

# 放射線の基礎知識

## ■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メガエレクトロンボルト(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 Publication 67,1993)。

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。

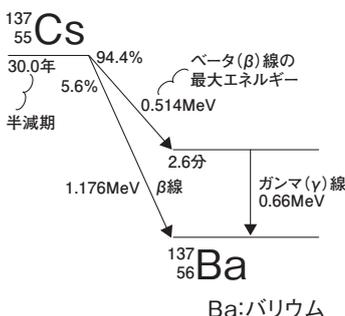
※MeV

M:10<sup>6</sup>

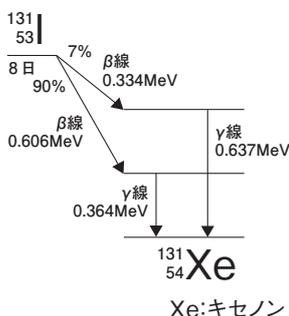
eV:1個の電子が1Vの電位差の間で加速される時に得るエネルギーを表す。

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

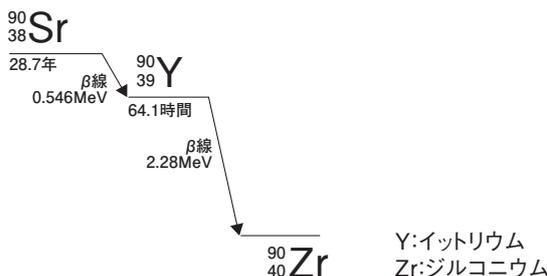
## ◆セシウム(Cs)137の壊変(崩壊)



## ◆ヨウ素(I)131の壊変(崩壊)



## ◆ストロンチウム(Sr)90の壊変(崩壊)



## ■放射線の性質

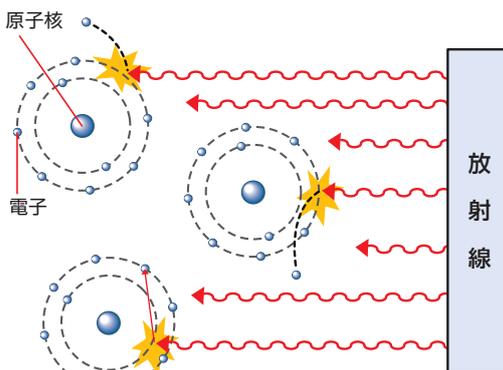
放射線には、色々な作用がある。物質に対する相互作用を利用して医療や工業、農業などに利用されている。

### 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。

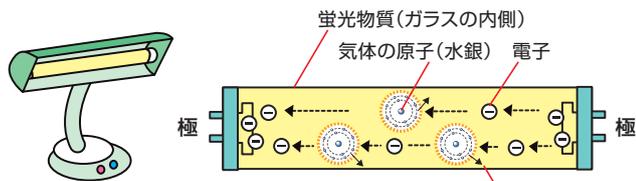


### ②蛍光作用

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。

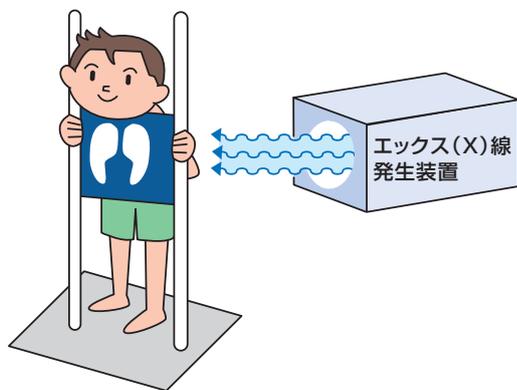


蛍光灯の仕組み

管の両端に電圧が加わると、極から極に電子が流れる。電子が管に封入された水銀に衝突すると、紫外線が発生する。紫外線が蛍光物質を光らせる。

### 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엑스線撮影は、重い元素ほど엑스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。



### 参考〈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る。古い土器の年代は、土器に付着した植物の「こげ」や「すす」に含まれる炭素を測定して推定することができる。

炭素14という放射性物質は、半減期が5730年で宇宙線によって大気中の窒素原子からできる。ほとんどの二酸化炭素は、放射線を出さない炭素(炭素12)原子1個と酸素原子2個とでできているが、中には炭素(炭素12)原子ではなく炭素14でできた二酸化炭素もある。

