

# 数の読みかた.

$2.3 \times 10^6$  とかいう書き方に慣れる. ← ちがいは簡単

$2.3 \times 10^6$  ← "2.3を指数とよぶ"  
(慣れたらいい!!)  
~~~~  
↑      ↑      ↑  
たての数    かけ子    たての10

$100 = 10 \times 10 = 10^2$  ← "10が2つかいたか"  
~~~~  
10を2個かいた      こんど書く=とく=です

$1000 = 10 \times 10 \times 10 = 10^3$   
~~~~  
3

$10000 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^4$

$1000000 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^6$   
↑ 100万

「10の6乗  
"よう"」と読む.  
↑  
0の数だけ!

じゃあ 300万は?

$3000000 = 3 \times 100万 = 3 \times 10^6$

じゃあ

$= 30 \times 10万 = 30 \times 10^5$

$= 0.3 \times 1000万 = 0.3 \times 10^7$

} 同じ

何かにバカいって計算がバカい。

$$\begin{aligned} 100 \times 1000 &= 100000 \text{ (10万)} \\ &= 10^2 \times 10^3 = 10^5 = 10^{2+3} \end{aligned}$$

おま! 指数は足したわ!

$$10\text{万} \times 100\text{万} = 10^5 \times 10^6 = 10^{5+6} = 10^{11}$$

↓

$$\begin{array}{ccc} 100000 \times 1000000 & = & 10000000000000 \\ \underbrace{\quad\quad\quad}_5 & \underbrace{\quad\quad\quad}_6 & \underbrace{\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad}_{11} \end{array}$$

足したわ ↑

20万 × 30万 ねえ?

$$= 2 \times 10^5 \times 3 \times 10^5 = 2 \times 3 \times 10^5 \times 10^5$$

計算の順番は考えてよし

$$= 6 \times 10^{10} = 600\text{億}$$

とらえとらえ

$$10 = 10^1 \text{ (10の1乗)}$$

割り算はこ

おま.. 球の引き算

$$\begin{array}{ccc} 1000 \div 100 & = & 10 \\ \underbrace{\quad\quad\quad}_{10^3} & \underbrace{\quad\quad\quad}_{10^2} & \underbrace{\quad\quad\quad}_{10^1} = 10^{3-2} \end{array}$$



おとし

$$\begin{array}{l} 10 \div 10 = 1 \\ \text{m} \quad \text{m} \\ = 10^1 \quad = 10^1 \rightarrow = 10^{1-1} = 10^0 \text{ あたり} \end{array}$$

つまり  $10^0 = 1.$

大きな数や小さな数の計算にのんびり.

おとし

$$100万 = 10^6$$

$$100 = 10^2$$

$$10 = 10^1$$

$$1 = 10^0$$

$$0.1 = 10^{-1}$$

$$0.0001 = 10^{-4}$$

おとし

さて、ここでミリとかマイクロとかナノとかの語.

わかちあうように長さを倍に.

$$\text{長いほう} \quad 1000 \text{ m} = 10^3 \text{ m} = 1 \text{ km} \quad \text{m}$$

$$\hookrightarrow 1000 \text{ km} = 10^6 \text{ m} = 1 \text{ Mm} \quad \text{m}$$

$$\hookrightarrow 1000 \text{ Mm} = 10^9 \text{ m} = 1 \text{ Gm} \quad \text{m}$$

$$1000 \text{ Gm} = 10^{12} \text{ m} = 1 \text{ Tm} \quad \text{m}$$

おとし

3桁 (1000倍)  
3桁 (1000倍)  
3桁 (1000倍)

おとし

おとし

おとし

短いほう

$$0.001 \text{ m} = 10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm} \quad \text{≒ 1}$$

$$\downarrow \text{ (1/1000) } \quad 0.001 \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m} = 1 \text{ } \mu\text{m} \quad \text{≒ 10}^3$$

$$\downarrow \quad 0.001 \text{ } \mu\text{m} = 10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm} \quad \text{≒ 10}^6$$

