

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

NHK

G-2



【詳細】 原発の処理水 海への放出開始 国内 外の反応は

2023年8月24日 21時10分

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、東京電力は政府の方針に基づき、基準を下回る濃度に薄めた上で、24日午後1時ごろ、海への放出を始めました。

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

Is Fukushima wastewater release safe? What the science says

Radiation in the water will be diluted to almost-background levels, but some researchers are not sure this will be sufficient to mitigate the risks.

Despite the concerns of several nations and international groups, Japan is pressing ahead with plans to release into the Pacific Ocean water contaminated by the 2011 meltdown of the Fukushima Daiichi nuclear power plant. Sometime this year, Japan will start a 30-year process of slowly releasing treated water stored in tanks at the site into the ocean through a pipeline extending one kilometre from the coast. But just how safe is the water to the marine environment and humans across the Pacific region?

How is the water contaminated?

Several explosions occurred at the power station after a devastating earthquake and subsequent tsunami damaged the coastal plant, overheating the reactor cores. Since then, more than 1.3 million cubic metres of seawater have been sprayed onto the damaged cores to keep them from overheating, contaminating the water with 64 radioactive elements, known as radionuclides. Of greatest concern are those that could pose a threat to human health: carbon-14, iodine-131, caesium-137, strontium-90, cobalt-60 and hydrogen-3, also known as tritium.

Some of the radionuclides have a relatively short half-life and will already have decayed in the 12 years since the disaster. But others take longer to decay; carbon-14, for example, has a half-life of more than 5,000 years.

How is the water being treated?

The contaminated water has been collected, treated to reduce the radioactive content and stored in more than 1,000 tanks at the site. The power-station operator, Tokyo Electric Power Company (TEPCO), has used what it describes as an advanced liquid-processing system (ALPS) to treat the water. TEPCO says the water undergoes five processing stages of co-sedimentation, adsorption and physical filtration.

The ALPS process removes enough of 62 of the 64 radionuclides to bring their concentration below Japan's 2022 regulatory limits for water to be discharged into the environment. These limits are based on

recommendations from the International Commission on Radiological Protection.

But that process does not remove carbon-14 and tritium, so the treated water needs to be diluted. TEPCO says that the resulting concentration of tritium is around 1,500 becquerels (a measure of the radioactivity of a substance) per litre — around one-seventh of the World Health Organization's guidelines for tritium in drinking water. The company suggests that the concentration of tritium will drop to background ocean levels within a few kilometres of the discharge site. The carbon-14 in the tanks is currently at concentrations of around 2% of the upper limit set by regulations, TEPCO says, and this will reduce further with the seawater's dilution.

Jim Smith, an environmental scientist at the University of Portsmouth, UK, says the risk this poses to nations around the Pacific Ocean will probably be negligible. "I always hesitate to say zero, but close to zero," he says. "The nearest Pacific island is about 2,000 kilometres away." He argues that a greater risk is posed by keeping the treated water on-site. "The risk of another earthquake or a typhoon causing a leak of a tank is higher."

Will radioactivity be concentrated in fish?

Nations such as South Korea have expressed concern that the treated water could have unexplored impacts on the ocean

environment, and a delegation from the country visited the Fukushima site in May. Last year, the US National Association of Marine Laboratories in Herndon, Virginia, also voiced its opposition to the planned release, saying that there was "a lack of adequate and accurate scientific data supporting Japan's assertion of safety". The Philippine government has also called for Japan to reconsider its plan to release the water into the Pacific.

"Have the people promoting this ... demonstrated to our satisfaction that it will be safe for ocean health and human health?" asks Robert Richmond, a biologist at the University of Hawaii at Manoa. "The answer is 'no'."

Richmond is one of five scientists on a panel advising the Pacific Islands Forum, an intergovernmental organization made up of 18 Pacific nations, including Australia, Fiji and Papua New Guinea. The panel was convened to advise on whether the release of the treated water from Fukushima was safe both for the ocean and for those who depend on it.

Richmond says that the panel has reviewed all the data provided by TEPCO and the Japanese government, and visited the Fukushima site, but that there are still some unanswered questions about tritium and carbon-14.

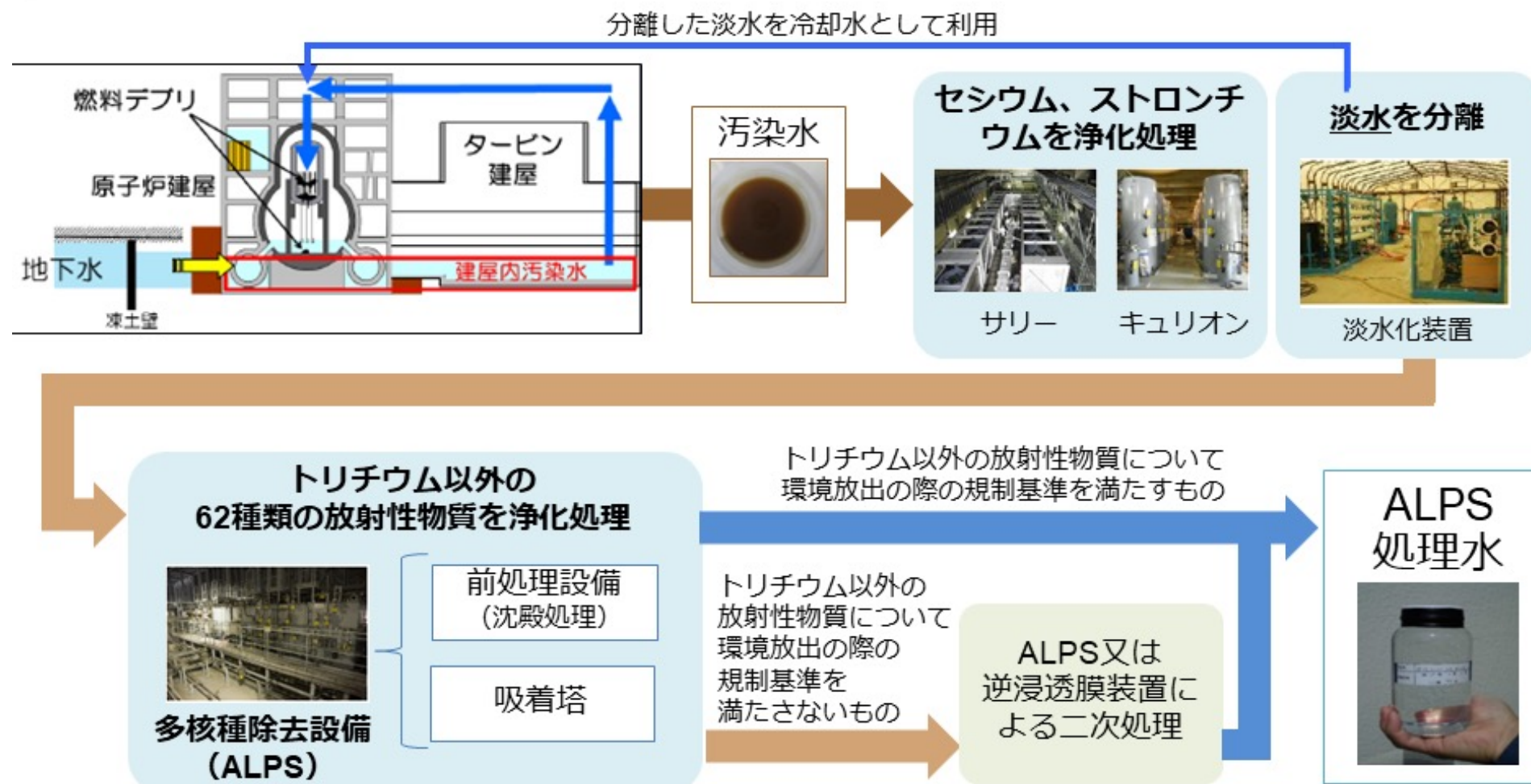
Tritium is a β -radiation emitter — albeit a weak one — meaning that it emits ionizing radiation that can damage DNA. "If you eat something that's radioactively contaminated



A TEPCO representative measures radiation levels around the treated water storage tanks.

