

京都精華大学 2016年前期

自然科学論

担当教員：磯部洋明

京都大学大学院総合生存学館准教授

京都精華大学・非常勤講師

第5回「原子核と放射線」

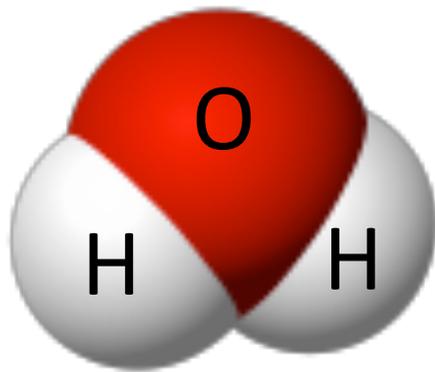
2016年5月17日

今日の話

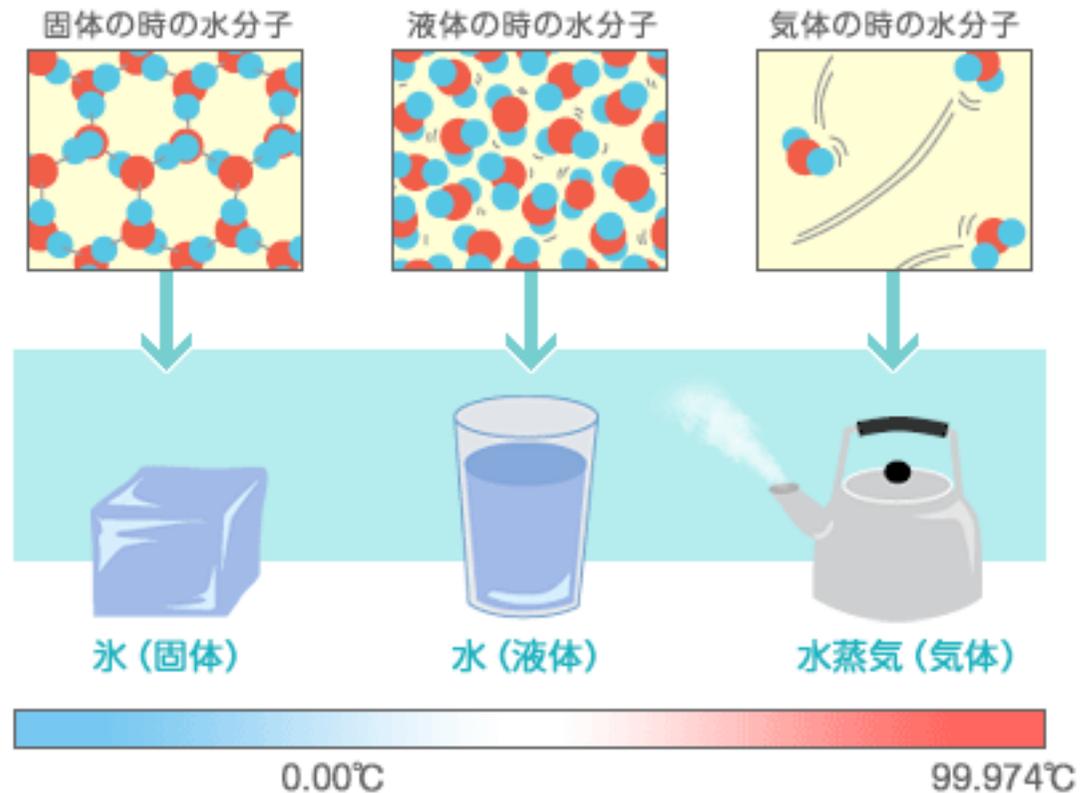
- 原子、原子核とは？
- 放射線とは？
- なぜ放射線は人体に悪いのか？

物質は原子からできている

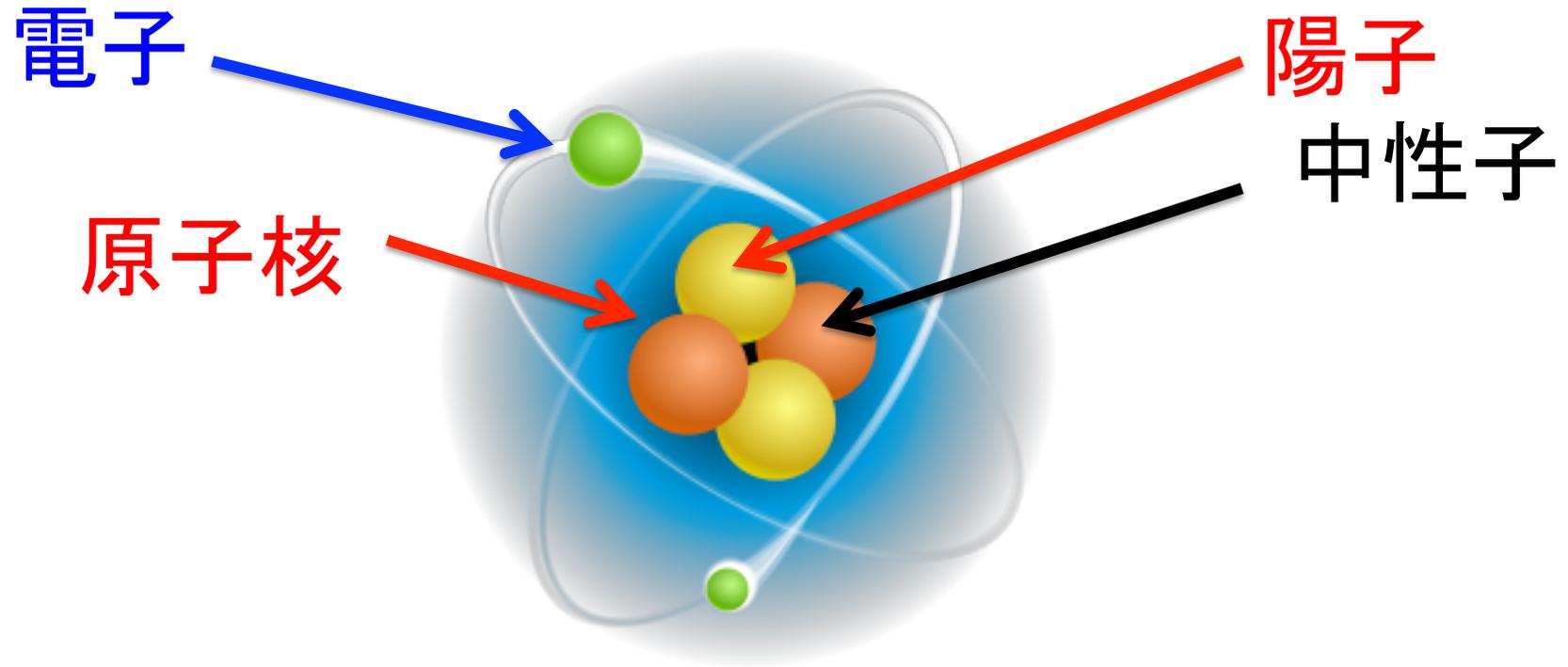
- 水分子(H₂O)は、水素原子Hが2つ、酸素原子Oが1つからできている
- 分子(原子)がしっかり結びついているのが**固体**、くっついているけどお互いに動き回れるのが**液体**、自由に飛び回っているのが**気体**



水分子



原子は原子核と電子からできている



- 電子はマイナスの電気を持っている
- 原子核は、プラスの電気を持つ陽子と、電気を持たない中性子からできている
- 原子の種類は陽子の数で決まる(同位体の区別は後述)

原子(元素)の種類(周期表)

