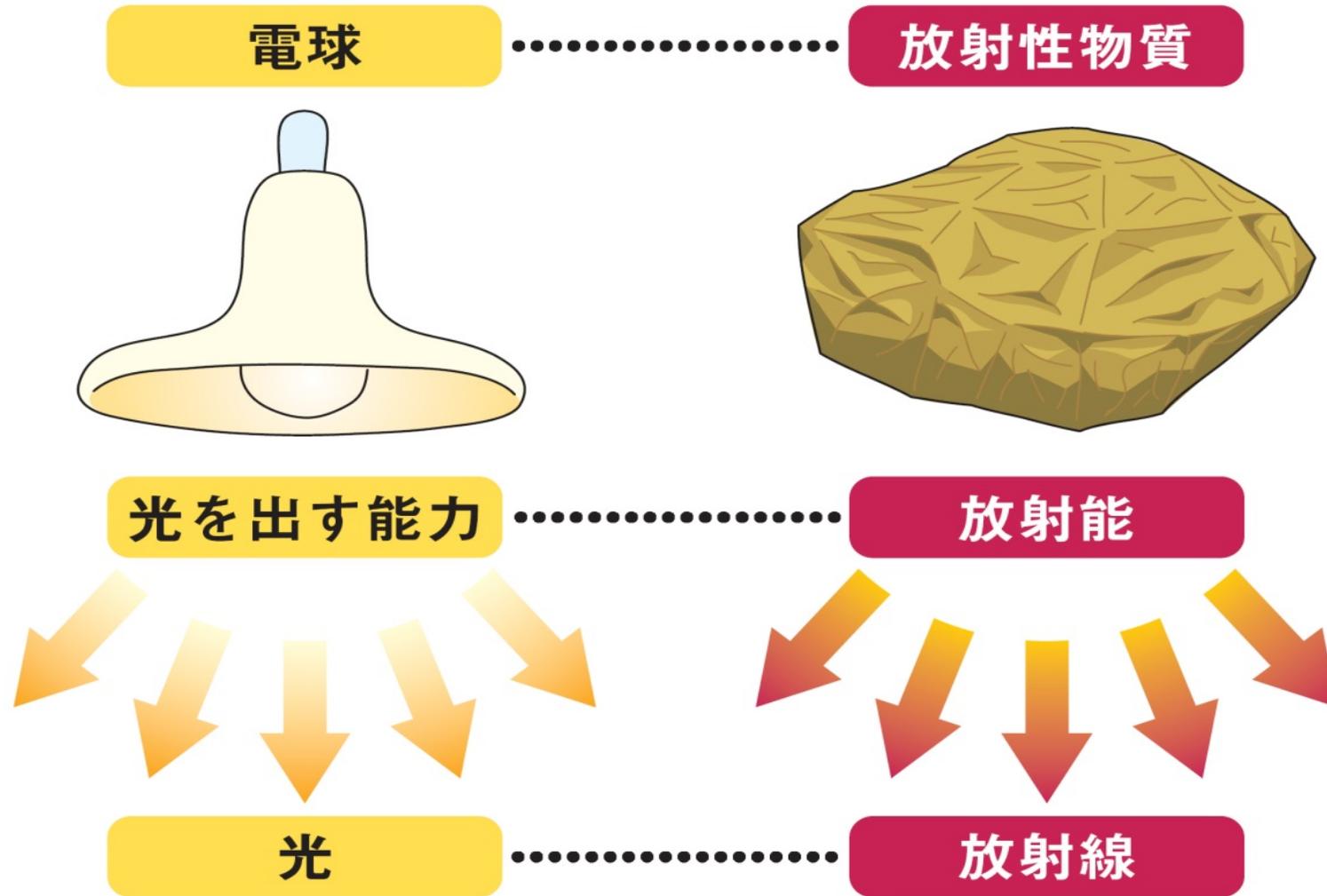


- 放射性物質と放射能、放射線について・・・・・・ 2
- 放射線の単位・・・・・・ 5
- 細胞の損傷から人体への影響の発生過程と分類・・・ 7
- 確率的影響と確定的影響について・・・・・・ 8
- 放射線量と人体の影響・・・・・・ 12
- 放射線測定器・・・・・・ 17
- 放射能泉（放射能を含む温泉について）・・・・・・ 23
- 人体には放射線にあたってても回復する能力がある・・・ 24

