

【原子力ワンポイント】 広く利用されている放射線

(122) トリチウムって何？何が問題？(その9)

本コラムでは前回、「多核種除去設備（ALPS）で処理した処理済水は、トリチウム（ ^3H ）除去ができておらず、タンクに貯蔵中」と紹介しました。原子力災害対策本部が2013年12月20日付けで決定した汚染水に関する追加対策の中で、「大量貯蔵に伴うリスクが残存する ^3H 水の取扱いについては、あらゆる選択肢について、総合的な評価を早急を実施し、対策を検討する」との方針を示しました。結果はどうなったのでしょうか。今回は、処理済水の ^3H 濃度を探ってみましょう。

ゆりちゃん：処理済水の ^3H 濃度って、どんな単位で表されるのですか？

タクさん：ゆりちゃんは「内部被ばく」って、聞いたことがありますか。放射性物質を食べたり吸い込んだりしたときに受ける被ばくのことでですね。電球を呑み込んでいる状態を想像して下さい。「どれだけ光っているか」という量が放射性物質の濃度となります。この光の強さは、通常、ベクレル（Bq）という単位で表示されます。「1 Bq」とは、1秒間に1回原子核が壊れる状態を意味します。このとき、約1～2本の放射線（光）が放出されます。放射線の数（1秒間）を測定すれば、「Bq」が求められます。汚染水の ^3H 濃度は、この「Bq」を水量（L：リットル）で割った値、すなわち「Bq/L」で表されます。

ゆりちゃん：福島第一原子力発電所で問題となっている ^3H 濃度って、どのくらいの量なのですか？

タクさん：東京電力は2016年11月11日、「第1回多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」で、福島第一原子力発電所における廃炉・汚染水処理の状況を説明しました。表1を見て下さい。放出された ^3H の総量は、ORIGEN2（オークリッジ国立研究所で開発された核分裂生成物の計算コード）を使って「約 2.5×10^{15} Bqⁱ」と評価されました。図1を見て下さい。汚染水を処理する設備の全体構成図です。この ^3H 総量は、同図に赤字で示す場所「①タンク貯留水（(a) 処理水（濃縮塩水）、(b) 淡水、(c) ALPS 処理水）と②建屋滞留水」および同図には記載されていない「③海水配管トレンチ内水と④その他」に含まれる ^3H をそれぞれ足し合わせた量となります。もう一度、表1を見て下さい。これらの中で「建屋滞留水中」の ^3H の量は、淡水化装置出口濃度実測データ（2016年9月）と建屋滞留水量（約 $82,700 \text{ m}^3$ ）より計算され「約 1.5×10^{13} Bq」と評価されました。

ゆりちゃん：話の途中ですが、淡水化装置出口付近の ^3H 濃度は、事故当初に比べたら大分低くなっているのではないですか？

タクさん：これはかなり高度な質問ですね。この質問に答えるためにはまず、2016年9月時点の淡水化装置出口付近における ^3H 濃度を求めないといけませんね。そのためには、上述の建屋滞留水中の ^3H の量（約 1.5×10^{13} Bq）を建屋滞留水量（約 $82,700 \text{ m}^3$ ）で割ればいいですね。答えは、「約 1.5×10^{13} Bq / 約 $82,700 \text{ m}^3 =$ 約 $1.8 \times 10^8 \text{ Bq/m}^3 =$ 約 $1.8 \times 10^5 \text{ Bq/L}$ 」となります。事故の当初（2011年頃）における淡水化装置出口付近の ^3H 濃度は約 $4 \times 10^6 \text{ Bq/L}$ でした。したがって、「その後の地下水などの流入等によって次第に濃度が低くなり、2016年9月には約5%まで濃度が下がった」と言えますね。

ゆりちゃん：残りのタンク貯留水、海水配管トレンチ内水、その他における ^3H の量はどうなっているのですか？

ⁱ ^3H 総量（または量）は、 ^3H 濃度（Bq/L）と汚染水量（L）の積である。

ⁱⁱ 宇宙線等による ^3H の生成量は約 7×10^{16} Bq/年であり、宇宙線等に由来する ^3H の存在量は約 $(1 \sim 1.3) \times 10^{18}$ Bqある。

