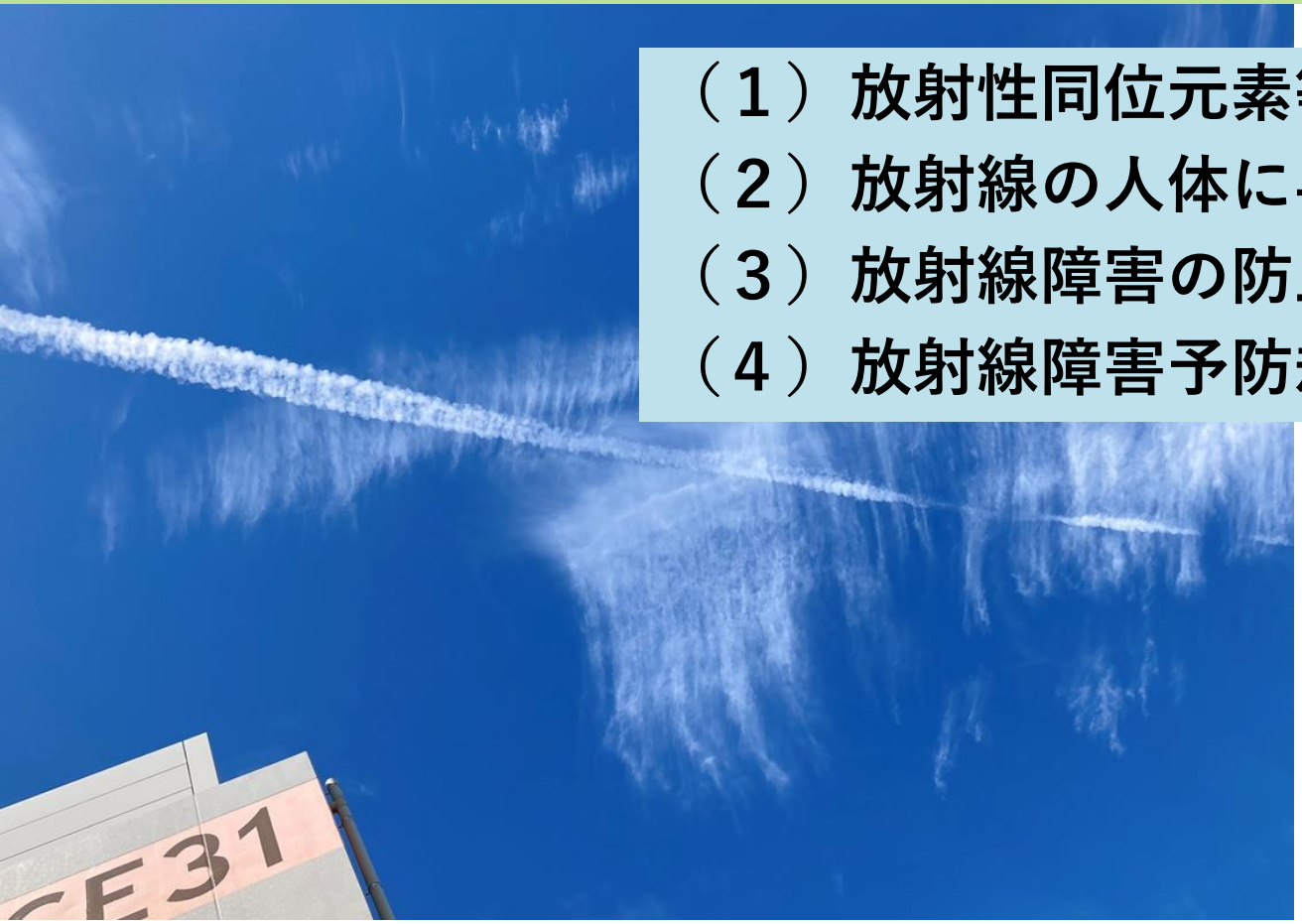
放射線業務従事者教育訓練講習会（新規申請者）



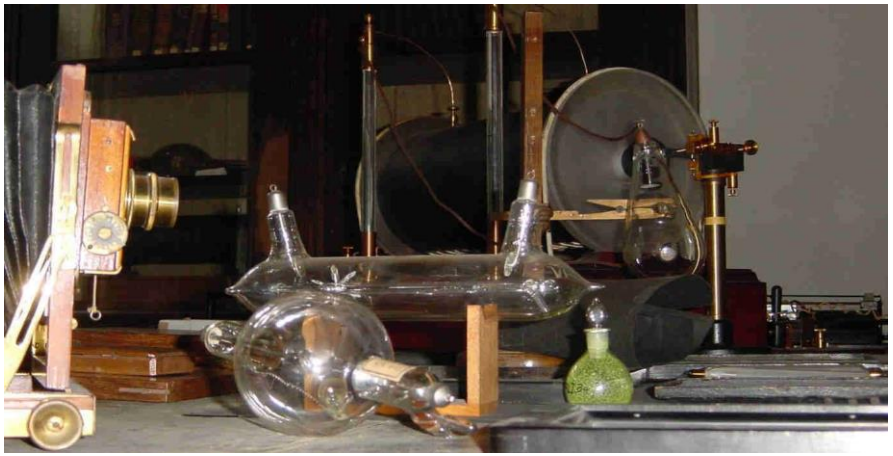
（１）放射性同位元素等の安全取扱い
（２）放射線の人体に与える影響
（３）放射線障害の防止に関する法令
（４）放射線障害予防規程

大分大学 研究マネジメント機構 研究支援センター
RI管理部門
杉　原　真　司

2024年

引用：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

放射線（X線）を発見したレントゲン博士



Prof. Dr. Wilhelm Conrad Röntgen, 8. November 1895

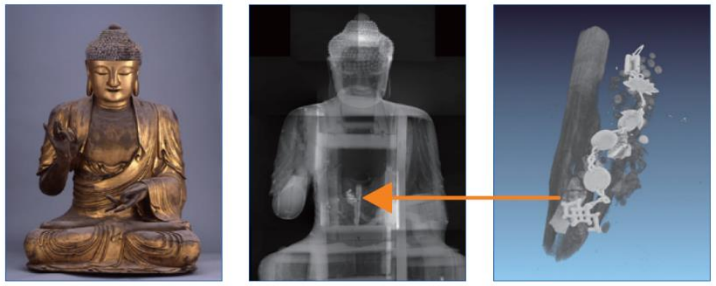
Dr. Rontgen discovered X-ray in 1895

http://www.wilhelmconradroentgen.de/

《手のエックス線写真》

《足の骨を写したエックス線（レントゲン）写真》

仏像の外観、内部を写したエックス線（レントゲン）写真、
ックス線写真の拡大図》



フランスの物理学者アンリ・ベクレル
Henri Becquerel

1896年 ウラン化合物の放射線を発見。
自然物にも未知の放射線を出しているものがあることがわかった。

放射能の単位であるベクレルは彼の名前に由来している

X線が発見された当初は、放射線が人体に障害を及ぼすことは知られていませんでした。しかしそれからまもなく多くの障害が出るようになり、生物への影響の研究も進んできました。

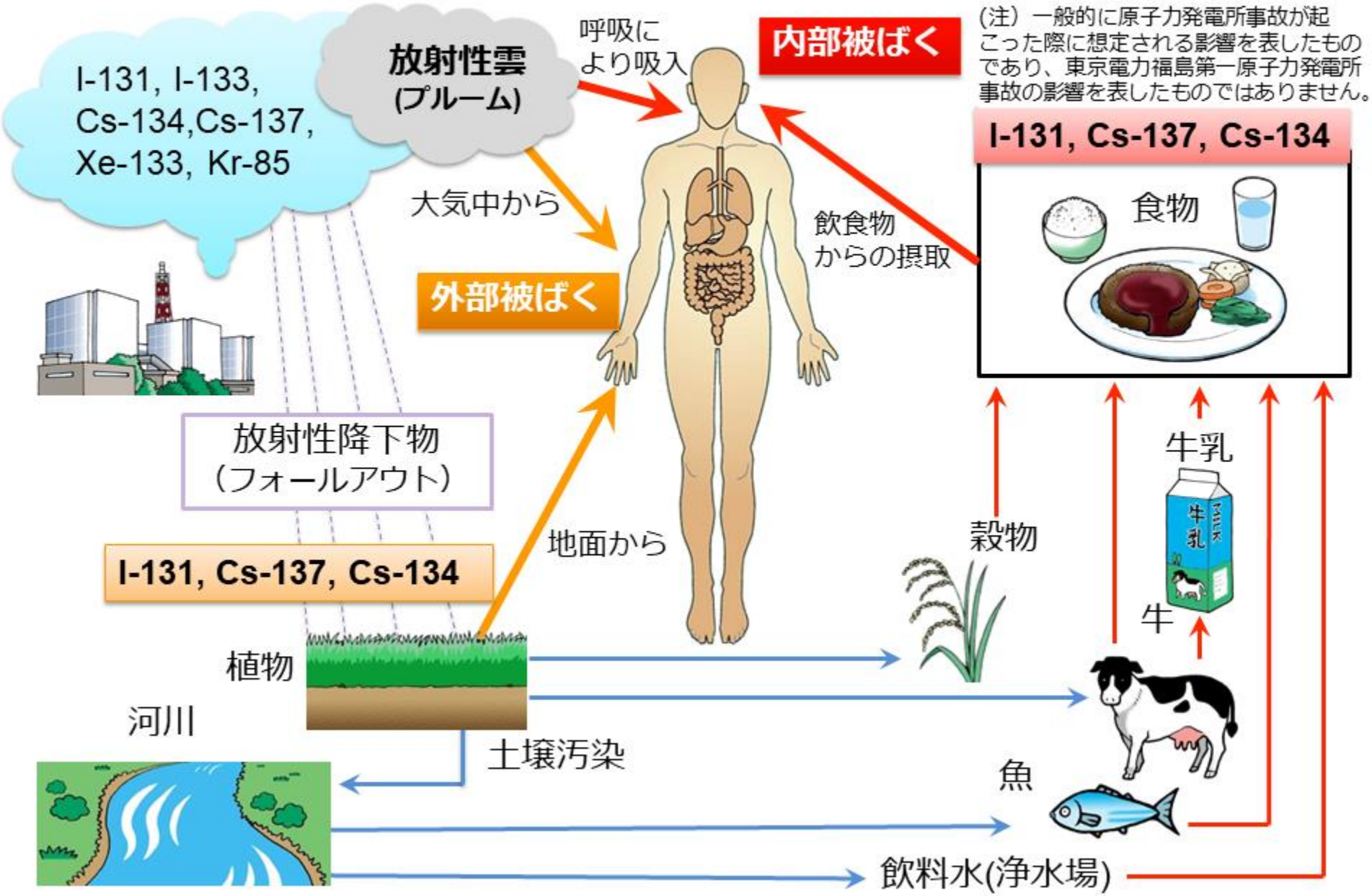
マリーキュリー
66歳で白血病が原因で死亡

Dr. Marie and Pierre Curie at the laboratory in 1896.

図２　研究室でのキュリー夫妻

［出典］ワインバーグ（本間三郎訳）：電子と原子核の発見、日本経済新聞（1986）

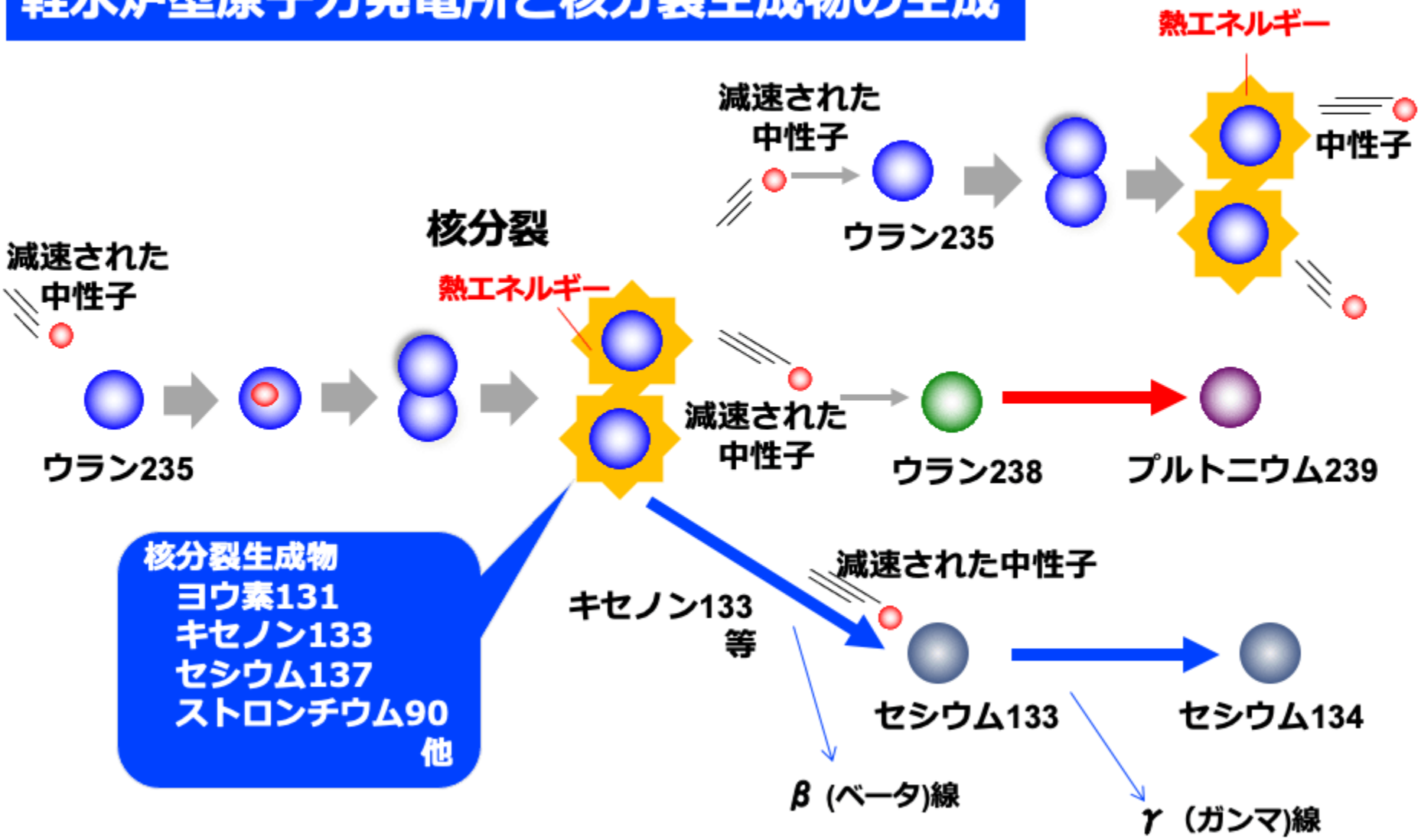
原子力災害　原子炉事故による影響



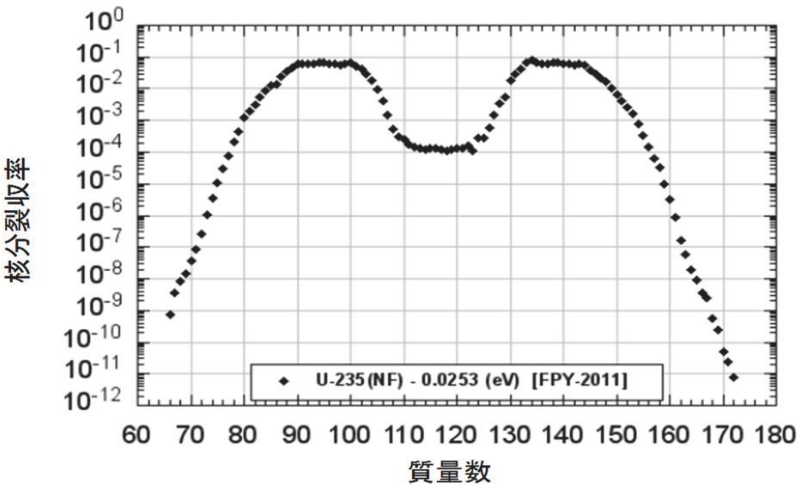
（注）一般的に原子力発電所事故が起こった際に想定される影響を表したものであり、東京電力福島第一原子力発電所事故の影響を表したものではありません。

原子炉内の生成物

軽水炉型原子力発電所と核分裂生成物の生成



放射性物質　原子の構造と周期律



			電荷
原子	原子核	陽子	+
		中性子	0
	電子		−

（原子番号）で化学的性質が決まります

元素の周期律表

周期	族 1	族 2	族 3	族 4	族 5	族 6	族 7	族 8	族 9	族 10	族 11	族 12	族 13	族 14	族 15	族 16	族 17	族 18
1	1 H 1.008																	2 He 4.003
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											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	57-71 ﾗﾝﾀﾉｲﾄﾞ	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 ｱｸﾁﾉｲﾄﾞ	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)

原子番号	元素記号
原子量	

気　体
液　体
固　体
形状不明

57-71 ﾗﾝﾀﾉｲﾄﾞ	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 ｱｸﾁﾉｲﾄﾞ	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)

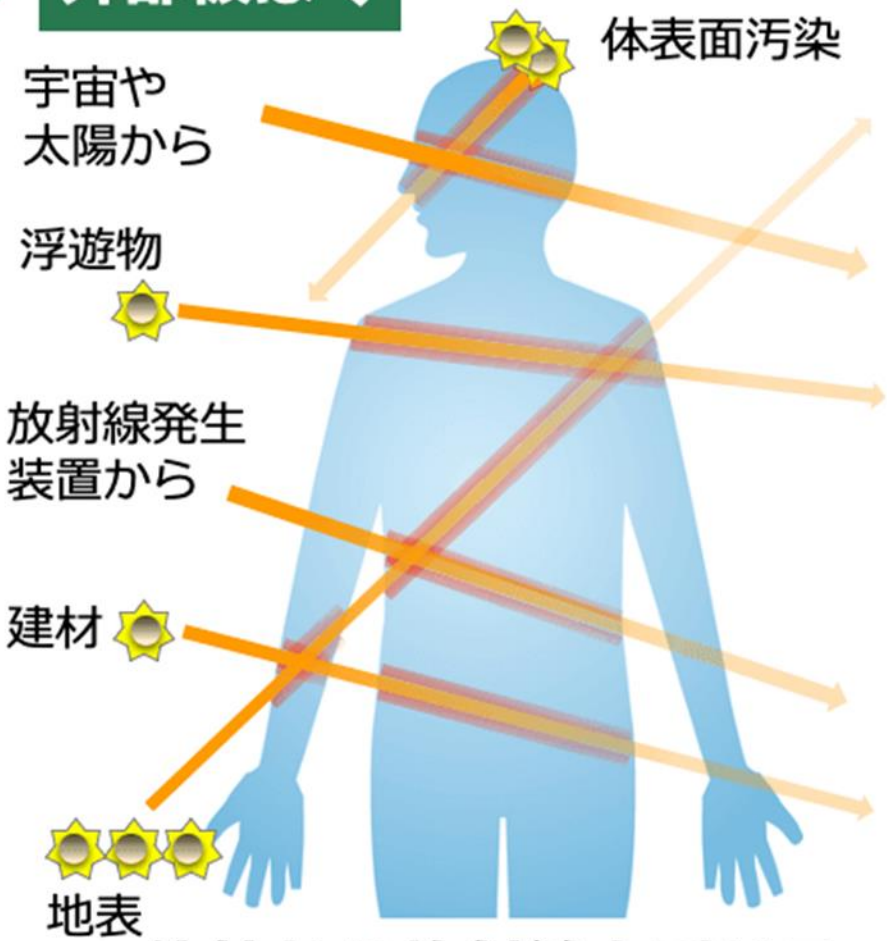
（　）をつけた値は、その元素の代表的な放射性同位体の質量数である（IUPAC）

文部科学省　「一家に１枚 元素周期表（第13版）」より作成

被ばくの経路

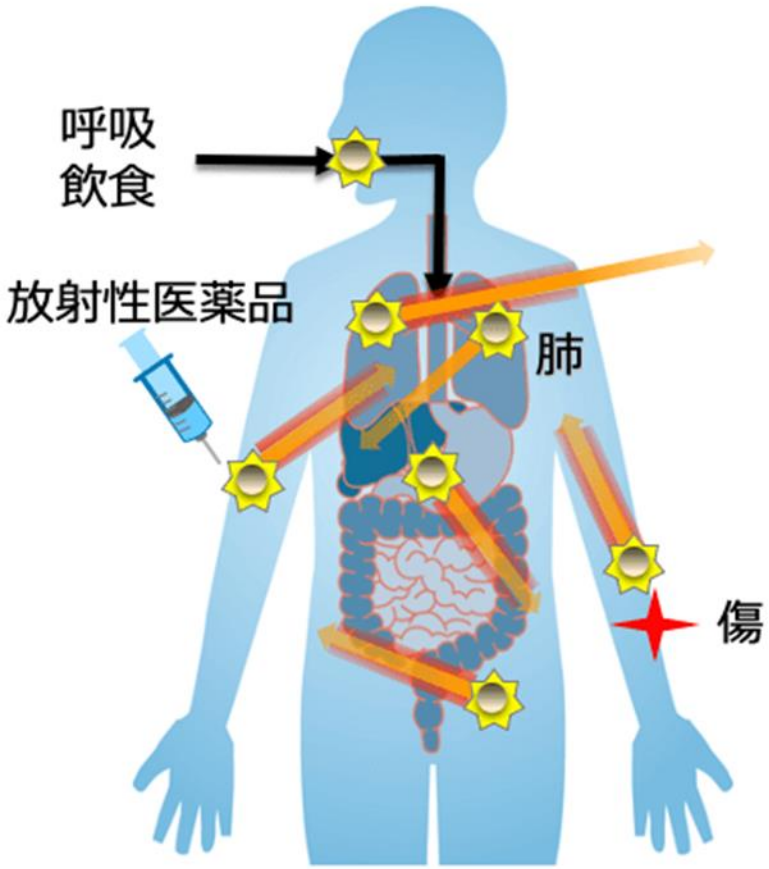
外部被ばくと内部被ばく

外部被ばく



●体外から放射線を受ける

内部被ばく



●体内から放射線を受ける

体が放射線を受けるという点は同じ

：放射性物質

放射線の種類

- **電離放射線**
  - 粒子線
    - 荷電粒子線（直接電離放射線）
      - α線（原子核から飛び出るヘリウムの原子核）
      - β線（原子核から飛び出る電子），電子線，陽電子線
      - 陽子線，重陽子線，三重陽子線，重イオン線
      - 荷電中間子線
      - 核分裂片等
    - 非荷電粒子線（間接電離放射線）
      - 非荷電中間子線
      - 中性微子（ニュートリノ）
      - 中性子線等（原子炉，加速器等から作られる）
  - 電磁波（間接電離放射線）
    - X線（原子核の外で発生）
    - γ線（原子核から放出）
- **非電離放射線**
  - 電波，マイクロ波，赤外線，可視光線，紫外線等

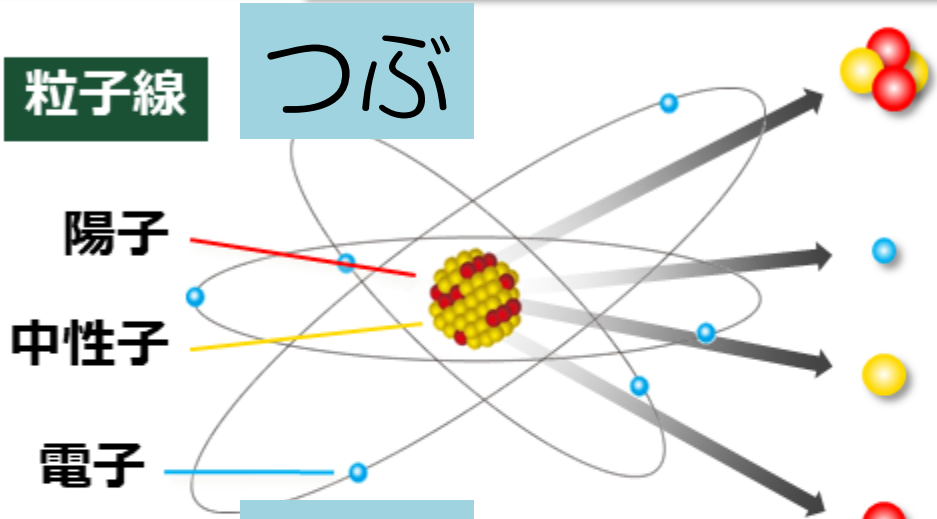
放射線には電離放射線と非電離放射線がありますが、通常放射線といった場合は、電離放射線のことをいいます。

出典：高度情報科学技術研究機構/原子力百科事典ATOMICA「電離放射線」を改変

電離放射線の種類

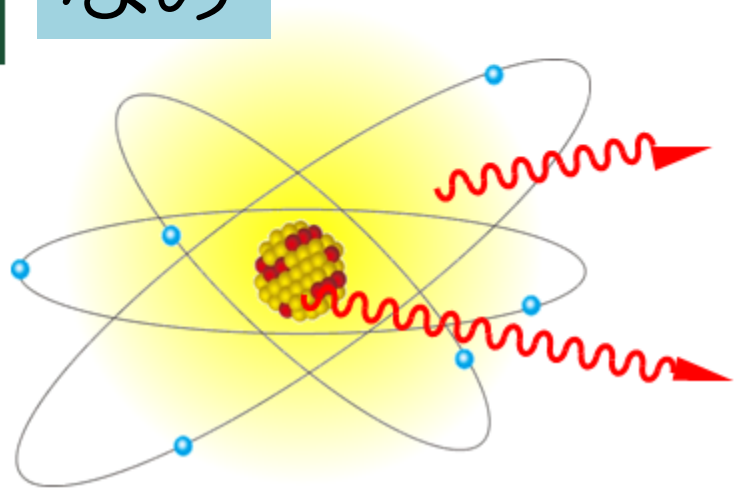
電離放射線　電離作用を有する放射線

粒子線　つぶ



- α線（原子核から飛び出るヘリウムの原子核）
- β線（原子核から飛び出る電子）
- 中性子線（原子炉，加速器等から作られる）
- 陽子線（加速器等から作られる）

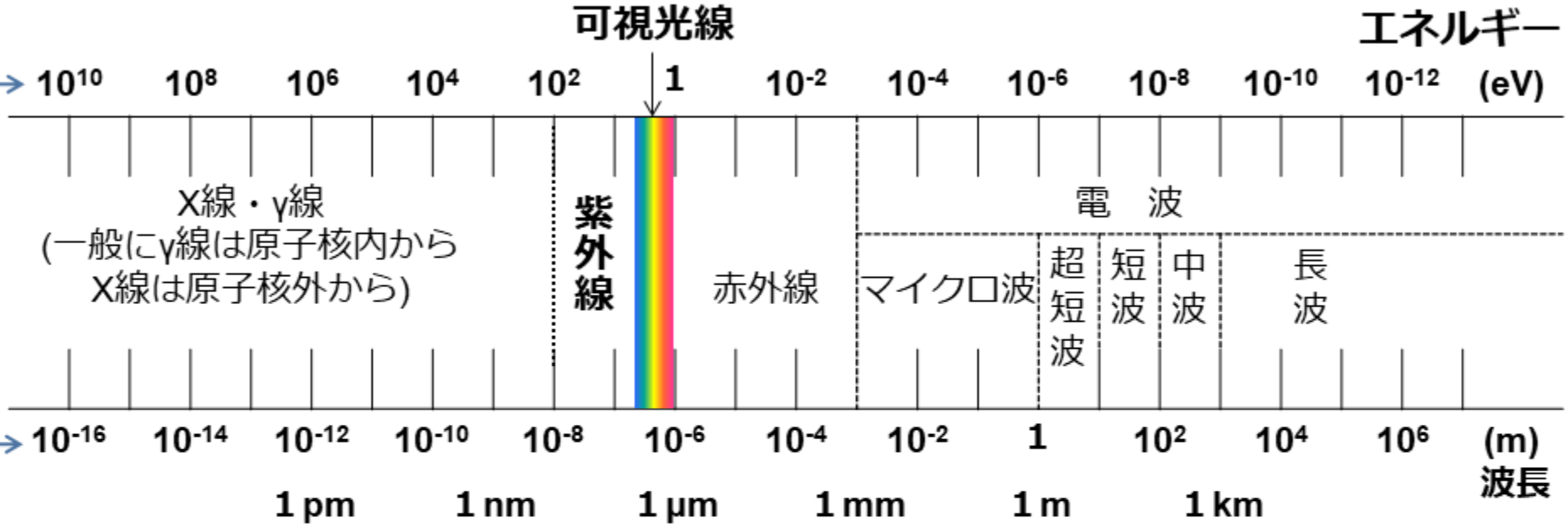
電磁波　なみ



- X線（原子核の外で発生）
- γ線（原子核から放出）

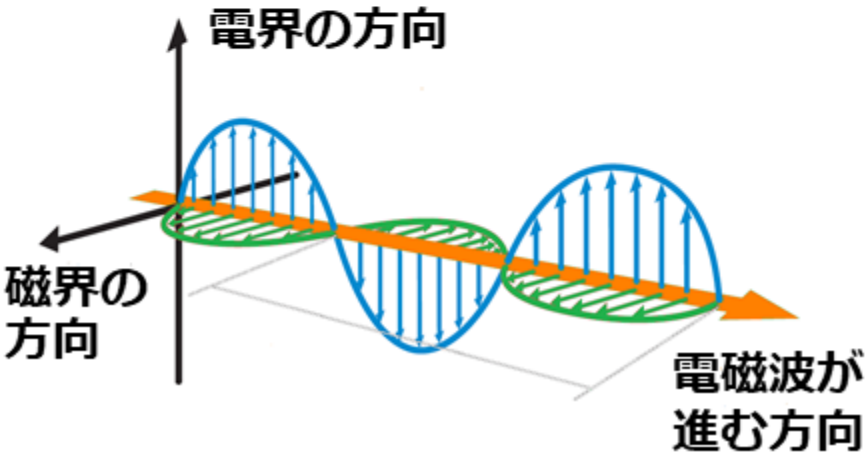
放射線　電磁波の仲間　なみのなかま

かしこうせん　→みえる光



・光は波としての性質のほかに粒子としての性質を持ちます
・電磁波を粒子と捉えたときに「光子」と呼びます

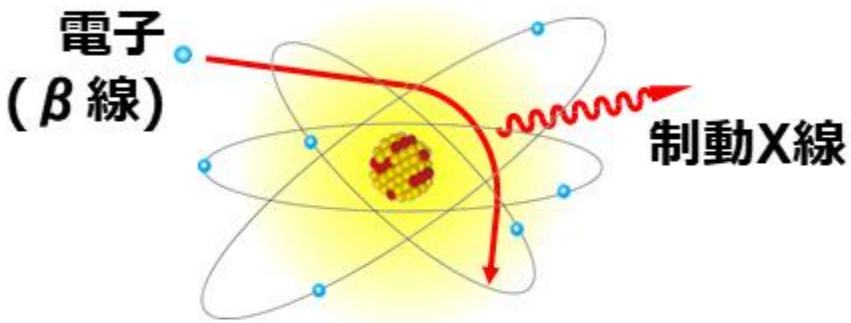
上の数字は光子のエネルギー(eV)、
下の数字は波動としての波長(m)を示します



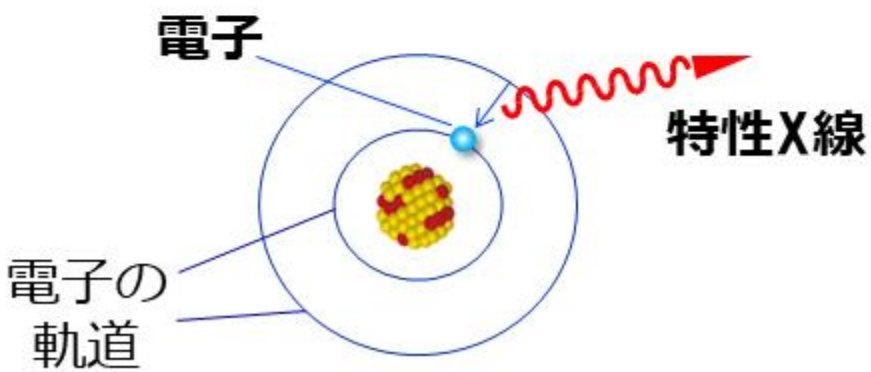
pm：ピコメートル　μm：マイクロメートル
nm：ナノメートル　eV：電子ボルト