1 H																	18 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*1	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	*2	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo

*1 ランタノイド:

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

*2 アクチノイド:

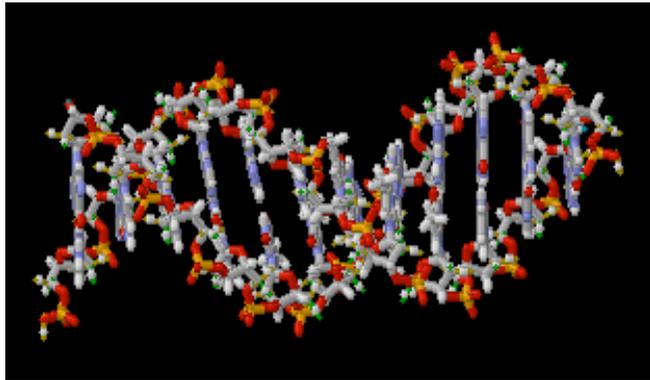
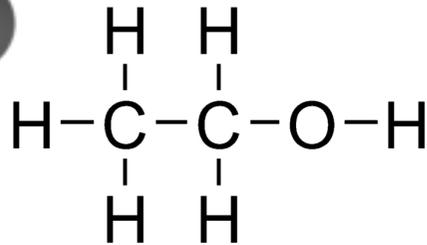
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

有名どころを書いとくと

元素記号	なまえ	陽子の数(原子番号)
H	水素	1
He	ヘリウム	2
C	炭素	6
N	窒素	7
O	酸素	8
Fe	鉄	26
Cs	セシウム	55
Au	金	79

