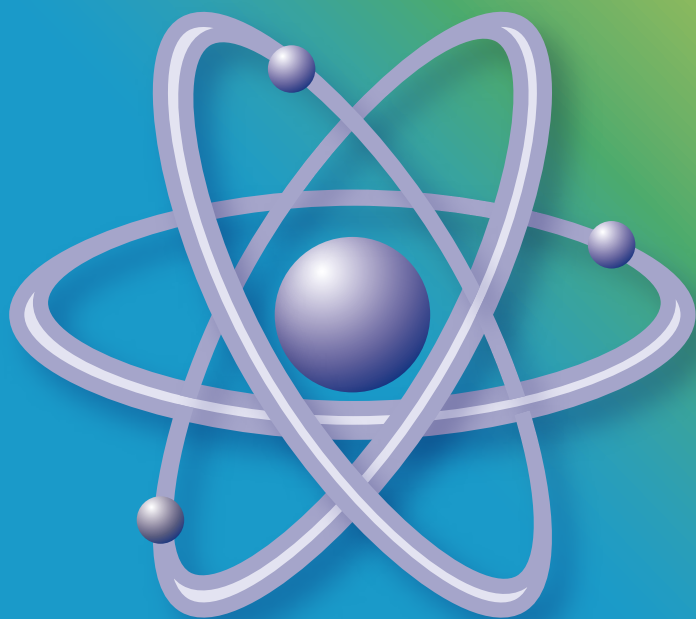


放射線Q & A



- 原子や原子核の構造はどうなっているのですか？…………… 1
- 放射線・放射能・放射性物質って何ですか？…………… 3
- 放射線にはどのような性質がありますか？…………… 5
- 放射線・放射能に関する単位はどのように定義されているのですか？…… 6
- 放射線を受けるとどのような影響がありますか？…………… 7
- 自然界や医療からどのくらいの放射線を受けていますか？…………… 8
- 放射線から身を守るにはどのようにすればよいのですか？…………… 9
- 法律上、放射線はどのように規制されていますか？……………10

原子や原子核の構造はどうなっているのですか？

物質は原子からできています

多くの科学者たちの研究により20世紀初頭に、地球上の全てのものは、(土でも草でも、水や空気でも、人や洋服でも) 丸い小さな「原子」という粒の組合せでできていることがわかりました。

しかし、1個でいる原子は少なく、たいていの原子は集まって「分子」と呼ばれる集団を作っています。例えば、水素原子2個と酸素原子1個が結び付いて水の分子ができ、それがたくさん集まっているのが水です。さらに複雑な分子もあります。わたしたちの体をつくっているタンパク質になると数千から数百万個もの原子が集まっています。

原子のしくみ

どんな種類の原子にも、中心に小さな「原子核」があり、周囲をさらに小さな「電子」が回っています。電子はマイナスの電気をもっていて、原子核はプラスの電気をもっています。

