

'25/10/3
'25/10/13

長岡工業高等専門学校とシニアとの 対話会

2025年10月23日（木）

講演 2

テーマ：「放射線・放射能の基礎」

SNW連絡会（シニアネットワーク連絡会）： 本田 一明

本日のお話

項 目	頁
はじめに	p3
放射線ってなに？	p4
放射線はどこで生まれる？	p8
放射性物質・放射能・放射線とは	p12
放射線の性質	p13
放射性物質の半減期	p14
放射性物質・放射線の測定	p15
放射線の単位	p16
私たちが自然放射線から受ける線量	p17
放射線の利用	p19
日常生活と放射線	p22
放射線の人体への影響	p24
低線量率被ばくによるがん死亡リスク	p30
柏崎刈羽原子力発電所の再稼働	p32
原子力防災	p34

はじめに

放射線は、私たちの身の回りに日常的に存在しており、放射線を受ける量をゼロにすることはできません。空気や食べ物などにも放射線を出す物質（放射性物質）が常に存在していますし、病院では放射線が検査や治療に利用されています。

そのほか、例えば、放射線は工業分野では製品開発などに利用されたり、農業分野では品種改良などに利用されたりするなど、放射線は私たちの生活を豊かにするためにも利用されています。

このため、まずは放射線の種類や性質、放射線による影響についてしっかりと理解することが重要です。その上で、放射線がどのようなことに使われていて、どのような影響があるのかを知ることで、私たち一人一人が今後の放射線との向き合い方を考えていくことが大切です

放射線ってなに？

ドイツのレントゲン博士は真空放電管を使った実験をしている時に、黒い紙で管を覆っていても蛍光板が光ることを1895年に発見しました。

光らせたのは、真空放電管の中から目に見えない光が出ているためと考え、これを不思議な線という意味でエックス(X)線と名付けました。

この発見により、博士は第1回のノーベル物理学賞を受賞しました。

エックス線を使ったレントゲン撮影やレントゲン写真の「レントゲン」は、エックス線を発見した人の名前から名づけられています。エックス線は放射線の一つです。



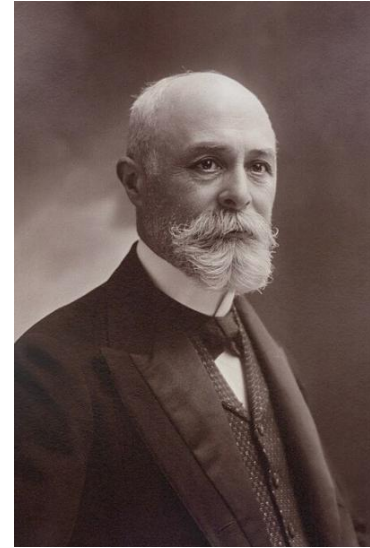
手と指輪のX線
写真



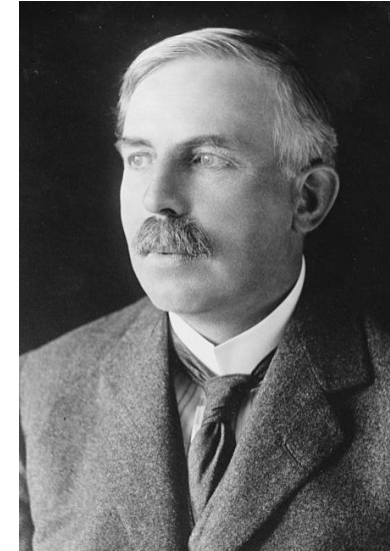
レントゲン博士
(1845-1923)

放射線ってなに？

西暦	放射線に関わる出来事
1895年	レントゲン博士によるエックス線の発見
1896年	ベクレル博士がウランから不思議な光線が出ているのを発見
1898年	キュリー夫妻がポロニウムとラジウムを発見
1899年	ラザフォード博士がアルファ線、ベータ線を発見
1900年	ヴィラール博士がガンマ線を発見



アンリ・ベクレル
(1852/12/15-
1908/8/25)、フランスの物理学者・化学者。放射線の発見者であり、この功績により1903年ノーベル物理学賞をピエール・キュリー、マリ・キュリーと共に受賞




アーネスト・ラザフォード(1871/8/30 -
1937/10/9)、ニュージーランド出身、イギリスで活躍した物理学者、化学者。ウランから二種類の放射線(α 線と β 線)が出ていることを発見




ポール・ヴィラール
(1860/9/28 -
1934/1/13)、フランスの化学者、物理学者。1900年にウランから放出される放射線の中のガンマ線を発見した。

放射線ってなに？

放射線は五感で感知できない

^み
• 見えない 

^き
• 聞こえない 

• におわない 

^{あじ}
• 味がしない 

• さわれない 



^{しかく}
• 視覚

^{ちょうかく}
• 聴覚

^{きゅうかく}
• 嗅覚

^{みかく}
• 味覚

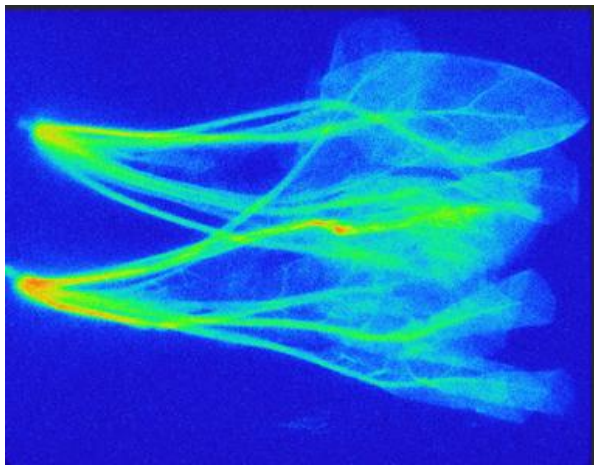
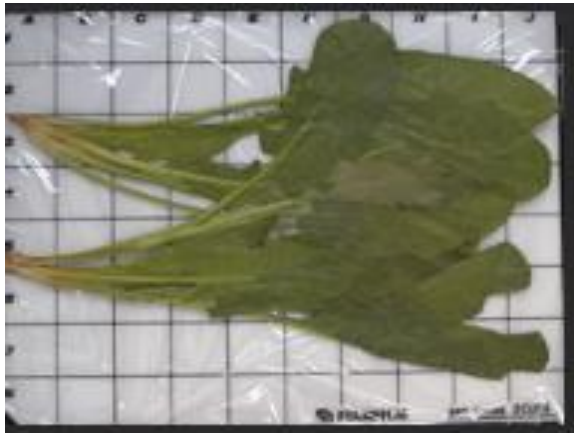
^{しょっかく}
• 触覚



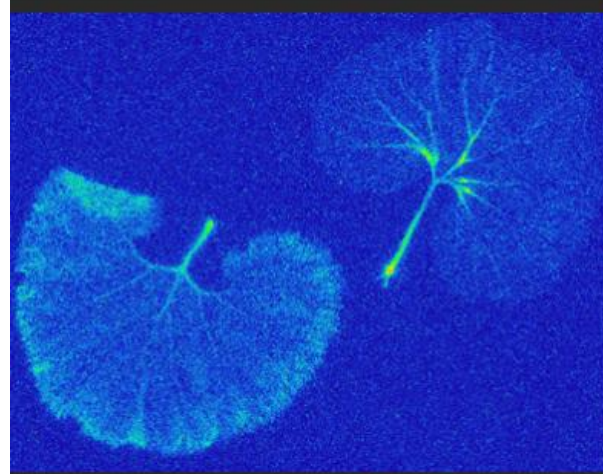
イメージングプレートで身の回りのものの放射線を測定してみると

色の明るい部分に放射線が当たっています

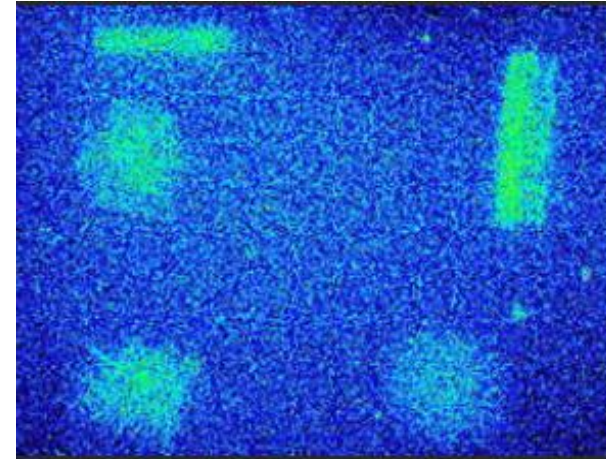
イメージングプレート: 輝尽性発光体という特殊な蛍光体をプラスチックフィルム上に添付したもの。X線、電子線、中性子などの放射線を高感度で検知し、2次元の画像が得られます。



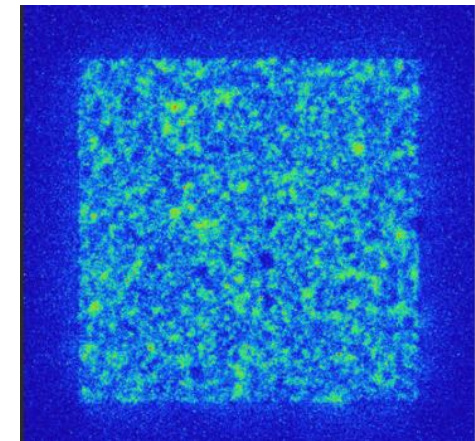
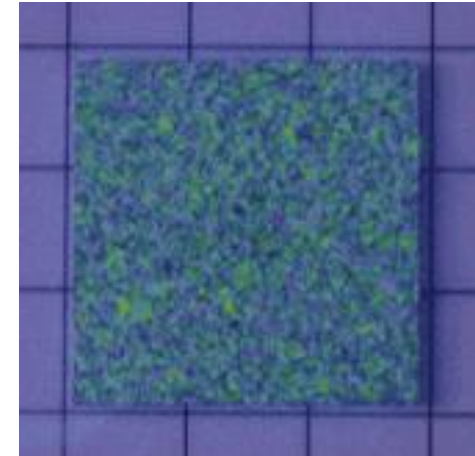
ほうれん草



フキの葉



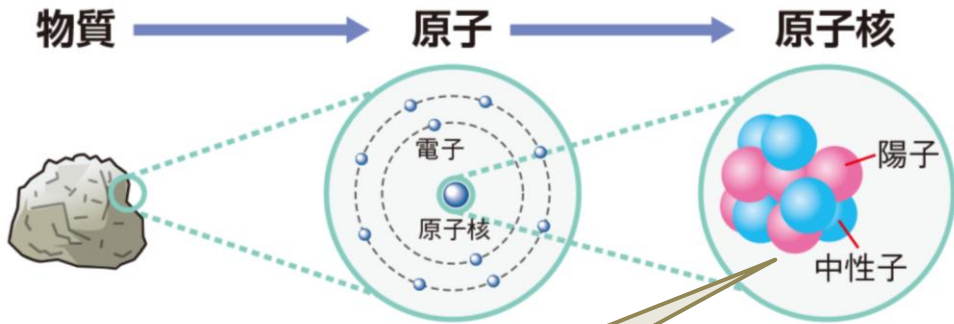
上段: タバコ、食塩・昆布
下段: ドクダミ茶、米ぬか



御影石

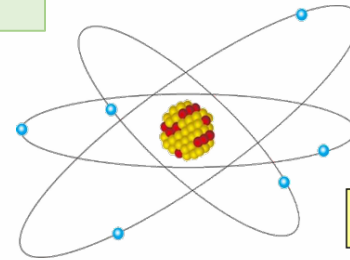
放射線はどこで生まれる？

世界のすべての物は原子からできている



原子には、陽子の数が同じでも中性子の数が異なるものが存在する場合があります、これらを互いに同位体といいます。

6	C	7	N
12.01		14.01	
14	Si	15	P
28.09		30.97	



元素の周期表

原子	原子核	陽子	●	電荷	+
		中性子	●	電荷	0
	電子	●	電荷	-	

陽子の数（原子番号）で化学的性質が決まります

元素の周期律表

		族																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
周期	1	1 H 1.008																	2 He 4.003
	2	3 Li 6.941	4 Be 9.012	原子番号 元素記号 原子量										5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
	3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
	4	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
	5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc (99)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
	6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La ラタリト*	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
	7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 ラタリト*	104 Rf (267)	105 Db (268)	106 Sg (271)	107 Bh (272)	108 Hs (277)	109 Mt (276)	110 Ds (281)	111 Rg (280)	112 Cn (285)	113 Nh (278)	114 Fl (289)	115 Mc (289)	116 Lv (293)	117 Ts (293)	118 Og (294)
		57-71 ラタリト*	57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0		
		89-103 ラタリト*	89 Ac (227)	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np (237)	94 Pu (239)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (252)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)		

