

【原子力ワンプoint】 広く利用されている放射線

(133) 社会的受容性 (その9)

前回の本コラムでは、「近畿大学井原辰彦教授らの研究チームが、放射性物質のトリチウム (^3H) を含んだ水を除去する新技術を開発したというニュースが流れ、公聴会¹でも話題となっていた」と書きました。今回はその内容を探ってみましょう。

ゆりちゃん:「トリチウム水を除去する新技術」ってどんなものですか？

タクさん: 近畿大学のニュースリリース (2018年06月27日付)「汚染水からトリチウム水 (HTO) を取り除く技術を開発—東日本大震災の復興支援プロジェクトから生まれた汚染水対策」、を見てみましょう。3つのポイントとして、①汚染水から HTO を、高効率に低コストで分離・回収に成功、②装置は再生利用可能で継続的な除染処理が可能、③東日本大震災の復興支援を行う「“オール近大” 川俣町復興支援プロジェクト」の一環、と書かれています。本発明の特徴が簡潔に説明されています。

ゆりちゃん:「HTO を除去する新技術」の内容について、もう少し詳しく説明して下さい。

タクさん: まず、最初に知っておいてもらいたいことは、HTO は、普通の水 (雨水など) と化学的性質がとてもよく似ており、両者を分けて取り出すことは、とても難しいということです。その次に、福島第一原子力発電所で処理しなくてはならない HTO は、どのくらいの量かということです。現在、構内にある貯蔵タンクには、合計で「約 80 万 m^3 」の汚染水が溜まっています。身近な例では、皇居のお堀の貯水量が「約 48 万 m^3 」だそうです。すると、汚染水は、お堀の水の約 1.7 倍となります。莫大な量ですね。さらに大事なことは、この中にどのくらいの量の HTO が含まれているか、ということです。ゆりちゃんは、覚えていないかもわからないけれど、広く利用されている放射線 (122) で、「福島第一原子力発電所のタンク内には ^3H が、放射能の単位で、合計で、約 7.5×10^{14} ベクレル (2016年9月22日時点) と推定される」と紹介しました。この数字を見た (聞いた) 人は、多分、誰もがその大きさに驚くでしょう。しかし、この放射能の強さを「グラム (g) 単位」に換算すると、わずか「2g 弱」です。HTO に換算すると、『13g 程度』、体積で考えると『約 15 cm^3 』です。お猪口 (ちょこ) 1 杯分 (大きじ 1 杯分) にも達しない「極少量」です。これだけ大量の汚染水の中から、極少量の HTO を、分離して処理することはとても難しいのです。

ゆりちゃん: 井原教授らはどのようにして、この至難のわざに、挑戦しようと考えたのですか？

タクさん: 少し専門的になりますが、ちょっと我慢して聞いてください。井原教授らは、炭やスポンジのような構造の「多孔質体」を製作しました。この多孔質体に、ストローのような細い管をつけて汚染水につけると、管の中の水が上昇してきます。この現象は「毛管凝縮」と呼ばれています。この多孔質体には、微細な穴「細孔 (直径 $5 \times 10^{-9}\text{m}$)」が開けられています。すると、不思議なことに (井原教授らにとっては予測できていたと思いますが)、細孔内にとり込まれた汚染水の中から、HTO だけが細孔内に取り残されて、水だけが外部に放出されたのです。そして、多孔質体を収納した装置によって、汚染水から HTO を効率的に分離することができたのです。その後、多孔質体を加熱すれば、細孔内に残った HTO を放出させ、回収することができます。装置は繰り返し利用できます。井原教授は、同ニュースリリースの中で、「装置は繰り返し利用できるため、低コストでの HTO 除染が可能です。本研究成果により、(福島第一原子力発電所のタンク内に貯留されている) 汚染水の容量を削減することが可能になり、汚染水の保管場所問題の改善が期待できます。」といます。

ゆりちゃん: 井原教授らの新技術は、福島第一原子力発電所の現場で、すぐに使えるのですか？

タクさん: それはちょっと難しいですね。図 1 を見てください。井原教授らが実験に用いた水と HTO を分離する装置です。同

¹福島第一原子力発電所に溜まり続けるトリチウムを含んだ汚染水の問題について住民の意見を聞くため、国の有識者会議が 2018年8月末、福島および東京で3回開かれた公聴会。