放射性物質と放射能、放射線について



放射線は、大きく二つの種類に分けられます。

「高速の粒子」と「波長が短い電磁波」です。

放射線を出す物質を「放射性物質」、放射線を出す能力を「放射能」といい、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。

放射性物質

天然に存在するものと、原子炉や加速器などで作られるものがあります。

天然に存在するものにはカリウム40や、岩石中にはトリウム系列、ウラン系列に属する放射性物質があり、太古の昔から人類や生物は共存してきました。したがって放射線や放射能があるということは特別なことではなく、生物にとっては長年のつきあい、ということになります。

人類が核エネルギーを利用するようになってから、核分裂に伴う人工放射性物質が増えてきました。

大気中の人工放射性物質は核実験が盛んな1960年頃にピークに、その後減少傾向にあります。

代表的な核分裂生成物として137セシウム、133キセノン、134セシウム、132テルル、131ヨウ素、90ストロンチウム、89クリプトンなどがあります。

医療用の診断目的で人体に投与される放射性医薬品としては99mテクネチウム(半減期6時間)、123ヨウ素(半減期13時間)、201タリウム(半減期73時間)があります。

医療用の人体に投与する放射性医薬品は半減期が特に短い特性を持ち、検査に必要な時間帯にしか放射線を出さない、被ばくを低減できるものが選ばれています。

放射能

単位としてベクレルという単位で表されます。1秒あたり何回反応を起こすかの数なので、少しの放射性物質でも大きな数になることが多いです。数の桁の多さに圧倒されて冷静さを失わないようにしましょう。

百万ベクレルと言っても医療用の放射性医薬品として使われるテクネチウムは安全ですが、²³⁹プルトニウムを百万ベクレル投与すると大変な量の被ばくとなります。

数量の多い少ないより放射性物質の種類や化学形が重要です。

放射線

レントゲンで馴染みの深いエックス線、エックス線と同じだけ発生する過程が違う γ 線、早いスピードで電子が加速すると β 線、ヘリウムの原子核の α 線、電氣的性質を持たず捉えにくい核反応で発生する中性子線などがあります。

特に中性子線の場合は、同じ吸収線量(Gy)でも人体に与える影響大きいので被ばくの評価には放射線の種類が重要となります。

放射線の単位

ベクレル(Bq)

放射性物質が放射線を出す能力を表す単位

1ベクレルとは、1秒間に一つの原子核が壊変(崩壊)*することを表します。例えば 1K ベクレルの放射性カリウムは、毎秒 1000個の原子核が壊変して放射線を出しカルシウムに変わります。

※壊変(崩壊)とは原子核が放射線を出して別の原子核になる現象のことです。



グレイ(Gy)

放射線のエネルギーが物質や人体の組織に吸収された量を表す単位

放射線が物質や人体に当たるともっているエネルギーを物質に与えます。1グレイとは、1キログラムの物質が放射線により1ジュールのエネルギーを受けを表します。

シーベルト(Sv)