KINIMASA MAYAMA/AFP VIA GETTY

- 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。



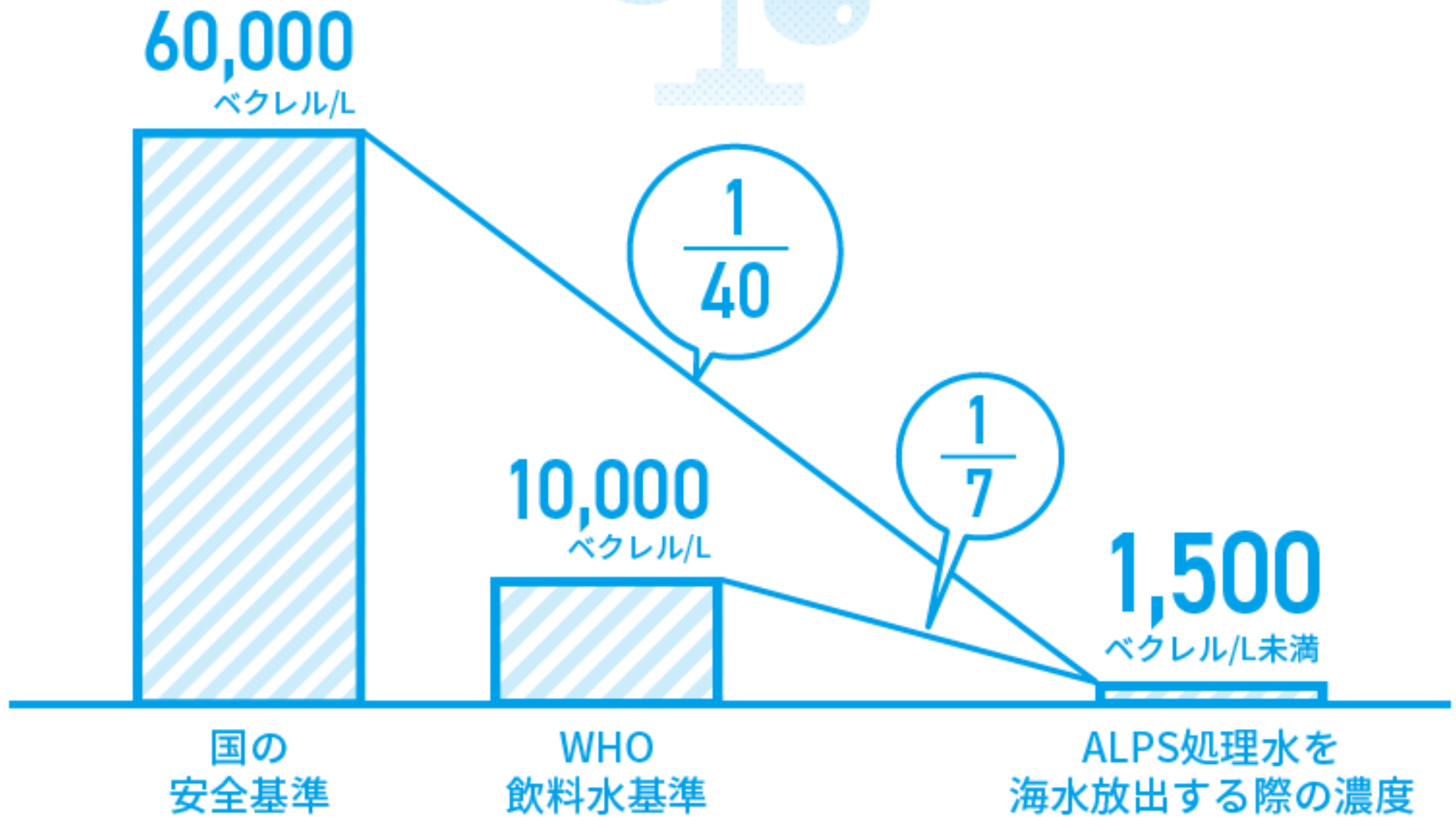
(出典) 資源エネルギー庁「汚染水処理で発生する廃棄物「スラリー」とは？なぜ発生する？どのように保管されている？」
(https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/osensuitaisaku_slurry.html) 等に基づき作成

- 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。

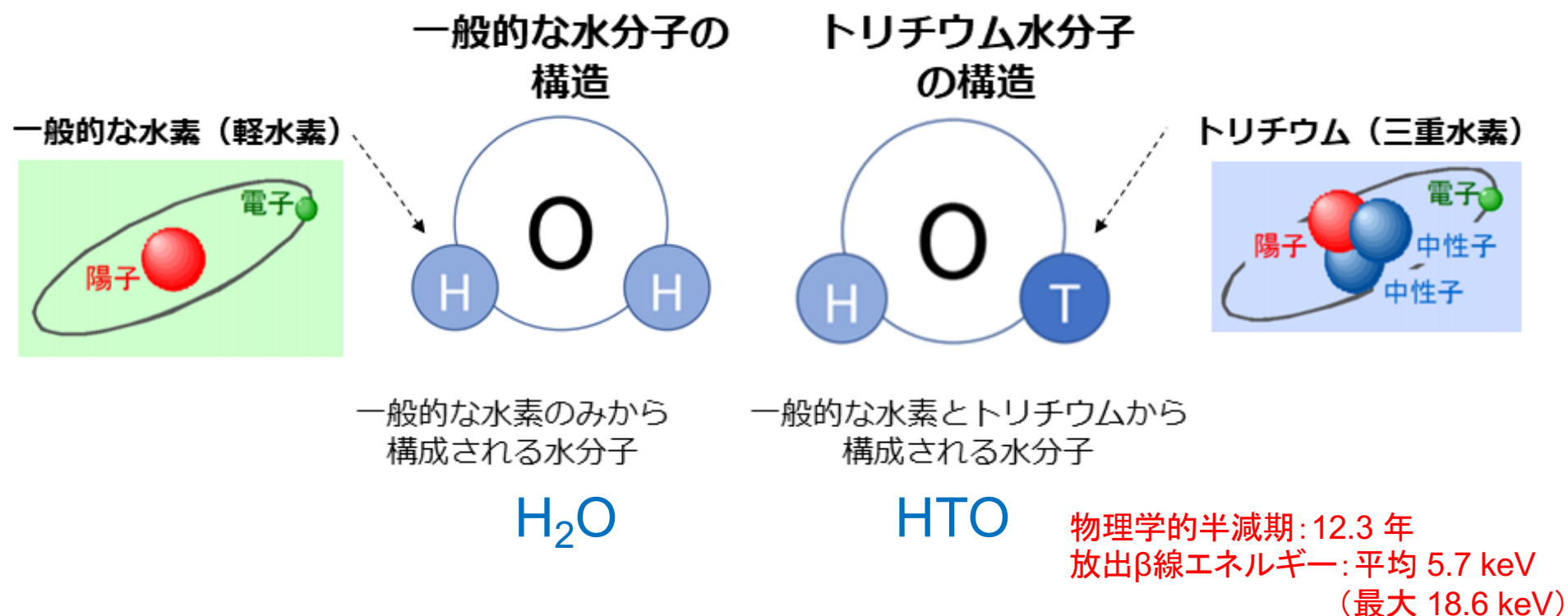


（出典）東京電力ホールディングス「多核種除去設備（ALPS）」（https://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/f1/genkyo/fp_cc/fp_alps/）、東京電力ホールディングス「多核種除去設備等処理水の二次処理性能確認試験の状況について」等に基づき作成

