

# 放射性物質の基礎知識 (『放射線による健康影響等に関する 統一的な基礎資料』から学ぶ)

## 「廃炉」に関する情報発信を考えるワークショップで制作したリーフレット

福島県内の学生が参加する、東京電力福島第一原発の「廃炉」に関する情報発信を考えるオンライン『ワークショップ』を開催しました。「廃炉」に関する情報について、「誰に」、「どんなこと」を伝えるべきかをテーマとして議論を行い、最終的に、参加した学生にテーマに沿ったリーフレットを制作頂きました。



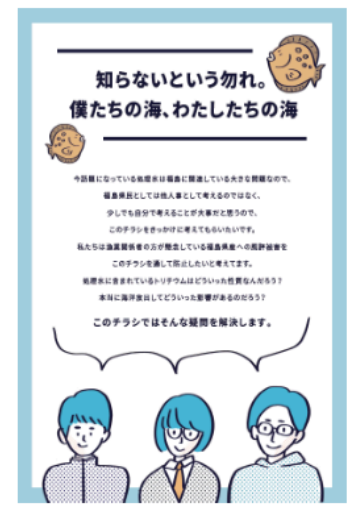
▶ 県外の大人に伝えたいこと。  
(PDF形式: 18.9MB)



▶ 県外の高校生に伝えたいこと。  
(PDF形式: 8.9MB)



▶ 県外の高校生に伝えたいこと。  
(PDF形式: 33.9MB)



▶ 県内の高校生に伝えたいこと。  
(PDF形式: 8.5MB)



[https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/hairo\\_osensui/](https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/hairo_osensui/)

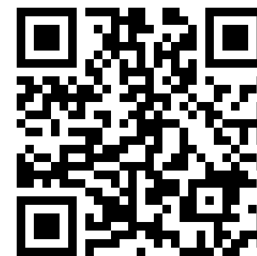
# 注意事項

- リスクを考えるのは負担となります
  - 皆で支え合うことが必要
- 関係者の努力に敬意を
- それぞれの考え方も尊重
  - 功利主義的な手法では公平性の確保が前提となる

受講頂きありがとうございます

# 放射線に関して学習するためのリソース

- 環境省. 放射線による健康影響等に関するポータルサイト
  - <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/portal/>



- 何故、放射線のことを学ぶのか説明できそうですか？

# 放射線の知識のポイント

## 保健・化学物質対策

[ホーム](#) > [政策](#) > [政策分野一覧](#) > [保健・化学物質対策](#) > [放射線健康管理](#)

> [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4年度版）の掲載について（お知らせ）](#)

### 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4年度版）の掲載について（お知らせ）

令和5年4月19日

環境省大臣官房環境保健部

放射線健康管理担当参事官室

#### 1. 作成の趣旨



■ [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4年度版）WEB版](#)

■ [令和4年度版の全体像（PDF）](#)

東京電力福島第一原子力発電所事故からの住民の皆様の一日も早い生活再建や地域の再生のため、早期帰還支援と新生活支援の両面の対策が進められています。

令和5年3月11日に東日本大震災から12年目を迎えました。令和2年3月に双葉町の避難指示解除準備区域の避難指示解除に伴い、帰還困難区域を除いて全ての避難指

# 1.放射線・放射能・放射性物質とは

- 「ベクレル」と「シーベルト」のうち、放射性物質の量を表す単位はどちら？



以下のスライドの出典はこちらです。  
「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4年度版」  
[https://www.env.go.jp/chemi/rhm/r4kiso  
shiryo/r4kisoshiryohtml.html](https://www.env.go.jp/chemi/rhm/r4kiso/shiryo/r4kisoshiryohtml.html)

- 電球 = 光を出す能力を持つ

ルーメン (lm)  
もしくは ワット (W)  
▶ 電球の明るさの単位



ルクス (lx)  
▶ 明るさの単位

- 放射性物質 = 放射線を出す能力 (放射能) を持つ

ベクレル (Bq)  
▶ 放射能の単位



放射線



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

※ シーベルトは放射線影響に関係付けられる。

## 2.放射線と放射性物質の違い

- 放射線を出す物質を何と言う？





放射性物質は  
そこから放射線を  
出します

放射性物質が体に入ると、体に残ったり、移動したりすることがあります。

放射線自体は  
体に残りません。

### 3.放射線と放射能の単位

- 「ベクレル」と「シーベルト」のうち、「放射線の量」を表す単位はどちら？



放射性物質

サーベイ  
メータ

この岩には  
**放射能**  
(放射線を出す能力)  
があります

## 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)

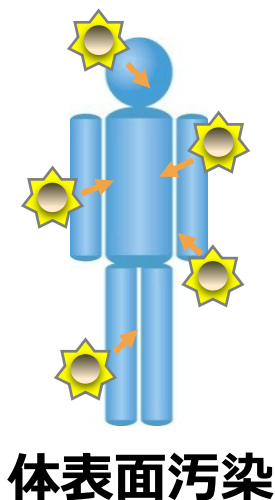
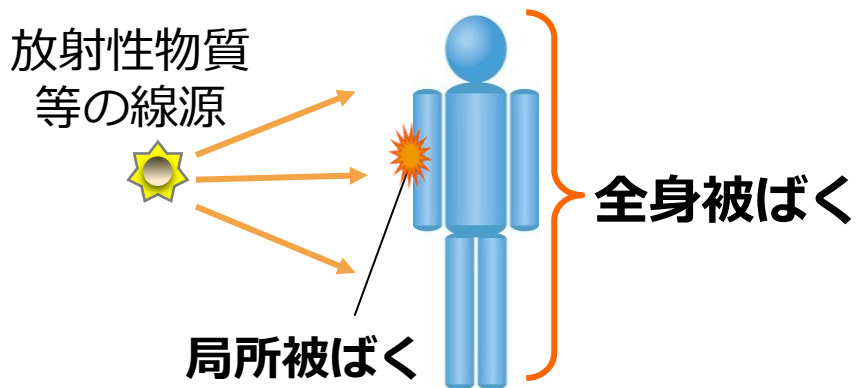
人が受ける放射線被ばく線量の単位：  
放射線影響に関係付けられる

