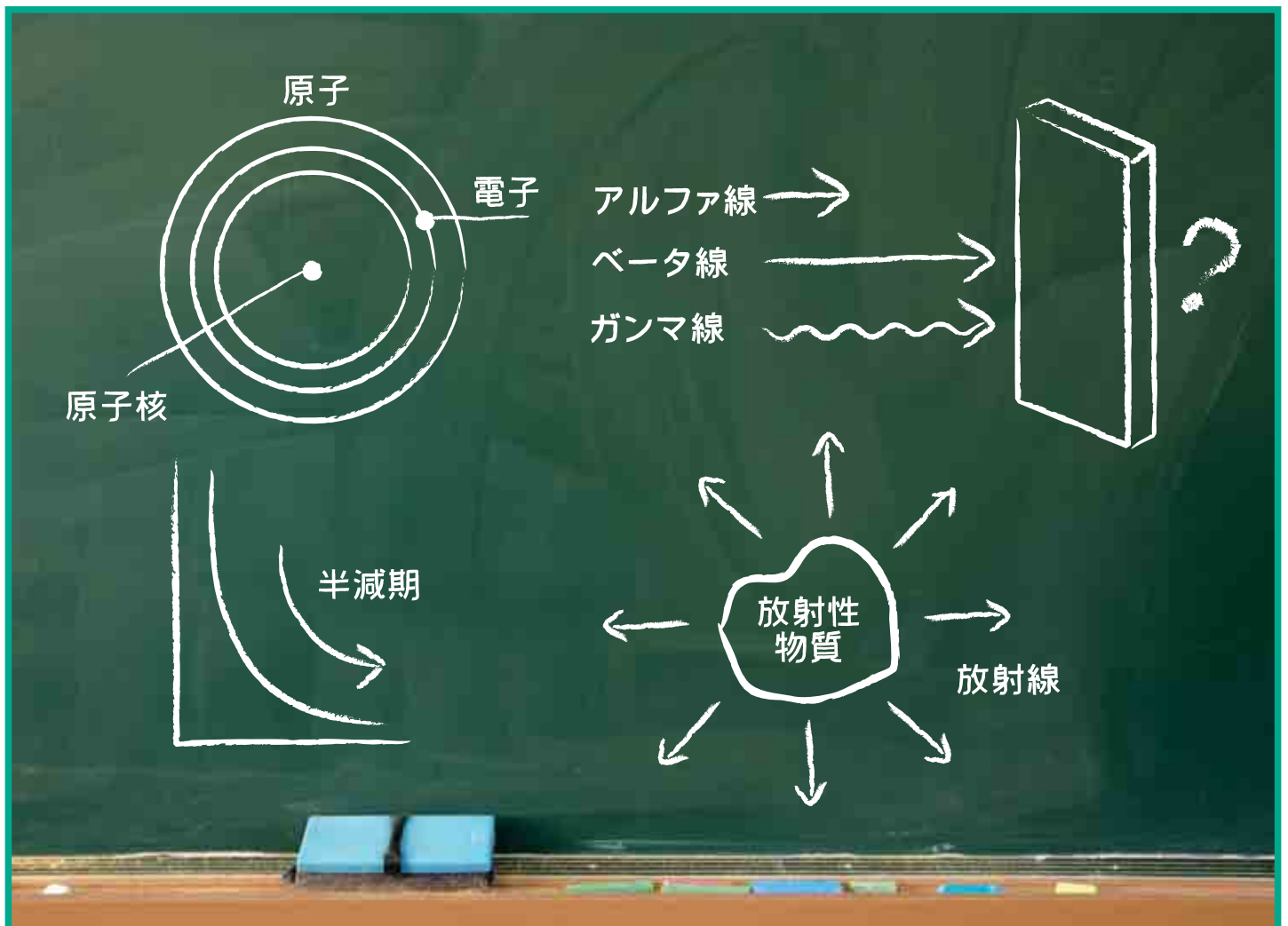


知ることから始めよう 放射線のいろいろ



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

- ◆不思議な放射線の世界……………3~4
- ◆太古の昔から自然界に存在する放射線……………5~6
- ◆放射線とは……………7~8
- ◆放射線の基礎知識……………9~12
- ◆色々な放射線測定器……………13~16
- コラム 放射線・放射能の歴史
- ◆放射線による影響……………17~22
- ◆暮らしや産業での放射線利用……………23~26
- ◆放射線の管理・防護……………27~28
- ◆放射線についての
 参考Webサイト……………29

