

# 線量評価の方法

放射線影響研究所  
野田朝男

## そもそも放射性物質とは？

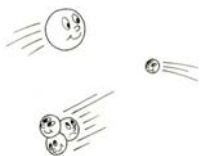
### 放射線とは？ 放射能とは？

- 放射線とは、あるエネルギーを持って空間や物質中を通り抜ける性質を持ったもの。  
エネルギーの大きさは・・・
- 放射能とは、不安定な原子核が壊れて(崩壊して)別の原子核になる能力のこと。  
放射能の強さは・・・

## 放射線は光のなかま

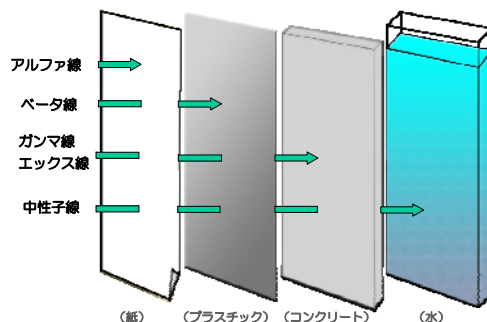
放射線とは、運動エネルギーを持って空間を飛び回っている小さな粒

- α線は大きなつぶ
- ベータ線は小さなつぶ
- ガンマ線は光のつぶ



じゃあ、放射線のエネルギーってなあに？

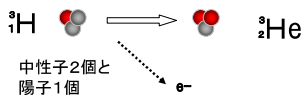
## 放射線は、粒やエネルギーの大きさで透過度が異なる



放射線の線量評価とは、つまりエネルギー評価  
だから、放射能の強さの評価ではありません

## 放射能の話:トリチウムを例として:

トリチウム原子核がこわれてヘリウム原子核になる



このとき原子核から飛び出してきた高速の電子線を、ベータ線と言う。この放射線のエネルギーは、0.0186 MeV (メガエレクトロンボルト)、トリチウムの半減期は12.3年。

不安定な原子核が1秒間に何個壊れるか、と言うことを放射能の単位(ベクレル:Bq)であらわす

だから、放射能の強さは必ずしも放射線のエネルギーの大きさ(線量)と同じではない

## 原子核の性質

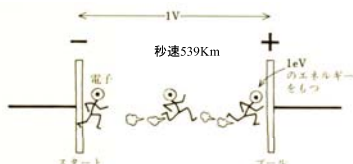
- 原子核は、陽子数と中性子数の微妙な構成バランスで成り立っている。
- どちらかが多すぎる(少なすぎる)と、原子核は不安定で、壊れて安定な原子核に変わる。
- このとき、原子核から放射線が出てくる。

だから、放射能の強さは必ずしも放射線のエネルギーの大きさ(線量)と同じではない

## 放射線は空間を伝わるエネルギーの流れである

エネルギーはいろいろな言葉で表現される  
:ジュール(J)、カロリー(C)、エレクトロンボルト(eV)

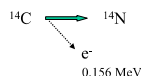
放射線の世界ではエレクトロンボルトという言葉が使われることが多い



1 eVとは、電子を1ボルトの電圧で加速したときに電子が持つ運動エネルギーのことです

## エネルギー計算してみましょう

1 eV のエネルギーはジュールにもカロリーにも換算できます



$$1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

つまり、被ばく線量とは、放射線の吸収エネルギー

この場合、 $0.156 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$  (ジュール) となります。

ただし1eV = 1.6 × 10<sup>-19</sup> J  
1ジュールは0.24カロリーともいいかえられます

放射線のエネルギーは、 eV = J = Cal つまりカロリー計算でしかない

## 体への吸収エネルギー

吸収線量 : absorbed dose

放射線がいくら出たかではなくて、いくら体に吸収されたかを考える。つまりひばく線量とは、単位質量あたり(体重あたり)に吸収されたエネルギーで説明することにする。

- 吸収線量の単位(度合い)は、  
Gy(グレイ) : J/kg で説明する。  
昔の単位 rad(ラド)
- 放射線の違いによる生物影響を補正した吸収線量を Sv(シーベルト)という言葉で説明する事にする。

