

# 放射線と原子力災害

～人に与える影響は？～



岐阜医療科学大学 片渕 哲朗

平成24年3月14日(水) わかくさ・プラザ 多目的ホールにて  
放射線と原子力災害について、わかりやすくご講演していただいたとき  
に使用した画像とその内容を簡単にわかりやすく説明を加えたものです

## 放射線とは

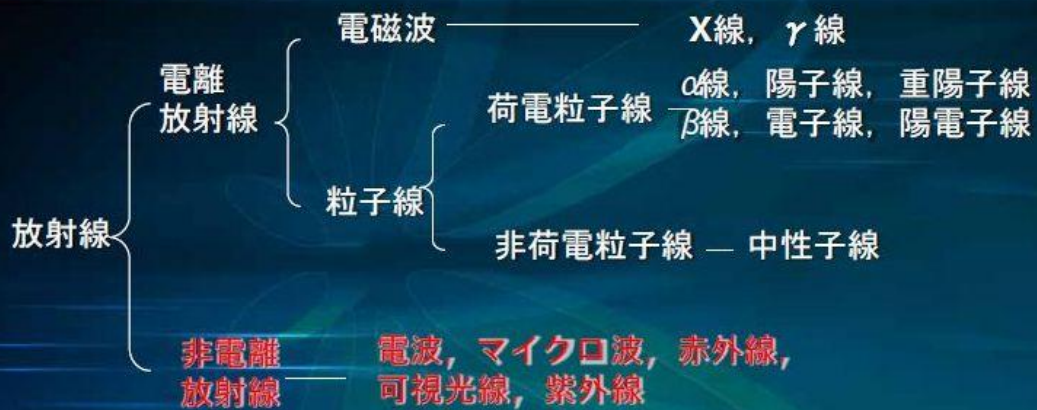
原子力基本法で「放射線」とは、  
電磁波又は粒子線のうち、直接又は間接に空気を

電離する能力をもつもの



放射線とは何か、法律では「電磁波又は粒子線のうち、直接又は間接に空気を電離する能力をもつもの」と定められています。

# 電離放射線の分類



放射線とは、広い意味では、全ての電磁波および粒子線のこと。  
しかし、一般的には、物質を通過する時に原子や分子をイオン化させる能力がある「電離放射線」のことを「放射線」と呼ぶ。

広い意味での放射線は、可視光線や赤外線など物質を通過するときに電離(原子や分子をイオン化)させる能力のないものも入りますが、一般的には物質を通過するときに電離させる能力のあるX線などをいいます。

# 放射能

ある種の不安定な原子核が放射線の放出を伴いながら別の種類の原子核に変化する性質



放っておいても勝手に(自然に)放射線を放出して他の原子核になってしまう性質

放射線(...元素の崩壊によって出される電磁波)を出す能力の事

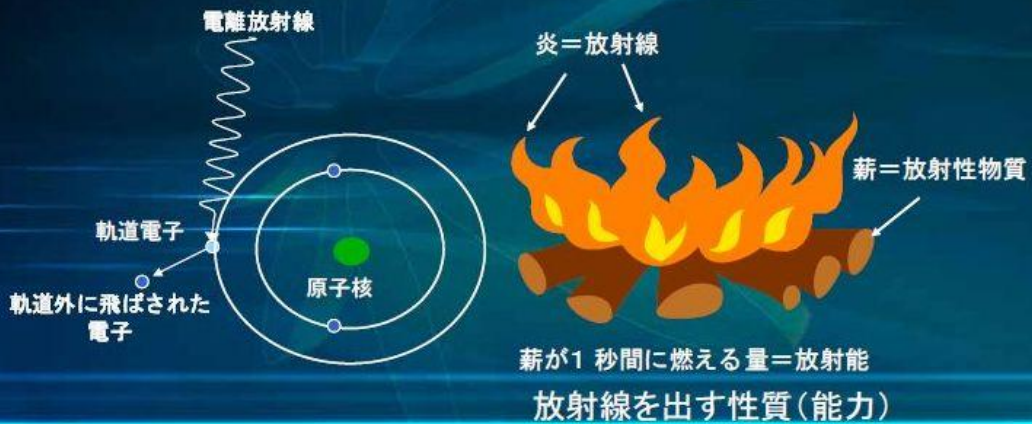
放射能とは、不安定な原子核が崩壊して放射線を放出する性質のあるもので、放射線を出す能力のことをいいます