人体が受けた放射線による影響の度合いを表す単位

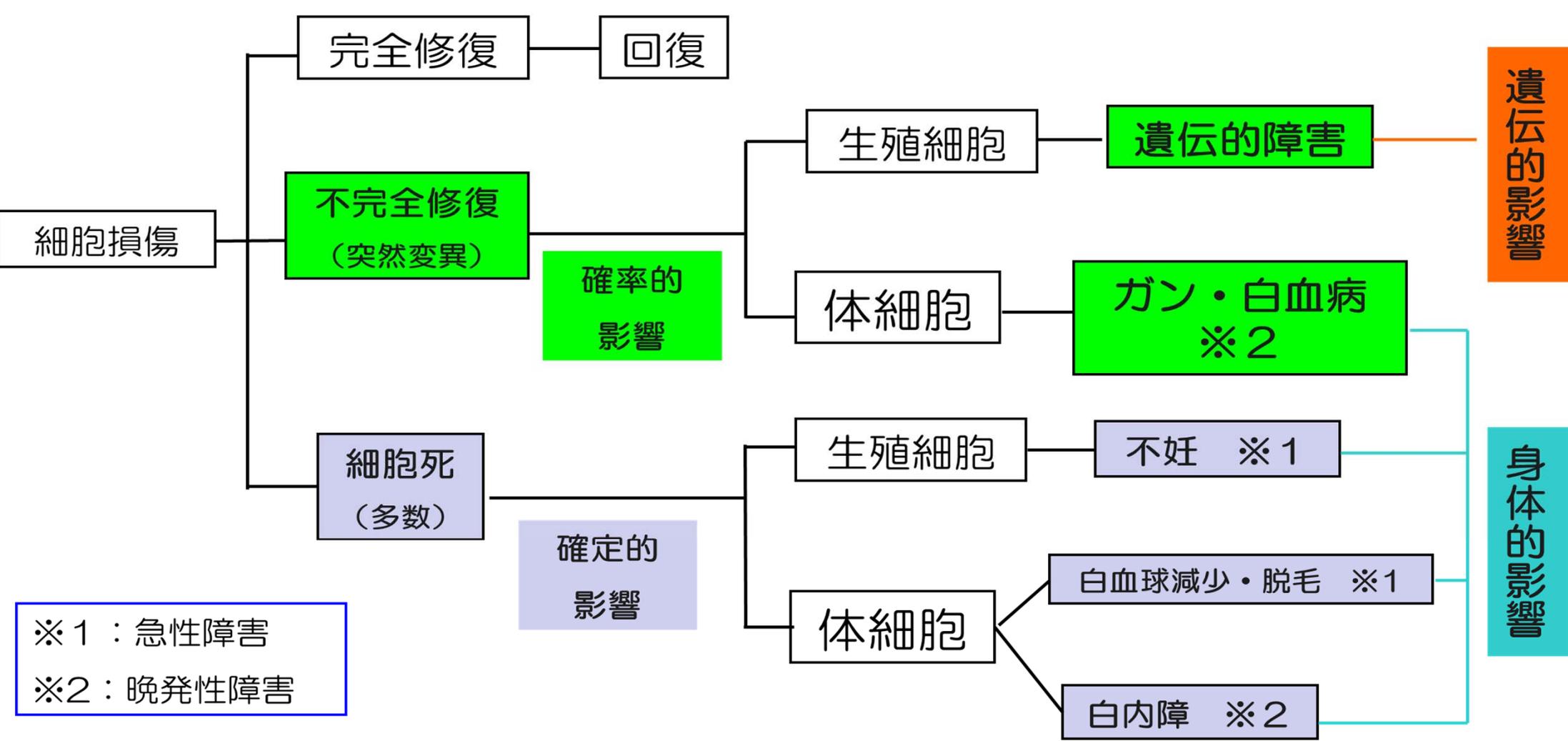
放射線を安全に管理するための指標として用いられます。

放射線が人体に与える影響は、放射性物質の放射能の強さ（ベクレル）の大きさを比較するのではなく、放射線の種類やエネルギーの大きさ、放射線を受けた身体の部位なども考慮した数値（シーベルト）で比較する必要があります。

放射性物質の種類によって放出される放射線の種類やエネルギーが異なるので、同じ1000ベクレルの放射能であっても放射性物質が違えば、人体に与える影響の度合い（シーベルト）の大きさは異なります。

細胞の損傷から人体への影響の発生過程と分類

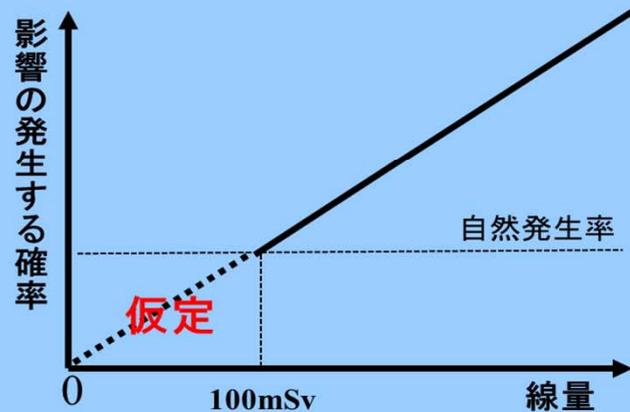
(細胞レベル) (影響の分類) (細胞の種類) (臨床的影響)



