

放射能って何？

2018年5月23日

於：神戸学生青年センター

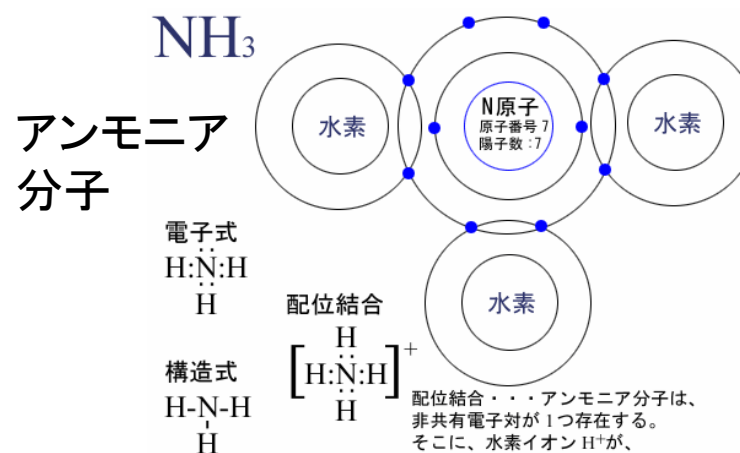
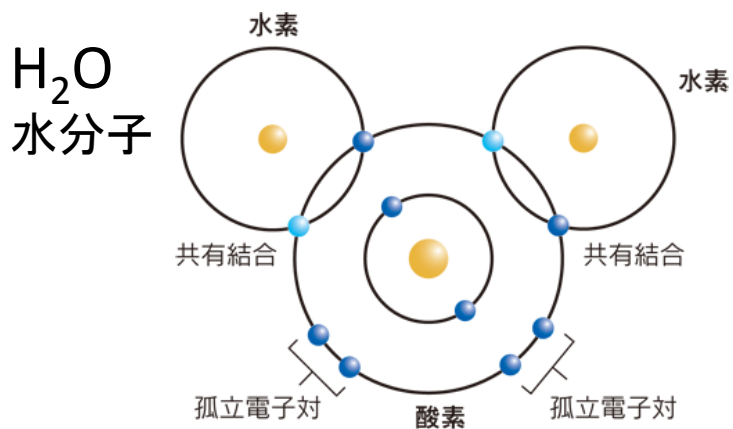
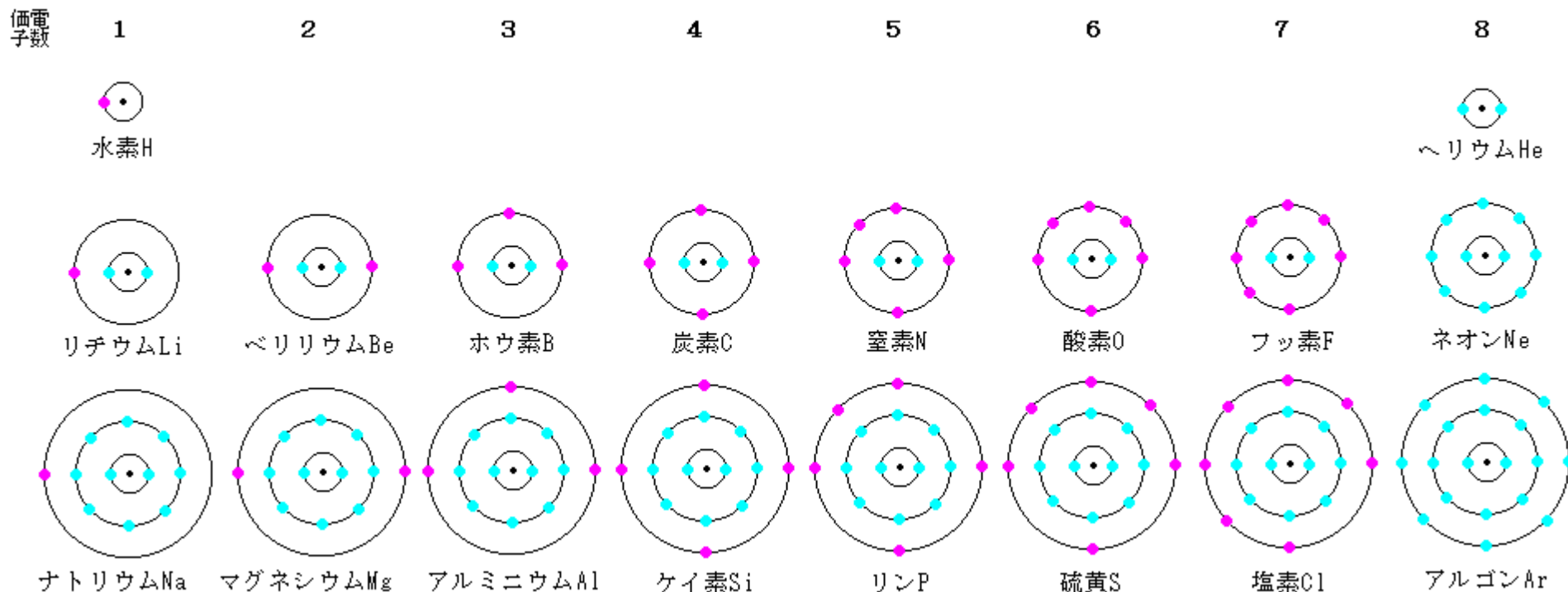
三原 翠

原子の世界と分子の世界

- 3.11以前までは、私達は物については、分子の事だけを考えて暮らしていました。
- 原子だけの物は、不活性ガスのヘリウムやアルゴン等や金属等しかなかったので、原子について何か考える必要はなかったのです。
- 多くの原子は、そのままでは落ち着かなくて、自分自身や他の原子と結合し、分子を作ります。
- 酸素や水素、窒素ガスなどは、同じもの同士で結合した例ですし、水は、水素と酸素が結合したものです。
- これらの結合は、最外殻の電子の数で決まっています。

原子と電子と分子の関係(化学の世界)

原子の最外殻の電子の数(価電子数)によって、その物質の化学的性質が決まります。



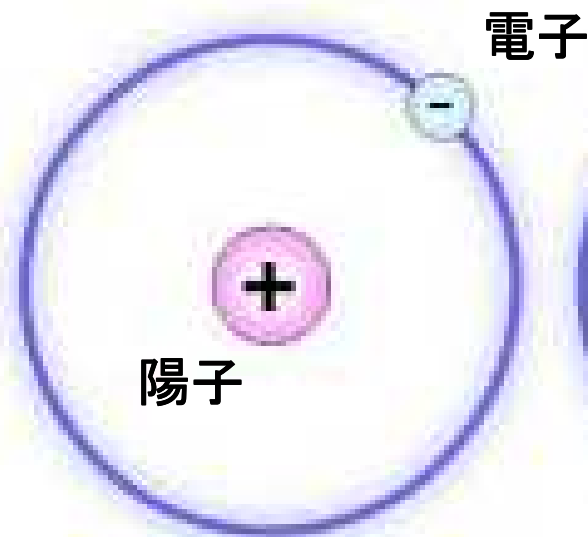
放射能の世界は物理の世界

- 化学は、原子の外側の電子が、結合したり、結合相手を変えたりする変化をみる学問です。
- 放射能は、原子の中の原子核の世界です。
- 通常の世界では、原子は変化しません。中世、錬金術で金を作ろうと試みられましたが、出来ませんでした。
- 放射能は、原子核が壊れ、他の元素に変わる現象です。
- 化学は電子の問題であり、放射能は原子核の変化の問題です。
- 3.11以降、私達は、今までと異なる放射能について、考えなくてはいけなくなりました。

原子の構造

すべての物は、原子からできています。
原子は、陽子と中性子のかたまりの原子核とその回りを
飛び回っている電子からなっています。

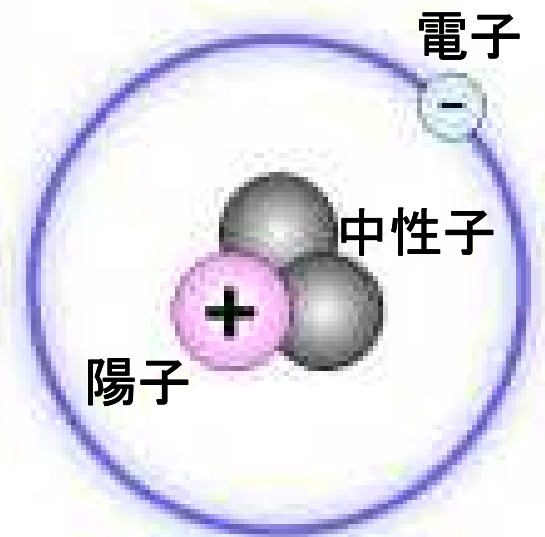
水素原子



重水素原子
(安定同位体)



トリチウム
(放射性同位体)

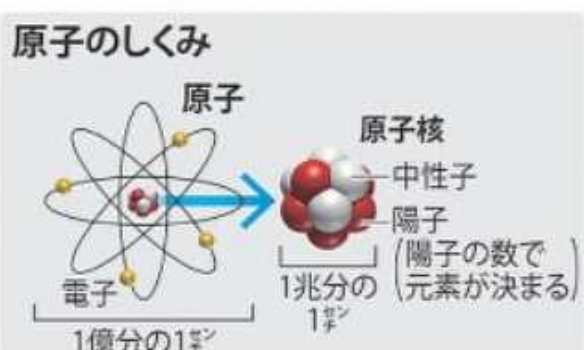


質量数(重さ)