# 放射線と放射能の違い

放射線は『飛び出た』もの

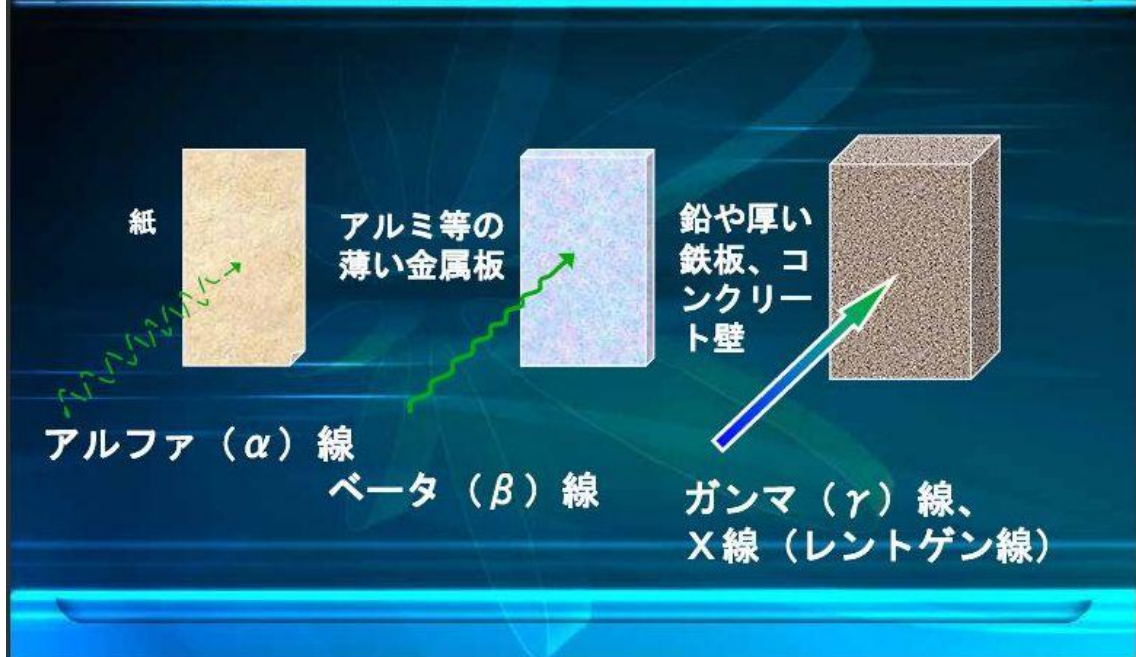
放射能は『それを出す』側



放射線とは、放射性物質から出てくる電磁波又は粒子線で、物質を通過するとき物質の分子や原子をイオン化させるエネルギーの流れのことをいいます。

放射線と放射能を焚き火に例えると、燃える「薪」が「放射性物質」薪が「一秒間に燃える量」が「放射能」薪が燃えるときの「炎」が「放射線」となります。

# 放射線の透過力



主な放射線の透過力(物質を通過する能力)は、次のとおりです。  
アルファ(α)線は、紙1枚で透過することができません。  
ベータ(β)線は、アルミ等の薄い金属板で透過することができません。  
ガンマ(γ)や線エックス(X)線は、鉛や厚い鉄板、コンクリート壁以外のものを透過することができます。

## 放射線の単位

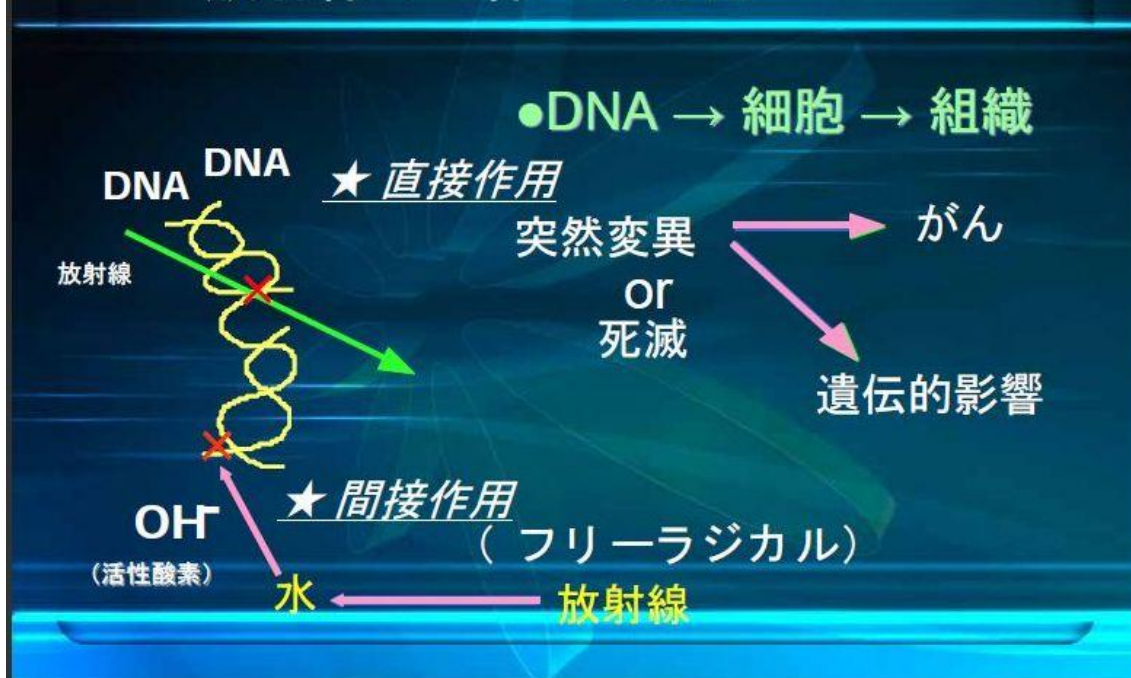
<b>Bq</b>	ベクレル 放射能	1秒あたりに崩壊する原子の数 <i>アイソトープの強さをあらわすとき使用</i>
<b>Gy</b>	グレイ 吸収線量	物質 1 Kg あたりに吸収されたエネルギー <i>放射線治療の投与する線量をあらわすとき使用</i>
<b>Sv</b>	シーベルト 線量当量	吸収線量に放射線の生体に及ぼす効果を考慮した線量 <i>業務従事者の被ばく線量(実効線量当量 組織線量当量)をあらわすとき使用</i>