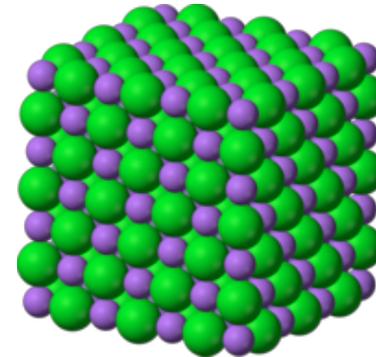
全ての「物質」はこれらの原子（元素）の 組み合わせでできる

エタノール（アルコールの一種）分子は
炭素Cが2つ、酸素Oが1つ、水素Hが6つ



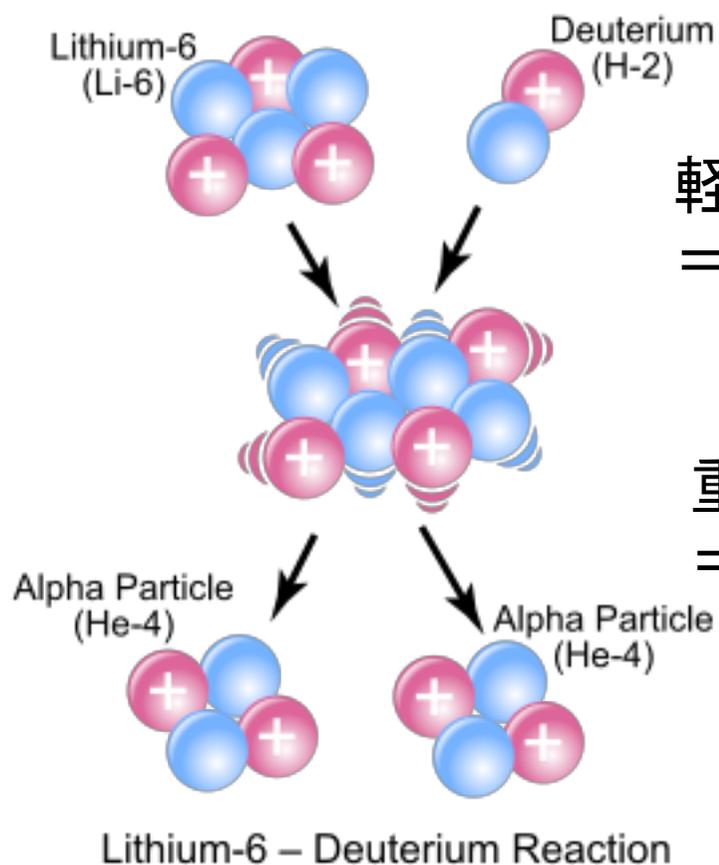
生命のDNAは、水素H、炭素C、酸素O、
窒素N、リンPがずらっと並んでできている

食塩（塩化ナトリウム）は
ナトリウムNaと塩素Clがずらつ
と並んで結晶になっている



「化学反応」とは原子の組み合わせを変えること

核反応：原子核がくっついたり壊れたりすること



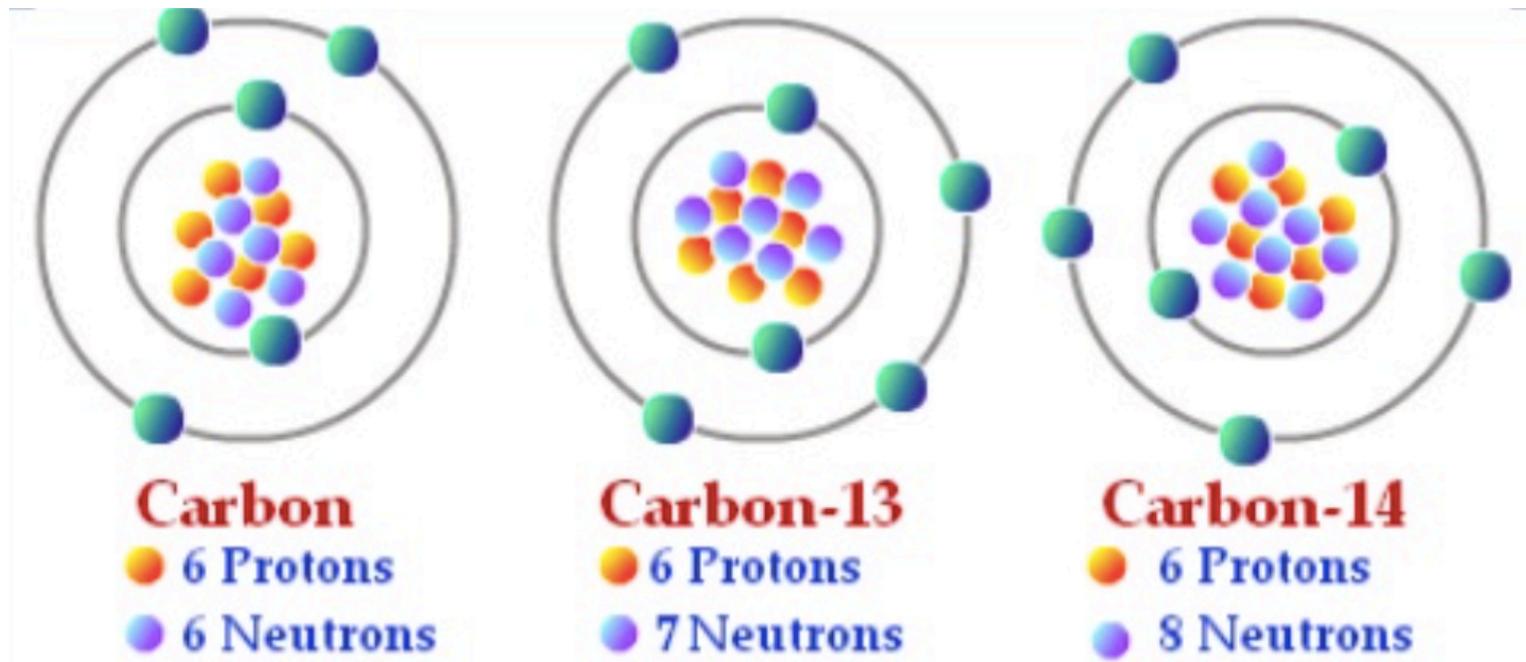
軽い(小さい)2つの原子核がくっつく
= **核融合**

重い(大きい)原子核が分裂する
= **核分裂**

(分裂せずに電子等を放出して違う
原子核に変わる反応(ベータ崩壊)もある)