不思議な放射線の世界

不思議な放射線の世界



植物からの放射線を写し出す

左の画像は、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40⁴⁰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、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。



水などの動きの研究に利用されている中性子線

右の写真は、ヨリに中性子線を当てて写したものであり、白い部分は、ヨリの中に含まれている水を写しています。

植物がどのように水を吸収して成長するかなどの研究に利用されています。

エンジン内部の燃料や潤滑油の様子など金属管内の液体の動きや燃料電池中の水素と水の動きなどの研究に利用されています。



エックス(X)線で新たな発見

長崎市のお寺にある仏像の中に金属製の「五臓(内臓)」が発見されました。これは、エックス(X)線を用いたことにより仏像を壊さずに内部を見ることができたからです。



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面撮影を行います。

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

ココがポイント

放射線は、そのままでは目で見ることができませんが、私たちの周りのどこにでも存在し、また、身近な色々な分野で利用されています。

3

不思議な放射線の世界

4

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。

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。

■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

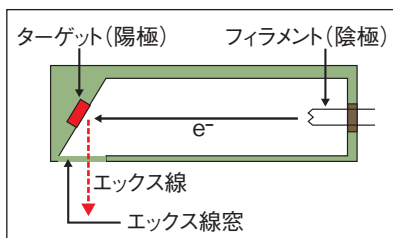
中性子線は、電荷をもたないので物質中での透過性が高いが、陽子(水素の原子核)との衝突によりエネルギーを失うことが多く、水も効果的に中性子を止める性質がある。このことにより植物に中性子線を当てると、水が多い部分ほど中性子線が通り抜けにくくなり、白く写真フィルムに写る。植物の研究に中性子ラジオグラフィを利用し、さらにその方法を発展させて、CT(コンピュータ断層撮影)によって立体的な画像を得ることができる。

■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、胸や仏像の写真の撮ることができる。

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

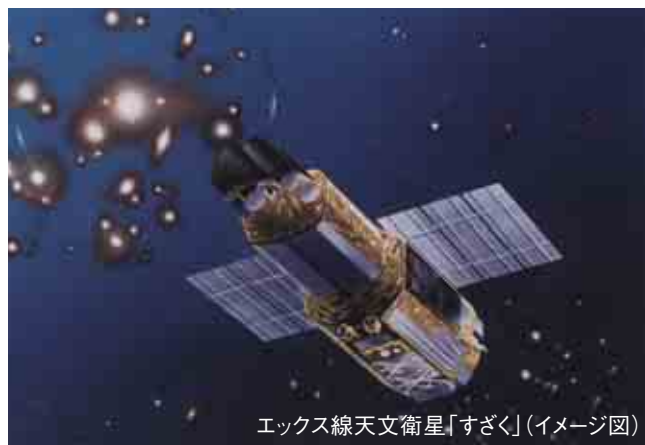
◆ 中性子を発生させる方法には、3通りある。それは原子炉、加速器、放射性物質の利用である。

◆ 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。

■放射線と宇宙の謎



エックス線天文衛星「すざく」(イメージ図)

◆ 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。

◆ また、茨城県東海村にある大強度陽子加速器施設J-^{ジュエッパ}PARCでは、J-PARCからニュートリノを放出し、約295km離れた岐阜県のスーパーカミオカンデという装置を使って観測する研究も行われている。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つた宇宙の姿を見ることができるようになってきている。

太古の昔から自然界に存在する放射線

太古の昔から自然界に存在する放射線

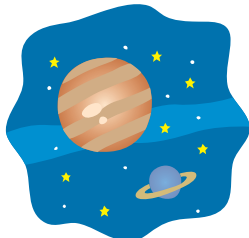
宇宙から

宇宙は、今からおよそ137億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90億年ほどたった46億年ほど前に誕生しました。

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、宇宙線を遮るものが少なくなり、平地よりも多く受けます。



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おり、ラドンは世界中の大地から出ています。また、石やコンクリートの壁からも出ているため、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。



大地から

46億年ほど前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の生き物が生まれ、進化してきました。

大地では、岩石の中などに放射線を出すもの(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、イランのラムサルやインドのケララ、チェンナイ(旧マドラス)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で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。



食べ物から

食べ物には、主にカリウム40という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いわれ、私たちは野菜などを食べることで体内にカリウムを取り込んでいます。