● 1 Sv=1000 mSv

● 1mSv=1000 μSv

よく使われる放射線の単位としては、放射性物質が放射線を出ることができる能力を表すベクトルと放射線が人体に及ぼす効果を表すシーベルトがあります。

## 放射線の生体への作用



放射線が人体に及ぼす影響としては、放射線が直接DNAを損傷させる「直接作用」と放射線が人間の体内にある水分に作用し活性酸素を発生させ、その活性酸素がDNAを損傷させる間接作用があります。



# 放射線障害のあらわれ方

**急性影響**・・ 事故などにより大量の放射線を短時間に受けたときに発生

例 :吐き気 紅班 脱毛 不妊 死亡

**晩発影響**・・ 放射線を受けて数年～数十年後（潜伏期後）に発生

例 :がん 白血病 白内障



**他の原因と区別は困難**

放射線を受けることによる表れる障害には、  
**急性影響**:事故などにより、大量の放射線を短時間に受けたときにおきる、吐き気、皮膚紅班、脱毛、死亡などや  
**晩発影響**:放射線を受けて、数年から数10年しておきる、がん、白血病、白内障などがあります。

# 放射線の影響の分類

身体的影響	急性影響	皮膚紅班 脱毛 白血球減少 不妊など	確定的影響 (しきい値あり) 1000mSvを超えた時に問題
	晩発影響	白内障 胎児の影響など 白血病 がん	
遺伝的影響		代謝異常 軟骨異常など	確率的影響 (しきい値なし)

放射線が人体に及ぼす影響には、  
**確定的影響**:ある一定以上の放射線量を浴びると現れる皮膚紅班や脱毛、胎児への影響が出始めます  
**確率的影響**:放射線を浴びると、その量によりがんなどを発症する確率が高くなっていきます。

## 放射線を受けた部位や線量による影響の違い

放射線感受性の分類	該当する組織・器官
1. 感受性の高いもの	生殖腺、骨髄、脾臓、胸腺
	リンパ組織
	胎児の組織
2. 中程度のもの	皮膚
	腸、胃、肝臓
	眼
3. 感受性の低いもの	筋組織、結合組織、脂肪組織
	血管、唾液腺
	神経組織
	骨

