

総説

福島第一原子力発電所からの ALPS 処理水の海洋放出

新井 正一

純真学園大学大学院 保健医療学研究科 保健衛生学専攻
純真学園大学 保健医療学部 放射線技術科学科

Release of ALPS Treated Water into the Ocean from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

Shoichi ARAI

Course of Health Sciences, Graduate School of Health Sciences,
Department of Radiological Science, Faculty of Health Sciences,
JUNSHIN GAKUEN UNIVERSITY

要旨： 2011年3月11日、東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故から12年余りが経過し、現在も発電所内では廃炉作業が継続して行われている。その一環として汚染水の処理作業があり、敷地内のタンク（約1,000基）に貯められている。この汚染水を多核種除去装置（ALPS）によってトリチウム以外の放射性物質を国際基準以下に取り除いている。トリチウム水の総量は全タンク内の概算15gであるが水と一体となっているため、ALPSでは取り除けない。このトリチウム水を国際基準以下に希釈して2023年8月24日より海水中へ放出を行っている。

トリチウムは自然界には $100\sim130\times10^{16}$ ベクレル存在し、年間約 7×10^{16} ベクレルが新たに生成されている。生物内の蓄積や濃縮もなく、体内に取り込まれても速やかに排泄される。預託実効線量係数も生物学的影響が大きい有機結合型トリチウム（Organically Bound Tritium: OBT）であっても 4.2×10^{-8} ミリシーベルト/ベクレルでセシウム137の 1.3×10^{-5} ミリシーベルト/ベクレルの1/300以下と生物学的影響も小さい。

またトリチウムは世界中の原子力発電所でも生成、海洋放出されている。福島第一原子力発電所から放出されるトリチウムは 2.2×10^{13} ベクレル/年で、中国4か所の原子力発電所から排出されている447兆ベクレル/年とされ、福島第一原子力発電所の20倍以上、韓国2箇所の発電所からは120兆ベクレル/年で5倍以上の試算となる。

さらに風評被害を少なくするために、現在、第三者機関を入れたモニタリングシステムならびにその値の公表手段として、包括的海域モニタリング閲覧システムによるデータの開示が行われている。本論文ではこのトリチウム水の海洋投棄に関する考えや現状を広く示し、科学的根拠に基づいたデータを示し、誤った情報が広まらないよう解説を行った。

キーワード：福島第一原子力発電所事故、処理水、トリチウム、海洋投棄、多核種処理装置

Abstract： More than 12 years have passed since the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident caused by the Great East Japan Earthquake on March 11, 2011, and decommissioning work is still ongoing at the plant. As part of this effort, contaminated water is treated and stored in tanks (about 1,000 units) on the premises. Radioactive substances, other than tritium, are removed from this contaminated water by an advanced liquid processing system (ALPS) to levels below international standards. However, tritium cannot be removed by ALPS. This tritium water is diluted to levels below international standards and then released into seawater, as occurred on August 24, 2023.

Tritium exists in nature at an activity of $100\sim130\times10^{16}$ becquerels, and about 7×10^{16} becquerels are newly produced annually. There is no accumulation or concentration in organisms, and even if tritium is taken into the body, it is excreted quickly. The biological effect of the deposited effective dose coefficient is 4.2×10^{-8} mSv/becquerel, and the biological effect is very small, 1.3×10^{-5} mV/becquerel, which is less than 1/300 that of cesium-137.

To reduce the damage of reputation, data are currently disclosed by a monitoring system that includes a third-party organization and a comprehensive marine monitoring viewing system to serve as a means of publishing the values. In this paper, we present a wide range of ideas and current conditions regarding the dumping of tritium water into the ocean, present data based on scientific evidence, and explain how to prevent the spread of misinformation.

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, Treated water, Tritium, Ocean dumping, Advanced liquid processing system (ALPS)

緒言

2011年3月11日午後2時46分、福島第一原子力発電所の原子炉建屋を巨大津波が襲い、地震発生約24時間後に水素爆発が起こった。このため、原子炉格納容器内の放射性物質が福島県をはじめとする東日本の広い地域に大量に放出された。このため、放射性物質による放射線の影響を受けて、この地域の住民の多くは避難を余儀なくされた¹⁻⁶⁾。

そして福島第一原子力発電所の事故から12年が経過した現在でも原子力発電所の構内では「廃炉作業」が継続して行われている⁷⁾。その最大の難関となっているのは、溶け落ちた核燃料の取り出しであるが、実はもうひとつ「放射性廃棄物」をどう処分するのかという困難な問題がある。国は廃炉を最長40年で終えるとしている⁸⁾。しかし廃棄物はおおよそ760万トンと試算され、その処分の仕方によっては廃炉を終えて敷地を再利用できるまでに100年から300年の期間が必要という試算もある。

また廃炉作業の一環として汚染水の処理がある。現在、汚染水は福島第一原子力発電所の敷地内にタンク（約1,000基）に貯められており、その中で純トリチウム水は換算で15 gであり、このトリチウムは水と一体になっているため取り除くことが困難とされている。トリチウム以外の放射性物質は世界共通の安全性確保の考えに基づき、設定されている規制基準を満たすまで除去している。

2023年8月24日13時よりトリチウム以外の放射性物質を国際基準以下に浄化した処理水の放出が始まった⁹⁾。図1

これまでに統合的なトリチウムに関する総説・記録などが報告されているが、専門的な情報であり、さらに日本語翻訳されたものが少ないため、広く一般市民のもとに正確な情報が届いていない現状がある。本論文執筆にあたり、誤った情報に惑わされる人が出ることがないように、また誤った情報が広まらないように科学的根拠に基づきその解説を執筆した。