核融合や核分裂が起きると、莫大なエネルギーが放出される
(エネルギー放出しないような核反応は特殊な場合を除いてそもそも起きない)

同位体 (isotope) = 中性子の数が違う原子



Sofia Paz, <http://www.slideshare.net/sofipaz1/elements-and-atoms-32297973>

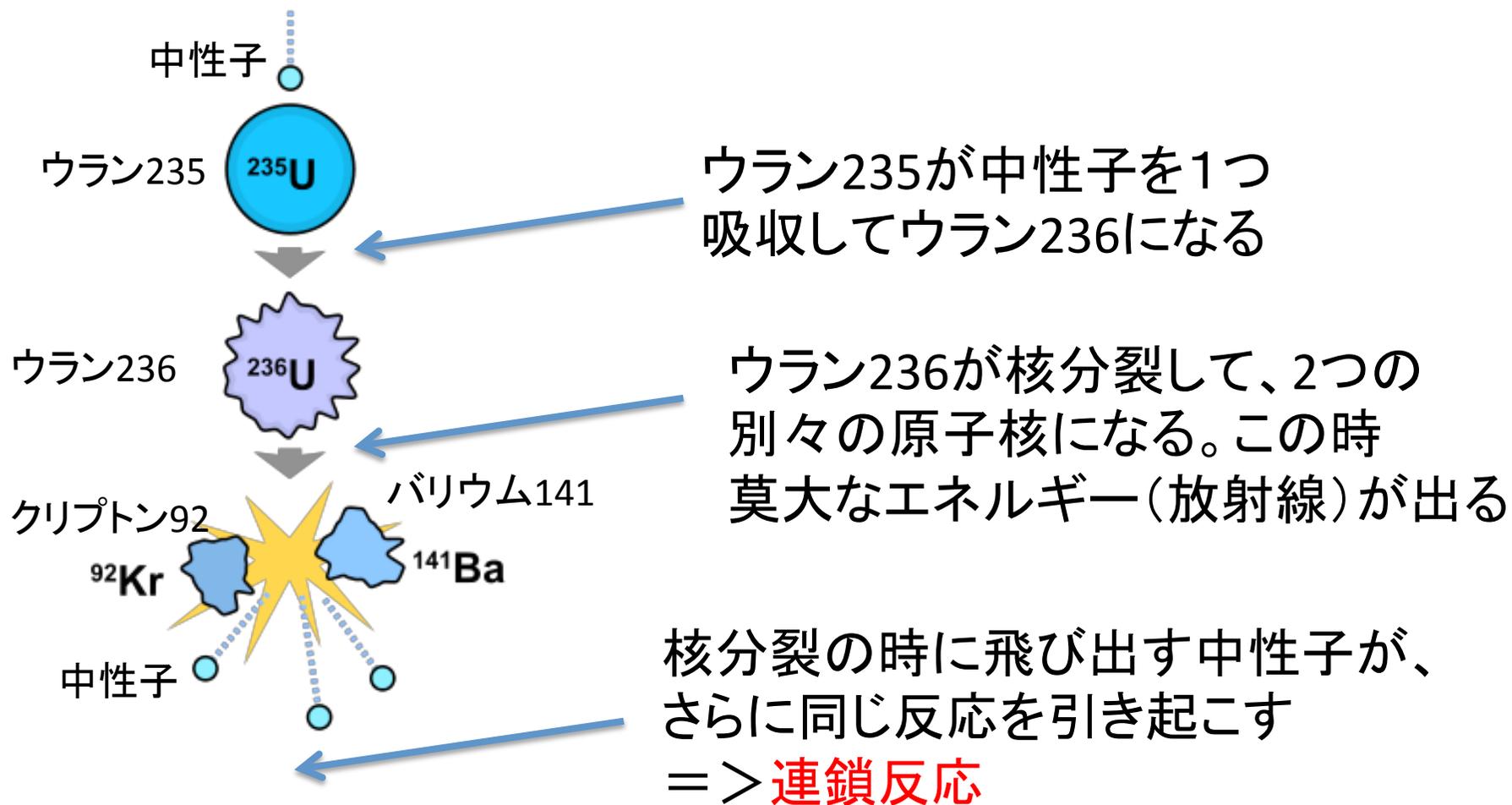
例えば炭素(陽子6つ)には以下の3つの同位体がある
陽子6個、中性子6個の炭素12
陽子6個、中性子7個の炭素13
陽子6個、中性子8個の炭素14

放射線と同位体

- 元素の種類は、陽子の数で決まり、中性子の数は関係ない。同位体の化学的性質は同じ。
- 同じ元素でも、放射線を出すかどうかは同位体によって異なる。
- ヨウ素はほとんどが陽子53個、中性子74個のヨウ素127だが、原子炉内でできるヨウ素131(陽子53個、中性子78個)はベータ崩壊により放射線を出す

