

#1

原子力と放射線の物理
第一歩

PHYSICS OF
NUCLEAR POWER & RADIATION
(FIRST STEP)

大谷 暢夫

OHTANI, Nobuo

#1-1

自己紹介

- ・原子炉物理

原子炉炉心の物理的特性評価、数値解析
炉物理実験

- ・放射線遮へい

原子炉、加速器

(職歴)

川崎重工業(株) 昭和45年～46年

動力炉・核燃料開発事業団(原子力研究開発機構) 昭和52年～

(財)若狭湾エネルギー研究センター(福井県敦賀市) 平成9年～平成21年

概要

主として物理の観点から

分子・原子・原子核

放射線・放射能

核反応・核分裂

臨界

原子炉

放射線遮へいと被ばく

歴史の始まり

放射線の発見

1895年(明治28年)

レントゲン(独)

X線

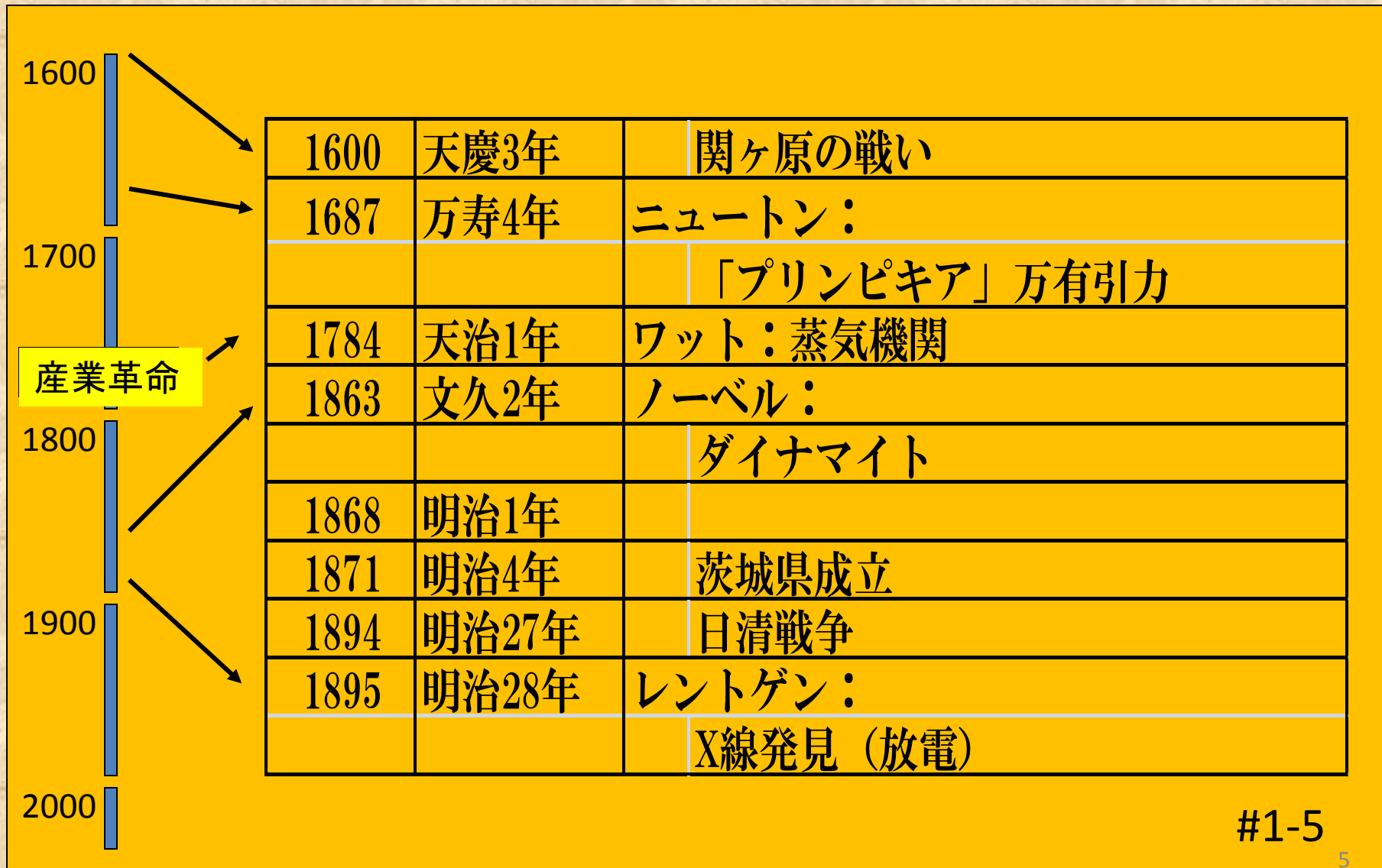
放射能の発見

1896(明治29年)

