

さまざまな分野で活躍する放射線

放射線のさまざまな性質が、物質の内部の調査や素材の改質などの工業分野、野菜や果実の品種改良などの農業分野、病気の診断や治療などの医療分野、年代測定などの研究分野などで活用されています。

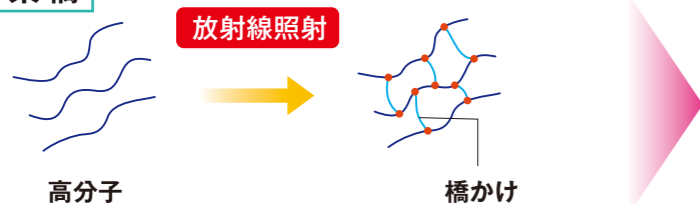
工業分野

工業分野では、放射線の透過力（物質を通り抜ける力）や分子構造を切断する力が身の回りのものに利用されています。

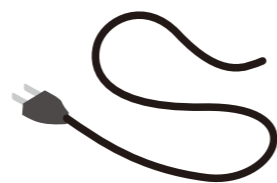
●強度や耐熱性の向上

高分子などに放射線を当てることで、構造を改質し、強度や熱耐性を向上させることができます。

架橋



ラジアルタイヤの強度向上

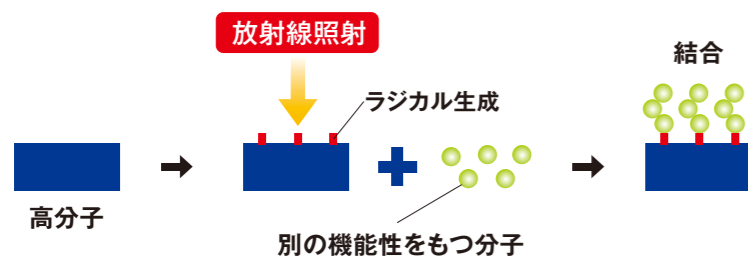


電化製品のコードの耐熱性向上

●機能の追加

高分子に放射線を当てることで、別の機能をもつ分子を結合させて、元の素材に機能を付加することができます。

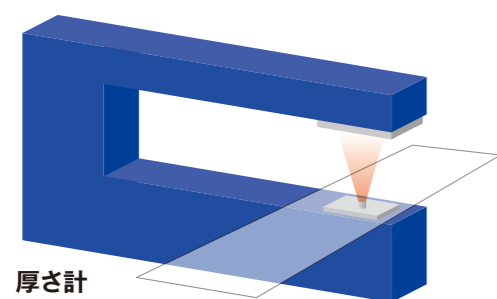
グラフト重合



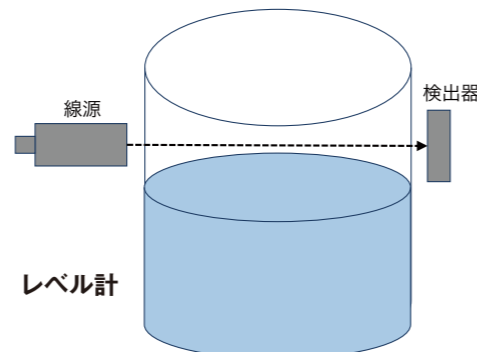
マスクや消臭スプレーなど

●厚さ測定・レベル計

放射線の透過力を利用して、ものの厚さや液面の高さなどを計測することができます。



厚さ計



レベル計

●滅菌

医療器具などに放射線を当てることで滅菌することができます。放射線照射による滅菌は、熱や化学物質による滅菌と比較して、以下のメリットがあります。

- ・密封された状態で滅菌処理ができる
- ・温度変化がほとんどないため、形態の変容がない
- ・有害物質の残留などがない

農業分野

農業分野では、害虫駆除や品種改良などに放射線が利用されています。

●害虫駆除

放射線を照射し不妊化したオスの害虫を野外に放つことで、交尾してメスが産んだ卵からは害虫が生まれず、数を減らすことができます。これを繰り返すことにより、最終的には根絶に持ち込めます。沖縄県では野菜のゴーヤにつくウリミバエの駆除に用いられました。



ウリミバエ成虫(上)、幼虫(下)
出典:農林水産省HPより

●品種改良

生物は、突然変異によって長い期間をかけ、たくさんの種類に進化してきたと考えられています。放射線を植物に照射することで、この変異を効率的に誘発して品種改良を行うことができます。

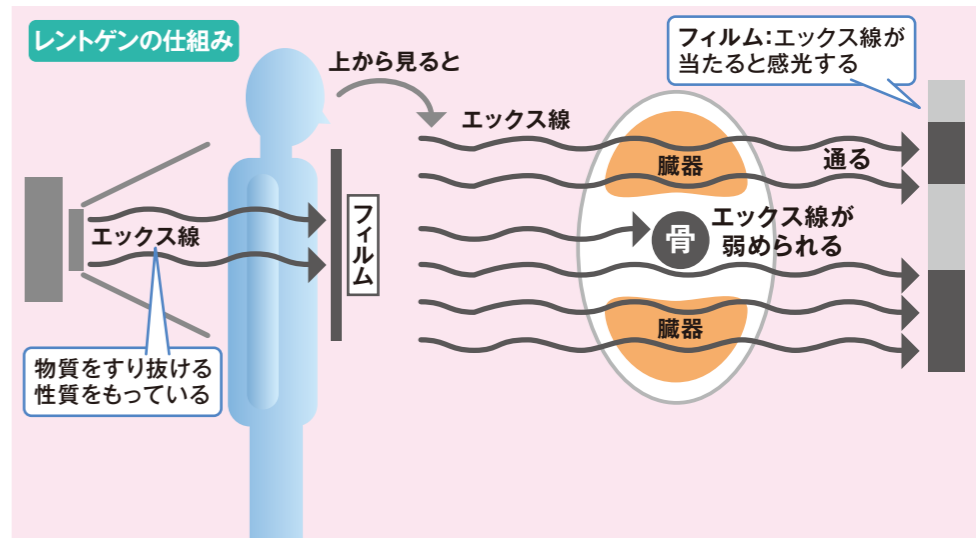


医療分野-1

健康診断で受けるレントゲン撮影や病院でのCTスキャン検査などで放射線が利用されています。

●レントゲン撮影

放射線の透過力を利用して撮影されます。エックス線やガンマ線のなどの放射線の透過力は、透過する物質の密度に応じて減弱します。そのため、人体の中でも比較的密度の高い骨では放射線の透過量が少なく、筋肉や肺などの臓器では透過量が多くなります。この透過量の差を生かして体内の様子を撮影します。



●CTスキャン

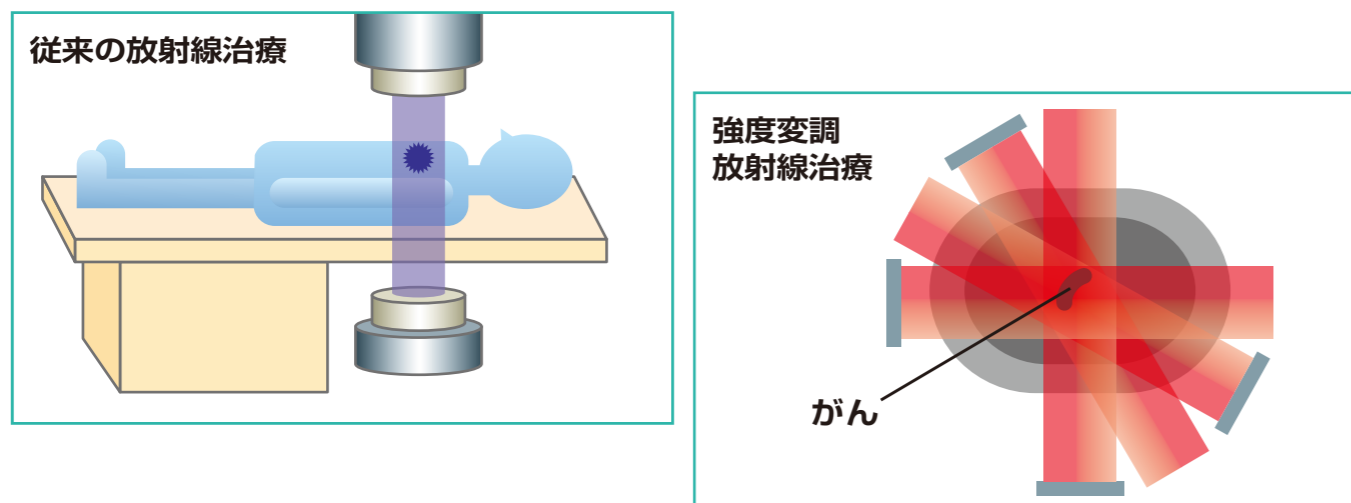
レントゲン撮影では平面の撮影を行います。CTスキャンでは放射線を発生する部分と検出する部分を回転させ、放射線の透過度からコンピュータ計算によって体のスライス像を再構成します。さらに、このスライスを組み合わせることにより、立体的な画像を再構成します。これによって、体の内部構造を詳細に知ることができます。