核分裂：原子爆弾、原子力発電所の原理

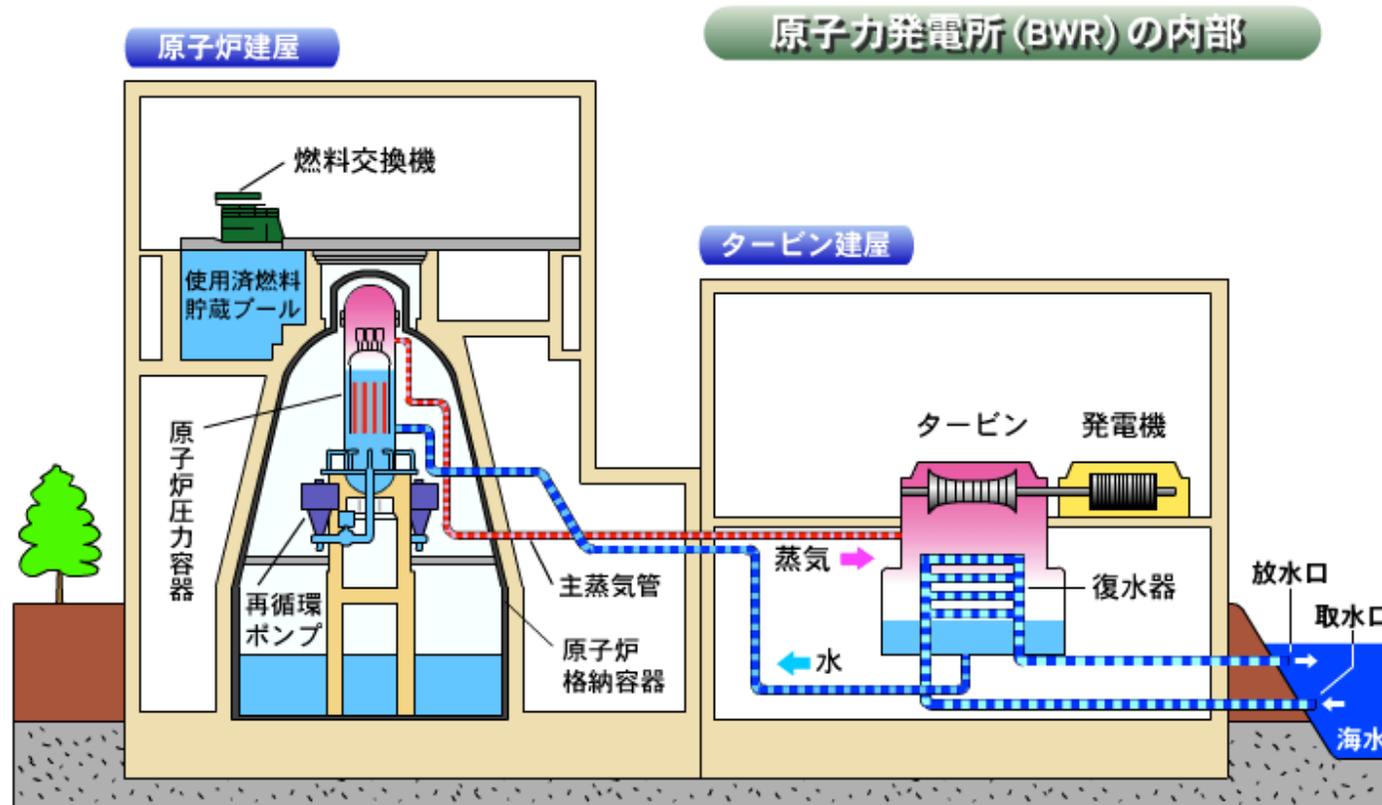
- 核分裂＝大きな原子核が分裂すること



(爆弾や原子力発電所で使われる核分裂にはこれ以外の反応もあるが、連鎖反応のメカニズムは似ている)

原子力発電の仕組み

- 火力、水力、原子力など、ほとんどの発電は「コイルを磁場の中で回す」ことによる「電磁誘導」を使う(自転車のダイナモライトと一緒に)
- 原発は、核分裂で発生した熱で水を沸かし、蒸気で発電機を回す



(敢えて)東京電力のHPより

<http://www.tepco.co.jp/nu/knowledge/system/index-j.html>

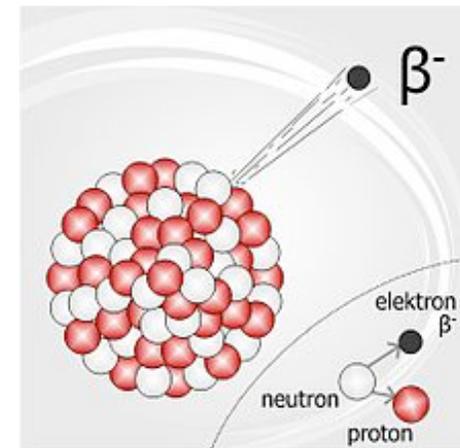
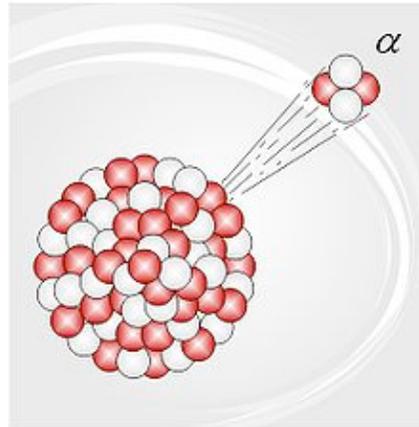
さっきまでの復習