原子の直径は約1億分の1センチメートルと想像もつかないほど小さなものです。そして、原子核はさらに小さく、その直径は約1兆分の1センチメートルです。

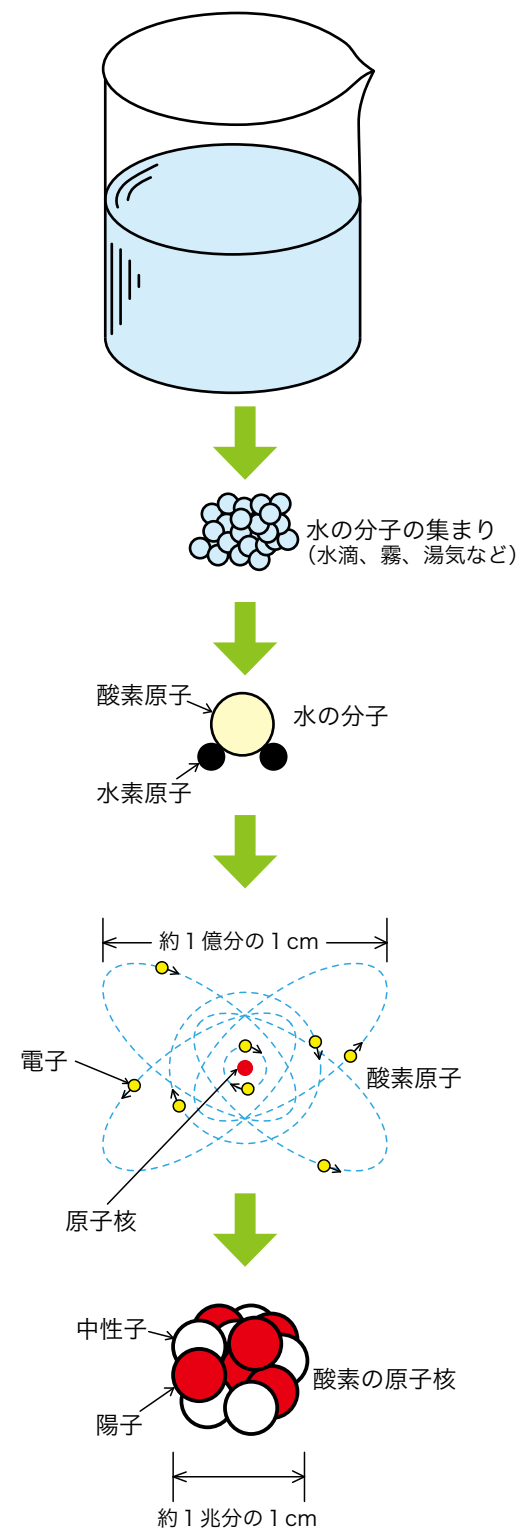
原子核

原子の中心にある原子核は「陽子」と「中性子」という粒のかたまりからできています。ただし、水素原子の原子核は陽子ただ1つです。

陽子は電子と反対の(プラス)電気をもっているのに対し、中性子は電気を持たない文字どおり中性な粒子です。

陽子と中性子を原子核として結びつけているのは核力という力で、電気的には反発する陽子どうしさえも結合させてしまうほど強い力です。

陽子と中性子の数の合計を「質量数」と言います。電子の重さが陽子や中性子の約2,000分の1ですから、これは原子全体の重さを表すと見てもさしつかえありません。



原子の種類

天然にある原子は水素や酸素など92種類で、原子核の中の陽子の数を「原子番号」と言います。これは化学的性質に注目するときの種類です。

一方、原子核に注目すると、天然には300を超える種類の原子があり、ウランの核分裂によって生じる原子なども含めると、1,000種類以上の原子が知られています。原子核に注目するとき、原子のことを「核種」と呼びます。これは放射線の分野でよく使われる言葉です。核種は元素名と質量数(原子核内の陽子と中性子の合計)を使って、炭素14、ウラン235というふうに表示します。

同位体(同位元素)

名前が同じ元素はすべて同じ原子だとは限らなかったのです。

たとえば水素原子の重さを調べると、中にふつうの水素原子の2倍の重さをもつものが10,000個に1個か2個の割合で混じっています。

原子核が陽子と中性子からできている水素が自然界にも存在します。この水素は重水素と呼ばれています。同じことはほとんどの元素についてもいえます。重さの違いは原子核のなかの中性子の数のちがいによるもので、陽子の数は同じです。こういう原子核のなかの陽子の数が同じで中性子の数がちがう原子のグループを「同位体(同位元素)」と言います。英語ではアイソトープです。

壊変(崩壊)

原子核は陽子と中性子から成り立っていますが、中性子の数によって、時間が経っても変化しない安定なものと、時間が経つと変化する不安定なものがあります。地球が誕生したときに様々な核種ができたと考えられますが、長い年月を経ても約300の核種は安定であり、そのまま残っています。しかし、ウラン238など約70種の核種は不安定であり、現在も時間とともに他の核種に変わっています。

このように原子核が変化することを「壊変(崩壊)」といい、この時エネルギーが放出されます。これが放射線です。

水素の同位元素

陽子の数	1	1	1
中性子の数	0	1	2
質量数	1	2	3
原子			
呼び方	水素	重水素	三重水素
記号	^1H	$^2\text{H}(\text{D})$	$^3\text{H}(\text{T})$
存在比	99.85%	0.015%	0%(天然にはない)

原子番号	元素名	記号	原子番号	元素名	記号	原子番号	元素名	記号	原子番号	元素名	記号	原子番号	元素名	記号
1	水	素 H	20	カルシウム	Ca	39	イットリウム	Y	58	セリウム	Ce	77	イリジウム	Ir
2	ヘリウム	He	21	スカンジウム	Sc	40	ジルコニウム	Zr	59	プラセオジウム	Pr	78	白金	Pt
3	リチウム	Li	22	チタン	Ti	41	ニオブ	Nb	60	ネオジウム	Nd	79	金	Au
4	ベリリウム	Be	23	バナジウム	V	42	モリブデン	Mo	61	プロメチウム	Pm	80	水銀	Hg
5	ホウ素	B	24	クロム	Cr	43	テクネチウム	Tc	62	サマリウム	Sm	81	タリウム	Tl
6	炭素	C	25	マンガン	Mn	44	ルテニウム	Ru	63	ユウロピウム	Eu	82	鉛	Pb
7	窒素	N	26	鉄	Fe	45	ロジウム	Rh	64	ガドリニウム	Gd	83	ビスマス	Bi
8	酸素	O	27	コバルト	Co	46	パラジウム	Pd	65	テルビウム	Tb	84	ポロニウム	Po
9	フッ素	F	28	ニッケル	Ni	47	銀	Ag	66	ジスプロシウム	Dy	85	アスタチン	At
10	ネオン	Ne	29	銅	Cu	48	カドミウム	Cd	67	ホルミウム	Ho	86	ラドン	Rn
11	ナトリウム	Na	30	亜鉛	Zn	49	インジウム	In	68	エルビウム	Er	87	フランシウム	Fr
12	マグネシウム	Mg	31	ガリウム	Ga	50	スズ	Sn	69	ツリウム	Tm	88	ラジウム	Ra
13	アルミニウム	Al	32	ゲルマニウム	Ge	51	アンチモン	Sb	70	イッテルビウム	Yb	89	アクチニウム	Ac
14	ケイ素	Si	33	ヒ素	As	52	テルル	Te	71	ルテチウム	Lu	90	トリウム	Th
15	リン	P	34	セレン	Se	53	ヨウ素	I	72	ハフニウム	Hf	91	プロトアクチニウム	Pa
16	硫黄	S	35	臭素	Br	54	キセノン	Xe	73	タンタル	Ta	92	ウラン	U
17	塩素	Cl	36	クリプトン	Kr	55	セシウム	Cs	74	タングステン	W			
18	アルゴン	Ar	37	ルビジウム	Rb	56	バリウム	Ba	75	レニウム	Re			
19	カリウム	K	38	ストロンチウム	Sr	57	ランタン	La	76	オスミウム	Os			