## 4.被ばくの種類

- 「外部被ばく」と「内部被ばく」の違いは何？

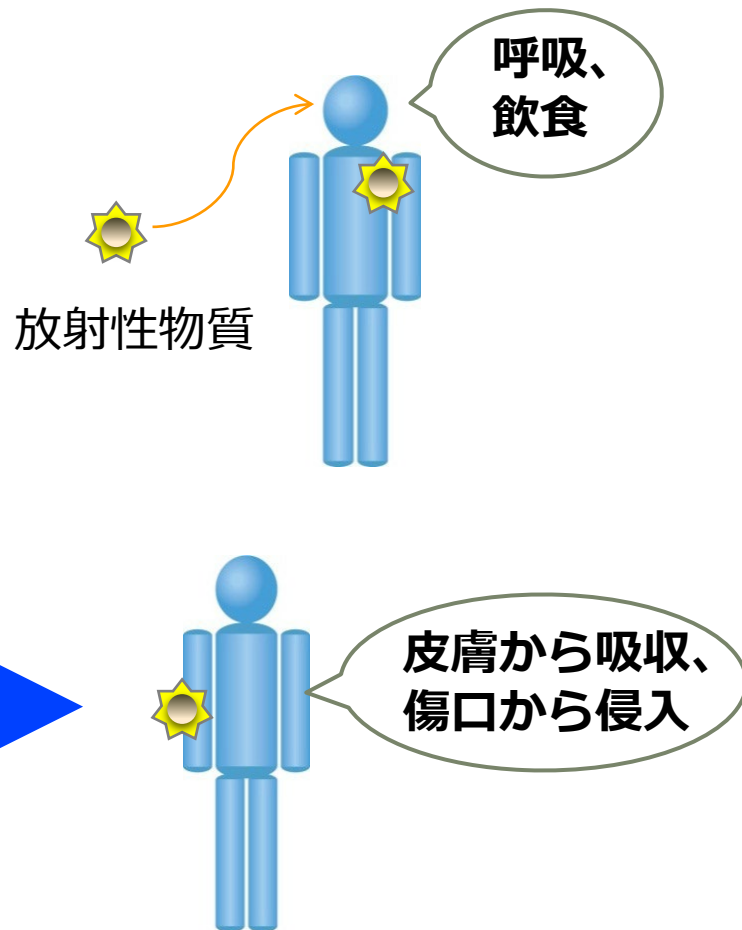
## 外部被ばく

体の外側からの被ばく



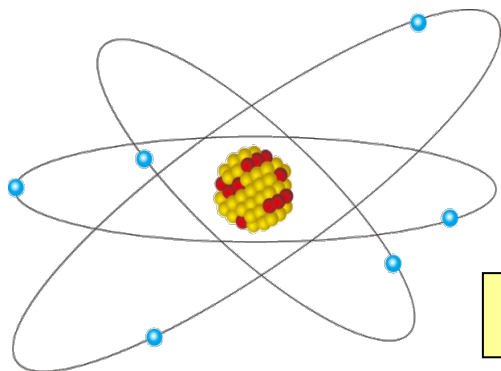
## 内部被ばく

体の内側からの被ばく



# 5.原子の構造と周期律

- 原子核にある「陽子」の数は、「原子番号」と「質量数」のどちらを示す？



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

		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											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 ランタノイド	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 アクチノイド	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)

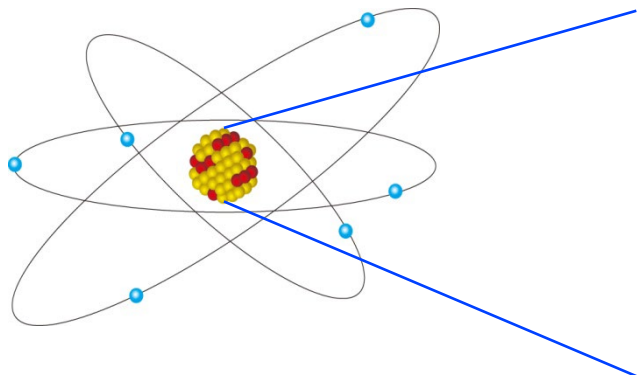
57-71 ランタノイド	57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89-103 アクチノイド	89 Ac (227)	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np (237)	94 Pu (239)	95 Am (243)	96 Cm (247)	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)

## 6.原子核の安定・不安定

- 原子核が不安定な場合に、「陽子」とバランスが取れていないのは何？





## 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		$^{11}\text{C}$	$^{12}\text{C}$	$^{13}\text{C}$	$^{14}\text{C}$	$^{133}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
		$^{11}_6\text{C}$	$^{12}_6\text{C}$	$^{13}_6\text{C}$	$^{14}_6\text{C}$	$^{133}_{55}\text{Cs}$	$^{134}_{55}\text{Cs}$	$^{137}_{55}\text{Cs}$
		C-11	C-12	C-13	C-14	Cs-133	Cs-134	Cs-137

# 7.様々な原子核

- 同位体は陽子の個数が同じです。
- 何の個数が異なるのでしょうか？

同位体：陽子数（原子番号）が同じで中性子数の異なる原子核

元素	記号	陽子数	同位体	
			安定	放射性
水素	H	1	H-1, H-2*	H-3*
炭素	C	6	C-12, C-13	C-11, C-14, ..
カリウム	K	19	K-39, K-41	K-40, K-42, ..
ストロンチウム	Sr	38	Sr-84, Sr-86, Sr-87, Sr-88	Sr-89, Sr-90, ..
ヨウ素	I	53	I-127	I-125, I-131, ..
セシウム	Cs	55	Cs-133	Cs-134, Cs-137, ..
ウラン	U	92	なし	U-235, U-238, ..
プルトニウム	Pu	94	なし	Pu-238, Pu-239, ..