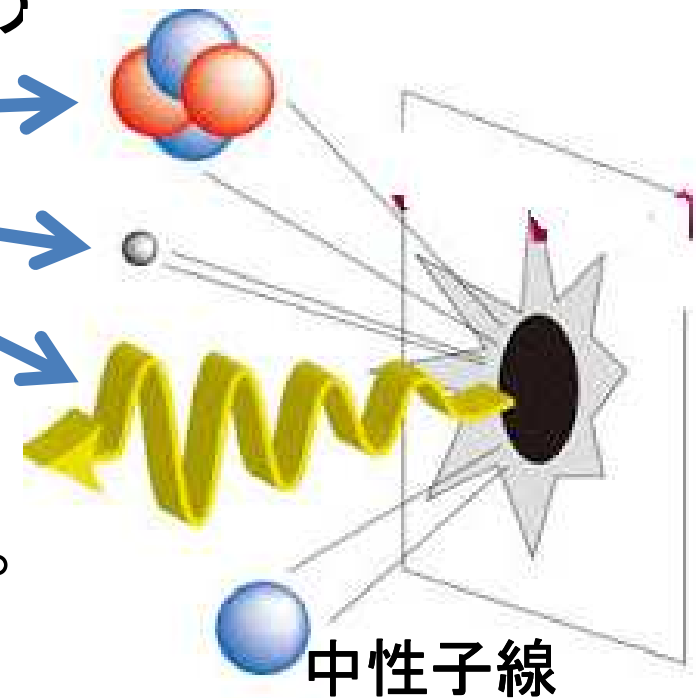
元素番号



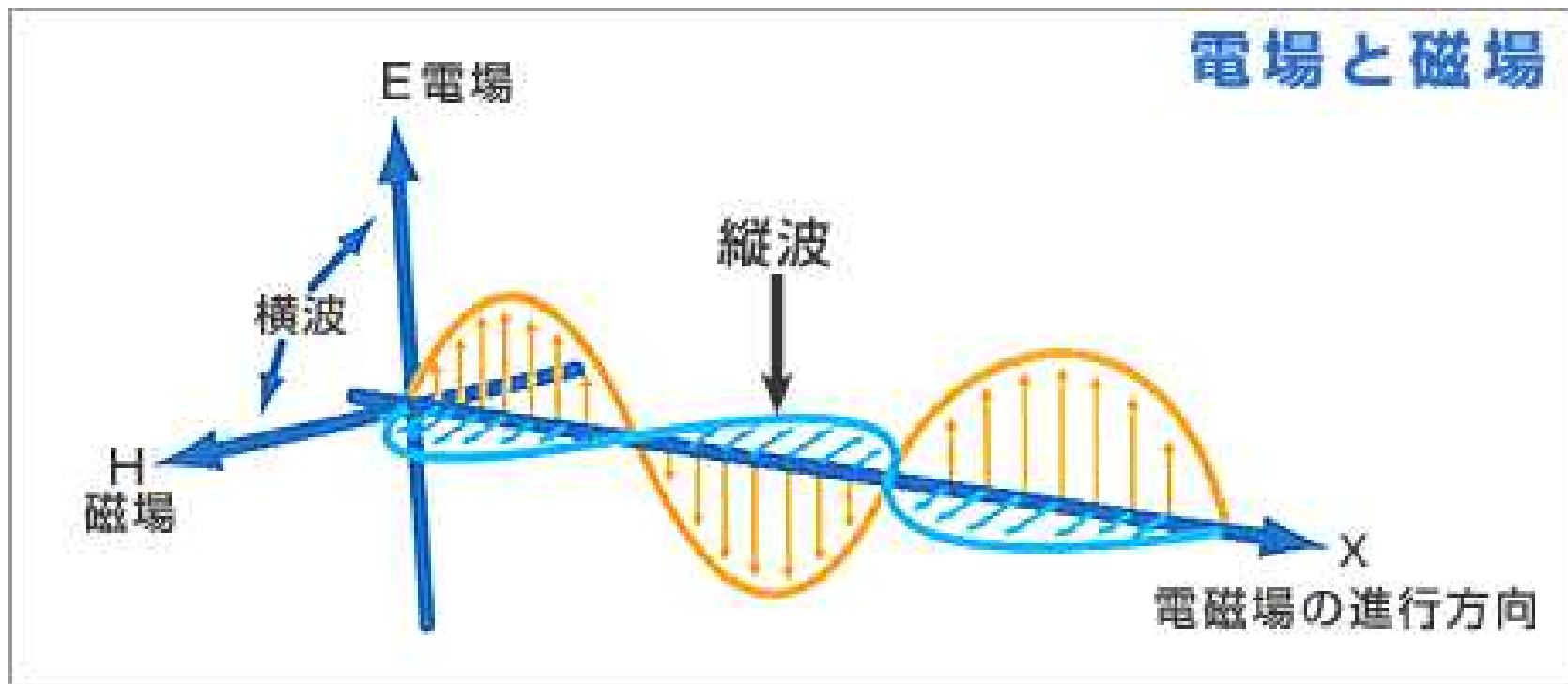
周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 水素 H	<h1>元素周期表</h1> <p>Periodic Table of the Elements</p> <p>原子のしくみ</p>  <p>理研チームの命名案 露米チームの命名案</p> <p>原子番号 元素名 元素記号</p>																2 ヘリウム He
2	3 リチウム Li	4 ベリリウム Be											5 ホウ素 B	6 炭素 C	7 窒素 N	8 酸素 O	9 フッ素 F	10 ネオン Ne
3	11 ナトリウム Na	12 マグネシウム Mg											13 アルミニウム Al	14 ケイ素 Si	15 リン P	16 硫黄 S	17 塩素 Cl	18 アルゴン Ar
4	19 カリウム K	20 カルシウム Ca	21 スカンジウム Sc	22 チタン Ti	23 バナジウム V	24 クロム Cr	25 マンガン Mn	26 鉄 Fe	27 コバルト Co	28 ニッケル Ni	29 銅 Cu	30 亜鉛 Zn	31 ガリウム Ga	32 ゲルマニウム Ge	33 ヒ素 As	34 セレン Se	35 臭素 Br	36 クリプトン Kr
5	37 ルビジウム Rb	38 ストロンチウム Sr	39 イットリウム Y	40 ジルコニウム Zr	41 ニオブ Nb	42 モリブデン Mo	43 テクネチウム Tc	44 ルテチウム Ru	45 ロジウム Rh	46 パラジウム Pd	47 銀 Ag	48 カドミウム Cd	49 インジウム In	50 スズ Sn	51 アンチモン Sb	52 テルル Te	53 ヨウ素 I	54 キセノン Xe
6	55 セシウム Cs	56 バリウム Ba	57-71 ランタノイド	72 ハフニウム Hf	73 タンタル Ta	74 タングステン W	75 レニウム Re	76 オスミウム Os	77 イリジウム Ir	78 白金 Pt	79 金 Au	80 水銀 Hg	81 タリウム Tl	82 鉛 Pb	83 ビスマス Bi	84 ポロニウム Po	85 アスタチン At	86 ラドン Rn
7	87 フランシウム Fr	88 ラジウム Ra	89-103 アクチノイド	104 ラザホージウム Rf	105 ドブニウム Db	106 シーボーギウム Sg	107 ボーリウム Bh	108 ハッシウム Hs	109 マイトネリウム Mt	110 ダームスタジウム Ds	111 レントゲニウム Rg	112 コペルニシウム Cn	113 ニホニウム Nh	114 フレロビウム Fl	115 モスコビウム Mc	116 リバモリウム Lv	117 テネシン Ts	118 オガネソン Og
			ランタノイド	57 ランタン La	58 セリウム Ce	59 プラセオジム Pr	60 ネオジム Nd	61 プロメチウム Pm	62 サマリウム Sm	63 ユウロビウム Eu	64 ガドリニウム Gd	65 テルビウム Tb	66 ジスプロシウム Dy	67 ホルミウム Ho	68 エルビウム Er	69 ツリウム Tm	70 イットルビウム Yb	71 ルテチウム Lu
			アクチノイド	89 アクチニウム Ac	90 トリウム Th	91 プロトアクチニウム Pa	92 ウラン U	93 ネプツニウム Np	94 プルトニウム Pu	95 アメリシウム Am	96 キュリウム Cm	97 バークリウム Bk	98 カリホルニウム Cf	99 アインシュタインウム Es	100 フェルミウム Fm	101 メンデレビウム Md	102 ノーベリウム No	103 ローレンシウム Lr

放射能と放射線

- 放射能とは、放射線を出す物質、或いは放射線を出す能力を言います。
- 放射線は、放射能から出る線で、
ヘリウムという原子核の流れの
アルファ線
電子の流れのベータ線
電磁波の一種のガンマ線
が主な放射線です。
- 放射線は、自然も人工も同じです。
- でも放射能は、自然と人工で
生体への作用は、全く異なります。

