

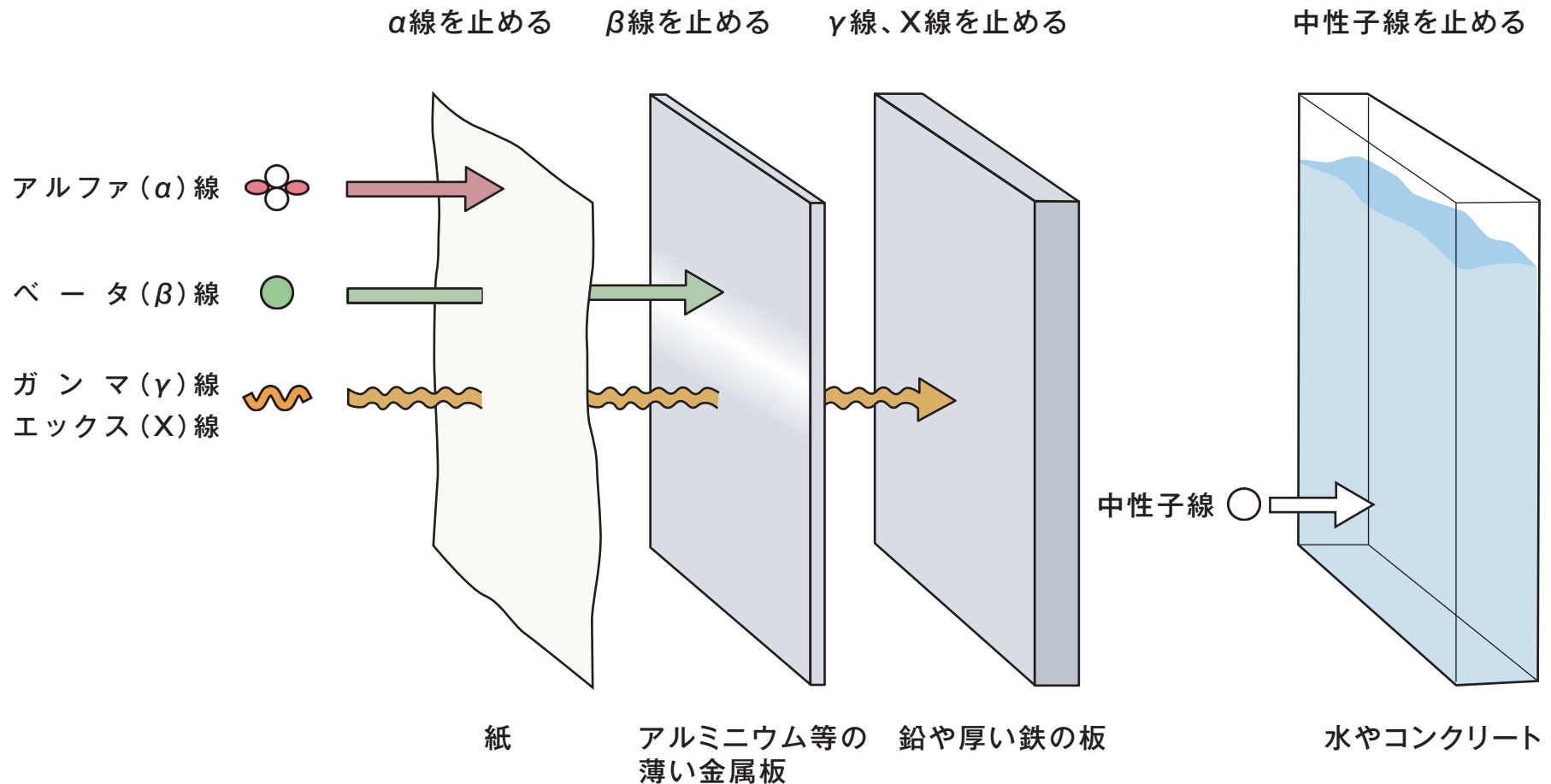
放射線教育基礎テキスト
～放射線の世界をのぞいてみよう～

大阪府立大学 放射線研究センター

編集: 秋吉 優史

放射線の種類と透過力

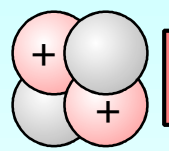
線は紙一枚で止まってしまうますが、逆に言うと紙一枚の厚さの範囲に持っているエネルギーを全部一気に放出してしまうため、体の中で線を出されるととても影響が大きくなります。



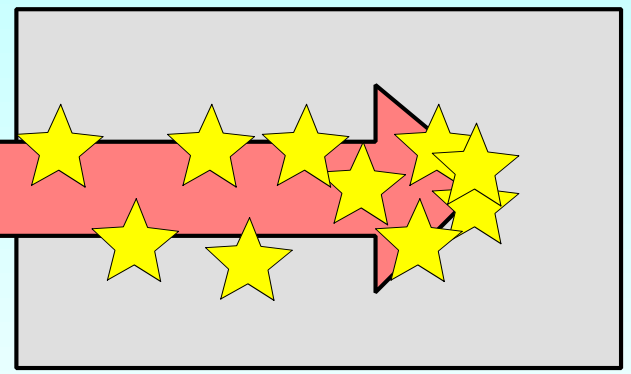
線は水の中(=体の中)を最大で2mm弱進むことが出来、細胞から見ると比較的広い範囲にエネルギーを落としていき、また体の外から来た場合はほとんど皮膚で止まります。

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

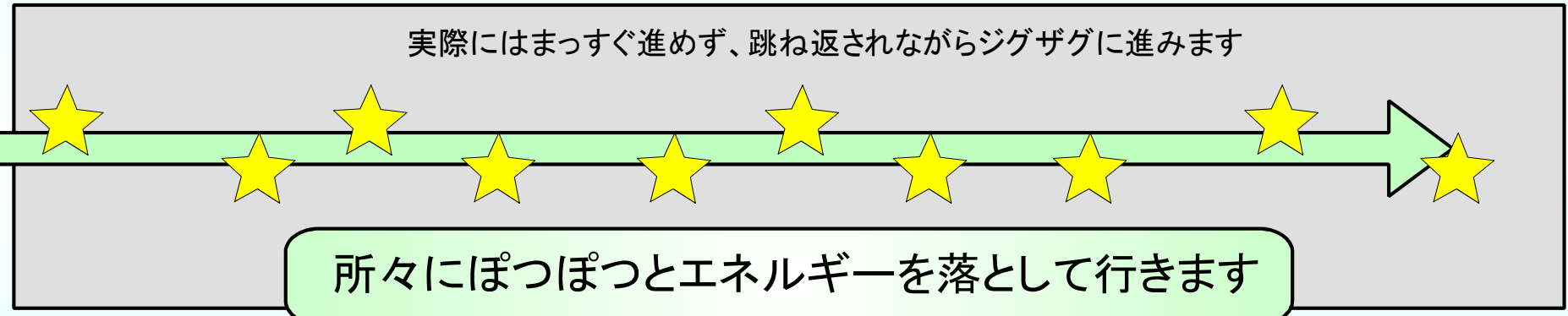
★
放射線がエネルギーを
物質に与えたところ
(電離、励起など)

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いますが、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、跳ね返されながらジグザグに進みます

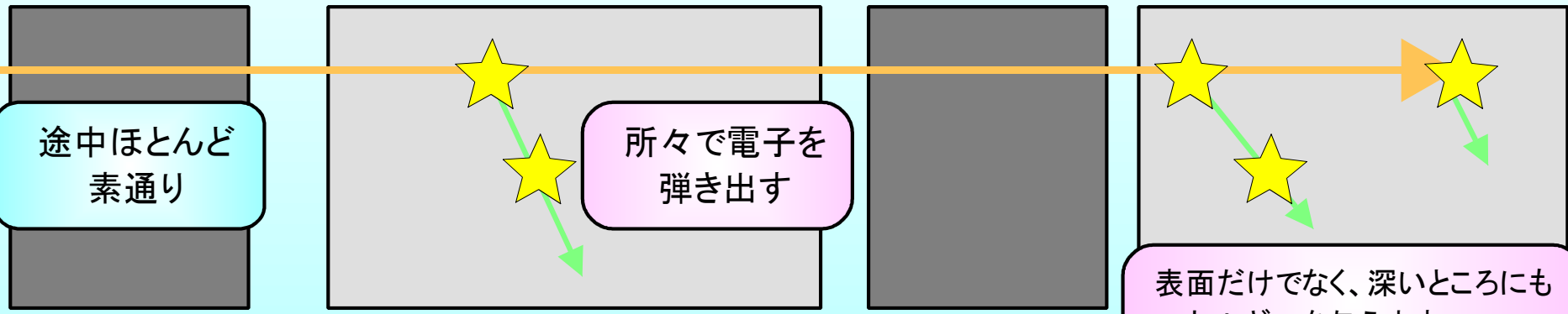
所々にぽつぽつとエネルギーを落として行きます

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



途中ほとんど
素通り

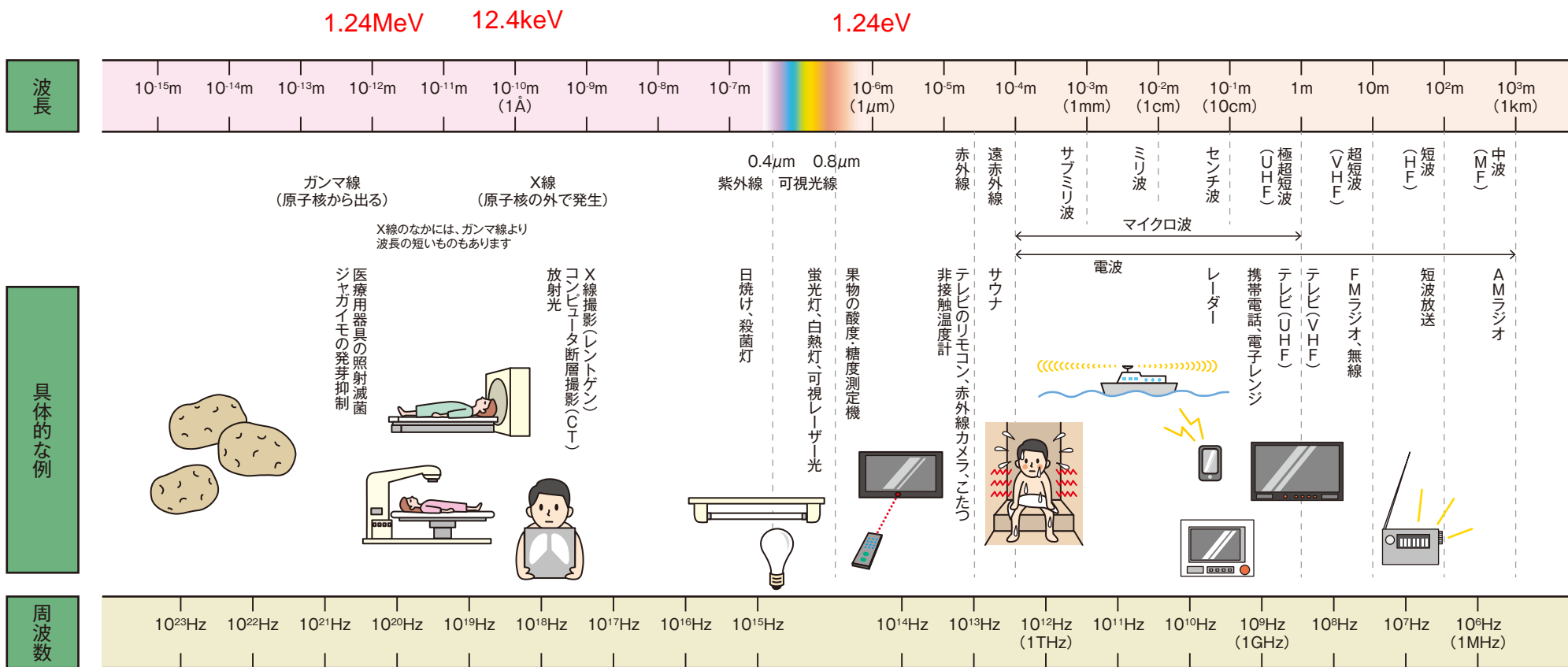
所々で電子を
弾き出す

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

電磁波の仲間

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



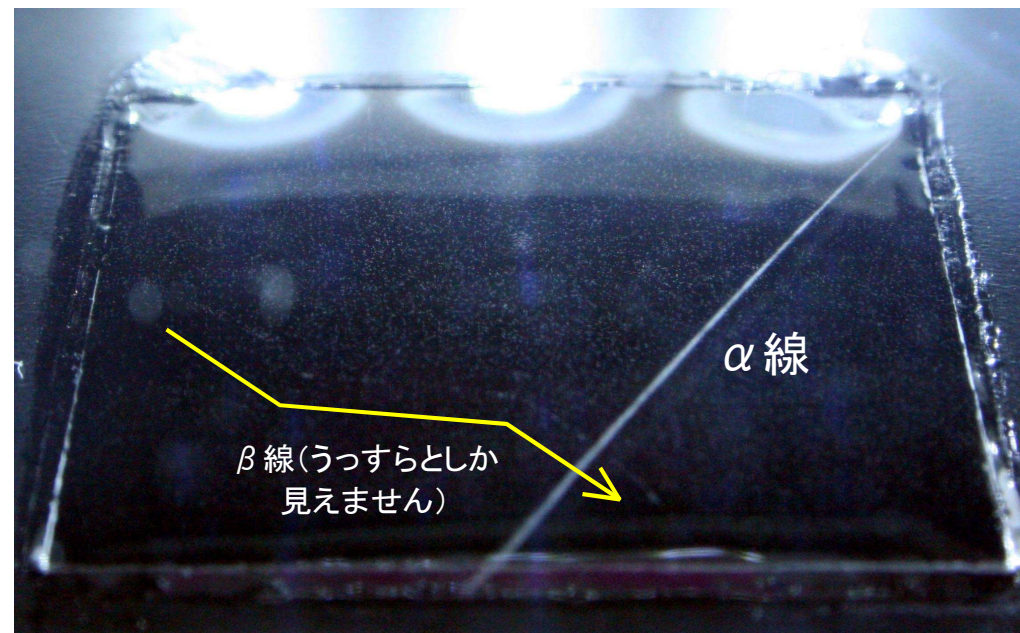
線、X線は光・電磁波の仲間ですが、とても波長が短く、エネルギーが高いため、物質を透過したり、原子の周りを回っている電子を弾き飛ばして様々な影響を与えます。

「霧箱」を使って放射線 を見てみよう!

放射線は普通目に見えませんが、音も聞こえず人間には感じ取ることが出来ないため、どんなものなのか良く分かりませんよね。

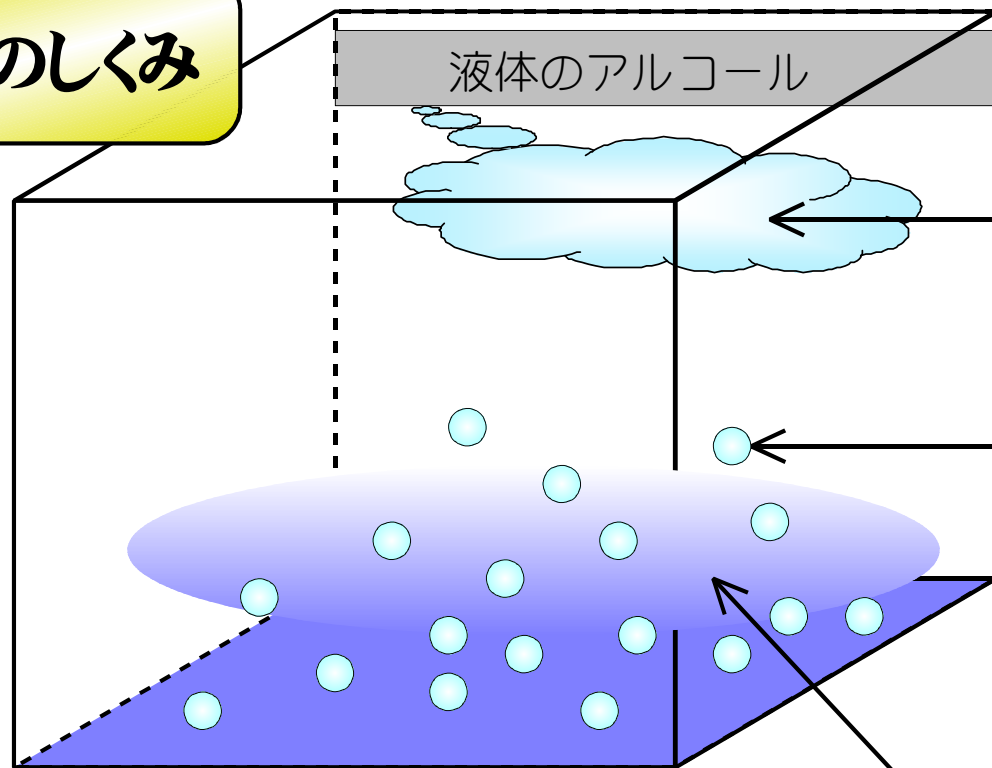
そこで、100年ほど前に発明された「霧箱」という装置を使って放射線が通った後を目で見えてみましょう!