※：H-2は重水素、H-3は三重水素又はトリチウムと呼ばれます。

・・は、そのほかにも放射性物質があることを意味します。青字は自然に存在する放射性物質

## 8. 自然由来・人工由来

- トリチウムは人工それとも自然の放射性核種？

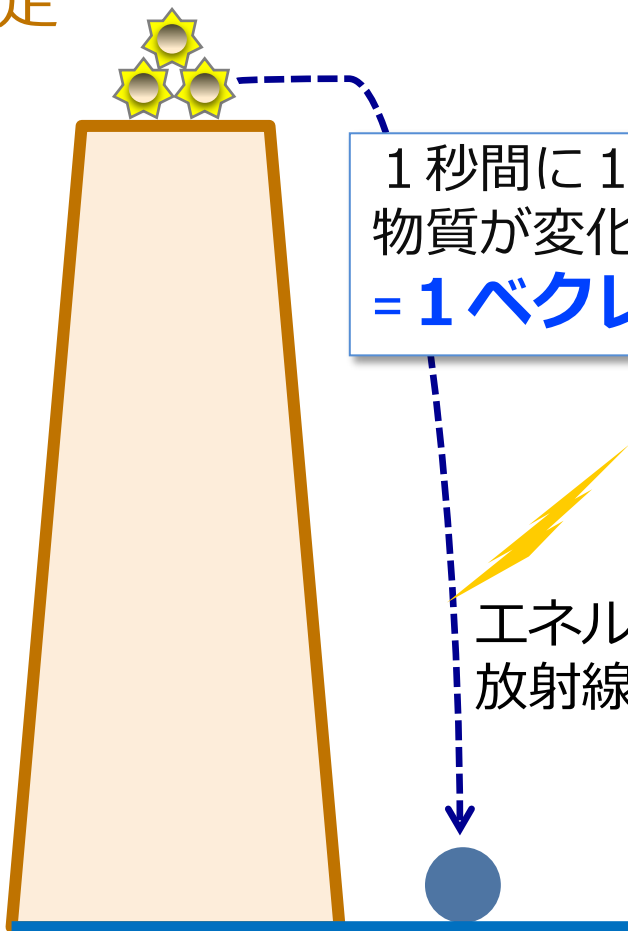
放射性物質	放出される放射線	半減期
トリウム232 (Th-232)	$\alpha, \gamma$	141億年
ウラン238 (U-238)	$\alpha, \gamma$	45億年
カリウム40 (K-40)	$\beta, \gamma$	13億年
プルトニウム239 (Pu-239)	$\alpha, \gamma$	24,000年
炭素14 (C-14)	$\beta$	5,730年
セシウム137 (Cs-137)	$\beta, \gamma$	30年
ストロンチウム90 (Sr-90)	$\beta$	29年
トリチウム (H-3)	$\beta$	12.3年
セシウム134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

赤字は人工放射性物質  $\alpha$  :  $\alpha$  (アルファ) 線、 $\beta$  :  $\beta$  (ベータ) 線、 $\gamma$  :  $\gamma$  (ガンマ) 線

## 9.壊変と放射線

- 1ベクレルは「1秒間に1個の割合で物質が変化（壊変）する」とありますが、ここでの「割合」とは何？

放射性物質は  
不安定

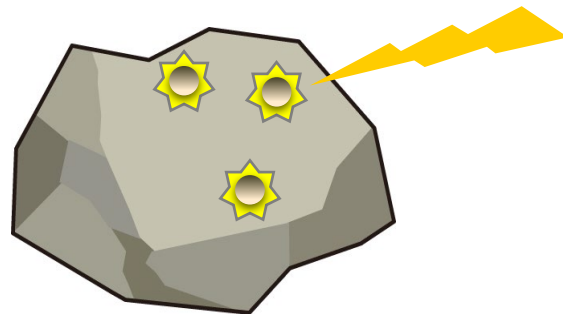


1秒間に1個の割合で  
物質が変化（壊変）  
= **1ベクレル (Bq)**

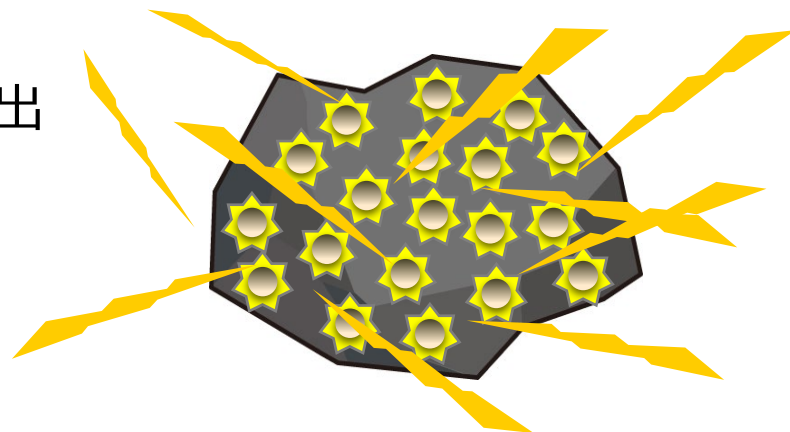
エネルギーを  
放射線として放出

安定  
(放射線を出さなくなる)

