

【原子力ポイント】 広く利用されている放射線

(121) トリチウムって何？何が問題？(その8)

本コラムでは前回、青森県六ヶ所村で建設が進められている原子燃料再処理施設に注目し、「 ^3H がどのようにして生成し、どのように取り扱われるか」、その見通しを探ってみました。今回は東京電力福島第一原子力発電所事故で問題となっているトリチウムについて、まず福島第一原子力発電所内の汚染水の状況から探ってみましょう。

ゆりちゃん：汚染水って何ですか？

タクさん：ゆりちゃん、「東北地方太平洋沖地震」によって発生した津波が、福島第一原子力発電所を襲った事故を覚えていますか。原子力発電所 1~3 号機は冷却機能を失ったため、初期の時点においては、ろ過した水や海水を連続的に注入し、原子炉を冷やす懸命な努力がなされました。また、4 号機は定期検査中で、原子燃料は全て使用済燃料プールに取り出されていましたが、燃料プールの冷却機能が一時的に失われ、他の炉と同じように冷却操作を必要としました。原子炉や燃料プールの冷却に使用された普通の水（軽水）は、津波で浸入した海水や建物外部から浸入した地下水（約 $400\text{ m}^3/\text{日}$ ⁱ）とともに放射性物質を含んだ状態となり、今も原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋などに滞留（以下、滞留水という）しています。図 1 を見て下さい。同図は、滞留水を処理する設備の全体構成図です。滞留水については、セシウム除去、塩分除去（ろ過膜の一種である“逆浸透膜”を使う方法および蒸発濃縮の方法）などの処理設備を介して浄化され、約 $400\text{ m}^3/\text{日}$ ⁱⁱ で循環しながら炉心を冷却しています。処理設備で放射性物質を低減した汚染水（以下、処理水という）は、タンクなどに貯蔵されています。一方、図 1 には記載されていませんが、建屋周辺にあって「トレンチ」と呼ばれる地下のトンネルに存在する汚染水もありました。このように汚染水は一種類ではなく、何種類かあるのです。

ゆりちゃん：汚染水は、どのくらいの量が貯蔵されているのですか？

タクさん：汚染水の貯蔵量は変化するので評価するのは難しいのですが、一例として東京電力が 2014 年 5 月 7 日に報告した「福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含むたまり水の貯蔵及び処理の状況について（第 149 報）」を参考にして調べて見てみましょう。もう一度、図 1 を見て下さい。まず「滞留水」です。その貯蔵量は当時、約 9.4 万 m^3 と見込まれていました。次に「処理水」です。塩分除去された淡水ですが、これは原子炉の冷却水として再利用されると同時に注水タンクに貯蔵されました。その量は約 2.2 万 m^3 でした。濃縮塩水は冷却水に再利用できないので、貯蔵タンクに全量保管されました。その量は約 36.4 万 m^3 でした。さらに、多核種除去設備（ALPS）処理水は、ALPS 処理水タンクに全量保管されました。その量は約 7.9 万 m^3 でした。最後はトレンチ内の滞留水量です。この量は約 1.1 万 m^3 と見込まれていました。これらをまとめると、約 57 万 m^3 の滞留水（汚染水）が 2014 年 5 月時点において貯蔵されていたこととなりますが、地下水の流入で汚染水は増え続け、2016 年 4 月 23 日発行の週刊東洋経済には約 80 万 m^3 という数値が記述されています。

ゆりちゃん：汚染水中に含まれる放射性物質は除去できるのですか？

タクさん：汚染水中には、本コラムで注目しているトリチウム（ ^3H ）以外にも多くの放射性物質が含まれています。原子力災害対策本部は 2013 年 9 月 3 日、「汚染水問題に関する基本方針」として、まず、汚染源を「取り除く」対策の強化を提言しました。東京電力は事故直後から放射性セシウム（ ^{137}Cs ）を除去する

ⁱ 現在は山側から海に流れ出ている地下水のうち、1 日あたり約 $150\text{ m}^3/\text{日}$ が原子炉建屋に流れ込み、新たな汚染水となっている（<http://www.tepco.co.jp/decommission/planaction/waterprocessing/index-j.html>）。

ⁱⁱ 現在は、約 $320\text{ m}^3/\text{日}$ で循環しながら炉心を冷却している（http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2015/images/handouts_150115_08-j.pdf）。

設備を稼働させ、塩分を取り除いて淡水化してから原子炉へ注入する「循環注水冷却」の運転を開始して
 いました。そして 2013 年 3 月には放射性物質の除去効率をさらに高めるために、ALPS の運転を開始し
 ました。ALPS は、「表 1 に示す約 62 種類の放射性物質を効果的に除去する性能を持つ」と期待されてい
 ました。表 2 を見て下さい。同表は、東京電力が 2014 年 4 月 24 日に報告した「福島第一原子力発電所
 におけるトリチウム量及び多核種除去設備処理水化学的水質について」に基づいて作成したものです。この
 表を見れば、セシウム除去装置、淡水化装置および ALPS を導入することにより、³H 以外の放射性物質は
 十分に安全といえる放射能レベルまで浄化できることがわかります。それでは、残された ³H はどうするの
 でしょうか。次回に具体的な対応策を探ってみましょう。 (原産協会・人材育成部)

