

おおざっぱな放射線の基礎

目次

1. 原子の構造..... 2

2. 放射線の種類 2

 放射線にとっての原子の大きさ 3

3. エネルギーと質量は同じ！？ 4

4. 放射線を放出する理由（簡易版）..... 5

5. 原子核の重い元素が崩壊して放射線を放出しやすい理由 6

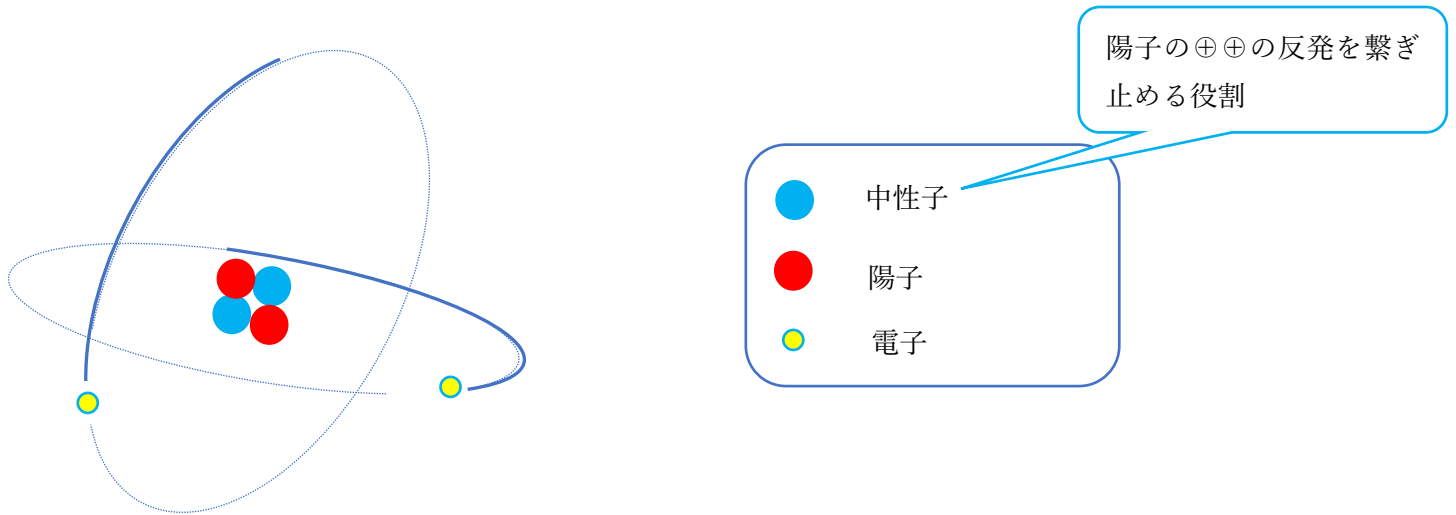
6. 放射線の電離作用 8

外部資料を用いた、その他の放射線の基礎 ～遮蔽と線量の考え方～ 9

1. 原子の構造

全ての原子は、 \oplus の電気を帯びた『陽子』、電氣的に中性な『中性子』、そして、マイナス \ominus の電気を帯びた『電子』の3種類で構成されている。

原子の中心には陽子と中性子で構成された『原子核』が存在するが、原子核が $+$ の陽子だけだとお互いに $\oplus\oplus$ で反発してしまうので、これを強力に繋ぎ止める役割を果たしているのが『中性子』というわけです。



2. 放射線の種類

放射線の種類は全部で5種類あるが、主に以下の2のパターンに分類できる。

[・エネルギー	⇒	X線、 γ 線	(電磁波の一波長)
	・粒子	⇒	α 線(ヘリウムの原子核)、 β 線(電子)、中性子線、陽子線	

2

放射線にとっての原子の大きさ

陽子の質量は、電子の質量の約 1000 倍ほど大きい。中性子は陽子の大きさとほぼ変わりません。

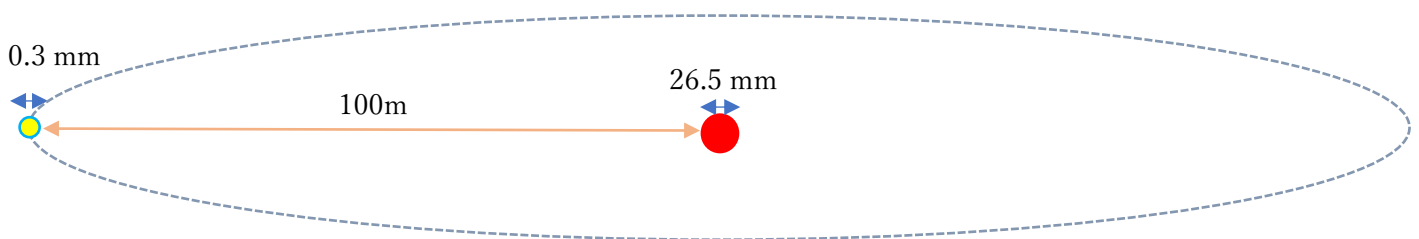
原子を構成する粒子でもこんなにも大きさに差があるのですが、もっと驚くべきことは、原子核から一番近い電子までの距離です。