**1ベクレル**  
**1秒間1個**壊変



**10ベクレル**  
**1秒間10個**壊変

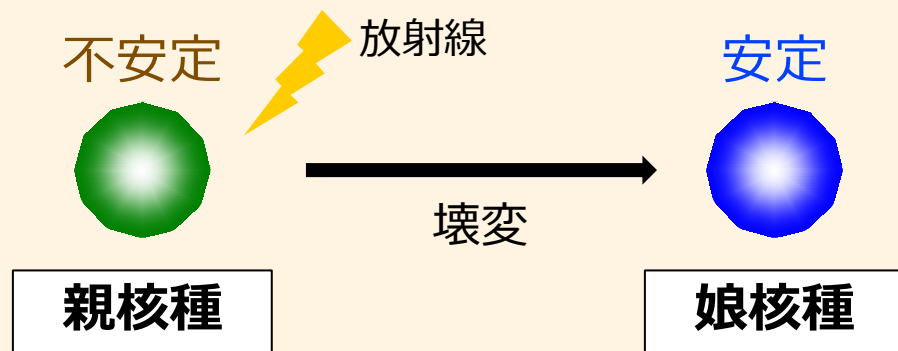


# 10.親核種・娘核種

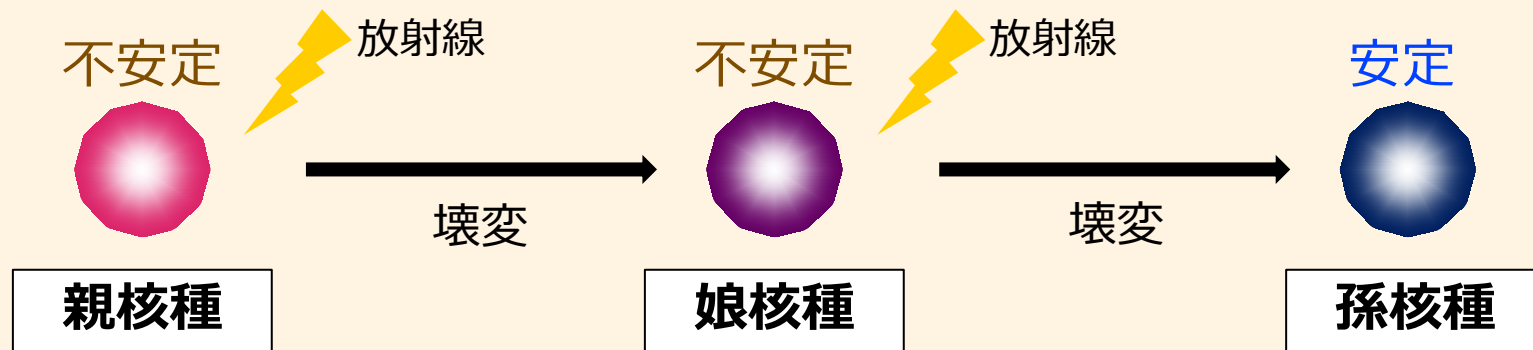
- 2回の壊変で安定になる放射性物質として何が  
ありますか？
  - ここには答えはありません
    - 皆様にとっては難問かも放射線マニア向け



放射性物質の原子核が1回の壊変により安定な原子核になる場合



放射性物質の原子核が2回の壊変により安定な原子核になる場合



壊変前の核種を「親核種」、壊変後の核種を「娘核種」と呼びます。  
娘核種が不安定な核種の場合には、安定になるまで壊変を繰り返します。

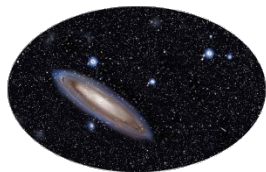
# 3.身の回りの放射線

# 11. 自然・人工放射線からの 被ばく線量

- 自然と人工の放射線源としてはどのようなものがありますか？

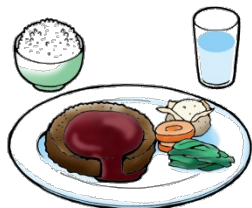
## 自然放射線 (日本)

