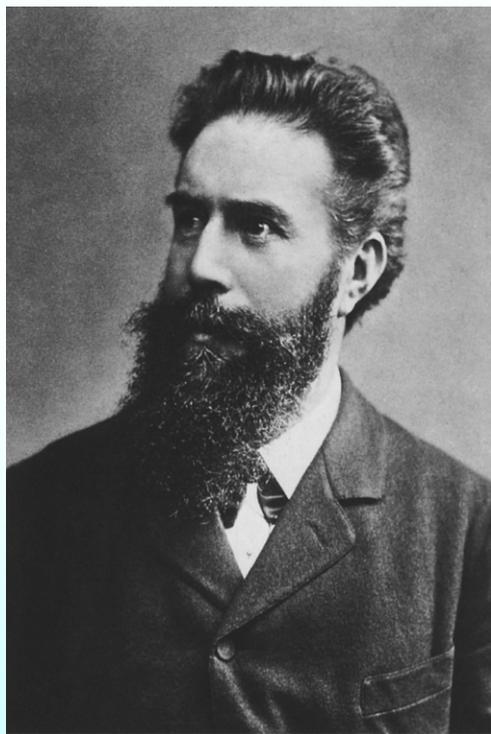


放射線について

エックス線の発見



レントゲン

1895年

放電の実験で偶然発見

第1回ノーベル物理学賞受賞



透視写真
診断への応用

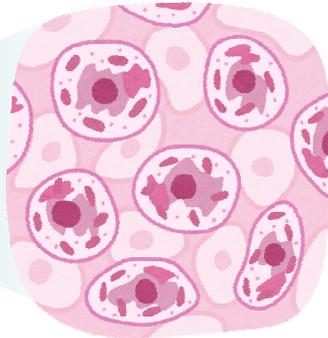
原子の大きさと構造

子供



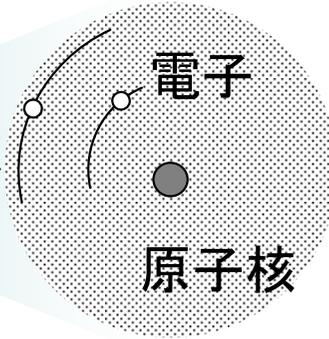
1m

細胞



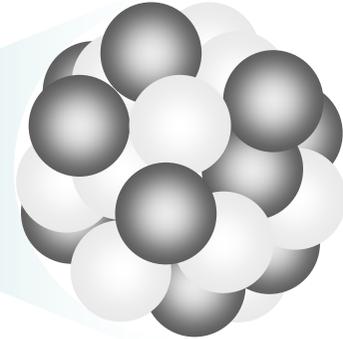
10万分の1m
(10^{-5} m, 10ミクロン)

原子



100億分の1 m
(10^{-10} m, 1オングストローム)

原子核



1000兆分の1m
(10^{-15} m, 1フェムトメートル)

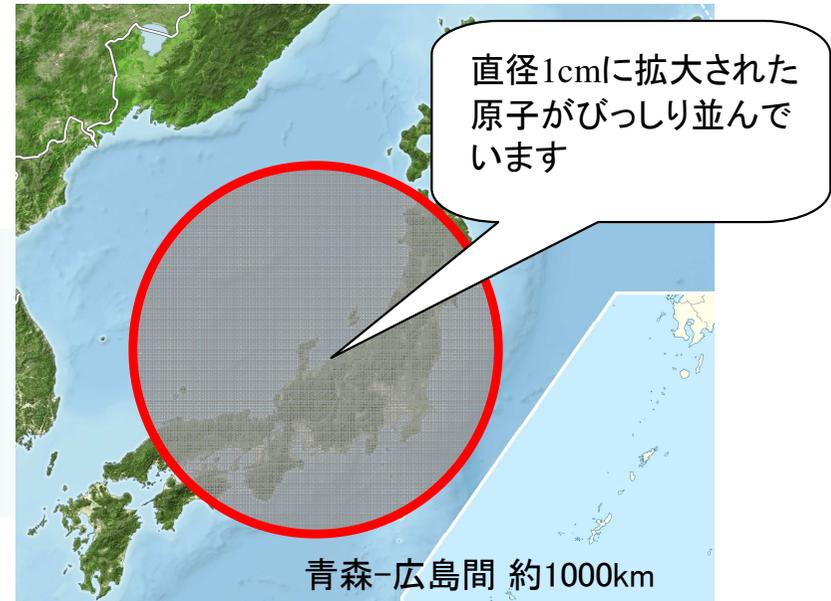
原子を直径1cmの大きさまで拡大すると...

1gの1円玉の中に、アルミニウムの原子が 2×10^{22} 個 (2百万個の一億倍のさらに一億倍) びっしりと詰まっています。



直径1cm

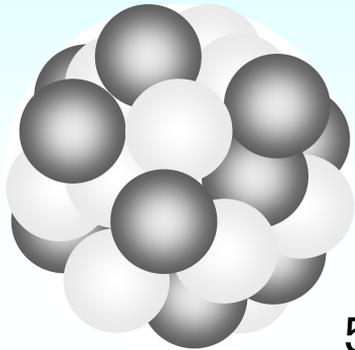
1億倍に拡大



1円玉は本州を覆うぐらいの大きさになる

原子の大きさと構造

原子核



$5 \times 10^{-15} \text{ m}$

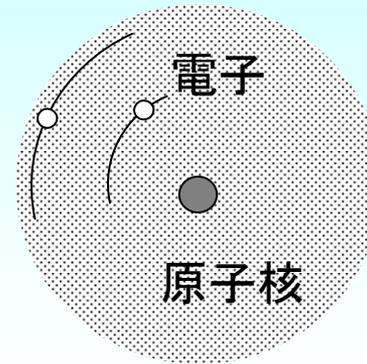


陽子



中性子

10^{-15} m (fm)



原子

$\sim 10^{-10} \text{ m}$
(1 Å)

原子核を1円玉の大きさまで
拡大すると...



$1 \times 10^{-2} \text{ m (1cm)}$

2×10^{12} 倍に拡大

原子は東京ドームぐらいの
大きさになる

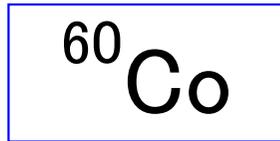
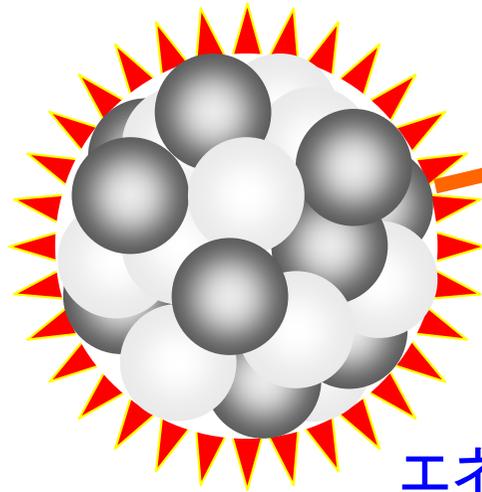


200m

1cmの一円玉は $2 \times 10^7 \text{ km}$ となり、
 $1.4 \times 10^6 \text{ km}$ の太陽より大きくなる

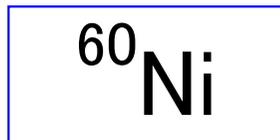
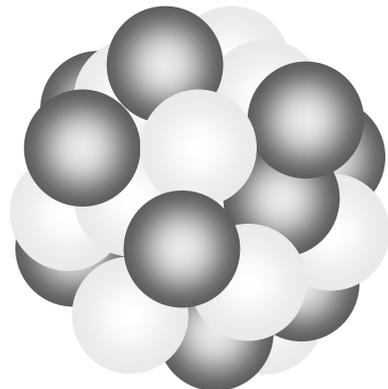
放射線の正体

不安定な原子核 (放射性同位元素)



エネルギーをはき出して
安定になります

安定な原子核へ



別の元素に変化する!

錬金術師が煮ても焼いても変化
しなかった原子が自然に変化する!

放射線(エネルギーの運び手)は
粒子又は光の仲間です。

放射線



アルファ線

アルファ粒子
(ヘリウムの原子核と同じ物)



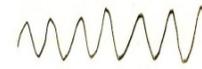
ベータ線

電子



中性子線

中性子



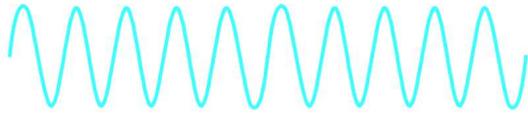
エックス線
ガンマ線

光子
(電磁波、光の仲間)



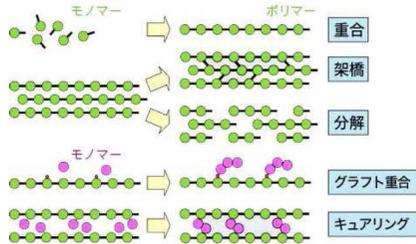
エネルギー 大

ガンマ線、エックス線



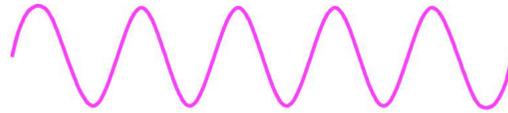
電離作用

原子核
電子
放射線



エネルギーの大きいガンマ線やエックス線は、物体の中を突き抜けていき、その途中の原子の周りの電子を弾き飛ばす働きがあります。この力を使って、注射器などの医療用の器具を滅菌したり、様々な機能を持った高分子化合物を作ったりすることが出来ます。

