

放射線に関するテキスト



一般社団法人 福島県薬剤師会
放射線ファーマシスト委員会

序にかえて

2011. 3. 11 14:46

この時を境に福島県民の生活と意識は一変しました。

あれから3年。

いちおうの落ち着きをみた今、あの原発事故が発生した時のことを振り返ってみると薬剤師として様々な思いが込み上げてきます。避難者や地域の人々から寄せられた放射線に関する質問に、的確に応えられたでしょうか？大学で「放射線化学」の授業を受けた記憶はあるが、その知識は十分に生かされていたでしょうか…？

40年という廃炉への道程は長く険しいものと推測されます。

これから先も福島県民は、いやおうなしに原発事故と付き合い、向かい合っていかなければなりません。

だから「放射線を正しく知って、自ら考え、判断できる力をつける」ことが肝要だと考えます。

薬剤師のもつ学術特性と資質を生かし、もう一度知識を整理し、県民に正しい情報を伝えていくことは、福島に住む私たち薬剤師の責務です。

そのために、福島県薬剤師会では、全国に先駆けて「放射線ファーマシスト」を養成することにしました。

これには、初級・中級・上級の3段階を設け、この初級編は、小・中・高校の学校薬剤師が担当校において活動する際、最低限知っていなければならない内容になっています。

学校薬剤師はもとより、ひとりでも多くの薬剤師がこの初級編で放射線に関する知識の確認をしていただきたいと思います。

続いて発刊する中級編は、薬剤師として知っておきたい「放射線の知識」、「被ばく線量の評価」、「人体への影響」、「放射線に関する薬剤」、「安定ヨウ素剤の調製」、「福島の現状」等について、テキストを作成します。

また、上級編ではさらに知識を深めるために、専門家に執筆の協力を依頼しております。

これからも中級・上級と研鑽を重ね、薬剤師として県民の健康に寄与し、福島の復興に貢献していただきたいと思います。

福島県薬剤師会

放射線ファーマシスト委員会

委員長 宗形 明子

目 次

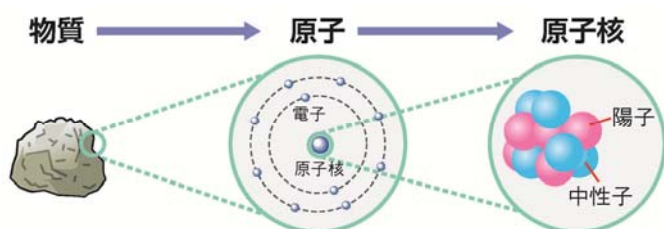
放射線を知ろう！	1
1 原子とは？	1
2 「放射性物質」「放射能」「放射線」の違いはなに？	2
3 放射線量を表す単位は？	2
4 放射線とは？	4
5 壊変（崩壊）とは？	6
6 放射線的作用	7
7 放射線の利用	8
8 放射線発見の歴史	12
身の回りの放射線	14
1 太古の昔から自然界に存在する放射線	14
2 人工放射線	16
放射線を受けるとどうなるの？ 放射線による影響	19
1 被ばくの種類	19
2 外部被ばく	19
3 内部被ばく	19
4 放射線による人体への影響	20
5 しきい値	20
6 放射線量と健康との関係	21
7 がんの発生原因	22
8 放射線のリスクとベネフィット	23
放射線はどうやって測るの？	25
1 測定器の種類	25
2 ホールボディカウンタ	27
3 環境モニタリング	28
放射線を防護する方法は？	29
1 放射線の遮蔽	29
2 非常時における放射性物質に対する防護	29
放射性物質がなくなるまでの期間はどのくらい？	34
1 半減期	34
2 放射性物質の除染	36

放射線を知ろう！

1 原子とは？

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。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」を中心に、その周囲に存在する「電子」により構成されている。原子核を構成する陽子と中性子を「核子」と呼んでいる。原子核は、原子のおよそ1万分の1であり、プラス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る。



参考：およそ110種類ほどの元素が世の中にはある。

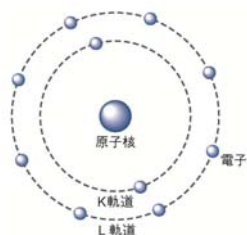
水素（原子番号1）からウラン（原子番号92）までの92種類は、ほとんどが自然界で発見されたが、ネプツニウム（原子番号93）以降は人工的に作り出された元素である。
※元素は、原子の種類。原子核中の陽子の数（原子番号）で決まる。

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。陽子の質量は、電子の質量のおよそ1840倍である。

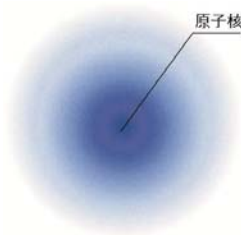
原子核の電荷の数と等しい数の電子が、原子核の周りを動き、全体を囲んでいる。

電子の位置と速度を正確に知ることはできないが、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）

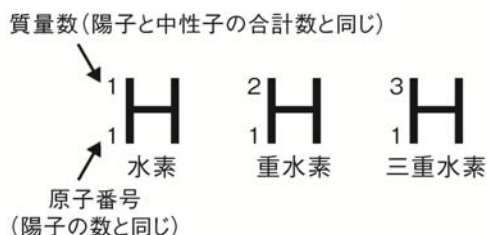


◆原子雲のモデル



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。

原子は、原子番号（陽子の数）と陽子の数と中性子の数を合わせた質量数で表す。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

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

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）という。

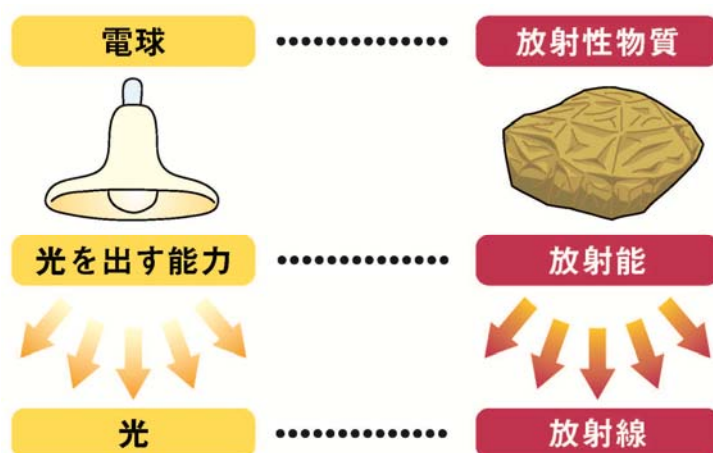
例えば、水素は、大半が陽子1個だけからできているが、陽子・中性子ともに1個からできた重水素や陽子1個と中性子2個からできた三重水素と呼ばれるものもある。

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）という。

2 「放射性物質」「放射能」「放射線」の違いはなに？

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、放射線が光といえる。

放射線は、大きく「高速の粒子」と「波長が短い電磁波」の二種類に分けられる。



3 放射線量を表す単位は？

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。

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。



放射線

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。

※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。



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（等価線量、実効線量）である。

※等価線量と実効線量

人体への影響を表す方法として、等価線量と実効線量がある。単位はシーベルトで表示する。

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）

◆放射線加重係数

放射線の種類	放射線加重係数
光子（ γ 線、X 線）	1
電子（ β 線）	1
陽子	2
粒子（ α 線）、核分裂片、重い原子核	20
中性子線	2.5～20

◆組織加重係数

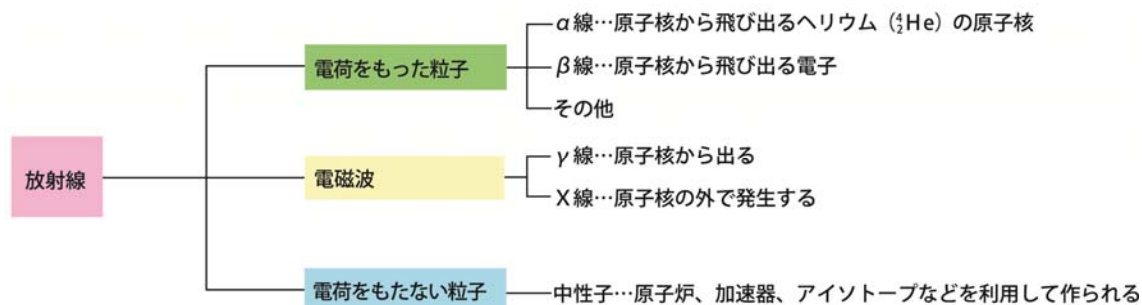
組織・臓器	組織加重係数	組織・臓器	組織加重係数
赤色骨髄	0.12	食道	0.04
結腸	0.12	甲状腺	0.04
肺	0.12	唾液腺	0.01
胃	0.12	皮膚	0.01
乳房	0.12	骨表面	0.01
生殖腺	0.08	脳	0.01
膀胱	0.04	残りの 組織・臓器	0.12
肝臓	0.04		