宇宙から  
0.3mSv

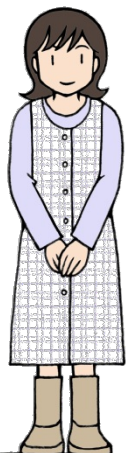


空気中の  
ラドン・トロン  
から  
0.47mSv

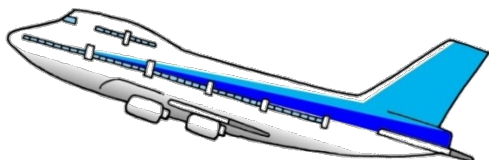
大地から  
0.33mSv



食物から  
0.99mSv



自然放射線による年間線量 (日本平均) 2.1mSv  
自然放射線による年間線量 (世界平均) 2.4mSv

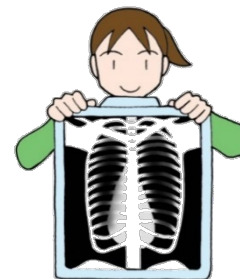


東京～ニューヨーク  
航空機旅行 (往復) 0.08～  
0.11mSv

## 人工 放射線 (日本)



CT検査 (1回) 2.4～12.9mSv



胸部X線検査 (1回) 0.06mSv

mSv : ミリシーベルト

## 12. 自然からの被ばく線量の 内訳

- 自然の放射線源としては何が大きいでしょう？

# 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

(※) 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。

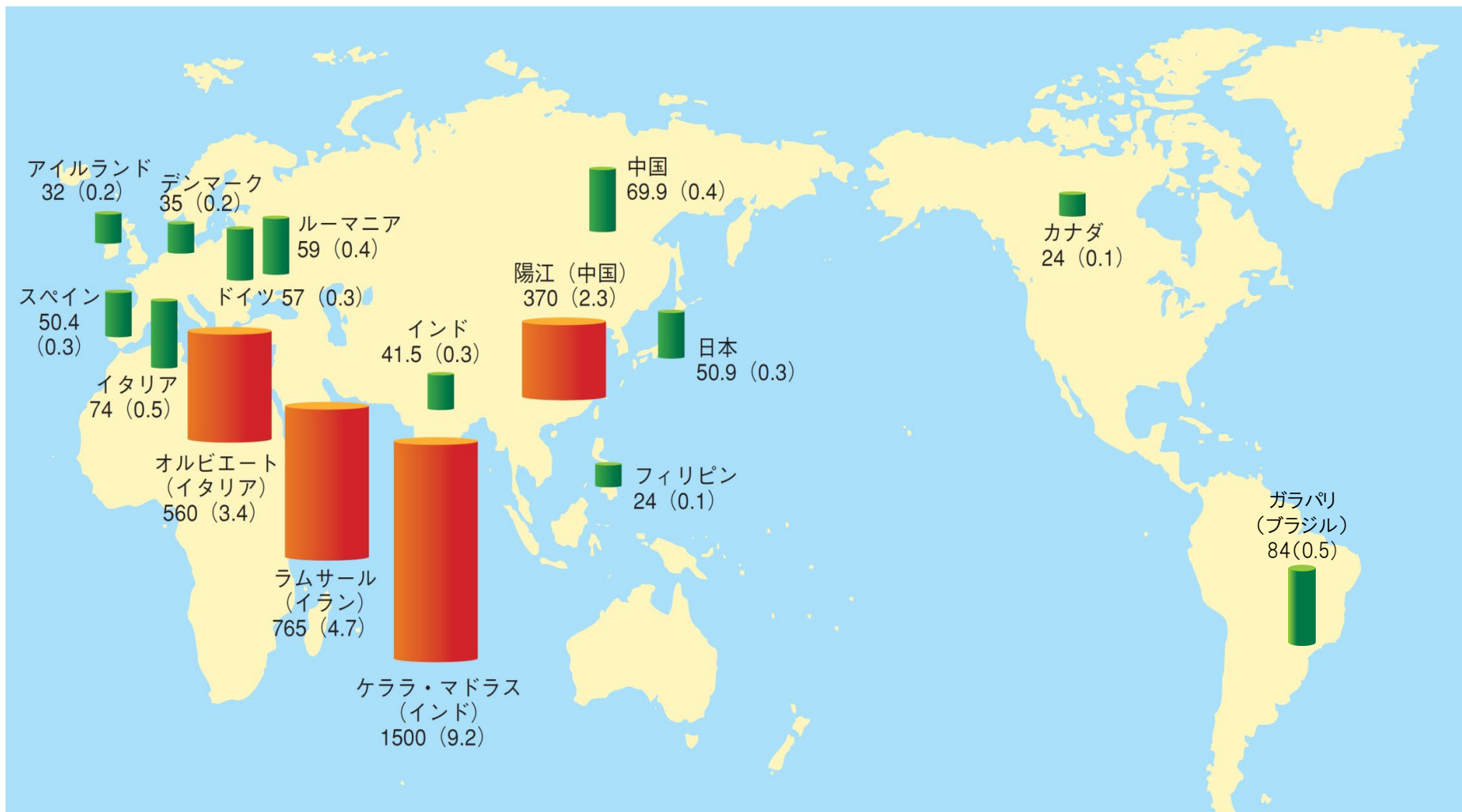
出典：(公財)原子力安全研究協会「生活環境放射線(国民線量の算定)第3版」(2020年)より作成