そのカリウムは、人間の体にも欠かせない栄養素であり、体重の約0.2%含まれています。



ココがポイント

人類は、放射線が存在する中で生まれ、進化してきました。私たちは、日常生活でも放射線を受けています。

太古の昔から自然界に存在する放射線

学習のポイント

- ◎放射線は、宇宙や地球が誕生した時から存在し、地球上にも放射性物質が岩石などに含まれていることを学ぶ。
- ◎自然放射線の量は、地域や場所によって違いがあることを学ぶ。
- ◎放射性物質は、空気や食べ物などにも含まれていることを学ぶ。

指導上の留意点

- ◎地球が誕生した46億年ほど前から宇宙線が地球に降り注いでいることを理解できるようにする。
- ◎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。

■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.22参照)

①宇宙から

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。

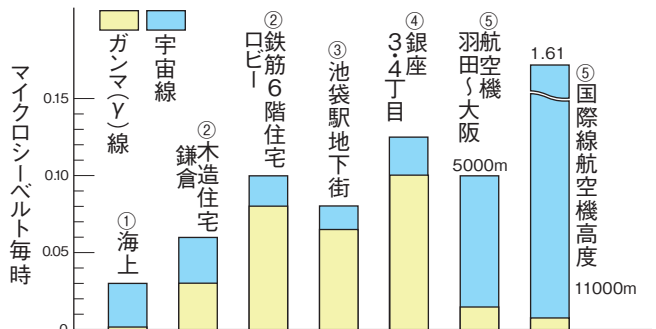
そのため、地面や石造りの家、コンクリートの壁などからラドンは湧き出て来る。石造りの家の多いヨーロッパの寒い地域では、窓を閉めるため家の換気率が低くなり、室内のラドン濃度が比較的高くなっているといわれている。極端にラドン濃度が高い場合には、呼吸により肺への影響が高くなることから、窓を開け換気に注意するよう促している。

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



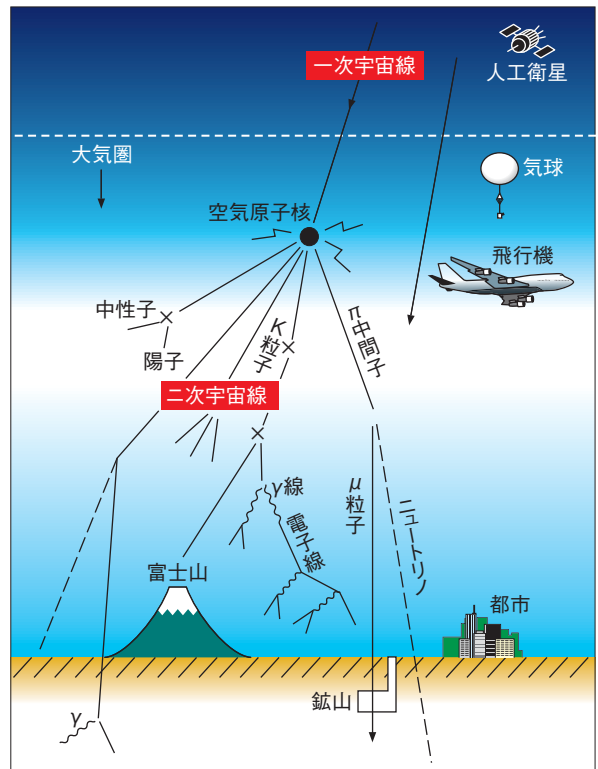
注)1マイクロシーベルトは1/1000ミリシーベルトに当たる。
それゆえ1マイクロシーベルト毎時は、年間8.76ミリシーベルトになる。
出典:高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター「放射線の豆知識 暮らしの中の放射線」(2005年)

(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。

参考〈宇宙線の成り立ち〉

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。



放射線とは

放射線とは

原子と原子核

全てのものは、原子でできています。

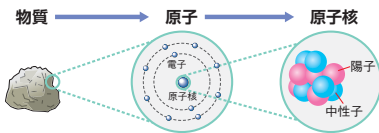
世の中には、およそ110種類ほどの元素*があり、私たちの体や食べ物、空気、水、洋服、机など、どんなものも小さな原子が集まってできています。