普段、何もないと思っていた空気の中にも、放射線はたくさん飛び交っているんですよ。



放射線にも色々種類があって、その種類によって飛び方が違うんですよ。

霧箱のしくみ



温度が高いとたくさん蒸発します

アルコールの蒸気

液体のアルコールの
小さな粒

温度が低いと蒸気では居られません

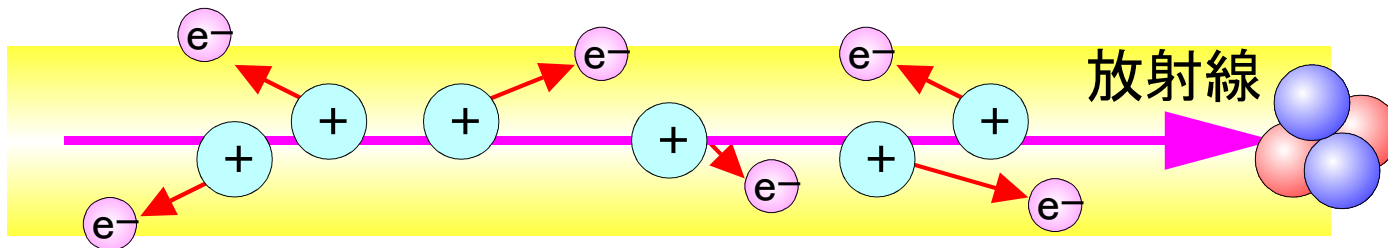
ドライアイスやペルチエ素子で
とても冷たく冷やされています

過飽和の蒸気

温度が低くなると、蒸発した気体のアルコールは液体に戻ろうとします。霧のように見える白い点々は液体のアルコールの小さな粒です。でも、温度が下がったのに液体の粒を作らずにためらっている蒸気も漂っています（過飽和状態と言います）。そこにちょっとした刺激を加えてやると、過飽和の蒸気は次々に液体の粒に変化していきます。

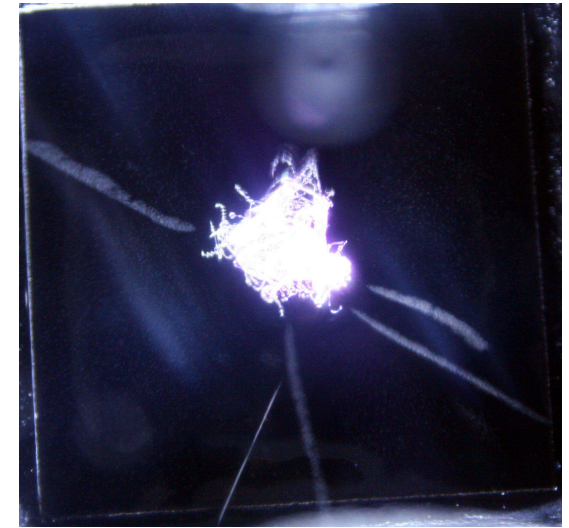
どうして白い筋の様に見えるの？

放射線が空気中を走ると、たくさんの電子を弾き飛ばしてプラスとマイナスのイオンのペアを作ります。このイオンが過飽和の蒸気の中に出来ると、そこを中心核にして小さな液体の粒になります。この液体の粒が放射線が通った後にたくさん出来るので、白い筋の様に見えるのです。（放射線の飛跡と言います）



電離によるイオン対の生成

放射線として飛んで行っている原子核や電子は小さすぎてとても目では見られませんし、とても素早いので超スピードのカメラでも追いつきません。でも、飛んでいった跡が残って、目で見えるのです。これは、空の上の飛行機雲と同じです。飛行機が飛んでいった後にもしばらく飛行機雲が残っているのを見ることができます。飛行機雲は、空の上の寒いところで過飽和になった水蒸気が、飛行機のエンジンから出てきた排気ガスなどが刺激になって小さな液体の水の粒、つまり雲になった物です。

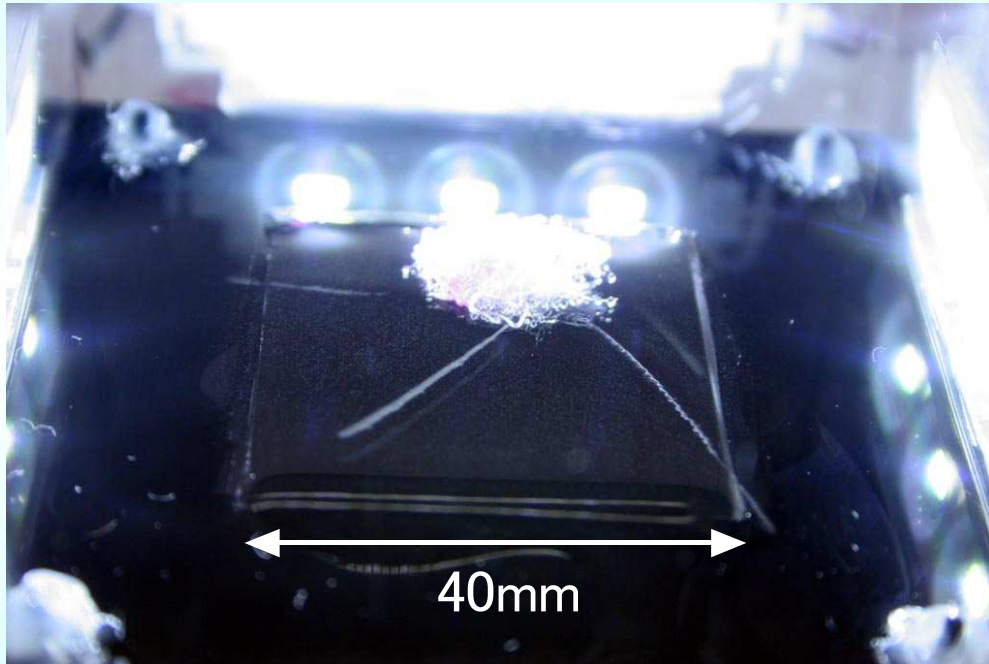


過飽和の蒸気は冷やされている容器の底に薄く広がっているだけなので、底に平行に走った放射線しか見ることができません。また液体の粒はすぐ蒸発してしまって、数秒で見えなくなってしまうのです。



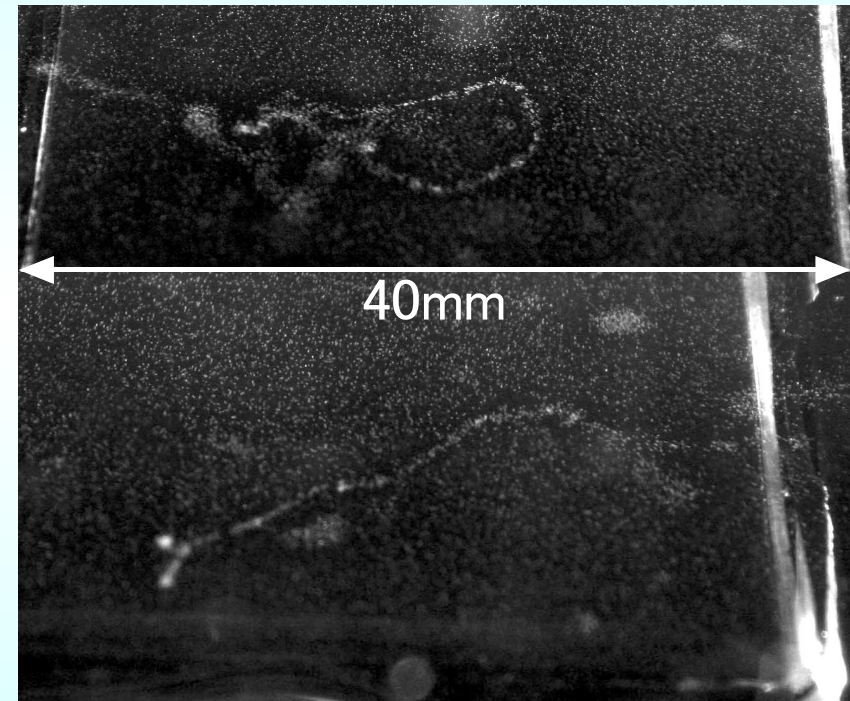
霧箱での飛跡の観察

α 線の飛跡



真っ直ぐで、はっきりとしています。
空気中を数cm飛んだだけで
止まってしまいます。

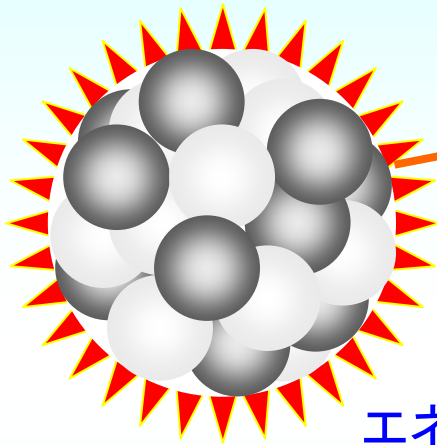
β 線の飛跡



糸くずのよううっすらとした、
曲がりくねった跡を残します。
よく見ないと、見ることはできません。

放射線の正体

不安定な原子核

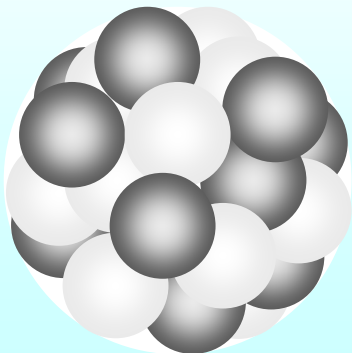


放射線

^{60}Co

エネルギーをはき出して
安定に

安定な原子核へ



^{60}Ni

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変化する

放射線(エネルギーの運び手)の種類



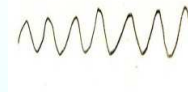
アルファ線



ベータ線



中性子線



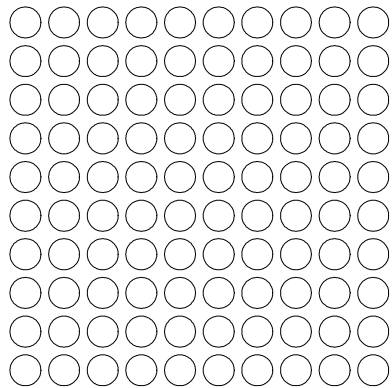
エックス線
ガンマ線

電磁波

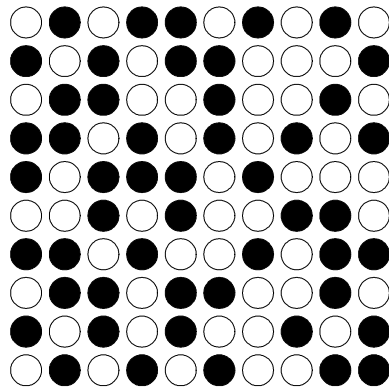
加速器などでも作れるが、 α 線、 β 線、 γ 線は原子核内起因の物だけをそう呼ぶ

放射能の減衰挙動について

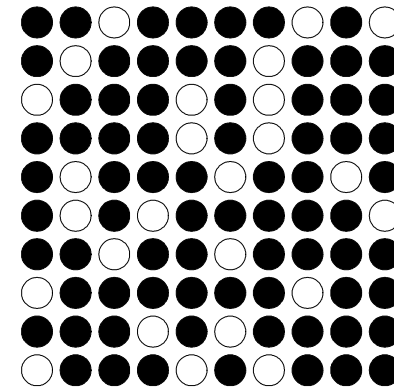
・放射性核種は、放射線を放出すると別の原子核に変わってしまい、どんどん数が減っていきます。



