

食品と放射線 放射性物質の基礎

小林 泰彦

kobayashi.yasuhiko@jaea.go.jp

独立行政法人日本原子力研究開発機構
量子ビーム応用研究部門（高崎）

東日本大震災と大津波で
被災された皆様に
心からお見舞い申し上げます

東日本大震災と大津波で 被災された皆様に 心からお見舞い申し上げます

- 今回の原子力災害で最も深刻な影響は、放射線障害ではなく、不安ストレスと「避難災害」「生産停止災害」
- 誤解をとき、無用の不安を減らし、力を合わせて復興を！

今日お話ししたいこと

- 分かりやすい放射線のポスターのご紹介
- 放射性物質の起源と存在（自然界と生態系の中で）
- 放射線の種類と性質、測定の方法、機器と方法、ニュースに出てくる単位
- 2種類の健康影響：急性障害、発がん確率の増加
- 放射線はどんなに微量でも有害か？
- 食べても大丈夫？「暫定規制値」の基本となった考え方と、導き出された数字の持つ意味
- 放射性物質による環境汚染は冷戦時代にも経験済み

せん　　のう —放射線と放射能—

せん 放射線

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



のう 放射能

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



せん —放射線とは—

・人の細胞を傷つける可能性がある。



・光のように伝わる。

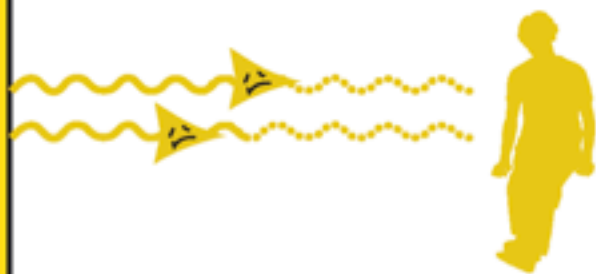


・モノや壁で、ある程度
さえぎる事ができる。
(家の中にいるとより良い)



※木造よりもコンクリート！

・遠いと弱くなる



・よく見かける

$\mu\text{Sv/h}$

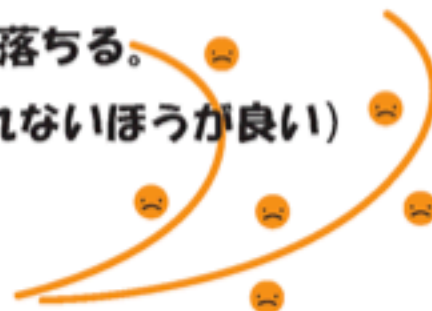
は、
どれだけ放射線が
届いているかのこと。

のう —放射能をもつモノは—

- ・モノなので、運ばれることがある。



- ・ときに、風で舞い上がり、
雨で地面に落ちる。
(雨には濡れないほうが良い)



- ・見えない光を出す力は、
時間がたつと減る。



- ・菌じゃないので、
感染しない。



一気をつけることー

せん 放射線

できるだけ、あびない

- ・ 出ているところから遠くに行く。



- ・ 近くの人や家は家の中にいる



のう 放射能

をもつモノを

食べない、運ばない、持ち込まない



× 水たまり



× 雨に濡れない

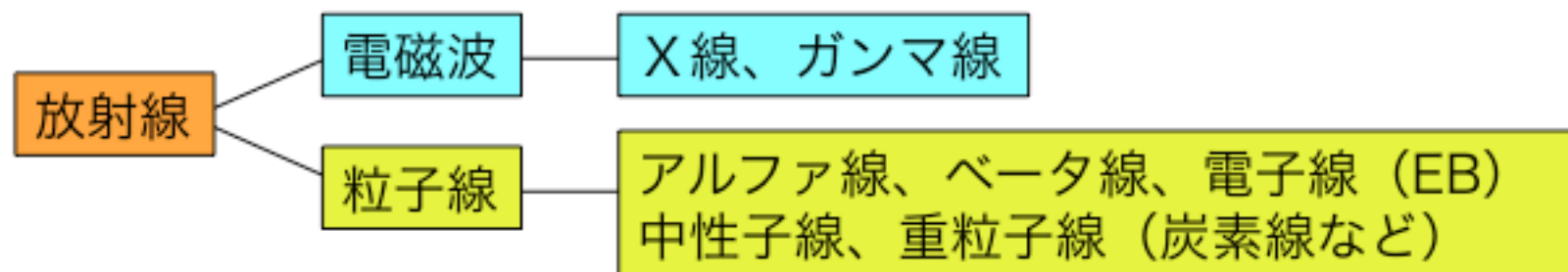


家に入る前に
服をはらう



× よごれた手を
なめない

放射線の種類と放射能



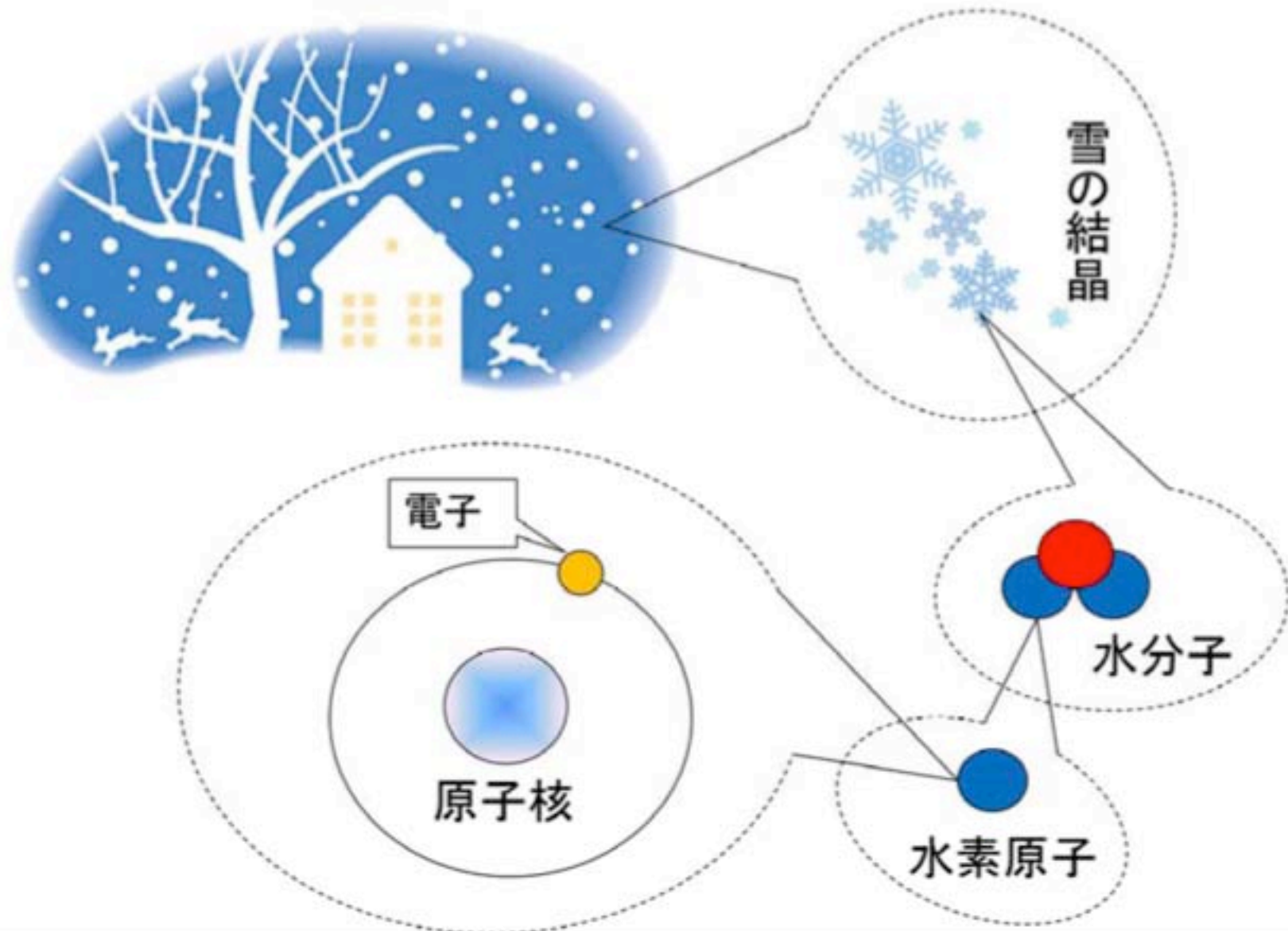
放射線＝空間を伝わる高速のエネルギーの流れ



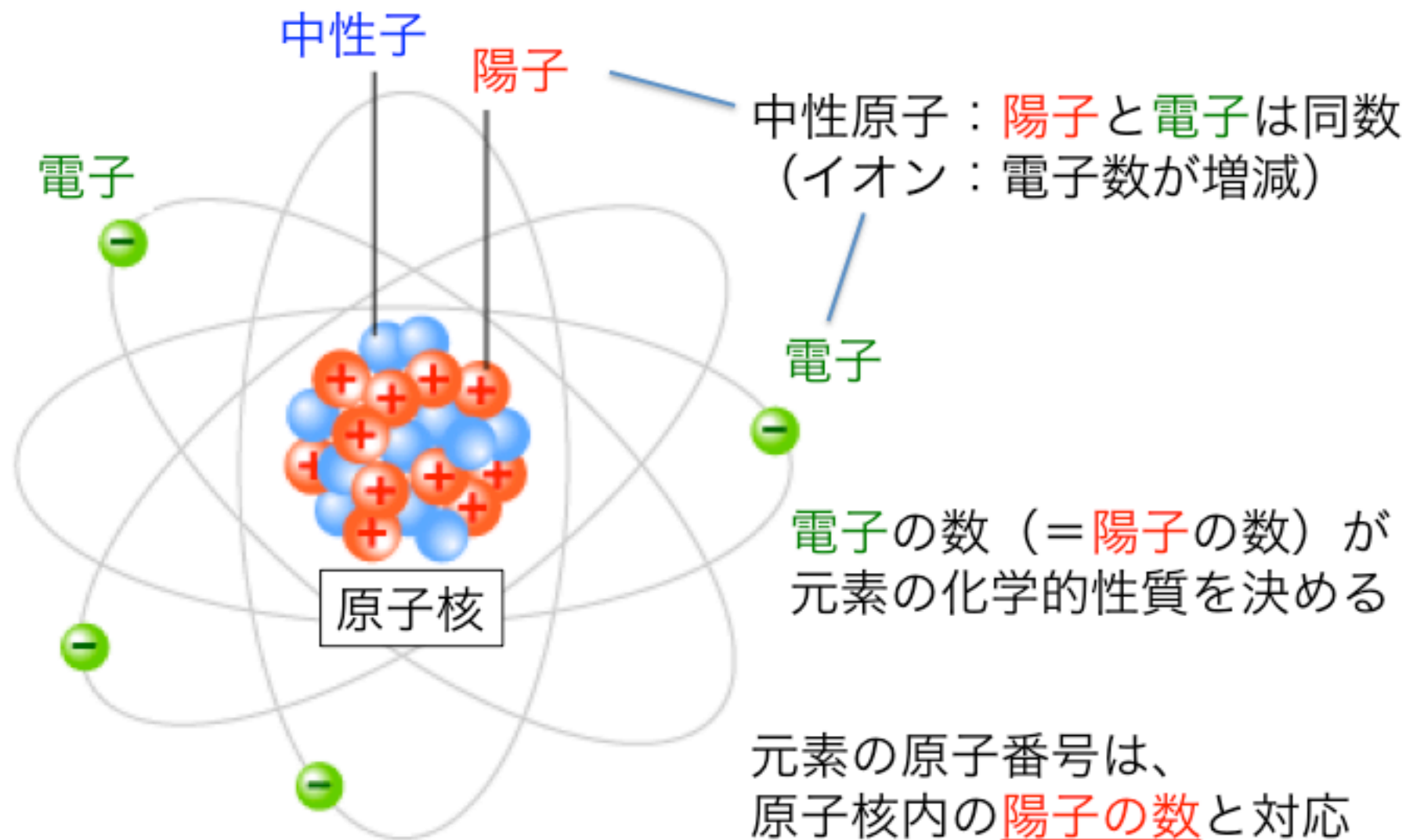
放射能＝放射線を出す能力



◆物質は原子からできている。



原子の構造



元素周期表

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	族
	典型元素		遷移元素										典型元素						
	アルカリ 金属 (Hは除く)	アルカリ 土類金属 (Be, Mgは除く)											ハロゲン 希ガス						
周期																			
1	1 H 水素 1.0																		2 He ヘリウム 4.0
2	3 Li リチウム 6.9	4 Be ベリリウム 9.0											5 B ホウ素 10.8	6 C 炭素 12.0	7 N 窒素 14.0	8 O 酸素 16.0	9 F フッ素 19.0	10 Ne ネオン 20.2	
3	11 Na ナトリウム 23.0	12 Mg マグネシウム 24.3											13 Al アルミニウム 27.0	14 Si ケイ素 28.1	15 P リン 31.0	16 S 硫黄 32.1	17 Cl 塩素 35.5	18 Ar アルゴン 39.9	
4	19 K カリウム 39.1	20 Ca カルシウム 40.1	21 Sc スカンジウム 45.0	22 Ti チタン 47.9	23 V バナジウム 50.9	24 Cr クロム 52.0	25 Mn マンガン 54.9	26 Fe 鉄 55.8	27 Co コバルト 58.9	28 Ni ニッケル 58.7	29 Cu 銅 63.5	30 Zn 亜鉛 65.4	31 Ga ガリウム 69.7	32 Ge ゲルマニウム 72.6	33 As ヒ素 74.9	34 Se セレン 79.0	35 Br 臭素 79.9	36 Kr クリプトン 83.8	
5	37 Rb ルビウム 85.5	38 Sr ストロンチウム 87.6	39 Y イットリウム 88.9	40 Zr ジルコニウム 91.2	41 Nb ニオブ 92.9	42 Mo モリブデン 95.9	43 Tc テクネチウム (99)	44 Ru ルビジウム 101.1	45 Rh ロジウム 102.9	46 Pd パラジウム 106.4	47 Ag 銀 107.9	48 Cd カドミウム 112.4	49 In インジウム 114.8	50 Sn スズ 118.7	51 Sb アンチモン 121.8	52 Te テルル 127.6	53 I ヨウ素 126.9	54 Xe キセノン 131.3	
6	55 Cs セシウム 132.9	56 Ba バリウム 137.3	57~71 ランタ ノイド	72 Hf ハフニウム 178.5	73 Ta タンタル 180.9	74 W タングステン 183.9	75 Re レニウム 186.2	76 Os オースミウム 190.2	77 Ir イリジウム 192.2	78 Pt 白金 195.1	79 Au 金 197.0	80 Hg 水銀 200.6	81 Tl タリウム 204.4	82 Pb 鉛 207.2	83 Bi ビスマス 209.0	84 Po ポロニウム (210)	85 At アスタチン (210)	86 Rn ラドン (222)	
7	87 Fr フランシウム (223)	88 Ra ラジウム (226)	89~103 アクチ ノイド																