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。

4 放射線とは？



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変わっていくものがある。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ある。

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あるが、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う。

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」と呼ばれるものとに分けることができる。

①粒子線

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。

②電磁波

電磁波には、中波（ラジオ波）、マイクロ波、可視光線、X線、γ線などがある。

「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ある。

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する。

電磁波は、光と同じ速度（約 $3 \times 10^8 \text{ km/s}$ ）で進む。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」という。

1秒間に一周期の波が伝播する回数を「周波数（単位：Hz）」という。

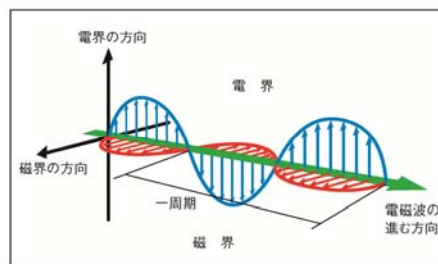
電磁波の性質は、波長または周波数によって大きく異なる。

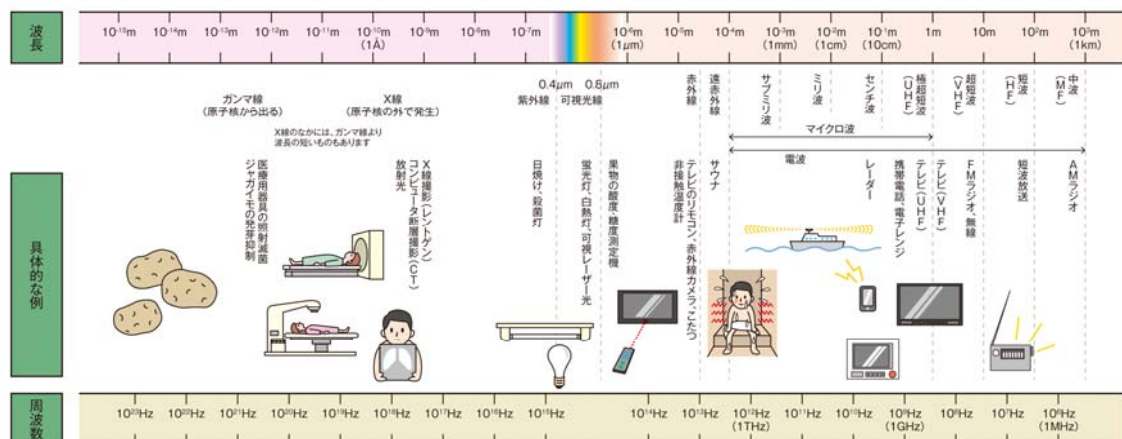
太陽光線の紫外線や赤外線も電磁波の一種である。

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る。

波長が短いものから順に

- (1) 電離放射線（γ線や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）となる。





(出典：一般財団法人日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー図面集 2014」)

参考〈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す。

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

図の波長と周波数は、これで計算される。

参考〈10 の整数倍を表す SI 接頭語〉

キロ (k)	10^3	ミリ (m)	10^{-3}
メガ (M)	10^6	マイクロ (μ)	10^{-6}
ギガ (G)	10^9	ナノ (n)	10^{-9}

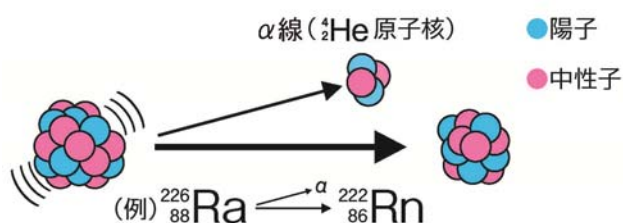
5 壊変（崩壊）とは？

原子核には、安定なものと不安定なものがある。不安定な核種を放射性同位元素（R I）という。R I が安定な原子核になろうと α 線や β 線をだして変化する現象を壊変（崩壊）という。

① アルファ壊変（崩壊）

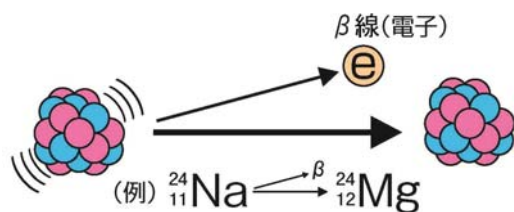
原子核の中から陽子 2 個、中性子 2 個が一団となって飛び出して来るものをアルファ粒子という。これは、ヘリウム（He）原子核と同じ構造をもつプラスの粒子である。放射線の中では重い粒子のため、短い距離で、空気中の物質の電子を電離・励起してエネルギーを失って止まる。

α 線を出す壊変をアルファ壊変という。 α 線は、ウラン、ラジウムなど大きい原子核から出る。



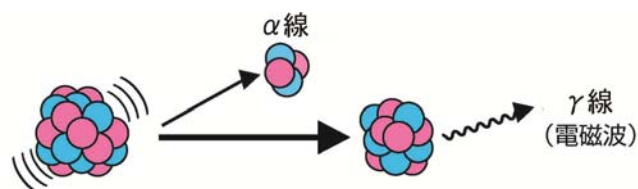
② ベータ壊変（崩壊）

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 β 線といい、 β 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。 β 線も α 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。



参考 〈 γ 線の放出〉

α 線や β 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 γ 線である。 γ 線を放出しても原子核の種類は変わらない。



γ 線は波長の短い電磁波

6 放射線の作用

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、農業や工業などに利用されている。

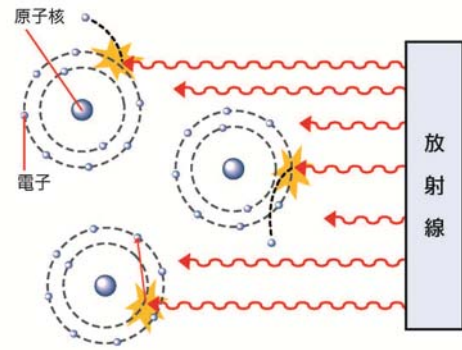
①電離作用や励起作用

放射線が原子を通過すると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持った原子（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。

これらの作用を利用して、高分子化合物の加工、植物の品種改良などが行われている。

また、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、これを信号として放射線を数える。

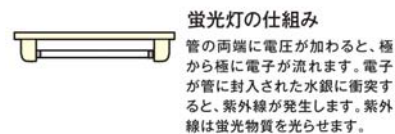
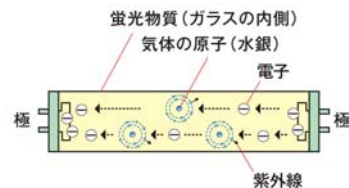
一方、体の細胞内を大量の放射線が通過した場合は、細胞内分子や原子が電離・励起することにより、DNAが損傷を受ける。



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X線として放出され、そのX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う。