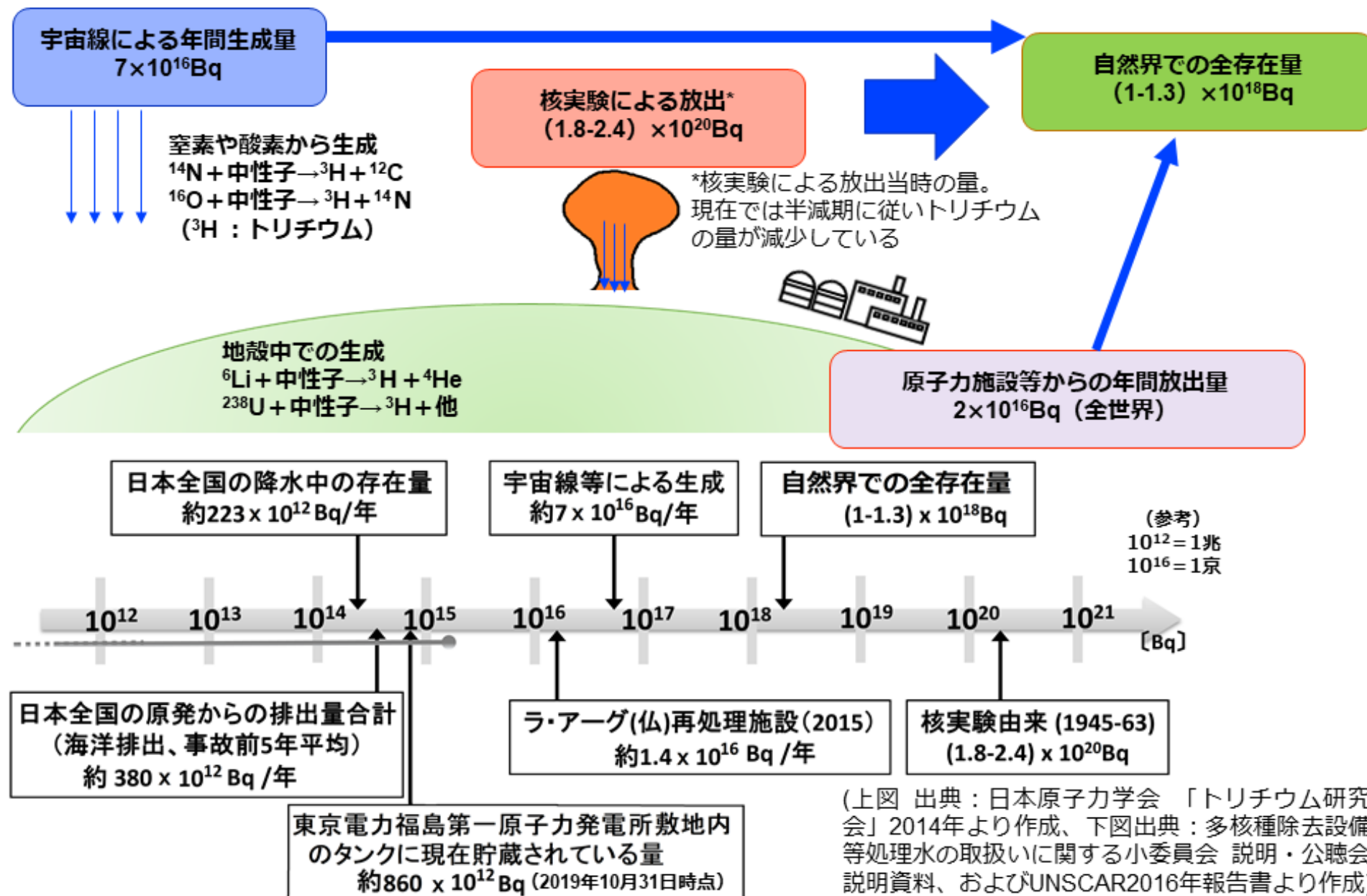
トリチウム濃度の比較

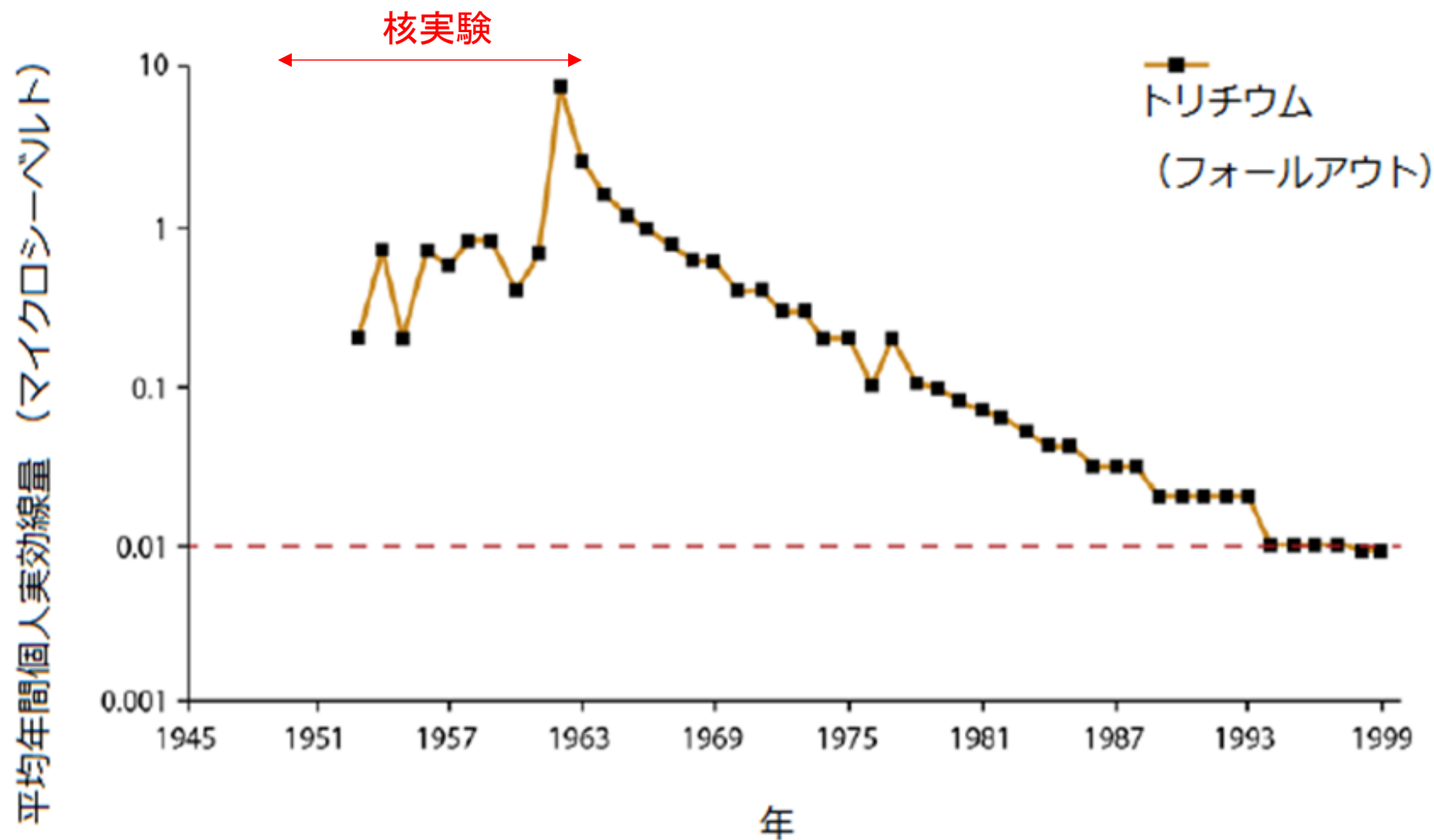


トリチウムは「三重水素」と呼ばれる水素の放射性同位体で、身の回りでは水分子に含まれるかたちで存在するものが多い。トリチウムが出すβ線のエネルギーは小さく（最大 18.6keV）、紙一枚で遮蔽可能である。