元素記号
原子番号
元素名
原子量
(カッコ内は質量数)

1 H
水素
1.0
常温で気体

80 Hg
水銀
200.6
常温で液体

11 Na
ナトリウム
23.0
常温で固体

は非金属元素

は軽金属 (密度4g/cm³未満)

は重金属 (密度4g/cm³以上)

炭素

元素記号
原子番号
元素名
原子量
[カッコ内は質量数]

1 H
水素
1.0
常温で気体

80 Hg
水銀
200.6
常温で液体

11 Na
ナトリウム
23.0
常温で固体

■ は非金属元素

■ は軽金属 (密度 4g/cm^3 未満)

■ は重金属 (密度 4g/cm^3 以上)

炭素

▼ランタノイド

57 La ランタン 138.9	58 Ce セリウム 140.1	59 Pr プラセオジム 140.9	60 Nb ネオジム 144.2	61 Pm プロメチウム (145)	62 Sm サマリウム 150.4	63 Eu ユウロピウム 152.0	64 Gd ガドリウム 157.3	65 Tb テルビウム 158.9	66 Dy ジスプロシウム 162.5	67 Ho ホウミウム 164.9	68 Er エルビウム 167.3	69 Tm テリウム 168.9	70 Yb イットリウム 173.0	71 Lu ルビジウム 175.0
------------------------	------------------------	--------------------------	------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------------	--------------------------	-------------------------

▼アクチノイド

89 Ac アクチンウム (227)	90 Th トリウム 232.0	91 Pa プロアクチニウム 231.0	92 U ウラン 238.0	93 Np ネプツニウム (237)	94 Pu プルトニウム (239)	95 Am アメリシウム (243)	96 Cm キュリウム (247)	97 Bk バークリウム (247)	98 Cf カリフォルニウム (252)	99 Es アインスタイニウム (252)	100 Fm フェルミウム (257)	101 Md メンデルレーヴィウム (256)	102 No ノーベリウム (259)	103 Lr ローレンシウム (260)
--------------------------	------------------------	----------------------------	----------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	----------------------------	-----------------------------	---------------------------	-------------------------------	---------------------------	----------------------------

安定同位体 と ラジオアイソトープ 放射性同位体

○安定同位体（放射能を持たない同位体）

○放射性同位体（放射能を持つ同位体）

- ・放射線を出しながら「崩壊（壊変）」し、別の原子に変わる

炭素12 原子番号=6：陽子 6個、中性子 6個

炭素13 原子番号=6：陽子 6個、中性子 7個

炭素14 原子番号=6：陽子 6個、中性子 8個



半減期=5730年でベータ崩壊（壊変）

中性子 $\Rightarrow$ 陽子 + 電子(ベータ線) + ニュートリノ

窒素14 原子番号=7：陽子 7個、中性子 7個

炭素14 年代測定法

大気中の炭素14量は
宇宙線による生成と
崩壊(半減期5730年)
が平衡し、**ほぼ一定**



植物が**光合成**をして
いる**間**、植物体内の
炭素14／炭素12の
比率（同位体比）は
大気中のCO₂と同じ



光合成を止めた**植物
遺体**や**化石**の中の
炭素14の同位体比は
5730年ごとに半減



元素周期表

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	族
	典型元素		遷移元素										典型元素						
	アルカリ金属 (Hは除く)	アルカリ土類金属 (Be, Mgは除く)											ハロゲン 希ガス						
周期																			
1	1 H 水素 1.0																		2 He ヘリウム 4.0
2	3 Li リチウム 6.9	4 Be ベリリウム 9.0											5 B ホウ素 10.8	6 C 炭素 12.0	7 N 窒素 14.0	8 O 酸素 16.0	9 F フッ素 19.0	10 Ne ネオン 20.2	
3	11 Na ナトリウム 23.0	12 Mg マグネシウム 24.3											13 Al アルミニウム 27.0	14 Si ケイ素 28.1	15 P リン 31.0	16 S 硫黄 32.1	17 Cl 塩素 35.5	18 Ar アルゴン 39.9	
4	19 K カリウム 39.1	20 Ca カルシウム 40.1	21 Sc スカンジウム 45.0	22 Ti チタン 47.9	23 V バナジウム 50.9	24 Cr クロム 52.0	25 Mn マンガン 54.9	26 Fe 鉄 55.8	27 Co コバルト 58.9	28 Ni ニッケル 58.7	29 Cu 銅 63.5	30 Zn 亜鉛 65.4	31 Ga ガリウム 69.7	32 Ge ゲルマニウム 72.6	33 As ヒ素 74.9	34 Se セレン 79.0	35 Br 臭素 79.9	36 Kr クリプトン 83.8	
5	37 Rb ルビジウム 85.5	38 Sr ストロンチウム 87.6	39 Y イットリウム 88.9	40 Zr ジルコニウム 91.2	41 Nb ニオブ 92.9	42 Mo モリブデン 95.9	43 Tc テクネチウム (99)	44 Ru ルテチウム 101.1	45 Rh ロジウム 102.9	46 Pd パラジウム 106.4	47 Ag 銀 107.9	48 Cd カドミウム 112.4	49 In インジウム 114.8	50 Sn スズ 118.7	51 Sb アンチモン 121.8	52 Te テルル 127.6	53 I ヨウ素 126.9	54 Xe キセノン 131.3	
6	55 Cs セシウム 132.9	56 Ba バリウム 137.3	57~71 ランタノイド	72 Hf ハフニウム 178.5	73 Ta タンタル 180.9	74 W タングステン 183.9	75 Re レニウム 186.2	76 Os オスミウム 190.2	77 Ir イリジウム 192.2	78 Pt 白金 195.1	79 Au 金 197.0	80 Hg 水銀 200.6	81 Tl タリウム 204.4	82 Pb 鉛 207.2	83 Bi ビスマス 209.0	84 Po ポロニウム (210)	85 At アスタチン (210)	86 Rn ラドン (222)	
7	87 Fr フランシウム (223)	88 Ra ラジウム (226)	89~103 アクチノイド																

▼ランタノイド

57 La ランタン 138.9	58 Ce セリウム 140.1	59 Pr プラセオジム 140.9	60 Nd ネオジム 144.2	61 Pm プロメチウム (145)	62 Sm サマリウム 150.4	63 Eu ユウロピウム 152.0	64 Gd ガドリウム 157.3	65 Tb テルビウム 158.9	66 Dy ジスプロシウム 162.5	67 Ho ホウメシウム 164.9	68 Er エルビウム 167.3	69 Tm テリウム 168.9	70 Yb イットリウム 173.0	71 Lu ルテチウム 175.0
89 Ac アクチノイド (227)	90 Th トリウム 232.0	91 Pa プロトアクチニウム 231.0	92 U ウラン 238.0	93 Np ネプツニウム (237)	94 Pu プルトニウム (239)	95 Am アメリシウム (243)	96 Cm キュリウム (247)	97 Bk バークリウム (247)	98 Cf カリフォルニウム (252)	99 Es アインシュタイン タニウム (252)	100 Fm フェルミウム (257)	101 Md メンデルレーヴィウム (256)	102 No ノーベリウム (259)	103 Lr ローレンシウム (260)

▼アクチノイド

安定同位体 と ラジオアイソトープ 放射性同位体

○安定同位体（放射能を持たない同位体）

○放射性同位体（放射能を持つ同位体）

- ・放射線を出しながら「崩壊（壊変）」し、別の原子に変わる

セシウム133 原子番号=55：陽子 55個、中性子 78個

セシウム137 原子番号=55：陽子 55個、中性子 82個

半減期=30年でベータ崩壊（壊変）

中性子 $\Rightarrow$ 陽子 + 電子(ベータ線) + ニュートリノ
さらにガンマ線を放出

バリウム137 原子番号=56：陽子 56個、中性子 81個

安定同位体 と ラジオアイソトープ 放射性同位体

○安定同位体（放射能を持たない同位体）

○放射性同位体（放射能を持つ同位体）

- ・放射線を出しながら「崩壊（壊変）」し、別の原子に変わる

ヨウ素127 原子番号=53：陽子 53個、中性子 74個

ヨウ素131 原子番号=53：陽子 53個、中性子 78個

半減期=8日でベータ崩壊（壊変）

中性子 $\Rightarrow$ 陽子 + 電子(ベータ線) + ニュートリノ

さらにガンマ線を放出

キセノン131 原子番号=54：陽子 54個、中性子 77個

安定同位体 と ラジオアイソトープ 放射性同位体

○安定同位体（放射能を持たない同位体）

○放射性同位体（放射能を持つ同位体）

- 放射線を出しながら「崩壊（壊変）」し、別の原子に変わる
- 放射性同位体の数が半分になる時間（半減期）は、各放射性同位体に固有の値

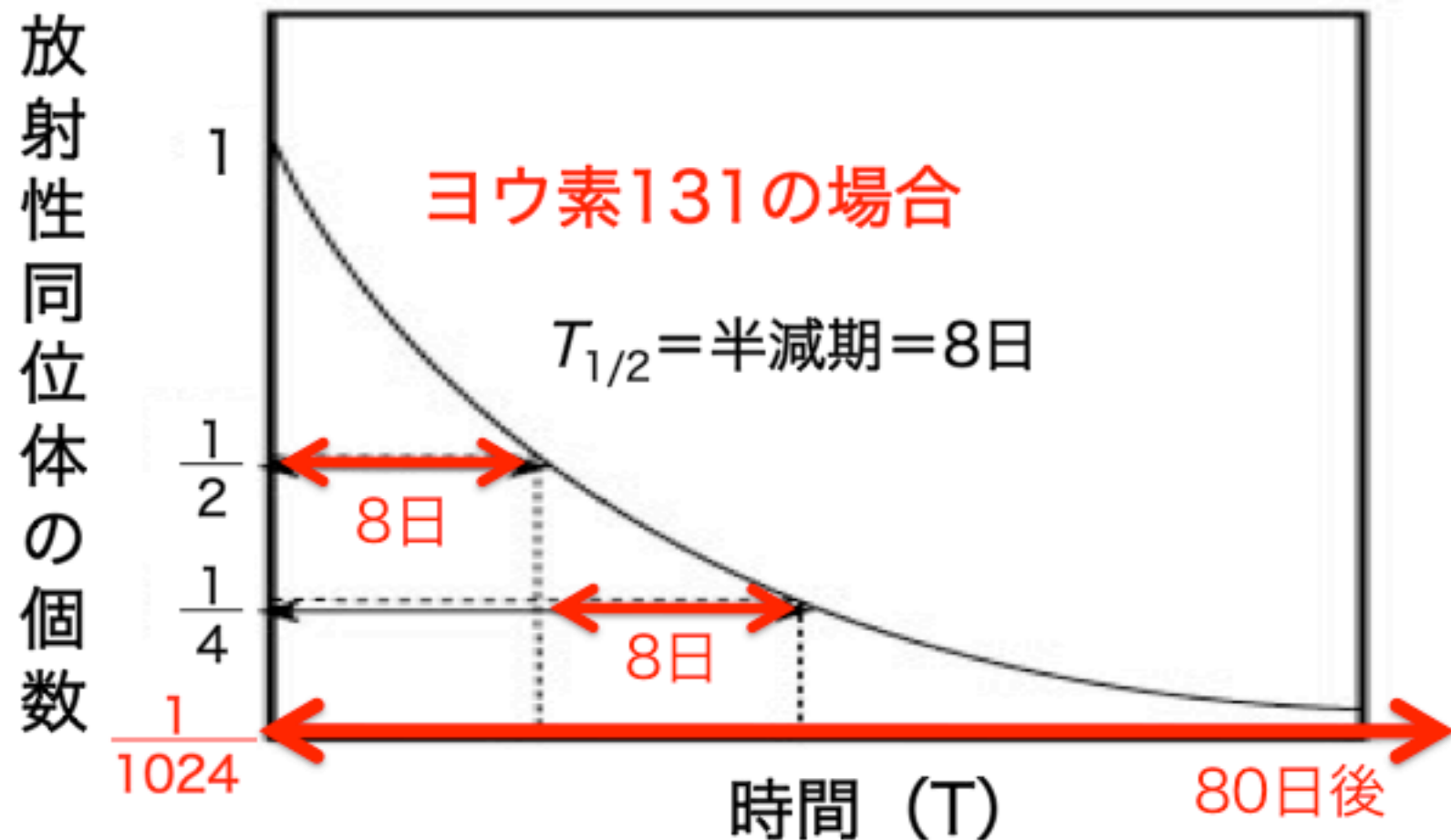
放射性物質の半減期

放射性同位体（放射性同位元素）の数が半分になる時間

テクネシウム99m	6時間
ラドン222	3.8日
ヨウ素131	8日
コバルト60	5.3年
水素3（トリチウム）	12.3年
セシウム137	30年
炭素14	5730年
カリウム40	13億年
ウラン238	45億年

放射性物質の半減期

放射性同位体（放射性同位元素）の数が半分になる時間



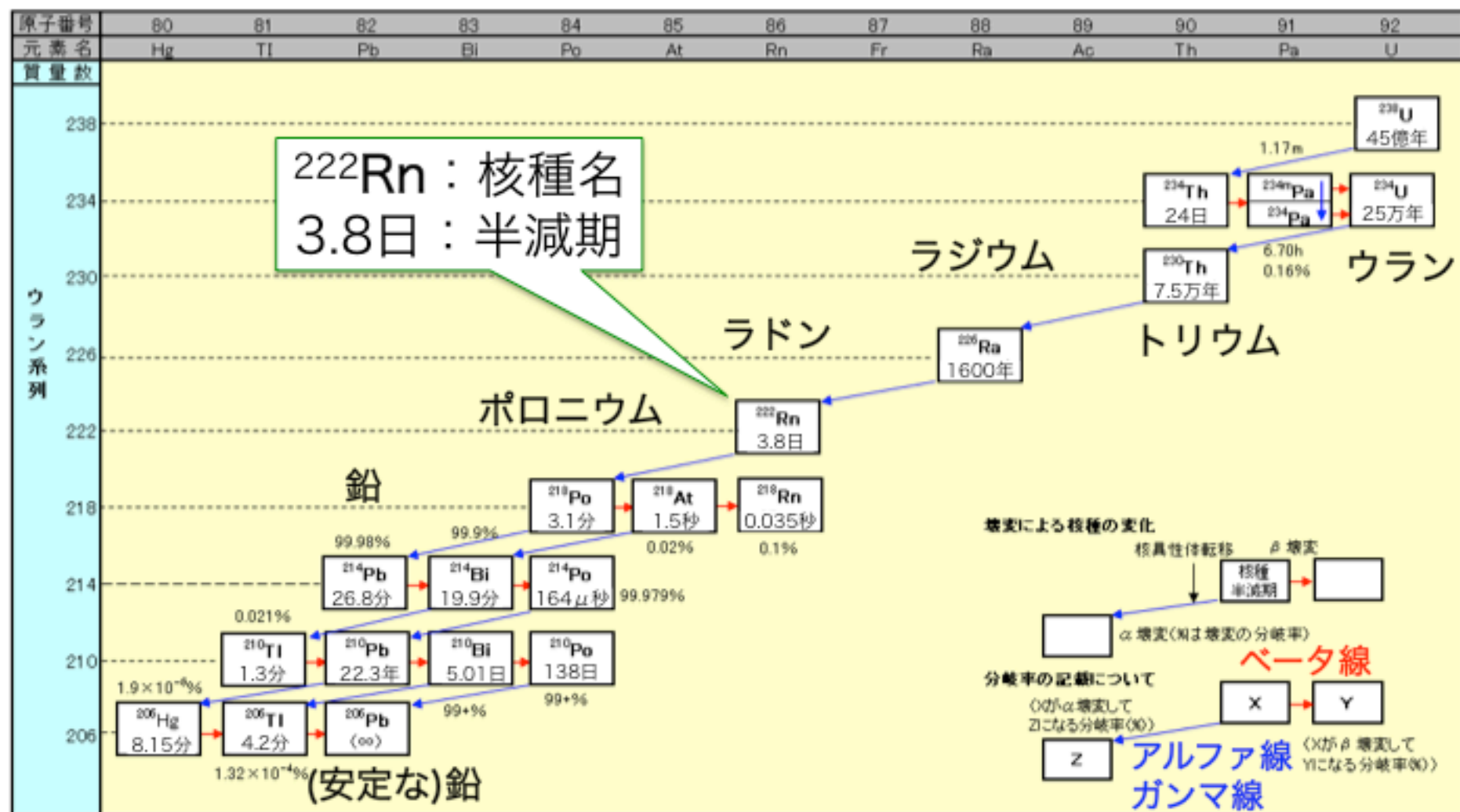
安定同位体 と ラジオアイソトープ 放射性同位体

○安定同位体（放射能を持たない同位体）

○放射性同位体（放射能を持つ同位体）

- 放射線を出しながら「崩壊（壊変）」し、別の原子に変わる
- 放射性同位体の数が半分になる時間（半減期）は、各放射性同位体に固有の値
- 崩壊してもまだ不安定な場合は、最終的に安定同位体になるまで崩壊が続く