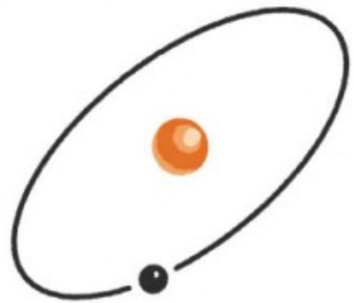
(*) をつけた値は、その元素の代表的な放射性同位体の質量数である。(IUPAC)

放射線はどこで生まれる？

同じ元素の中にも**中性子数の異なる物質**があります

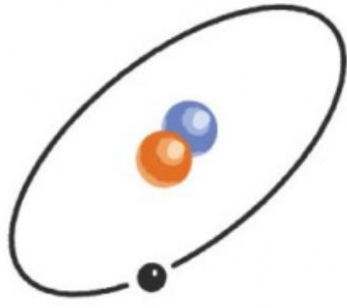
水素 ${}^1_1\text{H}$

安定・放射性なし



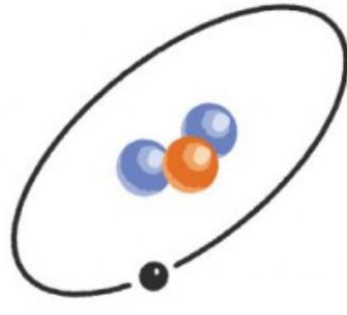
重水素 ${}^2_1\text{H}$

安定・放射性なし



三重水素 ${}^3_1\text{H}$

放射性あり



● 陽子

● 中性子

● 電子

たとえば、**水素には三種類**があって、陽子 1 個だけで中性子を持たない**普通の水素**、陽子 1 個と中性子を 1 個持つ**重水素**、陽子 1 個と中性子 2 個持つ**三重水素**があります。

同様に他の元素も中性子の数で種類が分かります。

質量数 = 陽子の数 + 中性子の数

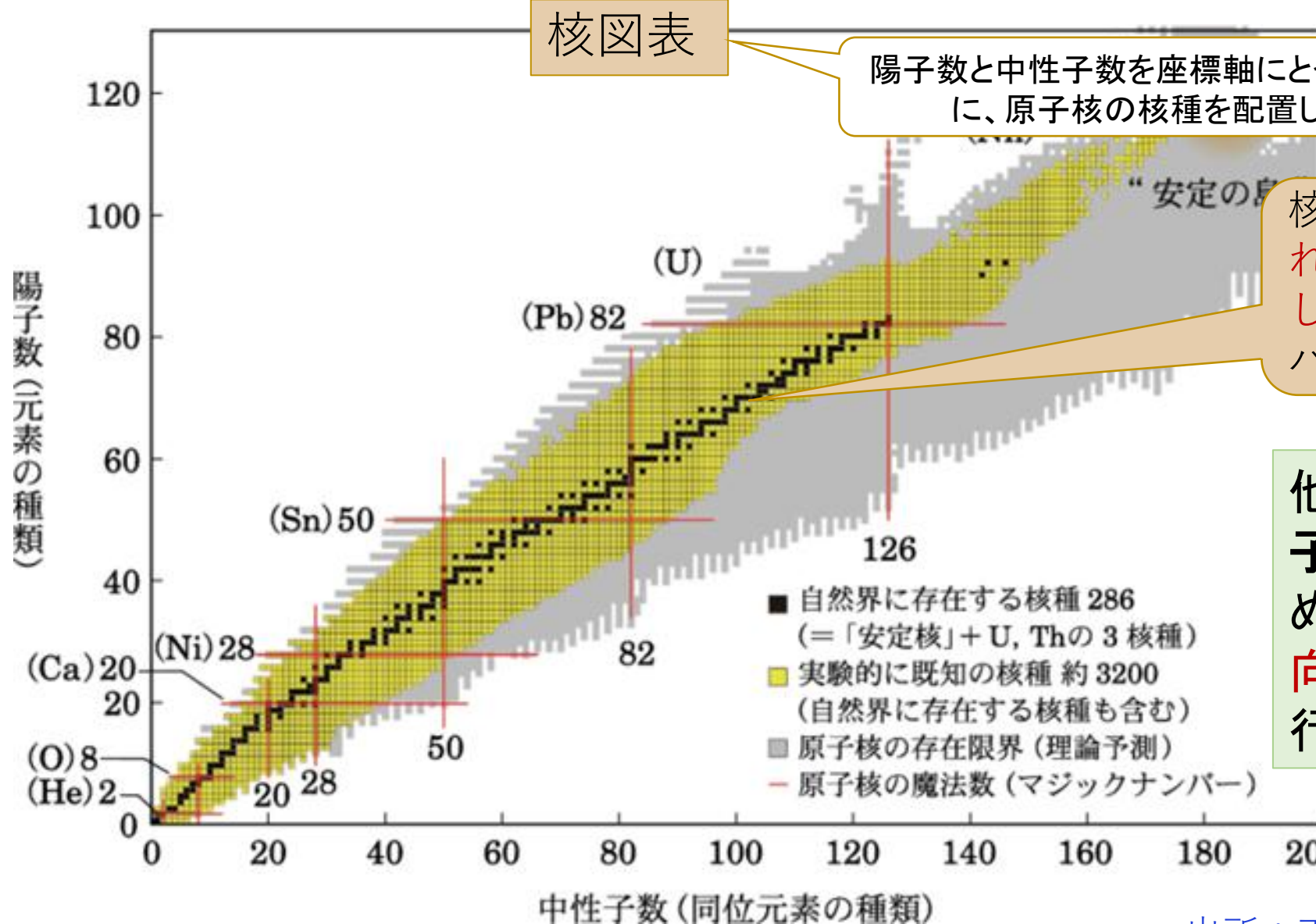
元素記号

${}^{12}_6\text{C}$
炭素

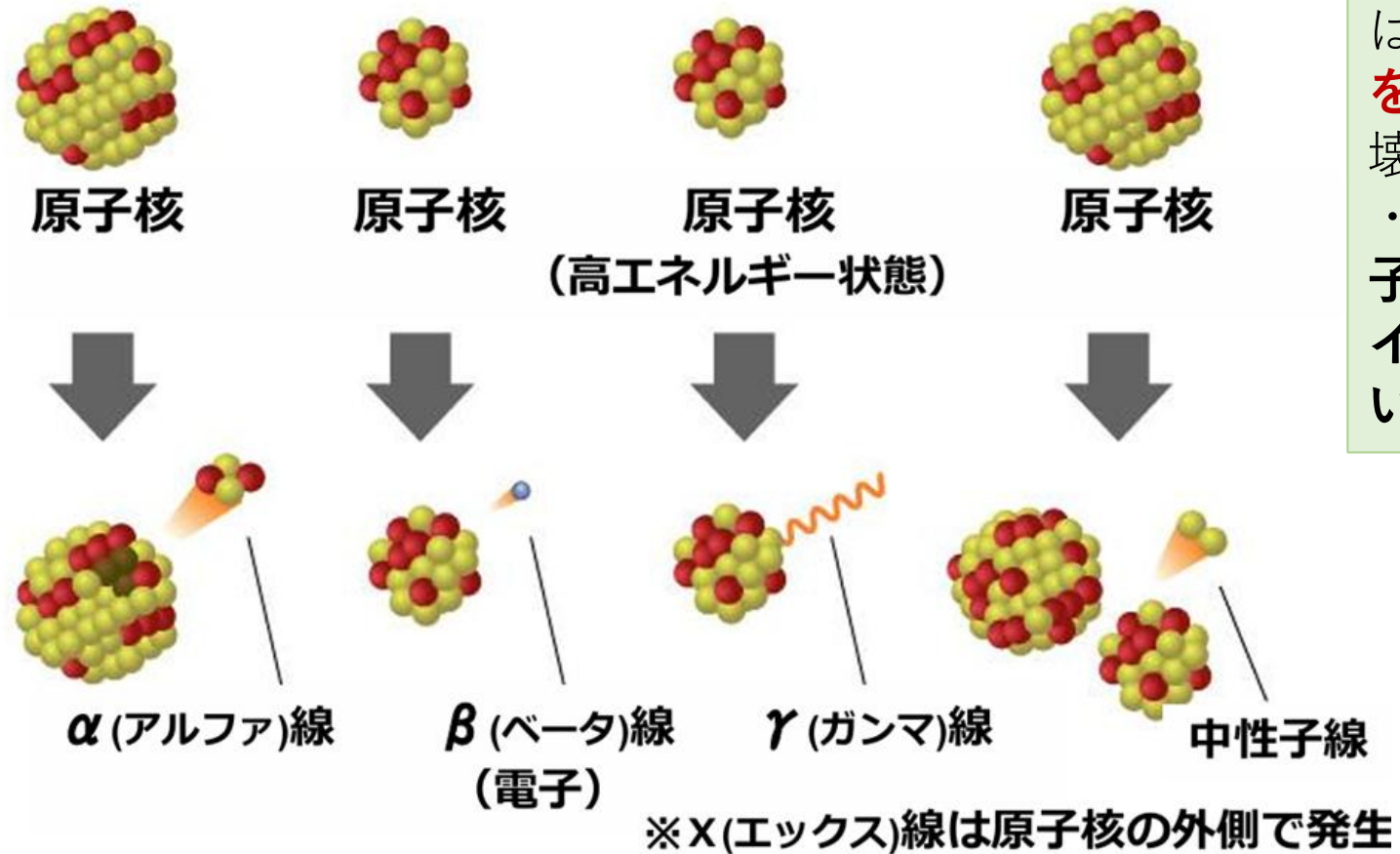
原子番号 = 陽子の数

核種：陽子や中性子の数によって区分される原子・原子核の種類のこと

放射線はどこで生まれる？



放射線はどこで生まれる？



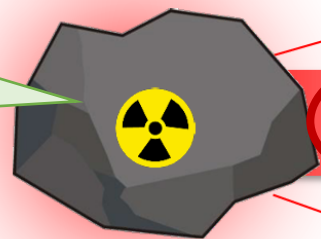
- ・ 変化の仕方に複数あり、主なものは、**原子核から陽子や中性子や電子を放出する方法**です。この変化を崩壊または壊変といいます。
- ・ すべての不安定な核種は電子や陽子や中性子を放出しながら前のスライドの黒い安定核種に向かって近づいていくのです。

この崩壊のときに放出される陽子・中性子、電子が**放射線**です。

放射性物質・放射能・放射線とは

- **放射性物質** = 放射線を出す能力 (**放射能**) を持つ 物質

放射性
物質



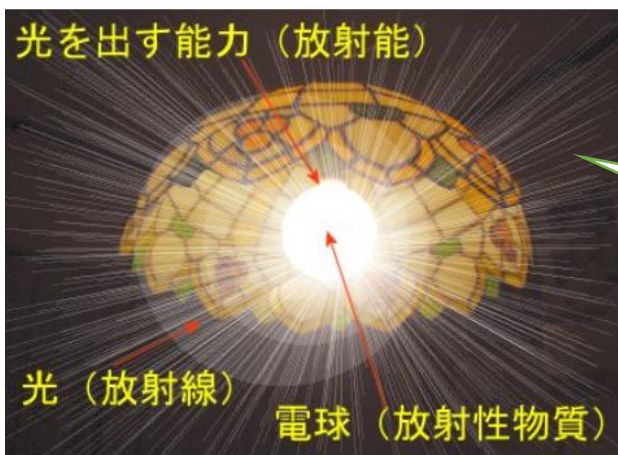
放射線



ベクレル (Bq)
▶ 放射能の単位

換算係数

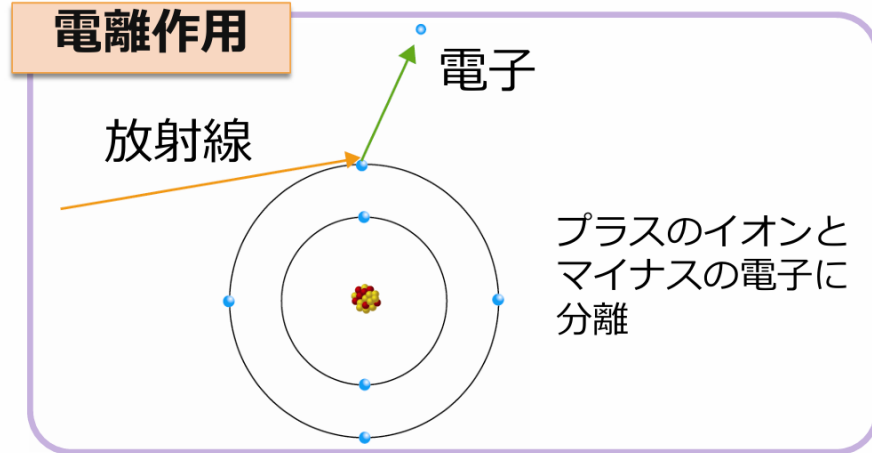
シーベルト (Sv)
▶ 人が受ける放射線被ばく線量の単位



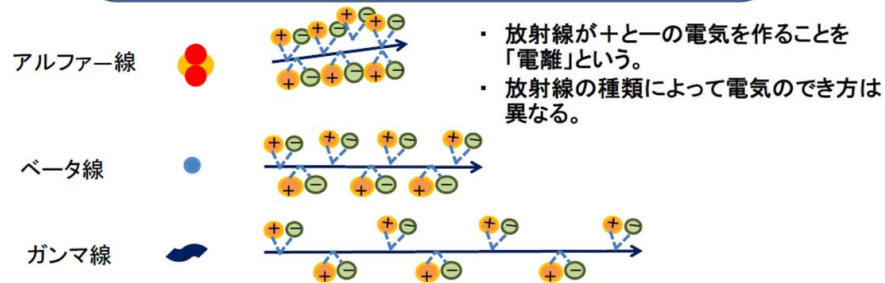
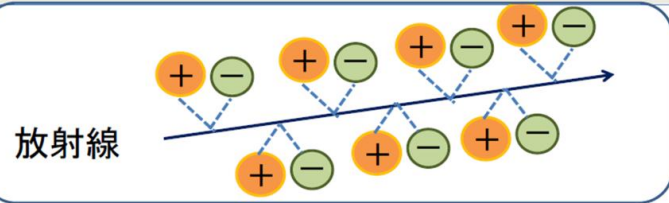
放射性物質・放射能・放射線と、
電球とそれから出る光の関係

