

食品中の放射性物質の基本的な知識 及び安全性について

令和3年10月29日 Webでの意見交換会



公立大学法人

福島県立医科大学

FUKUSHIMA MEDICAL UNIVERSITY

保健科学部

診療放射線科学科

佐藤 久志

自己紹介

- 専門はがんに対する放射線治療です



- μ (マイクロ)や m (ミリ)のつかない放射線量で、がん治療を行っています

だいたい10万倍ぐらい・・・

- 私の物差しは、少し緩いと思います
- 2人の子供がいます
- 福島県産を好んで食べています
- 趣味は革細工です



本日の内容

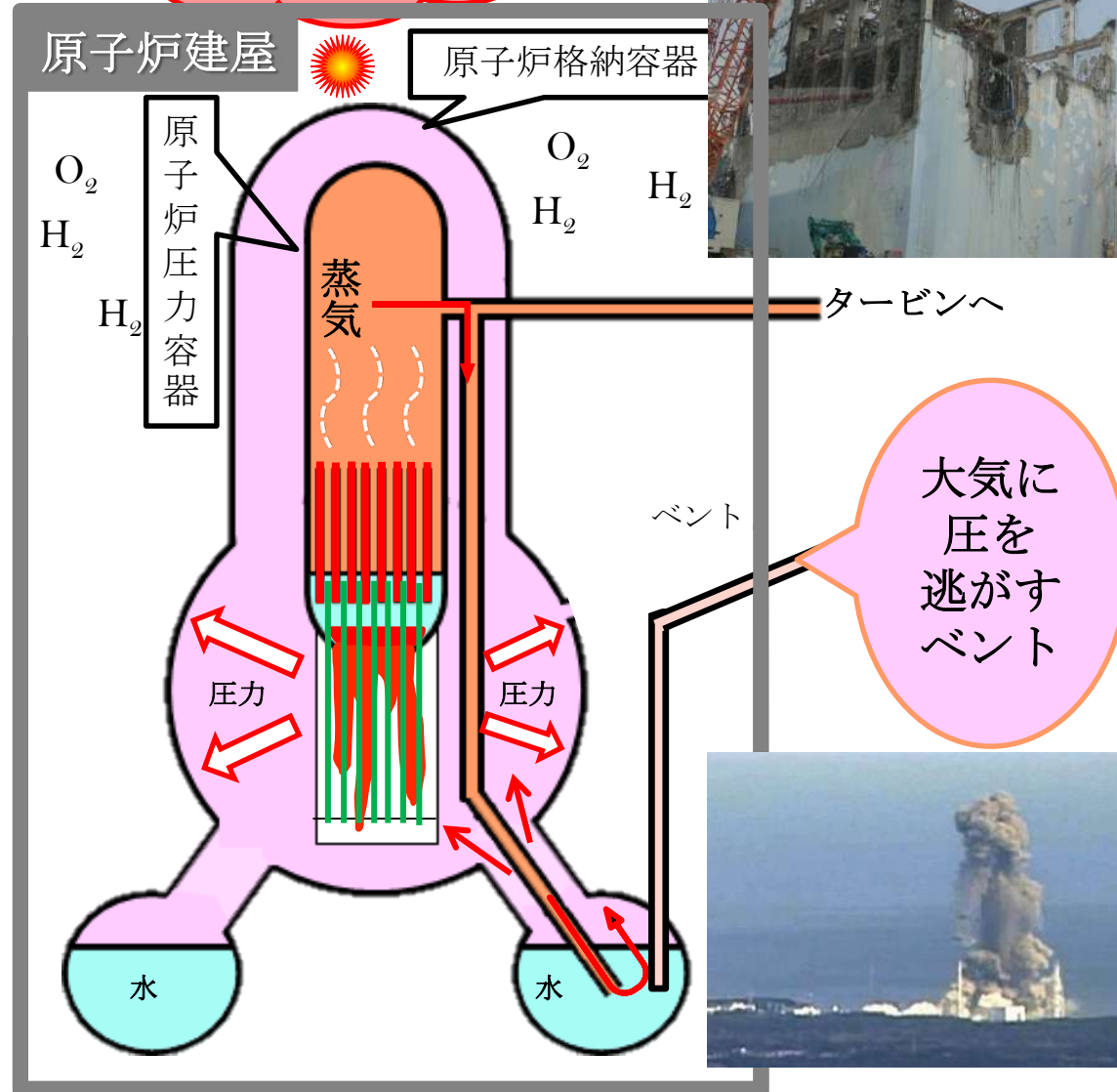
- 福島原子力災害について
- 放射線の基礎知識（内部被ばく）
- 放射線による健康影響
- トリチウムについて

本日の内容

- ✓ 福島原子力災害について
 - 放射線の基礎知識（内部被ばく）
 - 放射線による健康影響
 - トリチウムについて

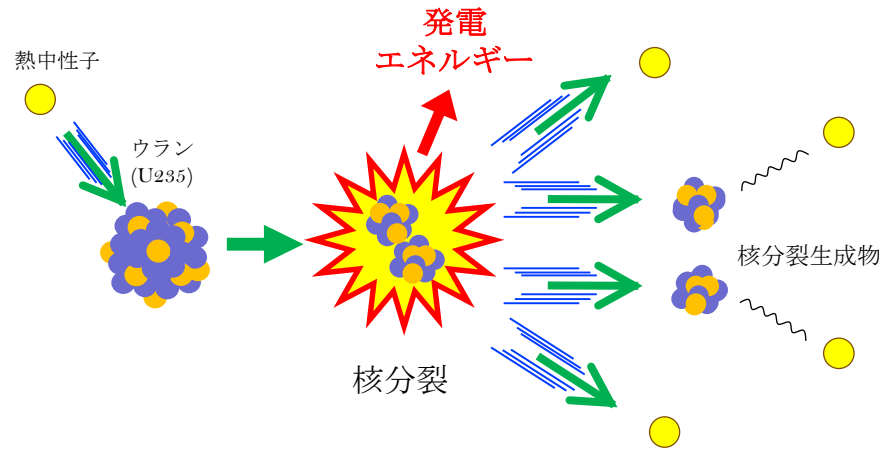
原子炉でおきた現象

水素爆発



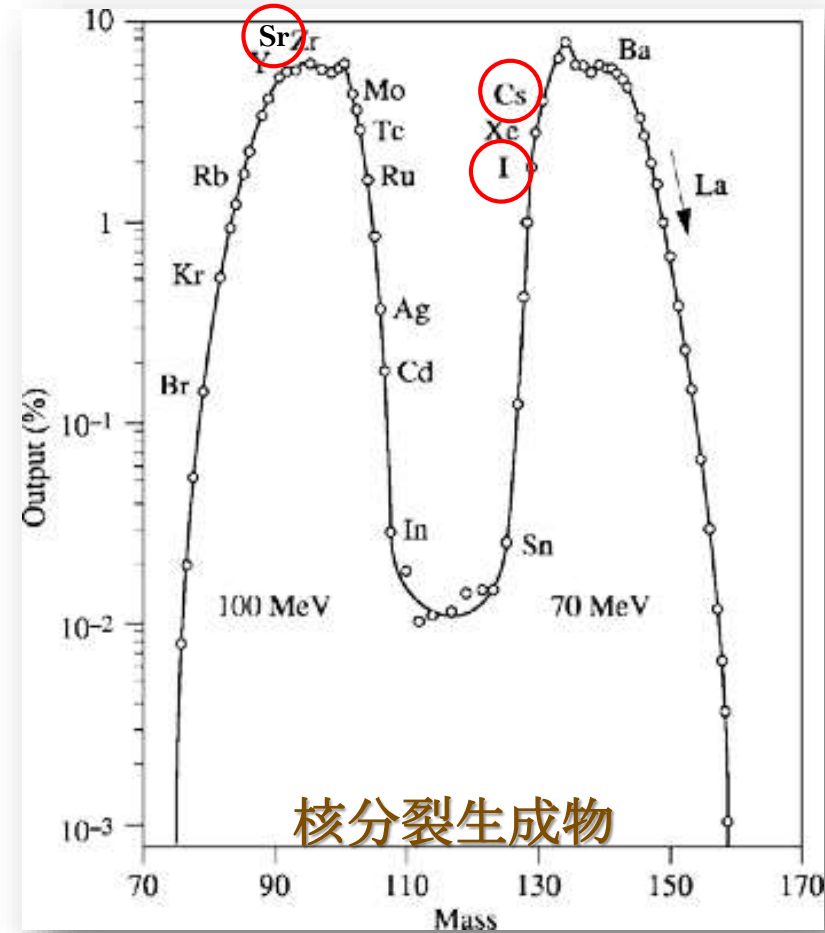
- ①地震・津波で電源喪失
- ②緊急炉心停止
制御棒の挿入による
臨界停止
- ③冷却機能の喪失
- ④崩壊熱及び水-ジルコニウム化学反応 (H₂発生) による炉心融解
- ⑤放出蒸気による格納容器圧力上昇
- ⑥水蒸気爆発を避けるため格納容器から大気中にベント
- ⑦火花で水素爆発
- ⑧放射性ヨウ素・放射性セシウムのプルームが飛散