10

## 不安定な原子核はどうして生じるのか(あるいは存在するのか)?

- もともと、地球が誕生したときからあった。

例 :  $^{238}\text{U}$  (ウラン) 半減期は 4.7 億年 地球の年齢よりも古い  
 $^{40}\text{K}$  (放射性カリウム) 半減期は 1.3 億年、私たちの体は普段でも約 4000 ベクレル

- 絶え間なく宇宙から降り注ぐ宇宙線(特に中性子線)と空気との核反応で絶え間なく生じており、空から降ってきている。

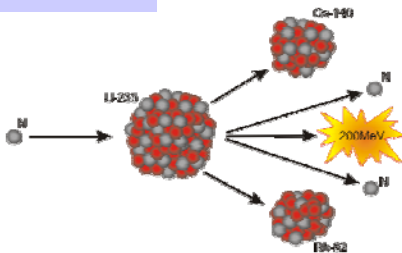
例 : 宇宙から来る中性子線で放射性炭素がつくられ続けている。  $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$

- ウランやプルトニウムなどの核分裂で生じる

例 : ウラン 235 の核分裂 (原爆)

11

## ウラン235の核分裂



なぜ莫大なエネルギーが出るのか?

$$E = mc^2 \quad \text{「質量とエネルギーは同じものである」}$$

これをもし、1kgの物体が持つエネルギーとして計算したら  $9 \times 10^{16}$  ジュール  
なんと石油 200 万トンのエネルギーに相当します。  
でも現実にはそれほどエネルギーは取り出せません。

質量欠損と核子間の結合を持つ持つエネルギーの図

12

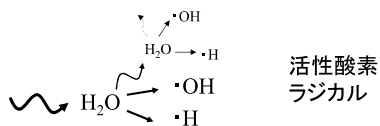
## 原発と原爆はどう違う?

- どちらもウランあるいはプルトニウムの原子核分裂によるエネルギーを利用。
- しかし原爆は一瞬に、原発は徐々に核分裂。
- 原発ではゆっくりと長期にわたって核分裂をさせているので、燃料棒の中には大量の核分裂生成物(死の灰)が溜まっている。
- だから原発では、燃料棒の破損は絶対起こしてはいけないことだった。

13

## 放射線は生体物質の電離(イオン化)を起こす

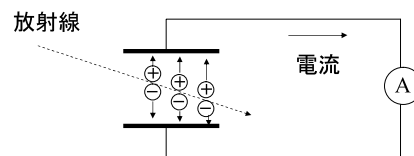
- ひばく線量とは吸収線量
- イオンが作られるのに必要な平均エネルギー(W値=34eV/イオン)を用いて、単位質量当たりの電離を計算できる。



