

科目名 原子力・放射能基礎論
—原子力と放射線の今を考える—

講義 8 「トリチウム問題」

講師：戸井田 良晴

I. 講義の目標

福島原発から放出された放射性核種のうち、現行の技術で処理が困難と言われているトリチウムについて、その物理・化学的性質、現存するトリチウムの起源と存在量、過去および現在の用途、人体への影響について学びます。また、従来から知られてる水とトリチウムを分離する方法、福島事故以降考案された分離法を紹介します。最後にロシア企業から提案されたトリチウム分離・固定化方法について説明します。

II. 講義の概要

トリチウム問題

1. トリチウムとは

- ・核が陽子 1 個と 2 個の中性子で構成される水素の同位体
- ・質量が水素の 3 倍であるため、融点や沸点などの物理物性が異なる。
- ・分子の電子構造が同じため、化学的物性は類似する。
- ・半減期 12.32 年で最大 18.59 keV、平均 5.7 keV の低エネルギーの β 線を放出して ^3He に壊変。

2. トリチウムの起源と存在量

- ・宇宙線由来 : 宇宙線と大気中の酸素・窒素が反応し生成
平衡存在量は約 5 kg / 全世界
- ・地殻由来 : 地殻中の放射性物質由来で生成
- ・核実験由来 : 原爆の核反応で生成、水爆は爆発原料としてトリチウムを使用
平衡存在量の約 200 倍を放出
- ・原子力発電由来 : 重水炉や”ふげん”等から、10 kg / 年程度を生成

3. トリチウムの用途

- ・1950年代に水素爆弾の材料に使われたが、現在は他の材料に置き換えられた。
- ・現在は主に生体分子や医薬品で軽水素の一部をトリチウムに置き換え、それら分子の代謝研究などに使用される。
- ・将来は核融合の原料 (3 kg / 1 炉を使用) としての用途が期待されている。

4. トリチウムの人体への影響

- ・トリチウムの β 線のエネルギーが小さいため外部被ばくは生じない、また

内部被ばくも比較的小さいと考えられている。

- ・ただし、過去4回の事故で死者4名、負傷者7名が生じている。
- ・トリチウムの生体への影響は他の核種と異なるとする意見が存在。

5. 福島原発汚染水の課題

既存の除去装置ではトリチウムは取り除けず、処理水として残る処理水の量が多くなりすぎ、敷地内で保存するのが困難に海に放出するには濃度が高すぎ、また、総量が多すぎる。

化学工学的には半導体材料中の不純物（ppb、ppt）の濃度レベル

6. 既知トリチウムの分離技術

- ・原子・分子状態での分離 : レーザー照射／磁気分離
- ・ガス状態での分離 : 遠心分離／熱拡散法
: ガスクロマトグラフ法（水素ガス）
- ・液体状態での分離
蒸留 : 水素同位体ガスの深冷蒸留法、水素同位体水の減圧蒸留
電気分解 : 水素同位体水の電気分解法
- ・化学分離 : 同位体交換法（気相法、液相法）
- ・二重温度交換法（Girdler-Spevack法）
- ・メンブラン・フィルター
その他の手法
・吸着法（ゼオライトや水素吸蔵金属等への吸着）

7. 出願特許などからみた福島事故以後の分離技術

- ・既知分離技術の条件最適化
- ・既知技術の組み合わせ
- ・他産業の技術応用

8. ロシア ロスアトム社の分離・固定技術

- ・原子力潜水艦の原子炉廃液の処理技術応用
- ・各種分離・固定技術の組み合わせ
 - ・蒸留法による不純物の除去
 - ・電気分解によるトリチウム濃縮
 - ・水素吸蔵合金によるトリチウムの固定
- ・課題
 - ・高システム・運用コスト／水素吸蔵合金の保存