放射線の性質

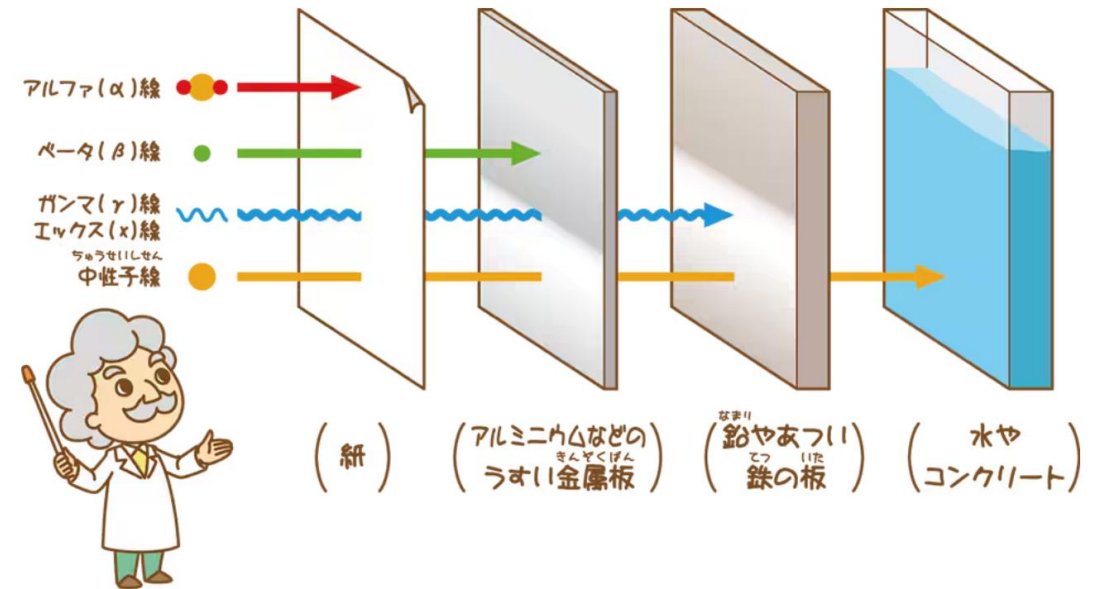
放射線は他の原子にぶつかって電子を突き飛ばして
しまうことがある(電離作用)



放射線が飛ぶ道には、+と-の電気ができる



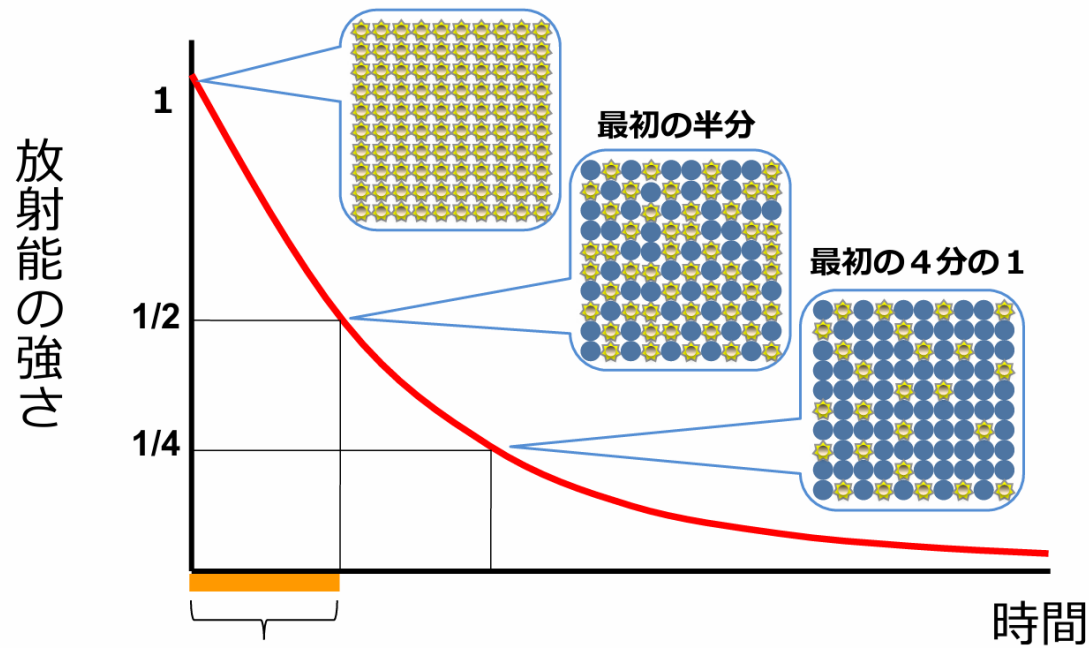
放射線の種類と「物を通りぬける力」



出所：関西電力HP 放射線(ほうしゃせん)ってなに? | 教えて!かんでん | 関西電力

放射性物質の半減期

放射性物質 半減期と放射能の減衰



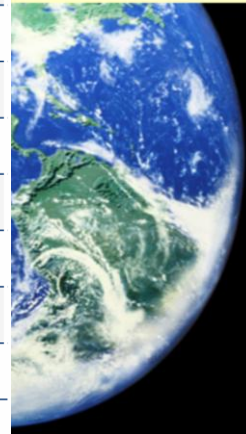
放射性物質の量が半分になる時間
= (物理学的) 半減期

放射性物質 自然由来・人工由来

放射性物質	放出される放射線	半減期
トリウム232 (Th-232)	α, γ	141億年
ウラン238 (U-238)	α, γ	45億年
カリウム40 (K-40)	β, γ	13億年
プルトニウム239 (Pu-239)	α, γ	24,000年
炭素14 (C-14)	β	5,730年
セシウム137 (Cs-137)	β, γ	30年
ストロンチウム90 (Sr-90)	β	29年
トリチウム (H-3)	β	12.3年
セシウム134 (Cs-134)	β, γ	2.1年
ヨウ素131 (I-131)	β, γ	8日
ラドン222 (Rn-222)	α, γ	3.8日

赤字は人工放射性物質 α : α (アルファ) 線、 β : β (ベータ) 線、 γ : γ (ガンマ) 線

地球誕生から
46億年



放射性物質・放射線の測定

放射線測定器の例

型		目的
GM型サーベイメータ (ガイガーカウンター)		汚染の検出 線量率 (参考程度) β線 を効率よく検出し、汚染の検出に適している
電離箱型 サーベイメータ		ガンマ線 空間線量率 最も正確であるが、シンチレーション式ほど低い線量率は計れない
シンチレーション式 サーベイメータ		ガンマ線 空間線量率 正確で感度もよい (測定器によってはα線も測定する)
個人線量計		個人線量 積算線量 長期間の積算線量の測定用であるため、線量率は計れない。いろいろなタイプがある。
アルファ線 サーベイメータ		表面汚染の検出
中性子線 サーベイメータ		空間線量率



食品・水などの中に含まれる放射性物質の濃度を測定する装置

ホールボディカウンター



人間の体内に摂取され沈着した量を体外から測定する装置

放射線量の単位

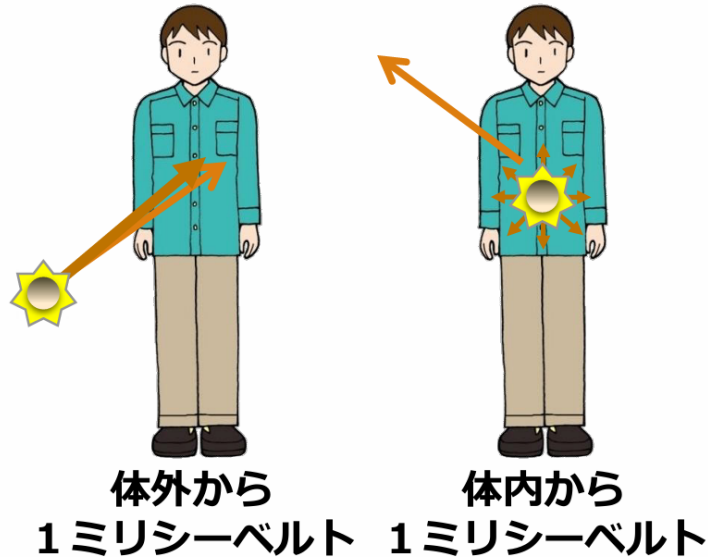
シーベルト(Sv)

人体が受けた放射線による影響の度合いを表す単位

単位間の関係

シーベルト (Sv)

人が受ける被ばく線量の単位
放射線影響に関係付けられる



人体影響の大きさは同じ程度

放射線を出す側

放射能の強さ※1
ベクレル (Bq)

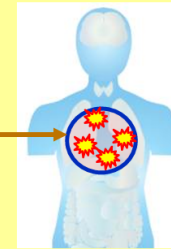


放射性物質

※1 : 1 秒間に壊変する原子核の数

放射線を受ける側

吸収線量※2
グレイ (Gy)



放射線を受ける側

放射線を受けた単位質量の物質が吸収するエネルギー量

$$\text{Gy} = \frac{\text{吸収されたエネルギー (J)}}{\text{放射線を受けた部分の質量 (kg)}}$$

※2 : 物質 1 kg 当たりに吸収されるエネルギー (ジュール : J、1 J ≒ 0.24 カロリー)、SI 単位は J/kg

放射線の種類による影響の違い

等価線量 (Sv)

臓器による感受性の違い

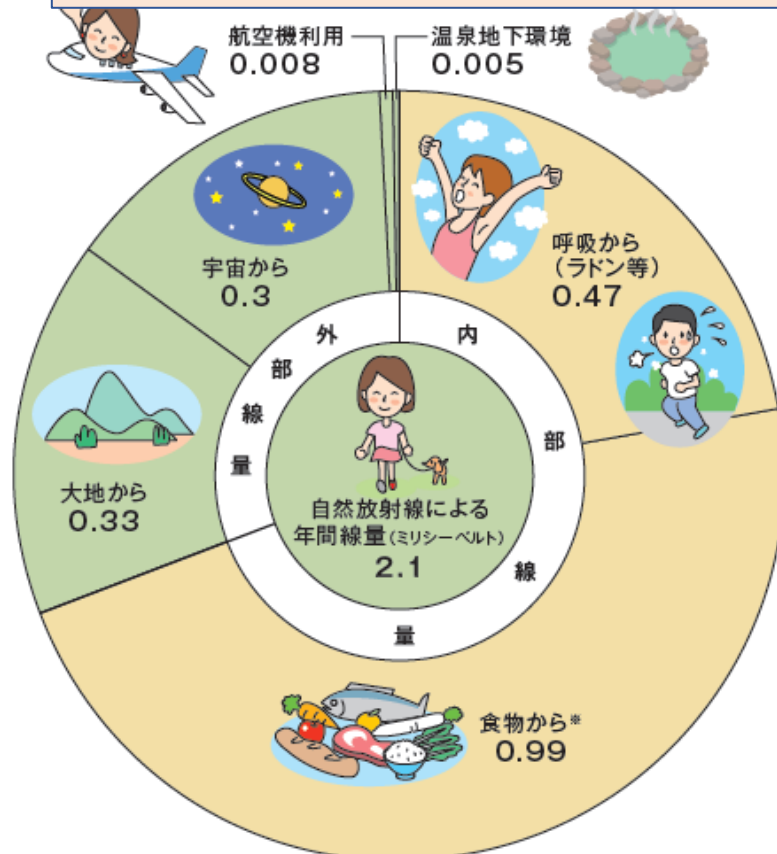
実効線量
シーベルト (Sv)