放射線　医療で使われるエックス線と発生装置

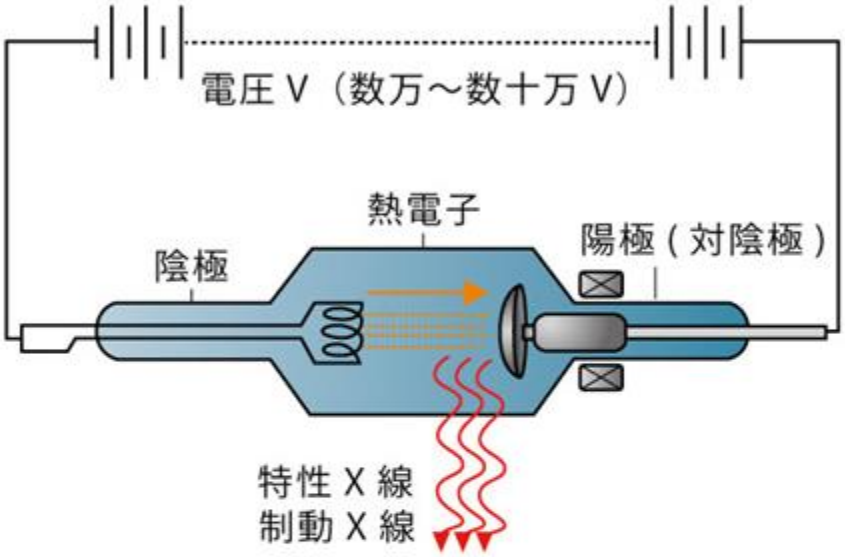
制動X線



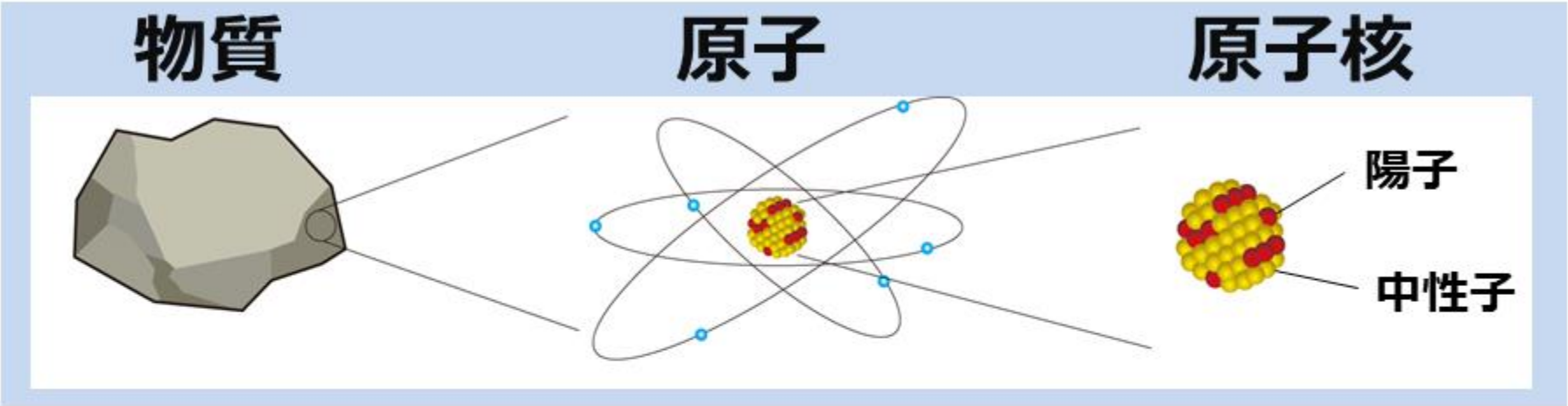
特性X線

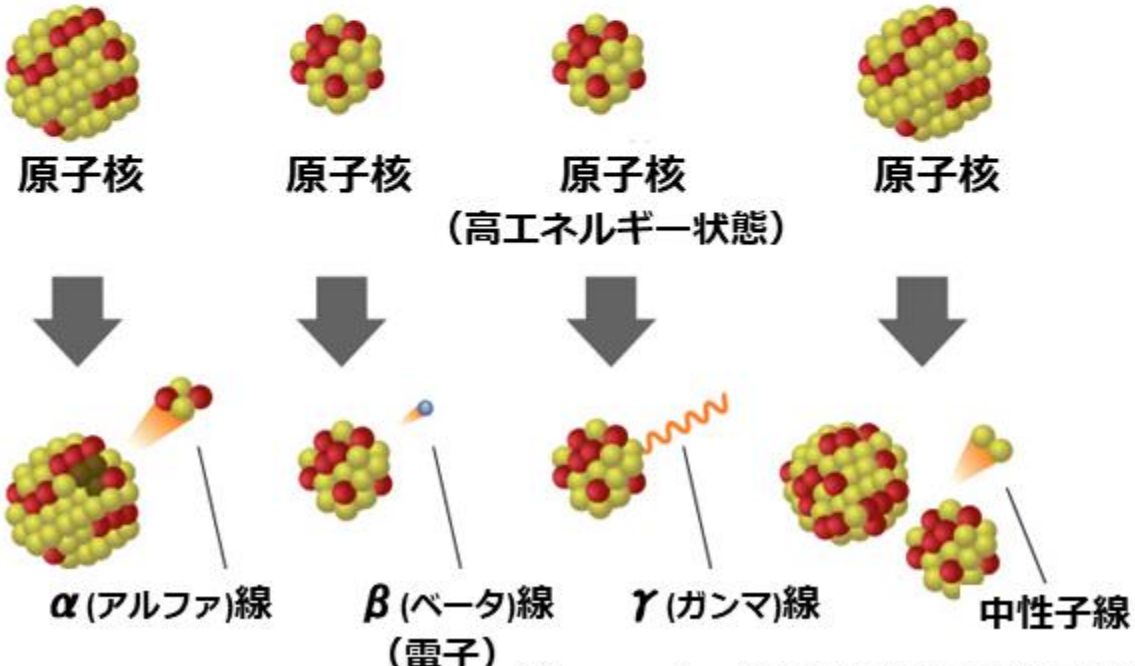


X 線発生装置の構造図

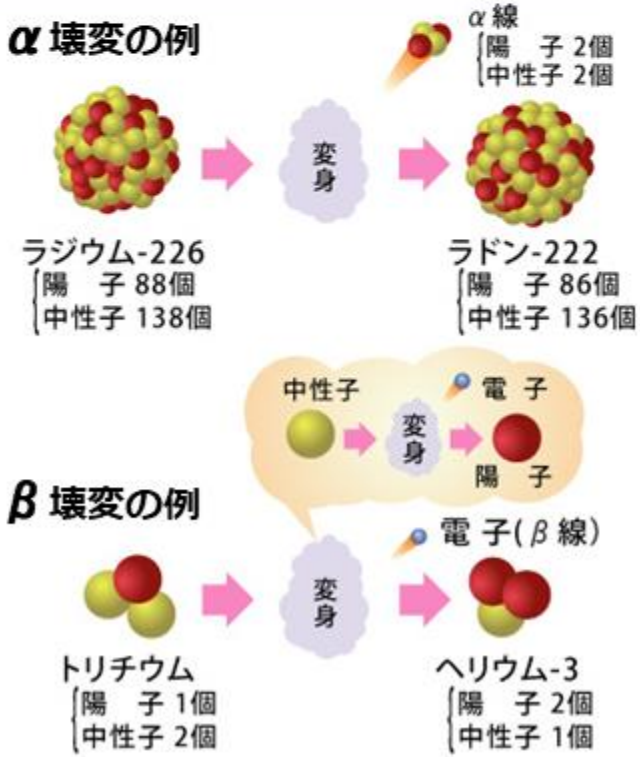


放射線はどこで生まれる？

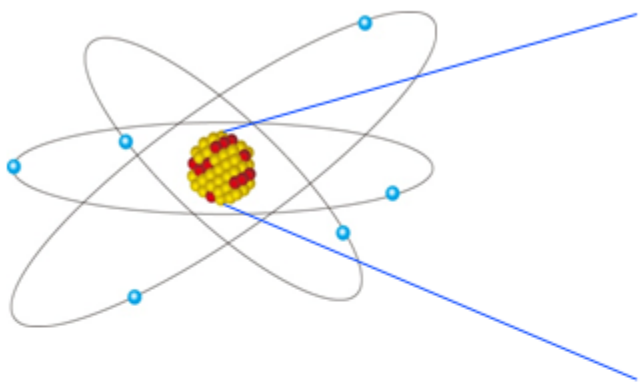




※X(エックス)線は原子核の外側で発生



放射性物質　原子核の安定・不安定

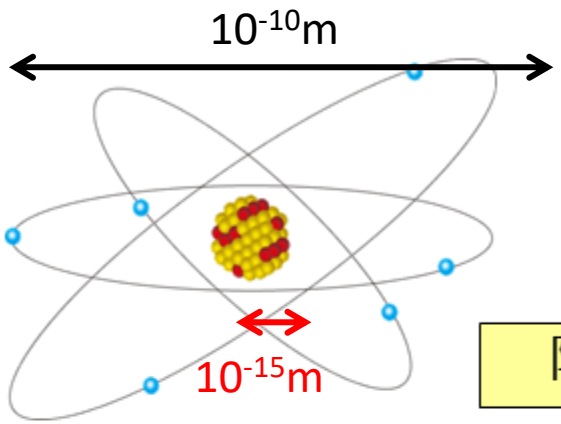


原子核

陽子と中性子の数のバランスにより、
不安定な原子核が存在します
＝放射性の原子核

		炭素11	炭素12	炭素13	炭素14	セシウム133	セシウム134	セシウム137
原子核	陽子数	6	6	6	6	55	55	55
	中性子数	5	6	7	8	78	79	82
性質		放射性	安定	安定	放射性	安定	放射性	放射性
記載法		^{11}C	^{12}C	^{13}C	^{14}C	^{133}Cs	^{134}Cs	^{137}Cs
		$^{11}_{6}C$	$^{12}_{6}C$	$^{13}_{6}C$	$^{14}_{6}C$	$^{133}_{55}Cs$	$^{134}_{55}Cs$	$^{137}_{55}Cs$
		C-11	C-12	C-13	C-14	Cs-133	Cs-134	Cs-137

C - 8	C - 9	C - 10	C - 11	C - 12	C - 13	C - 14	C - 15	C - 16	C - 17	C - 18	C - 19	C - 20		C - 22
2.0E-21s	126.5ms	19.305s	20.364m	98.93	1.07	5700y	2.449s	747ms	193ms	92ms	49ms	14ms		6.1ms



			電荷
原子	原子核	陽子	+
		中性子	0
	電子		−

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

周期	族 1	族 2	族 3	族 4	族 5	族 6	族 7	族 8	族 9	族 10	族 11	族 12	族 13	族 14	族 15	族 16	族 17	族 18
1	1 H 1.008																	2 He 4.003
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											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	57-71 ﾗﾝﾀﾉｲﾄﾞ	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 ｱｸﾁﾉｲﾄﾞ	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)

原子番号	元素記号
原子量	

気　体
液　体
固　体
形状不明

57-71 ﾗﾝﾀﾉｲﾄﾞ	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 ｱｸﾁﾉｲﾄﾞ	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）

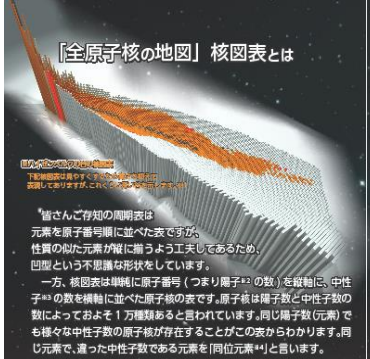
文部科学省　「一家に１枚 元素周期表（第13版）」より作成

核図表

Chart of Nuclides

今から137億年前、ビッグバンによって私たちの宇宙は生まれました。でもその時に存在した元素は水素とヘリウムだけ。それから3億年ほど経て星が生まれると、その中で重い元素が創られ始め、星の終焉に起きる超新星爆発では、より重い元素が一気に創られたと考えられています。私たちの体を含め、宇宙を構成する物質は全てこれらの元素から出来ています。一方、元素の本体は陽子と中性子からなる原子核です。陽子と中性子の微妙なバランスからなる原子核の成り立ちを調べることは、物質の起源を調べることにほかなりません。ここに示す核図表は全ての原子核を示した地図であり、元素合成と宇宙の歴史も刻まれています。原子核は果たしてどのように生まれたのか、またどのようなものなのか、核図表を一緒に見てみましょう。

「全原子核の地図」核図表とは



皆さんご存知の周期表は元素を原子番号順に並べた表ですが、性質の似た元素が縦に揃うよう工夫してあるため、凹型という不思議な形状をしています。

一方、核図表は単純に原子番号（つまり陽子[#2]の数）を縦軸に、中性子[#3]の数を横軸に並べた原子核の表です。原子核は陽子数と中性子数の数によっておよそ1万種類あると言われています。同じ陽子数（元素）でも様々な中性子数の原子核が存在することがこの表からわかります。同じ元素で、違った中性子数である元素を［同位元素[#4]］と言います。

この表の"高さ"、というか"谷の深さ"は それぞれの原子核の結合エネルギーを示しています（低い方が強い）。結合力の強い安定核（黒）が、あたかも谷筋を流れる川のようなので、これを［ハイゼンベルク[#5]の谷］と呼びます。

核図表の見かた

縦軸は陽子数であり、元素の種類でもあります。下から上に向かって陽子数が増えていくため、周期表の順番と一緒です。横軸は中性子数で左から右に向かって中性子の数が増えています。つまり横一線では同じ陽子数で、違う中性子数で構成される同位元素になります。

黒い所は安定核[#6]といい、天然に存在する原子核です。オレンジ色の所はこれまでに発見・合成された原子核です。白い所は理論的に存在するとされる原子核で未発見の原子核です。高さは結合エネルギー[#7]を表していて、高いほど原子核が不安定といえます。

原子核の表記方法

陽子＋中性子数 / 陽子数 元素記号

例えばヘリウム4では

$^{4}_{2}He$

例えば炭素13では

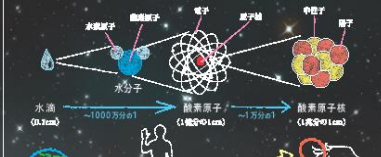
$^{13}_{6}C$

と表す。（※右の核図表では陽子数は省略）

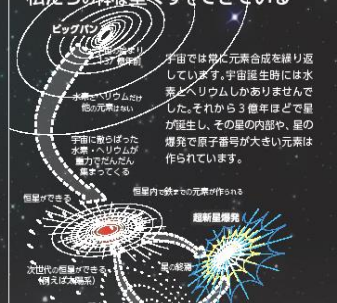
真上からみた立体核図表

原子核の大きさ

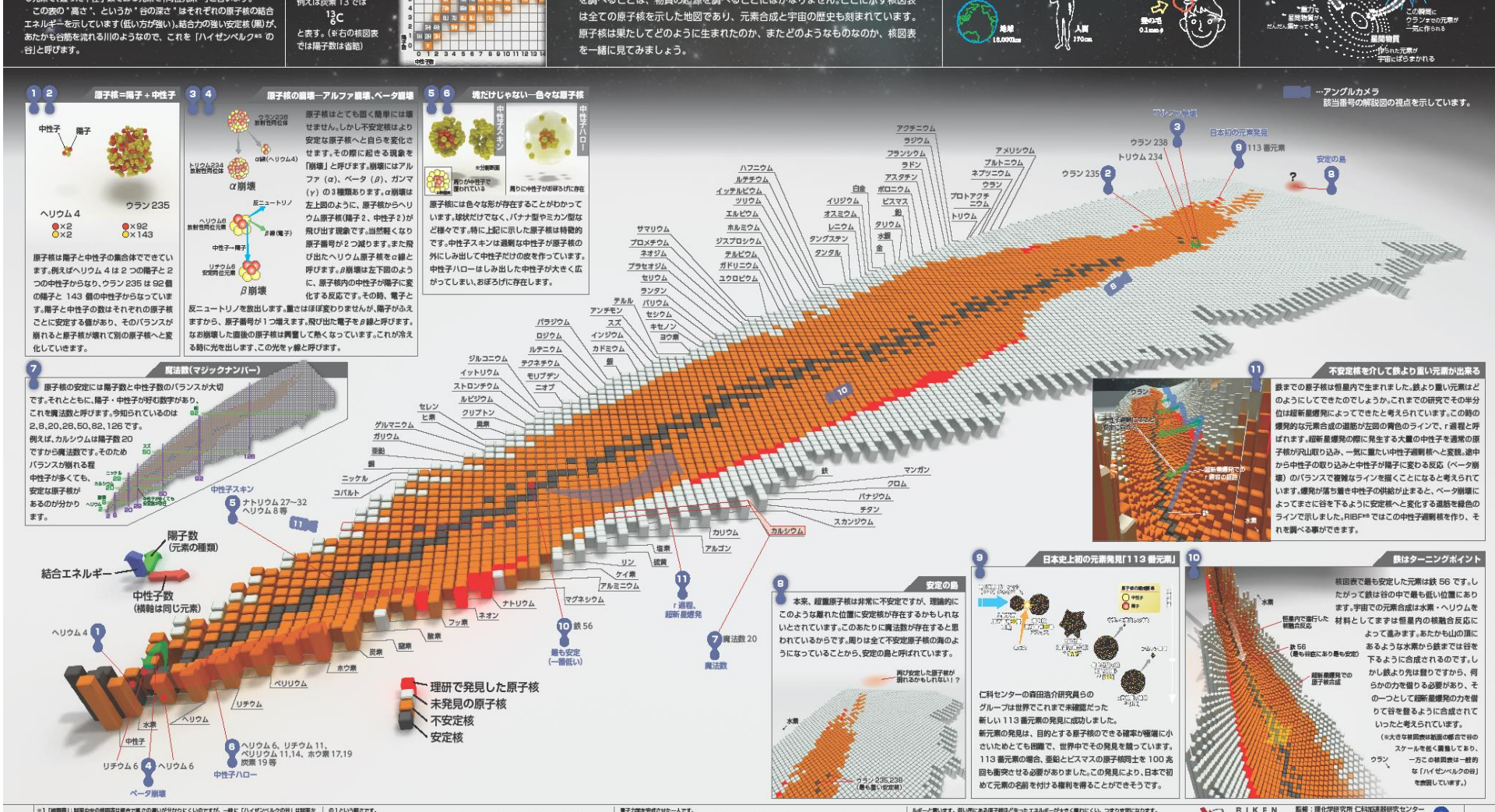
原子の大きさは約1000万分の1.mm。最新鋭の顕微鏡でぎりぎり見える大きさです。しかし元素の本体は原子の中心にある原子核です。原子核の大きさは原子のさらに10万分の1ですから、まったく見ることは出来ません。たとえ見えなくても私たちは原子核が陽子（＋の電気を持つ）と中性子（電気を持たない）という2種類の粒子の塊であることを知っています。



私たちの体は星くずでできている



宇宙では常に元素合成を繰り返しています。宇宙誕生時には水素とヘリウムしかありませんでした。それから3億年ほどで星が誕生し、その星の内部や、星の爆発で原子番号が大きい元素は作られています。



※1「核図表」：核図中央の核図表は都合で真ん中の線が分かりにくいのですが、一番上「ハイゼンベルクの谷」は図面左上部のように深い谷で表現します。なお、黒い所にすると内側が見えなくなってしまう…、というのが都合です。
※2.3「陽子」「中性子」：原子核は以前は陽子と中性子の2種類の粒子で出来ていると考えられていました。プラス電荷を持つ中性子、電荷を持たないのが中性子です。通常は原子核は電子で覆い隠されていて、その電子はマイナス電荷を持ち重さは陽子の約2000分の1ということ。

※4：［同位元素］：同位体ともいいます。同位元素には放射性崩壊を起こす［放射性同位元素］（RI）と、崩壊しない［安定同位元素］とがあります。
※5［ハイゼンベルク］：ドイツの理論物理学者、ヴェルナー・カール・ハイゼンベルク。行列力学と不確定性原理によって量子力学を完成させた一人です。
※6［安定核］：崩壊しない原子核のことを安定核といいます。ただし、ウランなどのように半減期が地球の年齢よりも長く崩壊も可能性もあるが、この図では安定核としています。
※7［結合エネルギー］：陽子と中性子がバラバラではなく、結合し原子核になったときに失われるエネルギーを結合エネルギーと言います。低い所にある原子核ほど失ったエネルギーが大きく壊れにくい、つまり安定になります。
※8［RIBF］：RIビームファクトリー。理研仁科加速器研究センターの日本を代表する原子核研究施設の総称。

監修：理化学研究所 仁科加速器研究センター
URL：http://www.nishina.riken.jp/
この図は2012年7月現在のものです。
改訂版などの情報は上記ホームページでご確認ください。

線形加速器

同軸のシリンダー状の高周波加速管を直線状に配列

リニアック（線形加速器）　Linac (Linear accelerator)

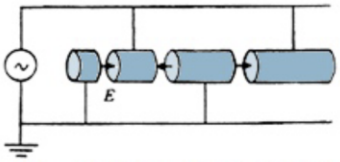


図1　ヴィデレー型リニアック

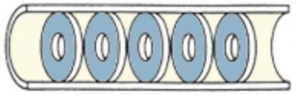


図2　円盤装荷導波管

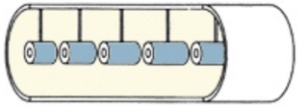
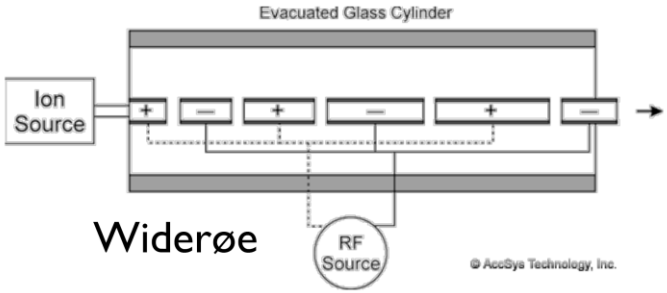
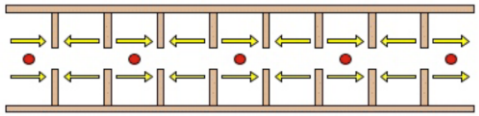
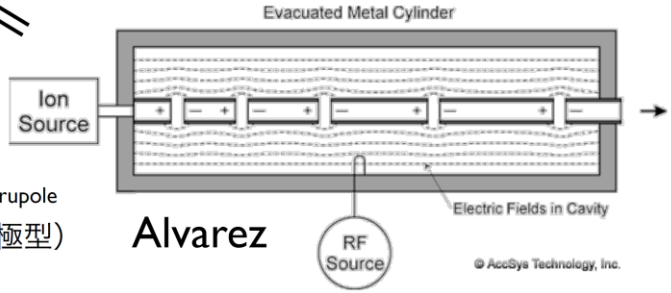


図3　アルバレ型リニアック

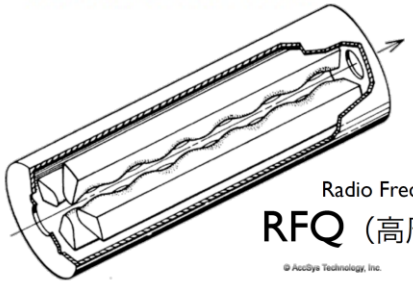


Widerøe





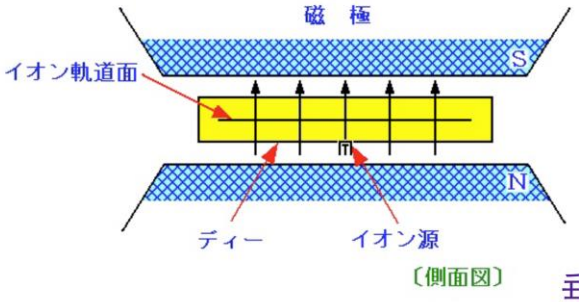
Alvarez

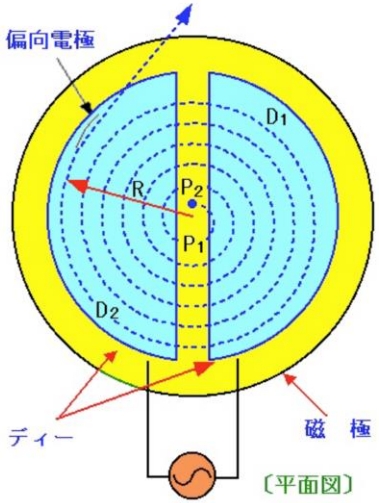


Radio Frequency Quadrupole

RFQ（高周波四重極型）

サイクロトロン





サイクロトロン

Cyclotron

Lawrence (1929)

垂直磁場

$t = \pi m / B q$

相対論的領域では周期が遅れる

シンクロサイクロトロン
Synchrocyclotron

AVF サイクロトロン
Azimuthally-varying-field
Cyclotron

周波数固定サイクロトロン

陽子・重陽子　　25MeV
α線　　50MeV
連続的に粒子を加速

周波数を変調させるサイクロトロン

陽子　　数十MeV～数百MeV
パルス状のビーム

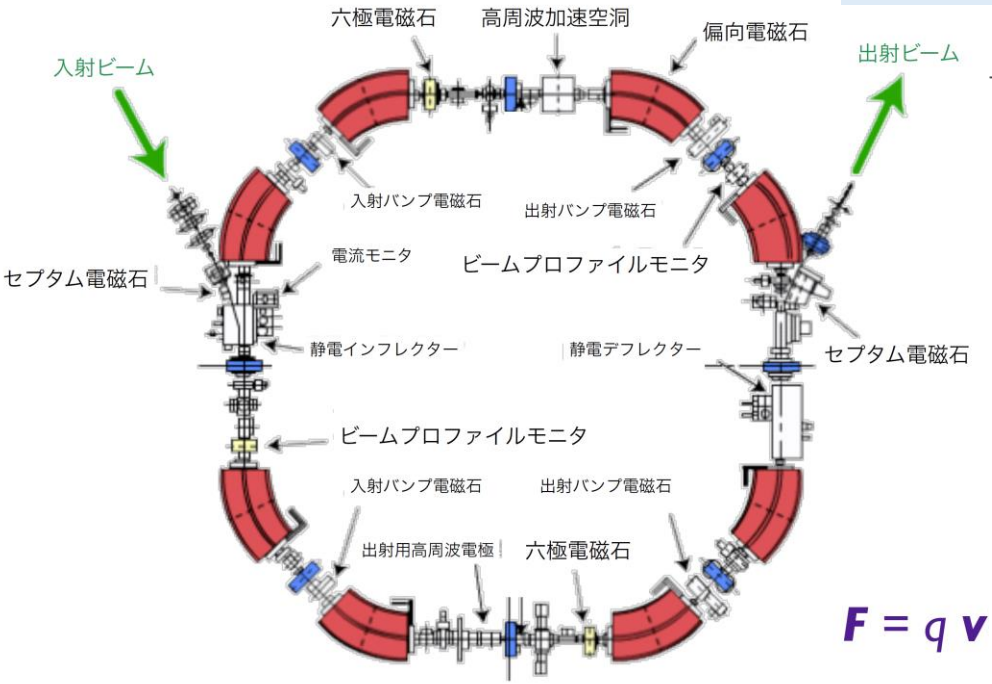
磁場の強さ変調させるサイクロトロン

陽子　　～百MeV
連続ビーム

シンクロトロン

リング状に磁石を配置し、粒子の加速に合わせて磁場の強さを変化させるとともに、加速周波数を変化させて、粒子ビームの軌道半径を一定に保つ
パルス状のビーム

シンクロトロン　Synchrotron



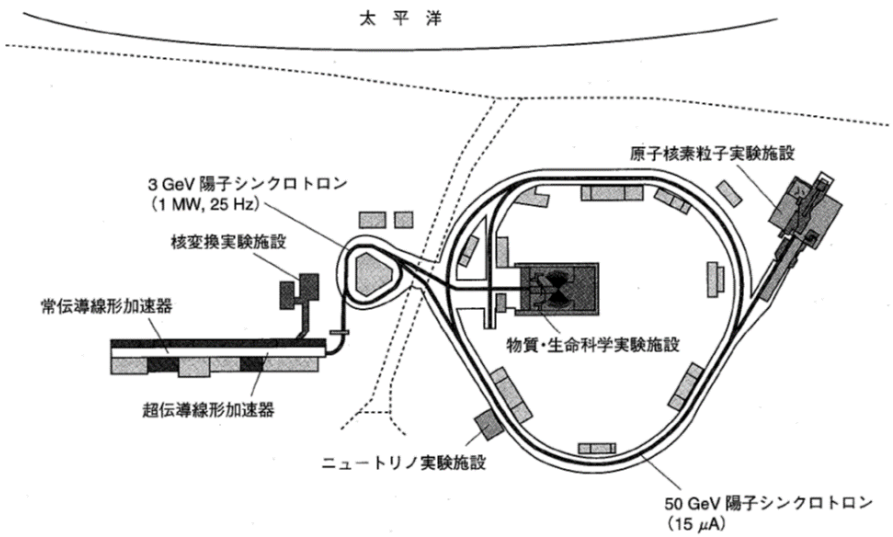


図 9.4　J-PARC における陽子加速器群の配置図．茨城県東海村の日本原子力研究開発機構の構内に設置されている

$$\boldsymbol{F} = q\,\boldsymbol{v}$$

磁場による偏向・収束（高エネルギー）

光子線源

SPring-8（大型放射光施設：播磨）

8 GeV 電子ビーム ⇒ 放射光（X線, γ線）

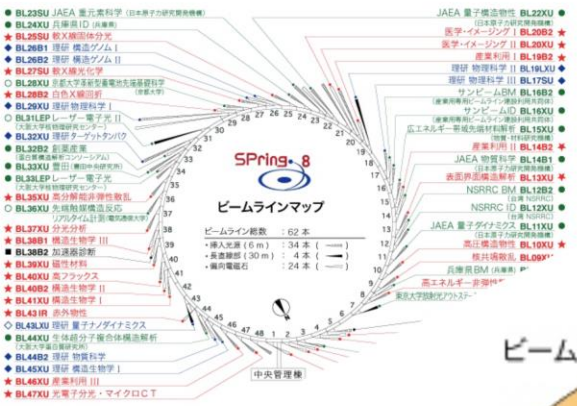
核反応による光子

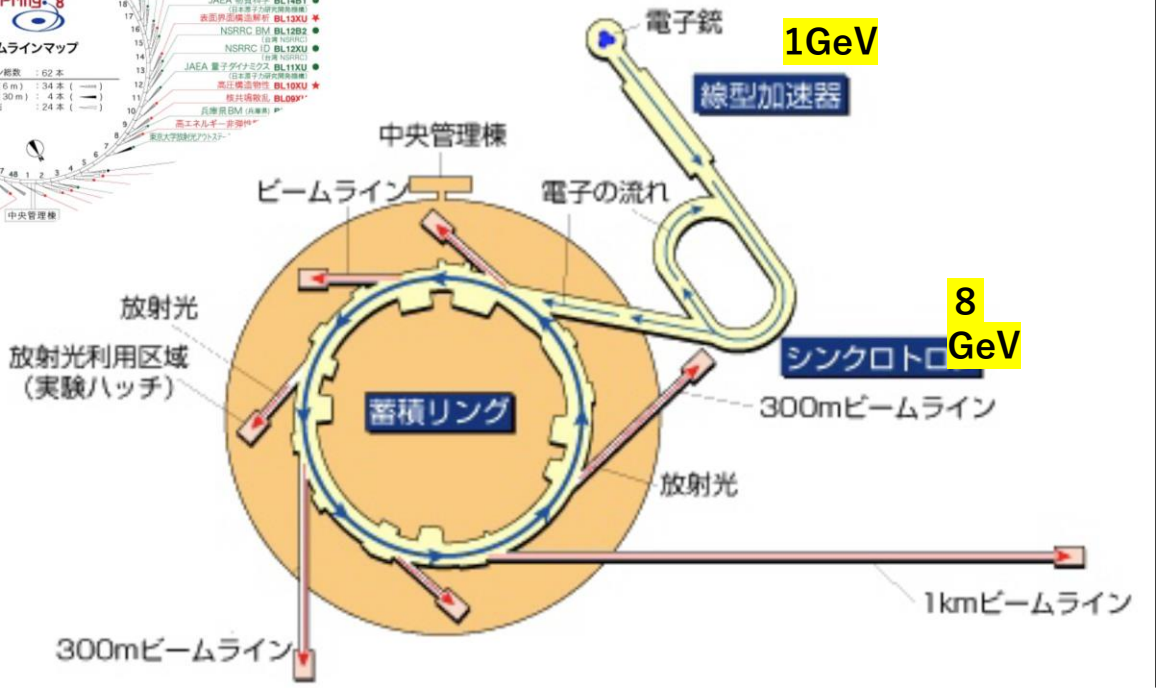
$^{3}H(p,\gamma)^{4}He$ 21.6MeV
$^{7}Li(p,\gamma)^{8}Be$
14.8,17.6MeV

制動放射による光子

連続エネルギー

シンクロトロン放射による光子



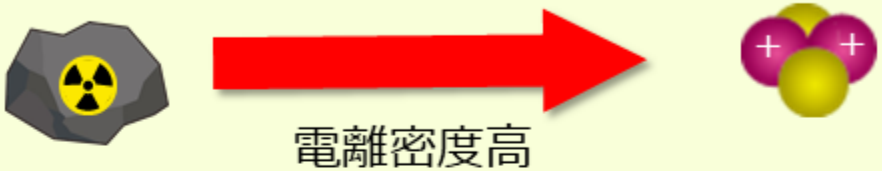


次世代放射光施設「NanoTerasu（ナノテラス）」

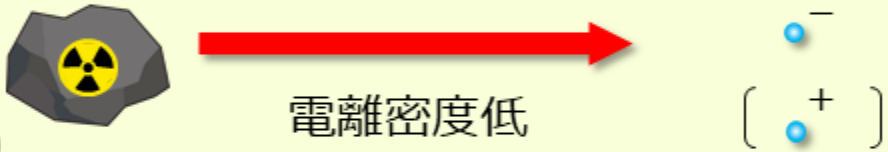
放射線

放射線の種類と生物への影響力

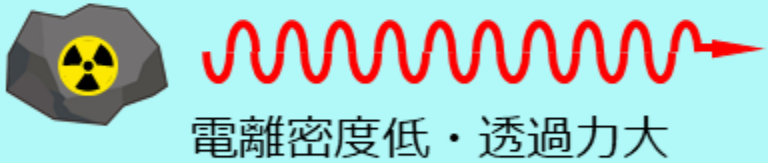
- **α線**
  - 陽子２個＋中性子２個
  - ヘリウム（He）の原子核
  - 荷電粒子（２+）



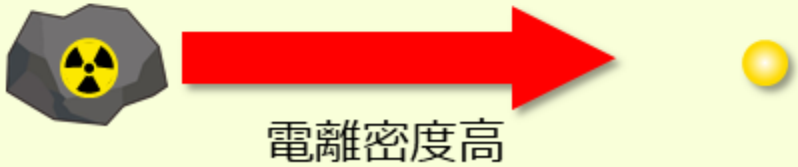
- **β線**
  - 電子（あるいは陽電子）
  - 荷電粒子（－あるいは＋）