15

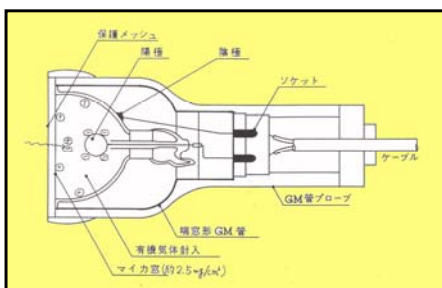
## 放射線測定の基本原理

- 電離(イオン化)を電流の流れあるいは光に変換してカウントする。



17

## β線用 GM計数管検出器



計数効率はあまり高くない

18

## その他の線量測定器



ポケット線量計



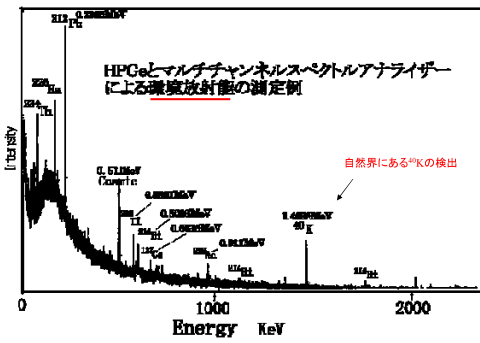
フィルム(ガラス)バッジ



ホールボディカウンタ

20

異なる種類の放射線が出ている時に  
どうやって別々に測るか？



内部被ばく

放射性核種を体内に取り込むと、内部からひばくする。

- 経口摂取か、吸入かでひばくの度合いは異なる
- 放射性核種の半減期(物理的半減期)、体内にどれくらいの間留まるか(生物学的半減期)を考慮する必要がある
- 体内に取り込まれてからほとんど無くなるまでのひばく線量を、体内摂取した放射性元素の総ベクレル数をシーベルトに換算する係数(実効線量係数)を用いて計算する。

たとえば、1Kgあたり500ベクレル(セシウム137汚染)の牛肉を毎日200g、1年間に渡って食べた場合

- 総摂取量は毎日  $100 \text{ Bq} \times 365 = 36500 \text{ Bq}$
- ひばくの実効線量係数は  $1.3 \times 10^{-5} \text{ (mSv/Bq)}$
- 総ひばく線量は、  
 $36500 \times 1.3 \times 10^{-5} = 0.47 \text{ mSv}$
- 内部ひばく線量も100 mSvを越えないようにすると言う基準ならば十分守られる。

ただし、実効線量係数は乳児等ではすこし大きめ(3ヶ月乳児では、 $2 \times 10^{-5}$ )。ただし生物学的半減期は短い。

自然に起こっている内部ひばく

- 体の中で最も多い放射性元素:カリウム40 ( $^{40}\text{K}$ )
- 体内のカリウムは130グラムあり、その0.012%は天然の放射性カリウム。
- つまり体内で毎秒4000個のカリウム原子核が崩壊してベータ線を出していることとなります。

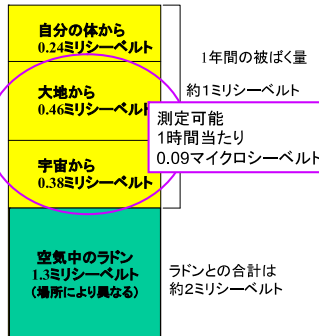
私たちの体は普段でも4000Bq

普段でも体内から年間0.18mSv、体外から0.15mSvのひばく

- 地熱もほとんどK40のせい(半減期12億年)らしいです。(一部はウラン)

放射線の量: 自然放射線

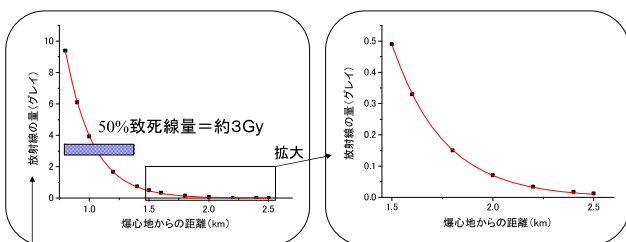
- 地球で生活する以上、必ず少しの放射線を受ける。
- もし高地で生活すると、宇宙線からの被ばくが増える(富士山頂では平地の5倍)。
- 外国旅行でジェット機に乗ると、日本とニューヨーク往復で0.1ミリシーベルト。大気には宇宙線をささぎる作用がある。
- 私たちの体はふだんでも約4000ベクレルの放射能を有している。



原爆ひばく線量の物理計算

- 線源からどれほどのエネルギーがどういう種類の放射線として出たか
- 放射線は光の仲間であるので、線源からの距離の2乗に反比例して線量は低くなる
- どういう遮蔽があったか