何が飛んできたのか？



主に質量数が90と130前後の核種

この物質は不安定
↓
放射線を出して安定化



！ ウラン・プルトニウムよりも、セシウム・ヨウ素が飛んできた

*Ceramics Materials: Processes, Properties and Applications*より抜粋

飛んできた放射性物質の特徴

生成物(壊変形式)	収率	物理学的 半減期	関与について
セシウム133	6.79%	安定	×
ヨウ素135(β)	6.33%	6.5時間	×半減期短い
ジルコニウム93 (β)	6.30%	153万年	×半減期長い
セシウム137(β/γ)	6.09%	30年	○
テクネチウム99	6.05%	21万年	×半減期長い
ストロンチウム90(β)	5.75%	29年	○
ヨウ素131(β/γ)	2.83%	8日	○
プロメチウム147	2.27%	2.6年	×低いエネルギー
サマリウム149	1.09%	安定	×
ヨウ素129	0.66%	1570万年	×半減期長い

半減期が数日から数年・気化するもの・軽いものが影響

本日の内容

- 福島原子力災害について
 - ✓ 放射線の基礎知識（内部被ばく）
- 放射線による健康影響
- トリチウムについて

放射性物質って何？

放射線を出すことによって、安定化する物質



イライラしたときに、物に当たるとすっきりする



怒った人



放射性セシウム137

怒りをぶつける



放射性崩壊

普通の人

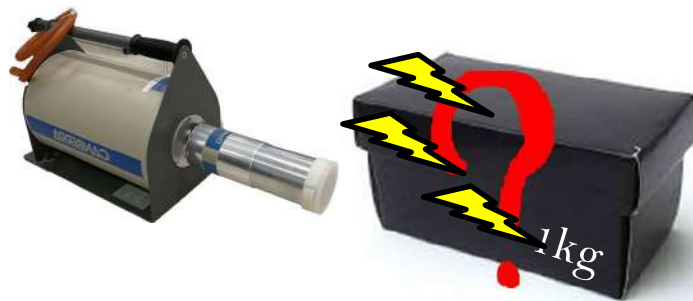


安定バリウム137

！崩壊後は、安定化して無害になります

ベクレル (Bq) ってなんだろう

放射性物質が1秒間に崩壊する原子の個数



1秒間に
3本の放射線

3Bq/kg



1秒間に
10本の放射線

10Bq/kg

1秒間に出てくる放射線の数で含まれている
放射性物質の量がわかる便利な数字

シーベルト (Sv) ってなんだろう？

- 放射線にはいろんな種類があって、影響力も届く範囲も異なります

	アルファ線	ベータ線	ガンマ線	中性子線
本質	He原子核	電子	電磁波	中性子
質量	約4	0.0005	0	約1
電離作用	大	中	小	小
透過性	小	中	大	大
生体影響	20	1	1	5-20

臓器によっても、影響が異なるので、すべてを加味して、最終的に人体への影響の指標として計算で出すのが、シーベルトになります。

！ 様々な放射線の影響を、同じ数字で比較することができます

自然放射線（年間）

宇 宙 : 0.30mSv
空気中 : 0.47mSv
大 地 : 0.33mSv
食 品 : 0.99mSv
年 間 : 2.1mSv

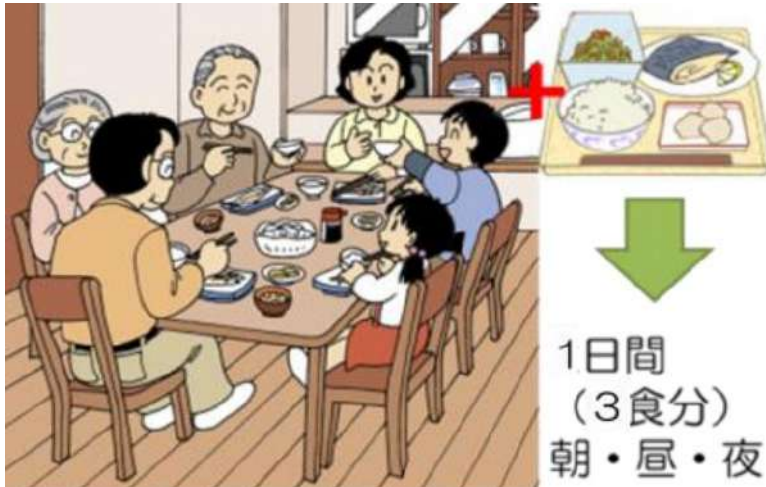
世界平均は2.4mSv

宇宙線
1500m上昇で2倍
富士山の山頂で4倍
飛行機で10倍



人間は、生まれた時から死ぬまで
放射線に囲まれて生きています。
それに、自分の体からも出しています。

内部被ばくの測定方法



食べ物のBqを測定



摂取した体のBqを測定

Bqを計算式からSvに変換
(大人50年分 子供70歳になるまでの分)

1Bq食べたらのぐらい被ばくするの？

預託実効線量係数 ($\mu\text{Sv}/\text{Bq}$) (経口摂取の場合)