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。

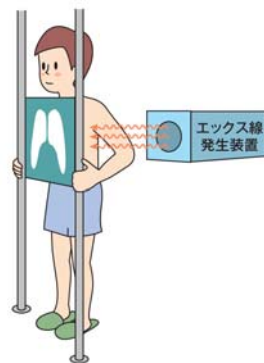


（出典：（一財）日本原子力文化振興財団
「原子力・エネルギー図面集 2014」）

③透過作用

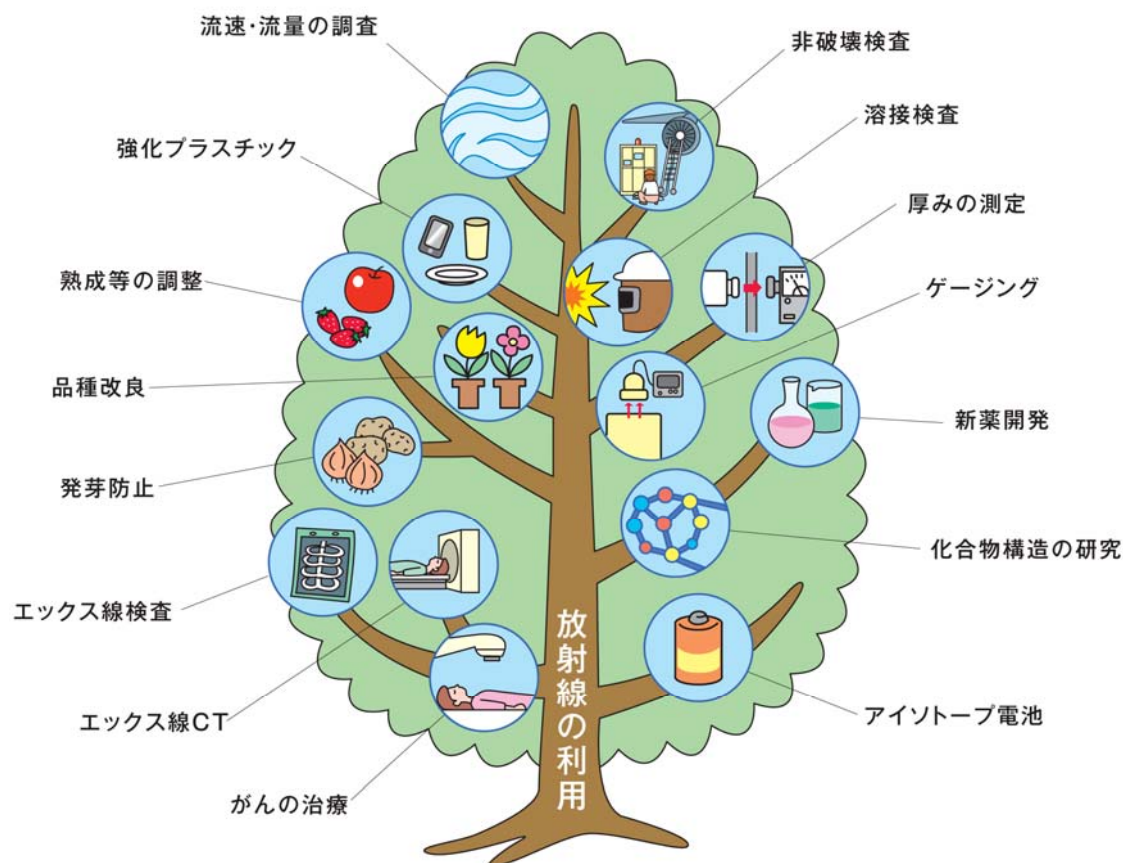
放射線が物質を通り抜けることを透過作用と呼ぶ。

病院のX線撮影は、重い元素ほどX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、紙などの厚さ計にも利用している。



（出典：（一財）日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー図面集 2014」）

7 放射線の利用



(出典：(一財)日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー図面集 2014」)

①医療分野

画像診断

- ・ X線撮影
- ・ CT (コンピュータ断層撮影)
体の外からX線を当てて、X線の透過度の差を臓器の「形」に画像化する。
- ・ PET (陽電子放射断層撮影)
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る。



がん治療

- 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、がん細胞を消滅することが可能になっている。
- ・ 重粒子線治療
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る。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る。

器具の滅菌

注射器、手術用メスなどの医療器具の滅菌に使用されている。

②農業分野

害虫駆除

- ・不妊虫放飼法

放射性コバルト 60 から出る γ 線を害虫に当てて不妊化した虫を大量に野外に放す。

その後、放した虫と健全な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る。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、農業への被害を防ぐことができる。この方法は、農薬と違って人体や環境への影響がない方法である。ウリミバエの他、さつまいも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る。



ゴーヤやスイカに卵を産み付けてしまうウリミバエ

品種改良

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、これにより病気を防ぐ農薬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る。

③工業分野

高分子化合物（ゴム・プラスチックなど）成型加工

放射線を当てることによって分子間の結合がより強固になり、力学的特性や耐熱性向上させることができる。例えば、強度を高めた自動車用のタイヤなどが開発されている。



傷当て材

非破壊検査

放射線の透過作用や減衰する性質を利用して、物体の内部の状況を調べている。

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ために使用されている。

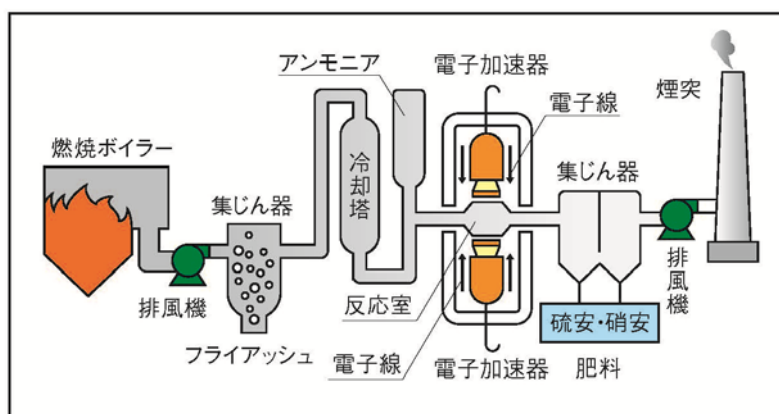
厚さ計

製品がどれくらい放射線を遮るかで厚さがわかる。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、対象物に触れずに厚さを正確に測定するために利用されている。

環境保全

火力発電所ではイオウ酸化物（ SO_x ）や窒素酸化物（ NO_x ）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、これらの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、イオウ酸化物や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、火力発電所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

④自然・人文分野

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。

⑤宇宙の謎の研究

放射線は、原子核から生まれる α 線、 β 線、 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、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。

⑥その他

■SPring-8〔大型放射光施設〕（兵庫県佐用郡）

「放射光」と呼ばれる強力な電磁波を発生させて、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。

■J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex)

〔日本大強度陽子加速器施設（茨城県那珂郡東海村）〕

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ある。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、ミュー粒子（ミ

ユーオン)、ニュートリノ、反陽子などの多様な粒子を生成する。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る。



J-PARC 全景

8 放射線発見の歴史

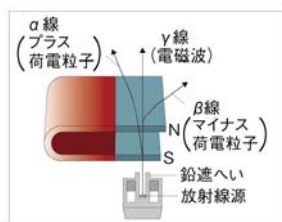
ドイツのレントゲン博士は、蛍光管のように電極の付いたガラス管で実験をしていた。1895年に博士は、ガラス管を黒い紙で覆っているにもかかわらず、蛍光板が蛍光を発しているのに気付いた。ガラス管から未知の光が出ているということから、これをX線と名付けた。その後の実験により、このX線によって写真乾板を感光させ、骨の形などを見ることができることが分かった。

X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、X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、X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 α 線、 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 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・ラザフォード(1871-1937)
ニュ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 1895年 1896年	レントゲン博士によるX線の発見 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	日清戦争 下関条約 国産の装置によりエックス線撮影に成功
1898年 1899年 1900年	キュリー夫妻がポロニウムとラジウムを発見 ラザフォード博士が α 線、 β 線を発見 ヴィラール博士が γ 線を発見	長距離電話が開通(東京～大阪)

放射線の発見には…

X 線が発見されて間もない頃は、大量の放射線が人体に障害を及ぼすことまでは、知られていなかったため、研究者たちは無防備だった。

このため、X 線発見の翌年には早くも、X 線管の製作に従事していた米国人技術者が皮膚炎にかかった。治療の目的で X 線を使っていた医師たちは、患者に皮膚炎が起き、潰瘍まで及んでいることに気づいた。

ベクレル博士は、微量のラジウムの入ったガラス管をポケットに入れて持ち歩いたところ、腹部の皮膚に紅斑ができた。これを聞いたキュリー夫人が、実験の意味で同じ試みをしたところ、腕に紅斑ができた。

夜光時計を作っていた米国の女子工員のラジウム中毒事件は有名である。彼女たちは第一次世界大戦から 1924 年頃まで、時計の文字盤にラジウム入りの塗料を塗る仕事をしていて、筆の先をなめて塗っていたのでラジウムが大量に体内に入り、骨の周辺にできるがん（骨肉腫）のほかいろいろな障害を起こし、死亡するものも出てきた。

このような事件が続いたこともあって、放射線の生物への影響に研究が始まることになる。

（出典：（公財）放射線影響協会「放射線の影響がわかる本」第 2 章 放射線の人体への影響）

身の回りの放射線

1 太古の昔から自然界に存在する放射線

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いる。

①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る。

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、これを宇宙線という。

宇宙線は、地上からの高度が高いほど多く受ける。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る。



②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）が含まれている。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る。例えば、イランのラムサー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。



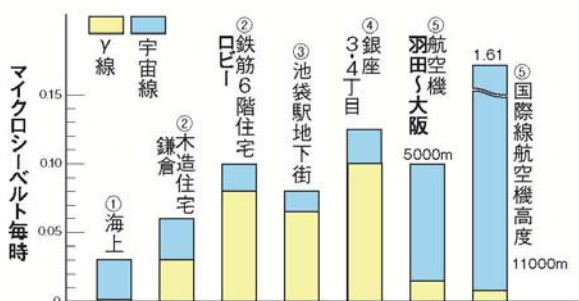
日本でも関東地方と関西地方を比べると、関西地方の方が年間で2～3割ほど自然放射線の量が高くなっている。このような地域差があるのは、関西地方は大地に放射性物質を比較的多く含む花こう岩が多く存在しているからである。