紫外線

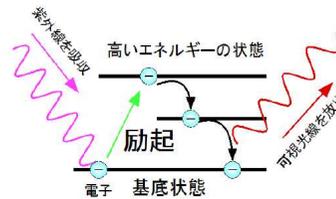


UVC はオゾン層で吸収されるため地表には届かない。

< 太陽光線の種類 >

200	280	320	400	760	nm
UVC 短波長紫外線	UVB 中波長紫外線	UVA 長波長紫外線	可視光線	赤外線	

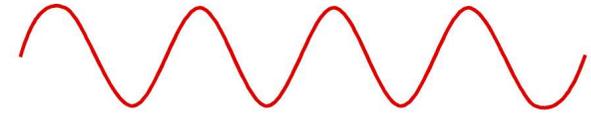
1nm (ナノメートル)=100万分の1mm



可視光線よりも少しエネルギーの高い紫外線は、目には見えませんが、物体の中の電子に少しだけエネルギーを与えて「励起(れいき)」させることが出来、日焼けの原因になったり、「UVレジン」と言う接着剤を固めてアクセサリーを作ったり、ウランガラスなどの蛍光体を光らせることが出来ます。

エネルギー 小

可視光線



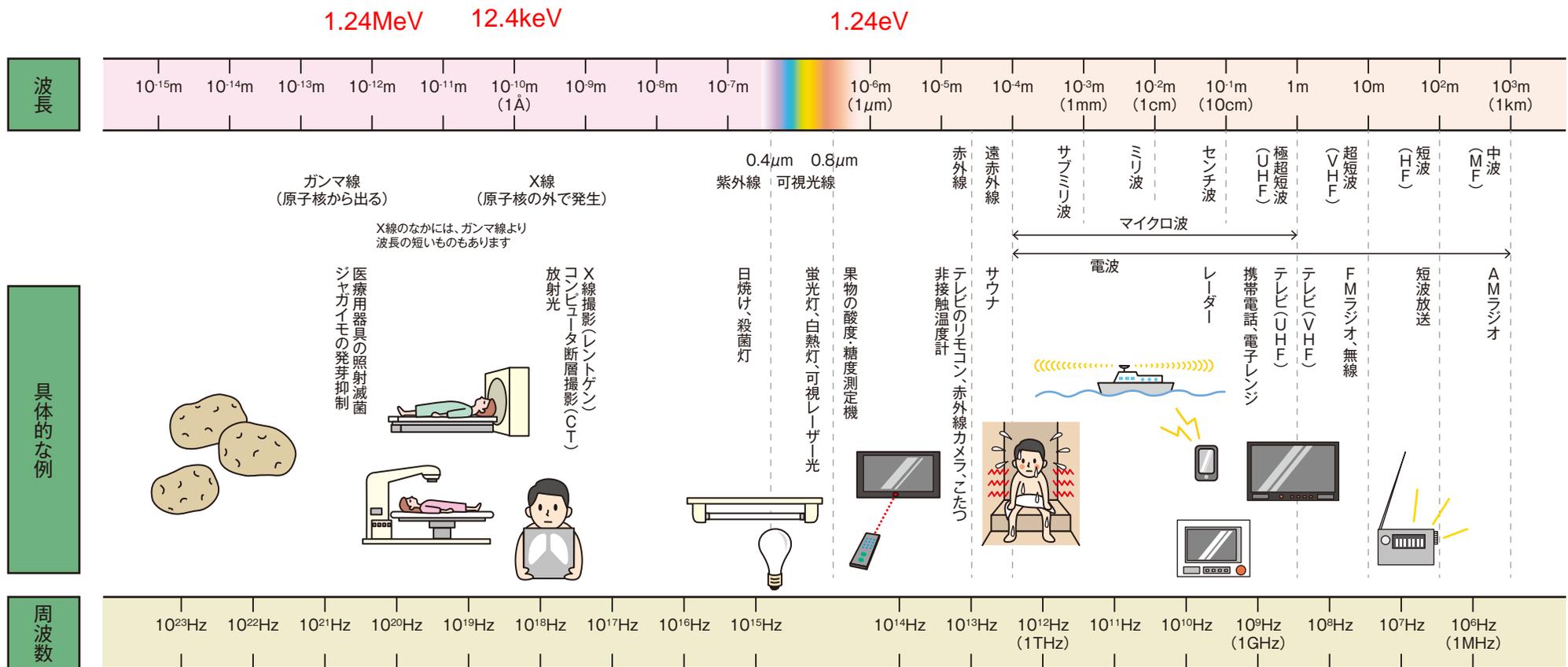
CO₂ → O₂

H₂O

目で見える光、可視光線は波長が長くエネルギーの低い赤から、波長が短くエネルギーの高い紫までの間で、虹の七色のように見え方が異なります。光も電磁波の一種ですから少し電子を励起して、写真フィルムを感光させたり、太陽光発電を行ったり、植物の葉緑体の中で光合成を行うなどのパワーを持っています。波長(波の長さ)と位相(波の位置)の揃った光のことを、レーザー光線と言い、強度(波の高さ)がとても強く、遠くまでまっすぐ飛ぶなどの性質があります。

電磁波の仲間

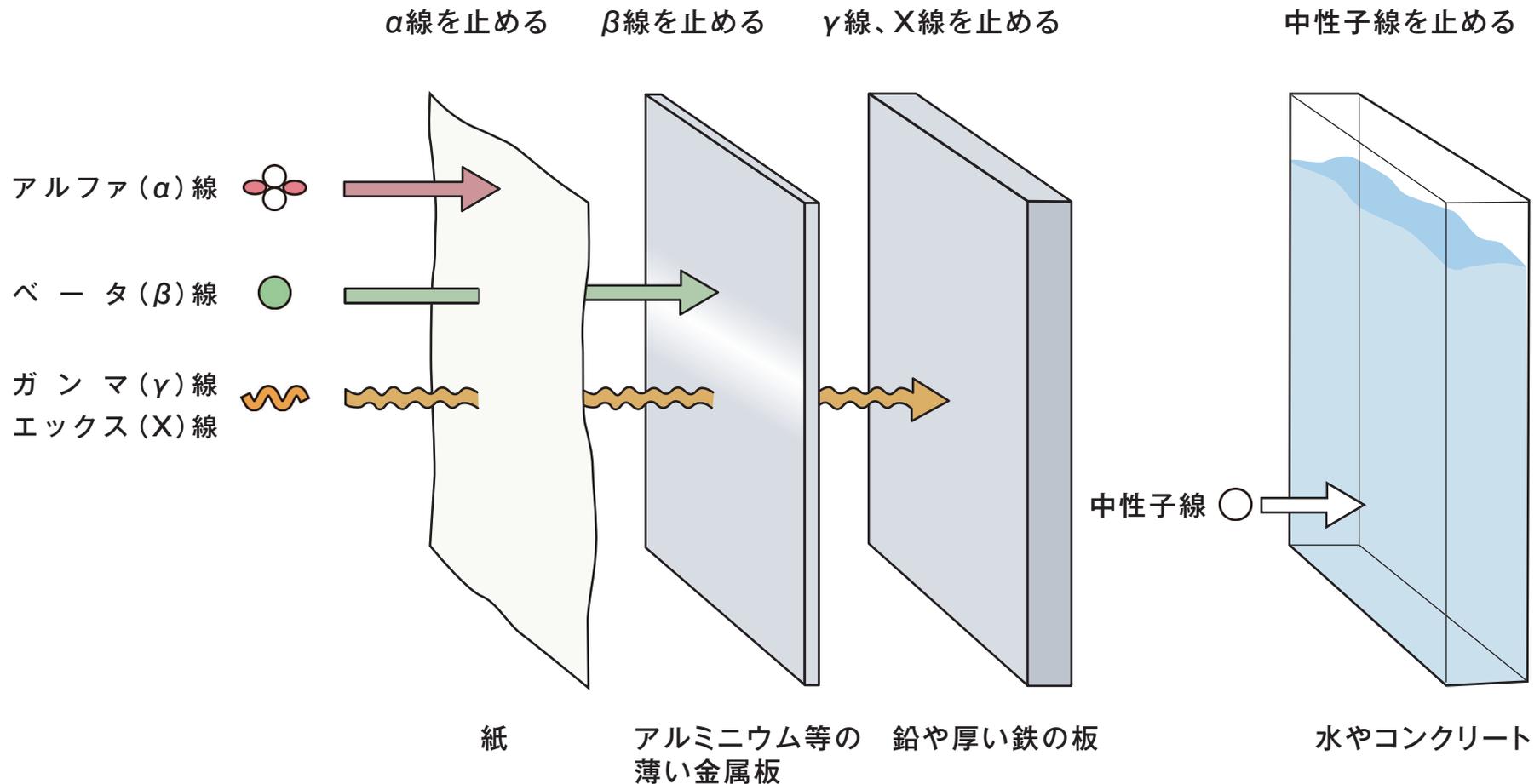
光子のエネルギー $E \approx 1240 / \lambda$ [eV], λ : 波長[nm]



線、X線は光・電磁波の仲間ですが、とても波長が短く、エネルギーが高いため、物質を透過したり、原子の周りを回っている電子を弾き飛ばして様々な影響を与えます。

放射線の種類と透過力

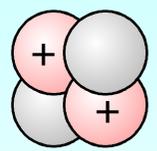
線は紙一枚で止まってしまうますが、逆に言うと紙一枚の厚さの範囲に持っているエネルギーを全部一気に放出してしまうため、体の中で線を出されるととても影響が大きくなります。



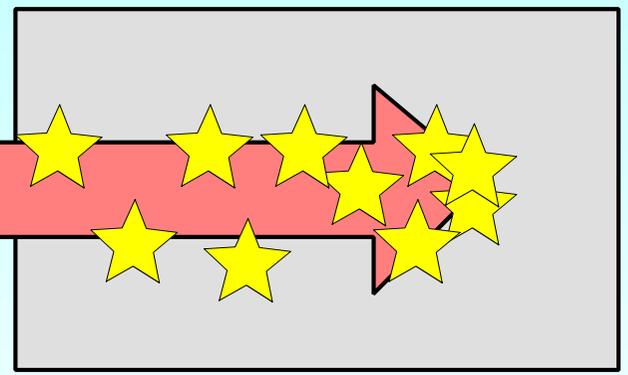
線は水の中(=体の中)を最大で2mm弱進むことが出来、細胞から見ると比較的広い範囲にエネルギーを落としていき、また体の外から来た場合はほとんど皮膚で止まります。