ウランの崩壊（壊変）系列



半減期の記号:s(秒), ms(10^{-3} 秒), μ s(10^{-6} 秒), m(分), h(時), d(日), y(年)

図1-1 天然放射性核種の壊変系列図(ウラン系列)(1/4)

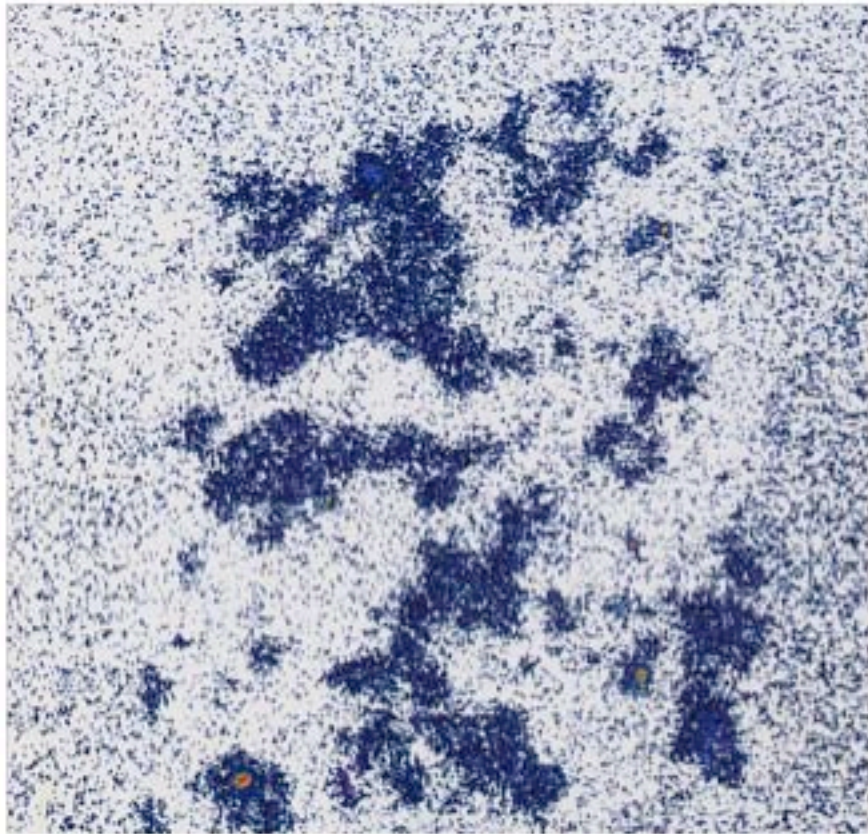
[出典] 国立天文台(編):理科年表 2010年版、丸善(2009年10月)、p.468-469

放射線・放射能は自然界の一部

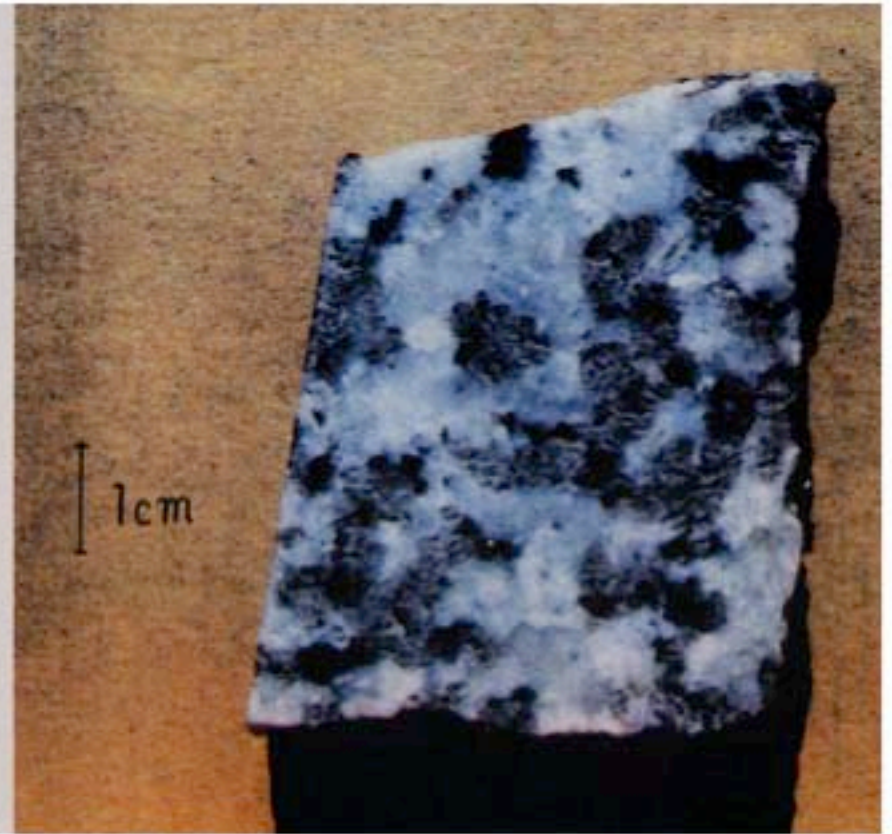
- 太陽系と地球が誕生する前からあるウランやカリウム40などの天然の放射性物質と、それが出す放射線
- 太陽や銀河系から地上に降り注ぐ宇宙線
- 宇宙線が大気に当たって作るトリチウムや炭素14などの放射性物質と、それが出す放射線

大地からの放射線を見る

岩石に含まれるウラン238やカリウム40などから



イメージングプレートで2日間撮影



花崗岩

高 度
(単位: km)

放射線
(単位: $\mu\text{Sv/h}$)

36,000 km

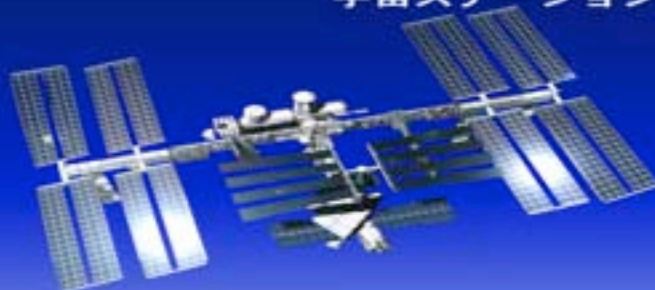
静止衛星



(マイクロシーベルト / 時)
1,000~200,000 $\mu\text{Sv/h}$

500 km

宇宙ステーション



200 ~ 300 $\mu\text{Sv/h}$

20 km

13 $\mu\text{Sv/h}$

大気で宇宙線が遮られる

12 km

5 $\mu\text{Sv/h}$



4 km

0.2 $\mu\text{Sv/h}$



2 km

0.1 $\mu\text{Sv/h}$

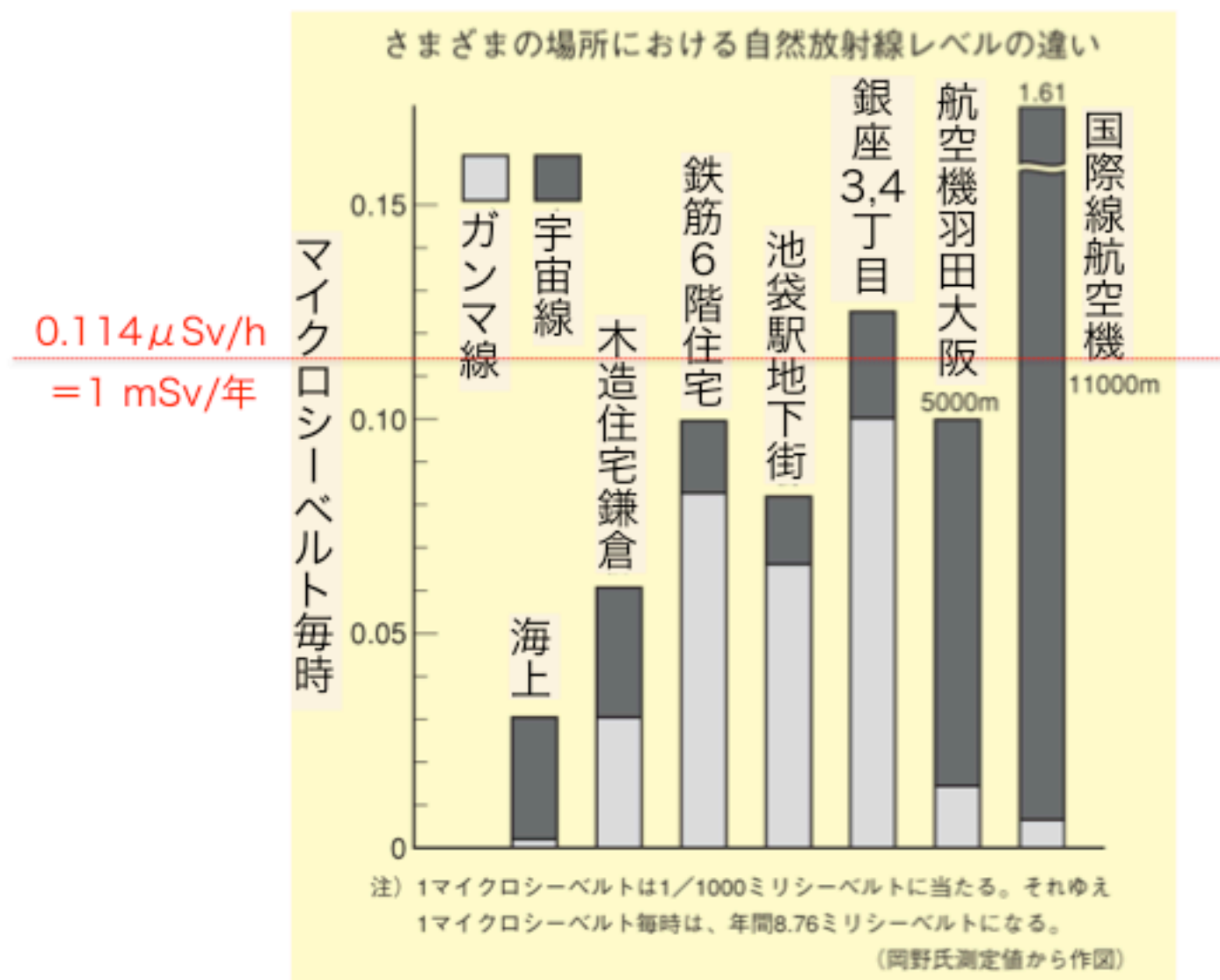


海 面

0.03 $\mu\text{Sv/h}$



自然放射線の量は場所によって違う



1ミリシーベルト/年 (mSv/年) = 0.114マイクロシーベルト毎時 ($\mu\text{Sv/h}$)

自然界の放射線 (世界平均)



宇宙からの放射線
0.38ミリシーベルト/年



空気中のラドンなどからの
放射線
1.3ミリシーベルト/年

自然界の放射線合計
年間約2.4ミリシーベルト

大地からの放射線
0.46ミリシーベルト/年



食物からの放射線
0.24ミリシーベルト/年



医療の放射線
0.4 mSv/年

年間約2.8mSv

ウランの崩壊（壊変）系列

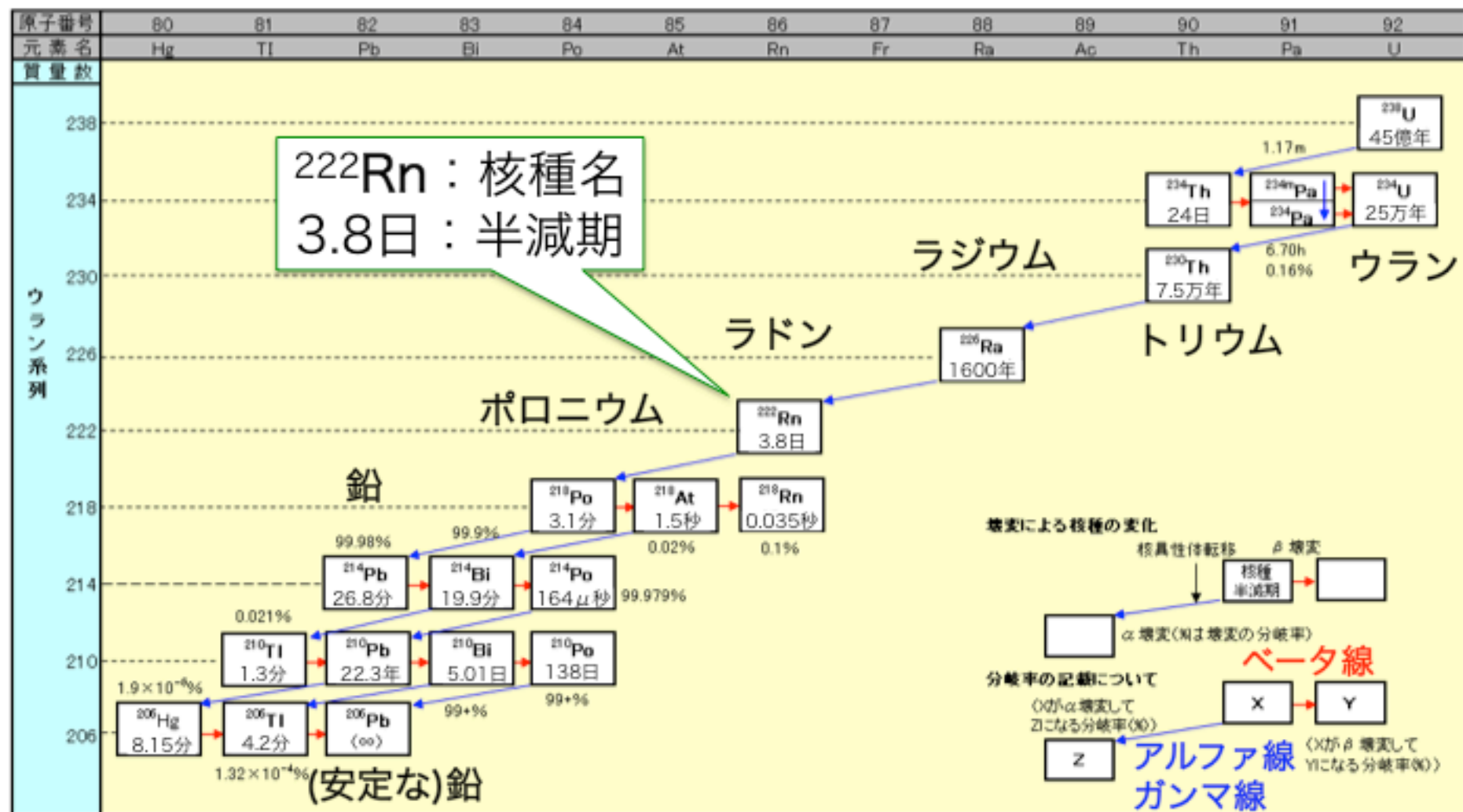


図1-1 天然放射性核種の壊変系列図(ウラン系列)(1/4)