$$\downarrow \quad 0.001 \text{ nm} = 10^{-12} \text{ m} = 1 \text{ } \cancel{\mu\text{m}} \text{ pm} \quad \text{≒ 10}^9$$

1分は

$$0.01 \text{ m} = 10^{-2} \text{ m} = 1 \text{ cm} \quad \text{≒ 10}^2$$

$$0.1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ } \cancel{\text{Å}} \text{ Å} \quad \text{≒ 10}^{10}$$

長くては 1000倍ほど どのくらい?

1 m : 人間のサイズ

1000倍  $\hookrightarrow$  1 km : 徒歩 10分

1000 km : 大阪-仙台間

$10^6$  km : 地球から月までの3倍

$\uparrow$  10<sup>9</sup> m  $\hookrightarrow$   $3.8 \times 10^5$  km

$= 3.8 \times 10^8$  m

太陽までは  $10^{11}$  m =  $10^8$  km

$10^9$  km : 太陽から土星まで

## 小さいほう

- $1\text{ m}$  : 人間の身長  
 $\frac{1}{1000} \hookrightarrow 1\text{ mm}$  : 髪の毛の先(3)  $< 0.1\text{ mm}$  髪の毛の太さ  
 $1\text{ }\mu\text{m}$  : 顕微鏡で見える  
 大腸菌の大きさ  
 細胞 ( $1 \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ )  
 $1\text{ nm}$  : タンパク質 ( $1 \sim$  数十  $\text{nm}$ )  
 $0.1\text{ nm}$  (1Å) : 原子の距離・大きさ  
 " "  
 $100\text{ pm}$   
 $1\text{ fm} = 10^{-3}\text{ pm} = 10^{-15}\text{ m}$  : 原子核の大きさ

## 数

- $1000 \times$  : 学校の生徒数  
 $1000 \hookrightarrow 10^6$  : 大都市の人口  
 $1000 \hookrightarrow 10^9$  : 中国の人口  
 $\uparrow$  10億  
 $60\text{兆} = 6 \times 10^{13}$  : 個の細胞の数  
 $6 \times 10^{24}$  個 : この1杯の水の中の水分子

# 原子と分子と原子核

そのは原子でできている。

水素と酸素と鉄と  
H O Fe

小さな球と  
思っている

← 記号

原子がくっついて分子。

## 化学系結



水素分子

H<sub>2</sub>  
2個



酸素分子

O<sub>2</sub>



水分子

H<sub>2</sub>O

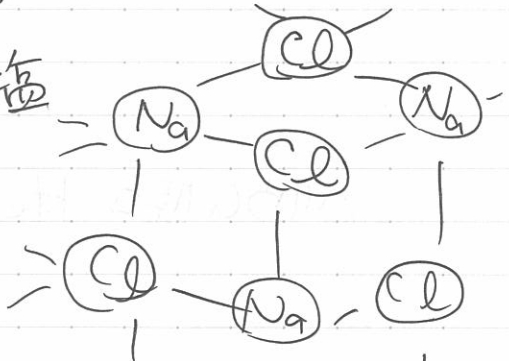
気体や液体はこころから飛びまわっている

固体は原子が並んでいる



2個並

塩



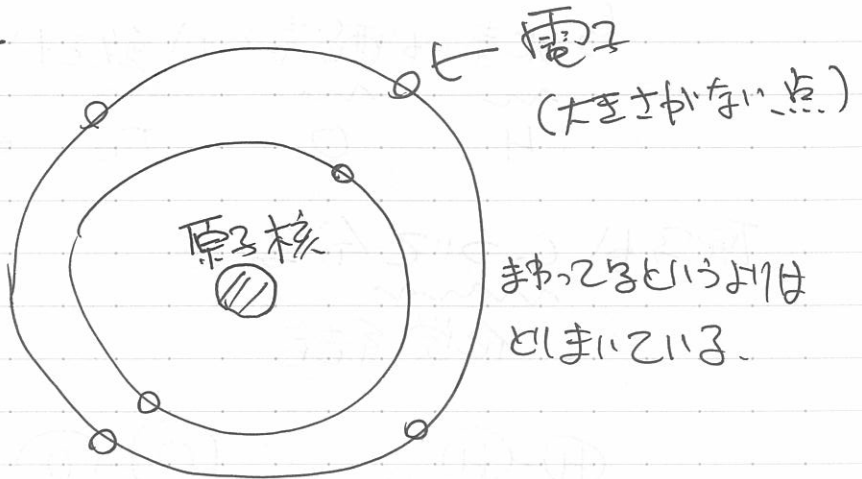
Na: ナトリウム

Cl: 塩素

ずっと続く

原子の違いはなに

原子の構造



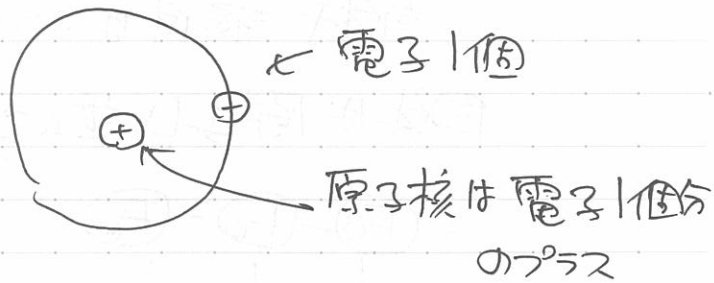
電子はマイナスの電気 原子核はプラスの電気をもつ



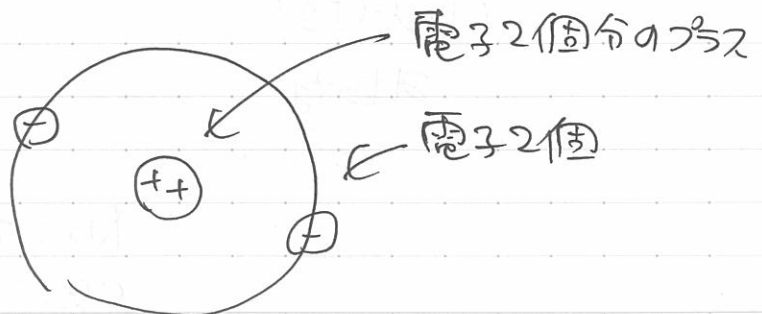
プラスとマイナスは引き合うのでまわって

電気の力

水素原子 H



ヘリウム原子 He





# 原子核

水素

陽子 1個



マイナス

陽子: 電子と同じだけのプラス

重水素



陽子

中性子

p

n

中性子: 電気をもっていない

陽子 1個 と 電子 1個 で ちょうど プラス と マイナス が ついて

プラス

マイナス

引き合う

中性子は電気をもたないので、電子とは引きあっても押あってもない



中性子は何個あってもいい?

三重水素



中性子 2個

= 水素のものとは違う、めっちゃ大きいものはない

① も ② も ③ も 引きつける電子の数だけ

陽子

中性子

} 56 と 同じ 重さ

$1.7 \times 10^{-24} \text{ g}$

電子: 軽い

$9.1 \times 10^{-28} \text{ g}$

← 1800 倍

化学的性質

どんな分子も原子かとか  
室温では気体か固体かとか



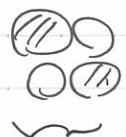
陽子の数で決まる

↓  
化学的性質は  
電子が何-存在した  
引寄せられた数は  
陽子の数で決まる

$\Lambda$ He He

どっちも化学的性質は  $\Lambda$ He

原子核



p 2個 n 2個



p 2個 n 1個



中性子の数は少し違っていいよ!!



${}^4\text{He}$

↑  
陽子 + 中性子



${}^3\text{He}$

$\Lambda$ He は陽子 2個だけ、 ${}^4\text{He}$  は中性子 2個

↑  
 ${}^3\text{He}$  " " 1個

同位体

: 中性子の数が違う

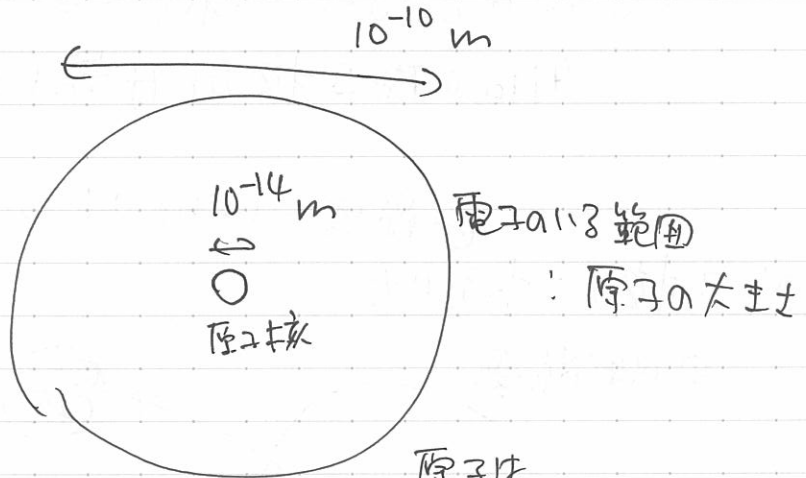
化学的性質同じ

よく見るとの

