東京大学理学部

放射線取扱者講習会
（一般講習会）

放射線の人体への影響

2023 年度（令和 5 年度）

福島第一原発 処理水放出の開始時期 春から夏ごろ見込む 政府

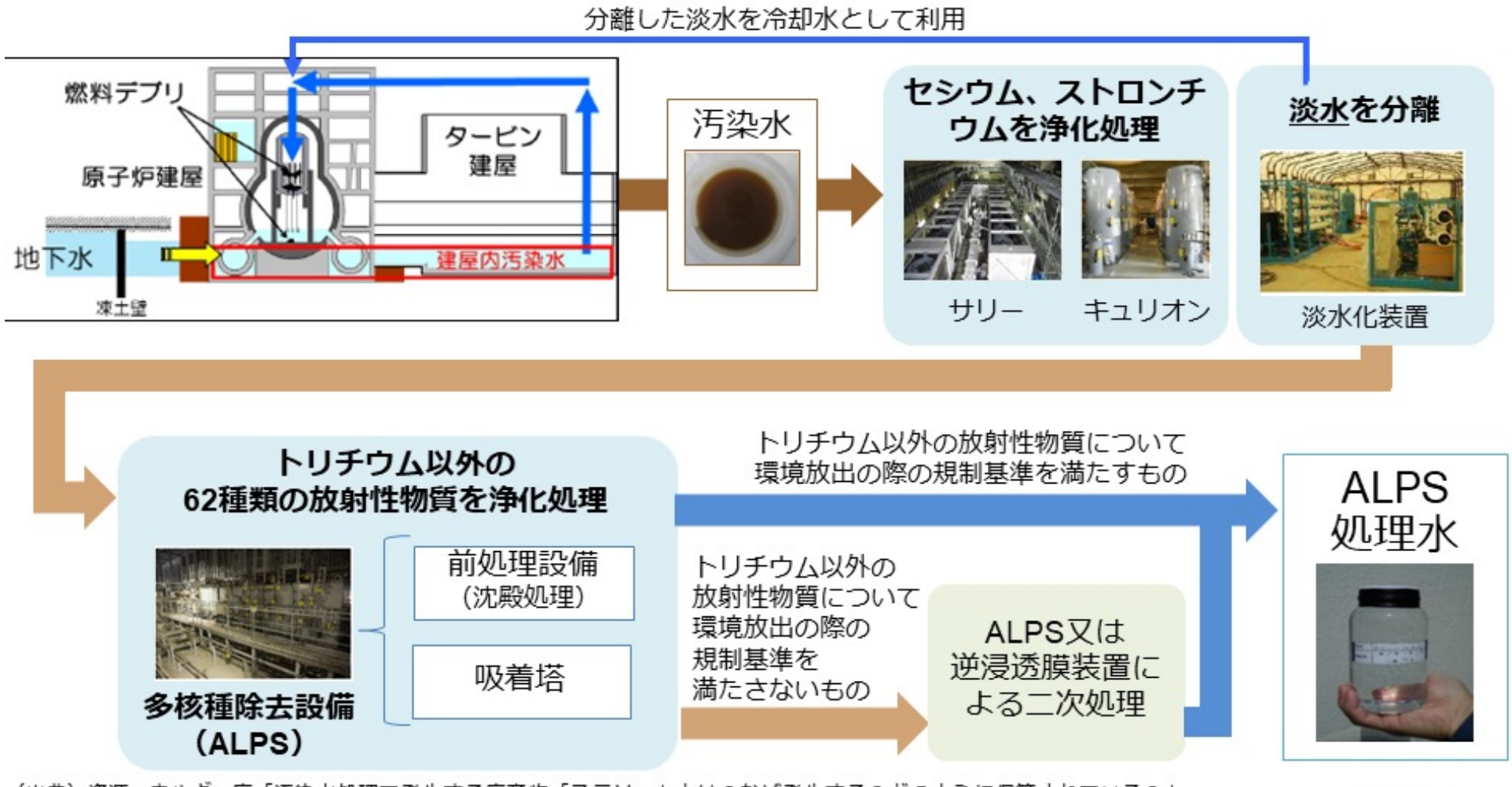
2023年1月13日 18時10分

東京電力福島第一原子力発電所にたまるトリチウムなどの放射性物質を含む処理水について、政府は、海への放出を始める時期として、ことしの春から夏ごろを見込むことを確認しました。

NHKニュース速報・最新情報（https://www3.nhk.or.jp/news/）より引用

「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。



（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

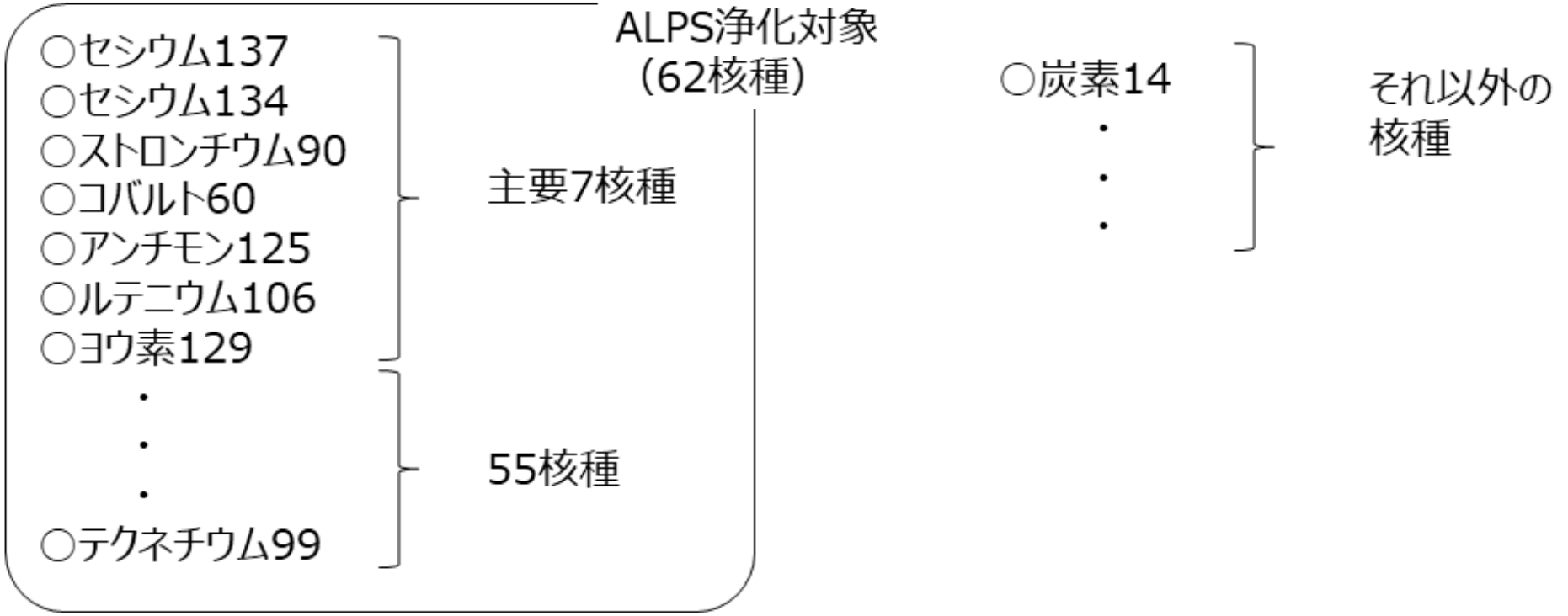
経済産業省

出典:「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

トリチウム以外の核種

■ 東京電力福島第一原子力発電所で発生する汚染水には、トリチウムの他、通常の原子力発電所の排水ではほとんど検出されない、セシウム137、ストロンチウム90等の放射性物質が含まれる。