ベクレル(仏)

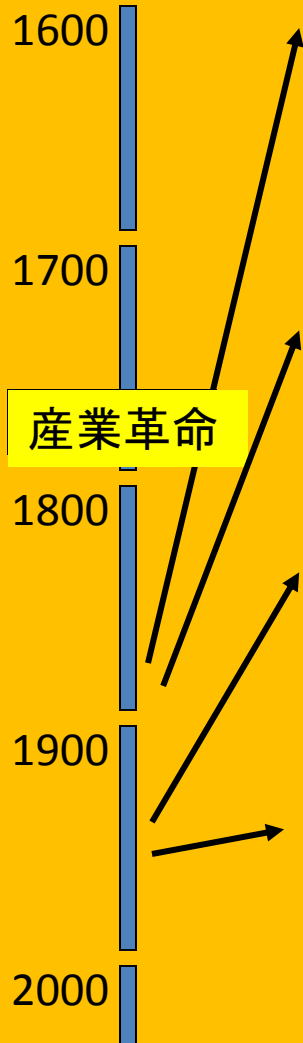
ウラン

放射線・放射能・原子力 以前



核物理→原子力

物理・核物理 → 兵器 → 平和利用



1895	明治28年	レントゲン： X線発見（放電）
1896	明治29年	ベクレル： ウラン化合物から放射線 （強透過性、写真作用）
1898	明治31年	キュリー： ラジウム発見
1902	明治35年	ラザフォード： Thの放射性崩壊
1930	昭和5年	ボーテ、ベッカー（独） 中性子発見（核反応による）
1938	昭和13年	ハーン： 原子核分裂発見
1939	昭和14年	アインシュタイン： ルーズベルト大統領に原爆研究勧告
1942	昭和17年	米：世界初の原子炉
1945	昭和20年	米：世界初の原爆実験、広島、長崎

#1-6

原子力利用

兵器 → 平和利用

1945	昭和20年	米：世界初の原爆実験、広島、長崎
1952	昭和27年	サンフランシスコ講和条約
		原子力研究解禁
1962	昭和38年	日本で初臨界（臨界集合体）
1963	昭和39年	最初の原子力発電（原研：JPDR）
1966	昭和42年	最初の商用原子力発電
		日本原子力発電(株) 東海第1

レントゲン(1895、明治28年)

レントゲンが初めて見せた放射線!

今から百年前(1895年11月)にレントゲンはX線を発見しました。そして指輪をはめた生きた人の手を写してX線が見えるようにしました(下左)。人々は大きな衝撃を受けましたが、現在X線は医学を始めいろいろな学問分野において、また産業においても大きな役割を演じている放射線です。

下中の写真は、1896年にレントゲンが書いた「新種の放射線について」と題する本に出ている写真で、きれいに撮り直されています。下右は、レントゲンが最初に撮った半月後に英国のスイントンが撮ったものですが、X線のエネルギーが低いので肉の部分も写っています。レントゲンが発見したX線は、放電管によって発生させたもので自然放射線ではありませんが、放射線の発見という画期的な出来事なので、この小冊子の冒頭に入れてあります。



レントゲン博士



【出典2】



【出典3】



【出典1】

ベクレル(1896、明治29年)

自然放射線・自然放射能の発見!