水素原子のスケールを現実世界に置き換えてみると、電子の大きさを 0.3mm ほど(シャーペンでチョンとついた時の)だとすると、陽子の大きさは 500 円玉くらいになりますが、この電子は原子核で陽子からどれほど離れているのでしょうか？

正解は約 100m ほどになります！

なので、放射線にとって原子の中は隙間だらけなので、相互作用や直接的に衝突しなければ、通り抜けていくことになります！

水素原子のスケールを現実世界に置き換えた時のイメージ



3. エネルギーと質量は同じ！？

素粒子の世界では以下の数式が成り立ちます…

見た目は難しそうですが、中身は至ってシンプルです！

$$E = m c^2$$

E を「エネルギー」、 m を「質量」、 c を「光の速さ」としています。

ここで、「光の速さ」は常に一定なので、『 c^2 』を定数！

なので、以下のように考えることができます。

$$E = m \text{ (定数)}$$

上の式をみると、質量に何倍か数字が掛け算されていますが、基本的に上の式は、

「エネルギー = 質量」ということになります！

つまり、『エネルギーと質量は本質的に同じモノ』ということがこの式から分かるのです！

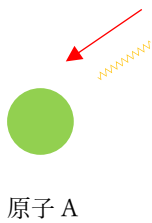
その為、原子力発電所の燃料から得られた、エネルギーの分だけ、質量が無くなっていきます！

なので、自然界でも放射線が原子に衝突して吸収された場合に、「エネルギー = 質量」の関係から余分に質量が増えることとなります。

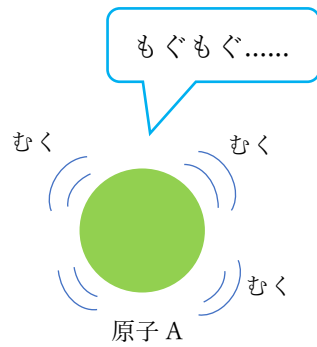
勿論、その余分な質量は電磁波や熱もしくは放射線として、いつかは放出されることとなります。

4. 放射線を放出する理由(簡易版)

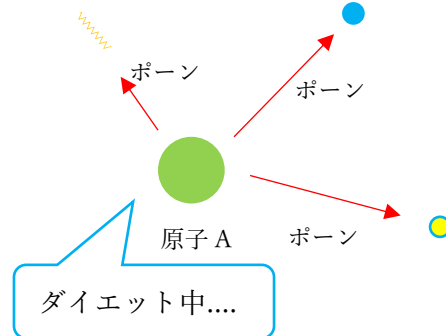
① 放射線と衝突



② 放射線を吸収して重くなる



③ 元の質量に戻るまで、放射線を放出



外部から『エネルギー or 質量』を余分に吸収して重くなる為、元の状態に戻ろうとして、『余分なエネルギーや質量』を放出します。この時に出るのが放射線です。

『③』のように複数の放射線を放出する場合、基本的に放出するタイミングはバラバラですが、時間の経過とともに放射線の放出量も減少していき、やがて放出が無くなります。

つまり、全ての放射性元素は、汚染されても、徐々に無害な状態に戻っていくのです。

5. 原子核が重い元素が崩壊して放射線を放出しやすい理由

原子核が⊕の陽子だけだとお互いに⊕⊕で反発してしまうので、これを強力に繋ぎ止める役割を果たしているのが『中性子』でした。

原子核がより重い元素は、⊕の陽子はその分だけ増えることになります。

ということは、⊕⊕の反発力が大きすぎて原子核にとどめておくことはより困難になります。

その為、ヘリウムのような軽い元素に比べて、ウランなどの重い元素は中性子がより多く必要となります。

He：ヘリウムの原子核

ヘリウム 4

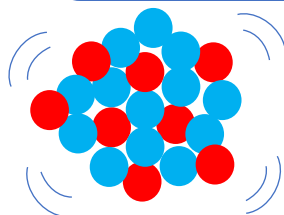
陽子：2 個
中性子：2 個
核子の個数：4 個



より質量が大きい原子核 (例)