図を見てわかると思いますが、今はまだ、実験室レベルで性能試験が行われ、実用化の可能性が見えてきたという段階です。

ゆりちゃん：ほかに、福島第一原子力発電所の現場ですぐに使える方法はないのですか？

タクさん：実は、経済産業省は、2014年10月～2016年3月にかけて、「トリチウム分離技術検証試験」と呼ばれる事業を推進していました。「福島第一原子力発電所のタンクに貯蔵された汚染水から、十分な信頼性をもってHTOを分離できる技術はあるのか？そして、もしも建設するとすればその建設コスト、およびランニングコストはどの程度かかるのか？」などの検証が目的でした。同事業の中核をなす「廃炉・汚染水対策事業事務局」は2016年4月19日、本事業の総括及び評価を発表しました。表1を見てください。多量の汚染水から、「極少量のHTO」を分離する「実用化が見込める技術」として、核融合炉研究で先行的に検討が進められていた3通りの技術、すなわち、①KURION社による「水-水素同位体交換法（CECE法）ⁱⁱ」、②RosRAO社による「水蒸留法ⁱⁱⁱとCECE法との組み合わせ」、③ササクラ社による「触媒機能を有した低温真空蒸留法（水蒸留法の一つ）」を採択して、検証試験を行いました。残念ながら、結果はいずれも、満足できるものではありませんでした。核融合炉研究で培われた技術を単純に応用するだけでは、「極少量のHTO」を、十分な精度で分離できなかったのです。同様に、井原教授らの新技術も道のりは遠いと考えられます。しかし、HTOを分離する原理は斬新です。また、装置の再利用も可能です。ひょっとしたら、近い将来、「極少量のHTO」の分離能力が格段に向上し、福島第一原子力発電所における汚染水の保管場所の改善が期待できるかもわかりません。今後に期待しましょう。

（人材育成部）

表1. トリチウム分離技術検証試験事業の採択事業者と分離技術

(http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osersuitaisaku/committees/tritium_task/pdf/160419_06.pdf)

2016年4月19日

廃炉・汚染水対策事業事務局



図1. 近畿大学が開発した普通の水とトリチウム水を分離する装置
(<https://digitalpr.jp/r/27837>)

カテゴリー	事業者名	実施期間	トリチウム分離技術
A	Kurion, Inc.	2014.10.21 -2016.3.31	水-水素同位体交換法 (CECE法)
	Federal State Unitary Enterprise "Radioactive Waste Management Enterprise" RosRAO "	2014.10.14 -2016.3.31	水蒸留法とCECE法との組み合わせ
	株式会社ササクラ	2015.3.31 -2016.3.31	触媒機能を有した低温真空蒸留法(水蒸留法)

事業成果の総括

カテゴリAは、実験室レベルの試験ではなくて、任意の規模の設備を構築し、実プラントにおける分離性能やコスト等を評価することを目的とし、3事業者において、CECE法、水蒸留法、及び両者の組み合わせの3通りの技術の実証試験が行われた。それぞれの事業者から、実プラントの分離性能、コストなどの概算が示されたが、その精度や信頼度については精査が必要であることを含め、実プラントに向けては様々な課題があり、ただちに実用化できる段階にある技術は確認されなかった。

ⁱⁱ KURION社のトリチウム分離システム（CECE法）では、先ず、トリチウム水（HTO）を水素、酸素、トリチウム（³H）に電気分解する。水素とトリチウム（³H）は、酸素と分けて、反応塔（カラム）に送られる。水素はカラムを上昇するが、この時、トリチウム（³H）は、カラムの上から流れ落ちる純水に移行、濃縮される。

ⁱⁱⁱ 水蒸留法では、水の蒸気圧（液体が気体になって体積が増えることによって生じる圧力）が、普通の水>重水>トリチウム水の順に高くなっている性質を利用し、反応塔（カラム）で水の蒸発・凝縮を繰り返し行うことで液中にトリチウム（³H）を濃縮する。