【出典】 国立天文台(編):理科年表 2010年版、丸善(2009年10月)、p.468-469

自然界の放射線

(日本平均)



宇宙からの放射線
0.3 ミリシーベルト/年



空気中のラドンなどからの放射線
0.4 ミリシーベルト/年



大地からの放射線
0.4 ミリシーベルト/年



食物からの放射線
0.4 ミリシーベルト/年

自然界の放射線合計
年間約1.5ミリシーベルト

+

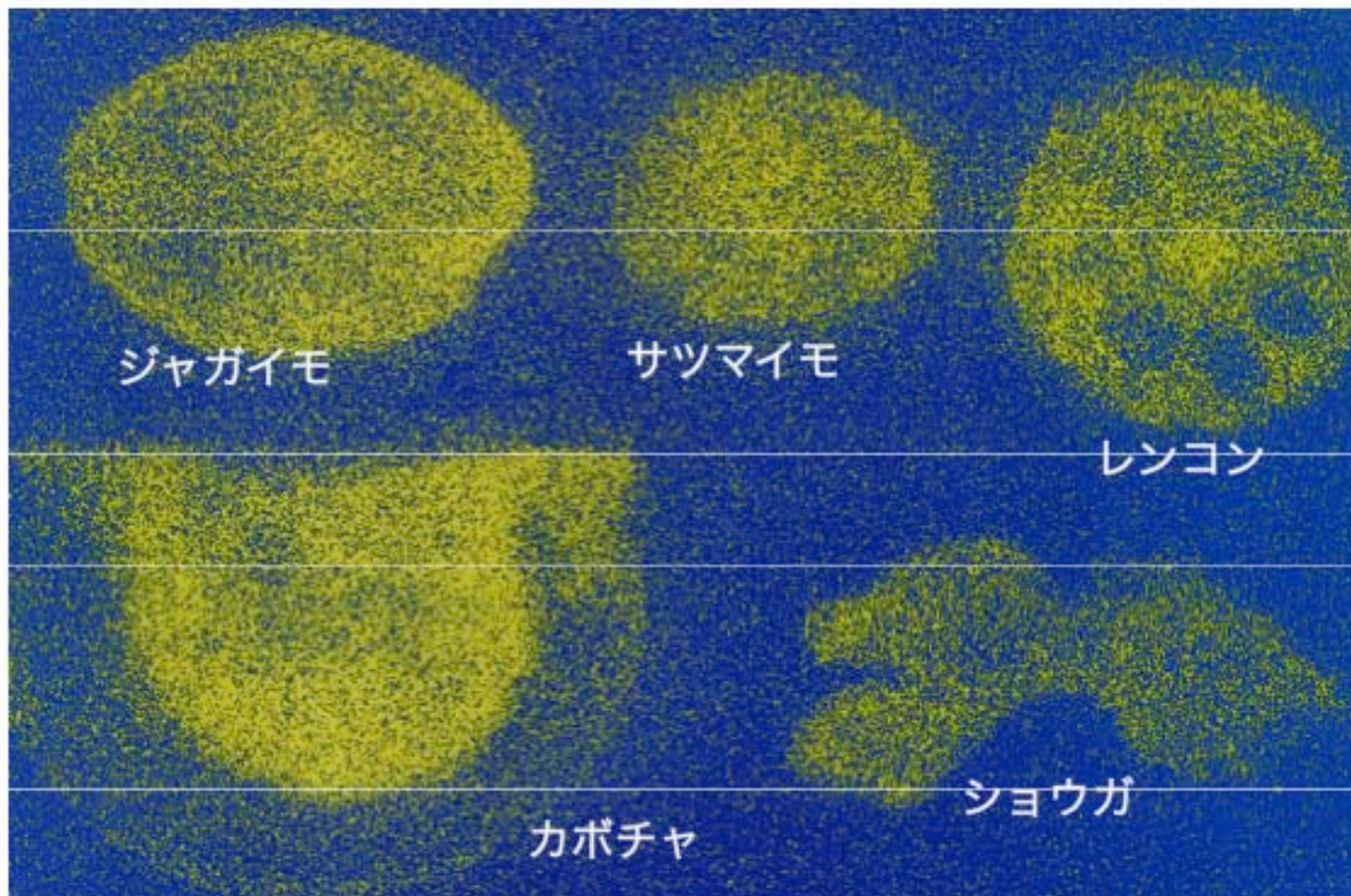
医療の放射線
2.3 mSv/年



年間約3.8mSv

野菜から出ている(自然の)放射線

土壌に含まれるカリウム40などから



20日間露光

体内のカリウム40の放射エネルギーは？

天然のカリウム (K) の同位体組成

^{39}K : 93.2581% (安定同位体)

^{40}K : 0.0117% (放射性同位体) ← 半減期 : $T_{1/2} = 13$ 億年

^{41}K : 6.7302% (安定同位体)

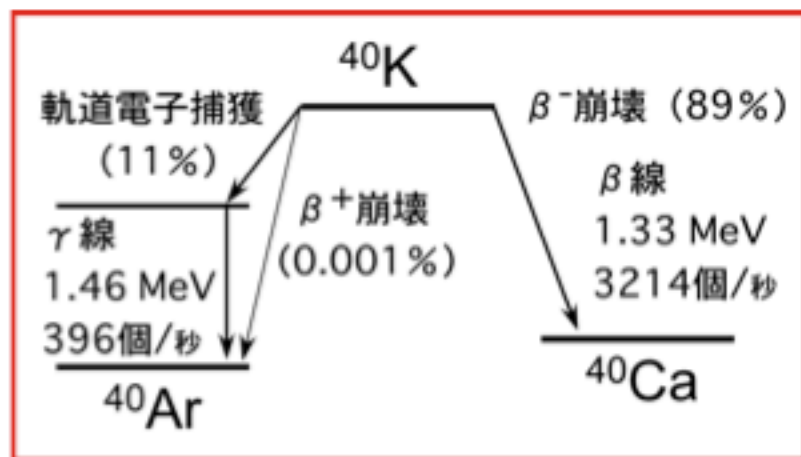
体重60kg → K : 120g (0.2%) → ^{40}K : 14mg ($= 2.1 \times 10^{20}$ 個)

放射能 (Bq) [sec^{-1}] = λ (崩壊定数) $\times$ N (原子数)

・ 単位時間内に崩壊する原子数 : $dN/dt = -\lambda N$

・ 残存する原子数と時間の関係 : $N = N_0 e^{-\lambda t}$

・ $t = T_{1/2}$ のとき、 $e^{-\lambda T_{1/2}} = 0.5 \rightarrow \lambda = 0.693 / T_{1/2}$



体内の ^{40}K の放射能

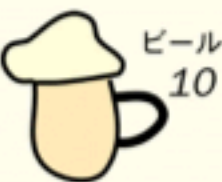
$$= 0.693 \times 2.1 \times 10^{20} / 4.0 \times 10^{16} \text{ 秒}$$

$$= \text{約 } 3600 \text{ Bq (約 } 60 \text{ Bq/kg)}$$

体内にある 210000000000000000000 個のカリウム40のうち、
毎秒3600個が放射線を出してアルゴン40かカルシウム40に変化

食物中のカリウム40の放射能量

環境中や体内でのセシウム137の挙動はカリウム40と類似



単位：ベクレル/kg

元素周期表

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	族								
	典型元素		遷移元素										典型元素														
	アルカリ金属 (Hは除く)												ハロゲン 希ガス														
	アルカリ土類金属 (Be, Mgは除く)																										
周期																				周期							
1	1 H 水素 1.0																		2 He ヘリウム 4.0	1							
2	3 Li リチウム 6.9		4 Be ベリリウム 9.0																		5 B ホウ素 10.8	6 C 炭素 12.0	7 N 窒素 14.0	8 O 酸素 16.0	9 F フッ素 19.0	10 Ne ネオン 20.2	2
3	11 Na ナトリウム 23.0		12 Mg マグネシウム 24.3																		13 Al アルミニウム 27.0	14 Si ケイ素 28.1	15 P リン 31.0	16 S 硫黄 32.1	17 Cl 塩素 35.5	18 Ar アルゴン 39.9	3
4	19 K カリウム 39.1		20 Ca カルシウム 40.1		21 Sc スカンジウム 45.0	22 Ti チタン 47.9	23 V バナジウム 50.9	24 Cr クロム 52.0	25 Mn マンガン 54.9	26 Fe 鉄 55.8	27 Co コバルト 58.9	28 Ni ニッケル 58.7	29 Cu 銅 63.5	30 Zn 亜鉛 65.4	31 Ga ガリウム 69.7	32 Ge ゲルマニウム 72.6	33 As ヒ素 74.9	34 Se セレン 79.0	35 Br 臭素 79.9	36 Kr クリプトン 83.8	4						
5	37 Rb ルビウム 85.5		38 Sr ストロンチウム 87.6		39 Y イットリウム 88.9	40 Zr ジルコニウム 91.2	41 Nb ニオブ 92.9	42 Mo モリブデン 95.9	43 Tc テクネチウム (99)	44 Ru ルテチウム 101.1	45 Rh ロジウム 102.9	46 Pd パラジウム 106.4	47 Ag 銀 107.9	48 Cd カドミウム 112.4	49 In インジウム 114.8	50 Sn スズ 118.7	51 Sb アンチモン 121.8	52 Te テルル 127.6	53 I ヨウ素 126.9	54 Xe キセノン 131.3	5						
6	55 Cs セシウム 132.9		56 Ba バリウム 137.3		57~71 ランタノイド	72 Hf ハフニウム 178.5	73 Ta タンタル 180.9	74 W タングステン 183.9	75 Re レニウム 186.2	76 Os オースミウム 190.2	77 Ir イリジウム 192.2	78 Pt 白金 195.1	79 Au 金 197.0	80 Hg 水銀 200.6	81 Tl タリウム 204.4	82 Pb 鉛 207.2	83 Bi ビスマス 209.0	84 Po ポロニウム (210)	85 At アスタチン (210)	86 Rn ラドン (222)	6						
7	87 Fr フランシウム (223)		88 Ra ラジウム (226)		89~103 アクチノイド																7						
マランタノイド			57 La ランタン 138.9	58 Ce セリウム 140.1	59 Pr プラセチウム 140.9	60 Nd ネオジム 144.2	61 Pm プロメチウム (145)	62 Sm サマリウム 150.4	63 Eu ユウロピウム 152.0	64 Gd ガドリウム 157.3	65 Tb テルビウム 158.9	66 Dy ジスプロシウム 162.5	67 Ho ホウメシウム 164.9	68 Er エルビウム 167.3	69 Tm テリウム 168.9	70 Yb イットリウム 173.0	71 Lu ルテチウム 175.0										
▼アクチノイド			89 Ac アクチニウム (227)	90 Th トリウム 232.0	91 Pa プロトアクチニウム 231.0	92 U ウラン 238.0	93 Np ネプツニウム (237)	94 Pu プルトニウム (239)	95 Am アメリシウム (243)	96 Cm キュリウム (247)	97 Bk バークリウム (247)	98 Cf カリフォルニウム (252)	99 Es アインシュタイン (252)	100 Fm フェルミウム (257)	101 Md メンデルレーヴィウム (256)	102 No ノーベリウム (259)	103 Lr ローレンシウム (260)										

元素記号
原子番号
元素名
原子量
(カッコ内は質量数)

1 H
水素
1.0
常温で気体

■ は非金属元素
■ は軽金属 (密度 4g/cm^3 未満)
■ は重金属 (密度 4g/cm^3 以上)

カリウム

セシウム

ヨウ素

ベクレル (Bq) = 放射能の強さを表す単位

放射能 = 放射線を出す能力

1 Bq = 1秒間に1回、放射線を出して別の核種に変化

グレイ (Gy) = 放射線を浴びたときに物体が
吸収したエネルギー量を表す単位 (吸収線量)

1 Gy = 1 J/kg = 1kgの物体が1ジュール (J) 吸収

シーベルト (Sv) = 放射線を浴びたときの
人体への影響度を表す単位 (実効線量)

ガンマ線やベータ線の場合、1 Gy = 1 Sv

1 mSv (ミリシーベルト) = 1000分の1 Sv

1 μ Sv (マイクロシーベルト) = 100万分の1 Sv

放射線利用の線量（単位：グレイ）

10^8 Gy ← 原子炉・宇宙用材料の耐放射線性評価

10^7 ← 放射線架橋による超耐熱性
炭化ケイ素繊維の製造

10^6 ← 高分子材料の加工

10^5 ← 医療用具の滅菌

10^4 ← 香辛料など食品の殺菌

10^3 ← 熱帯果実の検疫殺虫

10^2 ← ジャガイモ、ニンニクの芽止め

10 ← 害虫不妊化、輸血用血液、イオンビーム育種

1 ← **ヒトの致死線量**

1 ← 放射線がん治療（分割照射の1回当たり）

0.1 これ以下の線量では、生物（ヒト）への影響が見られない

10^{-2} ← 医療診断

10^{-3} ← 自然環境での放射線



ヴィエントフラミンゴ
平成19年登録出願

ガンマ線やX線では、1 Gy（グレイ）＝ 1 Sv（シーベルト）

放射線・放射能は自然界の一部

- 天然自然の放射線や放射能は安全で、人工のものは危険、ということはない！
- 安全かどうかは、放射線の量による
- 体の中の、ある細胞に届く放射線の量と、細胞が傷つく度合いによる

