

5-① トリチウム分離技術検証試験

事業の目的

福島第一原子力発電所内で発生する汚染水については、62核種を取り除く取組を実施しているものの、トリチウムが分離できずに残るため、トリチウム分離技術に関しての検証試験を実施した。具体的には、発電所内で発生しているトリチウム水(6.3×10⁵Bq/Lから4.2×10⁶Bq/L(採取時期により濃度が異なる))を対象に、分離性能の検証を行うため、任意の規模の設備を構築し、分離性能、建設コスト・ランニングコストを評価できる検証試験を行った。

事業の内容と成果

任意の規模の設備を構築して実プラントにおける分離性能やコスト等を評価するカテゴリA(3事業)、及び実験室レベルにおける試験により分離性能やコスト等を評価するカテゴリB(4事業)を実施した。いずれも種々課題があり直ちに実用化できる分離技術は確認されなかった。

(1) カテゴリA

① Kurion: 水-水素同位体交換法(CECE法)(図1)

- ・小規模試験や1/10スケール(エンジニアリング・スケール)の設備を構築し、得られた実験データから、実プラントにおける分離性能の検証やコスト見積もり等が行われた。
- ・処理容量400m³/日、分離係数284(減損側H-3濃度:4.4Bq/cc)を前提にした設計では、設備規模10,200m²、資本費\$891,400,000、運転費\$1,157,500,000(80万m³処理当り、以下同じ)と見積られた。
- ・試験データには不安定性や再現性も含めたばらつきがあり、性能等を評価するには更なるデータ取得が必要であること、試験プラントでは、実プラントの設計で想定しているレベルの性能が得られていないこと、実プラントの建設や解体に係るコスト見積もりは過小評価と考えられることなどの課題が指摘された。



図1 Kurionの試験装置

② RosRAO: 水蒸留法とCECE法との組み合わせ(図2)

- ・実規模レベルの設備を構築し、得られた実験データ等から、実プラントにおける分離性能の検証やコスト見積もり等が行われた。
- ・処理容量480m³/日、分離係数500を前提にした設計では、建設費用385億円、運転費用405億円と見積られた。
- ・分離性能等の根拠データを明確にする必要があること、濃縮側廃棄物量も含めたマスマランスの精査が必要であること、長期運転やプロセスの安定性の試験も必要であること、コスト見積もりは過小評価と考えられることなどの課題が指摘された。



図2 RosRAOの試験装置

③ ササクラ: 触媒機能を有した低温真空蒸留法(図3)

- ・エンジニアリングスケールの設備を構築し、得られた実験データから実プラントにおける分離性能の検証やコスト見積もり等が行われた。
- ・処理容量400m³/日、分離係数100を前提に設計すると、設備規模15,000m²、建設費用371億円、運転費用212億円と見積られた。
- ・蒸発濃縮による前処理の試験データがしっかりと示されたとの評価の一方、試験規模が小さく、実プラントまでのスケールアップを行うためには、もう一段規模の大きい試験プラントでの評価が必要であること、コスト等の見積もりは、より大きい規模の試験により精査する必要があることなどの課題が指摘された。

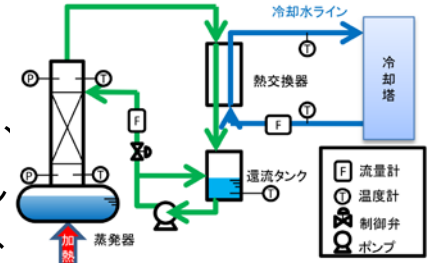


図3 ササクラの試験装置

(2) カテゴリB

① 創イノベーション: 二段階ガスハイドレート法(図4)