確率的影響と確定的影響について

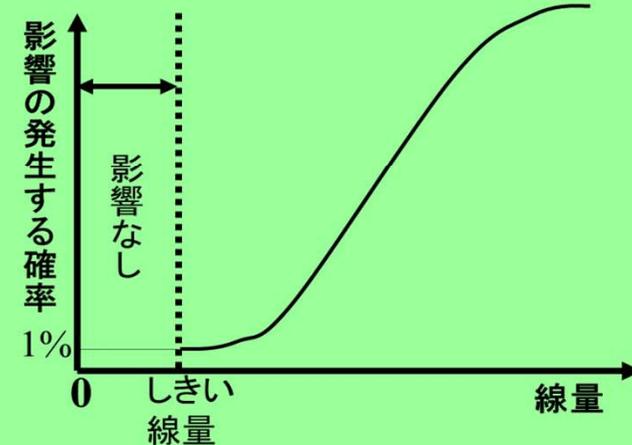
確率的影響

- がんや白血病、遺伝的影響は確率的影響と呼ばれます。
- 確定的影響と違いしきい線量はがありません。線量が増えるにしたがって、がんや白血病になる確率が増えます。
- しかしながら、 100mSv 以下の線量で影響が出たという報告はありません（自然発生率と明らかな有意差を認めません）



確定的影響

- 確定的影響には「しきい線量」が存在します。
- しきい線量を超えない限りは確定的影響は起こりません。
- しきい線量を超えたからといって、直ちに浴びた人全員に影響が出るわけでは有りません。（一般には「しきい線量」とは1%の人に影響が出始める値を定めています）



放射線被ばくと細胞の損傷

放射線に被ばくすると、活性酸素種などが作られ、細胞が損傷します。人体に備わっている修復機能で、ほとんどは修復されます。

ところが、100万分の1ぐらいの確率で不完全に修復された細胞が残り、突然変異種となり得ます。

突然変異種はガンや白血病・遺伝的障害の原因になり、これを確率的影響といい、線量が増えるにつれて、発生確率が比例的に増加すると考えられています。

100~250mSv以下では、ビタミン類による活性酸素種の希釈や、修復機能が大きく、影響が現れません。

多くの放射線に被ばくすると、修復機能が追いつかなくなると、多くの細胞が死滅します。白血球減少や脱毛などの皮膚障害や白内障、不妊などの症状が現れ、これを確定的影響と呼びます。

極めて多い放射線に被ばくすると、骨髄障害による免疫機能の低下や、腸管細胞の死滅、さらに大量の被ばくでは神経障害などで死亡します。全身に一度に約5000mGy以上被ばくすると半数が死亡するとされています。

確定的影響

確定的影響は比較的多い被ばくをしたときに起こります。1%の人に影響が出始める線量です。例えばリンパ球減少のしきい線量は250mSvで1%の人にその症状が現れ始め、線量が増すにつれて増えていきます。

他にも確定的影響には、皮膚障害や白内障、不妊、さらに極めて高い線量では骨髄障害による免疫機能の低下、腸管細胞の死滅、神経障害による死亡が起こります。

確率的影響

確率的影響は、一定以下の低い線量では影響は分からないほどに起こりませんが、安全側の立場の考え方で、一定以下の線量以下では、線量に比例して影響があると仮定して影響を評価する方法がとられました。