放射線の量を人体影響の大きさを表す単位

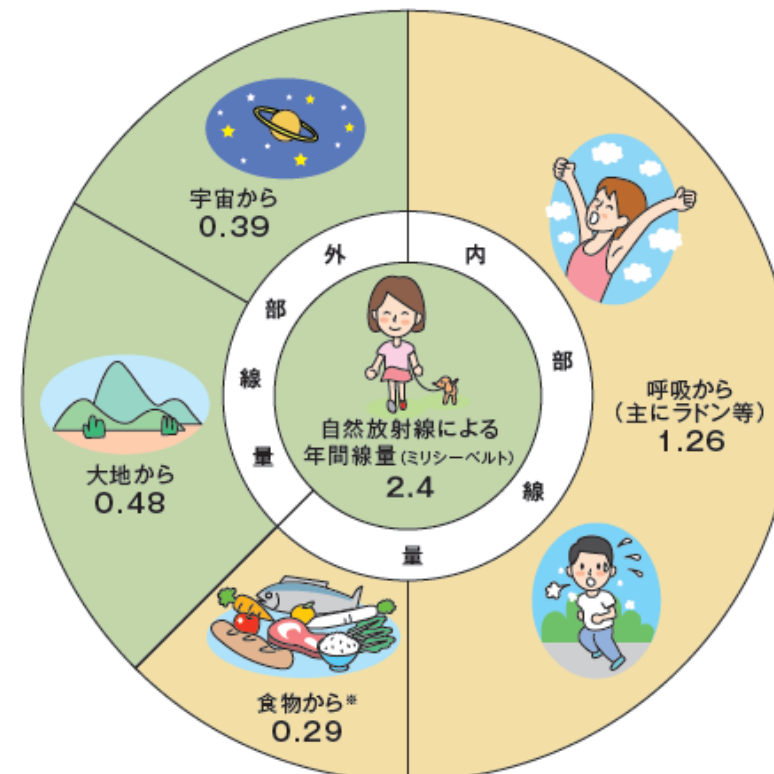
私たちが自然放射線から受ける線量

自然放射線は、宇宙から地球に降り注いだり、地球上の岩石・食物などから出ており、人類は誕生以来、常に自然放射線を受けています。

一人あたりの年間線量(日本平均)
2.1 ミリシーベルト



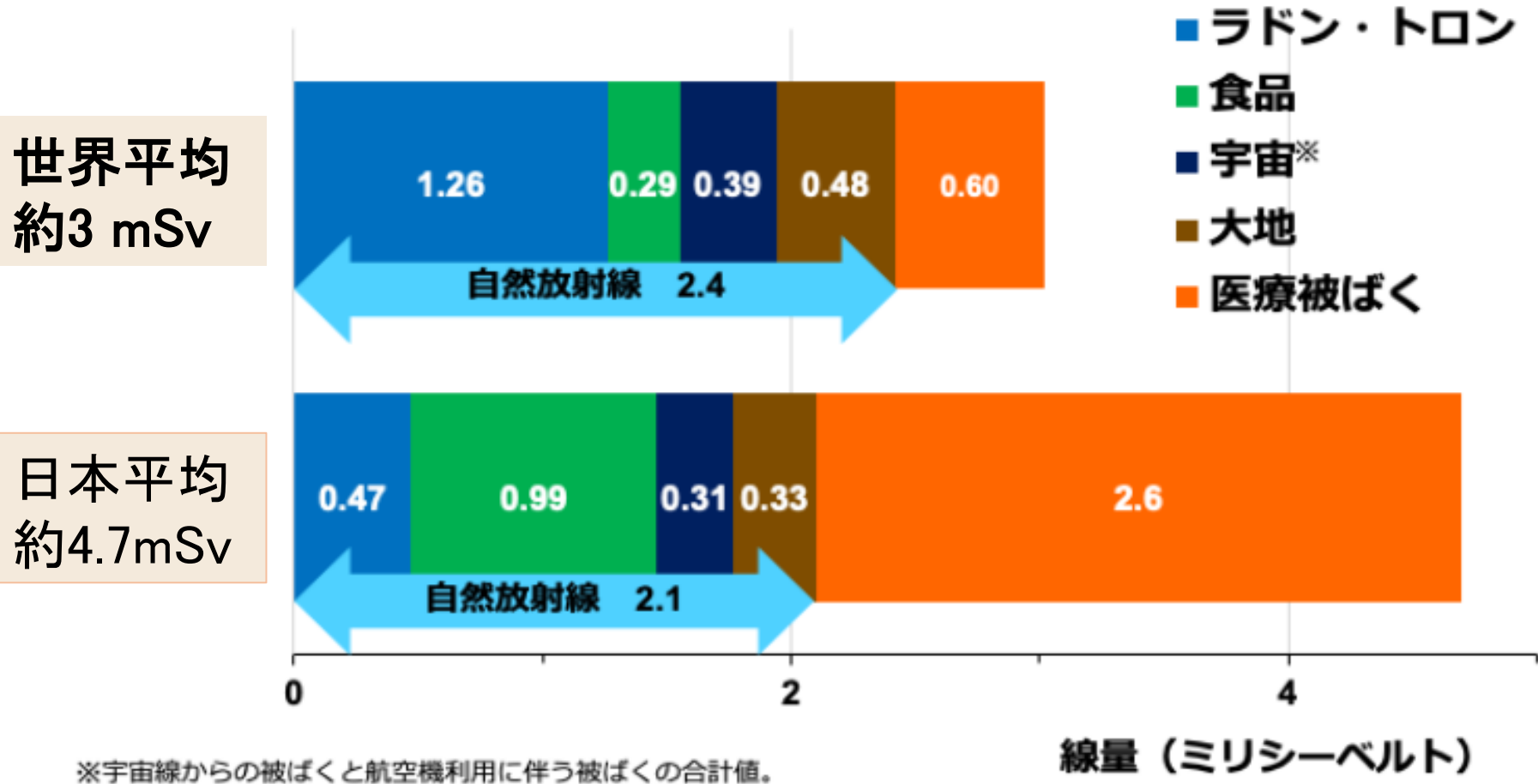
一人あたりの年間線量(世界平均)
2.4 ミリシーベルト



出所:【6-2-02】自然放射線から受ける線量 | エネ百科 | きみと未来と。

私たちが日常生活から受ける線量

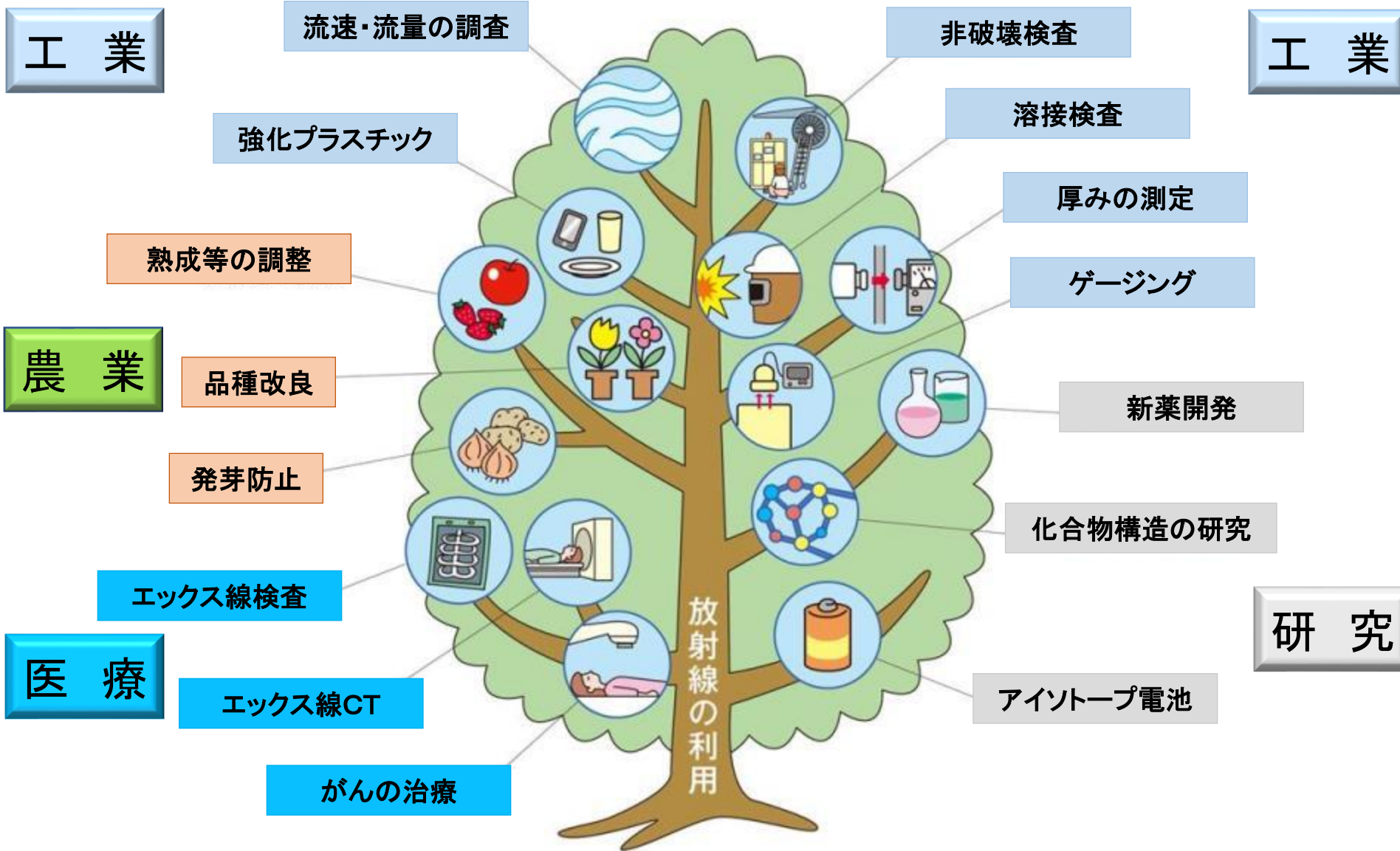
日常生活における被ばく（年間）



出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告、
（公財）原子力安全研究協会「生活環境放射線（国民線量の算定）第3版」（2020年）より作成

出典：「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和5年度版」

放射線の利用



放射線の利用

【医療】

〈放射線による診断〉

- レントゲン
- X線CT
- PET
- シンチグラフィ (SPECT)



PET-CT装置

〈放射線による治療〉

- X線治療
- ガンマナイフ
- 粒子線治療
- ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT)
- 核医学治療 (RI内用療法)



CT画像

【工業】

- 材料の改良・機能性材料の創製 (自動車タイヤ、半導体素子加工プロセス等)
- 精密計測
- 非破壊検査
- 滅菌・殺菌等 (医療器具等)

半導体の製造

微細加工、不純物導入等、放射線による加工技術を利用して半導体を製造



ラジアルタイヤの製造

電子線照射により、ゴムの粘着性の制御を容易にできることを利用



電子線照射によりゴムの粘着性の制御を容易にできることを利用。

【農業】

- 品種改良
- 食品照射
- 害虫防除



耐病ナシ品種の開発

黒斑病への耐病性を有するナシ品種「ゴールド二十世紀」



©小浜織雄

ウリミバエの根絶

放射線照射により不妊化したオスを大量に放ち、孵化しない卵を産ませ害虫を根絶



3 重粒子線治療用加速器 (シンクロトロン)



水色のアサガオ

原品種


放射線の利用

先端科学技術での利用

先端科学技術では、茨城県にある高強度陽子加速器施設 J-PARC において、加速した陽子を原子核に当てることにより中性子やニュートリノなどの粒子を作り出すことができ、素粒子物理や物質科学など最先端の研究に利用されています。



J-PARC

 j-parc.jp



Nano-Terasu
ナノテラス

ナノテラス: 宮城県仙台市にある放射光施設。加速器により電子を光速近くまで加速し、磁石で曲げることで作り出す放射光(明るいX線)を利用し、物質表面の性質等を調べる施設であり、基礎研究から産業分野まで広範な利用が可能。