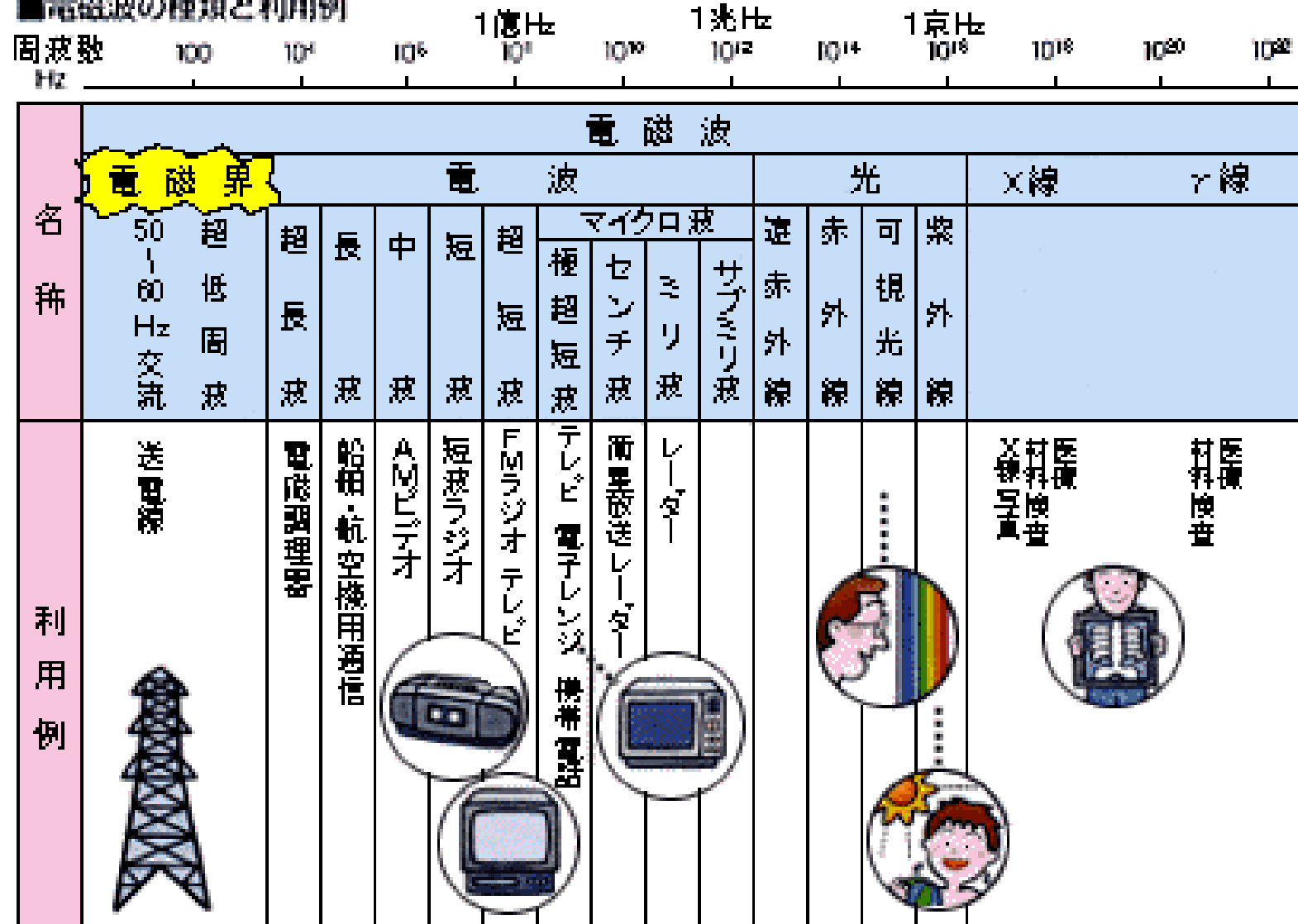


電磁波の姿？



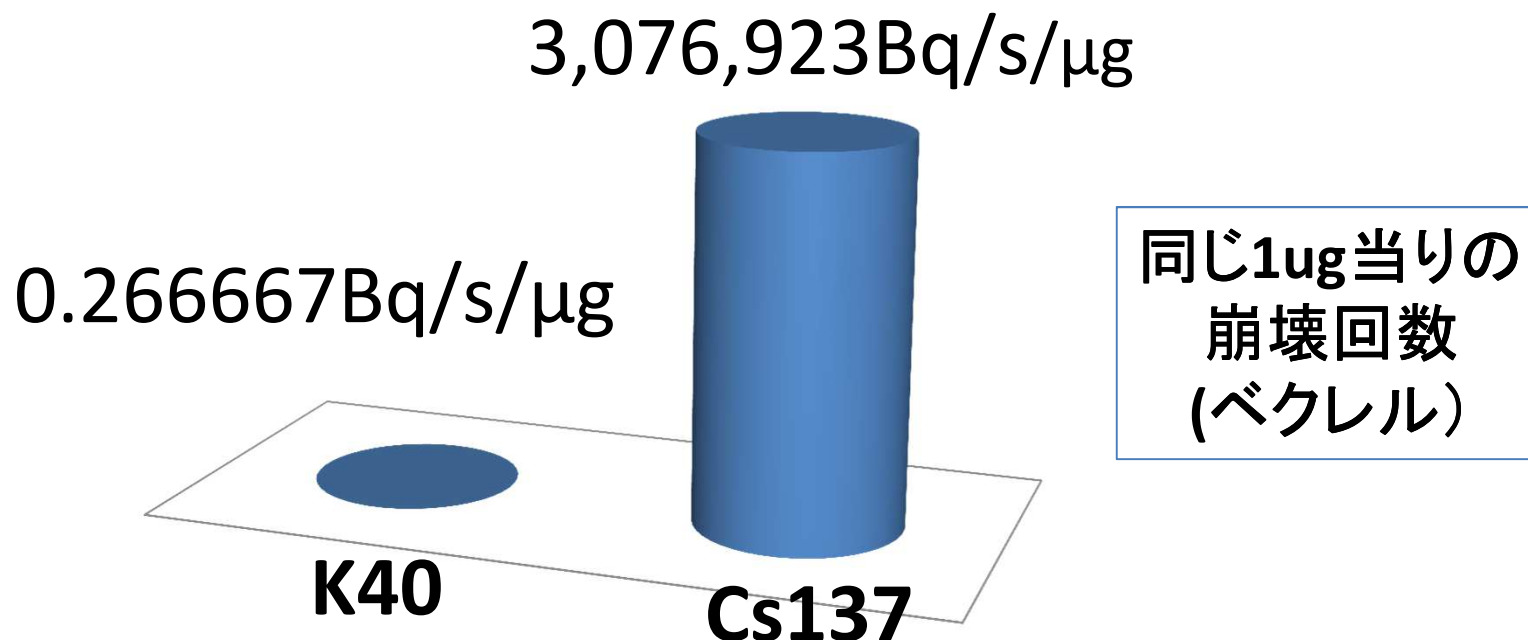
電磁波と生活

■電磁波の種類と利用例



自然放射能K40と人工放射能Cs137

放射能の生体への影響を考える時は、自然と人工の放射能は、大きく異なります。例えば、カリウム40とセシウム137では、化学的性質が似ていると言われますが、同じ1 μ gの重量でのベクレル数(崩壊の回数)は、**1000万倍**も異なります。



この違いは、半減期の違いを表しています。

自然放射能と人工放射能

- 自然放射能の中で、人に一番身近なのが、カリウム40 (K40) です。K40は地球が出来た40億年前から存在し、生命もその環境下で発展してきました。
- カリウム40は、普通のカリウム39の1万分の1しかなく、しかもバラバラになってK39の中に存在しています。
- カリウムは動物にも植物にも必須の元素で、たくさん吸収しますが、まったく蓄積しません。カリウム40があっても、蓄積しないので、体にわるさをしません。
- セシウム137(Cs137)は、地球上に出てきて80年位です。
- セシウムは、体に蓄積することが知られています。
- 体内に一度入ったセシウム137は、100日位で半分に減ると言われています。(生物学的半減期)