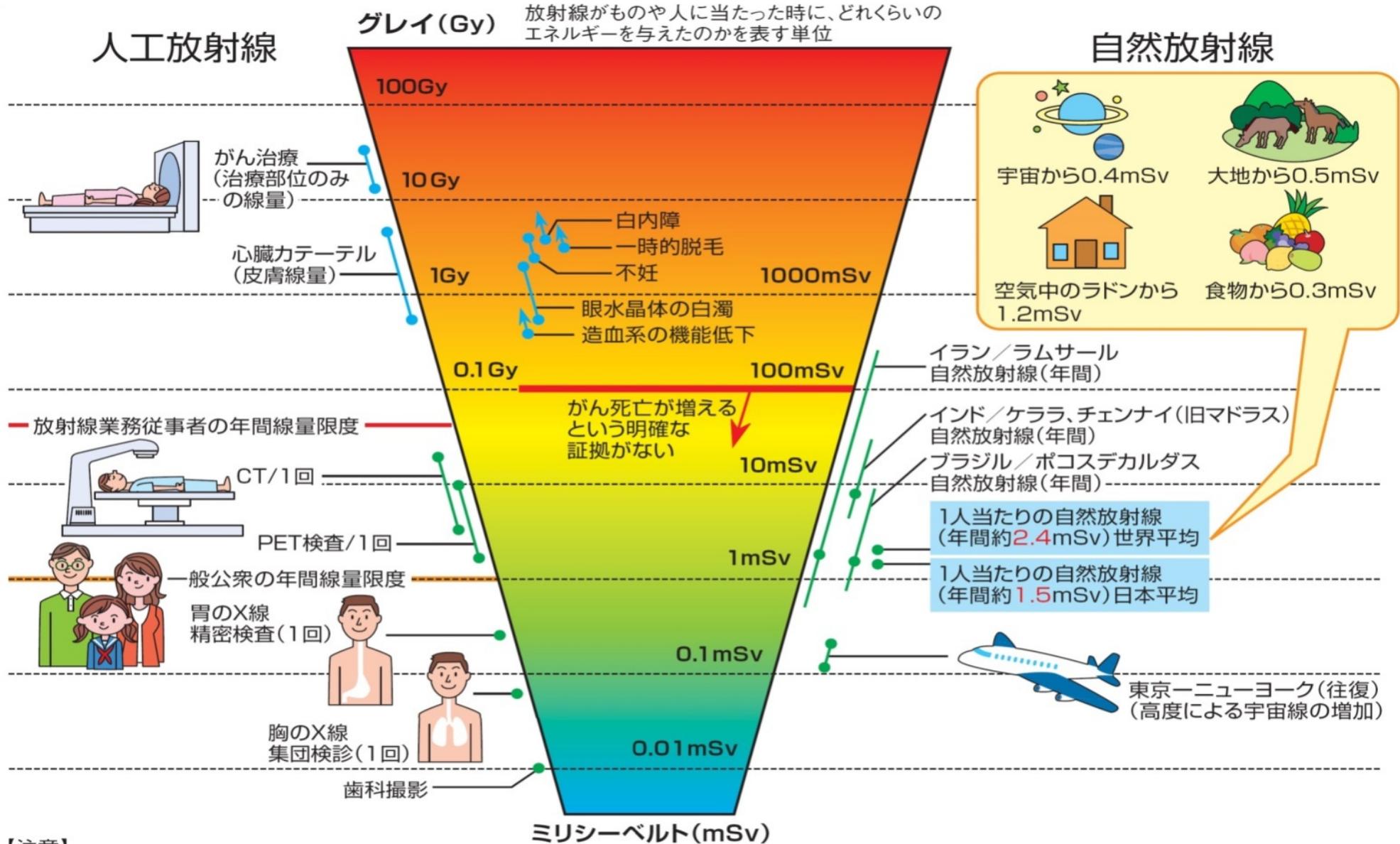
これは原子力や放射線を扱う労働者が損をしないように配慮されたもので、直線仮説と呼ばれています。

したがって僅かな被ばくした人を大勢集めて、確率を乗じて、癌になる人数を計算するのは間違った計算で、人々を根拠の無い不安に陥れる罪深き間違いです。

権威ある学術誌ですら「直線仮説」が決まった背景と、計算する際の注意を知らないで被ばく影響を評価して、誤った知見を広めたことがあります。

かつて有名な大新聞にこの間違った計算で得た死亡者数が掲載され世間を混乱させたことがありました。

放射線量と人体の影響



【注意】

- 1) 数値は有効数字などを考慮した概数。
- 2) 目盛(点線)は対数表示になっている。目盛がひとつ上がる度に10倍となる。

放射線が人に対して、がんや遺伝性影響*のリスクをどれくらい与えるのかを評価するための単位

* 遺伝性影響 (hereditary effects) とは、子孫に伝わる遺伝的な影響のことで、遺伝的影響 (genetic effects) が細胞の遺伝的影響までを含むことと区別している。