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





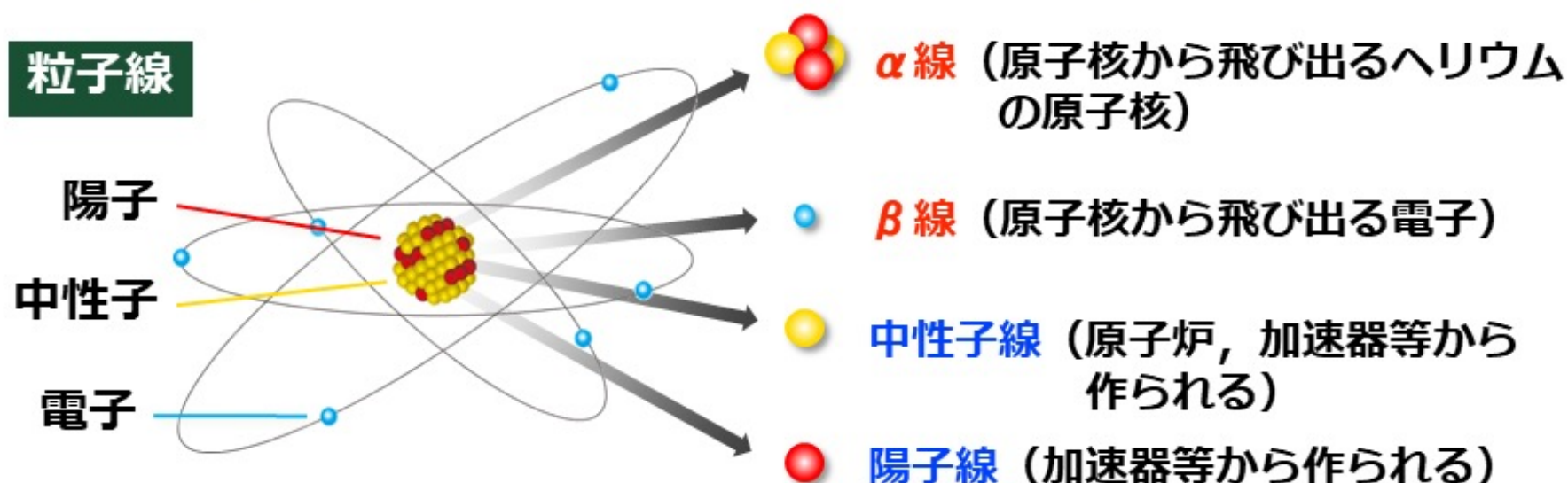
出典：UNSCEAR2016年報告書Annex C-Biological effects of selected internal emitters-Tritium