③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で放射性物質）が含まれており、ラドンは世界中の大地から出ている。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る。



参考 〈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γ線が海水によって遮られることからγ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γ線は低い、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γ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γ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。

④食べ物から

食べ物には、放射性物質のカリウム 40 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 である。

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る。

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%含まれている。

その他にも食べ物には、炭素 14 などの放射性物質が含まれている。



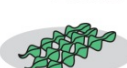
●体内の放射性物質の量

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

(体重60kgの日本人の場合)

●食物中のカリウム40の放射性物質の量(日本)

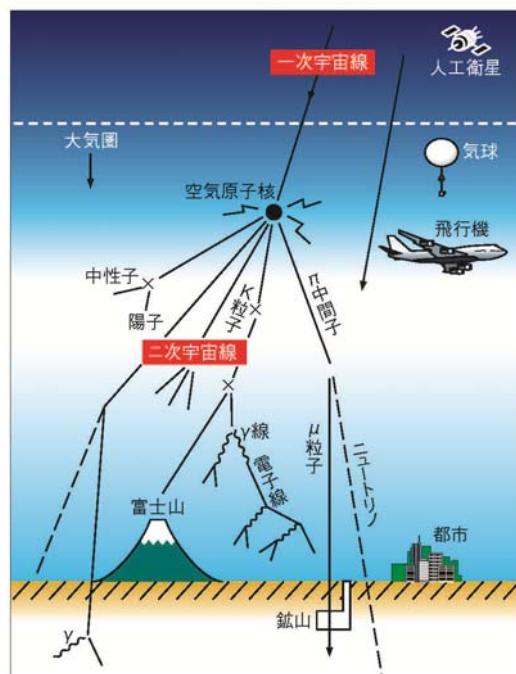
(単位:ベクレル/kg)

 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
 牛乳 50	 食パン 30	 米 30
		 ビール 10
		 牛肉 100

参考〈宇宙線の成り立ち〉

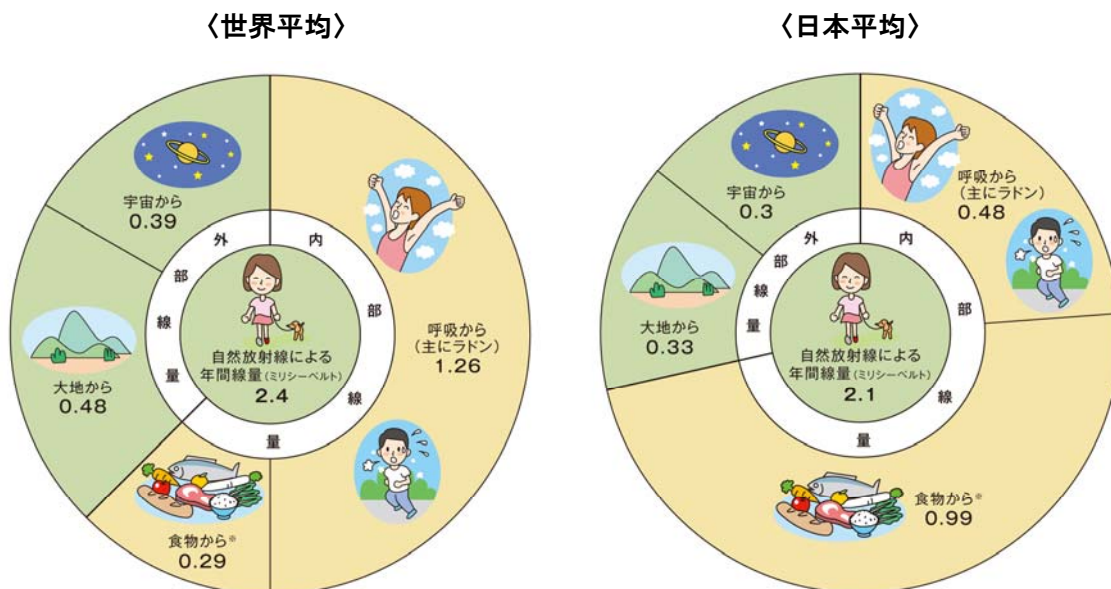
地球には、銀河系と太陽から来る放射線が降り注いでいる。

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いでいる。



●自然界から受ける放射線量

一人当たりの年間線量



(出典：(一財)日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー図面集 2014」)

2 人工放射線

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。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（詳しくは、「放射線のリスクとベネフィット」P.23 参照）。

①医療からの放射線

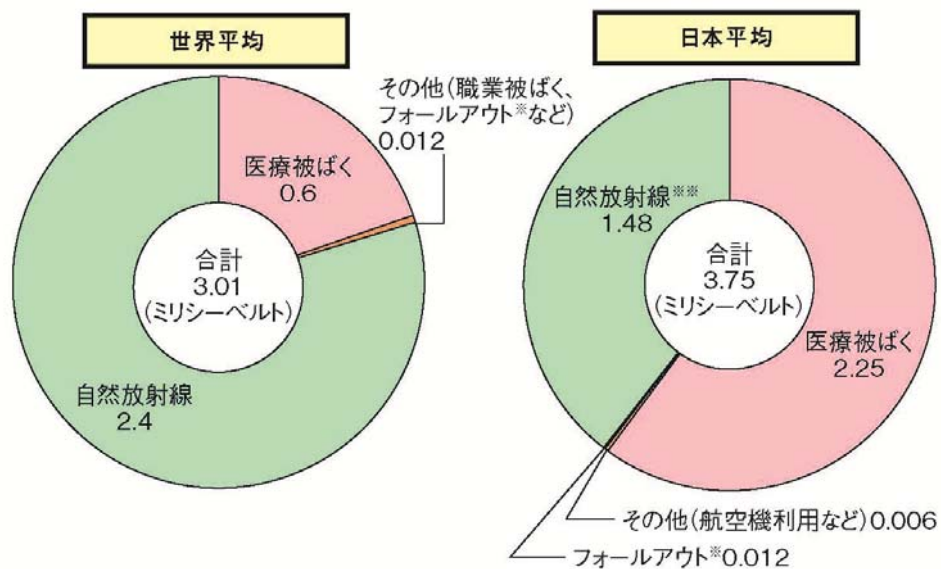
医療としては、胸や骨、胃腸などの診断やがんの治療で使う。がんの治療に放射線を利用する利点として、切らずにがんの患部を縮小させることから、治療の予後の生活の質が高くなることが期待される。