■ このうち、それぞれの核種毎に定められた規制基準に比して一定以上含まれる可能性があると考えられる62核種については、多核種除去設備（ALPS）により、規制基準未満となるまで浄化される。

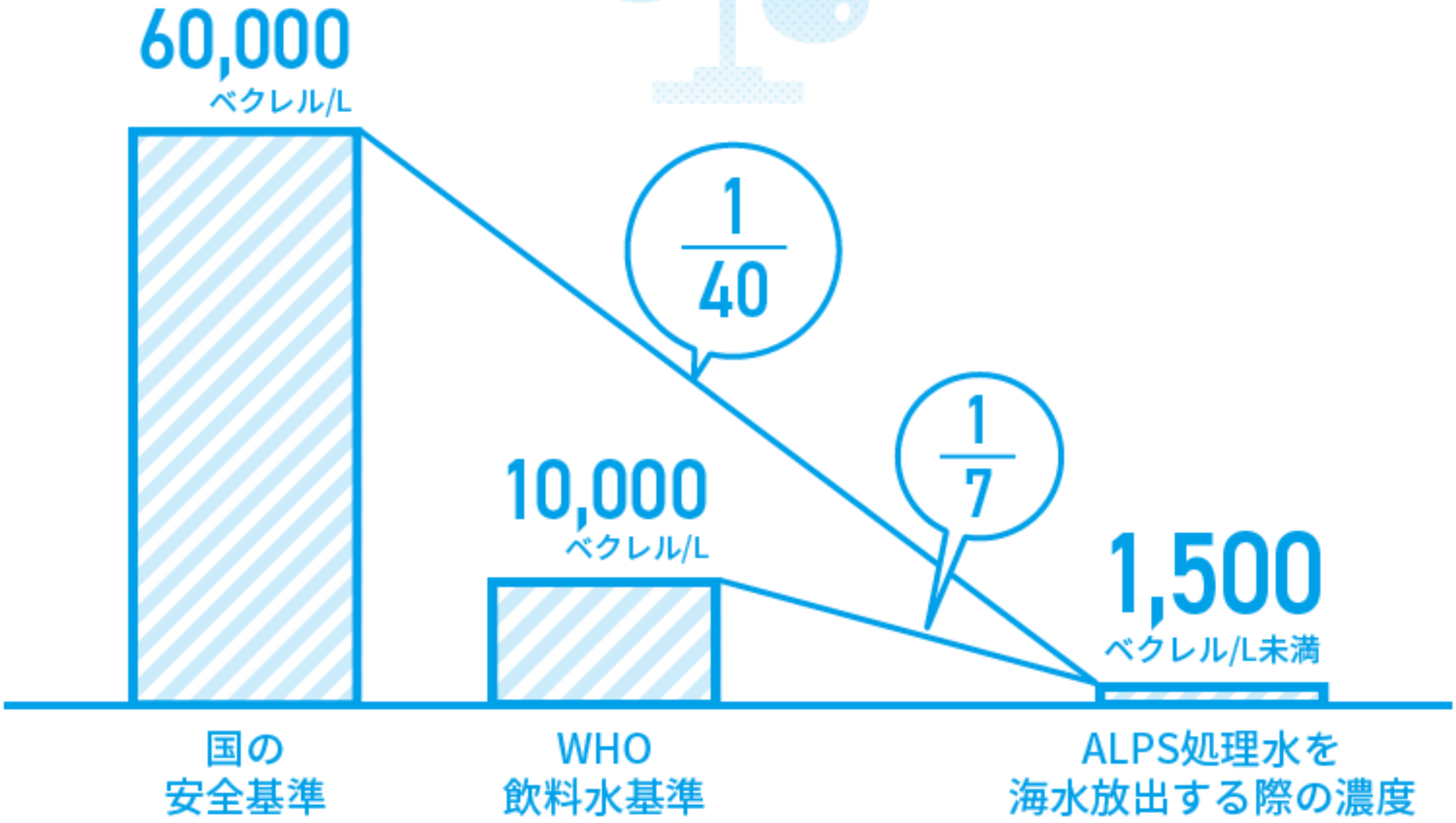


（出典）東京電力ホールディングス「多核種除去設備 （ALPS）」（https://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/f1/genkyo/fp_cc/fp_alps/）、
東京電力ホールディングス「多核種除去設備等処理水の二次処理性能確認試験の状況について」等に基づき作成

経済産業省

出典:「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

トリチウム濃度の比較

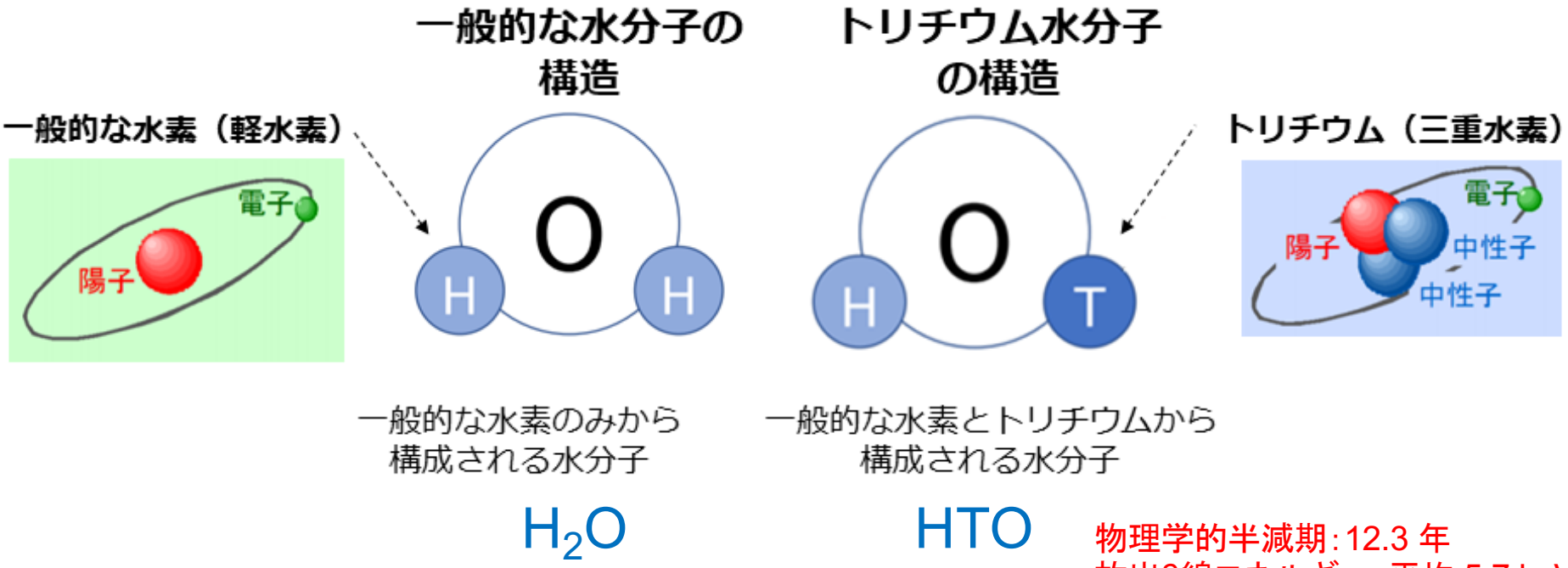


経済産業省 ALPS処理水（https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/hairo_osensui/shirou_alps.html）より引用

身の回りの放射線

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かたち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。