# 13. 大地の放射線（世界）

- 大地からの放射線の量が多いところをご存じですか？

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

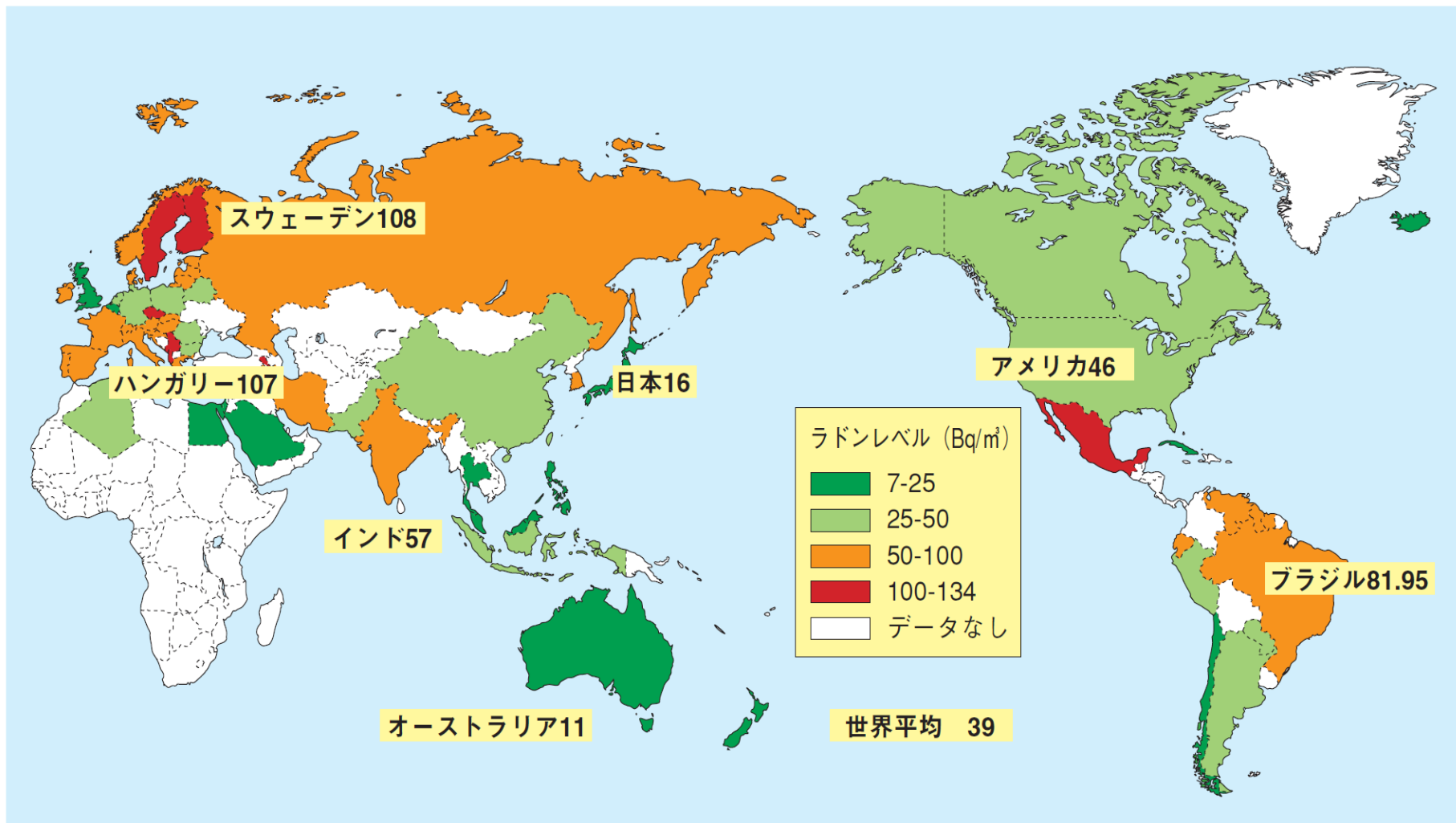




# 14. 屋内ラドン

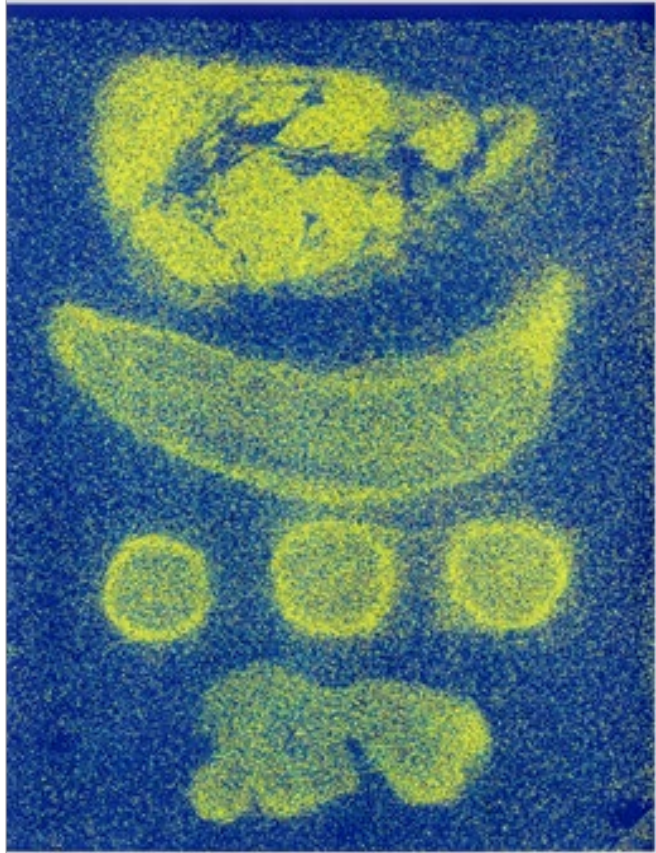
- 屋内ラドンによる線量が大きいところがあります。

# 屋内ラドンからの被ばくの地域差 (算術平均 $\text{Bq}/\text{m}^3$ )



# 15. 目で見る放射線

- イメージングプレートをご存じですか？



豚肉、バナナ（縦切り及び横切り）、  
ショウガの放射能像

## 食品からの放射線

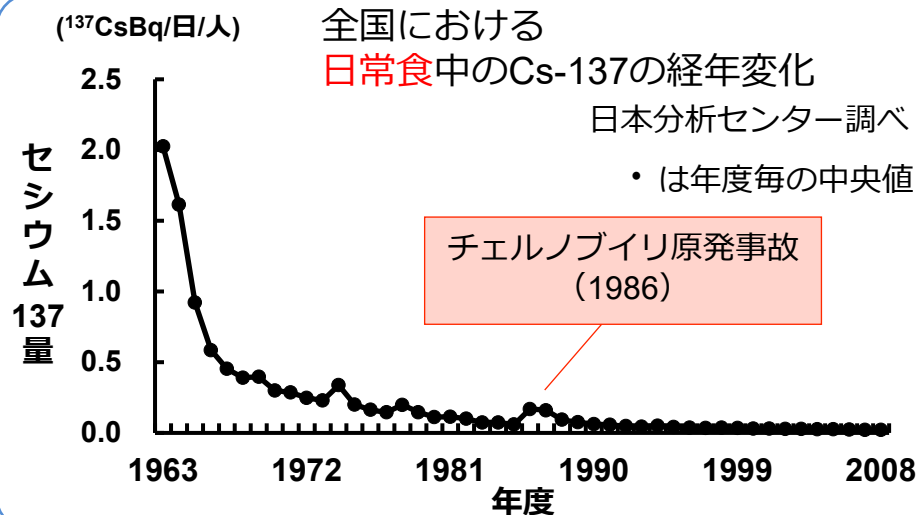
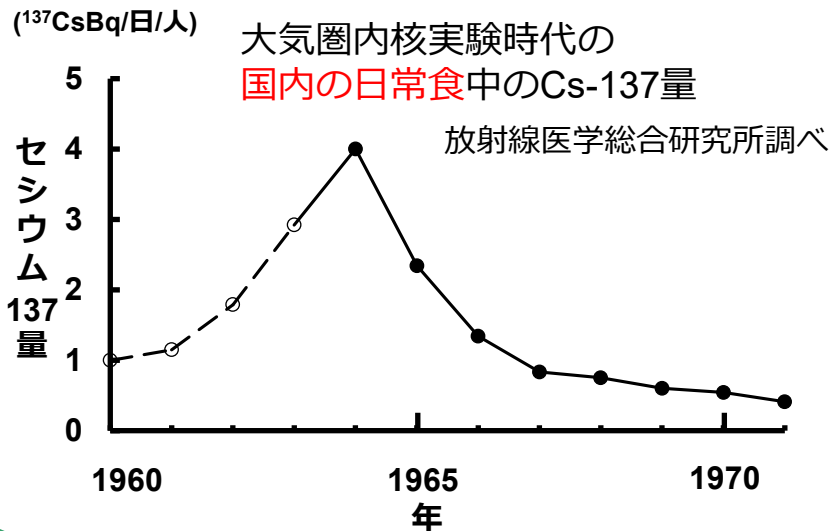
- ・主にカリウム40の $\beta$ （ベータ）線
- ・カリウム40の天然存在比※は**0.012%**
- ・カリウム40の半減期は **$1.26 \times 10^9$** 年

※天然に存在するカリウムのうちカリウム40の割合