X線は人工的に発生させた放射線ですが、わずか3ヶ月余り遅れて、1896年2月にフランスの物理学者ベクレルはウラニル鉱石から自然に発生している放射線を写真フィルムの黒化(下右)によって発見しました。すなわち自然放射能の発見です。



ベクレル博士



【出典4】

1 Bq = 1秒間に1回 放射線を出す放射能の量

#1-9

放射線と放射能

放射線？

放射性物質が放射性崩壊で放出される粒子（光子を含む）の作るビーム
 α 線、 β 線、 γ 線など。

↓

すべての電磁波および粒子線（X線、中性子、宇宙線・・・）

放射性物質以外に放射線を発生する物

X線発生装置、等

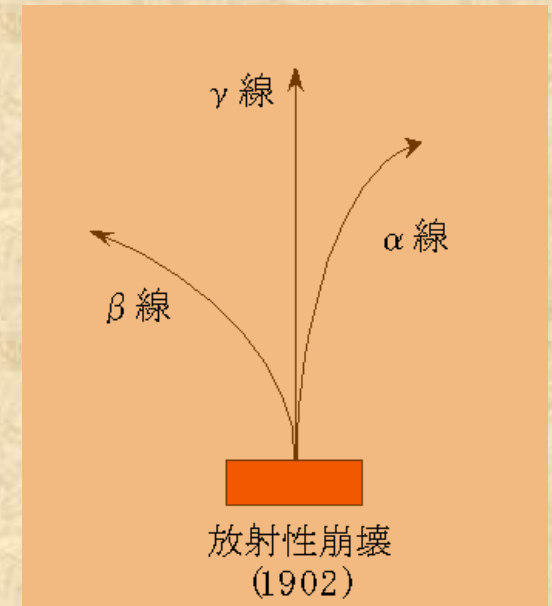
加速器（医療、工業、研究）

原子炉

放射線源（放射性同位元素）

放射能？

放射線を出す能力（を持つ物質）



周期律表

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1.00794																	2 He 4.002602
3 Li (6.941)	4 Be 9.012182											5 B 10.811	6 C 12.0107	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984032	10 Ne 20.1797
11 Na 22.989770	12 Mg 24.3050											13 Al 26.981538	14 Si 28.0855	15 P 30.973761	16 S 32.065	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.955910	22 Ti 47.867	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938049	26 Fe 55.845	27 Co 58.933200	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.92160	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90585	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc [199]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.90550	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.760	52 Te 127.60	53 I 126.90447	54 Xe 131.293
55 Cs 132.90545	56 Ba 137.327	57-71 *	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217	78 Pt 195.078	79 Au 196.96655	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98038	84 Po [210]	85 At [210]	86 Rn [222]
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 **	104 Rf [261]	105 Db [262]	106 Sg [263]	107 Bh [264]	108 Hs [265]	109 Mt [268]	110 Uun [269]	111 Uuu [272]	112 Uub [277]	114 Uuq [289]		116 Uuh [289]			
* [227]	57 La 138.9055	58 Ce 140.116	59 Pr 140.90765	60 Nd 144.24	61 Pm 145	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92534	66 Dy 162.500	67 Ho 164.93032	68 Er 167.259	69 Tm 168.93421	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967		
** [227]	89 Ac [227]	90 Th 232.0381	91 Pa 231.03588	92 U 238.02891	93 Np [237]	94 Pu [239]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]		

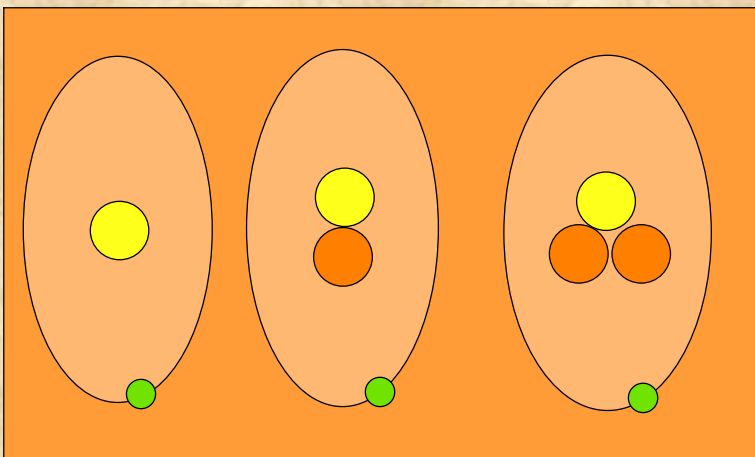
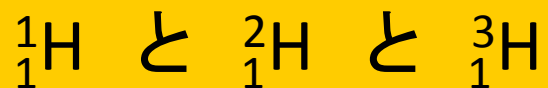
* ランタノイド元素