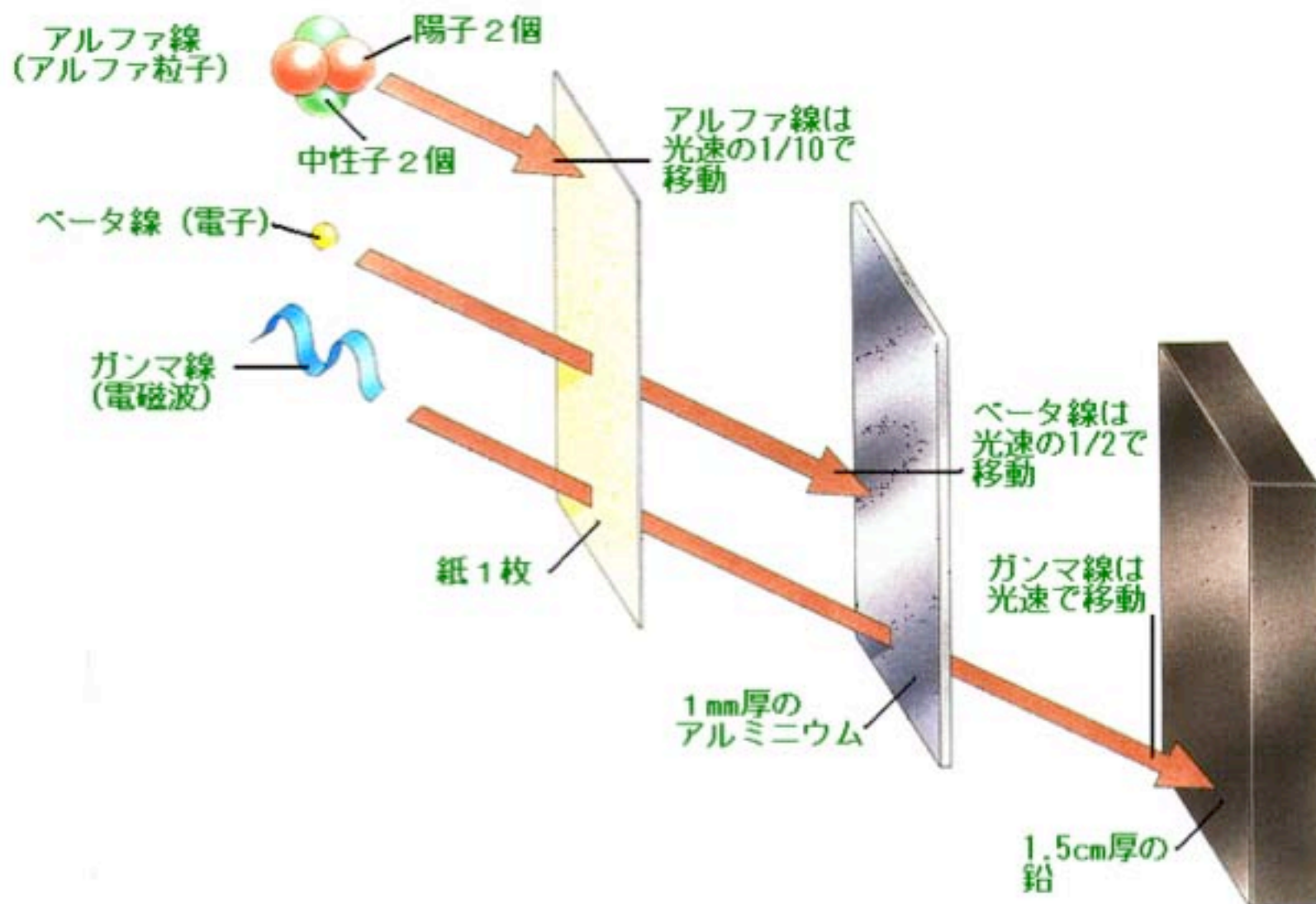
被ばく と 汚染

【被ばく】 放射線を受けること
(Exposureの訳。化学物質では「曝露」と訳す)

【汚染】 放射線を出すモノ（放射性物質）が身体や衣服、靴などに付着すること

- ・ 体表面汚染（皮膚などに付着すること）→洗えば落ちる（除染）
- ・ 体内汚染（呼吸や食べ物を通して、あるいは傷口などから体内に入ること）→放射性物質によって体外に排泄される速度が異なる

ウランから出る3種類の放射線



外部被ばく と 内部被ばく

- 放射線源が体の外にあるか、体内にあるかの違い
- 放射線の種類によって、被ばくしやすい部位が異なる
- 線量が同じなら、影響も同じ

アルファ線：肺や口、皮膚から体内に入ったときだけ、細胞単位で被ばくする

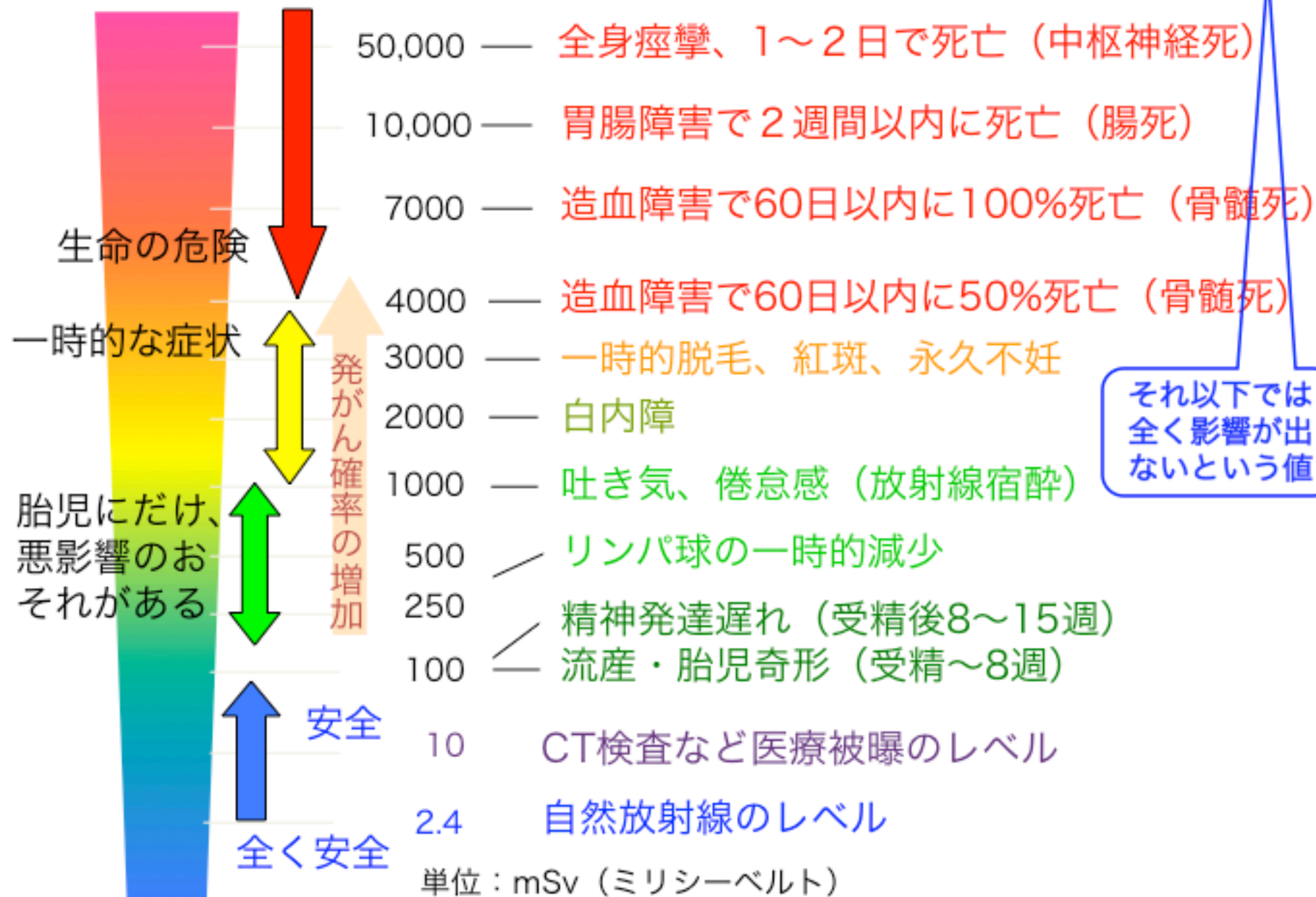
ベータ線：皮膚に直接付いた時や、体内に入ったとき、1mm～数mm位の狭い範囲にだけ届いて被ばくする

ガンマ線：体内か体外かに関係なく、距離の逆二乗に比例して遠くまで届いて被ばくする

放射線による2種類の健康影響

- 急性障害（確定的影響）
 - ・ 吐き気や脱毛、貧血、火傷
 - ・ 機能を担う細胞数の減少による
 - ・ ある線量（しきい値）以下では起きない
例：一時的脱毛は3シーベルト(Sv)、など
- 発がんリスクの増加（確率的影響）

放射線による急性障害のしきい値



放射線による2種類の健康影響

- 急性障害（確定的影響）
 - 吐き気や脱毛、貧血、火傷
 - 機能を担う細胞数の減少による
 - ある線量（しきい値）以下では起きない
例：一時的脱毛は3シーベルト(Sv)、など
- 発がんリスクの増加（確率的影響）
 - 1シーベルト(Sv)で5%増加
 - 放射線によるがんと他のがんは区別できない
 - 100mSv以下では検出できない
 - 用心のため、しきい値が無いと仮定

しきい値なし直線仮説（LNT仮説）

現在の放射線防護体系の基本となる考え方

統計的に有意な
増加があるのは
200mSv以上

- ・ 原爆被爆者データなどから推定
- ・ 実用的な安全管理のための仮説

がんの発生率

自然発生レベル

様々な発がん要因

線量

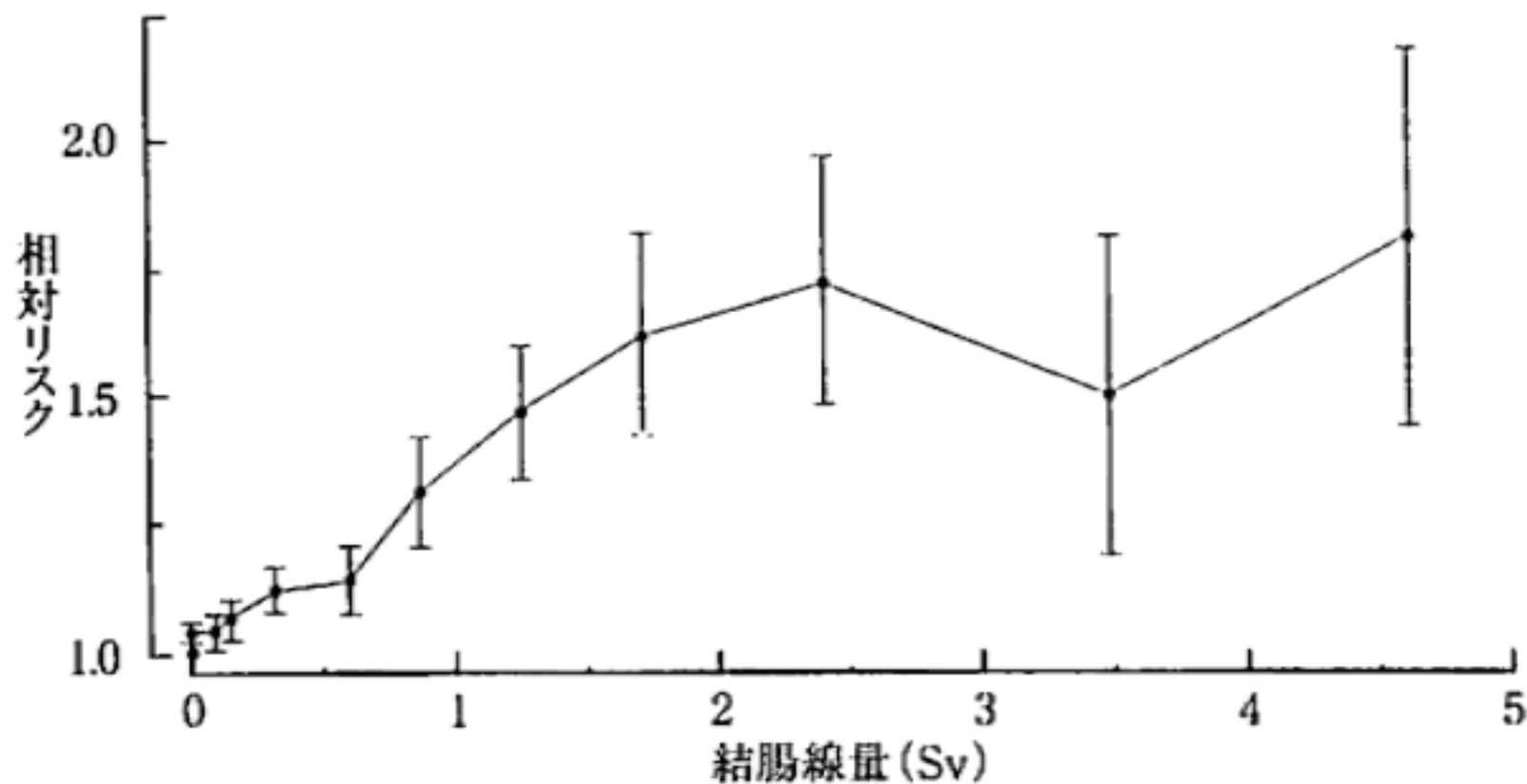
どんなにわずかな線量であっても、それなりにリスクは増加する、と仮定して被ばくの線量限度を設定

線量限度は、安全と危険の境界を示す線量ではない

患者の医療被ばくには線量限度を適用しない

低線量域（100～200mSv以下）

被爆者の固形がんの線量応答



寿命調査集団における固形がん発生の相対リスク

寿命調査：1950年の国勢調査で広島・長崎に住んでいたことが確認された人の中から選ばれた約94,000人の被爆者と約27,000人の非被爆者から成る約12万人の対象者の追跡調査