図1 2023年8月24日処理水放出に関する新聞記事⁹⁾

汚染水が増え続ける理由

震災後12年余りが経過をしているが、現在もお放射性物質が混じる水（汚染水）が増え続けて

いる。図2

その理由について以下に示す。



図2 福島第一原子力発電所内のタンク

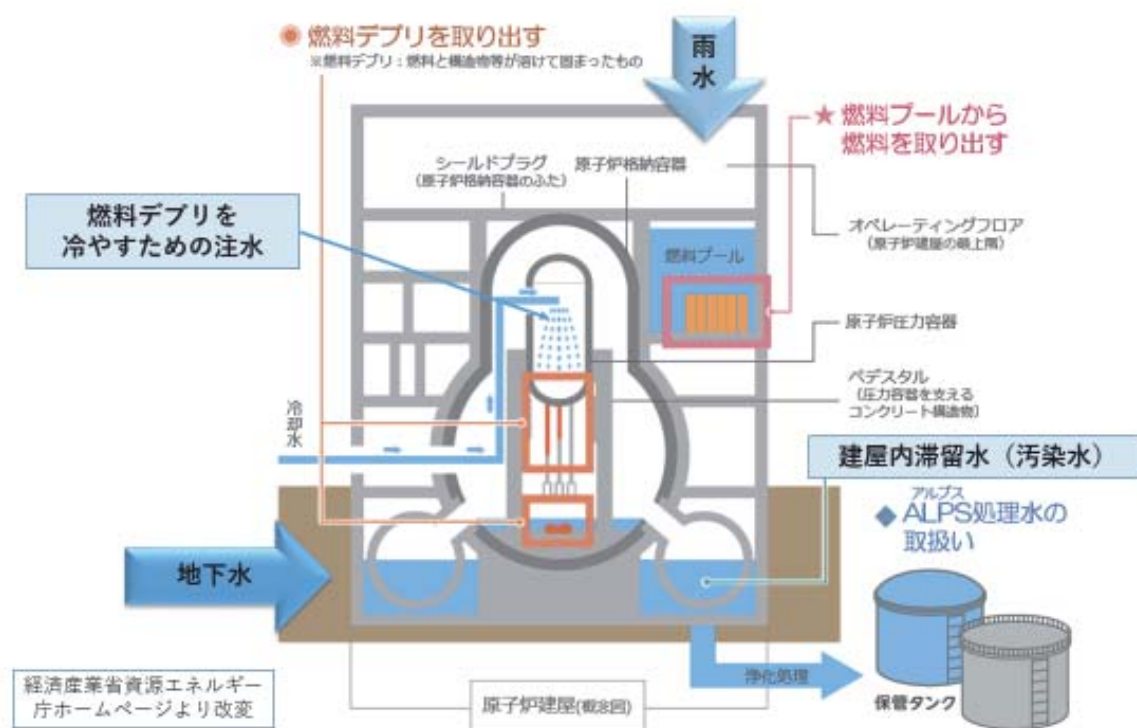


図3 汚染水が増え続ける理由

燃料デブリを冷やすための注水で燃料デブリにその水が触れるため建屋内滞留水として汚染水が発生する。さらに雨水が原子炉建屋内に入り込み汚染水となる。また地下水も同様に原子炉建屋内に入り込み汚染水となる。

これら放射性物質が混じった水は建屋内滞留水すべてが汚染水となる。この水を浄化処理するため、多核種除去装置（Advanced Liquid Processing System: ALPS）を使用し、放射性物質を国際基準以下に除去する処理を行っている。図3

多核種除去装置（Advanced Liquid Processing System: ALPS）を使用した汚染水の浄化

2021年4月、国よりALPS処理水の海洋放出の基本方針が示された。2022年7月に原子力規制委員会の実施計画変更認可を受けて放出が行われて

いる。ALPS処理水の希釈放出設備として「測定・確認用設備」「移送設備」「希釈設備」「放水設備」が2022年8月より作られた。ALPSによりトリチウム以外の放射性物質を国の基準以下に除去されたALPS処理水としてタンクエリアで保管している。図4

現在、タンクに保管されている水の約70%はトリチウム以外の放射性物質を国の規制基準を満たすまで取り除けていない「処理途上水」として、さらに再浄化処理を繰り返している。

海洋放出にあたっては、トリチウム以外の放射性物質の濃度が国の基準を満たしていることを東京電力、東京電力が委託する外部機関および国の第三者機関が測定しながら、取り除けるものは徹底的に取り除き、大幅に希釈してから海洋放出している^{10, 11)}。



図4 多核種除去装置の外観

ALPS処理水の処分に関する基本方針の実行と今後の取組について（令和5年8月22日）

- 廃炉を着実に進め、福島復興を実現するために、ALPS処理水の処分は決して先送りできない課題。
- 令和3年4月、2年程度後を目途に海洋放出を行う方針を決定以降、安全確保、風評対策・なりわい継続に係る各取組を実施。
- 令和5年7月に公表されたIAEAの包括報告書では、ALPS処理水の海洋放出に対する取組や東京電力、原子力規制委員会及び日本政府による関係の活動が、関連する国際安全基準に合致していること、人及び環境に与える放射線の影響は無視できるほどとなることが結論付けられており、IAEAは放出中、後についても安全性確保にコミットする。