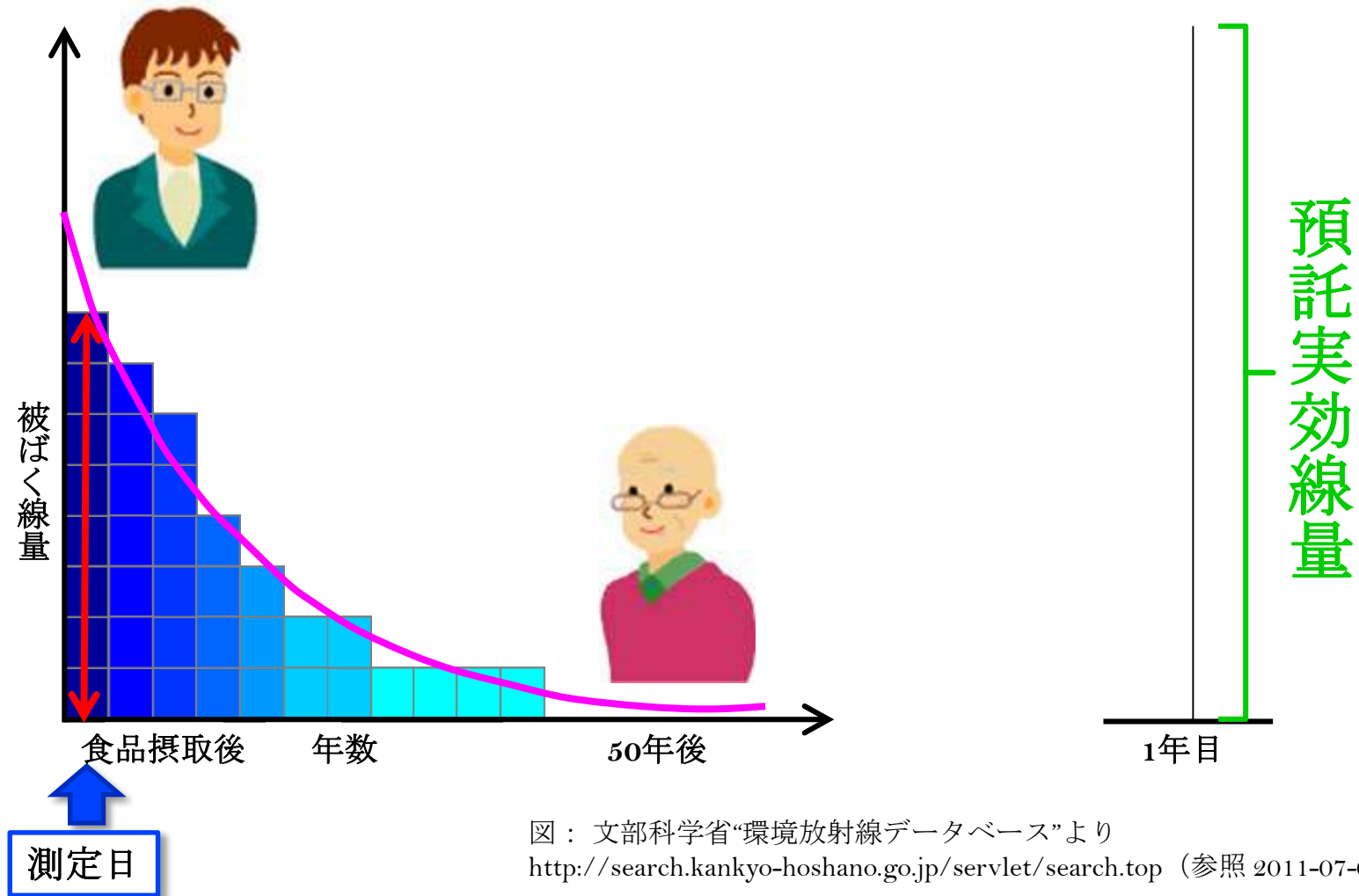
	ヨウ素 131	セシウム 134	セシウム 137	トリチウム 3	プルトニウム 239
3か月児	0.18	0.026	0.021	0.000064	4.2
1歳児	0.18	0.016	0.012	0.000048	0.42
5歳児	0.10	0.013	0.0096	0.000031	0.33
10歳児	0.052	0.014	0.01	0.000023	0.27
15歳児	0.034	0.019	0.013	0.000018	0.24
成人	0.022	0.019	0.013	0.000018	0.25

$\mu\text{Sv}/\text{Bq}$: マイクロシーベルト/ベクレル

出典：国際放射線防護委員会 (ICRP) , ICRP Publication 119 , Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, 2012

預託実効線量とは（実測法）

放射性物質摂取後50年間(小児では70歳まで)に
受ける量を摂取時に受けたと想定した放射線量のこと



食品からの被ばく線量（計算例）

（例）中学生がセシウム137を**300Bq/kg**含む食品を**0.5kg**摂取

$$\begin{array}{ccc} 300 & \times & 0.5 \\ (\text{Bq/kg}) & & (\text{kg}) \end{array} = 150\text{Bq}$$

$$\begin{array}{ccc} 150 & \times & 0.013 \\ (\mu\text{Sv/Bq}) & & \end{array} = 0.00195\text{ mSv} = 1.95\mu\text{Sv}$$



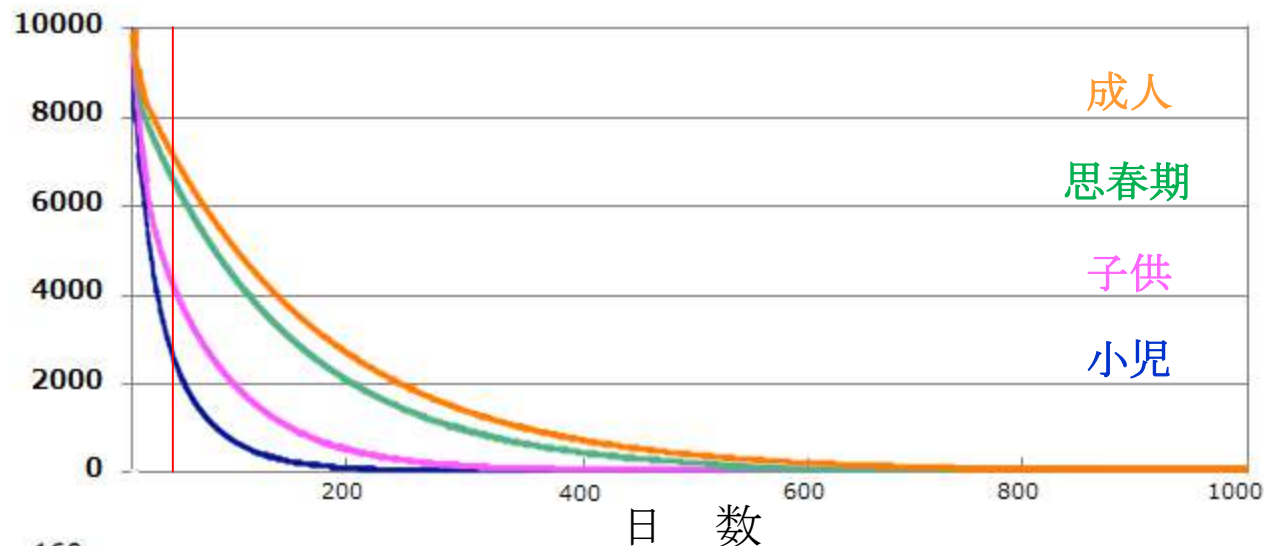
実効線量係数（ $\mu\text{Sv/Bq}$ ）

	ヨウ素131	セシウム137
3か月児	0.18	0.021
1歳児	0.18	0.012
5歳児	0.10	0.0096
成人	0.022	0.013

Bq：ベクレル μSv ：マイクロシーベルト mSv：ミリシーベルト

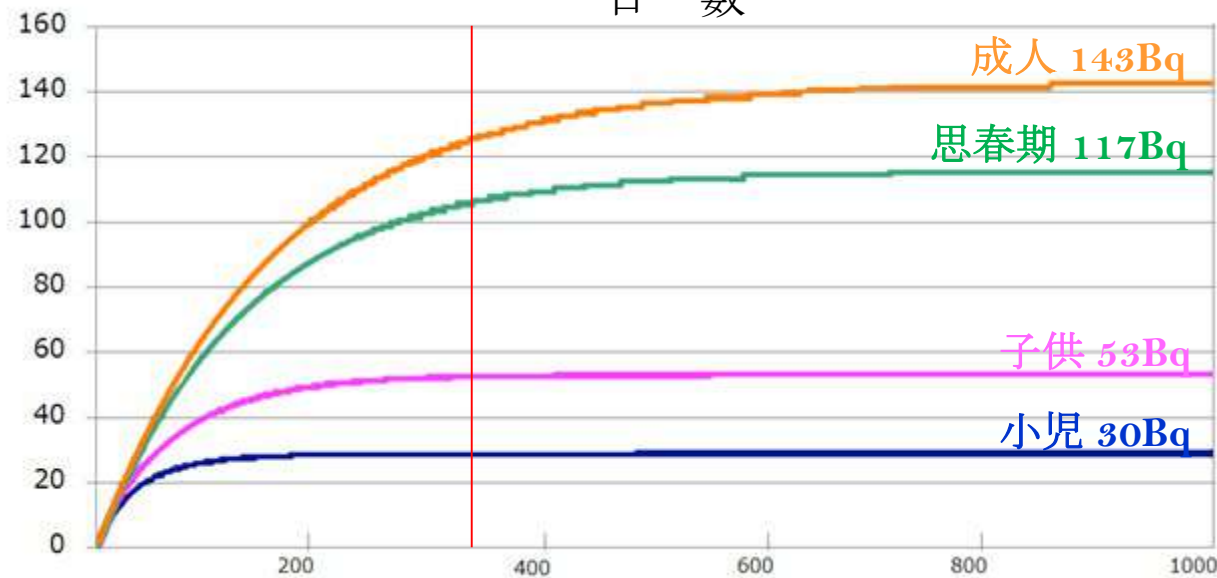
出典：国際放射線防護委員会（ICRP）
Database of Dose Coefficients CD-ROM, 1998