がんのリスク – 放射線、ダイオキシンと生活習慣(JPHC Study) -

相対リスク	全部位 * 固形がん: 広島・長崎 ダイオキシン: 職業曝露・伊工場爆発事故	特定部位 * チェルノブイリ18歳以下被ばくで10-15年後
10～		C型肝炎感染者(肝臓:36) ピロリ菌感染既往者(胃:10)
2.50～9.99		1000mSv(甲状腺:3.2) 喫煙者(肺:4.2-4.5) 毎日2合以上飲酒(食道:4.6)
1.50～2.49	>2000mSv (1.6)*固形がん 喫煙者 (1.6) 毎日3合以上飲酒 (1.6)	150-290mSv(甲状腺:2.1) 高塩分食品毎日(胃:2.5-3.5) 運動不足(結腸<男性>:1.7) 肥満(BMI>30)(大腸:1.5)(閉経後乳がん:2.3)
1.30～1.49	1000-2000mSv(1.4) 2,3,7,8-TCDD血中濃度数千倍【職業 曝露】(1.4) 毎日2合以上飲酒 (1.4)	50-140mSv(甲状腺:1.4) 受動喫煙<非喫煙女性>(肺:1.3)
1.10～1.29	200-500mSv (1.16) 肥満(BMI $\geq$ 30)(1.22) やせ(BMI<19)(1.29) 運動不足 (1.15-1.19) 高塩分食品 (1.11-1.15)	
1.01-1.09	100-200mSv (1.08) 野菜不足 (1.06) 受動喫煙<非喫煙女性> (1.02-1.03)	
検出不可能	100mSv未満 2,3,7,8-TCDD血中濃度数百倍【農業工場爆 発事故周辺住民】	

がんのリスク——放射線と生活習慣を比較する

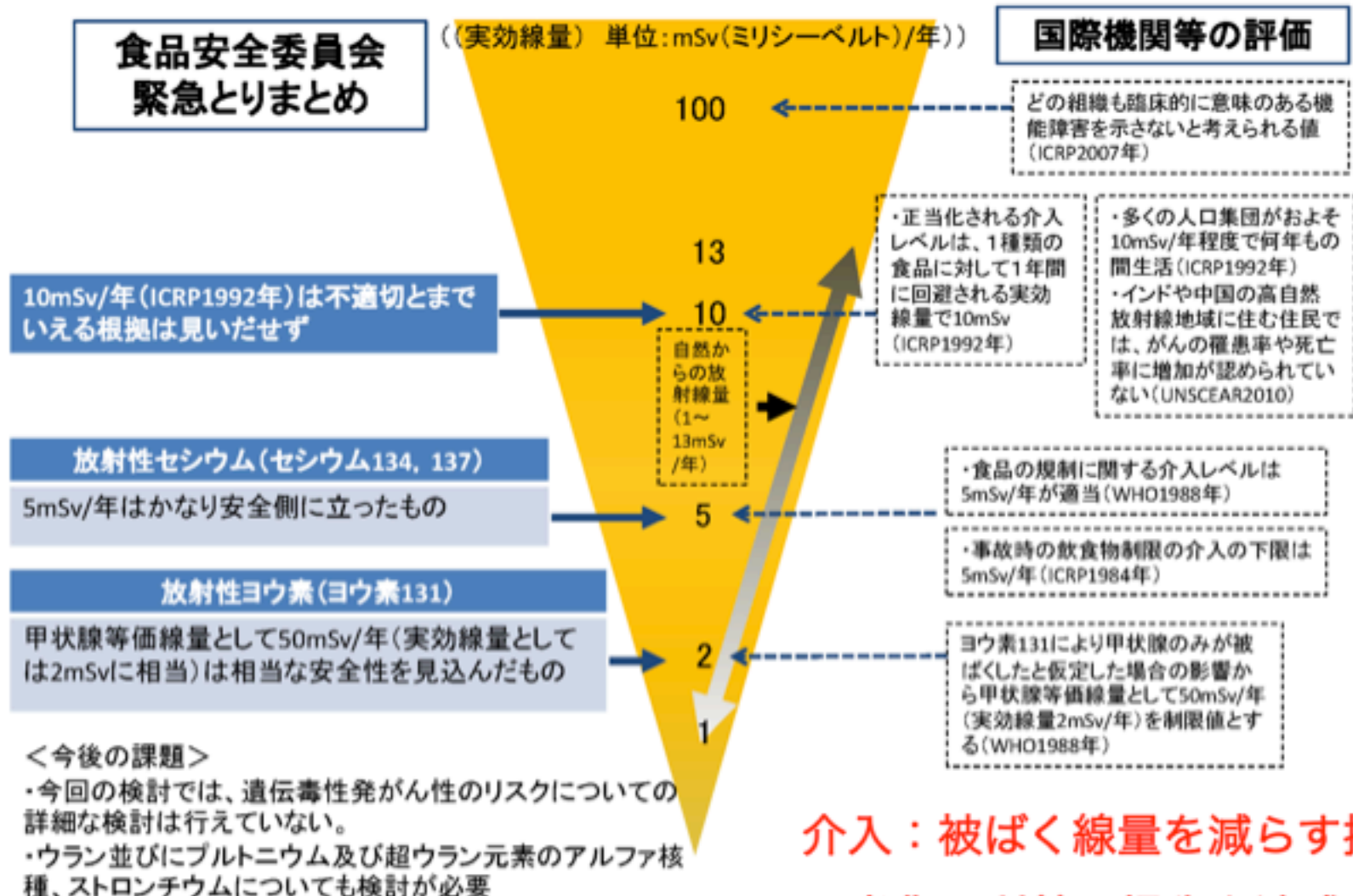
放射線と生活習慣	相対リスク	福島原発事故での措置および身近な例
喫煙者	1.6倍	
毎日3合以上の飲酒	1.6倍	
1000～2000ミリシーベルト	1.4倍	
やせ(BMI<19)	1.29倍	
肥満(BMI≥30)	1.22倍	
200～500ミリシーベルト	1.16倍	← 緊急時作業員の被曝限度 250ミリシーベルト
運動不足	1.15～1.19倍	
高塩分食品	1.11～1.15倍	
100～200ミリシーベルト	1.08倍	
野菜不足	1.06倍	
受動喫煙(タバコを吸わない女性)	1.02～1.03倍	
100ミリシーベルト未満	検出不可能	← 計画的避難区域 20ミリシーベルト以上(年間)
		← X線CT 6.9ミリシーベルト(1回)
		← 自然界からの放射線 2.4ミリシーベルト(年間)
		← 法律上の一般人の線量限度 1ミリシーベルト(年間)

国立がん研究センターなどの資料をもとに作成。相対リスクとは、がんのリスクが何倍高くなったかの目安

チェルノブイリ20年後の結論と教訓

- 作業した消防士ら134人に急性放射線障害、3ヶ月以内に28人が死亡、その後20年間に19人が死亡
- 危険を知らされずに放射性ヨウ素で汚染されたミルクを飲んだ子どもたちの中から、通常の10倍の頻度で小児甲状腺がんが発生、発見された患者数は約4000人以上。多くは手術で治り、20年間の死亡患者は9～15名
- 白血病も含め、その他の病気の増加は確認されていない
- 最も深刻な被害は、社会経済的な影響、不安ストレスなど精神的な障害、不必要な妊娠中絶の増加

「放射性物質に関する緊急とりまとめ」(平成23年3月29日 食品安全委員会)



内閣府 食品安全委員会 (リスク評価機関)

厚生労働省 (リスク管理機関)

厚生労働大臣がリスク評価を
諮問(3月20日)

食品衛生法に基づく食品の暫定規制値(※)を設定し、
流通規制(3月17日～)
・原子力安全委員会の防災指針の指標を準用
・緊急を要するため、食安委のリスク評価を受けずに設定

食品由来の放射線の量と健康
影響の関係を緊急とりまとめ
(3月29日)

食品安全委員会委員長から
緊急とりまとめを通知
(3月29日)

食品安全委員会、原子力安全委員会等
の検討を踏まえ、暫定規制値(※)を維持
することとした(4月4日)

ICRPの実効線量10mSv/年
不適切とまで言える根拠は見いだせず

放射性セシウム(セシウム134, 137)
5mSv/年はかなり安全側に立ったもの

放射性ヨウ素(ヨウ素131)
甲状腺等価線量として50mSv/年(実効線量としては
2mSv/年に相当)は相当な安全性を見込んだもの

今後、必要な管理措置について検討する

(※) 暫定規制値(3月17日～)

放射性ヨウ素 (混合核種の代表核種: ^{131}I)	飲料水 牛乳・乳製品(注)	300Bq/kg
	野菜類(根菜、芋類を除く。)、 魚介類(4月5日以降)	2000Bq/kg
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品	200Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	500Bq/kg
ウラン	乳幼児用食品、飲料水、牛乳・乳製品	20Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	100Bq/kg
プルトニウム及び超ウラン元素 のアルファ核種 (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm 放射能濃度の合計)	乳幼児用食品、飲料水、牛乳・乳製品	1Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	10Bq/kg

(注) 100Bq/kgを超えるものは、乳児用調整粉乳及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導すること。

今後、諮問を受けた内容範囲を
継続してリスク評価

ベクレル(Bq)とシーベルト(Sv)

ベクレル(Bq): **放射能の強さ**を表す単位

【放射能とは、放射線(X線、 β 線など)を出す能力のこと】

【1ベクレルは1秒間に1個の原子核が崩壊して放射線を出す放射能の強さのこと】

シーベルト(Sv): **放射線を浴びた時の
人体への影響度**を示す単位

〇〇ベクレルの放射性物質による
人体への影響(シーベルト)の算出方法

$$\text{ミリシーベルト} \quad \text{ベクレル} \\ \text{mSv} = \text{Bq} \times \text{実効線量係数}$$

核種(例えばヨウ素131)ごと、摂取経路(例えば経口、吸入など)ごとに
国際放射線防護委員会(ICRP)等で示された係数

(例)放射性ヨウ素131が1kgあたり300Bq(飲料水、牛乳等の暫定規制値(成人))
検出された飲食物を1kg食べた場合の人体への影響

$$300(\text{Bq}) \times \frac{1.6 \times 10^{-5}}{\text{(実効線量係数)}} = 0.0048(\text{mSv})$$

実効線量係数(mSv/Bq)の謎

- 食品中の放射性物質濃度[Bq/kg]×摂取量
- →体内に吸収される率(大部分は素通り)
- →特定の臓器への集積度、排泄速度、減衰

放射性ヨウ素と放射性セシウム

放射性ヨウ素

概要	生物学的半減期	物理的半減期※と 放出放射線の種類
・ヨウ素は甲状腺ホルモンの合成に必要。 ・摂取されたヨウ素は容易に消化管から吸収され、30%は甲状腺に蓄積、20%はすぐに排泄、残りは短期間で体内から排泄。	ヨウ素の半量が人体から排泄される日数 ・乳児 11日 ・5歳児 23日 ・成人 80日	※放射能の強さが半減する日数 8.0日 β 線

放射性セシウム

概要	生物学的半減期	物理的半減期※と 放出放射線の種類
・セシウムはアルカリ金属のひとつであり、カリウムに類似した代謝を示す。 ・特定の臓器に親和性を示さない。	セシウム137の半量が人体から排泄される日数 ・～1歳 9日 ・～9歳 38日 ・～30歳 70日 ・～50歳 90日	(セシウム134) 2.1年 β 線
		(セシウム137) 30年 β 線→ γ 線

実効線量係数(mSv/Bq)の謎

- 食品中の放射性物質濃度[Bq/kg]×摂取量
- →体内に吸収される率(大部分は素通り)
- →特定の臓器への集積度、排泄速度、減衰
- ⇒その臓器(の細胞)が受ける吸収線量[Gy]
- 線量×放射線荷重係数(放射線の種類による)
=その臓器への影響度=組織等価線量[Sv]
- 各臓器の発がんの影響度を組織荷重係数で重み付けして全身で積算 ⇒ 実効線量[Sv]
- 防護対策を取るべき線量[Sv]から逆算して摂取制限する濃度[Bq/kg]の目安を決める

暫定規制値の基本となった考え方

- 飲食物摂取制限の介入線量レベル[mSv/年]

放射性セシウム

放射性ヨウ素

上限線量レベル：50 mSv/年(全身) 500 mSv/年(甲状腺)

下限線量レベル： 5 mSv/年(全身) 50 mSv/年(甲状腺)

(下限線量以下では飲食物の摂取制限は正当化されない)

- 誘導介入レベル（放射能濃度）[Bq/kg]

この放射能濃度の飲食物ばかりを、日常的に1年間摂取し続けると、ちょうど下限介入線量レベルに達するような、それぞれの飲食物の放射能濃度
(新たな（追加の）汚染はないという前提で計算)

誘導介入レベル (Bq/kg) の計算 (1)

放射性セシウムの場合

- Cs-137の他に、Cs-134、Sr-89、Sr-90も含め、**食品全体**で **5mSv/年**を介入線量レベルに設定
- 全ての食品群が汚染されたと仮定し、(1)飲料水、(2)牛乳・乳製品、(3)野菜・芋類、(4)穀類、(5)肉・卵・魚介類その他、の計5群で、それぞれ **1mSv/年を超えない**放射能濃度 (Bq/kg) を計算
- 乳児や幼児など、年齢別の1日摂取量 (kg/日)と線量換算係数 (mSv/Bq)を用いて計算し、その中で最も厳しい(低い)濃度を規制値として採用

・ 飲食物摂取制限に関する指標について (平成10年3月6日 原子力安全委員会) 資料20-4

<http://trustad.sixcore.jp/wp-content/uploads/2011/03/7221186cfa36d490b84f398707fcf5e2.pdf>

・ 緊急時における食品の放射能測定マニュアル (平成14年3月 厚生労働省医薬局食品保健部監視安全課)

<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001558e.html>

・ 防災指針における飲食物摂取制限指標の改定について、保健物理, 35(4), 449-166 (2000)

<http://www.journalarchive.jst.go.jp/japanese/jnlto/ja.php?cdjournal=jhps1966&cdvol=35&noissue=4>

誘導介入レベル (Bq/kg) の計算 (1)

放射性セシウムの場合

誘導介入濃度 (Bq/kg) の計算結果

	乳児	幼児	成人
飲料水	228	421	201
牛乳・乳製品	270	843	1660
野菜類	1540	1686	554
穀類	2940	3830	1110
肉・卵・魚その他	3234	4010	664

→採用された暫定規制値は…

飲料水、牛乳・乳製品：200 Bq/kg

野菜類、穀類、肉・卵・魚その他：500 Bq/kg

誘導介入レベル (Bq/kg) の計算 (2)

放射性ヨウ素の場合

- I-131の他に、I-132、I-133、I-134、I-135、Te-132も含め、**食品全体による**甲状腺預託等価線量 **50mSv/年**を介入線量レベルに設定
- 50mSvの1/3を保留分として残し、他を(1)飲料水、(2)牛乳・乳製品、(3)根菜・芋類を除く野菜類の3群でそれぞれ**11.1mSv/年を超えない**濃度を計算
- 乳児や幼児など、年齢別の1日摂取量 (kg/日)と線量換算係数 (mSv/Bq)を用いて計算し、その中で最も厳しい（低い）濃度を規制値として採用
- 4月5日に追加された魚介類は、保留分から割り当て、野菜類の規制値を準用して2000 Bq/kgに

誘導介入レベル (Bq/kg) の計算 (2)

放射性ヨウ素の場合

誘導介入濃度 (Bq/kg) の計算結果

	乳児	幼児	成人
1日摂取量 (kg/日)	0.71	1.0	1.65
甲状腺等価線量係数(mSv/Bq)	0.0037	0.0021	0.00043
飲料水	322	424	1270
牛乳・乳製品	382	849	10500
野菜類(根菜・芋類を除く)	3280	2500	5220

