学習教育研究協議会

安川 礼子 東京都立小石川中等教育学校主任教諭／日本理化学協会

米原 英典 独立行政法人放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター規制科学研究プログラムリーダー

渡邊 美智子 茨城県土浦市立山ノ荘小学校教諭／全国小学校社会科研究協議会

(敬称略・五十音順)

監修

社団法人日本医学放射線学会

日本放射線安全管理学会

日本放射線影響学会

独立行政法人放射線医学総合研究所

(五十音順)

写真提供・協力

独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)、株式会社応用技研、財団法人環境科学技術研究所、

京都大学医学部附属病院、セイコー・イージーアンドジー株式会社、株式会社千代田テクノル、

東北放射線科学センター、徳島大学アイソトープ総合センター、ナノグレイ株式会社、

公益財団法人日本科学技術振興財団、独立行政法人日本原子力研究開発機構、日本核燃料開発株式会社、

J-PARCセンター(独立行政法人日本原子力研究開発機構／大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構)、

財団法人日本原子力文化振興財団、財団法人日本分析センター、独立行政法人農業生物資源研究所放射線育種場、

日立アロカメディカル株式会社、富士電機株式会社、独立行政法人放射線医学総合研究所、

財団法人山形県埋蔵文化財センター、独立行政法人理化学研究所

(敬称略・五十音順)

発行

文部科学省

〒100-8959

東京都千代田区霞が関3-2-2

平成23年10月発行

著作・編集

放射線等に関する副読本作成委員会