一般的な水素のみから構成される水分子

H_2O

一般的な水素とトリチウムから構成される水分子

HTO

物理学的半減期：12.3 年
放出β線エネルギー：平均 5.7 keV
（最大 18.6 keV）

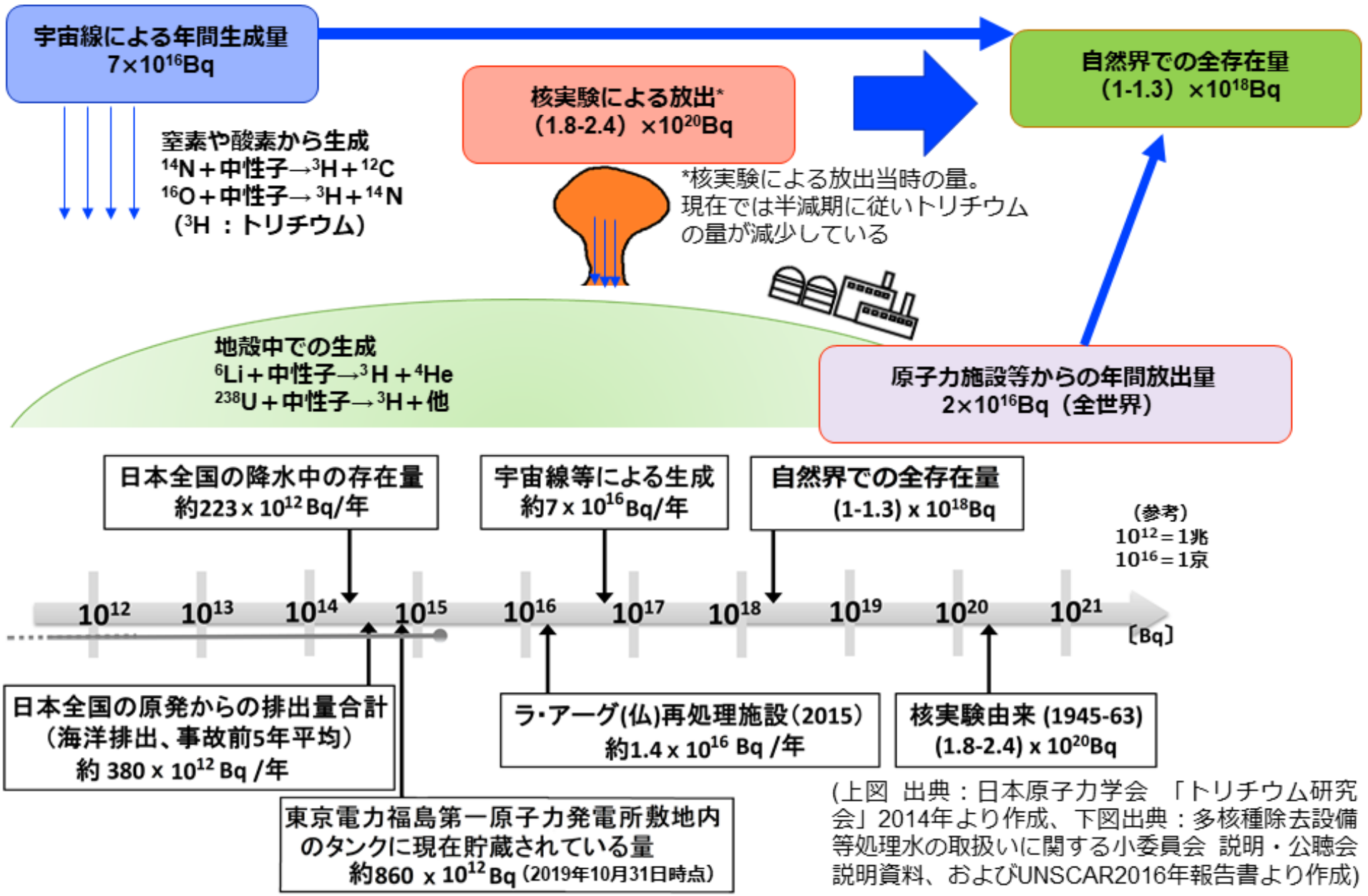
出典：経済産業省資源エネルギー庁「廃炉の大切な話2018」、
トリチウム水タスクフォース「トリチウム水タスクフォース報告書」（2016年）、
多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会事務局「トリチウムの性質等について（案）」より作成

経済産業省

出典：「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

身の回りの放射線

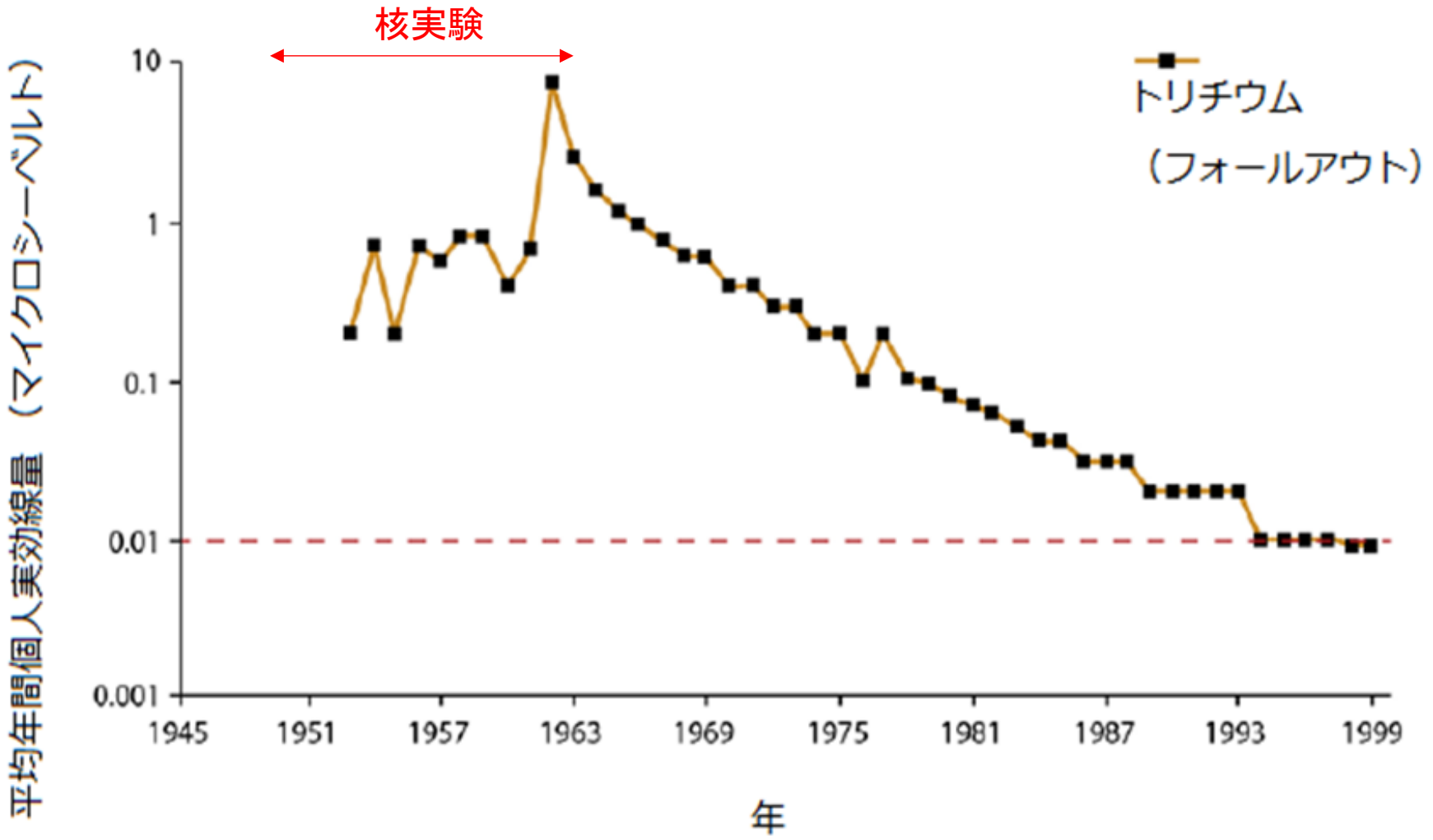
トリチウムの自然界での存在量



(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)

