

#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㈱ 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～
財団法人エネルギーセンター(福井県敦賀市) 平成9年～平成21年

#1-2

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

#1-3

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

#1-4

放射線・放射能・原子力 以前

1600	天慶3年	関ヶ原の戦い
1687	万寿4年	ニュートン： 「プリンピキア」万有引力
1784	天治1年	ワット：蒸気機関
1863	文久2年	ノーベル： ダイナマイト
1868	明治1年	
1871	明治4年	茨城県成立
1894	明治27年	日清戦争
1895	明治28年	レントゲン： X線発見(放電)

#1-5

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	ポーネ、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

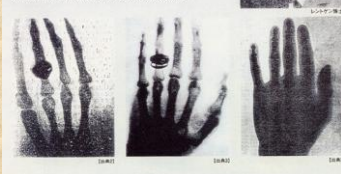
1945	昭和20年	米：世界初の原爆実験、広島、長崎
1952	昭和27年	サンフランシスコ講和条約 原子力研究解禁
1962	昭和38年	日本で初臨界（臨界集合体）
1963	昭和39年	最初の原子力発電（原研：JPDR）
1966	昭和42年	最初の商用原子力発電 日本原子力発電㈱ 東海第1

#1-7

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97年(1895年)11月にレントゲンはX線を発見した。そして驚異をほめた当世の人々の手を受けてX線が発見されるようになった(下左)。人々は大きな希望を抱いたが、X線は物理学の新しい分野に属するもので、X線の性質が明らかになるまでには長い年月を要した。レントゲンはX線の発見から、X線の性質を明らかにし、X線の発生装置を開発し、X線の応用を研究した。X線の発見は、X線の性質を明らかにし、X線の発生装置を開発し、X線の応用を研究した。X線の発見は、X線の性質を明らかにし、X線の発生装置を開発し、X線の応用を研究した。



#1-8

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、わずかの月余り経て、1896年2月にフランスの物理学者ベクレルはウラン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】

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?

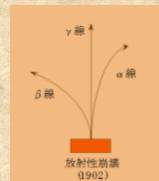
放射性物質が放射性崩壊で放出される粒子(光子を含む)の作るビーム
α線、β線、γ線など。

↓
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が発生する物

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)

#1-10

周期律表

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18												
H 1.00794																	He 4.002602												
Li 6.941	Be 9.012182											B 10.811	C 12.0107	N 14.00643	O 15.999	F 18.998403	Ne 20.1797												
Na 22.98976928	Mg 24.304											Al 26.9815385	Si 28.0855	P 30.973761998	S 32.06	Cl 35.453	Ar 39.948												
K 39.0983	Ca 40.078	Sc	Ti 47.88	V 50.9415	Cr 51.9961	Mn 54.938044	Fe 55.845	Co 58.933195	Ni 58.6934	Cu 63.546	Zn 65.38	Ga 69.723	Ge 72.630	As 74.9216	Se 78.96	Br 79.904	Kr 83.798												
Rb 85.4678	Sr 87.62	Y	Zr 91.224	Nb 92.90638	Mo 95.94	Tc	Ru 101.07	Rh 101.07	Pd 106.42	Ag 107.8682	Cd 112.411	In 114.818	Sn 118.710	Sb 121.757	Te 127.60	Pt 195.084	Xe 131.29												
Cs 132.90545196	Ba 137.327	Hf 178.49	Ta 180.9479	W 183.84	Re 186.207	Os 190.23	Ir 192.222	Pt 195.084	Au 196.966569	Hg 200.59	Tl 204.3833	Pb 207.2	Bi 208.9804	Po	At	Rn													
Fr	Ra	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uu	Uub	Uuq	Uuh	Uuq	Uuh	Uuq	Uuh	Rn													
* La 138.9048	* Ce 140.12	* Pr 140.90766	* Nd 144.242	* Pm	* Sm 150.36	* Eu 151.964	* Gd 157.25	* Tb 158.92535	* Dy 162.50014	* Ho 164.930329	* Er 167.259	* Tm 168.934	* Yb 173.054	* Lu 174.967	* Ac	* Th 232.0377	* Pa 231.036889	* U 238.02891	* Np 237.048173	* Pu 239.0521634	* Am 243.061381	* Cm 247.070351	* Bk 247.070351	* Cf 251.0825	* Es 252.083	* Fm 257.10	* Md 258.10	* No 259.10	* Lr 260.10

* ランタノイド元素 ** アクチノイド元素

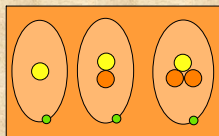
#1-11

同位元素

²³⁵U と ²³⁸U
92 92

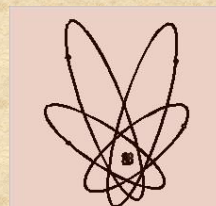
水素原子

¹H と ²H と ³H



水素: 重水素: トリチウム

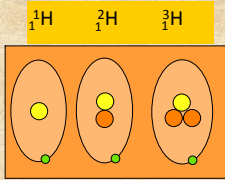
● 陽子: proton
● 中性子: neutron



N.Bohrの原子模型 (~1915)

#1-12

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

${}^6_6\text{C}$

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

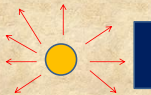


#1-14

減衰

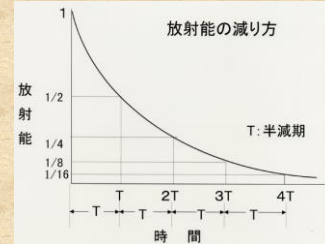
放射能・放射性物質 :
崩壊 (時間とともに減衰)

放射線 :
距離・物質で減衰



#1-15

放射性崩壊



半減期: $T_{1/2}$

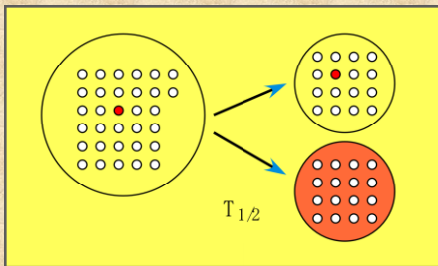


#1-16

半減期

(確率的現象?)

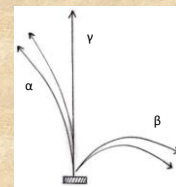
Cs-137の半減期 : 30.1年、 β -崩壊 \rightarrow
Bs-137m: 2.55分、662keV γ -崩壊



#1-17

Radiation (放射線)

gamma (γ)
beta (β)
alpha (α)
($E < 20\text{MeV}$)
neutron



(Radiation source)
Radioactive Decay (~1902)

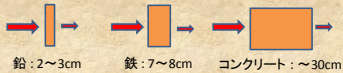
#1-18

放射線被ばく(ガンマ線)

Cs-137 & Cs-134

～600keV ガンマ線
半減期 ～30年

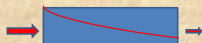
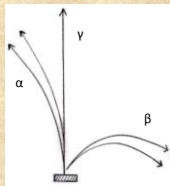
線量を1/10にする



鉛: 2～3cm

鉄: 7～8cm

コンクリート: ～30cm



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

#1-19

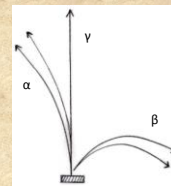
放射線被ばく(ベータ線)

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。



#1-20

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

21