線は透過能力は高く、遠くから飛んできて体の中までやってきますが、逆に体内で放出されてもほとんど素通りしていきます。

アルファ
α線



ヘリウムの
原子核



狭い範囲に一気に
エネルギーを放出します

★
放射線がエネルギーを
物質に与えたところ
(電離、励起など)

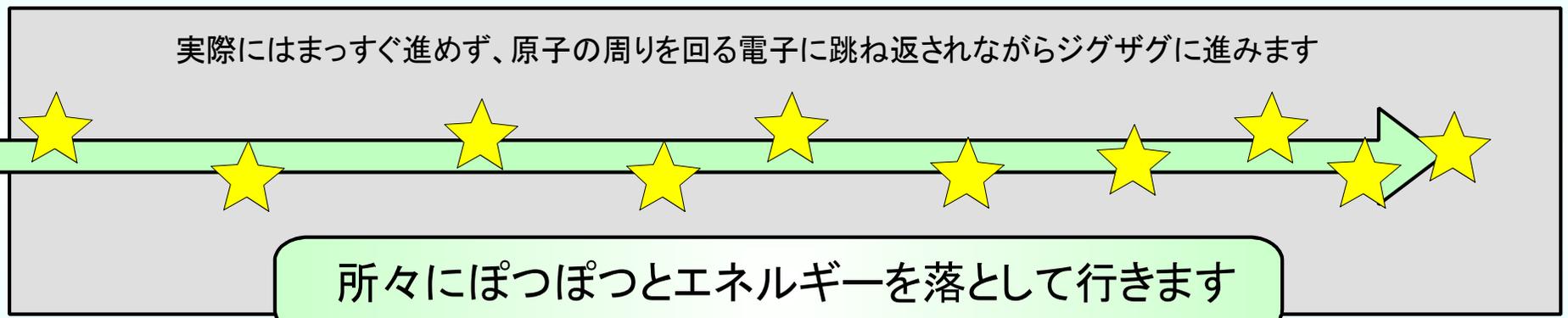
水の中では数十μm程度、空気の中でも数cmしか飛ばず、紙一枚で止まってしまうますが、その範囲に一気にエネルギーを放出します。

ベータ
β線



電子

ヘリウムの原子核の7000分の1の重さしか有りません



実際にはまっすぐ進めず、原子の周りを回る電子に跳ね返されながらジグザグに進みます

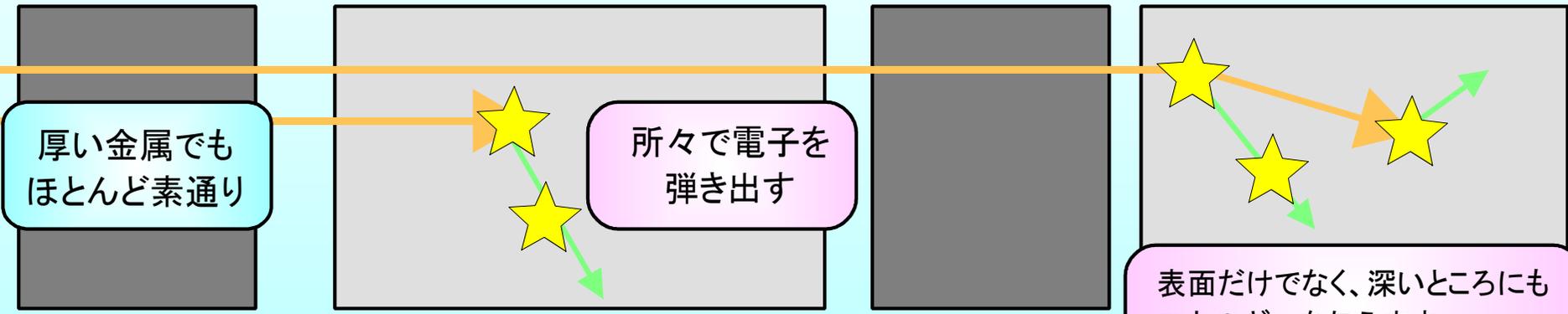
所々にぽつぽつとエネルギーを落として行きます

水の中でも1cm程度、空気の中では数m飛んでいき、少しずつしかエネルギーを落としません。

ガンマ
γ線

波長の短い
光の仲間

プラスやマイナスの電気を持っていないため、ほとんど素通りしていきます



厚い金属でも
ほとんど素通り

所々で電子を
弾き出す

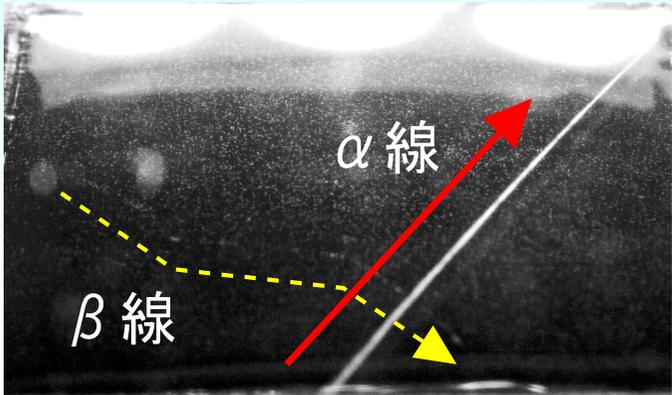
表面だけでなく、深いところにも
エネルギーを与えます。

弾き出された電子は、β線と同じように振る舞います

放射線の種類によって影響が違います

同じエネルギーの放射線を吸収した場合でも、**アルファ線**と、**ベータ線**、**ガンマ線**とでは、**20倍**も影響の大きさが違います。

相互作用の違いを反映



体内の放射能
*体重60kgの日本人

1年間に被ばくする実効線量

カリウム-40:
4,000 ベクレル



0.17 ミリシーベルト

β・γ線のみ

ポロニウム-210:
20 ベクレル



0.80 ミリシーベルト

α線を放出

体の中に放射性物質を取込む「内部被ばく」の場合は、化学的性質による排出のされやすさ、どの臓器に溜まりやすいかなどの危険性も加味されます。

非常に怖いと言われる
プルトニウム-239は
α線を放出します

生活の中でどれくらい被ばくしているの？

歯科レントゲン撮影1回:
10 μ Sv



0.01mSv
(10 μ Sv)

胸部レントゲン撮影1回:
50 μ Sv



0.1mSv
(100 μ Sv)

胃がん検診1回:
600 μ Sv



ICRP 1990/2007年勧告
一般公衆への追加線量限度
年間 1mSv

CTスキャン1回:
数mSv



1mSv



国内線の飛行機1回:
3 μ Sv程度

国際的な免除レベル:
10 μ Sv/年

無視可能個人線量とも呼ばれ、これ以下となる発生源の管理を免除するという考え方。クルックス管からの被ばく線量はこの値以下とする事を目標としている。

自然放射線による
1ヶ月の 外部被ばく線量:
50 μ Sv(全国平均)
(0.07 μ Sv/h 程度)



国際線の飛行機での
欧米への旅行1回:
100-200 μ Sv



日本人が特有に持っている20Bqのポロニウム210による年間被ばく線量: 800 μ Sv

イランのラムサール地方やインドのケララ地方などでの大地からの年間被ばく線量:
~10mSv

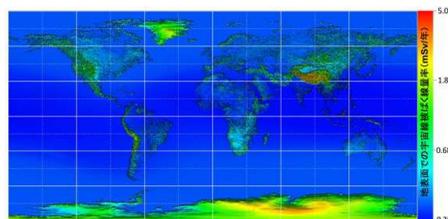
排水濃度限度
(60,000 Bq/L) の
トリチウムを含む水を
1L 飲んだときの
預託線量: 1.1 μ Sv



*トリチウムの
実効線量係数(経口):
1.8 $\times 10^{-8}$ mSv/Bq

ランタンのマントル* を
1時間体に貼付ける:
全身 1 μ Sv (γ 線)
皮膚 10 μ Sv (β 線 + γ 線)

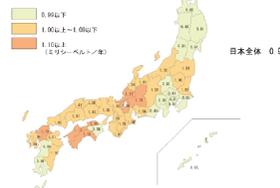
*トリウム使用のサウスフィールド ハイパワー-DXマントル



年間の宇宙線量の世界平均と
日本平均の差:
50 μ Sv(日本の方が小さい)

全国自然放射線量

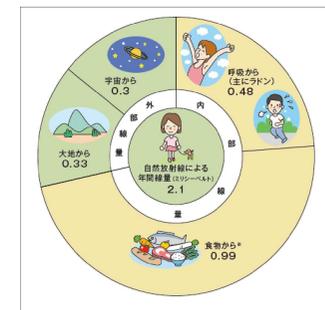
宇宙、大地からの放射線と食物摂取によって受ける放射線量(ラドン等の吸入によるものを除く)



年間の平均外部線量が最も
高い岐阜県と最も低い神奈
川県の差: 380 μ Sv



世界平均と日本平均での
ラドンによる年間被
ばく量の差:
800 μ Sv
(日本の方が小さい)



自然放射線による
年間の被ばく線量
日本平均 2.1mSv
世界平均 2.4mSv

自然放射線から受ける線量

一人あたりの年間線量(日本平均)