放射線・放射能・放射性物質って何ですか？

放射線の正体

放射線の正体は高速で飛ぶ粒子あるいは光より高いエネルギーを持つ電磁波です。人間に及ぼす影響や検出方法を考える場合、放射線は物質に当たった場合に電離という現象を起こす粒子あるいは電磁波と定義されます。

放射能・放射性物質

放射線を出す物質のことを放射性物質、放射性物質が放射線を出す能力のことを放射能と言います。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。

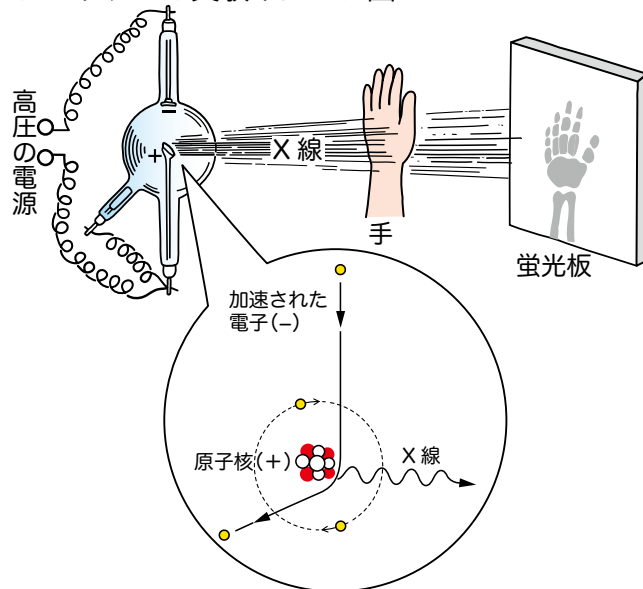
しかし、放射能という言葉は食品の放射能測定とか、原子力施設からの放射能漏れといった使い方をすることがあります。これはエネルギーという言葉が仕事をする能力を表すほか、再生可能エネルギーというようにエネルギー資源のことを表す場合にも使われるのと同じです。

放射線の発生源

1895年（明治28年）ドイツの物理学者レントゲンは、空気の薄いガラス管の中で電気の火花を飛ばす真空放電の実験をしているときに、ガラス管の中で放射線（X線と名付けられました。）が発生していることを発見しました。この発見がきっかけとなり、翌年にはフランスの物理学者ベクレルが、ウラン鉱石からもX線に似た放射線が出ていることを発見し、1898年（明治31年）キュリー夫妻はウランが放射線を出して違う2つの元素になることを発見しました。

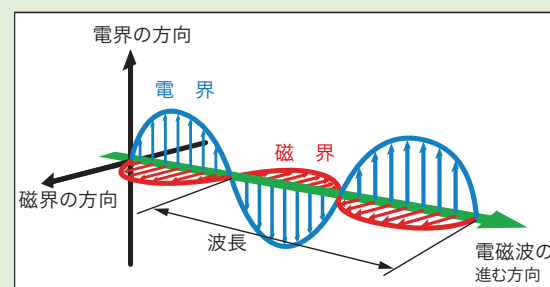
このような発見が続き、原子の構造があきらかになり、ウラン鉱石などの放射性物質からの放射線は物質に含まれている原子の原子核から出てくることがわかりました。

レントゲンの実験イメージ図



電磁波

ラジオ、テレビの電波は電気と磁気の波で、物理学では電磁波と言います。光、X線やガンマ（γ）線も電磁波であると考えられていて、真空中を1秒間に約30万km進みます。ラジオやテレビの電波の場合はその特徴を周波数で表しますが、光の場合は周波数では大きすぎるので、一般にその逆数に比例する波長で表します。X線やγ線の場合は周波数（振動数）に比例するエネルギーで表します。電磁波は波長が短くなるにつれ、粒子としての性質を示します。電磁波を粒子の流れとみると、それを光子と言います。



周波数 = (1秒間に進む距離：30万km) ÷ 波長
エネルギー = $h \times$ 周波数
(h ：比例定数(プランク定数 $\approx 6.63 \times 10^{-34}$ Js))

原子核から出る放射線

不安定な原子核は放射線を出して安定なものに変わる（壊変といいます。）性質があります。このような放射線を出す原子を放射性核種と言います。

ウランなどの大きくて重い放射性核種は陽子2個と中性子2個が一団となったヘリウムの原子核を放出することがあり、これがアルファ（α）線で、このような壊変の形式をα壊変と言います。

また、原子核の中の1個の中性子が陽子に変化し、高速の電子を出す核種があります。この電子がベータ（β）線で、このような壊変の形式をβ壊変と言います。

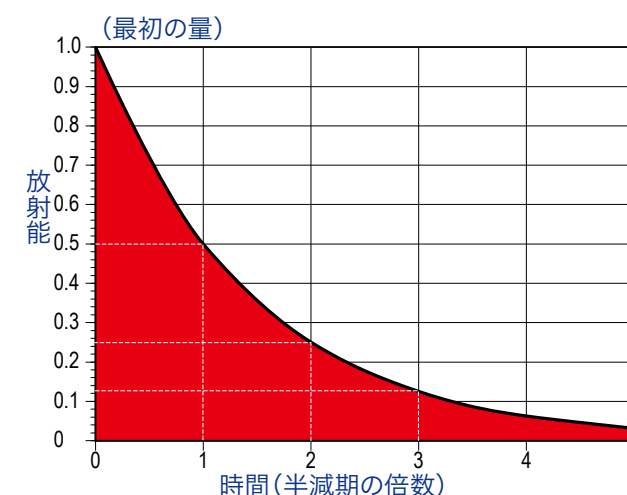
放射性核種がα線又はβ線を出すと原子核の中の陽子の数が変わり、核種が変わります。