- **γ線・X線**
  - 電磁波（光子）

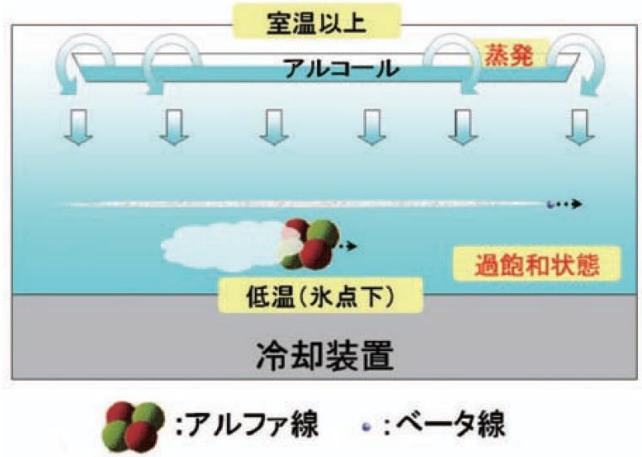


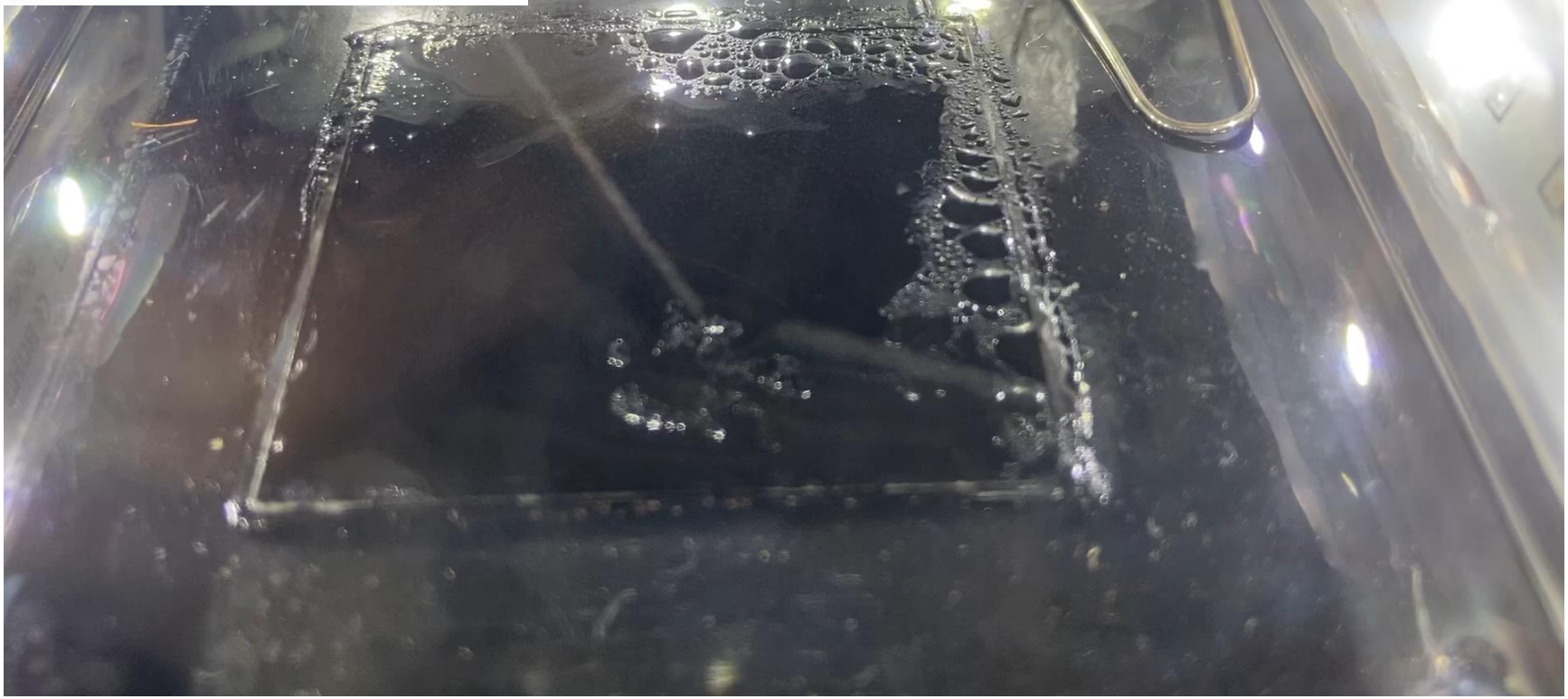
- **中性子線**
  - 中性子
  - 非荷電粒子



同じ電離数の場合、電離密度が高い方がより生物影響が大きい

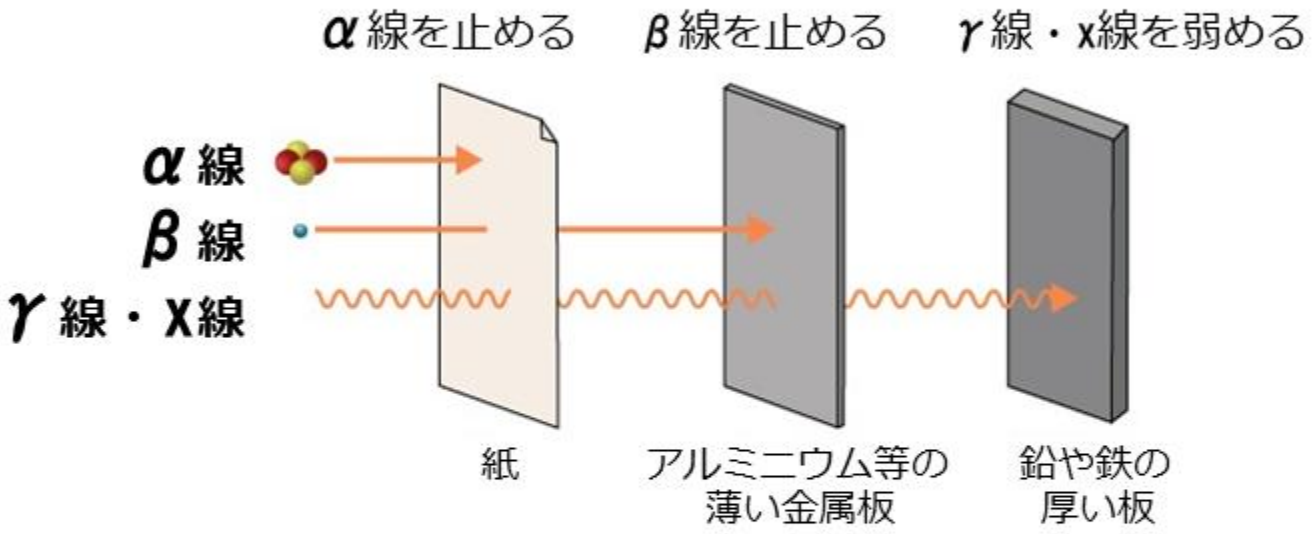
霧箱観察（放射線が飛ぶ様子）

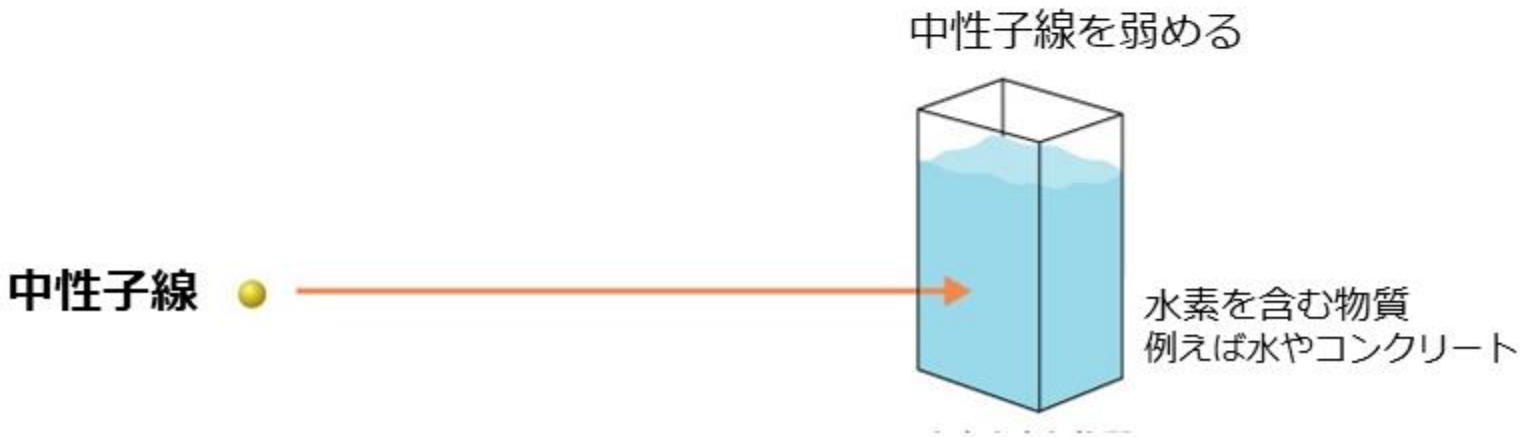




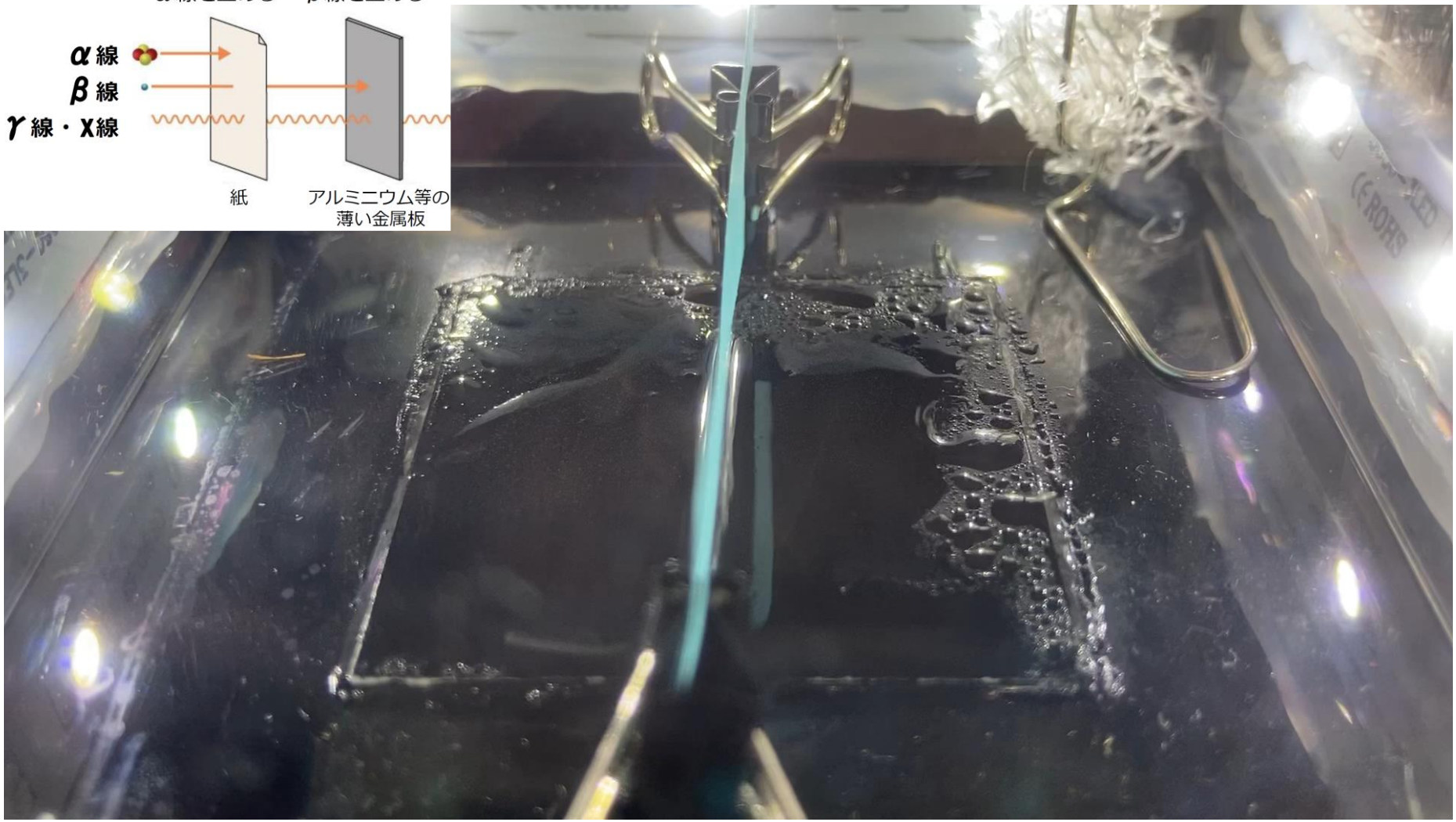
放射線の透過力

放射線は、いろいろな物質で遮ることができます

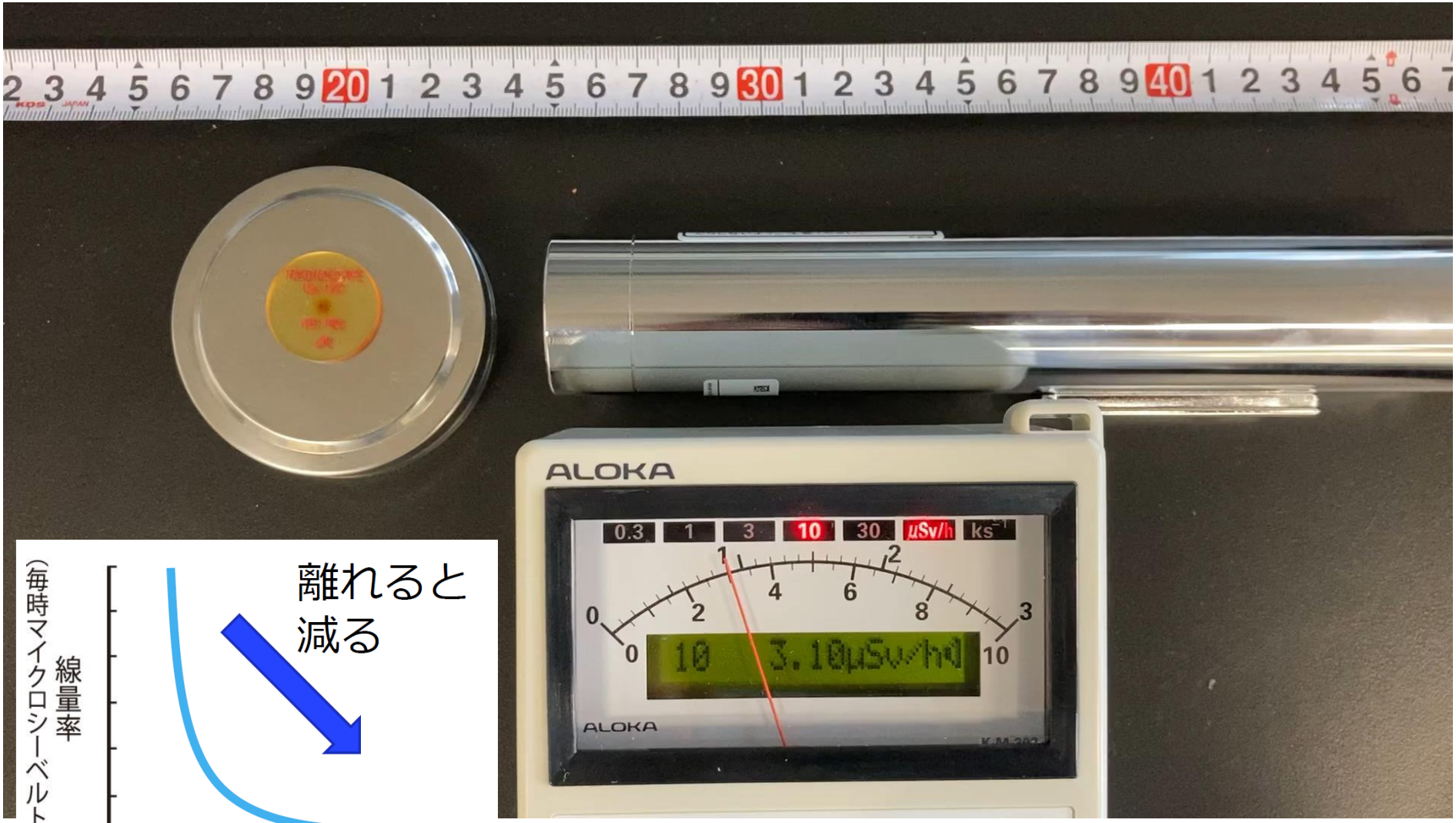


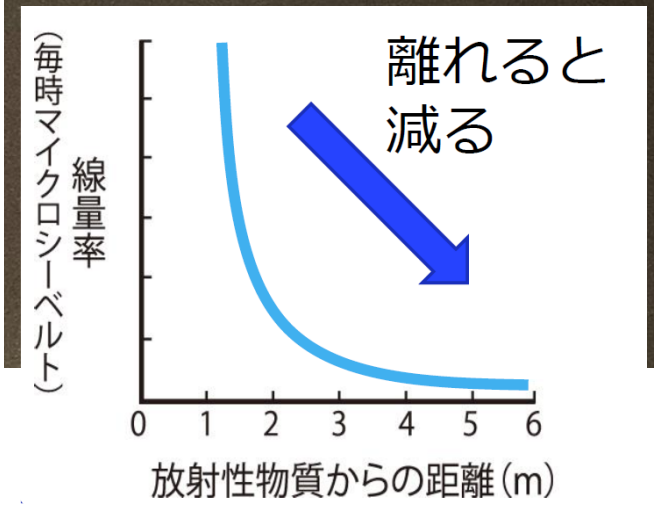


霧箱観察（放射線が飛ぶ様子-遮へいあり）

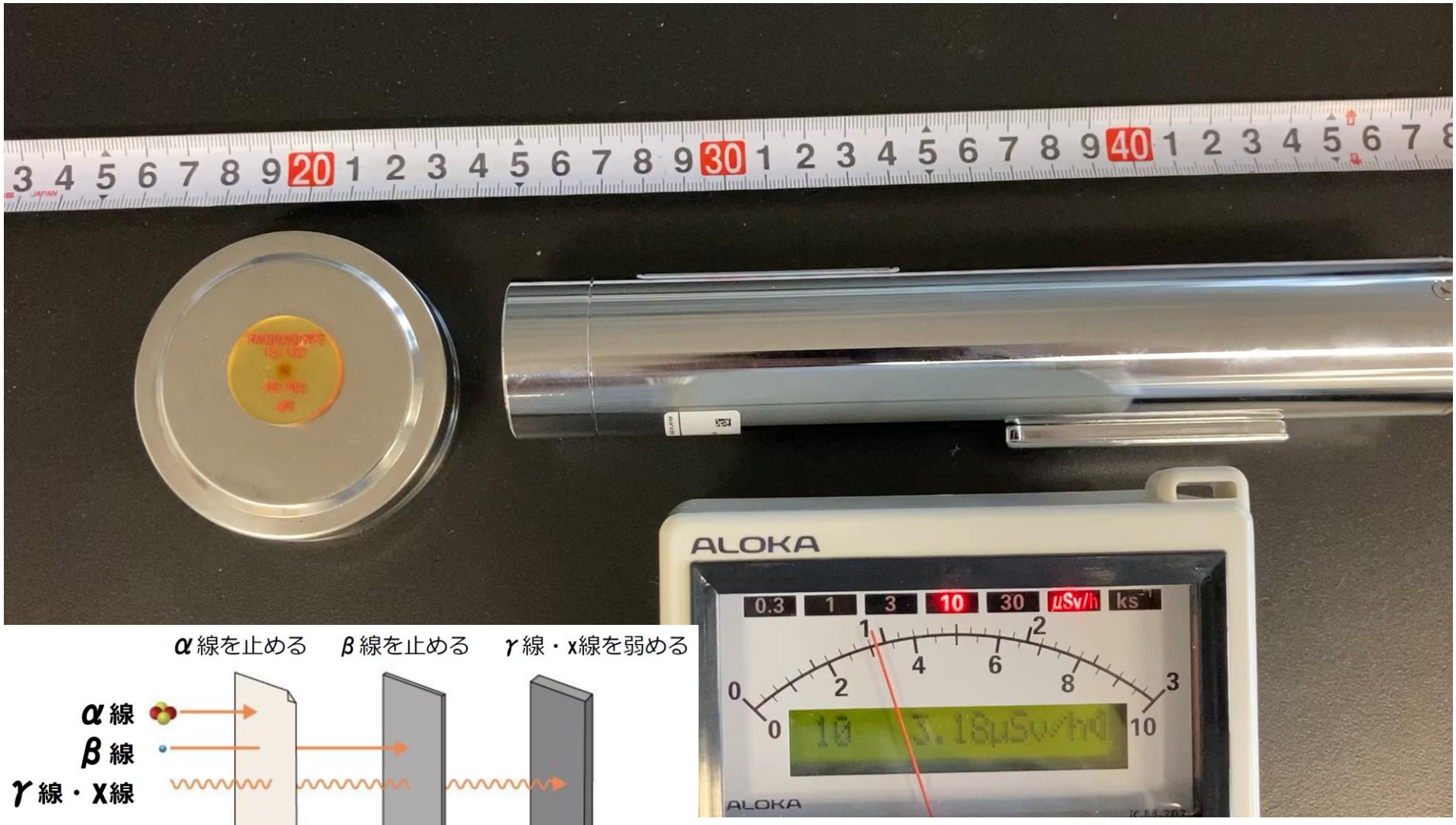


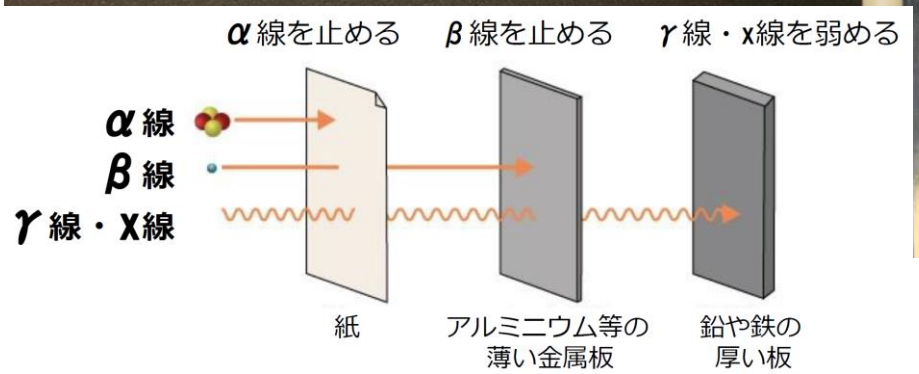
放射線の性質（距離による減衰）



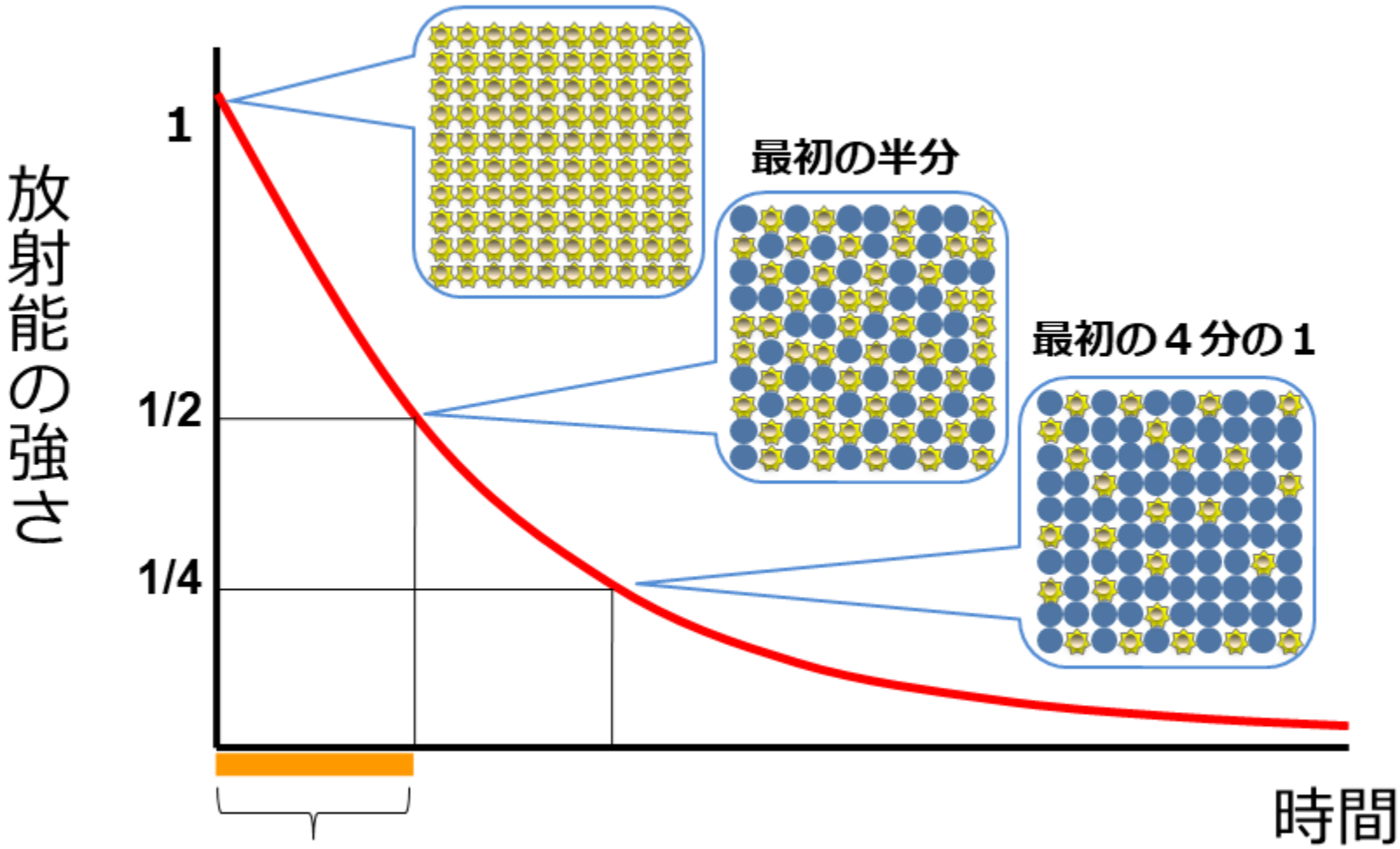


放射線の性質（遮へいの効果）



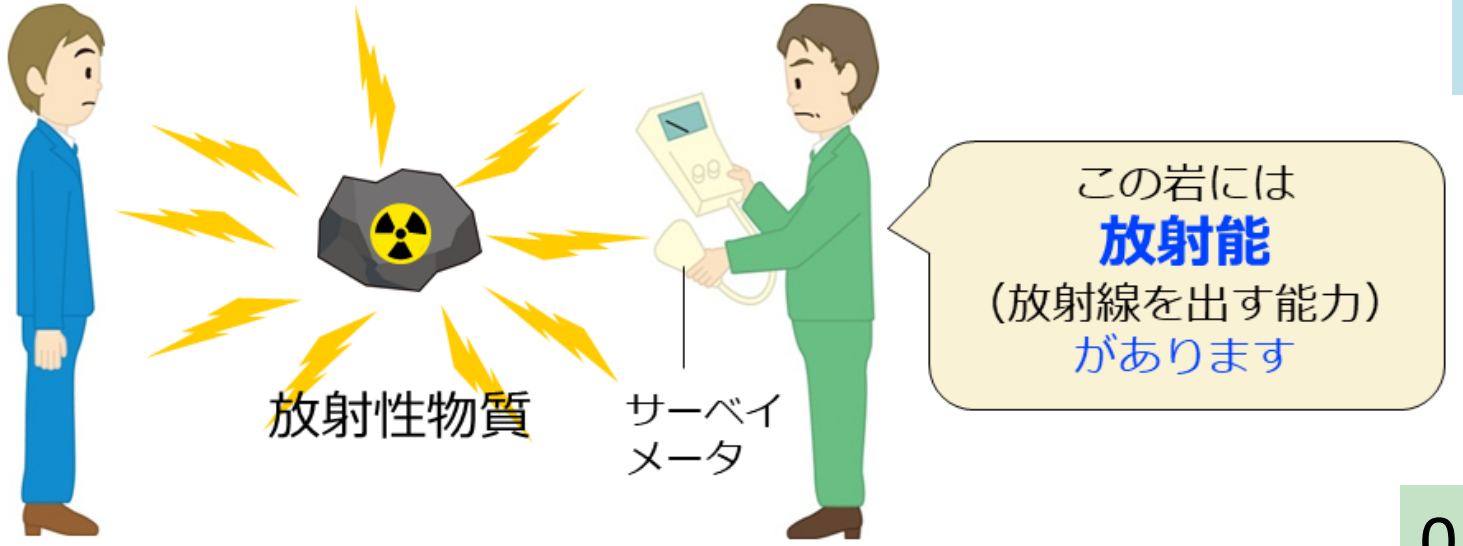


放射性物質　半減期と放射能の減衰



放射性物質の量が半分になる時間
＝（物理学的）半減期

放射線と放射能の単位



1 mSv/y

0.114μSv/h

(8766 h/y)

ベクレル（Bq）

放射能の強さの単位：
１秒間に１個の割合で原子核が変化する
(壊変する）＝１ベクレル

シーベルト（Sv）

人が受ける放射線被ばく線量の単位：
放射線影響に関係付けられる

小さな単位

（ex.原子１個を数える）

M(10^6),G(10^9),T(10^{12}),P(10^{15}),E(10^{18})

大きな単位

（ex.人は３７兆個の細胞でできている）

m(10^{-3}),μ(10^{-6}),n(10^{-9}),p(10^{-12})

放射線の単位　単位間の関係

放射線を出す側

放射能の強さ※1

ベクレル（Bq）

放射性物質

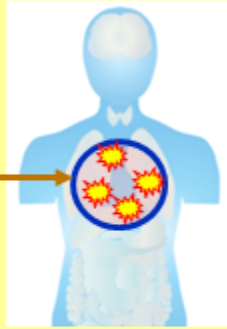
※1：1秒間に壊変する原子核の数

放射線を受ける側

吸収線量※2

グレイ（Gy）

放射線を受けた単位質量の物質が吸収するエネルギー量



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

※2：物質1kg当たりに吸収されるエネルギー（ジュール：J、1J≒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で表す単位

放射線の単位　グレイからシーベルトへの換算

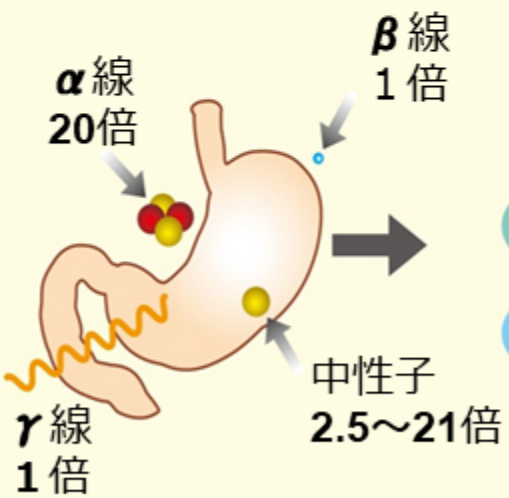
乗じる
× 放射線加重係数 w_R

乗じる
× 組織加重係数 w_T

足し合わせる
Σ

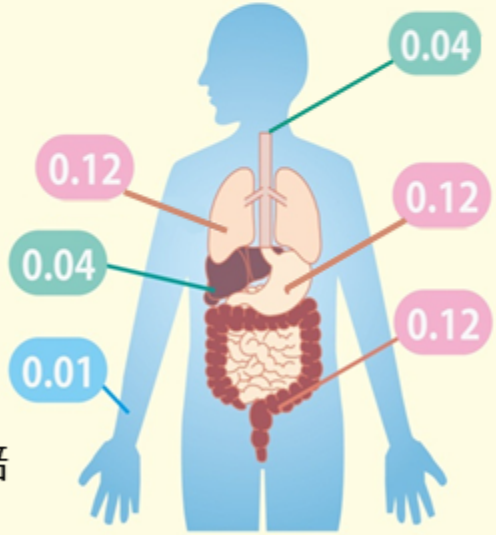
吸収線量
グレイ
(Gy)

各臓器が受ける量
（等価線量）



放射線の種類による
影響の違い

全身が受ける量



臓器による
感受性の違い

実効線量
シーベルト
(Sv)

線量概念：物理量、防護量、実用量

物理量：直接計測できる

放射能の強さ（Bq：ベクレル）
　1秒間に変化する原子核の数
放射線粒子密度（$s^{-1}m^{-2}$：フルエンス）
　単位面積に入射する粒子の数

吸収線量（Gy：グレイ）
　物質1kg当たりに吸収されるエネルギー
照射線量（X線、γ線対象）（C/kg）
　空気1kgに与えられるエネルギー

物理量から定義

人の被ばく影響を表す線量：直接計測できない

防護量

等価線量（Sv：シーベルト）
　人の臓器や組織が個々に受ける影響を表す

実効線量（Sv：シーベルト）
　個々の臓器や組織が受ける影響を総合して全身への影響を表す

≒

実用量

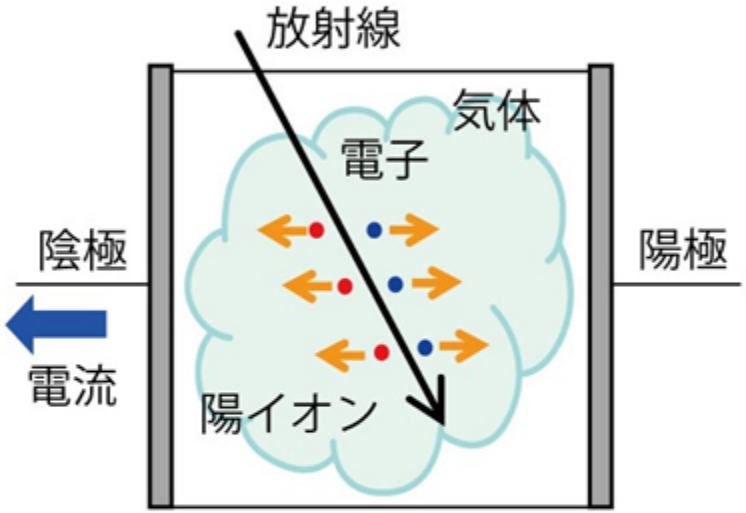
周辺線量当量（Sv：シーベルト）
方向性線量当量（Sv：シーベルト）
　環境モニタリングにおいて用いられる防護量の近似値

個人線量当量（Sv：シーベルト）
　個人モニタリングにおいて用いられる防護量の近似値

放射線測定の原理

放射線と物質との相互作用を利用して測定する。

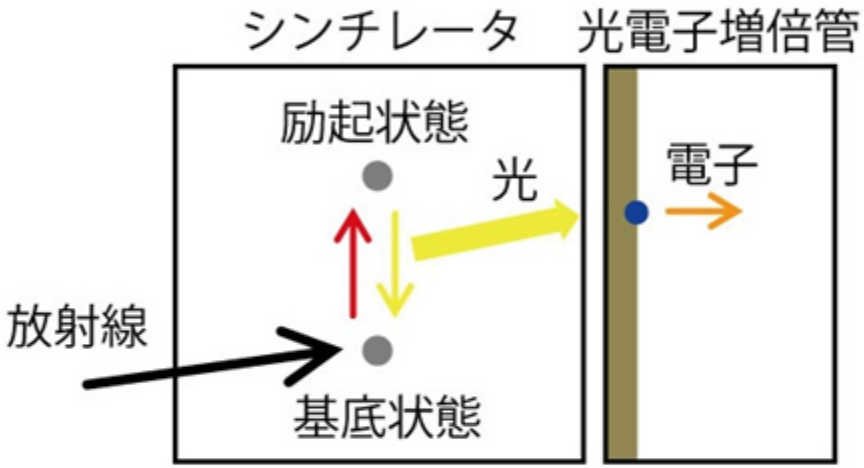
（気体との）電離作用



- 検出器には不活性ガスや空気などの気体が充填。
- 放射線が気体中を通過すると分子が電離して陽イオンと電子を生成。
- 陽イオンと電子が電極に引き寄せられ電気信号に変換して測定する。

GM計数管式サーベイメータ、電離箱など

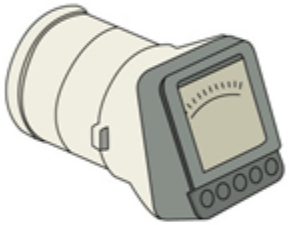
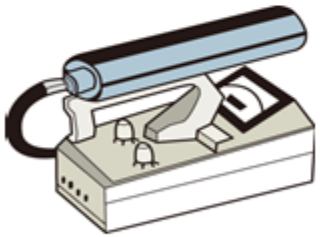
励起作用



- 放射線がシンチレータを通過すると、分子が励起されるが再び元の状態（基底状態）に戻る。
- その過程で光を放出し、放出された光を増幅・電流に変換して測定する。

NaI（Tl）シンチレーション式サーベイメータなど

外部被ばく測定用の機器

型		目　的	
GM計数管式サーベイメータ（電離）		汚染の検出	薄い入射窓を持ち、β線を効率よく検出可能である。表面汚染の検出に適している。
電離箱型サーベイメータ（電離）		γ線 空間線量率	正確であるが、シンチレーション式ほど低い線量率は測れない。
NaI（Tl）シンチレーション式サーベイメータ（励起）		γ線 空間線量率	正確で感度もよい。環境レベルから10μSv/h程度のγ線空間線量測定に適している。
個人線量計（光刺激ルミネッセンス線量計、蛍光ガラス線量計、電子式線量計等）（励起）		個人線量 積算線量	体幹部に装着し、その間に被ばくした個人線量当量を測定する。直読式や警報機能を持つタイプもある。