出典:「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

トリチウムの放射性降下物の経時的推移



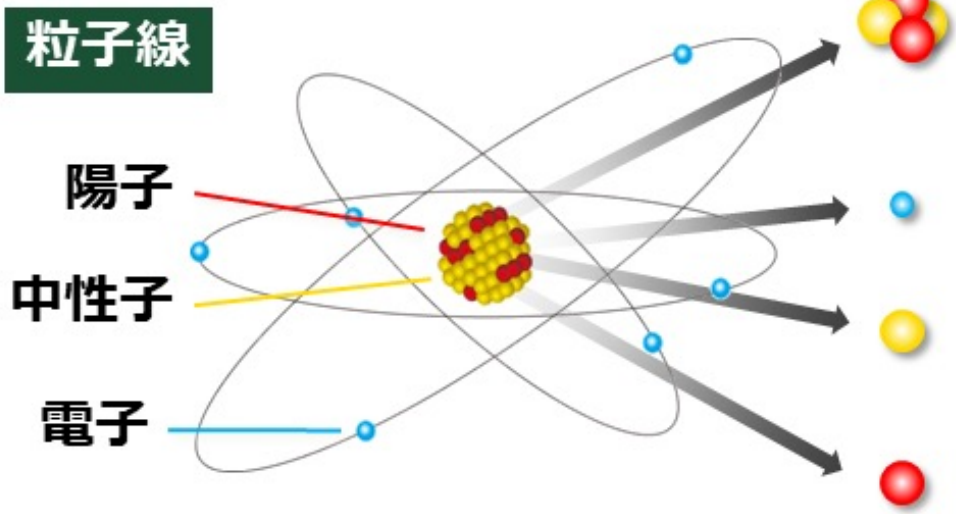
出典：UNSCEAR2016年報告書Annex C-Biological effects of selected internal emitters-Tritium

出典:「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

電離放射線の種類

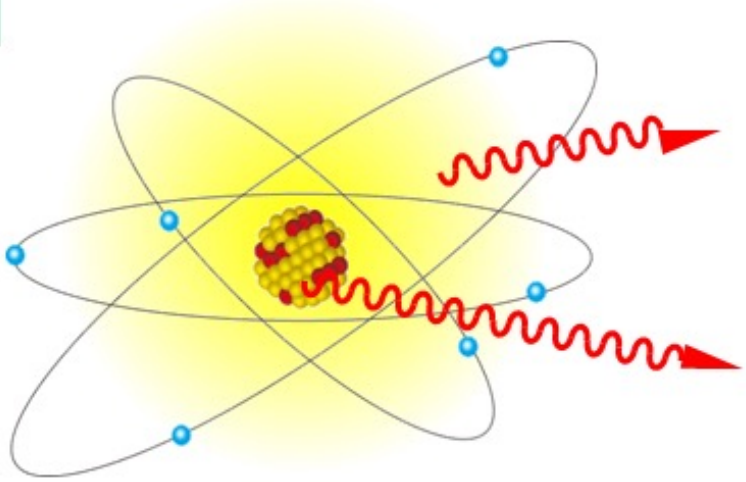
電離放射線　電離作用を有する放射線

粒子線



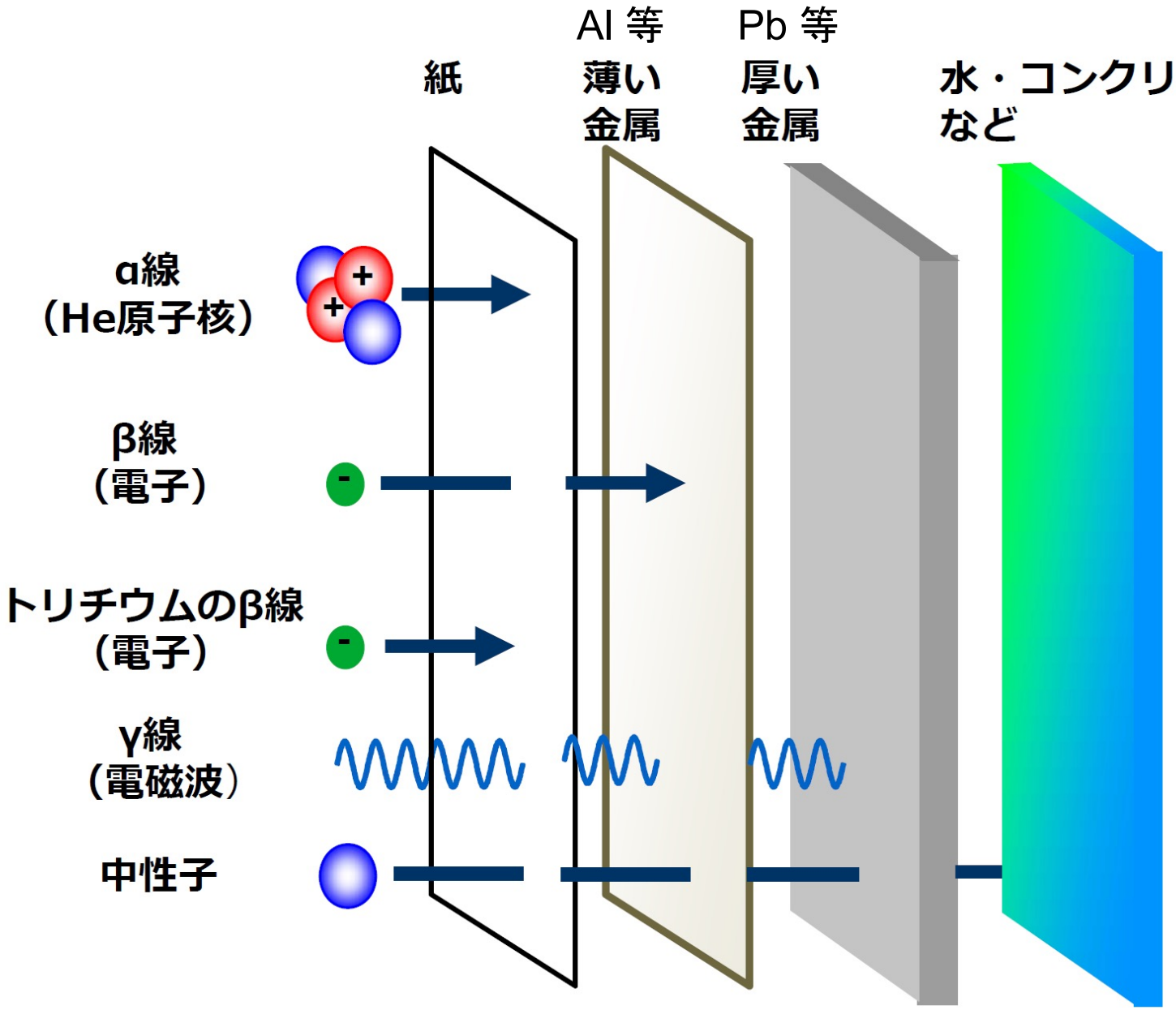
- α線（原子核から飛び出るヘリウムの原子核）
- β線（原子核から飛び出る電子）
- 中性子線（原子炉，加速器等から作られる）
- 陽子線（加速器等から作られる）