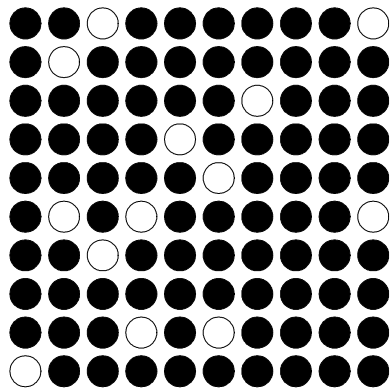
スタート時
白: 100個 黒: 0個



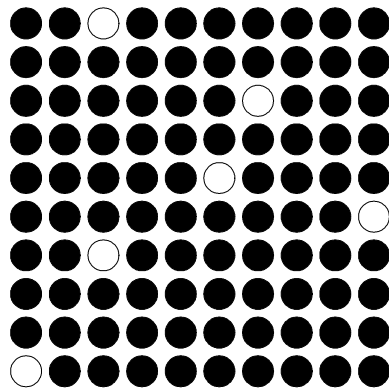
一回目
白: 50個 黒: 50個
→ 黒に変わった数: 50個



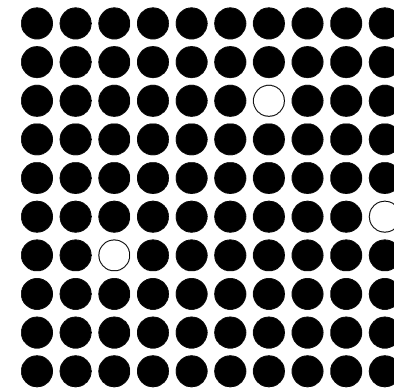
二回目
白: 25個 黒: 75個
→ 黒に変わった数: 25個



三回目
白: 13個 黒: 87個
→ 黒に変わった数: 12個

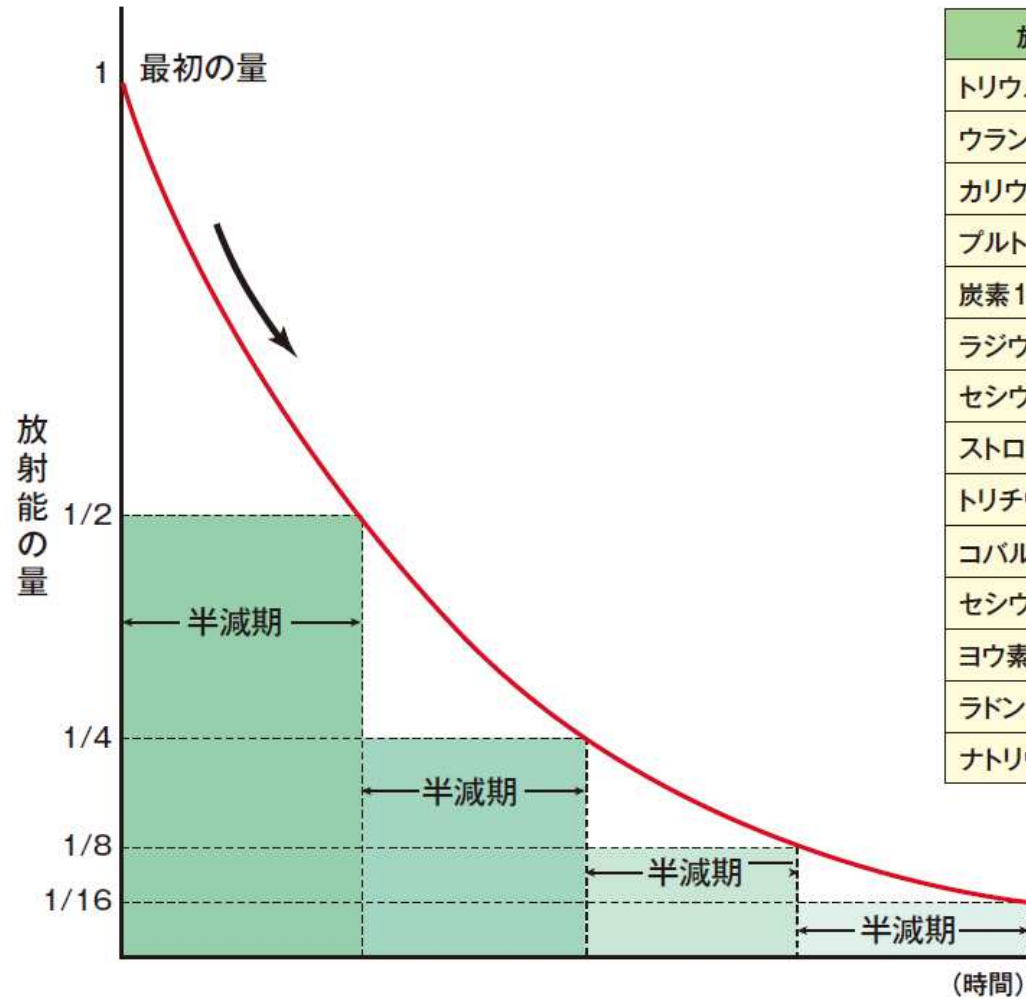


四回目
白: 6個 黒: 94個
→ 黒に変わった数: 7個



五回目
白: 3個 黒: 97個
→ 黒に変わった数: 3個

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

天然の放射性核種

地球が誕生して約50億年、未だに天然の放射性核種が残る。

放射性核種の半減期則より

10半減期の後では元の1024分の1、

40半減期では1兆分の1 となるため、半減期の短い核種は既に消滅している。

壊変系列をつくる放射性核種

親となる核種の寿命が長く (U-238 45億年, Th-232 140億年)、
 α 崩壊に伴って質量数が親核種から4ずつ小さくなる。

系列を作らない核種

大気上層で宇宙線により ^3H (10^{18}Bq/y)、 ^{14}C ($1.3 \times 10^{15}\text{Bq/y}$) が生成される。

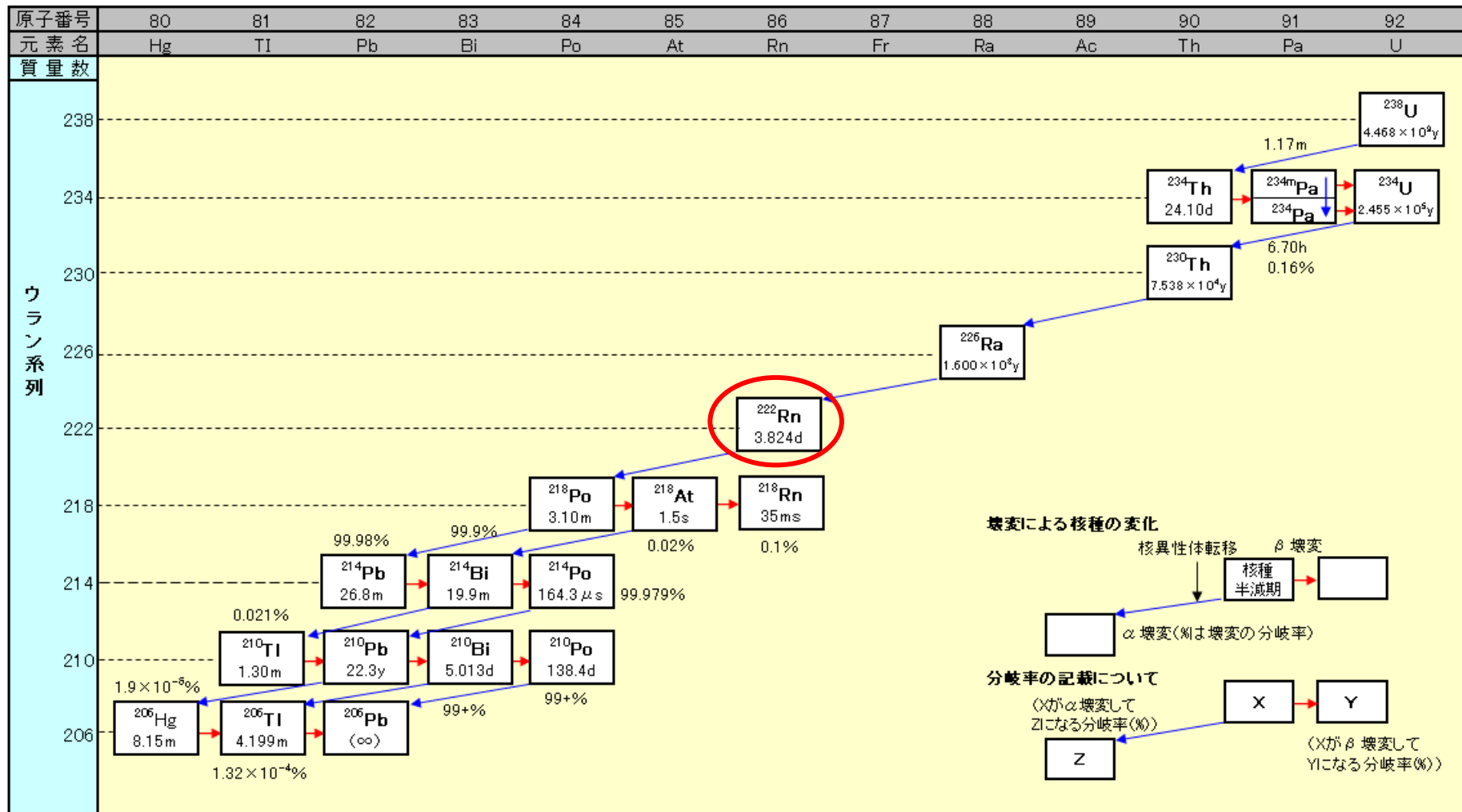
^3H は半減期12.3年、 ^{14}C は5730年と短い。

一方、地球誕生時から存在したものとして以下の核種などが知られている。

^{40}K	(半減期12.8億年, 天然のK中の存在比 0.0117%)、
^{87}Rb	(480億年, 27.8%)
^{147}Sm	(1060億年, 15.1%)
^{148}Sm	(8000兆年, 11.3%)
^{115}In	(510兆年, 95.7%)
^{113}Cd	(9000兆年, 12.2%)
^{187}Re	(400億年, 62.6%)
^{144}Nd	(2100兆年, 23.8%)

放射壊変系列 1: ウラン系列 (4n+2)

親核種: U-238

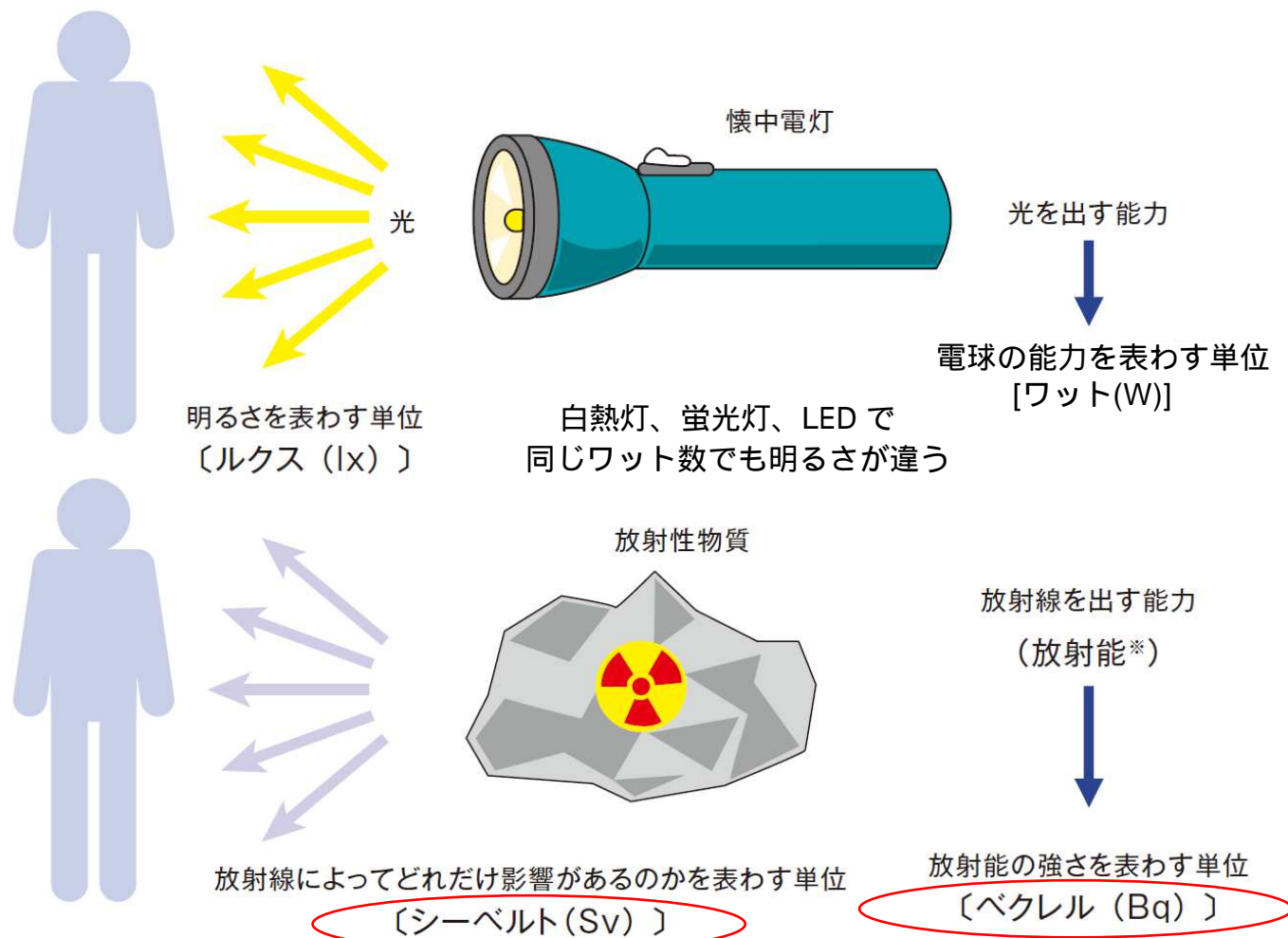


半減期の記号;s(秒), ms(10⁻³秒), μs(10⁻⁶秒), m(分), h(時), d(日), y(年)

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

放射能と放射線



※放射能を持つ物質(放射性物質)のことを指して用いられる場合もある

核種によって同じベクレル数でも
人体に対する影響が違う

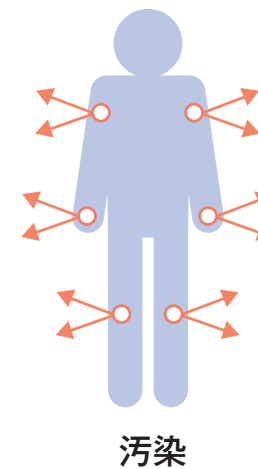
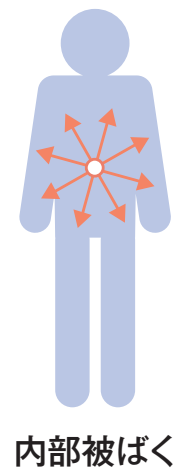
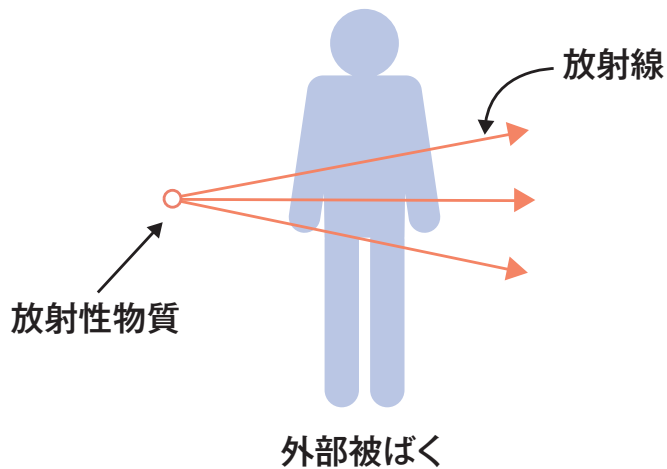
被ばくと汚染の違い

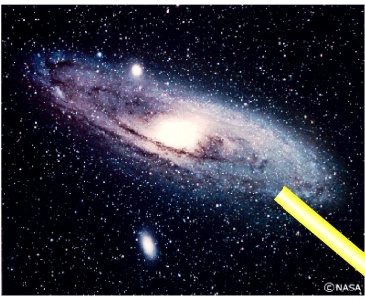
被ばく

放射線を受けること

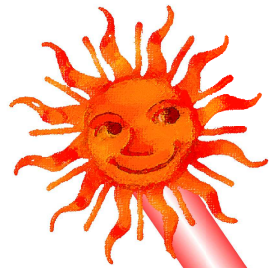
汚染

放射性物質が皮膚や衣服に付着した状態

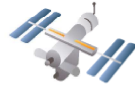




宇宙からの放射線



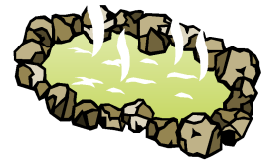
宇宙ステーション



医療での放射線

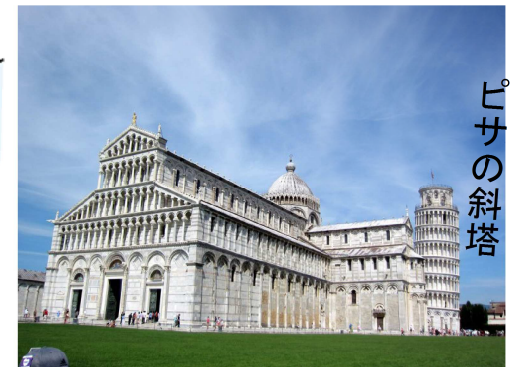
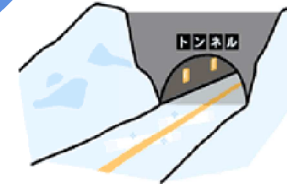