ウラン 235

陽子：92 個
中性子：143 個
核子の個数：235 個



喧嘩の仲裁は、キツイ…

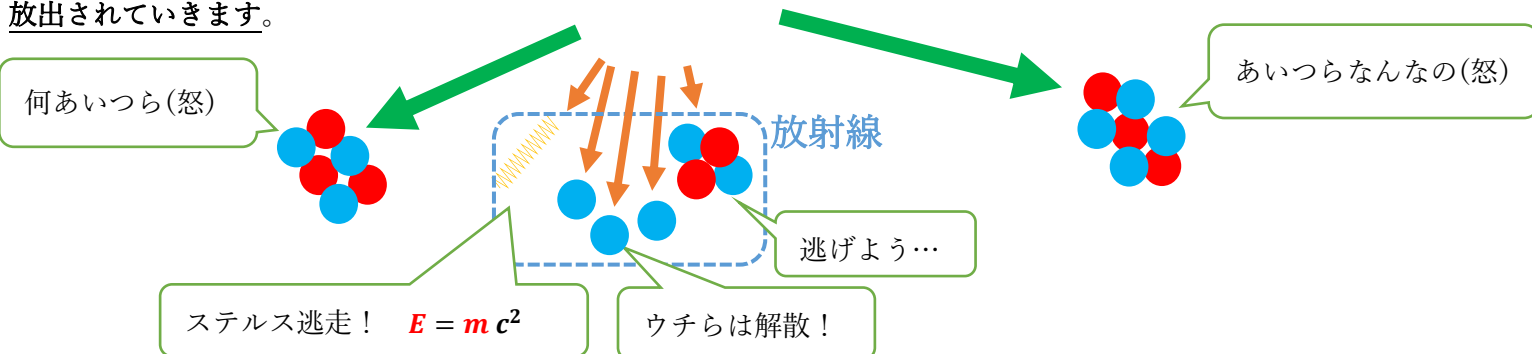
● 中性子
● 陽子：⊕

束縛嫌い！
自由にしたい！
喧嘩上等！

更に、原子核の中では陽子は常に動き回っているため、何も外部から影響がなくても、強力な電氣的な力を抑えるため、常に不安定です。

そこに外部から放射線やエネルギーが原子核に衝突すると、微妙なバランスで押さえつけていた電気の反発力を抑え込むことが出来ずに崩壊していきます。

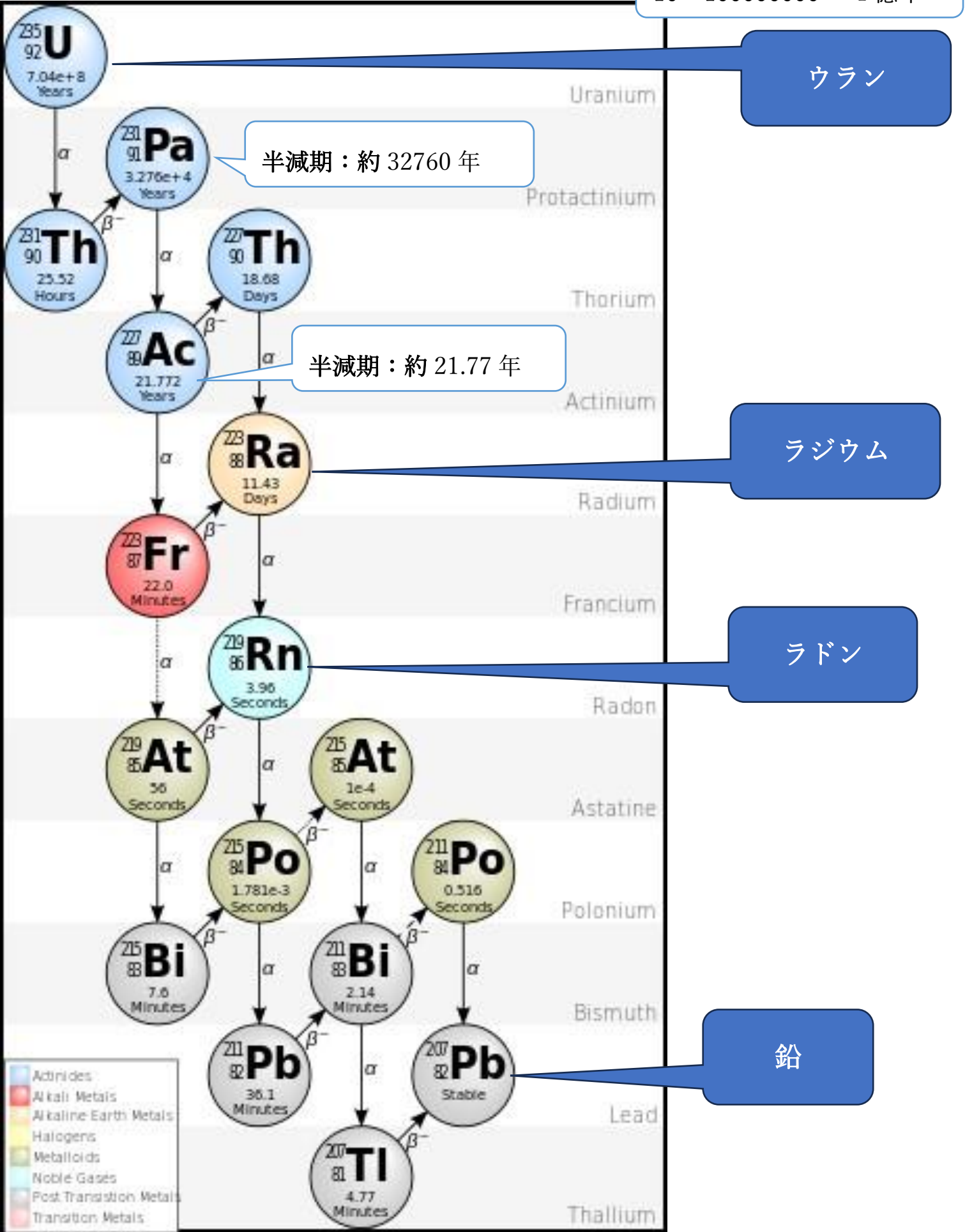
この崩壊の時に、⊕⊕同士の反発力の調停役の多数の中性子などが不要になるため、熱や電磁波、もしくは放射線として放出されていきます。