ICRP Publication111

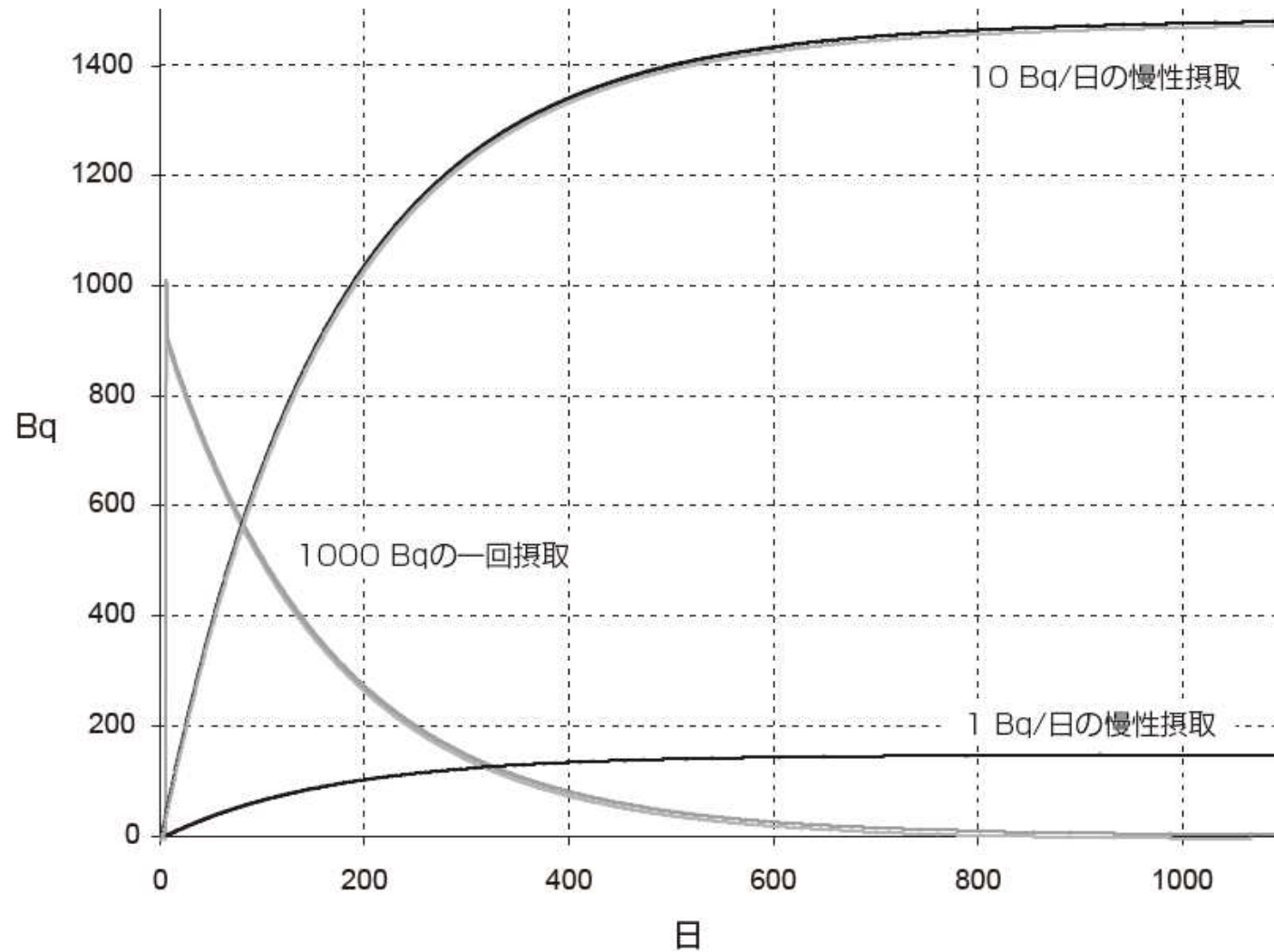
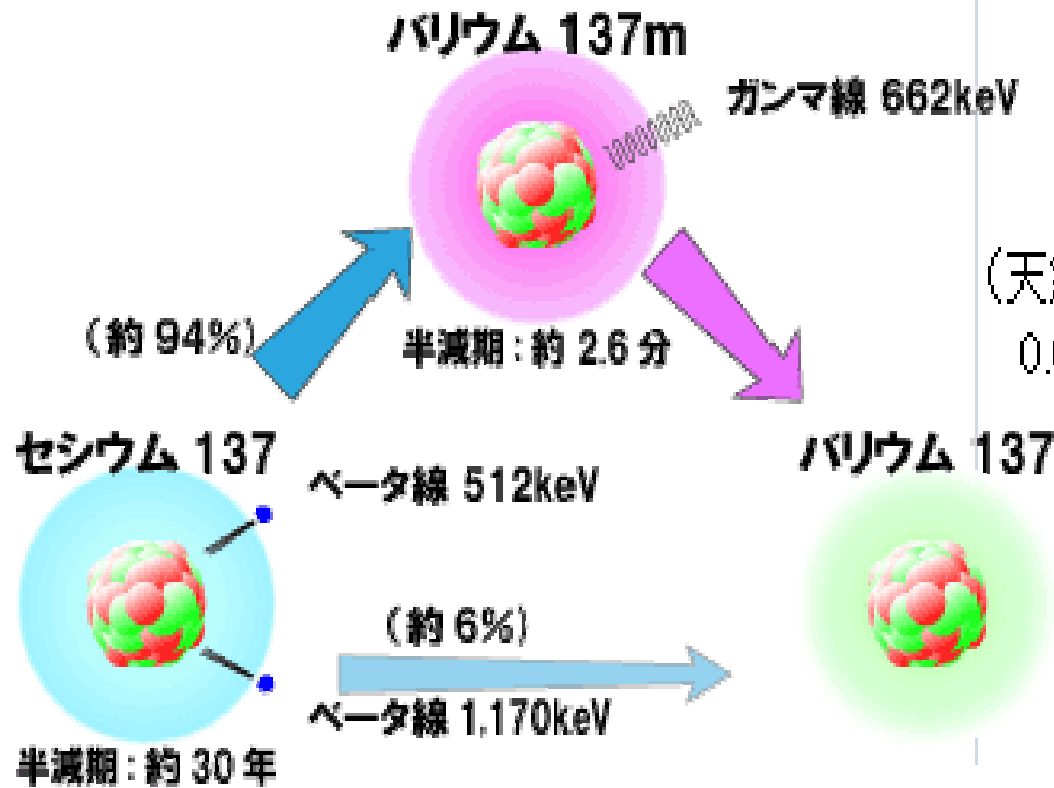


図 2.2 1000 Bqの ^{137}Cs を一度に摂取した場合と、毎日1 Bqまたは10 Bqの ^{137}Cs を摂取した場合の、全身放射能 (Bq) の複数年 (1000日) にわたる変化