医療分野-2 放射線の細胞致死作用を利用したがん治療が行われています。

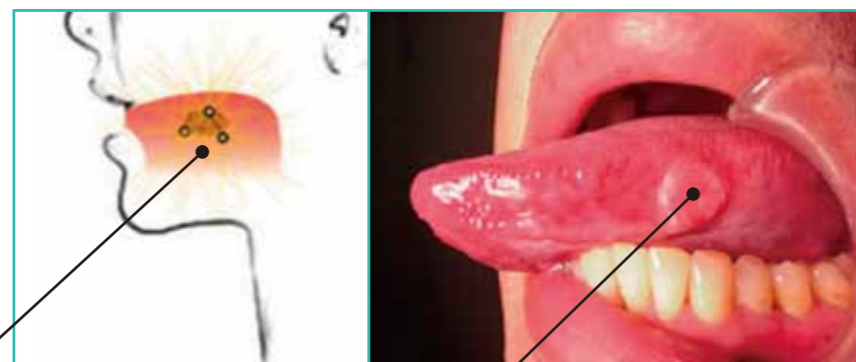
●外部からの照射

かつての放射線治療では、がんに対して、一方向あるいは二方向からの照射を行っていました。近年では、コンピューター制御によって放射線源を動かしていろいろな方向から照射するとともに、遮へい材を自在に動かして強弱をつけることで、複雑ながん病巣の形に合わせて放射線を集中させ、正常組織へのダメージを最小化した治療(強度変調放射線治療)が行われています。



●密封小線源放射線治療

放射線源を密封した小さなカプセルをがん組織に埋め込むなどして、ピンポイントで放射線を照射することで、がんを治療する方法です。



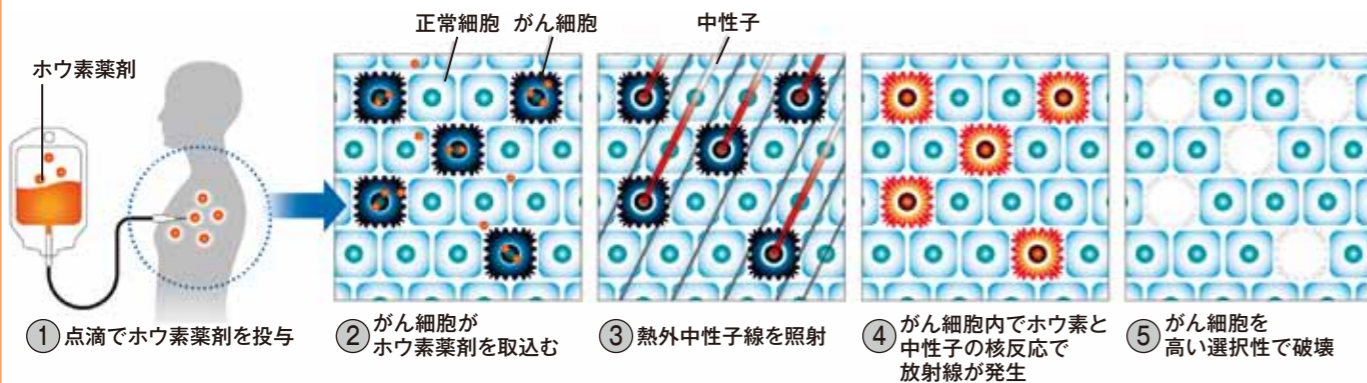
舌癌・口腔底癌・頬粘膜癌などに対して、放射線を出す小さい線源を直接病巣に刺入して治療します。最大の利点は、舌等を温存できることです。

治療前(舌癌)

出典:九州大学大学院医学研究院臨床放射線科学分野HPより

●ホウ素中性子捕捉療法

中性子とホウ素の高い反応性を利用して、がん細胞に選択的に放射線作用を与えることができる治療法です。がん細胞が取り込みやすいように加工したホウ素化合物(ホウ素薬剤)を投与したうえで中性子(熱中性子)をあてると、核反応を起こして飛距離の非常に短い放射線(アルファ線)とリチウム原子核が発生します。この放射線がホウ素薬剤を取り込んだ細胞に大きな作用を与えます。



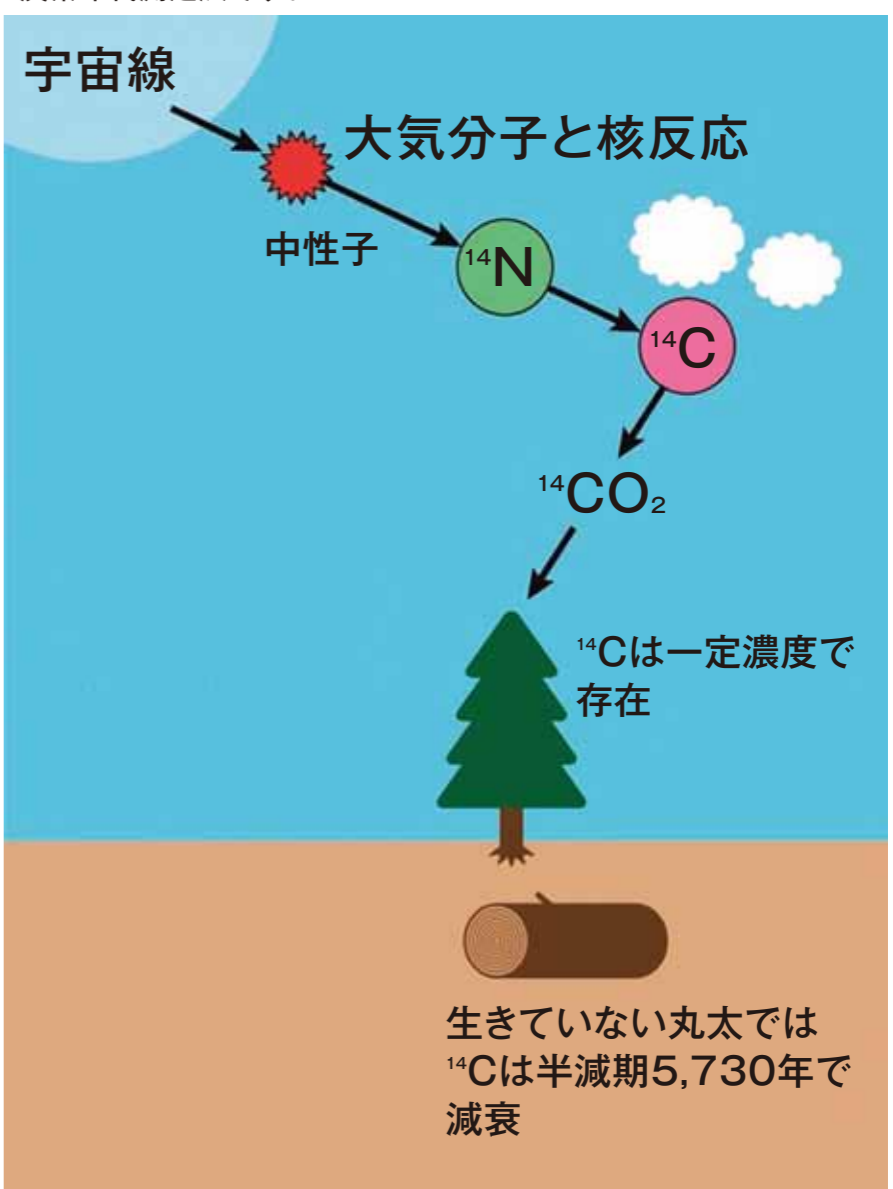
出典:大阪医科大学関西BNCT共同医療センターHPより

研究分野

●放射年代測定法

遺跡などの年代の決定にも放射線が利用されています。遺跡から発掘された出土品などに含まれる放射性物質の量を調べることで年代を特定する方法で、「放射年代測定法」とよばれています。放射年代測定法にはウラン、トリウム、ベリリウムなどを測定する方法もありますが、最も利用されているのは炭素の放射性同位体である炭素14の量を測定する放射性炭素年代測定法です。