このような原子核の崩壊と放射線の放出は、原子核のバランスが安定するまで続けられます。

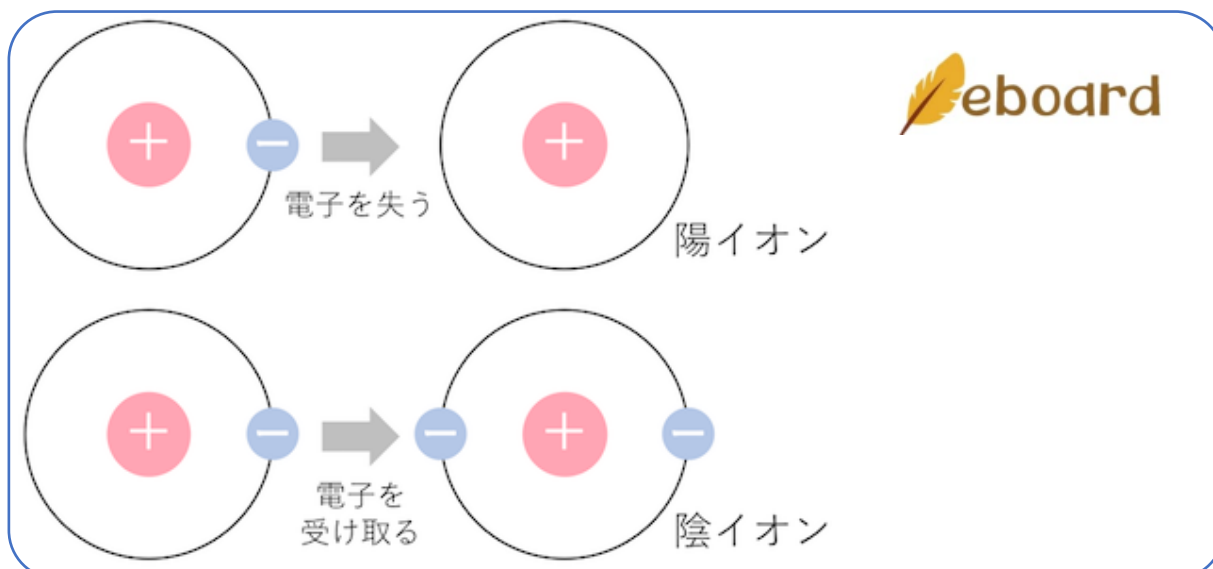
特定の原子が崩壊して数を減らし、個数がおよそ半分になるまでにかかる期間を半減期といいます。