- 現時点で準備できる万全の安全確保、風評対策・なりわい継続支援策を講じており、ALPS 処理水の処分に伴う風評影響やなりわい継続に対する不安に対処するべく、今後これらの対応に政府として ALPS 処理水の処分が完了するまで全責任を持って取り組む。このため、漁業者とのフォローアップ体制を構築する。
- 東京電力に対しては、原子力規制委員会が認可した実施計画に基づき、速やかに海洋放出開始に向けた準備を進めるように求める。海洋放出開始は、気象・海象条件に支障がなければ、8月24日に放水。

[参考] ALPS 処理水

ALPS（多核種除去設備（Advanced Liquid Processing System））等により、トリチウム以外の放射性物質について安全に関する規制基準値を確実に下回るまで浄化した水である。さらに ALPS 処理水は、その後十分に希釈され、トリチウムを含む全ての放射性物質について安全に関する規制基準値を大幅に下回るレベルにした上で、海洋放出される。

海洋放出には、国際原子力機関（IAEA）や国連などの国際機関の監視や支持がある。IAEA は、ALPS 処理水の海洋放出は「国際的な安全基準に合致」し、「人及び環境に対する放射線影響は無視できるほどである」と報告している。また、政府や東京電力は、海洋放出に伴う風評被害やなりわい継続の不安に対する対策を実施している^{12, 13)}。

汚染水と処理水について

ではここで、汚染水と処理水の違いについて考

える。

汚染水と処理水の違いは、放射性物質の濃度や種類にある。汚染水は、原子炉内で溶けた燃料デブリを冷却するために使われた水や、それが混ざった地下水や雨水で、燃料由来の有害な放射性物質が多く含まれている。これに対して処理水は、汚染水から複数の設備で放射性物質を除去した水で、トリチウム以外の放射性物質濃度を国際基準以下にした水である¹⁴⁾。図5

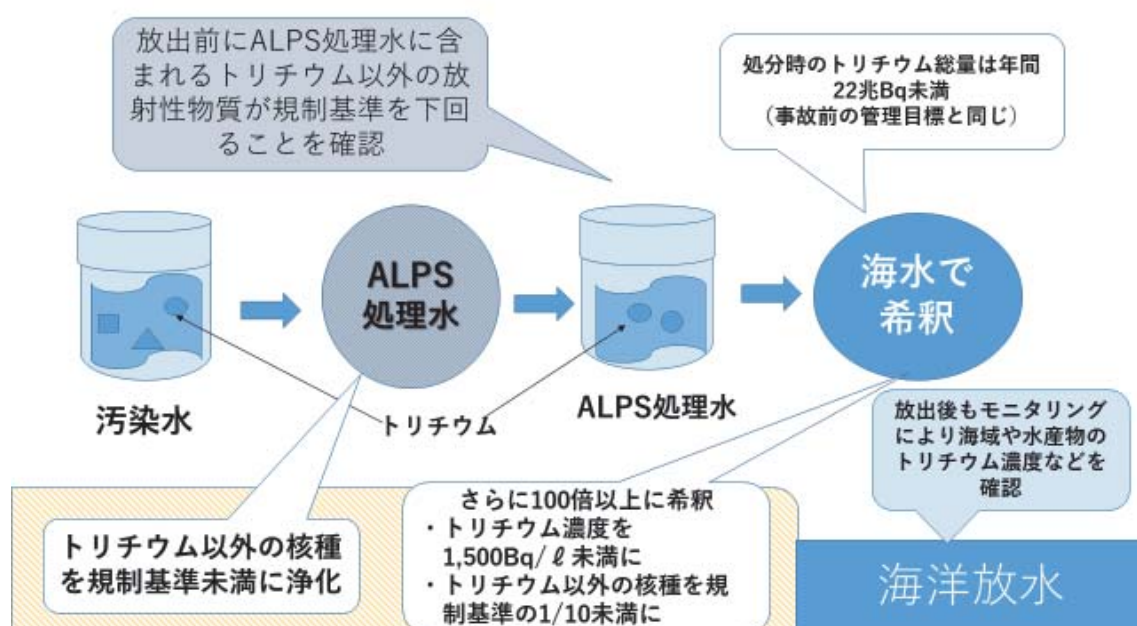


図5 汚染水と ALPS 処理水について

ALPS で取り除くことができないトリチウムとは

トリチウム（三重水素）は我々の身の回りにもたくさん存在する元素である。この原子模型について示す。図6

水素原子は陽子が1つその周りに電子が1つある。重水素（デューテリウム）原子は原子核の中に陽子1つと中性子1つが存在する。三重水素（トリチウム）原子は核の中に陽子1つと中性子2つ存在している。水素（ ^1H ）、重水素（ ^2H ）の原子核は安定しているが、トリチウム（ ^3H ）の原子核は不安定でベータ線を放出して安定な状態になろうとする。

この水素原子、トリチウム原子が通常の水素原子と同じで水と一体で存在している。図7

H_2O （水）のうち1個のH原子が ^3H に置き換わるため、 H_2O （水）とHTO（トリチウム水）の分離は現在の科学では難しいとされている。

自然界には約 $100\sim 130 \times 10^{16}$ ベクレルものトリチウムが存在する。大気中の窒素や酸素が宇宙から降り注ぐ放射線と反応することにより、世界中で年間約 7×10^{16} ベクレルほど常に作られている。日本における降水中のトリチウム量を試算すると、

年間約 223×10^{12} ベクレルとなる。日本全国の平均でおおよそ水1リットルあたり1ベクレルが含まれている。トリチウムは体内に大体数十ベクレル存在しているが、それによる内部被ばくはカリウム40（0.17ミリシーベルト/年）など他の放射性物質と比べて桁違いに低く、トリチウムの場合、年間で 1×10^{-5} ミリシーベルト/年である¹⁵⁾。図8