セシウムの生物学的半減期と残留量



10,000Bq を1回で
取りこんだ場合

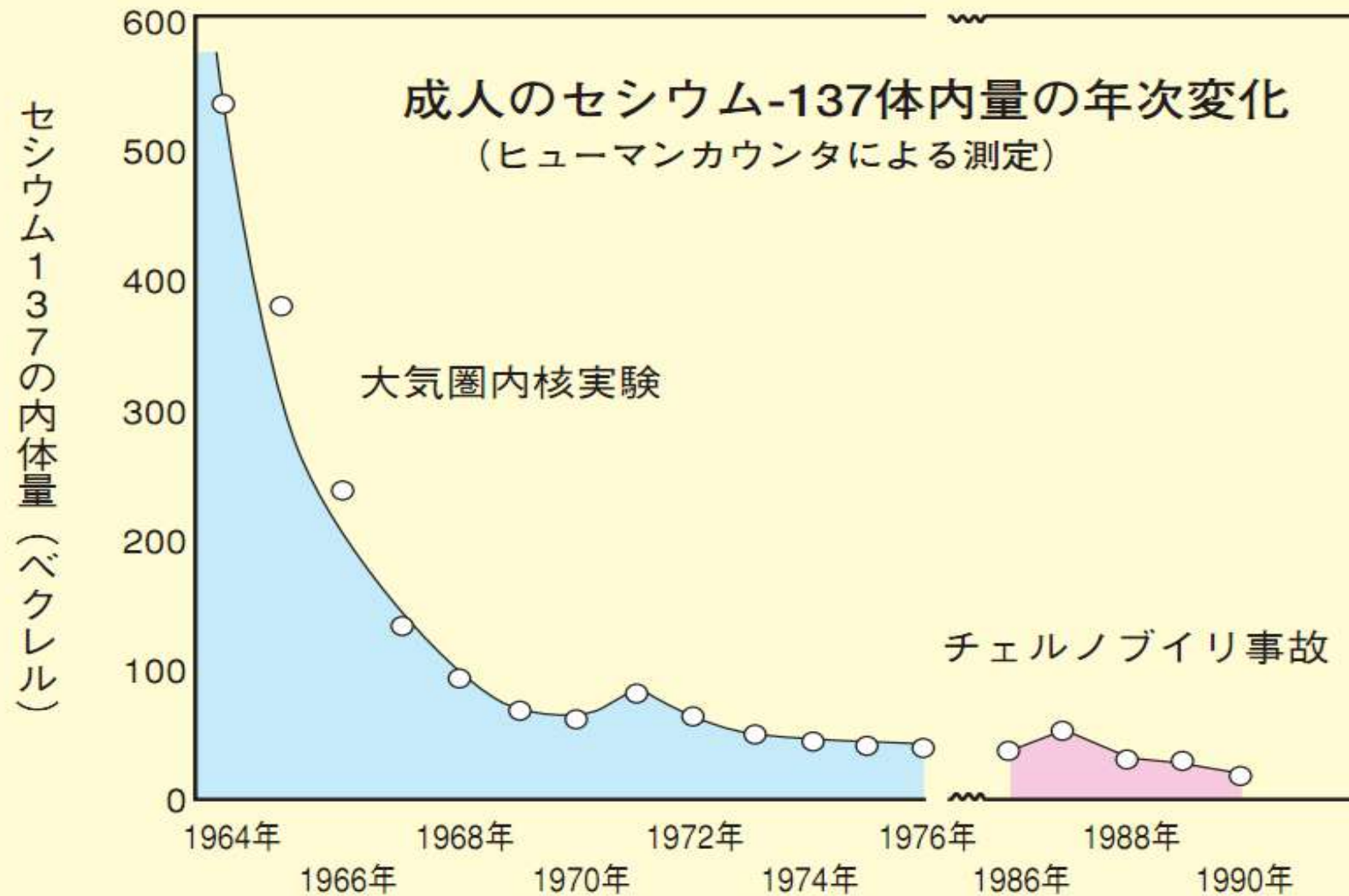
若年のほうが
排泄がはやい



毎日 1Bq を
取り込んだ場合

若年のほうが
滞留量が少ない

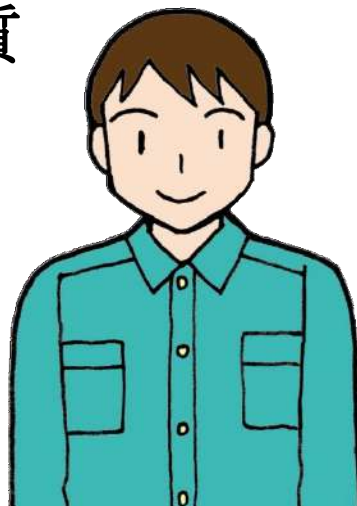
過去の人体内放射能量



内山正史：「ホールボディカウンティングと日本人の放射性セシウムによる内部被曝線量」放射線科学、Vol.34, No.6, P169-P170, 1991。
1986年以降のデータはセシウム-137とセシウム-134との和である。チェルノブイリ事故（1986年）の影響で1987年のセシウム-137の体内量は再び増加した。

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
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



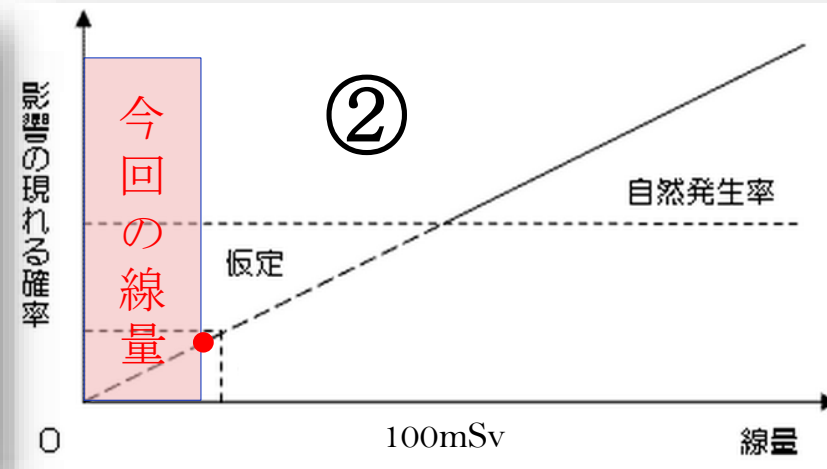
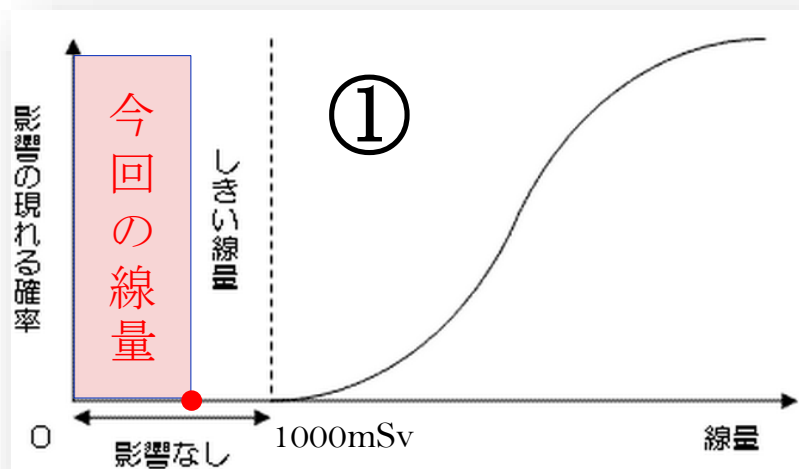
米 30 牛乳 50 牛肉 100 魚 100 ドライミルク 200 ほうれん草 200
ポテトチップス 400 お茶 600 干しいたけ 700 干し昆布 2,000 (Bq/kg)