- 物質は全ての原子からできている
- 原子は原子核と電子からできている
- 原子核がくっついたり分裂したりして、原子の種類が変わることを「核反応」という
- ここからは、「核反応」の時にでる「放射線」の話
をします

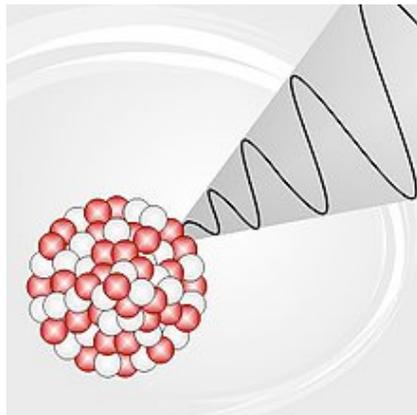
放射線とは： 高いエネルギーを持った粒子や電磁波のこと

いろいろ種類がある

アルファ線
(ヘリウム原子核)



ベータ線
(電子・陽電子)



ガンマ線
エネルギーの高い電磁波
(これより少しエネルギーが小さいのがエックス線)

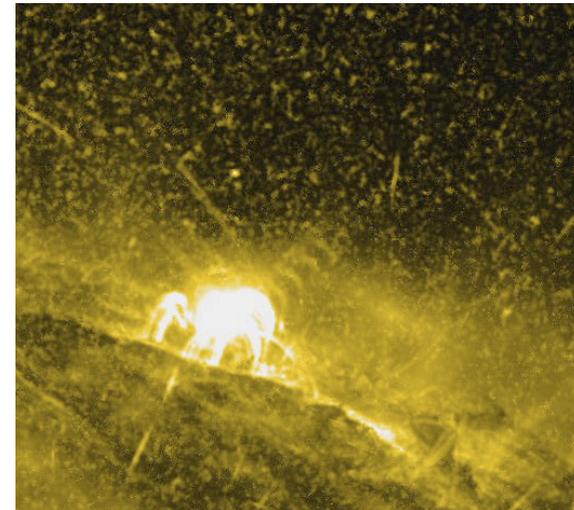
これ以外にも中性子線、重粒子線など色々ある。とにかくエネルギーが高いもの。

「エネルギーが高い」の意味(太陽を例に)

太陽からやってくる光



太陽からやってくる放射線



- 太陽からは光も放射線もやってくる
- 太陽光はピンポン球が1億個飛んでくるようなもの。一つ一つのエネルギーは大したことないが、数が多いので全体としてはエネルギー大。
- 放射線はゴルフボールが2,3個飛んでくるようなもの。全体としては大したことないが、一つ一つのエネルギーが大きいので当たるとダメージがある

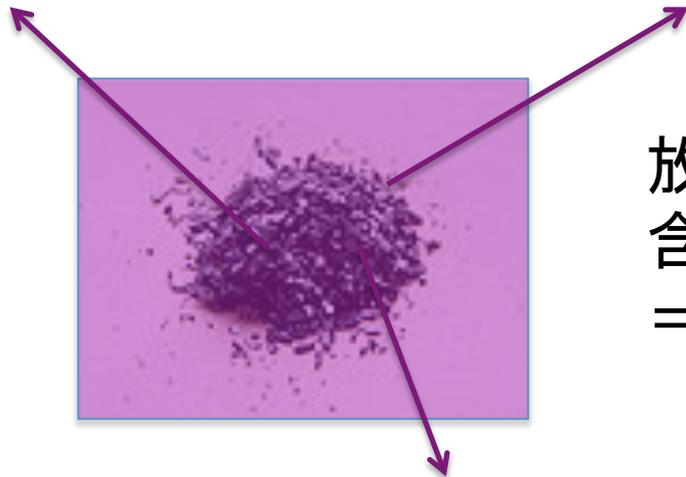
核反応が起きると放射線が出る

- 「不安定な」同位体は、核反応を起こして他の元素に変わる。この時、余分なエネルギーを放射線として出す
- ヨウ素131 \Rightarrow キセノン131 + ベータ線 + ガンマ線
- セシウム137 \Rightarrow バリウム137 + ベータ線 + ガンマ線
- 同じヨウ素やセシウムでも、自然界に多く存在するヨウ素127やセシウム133は安定で、放射線を出さない