炭素14は天然に存在し、主に宇宙から降り注ぐ中性子が窒素14に吸収されることでつくられます。大気中で生成された炭素14は、植物などに取り込まれ、食物連鎖によって動物などに取り込まれるため、遺跡として出土する骨や建築材、土器などに付着したコゲなど、すべての有機物に含まれます。炭素14は放射線を出さない炭素(炭素12と炭素13)とともに一定の割合で存在し、一緒に生きている植物などに取り込まれていきます。しかし、その植物などが死んで炭素を取り込まなくなると、炭素14は放射性壊変によって減っていきます。放射性同位元素が元の半分となる「半減期」は炭素14の場合5,730年なので、5,730年経過すると炭素14の数は元の2分の1になり、11,460年後には4分の1になり、17,190年後には8分の1になります。一方、放射線を出さない炭素の量は変化しないため、炭素14と放射線を出さない炭素の割合から遺跡の年代を推定することができます。



出典:「みんなのくらしと放射線展」に展示された放射線アカデミア研究レポートより作成

●X線天文衛星

宇宙では人の目で見ることができない可視光だけでなく、X線などさまざまな波長の放射線が飛び交っており、それらを観測することで、宇宙で起きている現象の観測に貢献しています。地球に降り注ぐX線は、大気で吸収されてしまい、地上からの観測は難しいため、人工衛星などを打ち上げてX線を観測します。

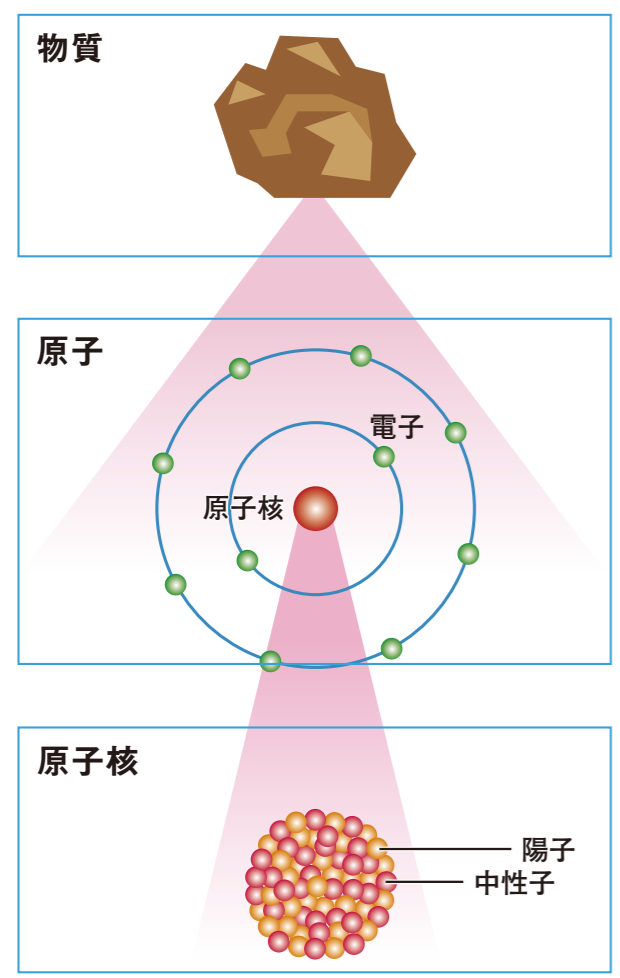


X線天文衛星「すざく」(ASTORO-EII)

提供:JAXA/JASA

放射線と放射能の性質

原子の構成



動画「原子の構造」

電気事業連合会

原子		電荷	
原子核	陽子	+	
	中性子	0	
電子	-		

安定同位体と放射性同位体

原子核	水素1	水素2	水素3 (トリチウム)	炭素12	炭素13	炭素14	セシウム133	セシウム134	セシウム137
	陽子数	1	1	1	6	6	6	55	55
中性子数	0	1	2	6	7	8	78	79	82
性質	安定	安定	放射性	安定	安定	放射性	安定	放射性	放射性

1. 放射線と放射性物質

地球や宇宙にあるすべての物質は、「原子」からできています。原子は、原子核とそのまわりを回る電子から構成され、原子核は、陽子と中性子で構成されます。電子は、マイナスの電荷をもっています。一方、陽子は、電子と同じ大きさのプラスの電荷をもっています。中性子は、電荷をもっていません。

原子が電気的な中性を維持するため、電子の数と陽子の数は基本的に同じです。原子の化学的な性質は、電子の数と配置によって決まることから、電子の数と基本的に同数となる陽子の数によって決まることになります。そこで、原子核のもつ陽子の数を「原子番号」といいます。また、陽子の数が同じもの同士でまとめたものを「元素」といいます。

陽子と中性子の質量は、ほぼ同じです。一方で、電子の質量は、陽子や中性子の質量の約1,800分の1です。したがって、原子の質量は、原子核に陽子と中性子が合計何個あるかでほぼ決まります。このことから陽子と中性子の数の合計を「質量数」といいます。陽子の数が同一(同じ元素)でありながら、中性子の数が異なる原子を「同位体」といいます。

エネルギー的に安定で、地球や宇宙の年齢程度の時間では変化しない原子を「安定同位体」といいます。一方、原子には高いエネルギーをもった不安定な状態のものがあります。時間の経過とともにその中心にある原子核が、高速の粒子や電磁波を出して、安定な状態になっていきます。こうして放出される高速の粒子や電磁波が「放射線」です。放射線を出す能力を「放射能」といい、放射能をもつ原子を「放射性同位元素」あるいは「放射性同位体(RI, Radioisotope)」といいます。RIは、放射線を出すことで別の原子になります。RIを含む物質が「放射性物質」です。

例えば、水素原子の場合、水素1、水素2、水素3が自然界に存在します。このうち、水素1と水素2が安定同位体、水素3がRIです。炭素原子の場合、炭素12、炭素13、炭素14が存在し、炭素12と炭素13が安定同位体、炭素14がRIです。また、セシウムの場合、セシウム133が安定同位体、セシウム134、セシウム137はRIです。

2. 放射線の種類

放射性物質には、地球の誕生時から自然界に存在するものと、宇宙線の作用でつくられるもの、原子炉な

どで人工的につくられるものがあります。しかし、それらの放射性物質から出る放射線の物理的性質や生体への作用は、放射線の種類とエネルギーによって決まり、天然か人工かによる違いはありません。

放射線には、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、エックス線、中性子線などの種類があります。セシウム137の場合、中性子が過剰で不安定な状態のため、中性子のうち1個が電子を放出し、陽子に変わりバリウム137mとなります。このときに放出される電子がベータ線です。バリウム137mは、まだエネルギーが高く、不安定な状態のため、エネルギーを電磁波として放出し、放射線を出さない安定同位体のバリウム137になります。このときに放出される電磁波がガンマ線です。

1901年に第1回ノーベル物理学賞を受賞したドイツのレントゲンが、1895年、真空管の一種である放電管を使った実験中にエックス線を発見しました。エックス線は、人工の放射線でガンマ線と同じ電磁波の一種です。

3. 放射線の性質

放射線は、物質を通り抜ける力(透過力)をもっています。しかし、その力は放射線の種類によって違い、適切な材料や厚さなどを選ぶことによって、さえぎることができます。

例えば、最も透過力の低いアルファ線は、紙1枚でとめることができます。ベータ線は、アルミニウムなどの薄い金属板やプラスチック板、ガンマ線やエックス線は、鉛や厚い鉄の板、さらに中性子線は、水やコンクリートによってさえぎることができます。