出典:(独)放射線医学総合研究所
などより作成

がん治療

がんの治療には全身に照射すると死亡してしまう以上の放射線を、極限られた病巣部位にのみ集中して照射します。

言い換えると放射線治療技術とは、限られた部分にできるだけ多くの放射線を当てて、関係ない部分に少なく放射線を抑える技術です。

現在ではコンピュータで治療計画をたてて、綿密な計算もと精密に放射線照射するので、副作用が少なく治療効果が向上しています。

心臓カテーテル

胸を切り開いて手術することは大変な体力の消耗を伴い、感染の危険も高く、命がけの治療になることも多いです。

カテーテル治療は、胸を切り開くかわりに、エックス線のテレビで治療部位を診ながら、血管から挿入した器具を使って治療する方法です。

現在では様々な器具が開発され、治療に利用されて大きな成果を得ています。

新たな診療科として血管内治療科やIVR科という名称も現れ始めました。

手技が煩雑となると、やや多い被ばくになりますが、胸を切り開いて手術するよりは体の負担は軽いです。入院期間も短くなります。

診療放射線技師は、このような治療の際にはできる限り放射線量を下げる方法をとります。また、治療を行う医師には放射線量を下げるために熟練した手際の良さが求められます。

飛行機

実は飛行機や宇宙船に乗ると、少量の被ばくをします。地球は厚い大気という放射線遮蔽材で守られていて、地表付近では0.05マイクロシーベルト程度の低い値に抑えられていますが、高度が1500メートル増すごとに宇宙線が倍になります。