** アクチノイド元素

同位元素



水素原子



水素： 重水素： トリチウム

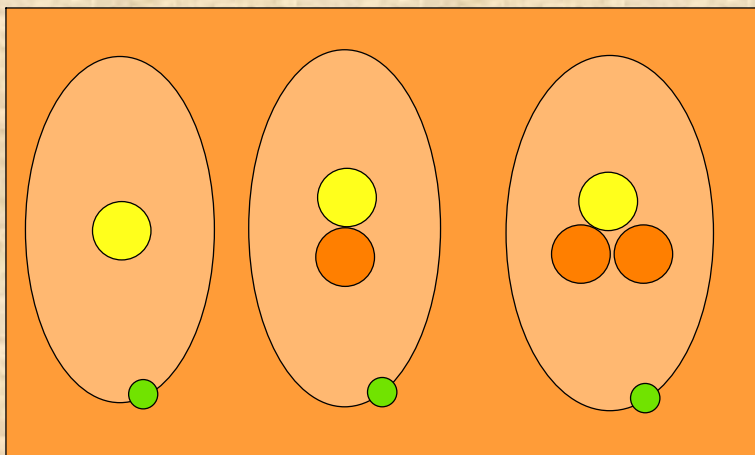
● 陽子：proton

● 中性子：neutron



N. Bohrの原子模型
(~1915)

安定同位元素と放射性同位元素



水素(H): 重水素(D): トリチウム(T)

H : 99.985%

D : 0.015%

T $T_{1/2}=12.33\text{y}$



${}^8\text{C}$: 9.4ms

${}^9\text{C}$: 126.5ms

${}^{10}\text{C}$: 19.26s

${}^{11}\text{C}$: 20.4ms

${}^{12}\text{C}$: 98.89 %

${}^{13}\text{C}$: 1.11%

${}^{14}\text{C}$: 5730y

${}^{15}\text{C}$: 2.449s

.....