半減期を利用した年代測定

古い土器の年代は、土器に付着した植物の「こげ」や「すす」に含まれる炭素を測定して推定することができます。

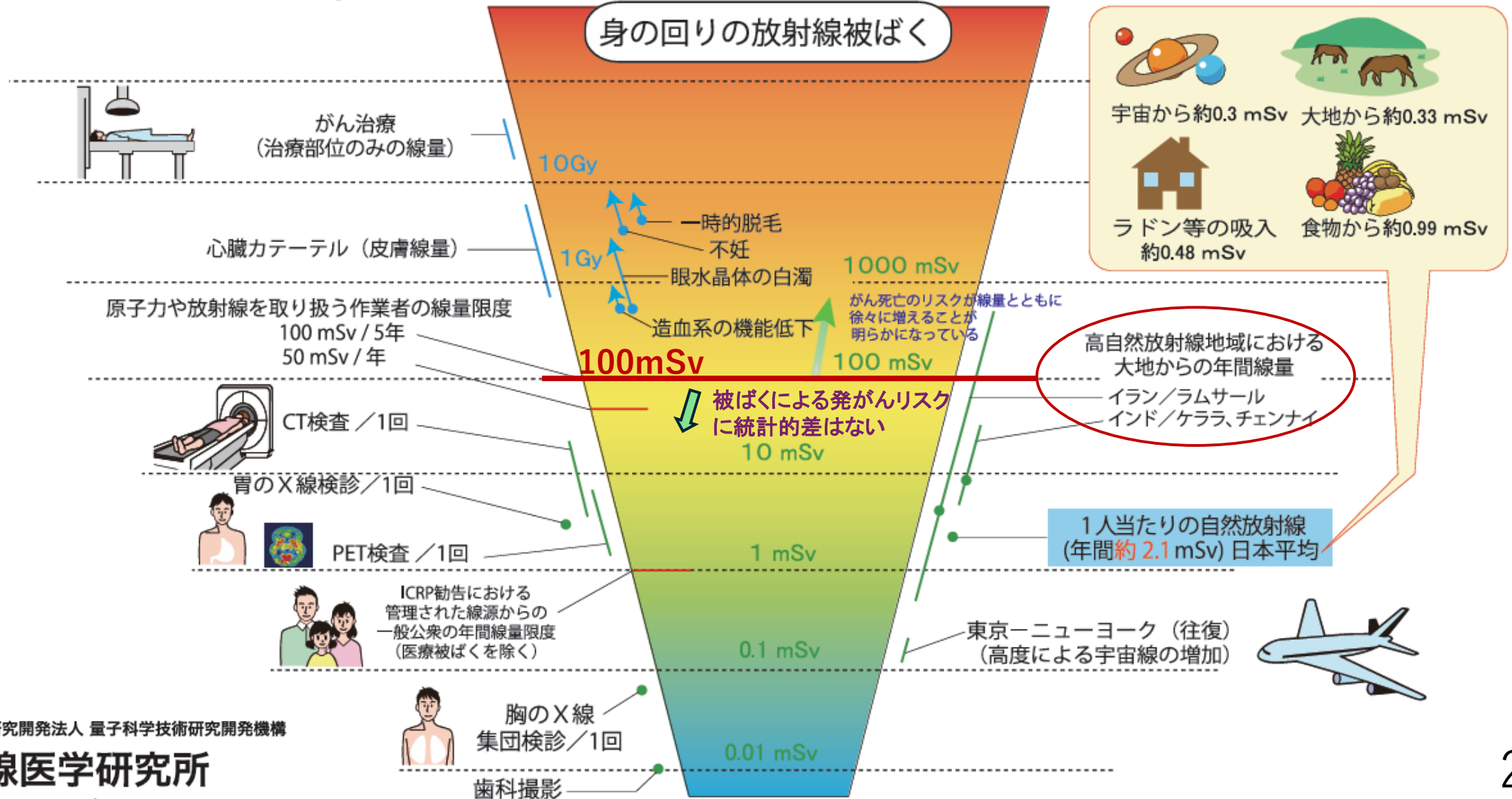
植物は、炭素原子1個と酸素原子2個でできた二酸化炭素を取り込んでおり、ほとんどの二酸化炭素は、放射線を出さない炭素(炭素12)原子でできていますが、中には放射線を出す炭素(炭素14)原子でできたものもある。植物は採取されると二酸化炭素を取り込まなくなり、炭素14は半減期(5730年)に従って減っていくことから、この量を測ることによって土器の年代が分かる。



日常生活と放射線

人工放射線

自然放射線

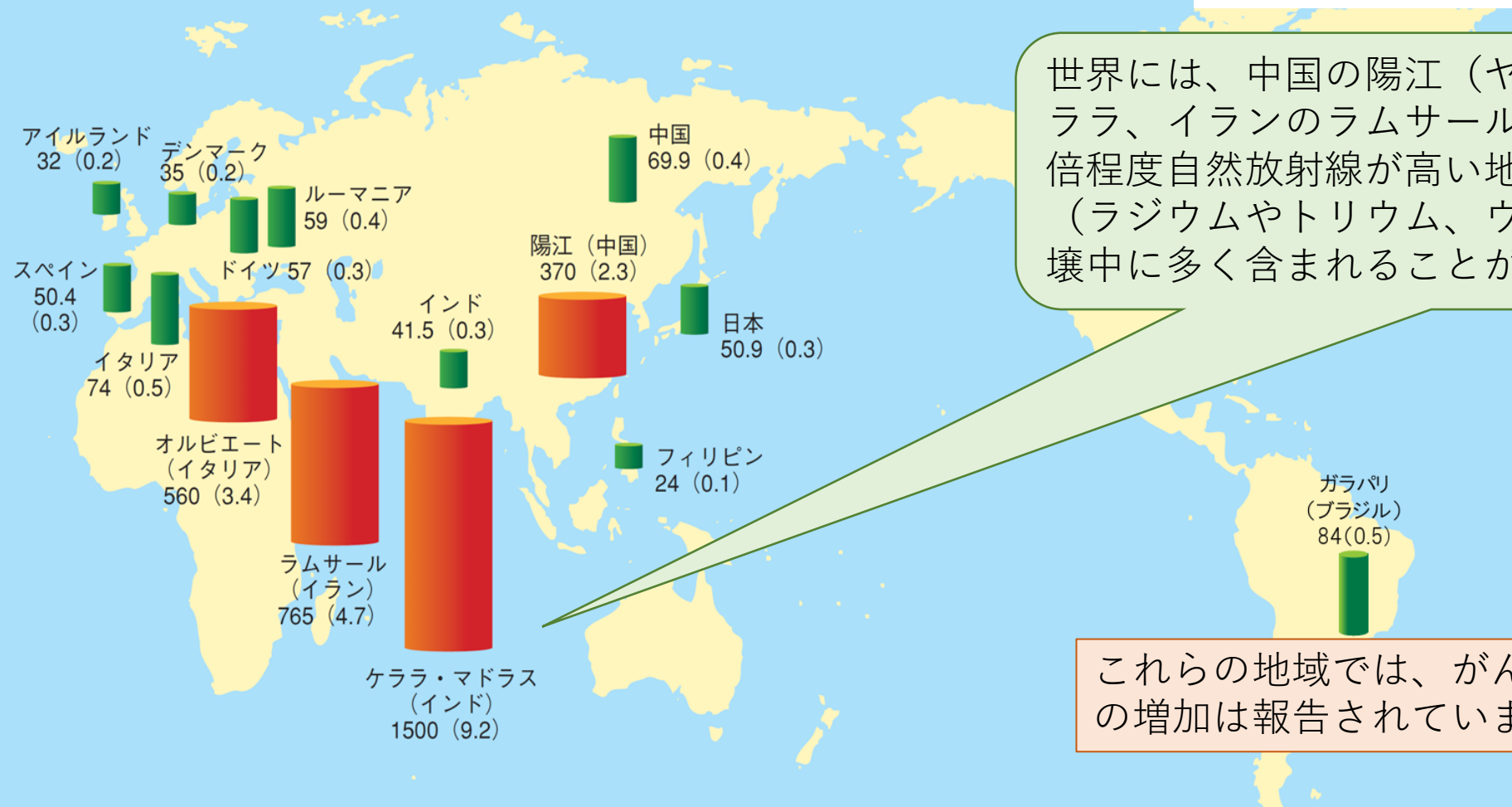


日常生活と放射線

大地からの放射線(世界)

ナノグレイ/時 (ミリシーベルト/年)

実効線量への換算には0.7シーベルト/グレイを使用



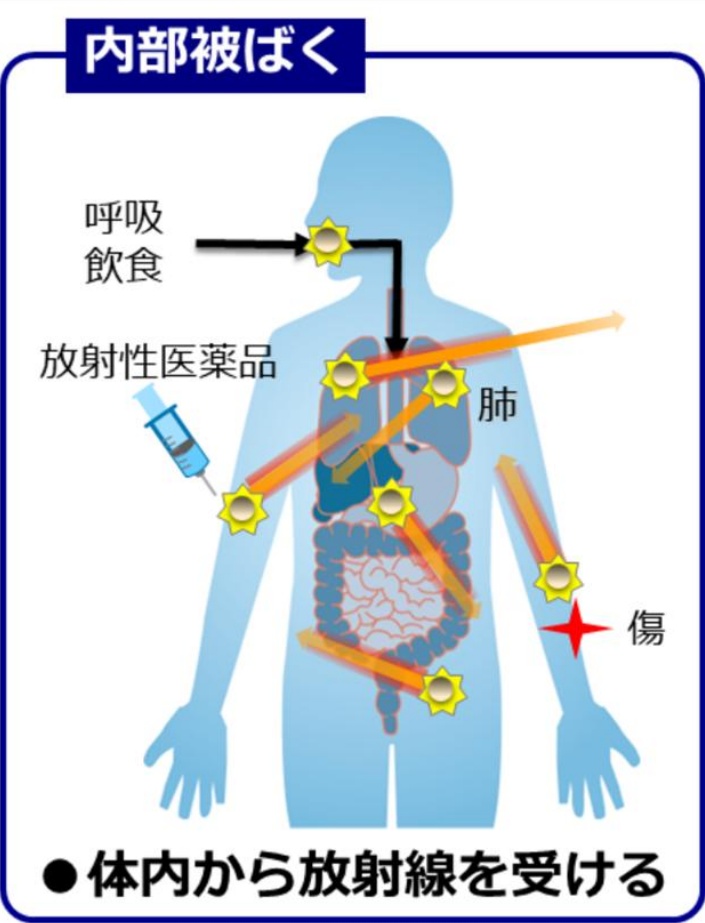
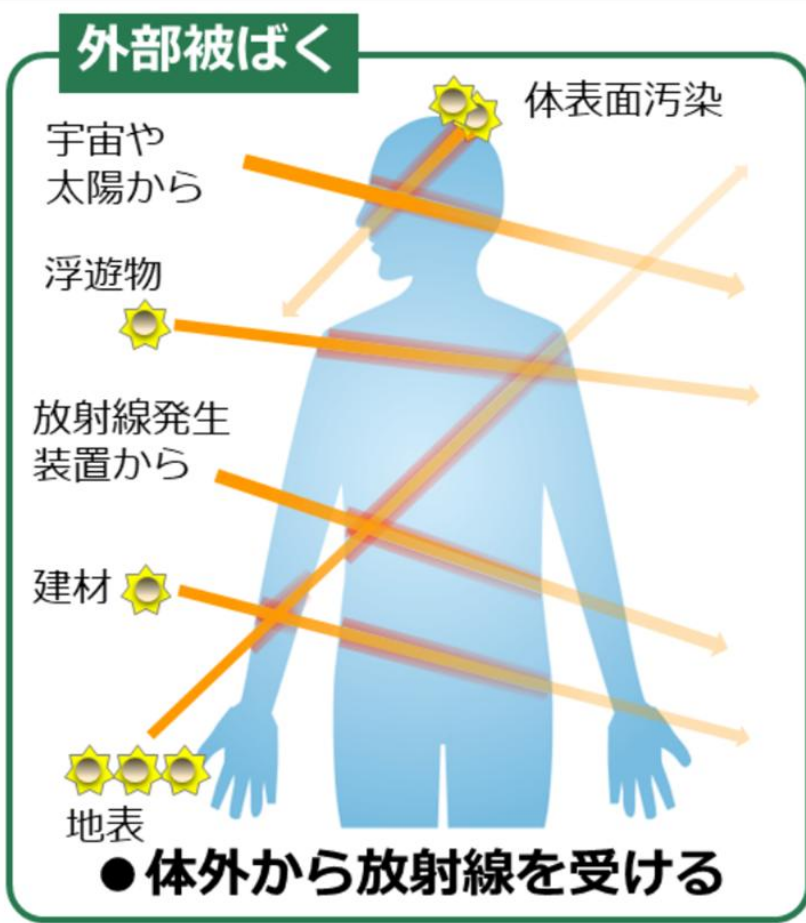
世界には、中国の陽江（ヤンジャン）、インドのケララ、イランのラムサール等、日本より7倍から30倍程度自然放射線が高い地域があります。
（ラジウムやトリウム、ウラン等の放射性物質が土壌中に多く含まれることが原因）