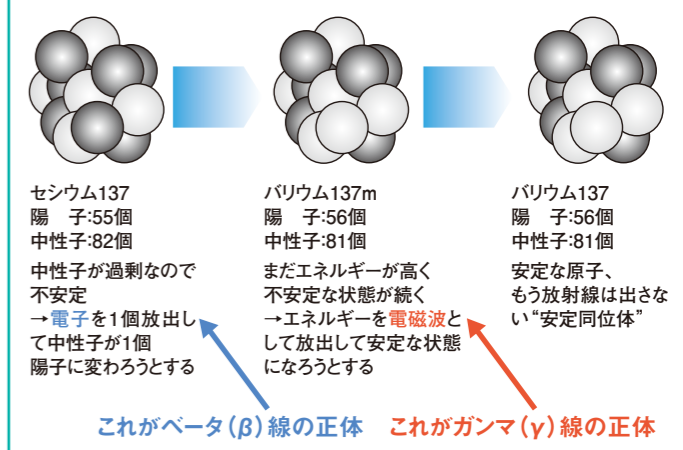
また放射線には、透過力だけではなく、電離作用、蛍光作用といった性質もあり、各特性は医療や工業、農業などのさまざまな分野で応用されています。

4. 放射能の減衰

RIの放射能は、時間がたつにつれて弱まる性質があり、これを減衰といいます。また、放射能が半分に減るまでにかかる時間を「半減期」あるいは、「物理学的半減期」といいます。RIの種類によって半減期は異なり、数秒以下の短いものから、100億年を超える長いものまであります。半減期を2回、3回経過すると、放射能はそれぞれ最初の4分の1、8分の1になります。

なお、体内に取り込まれた放射性物質は、臓器や組織に取り込まれた後、排泄されます。排泄によって体内の放射性物質の量が半分になる時間を「生物学的半減期」(P.57参照)といいます。

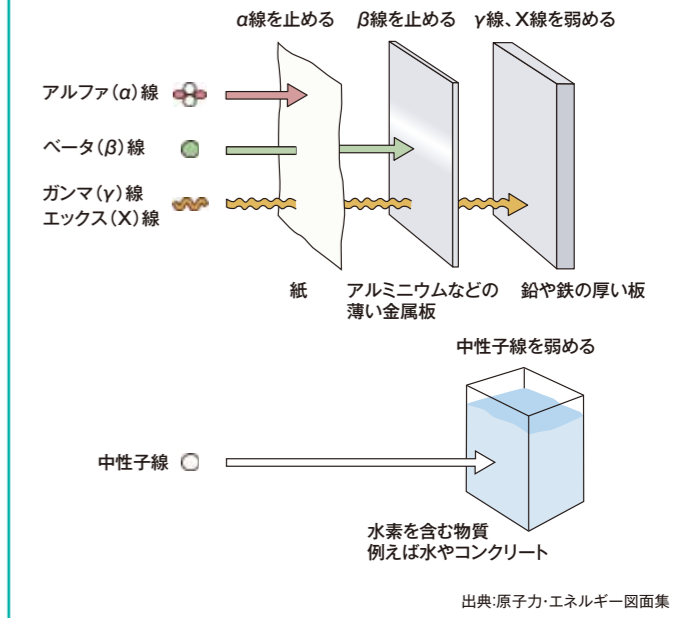
セシウム137が放射線を出すしくみ



※バリウム137mは「エネルギーの高い状態のバリウム137」を表し、同じ種類の原子でも違う構造をしているため、バリウム137に「m(metastable, メタステーブル)」を付けて区別します。

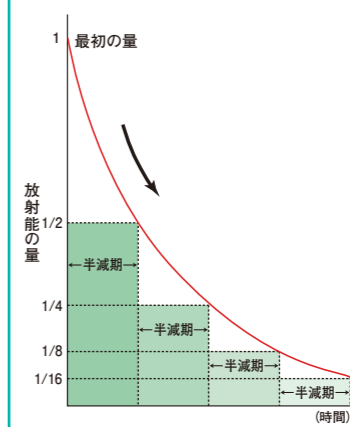
出典:東京工業大学 松本義久氏 資料より作成

放射線の種類と透過力



出典:原子力・エネルギー図面集

放射能の減り方



物理学的半減期

放射性同位元素	放出される放射線	半減期
ヨウ素131	$\beta \cdot \gamma$	8日
セシウム134	$\beta \cdot \gamma$	2.1年
コバルト60	$\beta \cdot \gamma$	5.3年
トリチウム	β	12.3年
ストロンチウム90	β	28.8年
セシウム137	$\beta \cdot \gamma$	30.2年
ラジウム226	$\alpha \cdot \gamma$	1,600年
プルトニウム239	$\alpha \cdot \gamma$	2.4万年
カリウム40	$\beta \cdot \gamma$	13億年
ウラン238	$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$	45億年

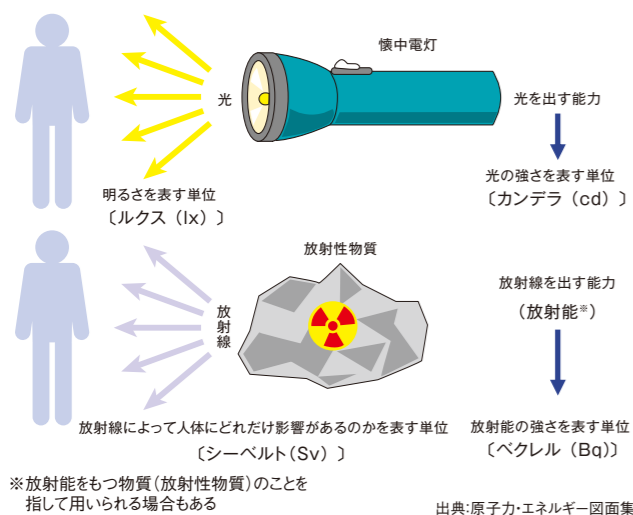
※壊変生成物(原子核が放射線を出して別の原子核になったもの)からの放射線も含む

出典:(公社)日本アイソトープ協会「アイソトープ手帳11版」より作成

放射能・放射線の単位と測定

放射能と放射線

懐中電灯に例えると、懐中電灯=放射性物質、懐中電灯から出る光=放射線、懐中電灯の光の強さ=放射能の強さとなります。



ワンポイント情報

◆単位の前につく接頭辞「ミリ」、「マイクロ」◆

ミリは、長さの単位であるメートルの前につくミリと同じく、1,000分の1を表します。同じように、マイクロは、ミリの1,000分の1を表します。したがって、1マイクロシーベルトの1,000倍が1ミリシーベルト、1ミリシーベルトの1,000倍が1シーベルトです。

**0.001シーベルト=1ミリシーベルト
=1,000マイクロシーベルト**

放射線の測定

私たちは放射線の存在を五感で認識することができないため、放射線測定器を利用し、知りたい放射線の情報を得ることになります。放射線測定器には、さまざまな種類がありますが、放射線に関するすべての情報が同時に得られ、すべての環境条件下で動作するような万能の測定器はありません。そのため、放射線を測る目的をはっきりさせ、さまざまな放射線測定器の特徴をよく理解したうえで、適切な測定器を選ぶことが重要です。

型	目的
◆GM計数管式 サーベイメータ(電離)	汚染の検出 薄い入射窓をもち、β線を効率よく検出可能である。表面汚染の検出に適している。
◆電離箱型 サーベイメータ(電離)	γ線 空間線量率 正確であるが、シンチレーション式ほど低い線量率は測れない。
◆NaI(Tl)シンチレーション式 サーベイメータ(励起)	γ線 空間線量率 正確で感度もよい。環境レベルから10μSv/h程度のγ線空間線量測定に適している。
◆個人線量計 (光刺激ルミネッセンス線量計、 蛍光ガラス線量計、 電子式線量計など)(励起)	個人線量 積算線量 体幹部に装着し、被ばくした個人線量当量を測定する。直読式や警報機能をもつタイプもある。

出典:環境省 放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料より作成

1. 放射能・放射線の単位

【ベクレル (Bq, Becquerel)】

放射性物質の量や放射能の強さを表します。1ベクレルは、1秒間に1個の原子核が壊れることです。このときに放射線が放出されます。

放射性物質を発見したフランスの科学者アンリ・ベクレルの名前が単位に使われています。

【グレイ (Gy, Gray)】

放射線が物質や私たちの体の組織に与えたエネルギーの量(吸収線量)を表します。1グレイは、1キログラムあたり1ジュール*のエネルギー吸収をもたらす放射線量です。

イギリスの物理学者ルイス・ハロルド・グレイの名前が単位に使われています。

*エネルギーの量を表す単位。広く一般に使われているものにカロリー(cal)がありますが、1ジュールは約0.24カロリーで、普通の気圧(1気圧)で、20℃の水1グラムを約0.24℃上昇させるエネルギーに相当します。