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る。また、動物はその植物を食べ、炭素14を取り入れる。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、遺跡や遺物など試料の炭素14の量を調べることで試料の年代が何千年前のものか知ることができる。

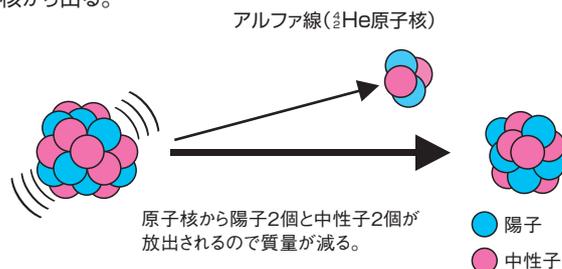


### 参考

#### 〈アルファ(α)・ベータ(β)壊変とガンマ(γ)線の放出〉

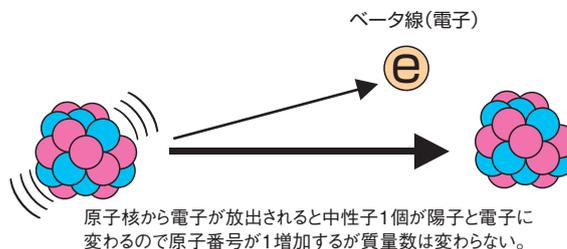
##### アルファ壊変(崩壊)

原子核の中から陽子2個、中性子2個が一同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。



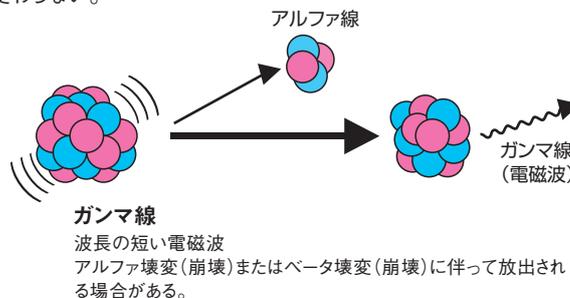
##### ベータ壊変(崩壊)

原子核の中の1個の中性子が陽子に変わる時に、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。



# 色々な放射線測定器

## 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



① 放射性物質の有無を調べる  
ガイガー・ミュラーカウンタ(GM計数管)など放射線の数を測るもの。物質に放射性物質が付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



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など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。放射線量を知らないとにも使われます。  
(単位:mSv)  
(注)個人被ばく線量計は、携帯電話などからの電磁的ノイズにより誤計数する場合があるので、携帯電話などと同じポケットに入れて使用しないこと。

### ◆身の回りの放射線を測ってみよう。



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)を測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)

### ココがポイント

放射線を測定する時は、その対象や目的に合った放射線測定器を選ぶことが大切です。

## コラム 放射線・放射能の歴史

### 1895年 エックス(X)線の発見

ウィルヘルム・コンラート・レントゲン

真空放電の実験をしていた時、放電管の電極から、目に見えないが写真乾板を感光させ、蛍光物質を光らせ、物質を突き抜ける不思議な性質を持った光線のようなものを発見しました。

これを「エックス(X)線」と名付けました。

エックス(X)線は、医学の分野で応用され、診断・治療に利用されています。後に、この発見の功績からノーベル物理学賞を受賞しています。



### 1896年 放射能の発見

アンリ・ベクレル

偶然に写真乾板の上に十字架型の文鎮とウラン化合物の結晶をのせて、机の引き出しにしておきました。これを現像してみると、乾板に十字架が写っていたことから、ウランがエックス(X)線に似た放射線を出していることに気がきました。



### 1898年 ラジウムの発見

マリー・キュリー、ピエール・キュリー

マリー・キュリー(キュリー夫人)は、夫のピエール・キュリーとともにウラン鉱物であるピッチブレンド(遊青ウラン鉱)から、放射能を持った元素を分離することを試みました。

そして、ポロニウムとラジウムという放射性物質を発見しました。

「放射能」は、後にキュリー夫人によって名付けられました。



### 1899年 放射線の種類の発見

アーネスト・ラザフォード

ラジウムから出る放射線について磁石を利用して実験をしたところ、磁石の力で左に曲がる放射線と右に曲がる放射線があることを発見し、それぞれ「アルファ(α)線」と「ベータ(β)線」と名付けました。