したがって高度1万メートルでは地上の約100倍もの放射線量になります。

一般公衆の年間線量限度

全ての放射線施設はその設計の段階で、一般の人たちが年間1mSvを超えることがないように設計するよう厳しく法律が定められています。

したがって、放射線施設の隣に住んでも年間1mSvを超えるひばくをすることはありません。

100mSv

一度に多くの放射線に被ばくすると、様々な急性症状が起こります。

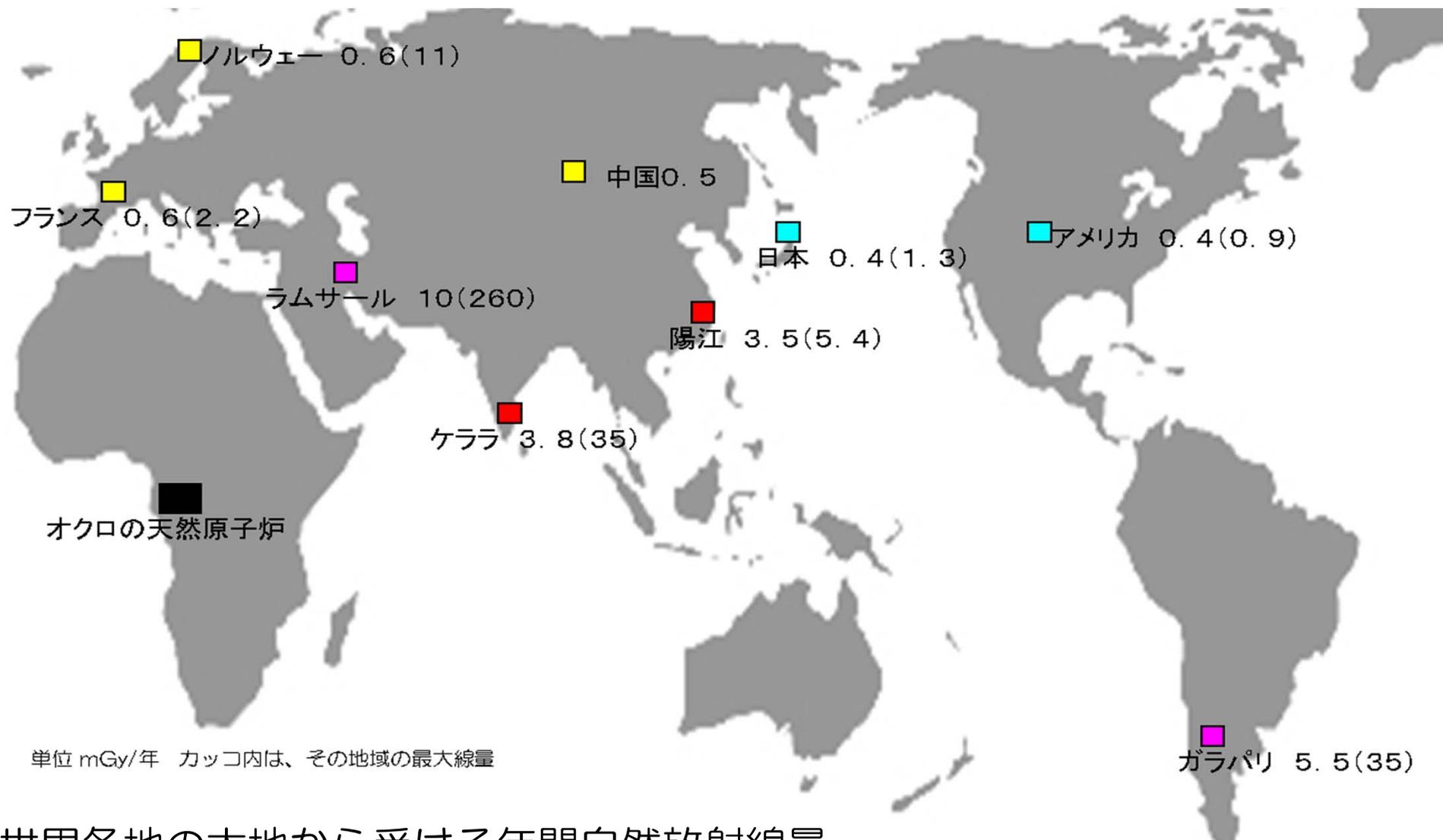
数Gy以上の被ばくでは死亡することもあります。

250mSv以下では、急性症状はありません。

100mSv以下になると発ガンリスクも、検出できない程になります。

したがって100mSv以下では発がんの心配はありません。

自然放射線の地域差



単位 mGy/年 カッコ内は、その地域の最大線量

世界各地の大地から受ける年間自然放射線量

- 0.5mGy 未満
- 0.5mGy 以上 1.0mGy 未満
- 1.0mGy 以上 5.0mGy 未満
- 5.0mGy 以上

1993年国連科学委員会報告書等により作成ガラパリ、ケララ(1982年報告) ラムサール(M.Sorabi 1997)

世界各地には地表の岩石の成分により、自然放射線量の高い地域があり、ブラジル南部の避暑地であるガラパリの住民は地表のモナザイト岩石により5.5mGy程度の被ばくをしています。

イラン北部のラムサールでは天然温泉の湧き出し地付近で、²²⁶ラジウム由来の高自然放射線が観測されています。

地図

世界各国の様々な場所で、自然放射線の量は異なります。一般に地質的に古い岩盤の場所は線量が高くなる傾向があります。古い岩石にはウランやトリウムが含まれやすいからです。

南関東地方から甲信越はフォッサマグナという谷に、火山灰などからの新しい地層が積み重なった場所なので比較的自然放射線は低いです。

日本にも山陰地方にウラン鉱の多い場所があります。

ラムサールやケララ、ガラパリは自然放射線量の多い地域ですが、調査の結果その地域に放射線が原因の病気が多くないことが明らかになっています。

ガラパリは綺麗な砂浜がある人気のリゾート地で7万人の人口があります。

黒印

オクロの天然原子炉

この地域には高い濃度のウラン鉱脈があり、核反応を起こしやすくする地下水が近くにあり、原子炉に似た状態が地表近くに存在していました。

およそ20億年前に核反応が持続する臨界の状態にあり、数十万年のあいだ、平均で100 kW相当の出力の反応が起きていたと推定されています。

放射線測定器 1

目に見えない放射線ですが、測定器があれば容易に測定が可能です。様々な種類の測定器がありますが、どれも長所短所があり、測定の目的により選択、または組み合わせて使用します。