タクさん：もう一度、表1を見てください。タンク貯留水は、(a) 処理水（濃縮塩水）、(b) 淡水、(c) ALPS 処理水を合わせたものとなっており「約 7.5×10^{14} Bq」と評価されています。また、海水配管トレンチ内水は、2015年までに全量移送完了したので「零」と評価されています。問題は「その他」ですね。「総量」から、タンク貯留水および建屋滞留水の ^3H 量を差し引いて求められ、「約 1.7×10^{15} Bq」と評価されました。この ^3H には事故時に放出されたものを含みますが、燃料デブリ内（溶融した核燃料や被覆管および原子炉構造物などが冷えて固まった物）等に存在するものと想定されます。このうち、燃料が溶融した際に外部へ放出された ^3H 量については、Povinec 教授（スロバキア国立コメニウス大学）らの研究グループが2011年6月、ハワイ大学所属の海洋観測船を使い、福島原発の沖合約40kmの地点で ^3H の濃度の深度分布を測定しています。同時に測定した放射性セシウム (^{137}Cs) の深度分布の情報と比較検討することにより、原発事故によって外部へ放出された ^3H 量を予測、米国の学術誌「Biogeosciences」2013年第10号で、「その量は $1 \sim 5 \times 10^{14}$ Bq と推定」と発表しました。しかし、まだ推測の域を出ていません。更なる検討が必要と言えますね。さて、今回は、 ^3H 水の海洋放出等、具体的な検討を目的として設置（2013年12月）された「 ^3H 水タスクフォース」の活動を紹介します。（原産協会・人材育成部）

表1. トリチウムの量(推定)
(2016. 9. 22時点)

推定箇所		トリチウムの量(Bq)	備考	
総量		約 2.5×10^{15}	*1	
内訳	・タンク貯留水	処理水(濃縮塩水)	約 7.5×10^{14}	*2
		処理水(淡水)		
		ALPS処理水		
	・建屋滞留水	約 1.5×10^{13}	*3	
	・海水配管トレンチ内水	—	*4	
・その他	約 1.7×10^{15}	*5		

- *1 事故時の炉内トリチウムインベントリ（総量）を、ORIGEN2(原子炉内の核分裂生成物の生成量を計算するコード)を使用して評価
- *2 淡水化装置出口濃度データとタンク貯留水量より推測
- *3 淡水化装置出口濃度データと建屋滞留水量(約82,700m³)より推測
- *4 2・3・4号機の海水配管トレンチ内の水は、2015.12迄に全量移送を完了
- *5 総量から、タンク貯留水・建屋滞留水・トレンチ内水のトリチウム量を差し引いて算出(事故時に環境に放出されたものを含むが、主に燃料デブリ内等に存在するものと想定される)

(参考: www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committee/.../001_02_02.pdf)

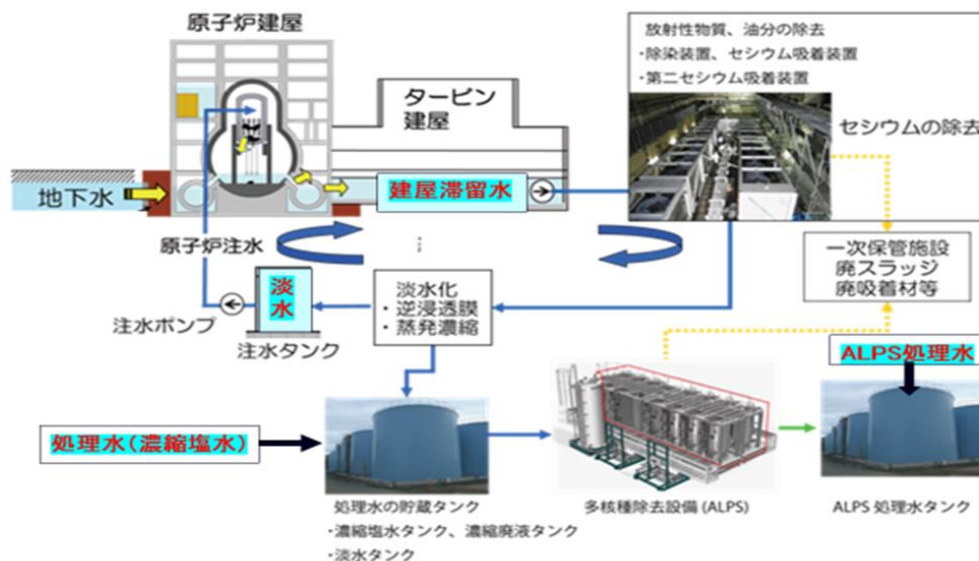


図1. 汚染水と原子炉循環冷却の概念図
(福島第一原子力発電所の汚染水の状況と対策について「H26年2月、東京電力株式会社」を一部修正)
(<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/46661.pdf>)