トリチウムからの外部被ばく、内部被ばく

外部被ばくへの考慮

ベータ線放出をしているが、エネルギーが低いため皮膚を通過できない。このため外部被ばくは考えられない。

内部被ばくへの考慮

トリチウムは水と一体なので、体内に入っても蓄積されず水と一緒に排出される。

放射線の健康への影響はある・なしではなく、量が問題であり、現在排出されているトリチウム量は自然界から受ける放射線量の $1/10^5$ 程度で人体への影響は考えられない。

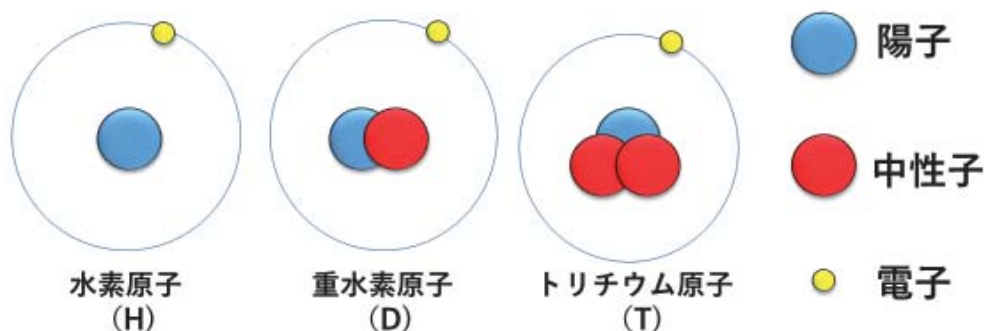


図6 水素原子、重水素原子、トリチウム原子との違い



図7 水とトリチウム水の違い



図8 身近に存在するトリチウム

トリチウムの生物濃縮

環境中の特定の物質が生体内に濃縮・蓄積されることを生物濃縮という。食物連鎖を経て、濃縮率が数十万倍以上に達する場合もある。海の生物の場合、プランクトンを小さな魚が食べ、その魚をさらに大きな魚が食べるという食物連鎖を経て、ある物質がより大きな魚にたまっていくという現象を指す。図9

しかしトリチウムの場合、環境中で水の一部として存在しているため生物の体の中に取り込まれても、体内で循環し、尿や便などと一緒に体の外に排出される。つまり、人や魚介類などの生物に取り込まれても、速やかに排出されるため、生物の中に蓄積・濃縮していくことはない¹⁶⁾。

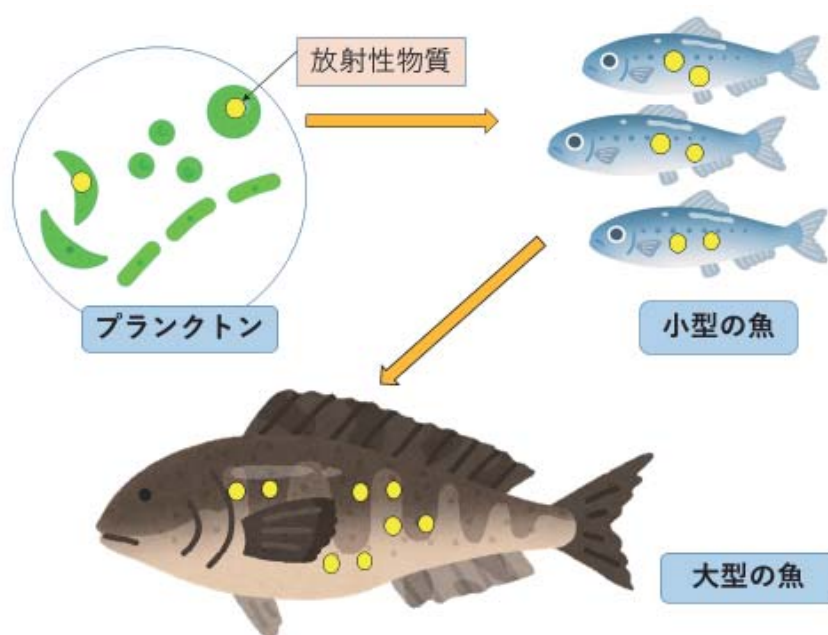


図9 一般的な食物連鎖による生物濃縮

生体への取り込みならびに排泄

前述のようにトリチウムの被ばく形態は低エネルギーベータ線核種のため、外部被ばくはほとんど考えられず、低線量、低線量率による内部被ばくが想定される。生体内に取り込まれたトリチウム、特にトリチウム水として存在し、全身に均一に分布されるためその影響は小さいと考えられている¹⁷⁾。図10

ヒトにおけるトリチウムの代謝メカニズムについてはICRPやUNSCEAR REPORTで詳しく示されている^{18,19)}。以下に概略を示す。

トリチウム水を体内に取り込む主な経路は以下の3つである。

- ① 空気中に含まれるトリチウム水を鼻・口から吸入
- ② 皮膚、傷口からの吸収
- ③ 食べ物・飲み物に含まれるトリチウム水の摂取

体内に取り込まれたトリチウム水は体液循環経路に入り、最後に尿（55%）、呼気（12%）、糞便（4%）などで体外に排出される。トリチウムの物理的半減期は12.3年であるが、生体内に取り込まれた場合、生体内のトリチウムのほとんどが水