$10^8=100000000$ 1 億年

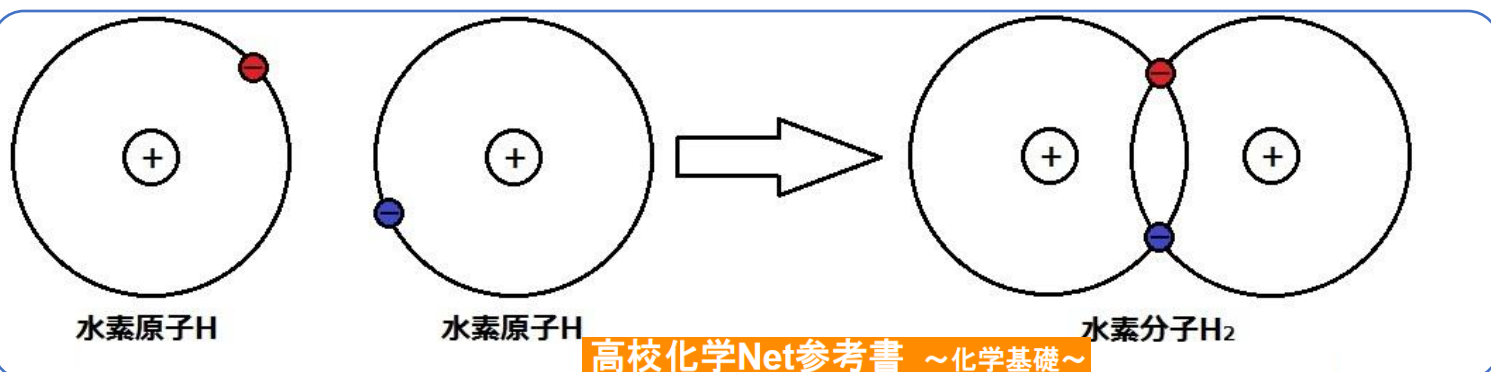


6. 放射線の電離作用

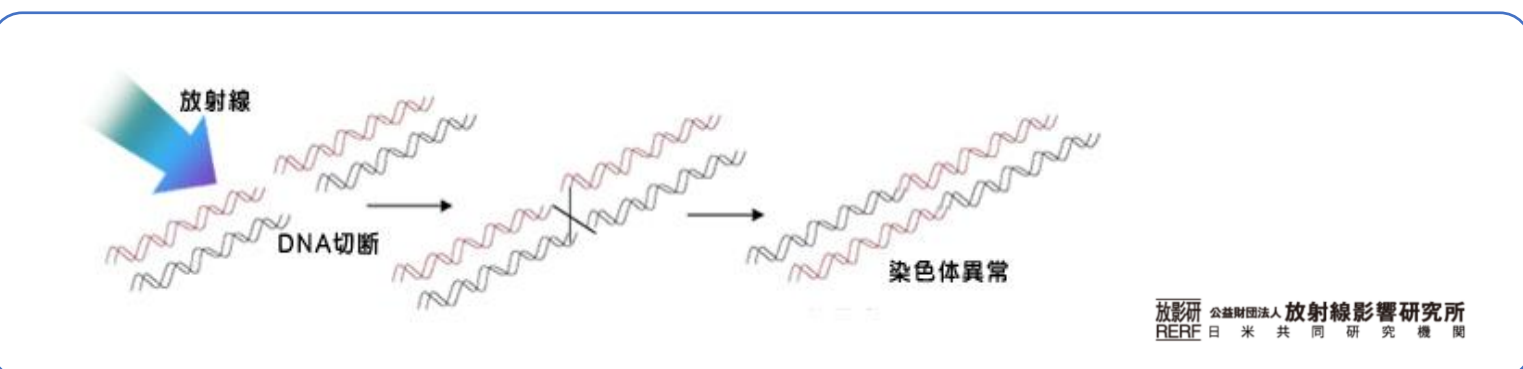
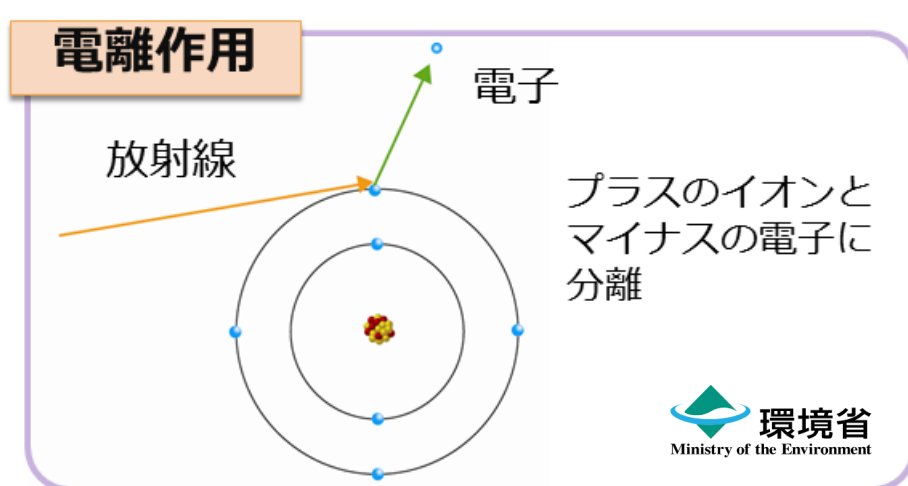
原子が電気を帯びたものをイオンといい。原子が電子を失って+に帯電したものを陽イオン、原子が電子を受け取って-に帯電したものを陰イオンといいます。



化学反応では、この原子核の外側の電子軌道で回っている電子を共有しあって結合しているので、共有結合といいます。



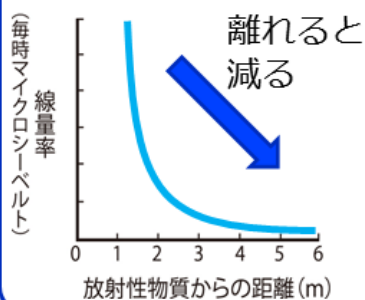
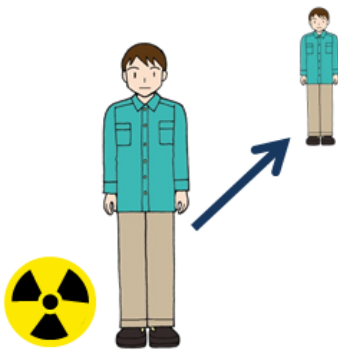
放射線は電子と衝突すると吹き飛ばします。このような現象を電離といい、遺伝子の化学結合を狂わせます。(下図)