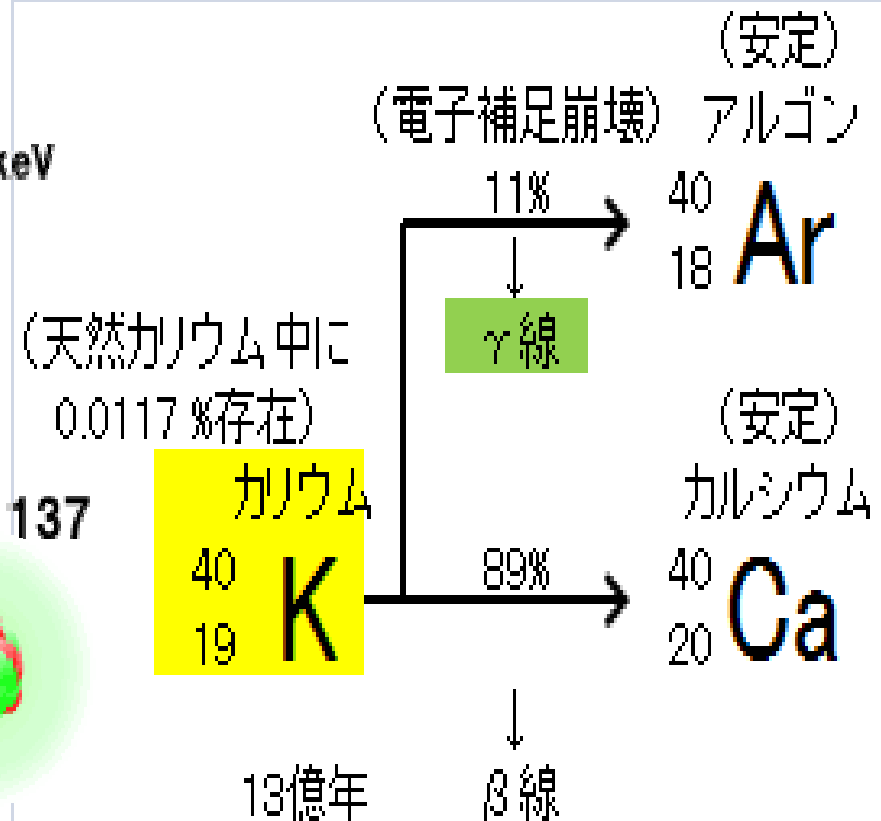
セシウム137は、ベータ線とガンマー線を出して崩壊します



約 6%のセシウム 137 が 1,170keV のベータ線を出し、直接バリウム 137 に変化します。

セシウム137は、1崩壊で、ベータ線1本、ガンマー線1本を出します。

カリウムの崩壊



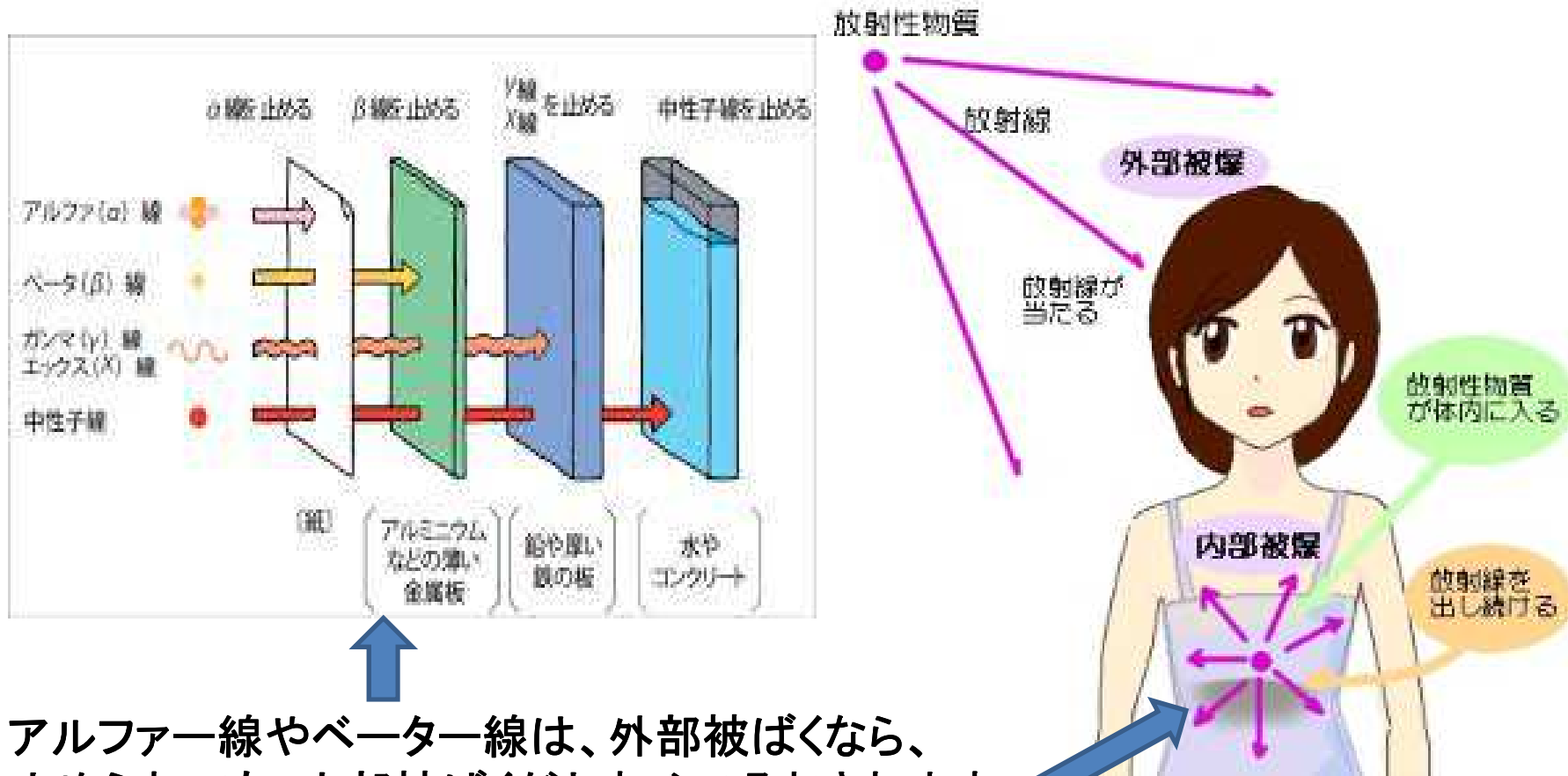
カリウム40は、1崩壊で、ベータ線か、ガンマー線か、どちらか1本を出します。

セシウム137とカリウム40の崩壊の違い

- セシウム137は、1崩壊(1ベクレル)する時、ベータ線とガンマー線をそれぞれ1本ずつ出して崩壊します。つまり、セシウム137の1ベクレルは、放射線2本が出ています。
- カリウム40の崩壊は、2種類あります。そのそれぞれが、ガンマー線を出す種類とベータ線を出す種類にわかれますので、1崩壊は、1放射線です。
- 1ベクレルは、1崩壊と決まっているので、放射線の数や性質をあらわしません。

内部被ばくと外部被ばく

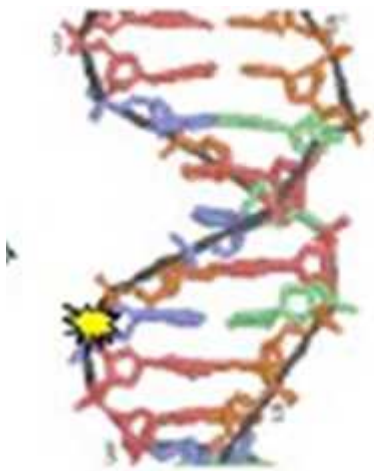
ガンマー線の場合のみは、内部被ばくも外部被ばくも影響は、似ています。
しかし、透過力の弱いアルファ線やベータ線は、影響が大きく異なります。



アルファ線やベータ線は、外部被ばくなら、止められても、内部被ばくだとすべて吸収されます。

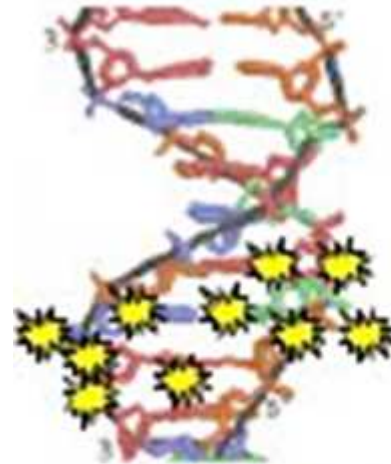
DNAに放射線が当たった場合

放射線の生体への影響で、よく知られているのが、遺伝子への影響です。遺伝子DNAは、図のように二重らせん構造をしています。1か所が壊れても、鋳型の方に情報があるので、すぐ修復できます。しかし、同時に複数箇所壊れると修復が追い付きません。



DNA単純損傷
修復しやすい

カリウム40の場合
(自然放射能)



DNA複雑損傷
修復しにくい

放射性セシウムの場合
(人工放射能)

蓄積する放射能の怖さ

体の細胞は、常に新陳代謝をしています。つまり、細胞が生まれ死んでいっています。細胞が生まれる前に、DNAのらせんがほどけ、複製されます。このほどけたときに放射線を浴びると複製がうまく出来ません。