ガンマ（γ）線はα壊変やβ壊変が起こった後に原子核から放出される電磁波です。α線やβ線を放出した原子核がさらに余分なエネルギーを電磁波という形で放出し、安定な状態になろうとします。

自然に減る放射能

放射性核種が放射線を出して別の安定した核種になると放射線を出さなくなるわけですから、放射性核種がたくさん集まった物質の放射能は時間とともに弱くなる性質があります。最初にあった放射能が半分になるまでの時間を半減期と言います。

一定時間内に放射線を出す確率は核種により一定であり、また、出てくる放射線の種類とそれが持つエネルギーも一定です。（このことから、出てくる放射線の減り方やエネルギーを測定することにより、放射性核種を特定することが可能となります。）



ラジウム-226 (陽子 88, 中性子 138) → ラドン-222 (陽子 86, 中性子 136) + α線

ラジウム-226のα壊変：ラジウム-226はα線、γ線を放出してラドン-222になります。さらに、ラドン-222はα線を放出します。

セシウム-137 (陽子 55, 中性子 82) → バリウム-137 (陽子 56, 中性子 81) + β線 + γ線 (安定)

セシウム-137のβ壊変：セシウム-137はβ線、γ線を放出してバリウム-137になります。

[半減期の例]

	放射性核種	壊変の種類	半減期
自然放射性核種	カリウム-40 (K-40)	β	13億年
	トリウム-232 (Th-232)	α	140億年
	ウラン-238 (U-238)	α	45億年
	ラジウム-226 (Ra-226)	α	1600年
	鉛-210 (Pb-210)	α	22年
人工放射性核種	セシウム-137 (Cs-137)	β	30年
	セシウム-134 (Cs-134)	β	2.2年
	ストロンチウム-90 (Sr-90)	β	29年
	ヨウ素-131 (I-131)	β	8日
	プルトニウム-239 (Pu-239)	α	2万4000年

放射線にはどのような性質がありますか？

放射線の物質への作用

放射線は高速で飛ぶ粒子あるいはエネルギーの高い電磁波です。これらが物質中を通過するとき、物質中の原子や分子と相互作用（衝突など）をし、だんだんエネルギーを失います。相互作用の起こり方は放射線の種類とエネルギーおよび物質の種類によって異なり、きわめて複雑です。

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。原子核の周囲を回る電子が1個飛び離れ、プラスの電気を持つ原子や分子（イオン）になります。

蛍光作用

蛍光作用とは、放射線が特別な物質に当たった時、その物質から特有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。蛍光は放射線のエネルギーで原子核の周囲を回る電子の軌道半径が大きくなり（れい起）、その後基の安定な状態に戻る時に放出されます。

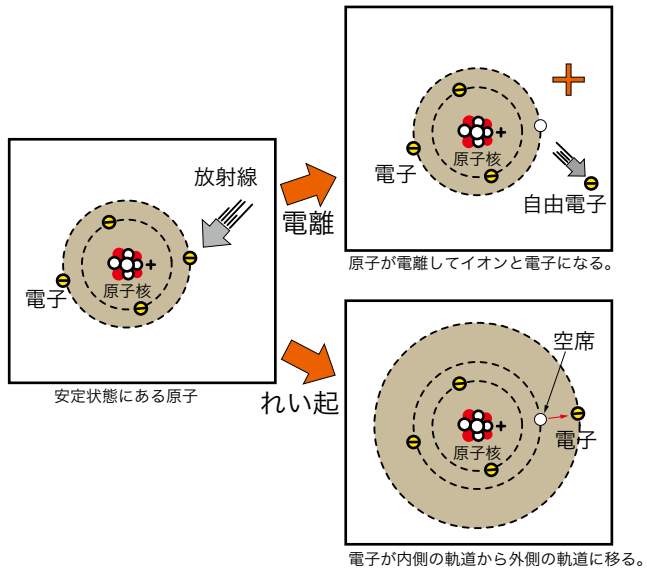
透過作用

放射線には、物質を通り抜ける作用があります。病院の엑스（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

[放射線の性質と作用の比較]

性質と作用 種類	本質	質量	電気	電離作用	蛍光作用	透過力
α 線	ヘリウム原子核	大きい	正電気2	大	大	小
β 線	電子	非常に小さい	負電気1	中	中	中
γ 線（X線）	電磁波	なし	なし	小	小	大
中性子線	中性子	大きい	なし	小	小	大

[電離とれい起]



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。

中性子線は同じ粒子線である α 線、 β 線と性質が大きく異なります。電気を持たないため、電離やれい起作用が弱く、速度が遅くなると通り道にある原子核に吸収されやすくなる性質があります。

放射線・放射能に関する単位はどのように定義されているのですか？

【ベクレル [Bq]】

放射能の単位で、放射能は放射性物質の量を計る目安となります。放射能の強さは単位時間あたりに放射性物質の原子核がどれだけ壊変し、放射線を放出するかで定義され、1ベクレル（Bq）は1秒当たり1壊変ということです。