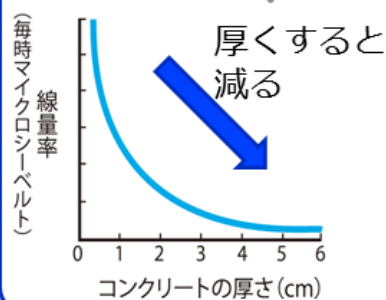
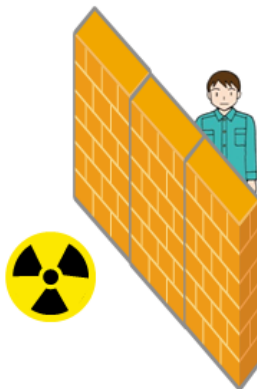
外部資料を用いた、その他の放射線の基礎

～遮蔽と線量の考え方～

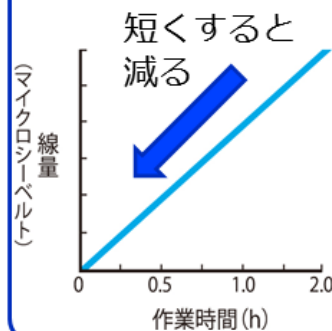
① 離れる (距離)



② 間に重い物を置く (遮へい)

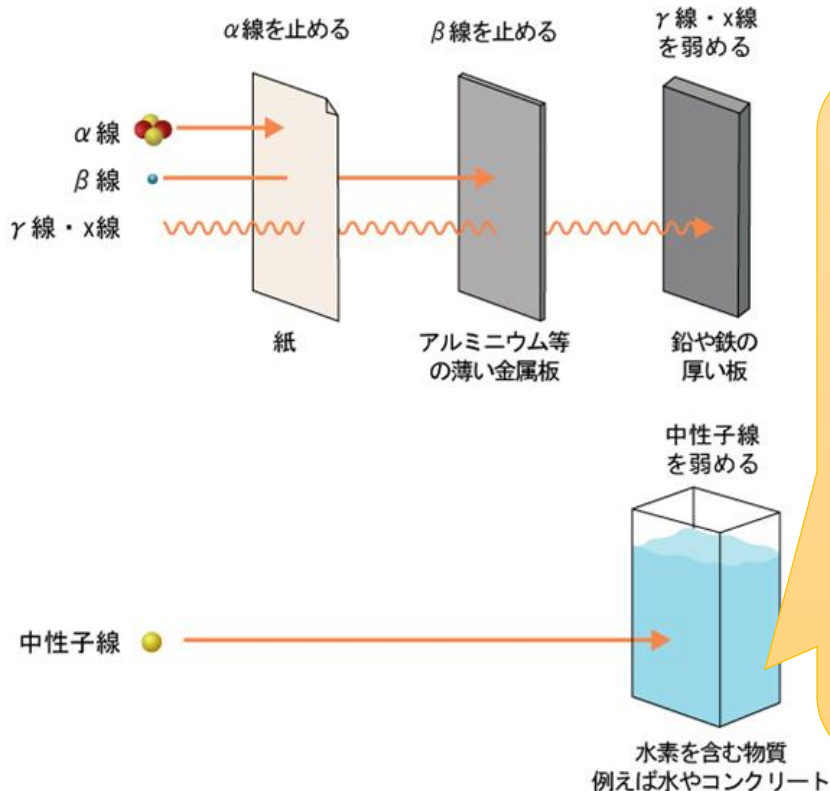


③ 近くにいる時間を短く (時間)



放射線の透過力

放射線は、いろいろな物質で遮ることができます



水素を多く含む物質が、
中性子線を遮蔽できる！



原発で水やコンクリートを多用する理由！

水が遮蔽と熱交換を兼ねている。

原子力発電所の建屋は、4つのコンクリート壁で、外部に出る放射線量を調整している。

1秒あたりの原子核の崩壊数 = 1秒当たりの放射線を放出する頻度



みんなのデータサイト作成

食品中の
放射性物質対策

基準値の計算の考え方 (1/2)

「年間1ミリシーベルト」→「一般食品1kg当たり100ベクレル」はどう算出？

1. 計算をする際の前提・仮定

- 飲料水については、世界保健機関(WHO)が示している指標に沿って、基準値を10ベクレル/kgとする。
→一般食品に割り当てる線量は、年間の線量1ミリシーベルトから、「飲料水」の線量(約0.1ミリシーベルト/年)を差し引いた約0.9ミリシーベルト/年(0.88~0.92ミリシーベルト/年)となる。
- 国内産の食品が、全ての流通食品中に占める割合を50%と仮定する。
※国内産の食品が基準値上限の放射性物質を含むとの仮定で基準値を算出。

あくまで計算のイメージ！

2. 線量 (ミリシーベルト) と、放射性物質の濃度 (ベクレル) の換算方法 (イメージ)

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline \text{線量} & = & \text{放射性物質} & \times & \text{摂取量} & \times \\ \text{(ミリシーベルト)} & & \text{の濃度} & & \text{(kg)} & \\ & & \text{(ベクレル/kg)} & & & \text{実効線量係数} \\ \hline \end{array}$$