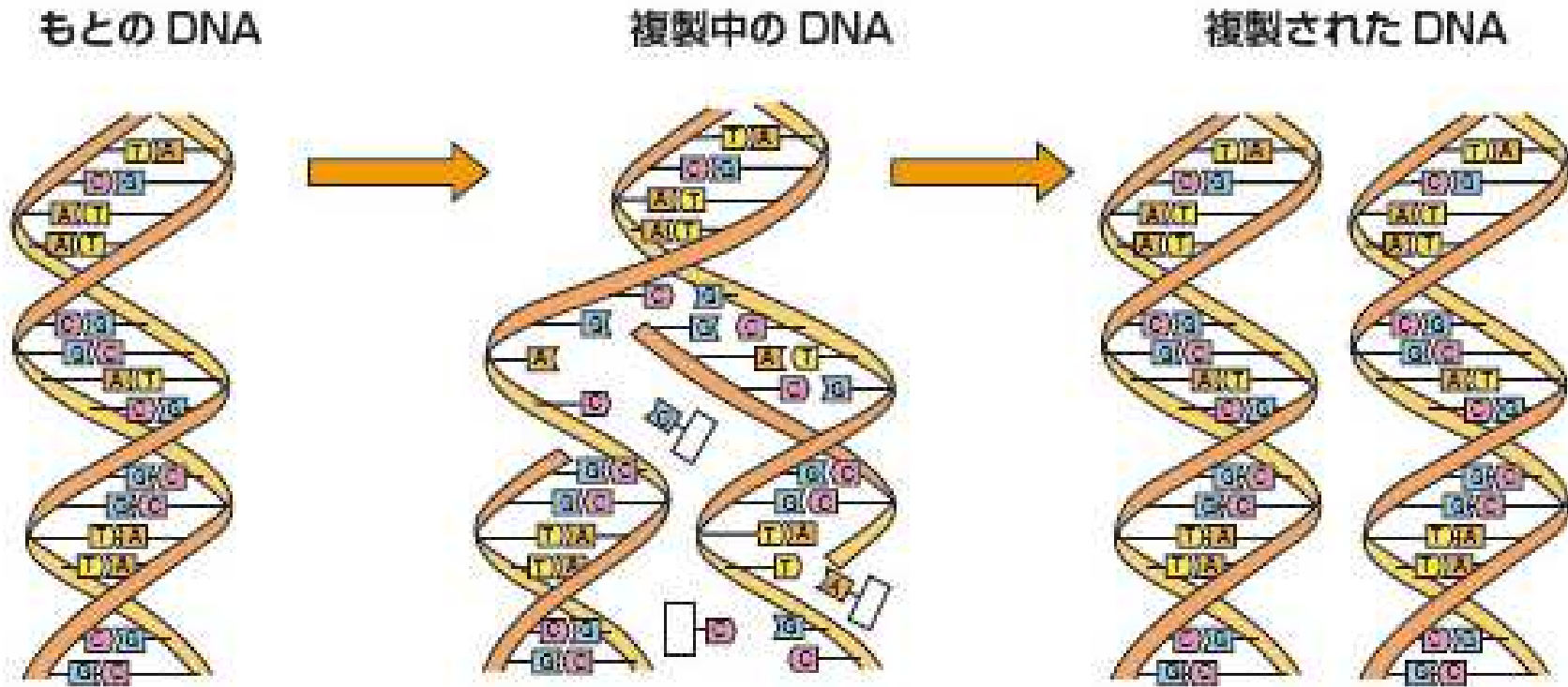


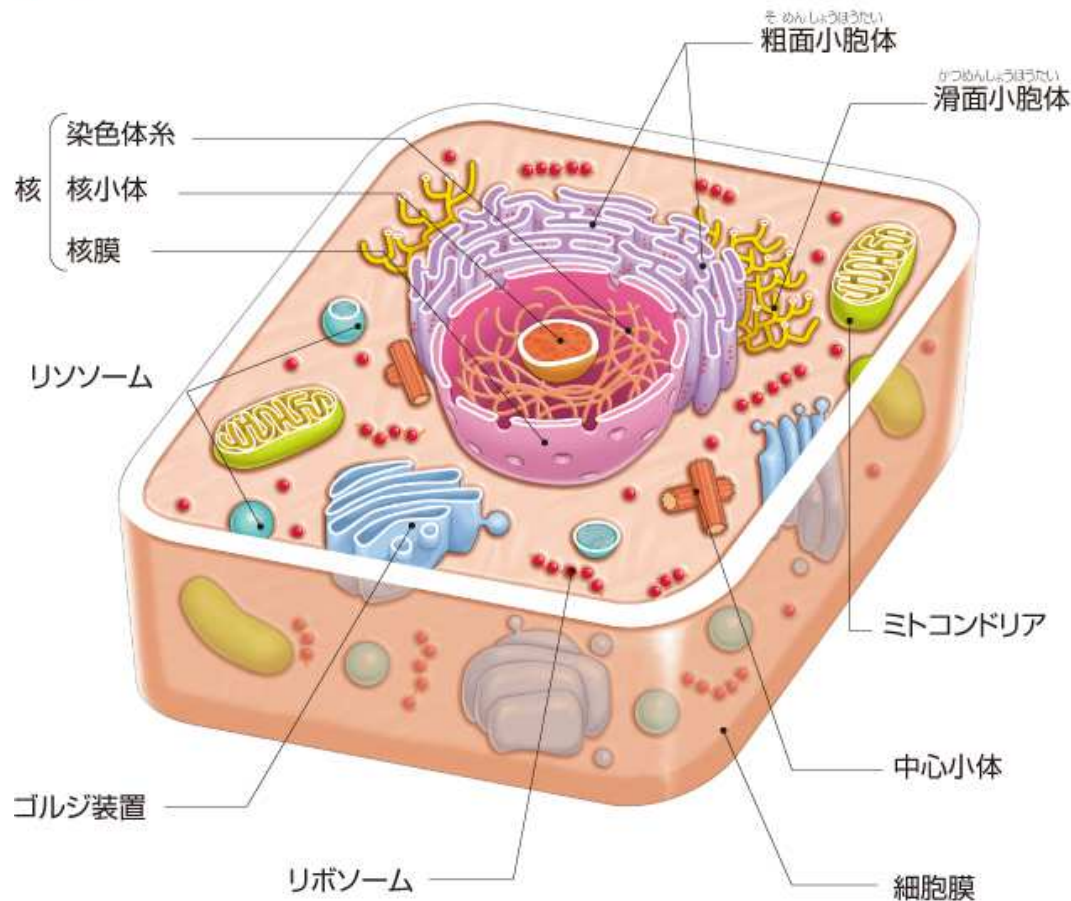
図2. DNAの半保存的複製。DNAの2本の鎖が離れて、各々の鎖が鋳型となって新しい鎖を作る

蓄積する放射能の怖さ

- 体の細胞は、いつも同じ状態をしているようですが、実は新陳代謝をして、新しく入れ替わっています。
- 細胞は常に生まれ死んでいきます。(脳や神経細胞を除いて。)
- 細胞は分裂をする前に、遺伝子DNAの二重らせんがほどけ、最も弱い状態になります。このとき放射線が当たると、DNAに致命的影響を与えます。
- つまり、細胞分裂が激しい生体ほど、放射線に弱いのです。
- 放射能が蓄積すれば、必ず細胞の弱い時期にも放射線を出します。
- 蓄積する放射能・セシウム137などは、それだから怖いのです。

内部被ばくとは

細胞の構造



Copyright:(C) HOUKEN CORP. All Rights Reserved.

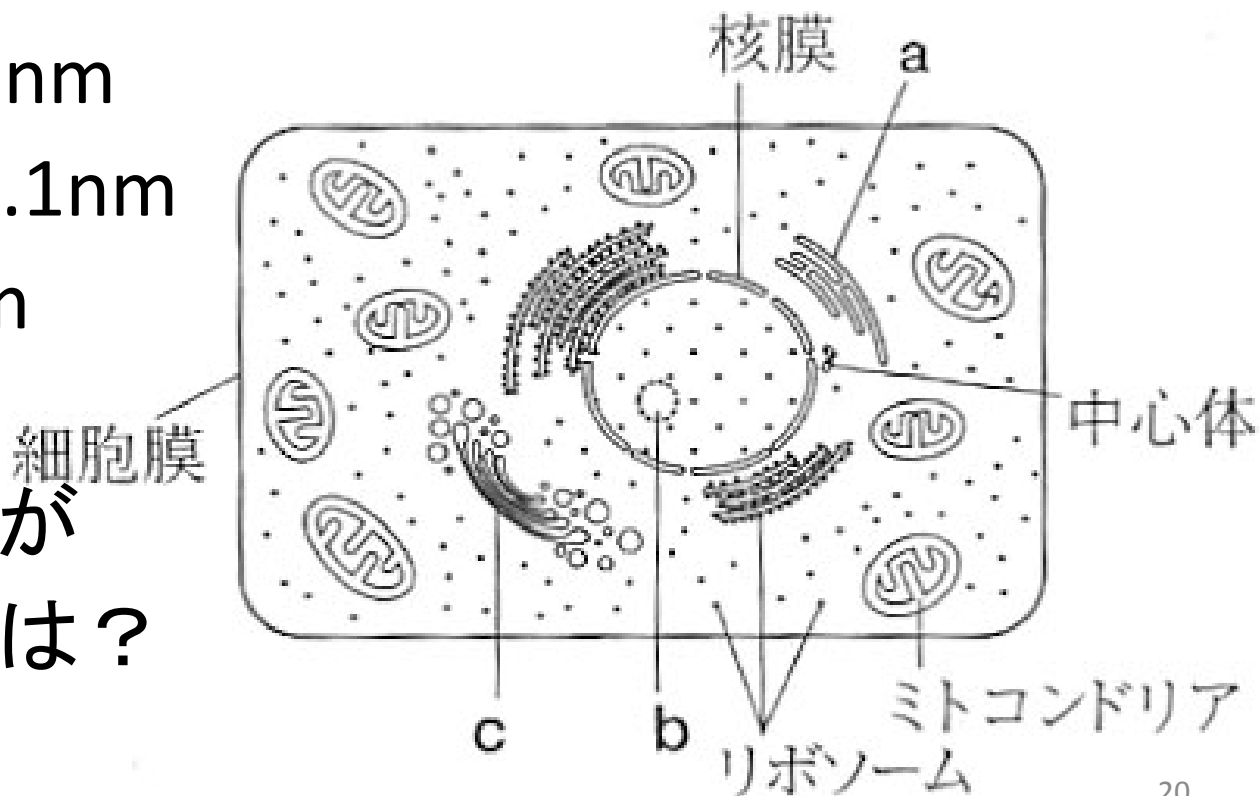
- 体の細胞の中に、放射線が飛び込むこと。
- 細胞の中は、核を中心に、さまざまな構造があります。
- 代表的なのが、核の中のDNA
- 細胞質には、エネルギーを生み出すミトコンドリアやさまざまな役目のあるものがあります。
- それら構造体の間は、水が満ちています。

細胞の中の大きさ比較

- 多くの動物細胞: $10 \sim 30 \mu\text{m}$
- 細胞核: $3 \sim 10 \mu\text{m}$
- DNAアルファ螺旋の直径: 2nm
- アミノ酸: 0.8nm
- 水素原子: 0.1nm

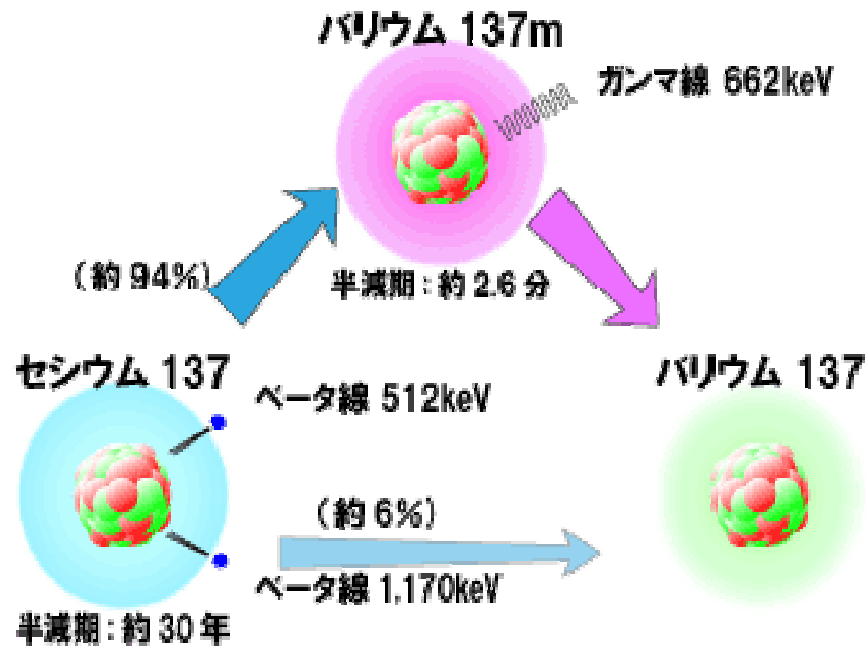
$1 \mu\text{m} = 1000 \text{nm}$

DNAに放射線が
当たる可能性は？



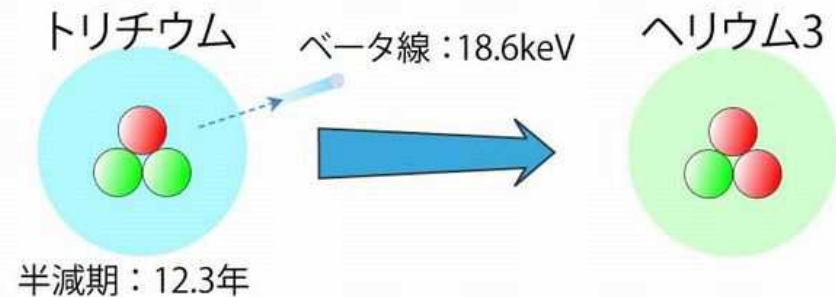
放射能の崩壊エネルギー

- セシウムCs137



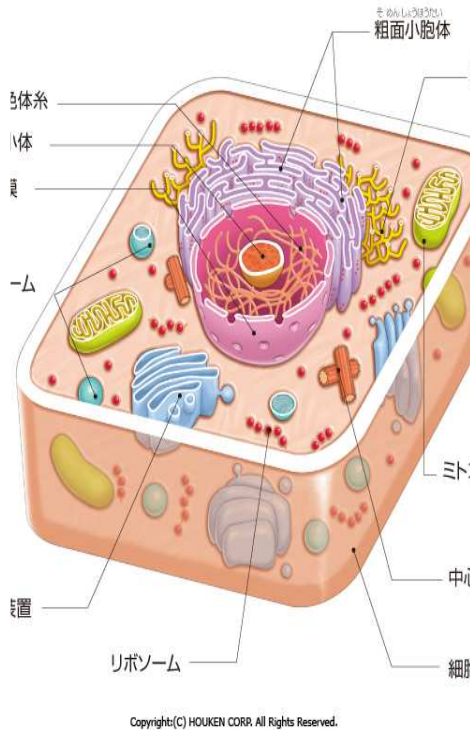
約 6% のセシウム 137 が 1,170keV のベータ線を放出し、
直接バリウム 137 に変化します。