食品からの放射線



ラジウム・ラドン温泉

大地からの放射線



ピサの斜塔

イタリア・ピサの大聖堂

宇宙からの放射線

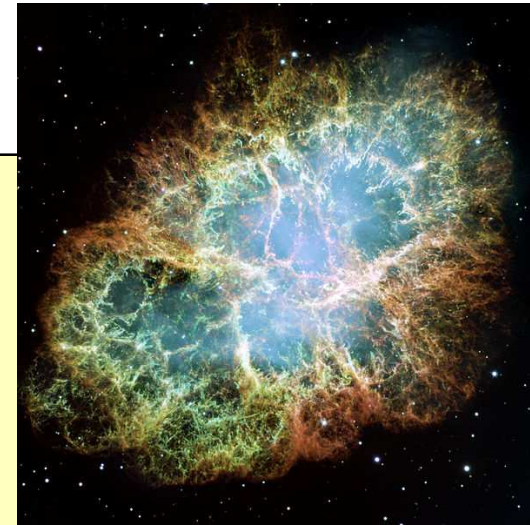
大気で地球上の
生物は守られている



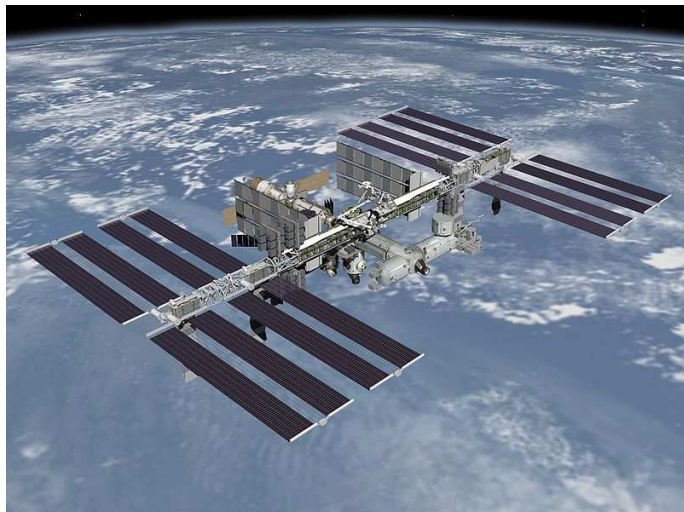
アラスカ、フェアバンクスで観察されたオーロラ

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。

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, H-3 (トリチウム): 10^{18} Bq 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。

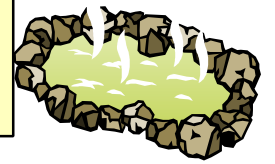
大地からの放射線

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。



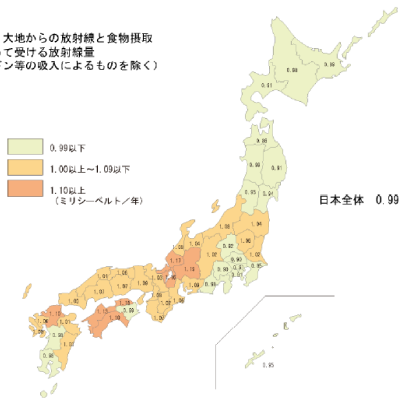
トンネルの中は周囲を岩石に囲まれてるため地表よりも放射線量が高くなります。

(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

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。

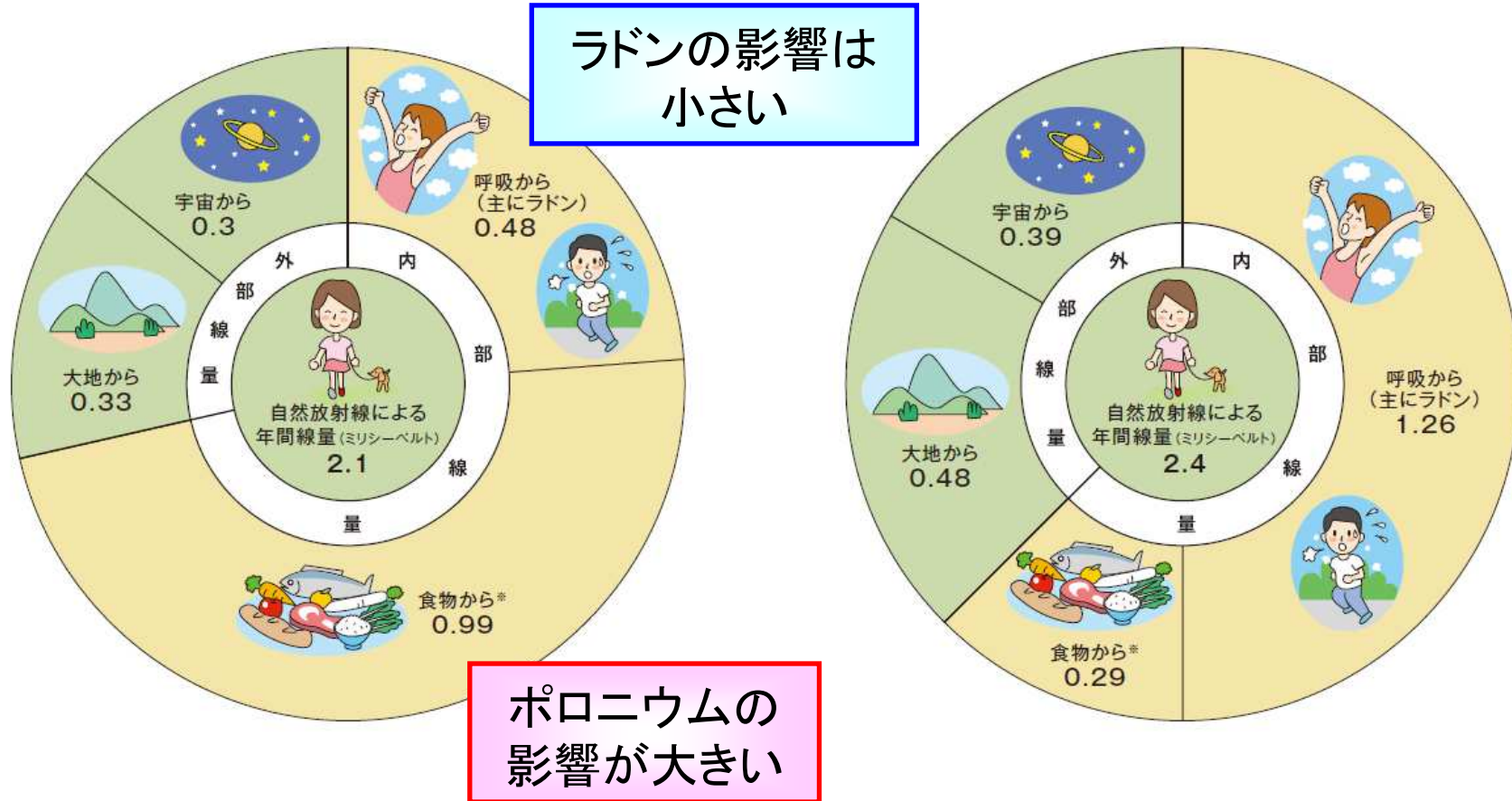


タバコ1本には 0.024Bq のPo-210が含まれており、一日一箱の喫煙で年に100 μ Sv 被曝します。

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)



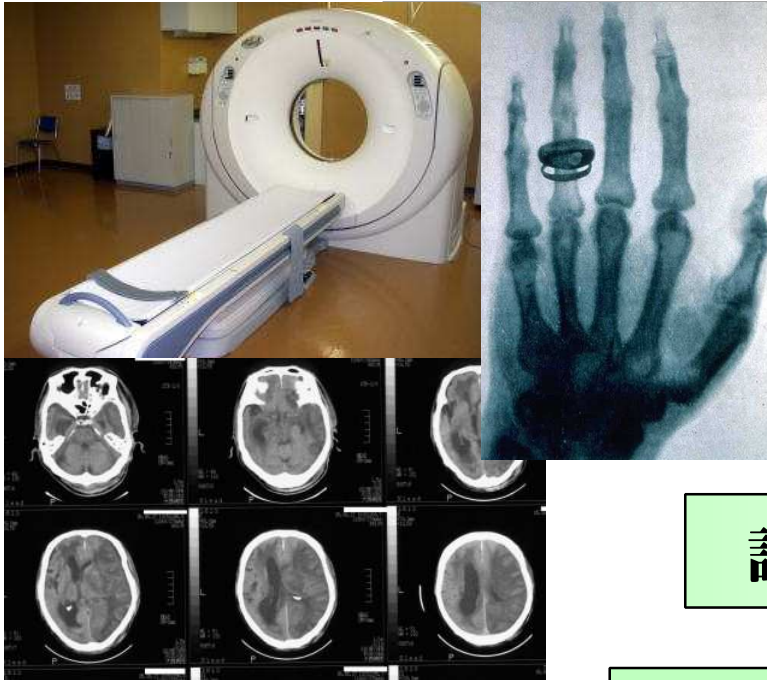
※欧米諸国に比べ、日本人は魚介類の摂取量が多く、ポロニウム210による実効線量大きい

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: $3.7 \sim 7.4 \text{GBq}$ 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

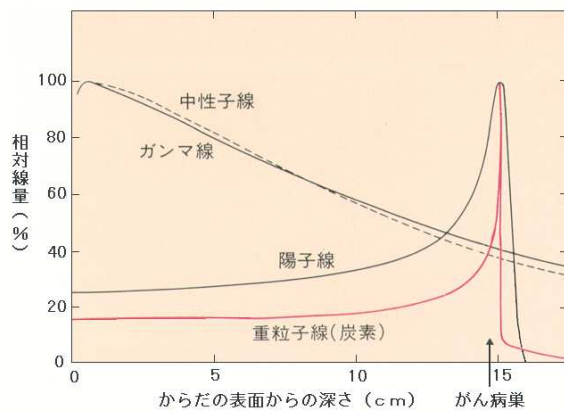
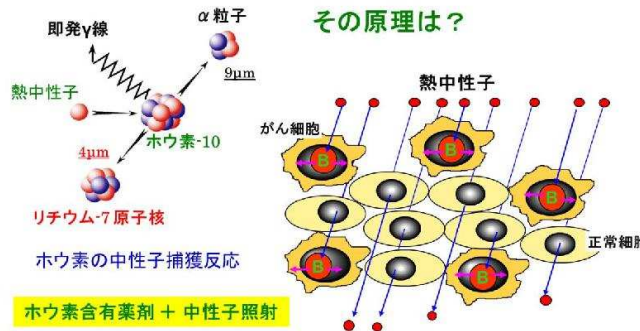


図2 重粒子線照射治療の利点(2)

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)

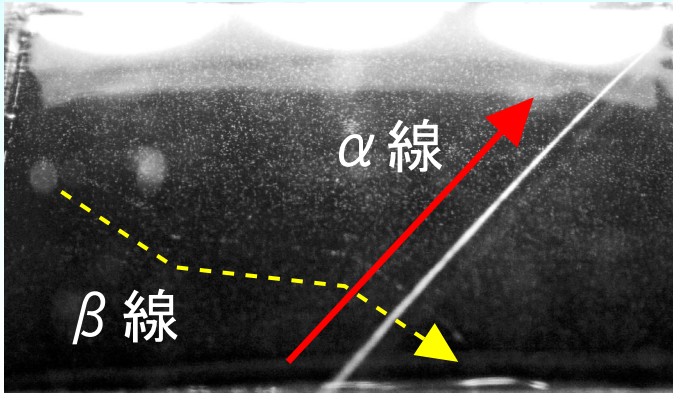
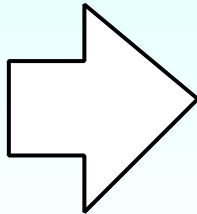


ホウ素含有薬剤 + 中性子照射

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



*体重60kgの日本人

体内の放射能

1年間に被ばくする実効線量

カリウム
K-40: 4,000Bq



0.17 ミリシーベルト

β・γ線のみ

ポロニウム
Po-210: 20Bq



0.80 ミリシーベルト

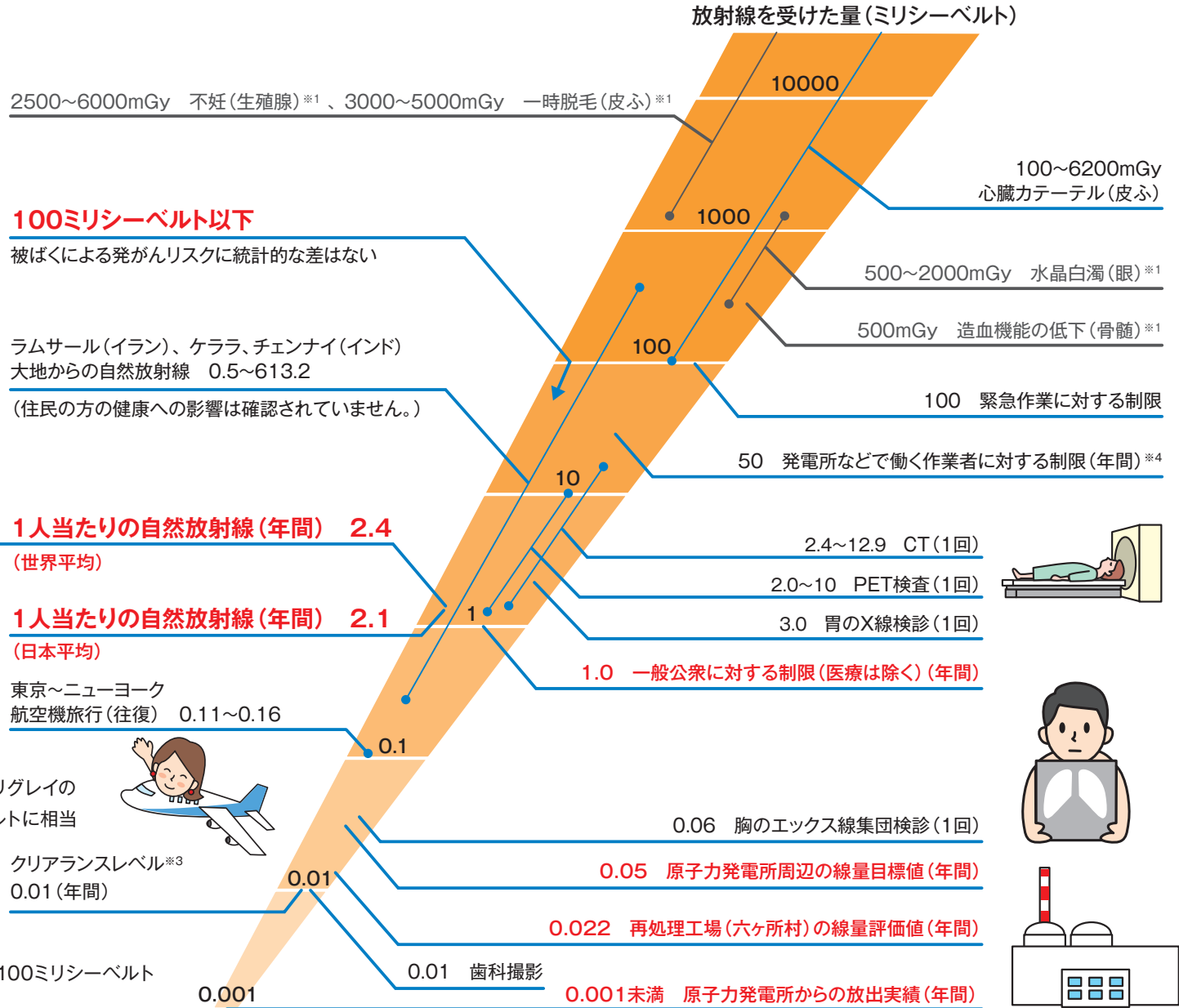
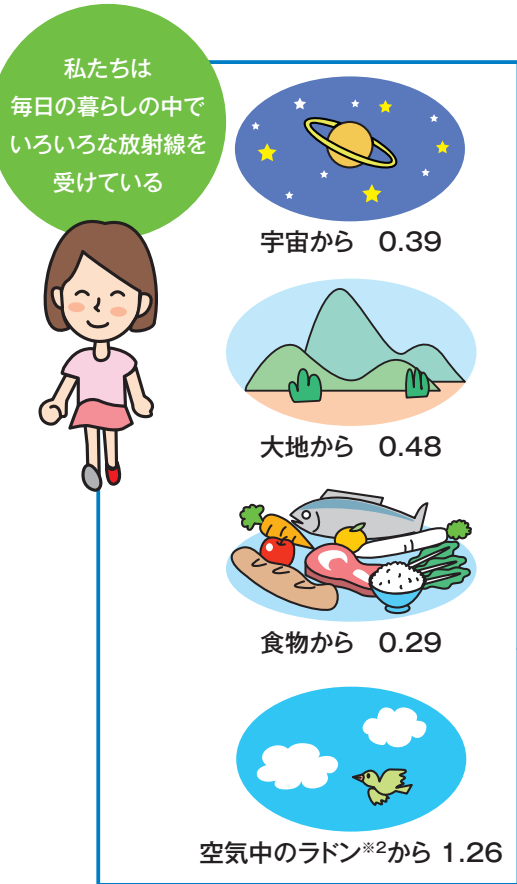
α線を放出