分子として存在（94-95%）するため比較的早く体外に排出される。このため生物学的半減期は10日程度とされている²⁰⁾。

しかし5-6%は生体内のタンパク質、糖、脂肪などの有機化合物の水素原子と置き換わり生体の構成分子として存在し、この場合、生物学的半減期も短期成分で40日間、長期成分では350日となっている。このような有機化合物中のトリチウムを「有機結合型トリチウム（Organically Bound Tritium: OBT）」という。

トリチウムの預託実効線量係数

代表的な放射性物質（セシウム134、セシウム137、ヨウ素131）とトリチウム水を経口摂取したときの預託実効線量係数を表1に示す。トリチウム水による内部被ばくの影響については、成人が経口摂取により取り込まれたトリチウムの預託実効線量係数 1.8×10^{-8} ミリシーベルト/ベクレル、影響が大きいOBTで 4.2×10^{-8} ミリシーベルト/ベクレルである。セシウム137が 1.3×10^{-5} ミリシーベルト/ベクレルでありトリチウムの300倍以上の値となる²¹⁾。このことからトリチウムによる健康影響は他の放射性物質よりもはるかに小さい。

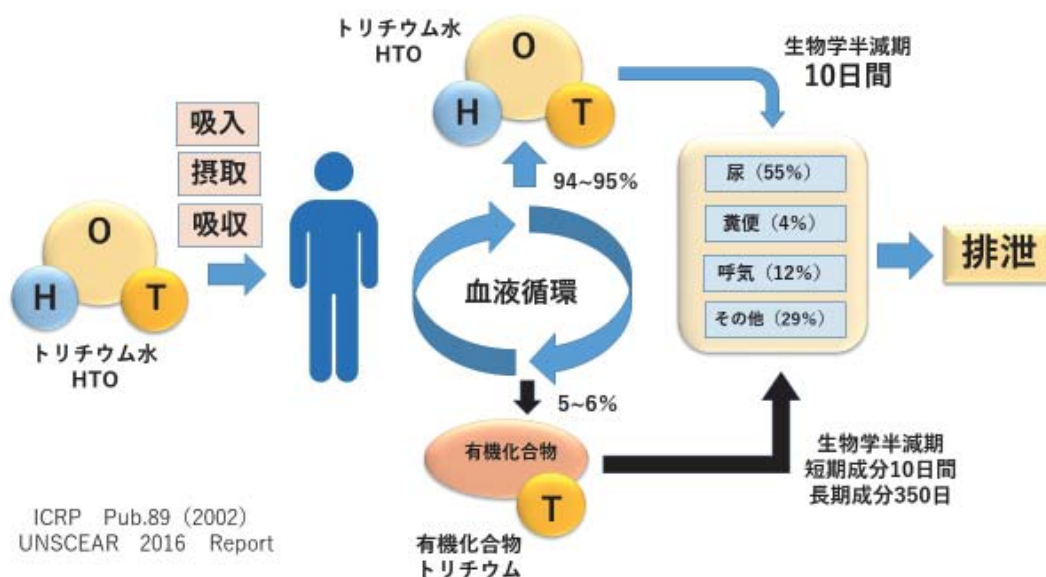


図10 ヒトにおけるトリチウムの代謝メカニズム¹⁷⁻¹⁸⁾

表1 経口摂取時の預託実効線量係数（ミリシーベルト / ベクレル）

	トリチウム水	セシウム 134	セシウム 137	ヨウ素 131
3 ヶ月児	6.4×10^{-8}	2.6×10^{-5}	2.1×10^{-5}	4.8×10^{-5}
1 歳児	4.8×10^{-8}	1.6×10^{-5}	1.2×10^{-5}	1.8×10^{-5}
5 歳児	3.1×10^{-8}	1.3×10^{-5}	9.6×10^{-6}	1.0×10^{-5}
10 歳児	2.3×10^{-8}	1.4×10^{-5}	1.0×10^{-5}	5.2×10^{-5}
15 歳児	1.8×10^{-8}	1.9×10^{-5}	1.3×10^{-5}	3.4×10^{-5}
成人	1.8×10^{-8}	1.9×10^{-5}	1.3×10^{-5}	2.2×10^{-5}

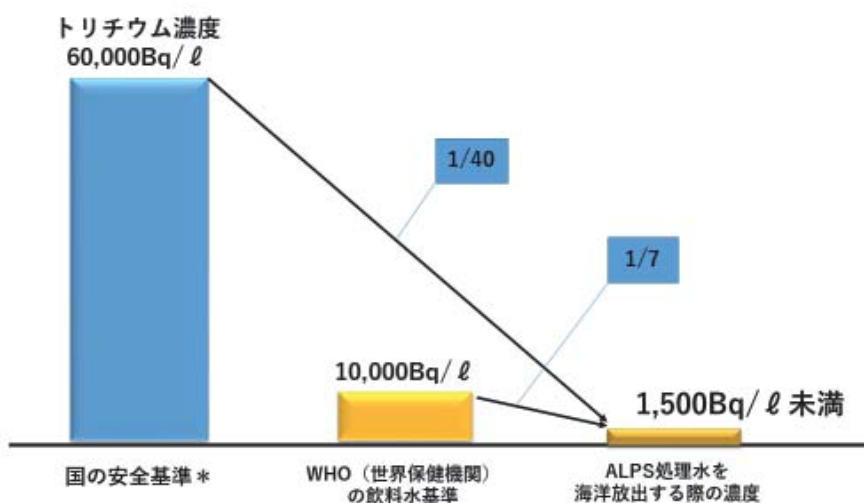
出典：国際放射線防護委員会（ICRP），ICRP Publication 119, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP 60, 2012