- トリチウムH³

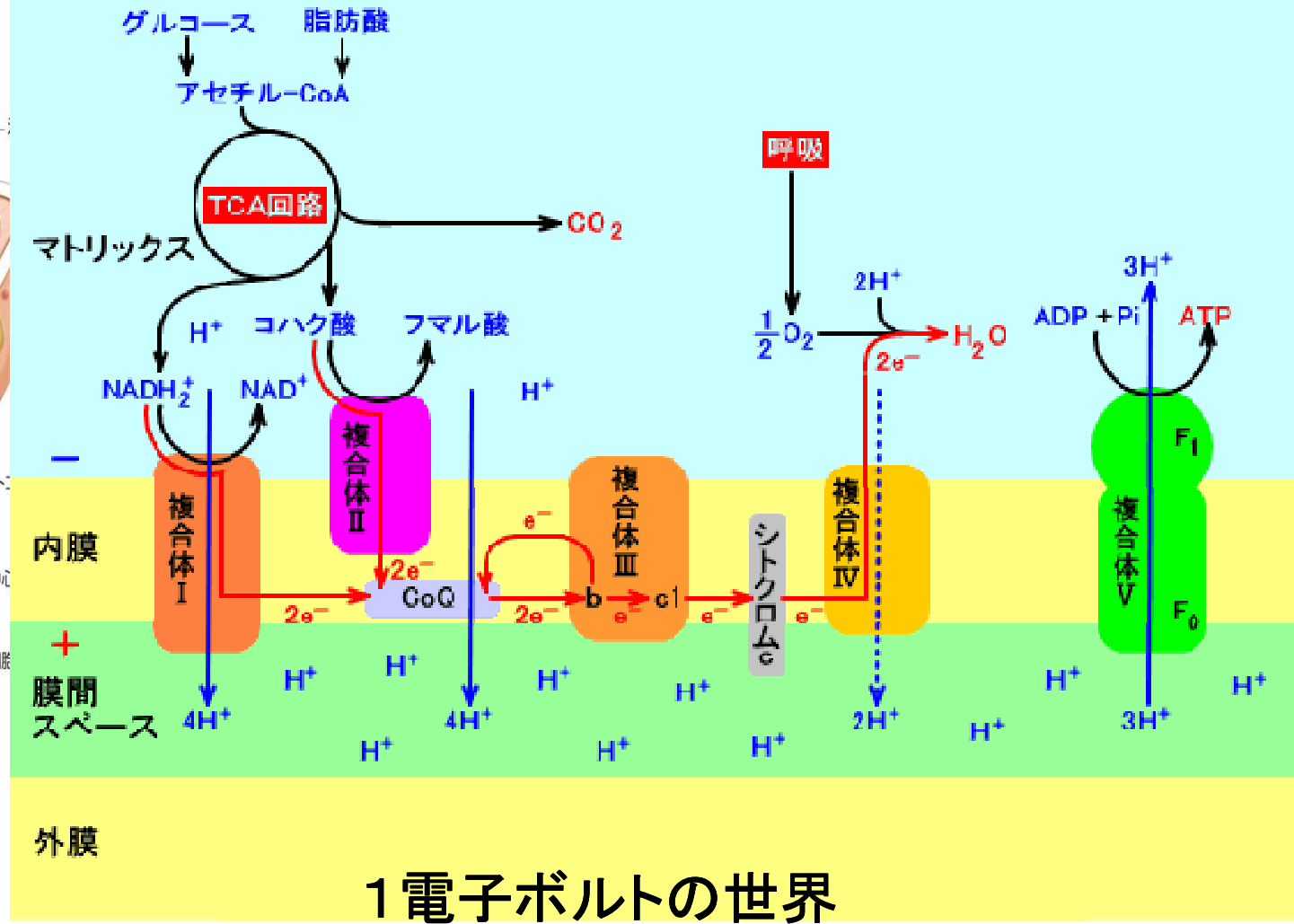


細胞の中の様子

構造



ミトコンドリアの電子伝達系と酸化的リン酸化(ATP合成)



細胞の中の世界

細胞の中の世界は、水中で電子のやりとりをしている世界です。

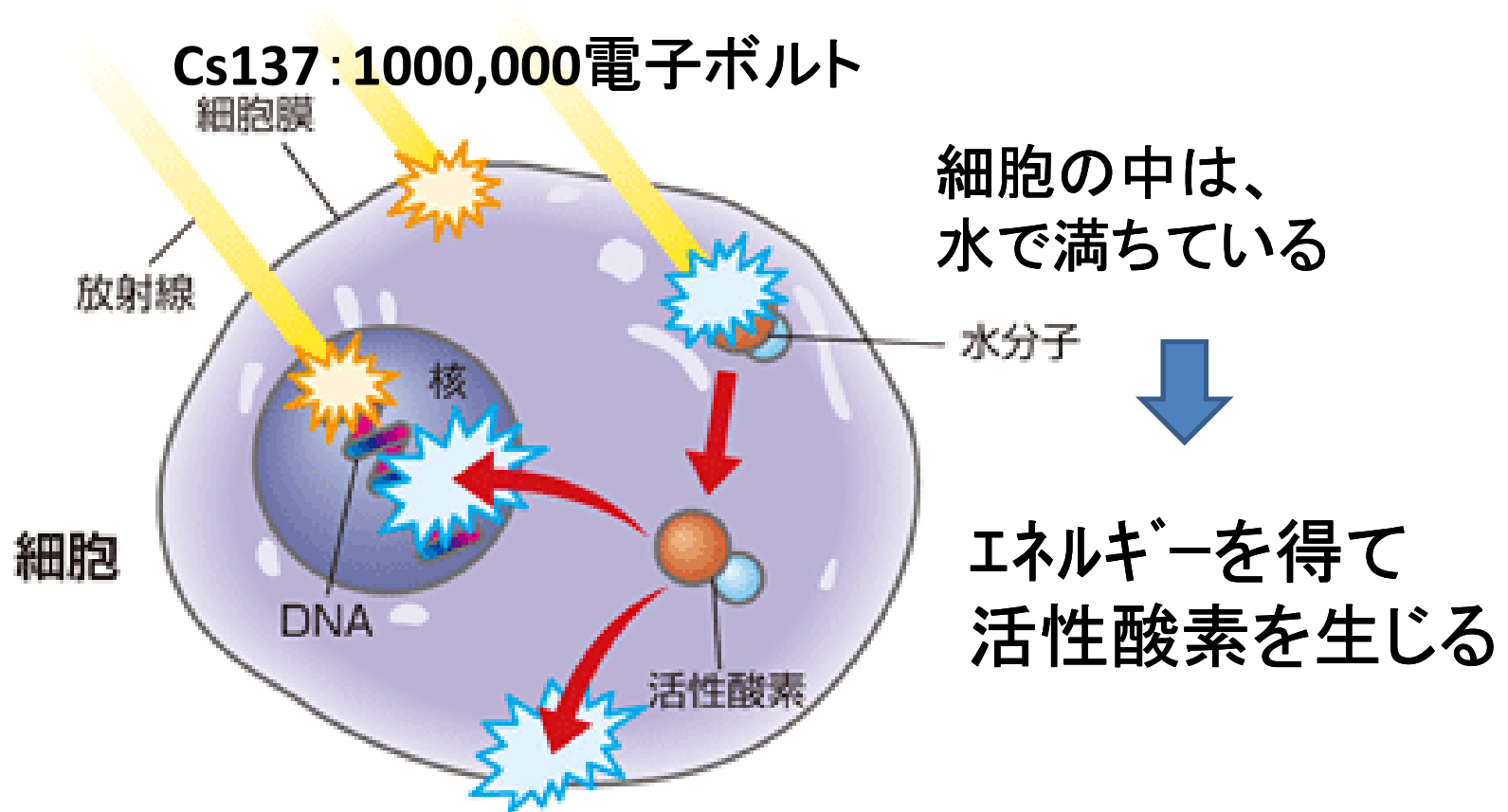
細胞の中は、化学の世界です。種々の化学物質が、最外殻の電子を、やり取りする種々の反応が起こりながら、食べたものをエネルギーに変えています。