Bq：ベクレル Bq/kg：ベクレル/キログラム

本日の内容

- 福島原子力災害について
- 内部被ばくと外部被ばく
- ✓ 放射線による健康影響
- トリチウムについて

確定的影響と確率的影響



①確定的影響(白内障・皮膚炎・脱毛・骨髄抑制等)

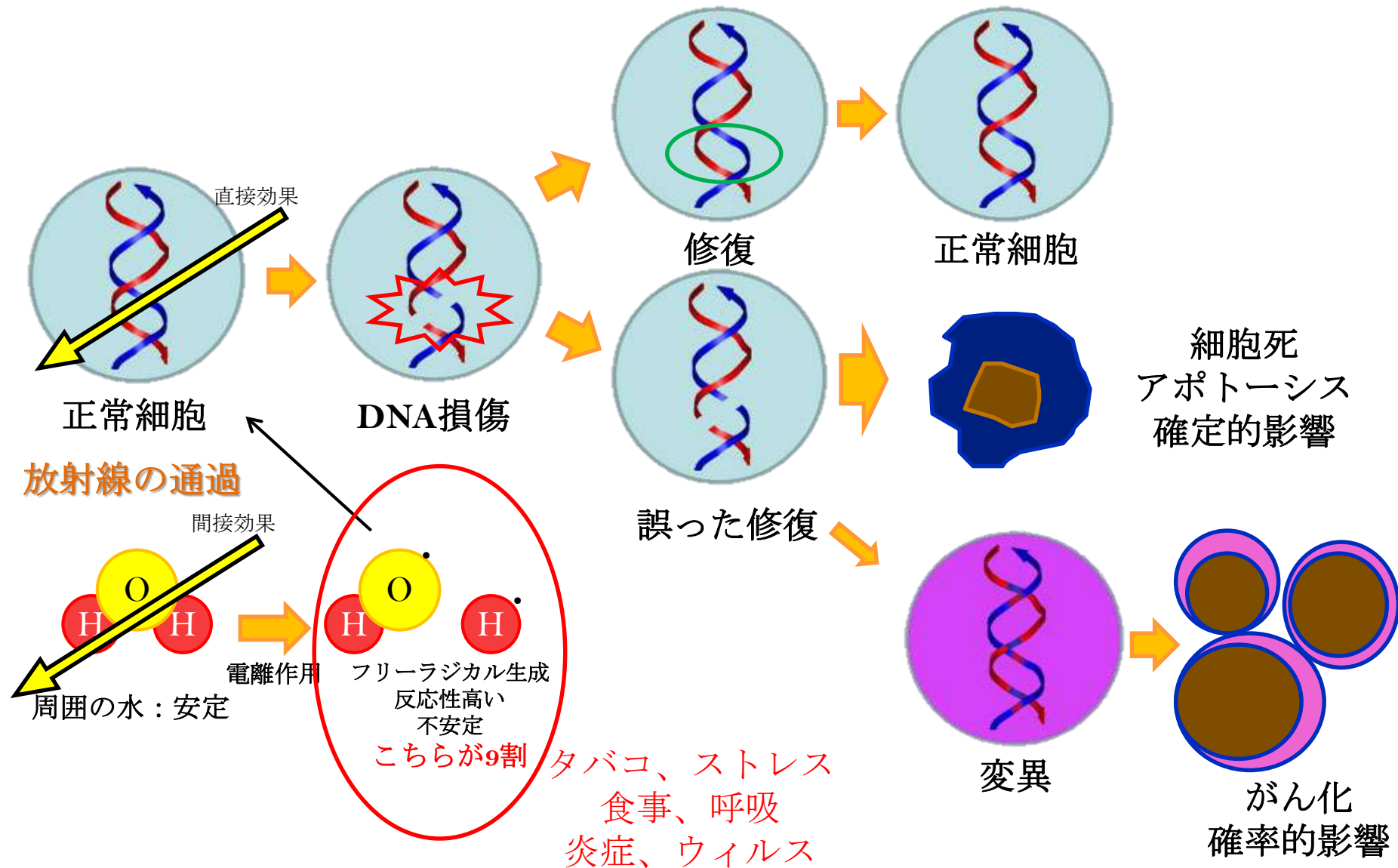
ある一定以上の線量(しきい値)を受けないと影響が出ないもの
原発内・周囲作業者のみに可能性：一般の方が浴びる線量ではない

②確率的影響(がん・遺伝影響等)

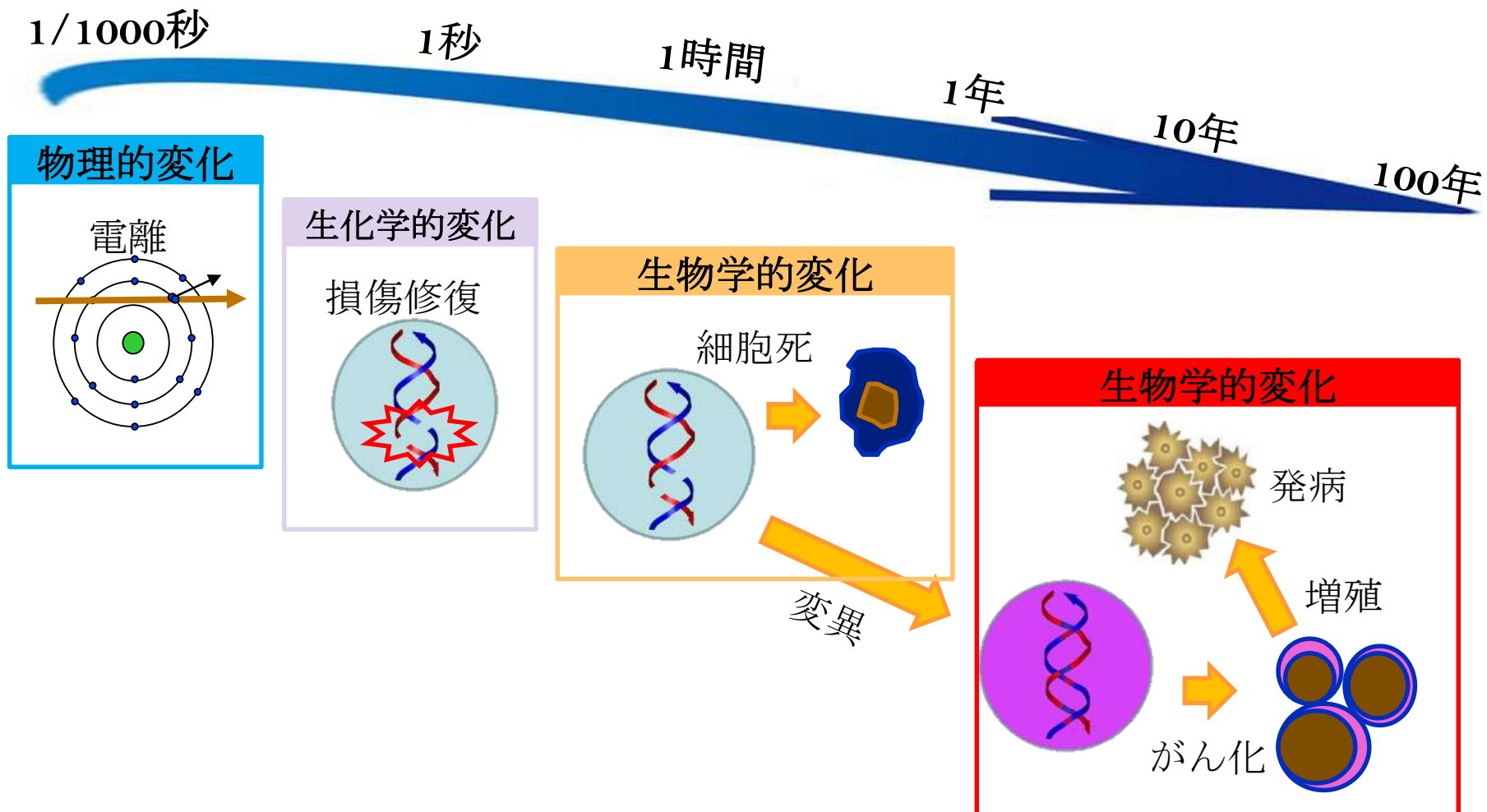
少ない線量から影響が発生し、増加に伴い確率が増えるもの
100mSv以下での増加は確認できていない