|        |         |                 |                                 |
|--------|---------|-----------------|---------------------------------|
|        |         | ← 原子番号          | ← 質量数                           |
| 炭素 C   | : 陽子 6個 | $^{12}\text{C}$ | $^{13}\text{C}$ $^{14}\text{C}$ |
| 酸素 O   | : " 8個  | $^{16}\text{O}$ | $^{17}\text{O}$ $^{18}\text{O}$ |
| 窒素 N   | : " 7   | $^{14}\text{N}$ | $^{15}\text{N}$                 |
| カリウム K | : 19    | $^{39}\text{K}$ | $^{40}\text{K}$ $^{41}\text{K}$ |

存在

原子と原子核の大きさ



原子核はすごく小さい... 原子は大きい

原子核は存在している？

存在している？ ↑

プラス同士は斥力、マイナス同士は引力



電気的力によって原子核をまとめる力: 核力

放射能 : 放射線を出す能力

核力は距離が短い距離でしか効力がない。→ 原子核のサイズ



陽子と中性子の数が同じ  
1:1とまとまっています

バランスがよいと思えます  
そういうものは少ない

数が多すぎるとか (陽子ばかりとか)

陽子と中性子の数のバランスがよいと悪い。原子核は

崩壊してまとまっています → やがて突然壊れる

${}^4\text{He}$ の原子核などは最も安定

安定

元気がなくなる

崩壊といわれるものは多い

原子核の壊れかた

①  $\alpha$ 線崩壊



陽子と中性子2個ずつがたまに出てくる (ダウルト!)

つまり  ${}^4\text{He}$ の原子核

これが  $\alpha$ 線 (アルファ線)

原子番号が 2 減る

質量数が 4 減る

ラドン 222 (自然果は?)

$^{222}\text{Rn}$  : 原子番号 86

↓ → α線

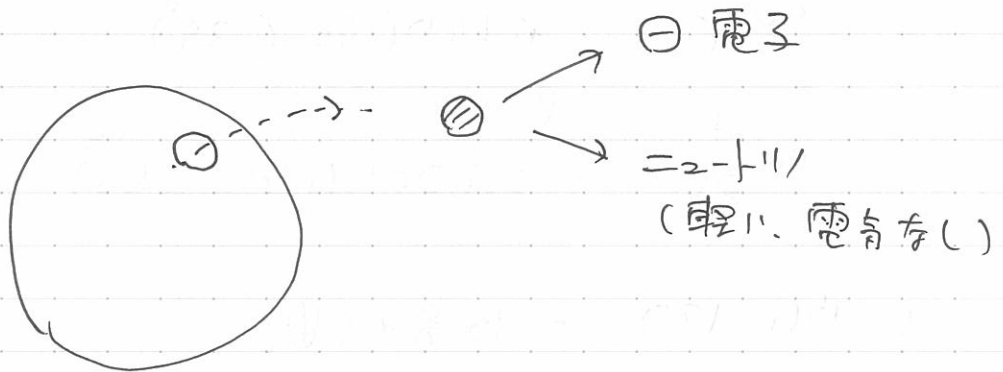
$^{218}\text{Po}$  : 原子番号 84 (原子番号 84)

↓ → α線

$^{214}\text{Pb}$  : 鉛 214 (原子番号 82)

⋮

### ② β崩壊



中性子 → 陽子 + 電子 +  $\bar{\nu}_e$   
 陽子 電子 飛び出す  
 = 別β線 (高速線)  
 飛び出す

β崩壊とは

原子番号が 1 増える

質量数は 不変

カリウム 40 (自然界にあり)

$^{40}\text{K}$  : 原子番号 19

↓ → β線

$^{40}\text{Ca}$  : 原子番号 20

ストロンチウム 90 ← 原子番号 38 が出たやつ

$^{90}\text{Sr}$  : 38番

↓ → β線

$^{90}\text{Y}$  : 141カリウム 90 (39<sup>番</sup>)

↓ → β

$^{90}\text{Zr}$  : 36ジルコニウム 90 (40<sup>番</sup>)

セシウム 137 ← 原子番号 55 が出た

$^{137}\text{Cs}$  : 55番

↓ → β

$^{137}\text{Ba}$  : 117バリウム 137 (56<sup>番</sup>)

セシウム 134 ← 同

$^{134}\text{Cs}$

↓ → β

$^{134}\text{Ba}$

③ ~~γ線~~ 崩壊

γ線 (ガンマ線) は 強い光

強い ので 粒 子 だ と思 っ て よ い

余 分 の エ ン ー ー を 光 と し て 出 す

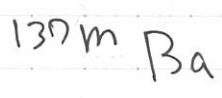
元 気 付 け る 分

原 子 番 号 も 質 量 数 も 変 り な い

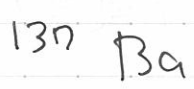
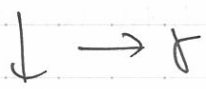
セシウム 137 の 一 部 は  
(比 例 的 に 大 部 分)



エ ン ー ー が 大 変



: バリウム 137 だ け と 元 気 が よ っ た

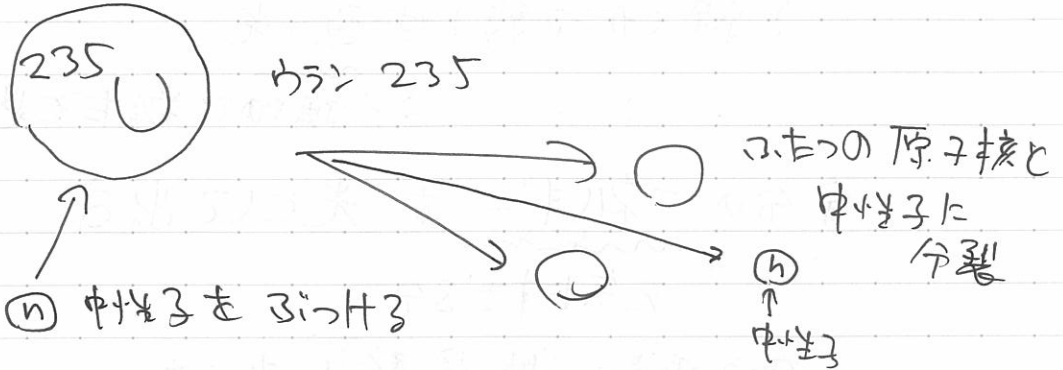


た い じ 存 在

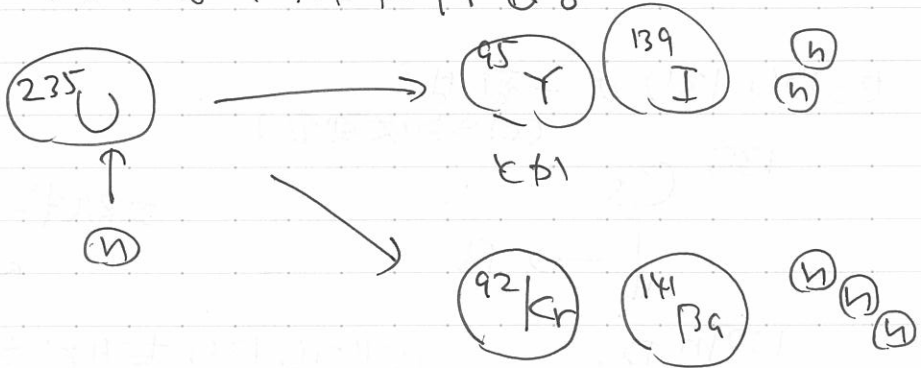
1個 の  $^{137}\text{Cs}$  は  $\beta$ -崩壊 ひと (と  $\gamma$ 線 ひと) を  
出 して  $^{137}\text{Ba}$  に 変 っ ち、そ っ ち で 終 っ ち

1個 (か け 合 っ ち) ~~は~~ 終 っ ち  
(時 刻 も 変 っ ち)

核分裂 : 原子炉を運転中に起きていること



1313年分がたがいた



とかは wikipedia に出ています

重めのものと軽めのものに分裂する

↑

だから、これは バランスが悪い ため放射能をもつ

適当にふたつに分れたらいい

⇒ 1313年放射線物質ができた



放射能 : 放射線を出す能力

$\alpha, \beta, \gamma$

放射性同位元素 : 同位体のうち、放射能をもつもの  
同位体

カリウムの場合

$^{39}\text{K}$  : 安定同位体