なお、ベクレル（Bq）が単独で使われることは少なく、単位体積当たり又は単位重量当たりの放射能の強さ（放射能濃度）を表すBq／リットル、Bq／kgなどがよく使われます。

【グレイ [Gy]】

放射線のエネルギーがどれだけ物質に吸収されたかを表す吸収線量の単位です。1グレイ（Gy）は物質1kgあたりに1ジュール（J）のエネルギーが吸収されるということです。放射線が水に当たって、水の吸収線量が1Gyの時は、当たった水の温度が0.000239℃上昇します。1Gyは、放射線の人体への影響という観点から見ると非常に大きな量であり、単位としては

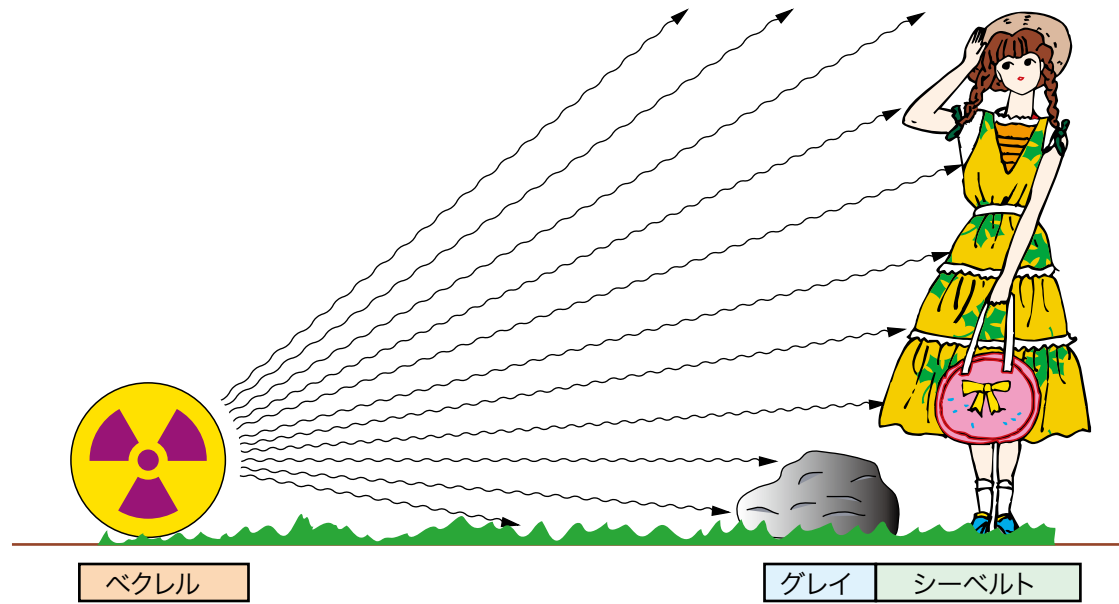
グレイ単独よりその100万分の1、または10億分の1を意味するマイクログレイ（ μ Gy）またはナノグレイ（nGy）が通常よく使われます。

原子力施設の周辺に設置されている環境放射線観測局では1時間当たりの空気吸収線量が測定されていて、ナノグレイ・パー・アワー（nGy/h）という単位が使われています。

【シーベルト [Sv]】

放射線防護の分野で使われ、主として微量放射線の人体に対する影響（危険度）を表す放射線量の単位です。1シーベルト（Sv）とは、X線または γ 線を物理的な放射線計測量である吸収線量で1グレイ（Gy）を全身に均等に受けた場合の影響（危険度）を表す放射線量です。

1シーベルトは非常に大きな放射線量であり、シーベルト単独より、その1,000分の1、または100万分の1を意味するミリシーベルト（mSv）またはマイクロシーベルト（ μ Sv）が通常よく使われます。



単位	記号	単位の性格	備考
ベクレル	Bq	放射性の強さ、放射性核種の量を表す	1ベクレル（Bq）は1秒当たり1壊変
グレイ	Gy	吸収線量	すべての放射線、すべての物質に用いる
シーベルト	Sv	人体への影響に注目した線量	放射線防護、管理の目的に用いる

放射線を受けるとどのような影響がありますか？

放射線を受けた場合に体内で起きる現象

放射線が人体に当たった場合、当たった放射線が電離能力を持つものであれば、最初に起こるのは人体の細胞を構成する原子の電離現象です。次に、電離された原子が複雑な物理化学的变化を起こして、分子（原子が連結したもの）が変化し、細胞に変化が現われ、数秒から数十年という時間を経て医学的に検知できる影響として現われると考えられています。しかし、同じような分子や細胞レベルでの変化は食事や呼吸、運動などでも発生することが分かっており、また、人体にはこれを修復する能力があります。従って、影響、障害はこの修復能力を超える変化が起きた場合や修復ミスが起きた場合に現れると考えられます。