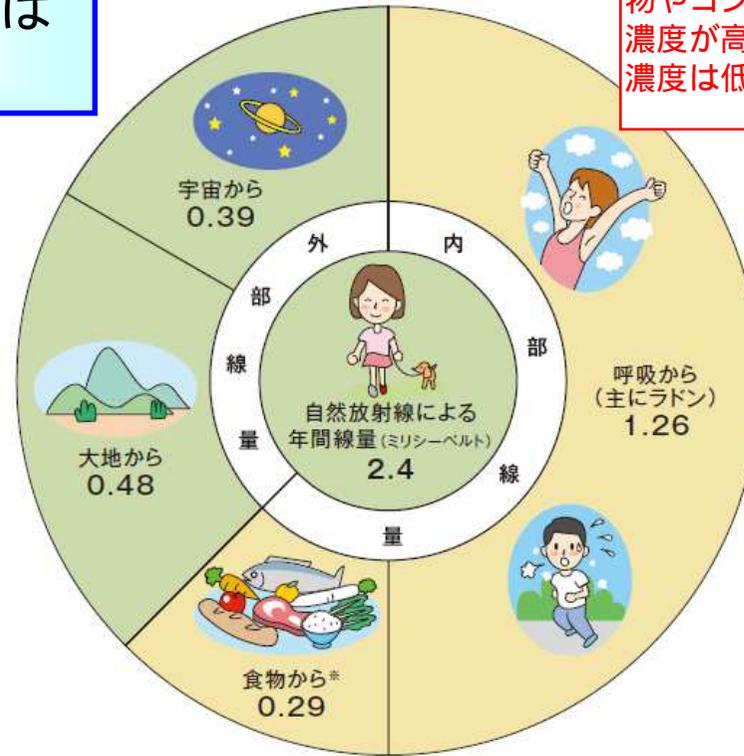
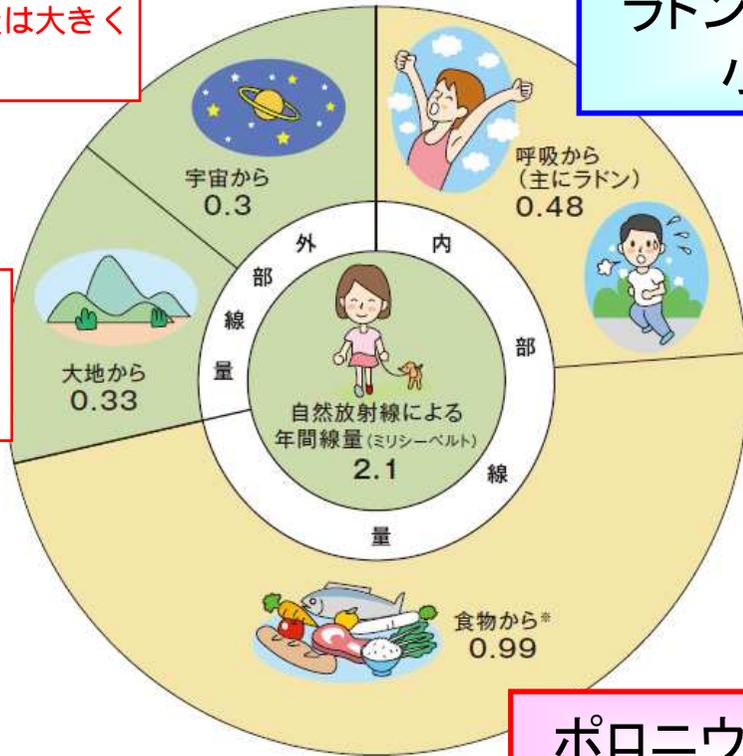
一人あたりの年間線量(世界平均)

緯度が高いほど、また標高が高いほど、宇宙線の量は大きくなります

地域によって大地からの放射線量も大きく異なります。

ラドンの影響は小さい

ラドンは、岩石に含まれるウランやトリウムが崩壊して出来るので、石造りの建物やコンクリートの建物で濃度が高く、木造建築では濃度は低くなります。



ポロニウムの影響が大きい

小魚の骨などに多く含まれるポロニウム-210を日本人は20ベクレルだけ持っています。たった20ベクレルが年間0.8ミリシーベルトにもなります。

※欧米諸国に比べ、日本人は魚介類の摂取量が多く、ポロニウム210による実効線量が大きい

宇宙からの放射線

大気で地球上の生物は守られている

太陽から帯電した粒子が大量に放出されています。
地球の磁場に捉えられた一部がオーロラとして観測されます。

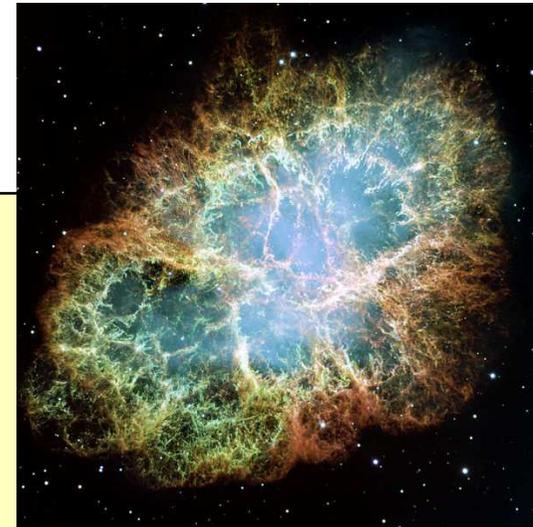


アラスカ、フェアバンクスで観察されたオーロラ

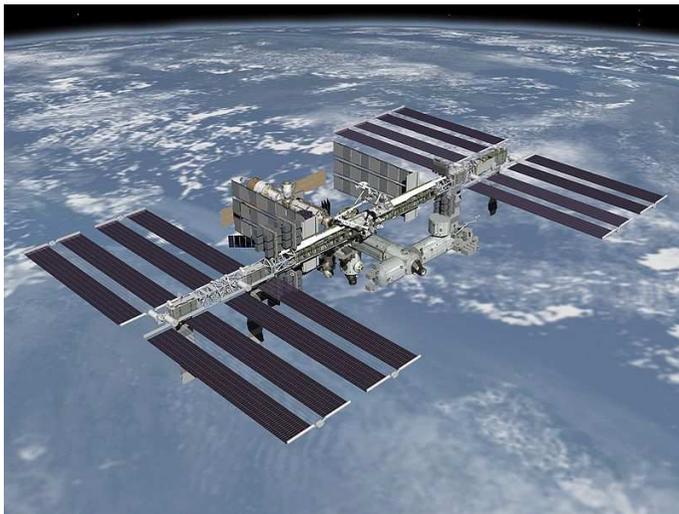
CERN の LHC 加速器でも数 TeV(10^{12} eV)程度。

超新星爆発などで発生した非常にエネルギーの高い ($\sim 10^{20}$ eV) **銀河宇宙線**も飛んできています。上空で大気とぶつかって核反応により**放射性核種の生成**が起きています。

(一年間に C-14: 10^{15} Bq(1PBq), **H-3 (トリチウム)**: 7×10^{16} Bq(70PBq) 程度が生成されています)



おうし座のかに星雲。
超新星爆発の残骸。



国際宇宙ステーション ISS の完成予想図

大気で遮蔽されていない上空では放射線量が増加します。
欧米への飛行機での往復で100~200 μ Sv程度被ばくします。
宇宙ステーション (ISS: 高度400km) では、1日当たり0.5~1mSv程度にもなります。

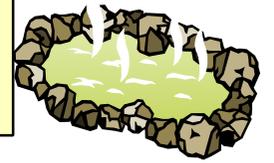
大地からの放射線

ウランは地殻中でありふれた元素



花崗岩

地中の岩石の中には少しずつウランが含まれていて、平均で1トンあたり2.4g、花崗岩には11gも含まれていて、140kBqに相当します。ウランの娘核種もまた放射線を出して別の放射性核種となる、壊変系列を形成しています。



ラドン温泉

地球の内部が暖かく、温泉が出るのも、地球の内部の放射性物質の崩壊によるエネルギーだと言われています。



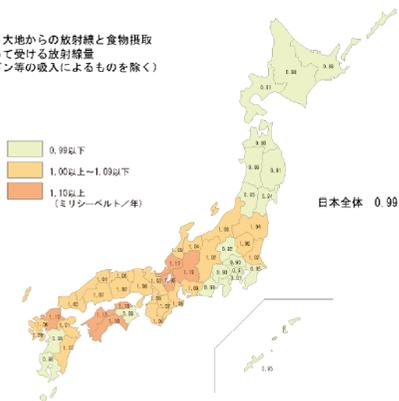
トンネルの中は周囲を岩石に囲まれてるため地表よりも放射線量が高くなります。

(東名高速の日本坂トンネルで0.13 μ Sv/h など地表の倍程度)

壊変系列の中に気体の放射性核種、ラドンが含まれていて、石の中から出てきて空気中を飛んでいます。これが肺の中で α 線を放出して内部被曝を起こします。

全国自然放射線量

宇宙、大地からの放射線と食物摂取によって受ける放射線量(ラドン等の吸入によるものを除く)



世界には日本よりはるかに自然放射線量が高い(年間10mSv以上)地域があります。国内でも岩盤が多く露出している地域では比較的放射線量が高く、火山灰で覆われている地域などは低く、県単位の比較でも年間で300 μ Sv程度異なります。