1電子ボルトの世界に、100万電子ボルトの放射線が飛び込んでくるのが「内部被ばく」です。

細胞の中に入った放射線の様子

<図1> ●放射線は、細胞を傷つける



放射線がDNAや細胞膜などの生体分子を直接傷つける場合と、放射線が水分子を分解し、その結果生じた活性酸素が生体分子を傷つける場合がある。通常、後者の影響が大きい。

水の中に飛び込んだ放射線は？

狭義の活性酸素(水との反応):

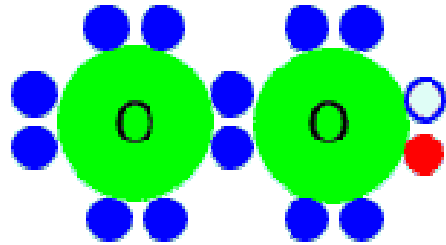
- ・ヒドロキシルラジカル $\text{HO}\cdot$
- ・スーパーオキシドアニオンラジカル $\text{O}_2^{\cdot-}$
- ・ヒドロペルオキシラジカル $\text{HO}_2\cdot$
- ・過酸化水素 HOOH
- ・一重項酸素 $^1\text{O}_2$

広義の活性酸素:

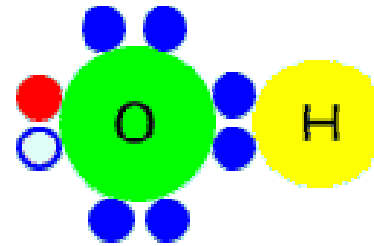
- ・活性窒素種(ニトロソ化ストレス)
 - 一酸化窒素 NO
 - 二酸化窒素 ONO
- ・オゾン O_3
- ・過酸化脂質

活性酸素の構造

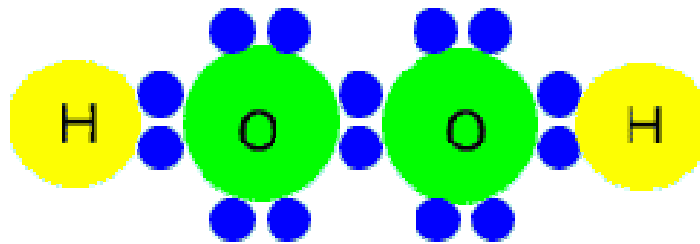
スーパーオキシド



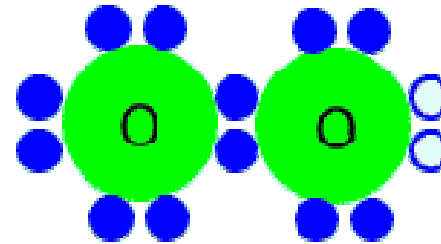
ヒドロキシルラジカル



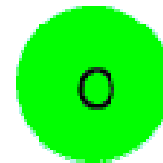
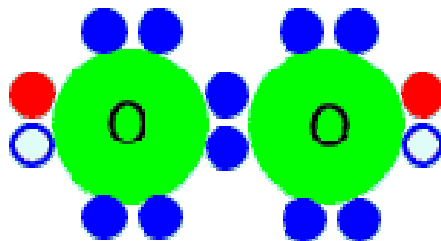
過酸化水素



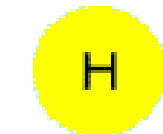
一重項酸素



酸素分子



酸素原子核



水素原子核

● 電子

● 不対電子

○ 空の軌道

活性酸素と好気性生物

- 好気性生物は、生命維持のエネルギーをミトコンドリアで得ており、酸素を使って栄養分をエネルギーに変えている。その際に活性酸素が生じる。
- 活性酸素を無害化する仕組み：抗酸化酵素をカタラーゼ、スーパーオキシドディスムターゼ、ペルオキシダーゼ等。

⇒活性酸素の人体への影響

- ・ガン、生活習慣病、老化等の原因
- ・筋萎縮性側索硬化症
- ・喫煙による活性酸素増加により、ガンだけでなく、ビタミンCの破壊促進、メラニン増加

体の防衛機構

抗酸化物質	活性酸素種			
	O_2^-	H_2O_2	$\cdot OH$	1O_2
スーパーオキシドジスムターゼ	Yes	No	No	No
グルタチオンペルオキシダーゼ	No	Yes	No	No
ペルオキシダーゼ	No	Yes	No	No
カタラーゼ	No	Yes	No	No
アスコルビン酸 (V.C)	Yes	Yes	No	Yes
システイン	No	No	Yes	No
グルタチオン	No	No	Yes	No
(リノール酸=>過酸化脂質)	No	No	Yes	No
α -トコフェロール (V.E)	No	No	Yes	Yes
α -カロテン	No	No	Yes	No
β -カロテン	No	No	Yes	Yes
フラボノイド	No	No	Yes	No
リボフラビン (B ₂)	No	No	No	Yes
ビリルビン	Yes	No	No	No
尿酸	No	No	Yes	Yes

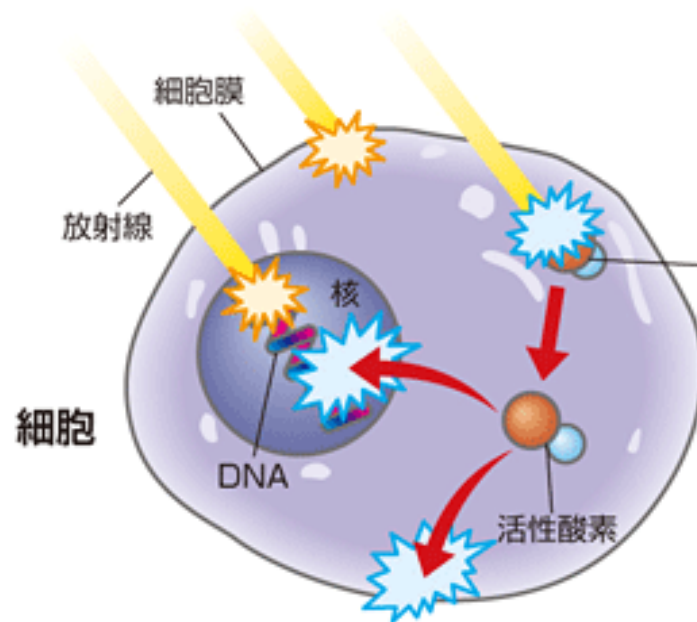
活性酸素と人体

- 通常量の活性酸素は、それなりの防御機構により、害を最小にされている。
- しかし、とんでもない大量だったら、体の防御機構は、役に立たないでしょう。
- Cs137は、100万電子ボルトです。
- トリチウムでも、18,600電子ボルトです。

- 活性酸素の殺菌性や細胞増殖阻止の性質を利用して、ガン治療として、放射線治療が用いられている。

体の中に入った放射線

<図1> ●放射線は、細胞を傷つける



放射線がDNAや細胞膜などの生体分子を直接傷つける場合と、放射線を分解し、その結果生じた活性酸素が生体分子を傷つける場合がある通常、後者の影響が大きい。

出典:科学雑誌

筑波の気象研で検出された福島由来のCs137の粒子は、 $2.6\mu\text{m}$ の球形で、 6.5Bq でした。これが体内に入ったと仮定すると、1個が1日に出す放射線量は56万本のベータ(β)線とガンマ(γ)線です。

β 線は体内で 1.6mm 飛ぶと言われ、半径 1.6mm の球形には、1715万個の細胞があります。計算によると、1個のセシウムで1日に、1715万個の細胞に平均5.2回 β 線が当たるそうです。

1個のCs137が体内に入ると半減期100日として100億個の細胞に β 線が当たります。

まとめ

- 放射能は、放射線を出す能力、或いは放射線を出す物質です。
- 原爆や原発で出来た人工放射能は、少量でたくさんの放射線を出します。
- 人工放射能が、体の中に入ると大きなエネルギーを持ったベータ線やアルファ線が、周りの細胞の構造を破壊します。
- 細胞は分裂する前に、遺伝子の二重らせんがほどけ、もっとも弱い状態になります。
- 放射能が蓄積すれば、必ず細胞の弱い時期にも放射線を出します。
- 蓄積する放射能・セシウム137などは、それだから怖いのです。
- 放射線と水分子の衝突で生じる活性酸素は、人体へさまざまな複雑な影響を与える事は、確実でしょう。

放射能のことをわかって頂けましたか？

放射能について、一人一人が正しい知識を持ってもらいたくて、これを作成しました。

これを読んで、放射能についての基礎を学んで下さい。

この内容に納得出来たら、講演会の話聞いた時、あなたは疑問がわき、質問したくなるかも知れません。質問をする事で、あなたはきっともっとよく理解出来るでしょう。

ご自分がよくわかったら、他の人に説明してみてください。

その人にわかってもらえたら、あなたは本当にわかったことになります。

この内容だけでは、わからなかったら、下記に連絡してください。

喜んで説明させて頂きます。

お待ちしております。

—この内容はすべて、下記エビデンス(証拠)/引用に基づいて記載しています。—

<http://m-epoch.com/benkyoukaikikan/kisotekijouhoukaisetu-2.pdf>

三原 翠 mdmihara@hotmail.co.jp

<http://m-epoch.com/index.html>

化学結合のエネルギー

結合	エネルギー /mol	分子の1つの エネルギー
共有結合	400kJ/mol	4eV
水素結合	<10kJ/mol	100m eV
イオン結合(水中)	<10kJ/mol	100m eV
疎水性相互作用	<10kJ/mol	100m eV
SS結合	400kJ/mol	4eV
熱運動	2.5kJ/mol	25m eV