これらの地域では、がんの死亡率や発症率の増加は報告されていません

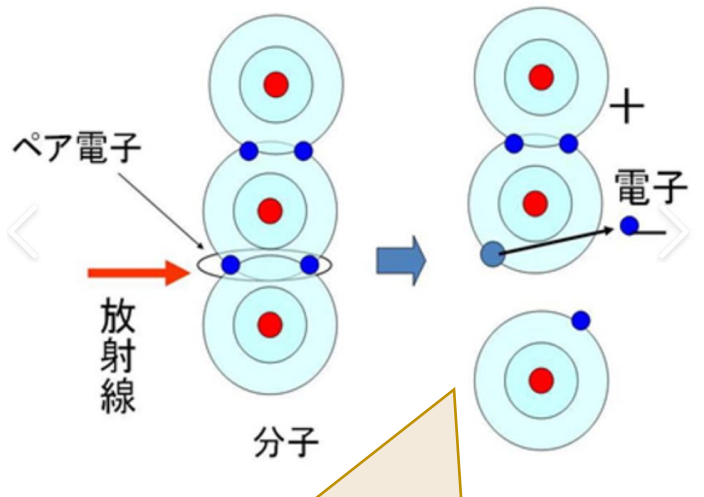
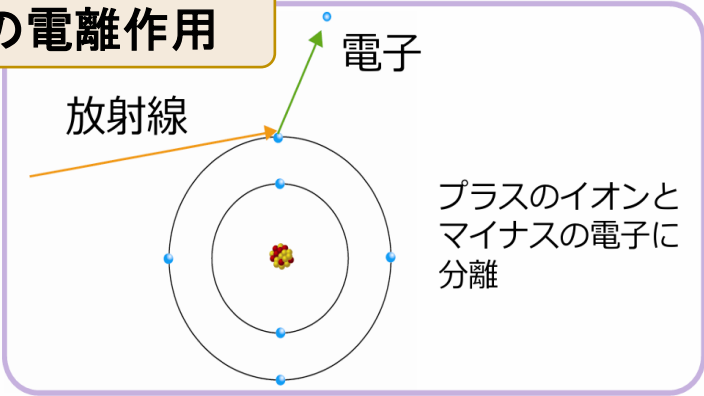
出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告書、
（公財）原子力安全研究協会「生活環境放射線（国民線量の算定）第3版 増補版」（2024年）より作成

出所：環境省HP [slide-02-05.pdf](#)

放射線の人体への影響

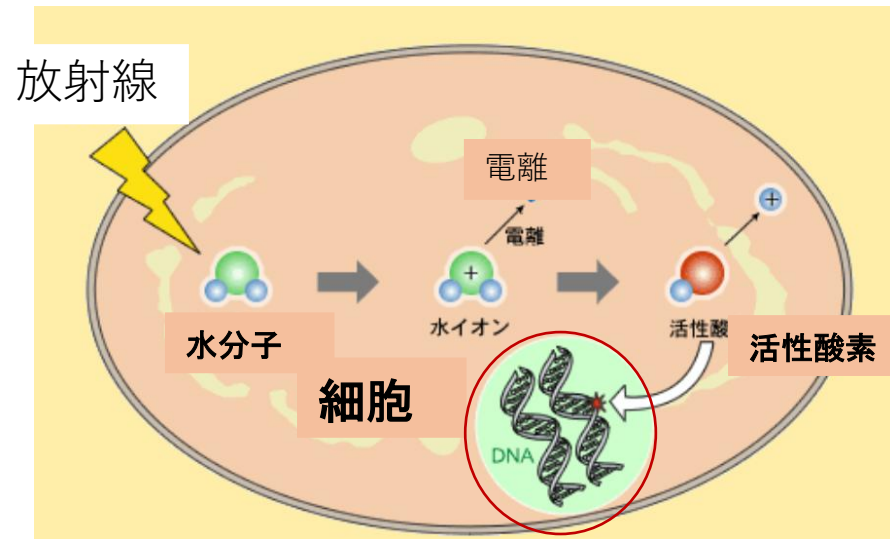


放射線の電離作用



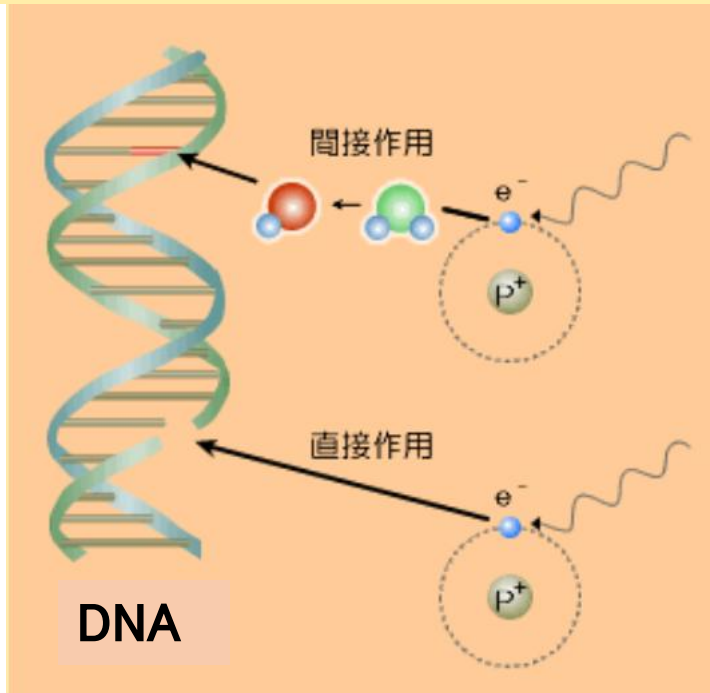
放射線は原子間の結合を切断することがある

放射線の人体への影響



放射線は人体に当たると、その細胞の中の分子に衝突し、分子から電子をはね飛ばします(電離)。電離した分子は化学変化し、はね飛ばされた電子は他の分子に化学変化起こします。

放射線の人体への影響は、主に細胞のDNA分子の一部が変化してできた傷が多く蓄積することによって現れます。



放射線がDNA分子を変化させる仕組みについては、2種類あります。

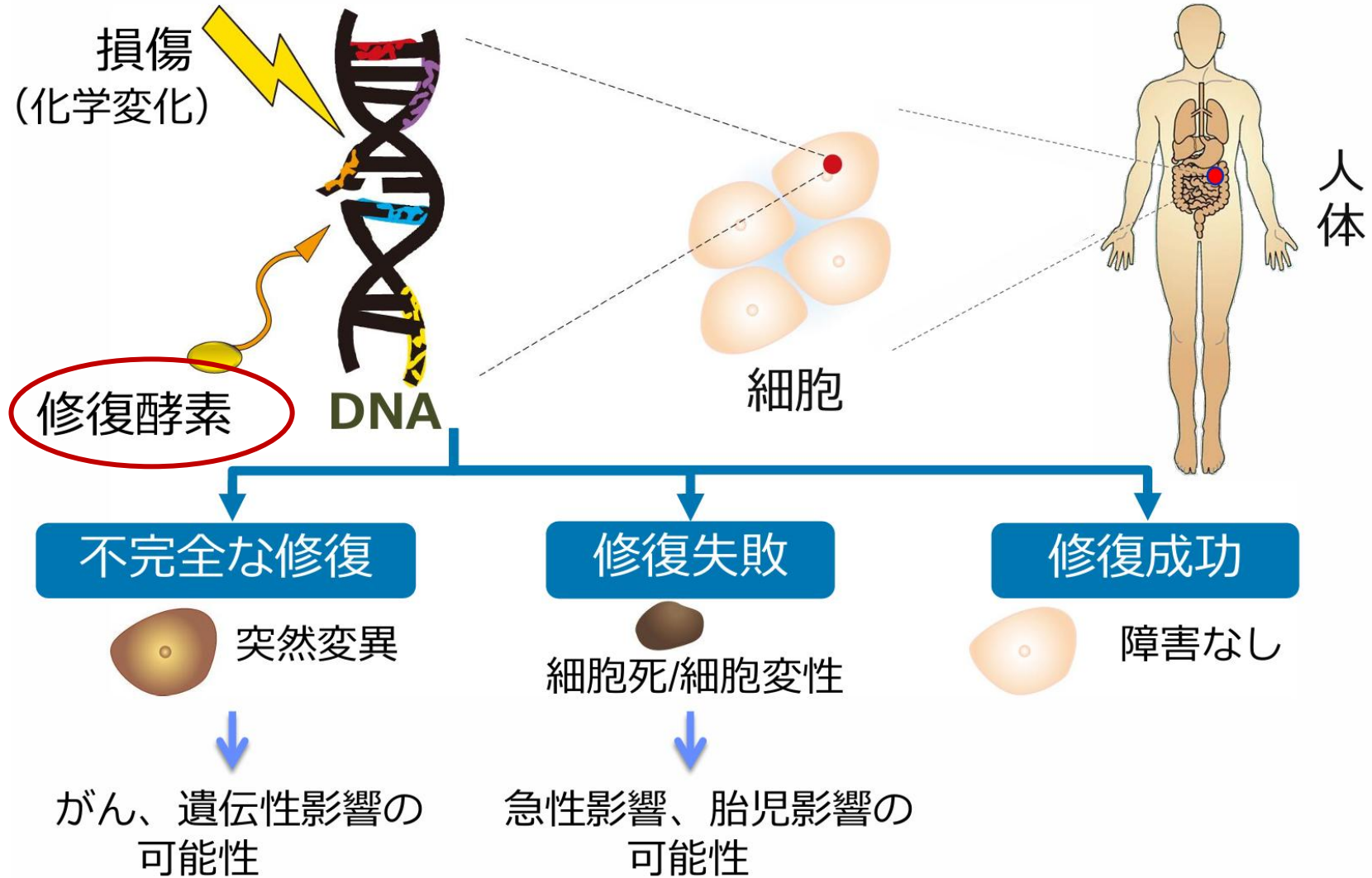
•直接作用

放射線がDNAに直接衝突して変化させる。

•間接作用

放射線が水分子に衝突して活性酸素に変化させ、その活性酸素がDNAを変化させる。

放射線の人体への影響

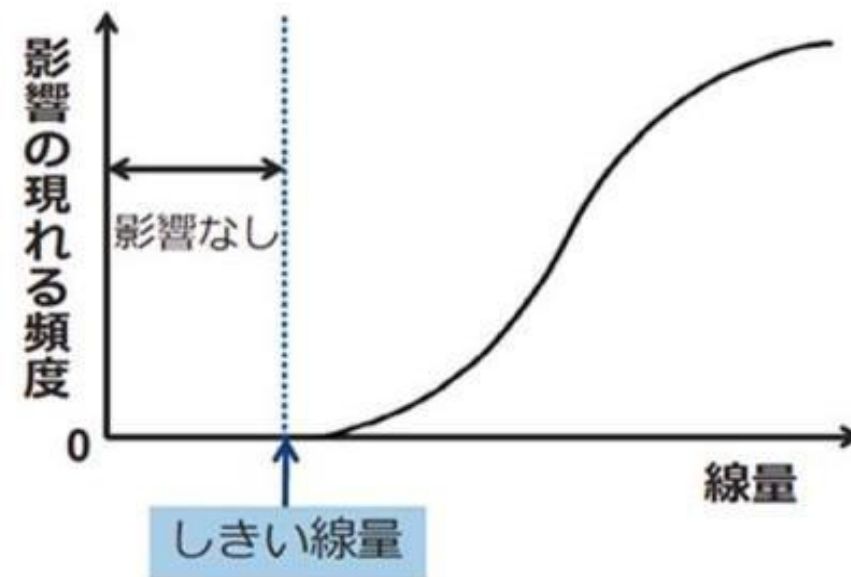
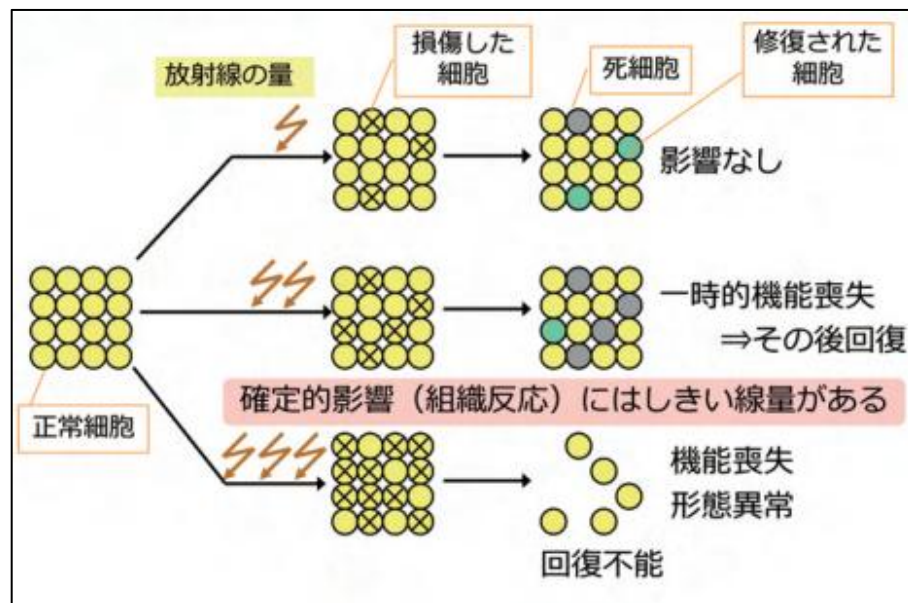