環境中に存在する放射性核種

- 天然放射性核種（Natural radionuclides）
  - ^{238}U,^{235}U,^{232}Th壊変系列

    ^{226}Ra,^{222}Rn,^{220}Rn,^{210}Pb,^{210}Po・・・
  - ^{40}K,^{87}Rb,^{187}Re・・・
  - 宇宙線との相互作用

    ^{3}H,^{14}C,^{7}Be,^{10}Be,^{32}P,^{33}P,^{35}S,^{36}Cl・・

- 人工放射性核種（artificial radionuclides）

  ^{3}H,^{14}C,^{90}Sr,^{137}Cs・・

  核燃料サイクル、福島原発事故等から

放射性物質　長い半減期の原子核

カリウム39　93.3%
カリウム40　0.012%
カリウム41　6.7%

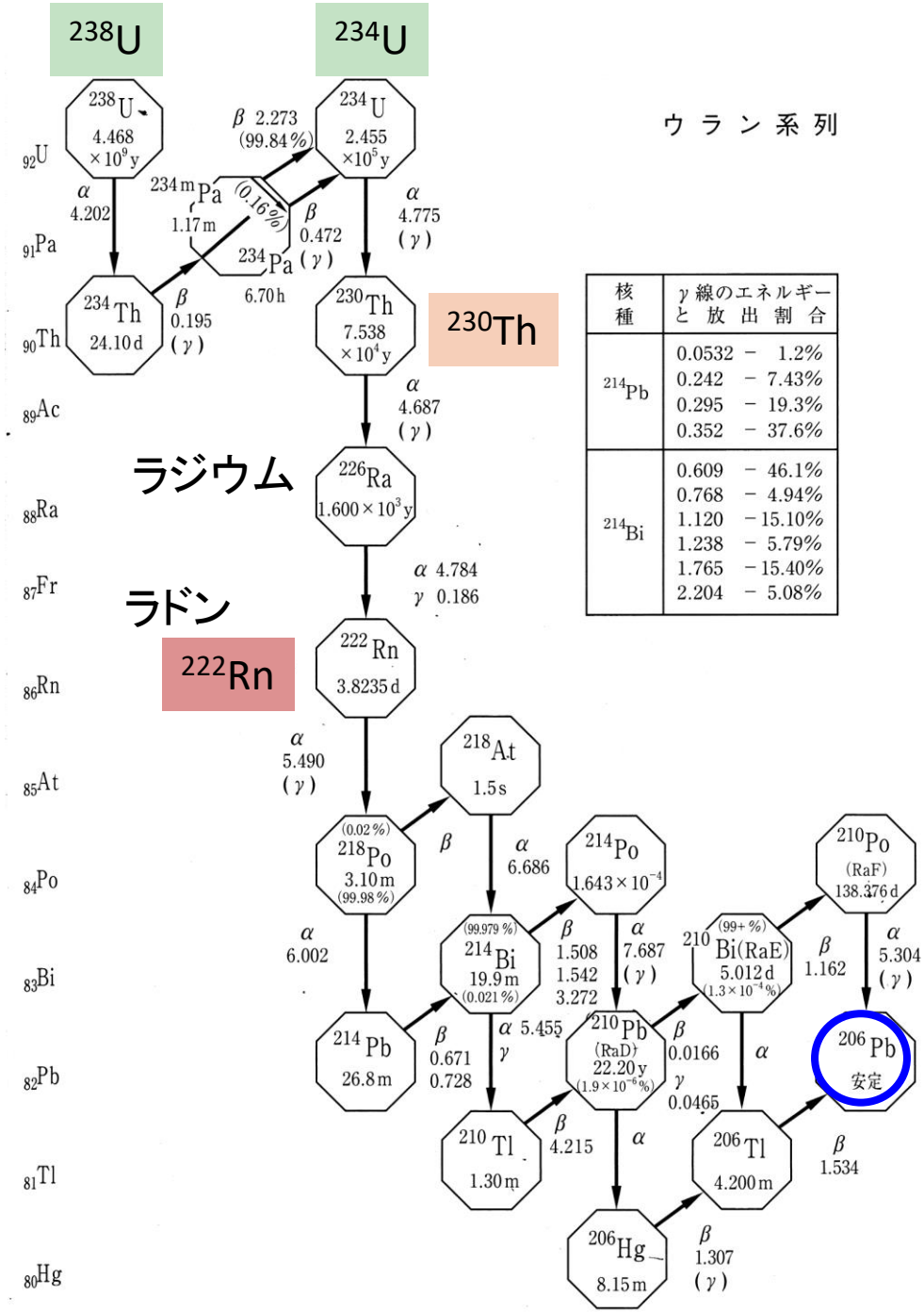
例　地球誕生以前から存在し、地球が誕生したときに取り込まれた放射性物質

系列　放射性の原子核から安定な原子核になるまで、次々に核種が変化しながら壊変する

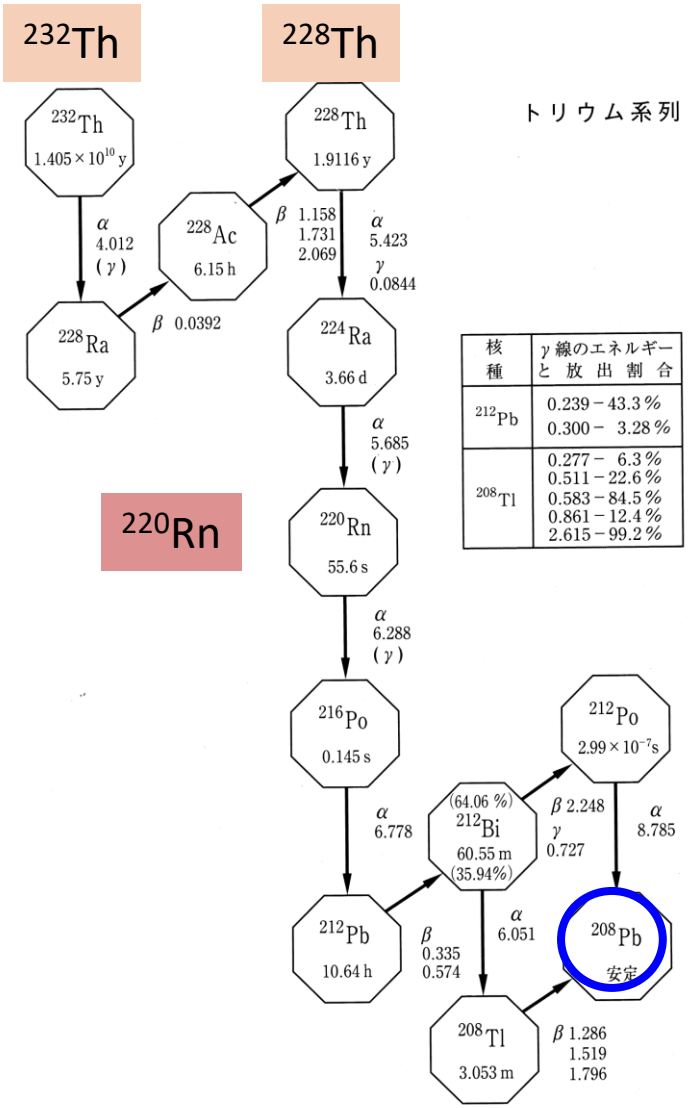
- ウラン238　半減期：45億年
- トリウム232　140億年（0.796）
- ウラン235　7億年（0.011）

非系列　放射性の原子核から直接安定な原子核に壊変する

- カリウム40　半減期：13億年（0.086）
- ルビジウム87 等　475億年



核種	γ線のエネルギーと放出割合
^{214}Pb	0.0532 − 1.2% 0.242 − 7.43% 0.295 − 19.3% 0.352 − 37.6%
^{214}Bi	0.609 − 46.1% 0.768 − 4.94% 1.120 − 15.10% 1.238 − 5.79% 1.765 − 15.40% 2.204 − 5.08%



核種	γ線のエネルギーと放出割合
^{212}Pb	0.239 − 43.3 % 0.300 − 3.28 %
^{208}Tl	0.277 − 6.3 % 0.511 − 22.6 % 0.583 − 84.5 % 0.861 − 12.4 % 2.615 − 99.2 %

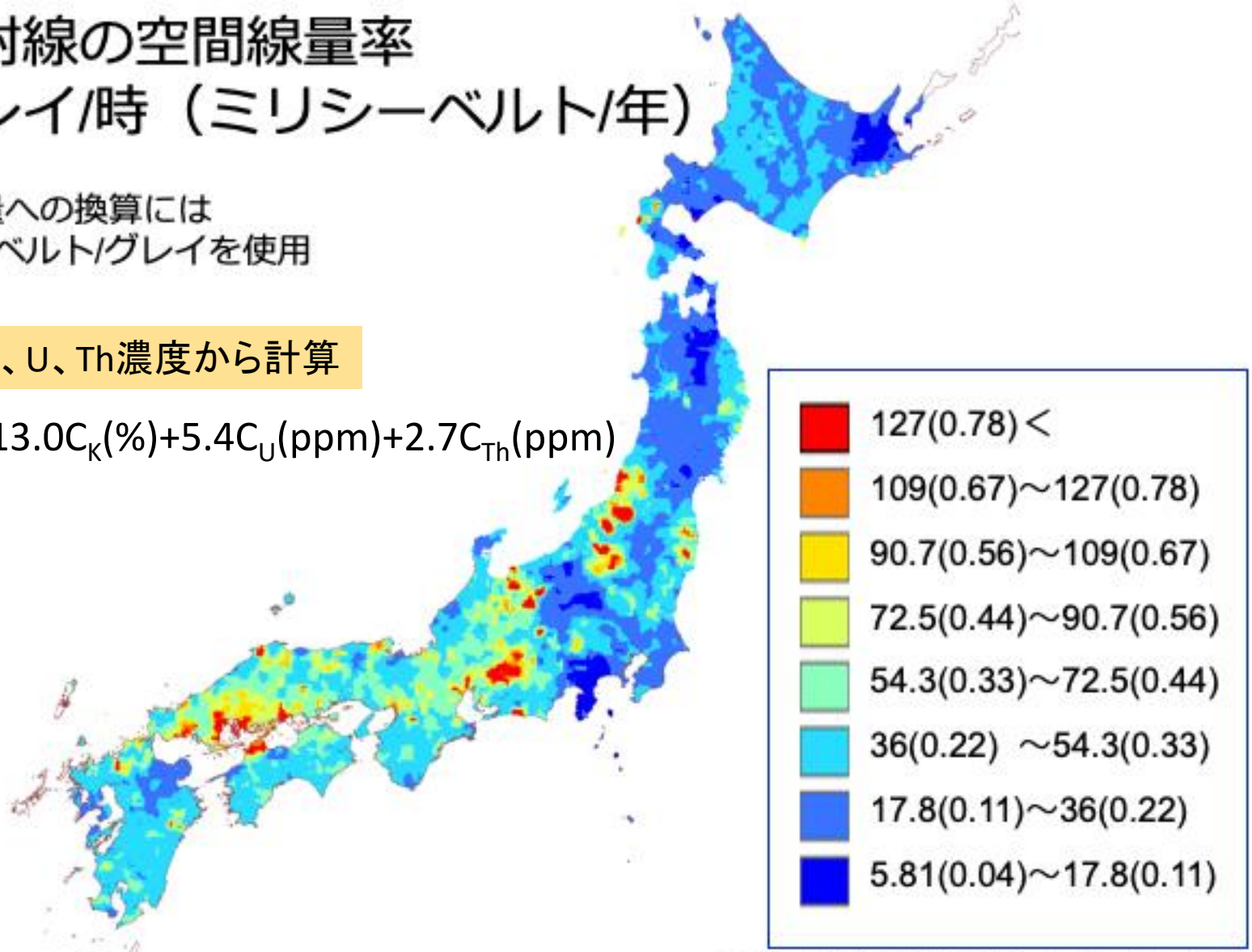
大地の放射線（日本）

自然放射線の空間線量率
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

土壌中のK、U、Th濃度から計算

$$D\ (nGy/h)=13.0C_K(\%)+5.4C_U(ppm)+2.7C_{Th}(ppm)$$

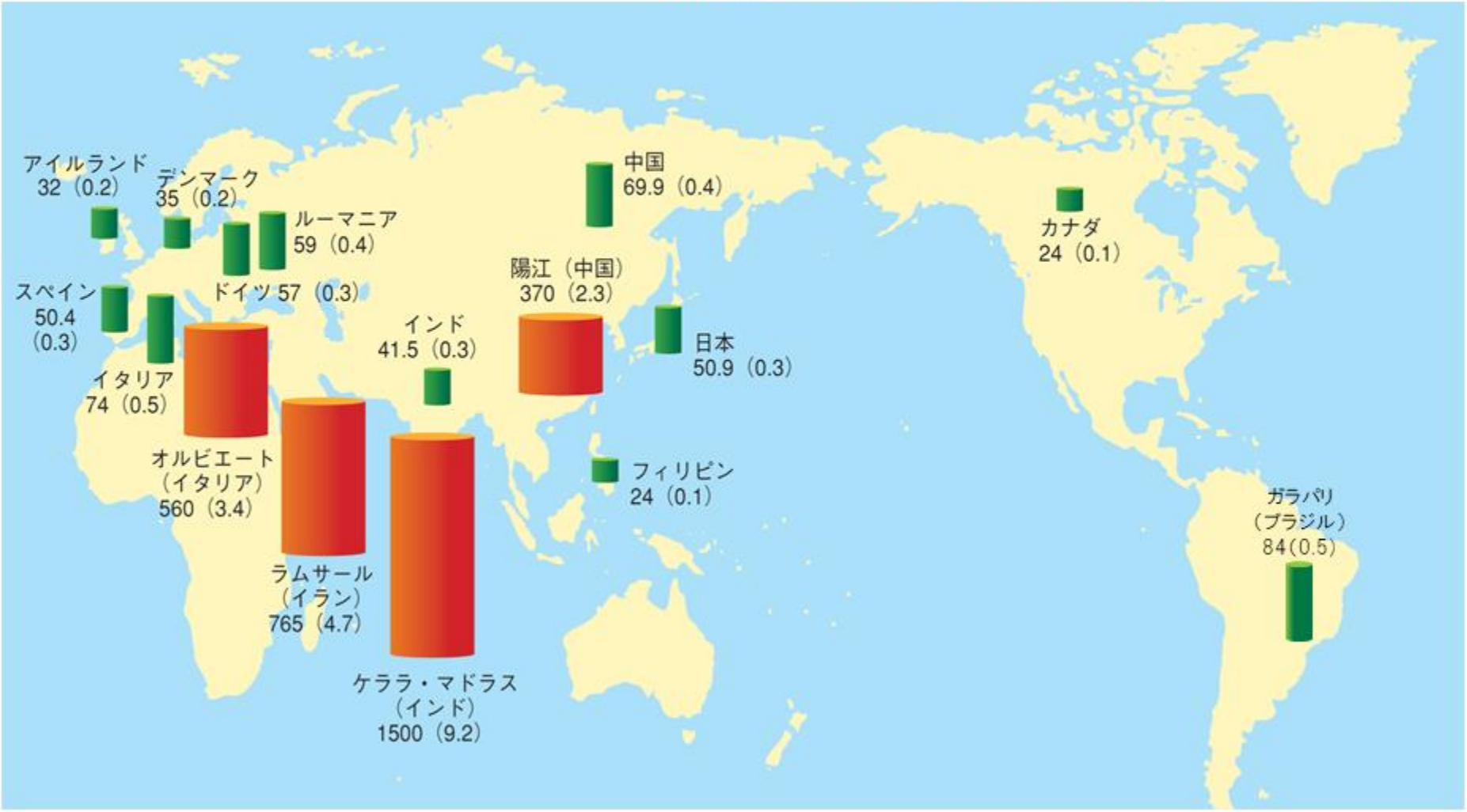


出典：日本地質学会ウェブサイトより作成

大地の放射線（世界）

ナノグレイ/時　（ミリシーベルト/年）

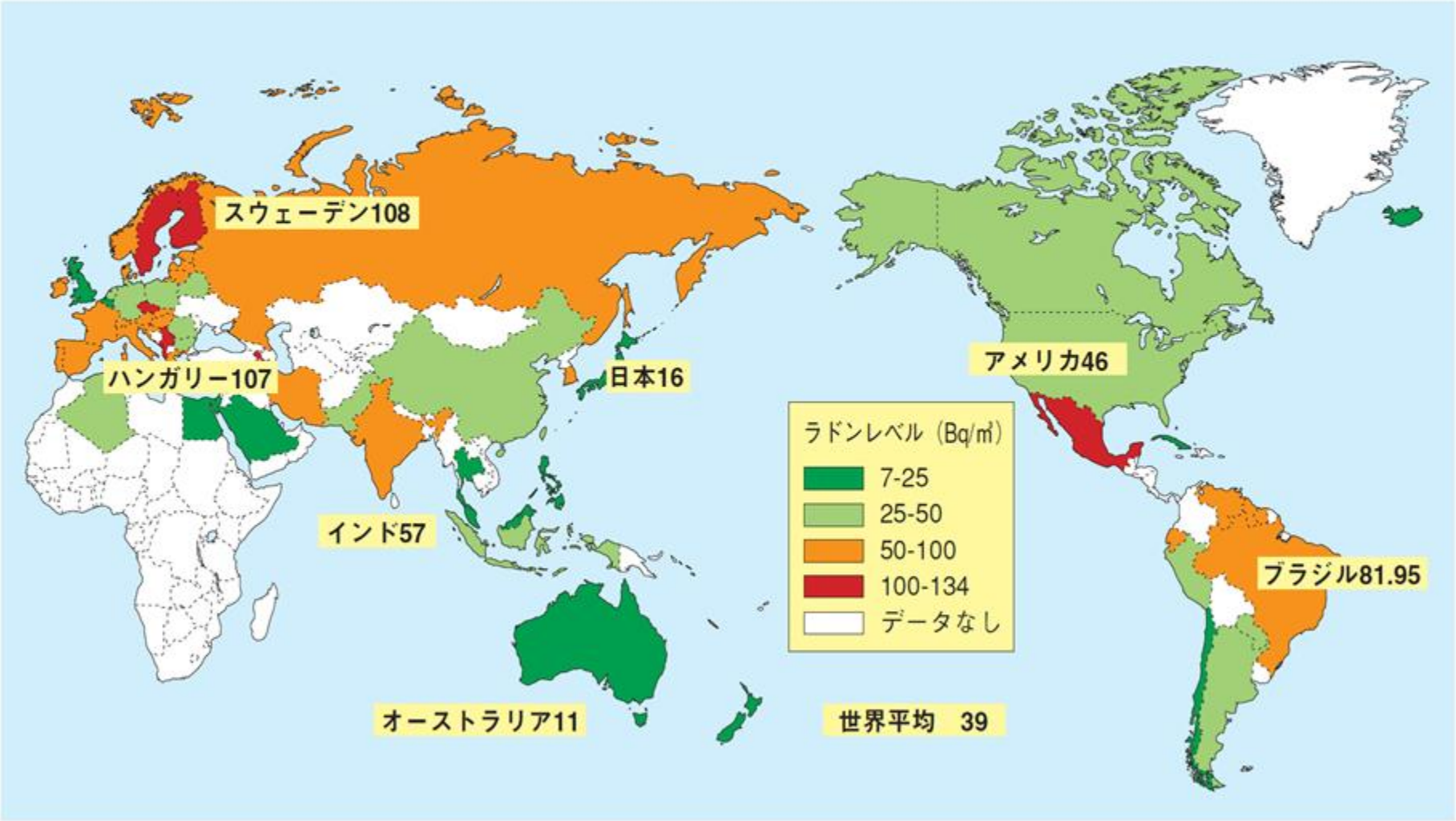
実効線量への換算には**0.7**シーベルト/グレイを使用



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」（2020年）より作成

屋内ラドン

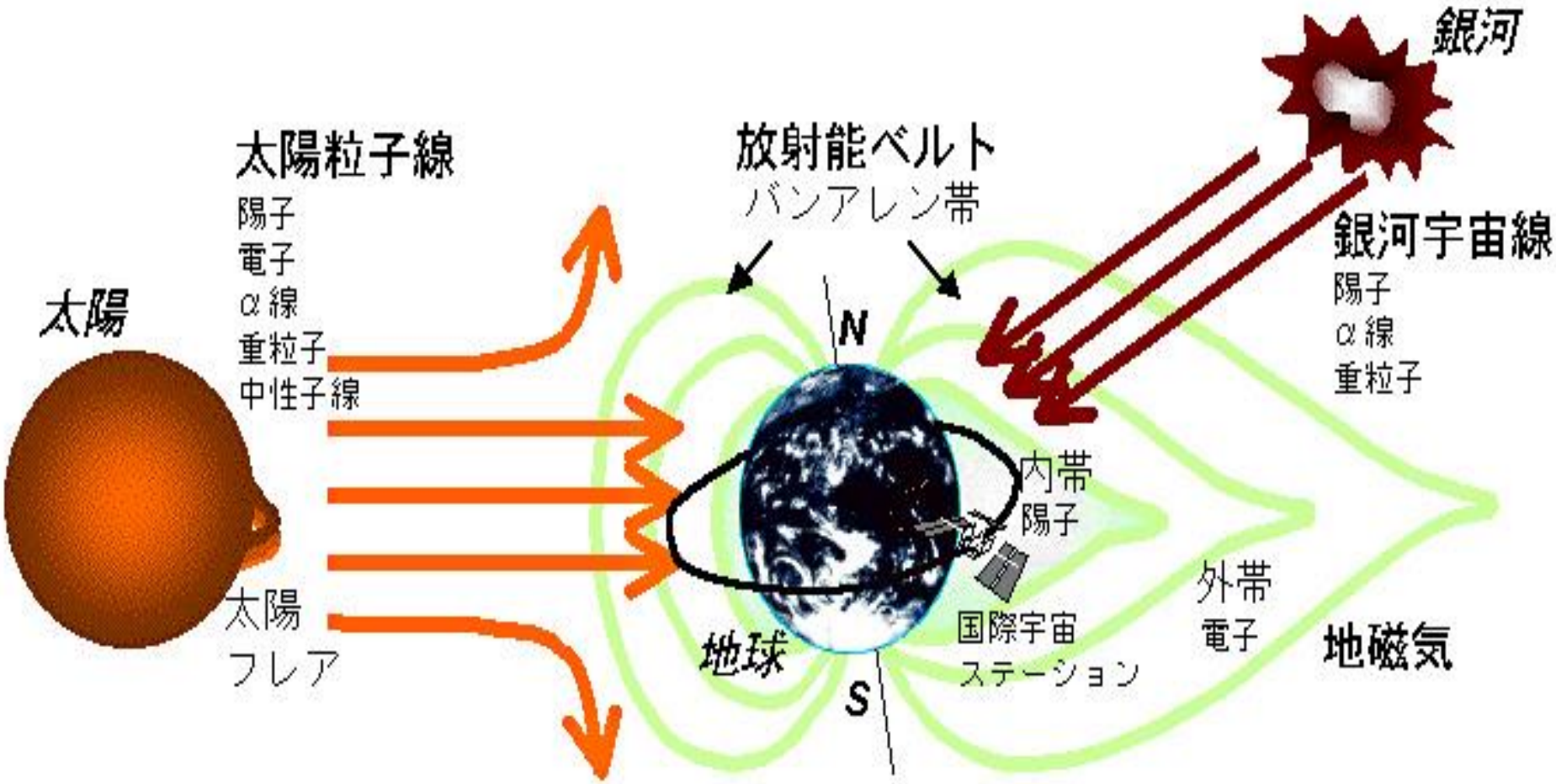
屋内ラドンからの被ばくの地域差（算術平均Bq/m³）

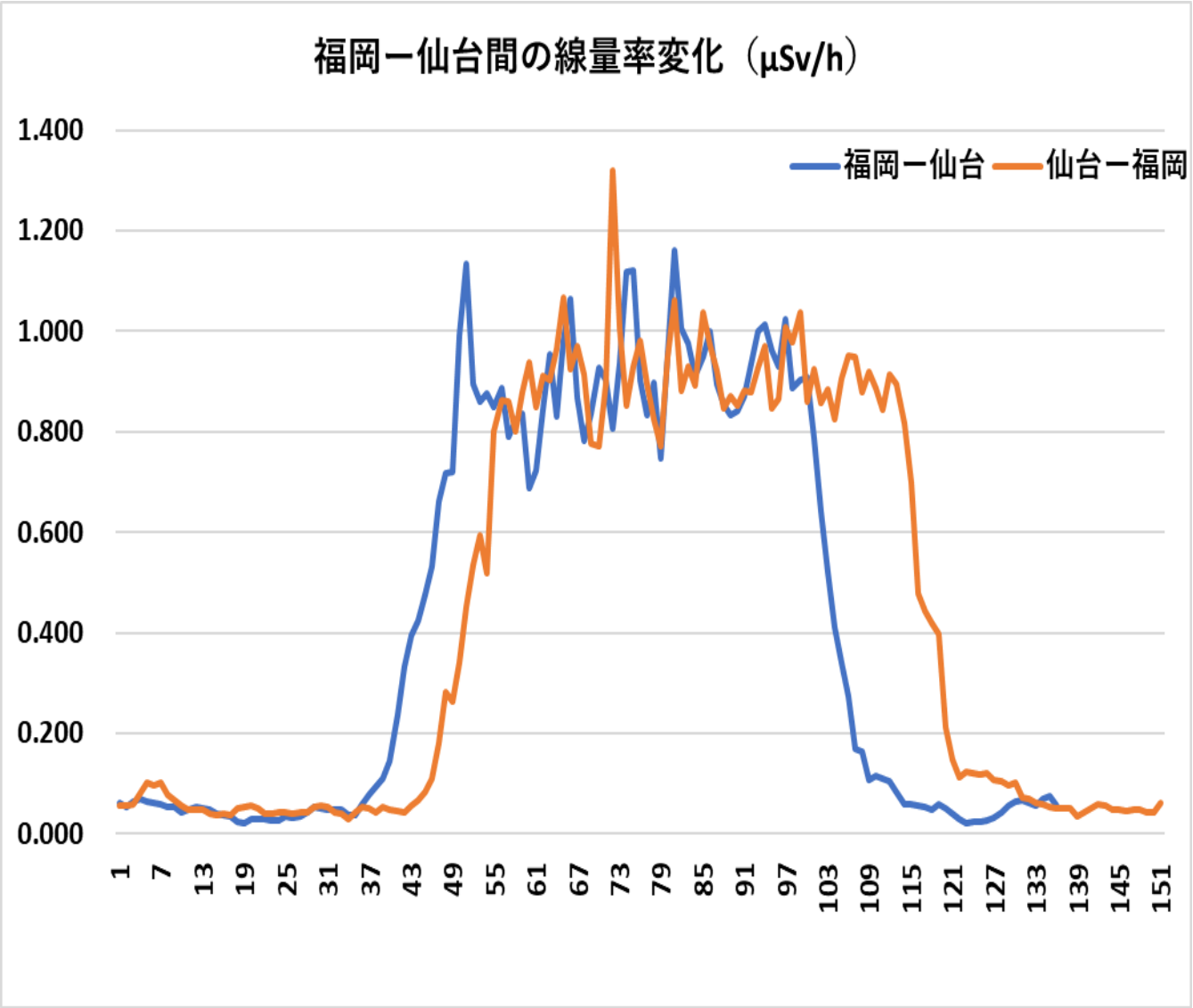


Bq/m³：ベクレル/立方メートル

出典：国連科学委員会(UNSCEAR）2006報告書より作成

宇宙線（銀河宇宙線と太陽宇宙線）





国際宇宙ステーション

0.5-1mSv/日

月面

420mSv/年

火星往復

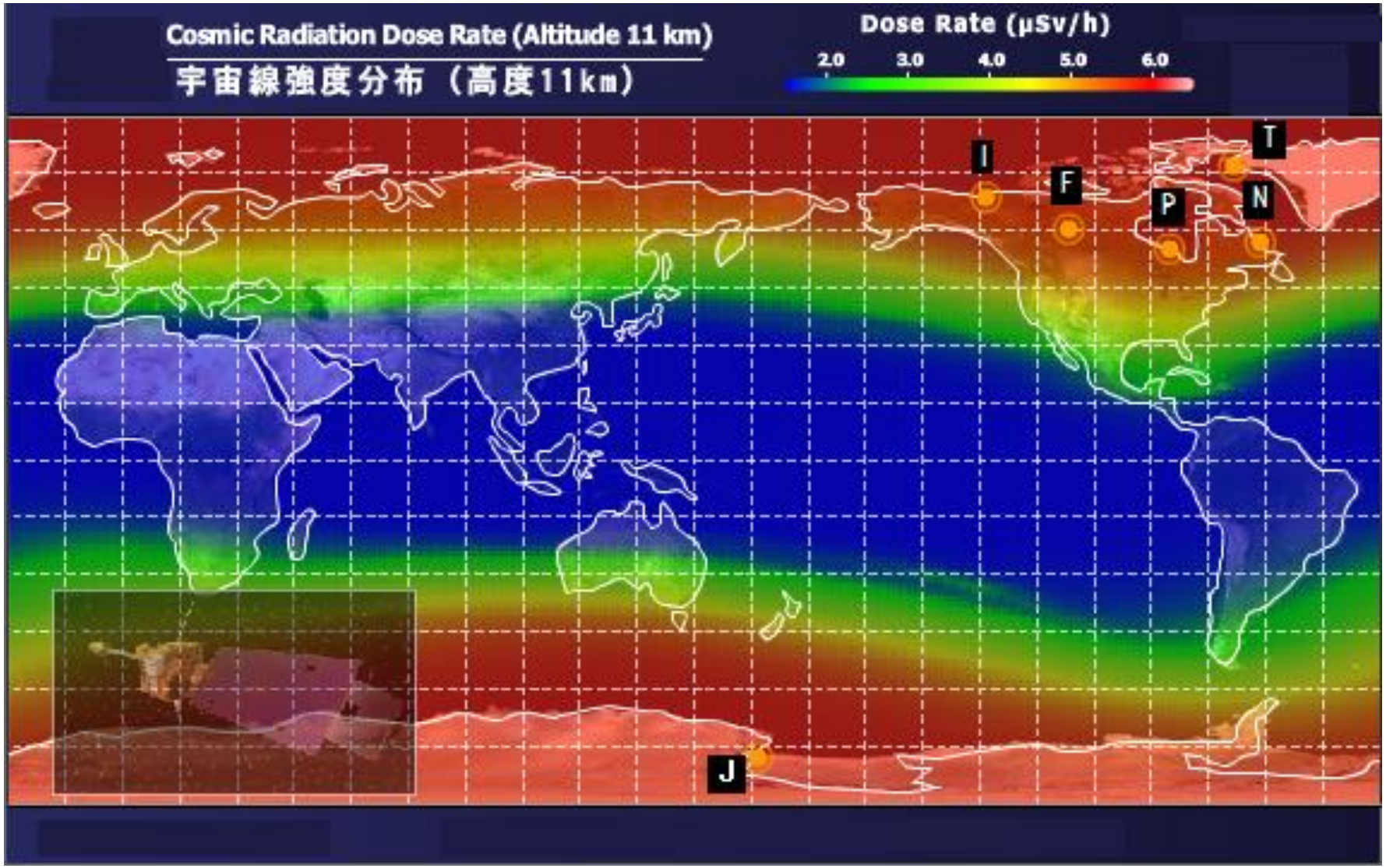
660mSv

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 航路線量計算システム

JISCARD

航空機での宇宙線被ばく線量を計算表示するシステム

Japanese Internet System for Calculation of Aviation Route Doses

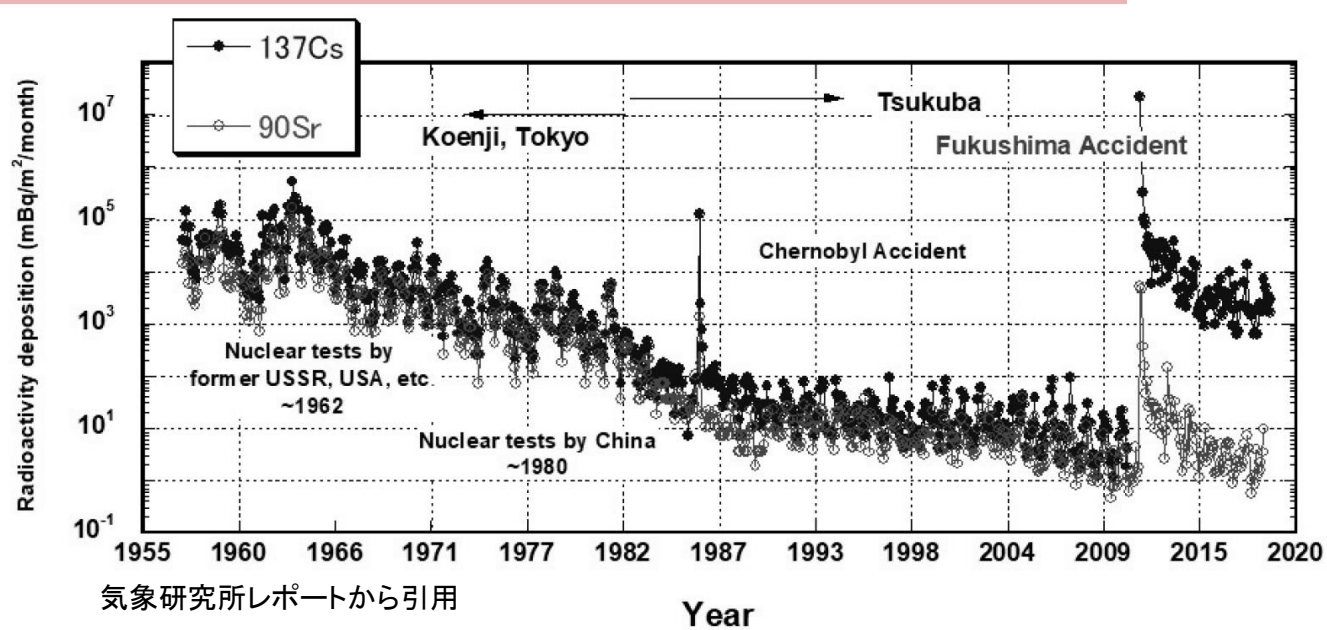


宇宙線生成放射性核種(宇宙線が大気とぶつかってできる)