受けた放射線量に比例します。

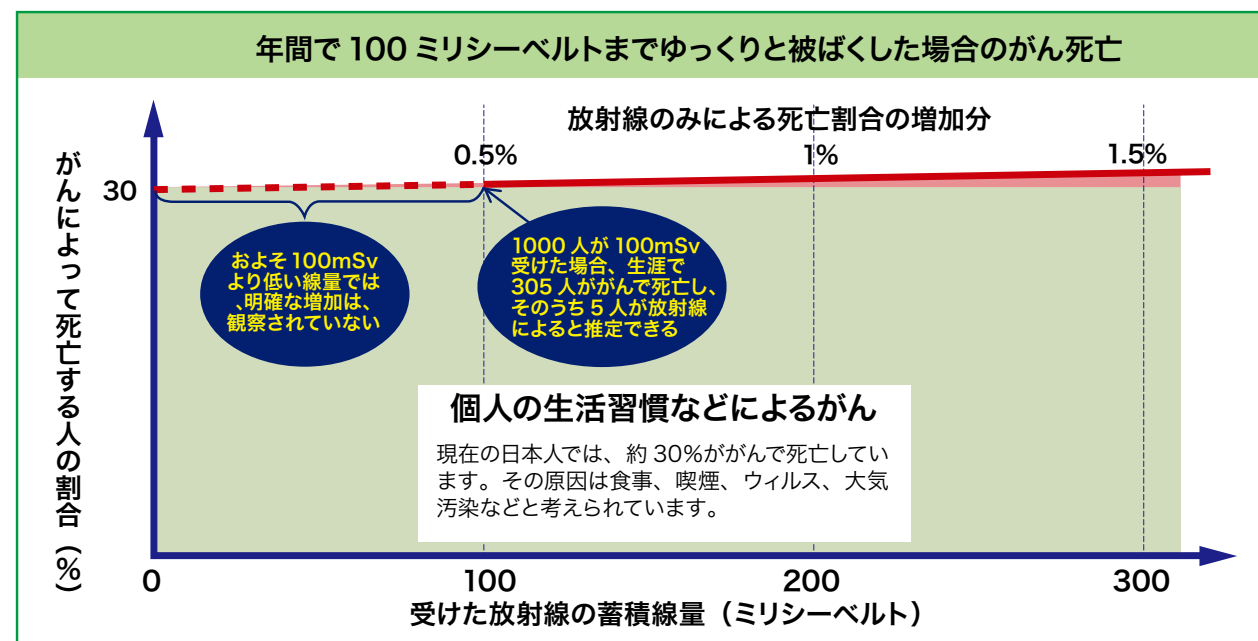
放射線防護の観点から放射線の影響は受けた放射線量との関係により確率的影響と確定的影響の2つに分類されます。

確率的影響とはがん（白血病を含む）と遺伝的影響です。この2つの影響は発生が確率的であり、受けた放射線量に比例して発生確率が増加すると考えられています。ただし、がんの発生確率が高くなることが確認されているのは一度に100ミリシーベルト以上の放射線を受けた場合であり、遺伝的影響は人では確認されていません。

一方、**確定的影響**とは受けた放射線量がある値以上でないと発生せず、受けた線量が多くなるにつれて影響の程度（症状）が重くなる影響です。影響が発生する最低の線量をしきい線量といい、この値は影響の種類によって異なります。確定的影響には不妊、白内障、脱毛などが含まれます。しかし、確定的影響のしきい線量はかなり高線量の領域（例えば、白内障の場合は一回に2 Gy以上）にあり、放射線医療機器の誤った使用、原子力施設の重大事故などの特殊な状況において発生する可能性があるだけです。

なお、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。

また、色々な研究の成果から、人体には放射線影響に対する修復能力があり、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小さくなると考えられています。