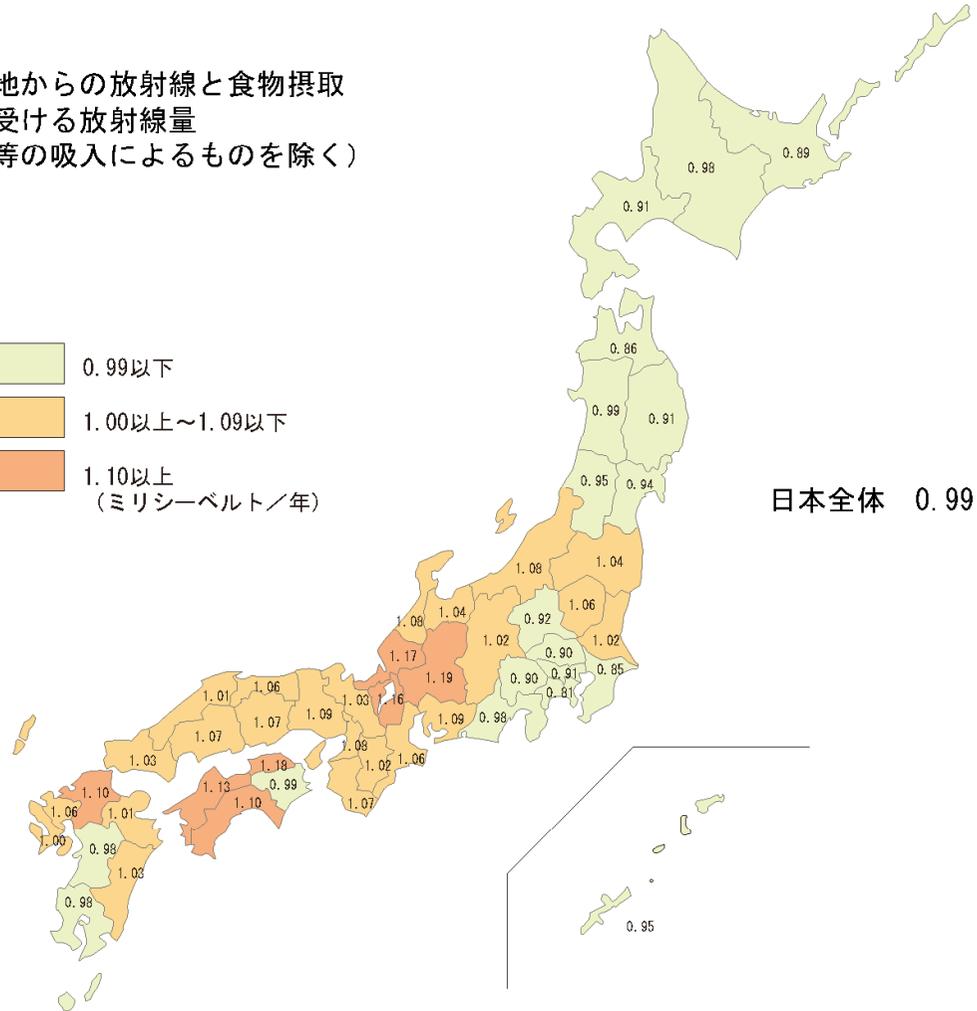


ピサの斜塔

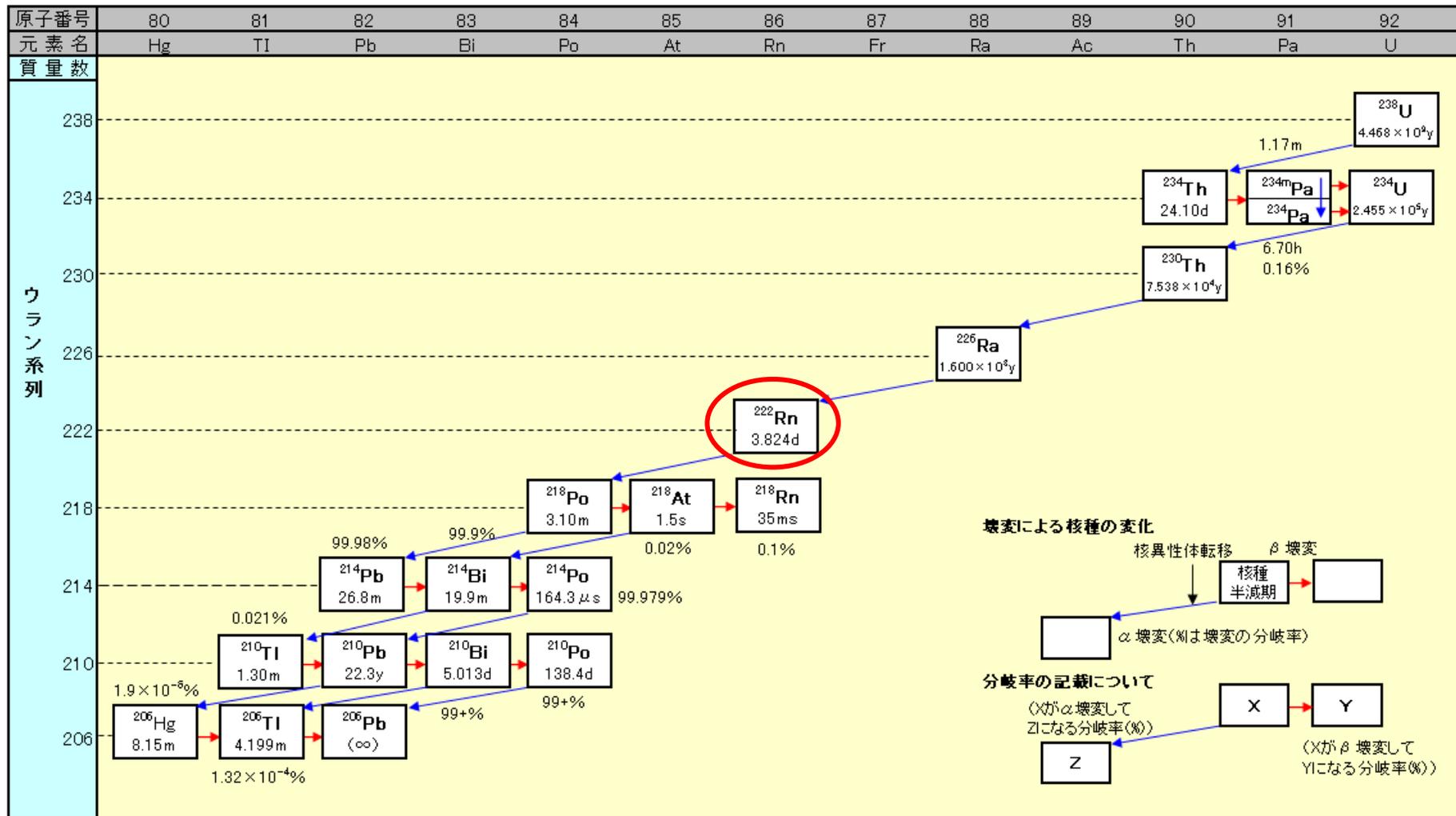
イタリア・ピサの大聖堂

全国の自然放射線量

宇宙、大地からの放射線と食物摂取
によって受ける放射線量
(ラドン等の吸入によるものを除く)



放射壊変系列 1: ウラン系列 (4n+2)

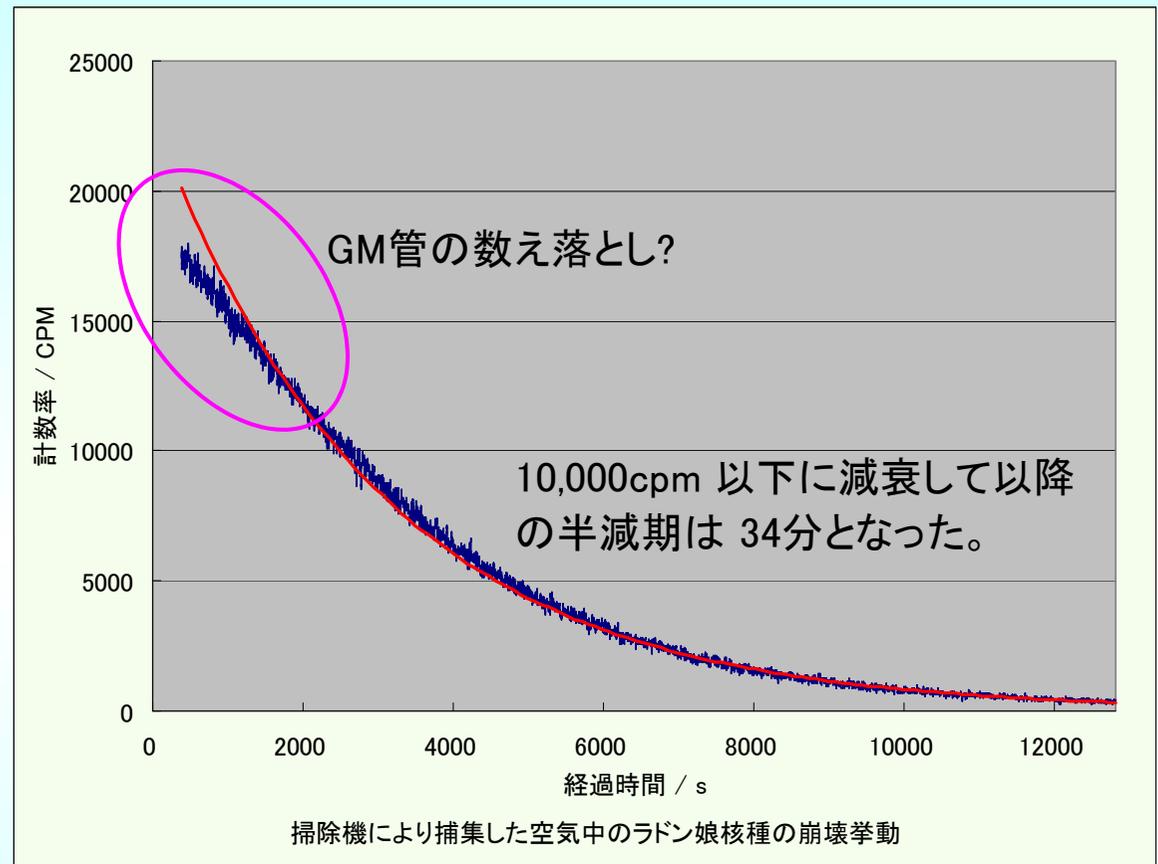


半減期の記号;s(秒), ms(10⁻³秒), μs(10⁻⁶秒), m(分), h(時), d(日), y(年)