【シーベルト (Sv, Sievert)】

放射線の種類や強さを考慮して、私たちの体が放射線によってどれだけ影響を受けるかを表すのに、シーベルトという単位が用いられます。

放射線防護に貢献したスウェーデンの科学者ロルフ・マキシミアン・シーベルトの名前が単位に使われています。

2. シーベルトの使い方

シーベルトの単位を使うときに、気をつけなければならないことがあります。シーベルトは、二種類の意味で使われます。一つは、皮膚や甲状腺、眼の水晶体など組織・臓器ごとの確率的影響(P.55参照)を表す「等価線量」の単位として使われます。もう一つは、全身への確率的影響を表す「実効線量」の単位としても使われます。

放射線による吸収線量(グレイ)が同じであっても、放射線の種類や放射線を受けた体の部位によって、体への影響が異なります。

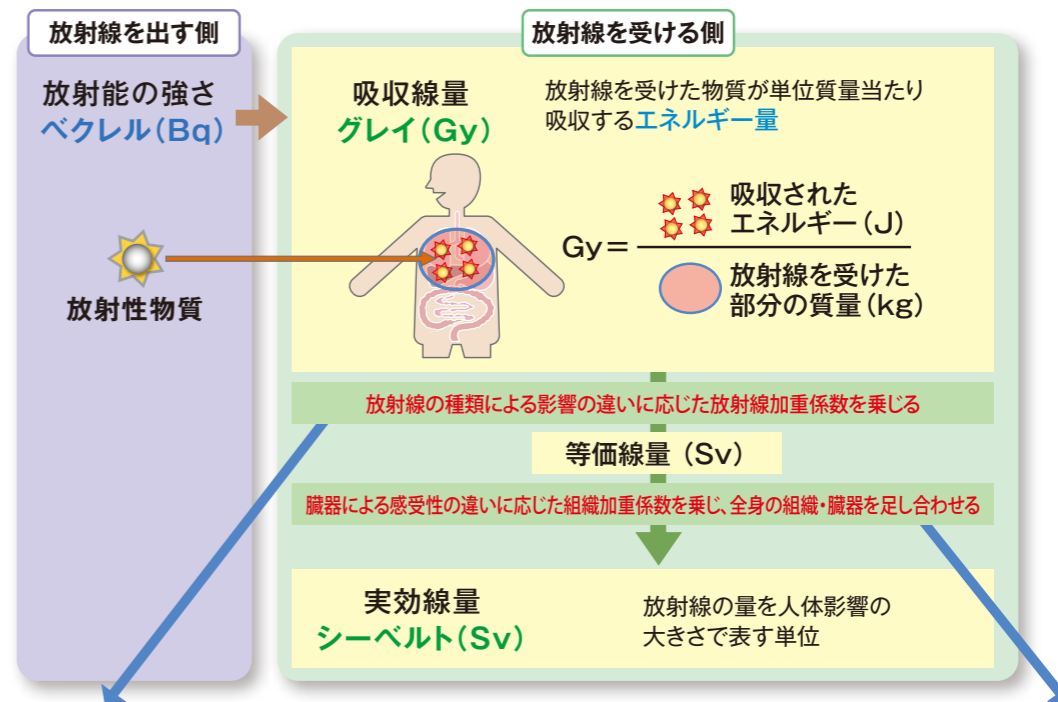
吸収線量に「放射線の種類ごとの影響の違いに応じて重み付けした係数(放射線加重係数)」をかけたも

のを「等価線量」といいます。また、組織・臓器ごとに、等価線量に「体の組織や臓器ごとの影響の違いに応じて重み付けした係数(組織加重係数)」をかけ、すべての組織・臓器の値を足し合わせたものを「実効線量」といいます。

このように、同じシーベルトという単位でも、等価線量は「組織・臓器ごとの影響の程度」を表すために使用し、実効線量は「一人ひとりが受けるすべての確率的影響の程度」を表すために使用します。

実効線量のシーベルトで表された数値が同じであれば、自然放射線でも人工放射線でも、また、外部被ばくであっても内部被ばくであっても、私たちの体への確率的影響の度合いは同じです。

■実効線量(防護量)の計算例(外部被ばくの場合)



放射線加重係数

(放射線の種類やエネルギーによる影響の大きさの違いを表した係数)

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(エネルギーに応じて)	2.5~20

組織加重係数

(組織・臓器ごとの発がんの起こりやすさを表した係数)

組織・臓器	組織加重係数
赤色骨髄・肺・胃・結腸・乳房	各0.12
生殖腺	0.08
膀胱・食道・肝臓・甲状腺	各0.04
骨表面・脳・唾液腺・皮膚	各0.01
残りの組織・臓器	0.12
合計	1.00

■実効線量の計算例

実効線量(シーベルト(Sv)) = Σ(組織加重係数×等価線量)

●全身に均等にガンマ線が1ミリグレイ当たった場合
実効線量=0.12×1(骨髄)+0.12×1(結腸)+0.12×1(肺)
+0.12×1(胃)……+0.01×1(皮膚)
=1.00×1
=1ミリシーベルト

●頭部だけに均等にエックス線が50ミリグレイ当たった場合
実効線量=0.04×50(甲状腺)+0.01×50(脳)
+0.01×50(唾液腺)+0.12×50×0.1(骨髄(10%*))
+0.01×50×0.15(皮膚(15%*))=約3.7ミリシーベルト
*大よその割合

出典:ICRP Publication 103.2007・環境省 放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料より作成

被ばくと健康影響

1. 身体的影響と遺伝性影響

人体への放射線による影響は、放射線を受けた本人だけに出る「身体的影響」と子供や子孫に出る「遺伝性影響」に分けられます。

2. 確定的影響と確率的影響

放射線の影響が生じるメカニズムの違いによって以下の二種類に分けられます。

【確定的影響】

ある一定の線量以上の放射線による被ばくをしたときに現れる影響を確定的影響といいます。

高い線量の放射線によって多数の細胞が死ぬことにより、組織や臓器の働きが悪くなるのが原因です。不妊、脱毛、紅斑、白血球減少などの症状が現れます。受けた放射線量が高いほど、症状が重篤になります。

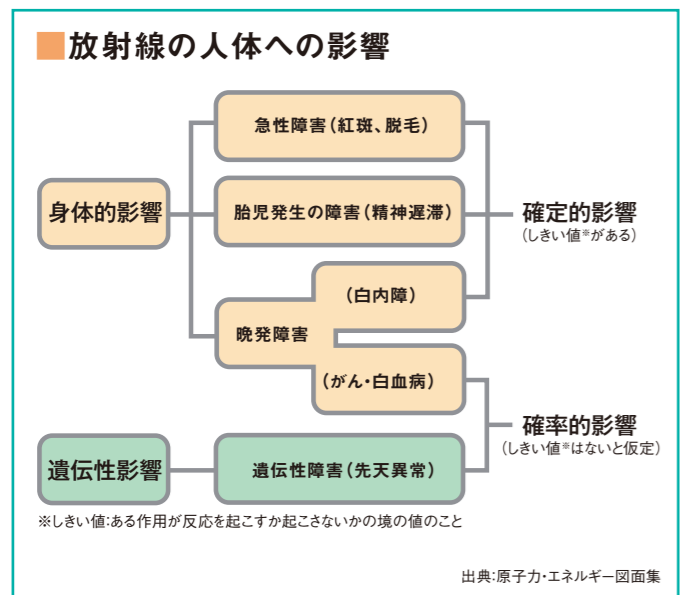
このある一定の線量を「しきい値」といい、症状によってそれぞれ発症のしきい値が異なります。しきい値以下の被ばくでは発症しません。

【確率的影響】

確率的影響とは、高い線量でも低い線量でも、被ばくから数年以上たってから現れる可能性がある、発がんや遺伝性影響を指します。

3. 放射線の影響が現れるメカニズム

私たちの体は、数十兆個の細胞が集まってつづられています。細胞の中には細胞核があり、その中にDNA



(デオキシリボ核酸)があります。脳の細胞のようにずっと同じものもありますが、ほとんどの細胞は、細胞分裂によって新しく生まれ変わります。このとき、元どりの働きをするための情報を新しい細胞に伝えるのがDNAの役目です。