電磁波



- X線（原子核の外で発生）
- γ線（原子核から放出）

放射線の透過力

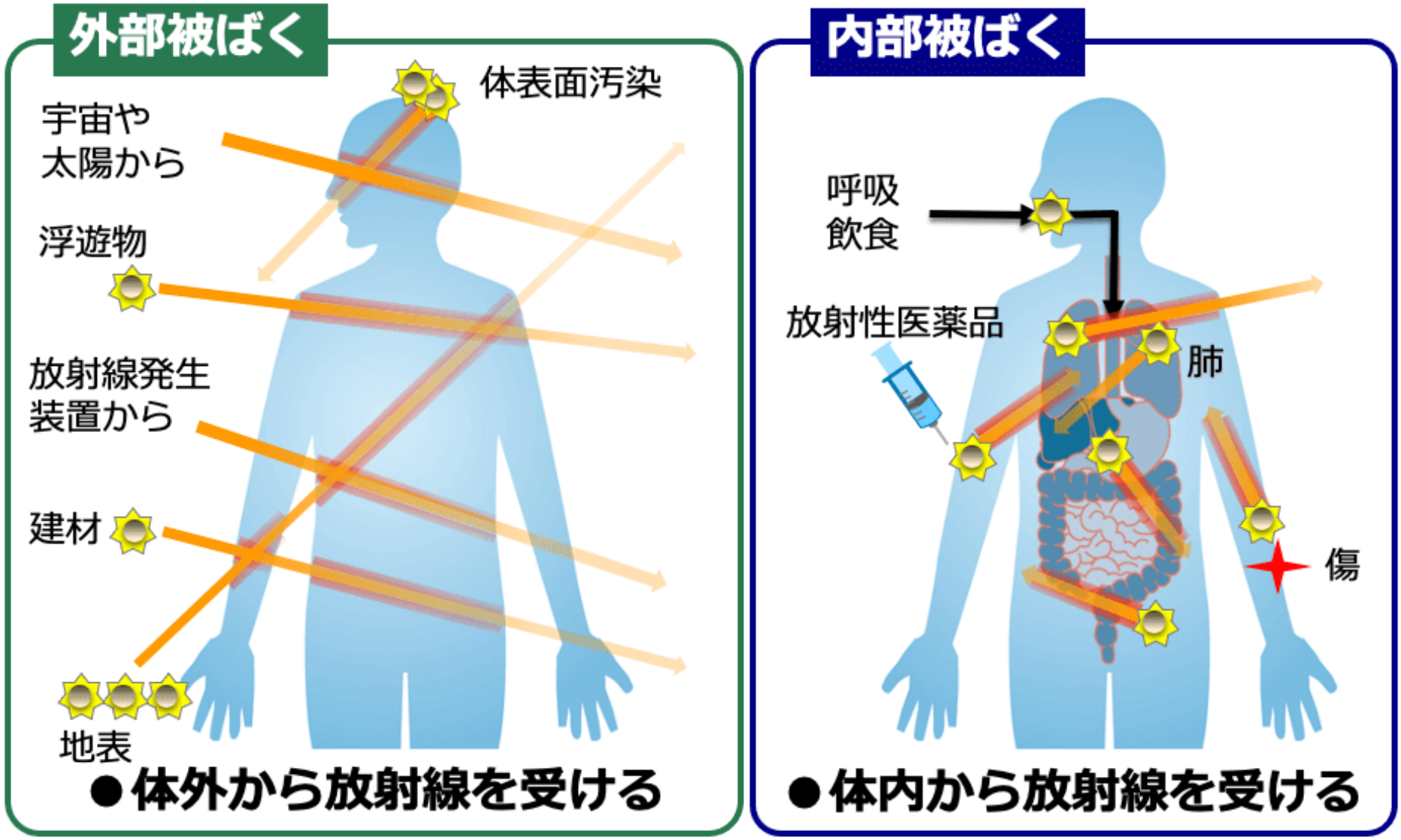


ただし、β線を遮蔽するときにはプラスチック板やアルミ板を使うべきで、薄かろうが最初に鉛を置いてはいけない。

経済産業省 資源エネルギー庁ウェブサイト（https://www.enecho.meti.go.jp）より引用

被ばくの経路

外部被ばくと内部被ばく



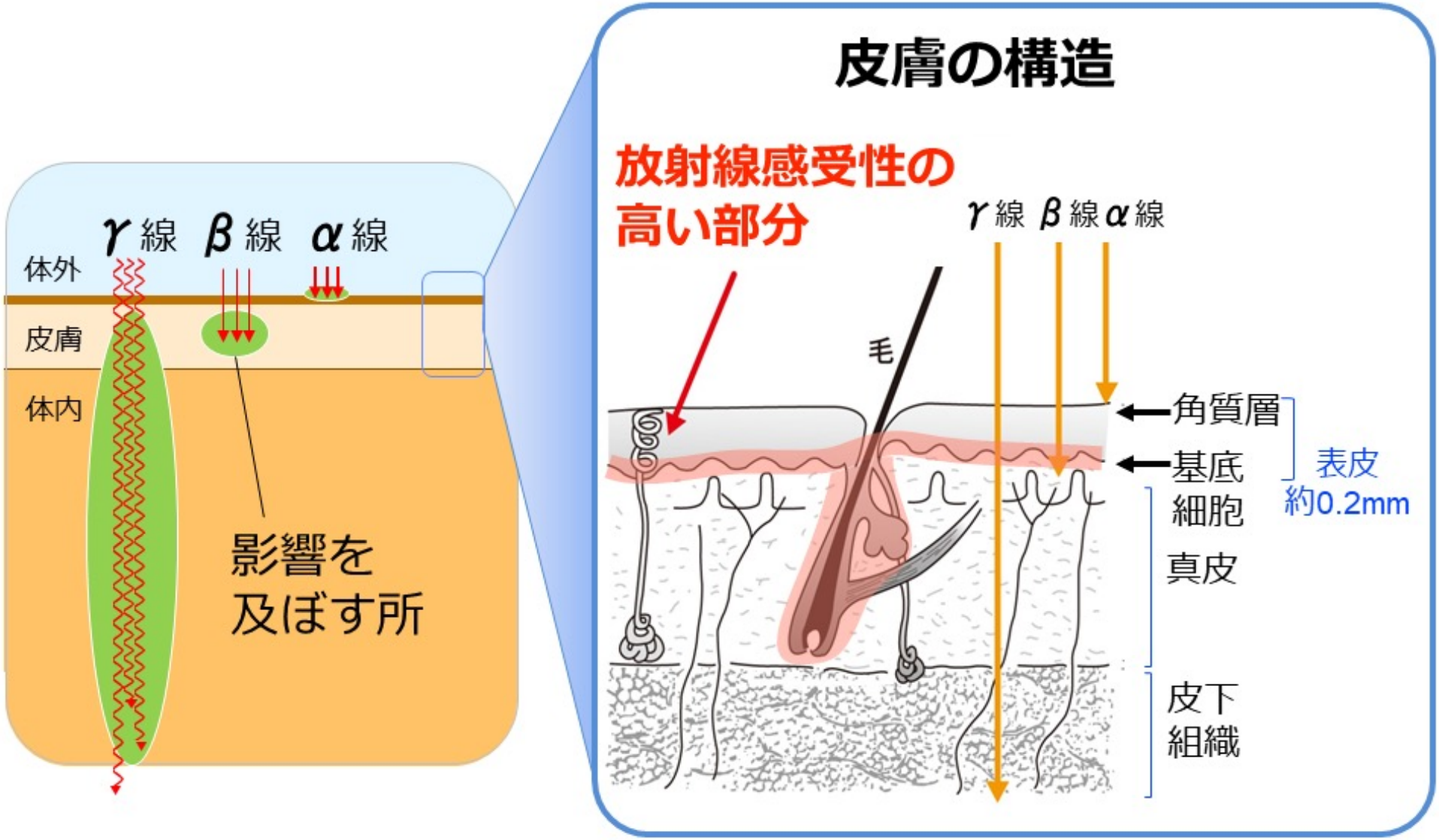
体が放射線を受けるという点は同じ

：放射性物質

出典:「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

被ばくの経路

外部被ばくと皮膚



出典:「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

被ばくの経路

内部被ばく