100ベクレル を肺に吸入したときの被ばく線量	
プルトニウム-239	12 ミリシーベルト
セシウム-137	1000分の3.9 ミリシーベルト
トリチウム(H-3)	1億分の2.6 ミリシーベルト

**同じベクレルの放射能でも
体に与える影響は全く異なります!**

プルトニウム-239: 5.1MeV の α線、半減期 2.4万年、肺や肝臓などに沈着
セシウム-137: 0.51MeV の β線と 662keVの γ線、半減期 30年、カリウムなどとともに体外に排出
トリチウム(H-3): 18.6keV の β線、半減期 12.3年、水と共に体外に排出

日常生活と放射線



※1 放射線障害については、各部位が均等に吸収線量1ミリグレイのガンマ線を全身に受けた場合、実効線量1ミリシーベルトに相当するものとして表記

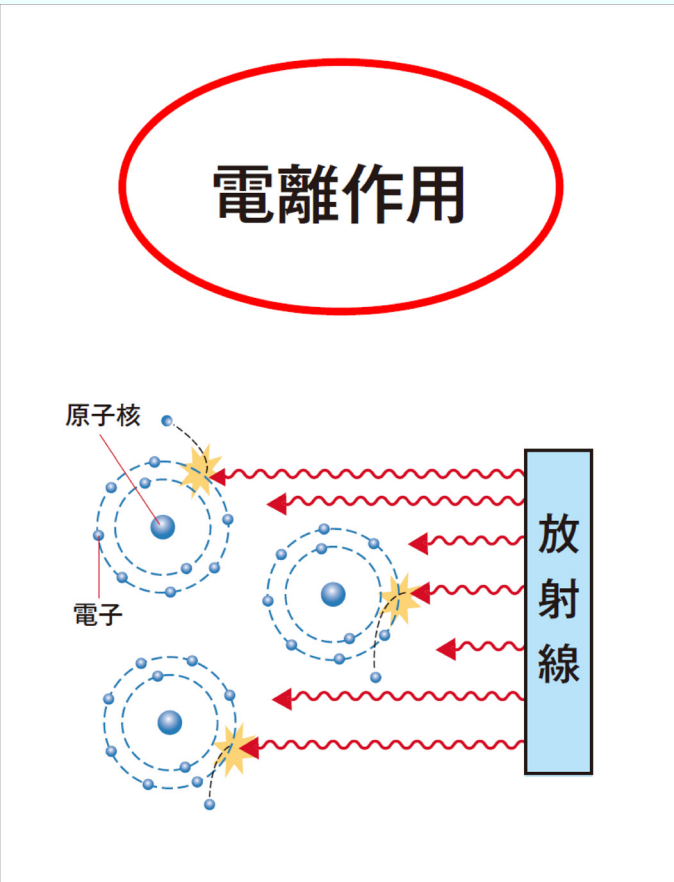
※2 空気中に存在する天然の放射性物質

※3 自然界の放射線レベルと比較して十分小さく、安全上放射性物質として扱う必要のない放射線の量

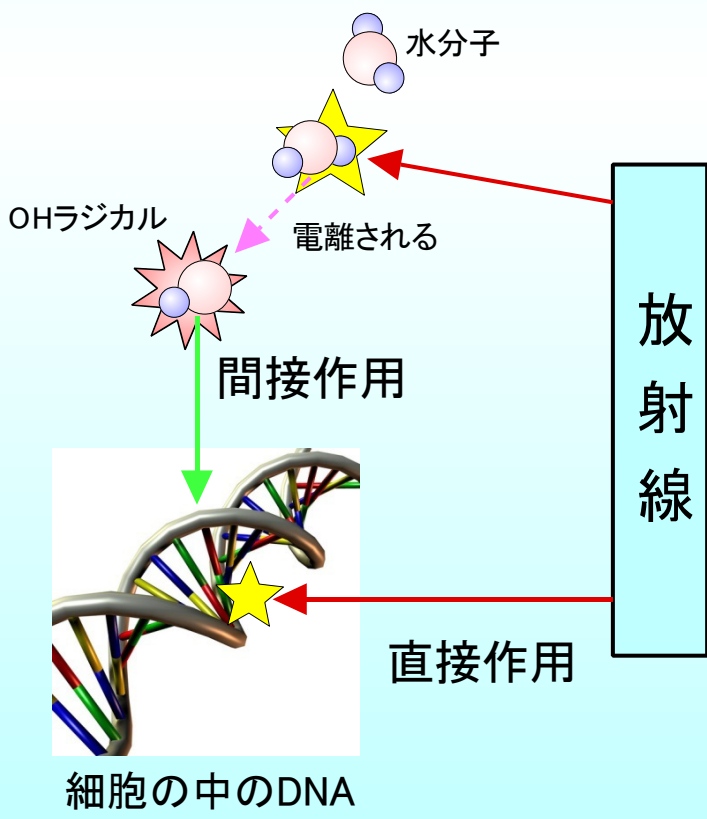
※4 発電所などで働く作業員に対する線量は5年間につき100ミリシーベルトかつ1年間につき50ミリシーベルトを超えない

放射線を身体に受けると何が起こるの

放射線は原子の周りの電子を弾き飛ばしてしまい、結合している手を切ってしまう「電離作用」を示します。



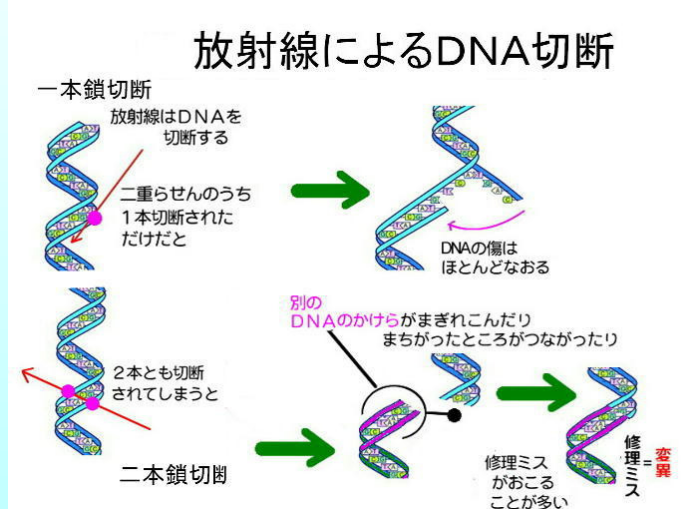
直接DNAを構成する原子を電離して切断するほかに、水を電離して、活性酸素のような化学的に活性なラジカルを作り出します。このラジカルが、間接的にDNAを切断します。



細胞のDNAは放射線以外にも呼吸により発生する活性酸素などで常に攻撃されています。

このため、細胞は切断されたDNAを元通りに修復しています。修復できないほどDNA切断が多い場合には、アポトーシス(自分のDNAを細かく切り刻む現象)によって細胞は自ら死んでしまい影響を後に残しません。