DNAは、タバコや酒、食事、化学物質、放射線などによって傷つけられていますが、細胞のもつ能力で治されています。これをDNA修復といいます。一つの細胞で1日に1万個以上のDNAの傷ができて、それを修復することがくり返されていると考えられています。DNAに傷がついたとしても、正しく修復が行われれば、体への障害や子孫への影響は現れません。DNAの傷が正しく修復できなかったときに、影響が起こることがあります。つまり、体への障害は、細胞の遺伝子に傷がつくと必ず発生するものではありません。

がんの発生に至るまでには、遺伝子の傷が完全に修復されないまま細胞が生き続け、何段階にもわたる変異が重なることなどによって細胞のがん化が起きます。そのため、ある確率でがんが発生し、受けた放射線量が多いほどがんが発生する確率が高くなります。

遺伝性影響は、放射線によって精子や卵子などの生殖細胞の遺伝子に傷がつき、完全な修復がされずに変異が残る、そのために子供や孫に異常が現れることを指します。遺伝性影響は、動物実験では確認されていますが、これまで人においては確認されていません。

放射線によって生じたがん、遺伝性影響は、個人の検査ではそれ以外の要因によって生じたものと区別できません。したがって、がん、遺伝性影響は、多数の被ばく者集団と非被ばく者集団を比較することによって判断しなければなりません。

4. 全身被ばくと局所被ばく、急性被ばくと慢性被ばく

被ばくは全身に放射線を被ばくする(全身被ばく)か、特定の組織や臓器などに被ばくする(局所被ばく)か、また同じ被ばく線量であっても、瞬時もしくは短時間で被ばくする(急性被ばく)か、長期間にわたって繰り返し被ばくする(慢性被ばく)かによっても影響に違いがあります。

5. 放射線の健康影響についての研究

がんや白血病の原因が放射線の影響であるかどうか

は、個人の検査では識別できません。それは、喫煙や食生活など、がんにはさまざまな要因があり、それらが長年にわたり作用することで起こると考えられているためです。そのため、疫学調査によって、被ばくした人のグループと被ばくしていない人のグループの発がん率を比較し、これをもとに影響の有無を判断することになります。

多くの人々のグループについて調査をすることによって、低線量の放射線が健康に与える影響を明らかにしようとする研究が進められています。

【原爆による放射線の影響】

今日の放射線の健康影響などの科学的な知見は、広島と長崎の約12万人の寿命調査集団における疫学調査が基礎となっています。この集団には、爆心地から10km以内で被ばくした9万3,741人と、原爆が投下されたときに市内に不在だった2万6,580人が含まれています。

その結果では、放射線による発がんのリスクは、1,000ミリシーベルトあたり、約50%増加し(相対リスクで1.5*)、被ばく線量におおむね比例する傾向があります。

しかし、100ミリシーベルト以下の低線量被ばくでは、被ばくによる発がんが、ほかの発がん要因や生活習慣、地域差による発がんによって隠れてしまっているため、被ばく線量が100ミリシーベルト程度では、被ばくのリスクの増加に統計学的に有意な差が認められません。

※相対リスクとは、被ばくしていない人を1としたとき、被ばくした人のがんリスクが何倍になるかを表す値。

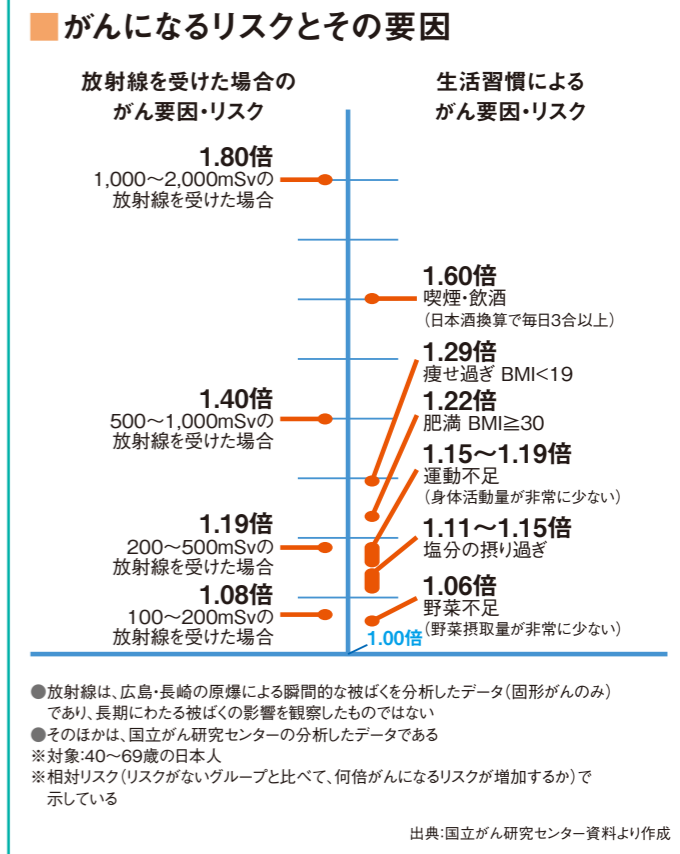
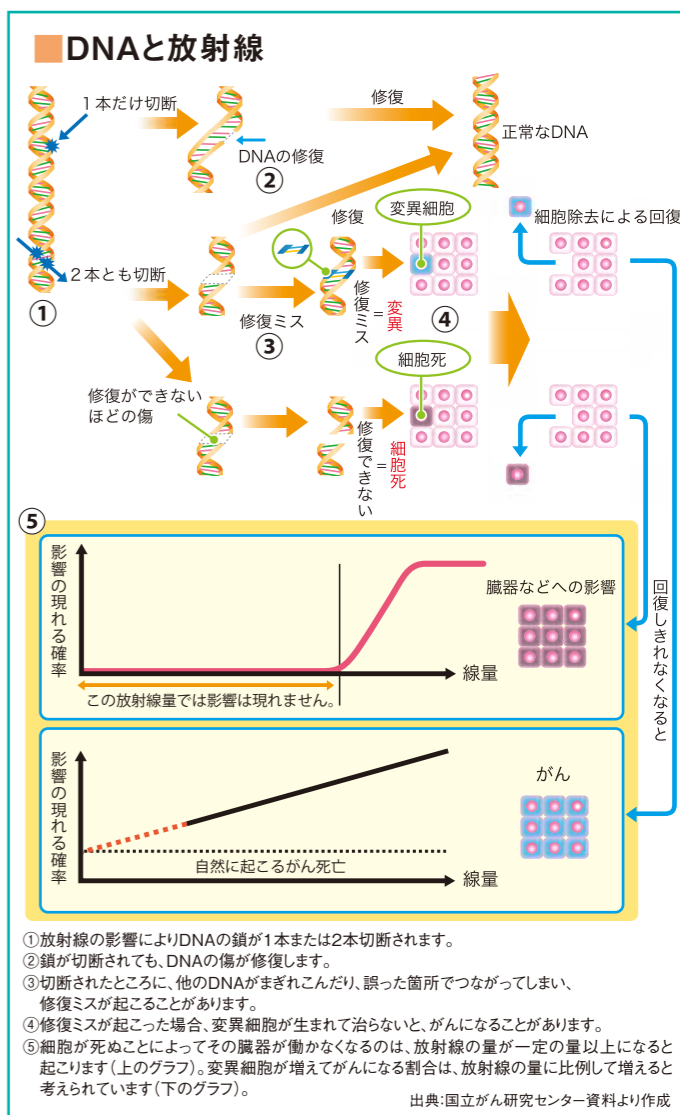
【放射線と生活習慣によるがんのリスク】

国立がん研究センターの研究によると、継続した喫煙は、1,000~2,000ミリシーベルト、運動不足は、200~500ミリシーベルト、野菜不足は、100~200ミリシーベルトの被ばくのリスクと同等とされています。

監修者 コメント

放射線被ばくでがんなどの増加を示すのに「リスク」という言葉があります。リスクには、増加を「比」で表す「相対リスク」と「差」で表す「絶対リスク」があります。例えば、ある放射線に被ばくした集団でのあるがんの発生率が3%、放射線に被ばくしていない対象集団(人種、年齢、性別などの分布ができるだけ近い集団)でのそのがんの発生率が2%の場合には、相対リスクは3%を2%で割って1.5となります。一方、絶対リスクは、3%から2%を引いて1%、つまり100人当たり1人の増加となります。今回の解説では、主に相対リスクで表現をしています。