→採用された暫定規制値は…

飲料水、牛乳・乳製品^{注)} : 300 Bq/kg

野菜類(根菜・芋類を除く) : 2000 Bq/kg

注) 100 Bq/kgを超えるものは、乳児用調製粉乳及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導すること。

食品の放射能検査データ

[ログイン]

説明 概況 検索 都道府県別 品目別

食品の放射性物質検査データの閲覧について

- 本サイトは、厚労省公表の食品の放射性物質検査データからプレスリリース情報の追加を行い検索可能な状態にしたもので、[\(仮\)食品流通構造改善促進機構](#)がボランティアで運用しています。また、報道発表資料に無い情報は空欄になっています。データは最新の注意を払って処理していますが、正確を期する際は下記で確認願います。データ取得元：<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r985200000162id.html>

- 厚労省の定めた暫定規制値は、以下のとおりです。

放射性物質	対象となる食品	暫定規制値(Bq/kg)
放射性ヨウ素	飲料水、牛乳、乳製品	300
	野菜類(根菜、芋類を除く)、魚介類	2000
放射性セシウム	飲料水、牛乳、乳製品	200
	野菜類、穀類、肉、卵、魚、その他	500

- 上記における「ベクレル(Bq/kg)」は、放射性物質そのものが放射線を出す能力(放射能)の強さを表す単位です。放射性物質をたき火にたとえると、火の強さに相当します。
- 暫定規制値は、放射線から身を守るためのひとつとして、飲食を控えた方がよいと判断される目安として示されたものです。(詳細、[原子力安全委員会の指針「原子力施設等の防災対策について」](#)のP.108、資料6 参考)
- 暫定規制値を超えた食品は販売できないことが法律で決まっています(食品衛生法第6条第2号)。暫定規制値を超えた場合はその場合は、出荷制限が行われ、当該農作物等については、現在、市場に流通していません。(原子力災害対策特別措置法)
- 出荷制限対象となった農産物については毎週放射線量の検査を実施し、3週連続で規制値を下回った場合は市町村などの単位で制限を解除できるようになりました。
- 本サイトにおきましても、科学的・客観的根拠に基づく正確な情報の提供に努めてまいりますので、消費者並びに流通・小売業の皆様におかれましては、被災地をさらに苦しめることにならないよう、普段どおりに買い物や商いをしていただくことを切にお願いいたします。
- 緊急時モニタリングとは、現地災害対策本部が実施主体として行っているものです。

以上をご理解の上、メニューをクリックしてご利用下さい。

メニュー

結果概況を見る

条件を絞ってデータを検索する

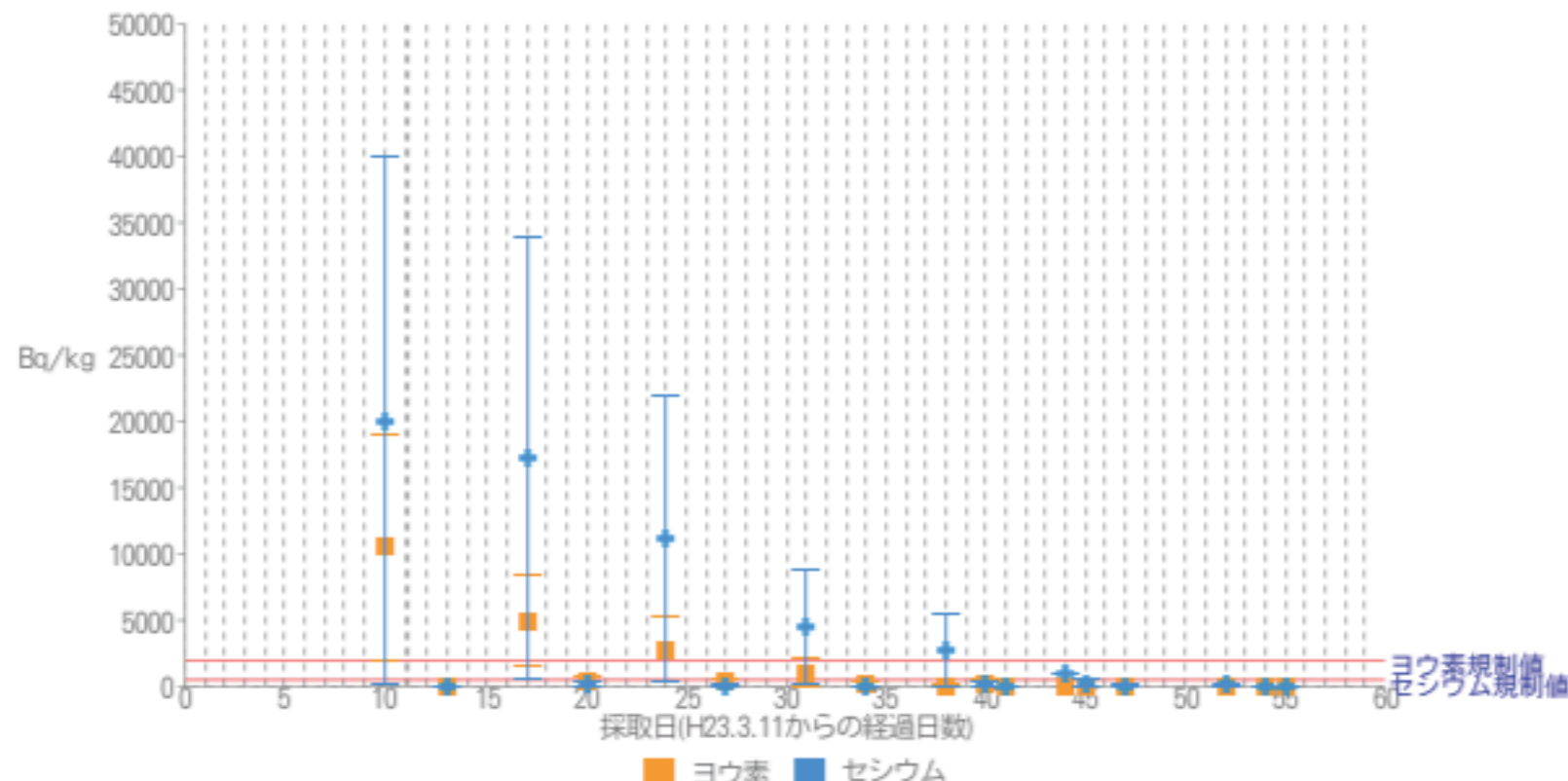
都道府県／市町村を選択してデータを見る

品目を選択してデータを見る

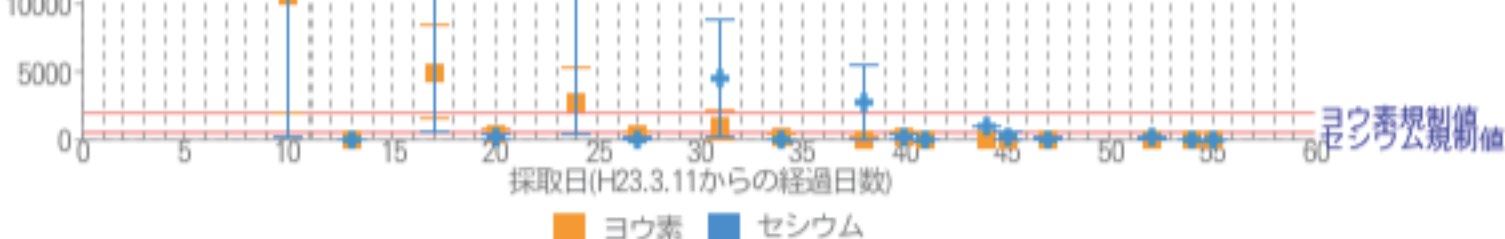
産地: 福島県 全て 品目: 野菜類[813]
 ほうれん草[127] 採取日: 全て 公開日:
 全て 検索

■概要

127件の検査データが見つかりました。このうち暫定規制値を超えた放射性物質が検出されたものは**39**件です。



福島県・野菜類（ほうれん草）
<http://yasaikensa.cloudapp.net/>



産地 矢吹町(11)、猪町(10)、中島村(9)、泉崎村(7)、棚倉町(7)、矢栄町(7)、いわき市(7)、田村市(6)、西郷村(6)、太玉村(5)、小野町(4)、平田村(4)、白河市(4)、下郷町(4)、蛟川村(4)、西会津町(3)、会津美里町(3)、猪苗代町(3)、会津坂下町(3)、南会津町(3)、浅川町(2)、柳井町(2)、二本松(1)、川俣町(1)、北塩原村(1)。

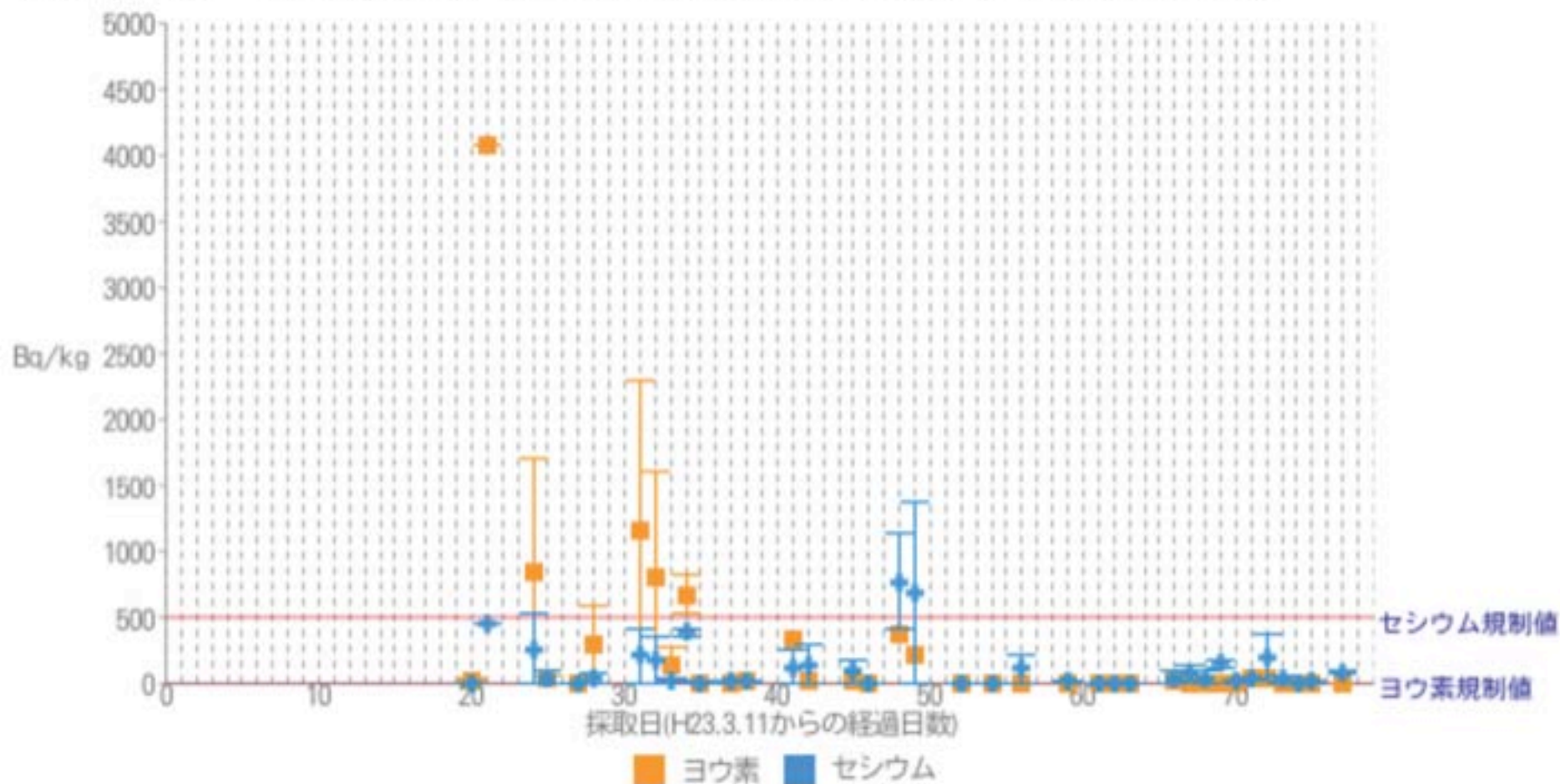
実施主体 緊急時モニタリング(126)、東京都(1)。

■検査結果一覧表

No	実施主体	産地		採取区分	食品分類	品目	検査機関	採取日 (購入日)	結果 判明日	厚生省 公表日	結果(Bq/kg)			詳細
		都道府県	市町村								ヨウ素 -131	セシウム -134	セシウム -137	
119	東京都	福島県	矢吹町	流通品	野菜類	ほうれん草	都健康安全研究センター	-	-	H23.3.20	70	50以下		詳細
218	緊急時モニタリング	福島県	泉崎村	農場採取	野菜類	ほうれん草	(財)日本分析センター	H23.3.21	H23.3.22	H23.3.22	4600	3300	3200	詳細
221	緊急時モニタリング	福島県	小野町	農場採取	野菜類	ほうれん草	(財)日本分析センター	H23.3.21	H23.3.22	H23.3.22	8600	4200	4200	詳細
236	緊急時モニタリング	福島県	田村市	農場採取	野菜類	ほうれん草	(財)日本分析センター	H23.3.21	H23.3.22	H23.3.22	19000	20000	20000	詳細