原子は、原子核とその周りを動く電子からなり、原子核は、陽子と中性子でできています。

原子は、とても小さく約1億分の1cmの大きさしかなく、原子核は、さらに小さく約1兆分の1cmの大きさしかありません。

原子には、原子番号が同じでも中性子の数が異なる原子が存在する場合があります、これらを互いに同位体または同位元素といいます。

*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。



原子から出る放射線

原子の中には、放射線を出すものがあります。

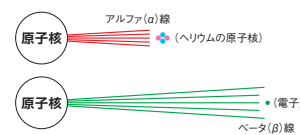
放射線は、高いエネルギーをもった高速の粒子(粒子線)や電磁波です。

放射線は、目に見えませんが、物質を透過する性質や原子を電離(イオン化)する性質があります。

高速の粒子の放射線には、アルファ(α)線、ベータ(β)線、中性子線などがあります。

また、電磁波は、波の性質をもっていて、テレビやラジオの放送に使われている電波や自然の光なども含まれますが、電磁波のうち波長の短い(エネルギーの高い)エックス(X)線やガンマ(γ)線を放射線として区別しています。

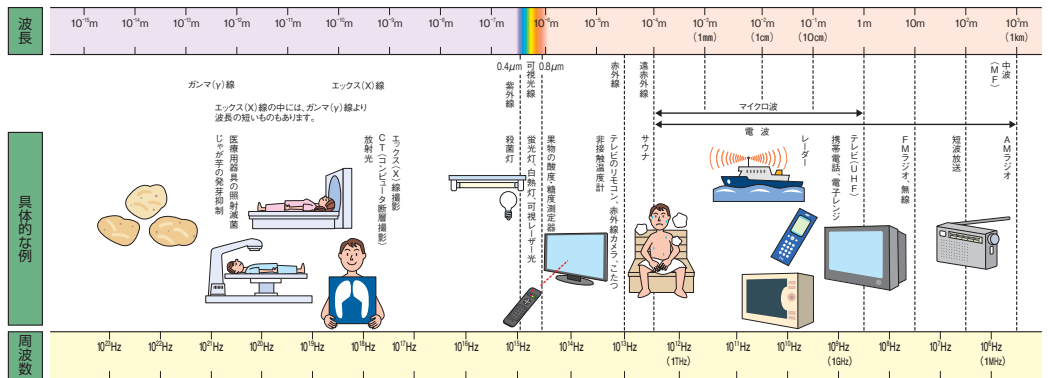
◆小さな粒子が高速で飛び出す放射線



◆波のように伝わる放射線



◆電磁波のなかま



調べてみよう

放射性物質には、どのようなものがあるか調べてみよう。

出典(後)日本原子力研究開発機構「放射線ってなんだろう?」

学習のポイント

- ◎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。
- ◎放射線は、「粒子線」と「電磁波」に分けられることを学ぶ。
- ◎放射線を放出する原子の種類を学ぶ。

指導上の留意点

- ◎放射線には、粒子線(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。
- ◎放射性物質の種類や特徴を理解できるようにする。

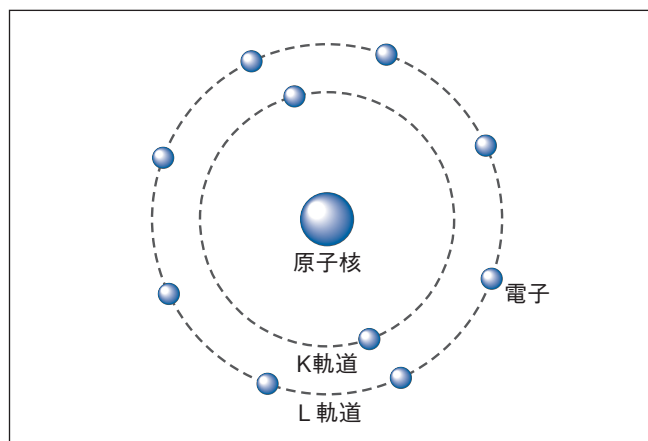
■原子の姿、大きさ

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。

◆原子のモデル(殻モデル)



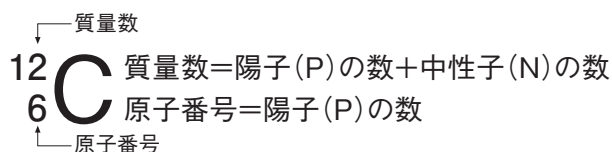
■原子核・原子番号・質量数

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。

◆原子の表記法



■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、陽子その他、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。