出典：（独）放射線総合医学研究所ホームページより作成

自然界や医療からどのくらいの放射線を受けていますか？

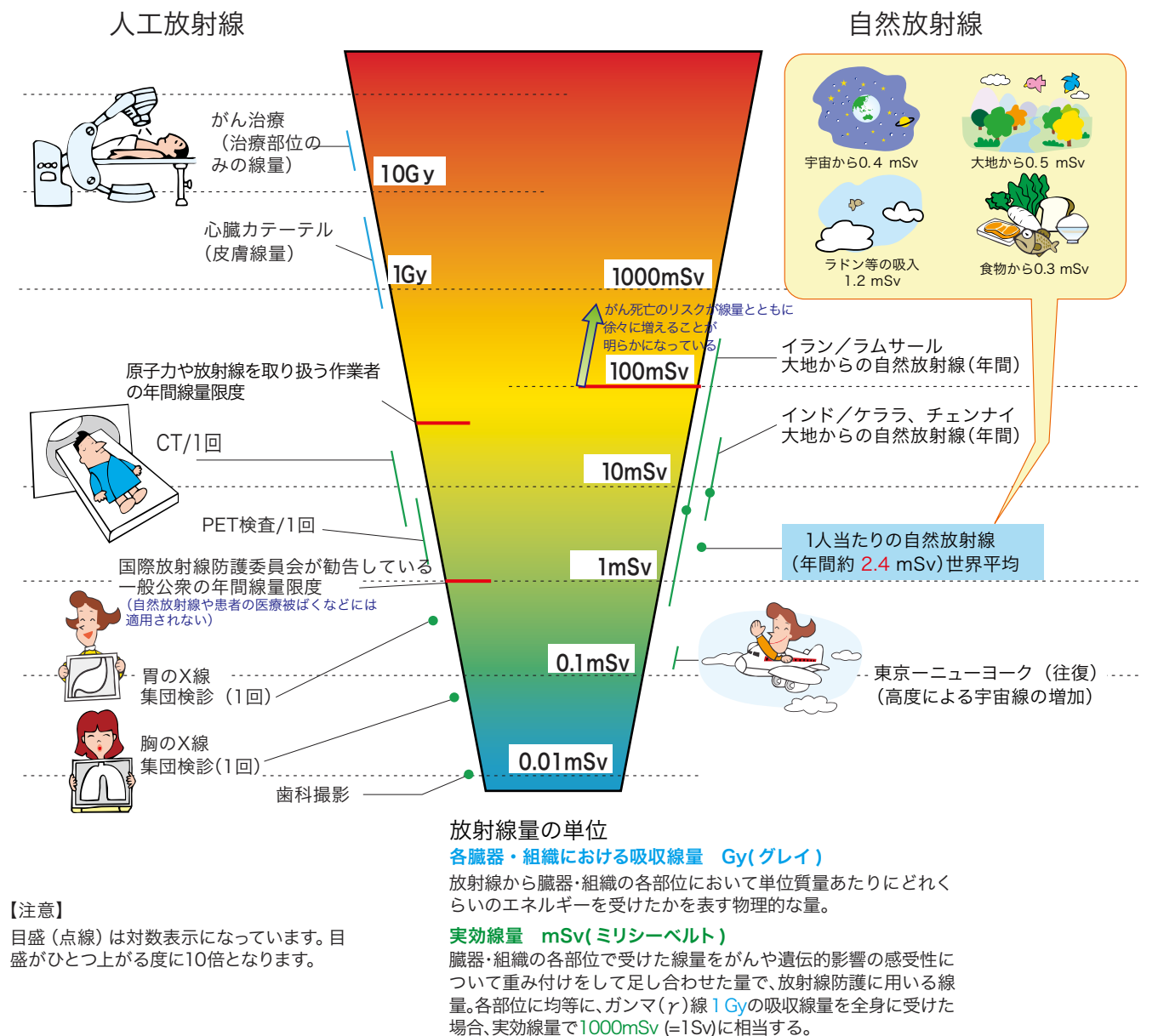
自然界から

私たちは大昔から自然界の放射線に囲まれて暮らしています。地球が誕生して以来、宇宙から放射線（宇宙線）が地上に降り注ぎ、大地の中の放射性物質は放射線を放出しています。また、米や野菜、牛乳などの食物にも、さらに空気にも天然の放射性物質が含まれています。宇宙線や大地から受ける放射線の量は地域差がありますが、私たちは、平均して1年間に約2.4ミリシーベルト（世界平均）の自然放射線を受けています。

医療から

1895年にレントゲンによってX線が発見され、その後放射性物質の発見、ウランの核分裂の発見が続き、私たちは人工の放射線も受けるようになりました。

人工の放射線のうち、私たちが最も身近に接しているのはX線で、病気の診断に広く病院などで利用されています。胃のX線集団検診では1回約0.6ミリシーベルトの放射線を受けます。



【注意】
目盛（点線）は対数表示になっています。目盛がひとつ上がる度に10倍となります。

出典：（独）放射線総合医学研究所ホームページ等より作成

放射線から身を守るにはどのようにすればよいのですか？

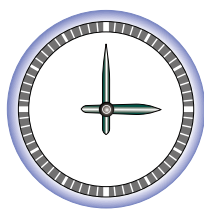
時間

受けた放射線の影響は、放射線から受けたエネルギー（放射線量）が同じであれば、同じ影響があるものとして評価します。放射性物質の側にいた時間が2倍になれば、受ける放射線量も2倍になります。従って、放射性物質から受ける放射線量を減らすにはできるだけ早く側から離れることです。

しかし、放射性物質を体内に取り込むと、それに含まれる放射性核種が出す放射線を受け続けることになります。これを避けるには、放射性物質が空気中に浮遊する場所に近づかないことやマスクを付けて放射性物質を吸入しないようにすること、放射性物質が付着したり、含まれている飲食物を摂取しないことなどが重要です。

なお、体内に入り込んだ放射性核種の放射能は固有の減り方で時間とともに減少し、また、人体の機能により体外に排泄されます。これらのことを考慮し、放射性核種毎に体内に入った量からどれだけの放射線を受けるかが調査、計算されており、食品中の放射性物質に関する規制値を決める時などの、放射線防護の現場で使われます。

体の内部にある放射性核種から放出される放射線で重要なのは α 線と β 線です。



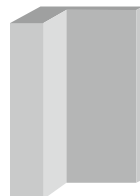
距離

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、放射性物質が1点に集中している場合は、距離が2倍になれば受ける放射線量は、4分の1になります。ただし、 α 線や β 線は空気中でも飛距離が限られますので、距離が問題となるのは γ 線とX線に限られます。