~~~~~

↑ 放射能がない

$^{40}\text{K}$  : 放射性同位体

$^{41}\text{K}$  : 安定同位体

天然のカリウムは  $^{39}\text{K}$  (93.3%)  $^{40}\text{K}$  (0.01%)  
 $^{41}\text{K}$  (6.7%)



たまたまなので、1つ落ちるかはわからない。  
落ちやすさの違いはある。

△  
△△

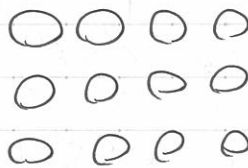
・ 1個しかなければ落ちやすさもわからない

たまたまあるとき一度落ちて終了だから

・ 同じものかたCさん取れば落ちやすさは見えてくる

: ~~1個~~ たまたまではあるけど、落ちやすさのものは  
早く落ちる傾向がある

- : 落ちてない ？ とする
- ⊗ : 落ちやすか！



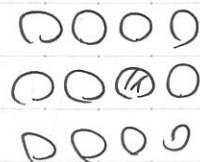
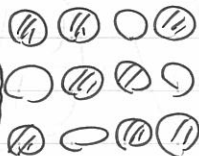
初め  
: 全部山の上

落ちやすさ  
もの

同じ時間か  
経ったあと

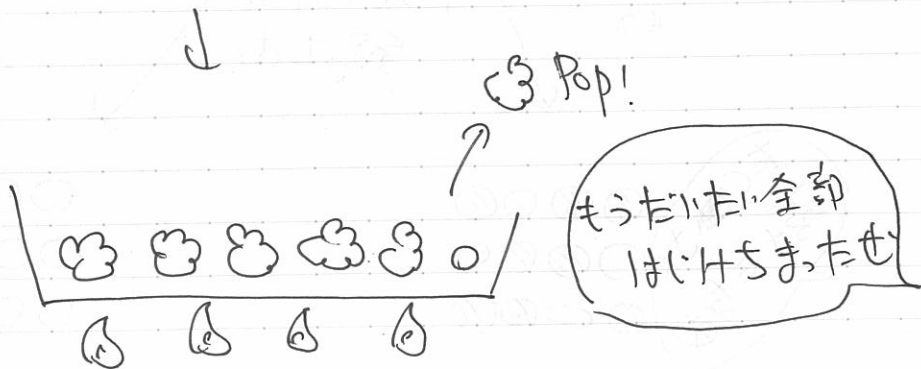
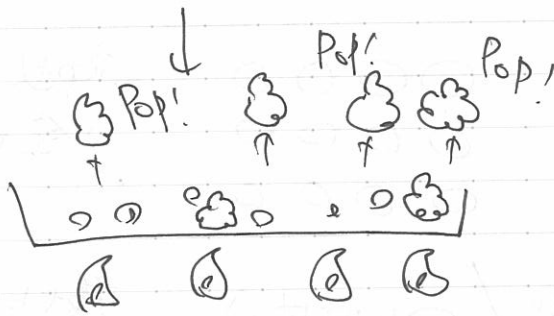
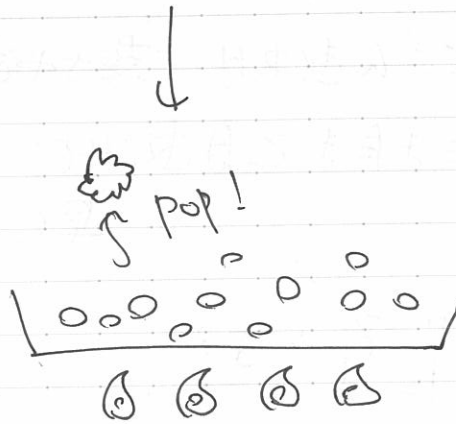
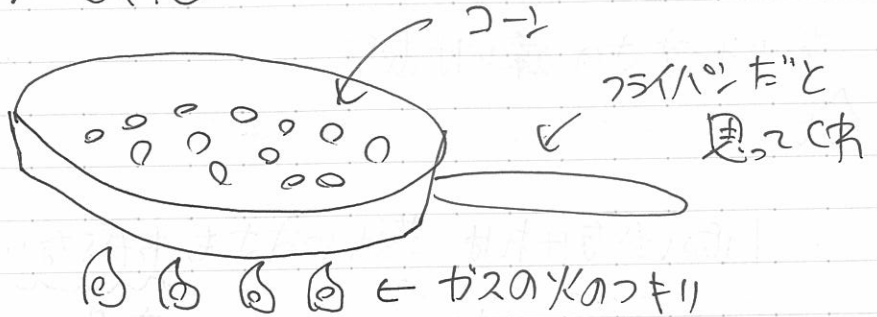
落ちたCのもの