高度分裂

低中分化

高度分化

放射線による影響を受けやすいもの(感受性の高いもの)から、影響を受けにくいもの(感受性の低いもの)を図にしたものです。

## ベルゴニー・トリボンドーの法則

### 細胞の放射線感受性は

1. 細胞の分裂頻度が高いほど
2. 細胞分裂の期間が長いほど
3. 形態的・機能的に未分化なほど

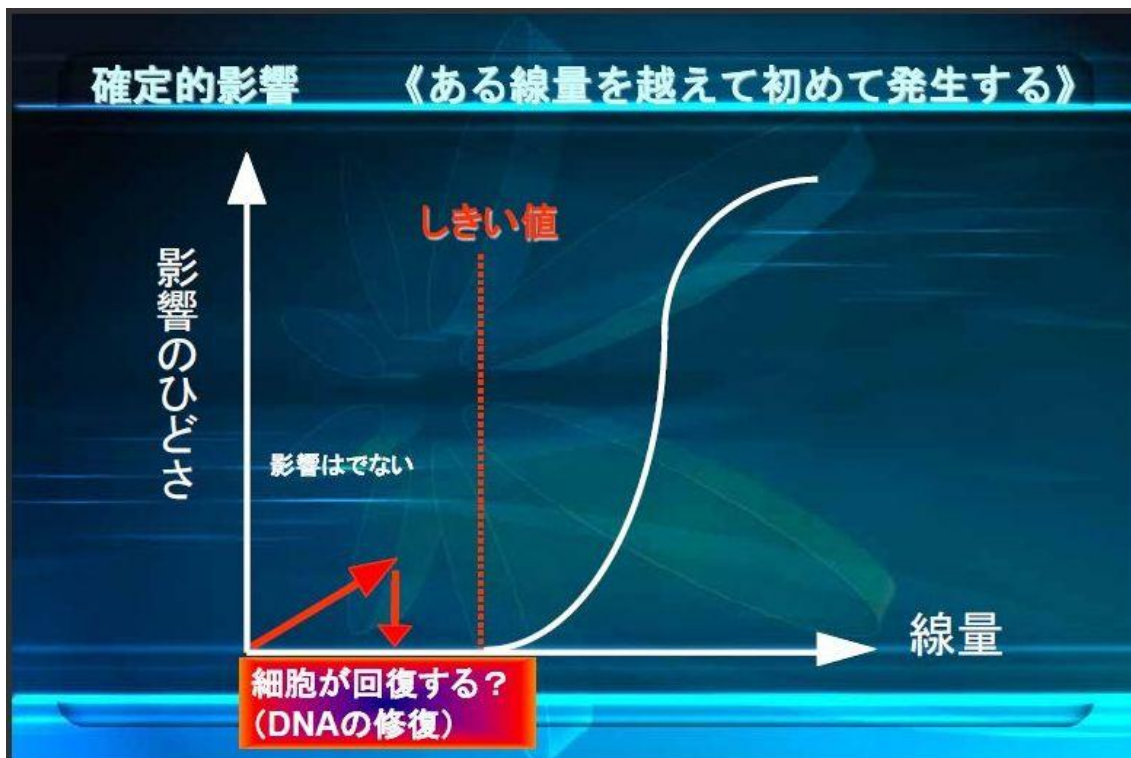
⇒ 高い

**胎児 > 小児 > 成人**

細胞の放射線に対する感受性は、その細胞の再生能力に比例し、分化程度に反比例するという法則(ベルゴニー・トリボンドーの法則)があります。

つまり、細胞が多く分裂し、また長い期間分裂し、まだ身体が発達していない、乳幼児や胎児ほど大人に比べて放射線による影響を受けます。