その後、新たに発見された放射線を「ガンマ(γ)線」と名付けました。



## 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。

## 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」の実験を通して、身近な放射線や放射能の存在を理解できるようにする。
- ◎ 多くの科学者が研究を積み重ね放射線の種類や性質などが解明され、測定器や利用に応用されてい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( $\gamma$ )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。

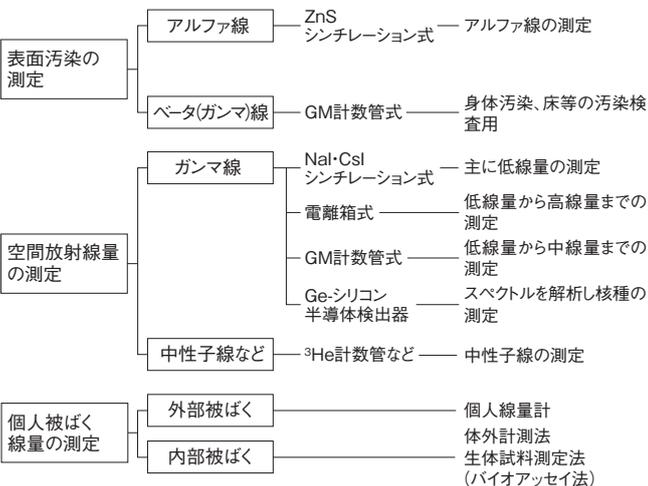


**電離箱式サーベイメータ**  
放射線量を測るもの。放射線によって電離されて放出されるイオンの量から放射線の量を調べる。



**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.16参照)。

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。

# 色々な放射線測定器



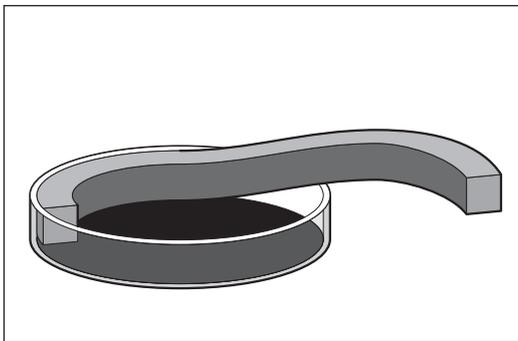
## ■放射線の飛跡の観察

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( $\alpha$ )線の飛跡を見ることができる霧箱の作り方である。