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。



※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。

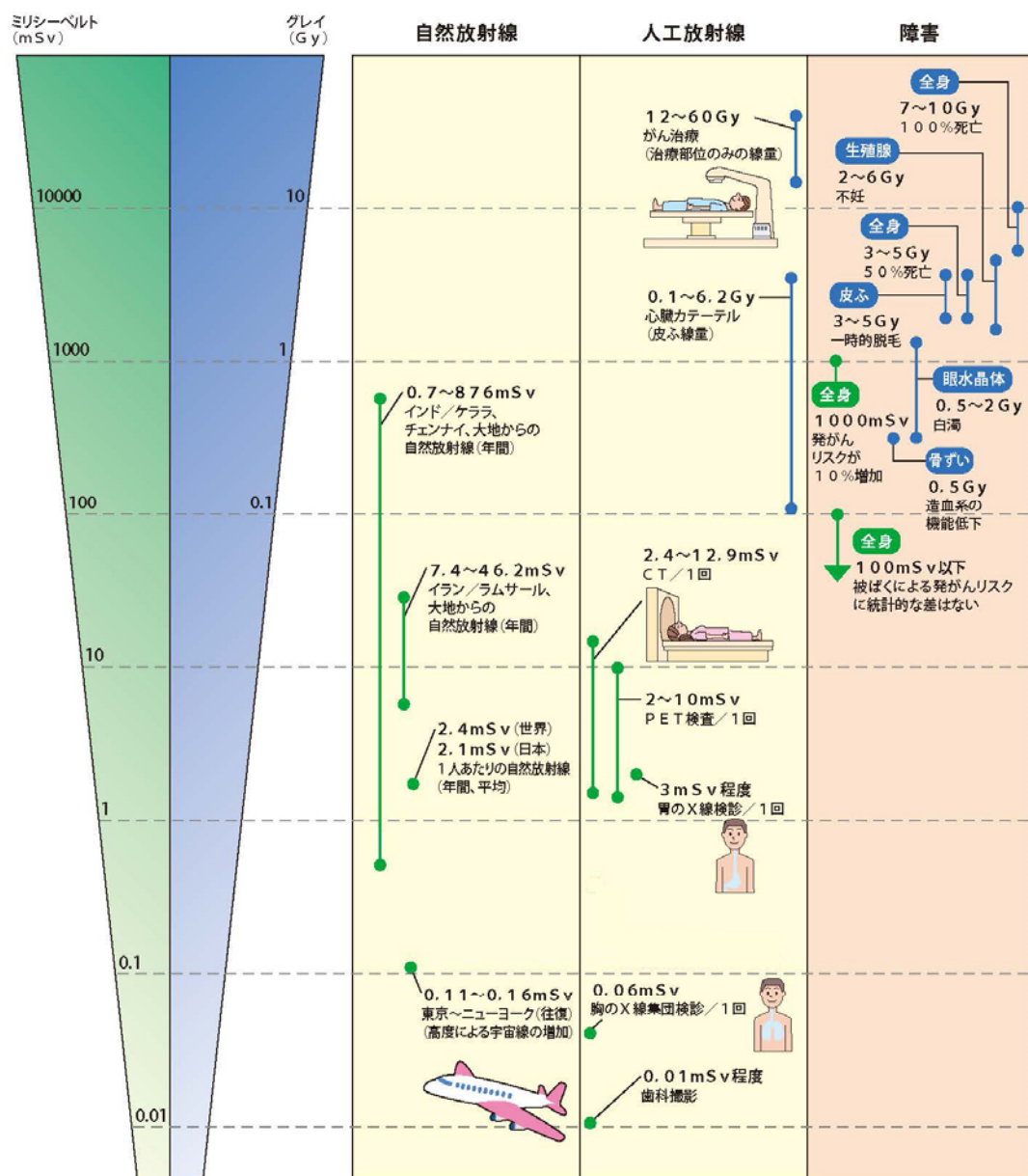
(出典：原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008 年報告書、
(公財) 原子力安全研究協会「生活環境放射線 (1992 年)」)

参考 〈放射性物質の種類〉

自然にあるもの	人工のもの
ウラン 238、トリウム 232、ラジウム 226 ラドン 222、炭素 14、水素 3、カリウム 40 など	セシウム 134、セシウム 137 プルトニウム 239、プルトニウム 240 ストロンチウム 89、ストロンチウム 90 ヨウ素 129、ヨウ素 131 など

(出典：調べてなっとくノート ホウシャ線ってなんだろう!? (環境省))

●身の回りの放射線被ばく



※各部位に均等にガンマ線1 Gyの吸収線量を
全身に受けた場合、実効線量1000 mSvに
相当するものとして表記

〈1人あたりの自然放射線の内訳〉

ミリシーベルト /年	宇宙 から	大地 から	ラドンなどの 吸入	食物 から
2.4 (世界)	0.4	0.5	1.2	0.3
2.1 (日本)	0.3	0.3	0.5	1.0

(出典：UNSCEAR 2008 年報告書
ICRP Publication 103, 2007
(公財) 原子力安全研究協会「新版生活環境放射線 (2001 年)」など
(一財) 日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー図面集 2014」)

放射線を受けるとどうなるの？ 放射線による影響

1 被ばくの種類



外部被ばく

体の外にある放射性物質から出る放射線を受けること。

内部被ばく

放射性物質が含まれる空気や飲食物を吸ったり摂取したりすることによって、放射性物質が体の中に入り、体の中から放射線を受けること。

2 外部被ばく

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ある。

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ない。

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る。

3 内部被ばく

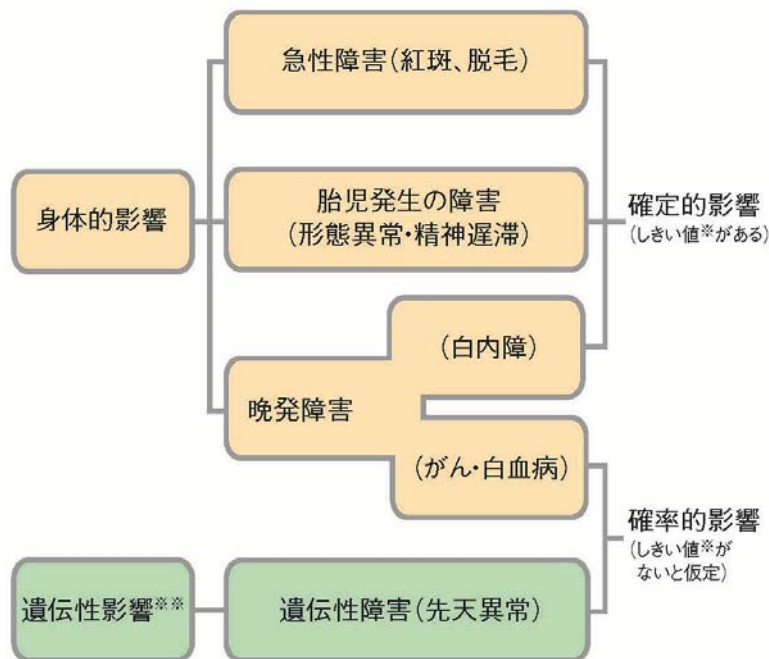
内部被ばくは、空気を吸ったり、水や食物などを摂取したりすることにより、それに含まれている放射性物質が体内に取り込まれることによって起こる。

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ある。

4 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（放射線を被ばくしてから発生までの潜伏期間が長いもの）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。

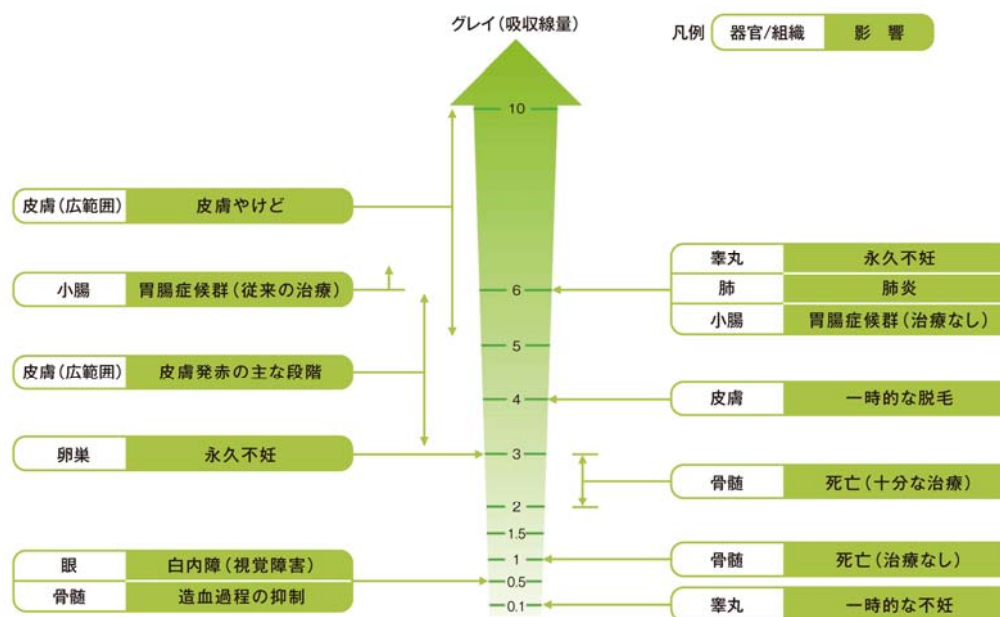
放射線が人体に与える影響は、放射線の種類や量によって異なり、多量の放射線を受けると人体に症状が出ることが分かっている。同じ放射線量でも一度に受ける方がある期間の積算として受けるより影響は大きい。

これは、人体に回復機能が備わっているからである。

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。

5 しきい値

放射線を受けた時に症状が現れる最小の放射線量をしきい値といい、一度に多量の放射線（γ線やX線）を全身に受けた時に現れる影響（急性影響）に関し、どのような症状が現れるのかは分かっている。



罹患率と死亡率1%になる予測推定しきい値

(出典：(一財)日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー図面集 2014」)