核　種	半減期	標的元素	核　種	半減期	標的元素
^{10}Be	2.5x10^{6} y	N, O	^{37}Ar	35.1 d	Ar
^{26}Al	7.4x10^{5} y	Ar	^{33}P	24.4 d	Ar
^{36}Cl	3.08x10^{5} y	Ar	^{32}P	14.28 d	Ar
^{81}Kr	2.1x10^{5} y	Kr	^{28}Mg	21.2 h	Ar
^{14}C	5730 y	N, O	^{24}Na	14.96 h	Ar
^{32}Si	700 y	Ar	^{38}S	2.87 h	Ar
^{39}Ar	269 y	Ar	^{31}Si	2.62 h	Ar
^{3}H	12.262 y	N, O	^{18}F	109.7 m	Ar
^{22}Na	2.62 y	Ar	^{39}Cl	55.5 m	Ar
^{35}S	87.9 d	Ar	^{38}Cl	37.29 m	Ar
^{7}Be	53.6 d	N, O	^{34m}Cl	31.99 m	Ar

人工放射性核種

- 核実験に起因する放射性核種
  ^{3}H, ^{14}C, ^{137}Cs, ^{95}Zr, ^{90}Sr, ^{106}Ru, ^{144}Ce・・・
  1945-1980 大気圏内核実験　計423回
- 核燃料サイクルに起因する放射性核種
  ^{222}Rn, ^{3}H, ^{14}C, 希ガス、ヨウ素
- その他の放射性核種
  一般消費財



気象研究所レポートから引用

身の回りの放射線

体内、食品中の自然放射性物質

体内の放射性物質

体重60kgの場合

カリウム40	※1	4,000Bq
炭素14	※2	2,500Bq
ルビジウム87	※1	500Bq
トリチウム	※2	100Bq
鉛・ポロニウム	※3	20Bq

※1　地球起源の核種
※2　宇宙線起源のN-14等由来の核種
※3　地球起源ウラン系列の核種

食品中の放射性物質（カリウム40）の濃度

米 **30**　牛乳 **50**　牛肉 **100**　魚 **100**
ドライミルク **200**　ほうれん草 **200**
ポテトチップス **400**　お茶 **600**
干ししいたけ **700**　干し昆布 **2,000**
（**Bq/kg**）

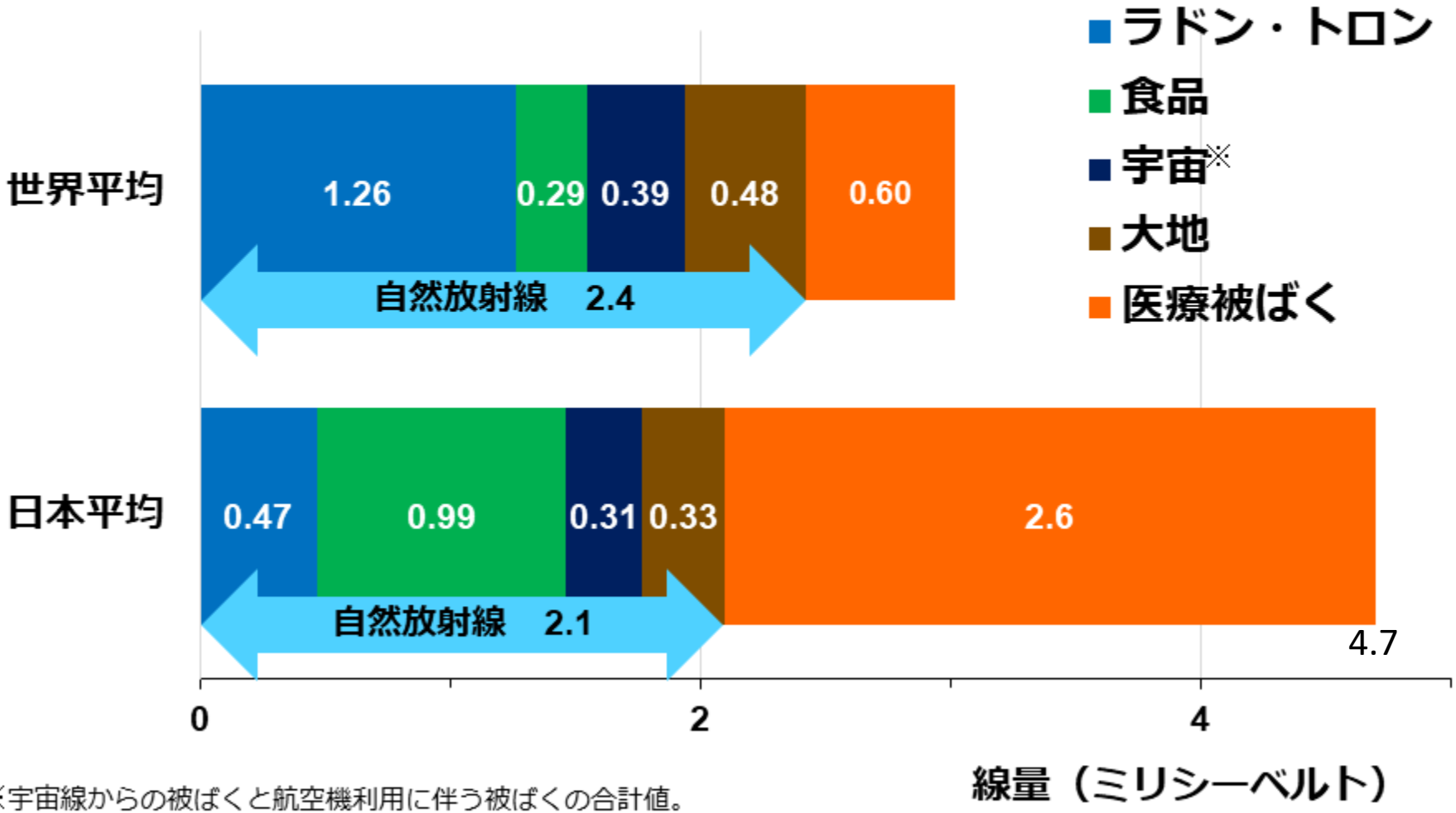
Bq：ベクレル　Bq/kg：ベクレル/キログラム

出典：（公財）原子力安全研究協会「生活環境放射線データに関する研究」（1983年）より作成

身の回りの放射線

年間当たりの被ばく線量の比較

日常生活における被ばく（年間）



※宇宙線からの被ばくと航空機利用に伴う被ばくの合計値。

（2020年）より作成

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

身の回りの放射線

自然からの被ばく線量の内訳（日本人）

被ばくの種類	線源の内訳	実効線量（ミリシーベルト/年）
外部被ばく	宇宙線	0.3
	大地放射線	0.33
内部被ばく（吸入摂取）	ラドン222（屋内、屋外）	0.37
	ラドン220（トロン）（屋内、屋外）	0.09
	喫煙（鉛210、ポロニウム210等）	0.006（※）
	その他（ウラン等）	0.006
内部被ばく（経口摂取）	主に鉛210、ポロニウム210	0.80
	トリチウム	0.0000049
	炭素14	0.014
	カリウム40	0.18
特殊環境における被ばく	温泉、地下環境などによる被ばく	0.005
	航空機利用に伴う被ばく	0.008
合　　計		2.1

0.072μSv/h

（※）国民一人当たりの換算値。喫煙者の被ばく線量は0.040ミリシーベルト/年。

出典：（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

身の回りの放射線

診断で受ける放射線量

検査の種類	診断参考レベル*1	実際の被ばく線量*2	
		線量	線量の種類
一般撮影：胸部正面	0.4 mGy（100kV未満）	0.06 mSv	実効線量
マンモグラフィ（平均乳腺線量）	2.4 mGy	2 mGy程度	等価線量（乳腺線量）
透視	IVR：装置基準透視線量率 17 mGy/分	胃の透視：10 mSv/分（25秒－190秒　術者や被検者により差がある）*3	実効線量
歯科撮影（口内法X線撮影）	下顎 前歯部 1.0 mGy から 上顎 大臼歯部 2.0 mGy まで （いずれも入射空気カーマ(Ka,i)［mGy］）	2 -10 μSv程度	実効線量
X線ＣＴ検査	成人頭部単純ルーチン 77 mGy (CTDIvol)	5 -30 mSv程度	実効線量
	小児（5~9歳）頭部 55 mGy (CTDIvol)		
核医学検査	放射性医薬品ごとの値	0.5-15 mSv程度	実効線量
PET検査	放射性医薬品ごとの値	2 -20 mSv程度	実効線量

*1：医療被ばく研究情報ネットワーク「日本の診断参考レベル（2020年版）(Japan DRLs 2020)」2020年７月３日（2020年８月31日一部修正）（http://www.radher.jp/J-RIME/）
*2：量子科学技術研究開発機構「CT検査など医療被ばくの疑問に答える医療被ばくリスクとその防護についての考え方Q&A」（https://www.qst.go.jp/site/qms/1889.html）
*3：北里大学病院放射線部「医療の中の放射線基礎知識」の「健康診断のX線検査」の「胃（透視）」
上記資料*1、*2及び*3より作成

放射線の利用形態

［医療分野］	
Ｘ線	Ｘ線透視、レントゲン撮影、Ｘ線ＣＴ検査
Tc-99m（Mo-99）	血液の流れや臓器（肝臓、肺など）の診断（人体に投与）
I-123、131	甲状腺の診断（人体に投与）
I-125	採血した血液中の甲状腺刺激ホルモンの定量
P-32等各種ＲＩ	新薬開発
S-35	遺伝子工学におけるＤＮＡ塩基配列の解析
（農業分野等でも利用）	
Co-60	人工臓器、医療用具(注射針等)、実験動物用飼料の滅菌
Co-60、Cs-137、Ir-192、直線加速装置	がん等の放射線治療
［工業分野］	
Ir-192	非破壊検査（ジェットエンジンのタービン等の検査）
Cs-137、Kr-85	厚さ計（鉄板、紙、ゴム等の厚さ管理など）
Co-60、Cs-137	液面計、レベル計（タンク内の原料の定量）
Am-241	硫黄計（重油や石油製品中の硫黄含有量の測定）
電子線	電線被服材の耐熱性向上、タイヤの成形加工

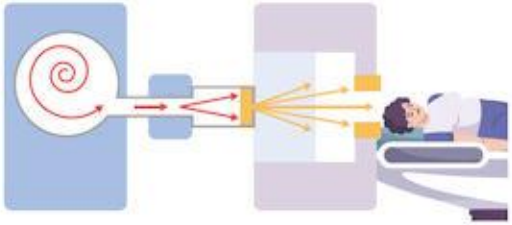
［農業分野］	
Co-60	品種改良（イネ「レイメイ」、ダイズ「ライデン」）
Co-60	ウリミバエの根絶（サナギに照射し不妊化）
Co-60	食品照射（じゃがいもの発芽防止）
［環境分野］	
Ni-63	水中や大気中の微量有害物質（PCB、有機水銀など）の測定（ガスクロマトグラフィ）
［生活分野、その他］	
Kr-85、Pm-147	蛍光灯のグロー放電管
Am-241	煙感知器
C-14	年代測定

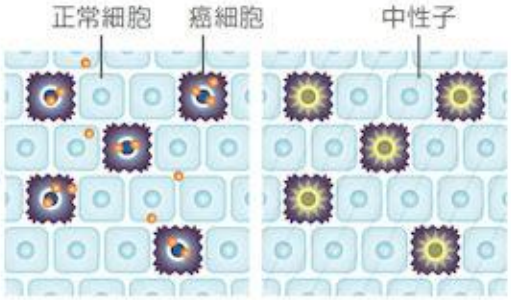
放射性同位元素等（放射性同位元素（RI）、放射線発生装置）から発生する放射線は、医療、工業、農業、環境、生活等の分野で幅広く利用されている。

外照射
（陽子線治療、重粒子線治療、強度変調放射線治療など）

外部からX線や陽子線、重粒子線を照射して腫瘍を傷害する。腫瘍以外に悪影響が出ないように照射線量を下げたり、事前に位置決めなどの詳細な照射計画を練る必要がある。

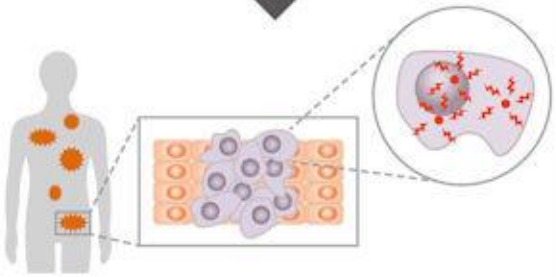
ホウ素中性子捕捉療法
（BNCT）





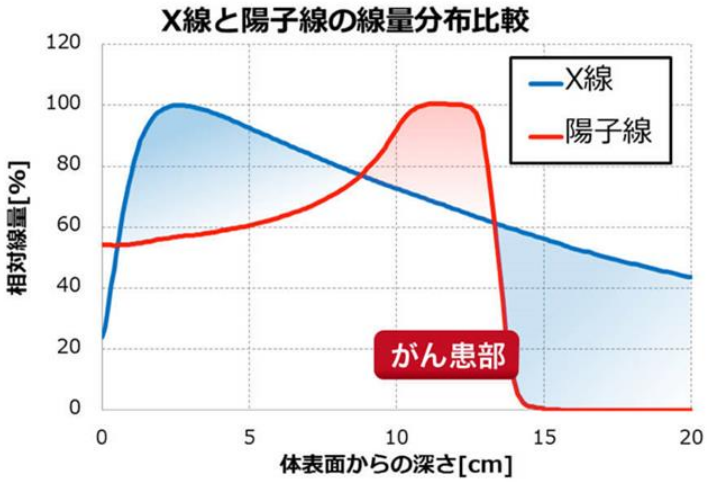
癌細胞にだけ取り込まれるホウ素製剤を事前に静注する。癌細胞にホウ素製剤が取り込まれた段階で中性子を照射すると、癌細胞に取り込まれたホウ素と中性子が反応してα線が発生し、癌細胞だけを傷害する。治療を実施する病院に中性子を発生させる大きな装置を設置する必要がある。

放射性同位体を使った内用療法



癌細胞にだけ結合する、あるいは腫瘍近傍に集積する抗体や、化合物を放射性同位体で標識した薬剤を静注する。標的にだけ集積した放射性同位体から放射線（α線やβ線）が発生し、癌細胞を傷害する。β線を放出する内用療法剤の場合は特殊な病室で1週間前後入院する必要がある。

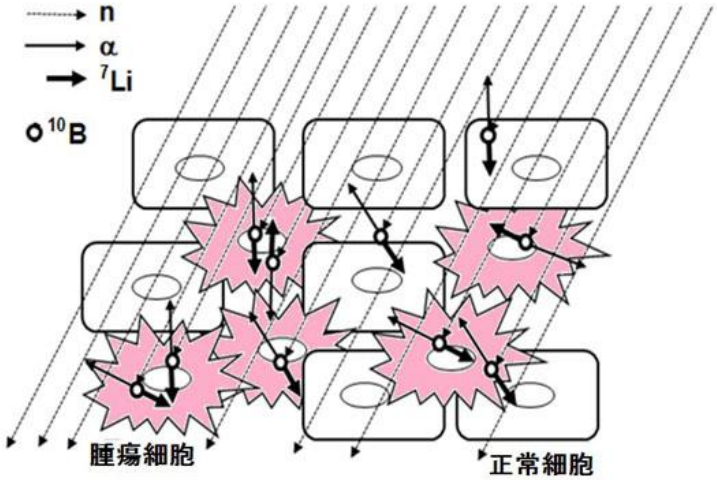
陽子線治療
重粒子線（炭素イオン）治療

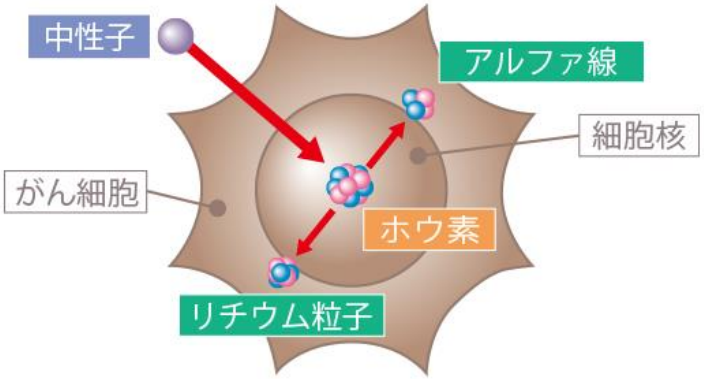


中性子捕捉療法(BNCT) boron neutron capture therapy

1.BNCTの原理

BNCTは、腫瘍細胞に取り込まれたホウ素（^{10}B）と中性子との核反応により発生する強力な粒子線（アルファ線、^{7}Li粒子）によって治療を行います。用いられる中性子は、ホウ素（^{10}B）との反応断面積が大きな熱中性子をはじめとする低エネルギーの中性子です。





α線内用療法

甲状腺がん　I-131治療
B細胞性リンパ腫　Y-90放射免疫療法
有痛性骨転移　Sr-89疼痛緩和療法
去勢抵抗性前立腺癌骨転移治療　Ra-223

表 1　臨床利用可能な α 核種の例

核種		半減期	娘核種		崩壊系列	元素分類
^{223}Ra	ラジウム	11.4 日	^{219}Rn		アクチニウム系列	アルカリ土類金属
^{211}At	アスタチン	7.21 時間	^{211}Po	^{207}Bi	アクチニウム系列	ハロゲン
^{212}Bi	ビスマス	60.6 分	^{212}Po	^{208}Tl	トリウム系列	窒素族
^{225}Ac	アクチニウム	10.0 日	^{221}Fr		ネプツニウム系列	アクチノイド
^{213}Bi	ビスマス	45.6 分	^{213}Po	^{209}Tl	ネプツニウム系列	窒素族
^{149}Tb	テルビウム	4.15 時間	^{149}Gd	^{145}Eu	—	ランタノイド

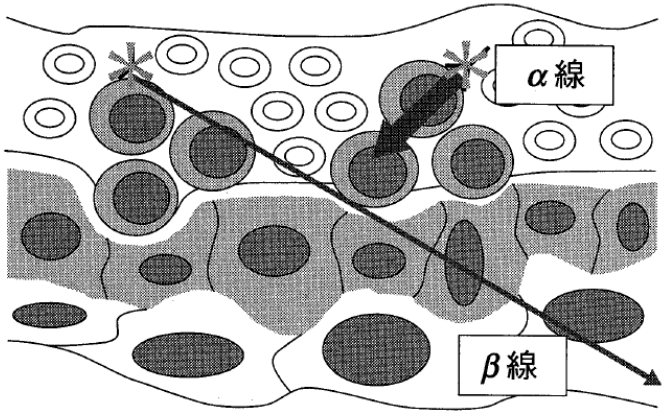


図 1　組織中の α 線と β 線
α 線の飛程は数十 μm と標的細胞に留まるが，
β 線は正常組織にも到達する

表 2　向骨性放射性同位元素の物理学的性質[13)]

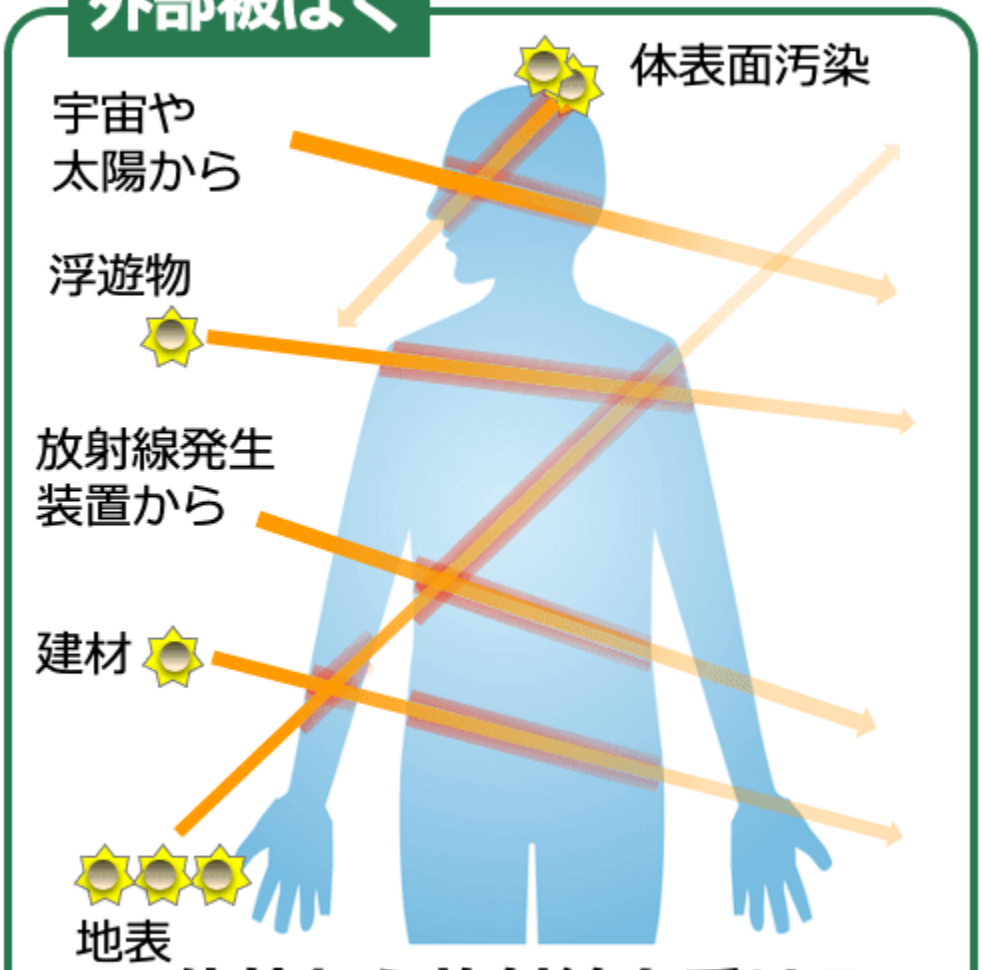
核種	半減期（日）	放出放射線当たりの平均エネルギー（MeV）	組織中の平均飛程（mm）
^{89}Sr	50.5	0.58	2.4
^{153}Sm	1.9	0.22	0.55
^{223}Ra	11.4	27.4*	＜0.10