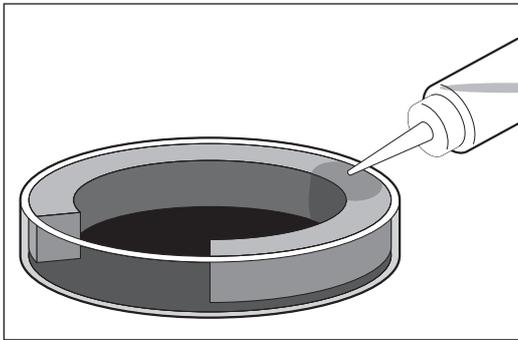
### ①用意するもの

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。

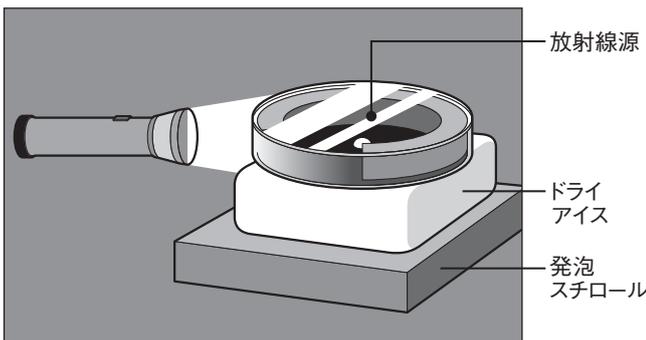


### ③スポンジテープにスポイトに入ったエタノールをたっぷりと染み込ませる。



### 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。



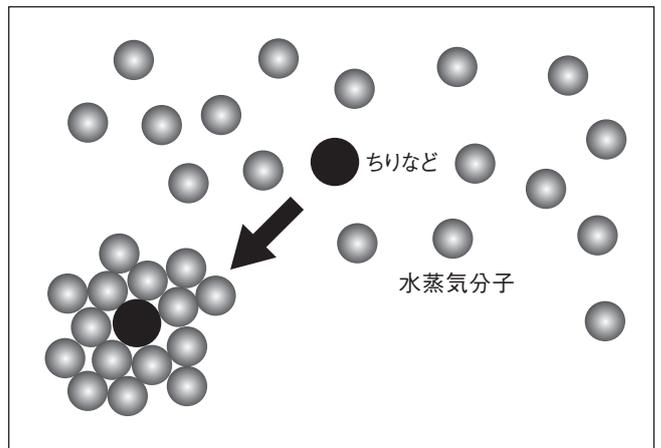
※ドライアイスは、直接手で触らないこと。  
※エタノールは、火の近くで使わないこと。

## ■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でき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。



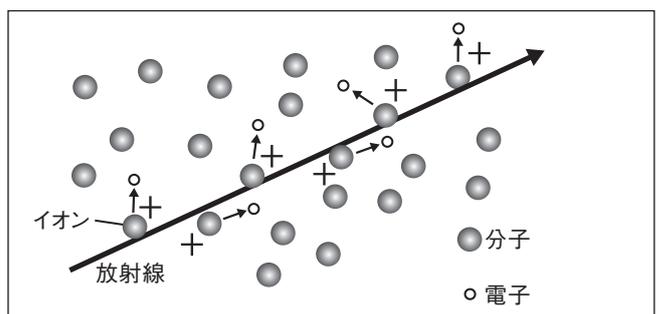
ちりなどがあると、それに水滴が付く。

## ■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するために、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。

# コラム 放射線・放射能の歴史

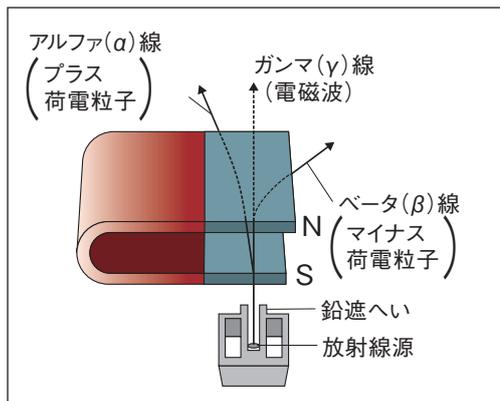
## ■放射線発見の歴史

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た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( $\alpha$ )線、ベータ( $\beta$ )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( $\gamma$ )線と名付けた。



## 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	

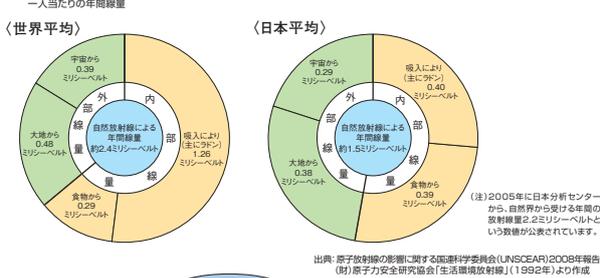
# 放射線による影響

## 放射線による影響

### 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(放射線を受ける)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、体にとどまることはなく、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



### ◆体内、食物中の自然放射性物質



### 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倍になれば受ける放射線量は、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避けた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



### 測ってみよう

簡易放射線測定器「はかるくん」を使って、放射線は距離や遮へいによってどのように減るのか測ってみよう。

## 学習のポイント

- ◎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学ぶとともに、色々な食べ物の中に放射性物質が含まれていることを学ぶ。
- ◎放射線から身を守る方法について学ぶ。

## 指導上の留意点

- ◎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。
- ◎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。

## ■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、食べ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。

## ■放射線から身を守るには

受ける放射線量は、放射性物質からの距離に大きく依存する。放射性物質から離れるほど放射線量も減る。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になる。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。いずれの場合でも遮へい物を置いたり放射線を受ける時間を減らしたりすることによって、被ばくを減らすことができる。(P.27「外部被ばくの防護の方法」参照)

## ■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( $\gamma$ )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。