放射能とは：**放射線**を出す**能力**のこと



普通のヨウ素(ほとんどヨウ素127)は
放射線をほとんど出さない
=放射能が小さい



放射性同位体であるヨウ素131がたくさん
含まれると、放射線を出す
=放射能が大きい

放射能の大きさ=1秒間にどれくらい放射線を出しているか
=> これが**ベクレル**という単位の意味

放射線と放射能の単位

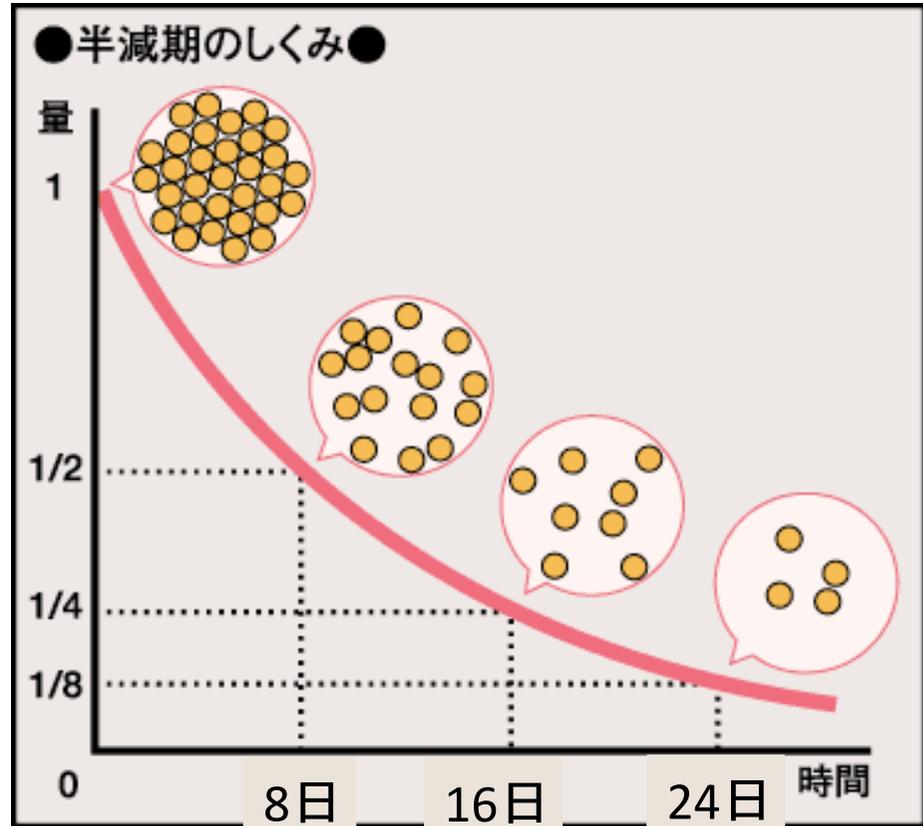
- **ベクレル(Bq)＝放射線をどれだけ出すか(放射能)**
 - 1秒間に1個放射線を出すのが1 Bq
 - 例: 1kgあたり100Bqの水が1kgあれば、1秒間に100個、10kgあれば、1秒間に1000個の放射線が出る
 - 放射線の種類、エネルギーには関係ない

放射線と放射能の単位

- グレイ(Gy) = 放射線のエネルギーを吸収した量
 - 1kgあたり1ジュール(~0.24カロリー)吸収したら、1Gy
 - 放射線の種類には関係ない
 - (ニュース等にはあまり登場しない)
- シーベルト(Sv) = 吸収(被ばく)した放射線の人体への影響を示す量
 - 大雑把には、グレイと同じ意味
 - 「人体への影響」を示すため、吸収したエネルギーが一緒でも、放射線の種類や臓器ごとに違う値になる
 - 例えばガンマ線、ベータ線は1Gy=1Sv、アルファ線は1Gy=20Sv

半減期とは？

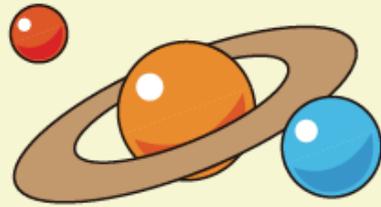
- 放射能が半分になるのにかかる時間のこと
- 半減期が8日のヨウ素131なら、8日経つと半分、16日経つと1/4になる
- 半減期が30年のセシウム137は、30年でようやく半分になる



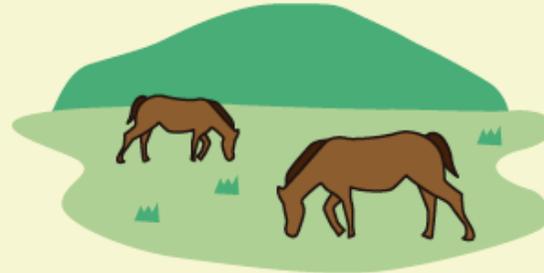
- 「半減期が長い＝なかなか放射線を出さない」なので、長ければ怖いというわけでは必ずしもない。
- 例えばインジウム115の半減期は数百兆年。つまり、事実上放射線はほとんど出さない