放射線の人体への影響

確定的影響 急性障害等のメカニズム

- ・比較的高い線量で発症
- ・たくさんの細胞が死ぬと症状として現れる
- ・線量が増えれば症状も重篤となる

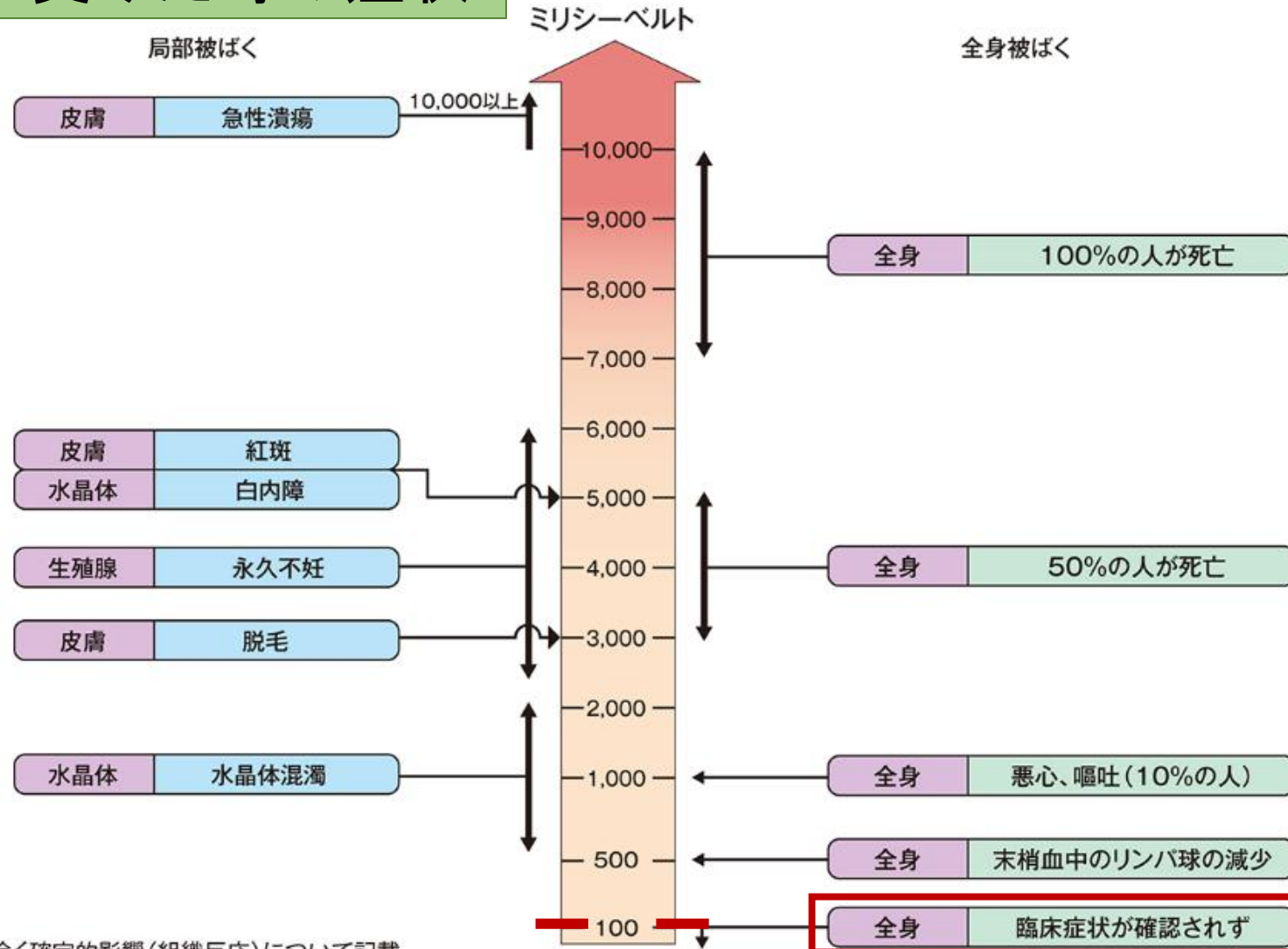
- ・血液細胞の減少
- ・皮膚障害
- ・胎児の発達異常
- ・水晶体の混濁



放射線の人体への影響

放射線を一度に受けた時の症状

凡例 部位 症状



(注1) がんや遺伝性影響を除く確定的影響(組織反応)について記載

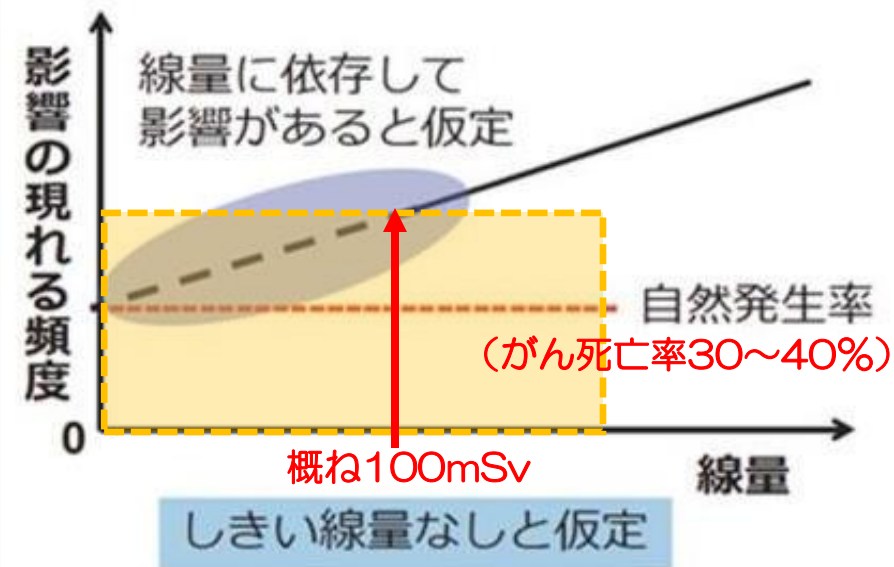
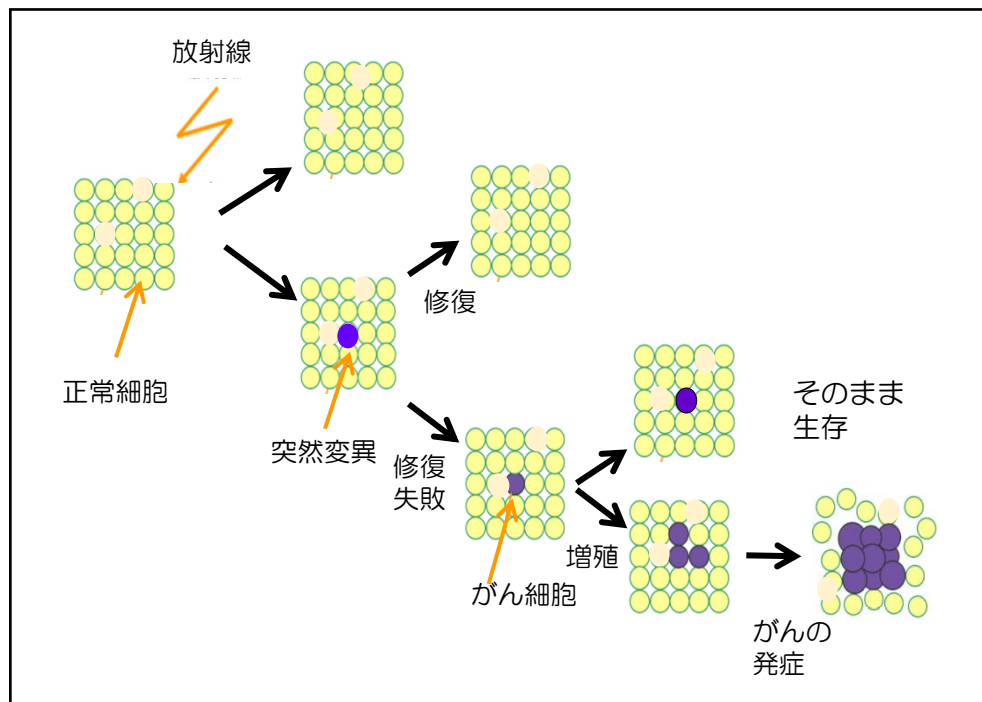
(注2) 一般の人の線量限度1.0 mSv/年、原子力発電所周辺の線量目標0.05 mSv/年

放射線の人体への影響

確率的影響 がん等の発生のメカニズム

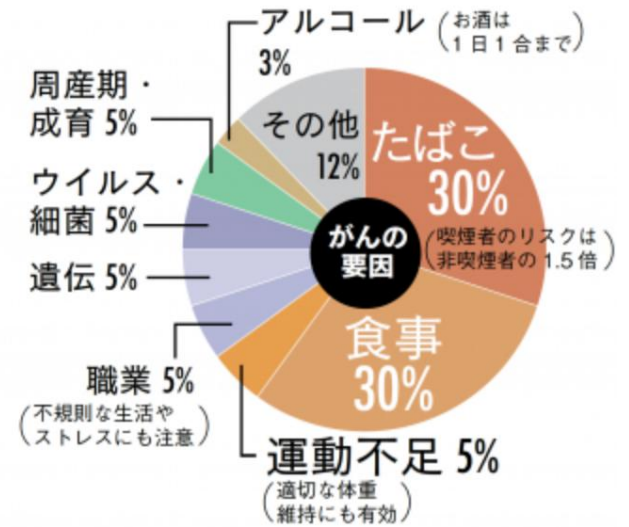
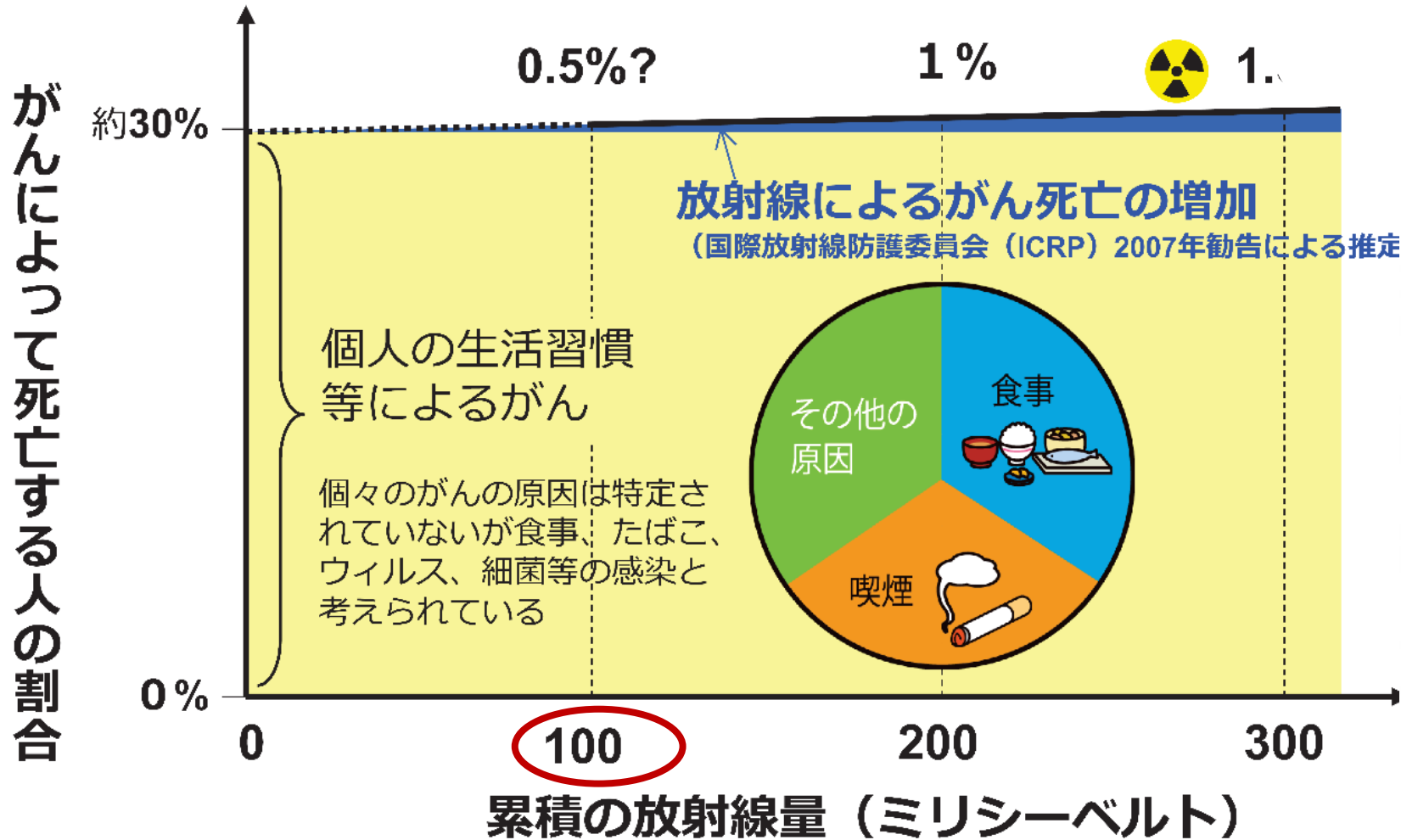
- 1つの突然変異からでも生じる可能性
- どんなに低い線量でも発症すると仮定
- 線量が増えると、集団として発症する割合が増加