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。

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。

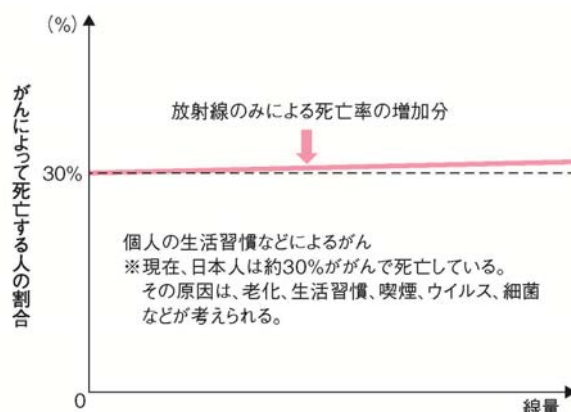
これらの物質をつくり出す原因は、食生活などの生活習慣に深く関係しており、老化や喫煙、大気汚染、そして放射線もその一つに挙げられるなど、色々な要因によってがんが発生すると考えられている。このため、発生したがんが放射線によるものかどうかを特定することは困難である。

6 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るが、短い期間に100 ミリシーベルト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ない。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ない。

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に勧告している。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になるとしている。

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」と計算している。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るから、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る。



(出典：(独)放射線医学総合研究所)

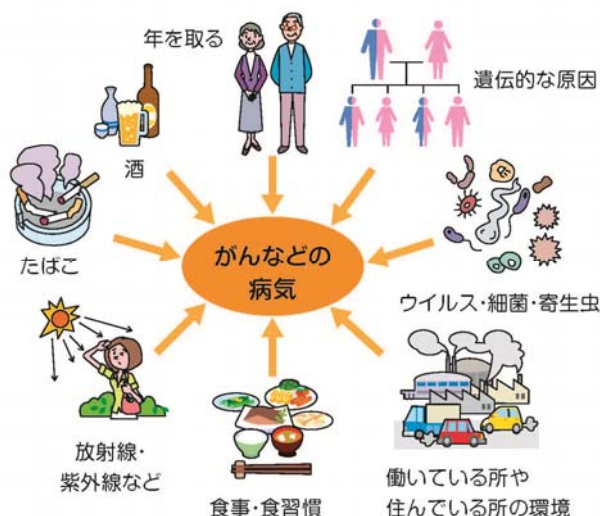
7 がんの発生原因

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る。

DNA は、物理的な原因や化学的な原因などで傷付けられるが、放射線も DNA を傷付ける原因の一つである。しかし、細胞には傷付いた 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る。

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うが、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る。

がんは、色々な原因で起こることが分かっている。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だが、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ある。



(出典：(公社)アイソトープ協会「改訂版 放射線の ABC」(2011 年) などより作成)

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：40～60 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）

8 放射線の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。

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。

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〉

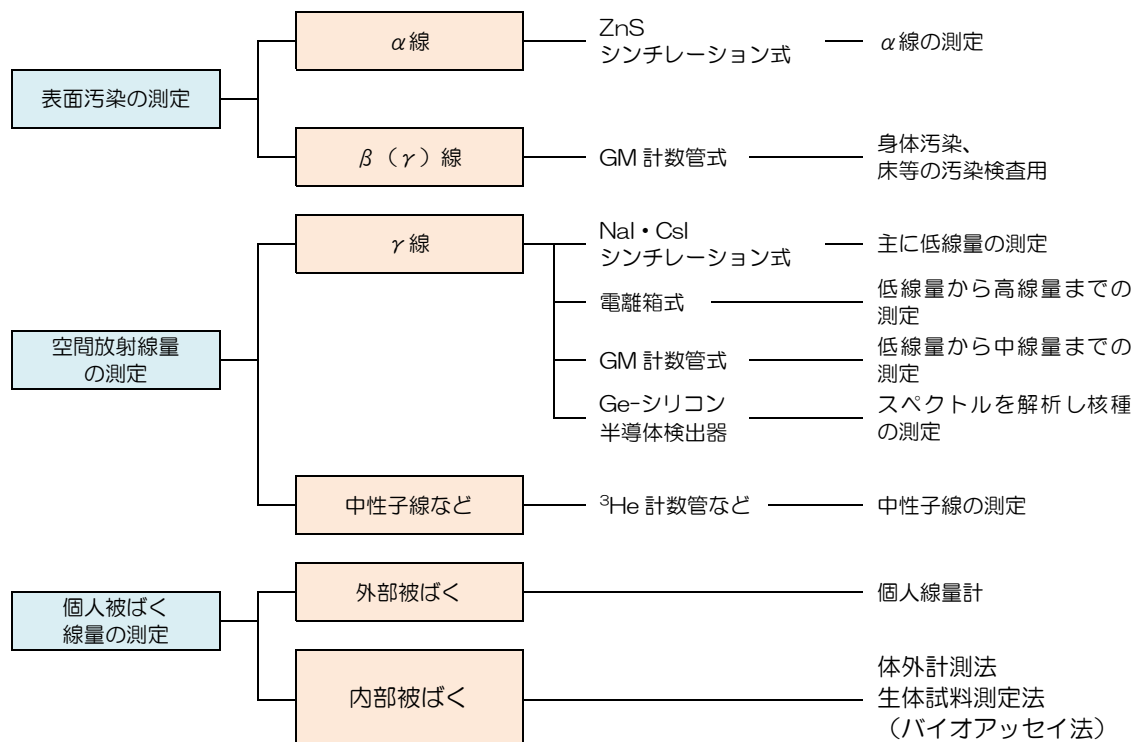
1928年、放射線障害を防止するための国際的な体制として設置された「国際エックス（X）線およびラジウム防護委員会」を継承し、1950年に放射線防護の国際的基準を勧告することを目的にICRPが設立された。ICRPは、放射線防護に関する基礎的な調査研究から被ばく線量限度の勧告値の設定まで広い分野で活躍しており、世界の大部分の国がICRPの勧告を尊重している。

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。

放射線はどうやって測るの？

放射線は、人間の五感で感じることはできないが、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る。

1 測定器の種類



放射線を測る測定器は、大きく3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（自然放射線や人工放射線を含めた空間線量を測定）
- 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知る装置である。



放射線の数を知るもの。物質に放射性物質が付着しているかを調べるのに利用する。

（単位：c p m*など）

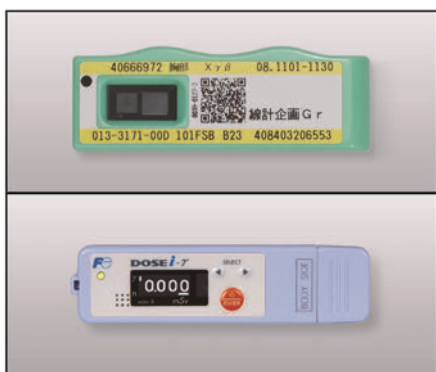
*cpm: 1 分間に計測された放射線の数

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 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。



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する。
（単位： $\mu\text{Sv/h}$ ）。

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。



個人が受ける放射線量を測るもの。放射線量を知りたい時にも使われる。（単位： mSv ）
（注）個人被ばく線量計は、携帯電話などからの電氣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。

放射線量を測ってみよう！

放射線の種類によって使用する測定器が違ってくる。また、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いため、注意書きなどを読むことが必要である。

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。

【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

2 ホールボディカウンタ

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 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、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