自然界にも放射線はある

ラドン、ウラン、カリウム40など、自然界に存在する放射性同位体や、宇宙から来る放射線(宇宙線)からの被ばくがある



宇宙から0.4 mSv



大地から0.5 mSv



ラドンから1.2 mSv



食物から0.3 mSv

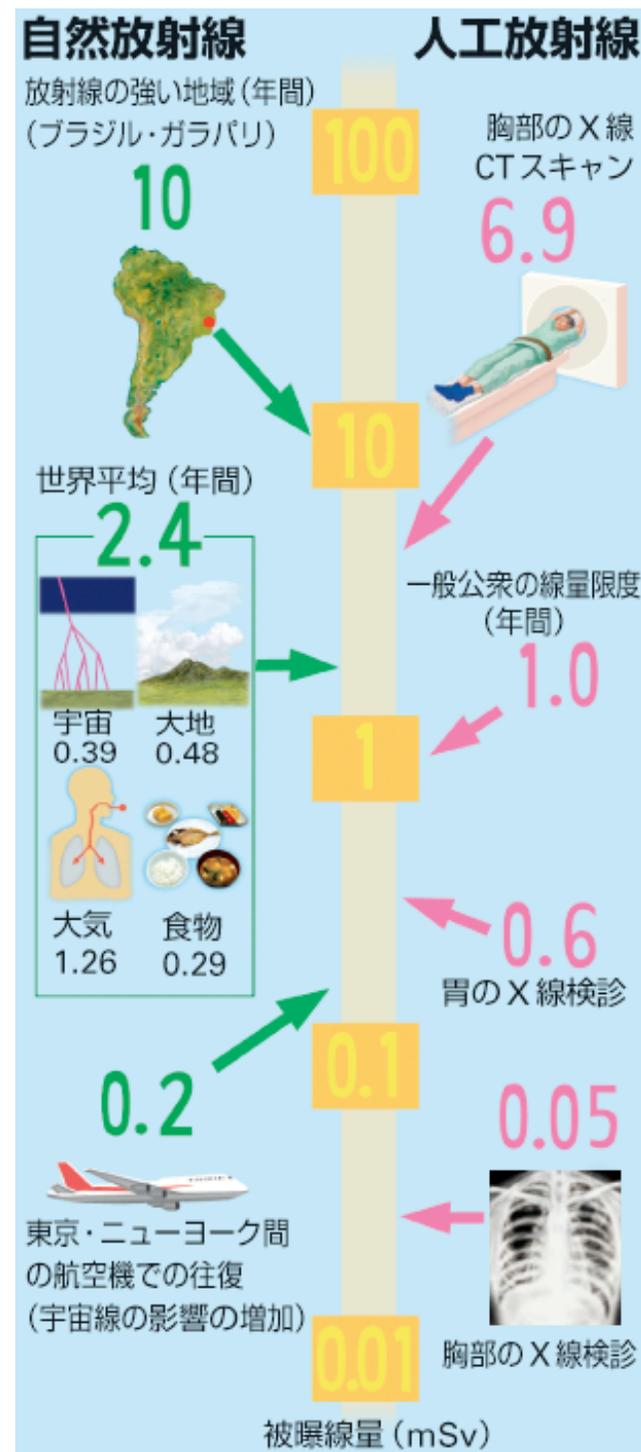
実は人間の身体も放射線を出している(体内のカリウム40から)。体重60kgの人で、7000ベクレルくらい。

放射線医学総合研究所のHPより

日常生活での被ばく

- 胸部レントゲン撮影やCTスキャン
- ラドン温泉や飛行機(上空)など自然放射線が多い場所
- 少量の被ばくは常にしているので、そもそも「被ばくゼロ」にするのは無理(被ばくしないにこしたことはない)

図: Newton 2008年10月号より
<http://www.newtonpress.co.jp/newton/radiation/html/radiation.html>



外部被ばくと内部被ばく

- 外部被ばく＝放射線を浴びること
- 内部被ばく＝放射性物質（放射能を持つ物質）を身体に取り込むこと
- 内部被ばくの場合、放射性物質の種類により、身体の特定の場所に蓄積することがあり、その場合危険度が高い
 - － 例：ヨウ素が甲状腺にたまる

とにかくこれくらいは、覚えておきましょう1

せん のう —放射線と放射能—

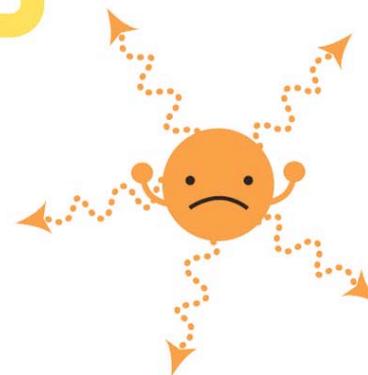
せん 放射線

- ・テレビの電波のような目に見えない光。
または、速くて遠くまで飛ぶ、すごく小さな粒のこと。



のう 放射能

- ・放射線を出す力。
- ・力のもとは、モノ。
- ・やっぱり目に見えない。



Concept & Text by Fuji Nagami, Design & Illustration by Miho Kuriki © Sendai Visual Art × Science Partnership

<http://www2.atword.jp/science/> より

とにかくこれくらいは、覚えておきましょう2

ベクレル...放射線がどれくらい出ているか

シーベルト...どれだけ人体に影響があるか

自然界にも放射線はあり、日常生活を送っていても年間2ミリシーベルトほどの被ばくはしている