${}^{22}\text{C}$: 2.6ms

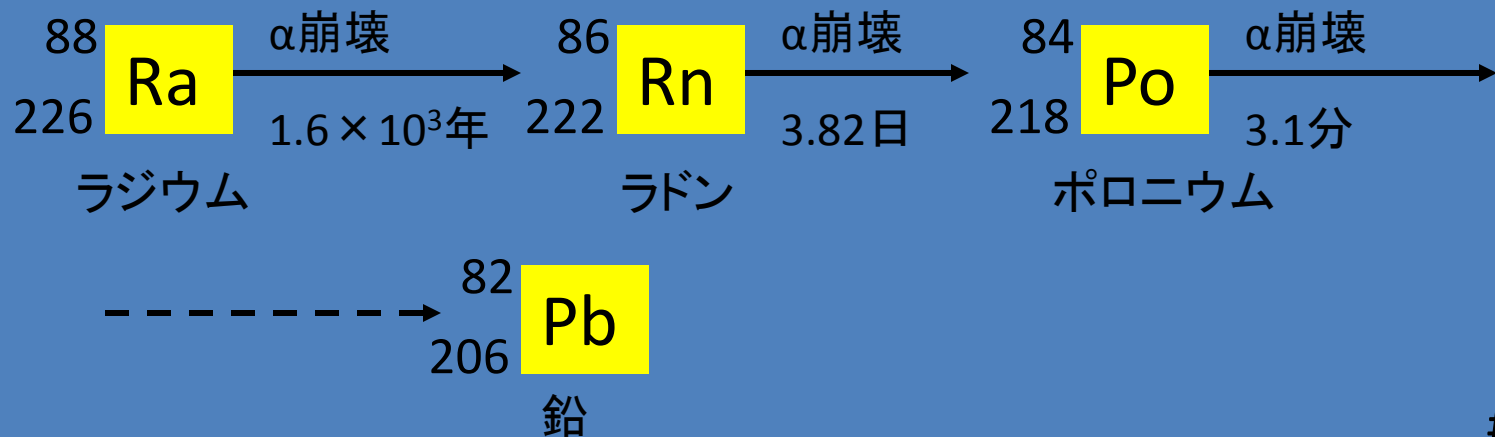
#1-13

Marie Curie

1867（慶応3年）～1934（昭和9年）

ポーランド

8tonの鉱石滓から0.1gのラジウムを抽出
ウランの数百倍の放射能