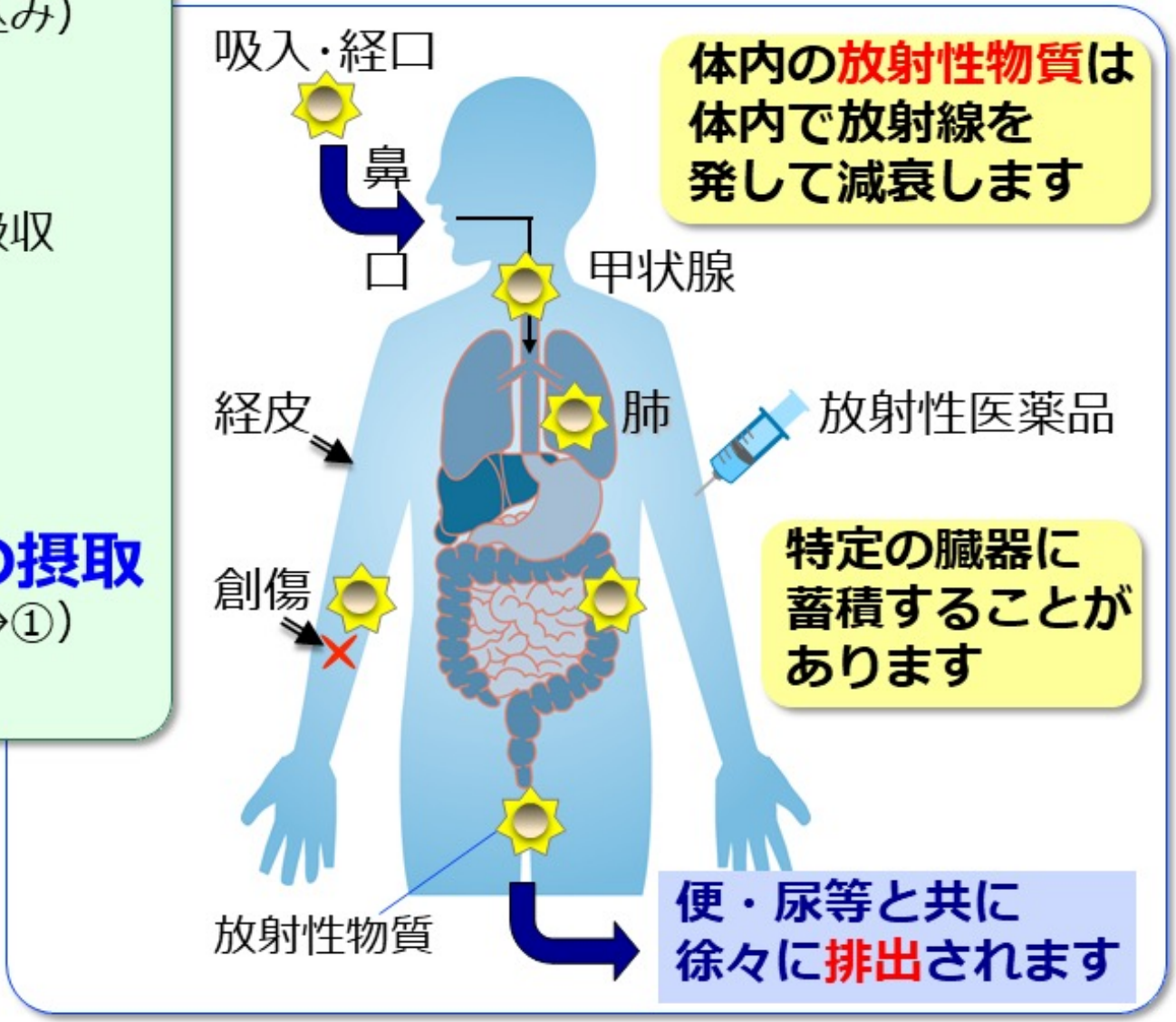
①経口摂取
口から入り（飲み込み）
消化管で吸収

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）



出典:「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

内部被ばくと放射性物質

内部被ばくで特に問題となる放射性物質の特徴

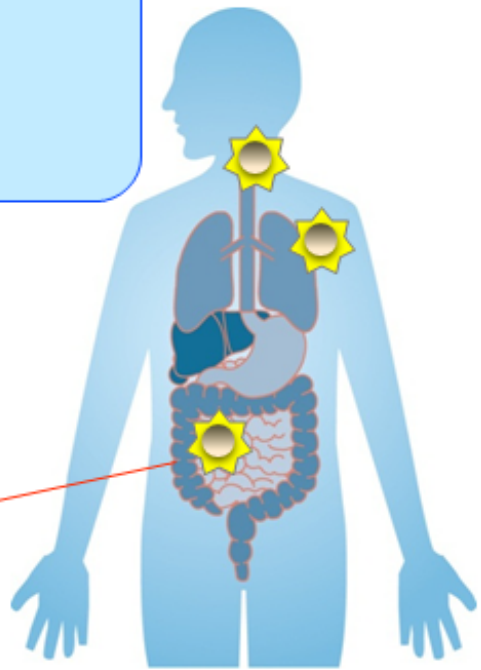
① α線を出す物質＞ β線やγ線を出す物質

②取り込まれやすく、排泄されにくい物質

③特定の組織に蓄積されやすい物質

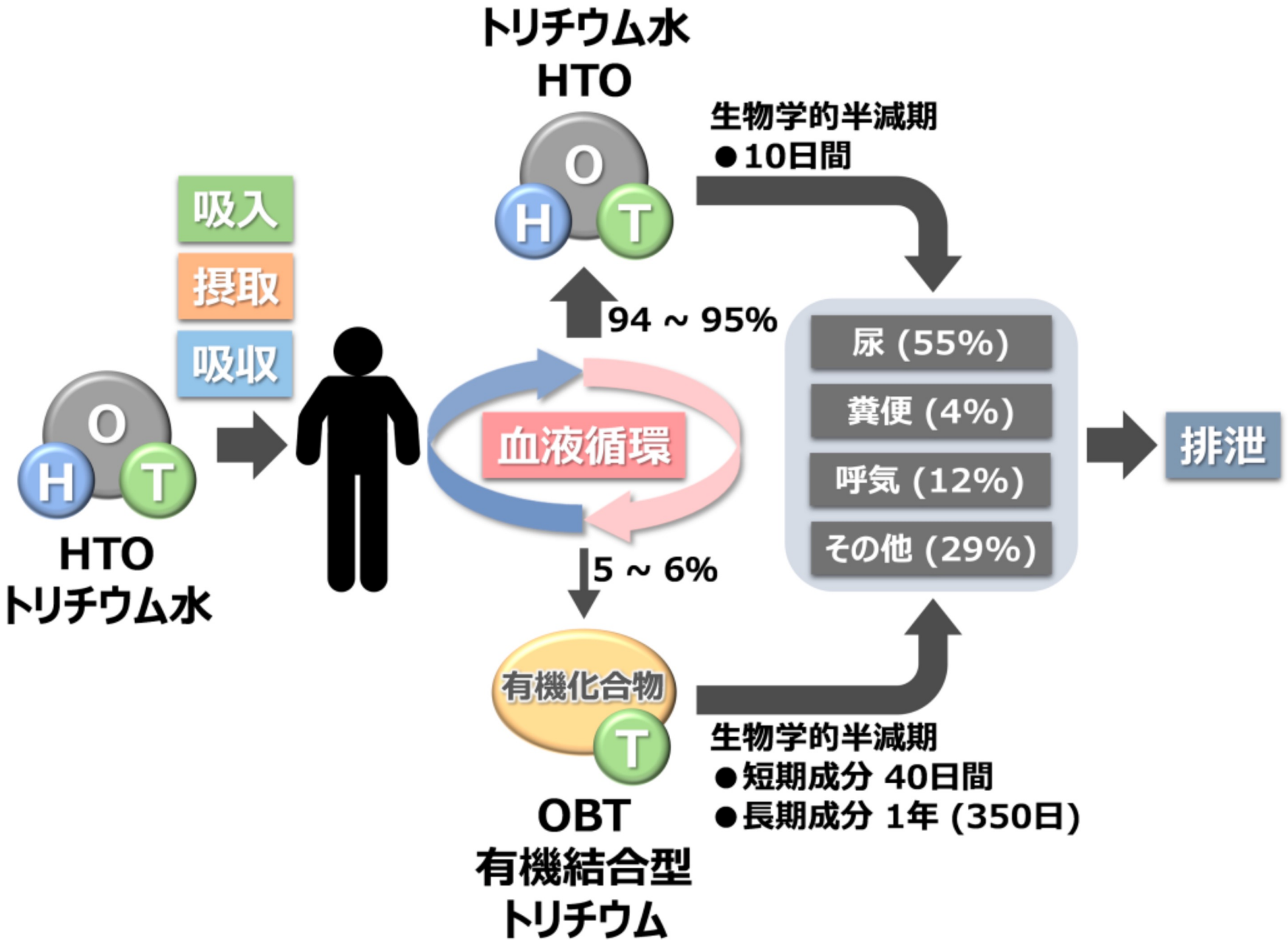
$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_p} + \frac{1}{T_b}$$

