

放射線

放射線や放射能という言葉でイメージするものはどんなものだろうか？

新聞やニュースなどで取り上げられるのは原子力発電や原爆に関することが多いので、膨大なエネルギーを出すものというイメージがあるかもしれない。また、原爆や原発事故による被害が報道されることで、危険なものだという印象をもつこともあるだろう。一方で、放射線治療やX線CT、化石などの年代測定といったところでも放射線の特性が利用されているという一面もある。

日本の電力エネルギーが原発に大きく依存するようになり、原子力はその知識を知る・知らないに関わらず我々にとって関係の深いものになっている。ところが、具体的に放射線や放射能がどんなものであるかが語られる機会はそう多くない。

ここでは、放射線とは何か、どのような性質を持つのかを簡単に扱う。放射線について詳細に扱うことは避け、扱う内容は教養として最低限知っていて欲しいレベルのものである。

＜放射線の種類＞

放射線の正体は、非常に大きな運動エネルギーを持った粒子や高エネルギー(＝非常に波長の短い)電磁波で、人間の五感では感じることはできない。特徴としては、物質を透過するなどの能力がある。

種類		実体	電荷 (電子を-1とする)
粒子線	α 線	原子核崩壊などに伴って原子核から放出されるヘリウムの原子核	+2
	β 線	原子核崩壊などに伴って原子核から放出される電子	-1
	中性子線	中性子	なし
電磁波	X線	紫外線より波長が短い電磁波で、電子の加速運動や軌道電子が軌道を遷移する際に生じる(波長：約100～0.1[Å])	なし
	γ 線	原子核崩壊などに伴って原子核から放出される電磁波(X線より短い)	なし

※[Å](オングストロームと読む) = 10^{-10}m $1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$

＜放射能＞

放射線はエネルギーを持っており、不安定な原子核が安定な原子核へと変わる際に生じる。言い方を変えれば、安定な原子核へと変わる反応の際に、放射線という形でエネルギーを放出するとも言える。原発などに利用されるような、重い元素が分裂して安定な物質に変化するような原子核反応を**原子核崩壊**という。

一方、軽い元素同士が融合する原子核融合反応でも放射線が出る。太陽など恒星での反応や水素爆弾の反応はこちらである。

放射線を出す物質を放射性物質と呼び、この放射性物質が放射線を出す能力のことを**放射能**という。

＜放射性崩壊＞

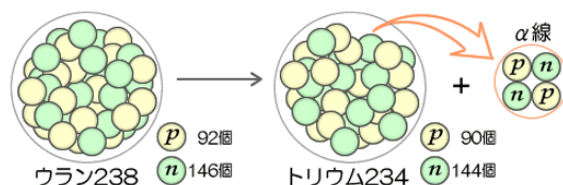
放射性物質(元素)が変わってしまう現象

(1) α 崩壊…原子核から ${}^2\text{He}$ 原子核1個分に相当する α 線を放出する。

(α 線は正の電荷を持っている。)

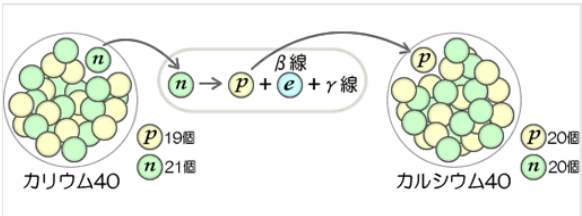
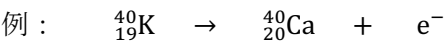
質量数が4減り、原子番号が2減る。

例： ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$



(2) β 崩壊…原子核内の1個の中性子が、電子と陽子に変わり、この電子が負の電荷を持ち、 β 線として放出する。

質量数は変わらず、原子番号が1増える。



※ γ 線は、これらの崩壊の後に、不安定な原子核が余分なエネルギーを放出するときに、発生するものである。何の粒子も含まれておらず、電気的にも中性である。

電子捕獲… 軌道にある電子（主に K 殻）を原子核が捕獲して、陽子が電子と反応して中性子に変わる。この軌道電子捕獲によって失われた K 殻電子を埋めるために L 殻などから電子が遷移してきて、その結果特性 X 線が放出される（エネルギー準位の高い L 殻から K 殻への遷移なので、その差分のエネルギーが放出されることになる）。陽子が中性子に変化するので、質量数は変わらず、原子番号は1つ減少する。