松本 義久(東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所 教授)



身のまわりの放射線

一人あたりの自然放射線の内訳

ミリシーベルト/年	宇宙等から	大地等から	ラドンなどの吸入	食物から
2.4(世界)	0.39	0.48	1.26	0.29
2.1(日本)	0.31	0.33	0.47	0.99

出典:(公財)原子力安全研究協会「生活環境放射線第3版(2020年)」より作成

体内、食物中の自然放射性物質

●体内の放射性物質の量 (体重60kgの日本人の場合)

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

●食物中のカリウム40の放射性物質の量(日本) (単位:ベクレル/kg)

干しこんぶ 2,000	干しいたけ 700	ポテトチップ 400
生わかめ 200	ほうれん草 200	魚 100
牛肉 100		
牛乳 50	食パン 30	米 30
		ビール 10

出典:(公財)原子力安全研究協会「生活環境放射線データに関する研究(1983年)」より作成

全国の放射線モニタリング情報

原子力規制委員会のホームページで、国内の空間放射線モニタリング結果を確認することができます。

<https://www.erms.nsr.go.jp/nra-ramis-webg/>

※モニタリング…放射線の量や放射性物質の濃度を連続的に、または、一定の頻度で測定し、監視すること(P.62参照)



1. 身のまわりにある放射線

放射線は、目には見えず、においもなく、音もありませんが、私たちの身のまわりに存在しています。大地や空気、食べ物や飲み物に含まれる放射性物質から放射線が出ています。さらに、宇宙からも常に放射線が降り注いでいます。日本人は、1年間に一人あたり平均約2.1ミリシーベルトの自然放射線を受けています。

地球が誕生した約46億年前から放射性物質は存在し、大地の中に含まれる自然の放射性物質から放射線が出ています。大地からの放射線の量は、地域によって差があります。例えば、関西地方は、比較的多くの放射性物質を含む花崗岩が分布しているため、関東地方より放射線量が2~3割高くなっています。

空気や食べ物、飲み物の中にも、自然の放射性物質が含まれています。主なものは、カリウム40という放射性物質で、自然界にあるカリウムに0.012%含まれています。カリウムは、私たちの体に欠かせない栄養素であり、体重の約0.2%を占めています。

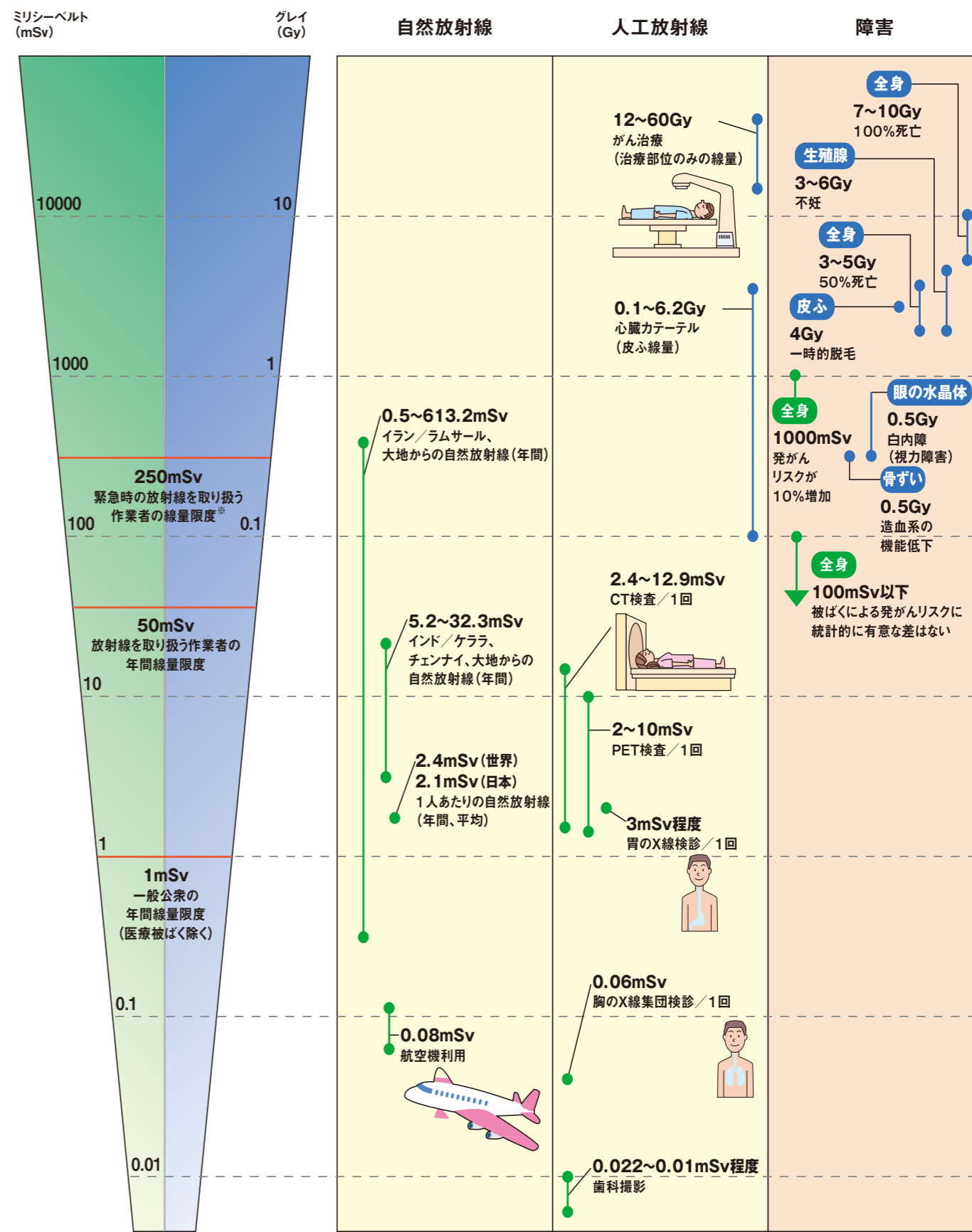
地球には、銀河系や太陽から放射線(宇宙線)が降り注いでいます。地球の大気や磁場にさえぎられ、地上に届く放射線の量はわずかとなりますが、高い場所の方が低い場所よりも宇宙線による被ばく量が多くなります。

例えば、飛行機などに乗ると、宇宙線による被ばくが大きくなります。また、国際宇宙ステーションなどに滞在する宇宙飛行士の被ばく量は、1日で0.5~1ミリシーベルト程度になります。しかしながら、航空機の操縦士や客室乗務員、宇宙飛行士などで、がんの増加などの健康影響が出ているということはありません。

また、アメリカや旧ソ連などによる大気圏内での核実験が1950~60年代に行われたことにより、日本の国土にも現在の約1,000~10,000倍のセシウム137が約10年間にわたり降下していました。このような核実験などが原因で降下してくる核分裂生成物を放射性降下物(フォールアウト)といいます。

世界には、インドのケララやイランのラムサールなど、世界平均の倍以上の自然放射線を受けている地域があります。インドのケララは、砂にトリウムという放射性物質が含まれているため、大地からの放射線が多くなっています。イランのラムサールは、温泉の噴出によってたまったラジウムが原因で、大地から受ける放射線が高い地域です。この地域の住民に、これらの自然放射線による健康影響はみられていません。

放射線被ばくの早見表



※放射線障害については、各部位が均等にガンマ線1Gyの吸収線量を全身に受けた場合、実効線量1,000mSvに相当するものとして表記

※空气中吸収線量率から実効線量への換算には0.7Sv/Gyを係数として使用

※電離放射線障害防止規則等の改正により、緊急作業従事期間中の放射線を取り扱う作業員の線量限度を2016年4月より250mSvに引き上げ

※上記の早見表は、対数表示になっていない

出典: UNSCEAR 2008年報告書ICRP Publication 103, 2007 (公財)原子力安全研究協会「生活環境放射線第3版(2020年)」などより作成