電離箱式サーベイメーター β, γ, X 線



最も原理に忠実な線量計。放射線のエネルギーに左右されず正しい線量を得ることが可能。

ただし感度が低く、環境放射線量の測定には向いていない。

空間線量の測定に使う。

エネルギー特性が良く正確な線量を得られる。

低エネルギー放射線の測定に強み。

0. 1 $\mu\text{Sv/h}$ 以上で使用可能。

放射線測定器 2

GM管式サーベイメーター

β , γ , X線



ドイツのGeiger氏とMüller氏が開発したのでGM管と呼ばれます。ガイガー管と略してミュラー氏の功績を忘れないでください。

主に表面の汚染の評価に使います。

エネルギー特性が悪く、線量の評価には向いていません。カウント数で評価します。

検出管に入ってきた放射線をすぐに高い電圧で増幅するので感度が高いです。

ところがエネルギーに構わず増幅されるので、線量として表示できず、カウント数で表示されます。

線源の種類やエネルギーが分かっているならば、実効線量での評価が可能です。

とても高い線量では、増幅の限界に達して実際よりも低いカウントを表示する窒息現象という、とても危険な特性があることに留意すべきです。

ガイガーカウンタとも呼ばれます。

ガイガーカウンタは放射線測定器全般をさす用語でなく、このGM管式測定器のことのみを指します。

放射線測定器 3

シンチレーション式サーベイメーター γ, X, α 線



高感度、環境放射線の測定に適しています。高線量の測定には向いていません。

0.01 $\mu\text{Sv/h}$ 以上で使用可能。

放射線が物質に当たった時に光を出す現象を利用した測定器です。

微弱な蛍光を出す物質や、光を増幅する光電子増倍管を使用するため、高価です。

蛍光物質の原子番号が高いため低いエネルギーの放射線の測定には向きませんが、高感度なので原発事故等による環境放射線測定に最適です。

X線撮影室などの、漏洩線量測定には使えません。なぜならX線撮影室で漏洩するX線のエネルギーは低いからです。

ウランやプルトニウムなどの汚染検出用の α 線用のサーベイメーターもあります。検出器は薄い金属箔で覆われていて、容易に破れるので取り扱いに注意しましょう。

γ, X 線用シンチレーション式サーベイメーター



α 線用シンチレーション式サーベイメーター

放射線測定器 4

個人線量計（半導体線量計）
 γ , X線



様々な種類の個人用線量計があります。

放射線を扱う人の放射線被ばく管理に積算線量を測定するほか、一定の線量(率)になると警告するものもあります。

個人線量計の装着は法令で定められています。放射線を扱う時は必ず装着して被ばく線量を記録・保存します。

半導体線量計について

半導体に放射線が当たると、電流が流れるフォトダイオードを利用しています。安価に製造することが可能ですが、携帯電話等の微弱な電波や衝撃にて誤計数することがあり、安易な取扱には注意が必要です。

ある日用雑貨メーカーが、価格の割に良質な製品を一般向けに販売しています。

放射線測定器 5

半導体(Ge)スペクトルアナライザ γ , X線



放射能の測定と放射性核種の同定に使う。
食品の検査に最適。

スペクトルアナライザはシンチレータと組み合わせることもあります。

人体(全身)を測定するものを特にホールボディカウンターといいます。

放射線のエネルギーと線量を同時に測定して、グラフにして放射性核種の同定が可能です。

大型化して人体を測定する目的にすると内部被ばくの評価が可能なホールボディカウンターとなります。

放射線測定器 6

レムカウンタ 中性子線



電荷を持たず、測定しにくい中性子が測定できる線量計。

核反応 (n, α) を利用して間接的に測定しています。

中性子以外の測定はできません。

中性子は、直接測定できないので、一旦核反応を起こさせて、得られる α 線を測定している。

付近で核反応が起こっているか判断できる数少ない線量計です。同じ機能を持つ測定器が原子力施設のモニタリングポストに装備されています。

放射能泉（放射能を含む温泉について）

日本は火山が多く、そのため温泉の資源に恵まれています。温泉は人々の疲れを癒やし健康の増進に有効であるのは明らかです。温泉には温泉法により、温度や成分の基準が定められており、放射能を持つラドンやラジウムも成分として定義されています。

法律では、成分としてラドンは2ナノキュリー以上、またはラジウムは1億分の1mg以上含有すると温泉（放射能泉）と呼ぶことができます。

国内の放射能泉に含まれる放射能は微量であり、人体に悪影響を及ぼすことはありません。微量の放射線が人体に良い影響があるかどうかは、ここでは論じませんが、放射能泉の付近の住民は、他の地域に比べて統計学的に有意に長寿であるという調査結果があります。



人体には放射線にあたってても回復する能力がある

ガンの原因の一種、ラジカルと人間の防御修復機構について

RADIOBIOLOGICAL BASIS OF LOW-DOSE IRRADIATION IN PREVENTION AND THERAPY OF CANCER
Myron Pollycove North Bethesda, MD を基に作成