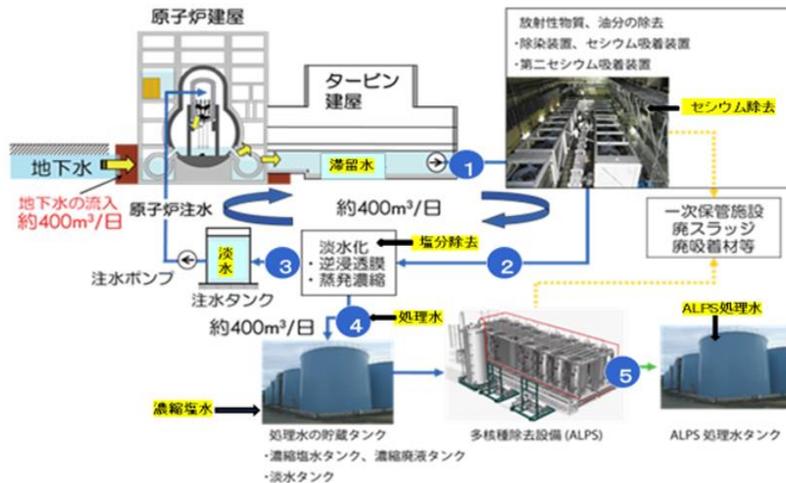


図 1. 汚染水と原子炉循環冷却の概念図
 (福島第一原子力発電所の汚染水の状況と対策について「H26年2月、東京電力株式会社」を一部修正)
 (<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/46661.pdf>)

表 1. 汚染水(滞留水)中の放射性セシウムとトリチウムの放射能測定例

核種	半減期	核種	半減期
1 ルビジウム(Rb)-86	約19日	32 バリウム(Ba)-140	約13日
2 ストロンチウム(Sr)-89	約51日	33 セリウム(Ce)-141	約32日
3 ストロンチウム(Sr)-90	約29年	34 セリウム(Ce)-144	約280日
4 イットリウム(Y)-90	約64時間	35 プラセオジム(Pr)-144	約17分
5 イットリウム(Y)-91	約59日	36 プラセオジム(Pr)-144m	約7分
6 ニオブ(Nb)-95	約35日	37 プロメチウム(Pm)-146	約6年
7 テクネチウム(Tc)-99	約210,000年	38 プロメチウム(Pm)-147	約3年
8 ルテニウム(Ru)-103	約40日	39 プロメチウム(Pm)-148	約5日
9 ルテニウム(Ru)-106	約370日	40 プロメチウム(Pm)-148m	約41日
10 ロジウム(Rh)-103m	約56分	41 サマリウム(Sm)-151	約87年
11 ロジウム(Rh)-106	約30秒	42 ユロピウム(Eu)-152	約13年
12 銀(Ag)-110m	約250日	43 ユロピウム(Eu)-154	約9年
13 カドミウム(Cd)-113m	約15年	44 ユロピウム(Eu)-155	約6年
14 カドミウム(Cd)-115m	約45日	45 ガドリニウム(Gd)-153	約240日
15 スズ(Sn)-113m	約290日	46 テルビウム(Tb)-160	約72日
16 スズ(Sn)-123	約130日	47 プルトニウム(Pu)-238	約88年
17 スズ(Sn)-126	約100,000年	48 プルトニウム(Pu)-239	約24,000年
18 アンチモン(Sb)-124	約60日	49 プルトニウム(Pu)-240	約6,600年
19 アンチモン(Sb)-125	約3年	50 プルトニウム(Pu)-241	約14年
20 テルル(Te)-123m	約120日	51 アメリシウム(Am)-241	約430年
21 テルル(Te)-125m	約58日	52 アメリシウム(Am)-242m	約150年
22 テルル(Te)-127	約9時間	53 アメリシウム(Am)-243	約7400年
23 テルル(Te)-127m	約110日	54 キュリウム(Cm)-242	約160日
24 テルル(Te)-129	約70分	55 キュリウム(Cm)-243	約29年
25 テルル(Te)-129m	約34日	56 キュリウム(Cm)-244	約18年
26 ヨウ素(I)-129	約16,000,000年	57 マンガン(Mn)-54	約310日
27 セシウム(Cs)-134	約2年	58 鉄(Fe)-59	約45日
28 セシウム(Cs)-135	約3,000,000年	59 コバルト(Co)-58	約71日
29 セシウム(Cs)-136	約13日	60 コバルト(Co)-60	約5年
30 セシウム(Cs)-137	約30年	61 ニッケル(Ni)-63	約100年
31 バリウム(Ba)-137m	約3分	62 亜鉛(Zn)-65	約240日

(http://www.tepco.co.jp/nu/fukushimanp/f1/genkyo/fp_cc/fp_alps/index.html)

表 2. 汚染水(滞留水)中の放射性セシウムとトリチウムの放射能濃度測定事例
 (第2回トリチウムタスクフォース資料(H26.1.15)より作成)

測定場所	放射能濃度(Bq/リットル)		測定日
	Cs-137	H-3	
セシウム除去装置入口水①	10,000,000~100,000,000	100,000~1,000,000	H25.11.5
セシウム除去装置出口水②	1,000~10,000	同上	同上
淡水化処理装置出口水(淡水)③	10~100	同上	同上
同上(濃縮塩水)④	1,000~10,000	同上	同上
多核種除去設備(ALPS)出口水⑤	0.1~1	同上	H25.4.9~4.12

*①~⑤は図1に記載した滞留水の位置番号