爆心地からの距離とガンマ線量の関係

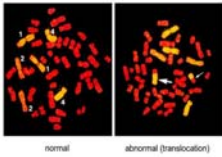
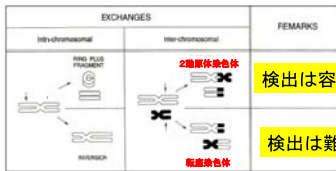


この線量は遮蔽がない場合のもの。  
もし日本家屋内での被爆だと線量は約半分になる。  
グレイ=シーベルト

後になって被ばく線量を推定する方法(染色体と菌)

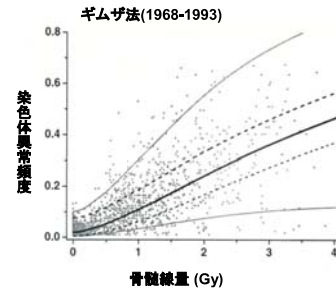
## 染色体検査の概要

- 血液リンパ球、ギムザとFISH、dicと転座



29

## 物理線量と染色体異常頻度(広島)

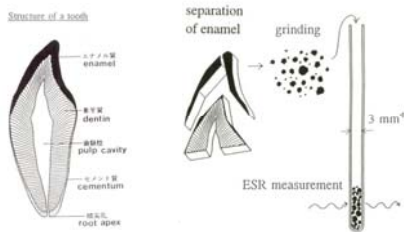


かなりデータがばらつく

31

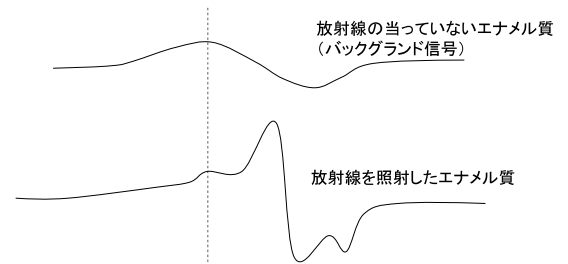
## 歯エナメル質を用いたESRによる線量評価

Ikeya, Miyajima, Okajima (1984) の論文や学会発表



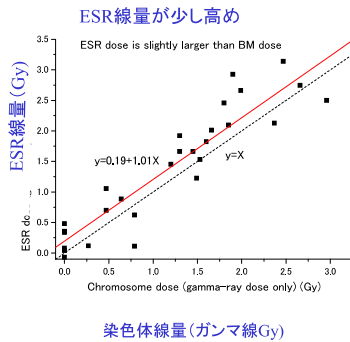
32

## 歯エナメル質から得られるESR信号



34

## 染色体(リンパ球)線量と歯の線量とは互いによく合っているように見える

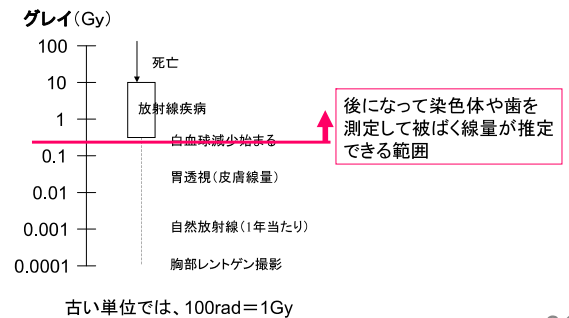


35

## 最少測定可能レベル

- 染色体異常=200mGyくらい以上
  - 歯エナメル質のESR=300mGyくらい以上
- 今回の福島のような20mSvといったレベルは残念ながら測定できない。

自然放射線・医療放射線・原爆放射線



36

## その他の新しい方法

- (世界でいろいろ開発中)
- 放射線被曝により発現レベルの変化する遺伝子の検索、in vivo ESR、尿中物質の検索とか

37

## おわり

ご清聴ありがとうございました。

最後に、Gy (グレイ)、Sv (シーベルト)、Bq (ベクレル)という言葉はどう使い分けるか、もう一度思い出してください。

38