* 子孫核種の放出エネルギーを含む

被ばくの経路

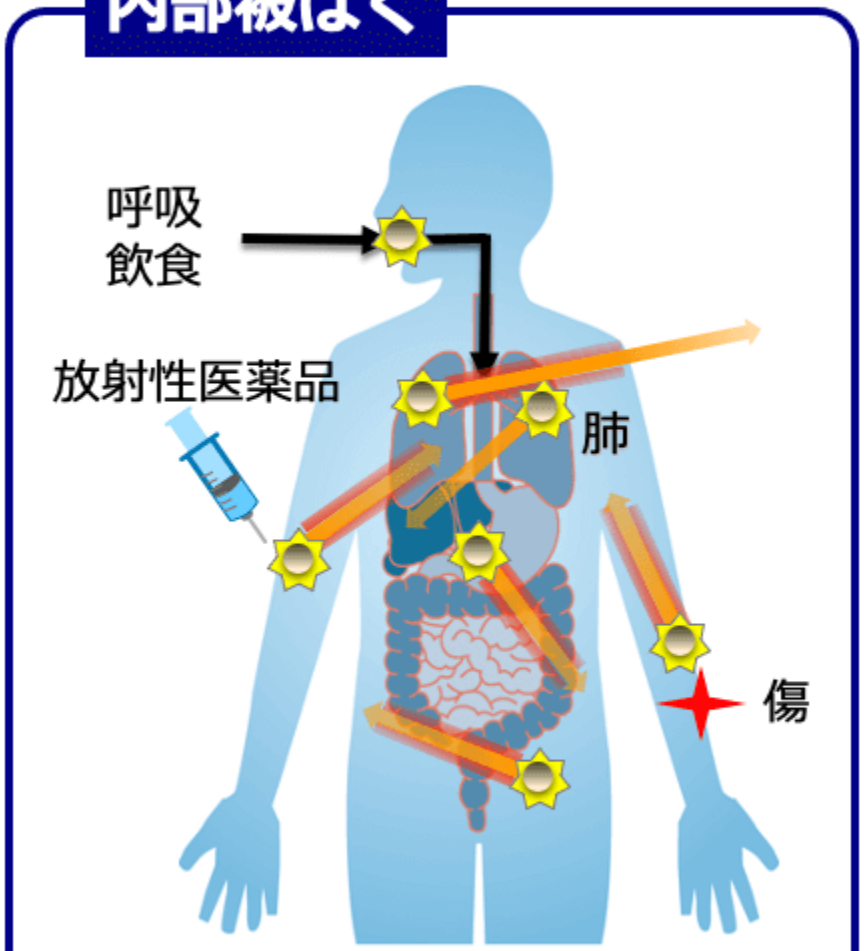
外部被ばくと内部被ばく

外部被ばく



●体外から放射線を受ける

内部被ばく



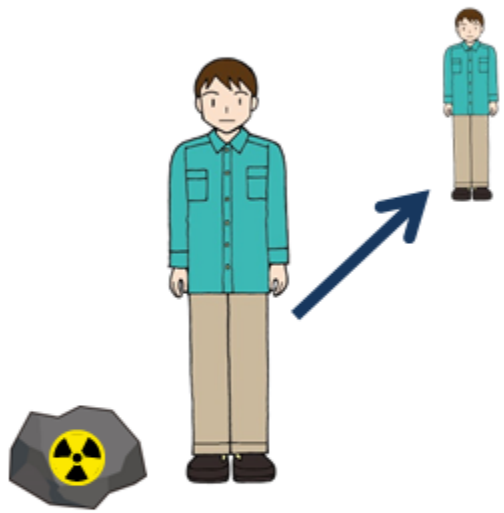
●体内から放射線を受ける

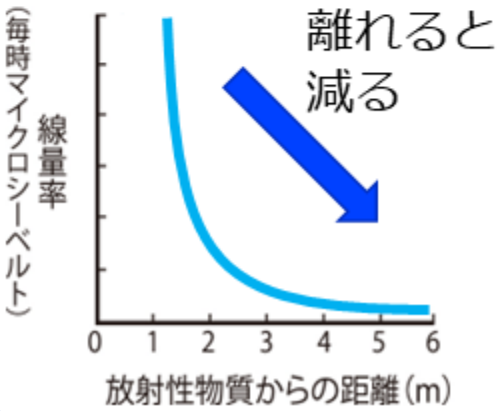
体が放射線を受けるという点は同じ

：放射性物質

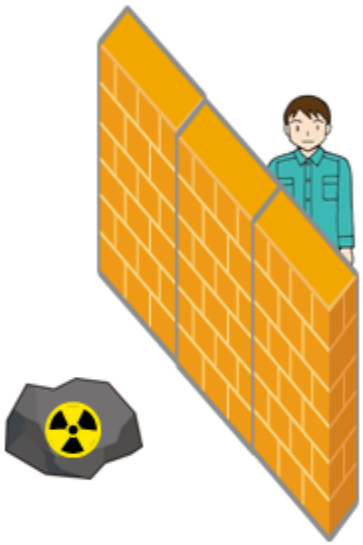
線量低減　外部被ばくの低減三原則

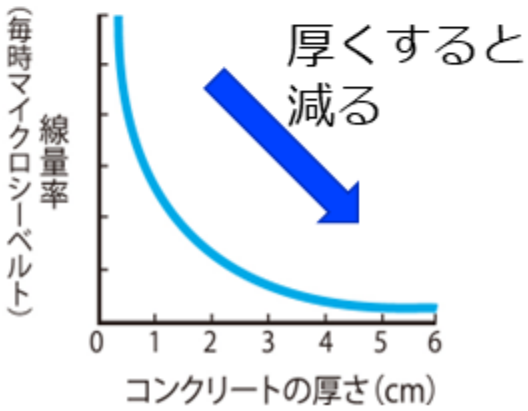
①離れる（距離）



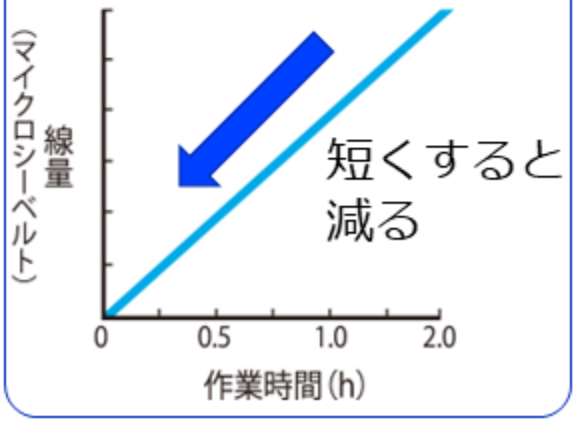


②間に重い物を置く（遮へい）





③近くにいる時間を短く（時間）



被ばくの経路

内部被ばく

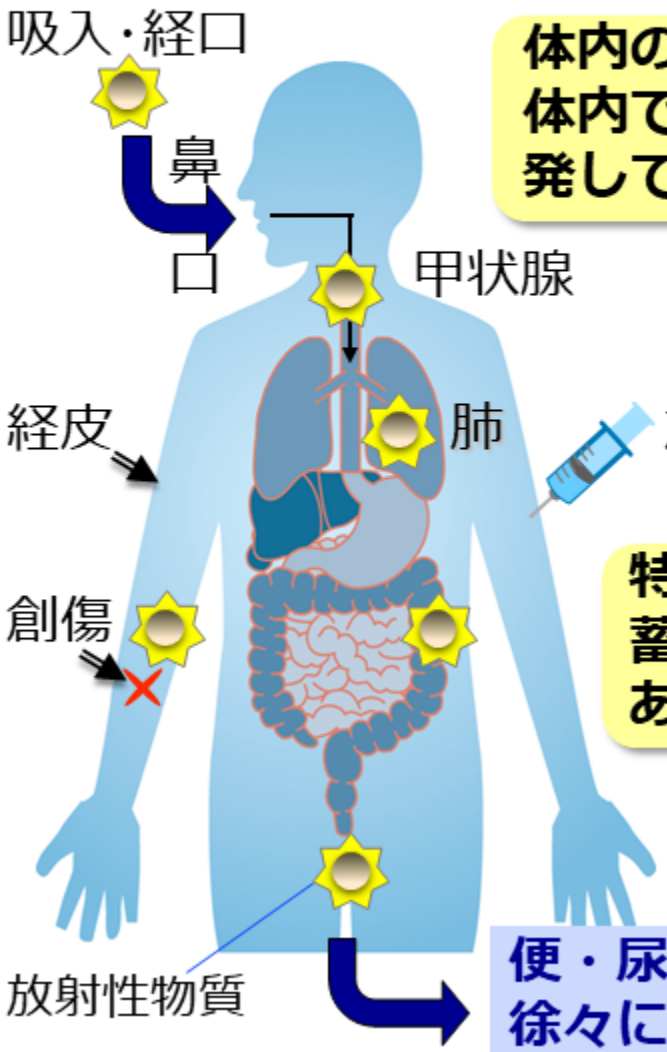
①経口摂取
口から入り（飲み込み）
消化管で吸収

②吸入摂取
呼吸気道から侵入
肺・気道表面から吸収

③経皮摂取
皮膚より吸収

④創傷侵入
傷口より侵入

⑤放射性医薬品の摂取
注射、経口投与（→①）
ガスの吸入（→②）



体内の放射性物質は体内で放射線を発して減衰します

特定の臓器に蓄積することがあります

便・尿等と共に徐々に排出されます

放射線の体内での透過力

空気中で飛ぶ距離

体に当たると

α線

粒子（ヘリウム原子核）

（１兆分の１cm）

β線

粒子（電子）

γ線

X線

数cm

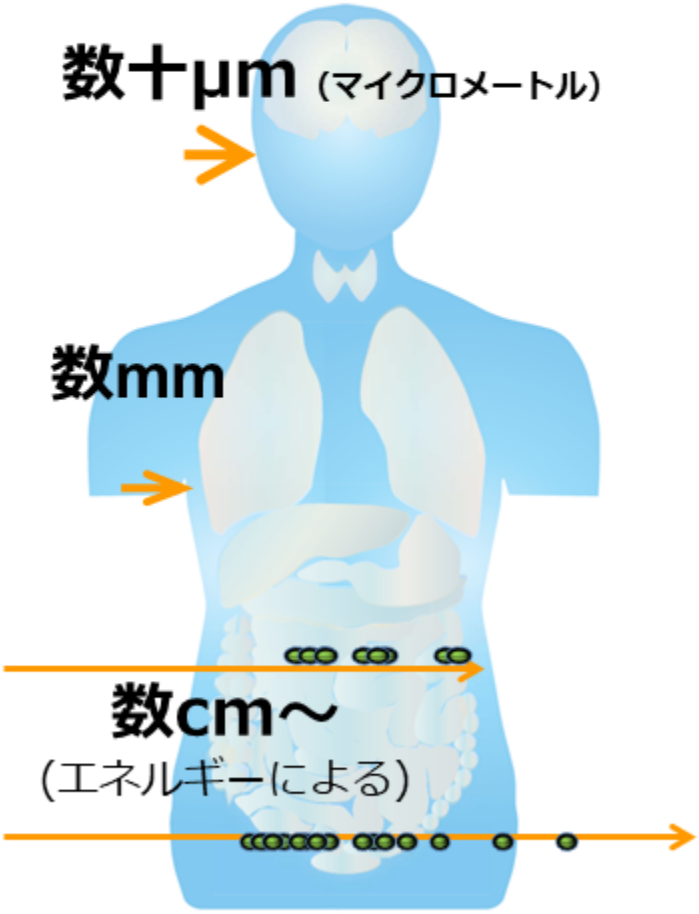
数m
（エネルギーによる）

数十m～
（エネルギーによる）

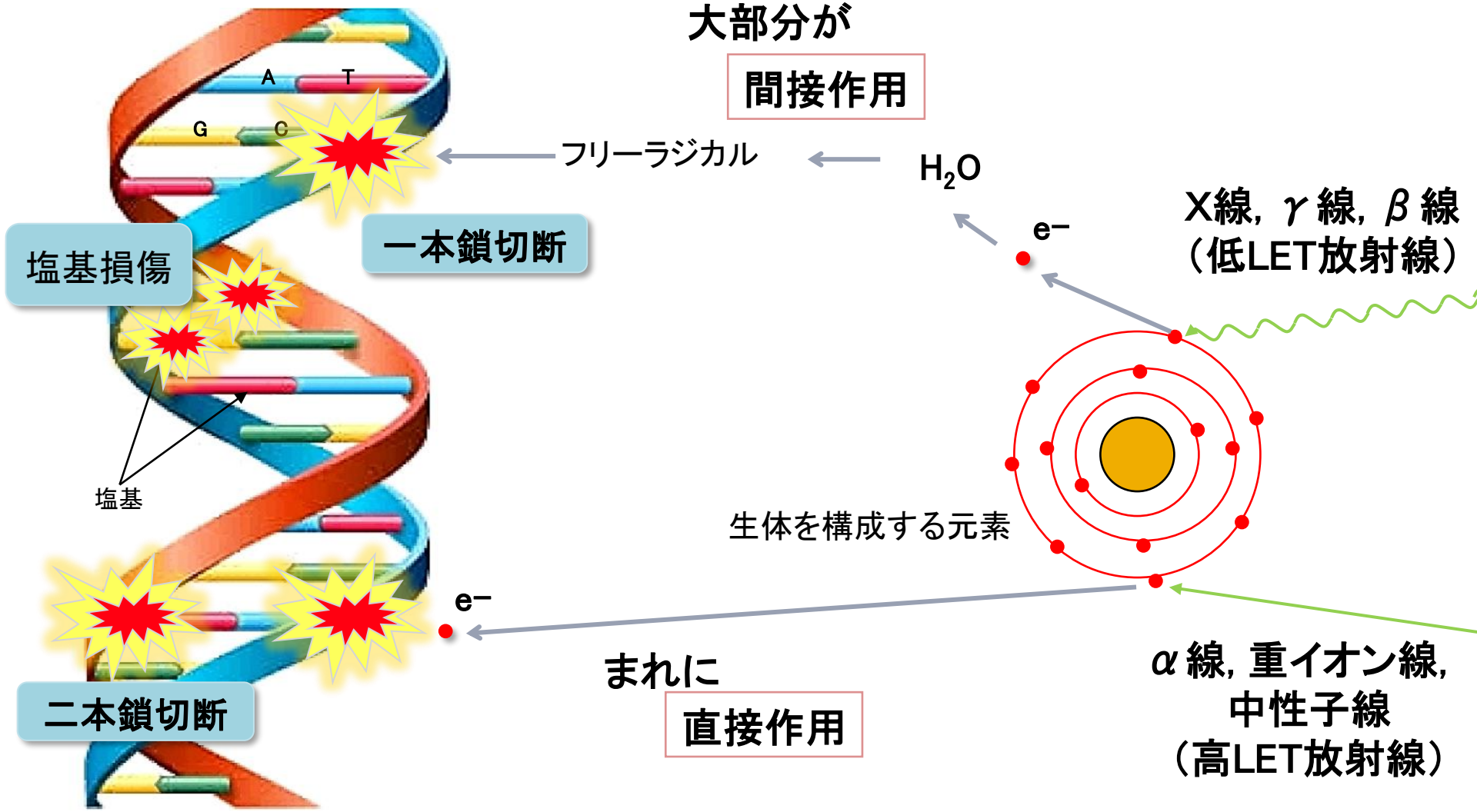
数十μm（マイクロメートル）

数mm

数cm～
（エネルギーによる）



放射線によるDNAの損傷



DNA
（二重らせん構造）

公益社団法人
日本アイソトープ協会
Japan Radioisotope Association

人体影響の発生機構

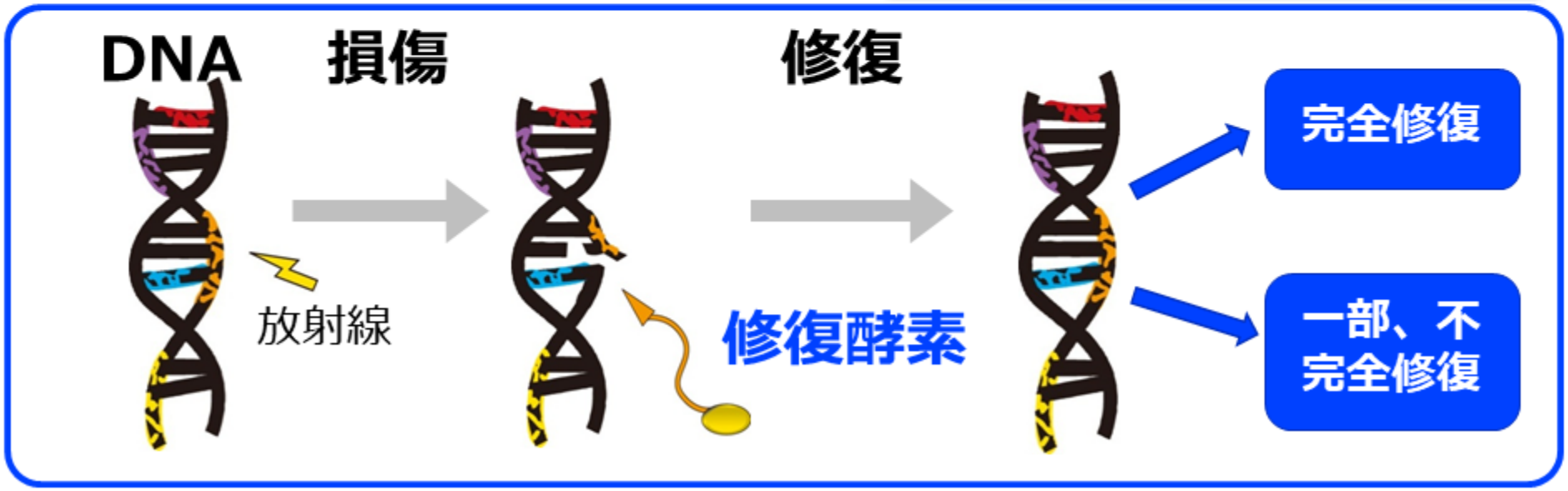
DNAの損傷と修復

自然発生のDNA損傷数

損　傷	損傷数／細胞／日
塩基損傷	20,000
一本鎖切断	50,000
二本鎖切断	10

X線 1ミリグレイ当たりの損傷（1細胞当たり）

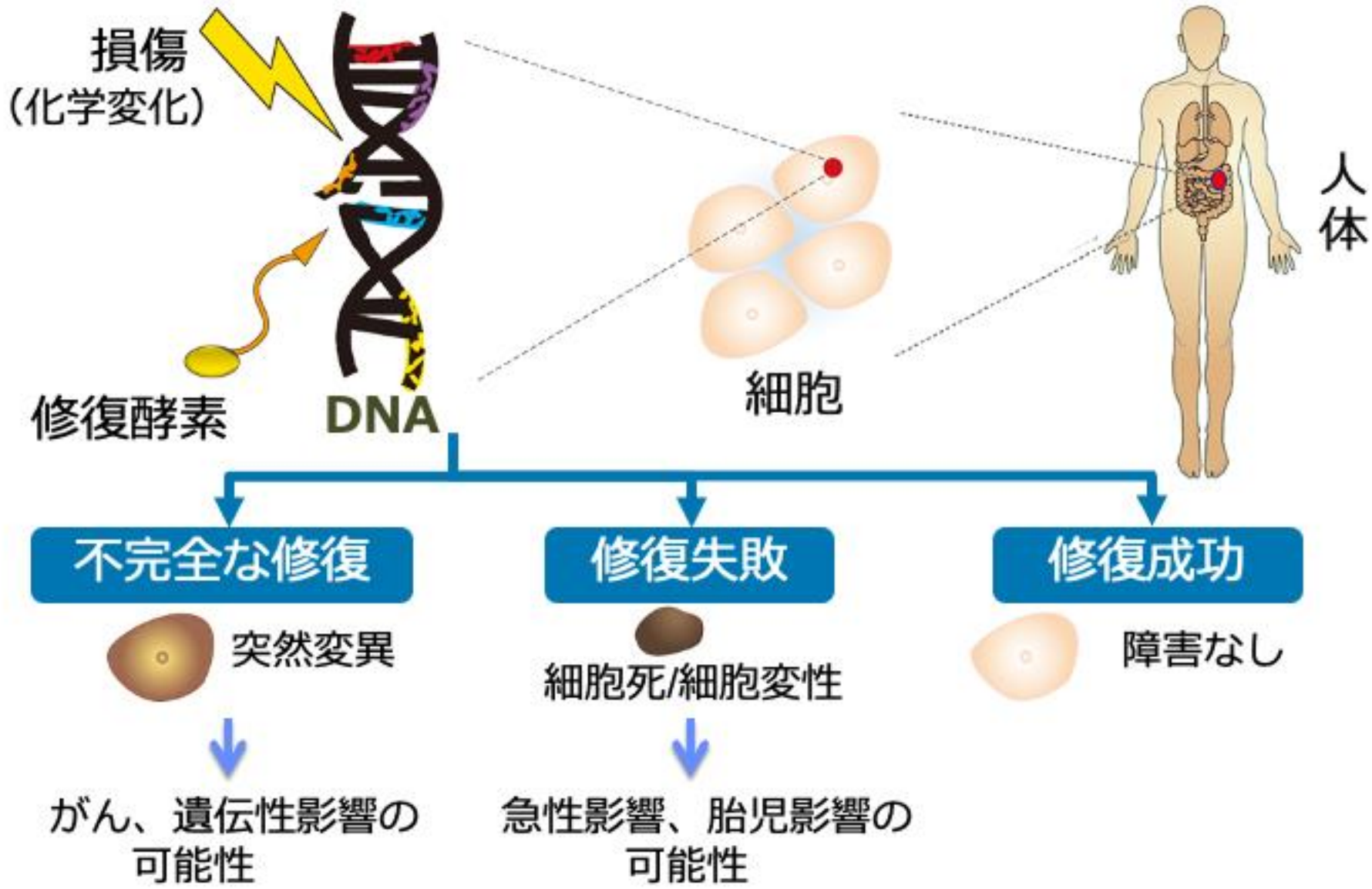
塩基損傷	2.5 箇所
1本鎖切断	1 箇所
2本鎖切断	0.04 箇所



出典：Morgan，米国放射線防護委員会（NCRP）年次総会(第44回、2008)より作成

人体影響の発生機構

DNA→細胞→人体



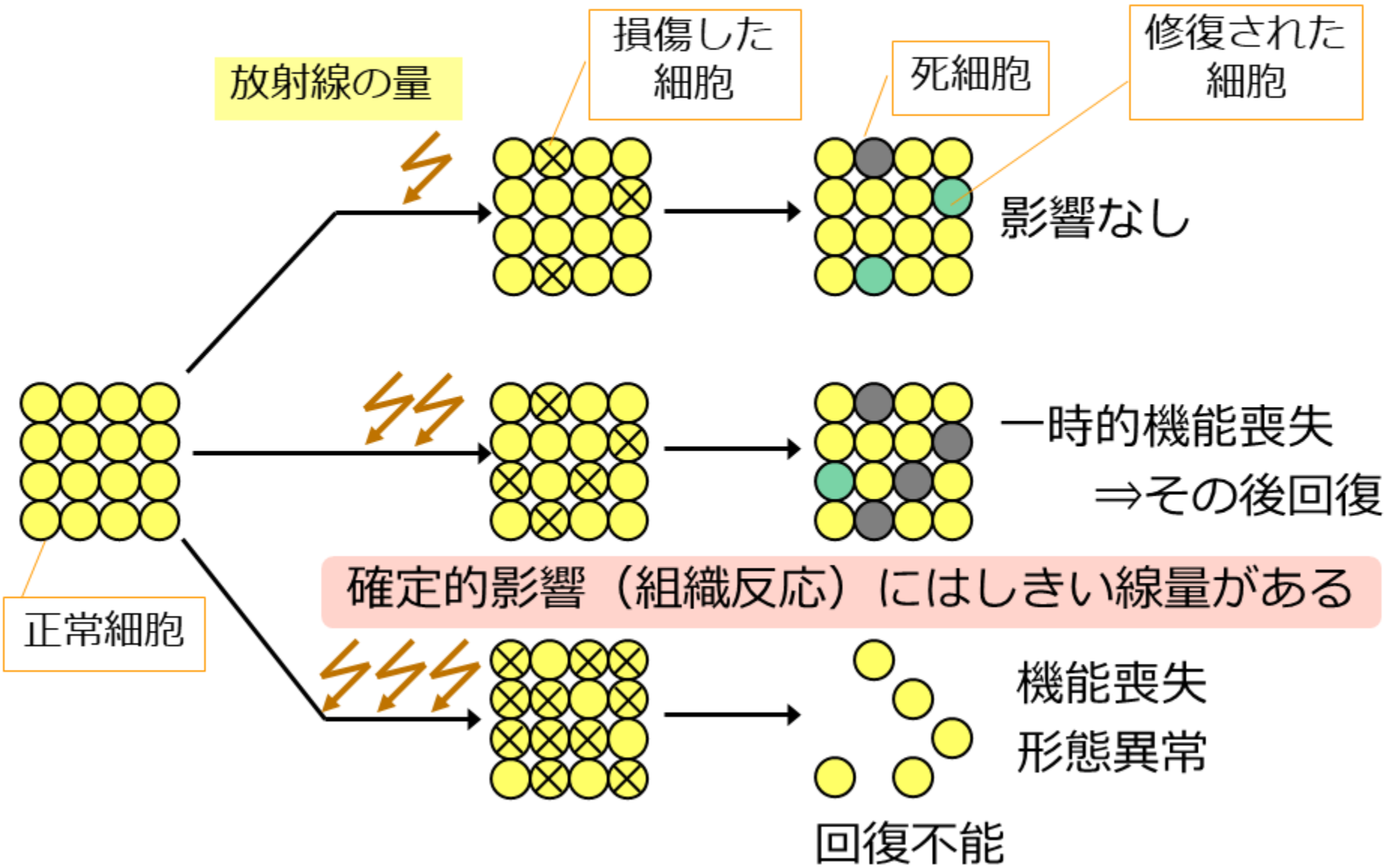
人体への影響

放射線影響の分類

		潜伏期間	例	放射線影響の機序
影響の出現	身体的影響	数週間以内＝急性影響（早期影響）	急性放射線症候群※1 急性皮膚障害	細胞死/細胞変性で起こる 確定的影響（組織反応）※2
		数か月以降＝晩発影響	胎児の発生・発達異常(奇形)	
			水晶体の混濁	
			がん・白血病	突然変異で起こる 確率的影響
	遺伝性影響		遺伝性疾患	

※1：主な症状としては、被ばく後数時間以内に認められる嘔吐、数日から数週間にかけて生じる下痢、血液細胞数の減少、出血、脱毛、男性の一過性不妊症等。
※2：一定量以上の被ばくがないと発生しない。

細胞死と確定的影響（組織反応）



様々な影響のしきい値

γ（ガンマ）線急性吸収線量のしきい値

障害	臓器／組織	潜伏期	しきい値 (グレイ)※
一時的不妊	精巣	３～９週	約0.1
永久不妊	精巣	３週	約６
	卵巣	１週以内	約３
造血能低下	骨髄	３～７日	約0.5
皮膚発赤	皮膚（広い範囲）	１～４週	３～６以下
皮膚熱傷	皮膚（広い範囲）	２～３週	５～10
一時的脱毛	皮膚	２～３週	約４
白内障（視力低下）	眼	20年以上	約0.5

※臨床的な異常が明らかな症状のしきい線量（１％の人々に影響を生じる線量）

出典：国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告、国際放射線防護委員会報告書118（2012年）より作成

確定的影響
（組織反応）

急性放射線症候群

急性放射線症候群の病期

被ばく時 → 時間経過

被ばく線量大 ↓

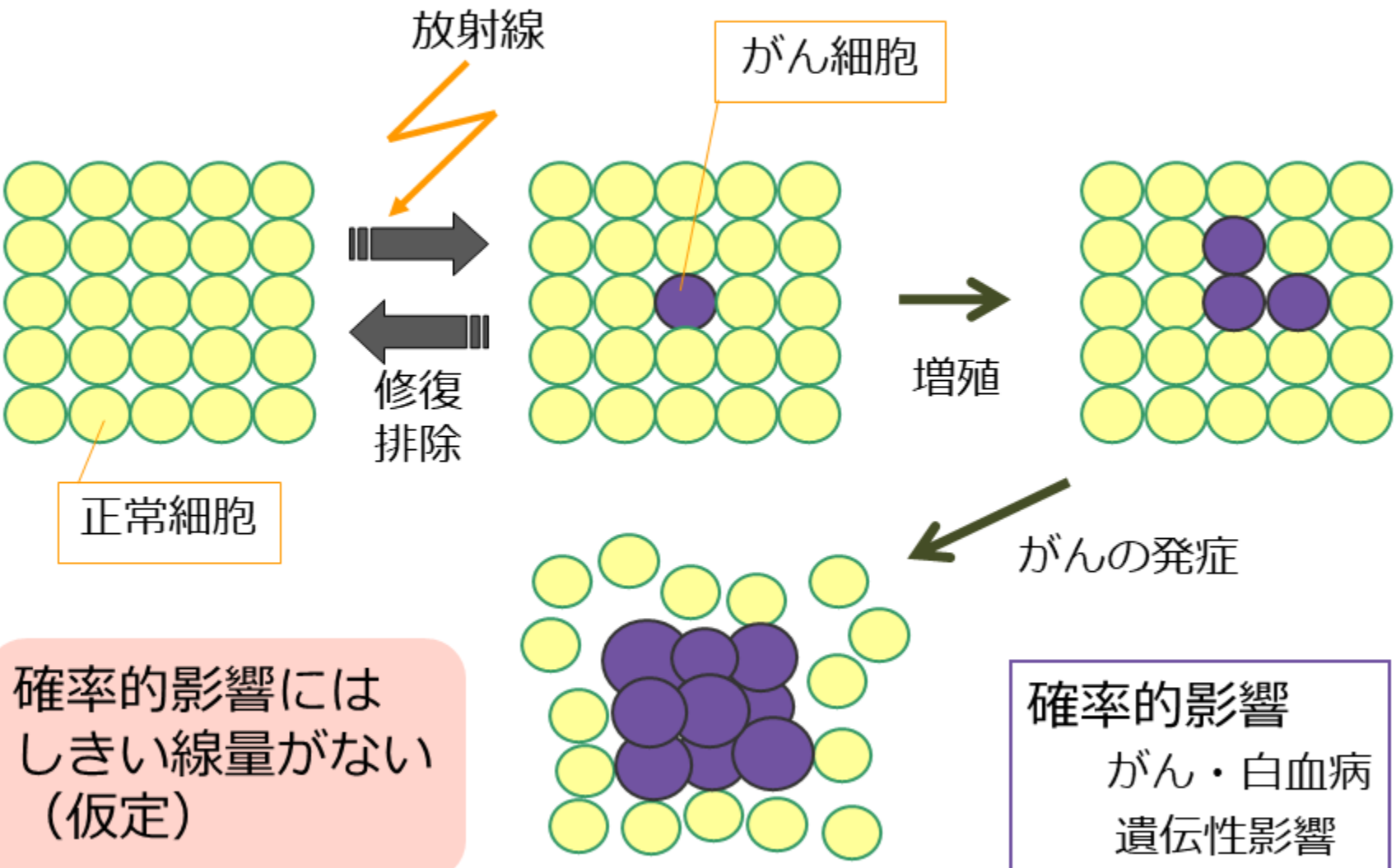
前駆期 ～48時間	潜伏期 ０～３週間	発症期	回復期 (あるいは死亡)
嘔気・嘔吐（１Gy以上） 頭痛（４Gy以上） 下痢（６Gy以上） 発熱（６Gy以上） 意識障害（８Gy以上）	無症状	皮膚障害（３Gy以上） 造血器障害（感染・出血）（３Gy以上） 消化管障害（８Gy以上） 神経・血管障害（数十Gy～）	

※全身に１グレイ（1000ミリグレイ）以上の放射線を一度に受けた場合に見られる急性放射線症候群

Gy：グレイ

出典：（公財）原子力安全研究協会　緊急被ばく医療研修テキスト「放射線の基礎知識」より作成

細胞の突然変異と確率的影響



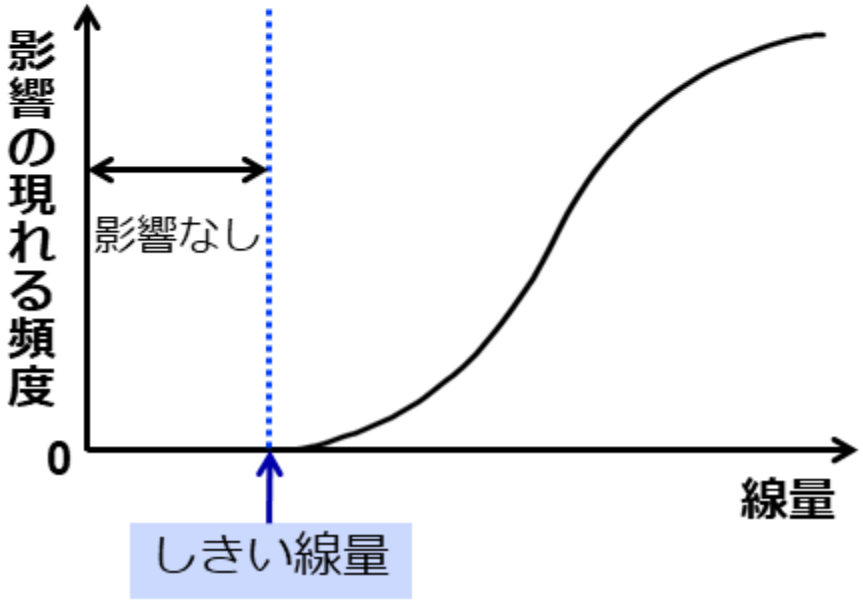
確率的影響には
しきい線量がない
（仮定）

確率的影響
がん・白血病
遺伝性影響

確定的影響（組織反応）と確率的影響

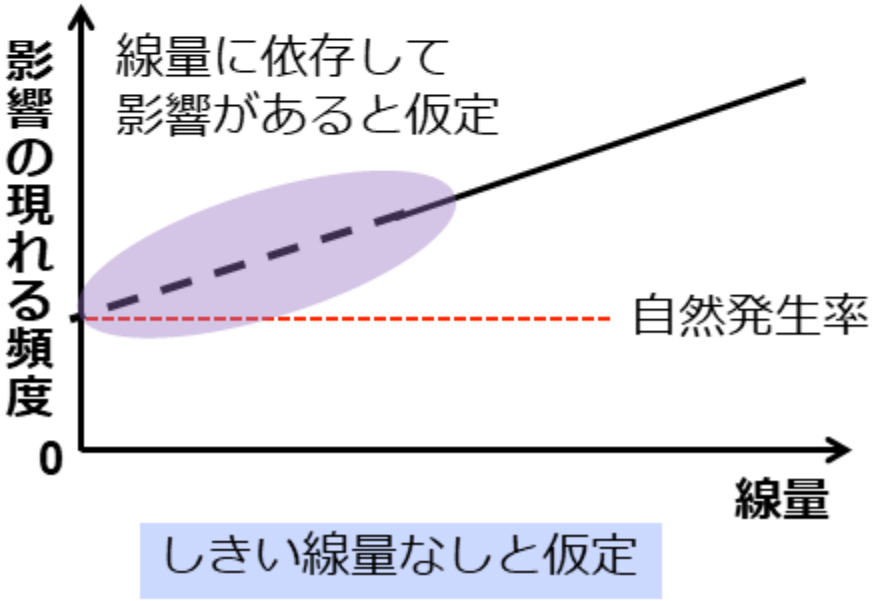
確定的影響（組織反応）
（脱毛・白内障・皮膚障害等）

同じ線量を多数の人が被ばくしたとき、全体の１％の人に症状が現れる線量を「しきい線量」としている。
（国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告）

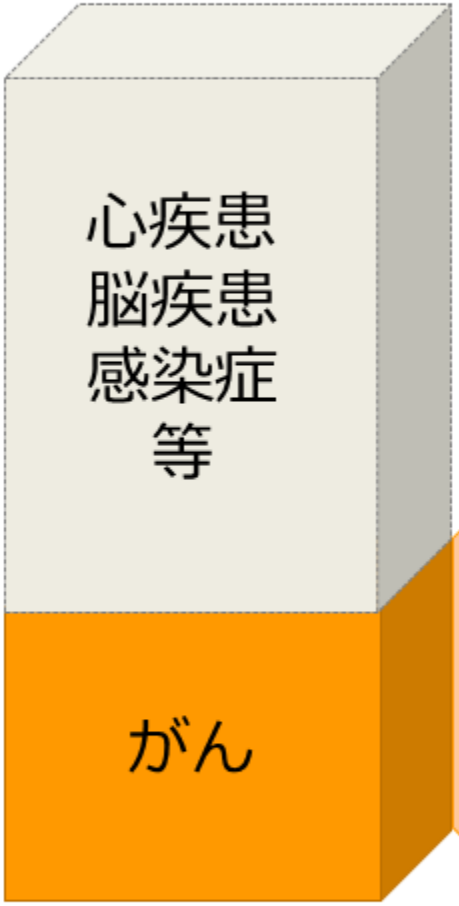


確率的影響
（がん・白血病・遺伝性影響等）

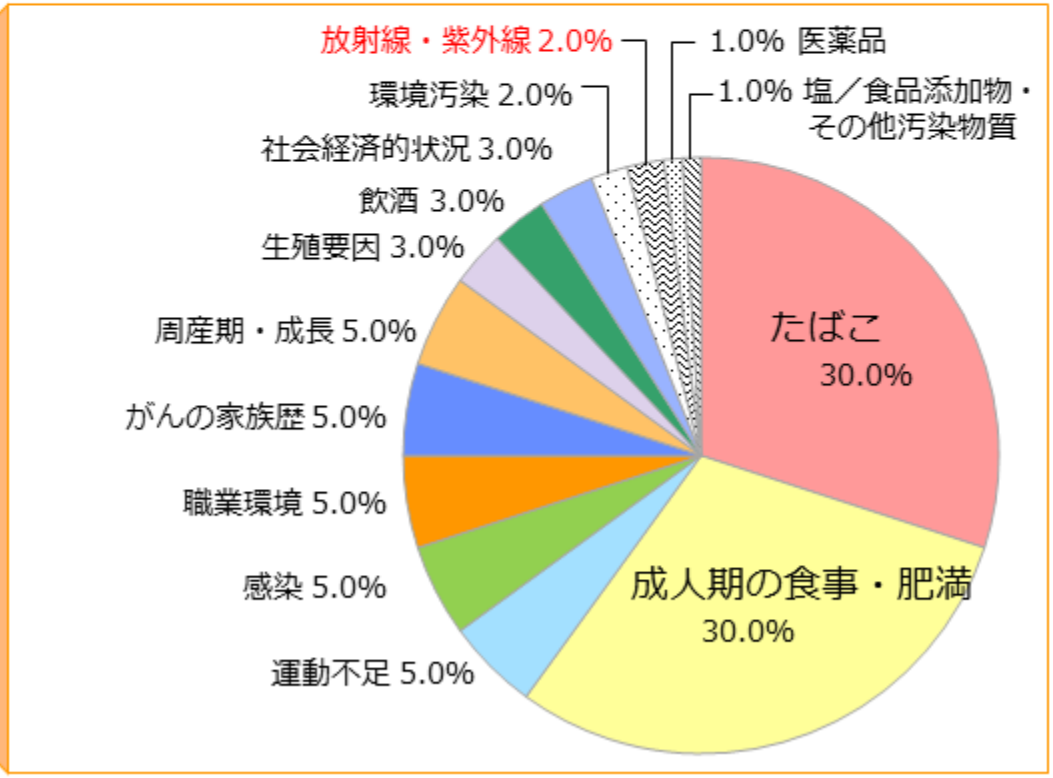
一定の線量以下では、喫煙や飲酒といった他の発がん影響が大きすぎて見えないが、ICRP等ではそれ以下の線量でも影響はあると仮定して、放射線防護の基準を定めることとしている。



リスク　発がんに関連する因子



ヒトのがんの発生と関連のある因子



出典：Cancer Causes and Control. 1996, 7, S55-S58 より作成

リスク　がんのリスク（生活習慣）

生活習慣因子	がんの相対リスク※1		放射線の線量（ミリシーベルト）
喫煙者 大量飲酒　（450g以上/週）※2	1.6 1.6	1.8	1,000 ～ 2,000
大量飲酒　（300～449g以上/週）※2	1.4	1.4	500 ～ 1,000
肥満　（BMI≧30） やせ　（BMI<19） 運動不足 高塩分食品	1.22 1.29 1.15 ～ 1.19 1.11 ～ 1.15	1.19	200 ～ 500
野菜不足 受動喫煙　（非喫煙女性）	1.06 1.02 ～ 1.03	1.08 検出困難	100 ～ 200
			100 未満

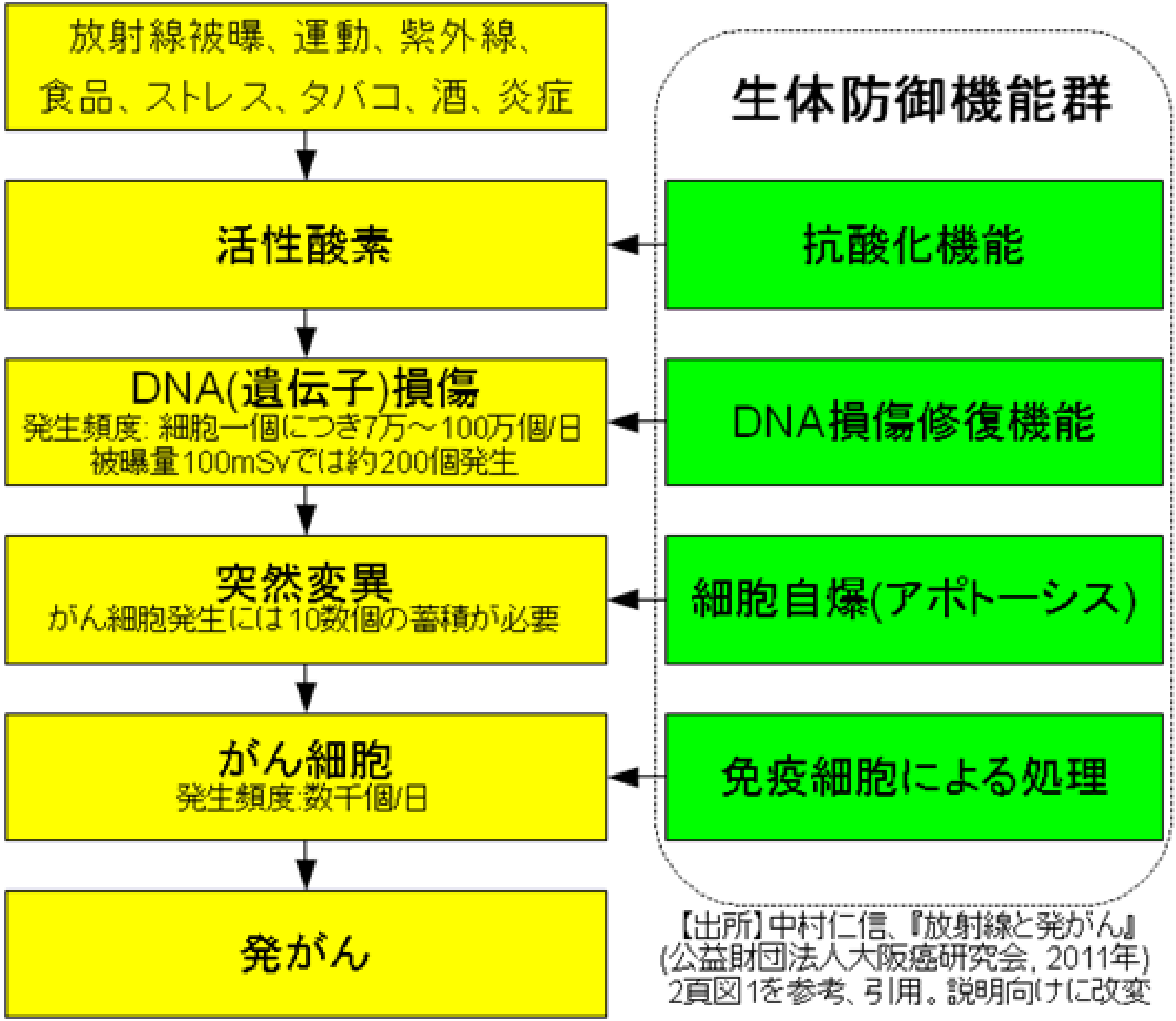
出典：国立がん研究センターウェブサイトより作成

※ 1 相対リスクとは、ある原因（ここでは生活習慣）により、それを受けた個人のリスクが何倍になるかを表す値です。

※ 2 飲酒については、エタノール換算量を示しています。

※放射線の発がんリスクは広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ（固形がんのみ）であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではありません。

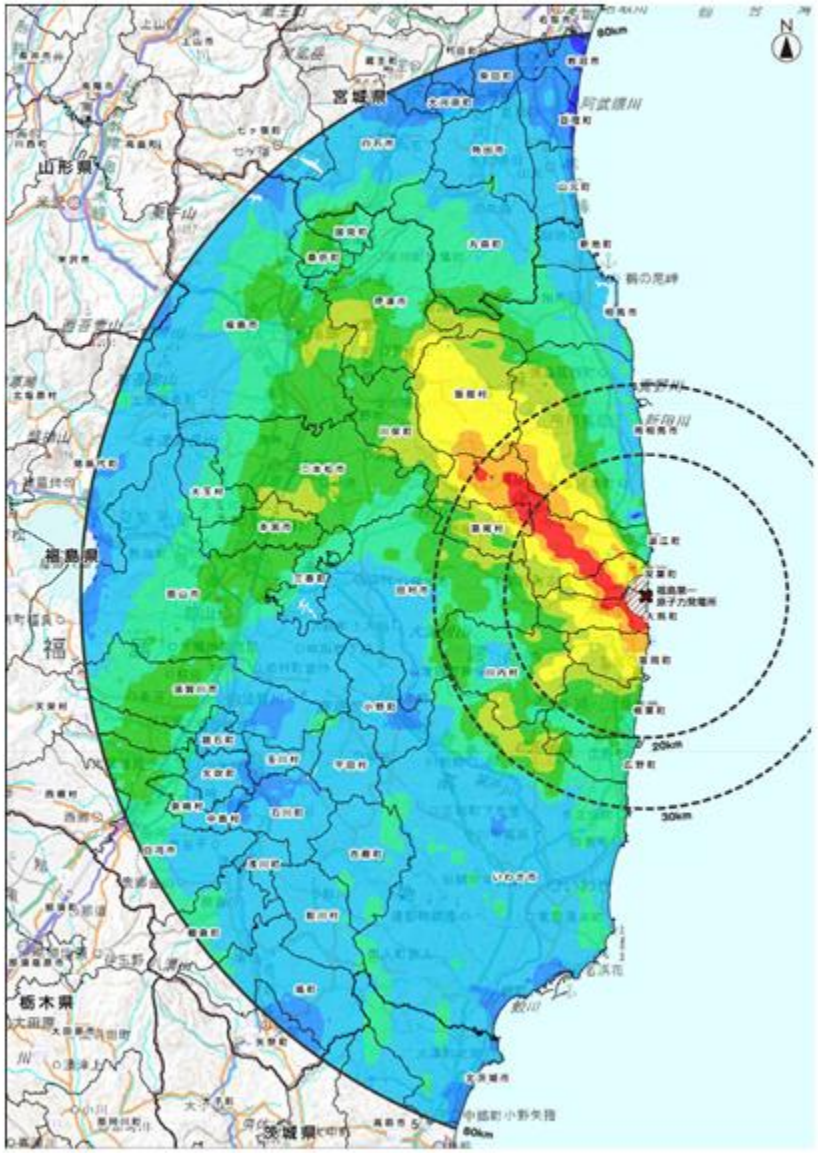
※相対リスクとは、ある原因（ここでは被ばく）により、それを受けた個人のリスクが何倍になるかを表す値です。