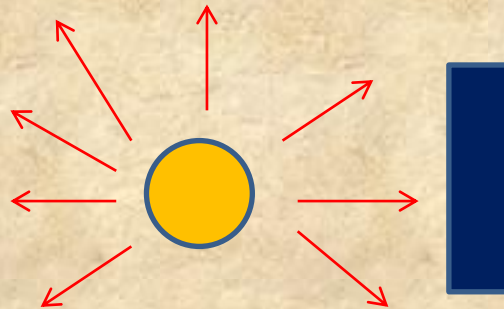
減衰

放射能・放射性物質 :

崩壊(時間とともに減衰)

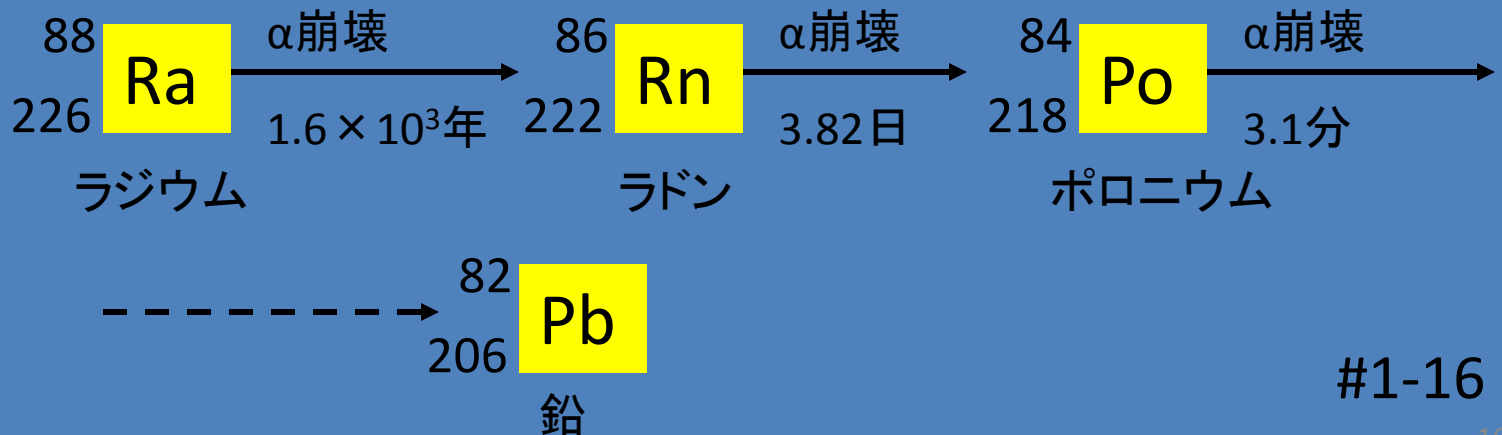
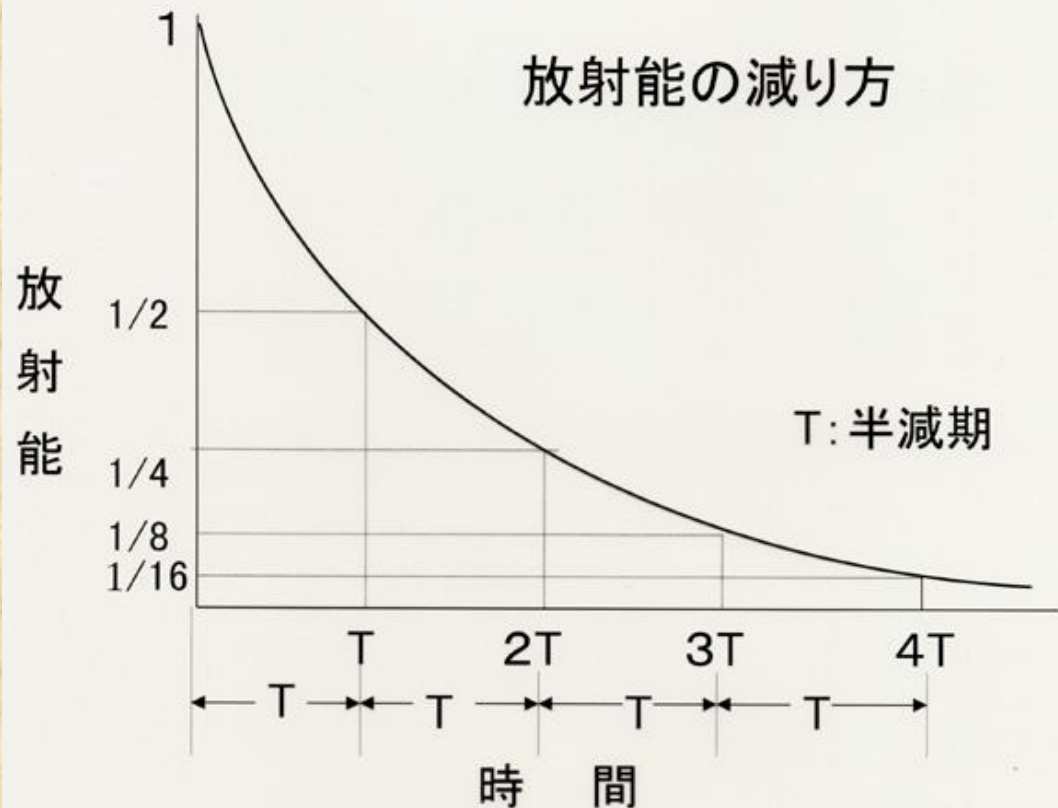
放射線 :