放射線防護の観点では「しきい値なし線形（LNT）仮説」を採用

放射線による細胞への影響

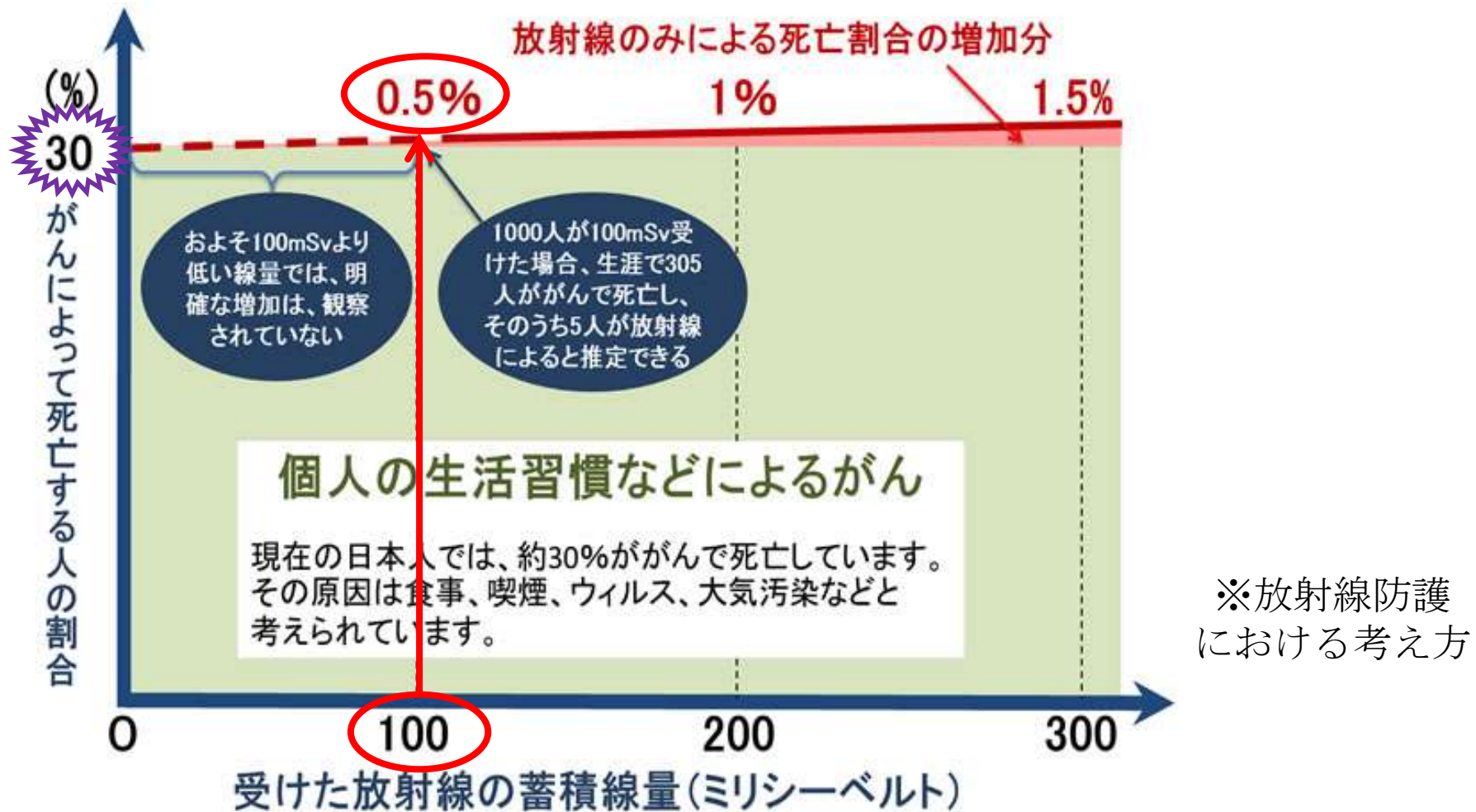


被ばくの影響と時間経過

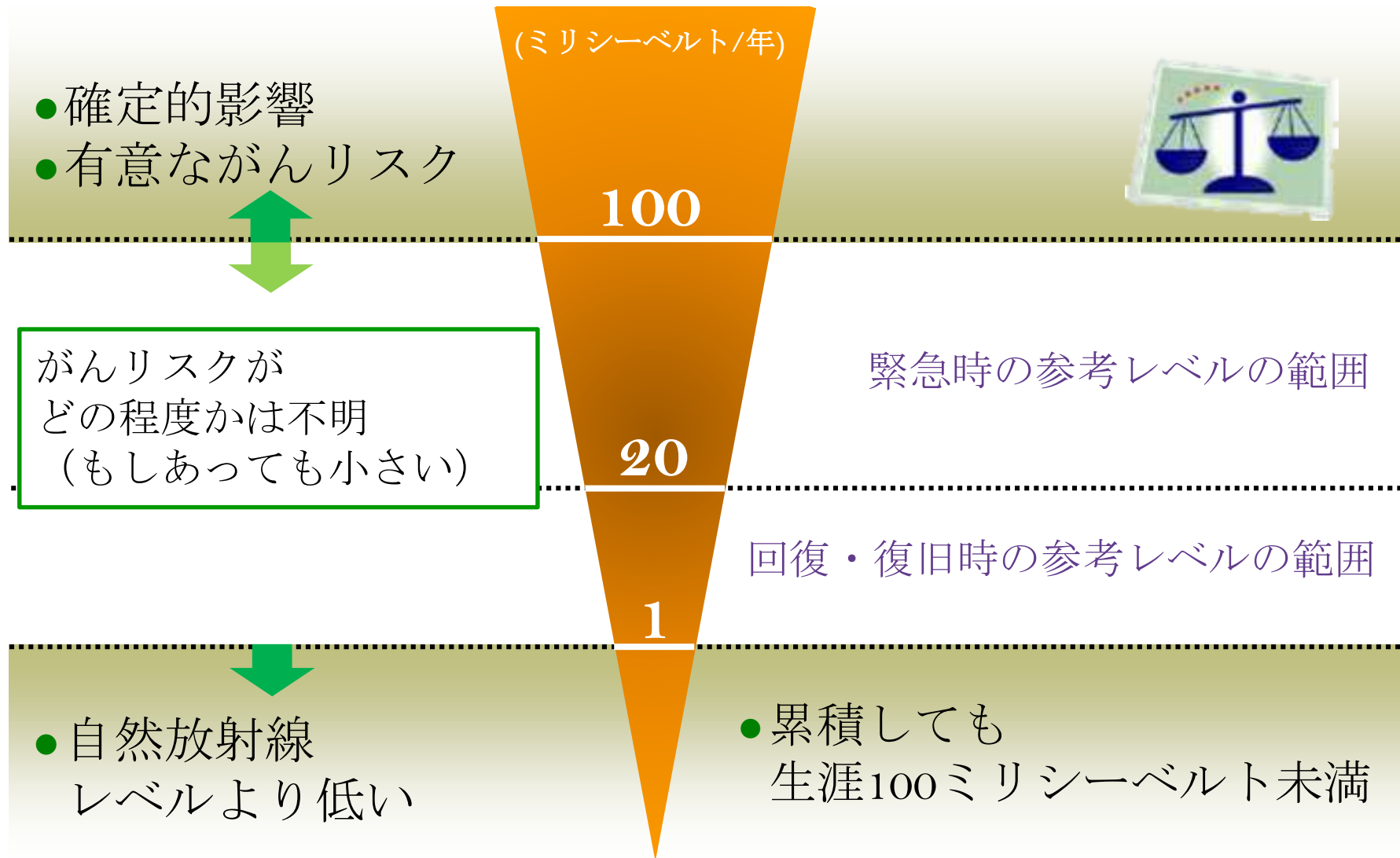


確率的影響におけるリスク

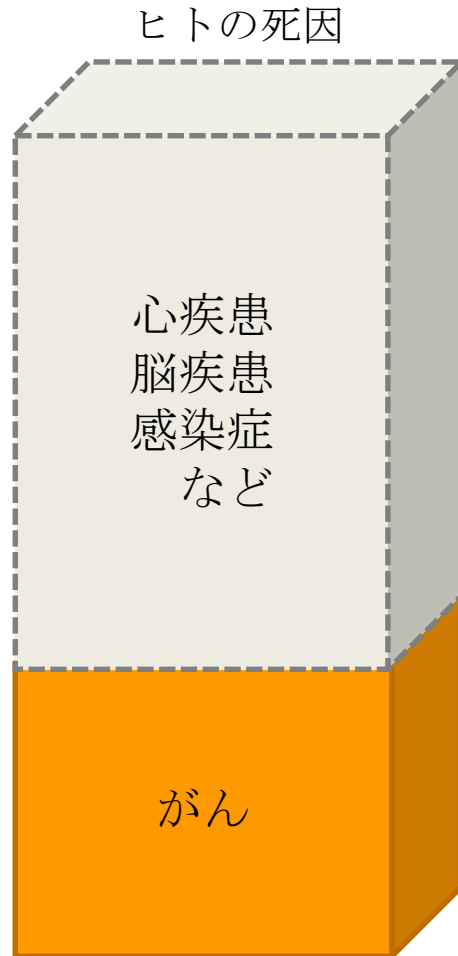
年間で100ミリシーベルトまでゆっくりと被ばくした場合のがん死亡



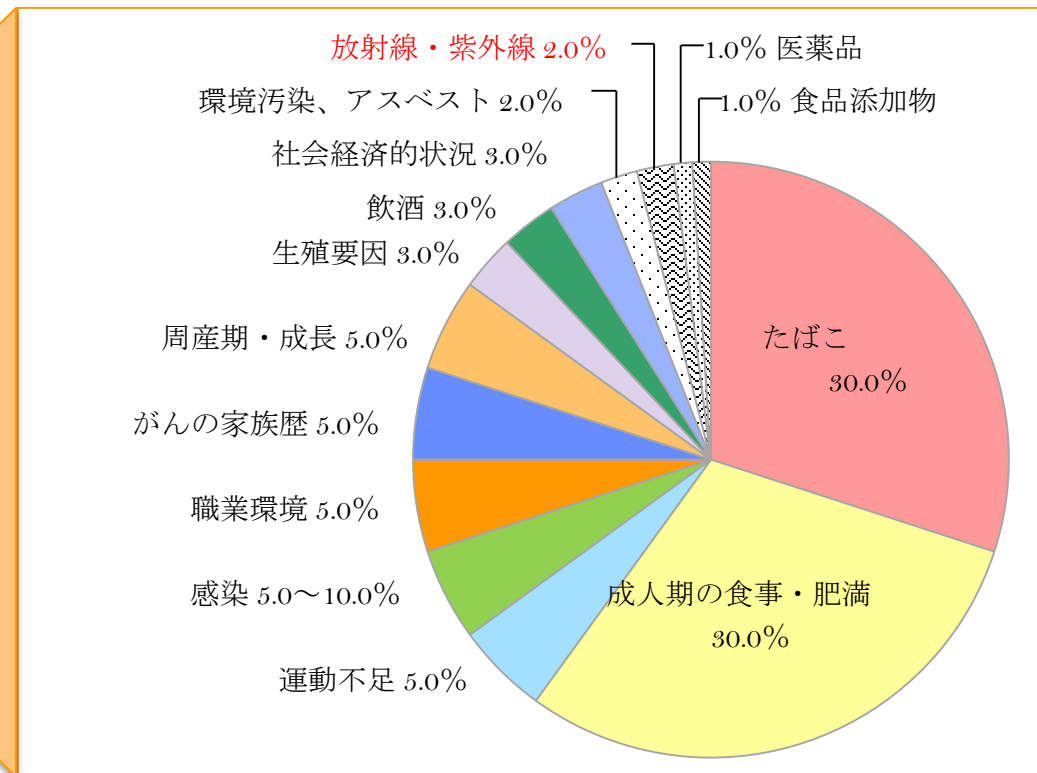
被ばく線量と健康リスクとの関係



出典：国際放射線防護委員会（ICRP）の2007年勧告より作成



ヒトのがんの原因と関連のある因子