放射線被ばくによるリスク低減とモニタリング

1. 放射線防護の考え方

がんや遺伝性影響は、どんなに低い線量でも現れる可能性があると考えられていることから、安全と危険の境界を明確に区分することはできません。そこで、国際放射線防護委員会(ICRP)では、世界中の専門家が集まって放射線防護の基本的な考え方を議論し、勧告をまとめています。

【正当化】

放射線の利用によって得られる便益が、放射線被ばくによる損害を上回る場合にのみ、放射線の利用が容認されるとしています。例えば、医療における被ばくがこれにあたります。病気を治療したり、診断によって病気を予防したりすることができる利益の方が放射線による健康影響よりも優先される時に放射線の利用が認められます。また、逆に、放射線被ばく量を少なくするために避難指示などの措置をとる場合(介入といいます)においても、それによって得られる便益が損害を上回る場合にのみ正当化されます。

【防護の最適化】

社会・経済的なバランスも考慮しつつ、合理的に達成可能な範囲でできるだけ被ばくを少なくすべきであるとしています。英語の“As low as reasonably achievable”の頭文字をとって、ALARAの原則ともよばれます。

【線量限度の適用】

線量限度は、管理の対象となる放射線源からの被ばくの合計が、その値を超えないように管理しなければならないという値で、職業上の被ばく、公衆の被ばくに関して定められています。線量限度は、そこまで被ばくして良いという値ではなく、安全と危険の境界を示す線量でもありません。線量限度は、被ばくが生じる前に放射線防護を計画できる状況(計画被ばく状況)にのみ適用されます。事故などの緊急時やその復旧段階における被ばくに関しては、線量限度ではなく、参考レベルが適用され、防護の最適化を行う

線量限度の適用

線量限度は計画被ばく状況に適用される

○職業人(実効線量)

1年間 50ミリシーベルト かつ
5年間 100ミリシーベルト

○一般公衆(実効線量)

1年間 1ミリシーベルト

(例外) 医療被ばくには適用しない

- ・個々のケースで正当化
- ・防護の最適化が重要

出典:ICRP Publication 103「国際放射線防護委員会の2007年勧告」
The International Commission on Radiological Protection
(国際放射線防護委員会)、2007より作成

際の日安や目標になります。

これらを達成するためにICRPは、線量限度や参考レベルの適用法や具体的な数値あるいはその範囲について勧告しており、日本においても、この勧告の多くを法律に取り入れています。

2. 原子力施設で働く人たちの放射線管理

原子力施設で作業する放射線業務従事者が、日常の点検や定期検査などの作業で受ける放射線の量を低く抑えることが大変重要です。このため、放射線業務従事者の線量を法令で定められた限度(5年間で100ミリシーベルトかつ1年間で50ミリシーベルト)以下にするよう厳しい放射線管理が行われています。

原子力施設では、放射線管理を行うため、「管理区域」を定めています。これは、原子炉のある建物や放射性廃棄物を処理・貯蔵する建物の中で、放射線業務従事者が放射線を受けたり、放射性物質で衣服などが汚染される可能性のある場所です。

管理区域内で働くためには、すべての放射線業務従事者が業務開始前および開始後一定期間ごとに、法令で定められた健康診断、教育訓練、受けた放射線の量の確認などを受けなければなりません。

作業にあたっては、警報装置付き個人線量計、ガラスバッジなどの測定器により、常に放射線業務従事者が受けた放射線の量を測定しています。また、内部被ばくについてもホールボディカウンターを用いて測定しています。

一方で、作業内容の改善や補修などの作業の効率化を図るための自動点検装置(ロボット)などによる自動化、遠隔化技術の開発を進めることにより、放射線業務従事者が受ける放射線量を低く抑える努力がなされています。

また、管理区域内の放射性物質を外部へ持ち出さないようにするために、区域内においては必要に応じ、専用の衣服や靴などに替えたり、退出の際に退出モニターやサーベイメータなどの測定器で放射性物質による汚染の有無を確認しています。そして、手などに放射性物質が付着していた場合は、よく手洗いをするなど、徹底した管理が実施されています。

いくつもの原子力施設で働く放射線業務従事者の放射線管理を一元化するため、放射線業務従事者の受けた放射線の量は、被ばく線量登録管理制度により、(公財)放射線影響協会の放射線従事者中央登録センターへ登録されます。

さらに、放射線管理に万全を期すため、放射線業務従事者は、同センターが発行する総線量が記載された

放射線管理手帳を所持することになっています。

このような放射線管理は、放射性物質を取り扱う研究施設や医療機関、工場などでも適用されています。

3. 原子力施設で働く人たちの被ばくリスク調査

日本の原子力施設で働く放射線業務従事者を対象に、低線量の放射線のがんによる死亡に対して、どのような影響を及ぼすのかについて調査が行われました。この調査は、20万人以上について、1990年度からほぼ5年ごとに5回実施されています。

これまでの調査結果では、肝がん、肺がん、食道がんについて、日本人男性の平均の死亡率より有意に死亡率が高くなりました。しかし、これらのがんは、喫煙や飲酒などの因果関係が強いことが分かっています。そこで、喫煙に関連するがんを除いたがん(白血病を含む)について調べてみると、死亡率には、有意な差は現れませんでした。

これまでに実施された結果を総合すると、低線量の放射線が、がんによる死亡率に影響を及ぼしている証拠は現れていません。

4. 原子力施設のまわりの放射線管理

原子力施設内で発生した放射性物質が外部に放出されると、この放射性物質から出る放射線により、周辺環境

へ影響を与えることになります。このため、放射性物質の放出について厳しく管理する必要があります。

原子力発電所の運転中には、微量の放射性物質が周辺環境に放出されます。この放射性物質による実効線量については、年間0.05ミリシーベルトを目標値として設定しています。このようにして一般の人の線量限度である年間1ミリシーベルトに比べ十分低い値に管理されています。

5. 放射線や放射性物質を監視するモニタリング

モニタリングとは、放射線の量や放射性物質の濃度を連続的に、または、一定の頻度で測定し、監視することを行います。事業者などは、原子力施設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、大気中の放射線量を24時間測定・監視し、ホームページなどで公表しています。

ガンマ線の測定を目的とするときは、「シンチレーション式検出器」や「電離箱式検出器」が用いられます。携帯用の放射線測定器には、シンチレーション式や電離箱式のサーベイメータのほかにも、中性子線を測定するサーベイメータがあり、測定する放射線の種類により異なった測定器を用いています。

また、周辺の雨水や地下水、海水、海底土、土壌、農作物、水産物、畜産物などについても、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を確認しています。

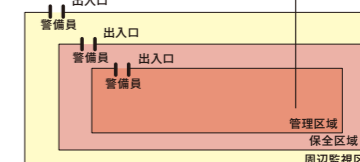
■原子力発電所の区域区分

原子力発電所の保安のために、特に管理を必要とする場所で、管理区域以外の場所

原子力発電所において放射線、放射性物質による放射線障害を防止するため、人の立ち入りを制限している区域



放射線や汚染の程度に応じて細区分



原子力施設に起因する一般公衆の被ばく線量が、法律に定められる値を超えないよう一般公衆の不要な立ち入りを制限する区域

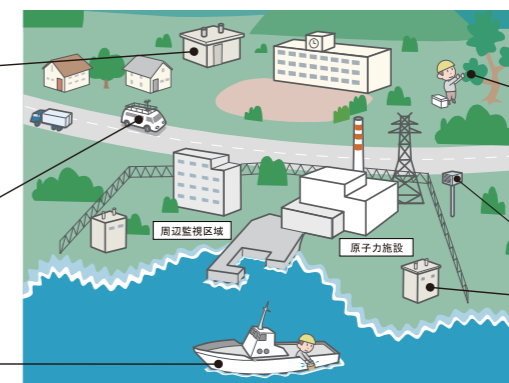
出典:原子力・エネルギー図面集

■原子力施設周辺の環境放射線モニタリング

モニタリングステーション
環境放射線の測定に加えて空気中に浮遊する塵に含まれる放射性物質や気象データを連続して測定している。

モニタリングカー
放射線や放射能を測定する機器を積んで、広い地域でモニタリングをしている。

環境試料採取(海洋)
魚介類、海藻、海水などをサンプリングし、放射能を測定している。



環境試料採取(陸上)
葉菜、牛乳、土壌、雨水、河川水などをサンプリングし、放射能を測定している。

モニタリングポスト
原子力施設の敷地周辺では、環境放射線を連続して測定している。

出典:原子力・エネルギー図面集