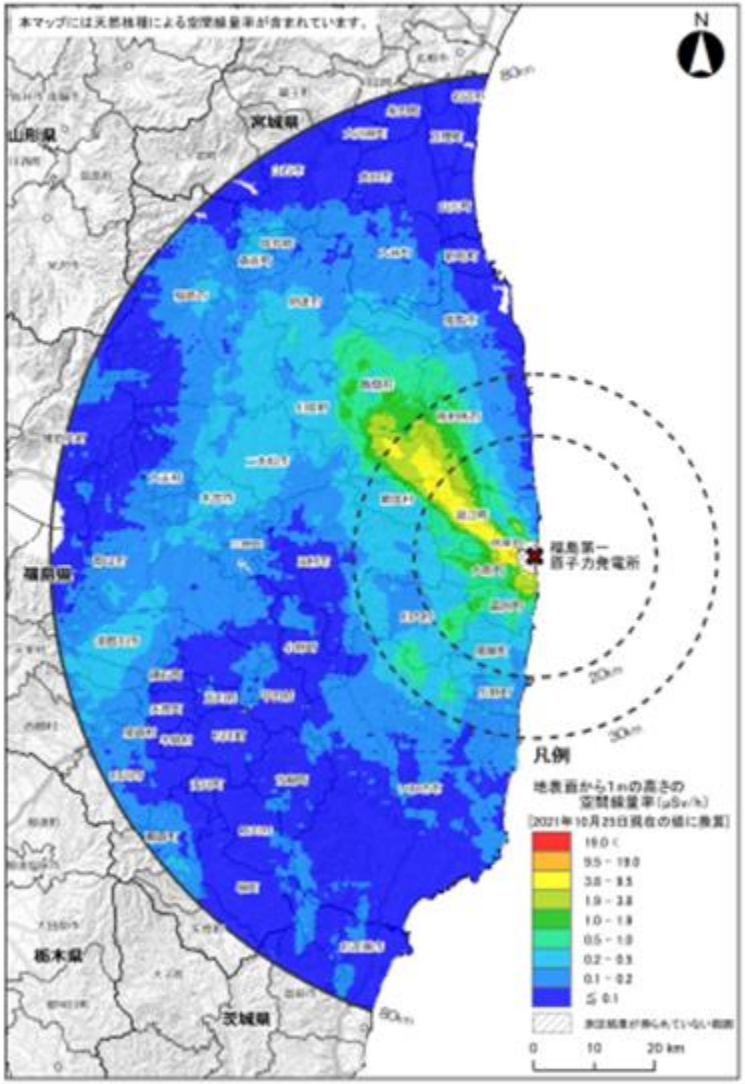
【出所】中村仁信、『放射線と発がん』
(公益財団法人大阪癌研究会, 2011年)
2頁図1を参考、引用。説明向けに改変

空間線量率の
時空間分布

80km圏内における空間線量率の分布



文部科学省発表 2011年12月16日



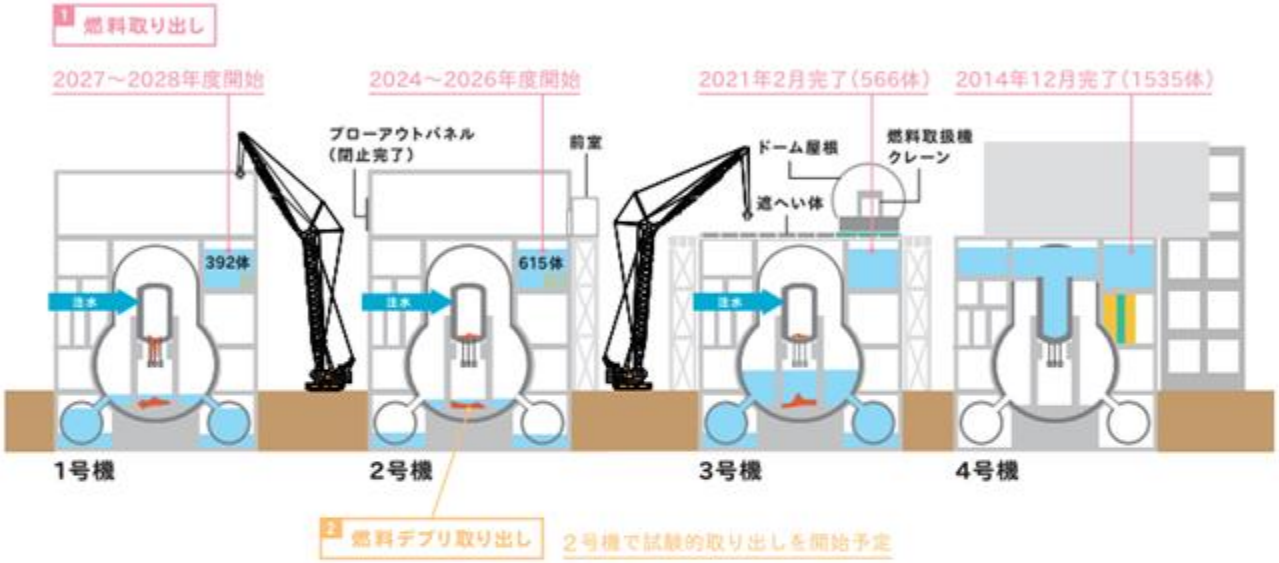
※2021年10月２５日現在の値に換算

原子力規制委員会発表 2022年3月4日

廃炉に関する取組の進捗

各号機の状況

○各号機ごとに状況が異なるため、対策の実施方法や進捗状況は様々。

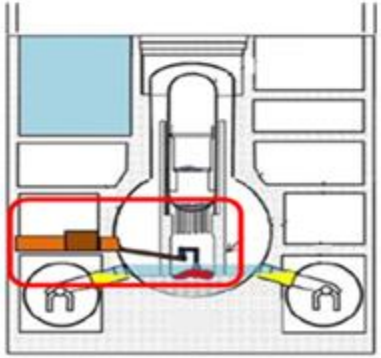


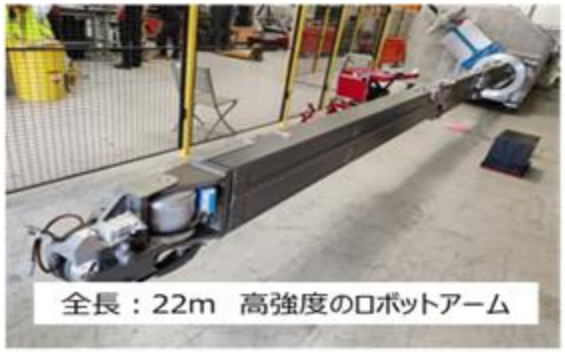
※５号機、６号機に事故は発生していないが、燃料取り出しなどの作業を順次行っていく。

燃料デブリ取り出しの今後の計画

○２号機から試験的取り出しを開始し、段階的に規模を拡大。

ロボットアームを格納容器への小型貫通孔から挿入する取出し方式を確立

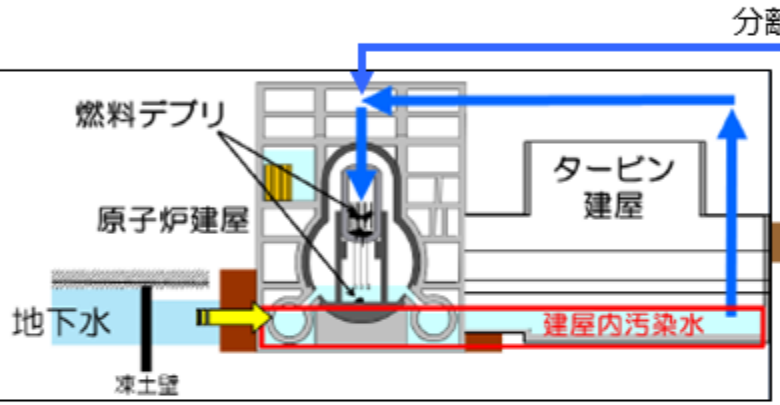




出典：資源エネルギー庁「廃炉の大切な話2022」等より作成

「ALPS処理水」とは　～汚染水の浄化処理～

■ 事故で発生した放射性物質を含む汚染水を多核種除去設備（ALPS：Advanced Liquid Processing System）等により、トリチウム以外の放射性物質を環境放出の際の規制基準を満たすまで浄化処理した水を「ALPS処理水」という。



汚染水

セシウム、ストロンチウムを浄化処理

サリー

キュリオン

淡水を分離

淡水化装置

トリチウム以外の
62種類の放射性物質を浄化処理

多核種除去設備
（ALPS）

- 前処理設備（沈殿処理）
- 吸着塔

トリチウム以外の放射性物質について環境放出の際の規制基準を満たすもの

トリチウム以外の放射性物質について環境放出の際の規制基準を満たさないもの

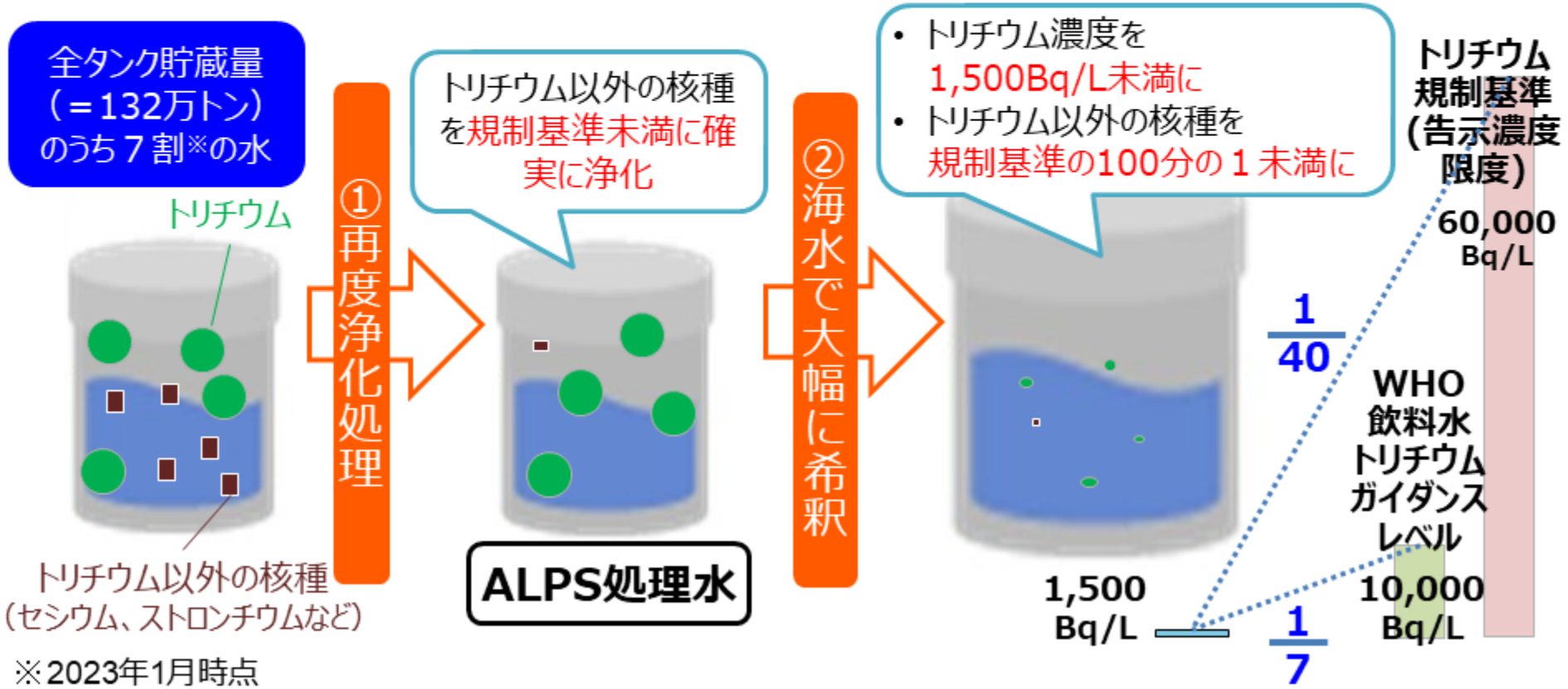
ALPS又は逆浸透膜装置による二次処理

ALPS処理水

（出典）資源エネルギー庁「汚染水処理で発生する廃棄物「スラリー」とは？なぜ発生する？どのように保管されている？」（https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/osensuitaisaku_slurry.html）等に基づき作成

タンクに保管されている水の処理方法

- ①トリチウム以外の核種の再浄化、②海水により100倍以上に希釈することにより、処理水に含まれる放射性物質の放射能濃度を、規制基準を大幅に下回るレベルにする。
- その上で、東京電力福島第一原子力発電所から海洋に放出。放出前後の状況を監視（国際機関など第三者が評価・検証）。

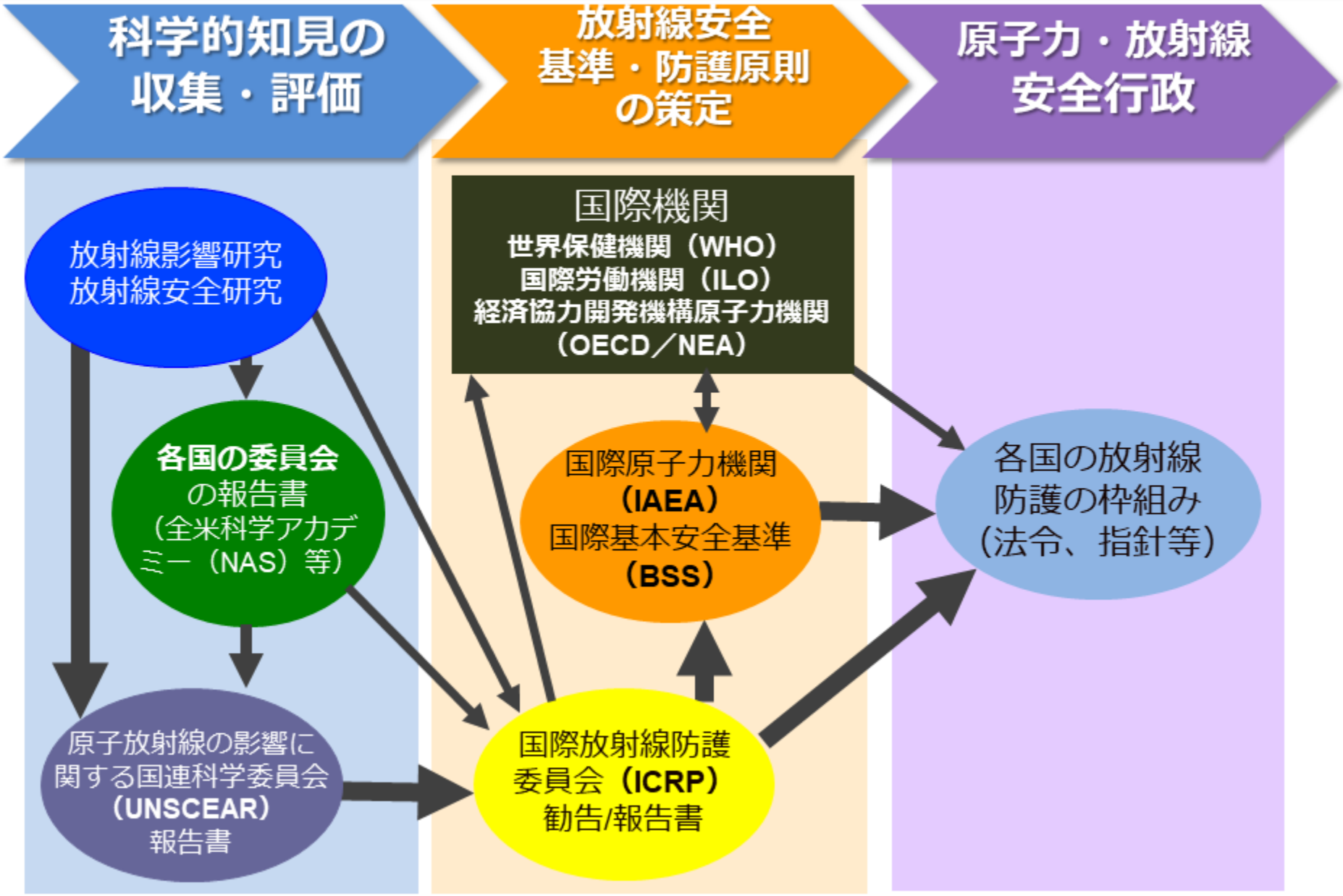


※2023年1月時点

（出典）経済産業省HP「ALPS処理水の処分」（https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/hairo_osensui/alps.html）に基づき作成

防護の原則

放射線防護に関わる国際的な枠組み



国際放射線防護委員会（ICRP）

国際放射線防護委員会（ICRP）

放射線防護の基本的な枠組みと防護基準を勧告することを目的とする。主委員会と４つの専門委員会（放射線影響、線量概念、医療被ばくに対する防護、勧告の適用）で構成されている。

（参考）ICRPの勧告より、線量限度について抜粋

	1977年勧告	1990年勧告	2007年勧告
線量限度（職業人）	50mSv/年	100mSv/５年かつ50mSv/年	100mSv/５年かつ50mSv/年
線量限度（一般公衆）	５mSv/年	１mSv/年	１mSv/年

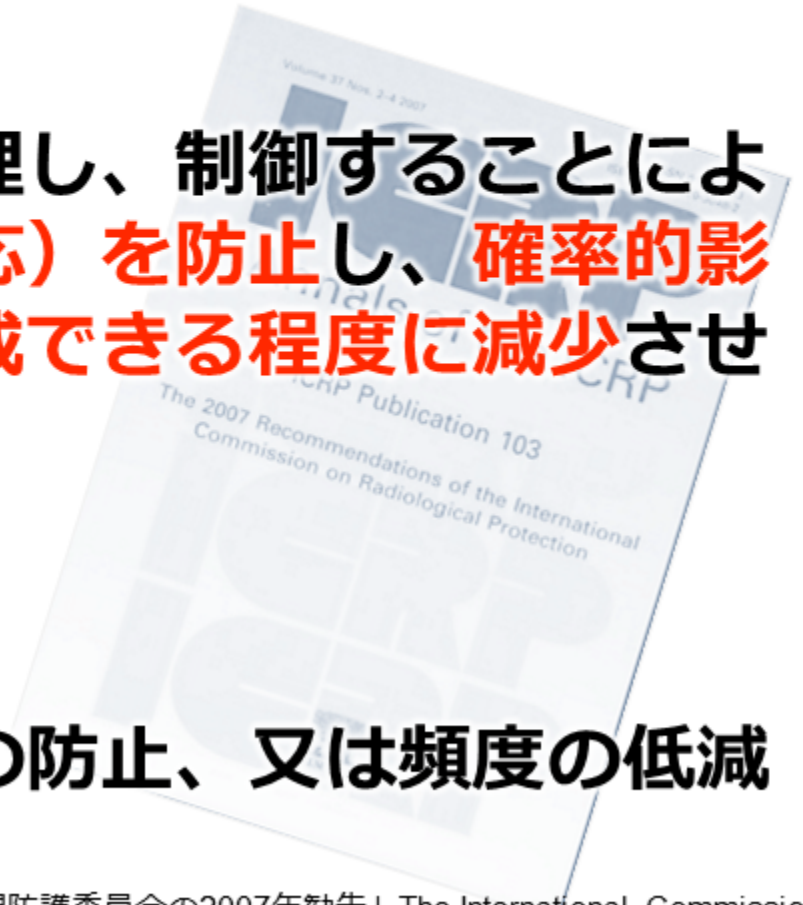
mSv：ミリシーベルト

勧告の目的

勧告の目的（国際放射線防護委員会（ICRP） 2007年勧告）

1）人の健康を防護する

- 放射線による被ばくを管理し、制御することにより、**確定的影響（組織反応）を防止**し、**確率的影響のリスクを合理的に達成できる程度に減少**させる



2）環境を防護する

- 有害な放射線影響の発生の防止、又は頻度の低減

出典：ICRP Publication 103「国際放射線防護委員会の2007年勧告」The International Commission on Radiological Protection（国際放射線防護委員会）、2007より作成

被ばく状況と防護対策

放射線による人の被ばく状況

計画被ばく状況

被ばくが生じる前に防護対策を計画でき、被ばくの大きさと範囲を合理的に予測できる状況

線量限度

（一般公衆） 1 mSv/年
（職業人）100mSv/5年
かつ50mSv/年

対策

放射性廃棄物処分、長寿命放射性廃棄物処分の管理等

現存被ばく状況

管理についての決定がなされる時点で既に被ばくが発生している状況

参考レベル

1～20mSv/年のうち低線量域、
長期目標は1mSv/年

対策

自助努力による放射線防護や放射線防護の文化の形成等

緊急時被ばく状況

急を要するかつ、長期的な防護対策も要求されるかもしれない不測の状況

参考レベル

20～100mSv/年の範囲

対策

避難、屋内退避、放射線状況の分析・把握、モニタリングの整備、健康調査、食品管理等

mSv：ミリシーベルト

出典：ICRP Publication 103「国際放射線防護委員会の2007年勧告」The International Commission on Radiological Protection（国際放射線防護委員会）、2007より作成

防護の三原則

国際放射線防護委員会（ICRP）の防護の三原則

- 正当化
- 防護の最適化
- 線量限度の適用

出典：ICRP Publication 103「国際放射線防護委員会の2007年勧告」The International Commission on Radiological Protection（国際放射線防護委員会）、2007より作成

放射線に関わる法令

(1) 原子力基本法

(2) 放射性同位元素等の規制に関する法律 (放射性同位元素等規制法)

(3) 原子炉等規制法

(4) その他

【人に関する法令】

① 労働安全衛生法(電離放射線障害防止規則)

② 国家公務員法(人事院規則)

【医療に関する法令】

① 医療法(医療法施行規則)

② 薬機法(薬機法施行規則)

【運送に関する法令】

① 事業所外運搬告示(運搬物に関する基準)

② 放射性同位元素等車両運搬規則(運搬する車両に関する基準)

放射線に関わる法令

原子力基本法
（昭和30年12月19日公布）

平和利用・安全確保

原子炉等規制法
核原料物質・核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律
(昭和32年6月10日公布)

硝酸ウラニル・硝酸トリウム等

放射性同位元素等規制法
放射性同位元素等の規制に関する法律
(昭和32年6月10日公布)

Radio Isotope(RI)

放射線に関わる法令

放射線障害予防規程

- 放射線利用は医療利用から工業利用と、幅が広く、多種多様

→ 法令だけで全ての放射線施設を規制することは困難であり、各放射線施設に適したRI・放射線の利用方法に即した放射線管理の基準が必要

各事業所ごとに放射線障害予防規程を作成する。

国立大学法人大分大学放射線安全管理規程

平成１６年４月１日制定

第１章　総則

（目的）

第１条　この規程は，放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（昭和３２年法律第１６７号。以下「法」という。），同施行令（昭和３５年政令第２５９号）及び同施行規則（昭和３５年総理府令第５６号。以下「府令」という。）並びに医療法施行規則（昭和２３年厚生省令第５０号。以下「省令」という。）及び電離放射線障害防止規則（昭和４７年労働省令第４１号。以下「規則」という。）その他の法令に基づき，国立大学法人大分大学　（以下「法人」という。）における放射性同位元素等の取扱いを規制し，法人の放射線障害の防止及び公共安全を確保することを目的とする。

（用語の定義）

第２条　この規程において，用いる用語の定義は，法，府令，省令及び規則に基づくもののほか，次の各号に定めるところによる。

（１）　総括管理者とは，学長をいう。

（２）　放射線施設の責任者とは，全学研究推進機構研究支援分野ＲＩ実験部門長及び医学部附属病院放射線部長をいう。

（３）　事業所とは，全学研究推進機構及び医学部附属病院をいう。

（４）　部局とは，国立大学法人大分大学部局を定める規程（平成１６年規程第１４号）第２条第３項第２号に規定する部局をいう。

（５）　部局長とは，部局を掌理するものをいう。

（６）　管理区域の責任者とは，当該管理区域における放射線障害防止のために必要な措置を行うものとし，部局長が指名する。

（７）　表示付認証機器とは，法第２条第３項に規定するニッケル６３を装備するＥＣＤガスクロ等をいう。

http://www.med.oita-u.ac.jp/rpp/committee/radiation.html

ICRP（世界）

放射性同位元素等規制法（日本）

放射線障害予防規程（大分大学）

法令等の関係

放射性同位元素等規制法

法の目的

- 放射性同位元素の使用・販売・廃棄その他の取扱い、放射線発生装置の使用及び放射性同位元素によって汚染されたものの廃棄その他の取扱いを規制することにより、放射線障害を防止し、及び特定放射性同位元素を防護して、公共の安全を確保することを目的とする。

法の基準

- 放射線施設に対する基準

  →事業者の遵守事項

- 安全管理に関する基準(人の行動などに関連した規則)

  →放射線業務従事者の遵守事項

  →教育訓練、健康診断、被ばく線量測定、放射線障害のおそれのある場所についての放射線の量の測定など

放射性同位元素等規制法

- 放射線・放射性同位元素（Radio Isotope）
- 管理区域
- 放射線業務従事者
- 教育訓練
- 健康診断
- 被ばくモニタリング

放射線

法令上の放射線の定義

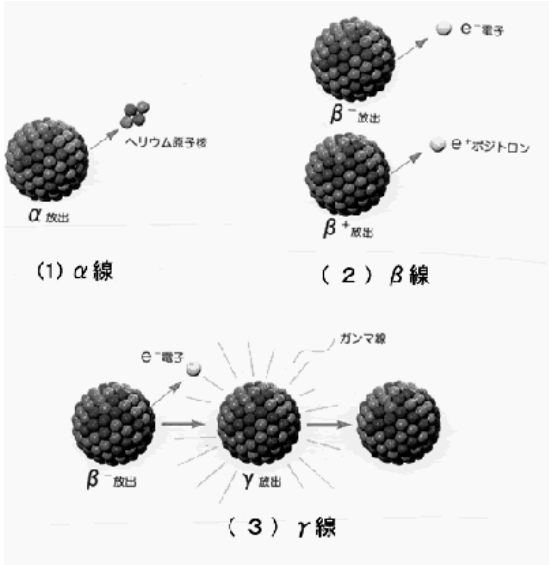
電磁波または、粒子線のうち、直接または、間接的に空気を電離する能力を有するもの

(1) アルファ線、陽子線その他の重荷電粒子線およびベータ線

(2) 中性子線

(3) ガンマ線及び特性エックス線

(4) 1メガ電子ボルト(1MeV)以上の電子線およびエックス線



法が規制するもの (放射線源)

① 放射性同位元素 RI

② 放射線発生装置

放射性同位元素

放射性同位元素

放射線を放出する同位元素及びその化合物並びに含有物(機器に装備されているものを含む)で、その数量及び濃度が種類ごとに原子力規制委員会が定める数量(下限数量)を超えるもの。

放射性同位元素等規制法の適用除外の放射性物質

1. 原子力基本法に規定する核燃料物質及び核原料物質
   (原子炉の核燃料、天然ウラン、劣化ウラン、トリウム化合物)
2. 薬機法に規定する医薬品及びその原料または材料であって薬機法の許可を受けた製造所に存するもの(^{99}Mo/^{99m}Tcジェネレータ)
3. 医療法に規定する病院又は診療所において行われる治験の対象とされる薬物(マイクロドーズ試験)、他あり

放射性同位元素

下限数量

各核種の下限数量

核種名	下限数量	
	数量 (MBq)	濃度 (Bq/g)
H-3	1,000	1×10^{6}
C-14	10	1×10^{4}
P-32	0.1	1,000
P-33	100	1×10^{5}
S-35	100	1×10^{5}
I-125	1	1,000
Sr-90	0.01	100

（数量告示別表第1）

放射線を放出する同位元素
及びその化合物並びにこれらの含有物

Yes → 濃度が定められた値を超える

No → 放射性同位元素として規制を受けない

Yes → 数量が下限数量を超える

No → 放射性同位元素として規制を受けない

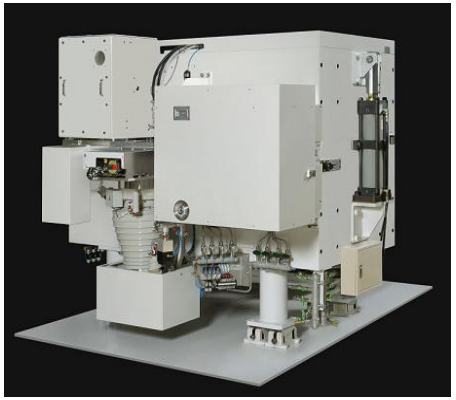
Yes → 放射性同位元素
Radio Isotope

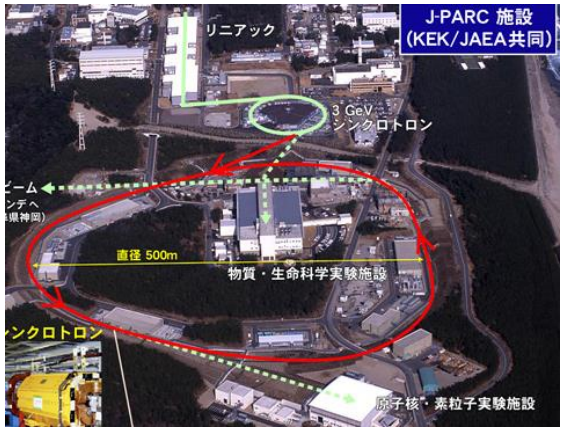
放射線発生装置

放射線発生装置

荷電粒子を加速することにより放射線を発生する装置

- 直線加速器 (リニアック)
- サイクロトロン
- ベータトロン
- マイクロトロン
- シンクロトロン
- シンクロサイクロトロン





装置表面から10㎝での最大線量当量率が、600nSv/h 以下のものは除く

放射性同位元素等規制法

- 放射線・放射性同位元素（Radio Isotope）
- 管理区域
- 放射線業務従事者
- 教育訓練
- 健康診断
- 被ばくモニタリング

管理区域

研究マネジメント機構RI管理部門 管理区域入口

標識

外部放射線に係る線量、空気中の放射性同位元素の濃度、ものの表面の放射性同位元素の密度が、一定レベル以上の値を超える恐れのある場所を管理区域と設定し、一般人の立入りを制限する(標識の明示)

管理区域

管理区域の設定基準

(1) 外部放射線の 実効線量　1.3 mSv / 3ヶ月

外部被ばくを考慮

(2) 空気中の放射性同位元素の濃度が濃度限度の 1/10 (3ヶ月平均)

内部被ばくを考慮

(3) 放射性同位元素の表面密度限度の 1/10

物の表面汚染

(4) 外部放射線量、空気中濃度それぞれの線量限度・濃度限度に対する割合が1を越える場所

管理区域であることを明示する

室内

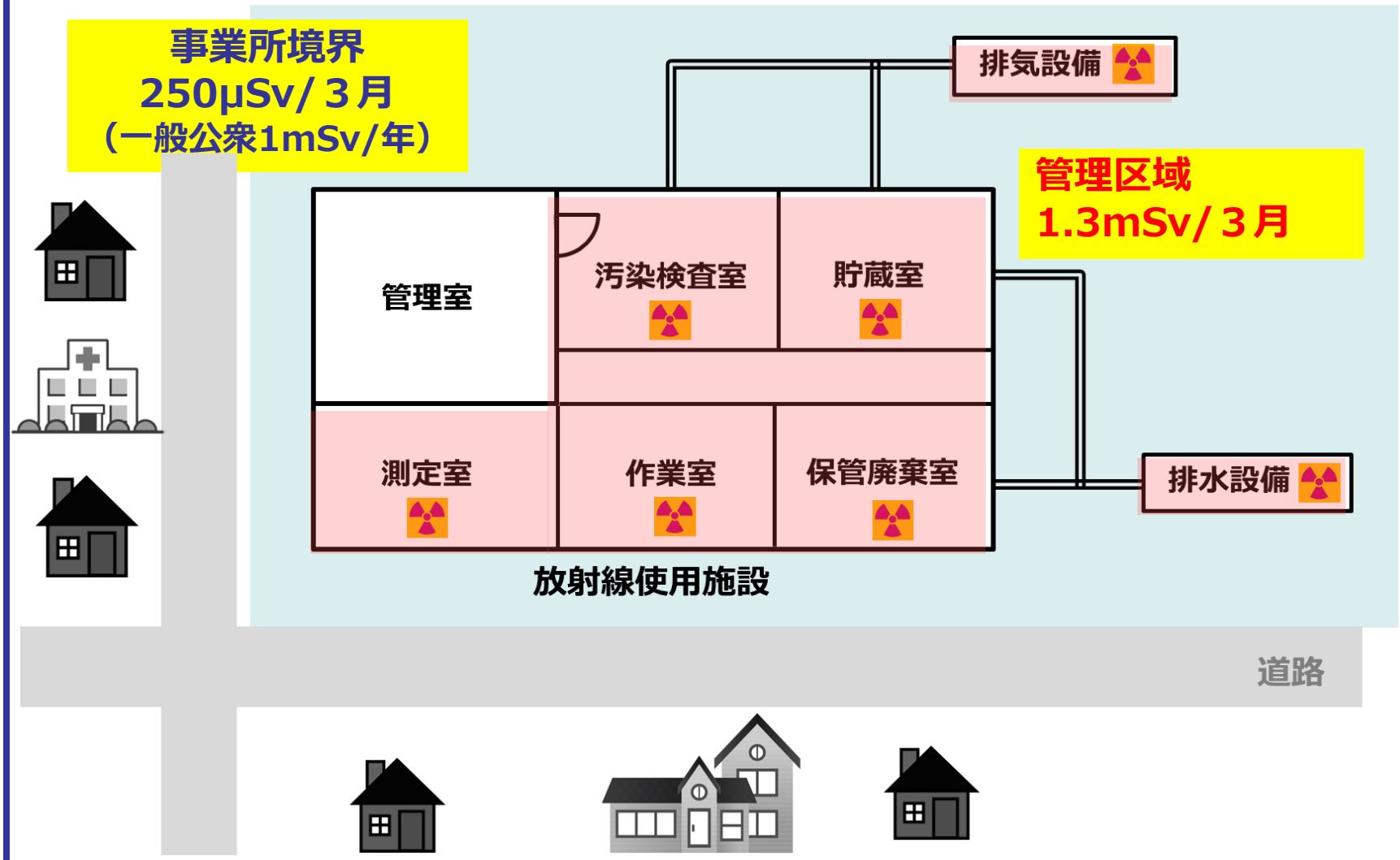
所定の標識

室外

みだりに立ち入らない措置
→フェンス、柵

管理区域

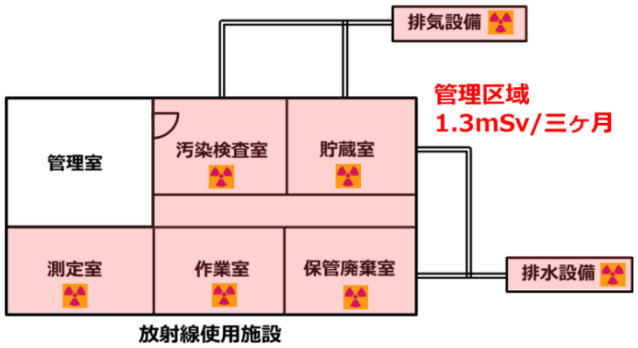
管理区域と規制値



管理区域

使用の基準

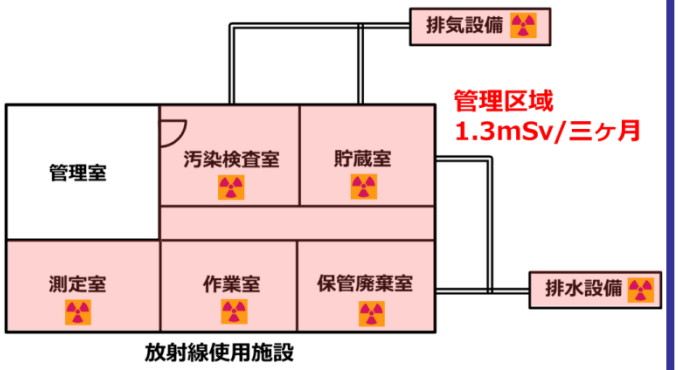
- 放射性同位元素、放射線発生装置の使用は**使用施設**
- 非密封放射性同位元素の使用は**作業室**
- 管理区域内での**飲食・喫煙の禁止**
- 管理区域内では専用の**作業衣・履物を着用**
- **表面密度限度**を超えないように(汚染の防止)
- 管理区域から退出する際は**汚染検査**
- **表面密度限度の1/10**を超える管理区域内物品は管理区域から持ち出さない（物の汚染検査）
- 作業室内では**排気設備**を運転(内部被ばくを防止)
- 密封放射性同位元素を使用する際は、**紛失・漏えい**等を点検