余りにもたくさんの攻撃を受けると、ごくまれに起こるDNA修復誤りによって遺伝子突然変異が起こり、発がんの原因になると考えられています。

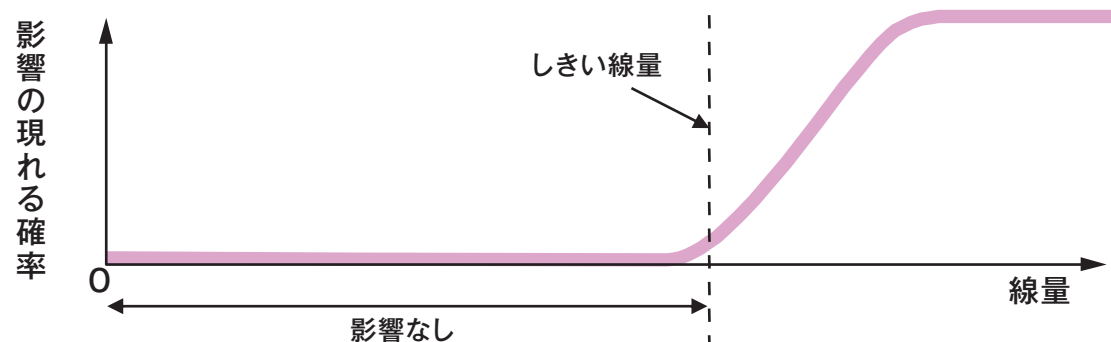


放射線防護の考え方

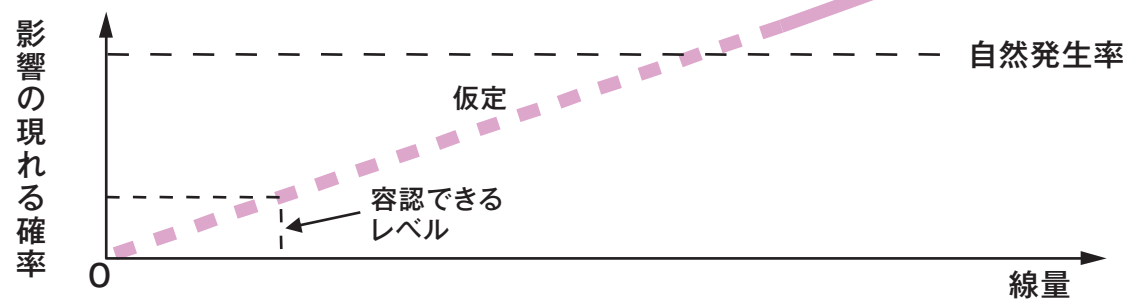
確定的影響（組織反応）は、しきい線量※以下に抑えることで影響をなくす。

確率的影響は、しきい線量は無いと仮定し、影響の現れる確率が容認できるレベル以下の線量に抑える。

〔確定的影響（組織反応）：脱毛・白内障等〕



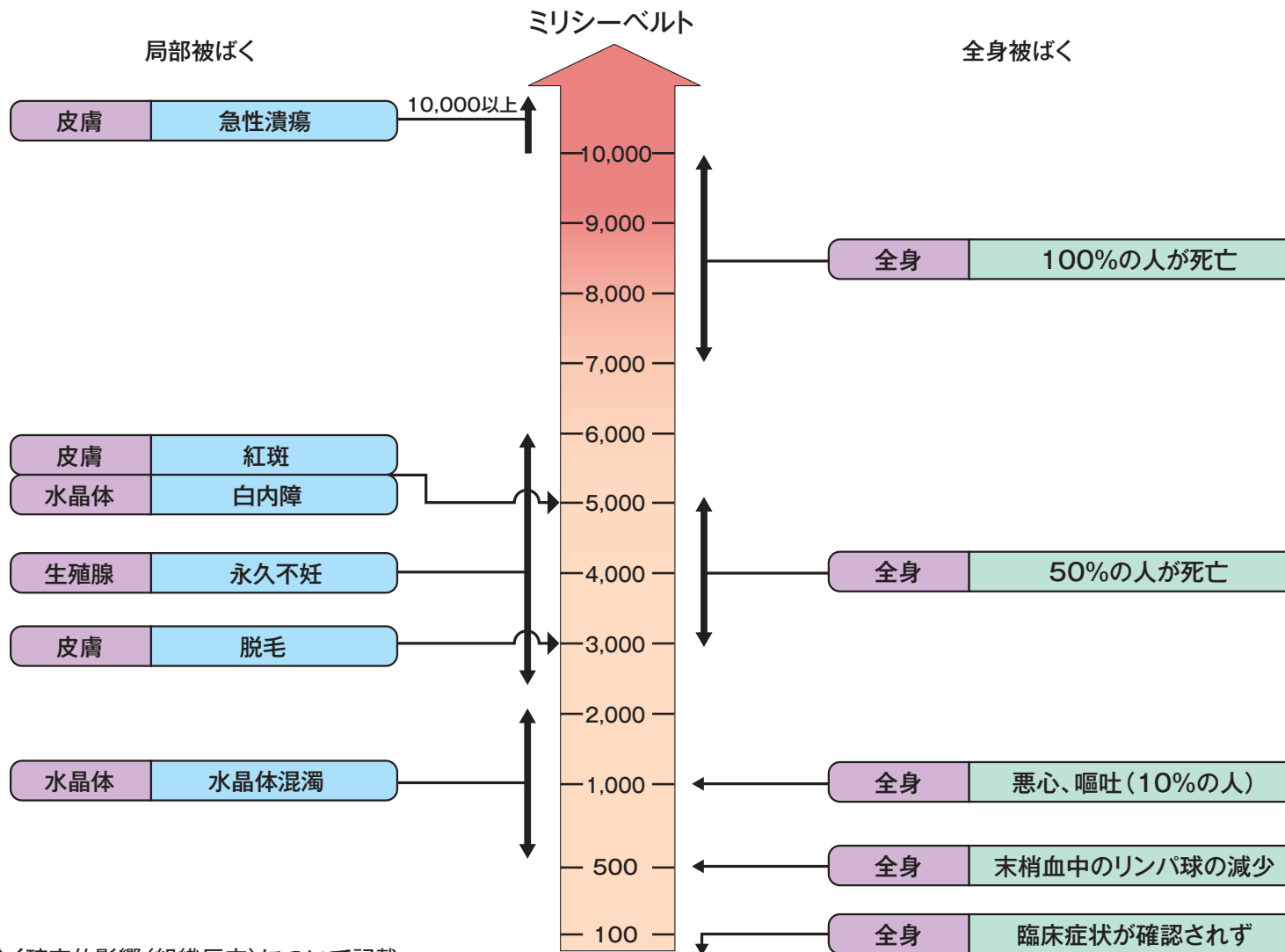
〔確率的影響：がん・白血病等〕



※しきい線量：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

放射線を一度に受けたときの症状

凡例 部位 症状



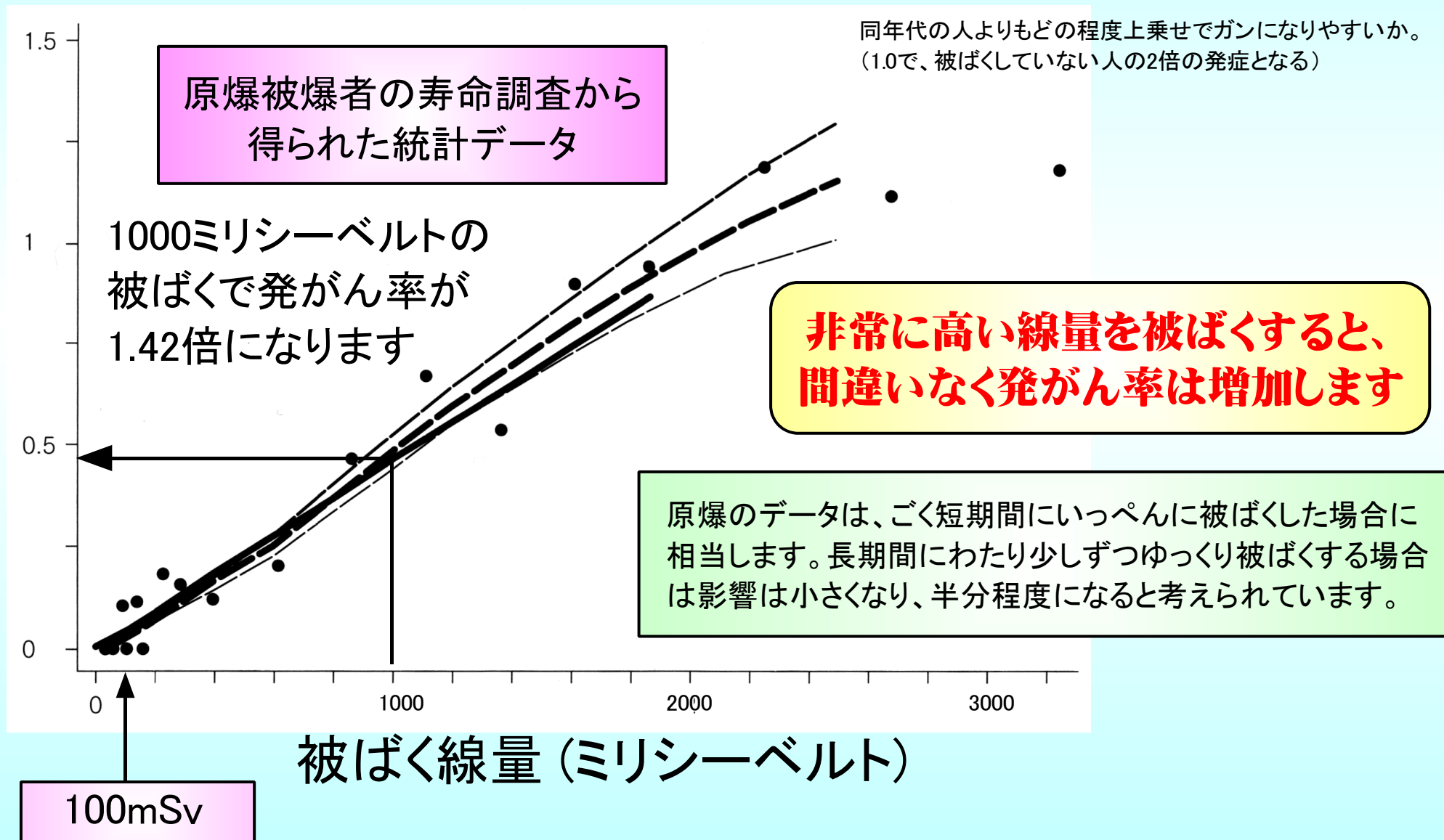
(注1) がんや遺伝性影響を除く確定的影響(組織反応)について記載

(注2) 一般の人の線量限度1.0 mSv/年、原子力発電所周辺の線量目標0.05 mSv/年

発がんへの影響はどのぐらいなの？

30歳の時に被ばくした人が、70歳になったときの過剰相対リスク

固形ガン発症の過剰相対リスク



低線量放射線の影響はどのぐらいなの？

固形ガン発症の過剰相対リスク

生涯にわたってどこかでガンによって死亡するリスクは、被ばく時の年齢、性別などを全世界で平均化した場合、慢性被ばく100mSvで0.5ポイントだけ「**上乗せ**」されます。

高い線量での関係から、直線的だと考えて管理・規制しています

高い線量での発がん率から計算すると、100mSvを短時間に被ばくすることにより、被ばくしていない人より、ガンの発症リスクが1.05倍に増加となります*。
(被ばくしていない人の発症率を20%とすると、21%になります)

* 30歳で被ばくした人が70歳になったときの値で、被ばくしたときの年齢、その時の年齢で上乗せのリスクは変わってきます。

0.05

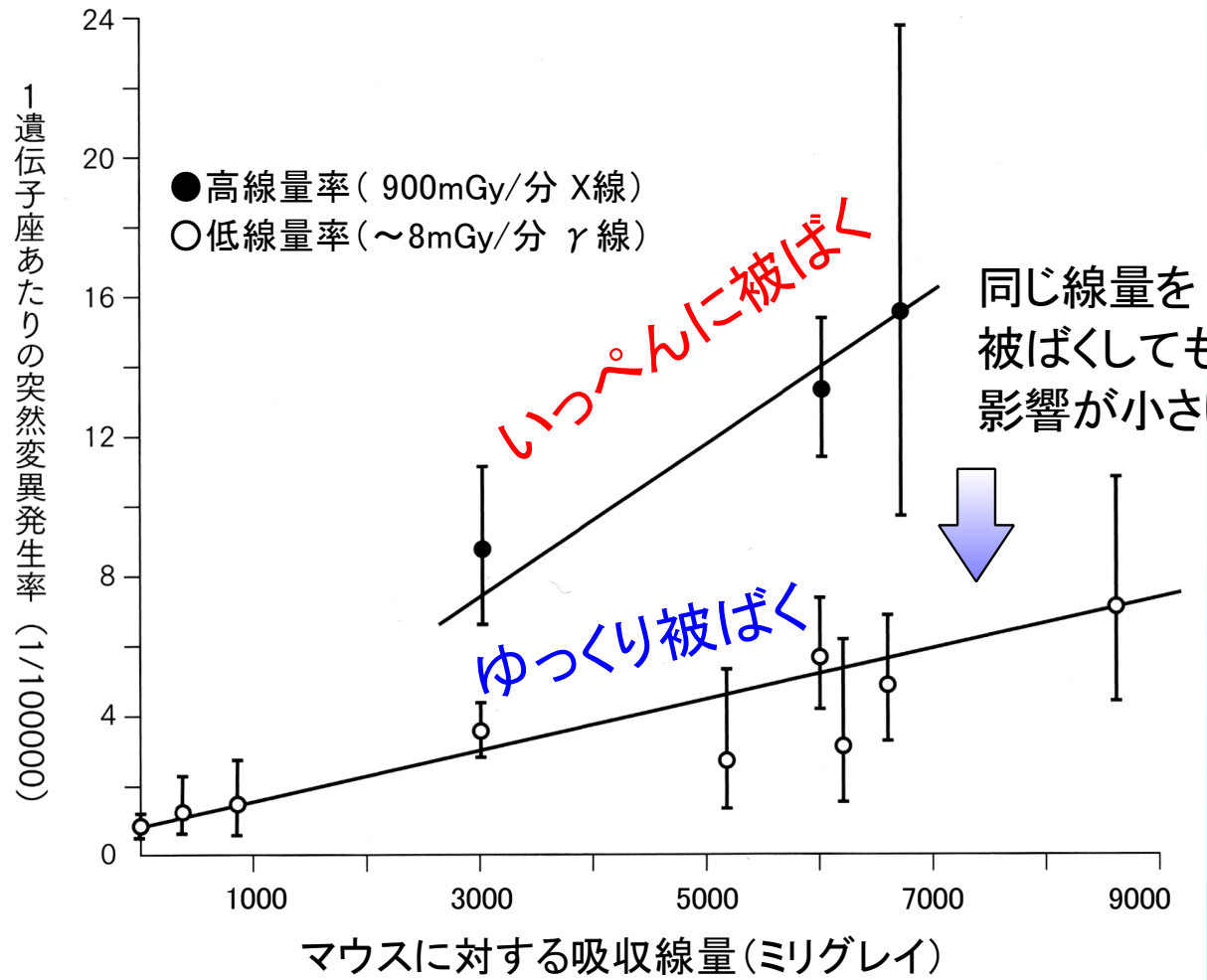
100mSv

これ以下の線量でも影響はあるかも知れませんが、影響が小さすぎて、他の生活習慣などに隠れてしまっているのか無いのか良く分からない、というのが100ミリシーベルトという線量です。

被ばく線量（短時間での被ばくの場合）

長期間の被ばくの方が危険じゃないの？

合計で同じ線量を被ばくするなら、
時間あたりの線量が小さい方が影響は少ない！



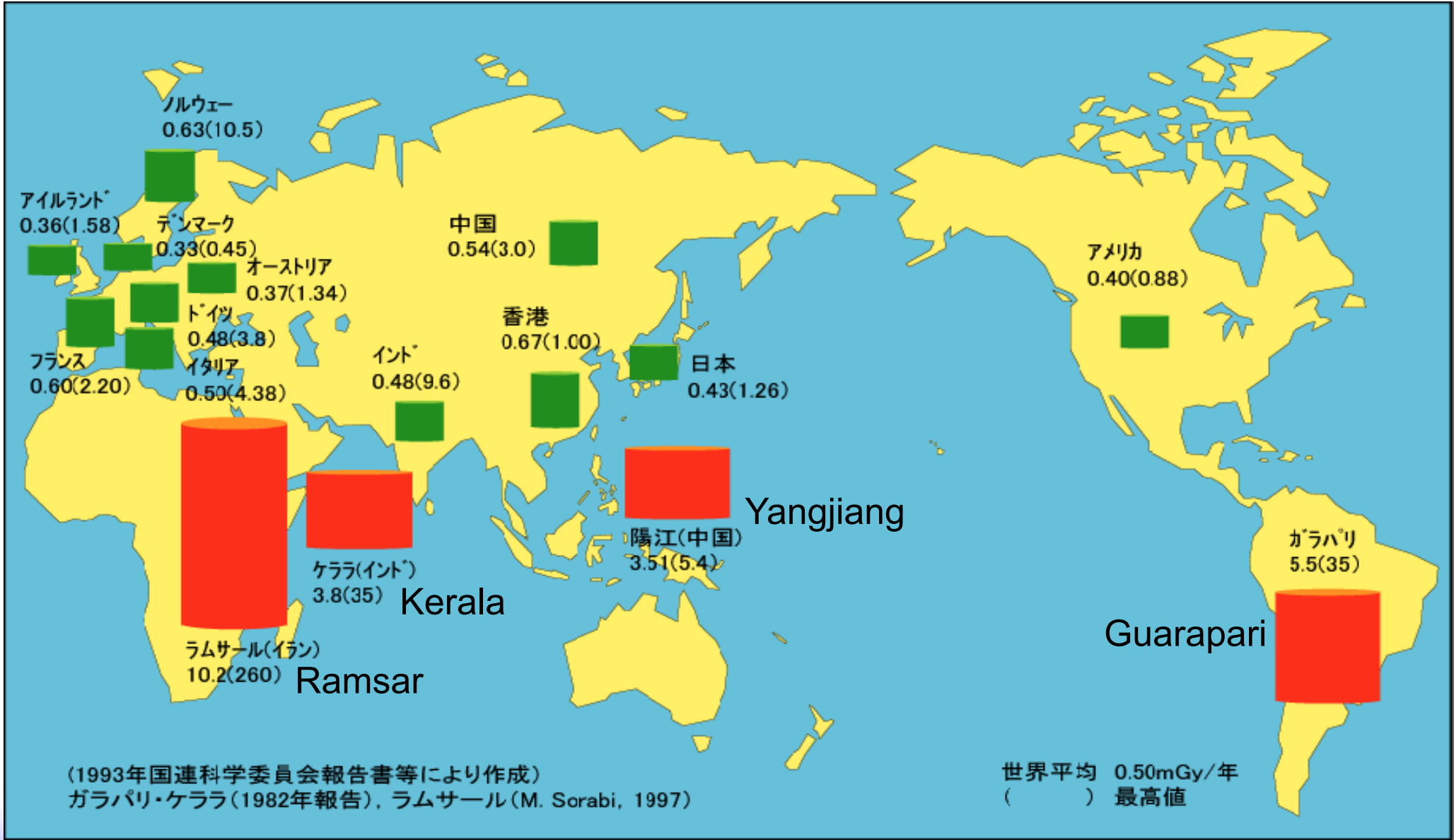
細胞にはDNAを修復する力があります

1950年代に行われた、700万匹にも及ぶマウスを用いた、「メガマウスプロジェクト」からのデータです。これほど大規模な実験は現在では国家レベルでも不可能です。

グレイは物質に吸収される放射線のエネルギーです。100ミリグレイのX線やガンマ線を人間が吸収した場合、100ミリシーベルトと同じ数値になります。

放射線必須データ32、創元社、p.20。(メガマウスプロジェクトの論文より引用、原典では横軸単位はレントゲン)

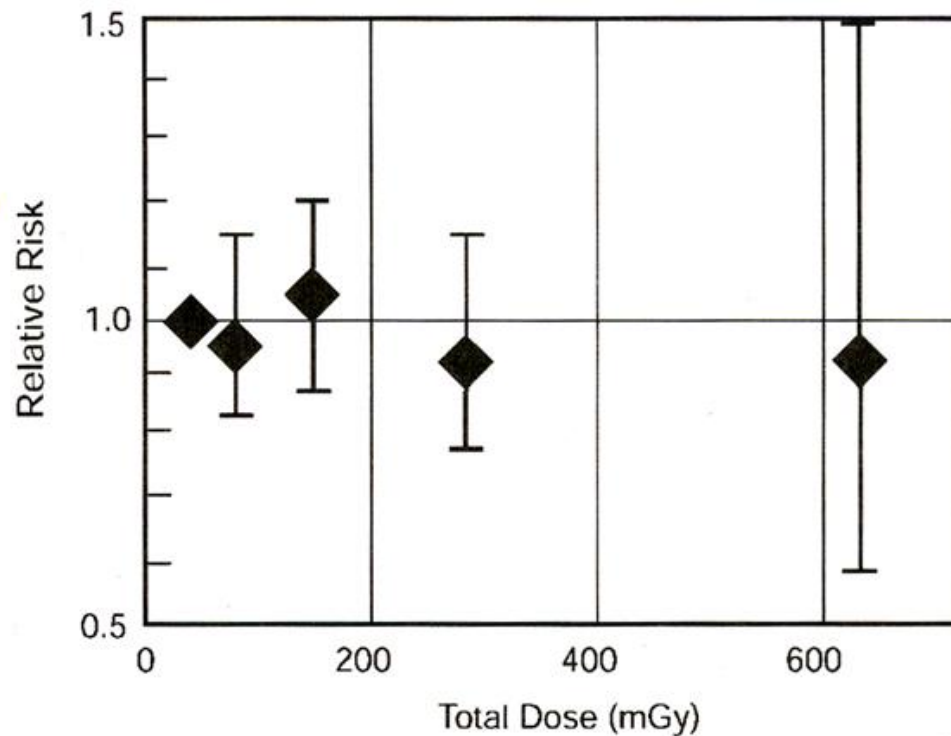
世界の自然放射線



高自然放射線地域でのがん罹患率

インドケララ州高自然放射線地域

全がん(白血病を除く)の相対リスク



推定累積線量

地域住民の発がんリスクは
高くない

トリウムを含む黒い砂浜で暮らす漁民



(「世界の大地放射線」放射線照射利用促進協議会)

(Nair, R. R. K. et al., *Health Phys.*, 96, 55-66, 2009)

内部被ばくはずっと体内で放射線を出すから危ないんじゃないの？

クイズ: 1kg あたりセシウム-137 を 100 Bq 含む米を、一食あたり1合(精米で150g、炊きあがりでは330g)、一日三食、365日食べつづけたとして、そのあと50年間で被ばくする線量はどの程度になるでしょう？

答え: 0.21ミリシーベルト

現在一般食品中の放射能濃度の基準値は、放射性セシウムで 100ベクレル/kg となっており、この設定は基準値の上限値の場合となっています。現在も福島県産の米については全量検査が続けられていますがほぼ全てのサンプルで検出できないぐらい放射能は少なくなっています。ですので、今回のクイズは有り得ないぐらい高い濃度の食品だけをずっと摂取し続けた場合、と言う極端な例だとお考え下さい。



欧米に飛行機で旅行すると、宇宙線の増加により0.2ミリシーベルト程度被ばくします。

「内部被ばく」による影響

- ・どんな放射線の種類か(α 、 β 、 γ)
- ・どのぐらいのエネルギーか
- ・物理的な半減期
- ・排出されやすさ(生物学的半減期)
- ・どんな臓器に蓄積されやすいか
- ・蓄積される臓器の感受性