T_e：実効半減期
T_p：物理学的半減期
T_b：生物学的半減期



出典：「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

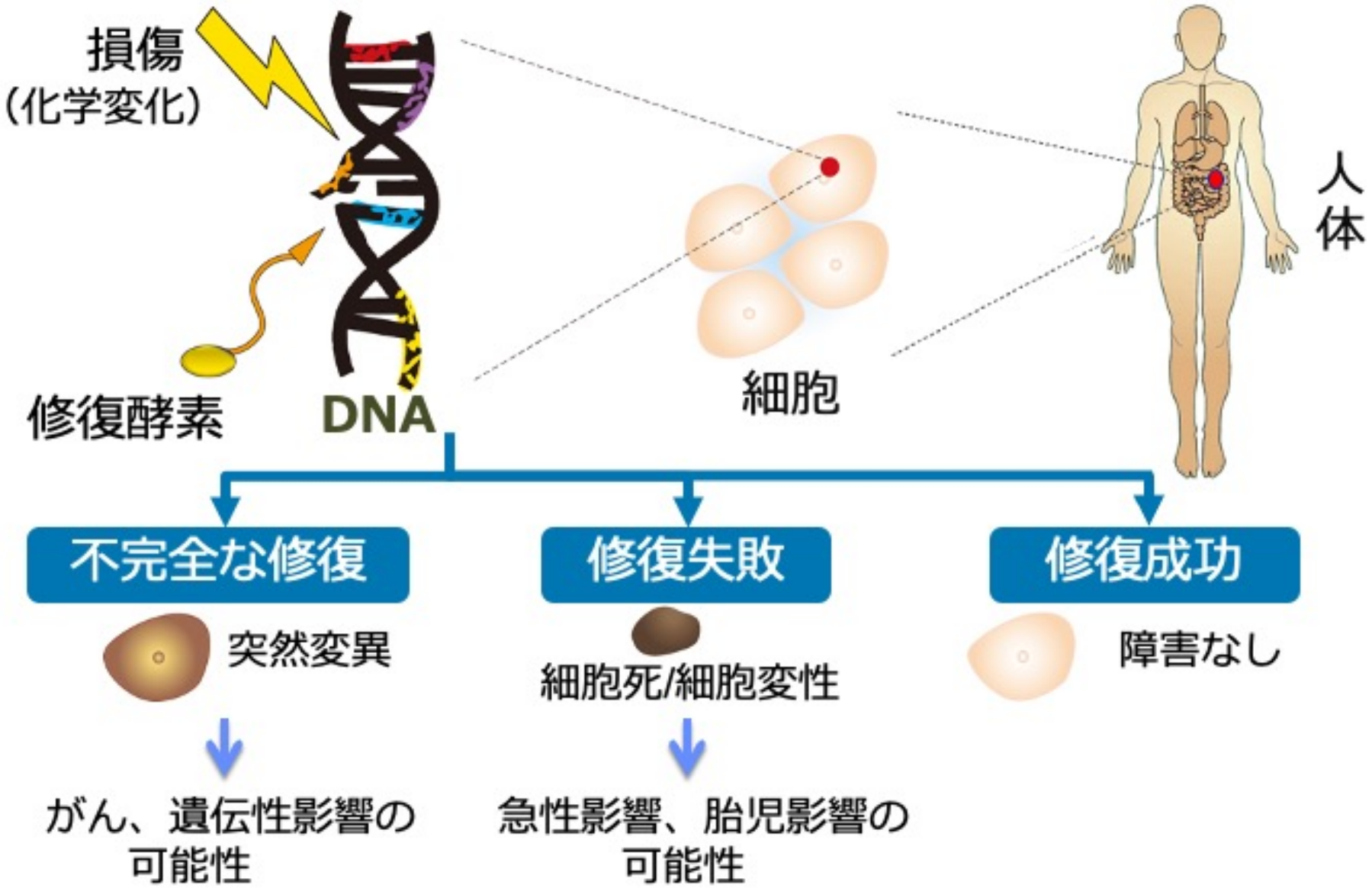
ヒトでのトリチウムの代謝



日本放射線影響学会ウェブサイト（https://www.jrrs.org）「トリチウムとその健康影響に関する解説」より引用

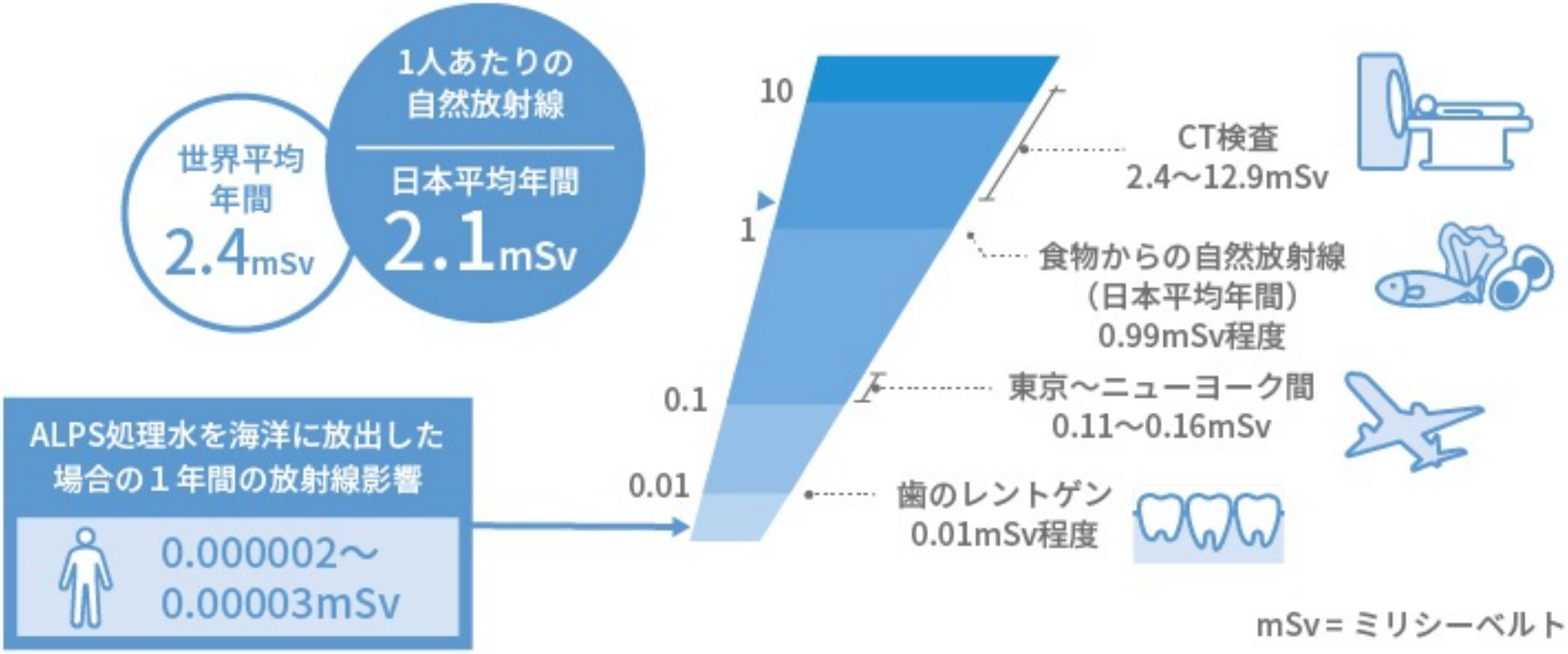
人体影響の発生機構

DNA→細胞→人体



出典:「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

1年間の放射線の影響



出典：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所の資料、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（令和2年度版）」第2章放射線による被ばくをもとに資源エネルギー庁にて作成