たまたま  
落ちやすか  
もの



ちよとしか  
落ちてない  
なあ

# ポップコーンモデル

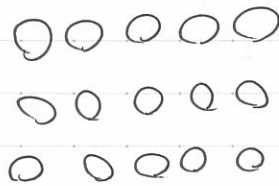


トランプは たくさん熱くなるから、あんまり正しい比喩  
じゃないけど、ね。

山と岩のほうか、比喩としては正しい

→ 落ちるまでは、~~やでも同じ~~ 特に変化なし  
たくさん熱くなるからしな。

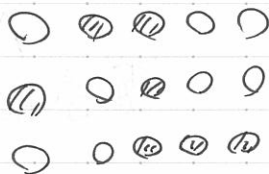
おとすにたいさんあはけ



数えきある「5」あるよ



← たいたい決まった時間で、半分は  
元素ごとに違う  
落ちやすさによる



← ほぼ半分

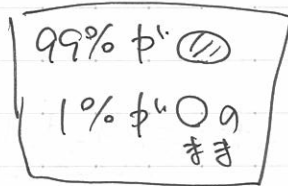
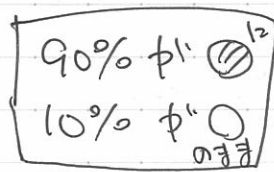


たいたい同じ時間がかかる  
↑ ほぼ半分は落ちた



← ほぼ元の1/4

別の半分で存在している



かかる時間は  
同じ

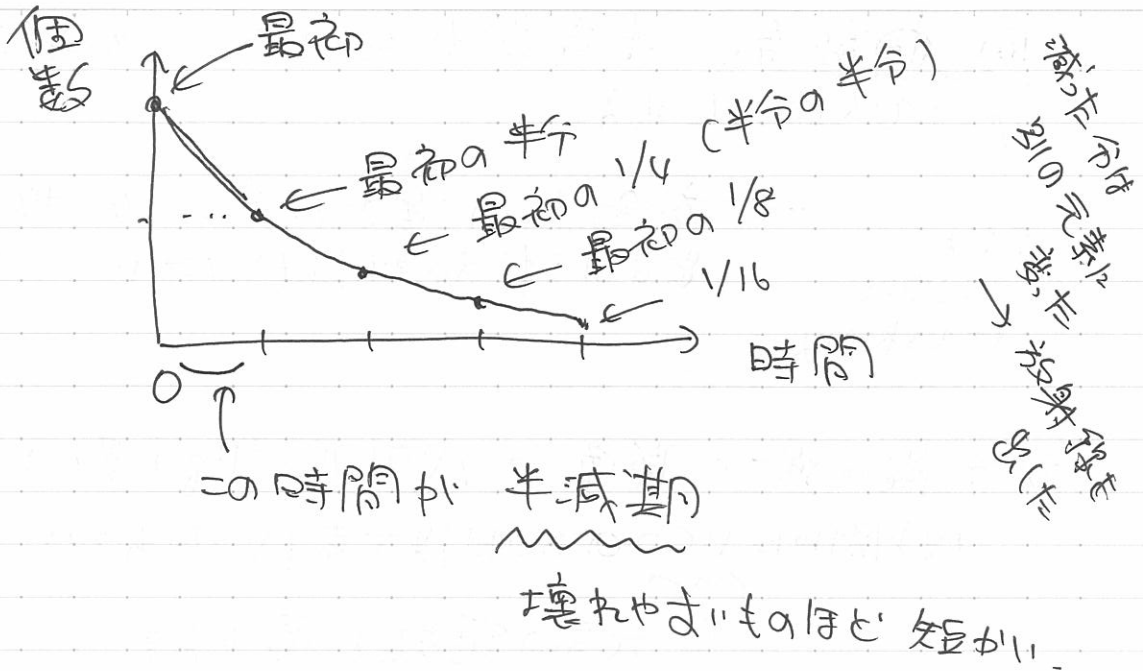
ひとつの放射性同位体を見ているとき あつとき たまたま壊れる

↑  
確率的な現象だから

たぶん集ると、決った時間で半分は減る

↑  
元素ごとが違う

こちがわかる



半減期の例

131 I (ヨウ素 <sup>131</sup> )	8日	} 事故で出た 主なもの
134 Cs	2年	
137 Cs	30年	
90 Sr	30年	
40 K	13億年	} 天然のもの 長い (地球が できるとき からある)
235 U	7億年	
238 U	45億年	
238 Pu (プルトニウム)	88年	
239 Pu	2.4万年 (24000年)	

↓  
原子炉とか核爆発で出る

半減期=とて半分になる (半減期の2倍で  $\frac{1}{4}$ )  
のは存せぬ。

↑  
0に存せぬでけぬ。

1000人の人が  $\checkmark$  一回にコインを投げて、裏が出た座子  
~~0回目~~ 0回目 1000人 座  
 1回目 約500人  $\downarrow$ 半 約500人  
 2回目 約250人  $\downarrow$ 半 約125人  
 3回目 約125人  $\downarrow$ 半 約62.5人

毎回半分ずつになる。

1000人だとおとて終わるが、月膨大な数存する

毎回半分に

おと

→ 半減期は 1回

コインを投げて 1枚出た座子

	元	座
1回目	$\frac{5}{6}$ (0.833倍)	$\frac{1}{6}$
2回目	$\frac{5}{6}$ の $\frac{5}{6}$ 倍 → $\frac{5}{6} \times \frac{5}{6}$ (0.69倍)	
3回目	とて $\frac{5}{6}$ 倍 (0.58倍)	
4回目	とて $\frac{5}{6}$ 倍 (0.48倍)	

→ ~~3回~~ 半減期は 3回と4回の間に





半減期の長い短いの 100円サイコロ

• 1~100 までのサイコロを投げて、1が出るまで

1回目 元の  $99/100$

2回目 元の  $98/100$

10回目 元の  $90/100$

70回目 元の 約半分

140回目 元の 約  $1/4$

} 半減期は 70回CS

• 1~10000 までのサイコロを投げて 10000円サイコロ

1回目 元の  $0.9999$

6930回目 元の 約半分

13860回目 元の  $1/4$

} 半減期は 6930回CS

半減期が長いほど ~~数の大き~~ 面の数が多  
サイコロを投げていくと思えばいい

放射能の強さ.