## ◆ 私たちが日常的に受ける放射線

私たちは、宇宙や大地、食べ物など、自然界から放射線を受けている。これらの自然界から一人の人間が1年間に受けている量は、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\*ミリシーベルトである。(P.6「自然放射線」参照)

一方、人間が人工的に作り出して利用している放射線もある。胸の検査に用いられるエックス(X)線など医療や工業、農業など幅広い分野で用いられている。

※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。

# 放射線による影響

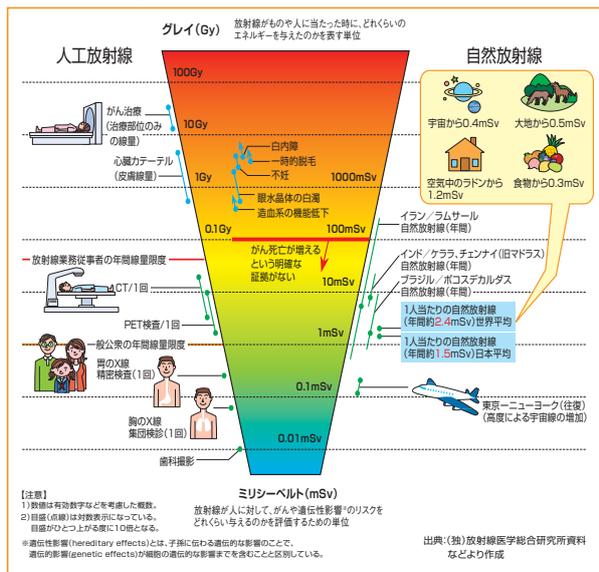
## 放射線による影響

### 放射線量と健康との関係

一度に多量の放射線を受けると人体に影響が出ますが、短い期間に100ミリシーベルト(mSv)以下の低い放射線量を受けることでがんなどの病気になるかどうかについては明確な証拠はみられていません。普通の生活を送っていても、がんは色々な原因で起こると考えられていて、低い放射線量を受けた場合に放射線が原因でがんになる人が増えるかどうかは明確ではありません。

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

### ◆身の回りの放射線被ばく



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に勧告しています。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かと計算しています。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かと計算されます。

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。

### がんの色々な発生原因

私たちの体を形作る細胞は、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を治す能力があるため、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。

### ◆がんなどの病気を起こす色々な原因

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なることがあります。

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。



### ココがポイント

自然にある放射線や엑스(X)線検査など日常で受ける量であれば、健康への心配はありませんが放射線を受ける量はできるだけ少なくすることが大切です。

▶放射線による影響

## 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。
- ◎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。
- ◎防護の観点から被ばくする量を減らすことを学ぶ。

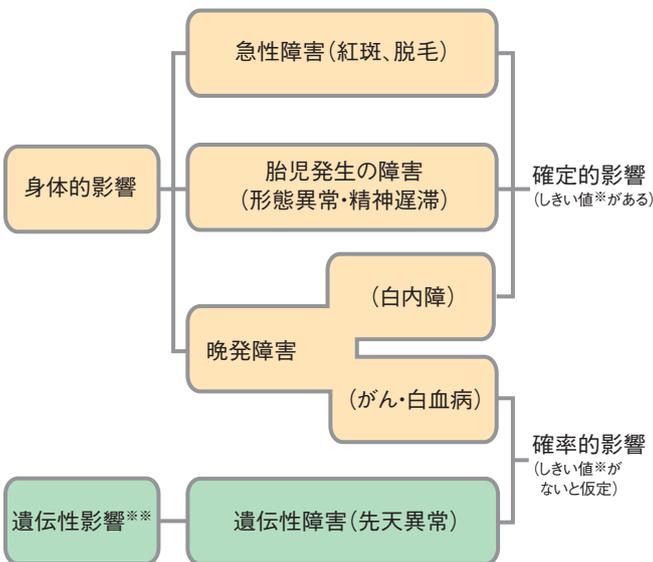
## 指導上の留意点

- ◎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、明確な証拠がないことを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。