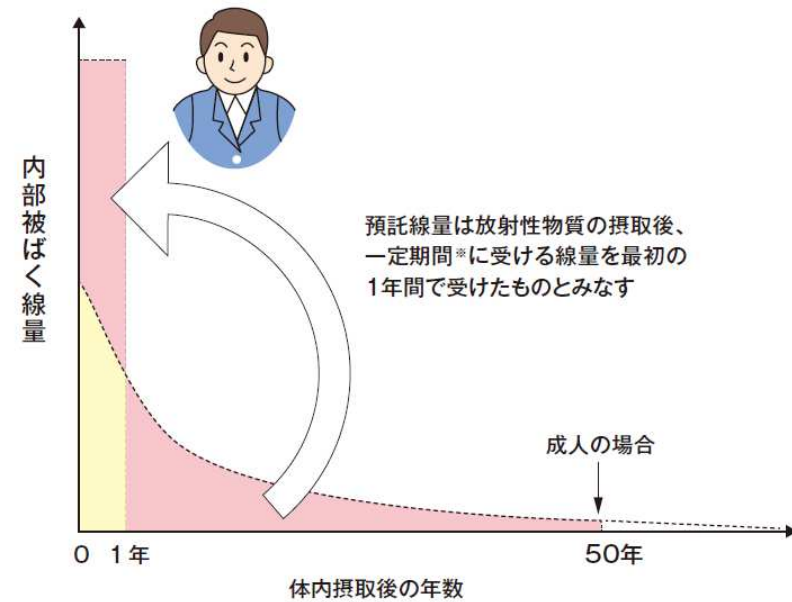
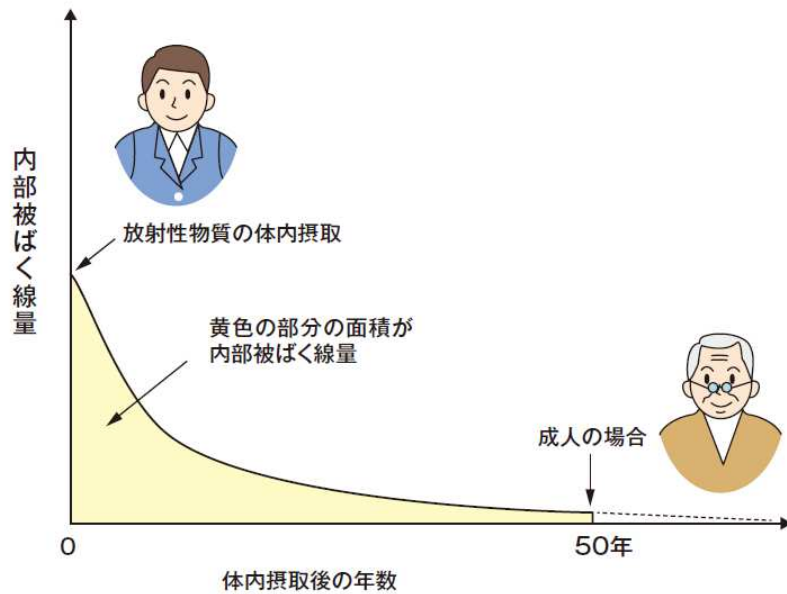
全部考慮して
評価しています

その後 50年間にわたる影響を、取込んだ時点でいっぺんに被ばくしたとして被ばく線量(シーベルト)の計算をします。

このようにして求められた**内部被ばくの線量**と、**外部被ばくの線量**とは、**同じリスク**になります。

実際には、**同じ量**を**少しずつ長い期間にゆっくり**被ばくするのと、**いっぺん**に被ばくするのとでは、DNA修復のメカニズムがあるため、**ゆっくりの方が影響は小さくなります**。

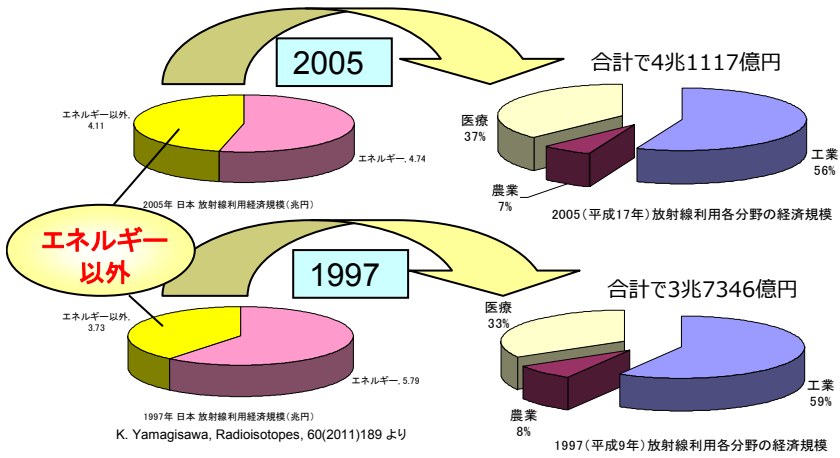
内部被ばくの評価（預託線量の概念図）



※成人:50年間、子供:取り込み時から70歳まで

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



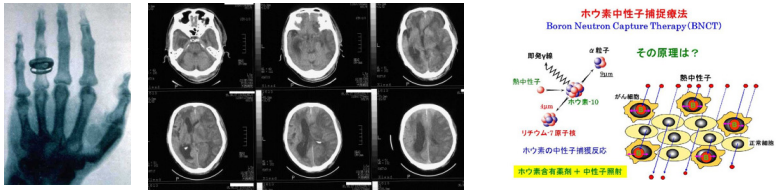
農業利用

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

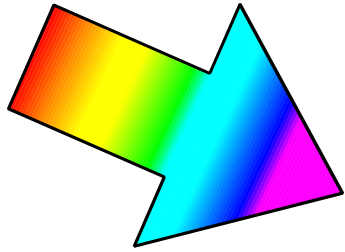


年代測定

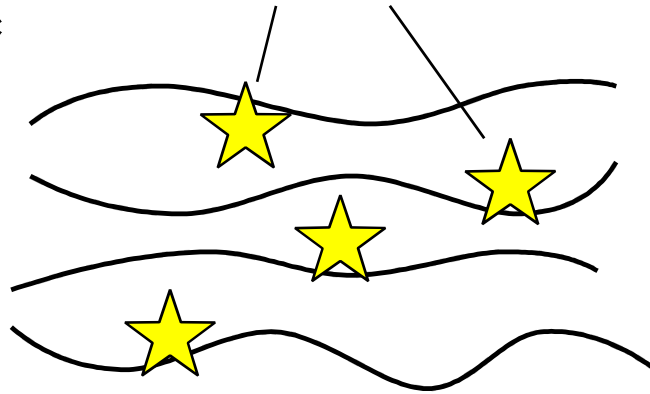
C-14 年代測定法などによる考古学・文化財の評価



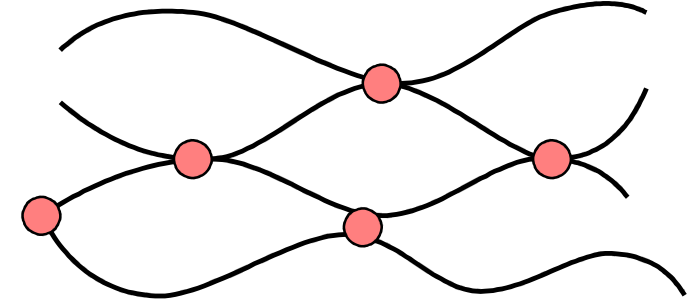
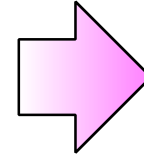
X線、γ線、電子線 などの放射線



放射線の力で刺激を与えます(励起)



刺激されたところがお互いにくっついて、
網目状になり、強い高分子になります

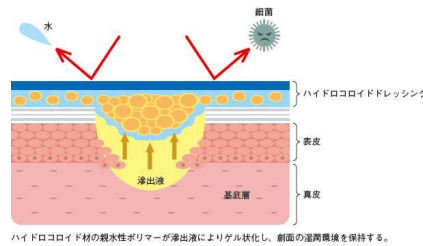


お互いに連結されていない
長い高分子の鎖

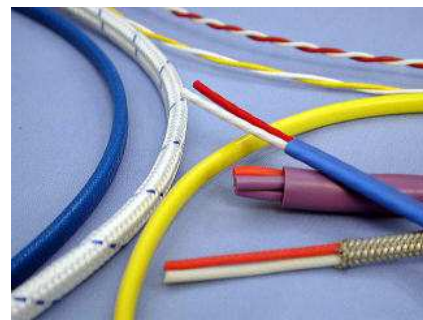
橋かけ反応



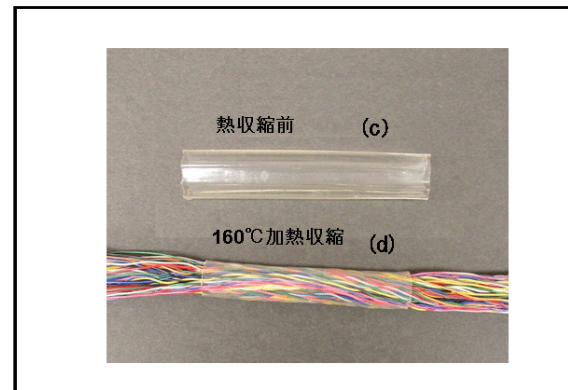
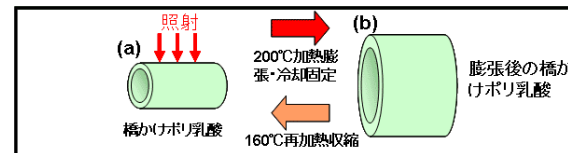
タイヤのゴムは、放射線で架橋することで引っ張り強度などを高めています。



湿潤療法や、靴擦れ防止などで使われる
ハイドロゲルは放射線橋かけで作られます



電線の被覆材も、放射線で架橋することで熱に強くしています。



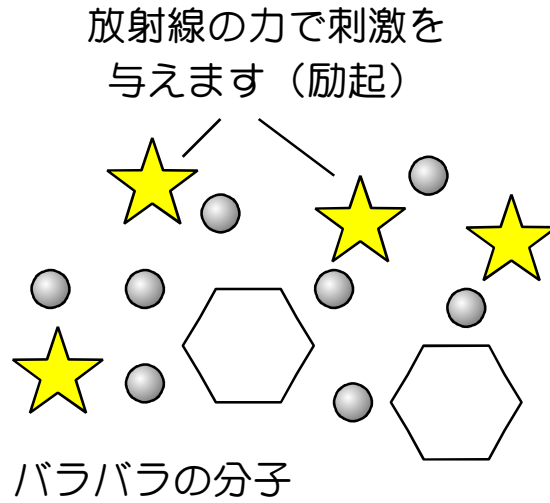
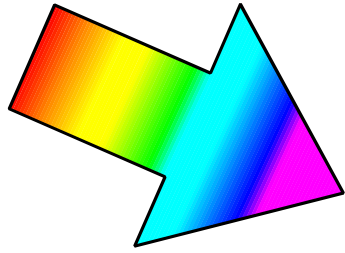
熱収縮チューブは、放射線で架橋して強くしたあとに引っ張って伸ばしていますが、ドライヤーで暖めると縮んで元に戻ろうとします。

電線をハンダ付けした後、絶縁するためのチューブとして利用されています。

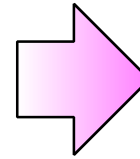
図8 橋かけポリ乳酸による熱収縮チューブ

[出典]長澤尚胤、吉井文男:デンプンから開発した透明な耐熱型生分解性熱収縮材、プラスチック、57(No.2)、56-59(2006)

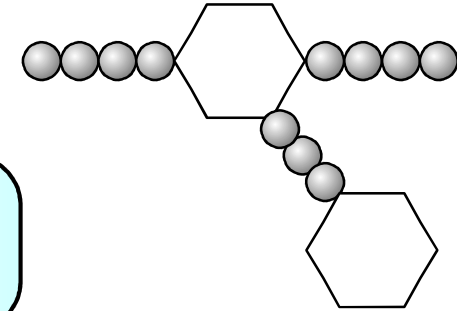
X線、 γ 線、電子線 などの放射線



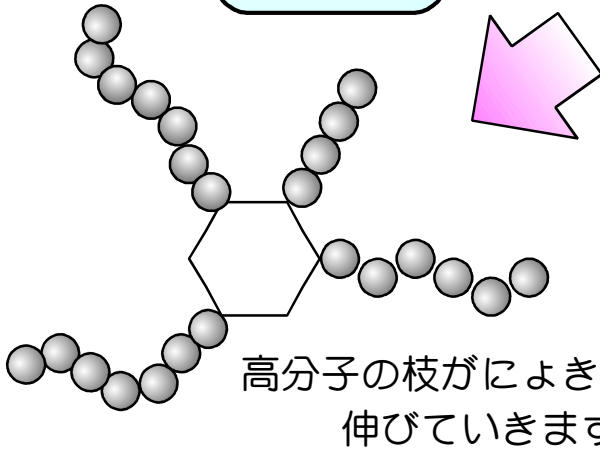
刺激された分子は、お互いに
くっついて、高分子の固体に
なります



重合



**グラフト
(接ぎ木)
重合**



UVレジンはX線や γ 線よりはエネルギーの低い、
紫外線で重合して固体に変わります。

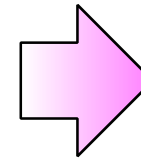
目に見える光じゃ固まらない!

伸ばした枝の性質を上手くコントロ
ールすると、海水中の金属を集めるよ
うな機能を持った高分子を作ることが出
来ます。

海の中の資源を取り出せるかも?!



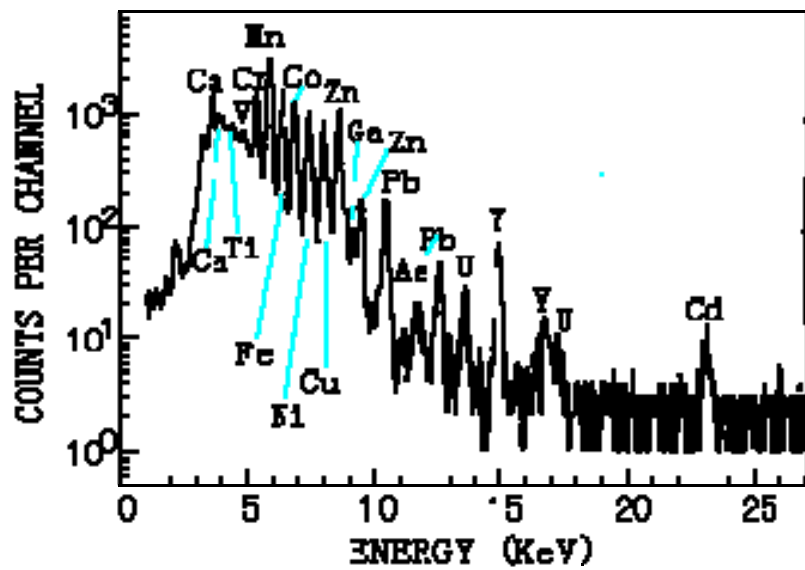
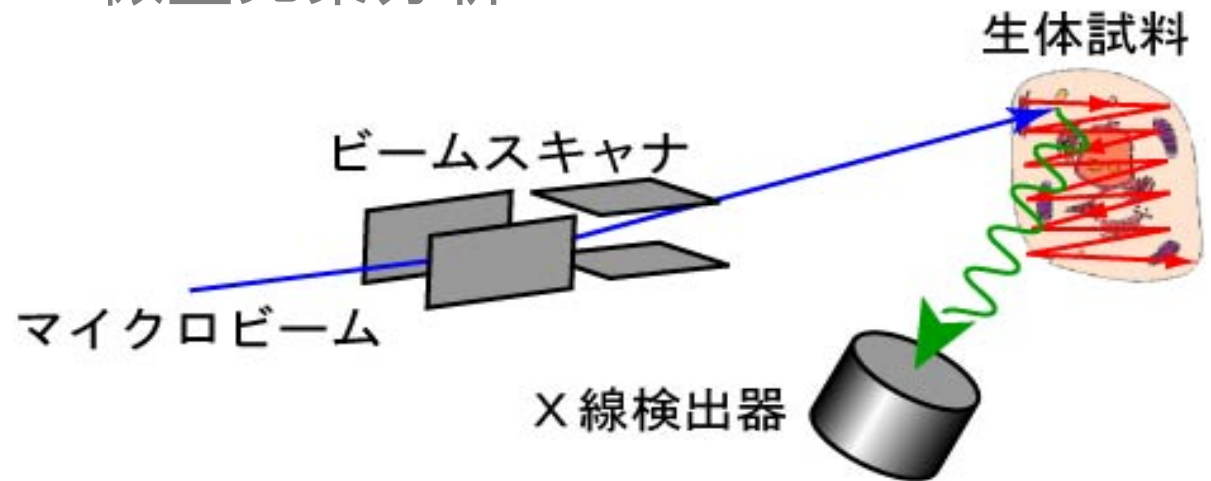
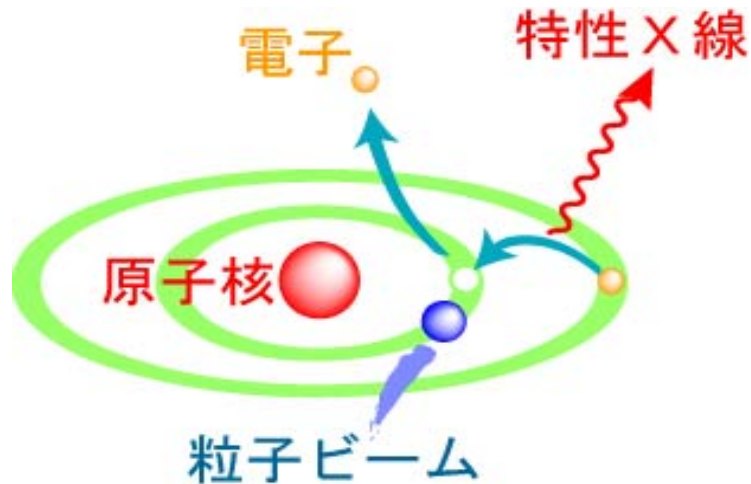
UVレジン液