同じ個数なす 半減期が短いほど、放射線が

↑ たくさん出す

条件を  
そろえたい

比べたいよ

→ 放射能の強さが違う。たくさん出す  
ほうか放射能が大きい

放射能の強さの単位 = Bq と Ci (Bq と書C)

1秒間 に いくつの放射性元素が壊れるか

↑ 元素の種類と量による

↑ 壊れやすさの  
違い

↑ 個数

比放射能: 1g の物質の放射能

↑ 同じ量で比べる

単位 ①: Bq/g (1g 当り Bq) (Bq と書C)

$^{40}\text{K}$   $2.6 \times 10^5$  Bq/g

$^{131}\text{I}$   $4.6 \times 10^{15}$

$^{134}\text{Cs}$   $4.8 \times 10^{13}$

$^{137}\text{Cs}$   $3.2 \times 10^{12}$

$^{90}\text{Sr}$   $5 \times 10^{12}$

グラムと原子の数 ← がたい

原子の重さ  $\div$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{陽子と中性子の重さ} \\ \text{全部の} \end{array} \right.$  ~~重さ~~  
 $\approx 1.4 \times 10^{-24} \text{ g}$   $\otimes$

実は、 $6 \times 10^{23}$  個の原子があれば、その重さは  
 $\approx$  質量数グラム  
 $\uparrow$   
 アボガドロ数という

$^{12}\text{C} : 12 \text{ g. etc.}$

(計算)

1gの $^{137}\text{Cs}$ は  $\frac{6 \times 10^{23}}{137} = 4.4 \times 10^{21}$  個  
 $\leftarrow 137 \text{ g 分の個数}$

$\otimes$  福島第一原発事故で、大気中に放出された放射性セシウムは  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  2種で約 1.5万~2万ベクレル  
 (気象研)

ベクレルは  $10^{12}$  (キカの1000倍)

$^{137}\text{Cs}$  が 20000  $\overset{\leftarrow \text{ベクレル}}$  Bq だと何gか?

$\left\{ \begin{array}{l} 2 \times 10^{16} \text{ Bq だと} \\ 1 \text{ g だと} \end{array} \right.$   $3.2 \times 10^{12} \text{ Bq}$

$\rightarrow \frac{2 \times 10^{16}}{3.2 \times 10^{12}} = 0.6 \times 10^4 \text{ g} = \underline{6 \text{ kg}}$

同じ量の  $^{134}\text{Cs}$  なら  
何%か

$2 \times 10^{16} \text{ Bq}$  ←  $^{137}\text{Cs}$  より大きい  
 $1\text{g}$  あたり  $4.8 \times 10^{13} \text{ Bq}$

$$\rightarrow \frac{2 \times 10^{16}}{4.8 \times 10^{13}} = 0.4 \times 10^3 \text{ g} = \underline{400 \text{ g}}$$

$^{137}\text{Cs}$  よりかなり少ない

さいじょうと

放射性物質の量はグラムでみると非常に少ない

少ないでも影響が大きいといふこと

→ 化学物質の毒性とは桁が違ふ (化学毒性は  
 数値の 桁が上(少なくてよい))

逆に  $1 \text{ Bq}$  の  $^{137}\text{Cs}$  は何gか

$1\text{g}$  あたり  $3.2 \times 10^{12} \text{ Bq}$  だから  $1 \text{ Bq}$  は

$$\frac{1}{3.2 \times 10^{12}} = 3 \times 10^{-13} \text{ g}$$

$$= 0.3 \text{ pg}$$

ピコグラム

$10^{-12}$  倍  
 $1\text{g}$  なら  
 $10^{-13}$  倍

$$\text{数は } 4.4 \times 10^{21} \times 3 \times 10^{-13} = 1.3 \times 10^9 \text{ 個}$$

放射線の種類による違い

電離放射線：原子に当たると電子をはじいて休むので強い

α線：大きいため電気をもつので、  
紙に当たると止まりやすい

→ 紙1枚で止められる

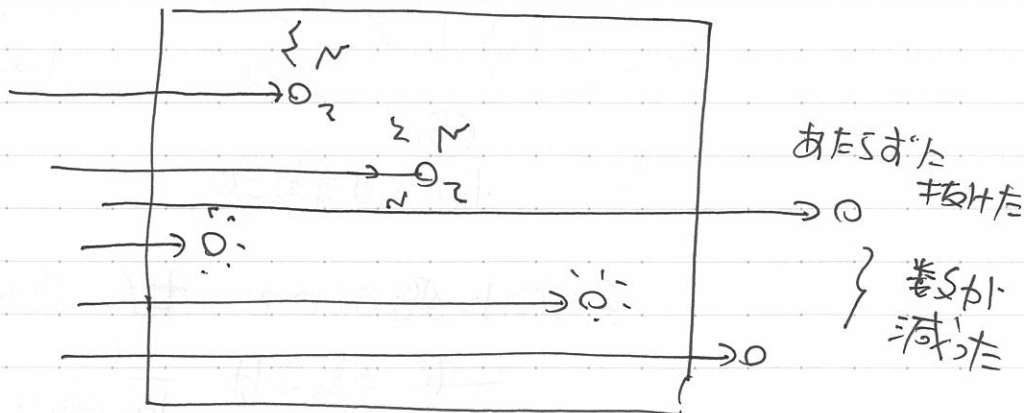
β線：小さいため電気をもつので、物質中  
で止まりやすい

→ アルミ板などで止められる

γ線：大きさも電気もないので、物質を  
どんどんすり抜ける

→ 止めなければ、厚い鉛などで

止まるというのは、物質中の原子に当たると  
(1100)



1100 原子存在場所で当たると止まる

放射線が止まるとエネルギーを失う

↳ 当たった物質を  
はね飛ばすので  
悪さをする

エネルギー = 当たったときにどれくらい強くはじき  
飛ばすか

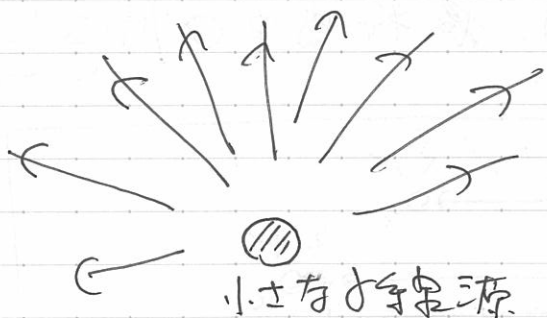
→ 大きいほどダメージ大きい

注: 当たるとより抜けた分は悪さをしない

空気中では空気分子がぶつかって

α線は線は遠くには届かない。(分子とぶつかって止まる)