《半減期》

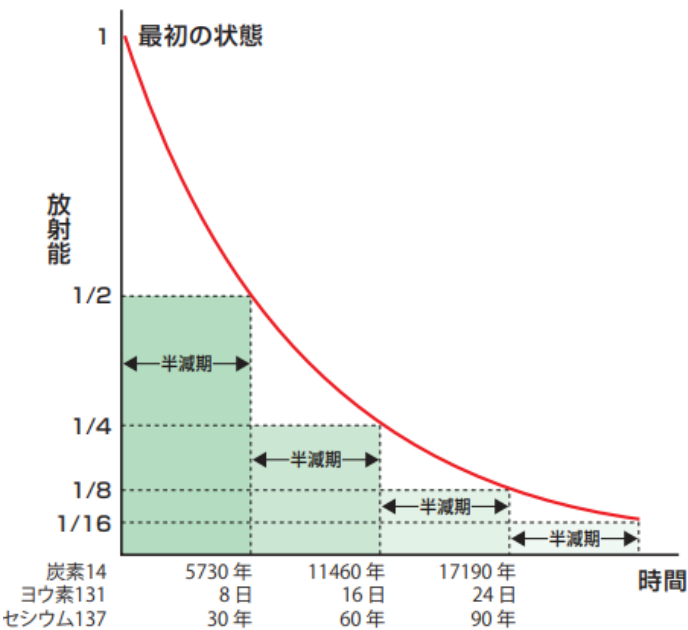
ひとつの原子がいつ放射性崩壊するかに関しては、全く予測できない。しかし、物質は大量の原子から成っており、この大量の原子核が崩壊して半数になる時間は物質によって決まっている。この時間を**半減期**と呼ぶ。

- N_0 : 時間 0 における原子核の数
- N : 時間 t 後に壊れずに残っている原子核の数
- T : 半減期

とすると、次のような式で表せる。

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

放射性物質	半減期
ラドン 220	55.6 秒
ラドン 222	3.8 日
ニオブ 95	35 日
ストロンチウム 90	29 年
セシウム 137	30 年
アメリカシウム 241	430 年
炭素 14	5730 年
アメリカシウム 243	7400 年
プルトニウム 239	2.4 万年
ウラン 233	16 万年
テクネチウム 99	21 万年
ジルコニウム 93	153 万年
ネプツニウム 237	214 万年
ヨウ素 129	1570 万年
カリウム 40	約 13 億年
ウラン 238	約 45 億年



※『中学生・高校生のための放射線副読本』より抜粋

《放射能・放射線の単位》

1. Bq(ベクレル)

放射能を表す単位としては、Bq(ベクレル)がある。1 Bq は、1 秒間に 1 個の原子核が崩壊するときの放射能の強さとなっている。

2. Gy(グレイ)

物質が放射線のエネルギーをどれだけ吸収したかを表す単位には、Gy(グレイ)がある。1Gy は、1kg の物体が 1 J のエネルギーを吸収したときの線量を指す。

3. Sv(シーベルト)

放射線が人体に与える影響の程度を表す単位に Sv(シーベルト)がある。これは、人体の臓器や組織が吸収した放射線の量を基本に、放射線の種類の違いによる影響を考慮して補正した値となっている。

《放射線の人体への影響》

日頃から、人は宇宙からくる放射線や地殻中の放射性元素から自然界からの放射線を浴びている。人が 1 年間に自然界から受ける等価線量は、世界平均で **2.4mSv** とされる。医療用の放射線での等価線量は次の通り。

・ 1 回の X 線レントゲンでの等価線量 : 0.05mSv

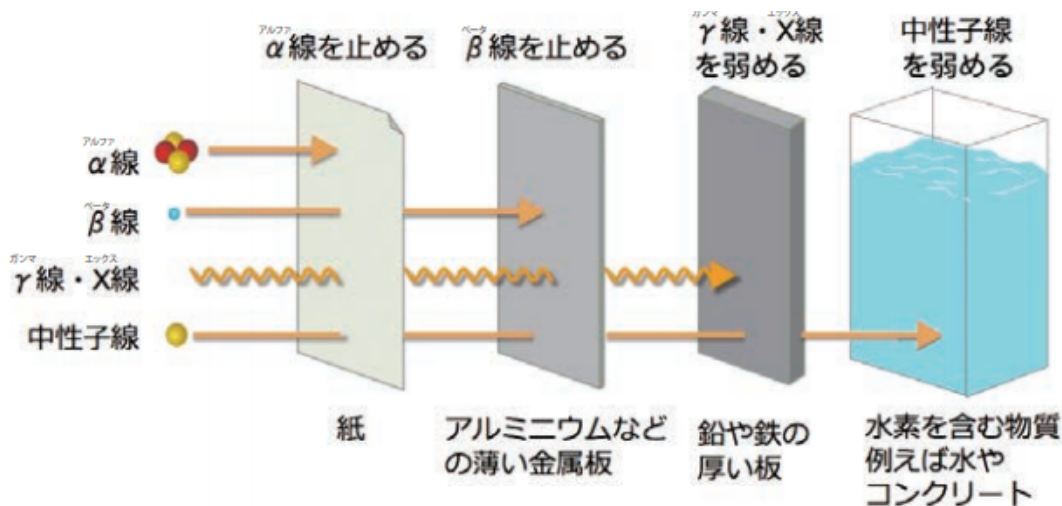
・ 1 回の X 線 CT での等価線量 : 0.6mSv

今回の実験で用いる放射線源の等価線量は、接近して測定しても、 $3\mu\text{Sv}$ 程度である。

《放射線の性質》

(1) 透過力

放射線の代表的な性質の 1 つが**透過力**である。透過力は放射線の種類によって異なる。



※『中学生・高校生のための放射線副読本』より抜粋

α線の正体はヘリウム原子核であるから、中性子 2 個と陽子 2 個からなる比較的大きな粒子線である。そのため、物体に当たる際、多くの原子にぶつかってエネルギーを消費し易く、図の様に紙一枚で止めることが出来る。一方で、電磁波であるγ線などはかなり分厚いコンクリートや鉛を用いないと止めることが出来ない。