管理区域

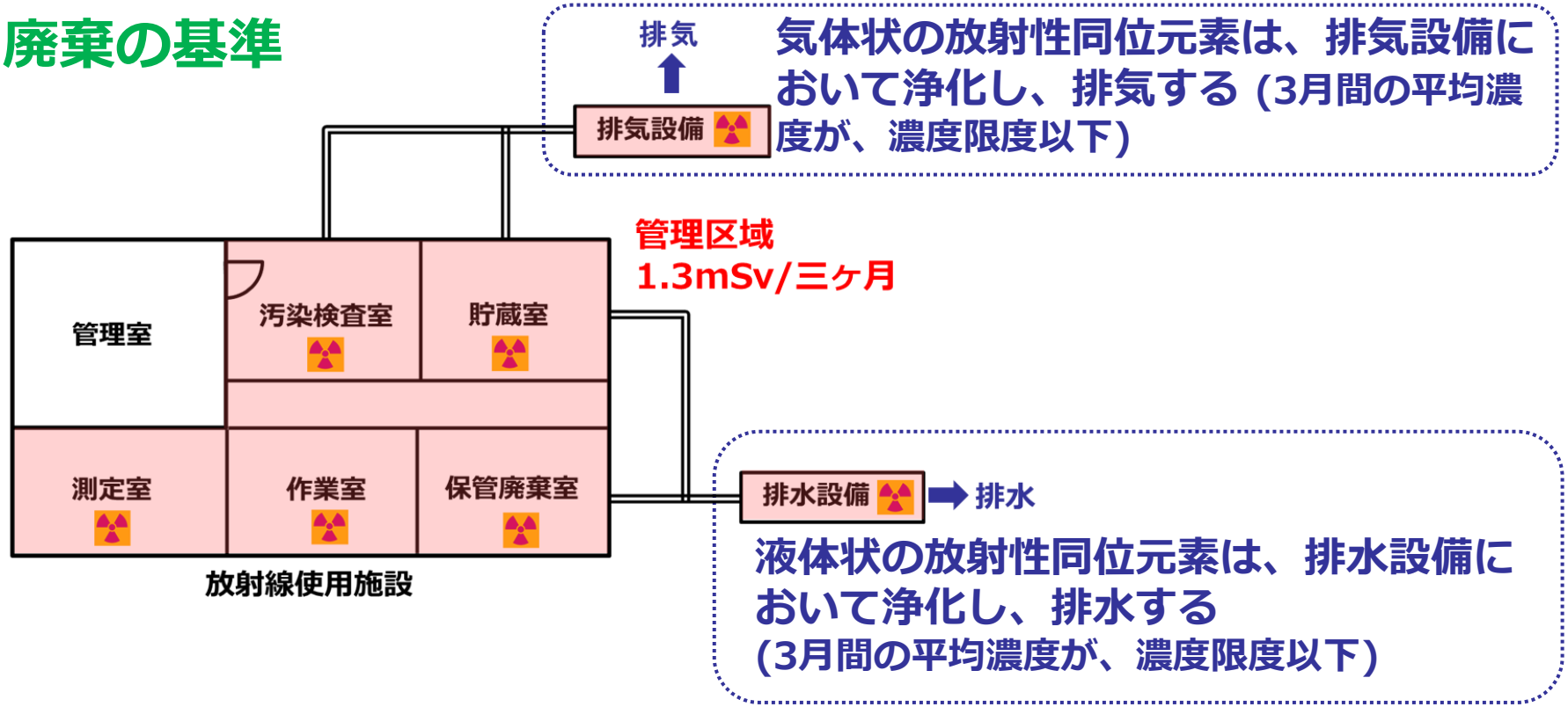
保管の基準

- 容器に入れ、貯蔵施設(貯蔵室・貯蔵箱)に保管
- 貯蔵施設の貯蔵能力を超えて保管しない
- 表面密度限度を超えないように(汚染の防止)
- 人がみだりに立ち入らないような措置を講ずること
- 貯蔵箱を容易に持ち出せないように措置する
- 放射性同位元素がこぼれない構造・浸透しない材料の容器に入れて貯蔵する。（液体RI）



管理区域

廃棄の基準



固体廃棄物、液体廃棄物(無機液体・有機液体)については、分別後保管廃棄設備において保管のちに、日本アイソトープ協会へ廃棄を委託

管理区域

退出時の汚染状況の測定

●測定方法

一般的には放射線測定器(ハンドフットクロスモニター)を用いる

しかし、放射線事業所によっては、表面汚染サーベイメーターで測定する場合もある。

●測定の対象

①人 (手足及び作業衣)

②物品（普通はサーベイメーター）

●測定のタイミングと場所

退出時に汚染検査室にて行う

β線用サーベイメーター

α線用サーベイメーター

ハンドフットクロスモニタ

放射性同位元素等規制法

- 放射線・放射性同位元素（Radio Isotope）
- 管理区域
- 放射線業務従事者
- 教育訓練
- 健康診断
- 被ばくモニタリング

放射線業務従事者

放射線業務従事者

放射性同位元素（汚染物も含みます）または、放射線発生装置の取扱や管理または、これに付随する業務に従事するもので**管理区域**に立ち入るもの。

放射線業務従事者

管理区域内に設置された放射線源や放射線発生装置の制御・運転を管理区域外においてのみ行う人など

区分 / 項目	放射線業務従事者	取扱等業務従事者	一時的に立ち入る者
	管理区域に立ち入り、放射線の取扱等の業務に従事する者	管理区域に立ち入らず、放射線の取扱等の業務に従事する者	放射線の取扱等の業務以外で管理区域に立ち入る者
健康診断	・立ち入る前 ・立ち入った後1年ごと	実施しなくてよい	実施しなくてよい
教育訓練	・立ち入る前 ・立ち入った後1年ごと	・業務に従事する前 ・従事した後1年ごと	立ち入る前
被ばくの測定	管理区域に立ち入る場合継続、3月ごと (妊婦女子は1月ごと)	実施しなくてよい	立ち入っている間 ただし、100μSv以下の時は不要

こういった「注意書き」が入口に掲示されている

放射線業務従事者心得

1. 個人被ばく線量計は必ず装着し作業をすること
2. 放射線を取り扱うときは、必要最小限にとどめる等被ばく防止の措置を講ずること
3. 放射線作業中は無用の者を使用場所に立ち入らせない
4. 健康診断及び教育訓練は定期的に受けること
5. 管理区域での飲食、化粧は行わないこと
6. 緊急事態が発生した場合は、まわりの応援を呼び、速やかに放射線取扱主任者に報告すること
7. 緊急時（火災や地震）の措置として、人体の危機の回避・事故の拡大防止・速やかな通報に努めること

人の管理

(1) 放射線業務従事者の登録

(2) 教育訓練

はじめて管理区域に立ち入る前に実施

更新者は1年を越えない期間ごとに実施

(3) 放射線健康診断

はじめて管理区域に立ち入る前に受診

更新者は1年を越えない期間ごとに受診

異常被ばくを受けた時は、直ちに受診

(4)　個人被ばくモニタリング

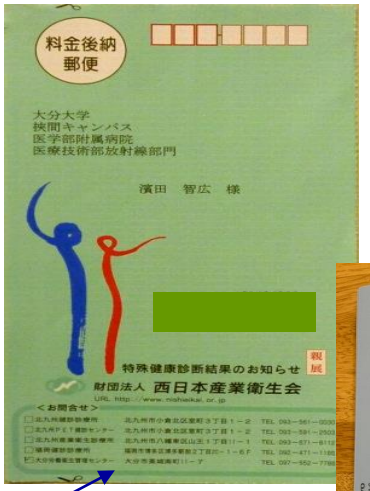
外部被ばく測定:専用の測定器を使用する

- 管理区域に滞在中は継続して着用
- 指定の場所に取り付ける
- 不均等被ばくがあるときはMAX部位にも着用

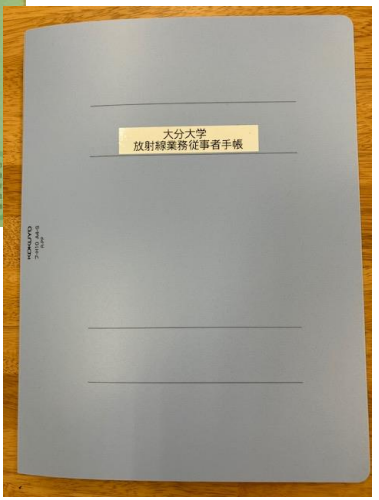
ガラスバッジ

(5)　記録の交付と保管

健康診断結果と被ばく線量報告を
本人に交付する。
事業所が決められた期間保管する。



従事者手帳



特殊健康診断結果

放射性同位元素等規制法

- 放射線・放射性同位元素（Radio Isotope）
- 管理区域
- 放射線業務従事者
- 教育訓練
- 健康診断
- 被ばくモニタリング

放射性同位元素等規制法

教育訓練

(1) 実施内容

放射線の人体に与える影響	30分 以上
放射性障害の防止に関する法令 及び放射線障害予防規程	30分 以上
放射性同位元素等又は放射線発生装置 （加速器）の安全取扱い	1時間 以上

※この教育訓練時間数は、新規登録者のためのものです。

放射性同位元素等規制法

教育訓練

(2) 実施時期

イ. 放射線業務従事者は始めて管理区域に立ち入る前(新規)

立ち入った後にあたっては1年を超えない期間ごと(更新)

→　来年度以降は、教育訓練(更新)の受講が必要！

放射性同位元素等規制法

- 放射線・放射性同位元素（Radio Isotope）
- 管理区域
- 放射線業務従事者
- 教育訓練
- 健康診断
- 被ばくモニタリング

放射性同位元素等規制法

健康診断（問診）

新規登録者は問診・検査の両方を受けるのが一般的です。

適用法	問診内容
放射性同位元素等規制法	1. 放射線の被ばく歴の有無 2. 被ばく歴を有するものについては、作業の場所、内容、期間、線量、放射線障害の有無その他放射線による被ばくの状況
労働安全衛生法(電離則)	1. 被ばく歴の有無 2. 自覚症状の有無 3. 被ばく歴を有するものについては、作業の場所、内容及び期間、放射線障害の有無その他放射線による被ばくに関する事項

適用法	検査または検診内容	
	管理区域立入前	管理区域立入後
放射性同位元素等規制法	1. 末しょう血液中の血色素量又はヘマトクリット値、赤血球数、白血球数及び白血球百分率 2. 皮膚 3. 眼（医師が必要と認める場合）	医師が必要と認める場合、左記項目
労働安全衛生法(電離則)	1. 白血球数及び白血球百分率 2. 赤血球数及び血色素量又はヘマトクリット値 3. 白内障（使用する線源の種類等に応じて省略可） 4. 皮膚	前年１年間に受けた実効線量が５mSvを超えず、かつ、当該健康診断後の１年間にうける実効線量が５mSvを超えるおそれのないものに対して、医師が必要と認めないときは左記検査は要しない。

放射性同位元素等規制法

- 放射線・放射性同位元素（Radio Isotope）
- 管理区域
- 放射線業務従事者
- 教育訓練
- 健康診断
- 被ばくモニタリング

放射性同位元素等規制法

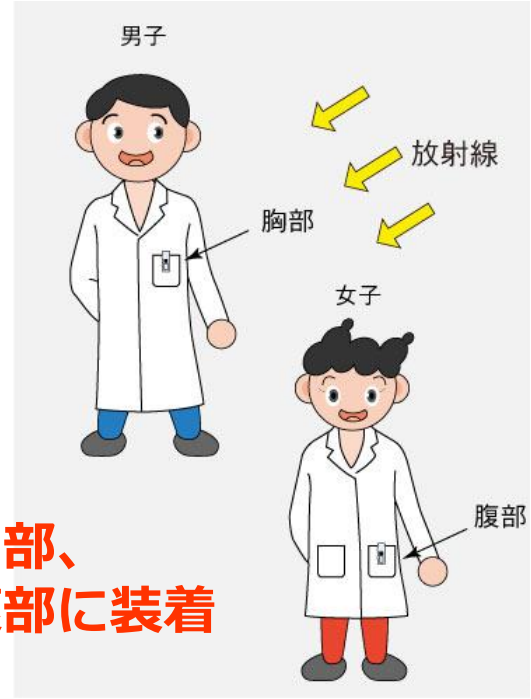
被ばくモニタリング（実効線量限度）

放射線業務従事者の実効線量について、4月1日を始期とする**5年間で100 mSv を超えないこと**、

ただし、**いかなる1年間も 50 mSvを超えないこと**。

ガラスバッジ（千代田テクノル）

ルミネスバッジ（長瀬ランダウア）



男性は胸部、
女性は腹部に装着

実効線量限度(放射性同位元素等規制法)

【通常業務】

50mSv/年
100mSv/5年

【緊急業務】

100mSv

【女子】

5mSv/3か月

●線量限度が小さい
●妊娠中の女子の線量限度は別途定める

⬇

妊娠がわかれば、放射線取扱主任者等に連絡！

【一般公衆】

1mSv/年

※数値は安全と危険の境界ではない

等価線量限度

(1) 眼の水晶体　；100mSv/5年,５0mSv / 年

(2) 皮膚・手足　；500 mSv / 年

＊妊娠を申告して使用者等が妊娠の事実を
知ったときから出産までの間
腹部表面　2 mSv

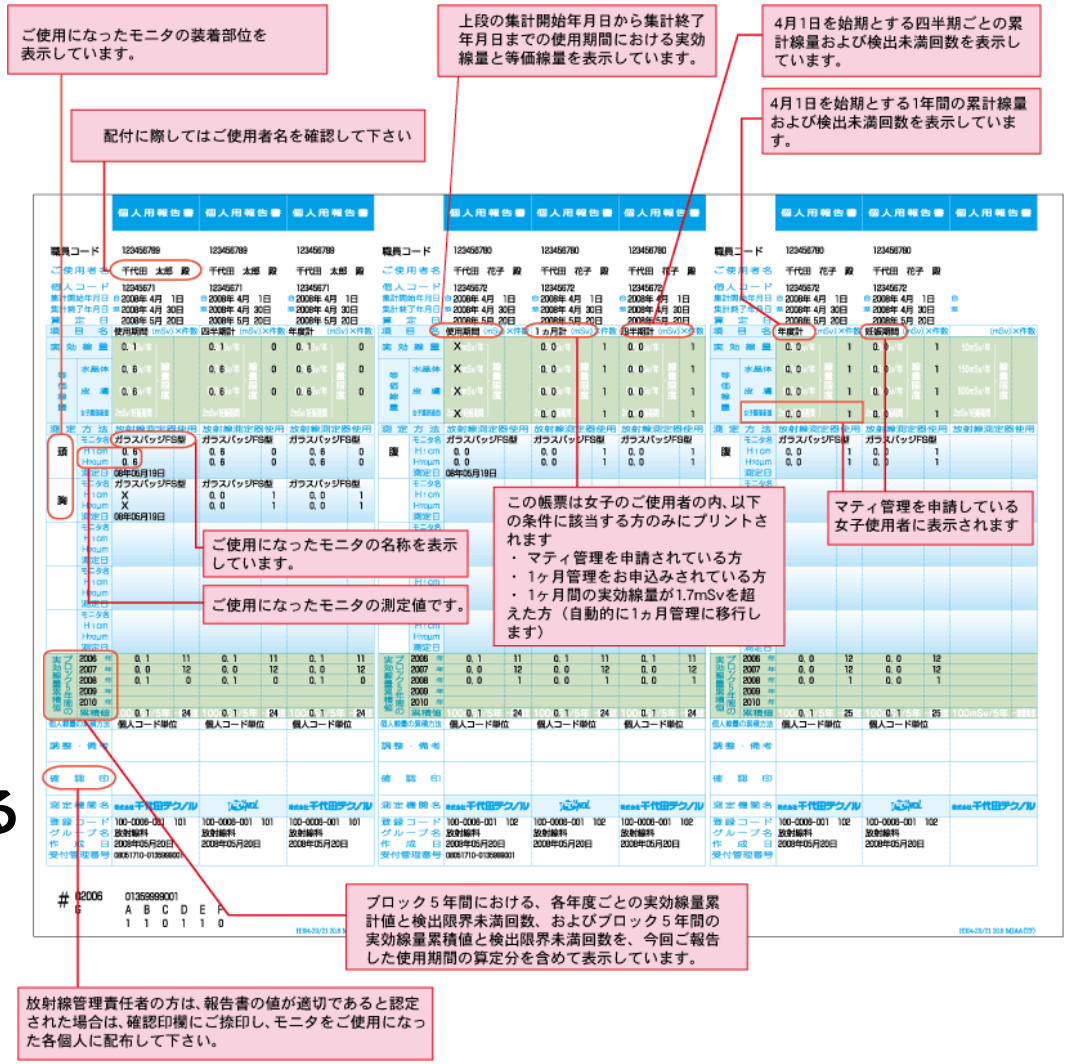
放射性同位元素等規制法

ガラスバッジ

- 各個人に準備され、1か月ごとに交換

附属病院は安全衛生係又は放射線科が手配します。
RI管理部門/旦野原地区はRI管理部門で手配します。

- 個人報告書により被ばく線量が線量限度を超えていないことを毎月確認する



放射線業務従事者　個人被ばく線量測定

ガラスバッジ（個人用）

- ○小型で安価
- ○集団での管理に適する
- ○測定結果が遅れる
- ○業者に委託必要
- ○中性子も測定できる

電子式ポケット線量計

- ○線量が直読できる
- ○測定精度が高い
- ○結果を個人で記録する
- ○やや高価
- ○衝撃に弱い
- ○中性子は計りにくい

汚染が発生したときの心構え

“おそれない”

手袋等で防御し、サーベイメータで汚染をとらえつつ、
除染を行う。

“あわてない”

あわててしまうと拾い上げた汚染源を落としたり、
倒したりで、かえって汚染領域を広げてしまう。
落ち着いて除染すること

“あなどらない”

手袋をし、ろ紙で拭き取っているから大丈夫、汚染範囲
内の除染が終了して一安心・・・ではない!!
手袋は汚染していなかったか?
範囲外に汚染の広がりはないか?

除染の方法

①同じ実験室内にいる人に、汚染が発生したことを知らせる

②身体および衣服などへの汚染がないことを確認

実験室内の広い場所に移動し、実験衣は汚染部分を確認しながらゆっくり脱ぎ、他に汚染が広がらないようビニル袋に入れる。

③皮膚についた場合、大量の水で洗い流す

水がはねて他の場所を汚染しないよう注意。
ゆるま湯、手洗用石鹸、中性洗剤を使用。
強く擦らず皮膚を傷つけない。
3～4回繰り返し、再度サーベイメータで測定する。

④適切なモニタで汚染区域を確認する

汚染した区域を明確に示すためテープなどで囲い
はっきりわかるようにする。
実験衣、手袋や保護具を身につける。

⑤周囲に汚染がないか適切なモニタを使用して再確認する

⑥大きな汚染物を取り除き、ビニル袋や廃棄用容器に入れる

⑦こぼれた溶液はろ紙や吸収紙で拭き取る。粉末の場合は箒、掃除機も有効です。

※汚染が生じた時は、まずRI管理者か主任者に相談!!

放射線障害予防規程

●学内でRIを使用できる事業所（附属病院、RI管理部門）にそれぞれ、予防規程が整備されています。

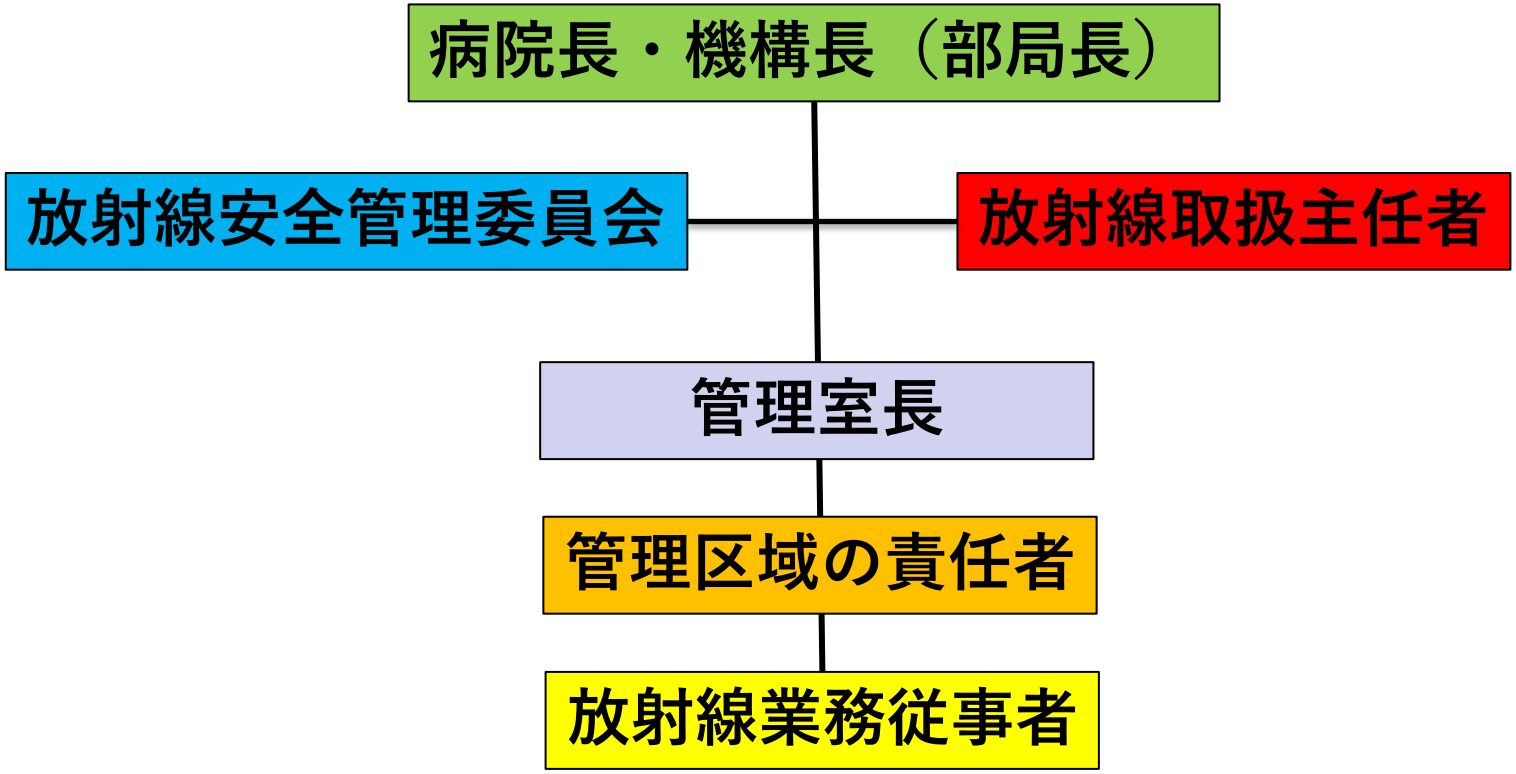
●学内でX線発生装置（教育研究用）を使用できる施設が、旦野原キャンパスにあり予防規程が整備されています。

●予防規程を補助するものとして下部規則が定められている場合があります。

●学内施設を使用せずに、学外の共同利用施設（SPring8, J-PARC, 九州シンクロトロン）を使う場合もあります。
学内規程のみではなく共同利用先の予防規程等も十分に理解しておく必要があります。

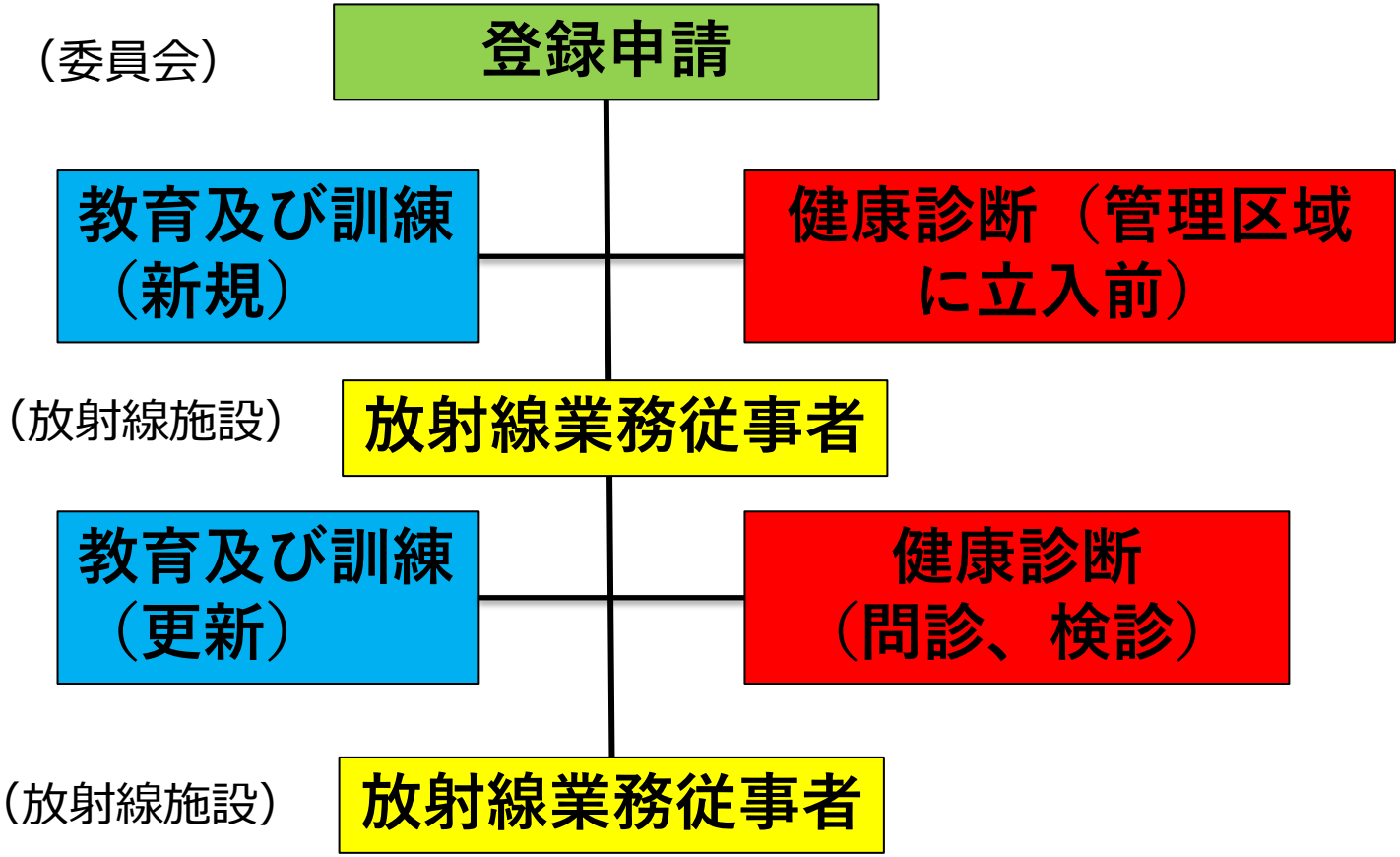
放射線障害予防規程

管理体制



放射線障害予防規程

登　録



放射線障害予防規程

放射線業務従事者の義務

1. 管理区域立入
2. 注意事項、主任者等の指示に従う
3. 個人被ばく線量計の着用
4. 外部被ばくの防止3原則
   （しゃへい、距離、時間の短縮）
5. 内部被ばくの防止　　飲食・喫煙の禁止等
6. 事故防止
7. 危険時の連絡体制の確認

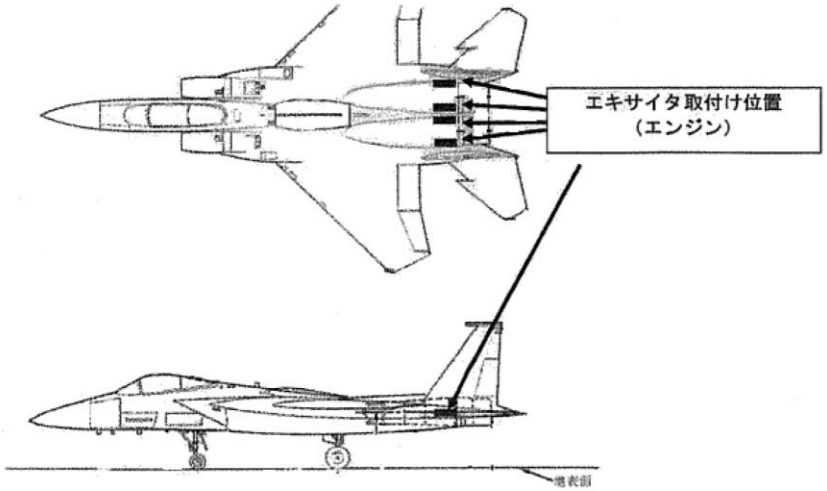
使用・保管・廃棄・運搬時の注意

最近の事故報告事例（法令報告）

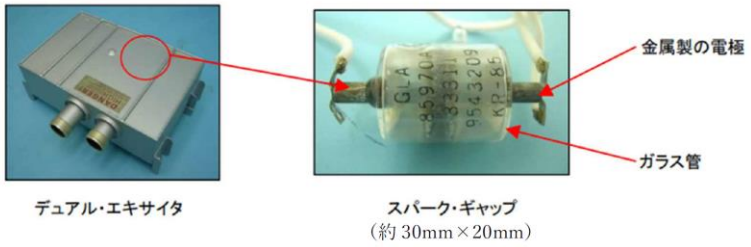
No	発生日	トラブル内容	施設名	核種	機器
1	2024/5/20	所在不明	海上保安庁羽田航空基地	H-3,Kr-85	非常口、エキサイタ
2	2024/3/12	所在不明	理研計器開発センター	Am-241	熱粒子化式センサ
3	2023/11/14	管理区域内漏えい	北越コーポレーション（大阪工場）	Kr-85	坪量計（18.5G）
4	2023/10/31	所在不明	筑波大学	Ni-63	ガスクロ
5	2023/10/5	破損に伴う漏えい	福岡県警察第一機動隊	H-3	照準部品
6	2023/8/3	計画外被ばく	テクノス三原株式会社	Ir-192	γ線透過試験装置
7	2023/5/12	所在不明	熊本県立大学	Ni-63	ガスクロ
8	2023/2/7	所在不明	日本曹達株式会社	C-14	
9	2022/12/23	管理区域外への漏えい	東北医科薬科大学	H-3	
10	2022/10/16	計画外被ばく	株式会社ウィズソル（茨城県内）	Ir-192	γ線透過試験装置
11	2022/8/5	管理区域外への漏えい	積水メディカル株式会社	H-3,C-14	RI排水管破断
12	2022/4/15	所在不明	防衛省航空自衛隊	Kr-85	エンジン点火装置
13	2022/1/28	管理区域内漏えい	興亜工業（株）	Kr-85	坪量計(37G)
14	2021/6/1	管理区域内漏えい	王子エフテックス(株)	Kr-85	坪量計(37G)
15	2020/11/30	所在不明	アイバ産業（株）	Cs-137	密封線源
16	2020/11/27	計画外被ばく	藤元総合病院	C-11	PET薬剤
17	2020/6/17	所在不明	札幌医科大学	I-125	密封(13.1Mx95)
18	2020/4/13	排気塔の倒壊	東北大学金属材料研究所		突風による
19	2019/12/16	所在不明	古河機械金属株式会社	Cs-137	密封線源（10M）
20	2019/9/3	管理区域外への漏えい	大日本除蟲菊株式会社	Ni-63	ガスクロ（火災）

航空自衛隊からの報告の概要
（４月１５日１２時５７分までに受けたもの）

○令和４年１月３１日に石川県小松沖約 5km の地点にて墜落した航空自衛隊第６航空団所属の「Ｆ－１５戦闘機」には、密封線源（クリプトン８５）を内蔵したエンジン点火装置（以下、「エキサイタ」という。）が４個装備されていた。



※エキサイタは左右エンジンに各２個（計４個）



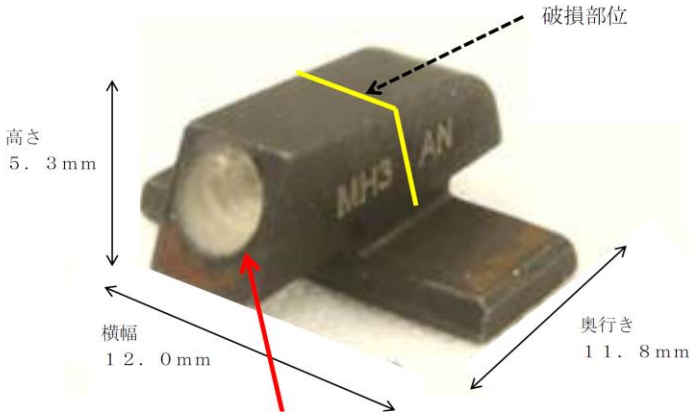
ガラス管内部にＫｒ－８５が封入

非常口表示板に内蔵された密封線源（トリチウム）

（非常口表示板の寸法：縦５㎝、横 12.5 ㎝、厚さ 1.3 ㎝）

核種：トリチウム（^{3}H）１個あたり 136.9GBq

照準器用線源



【放射性同位元素（トリチウム）入りのガラス管】

放射性同位元素（トリチウム）ガスの入ったガラス管を内蔵し、暗所において青白く光り、照準しやすくなる。

放射性同位元素（トリチウム）ガスの入ったガラス管１個の放射能量は、０．６６６ギガベクレル（ＧＢｑ）である。