β線は遠くには届く。(おそく飛ぶ)  
γ線は遠くには届く。



電球からは光が  
ほぼ等しくなるのと  
同じ

全方向に飛ぶので、~~越~~ 遠いほど弱い

→ 強さは  $\frac{1}{\text{距離}^2}$   
面積当り個数

$\frac{1}{\text{距離}^2}$  といふことは 2倍はなると強さは  $\frac{1}{4}$

→ 10倍で ~~約~~  $\frac{1}{100}$

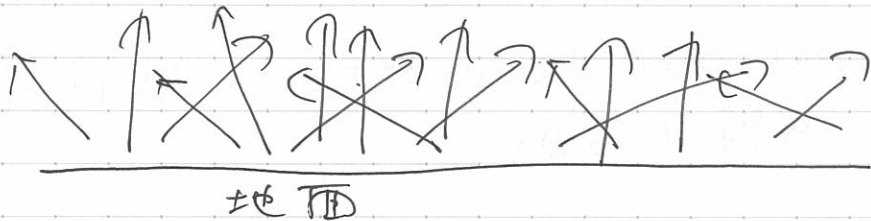
線源から 10cm の強さ ↔ 1m の強さ  
100倍違う。

注: 線源に密着すると強さが無限といふ  
ようにはありません

→ 近づくといふは  $\frac{1}{\text{距離}^2}$  ではない

一方、放射性物質が点分布しているとき

いろいろな場所から全方向に放射が飛ぶので、  
どこでも放射線の強さはたいした違い



→ 「空間線量」をはかるのはこのため

放射性物質が点分布しているとき  
 点分布しているとき ← この3つは全然違う。

側溝の泥とかでよくなる



# 外部被曝

: 放射性物質が体外にあるとき

α線は問題に存在しない

β線も太いし速くは存在しない

: β線源に接触してやけどになる=これが  
↑  
強い β線熱傷 (おさまる部分的) 表面

γ線はほとんど体をすりぬける

→ 体内でも悪さをする

↑ 一部のγ線が体内の中  
令子を傷つける

~~放射線~~ γ線に注意

γ線源が体内に侵入しては問題に存在しないのは  
α線源が体内に

体の影響は体内でどれだけのエネルギーを  
吸収したかで決まる

↑  
3.7 x 10<sup>10</sup> Bq

吸収した量の単位 Gy  
↑  
Gy

↑  
体重 1kg あたり

健康影響(主に2発ガン)の大きさは

シーベルト Sv という単位を使う。

Gyと少し違い、影響の大きさを11313

考慮したものを (やはり1kgあたり)

よC測定士にある空間線量は

↓ Gy/h (1時間あたりのグレイ)

↓ Sv/h (1時間あたりのシーベルト)

の場合があり。Sv/hの方が少し大きい

実効線量

注: Sv/h は放射線の強さ。

1  $\mu$ Sv/h のとき3h 1時間いると

1  $\mu$ Sv の被曝

30分を1半命。2時間を5倍

Sv は被曝の総量

1  $\mu$ Sv/h のとき3h 1年間いると被曝の

総量は 約 9 mSv

\* 事故直後は沖が混同される=とが多かつた

放射線距離との関係

## 内部被曝

放射性物質を食べたり吸ったりしたとき

→ 体内にある放射性物質が出す  
放射線で被曝する

## α線・β線

: 体内で止まってしまうので: エネルギーを  
全部体内の分子がもらってしまう

↑ たたかぬるので  
傷つく

## γ線

ほとんどは体の外へすりぬける

→ ホルボリウムからγ線で ~~内部~~ 体内の  
放射性物質量が少かるのは  
このため (出てきたγ線をほかる)

一部のγ線が体内の分子を傷つける

→ α, β, γ 全てが問題

~~特~~ 特にはα線は影響が大きい

# 内部被曝の考えかた.

食べたし吸ったし放射能物質はどうなるか

原子の種類によって体のどの場所にたまるかが違う.

ヨウ素 : 甲状腺

ストロンチウム : カルシウムに似ているので  
骨

カリウム : 体全体

セシウム : カリウムに似ているので  
全身

体とどこまでいる間、放射能を放出しつづける

減っていく  
(半減期)

↑  
別の物質に変わる

排泄などで体から出ていく

↑  
出る速さは種類で違う

- ほかにも、いったん体に入った放射性物質はだんだん減っていく放射能を放出しつづける

113113 三-バルト (混合のもの)