- ・トリチウム水のみを構造中に含むガスハイドレート結晶を析出させ、固液分離によりトリチウムを分離する方法について、実験室レベルの試験が行われた。
- ・反応容器500mlのラボスケール試験装置による検討結果、1段階分離処理によってトリチウムを含む水からトリチウムを、分離係数最大341でトリチウム濃度を低減することに成功した。一方で、2段階ガスハイドレート法によるトリチウム分離処理のうち、2段階の分離処理性能については、今回の最小規模の試験装置では実証することが原理的に困難との課題が残った。

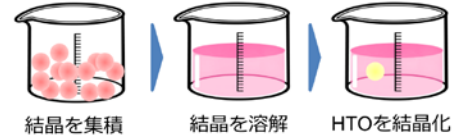


図4 ガスハイドレート法

② 東芝: 多段式晶析法(図5)

- ・水とトリチウム水の凝固点差を利用して氷にトリチウムを取り込み、トリチウム濃度が上昇した氷を除去する方法について、実験室レベルの試験が行われた。
- ・トリチウム液を用いた試験の結果、氷滞在時間を適切に設定することで、1段階処理あたりのトリチウム分離比として、1.02を得る見込みを得たが、分離性能が低く、水蒸留法やCECE法などの既存の方法に対して有利な方法であるとは言えないとの指摘がなされた。

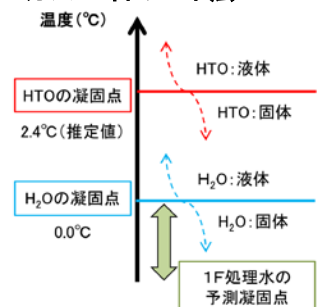


図5 晶析法

③ ネクスタイド: 多連電解槽式電解法(図6)

- ・クラスターを形成する通常の水と単独で存在すると考えられるトリチウム水の分子の大きさの違いによる電解時の水素イオンの担送の差により分離する方法に関して、実験室レベルの試験が行われた。
- ・トリチウム水を用いた単体セルによる電解試験を行い、分離係数1.015を得た。しかしながら、データの不確実性が大きく、トリチウムが選択的に濃縮又は減損されたかどうかは明確ではないとの指摘がなされた。

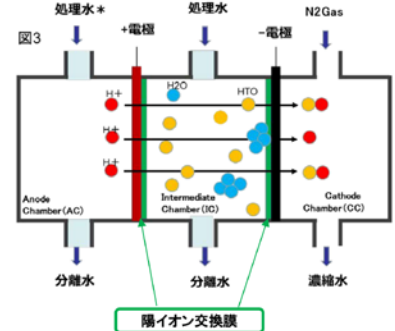


図6 電解法

④ 北海道大学: 燃料電池を用いた電解再結合法(図7)

- ・軽水素とトリチウムでは、質量数の差によりイオンからガスに変わる電極反応速度に差が生じることを利用して分離する方法に関して、実験室レベルの試験が行われた。
- ・燃料電池セルでのトリチウムの濃縮について有用な実験データが得られたとの評価がある一方、処理対象水中のトリチウム濃度より高い濃度の重水を用いた実験であり、福島第一原子力発電所のトリチウム水のような低濃度領域での同位体分離への適用性は確認されていないとの課題が指摘された。

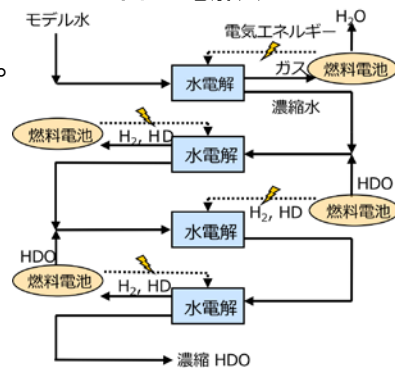


図7 燃料電池を用いた電解再結合法

実施者

Kurion, Inc., RosRAO, FSUE, 株式会社ササクラ, 国立大学法人北海道大学, 株式会社ネクスタイド, 株式会社東芝, 創イノベーション株式会社

2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度
			トリチウム分離技術検証試験		