図1-1 天然放射性核種の壊変系列図(ウラン系列)(1/4)

[出典] 国立天文台(編):理科年表 2010年版、丸善(2009年10月)、p.468-469

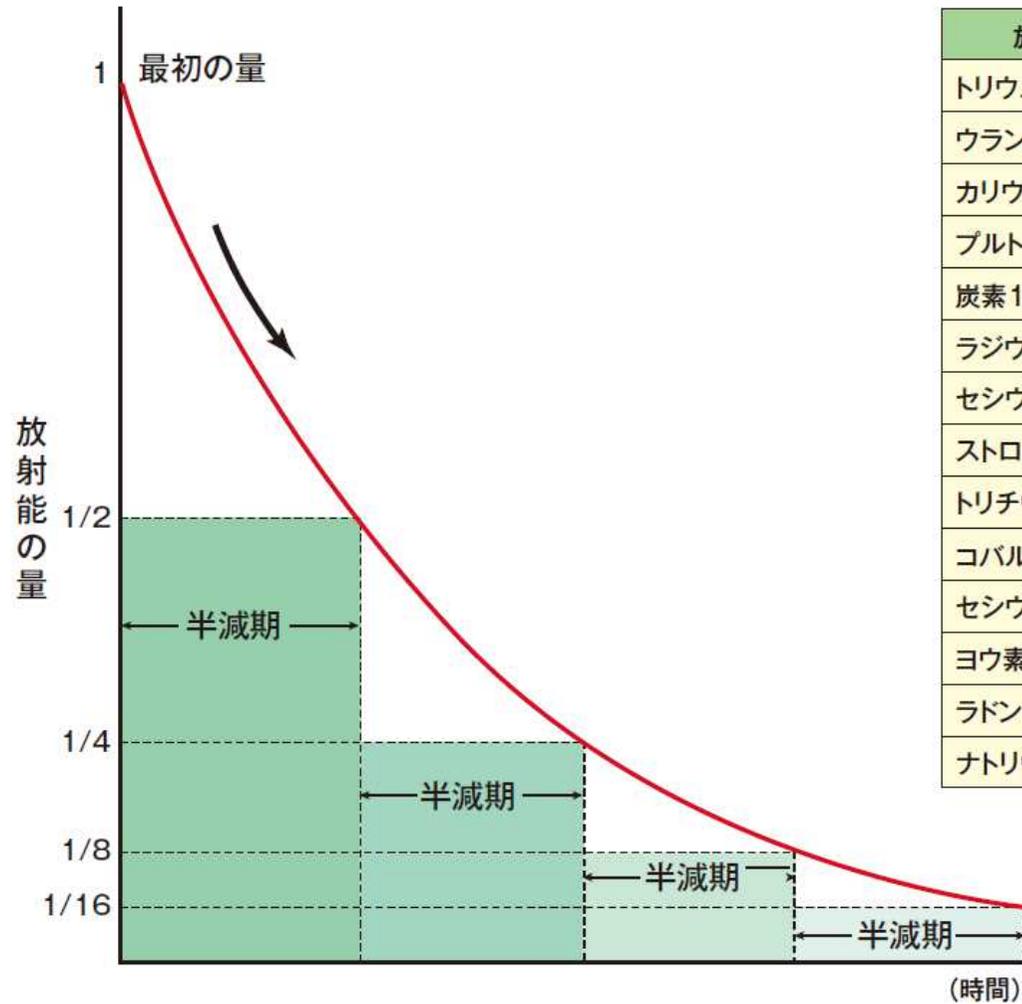
空気中のラドン娘核種の崩壊挙動



半減期30-40分程度で授業時間内での減衰挙動の評価が可能であり、最も身近でかつ強力な線源として使用が可能。多くの方がエアダストサンプラーの模倣から目の詰まったろ紙のようなフィルターを使用しているが極めて効率が悪く、ベンコットのようなガーゼを利用することで5分程度で十分な強度の線源を捕集可能。

極めて条件がよい場合、インスペクターUSBで 17,000cpm 越えという、マントル線源に匹敵する強度の線源を作り出すことも可能である。

放射能の減り方



放射性物質	放出される放射線*	半減期
トリウム232	$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$	141億年
ウラン238	$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$	45億年
カリウム40	$\beta \cdot \gamma$	13億年
プルトニウム239	$\alpha \cdot \gamma$	2.4万年
炭素14	β	5,730年
ラジウム226	$\alpha \cdot \gamma$	1,600年
セシウム137	$\beta \cdot \gamma$	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	$\beta \cdot \gamma$	5.3年
セシウム134	$\beta \cdot \gamma$	2.1年
ヨウ素131	$\beta \cdot \gamma$	8日
ラドン222	$\alpha \cdot \gamma$	3.8日
ナトリウム24	$\beta \cdot \gamma$	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

食品からの放射線

福島事故以前から
含まれる放射能



カリ肥料

天然のカリウム1gには30BqのK-40が入っています。カリウムは作物に、そして人間にとっても必須の元素の一つです。昆布や椎茸、キュウリなどに沢山含まれており、人間の体の中にも体重60kgで4000BqのK-40が含まれていて一年間で170 μ Sv被曝しています。

60kgの日本人の体の中にはおよそ20BqのPo（ポロニウム）-210と言う放射性核種が含まれています。K-40が β 線/ γ 線を放出するのに対して、このPo-210は α 線を放出するため、内部被曝量は年間で800 μ Svにもなります。



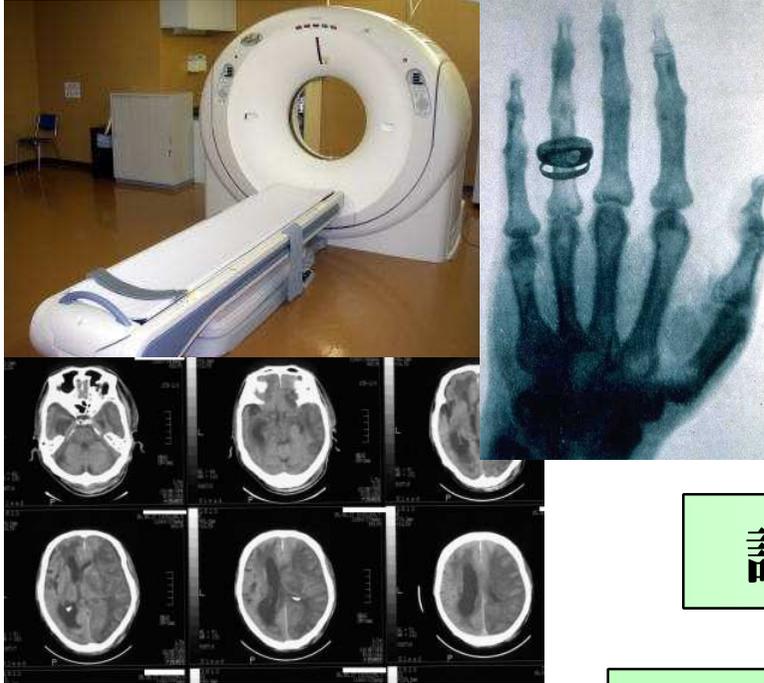
タバコ1本には0.024BqのPo-210が含まれており、一日一箱の喫煙で年に100 μ Sv被曝します。

医療での放射線

先進医療により
被曝線量は増える

胸のX線検診で $50 \mu\text{Sv}$
胃のX線検診で $600 \mu\text{S}$ 、
CT スキャンでは **数mSv**

被曝によるリスク \leftrightarrow ケガ 病気のリスク
どちらが大きいかをよく考える必要があります。
★100mSv でガンによる死亡率 0.5% 上乗せ



診察だけでなく、「治療」にも放射線が使われています

多方向からの照射や画像誘導でのピンポイントの照射
甲状腺ガン: 3.7~7.4GBqの大量のヨウ素-131を投与

体の奥の手術が難しいガン:
加速器からの**イオンビーム**で
特定の深さを集中攻撃

広範囲に分散したガン:
ホウ素を取込ませた癌細胞に
中性子をあてる

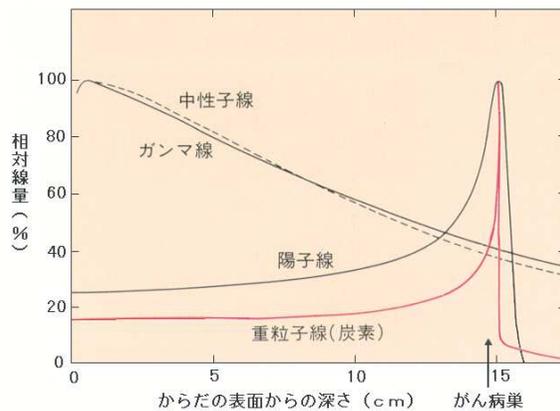
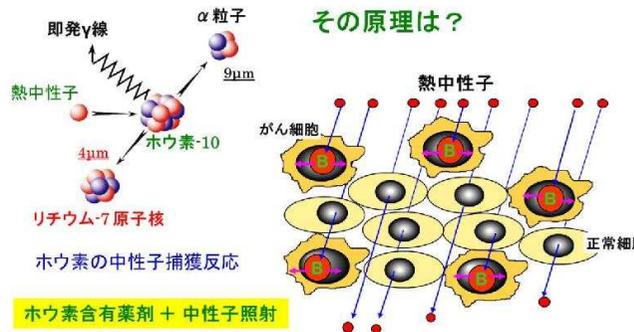