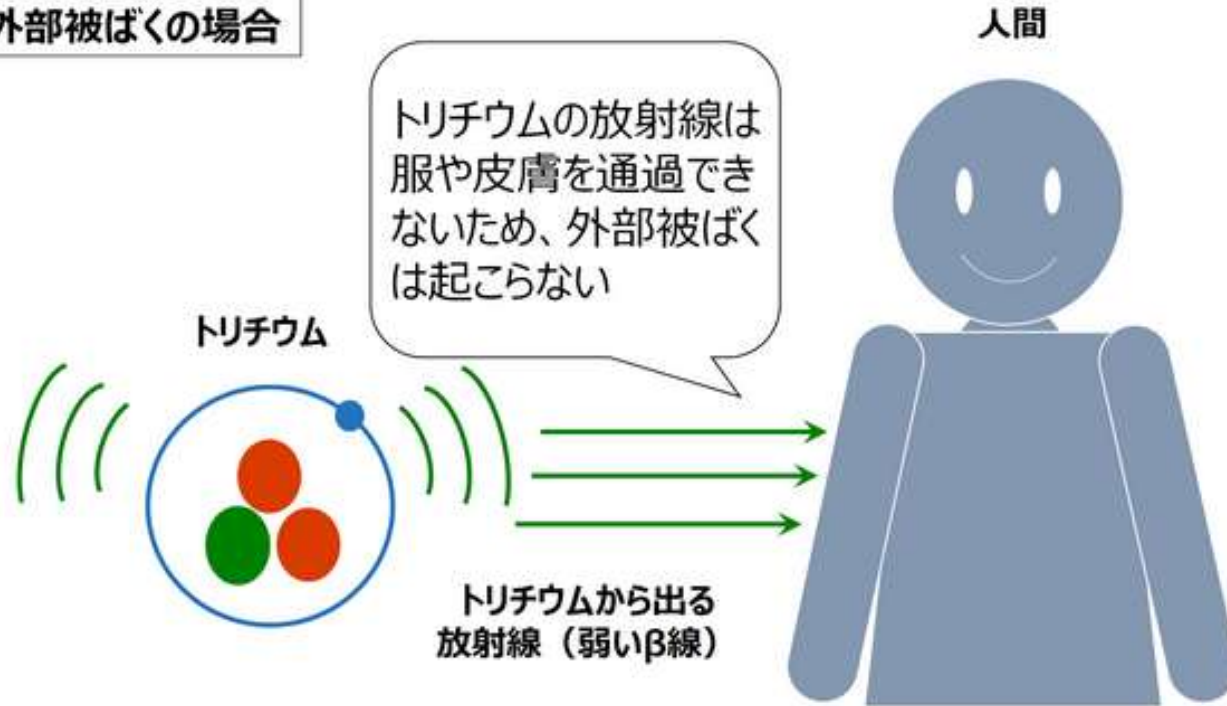


本日の内容

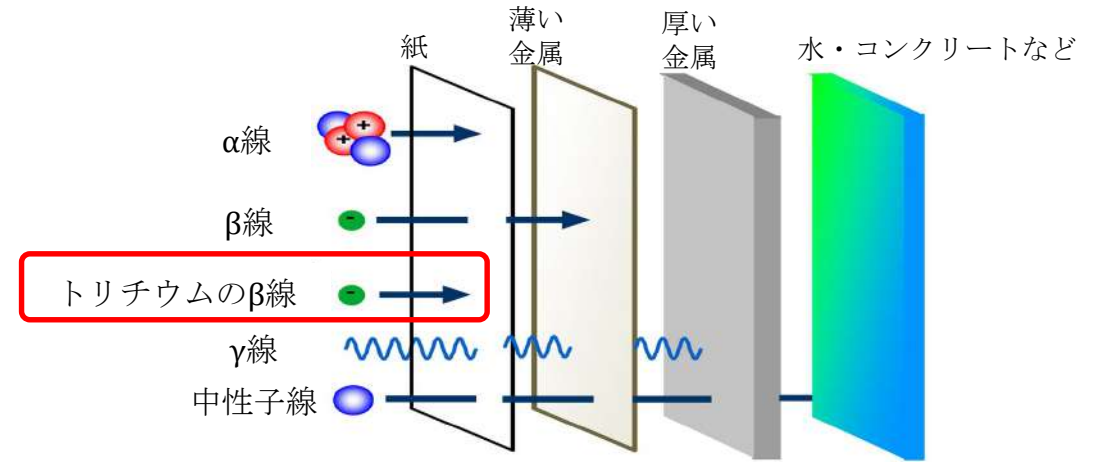
- 福島原子力災害について
- 放射線の基礎知識（内部被ばく）
- 放射線による健康影響
- ✓ トリチウムについて

トリチウムの影響1

外部被ばくの場合

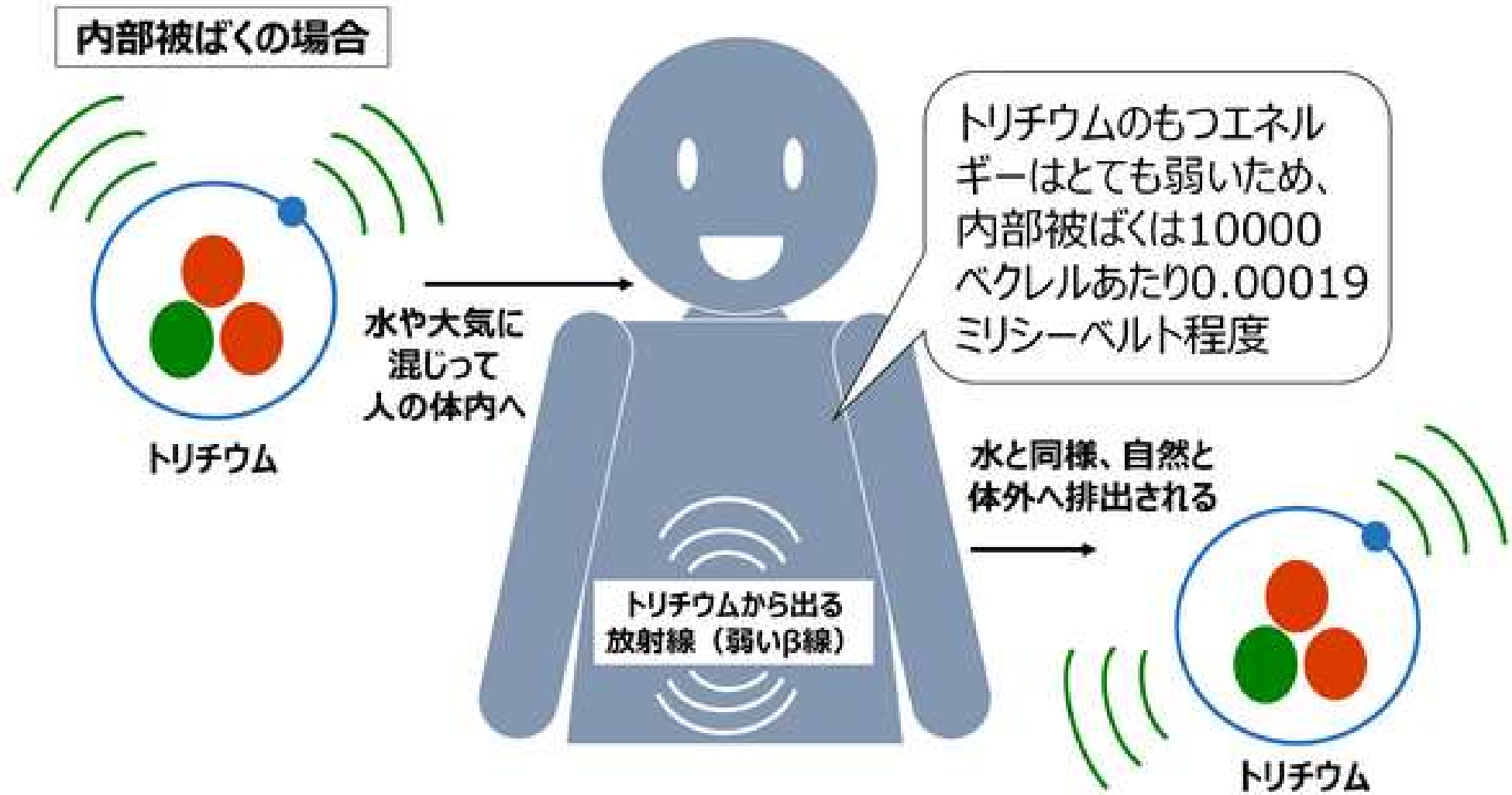


トリチウムを出すβ線はエネルギーが弱いため、空気中を約5 mm/体内では0.56μmしか進むことができず、紙1枚でも止まってしまいます。



トリチウムのβ線エネルギー：19.6keV
カリウム40のβ線エネルギー：1310keV

トリチウムの影響₂



外部被ばくと内部被ばくについて

- 福島放射線災害では、汚染された食品の検査や流通のコントロールが厳しく行われ、健康影響のするような内部被ばくは受けませんでした。
- 一方、厳しい制限規則のため生産者の方々は大変な管理努力と出荷できないという大きなストレスがかかりました。
- 今回の震災で受けた追加被ばくは、陰膳検査やホールボディーカウンターなどの検査より、外部被ばくによるものがほとんどであることが判っています。
- 日本人は1年間でおよそ2.1mSvの自然被ばくを受けますので、一生涯の中で相当量の自然被ばくを受けます。
- 人類は被ばくにより切断されたDNAを修復する能力を有しているので生き残ってきました。
- トリチウムの預託実効線量係数はセシウムの1/300-1000と低い