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」

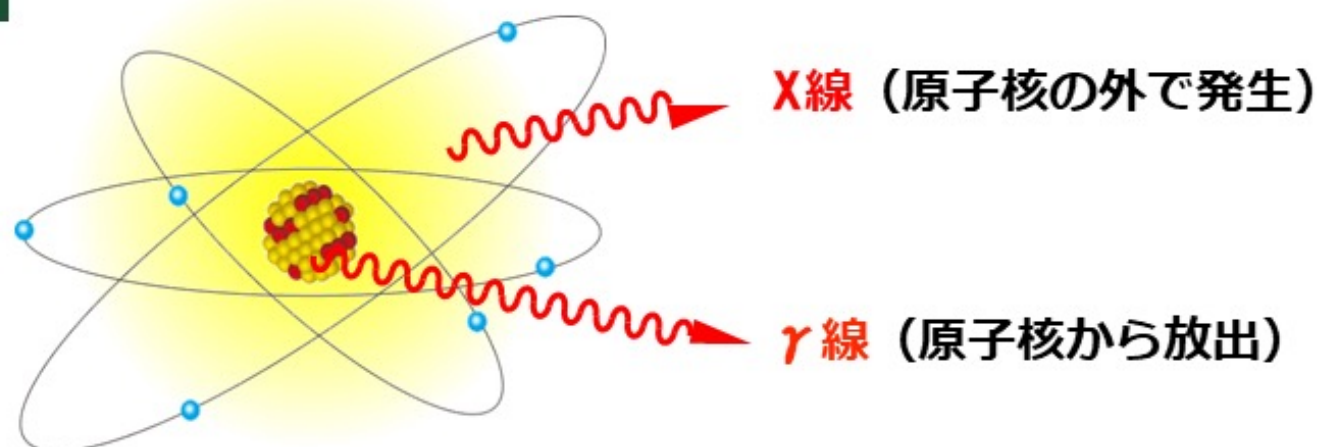
電離放射線

電離作用を有する放射線

粒子線

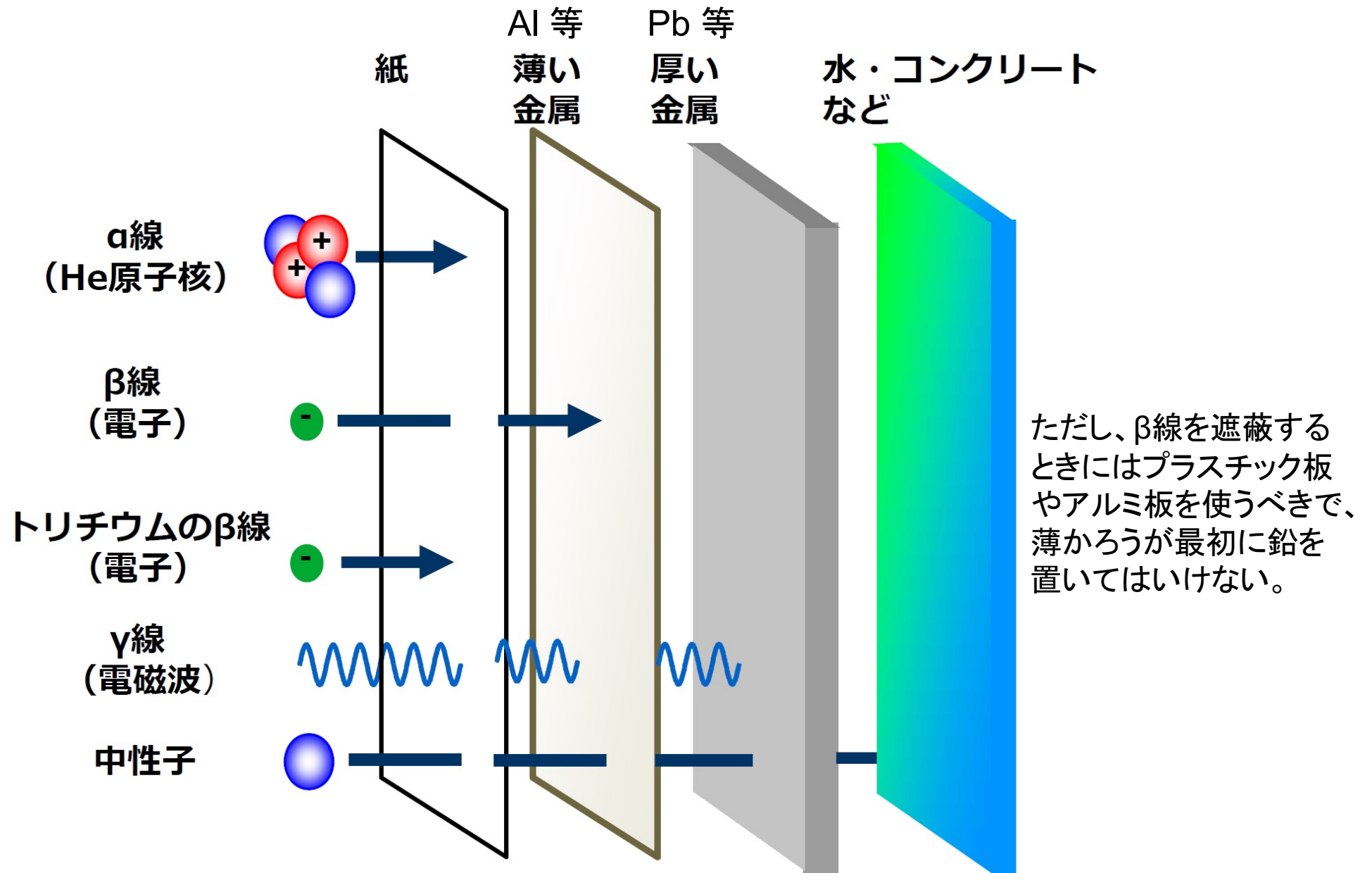


電磁波

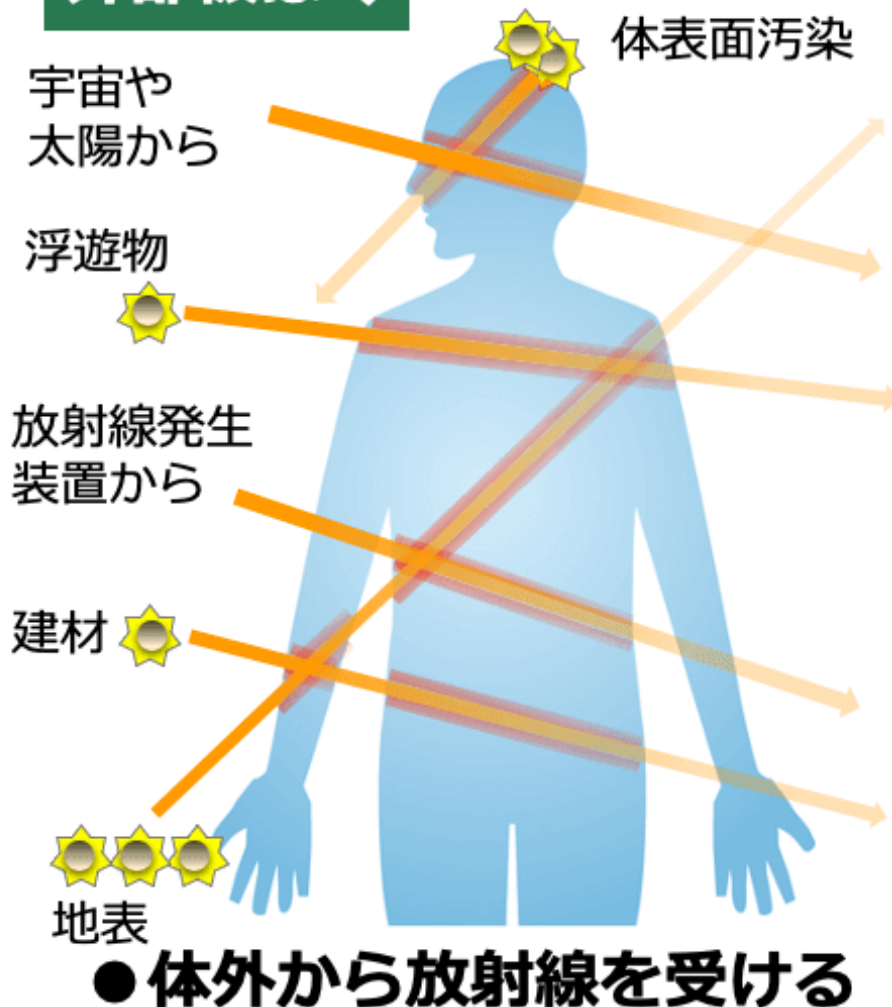


放射線の透過力

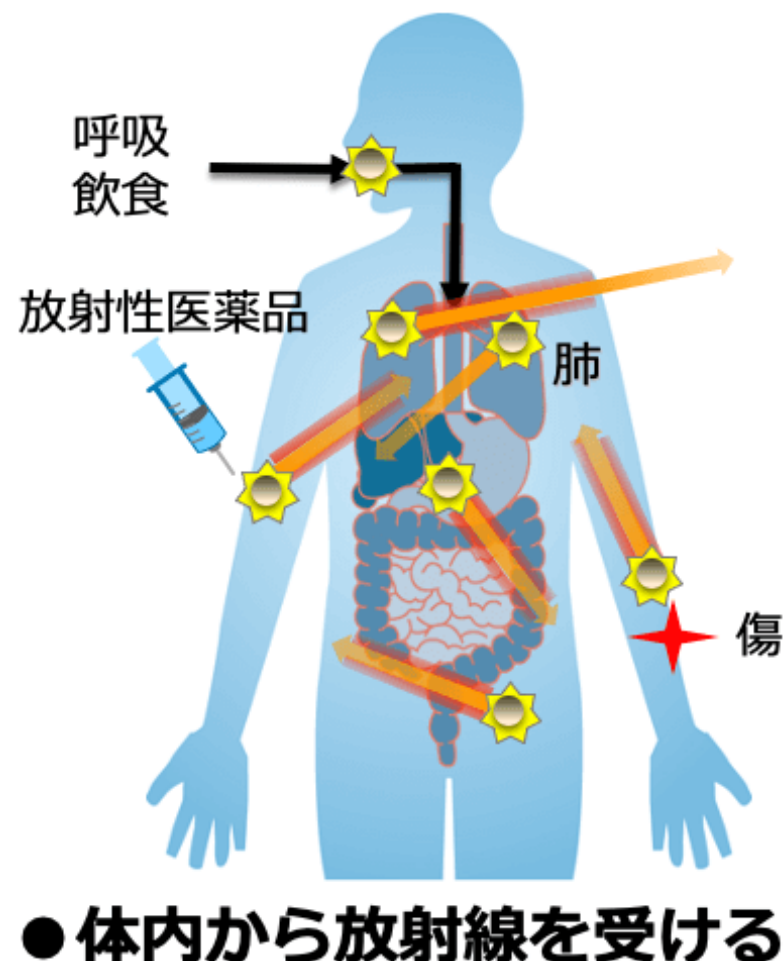
G-10



外部被ばく

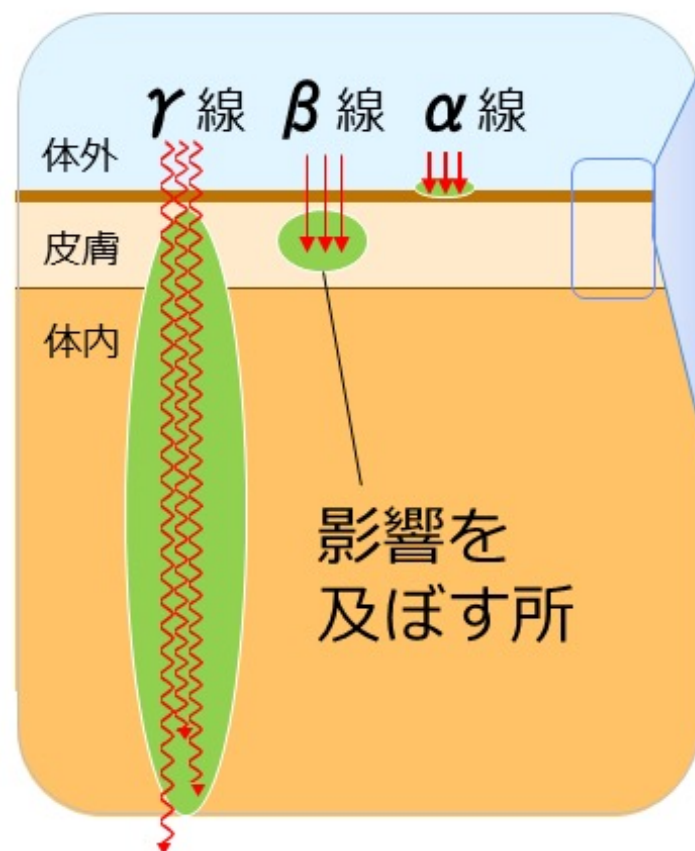


内部被ばく



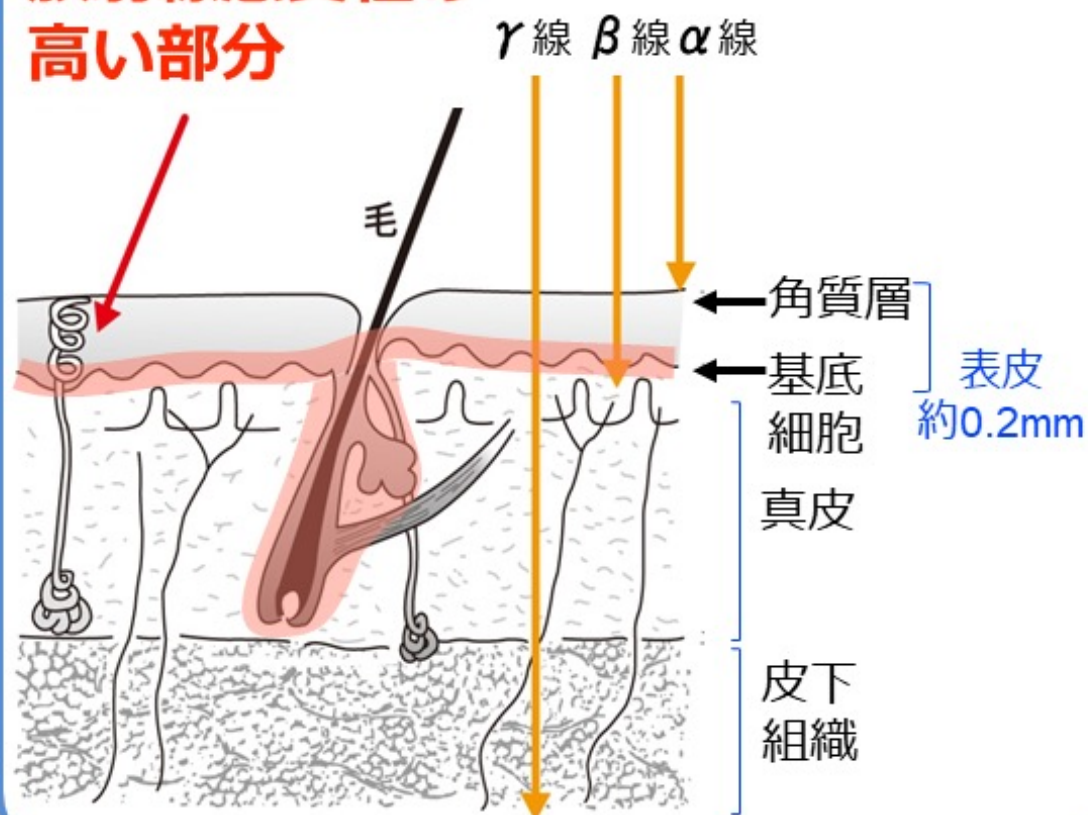