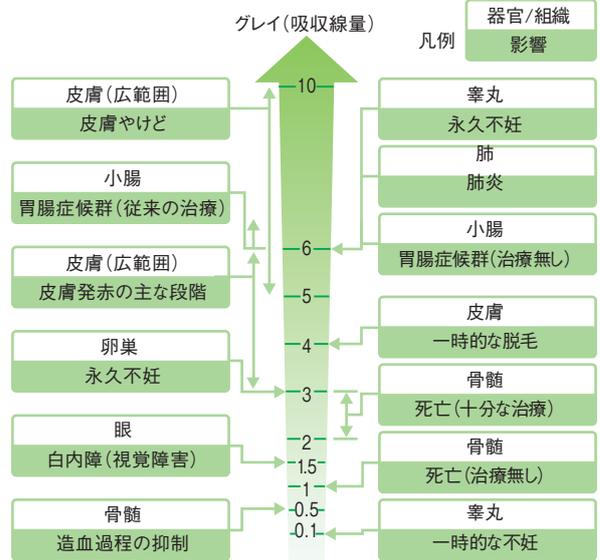
なお、自然界から受ける放射線でも人工的に作り出した放射線でも、受ける放射線の種類や放射線量が同じであれば発生源に関わらず影響は同じである。

## 参考〈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

## 参考〈「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。

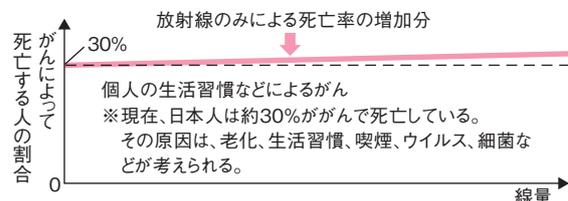
一方、放射線によるがんの発生には、しきい値がないと仮定し、受けた放射線量が増えるに従ってがんの発生する確率が高くなると考えるのが「しきい値がないと仮定する影響」(確率的影響)である。

「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。

### ◆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

# 放射線による影響

## 参考〈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。

## ■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、極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)のモデル)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った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方法である。」(ICRP2007年勧告)

## ■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る。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う。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る。

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。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ない。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ある。

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はあるが、その一方で、放射線を用いたエックス(X)線撮影、CT(コンピュータ断層画像撮影)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る。

## ■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)

## 参考〈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。

### 参考〈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。

### 参考〈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

## ■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(「暮らしや産業での放射線利用」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。

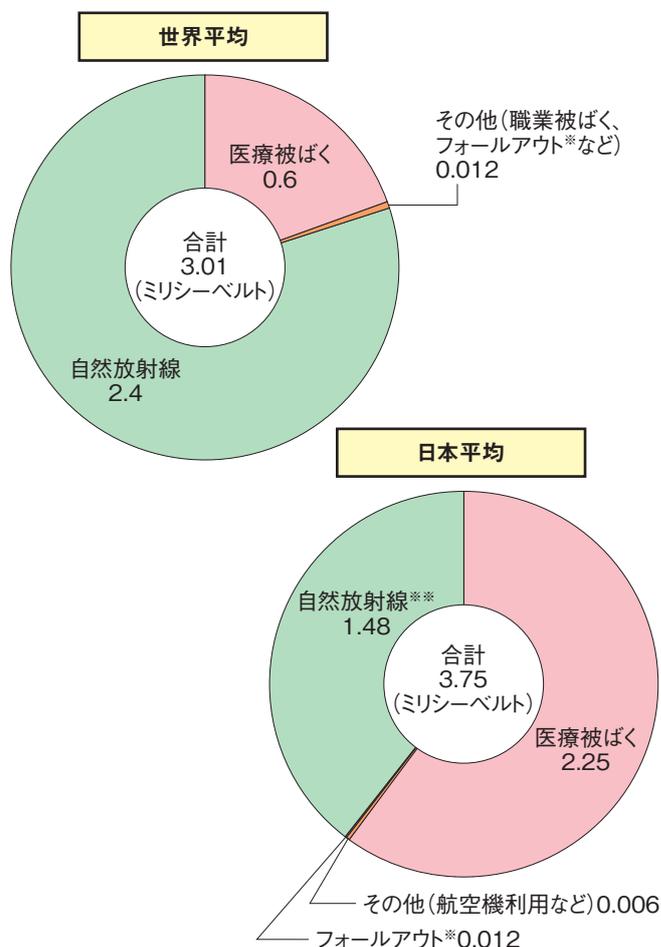
### ②原子力施設などからの放射線(平常時)

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)