距離・物質で減衰



放射性崩壊

半減期: $T_{1/2}$

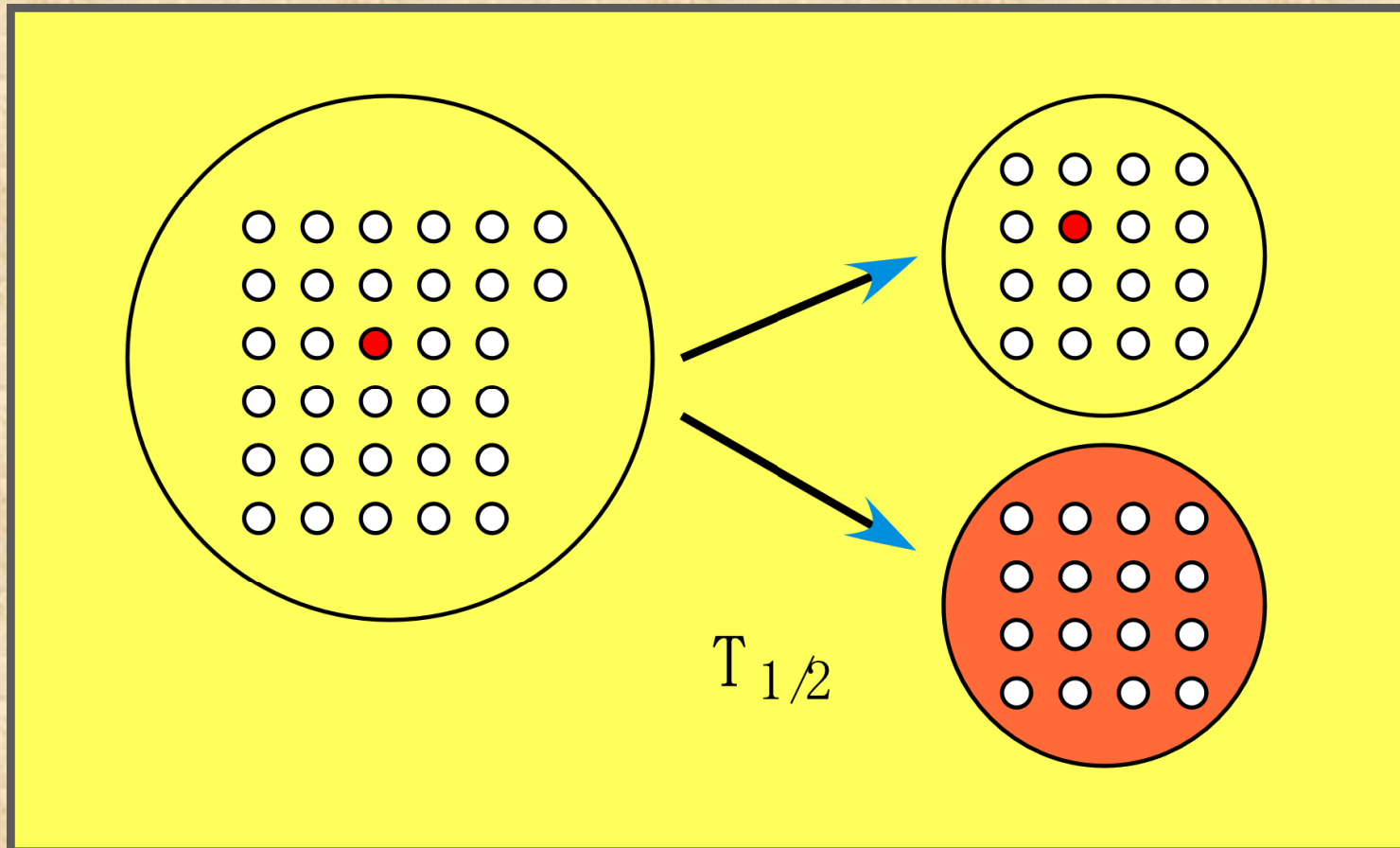


#1-16

半減期

(確率的現象?)

Cs-137の半減期 : 30.1年、 β -崩壊 \rightarrow
Bs-137m : 2.55分、662keV γ -崩壊



#1-17

Radiation (放射線)

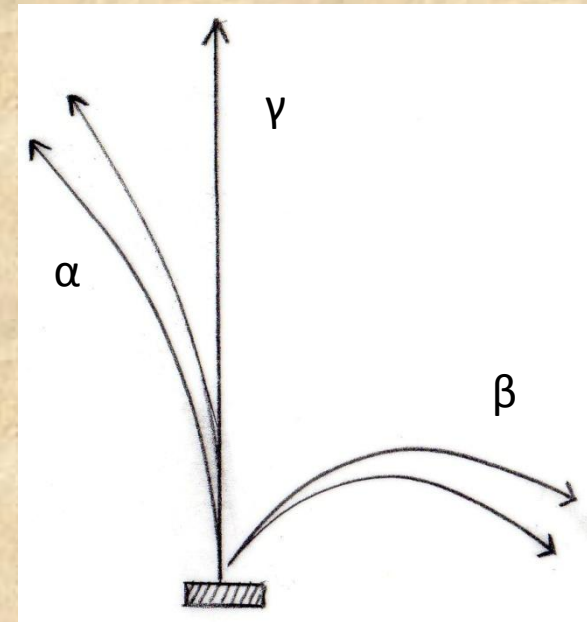
gamma (γ)

beta (β)

alpha (α)

($E < 20\text{MeV}$)

neutron



(Radiation source)