遮へい

放射線を遮るために放射性物質をコンクリートなどで囲えば、受ける放射線量を減らすことができます。

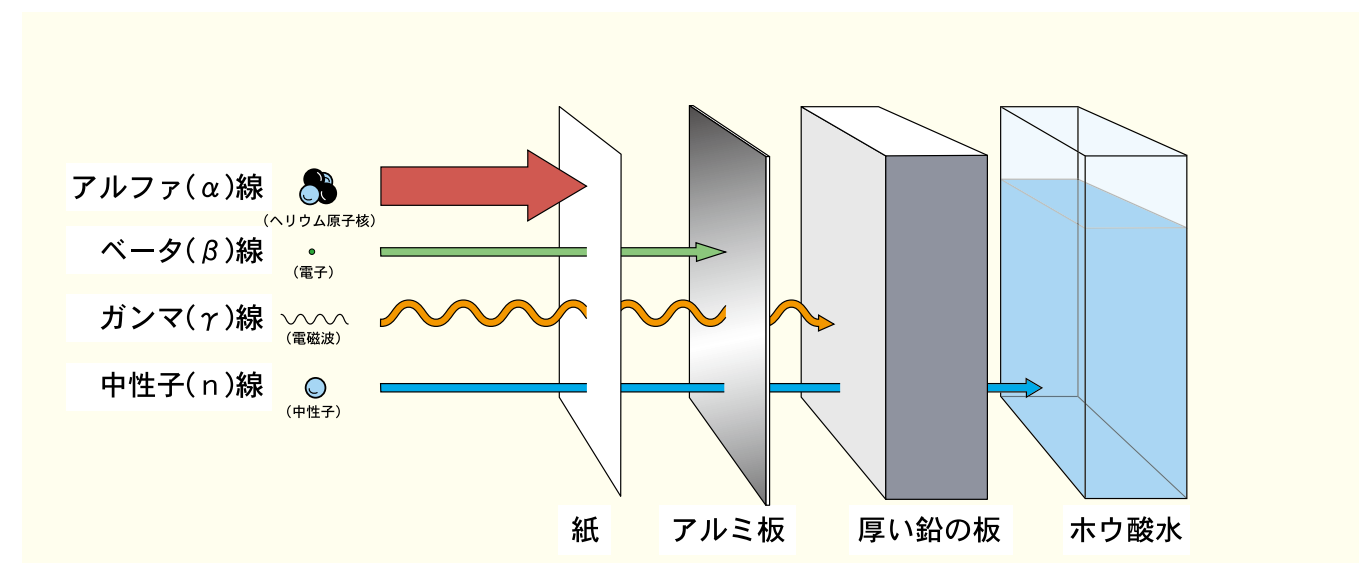


α 線は空気中でも数 cm 進むと空気中の原子にエネルギーを与えて止まります。従って、薄い紙1枚で囲えば完全に遮へいすることができます。

β 線は空気中なら数 cm から数 m（持っているエネルギーによって異なります。）で止まり、厚さ1 cm のアルミ板で完全に止まります。

X線、 γ 線は透過力が強いので鉛板や厚いコンクリートで囲って遮へいします。

中性子線は電気を持たないため、原子核との衝突により効率よくエネルギーを失うように同じくらいの重さを持つ水素原子をたくさん含む物質（水など）と中性子を吸収しやすい物質（ホウ素など）の混合物で止めます。



法律上、放射線はどのように規制されていますか？

放射線による健康障害を防ぐ必要性が認識され、国際放射線防護委員会 (ICRP) が創立されたのは1928年です。ICRP は世界各国の医学、生物学、物理学、などの専門家によって構成されており、数多くの放射線防護に関する基準を勧告しています。

また、わが国には放射線関係の専門家で構成されている放射線審議会という機関があり、行政機関が放射線量や放射性物質などについて基準をつくるときには、必ず放射線審議会に諮問しなければならないことになっています。

わが国は、ICRP から出される勧告を尊重し、放射線審議会の審議を経て、放射線障害防止法などの放射線防護関連法令を何度か改正してきました。

現行のわが国の放射線防護関連法令は、ICRP の1990年勧告(※)を尊重したものとなっており、受ける放射線量の限度（実効線量限度）を、原則として、医療放射線及び自然放射線を除き、

- 放射線業務従事者に対して（通常作業時）
…… 100ミリシーベルト／5年
ただし、50ミリシーベルト／年を超えないこと
- 一般公衆に対して
……年間1ミリシーベルト

と定めています。

法律の線量限度は原子力施設などの放射線防護の責任者に対するものであり、それ以下であれば安全であるとか、それ以上であれば危険であるというような医学的な意味はありません。

ICRP の勧告は、原子力施設や放射線を取り扱う施設で放射線作業に従事する人や周辺環境を放射線の影響から守るために、施設から個人が受ける放射線量を合理的に達成できる限り低くすることを前提とし、勧告する限度を超えてはならないとしています。

これらの線量限度は発がんや遺伝的影響のリスクを考慮して設定されたもので、両方の限度とも放射線による発がん及び遺伝的影響のリスク（発生率）は十分低くなるように設定されています。

ICRP が放射線のリスク推定に用いている仮定は、発がん及び遺伝的影響のリスクが線量に直線比例（線量が2倍になればリスクも2倍、線量が半分になればリスクも半分）することと受けた放射線量が非常に小さくても、影響が発生する可能性があることです。この仮定は放射線防護の立場からとられたものであり、実際の発生率とは異なるものです。

※ ICRP の勧告で最新のものは2007年に出されたものですが、日本の法律にはまだ反映されておらず、現在、放射線審議会基本部会で検討が行われています。（平成24年11月）



原子力施設周辺には、周辺環境への影響を監視するため、環境放射線観測局が設置され、大気中の放射線の量が常時（24時間）測定されています。



原子力施設周辺の雨水や地下水、海水、農産物、魚介類、牛乳などに含まれる放射性物質について、定期的に採取・測定が行われ、周辺環境の安全が確認されています。



〈能登原子力センター見学のご案内〉

- 開館時間 9時30分～16時30分
 - 休館日 月曜日（祝日の場合はその翌日）
年末年始（12月29・30・31日／1月1・2・3日）
- ※入館無料
- ※団体・グループでご見学の際は、あらかじめご連絡ください。

財団法人

能登原子力センター

〒925-0166 石川県羽咋郡志賀町安部屋亥の34の1
TEL (0767)32-3511 FAX (0767)32-3512
インターネットホームページ <http://www.noto-gen.or.jp>