◦ 等価線量

: 体の各部分が同じエネルギー  
 の線量影響が大きいので 20倍にする  
 1kg あたり1.0の量

よに見るのは 甲状腺等価線量

注: 甲状腺は ~~15~~ 15~20g ばかり

等価線量は 1kg あたりなので

よ: C 大きくて、あまりびっくりにないこと

◦ 実効線量

: 体全体への影響の大きさを  
 体重1kg あたりで表現

113113 臓器への 影響 を足したもの

↑ がんのリスク  
 ↓ 死

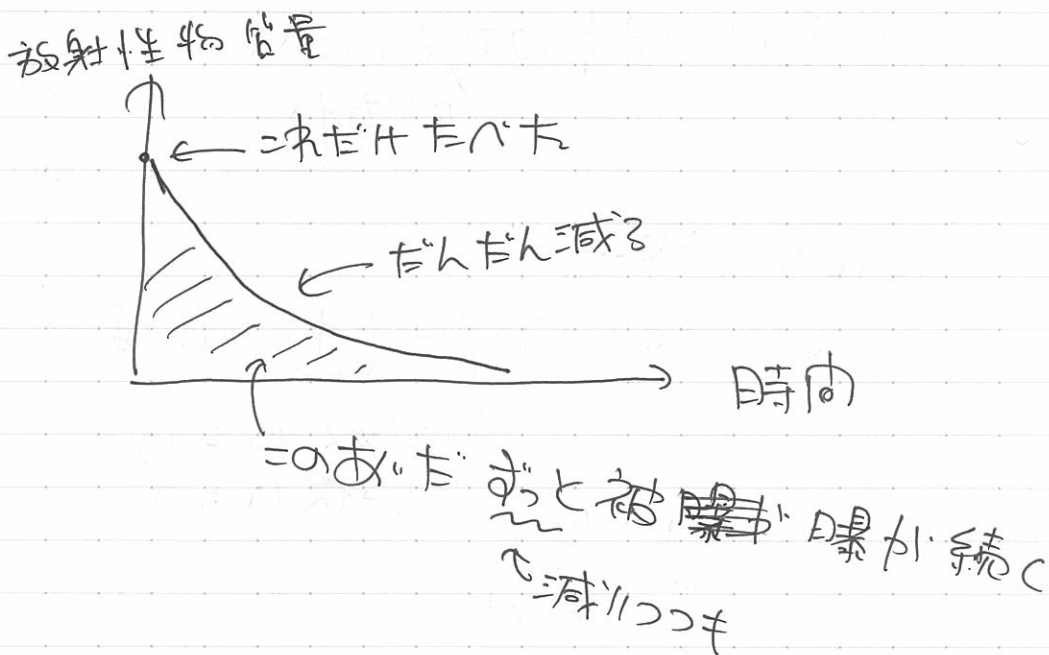
死に近いがんでは「生活の質」への影響も

⇒ 損傷の大きさ を表している

普通三-バルトといえは二本

内部被曝では体内にとどまり放射線を出すけど  
放射性物質が どうする？

食べた（または吸入した）放射性物質は、体内に存在するまで放射線を出すから、食べた瞬間の将来にわたる被曝量が決まるんじゃないか



減りかたは

- ・ (物理的) 半減期

：放射線を出しに減る分

- ・ 排泄など

：これも半減期があると思えばいい  
生物学的半減期

$^{137}\text{Cs}$

半減期 30年

生物学的半減期 100日  $\text{Cs}^{137}$

→ 50年経過

$^{90}\text{Sr}$

半減期 30年

← 50年で決まる

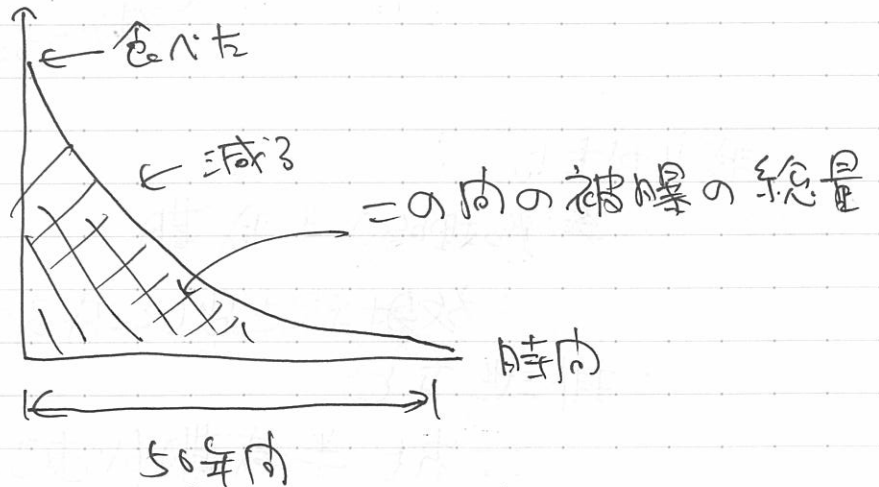
骨に蓄積されるので出にくい  
↑  
残存率

### 推定実効線量

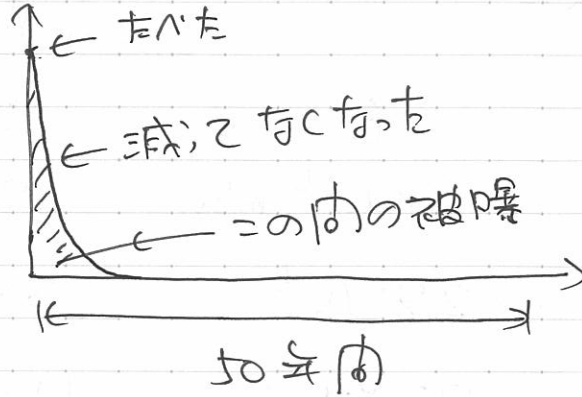
食入による将来にわたる被曝をあらかじめ  
足しておく

大人 50年内分  
子供 70年内分

放射性生物量



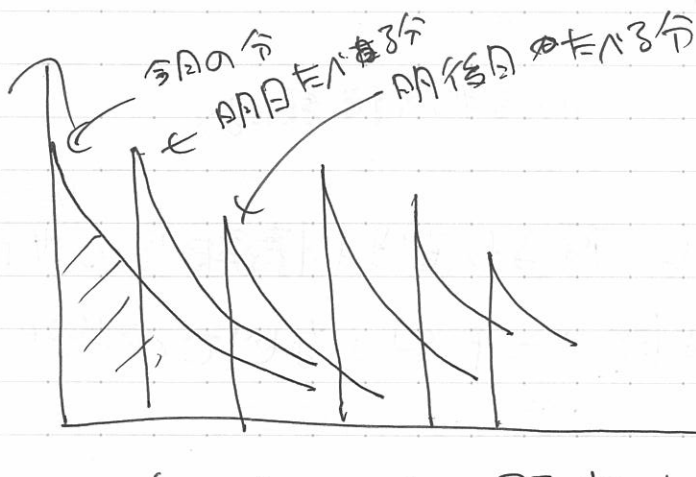
生物学的半減期が短いものは



食べものによる被曝はこの予測実効線量で表す。

：まだ被曝にいかい分も、<sup>被曝を</sup> 足していかないで、  
食ハたときと足してしまう。

単位はやはりシーベルト



毎日食ハた分の予測実効線量を  
足していくと総被曝量



1 Bq が入り込むときの予測的実効線量は次のとおり  
 ↓ 吸収量

	食	↓ 全 2 mSv 単位	吸
$^{40}\text{K}$	$3 \times 10^{-6}$ mSv		$6.2 \times 10^{-6}$
$^{90}\text{Sr}$	$2.8 \times 10^{-6}$		$3 \times 10^{-5}$
$^{131}\text{I}$	$2.2 \times 10^{-5}$		$1.1 \times 10^{-5}$
$^{134}\text{Cs}$	$1.9 \times 10^{-5}$		$9.6 \times 10^{-6}$
$^{137}\text{Cs}$	$1.3 \times 10^{-5}$		$6.7 \times 10^{-6}$

→ 半減期は違いますが生物学的半減期は同じ

$^{239}\text{Pu}$	$2.5 \times 10^{-4}$	$3.2 \times 10^{-2}$
-------------------	----------------------	----------------------

↑  
化合物の種類による

数値は 原子力資料情報館のサイトにある

「放射能」ニ「百科」などで探せる

例: <sup>137</sup>Cs を毎日 10 Bq<sup>1</sup> 食べる<sup>2</sup>と 預託<sup>3</sup> 実効線量は

$$10 \times 365 \times 1.3 \times 10^{-5} = 4700 \times 10^{-5}$$

総 Bq

$$= 4.7 \times 10^{-2} \text{ mSv}$$

これは 0.05 mSv

毎日 100 Bq なら、その 10 倍、(年内 0.5 mSv)

・ 実効線量として(すなわち、外部被曝か内部被曝かを区別せず)、足すだけで総被曝量になる?

・ 注: 実効線量は決して厳密なものでない  
被曝の目安

・ 注: 放射性物質を食べ続けると体に蓄積するが、預託実効線量はその蓄積量を計算してしまっているため、体内に何バクにあるかは、あまり関係ない



↑ 食べる量と排泄のバランス