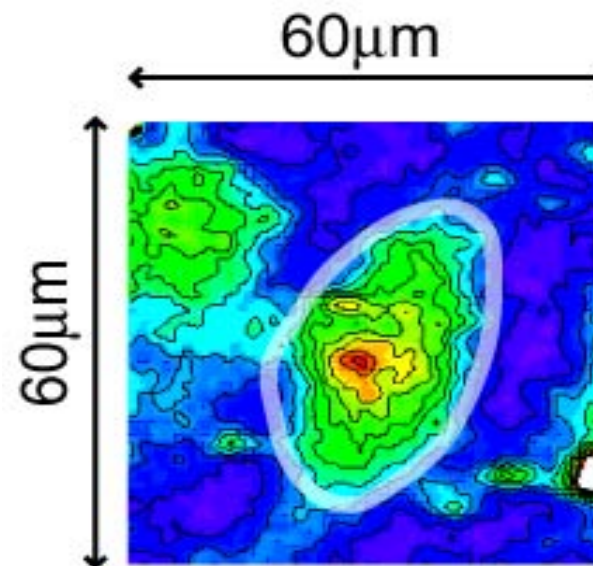
UVレジンを使ったアクセサリ

PIXE (Particle Induced X-ray Emission)

粒子線励起X線分析法 微量元素分析

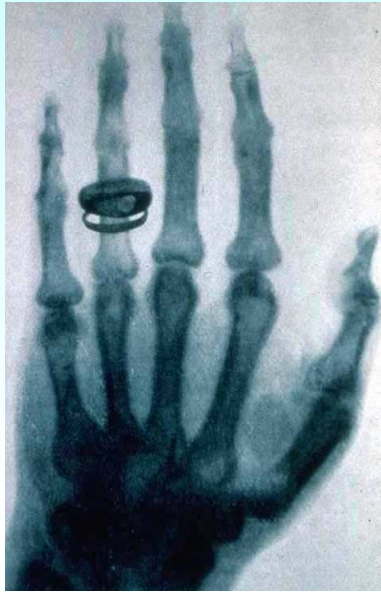


Solution Containing 200 ng of Various Elements



細胞中のリンの分布

放射線を用いた診断



1896年に撮影された
レントゲン氏の奥さん
の手の透過写真

光子と物質の相互
作用の強さによっ
て濃淡が得られる

コンピュータ断層撮影(Computed Tomography)

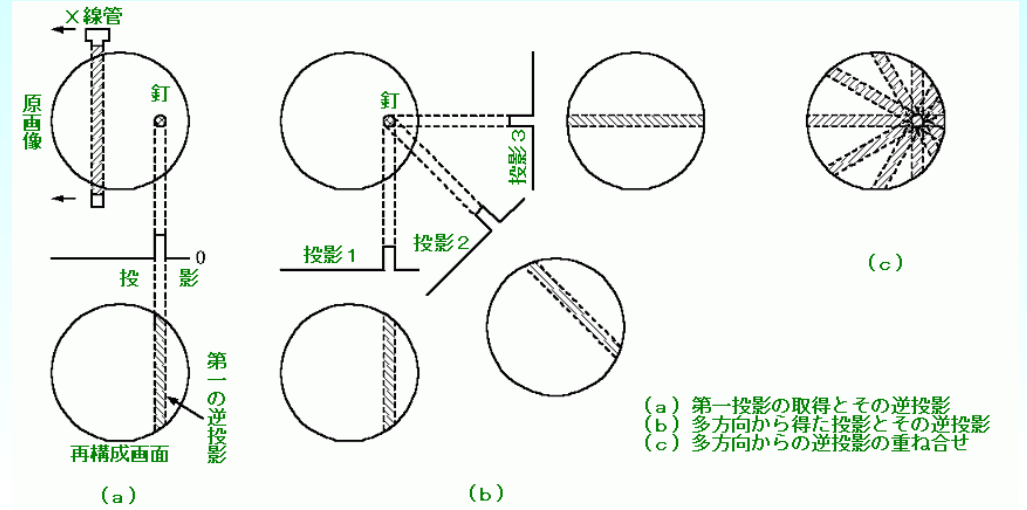
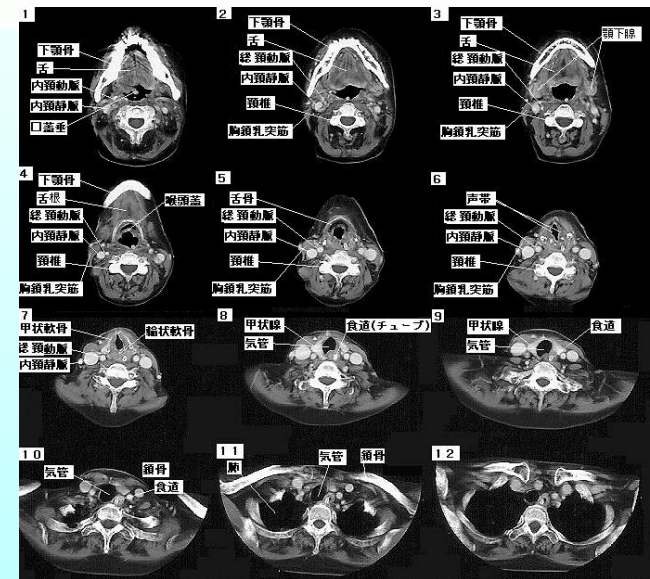
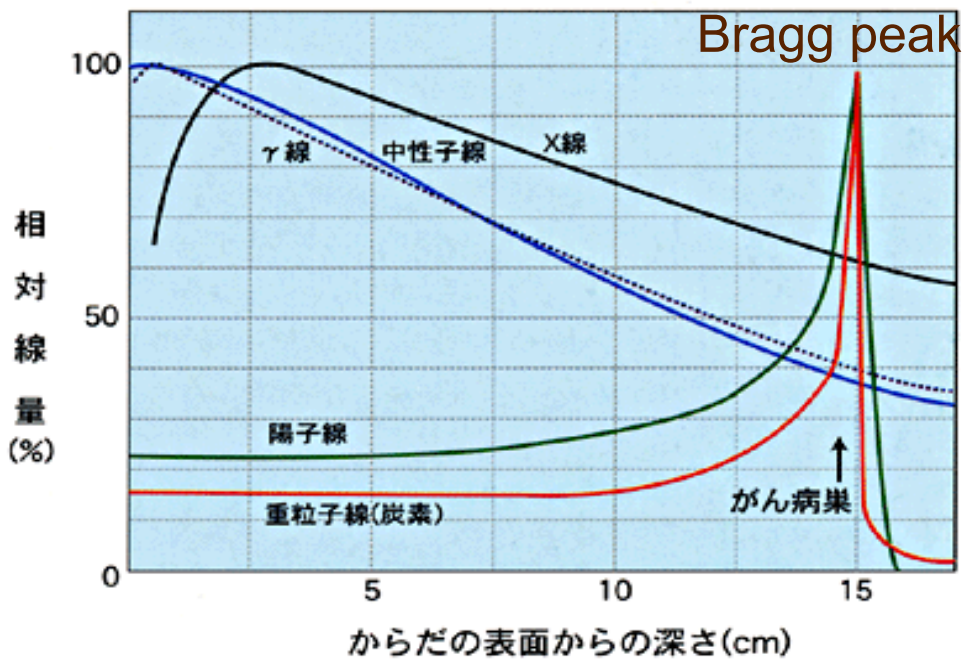


図1 X線CTにおける画像計算の原理(その1)

[出典] 舘野 之男、飯沼 武: 画像診断-基礎と臨床、コロナ社(1987年), p39

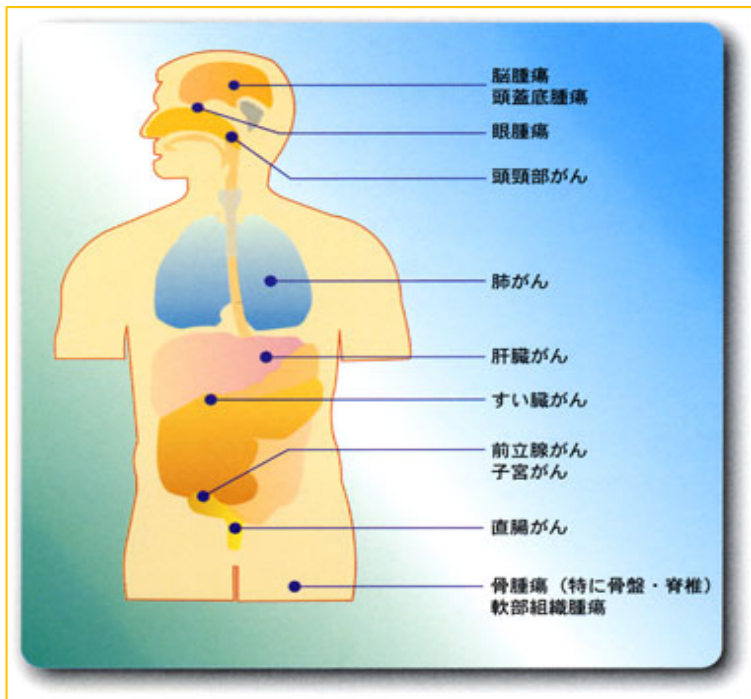
多方向から撮影したX線透過
像から立体的配置を再構成
するのがX線CT。
核磁気共鳴を用いたMRIと
は全く原理が異なる。



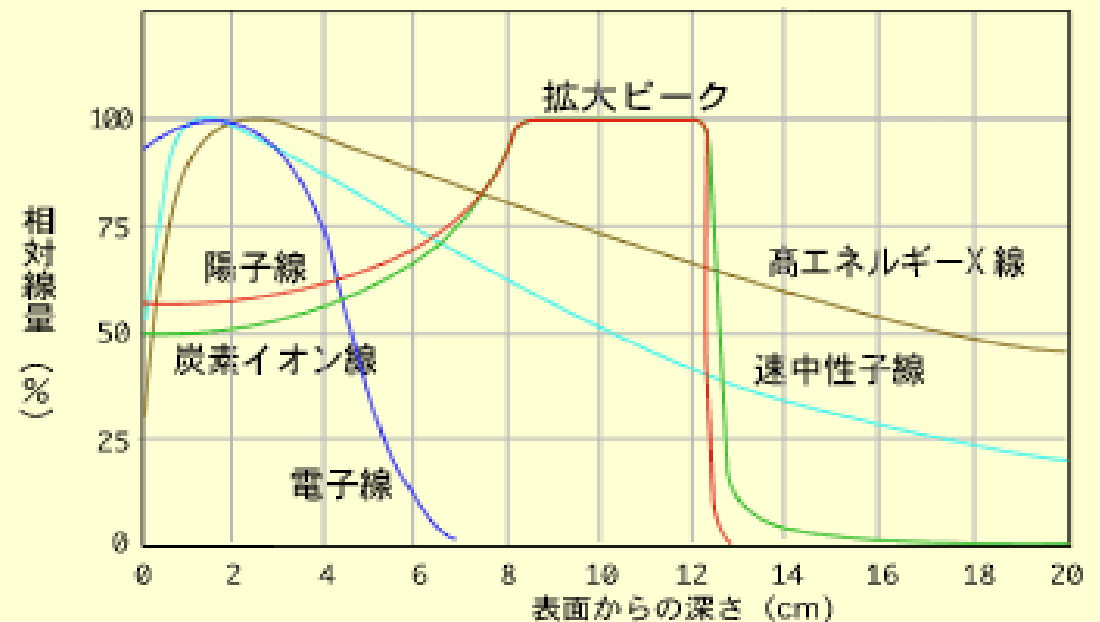


各種放射線の生体内における線量分布

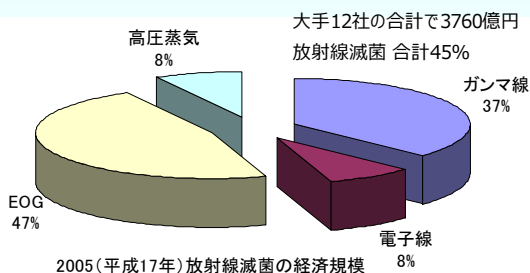
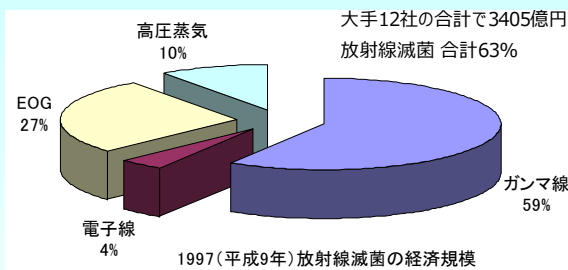
(放医研 HPより)



各種放射線の線量分布



放射線による滅菌

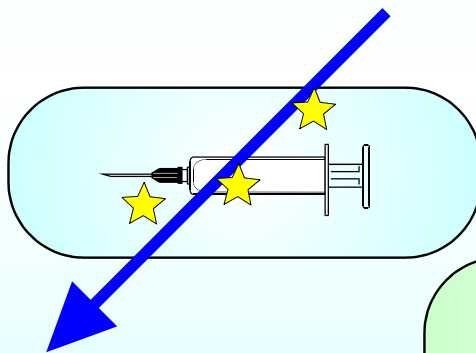


ガンマ線は電子線よりも透過力が大きく、より大きな物、密度の高い物に適しています。
電子線は処理スピードが速く、短時間にたくさん照射するのに適しています。
EOGは酸化エチレンというガスで、表面の滅菌に適していますが、有毒な残留物の除去が必要です。
高温蒸気は、水に溶ける物には使えず、温度上昇による変質の恐れがあります。

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
のコントロールが容易です

医薬品



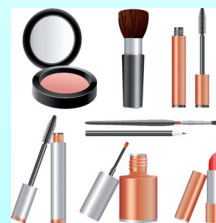
医療機器



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
か用いられていません。