1. の前提に基づいて、一般食品から受ける線量が割り当てた線量以下になるよう、一般食品1kg当たりの放射性物質の限度値を求める。

(例) <13~18歳 男性の場合>

$$\begin{aligned} 0.88 \text{ミリシーベルト} &= X \text{ (ベクレル/kg)} \times 374 \text{kg (年間の食品摂取量の50\%)} \times \\ X &= 120 \text{ (ベクレル/kg) (3桁目を切り下げ)} \end{aligned}$$

全ての対象核種の影響を考慮した実効線量係数
0.0000181

※成人のセシウム134の実効線量係数は0.000019、セシウム137は0.000013である等、核種によって実効線量係数は異なります。
このため、今回の基準値の計算では、各核種の食品中の濃度比率に基づき、全ての対象核種の影響を考慮に入れた実効線量係数を使って、限度値を計算しています。
※濃度比率は、各核種の半減期の違いにより経年的に変化しますが、今後100年間で最も安全側となる係数を用いています。
※以上の換算方法については、大まかな考え方を示しています。詳しい計算方法は薬事・食品衛生審議会資料をご覧ください。

厚生労働省ウェブサイト「食品中の放射性物質への対応」より作成

Bq（ベクレル）：放射能

一秒間に崩壊する原子核の数を表す

放射能＝より多く放射線を出す能力

Gy（グレイ）：吸収線量

計算のイメージがつかめれば、OK！

ターゲット 1kg あたりが、放射線から受けたエネルギー

J：ジュール kg：キログラム

$$Gy = \frac{\text{吸収されたエネルギー}[J]}{\text{放射線を受けた部分の質量}[kg]}$$

エネルギーの単位は複数あるが、すべてのエネルギーの単位の大本は、J(ジュール)から来ている。

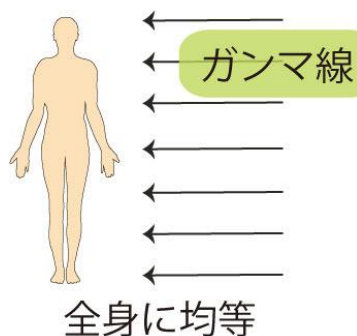
Sv（シーベルト）：等価線量 or 実効線量

計算のイメージがつかめれば、OK！

放射線の影響を考慮した線量の値。通常ミリシーベルト mSv を利用する。

臓器の違いなどを考慮せず全身に均等に影響を受けたと想定する、簡易的に等価線量で計算することが多い。

全身の影響を厳密に考える場合は、臓器などの部位を考慮に入れた実効線量で計算する



組織のグレイの値 : 1 グレイ
放射線加重係数 : 1 (ガンマ線)
組織加重係数 : 1 (全身なので)

$$1 \text{ グレイ} \times 1 \times 1 = 1 \text{ シーベルト (Sv)}$$

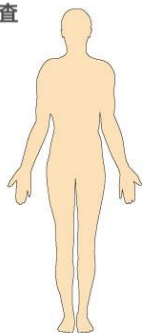
等価線量



排出放射性物質影響調査



排出放射性物質影響調査



シーベルト (Sv)

放射線が「人間」に与える健康影響を評価するための値

シーベルトの値 = 組織のグレイの値 × 放射線加重係数 × 組織加重係数

を全身の
組織で合計

放射線の種類による影響の違いを
ガンマ線を基準にして表した係数

- ・ガンマ線、ベータ線が1
- ・アルファ線が20
- ・中性子線が2.5～21

臓器などの組織別に放射線の影響の受けやすさを
表した係数

- ・骨髄、肺、胃、結腸、乳房、その他の組織が0.12
 - ・生殖腺が0.08
 - ・甲状腺、食道、肝臓、膀胱が各0.04
 - ・皮膚、骨表面、脳、唾液腺が各0.01
- (全ての組織の係数を足すと1 (全身) になる)

放射線を出す側

放射能の強さ※1

**ベクレル
(Bq)**

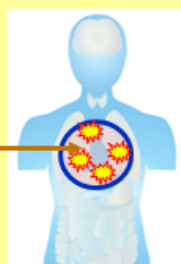


放射性物質

※1：1秒間に壊変する原子核の数

放射線を受ける側

吸収線量※2
グレイ (Gy)



放射線を受けた単位質量の物質が吸収するエネルギー量

$$\text{Gy} = \frac{\text{吸収されたエネルギー (J)}}{\text{放射線を受けた部分の質量 (kg)}}$$

※2：物質1kgあたりに吸収されるエネルギー（ジュール：J、1J≒0.24カロリー）、SI単位はJ/kg

放射線の種類による影響の違い

等価線量 (Sv)