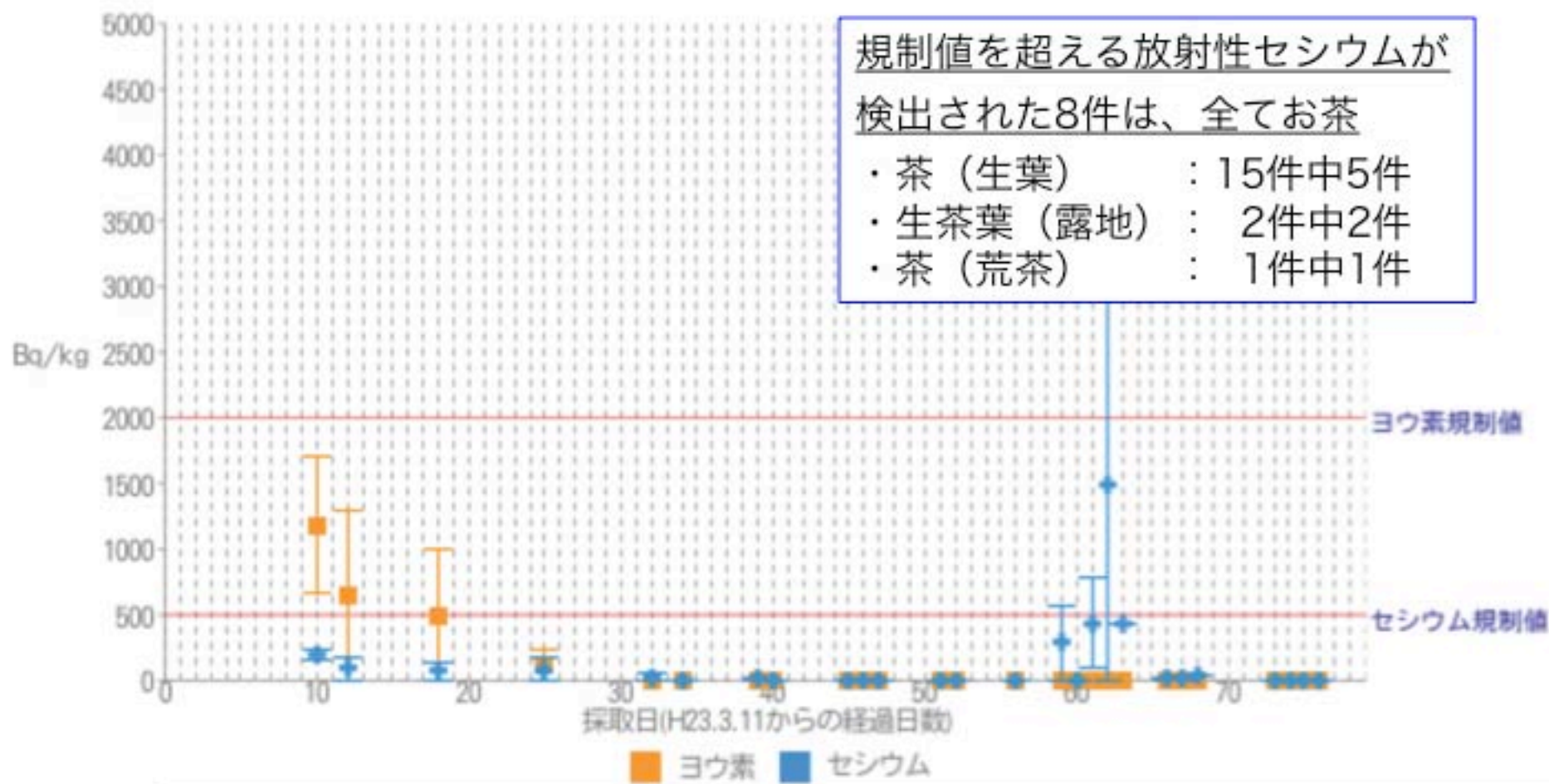
福島県・野菜類（ほうれん草）

195件の検査データが見つかりました。このうち暫定規制値を超えた放射性物質が検出されたものは**6**件です。



茨城県・水産物（全て）

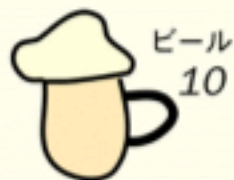
84件の検査データが見つかりました。このうち暫定規制値を超えた放射性物質が検出されたものは8件です。



神奈川県・野菜類（全て）

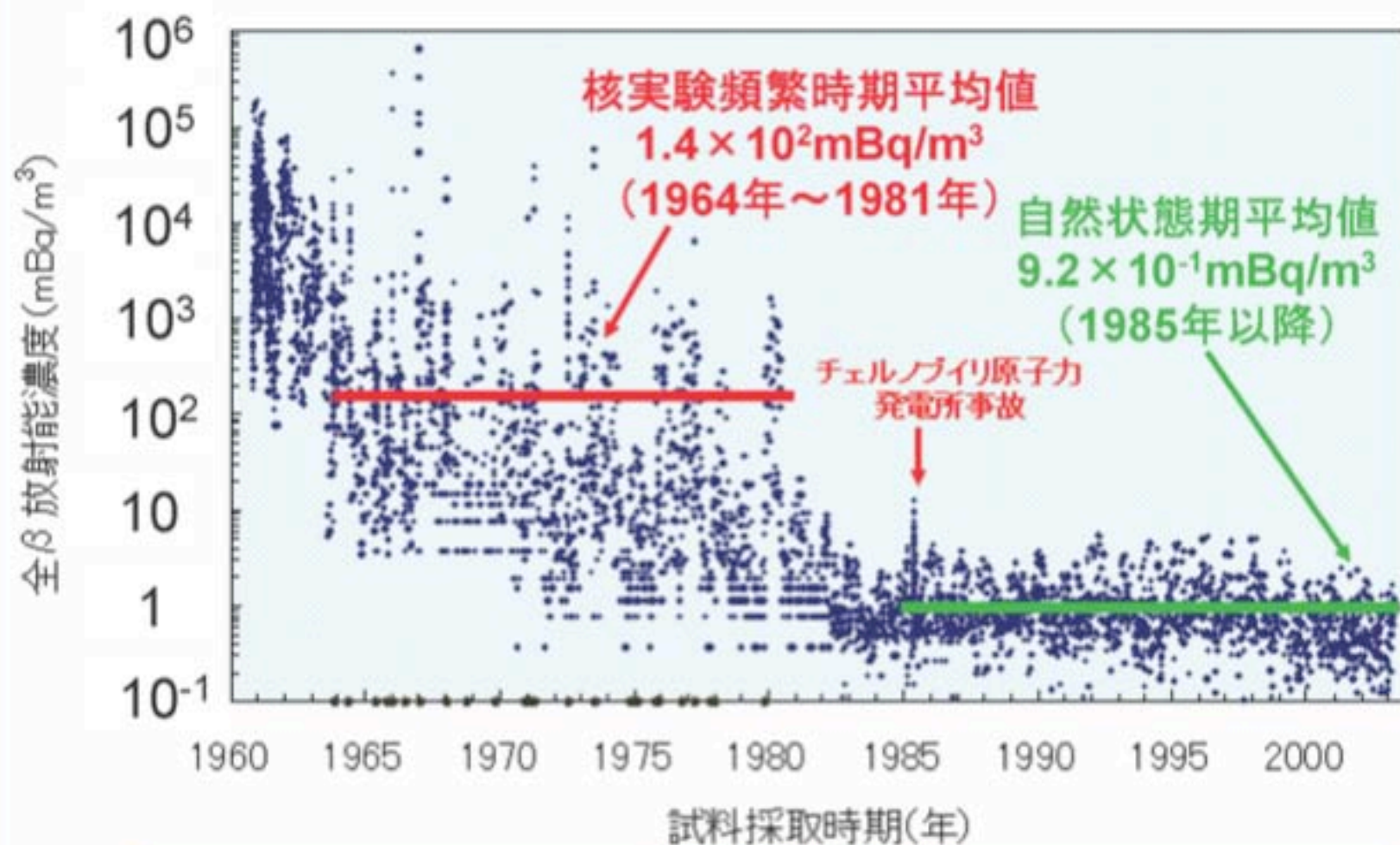
食物中のカリウム40の放射能量

環境中や体内でのセシウム137の挙動はカリウム40と類似



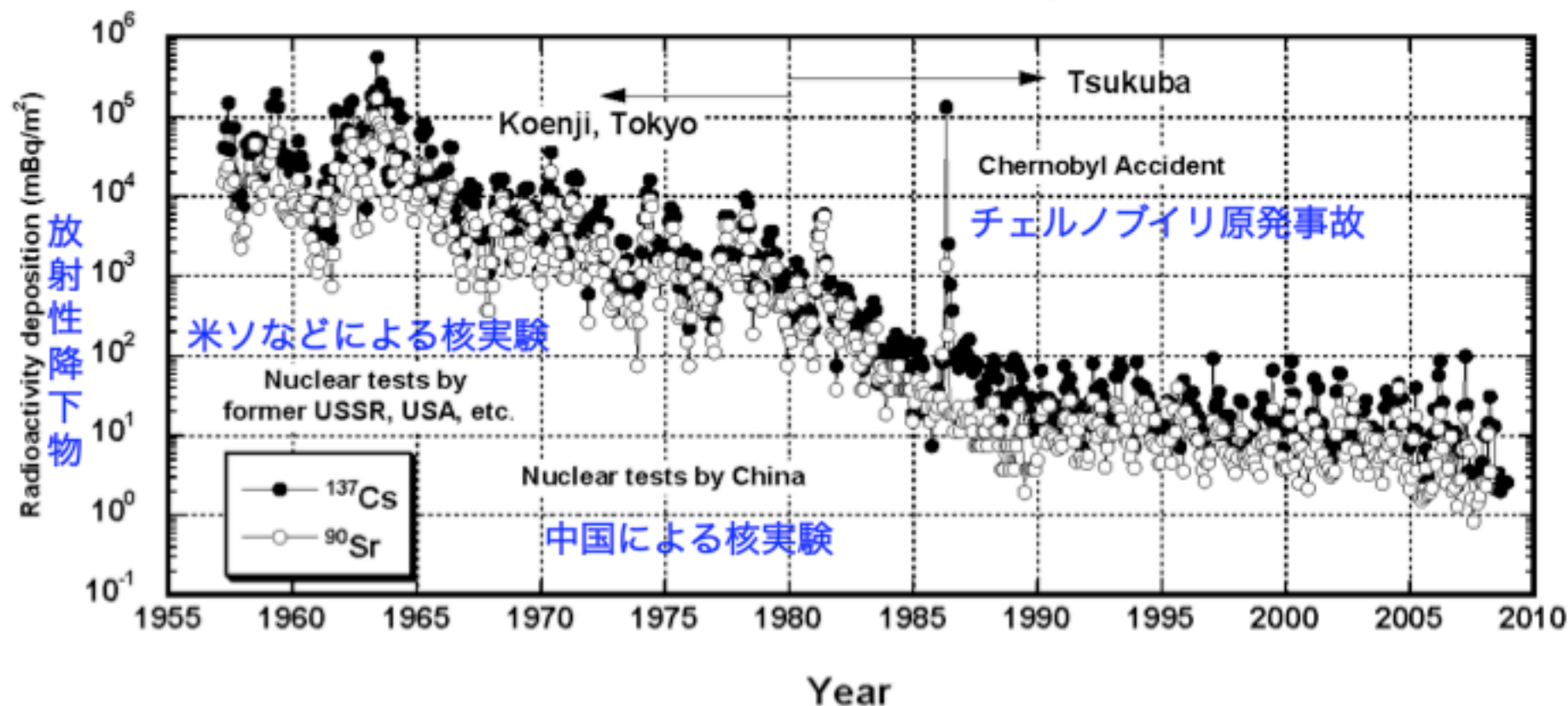
単位：ベクレル/kg

全 β 放射能濃度の長期的推移



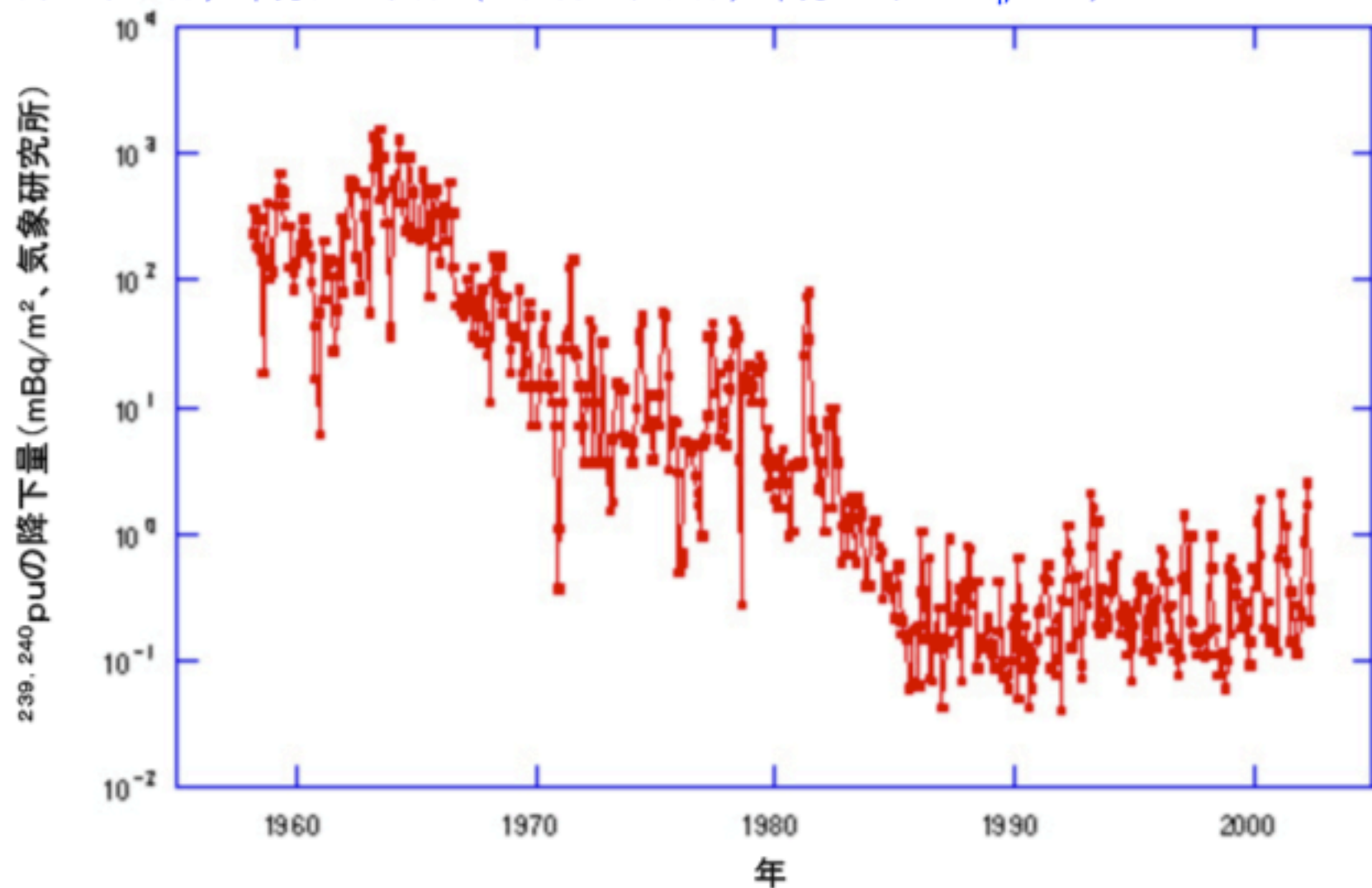
日本上空での全 β 放射能濃度の長期的推移(全空域、全高度)

ミリベクレル/平方メートル (=メガベクレル/平方km、MBq/km²)



人工放射性降下物（フォールアウト）の経年変化

ミリベクレル/平方メートル (=メガベクレル/平方km、MBq/km²)



プルトニウム降下物の経年変化

まとめ

- 放射線や放射能は、自然界の一部
- 自然放射線は無害で人工放射線は危険…ではない！
人体への影響の有無は、浴びた量による
- 放射線による発がんも確率的に起こり、自然のがんとは区別できない
- 放射線はどんなに微量でも有害か？ 原爆被爆者やチェルノブイリの疫学調査の結果は、NO！
- 飲食物の暫定規制値は念の為の用心を始める目安。
安全と危険の境界を示す値ではない
- 無用の不安を減らし、力を合わせて復興を！