トリチウムの濃度管理

国際基準との比較

トリチウムの海洋放出については，安全性確保の考えに基づき，設定されている規制基準のさらに1/100に希釈し放出している．この濃度は国の

安全基準（60,000ベクレル/ℓ）の1/40以下，WHO（世界保健機関）で定められている飲料水基準（10,000ベクレル/ℓ）の1/7以下の濃度である．図11



* 国の安全基準：この濃度の水を70年間毎日約2ℓ飲み続けた場合、体内の線量率が1年あたり1mSvになる濃度

図11 トリチウムの濃度管理

各国の原子力発電所からのトリチウム放出量

1年間のトリチウム放出量を東京電力福島第一原子力発電所からの放出量と比較すると、フランス・アーグ再処理施設では1京ベクレル/年間で518倍、韓国では古里原子力発電所と月城原子力発電所を合わせて120兆ベクレル/年間で福島第一原子力発電所の5倍以上の放出量となっている。同じく中国では4か所の原子力発電所より約447兆ベクレル/年間のトリチウムが放出され、福島第一原子力発電所の20倍以上が放出されている試算となっている。図12

福島第一原子力発電所からのトリチウム放出に関する国際原子力機関（IAEA）の考え

2021年4月に発表されたトリチウム放出に関する基本方針を受け、日本政府とIAEAは、令和3年7月8日にALPS処理水の取扱いの安全性に係るレビューの包括的な枠組みに関する付託事項（TOR）に署名した。これに基づき、IAEAによる一連のレビューが行われてきた。これらのレビューを総括する報告書がIAEAから公表されたので以下に示す。

1. IAEA 包括報告書の要旨（Executive Summary）については、以下の結論が述べられ

ている。

- 1) 包括的な評価に基づき、IAEAは、ALPS処理水の海洋放出へのアプローチ、並びに東電、原子力規制委員会及び日本政府による関係する活動は関連する国際的な安全基準に整合的であると結論付けている。
- 2) 包括的な評価に基づき、IAEAは、東電が現在計画しているALPS処理水の海洋放出が人及び環境に与える放射線の影響は無視できるものと結論付けている。
2. IAEAは、同要旨の中で、放出前、放出中及び放出後もALPS処理水の放出に関し日本に関与することにコミットし、追加的レビュー及びモニタリングが継続予定であることは、国際社会に追加的な透明性及び安心を提供するものであると述べている。
3. 日本政府は、同報告書の内容を詳細に確認した上で、透明性をもって国内外に情報発信する。また、今後とも、IAEAに対する必要な情報共有を継続するとともに、ALPS処理水の海洋放出について、国際社会の一層の理解を醸成していくことに努める。



図12 各国の原子力発電所からのトリチウム放出量
経済産業省資料¹⁾を基に作成

考察

トリチウムによる生物への影響

放射線に被ばくした場合、同じ線量であっても放射線の種類、エネルギー等によって生物への影響は異なる。これを生物学的効果比 (relative biological effectiveness: RBE) という。

トリチウムから放出されるベータ線の平均エネルギーは 5.7keV、初期 LET は 3.5keV/ μm 水と推定され、全飛程に沿った平均飛程は 560nm、最大 6 μm とされている¹⁷⁾。

上記のように、トリチウムは低エネルギー放出核種のため皮膚を通過できず外部被ばくは考えられない。生物濃縮は環境中の水の一部として存在をしており、生体内に取り込まれても、そのほとんどが速やかに排出されるため、生体内での蓄積や濃縮はないとされている。また水の一部として存在するため、全身に均一分布され、その影響も少ないと考えられている。

トリチウムの代謝メカニズムも鼻、口、皮膚、傷口、食べ物、飲み物から吸入、摂取され、尿、呼気、糞便で 70% が体外に排出される。水分子として存在 (94-95%) は生物学的半減期も 10 日程度で、短期間で体外に排出される。しかし残り 5-6% のトリチウムはタンパク質、糖、脂肪などに置き換わり、生物学的半減期も短期成分で 40 日間、長期成分で 350 日となっている。

預託実効線量係数は、セシウム 137 が 1.3×10^{-5} ミリシーベルト/ベクレルに対してトリチウムは OBT で 4.2×10^{-8} ミリシーベルト/ベクレルと 1/300 倍以下ではかの放射性物質より生物学的影響はかなり小さい。

これらよりトリチウム (水) による生物への影響は他の放射性物質と比較しても、小さいことが裏付けられる。

福島第一原発に関する調査を行ってきた専門家の論文がアメリカの科学誌「サイエンス」に掲載された²²⁾。処理水の放出による人体と環境への影響は「無視できる程度であると予想される」とされている。論文を執筆したのはイギリス・ポーツマス大学教授のジム・スミス氏などで、「世界中の原子力施設でトリチウムを含む排水を海洋放出

するのが一般的な慣行である」としている。フランスのラ・アーグにある原子力施設では、年間最大 1 万 T ベクレルのトリチウム水を放出している一方、福島第一原発から放出される処理水に含まれるのは年間 22 T ベクレルにとどまることから、処理水放出による人体と環境への影響は「無視できる程度であると予想される」とされている。

また処理水放出は世界中の原子力施設からの定期的な放出と変わりはなく、「計画通りに実行されれば、太平洋の生物や福島の水産物の消費に対して脅威とならないことを明らかにしている」と結論づけられる。