一定以上の放射線量を浴びると、身体に影響が出てくる脱毛や皮膚紅班などの確定的影響は、ある一定量以内の放射線量であれば何も影響はありません。



脱毛や皮膚紅班などの確定的影響が出始める最少の放射線量(しきい線量)を、その症状ごとに図に表しています。

例えば、脱毛は3千 mSv 以上、死亡は7千 mSv 以上となります。

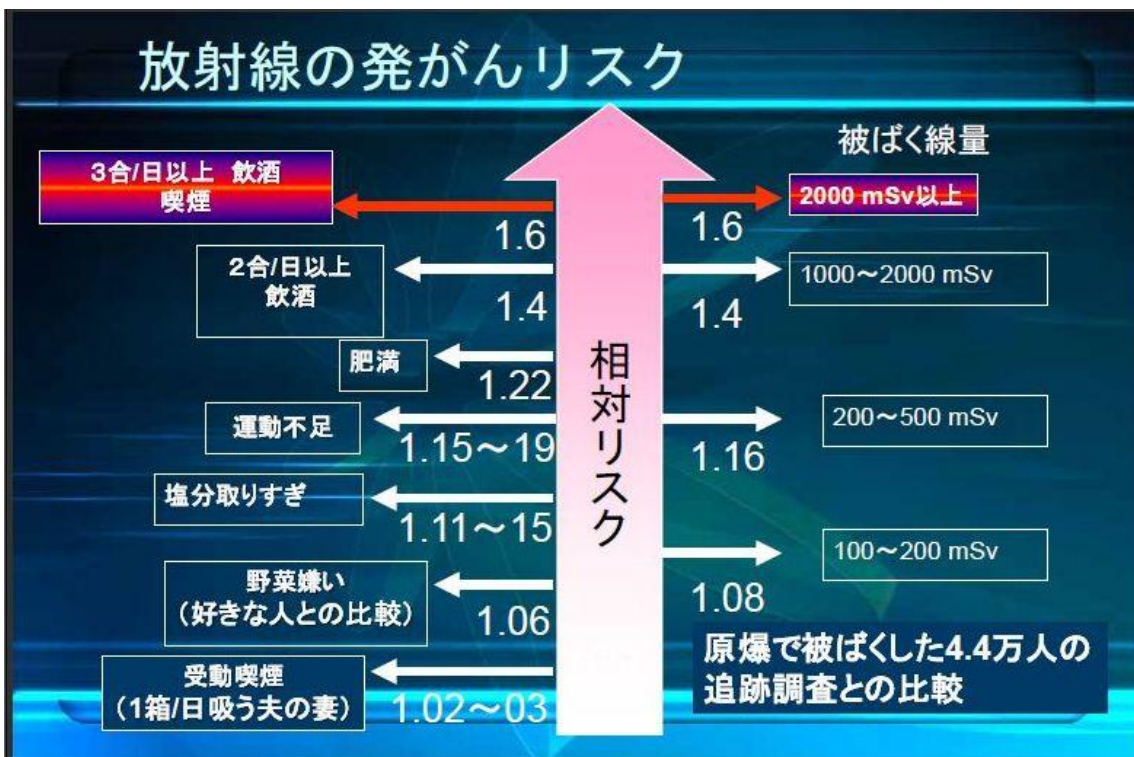
# 確率的影響

《少ない線量でも起こりうる》



確率的影響は、放射線を浴びたことにより一定の割合でがんなどが発生する確率が増加することをいいます。

# 放射線の発がんリスク



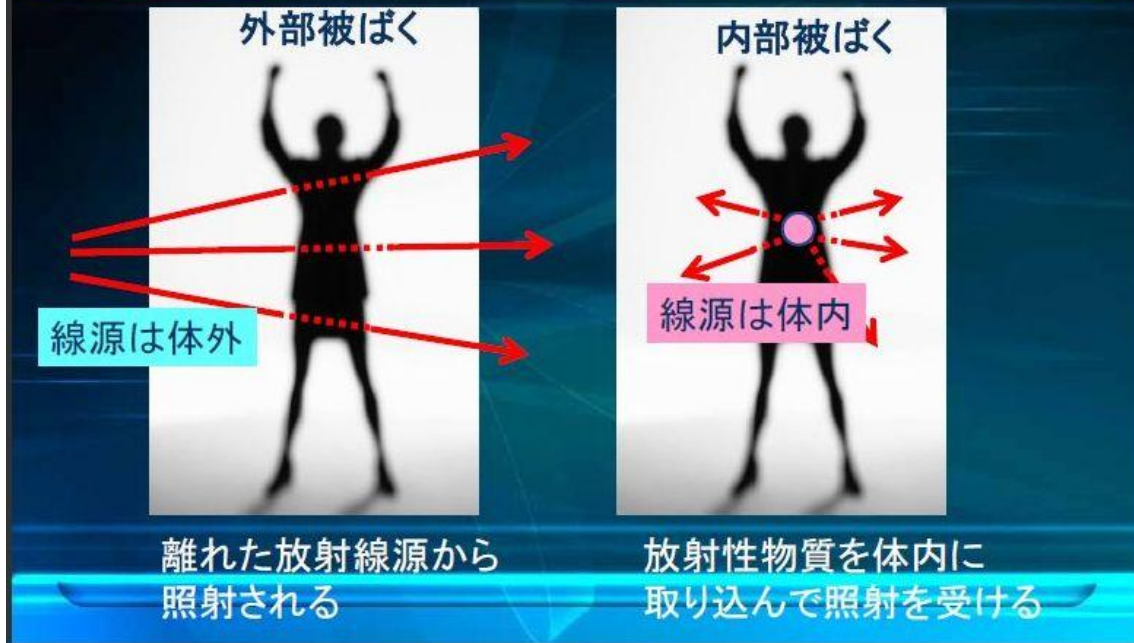
放射線を浴びるときと生活習慣によって、がんなどを発症する割合がどれくらい増えるかを図にしたものです。