図2 重粒子線照射治療の利点(2)

この図では深さ約15cmのところにおいて最大線量となり、がん病巣に大きな線量を与えることができる。深さは調節できる。

【出典】放射線医学総合研究所：重粒子線がん治療装置HIMAC、1995年8月

ホウ素中性子捕捉療法
Boron Neutron Capture Therapy (BNCT)



ホウ素含有薬剤 + 中性子照射

東京電力福島第一原子力発電所から放出予定のトリチウム 年間22兆ベクレルって、凄い量なんじゃ無いの？

まず、大きな量を表わすときは、 $100=10^2$ というように10の何乗か、で表わしたり、接頭辞で省略したりします ($10^6 = \text{M}$ (メガ), $10^9 = \text{G}$ (ギガ), $10^{12} = \text{T}$ (テラ), $10^{15} = \text{P}$ (ペタ), $10^{18} = \text{E}$ (エクサ))。22兆ベクレル(以降Bqと表わします)は、 $22,000,000,000,000 \text{ Bq} = 2.2 \times 10^{13} \text{ Bq}$ (22 TBq) です。

一方で、自然界の宇宙線によって $7 \times 10^{16} \text{ Bq}$ (70 PBq) 程度が毎年生成されています。この量は福島で予定されている年間放出量の3000倍以上の量になります。

核実験などの前の自然の状態では地球全体で $1 \times 10^{18} \text{ Bq}$ (1 EBq) 程度が存在していて、新しく生成する量と12.3年の半減期に従って崩壊する量が釣り合った状態になっていました。

世界中で稼働している原子力施設から、例えば中国の秦山第3原発からは約143 TBq, フランスのラ・アーク再処理施設からは約 10 PBq が毎年放出されています(経産省資料による)。

さらに、1960年代に世界中で行われた大気中核実験により、合計で $2 \times 10^{20} \text{ Bq}$ (200 EBq) 程度が放出されていて、降水中のトリチウム濃度は最大で 100 Bq/L にもなっていたことがありました。世界中の人や動物、魚がその環境で過ごしてきています。現在でも核実験前の値(0.01Bq/L 以下)よりも高い濃度(0.5 Bq/L 程度)で、少しずつ減衰しています。

これらの量と比べて、多いのか、少ないのかを考える必要があります。

トリチウムを取込んで内部被ばくするとどの程度の影響なの？

トリチウムは半減期12.3年で、水素の同位体であるため水などの形で体内から排出されやすい核種です。そして、**18.6 keVのβ線**だけを放出します。これは他の放射性同位元素から放出される放射線よりもはるかにエネルギーが低く、**同じ1ベクレルの放射能からでも受けるダメージが非常に低い事が知られています。**

1ベクレルの放射性物質を体内に取込んだ際に、それ以降50年間(子供は70年間)に受ける影響を全部足し合せて実効線量が何シーベルトになるのか、と言う値が**実効線量定数**として核種ごとに求められています。

トリチウムの実効線量定数は、飲み物や食べ物と共に水の形で経口摂取した場合で 1.8×10^{-8} mSv/Bq という値になっています。ストロンチウム90で 2.8×10^{-5} mSv/Bq、セシウム137で 1.3×10^{-5} mSv/Bq とおよそ**1000倍程度の違い**があります。

トリチウムの排水中の濃度限度は 60,000 Bq/L ですが、**この濃度のトリチウム水1Lを飲むとどの程度の被ばく線量になるか**というと、 $6 \times 10^4 \text{ Bq} \times 1.8 \times 10^{-8} \text{ mSv/Bq} = 1.08 \times 10^{-3} \text{ mSv} = 1.08 \mu \text{ Sv}$ になります。さらに、福島第一原子力発電所では排水濃度限度の1/40に薄めて放出する予定になっています。

ストロンチウム90の場合は 546 keV と 2.28 MeV のβ線、

セシウム137の場合は 514 keV と 1.18 MeVのβ線と 662keV のγ線を放出し、半減期はどちらも約30年です。

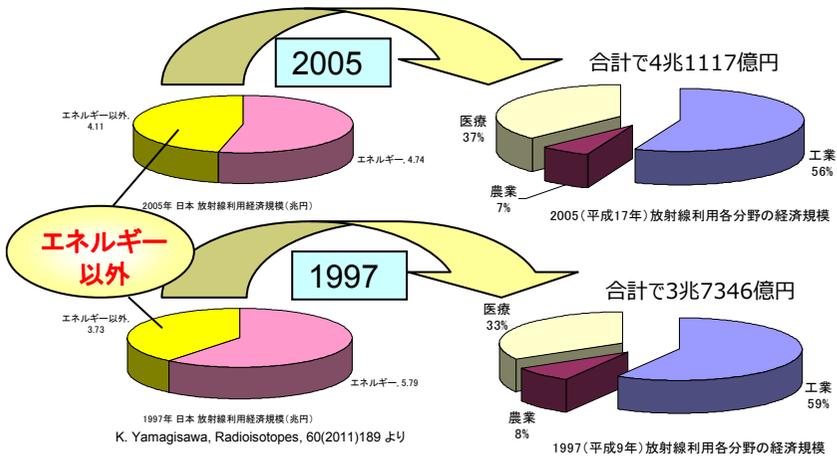
この値は厳密な最終結論のような値では無く、今後様々な研究によりより精度が高められていきますが、放出される放射線の種類と、エネルギーや放出確率、物理的半減期、生物的半減期、特異臓器集積と組織加重係数などをモデル化して加味しています。

「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」という原子力規制委員会告示の文書で様々な核種に対する実効線量定数が与えられています。

なお、トリチウムを有機物の形で取込むと少し排出が遅くなるため影響が大き見積られますが、実効線量定数は 4.2×10^{-8} mSv/Bq で、60,000 Bq 取込んでも $2.52 \mu \text{ Sv}$ 程度です。

暮らしの中の放射線

様々な分野での放射線応用の経済規模は、エネルギー利用(原子力発電)と同程度の巨大な産業



工業利用

材料改質、微細加工、非破壊検査、元素分析



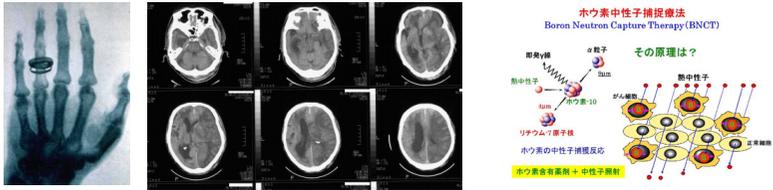
農業利用

品種改良、食品照射



医療(診断、治療)

レントゲン撮影、CT、PET
ガンマ線・重粒子線治療、BNCT



滅菌

手術器具、医薬品原料、食品包装材

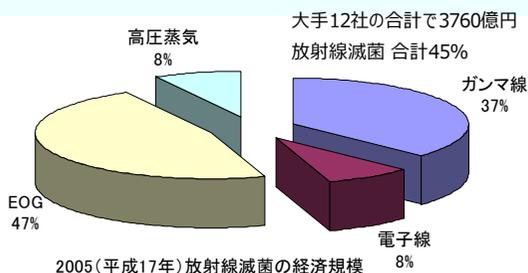
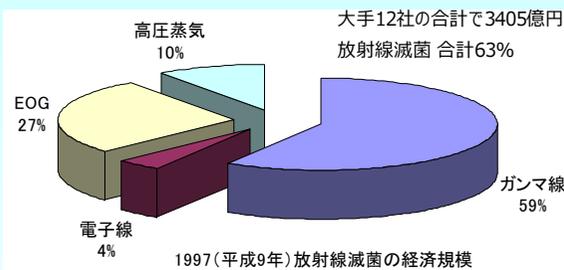


年代測定

C-14 年代測定法などによる考古学・文化財の評価



放射線による滅菌



ガンマ線は電子線よりも透過力が大きく、より大きな物、密度の高い物に適しています。
電子線は処理スピードが速く、短時間にたくさん照射するのに適しています。
EOGは酸化エチレンというガスで、表面の滅菌に適していますが、有毒な残留物の除去が必要です。
高温蒸気は、水に溶ける物には使えず、温度上昇による変質の恐れがあります。

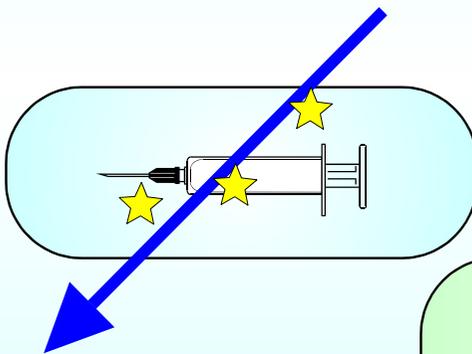
1万~2万グレイ^{*}という非常に高い線量の放射線を照射することで、様々なバイ菌を殺してしまうことができます。

^{*}グレイとは、人間以外の物体が放射線を吸収した量のことです。ガンマ線、電子線では同じ線量を人間が吸収した場合、シーベルトに等しくなります。

密封したパッケージの中に透過して、
中身を滅菌できます

照射が終わると後に有毒ガスや
水が残らず後処理が不要です

均一に全体を照射でき、どの程度照
射するかコントロールが容易です



医薬品



医療機器



食品包装材



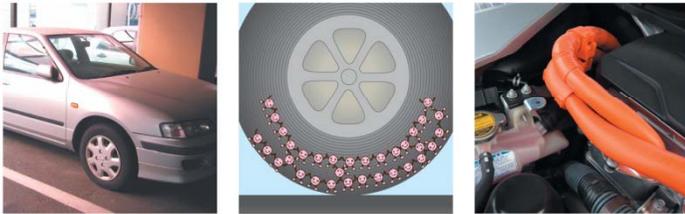
化粧品



食品

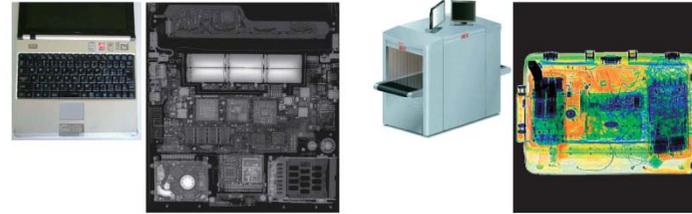
海外では食肉や香辛料などの食品への照射が行われていますが、日本ではジャガイモの芽止めにしかな用いられていません。