(2) 蛍光作用

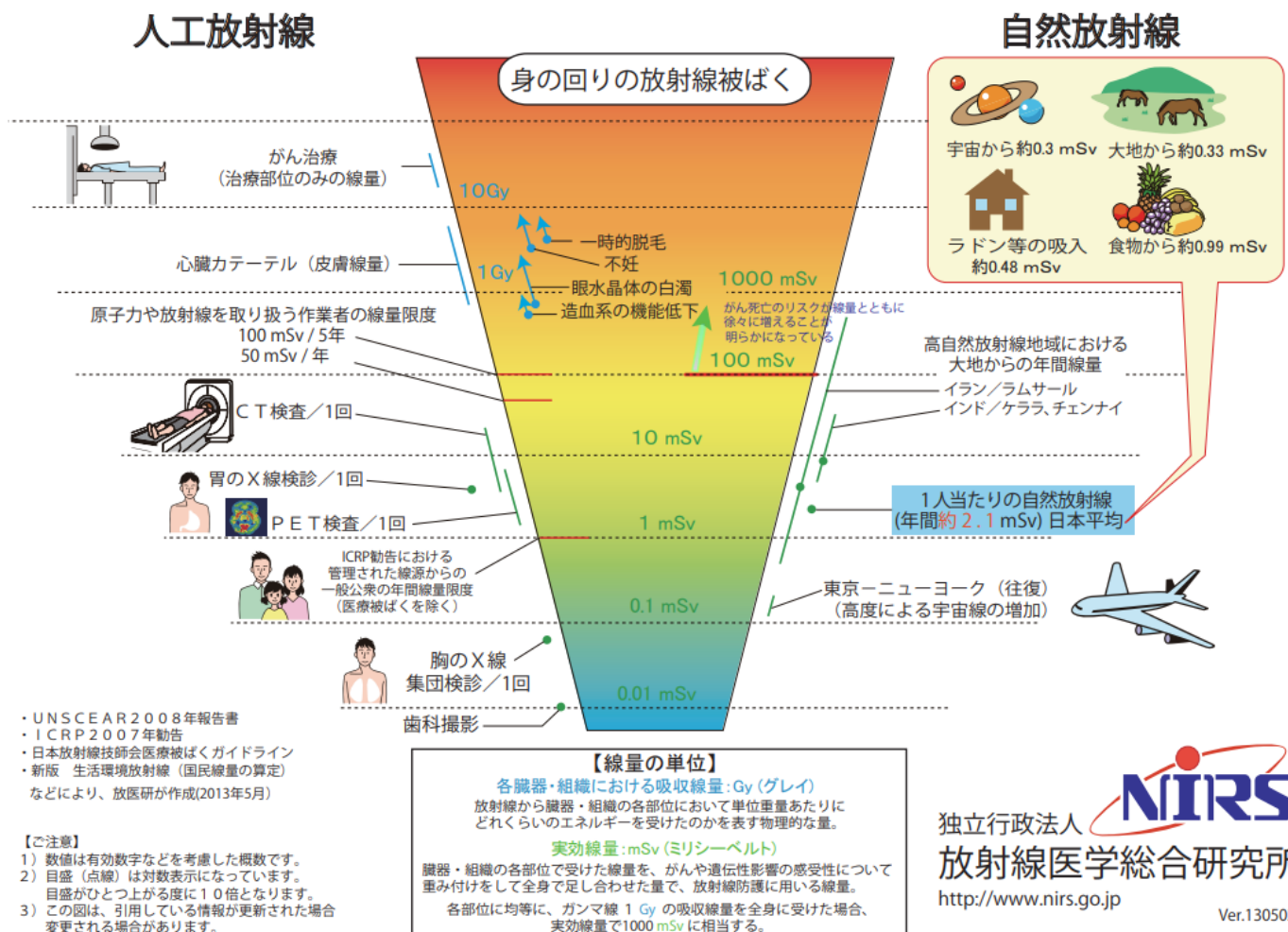
蛍光物質に放射線が当たると、その物質が蛍光を出す。つまり、放射線が当たると光る。この作用は、放射線によって出た光を電気変換して放射線をカウントするシンチレーション・カウンターやシンチグラフィと呼ばれる核医学検査などに利用されている。

(3) 感光作用

放射線は、写真乾板に当てると当たった部分を黒くする作用がある。レントゲン写真に利用されている。

(4) 電離作用

放射線が物質に当たると、物質を構成している原子の中の電子をはじき飛ばし、イオン化させる作用がある。これは言いかえると、**物質を原子レベルで破壊してしまう作用**と言える。ガイガー・ミュラーカウンター(=GMカウンター)という放射線測定器は、この電離作用を利用している。



※『中学生・高校生のための放射線副読本』より抜粋