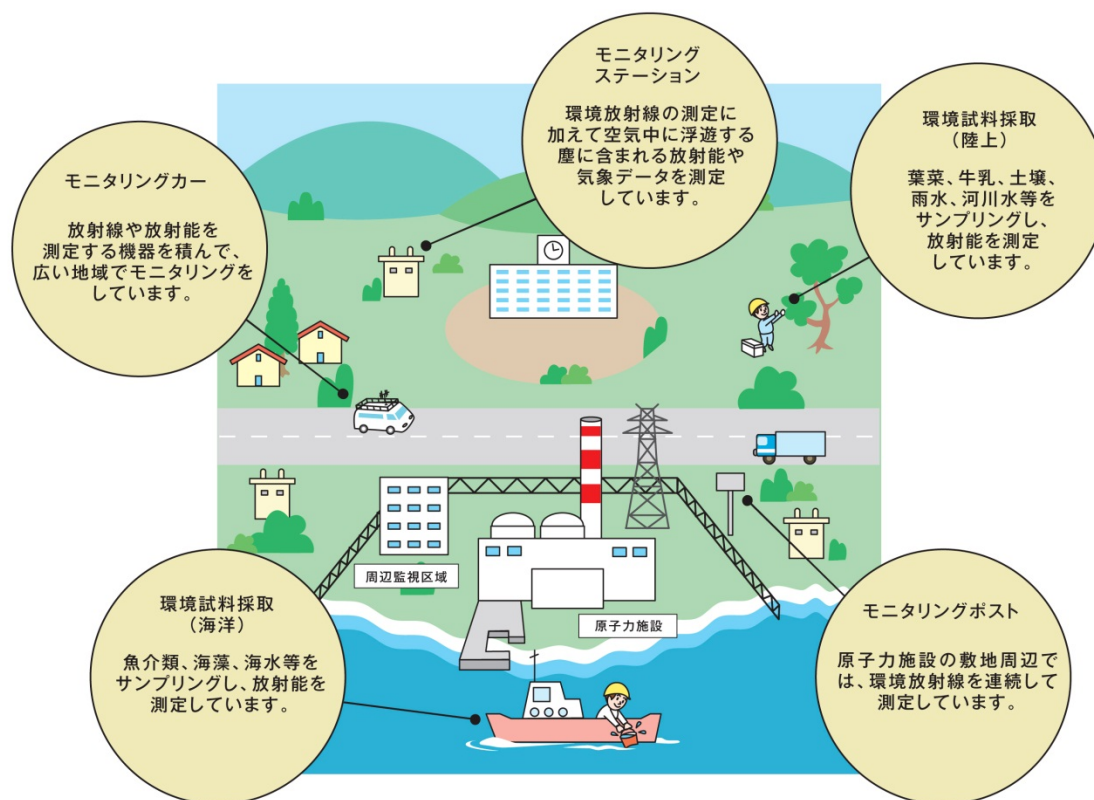
3 環境モニタリング

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る。

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る。

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能の測定（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を確認されている。

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性物質の分析やモニタリングを行っている。



原子力施設周辺の放射線モニタリング

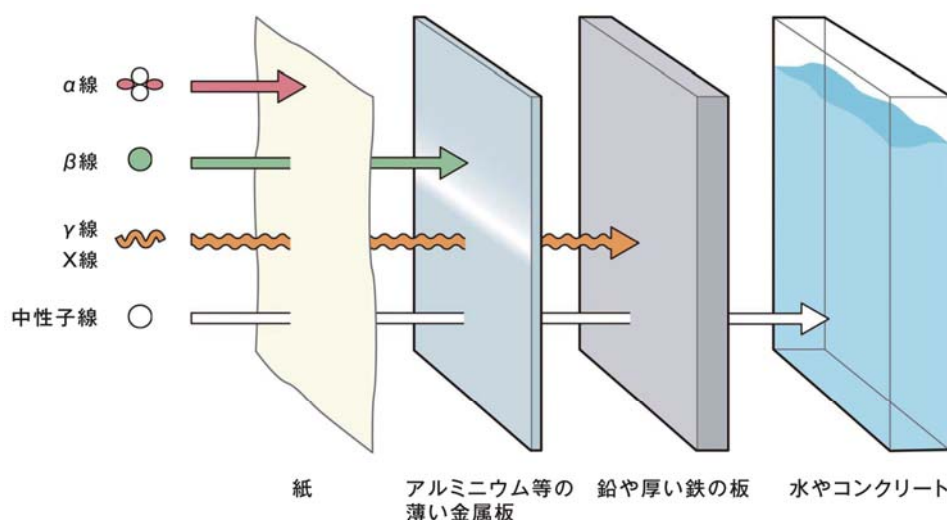
(出典：(一財) 日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー図面集 2014」)

放射線を防護する方法は？

1 放射線の遮蔽

放射線は、どれも物質を透過する能力をもっているが、その能力は放射線の種類によって違う。

α 線は紙1枚、 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る。放射線を遮ることを遮へいという。



(出典：(一財)日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー図面集 2013」)

2 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こともある。

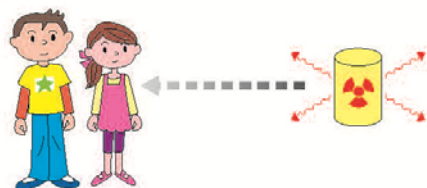
その際、長袖の服を着たりマスクをしたりすることにより、体に付いたり吸い込んだりすることを防ぐことができる。屋内へ入り、ドアや窓を閉めたりエアコン（外気導入型）や換気扇の使用を控えたりすることも大切である。なお、放射性物質は、顔や手に付いても洗い流すことができる。

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くる。

そうすれば、マスクをしなくてもよくなる。

①放射線から身を守る方法（外部被ばく）

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る。



放射性物質から離れる



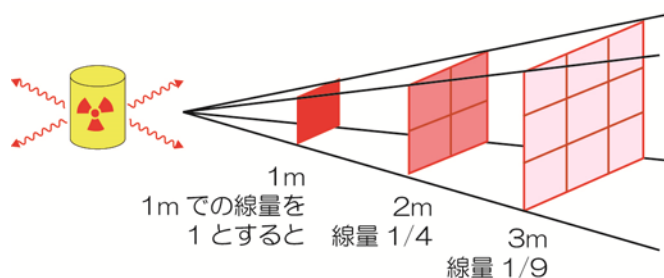
放射線を受ける時間を短くする



コンクリートなどの建物の中に入る。
(木造よりコンクリートの方が放射線を通さない。)

放射線量は、放射性物質からの距離によって大きく異なり、放射性物質から離れば放射線量も減る。

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倍になれば受ける放射線量は、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。



②放射性物質から身を守る方法（内部被ばく）

内部被ばくを防ぐには、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、マスクをするなどして、防ぐことができる。外出後は、うがい、手洗いをし、放射性物質を洗い流す。

食べ物からの内部被ばくを防ぐには、放射性物質を含む食べ物を摂取しないことである。市場に流通している食べ物は、放射性物質の検査をし、国の基準値以下のものがあるので、安全である。出荷制限のされているものや野生のキノコ、自然の果物など未検査で、安全かどうかかわからないものは、食べないようにする。



空気を直接吸い込まない。(マスクやハンカチで口をふさぐ。)



決められた量より多くの放射性物質が付いたりした可能性があるとして制限された食べ物や飲み物はとらない。

また、放射性セシウムによる内部被ばくを防ぐには、体内のカリウムが欠乏しないよう、日常的にカリウムの豊富な食材をバランス良く摂るようにすることが、大切である。カリウムが欠乏すると食物中のセシウムが身体に入り易く、身体の中のセシウムが体外に排泄しにくくなることが知られている。ただし、カリウムの過剰摂取は、リスクを伴うため、行わないようにする。