体が放射線を受けるという点は同じ

☀ : 放射性物質



皮膚の構造

放射線感受性の高い部分



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

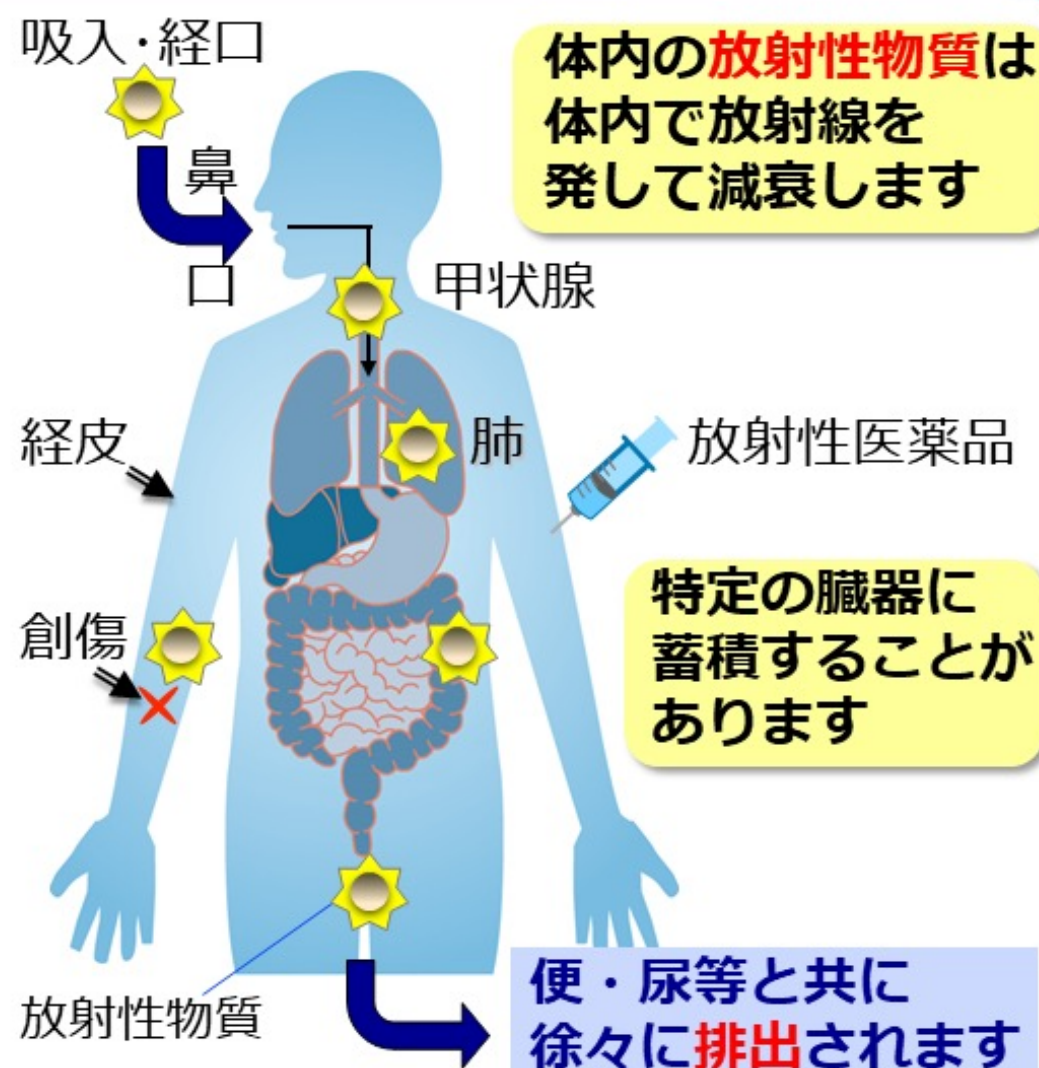
皮膚より吸収

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）



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

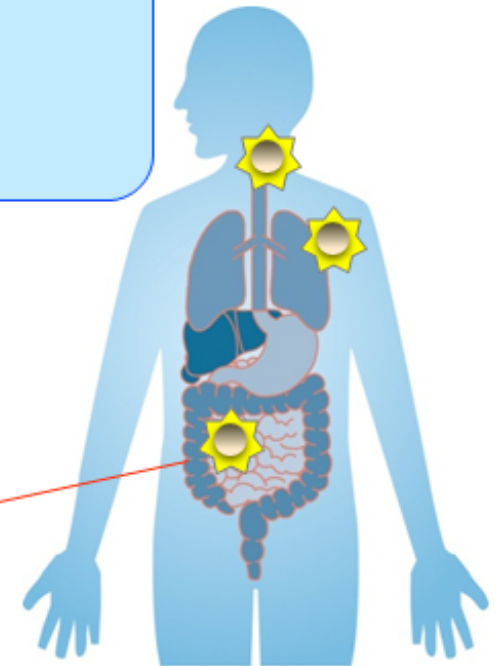
$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_p} + \frac{1}{T_b}$$