チョルノービリ原発の事故と、福島第一原発の事故の環境への影響を研究しているポーツマス大学のジム・スミス教授は、「今回放出される予定の処理水のトリチウム濃度は、中国の原発から放出される水の半分以下の数値であり、人体への大きな影響はない」として、放出についても、科学的見地から問題はない²³⁾。

また、「放射線の影響について研究している人々の中で、今回の処理水の放出に反対している人はいない」とした上で、中国における日本産の食品への規制強化について、「科学的理由は何もなく、経済的影響は、健康への直接的な影響よりもはるかに深刻で、規制の強化は漁業関係者の生活を損なう」としている。

さらに、処理水の放出計画の信頼性については「IAEA (= 国際原子力機関) が独立した研究所にサンプルを送り、問題がないことを確認しているため、隠蔽するのは非常に難しい」としている。同じく IAEA (= 国際原子力機関) も 22 日、「放出は国際安全基準に合致していて、環境などへの影響は無視できるものだ」と結論付けている」とする声明を発表している。

増え続ける汚染水と処理水

福島第一原子力発電所の事故後 12 年余りが経過しているが、現在、敷地内には約 1,000 基におよぶタンクに汚染水と処理水が貯められている。汚染水とは放射性物質が混じっている水で、燃料デブリを冷やすために注水した水、地下水、雨水で、原子炉建屋内を経由するため放射性物質が混じった水となる。トリチウム以外の放射性物質を

ALPS で濾過し、国の基準以下にする。これを処理水と呼ぶ。基本的にトリチウム水は水と一体で存在するため、現在の科学的操作では分離は不可能とされている。しかし現在、モジュラー型トリチウム分離装置（MDS[®]）実証実験が行われている²⁴⁾。低濃度地トリチウム水でも十分な除去が行えることが実証実験で示されている。供給水 $8 \times 10^5 \text{ m}^3$ 、 1.25×10^6 ベクレル/ℓ のトリチウム水を MDS[®] によって濃縮されたトリチウムガスにされ、これを保存することになる。出口側の洗浄された水は4.4ベクレル/ℓ（元のトリチウムの0.5%）として排出される。今後さらにこういった技術開発が進みさらに発展することを期待したい。

排出されるトリチウム濃度と国際基準

放射性物質が混入している液体を排液として排出する場合、基本的には、核種ごとに国が定める安全基準の値よりも低くして排水をする。トリチウムの場合60,000ベクレル/ℓ 以下である。この濃度の水を70年間毎日 2ℓ 飲み続けた場合、体内の被ばく線量率が1年あたり1ミリシーベルトになる値から算出されている。また WHO が定める飲料水の基準は10,000ベクレル/ℓ 以下である。福島第一原子力発電所での ALPS 処理水は1,500ベクレル/ℓ 未満で、国の基準の1/40以下、WHO の 1/7 以下の値に設定されている。これらは国際基準にも合致しており、環境中、生態系に全く問

題のない値で、国際原子力機関（IAEA）から公表された報告書からも示されている。

また近隣諸国から排出されているトリチウム水と比較をすると、4基の原子力発電所がある中国では1基あたりで102~143兆ベクレルが排出されている。福島の4.1~6.5倍、合算すれば20倍を超える排出量となる。韓国の場合、2基の原子力発電所があり、1基あたり49~71兆ベクレルで福島の2.2~3.2倍、合算すると120兆ベクレル、5倍以上の排出量となる。

ただ政府は、今後も IAEA に対する必要な情報共有をしながら、透明性をもって国内外に情報発信し、国際社会の一層の理解を醸成していくことが重要である。これら情報発信を行うために開発された包括的海域モニタリング閲覧システムについて説明をする。

包括的海域モニタリング閲覧システム

海水や魚類などの放射性物質の濃度を監視する海域モニタリングについて関係省庁、自治体などが独自に公表しているデータを包括的に収集し、閲覧できる Web サイトが開設されている。図13図中の中央の青い□が ALPS 処理水を放水している地点である。

図13中のマークをクリックすると、海水の採取日、セシウム134、セシウム137、トリチウムの濃度（ベクレル/ℓ）が表示される。

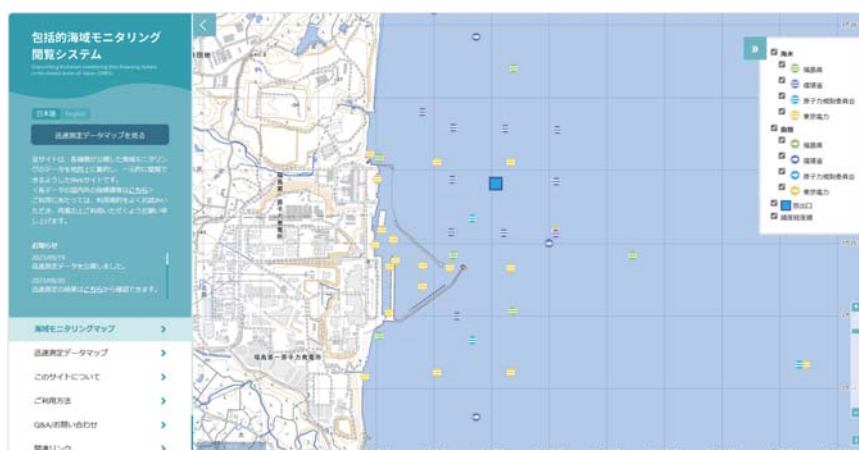


図13 包括的海域モニタリング閲覧システム

中央の青い□が処理水の放水地点

<https://www.monitororbs.jp/>



図14 採取された日にち、海水中のセシウム134, 137, トリチウム濃度

2023年3月より、福島県、原子力規制委員会、環境省、東京電力が採取した海水中のセシウム134、セシウム137、トリチウムのモニタリング結果を公表している。さらに今後は海水中の他の核種、魚類、海藻類のモニタリング結果などのデータも公表する予定とされている。図14