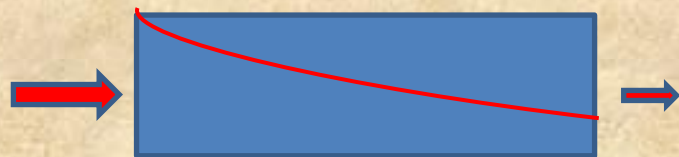
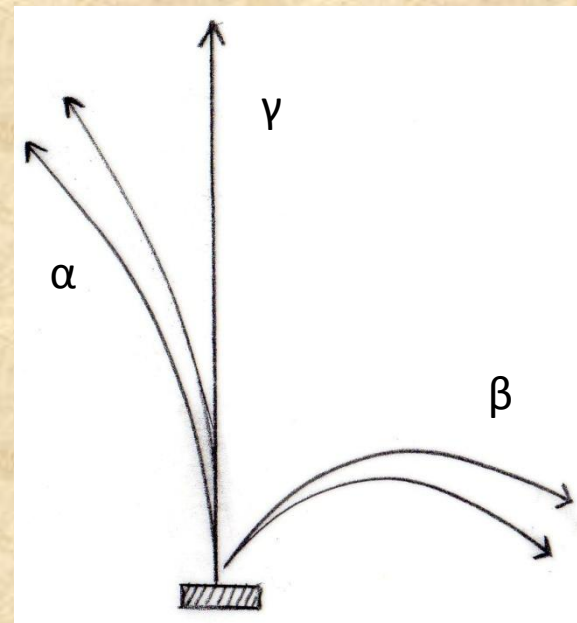
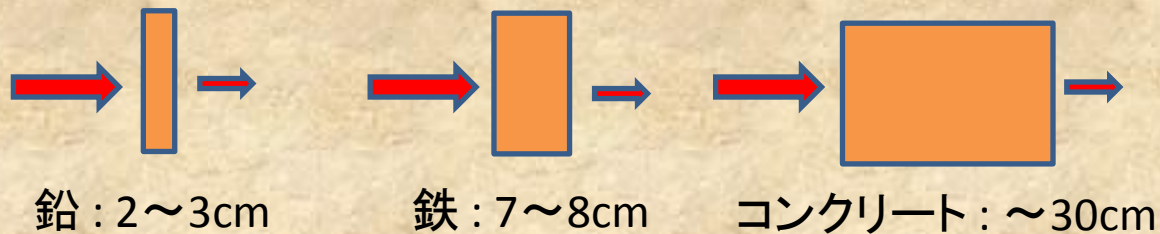
Radioactive Decay (~ 1902)

放射線被ばく(ガンマ線)

Cs-137 & Cs-134

～600keV ガンマ線
半減期 ～30年

線量を1/10にする



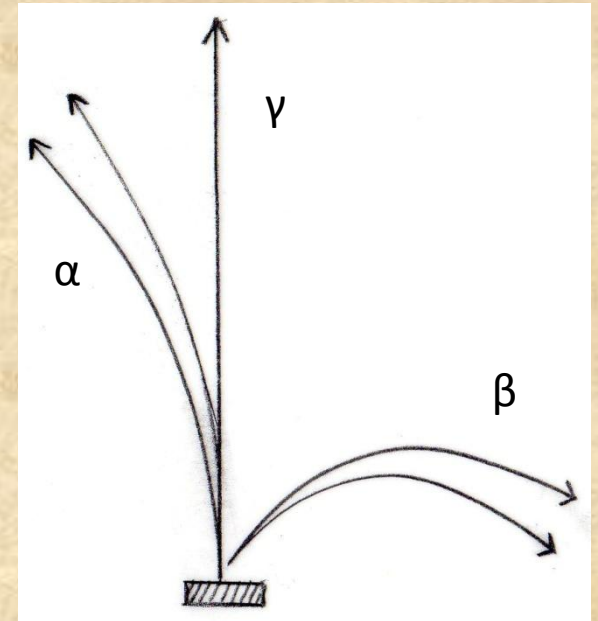
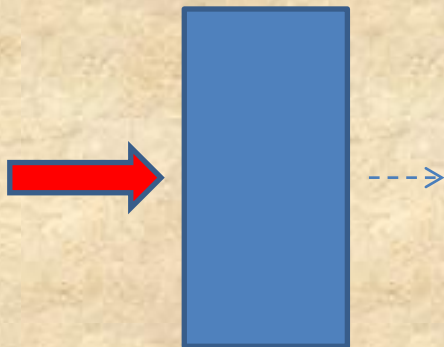
水：60cmで1/10

人体(30cm)で70%のエネルギーを失う。→放射線の影響

放射線被ばく(ベータ線)

I-131(ヨウ素)

半減期 8.1日
ベータ崩壊



すべてのエネルギーを人体(組織)内で失う。

中性子(neutron)

放射線

電荷を持たない

水素の原子核＝陽子(proton)と同じ質量の粒子

原子炉で主要な役割

原子炉事故後の環境における被ばくには、実質的に無関係

中性子の被ばく

核燃料の近傍

特に事故後の処理

JCO事故

運転中の原子炉本体の近傍(設計で対応)

原子爆弾の直接被ばく

特徴的反応

放射化

核分裂

#1-21