T_e : 実効半減期

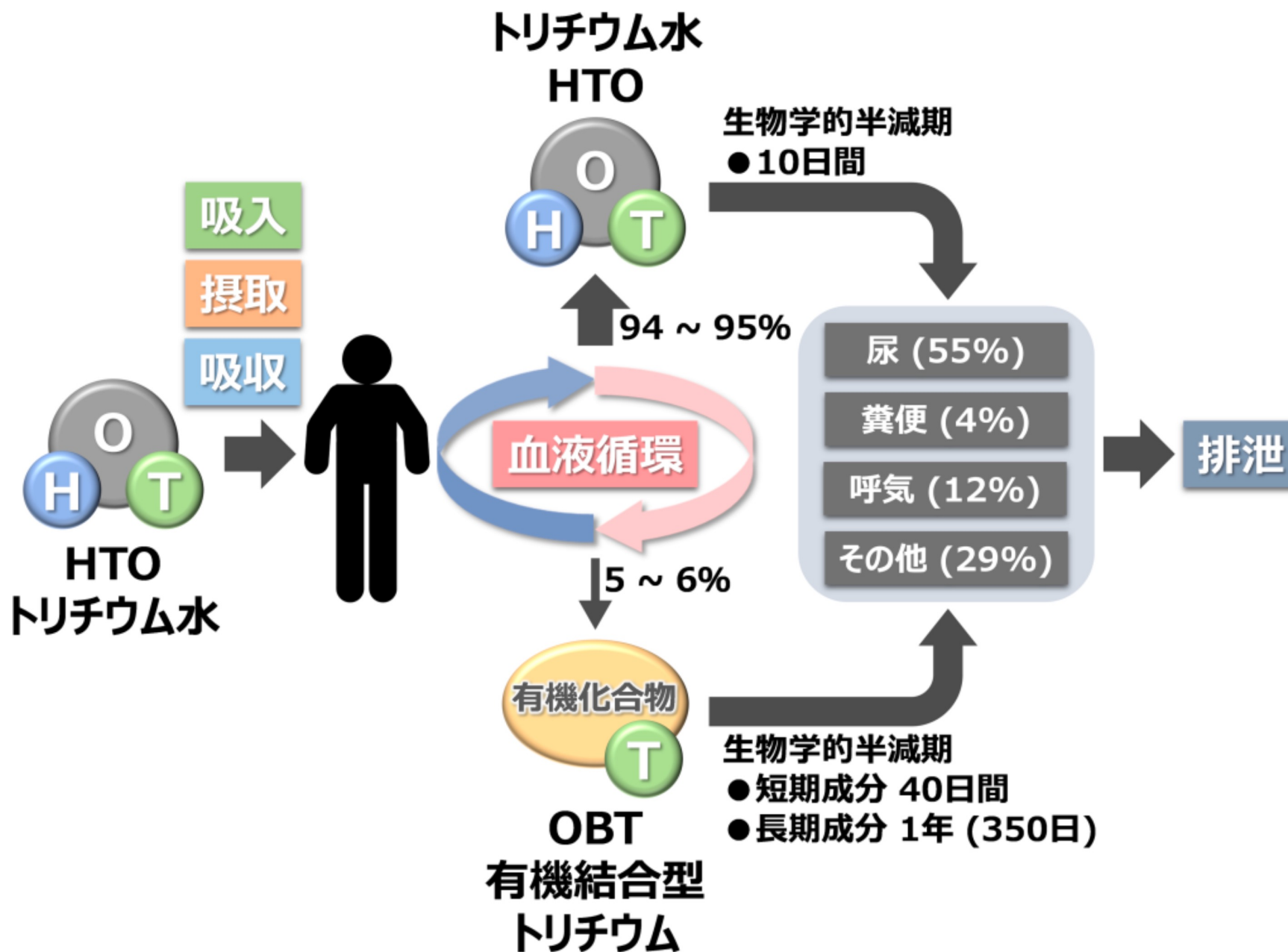
T_p : 物理学の半減期

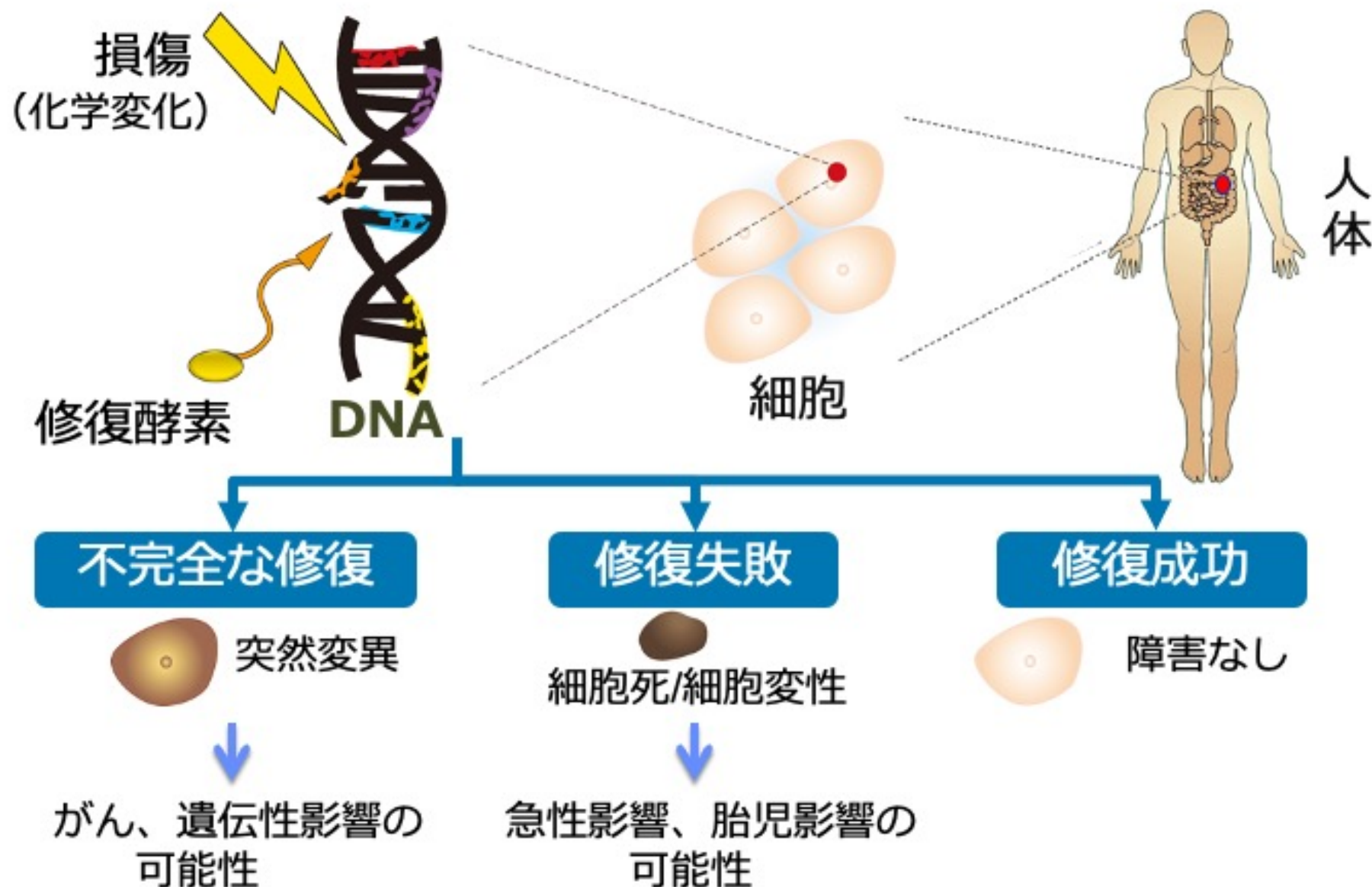
T_b : 生物学の半減期

放射性物質



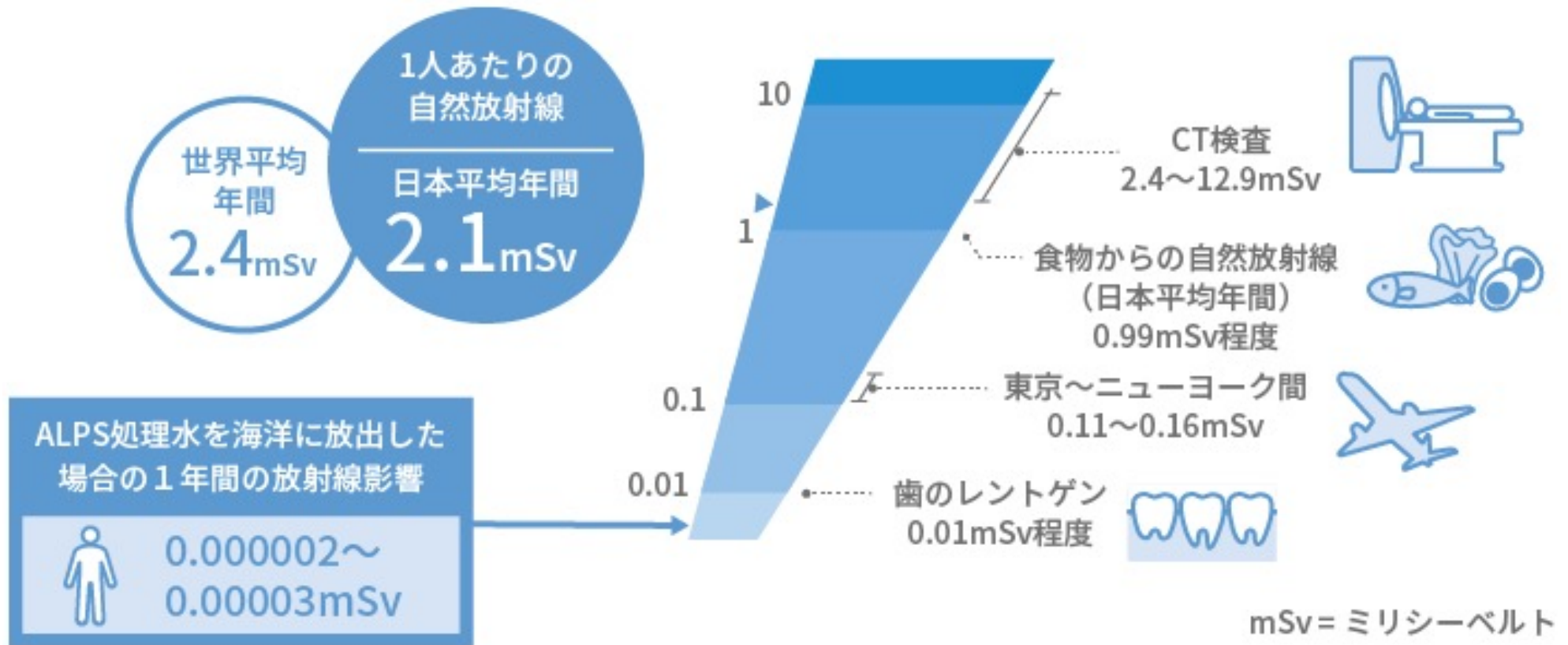
ヒトでのトリチウムの代謝





1年間の放射線の影響

G-17



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

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

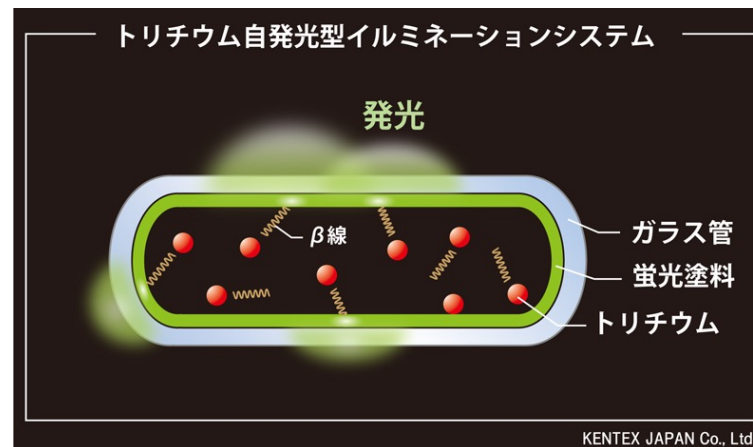