臓器による感受性の違い

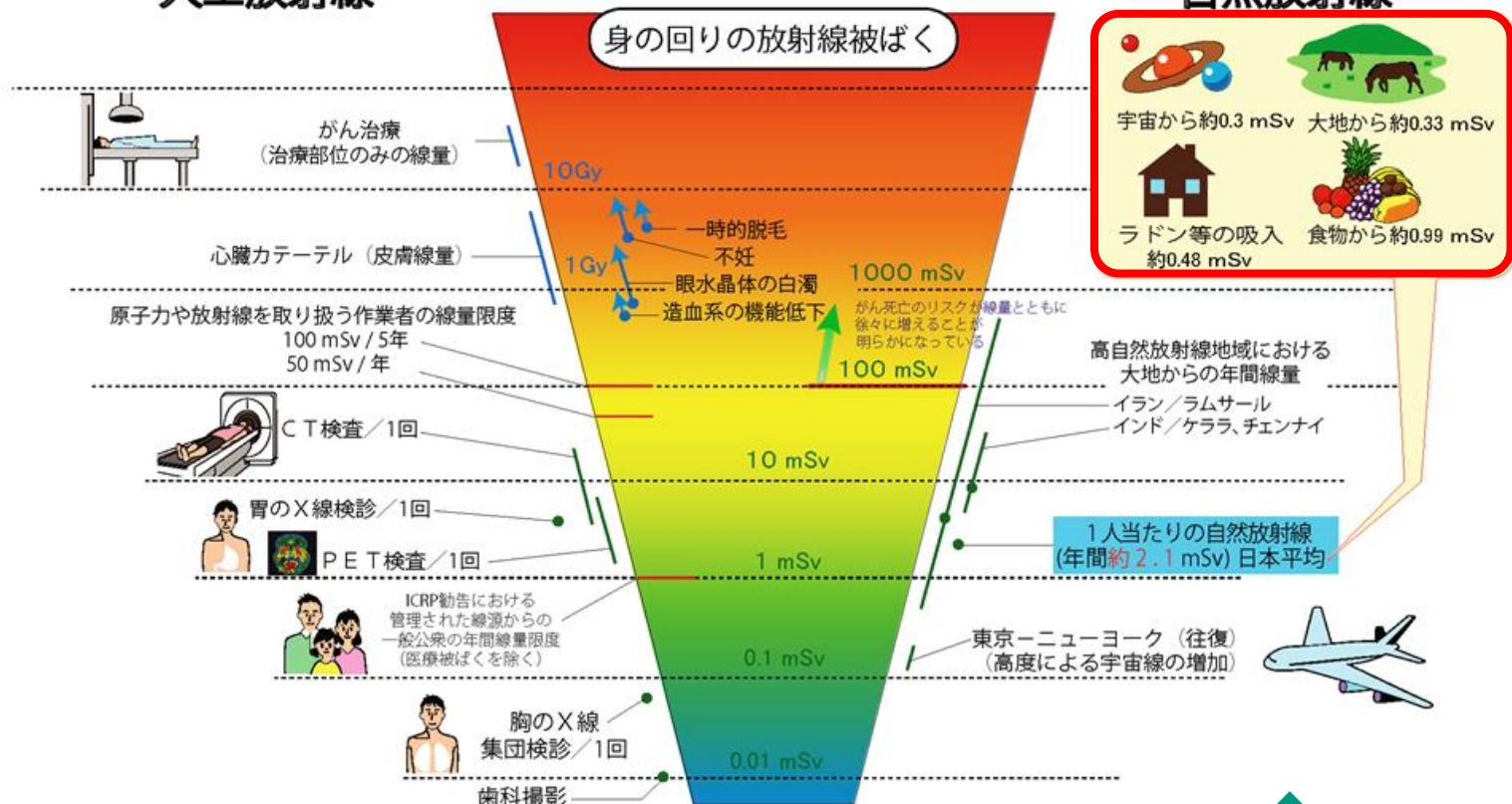
実効線量
シーベルト (Sv)

放射線の量を人体影響の大きさを表す単位

被ばく線量の比較（早見図）

人工放射線

自然放射線



出典：
・国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告書
・国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告
・日本放射線技師会医療被ばくガイドライン
・新版 生活環境放射線（国民線量の算定）等により、放射線医学総合研究所が作成（2013年5月）

環境省
Ministry of the Environment

mSv：ミリシーベルト

太古の大昔から変わらず、私たち人間は自然界から放射線を浴び続けています。

原子力の有無に関わらず、自然放射線は、空気・食べ物・物体などから、常に体の内外から受け続けています。

遮蔽の考え方に基づいた施策や管理区域にいる時間を制限することで、被ばくする線量を調整することができます。

基本的に線量を抑えれば、抑えられるほど良いという考え方です。

しかし、低線量の被ばくの場合は、逆に体の活性化を促す効果（放射線ホルミシス効果）があることはわかっていますが、この低線量域は未だに研究で説明されていない領域ですので、最新研究で説明されるまで、基本的には考えない方が良いでしょうと私は考えています。

『原子力＝原発 or 原爆』ではなく、非破壊で機械のひび割れを検査する非破壊検査や、核暴走がない核融合発電（実用研究中）、何をしていなくても線源から放射線と熱が発生する事から、その熱だけを利用する原子力電池など様々な用途があります。

メディアや政府は大嘘つきなので、むやみに恐れるのではなく、正しく情報を集め、正しく恐れることが必要です。