# 16. 事故以前からの食品中セシウム137濃度の経時的推移

- 大気圏内核実験の影響をご存じですか？

## 事故以前からの食品中セシウム137濃度の経時的推移



※ 2つの研究では試料採取の時期や場所が異なります。

- 1960年代の食事を**成人**が1年間食べ続けた場合  
セシウム137からの内部被ばく線量は

$$4.0 \times 365 \times 0.013 = 19 \mu\text{Sv/年}$$

$$(\text{Bq/日}) (\text{日/年}) (\mu\text{Sv/Bq}) = \underline{\underline{0.019 \text{ mSv/年}}}$$

- (日本平均)  
食品中の自然放射線による年間の内部被ばく線量は  
**0.99 mSv/年**



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

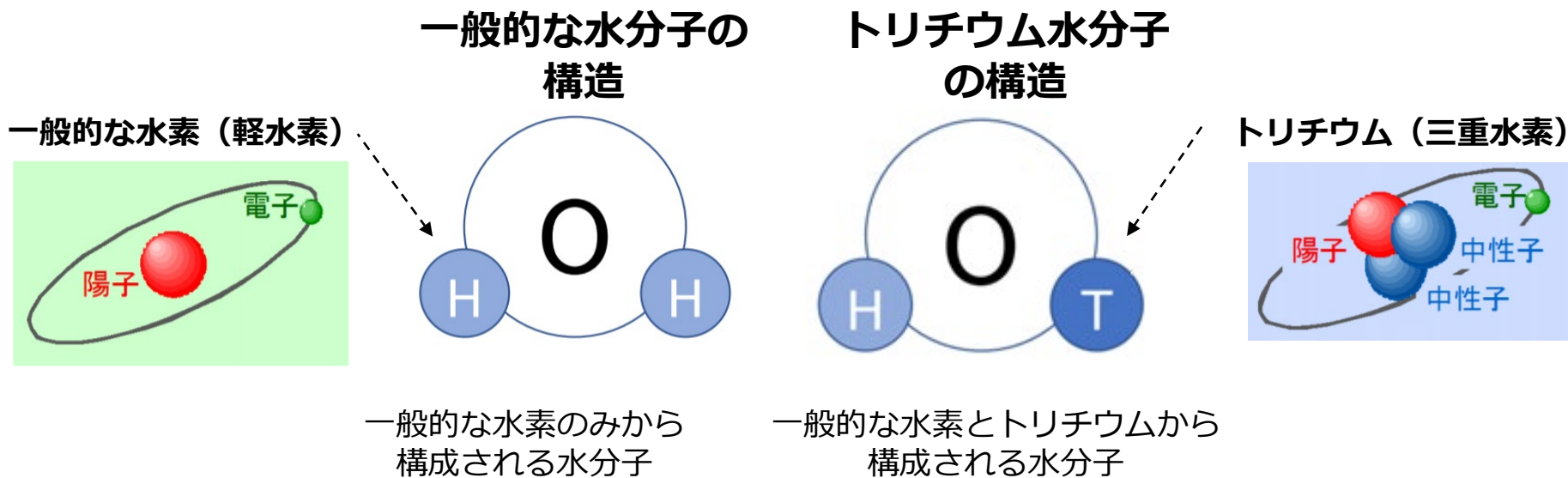
# 17. トリチウムの性質

- 水素の放射性同位体です。



# トリチウムの性質

トリチウムは「三重水素」と呼ばれる水素の放射性同位体で、身の回りでは水分子に含まれる形で存在するものが多い。トリチウムが出すβ線のエネルギーは小さく（最大 18.6keV）、紙一枚で遮蔽可能である。