出典：「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和3年度版」

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

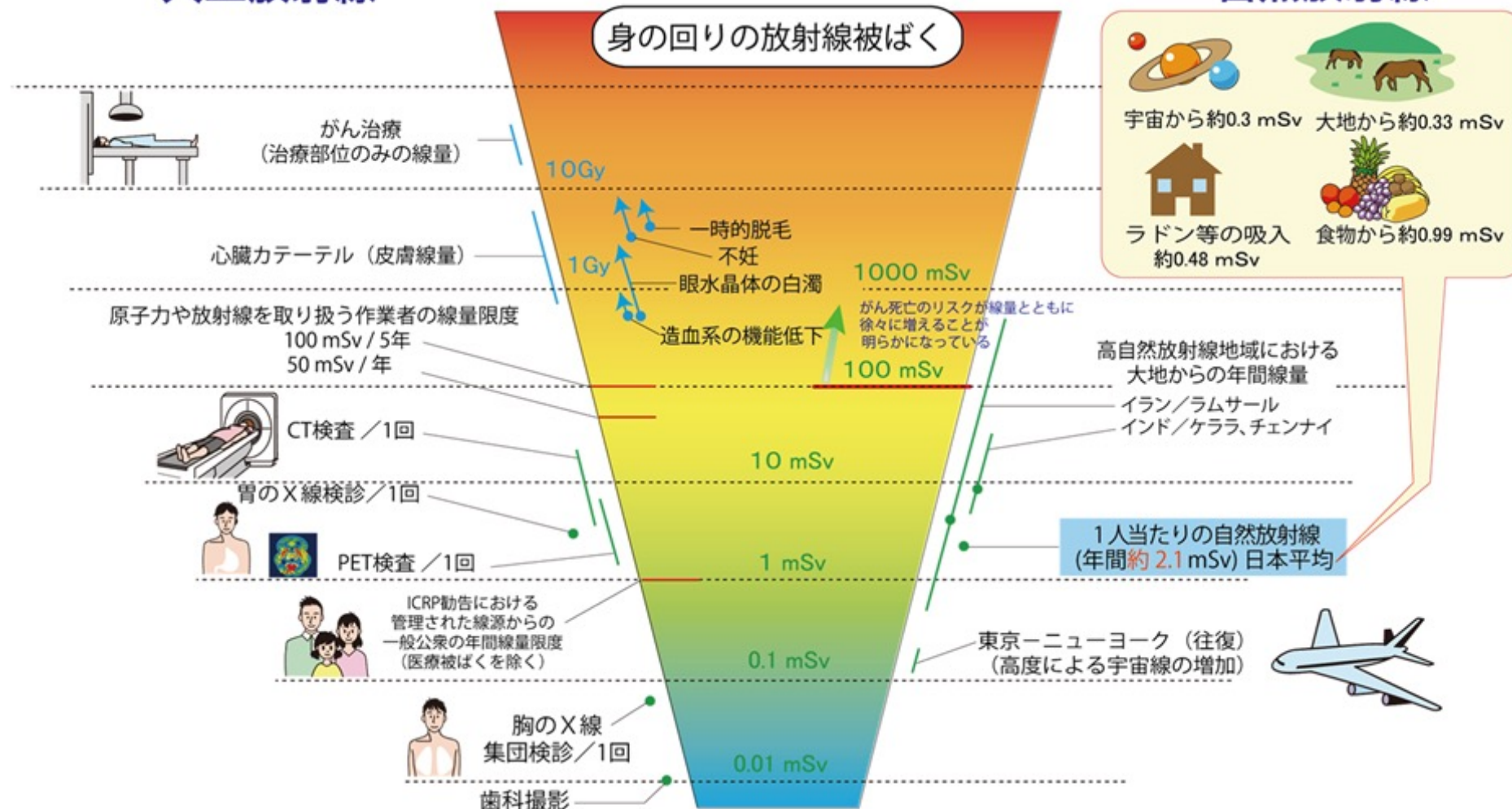
日本放射線影響学会ウェブサイト (<https://www.jrrs.org>) 「トリチウムとその健康影響に関する解説」より引用



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

人工放射線

自然放射線



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