100~200mSv の放射線を浴びたときのリスクは1.08ですが、これは野菜嫌いな人のリスクと同じです。

200~500mSv だと1.16ですが、これは運動不足の人のリスクと同じです。



## 内部被ばくと外部被ばく



外部被ばくとは、身体から離れたところにある放射性物質から放射線を浴びることで  
内部被ばくとは、体内に入った放射性物質から放射線を受けることをいいます。

## 外部被ばく (external exposure)

もともと 大地・土壌・宇宙線 から受ける

透過力の強い放射線(ガンマ線)が問題

しきい値が存在する

↓ 確定的要素が強い

超えると必ず健康被害が出現

||

線量増加に従い、重症度が強い

大地や岩石、宇宙から降り注ぐ宇宙線といったものから、地球上のどこでも人間は放射線を浴びています。

外部被ばくで人体に一番影響のある放射線は、透過力の強いガンマ( $\gamma$ )線です。

一定量以上の放射線を受けると健康被害が現れてきます。

## 内部被ばく (internal exposure)

食物 ( $^{40}\text{K}$ ) や空気中 ( $^{220}\text{Rn}$ ) から天然放射性核種を摂取

透過力の弱い アルファ線やベータ線が問題

飲み込む ⇒ 消化管から吸収

吸い込む ⇒ 気道から吸収

傷口から ⇒ 血液から吸収

皮膚からの吸収はほとんど無い

核種によって集積しやすい組織や臓器がある

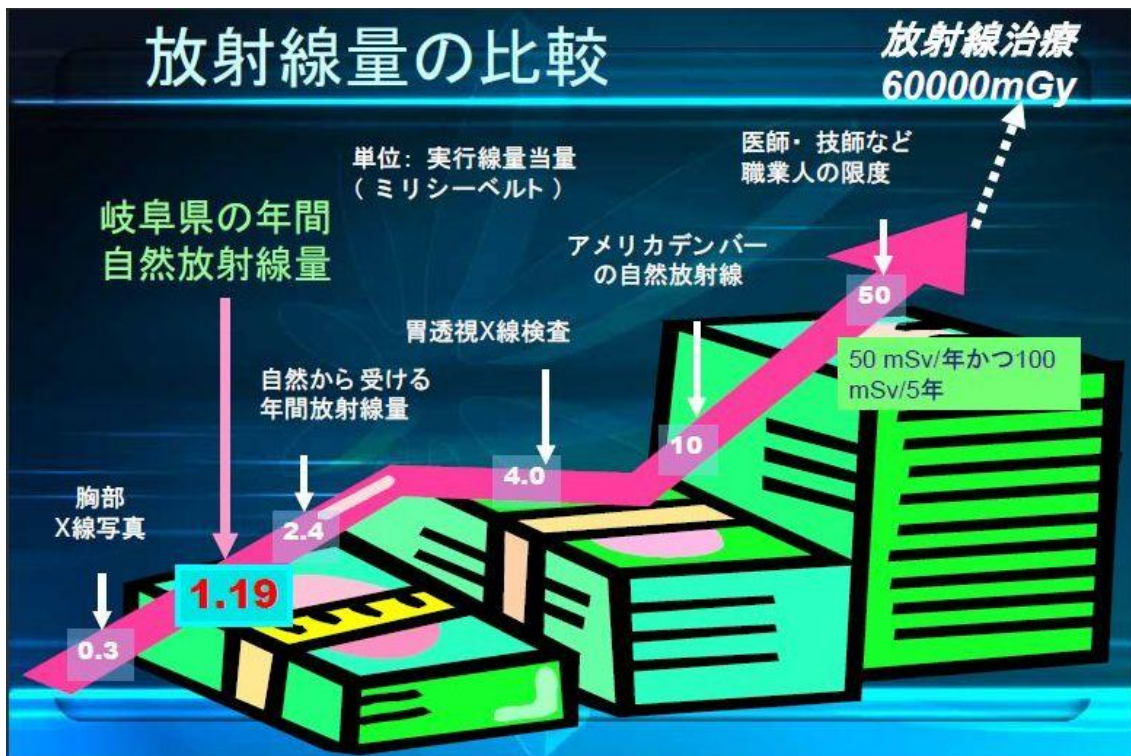
放射性ヨウ素 : 甲状腺

放射性セシウム : 全身 (臓器親和性がない)