結語

トリチウムは自然界には $100 \sim 130 \times 10^{16}$ ベクレル存在し、年間約 7×10^{16} ベクレルが新たに生成されている。生物内の蓄積や濃縮もなく、体内に取り込まれても速やかに排泄される。世界中の原子力発電所でも生成、海洋放出されている。福島第一原子力発電所から放出されるトリチウムは22兆ベクレルに対して中国4か所の原子力発電所から排出されている量は447兆ベクレルで福島第一原子力発電所の20倍以上となる。また韓国2箇所の発電所から排出されている量は120兆ベクレルで同じく5倍以上の試算となる。また福島での排出される濃度については国の安全基準60,000ベクレル/ℓの1/40以下、WHO（世界保健機関）の飲料水基準10,000ベクレル/ℓの1/7となっている。預託実効線量係数もトリチウムは 1.8×10^{-8} ミリシーベルト/ベクレルに対してセシウム137は 1.3×10^{-5} ミリシーベルト/ベクレルで、健康への影

響もほかの放射性物質とは比較にならないくらい小さい値である。

また、第三者機関を入れたモニタリングシステムならびにその値の公表は必要であり、現在、包括的領域モニタリング閲覧システムによるデータの開示が行われ、その公明性も保たれている。

利益相反

関連する利益相反はありません。

付記

本研究は個人情報の取り扱いはなく、人を対象とする生命科学・医学研究に関する倫理指針の適応外であるため倫理審査は行っていない。

文献

- 1) 新井正一，土居亮介 ほか 福島第一原子力発電所から200kmh 慣れた地域における放射性物質の汚染状況の調査．純真学園大学雑誌（1）57-65. 2011
- 2) 新井正一，土居亮介 埼玉北部地域における福島第一原発事故に伴う放射性物質の汚染状況と除染効果．純真学園大学雑誌（2）71-80. 2012
- 3) 新井正一，土居亮介 福島県内のイネの放射性物質の分布状況と土壌からの移行率．純真学園大学雑誌（3）111-118. 2013
- 4) 新井正一，土居亮介，久志野彰寛，大沼雅明 福島

- 県内における空气中浮遊塵中の放射性同位元素の解析および内部被ばくの算出. 純真学園大学雑誌 (5) 75-80. 2015
- 5) 仲地真穂, 日浦諒大, 新井正一 タブレット端末を用いた連続空間線量率測定－福島第一原発からの距離と空間線量率との相関性の検討－. 純真学園大学雑誌 (8) 37-43. 2018
- 6) 新井正一 東日本大震災・福島第一原子力発電所事故への復興支援 被災地への地域貢献と今後の展望. 純真学園大学雑誌 (7) 15-31. 2017
- 7) 経済産業省資源エネルギー庁ホームページ 福島第一原発廃炉に向けたロードマップ.
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/fukushima/roadmap.html> (最終閲覧日2023.11.03)
- 8) 宮本泰明, 石川真澄 放射性廃棄物処理・処分に關する研究の現状と課題. 日本原子力学会誌 (56) 26-31. 2014
- 9) 福島民友新聞社 号外. 処理水24日放出 2023.8.22
- 10) ALPS 処理水の海洋放出にあたって 東京電力 動画
<https://www.youtube.com/watch?v=rkMKwotEGYk&t=2s>
(最終閲覧日2023.11.13)
- 11) みんな知ろう. 考えよう. ALPS 処理水のこと. 経財産業省パンフレット
- 12) 原発処理水の放出開始 朝日新聞 2023年 8 月24日
- 13) IAEA が東京電力福島第一原発における ALPS 処理水の安全性に関する包括報告書 経済産業省 資源エネルギー庁ホームページ
<https://www.meti.go.jp/press/2023/07/20230704005/20230704005.html> (最終閲覧日2023.11.13)
- 14) ALPS 処理水について知ってほしい3つのこと 復興庁 (動画)
- 15) トリチウムの自然界での存在量－環境省ホームページ
www.env.go.jp/chemi/rhm/r3kisoshiryo/r3kiso-02-05-18.html (最終閲覧日2023.11.13)
- 16) 志村勉, 山口一郎, 寺田宙ほか トリチウムの生体への影響と低線量放射線影響研究の課題. 保健医療科学. (70) 2. 160-165. 2021
- 17) 馬田敏幸 トリチウムの生体影響評価 産業医科大学雑誌 39 (1) : 25-33 (2017)
- 18) ICRP Publication 89 (2002)
- 19) UNSCEAR 2016 REPORT, Sources effects and risks of ionizing radiation, Annex C – Biological effects of selected internal emitters – Tritium, (2016)
- 20) トリチウムによる健康影響 日本放射線影響学会放射線災害対策委員会編 (2019)
- 21) ICRP Publication 119, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP 60, 2012
- 22) Jim T. Smith. Nigel Marks. Tony Irwin. The risks of radioactive wastewater release. DOI: 10.1126/science.adi5446 Science 382 (6666) 31-33. 2023
- 23) Carste AL: Advances in Radiation Biology. Academic Press, New York Vol8 pp419-458
- 24) トリチウム分離技術の検証のための実証事業 経済産業省資料
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committee/tritium_tusk/pdf/160419_05.pdf (最終閲覧日2023.11.13)