- がん
- 白血病
- 遺伝性影響
(生殖細胞)



放射線の人体への影響

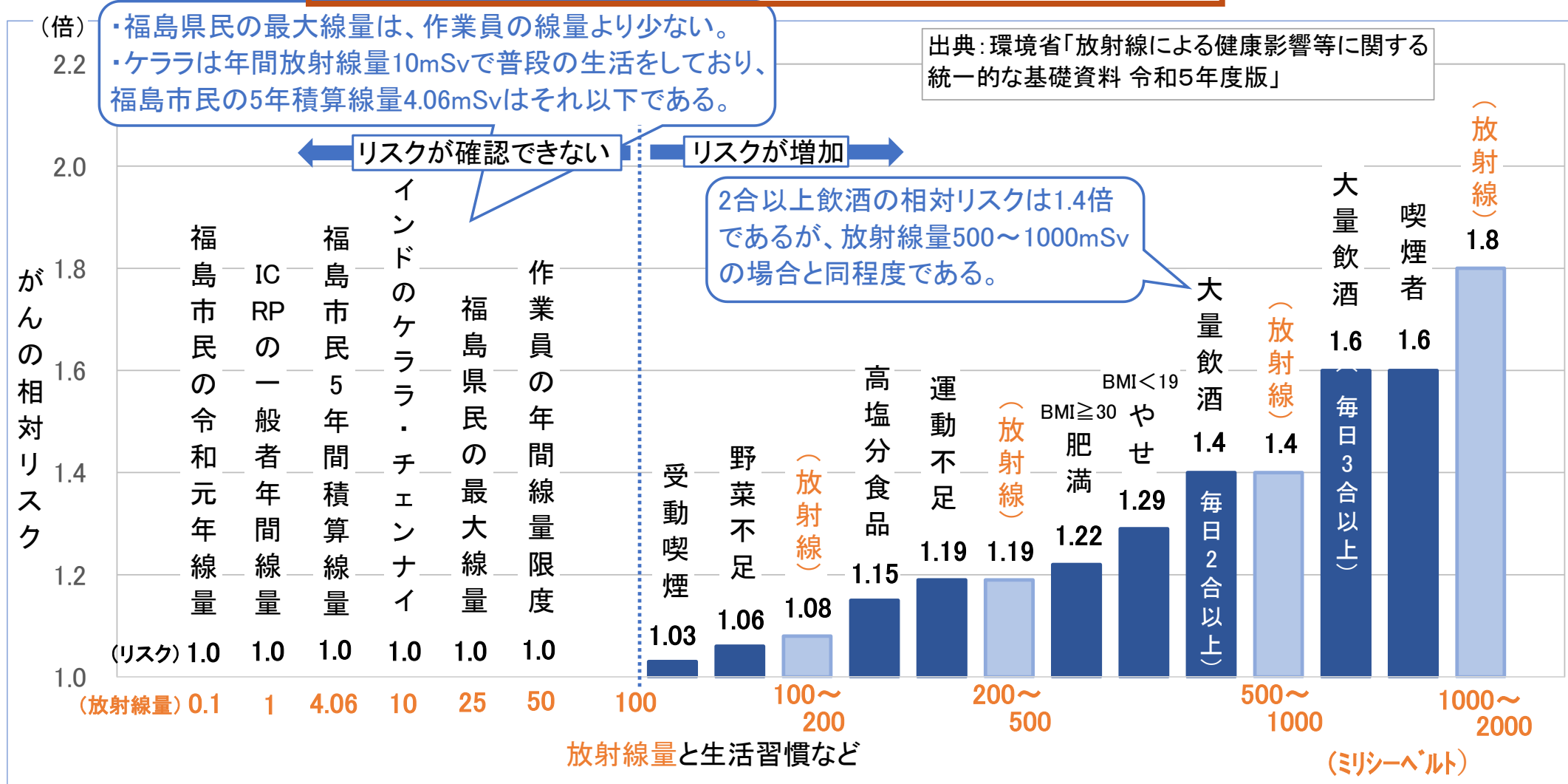
低線量率被ばくによるがん死亡リスク (確率的影響)



がんになった推定要因:ハーバード大学(1996年)がん予防センター発表

福島放射線線量と生活習慣など

放射線線量と生活習慣などにおける「がんの相対リスク」を比較



* 放射線の発がんリスクは、原爆による瞬間的な被ばく分析データで、長期被ばくの影響を観察したものではない。

* 相対リスクとは、被ばくを受けた個人のリスクが何倍になるかを表す値である。

* 福島県(市)民の線量は、東北放射線科学センター理事長解説および福島県「県民健康調査」報告から抜粋

出所: 東北エネルギー懇談会HP

柏崎刈羽原子力発電所の再稼働

様々な安全対策により安全性は格段に向上

従来の規制基準と新規規制基準の比較



<従来の規制基準>

シビアアクシデントを防止するための基準
(いわゆる設計基準)
(単一の機器の故障を想定しても
炉心損傷に至らないことを確認)

自然現象に対する考慮
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

<新規規制基準>

意図的な航空機衝突への対応
放射性物質の拡散抑制対策
格納容器破損防止対策
炉心損傷防止対策 (複数の機器の故障を想定)
内部溢水に対する考慮(新設)
自然現象に対する考慮 (火山・竜巻・森林火災を新設)
火災に対する考慮 (難燃性ケーブルの使用等)
電源の信頼性(独立の2回線確保等)
その他の設備の性能 (通信設備の強化等)
耐震・耐津波性能(防潮堤の設置等)

設計基準の強化
外的事象に対する
考慮の拡大

(テロ対策)
新設
(シビアアクシデント対策)
新設

強化
又は
新設

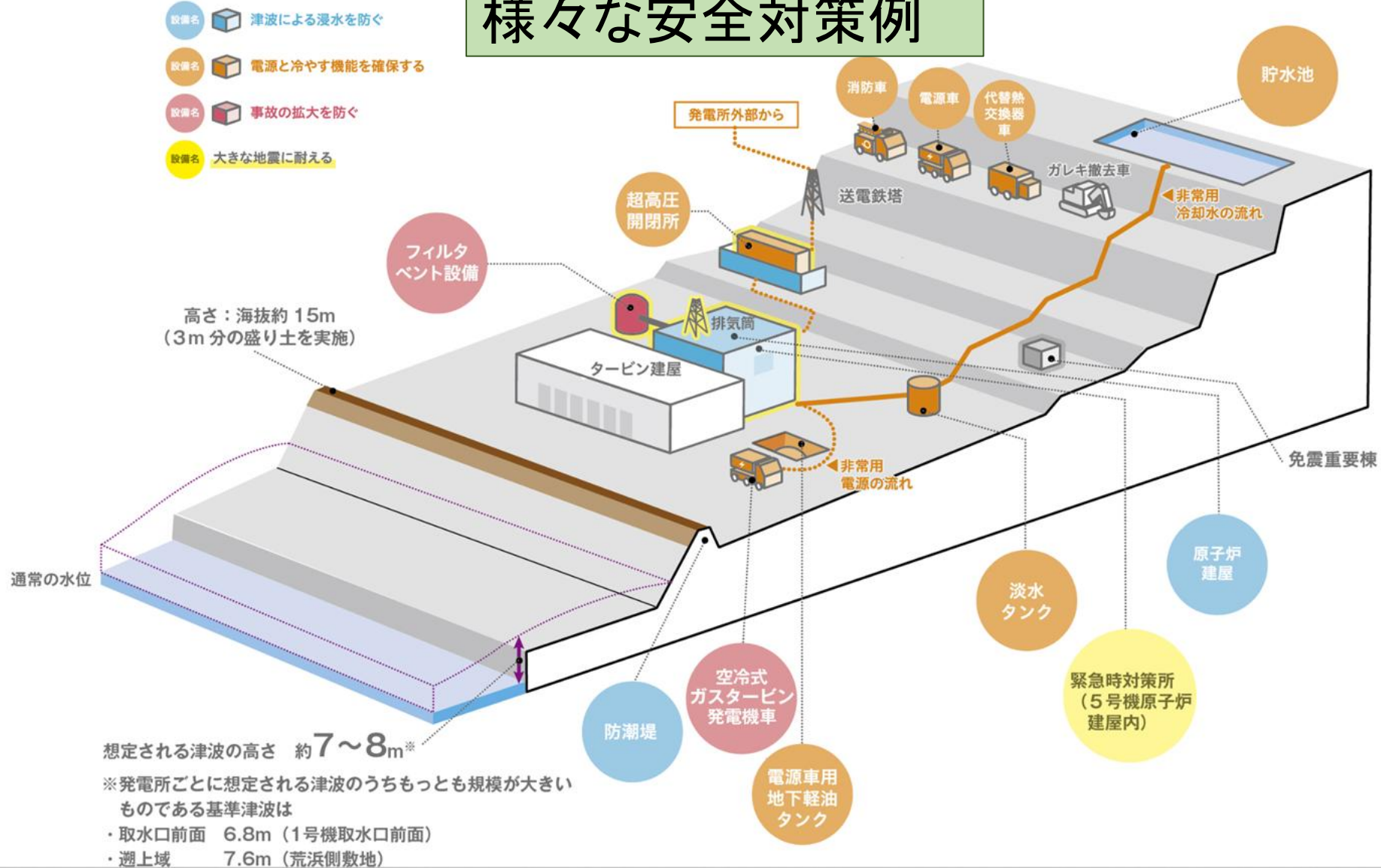
強化

安全対策 | 柏崎刈羽原子力発電所 | 新潟本社・柏崎刈羽
原子力発電所 | 東京電力ホールディングス株式会社

出所: 原子力規制委員会HP 000102350.pdf

柏崎刈羽原子力発電所の再稼働

様々な安全対策例



原子力防災

安全対策(プラント内)

事故そのものを発生させない／拡大させない。



原子炉に放射性物質を内包する以上、「絶対安全」はあり得ない
→ “残余リスク” へ備えることが必要



原子力防災対策(社会・地域側)

万一のシビアアクシデント時に住民と環境を守る



安全対策とは別の観点で原子力防災
を考える

長岡市地域防災計画

— 原子力災害対策編 —
令和元年度



長岡市防災会議



出所：長岡市HP

https://www.city.nagaoka.niigata.jp/shisei/cate01/chiiki-bousai/file/cb_03.pdf

出所：原発30キロ圏の子育て世帯、事故時は屋内退避でとどまるか…「子どもは逃がしたい」国の原則に不満の声も
原子力深考「調査シリーズ」|新潟日報デジタルプラス

放射線を正しく理解し、正しく恐れよう

物事を必要以上に恐れたり、全く恐れ
を抱いたりしないことは、容易だが、
物事を正しく恐れることは難しい



物理学者、寺田 寅彦 1881（明14）-1935（昭10）

ご清聴ありがとうございました



独立行政法人国立高等専門学校機構

長岡工業高等専門学校

© National Institute of Technology (KOSEN), Nagaoka College