プルトニウム : 骨, 肝臓

日常生活のなかでも食べ物や空気からある程度の放射性物質 (核種) を摂取しています。

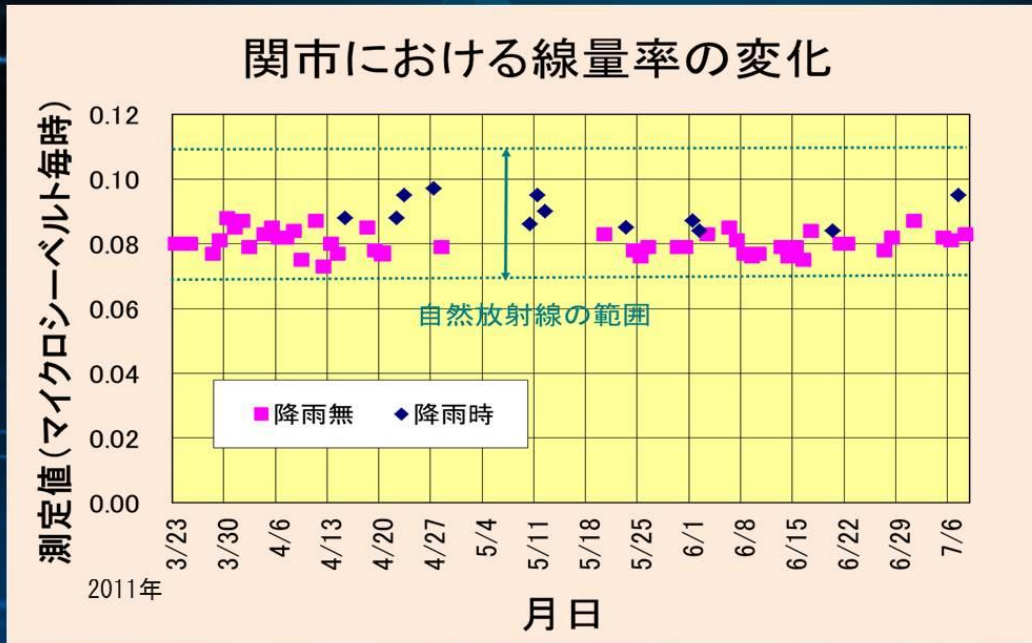
放射性物質 (核種) によっては、集まりやすい臓器などがあります。



一般的に浴びる放射線量を表しています。

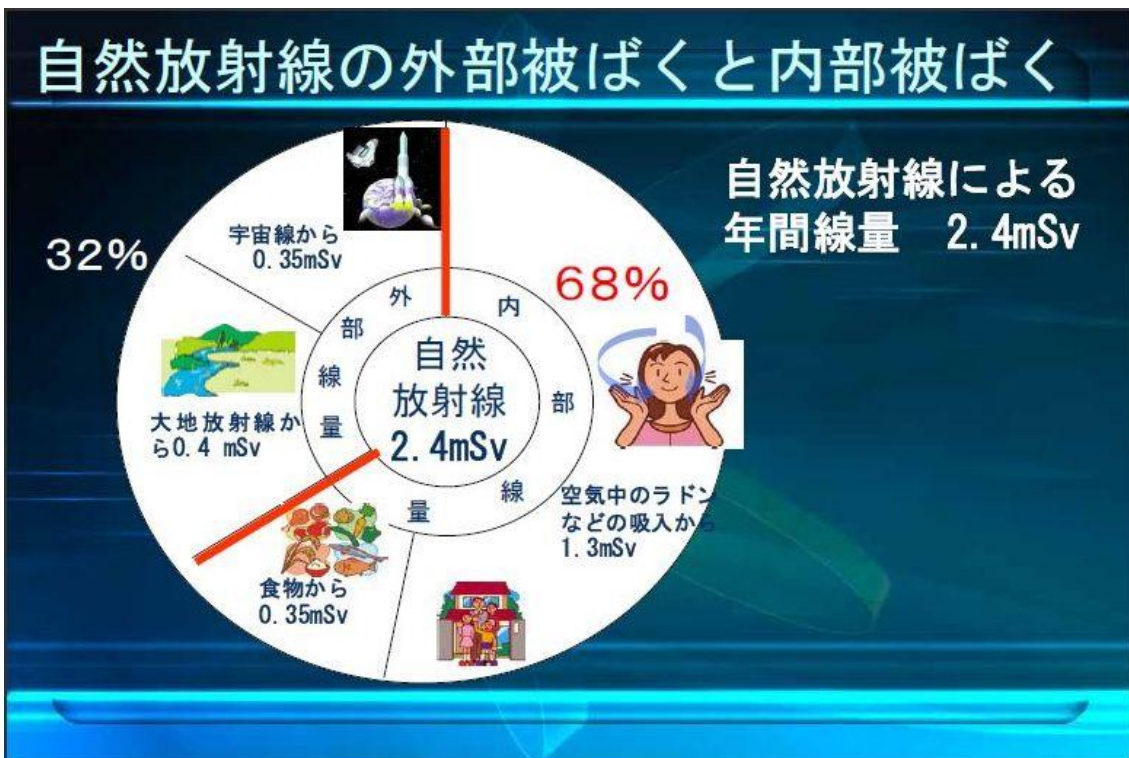
通常の年間自然放射線量は 2.4mSv、胃透視X線検査では 4.0mSv となっています。





アスファルト、地上1m地点での計測

岐阜医療科学大学内で測定した放射線測定値です。  
通常自然放射線の数値と変化はみられません。



自然に受けている自然放射線量は、どこから受けるかを図にしたものです。

# 外部被ばくの防護方法

## 防護の3原則



距離・時間・遮へい

外部被ばくを防ぐには、放射性物質からの距離・放射性物質が到達するまでの時間・放射線をいかに遮へいするかの3つの原則が重要となります。

## 半径何km以上逃げれば安全と言えるか

原発災害は、気象条件と距離によって様子が異なる。

風速	1時間後	3時間後	6時間後	12時間後
1m	3.6km	11km	22km	43km
2m	7.2km	22km	43km	86km
3m	11km	32km	65km	130km
5m	18km	54km	110km	320km

晴れの場合：上昇気流が強いため、上空へ吹き上げられ、拡散が大きくなる。

放射能雲は薄く広く広がり、地表での横方向の広がりの角度は40°となる。

曇りの場合：晴れた時より拡散は小さくなるが、横方向の広がりの角度は40°と同じ。

雨の場合：放射能雲が雨の中を通過すると、雨粒とともに大量の放射能が降下する。

原子力災害が発生したときに、放射性物質がどのくらいの時間でどこまで飛散するのかを、そのときの風速により図にしています。

また、晴れや曇りでは約40°の角度で広がっていきます。

雨のときには、雨粒とともに降下していきます。



## 敦賀からの距離



Japan Nuclear Power Plant Range Map 2012 より

福井県の敦賀市にある高速増殖炉「もんじゅ」から関市街地までの距離は88.4kmです。

ここから放射性物質が飛散した場合、冬の時期に関市方面に飛散しますが、白山連峰があるため、飛散する量は少なくなると考えられます。

## 避難するには

地震などと同様に必要なものを事前に準備しておく

- ・飲料水
- ・非常食
- ・着替え
- ・ラジオ
- ・懐中電灯
- ・電池
- ・携帯電話(充電器)
- ・マスク
- ・ハンカチ
- ・タオル
- ・雨合羽
- ・ゴム長靴
- ・ガムテープ
- ・ゴム手袋
- ・保険証(コピー)
- ・救急用品(持病薬)
- ・ビニール袋
- ・ビニールシート(保温シート)
- ・ポリ容器 など