参考 〈放射性セシウムの基準値（平成 24 年 4 月 1 日施行）〉

放射性物質を含む食品からの被ばく線量の上限を年間 1 mSv をもとに放射性セシウムの基準値を設定している。

（単位：Bq/kg）

食品群	一般食品	乳児用食品	牛乳	飲料水
基準値	100	50	50	10

※放射性ストロンチウム、プルトニウムなどを含めて基準値を設定

（出典：厚生労働省 医薬食品局食品安全部「食品中の放射性物質の新たな基準値」）

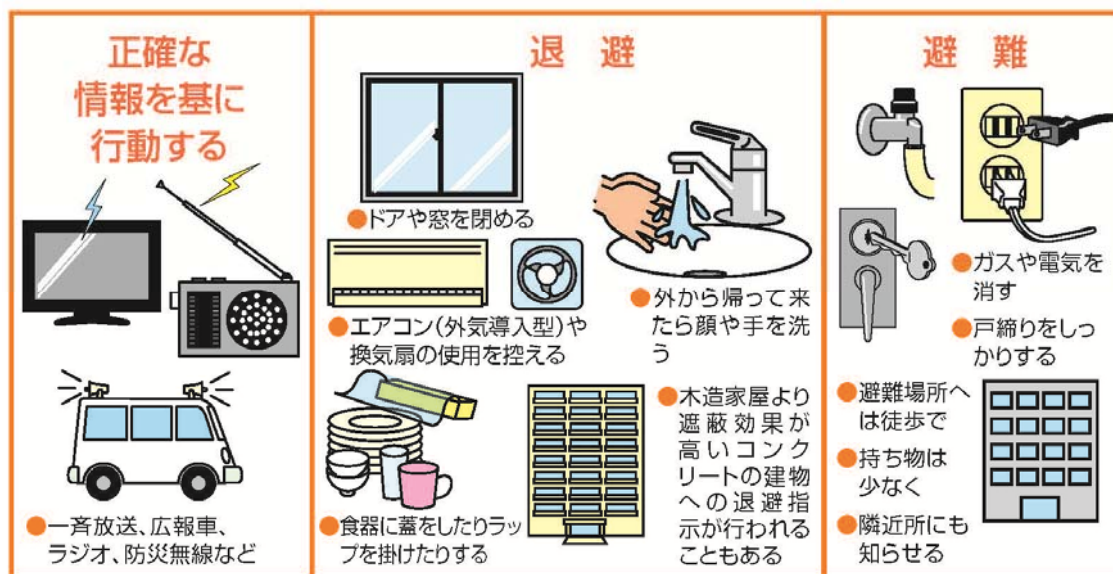
③退避と避難の考え方

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る。

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ある。

テレビやラジオなどで正確な情報を得ること、落ち着いて行動することが大切である。

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ある。



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て別の場所に移ることである。

④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。

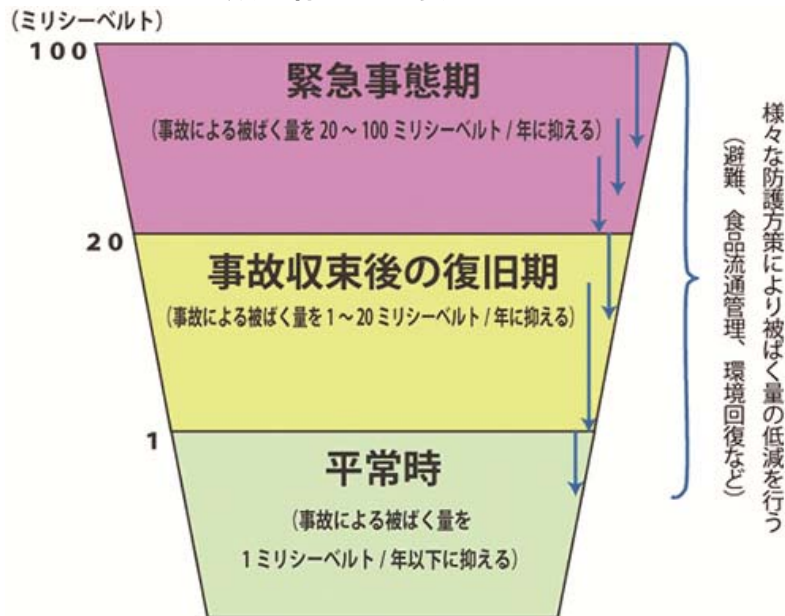
1. 緊急事態期

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。

放射線量の目安（ICRP）



（出典：（独）放射線医学総合研究所「放射線被ばくに関する基礎知識 第6報」）

（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。

⑤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。

放射性物質がなくなるまでの期間はどのくらい？

1 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。

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（ T_p ）と生物学的半減期（ T_b ）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（ T_e ）といい、以下の関係式から求めることができる。

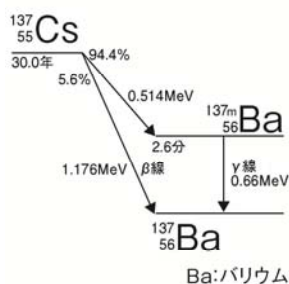
$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_p} + \frac{1}{T_b}$$

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）。

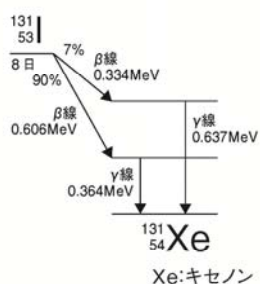
これらの生物学的半減期は、成人の値であり、乳児や子どもは、代謝が早いので成人の値より短くなる。

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。

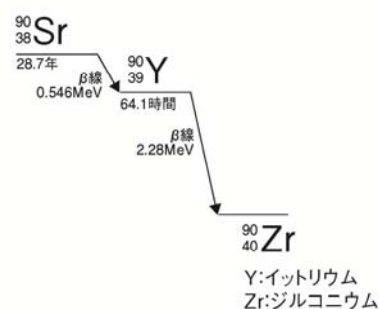
◆セシウム (Cs) 137 の壊変（崩壊）



◆ヨウ素 (I) 131 の壊変（崩壊）



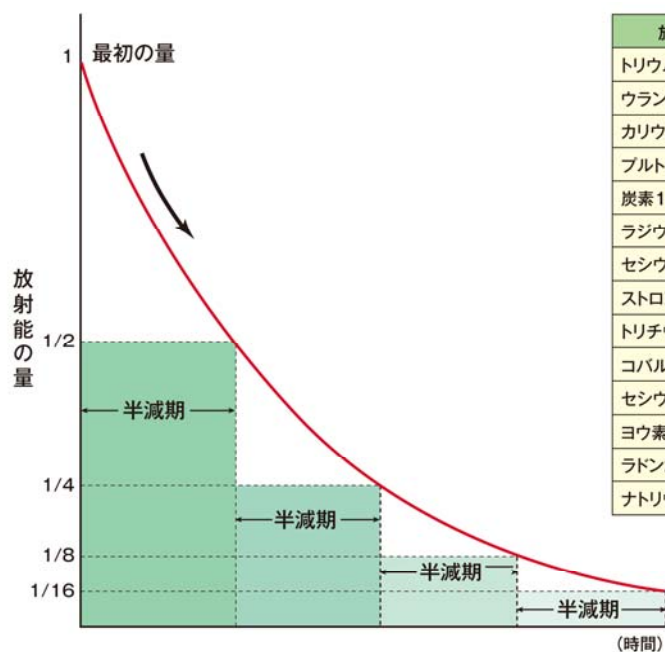
◆ストロンチウム (Sr) 90 の壊変（崩壊）



※MeV

M: 10^6

eV: 1 個の電子が 1 V の電位差の間で加速される時に得るエネルギーを表す。



放射性物質	放出される放射線 [※]	半減期
トリウム232	α ・ β ・ γ	141億年
ウラン238	α ・ β ・ γ	45億年
カリウム40	β ・ γ	13億年
プルトニウム239	α ・ γ	2.4万年
炭素14	β	5,730年
ラジウム226	α ・ γ	1,600年
セシウム137	β ・ γ	30年
ストロンチウム90	β	28.7年
トリチウム	β	12.3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222	α ・ γ	3.8日
ナトリウム24	β ・ γ	15時間

※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：(一財)日本原子力文化振興財団「原子力・エネルギー図面集 2014」)

2 放射性物質の除染

放射性物質からでる放射線量は、時間とともに自然に減っていくが、長い時間がかかる。放射性物質そのものを取り除くことを「除染」という。

除染は次のような3つの考え方を組み合わせて行う。

1 放射性物質を「取り除く」



放射性物質が付着している土や草木などを取りのぞく。
コンクリートの床など除去が難しい場合、水による高圧洗浄を行う場合もある。

2 放射線を「さえぎる」



取りのぞいた土や草木などは、丈夫な袋に入れ密封。
土やコンクリートで囲むことで周囲への放射線の影響をさえぎり、被ばくのリスクを抑える。

3 住んでいる場所から「遠ざける」



放射線の影響は距離が離れるほど弱まる。
除染した放射性物質を管理する仮置場は、人の住む建物から距離をとって設置。みだりに人が入らないように囲いを設け、安全に管理する。

(出典：環境省「調べてなっとくノート ホウシャ線ってなんだろう!？」)

(平成 26 年 12 月 18 日 一部訂正)

出典

小学生のための放射線副読本 放射線について考えてみよう
小学生のための放射線副読本 放射線について考えてみよう 解説編【教師用】
中学生のための放射線副読本 知ることから始めよう放射線のいろいろ
中学生のための放射線副読本 知ることから始めよう放射線のいろいろ 解説編【教師用】
高校生のための放射線副読本 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 知っておきたい放射線のこと 解説編【教師用】

著作・編集／文部科学省 放射線等に関する副読本作成委員会
調べてなっとくノート ホウシャ線ってなんだろう!?!／環境省
放射線の影響がわかる本／公益財団法人放射線影響協会
原子力・エネルギー図面集 2013／一般財団法人日本原子力文化振興財団
原子力・エネルギー図面集 2014／一般財団法人日本原子力文化振興財団
原子力総合パンフレット 2013／一般財団法人日本原子力文化振興財団
放射線被ばくに関する基礎知識 第6報／独立行政法人放射線医学総合研究所
放射線の豆知識 暮らしの中の放射線（2005年）／高エネルギー加速器研究機構
放射線化学センター

生活環境放射線（1992年）／公益財団法人原子力安全研究会
新版 生活環境放射線（2001年）／公益財団法人原子力安全研究会
原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告書
ICRP Publication 103, 2007
独立行政法人国立がん研究センター

参考文献

放射線の科学—生体影響および防御と除去—／株式会社東京化学同人

放射線に関するテキスト【初級編】 第1版 平成26年8月1日発行

発 行／一般社団法人福島県薬剤師会 放射線ファーマシスト委員会
〒960-8157 福島県福島市蓬萊町二丁目2番2号
TEL 024-549-2198 FAX 024-549-2209
ホームページ：<http://www.fukuyaku.org>