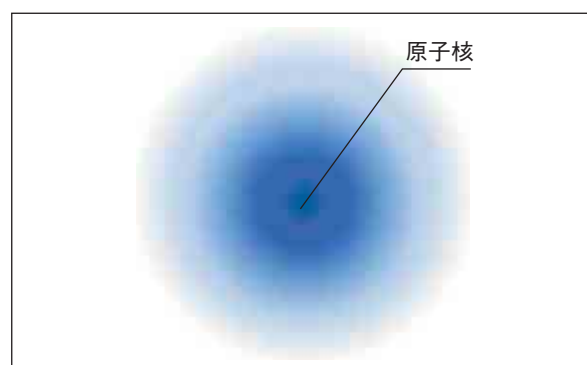
放射性物質を構成する原子核が壊変(崩壊)して出て来る主な放射線は、アルファ線、ベータ線、ガンマ線である。アルファ線は、ヘリウムの原子核(陽子2個と中性子2個)の流れ、ベータ線は、電子の流れである。

◆放射性物質(放射性同位元素)の例

トリチウム(三重水素)	ストロンチウム90
炭素14	ヨウ素129
ナトリウム24	ヨウ素131
リン32	セシウム137
カリウム40	金198
カルシウム45	ラジウム226
鉄59	トリウム232
コバルト60	ウラン238

参考<電子雲のモデル>

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。色の濃いところが電子の存在する確率が高いところである。



■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。

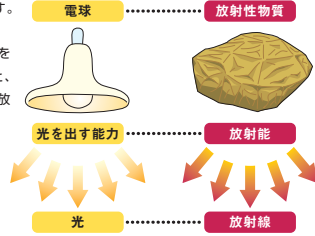
※メガ(M)は 10^6

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

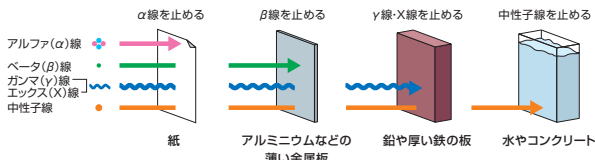
放射線は、大きく二つの種類に分けられます。「高速の粒子」と「波長が短い電磁波」です。放射線を出す物質を「放射性物質」、放射線を出す能力を「放射能」といい、電球に例えると、放射性物質が電球、放射能が光を出す能力、放射線が光といえます。



放射線の透過力

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。



調べてみよう

半減期の規則性は、年代測定に利用されています。どのような方法なのか調べてみよう。

放射線・放射能の単位

新聞やテレビなどで見聞きする「ベクレル」や「シーベルト」、これは、放射能の強さや放射線の量を表す時に用いられる単位です。

放射性物質が放射線を出す能力(放射能の強さ)を表す単位を「ベクレル(Bq)」といい、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もって「グレイ(Gy)」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。

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なる現象のことです。

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もって「グレイ(Gy)」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。

※ジュールエネルギーの大きさを表す単位

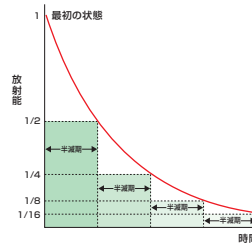
シーベルト(Sv)

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。



放射能の半減期

放射能は、時間がたつにつれて弱まり、放射性物質の量は減っていきます。放射能の量が半分になるまでに掛かる時間を半減期といい、その減り方は規則性をもっています。半減期は、放射性物質の種類によって違い、数秒と短いものから100億年を超える長いものまであります。



放射性物質	放出される放射線*	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10版」

学習のポイント

- ◎「放射性物質」、「放射能」、「放射線」について学ぶ。
- ◎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、三つの単位があることを学ぶ。
- ◎放射性物質は、時間がたつにつれて減り、その減り方は放射性物質の種類によって違うことを学ぶ。

指導上の留意点

- ◎「放射性物質」、「放射能」、「放射線」の違いを理解できるようにする。
- ◎放射線の透過力は、種類によって違い、材料や物質を選べば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。
- ◎「ベクレル」、「シーベルト」、「グレイ」の違いを理解できるようにする。
- ◎放射性物質は、時間がたつにつれて減り、その減り方は放射性物質の種類によって違うことを理解できるようにする。

■放射性物質と放射能、放射線

放射線を出す物質を「放射性物質」、物質が放射線を出す能力を「放射能」という。自然の放射性物質には、ウランやトリウム、カリウム、炭素などがある。また、放射線発生装置(加速器など)や核分裂後にできた核分裂生成物からも放射線が発生し、人工の放射性物質には、コバルト、ヨウ素、セシウム、テクネチウムなどがある。

■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。

■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。

放射性物質がどの位物質の中に含まれているかを表す表記は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。

参考に示したように、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。

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。

参考(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