### 最も重要なこと

パニックに巻き込まれないように沈着冷静になること

放射線災害が発生したとき非難に必要なものは、地震と同じようなものになりますが、外部被ばくを防ぐによいものは雨合羽が適しています。

このときに最も重要なことは、パニックに巻き込まれず 沈着冷静になることです。

## 避難が難しい場合

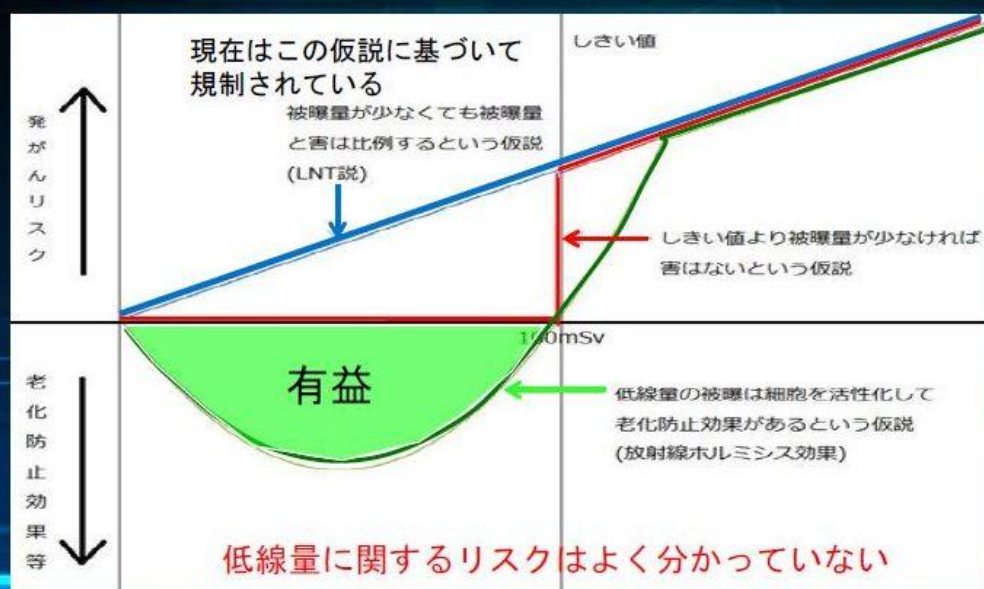
### 無理して逃げる必要はなく、家の中にも大丈夫

- ① 窓を閉め、隙間を目張りして家屋を気密にする。
- ② ヨウ素を含む食品を早めに服用する。
- ③ 屋内でも何枚も重ねた濡れタオルをマスクにして、直接空気を吸わない。  
電気が使えれば空気清浄器も有効。ただし、集塵機に放射能がたまる。
- ④ ありとあらゆる容器に飲料水を溜める。保存食をできるだけ多く確保する。  
性能の良い浄水器はある程度有効、ただ浄水器自体に放射能が蓄積する。
- ⑤ 放射能雲に巻き込まれている間は外出は控える。  
やむを得ないときには雨合羽等で装備して外出する。  
帰宅の際は衣服を着替え脱いだものは屋外に廃棄する。

放射線災害が発生したときには、関市では無理に逃げなくても家の中にも大丈夫です。

ただし、図のようなことに注意してください。

## それぞれの仮説



放射線を一定以上浴びると身体に影響が出てきますが、一定量以下の場合には、人間の体に有益であるとの説もあり、まだよくわかりません。

今の様々な規制は、量が少なくても多少の影響があるとの仮説により行われています。



## 放射線の恐怖に対する対処

今はリアルタイムで情報が流れる  
対処するには → 敵を知る  
ある程度 放射線とがんの知識を持つ

教育が重要

- ・パニックにならないよう
- ・風評被害を起こさぬよう
- ・事故を風化させないよう

学校でも社会でも  
指導する人の役割  
が大事

人々の健康に対する最も醜い被害は、放射線自体に起こされたものではない。

それは、身体ではなく、精神によって引き起されたものである。

ポーランド放射線防護中央研究所 ヤウアロウスキ氏

原子力事故が発生したときには、目に見えない放射線に恐怖を抱きますが、現代では情報がリアルタイムで流れてきます。

そして、放射線に対する正しい知識を持つことが大変重要です。

様々なデマなどにより被害が拡大したり、精神的に大きなダメージを埋めることになります。

## 放射線と上手に付き合うためには・・・

- ・ 無用に怖がらない

現在、問題となるのは原発周辺くらい

- ・ 人間は自然界でもともと放射線を浴びている

高線量地域でもがんの発生率はあまり変わらない

- ・ 防護の3原則を守る

距離・時間・遮へい

- ・ 放射能汚染があるなら、どの核種がどれくらいあるのかを知る

核種で防護方法や避難の方法が異なる

恐れず、しかし 侮らない

放射線は、医療などの現場では人間の命を助けるために活用されていますし、地球上のどこでも放射線を浴びています。

放射線と上手に付き合うことが必要です。

放射線に対して、正しい知識を持って、「恐れず、しかし 侮らない」ことがとても重要です。