車で使われる放射線技術



車のさまざまなパーツには放射線による加工技術が使われています。
 高速回転により地面と擦れるタイヤは放射線をあてて強くなったゴムで作られています。
 また、エンジンルーム等高温になるところのコードも
 放射線によって熱に強くしたコードが使われています。

壊さないで中を調べる



放射線を使って撮影すると物を壊さずに中身を調べる事ができます。
 この技術は、空港で行われている手荷物検査や、
 金属に欠陥がないかを調べる検査にも利用されています。

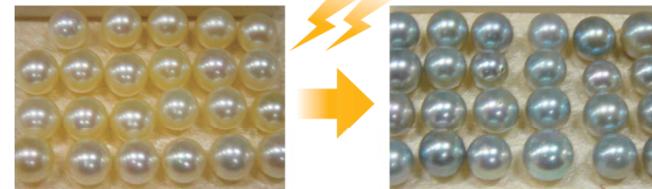
放射線で変化する繊維



電子線(放射線)を繊維(服の生地)にあてて、
 機能を高める技術が開発されています。
 抗菌・消臭・防炎などの機能を天然繊維にもたせることができます。

色を変えて美しくする

放射線をあてると



【照射前】

【照射後】

真珠やダイヤモンドに放射線をあてて色を変えたり、美しくする事ができます

※放射線は物を通り抜けるため、放射線をあてた真珠やダイヤモンドに放射線が残ることも、
 真珠やダイヤモンドそのものから放射線を出すようになることもありません。

食品を殺菌する

放射線を照射することによって、食品を健全な状態で長い期間保存できる技術を「食品照射」といいます。

昔から人々は、食品を長く貯えるために、塩漬けや干物などの工夫を行ってきました。最近では保存料などの薬剤も広く使用されています。しかし、それらの中には私たちの健康に害を与えたりするものもあってきました。そこで人の健康に害がない方法として食品に放射線をあてる「食品照射」が世界各国で使われるようになってきました。

※現在、日本ではジャガイモへの照射のみが認可されています。



冷凍や生のまま、O157、サルモネラ菌など大部分の食中毒菌を殺菌できます。

※照射された放射線は食品を通り抜けてしまうため、照射した食品に放射線が残ることはありません。

新しい品種を生み出す

農作物に放射線を照射してできた突然変異種を利用することで、有用な品種の改良を行うことができます。



「レイメイ」

耐寒性があり寒い所で育つのに適していたが、育が高く、少しの風で倒れちゃう品種「フジミシリ」に放射線を照射して、本来の耐寒性に加えて育の低い倒れにくい品種「レイメイ」を作り出しました。



「ゴールド二十世紀」

鳥取県産の「二十世紀ナシ」はナシ黒斑病という病気にとってもかかりやすく、予防に多くの費用がかかっていましたが、放射線を照射した子孫の中から病気に強い新品種が誕生し、産地で急速に生産が普及しています。



「カーネーションの新種」

ピンク色のカーネーション「ビタル」に放射線を照射して、黄色、淡ピンク、濃紅色などの花色や花弁の形と数などで、変わった品種が得られています。

※照射された放射線は作物を通り抜けてしまうため、照射した作物やその子孫に放射線が残ることはありません。

農作物の害虫防除

南西諸島で大きな農業被害を与えていたウリミバエを根絶するために放射線がつかわれました。



ウリミバエ

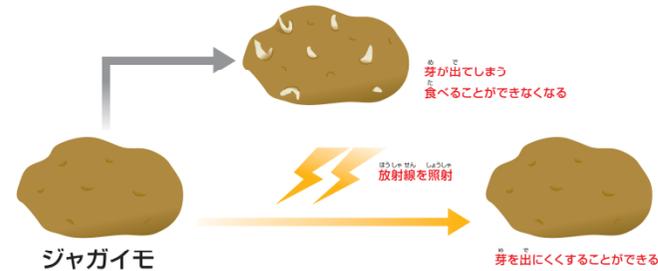


ゴーヤ・マンゴーなど

人口飼料で飼育したウリミバエを産卵させ、卵から幼虫を経て変身した何百万匹ものさなぎに放射線を照射して、不妊化(子供ができないようにすること)します。こうしてつくられた不妊虫を地上に放し、野生のウリミバエのメスと交尾させます。そのようにして生まれた卵はふ化しないので次の世代が育たず、ついに根絶します。

この結果、ゴーヤなど南西諸島の農作物が本土で食べられるようになりました。

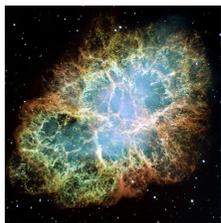
ジャガイモの芽止め



日本では北海道・士幌町でジャガイモへの照射が実施されています。ジャガイモは収穫後、しばらくすると芽が出て食べられなくなります。発芽前のジャガイモに放射線を照射することで発芽を抑え、新鮮でおいしく食べられる期間を何ヶ月も伸ばすことができます。

※照射された放射線はジャガイモを通り抜けてしまうため、照射したジャガイモに放射線が残ることはありません。

身の回りにある放射線を出す物ってどんな物？



宇宙から飛んでくる宇宙線は大気に遮られながら地上まで飛んできます。1万メートル程度を飛ぶ国際線の飛行機で欧米に旅行すると100~200 μ Sv 程度被ばくしています。また、大気の原子と核反応を起こして、炭素14やトリチウムなどの放射性物質を作り出しています。特に**トリチウムは毎年 70 PBq** (ペタベクレル=10¹⁵ Bq) も生成して、地球全体では 1 EBq (エクサベクレル=10¹⁸ Bq) も存在しています。



天然のカリウム1gには30Bqの**K-40**が入っています。カリウムは農作物の肥料として、そして人間にとっても必須の元素の一つです。昆布や椎茸、キュウリなどに沢山含まれており、人間の体の中にも体重60kgで**4000BqのK-40**が含まれていて**一年間で170 μ Sv**被ばくしています。カリウムはナトリウムと同じアルカリ金属で、体内に摂取すると余分なナトリウムを排出する働きがあります。このため塩分(=ナトリウム)の取り過ぎで高血圧の方はカリウムを摂取する事が推奨されています。

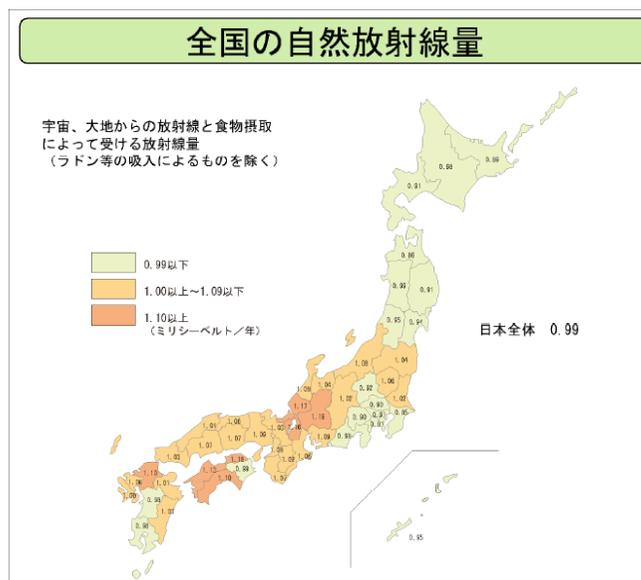


花崗岩



ラドン温泉

地中の岩石の中には少しずつ**ウラン**が含まれていて、平均で1トンあたり2.4g、花崗岩には11gも含まれていて、**140kBq** に相当します。ウランの娘核種もまた放射線を出して別の放射性核種となる、**壊変系列**を形成しています。**壊変系列**の中に**気体の放射性核種、ラドン**が含まれていて、石の中から出てきて**空気中を飛んでいます**。これが肺の中で **α 線**を放出して内部被ばくを起こすため、世界平均では自然の被ばく量の半分程度がこのラドンによるものです。



世界にはトリウムを多く含む砂(ジルコンサンドなど)のために日本よりはるかに自然放射線量が高い(年間**10mSv以上**)地域がありますが、有意な発がん率の上昇は認められていません。国内でも岩盤が多く露出している西日本では比較的放射線量が高く、数万年前まで海の底だったのが火山活動で陸地になり火山灰で覆われている東日本は低く、県単位の比較でも岐阜県と神奈川県では年間で380 μ Sv程度の差があります。

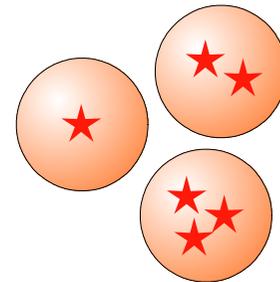
探知機を使って 宝の玉を探し当てよう!



宝の地図に隠された目に見えない玉を、放射線の力を使って探し当てよう!

探知機は何もないところでもきまぐれに反応するので、ゆっくり探さないとなかなか見つけれないぞ!

Pi..PiPiPi..



箱の中に隠してある、弱い放射線を出す「ラジウムボール」を、放射線検出器(GMカウンター)を用いて探し出します。ボールから少し離れると、急に弱くなるため、自然放射線と区別できなくなってしまいます。自然放射線は気まぐれにやってくるので、ゆっくり、じっくり探しましょう。