経済産業省 ALPS処理水（https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/hairo_osensui/shirou_alps.html）より引用

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

（※）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

出典:「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」

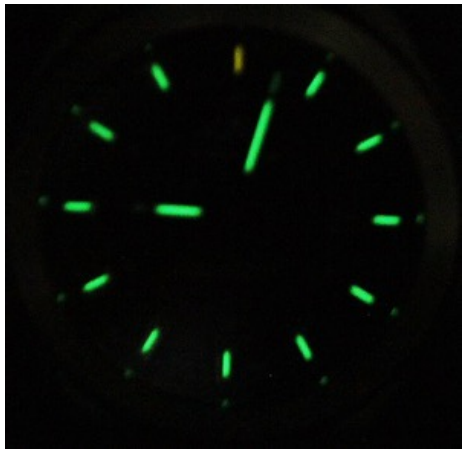
トリチウムによる被ばく事故事例 G-19

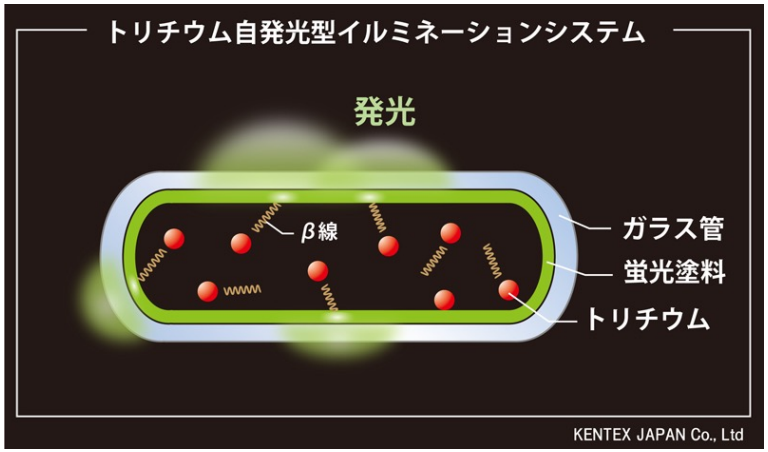
1960 年代ヨーロッパの時計製造施設にて

- 7.4 年間トリチウムを経口摂取、3～6 Sv（推定）の被ばく
  → 正色素性貧血を発症、汎血球減少症が原因で死亡

- 3 年間トリチウムを経口摂取、10～20 Sv（推定）の被ばく
  →上記と同様の経過後、汎血球減少症が原因で死亡

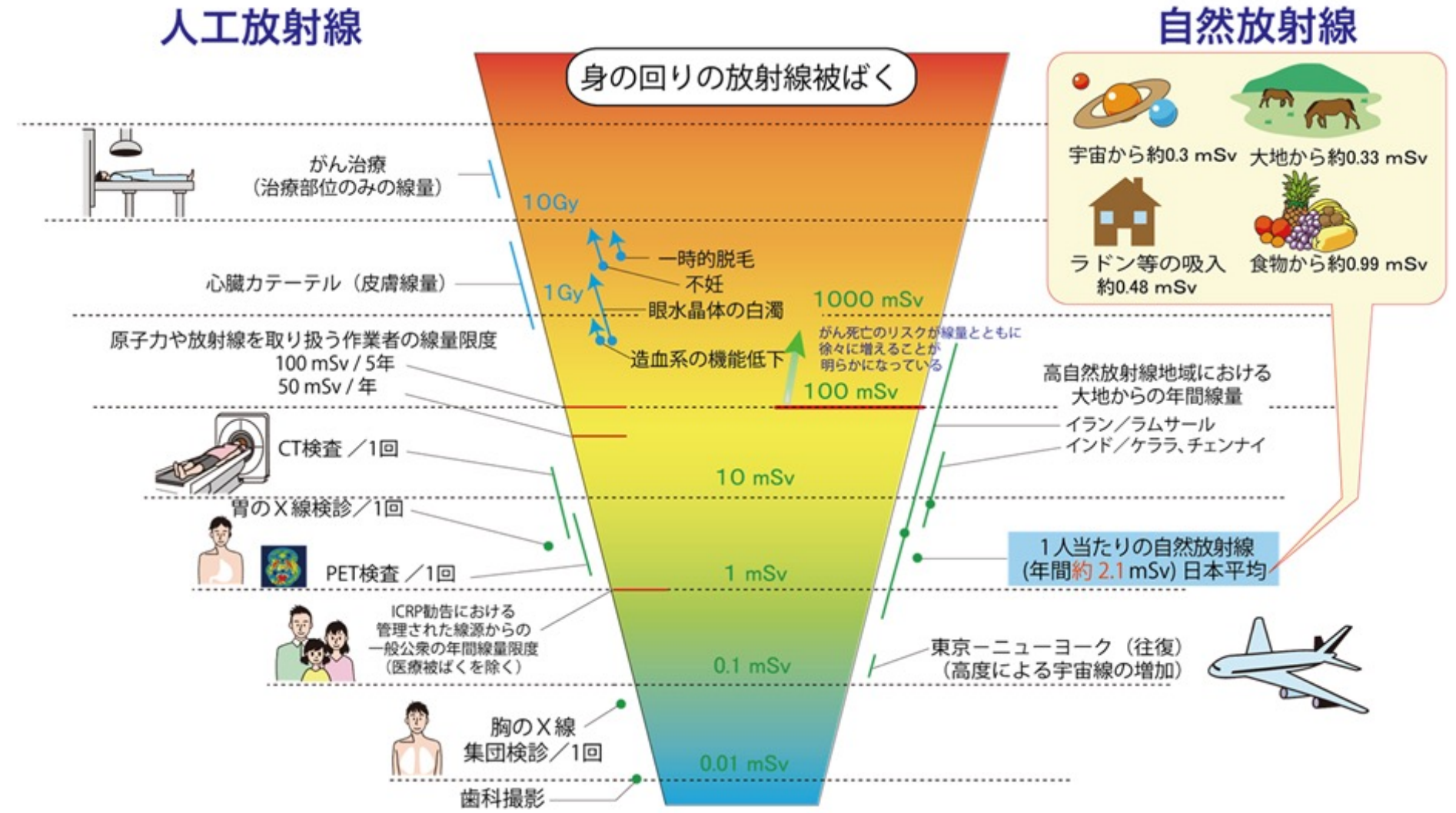
日本放射線影響学会ウェブサイト（https://www.jrrs.org）「トリチウムとその健康影響に関する解説」より引用





画像は KENTEX ウェブサイト（https://www.kentex-jp.com）より借用

身の回りの放射線　被ばく線量の比較（早見図）



出典：
・国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告書
・国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告
・日本放射線技師会医療被ばくガイドライン
・新版　生活環境放射線（国民線量の算定）
等により、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学研究所が作成（2021年5月）

mSv：ミリシーベルト

出典:「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 3 年度版」