出典：経済産業省資源エネルギー庁「廃炉の大切な話2018」、  
トリチウム水タスクフォース「トリチウム水タスクフォース報告書」（2016年）、  
多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会事務局「トリチウムの性質等について（案）」より作成

# 18. トリチウムの自然界での存在量

- 主な発生源別の量を示します。

# トリチウムの自然界での存在量

宇宙線による年間生成量  
 $7 \times 10^{16} \text{Bq}$

窒素や酸素から生成  
 $^{14}\text{N} + \text{中性子} \rightarrow ^3\text{H} + ^{12}\text{C}$   
 $^{16}\text{O} + \text{中性子} \rightarrow ^3\text{H} + ^{14}\text{N}$   
( $^3\text{H}$  : トリチウム)

核実験による放出\*  
 $(1.8-2.4) \times 10^{20} \text{Bq}$

\*核実験による放出当時の量。  
現在では半減期に従いトリチウムの量が減少している

自然界での全存在量  
 $(1-1.3) \times 10^{18} \text{Bq}$

地殻中での生成  
 $^6\text{Li} + \text{中性子} \rightarrow ^3\text{H} + ^4\text{He}$   
 $^{238}\text{U} + \text{中性子} \rightarrow ^3\text{H} + \text{他}$

原子力施設等からの年間放出量  
 $2 \times 10^{16} \text{Bq}$  (全世界)

日本全国の降水中の存在量  
約  $223 \times 10^{12} \text{Bq/年}$

宇宙線等による生成  
約  $7 \times 10^{16} \text{Bq/年}$

自然界での全存在量  
 $(1-1.3) \times 10^{18} \text{Bq}$

(参考)  
 $10^{12} = 1$ 兆  
 $10^{16} = 1$ 京



日本全国の原発からの排出量合計  
(海洋排出、事故前5年平均)  
約  $380 \times 10^{12} \text{Bq/年}$

ラ・アーグ(仏)再処理施設(2015)  
約  $1.4 \times 10^{16} \text{Bq/年}$

核実験由来(1945-63)  
 $(1.8-2.4) \times 10^{20} \text{Bq}$

東京電力福島第一原子力発電所敷地内のタンクに現在貯蔵されている量  
約  $860 \times 10^{12} \text{Bq}$  (2019年10月31日時点)

(上図 出典：日本原子力学会 「トリチウム研究会」 2014年より作成、下図出典：多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会 説明・公聴会 説明資料、およびUNSCAR2016年報告書より作成)

# 19. タンクに保管されている水の処理方法

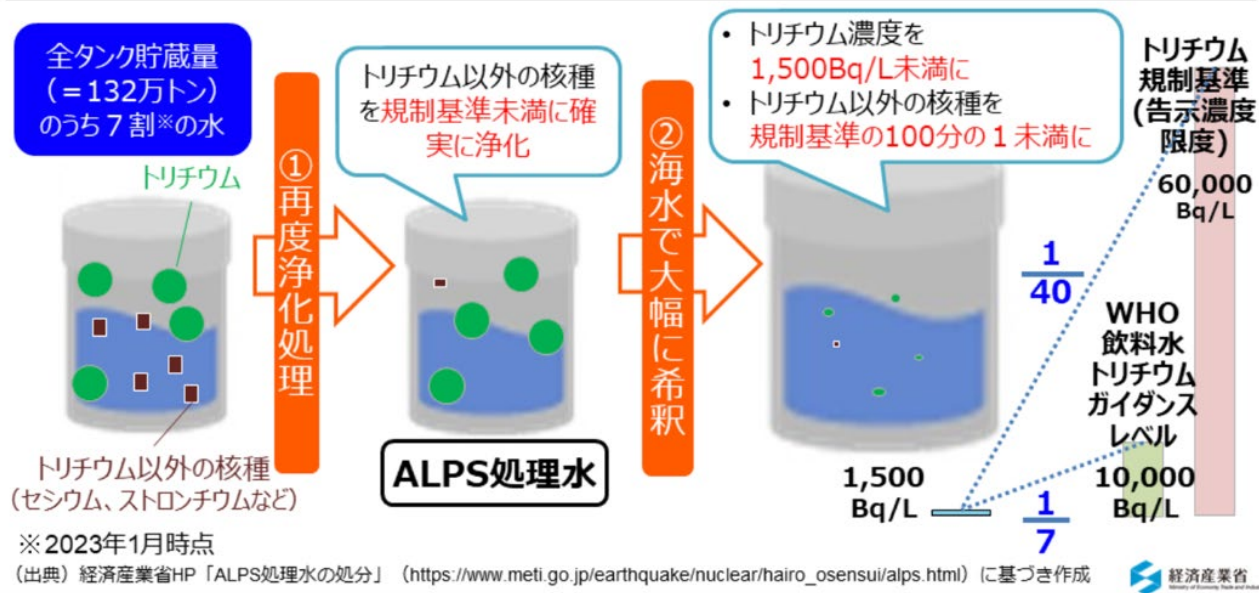
- **ALPS**処理水の放出の基準を安全確保の観点から説明できますか（難易度が高い）？

タンクに保管されている水の処理方法

廃炉に向けた  
取組と進捗

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）。



ALPS処理水の放出ではトリチウム濃度を1,500 Bq/L未満にすることとされています。

# まとめ

- 放射線に関して学ぶための素材が色々ある
  - 若い方が貢献した工夫した資料も
    - 災害後に地域でも多くの方の貢献があった（様々なご負担もあった）
    - リスクのことを学ぶのは負担ではあるが消費者としての責任でもある
- 疑問点を質問することも重要
  - 困難な課題では立場の違いを超えて皆が力を合わせる必要がある
  - どのような貢献ができそうか意見交換できそうでしょうか...