

[様式2（汚染水処理対策委員会に報告し、一般公開となるものです）]

御提案書	
技術分野	②, ③ （「技術提案募集の内容」の該当番号を記載願います）
提案件名	トリチウム水の同位体分離処理と最終処分のフィジビリティ評価
提案者	日本原子力学会
1. 技術等の概要（特徴、仕様、性能、保有者など）	
1) 特徴：	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・汚染水について、地下水・雨水等の流入を抑制し、他の放射性核種、塩類等を除去したのちの純粋なトリチウム含有水を対象とし、以下の一連の技術検討を行う。</li> </ul>	
i) トリチウム水中のトリチウムを同位体分離により濃縮回収し、安全管理する技術の調査とそれを福島汚染水に適用する際のシステム評価。	
ii) トリチウム水中よりトリチウム濃度を低減し、さらに必要に応じて希釀と海中放出のシナリオ構築とその際のトリチウムの環境挙動分析技術の提案と評価。	
iii) 以上二点をまとめ総合的なトリチウムのリスクとして評価し、フィジビリティを含めてトリチウム水処理シナリオ案として策定する。	
2) 仕様・性能	
i) 福島第一原子力発電所内に貯蔵される汚染水を、現行の多核種除去設備(ALPS)などにて浄化した後に残るトリチウム水は、許容濃度の2桁高いトリチウム濃度とされる。この水の同位体分離（水素と三重水素の分離）濃縮のために同位体交換塔と深冷蒸溜塔から成る分離系を検討する。この分離系では概ね $10^4$ 程度の除染係数が期待できるが、大口径の交換塔は前例がないので性能評価手法の確立が必要である。 また深冷蒸溜塔は、濃縮側抜出が殆ど無い全還流運転とすることでトリチウムの高濃縮が可能である。回収したトリチウムはゲッターにより固定密閉し保管できる。 このシステム検討のためには詳しい検討とそれに基づく実験プラント規模の R&D が必要である。	
ii) トリチウムが抜かれた減損水は、福島発電所での ALPS で処理後の水の 1/10 かそれ以下のトリチウム濃度になるが、法定の放出濃度限度以下になるとは限らない。この場合、あるいは RO 処理後の原水を希釀して放流することが選択肢に上るが、その放出法の検討と評価を行う。 希釀用には復水器ポンプなどを利用して大流量の海水を利用してバックグラウンドの 100 倍程度にまで希釀可能である。さら濃度を下げるためには、トリチウム濃度の低い水で希釀すれば通常水のトリチウム濃度と同等またはそれ以下で放出できる可能性もある。 それには全体の循環水流量、放出点での放出水の海水中での拡散と流速分布などの最適の配置を検討し設計することが重要である。そのため、環境中の濃度を勘案し、適切なトレーサーを用いた水放出試験と広範囲の海水及び水産物サンプリングを実施	

し、そのデータを基に環境モデル計算と比較検討することで放出水の環境中挙動を高い精度で予測する。

- iii) 最終的に周辺住民及び環境に与えるトリチウムの放射線リスクを最小とするシナリオを構築することが重要で、それを目指す総合リスク評価を上記二つの技術の組合せにより行う。i) 項については高濃度トリチウムは地上でのプロセスと管理になる。プロセスの運転実績を踏まえて信頼性・稼働率・補修性・検査（RAMI）分析評価を行う。漏洩の可能性や地下水、地上環境でのトリチウム濃度上昇のリスクを評価する。
- ii) 項については、バックグラウンドに近い低濃度トリチウム水の環境生態系挙動の分析を行う。基本的な海洋モデルは確立しており、それを福島の状況に合わせるよう改良し、海流データなどを併せ整備する。また上記 ii) で提案した放出水の挙動試験結果と総合し、水産物について汚染の懸念のない放出を達成できる条件を検討、評価する。これらの知見から総合的な汚染水処理の最適シナリオ案を構築提案する。

### 3) 保有者等 :

- i) に関連した基本技術は、90 年代に研究機関と企業が米ロスマラモス研で実施したトリチウム試験研究が最新の試験成果である。これに伴う基本特許は提案者の一人である大学教授が発明し、研究機関が取得している（特許第 2584902）。関連する要素技術は、日本原子力学会に所属する複数の会員が実際の設計、製作、試験運転に携わった経験がある。その受注者として上記企業が独自に出願した関連特許も含め、試験装置の製作技術を保有している。特に触媒、電解槽は我が国の固有の技術である。交換塔や大量トリチウム水取扱い技術の一部は、カナダ、スイスなどの外国にても保有している。
- ii) の環境生態系影響についても、専門家が日本原子力学会に所属しており、解析コード及びモニタリング技術を保有している。特に環境バックグラウンドに近いかそれより低いレベルのトリチウムの測定分析には特殊な技能が必要であるが、当学会ではその実施主体を組織することができる。

低レベル海洋放出の知見は提案者の一人である上記教授のオリジナルな成果であるが本件の重要性に鑑み提案するものである。（一部原子力学会で発表、30 条出願予定）。iii) は総合的な放射線リスク評価を行う専門家を必要とし、当学会に所属の専門家により、工学的なリスクと生態環境系のリスクの総合評価ができる知見が保有されている。風評被害を可能な限り回避し、地元の了解を得るシナリオでなければこの汚染水処理シナリオは機能しないため、特に非専門家の地元関係者の関与は不可欠である。

### 2. 備考（以下の点など、可能な範囲で御記入いただけますようお願いします）

- ・開発・実用化の状況（国内外の現場や他産業での実績例、実用化見込み時期を含む）
  - i) 大量の水による水素同位体分離としての LPCE, CECE の技術、トリチウムの高度濃縮技術としての深冷蒸留、トリチウムの保管廃棄技術としてのチタンゲッターなどの基本的な技術は既存であり、スケールアップを前提としたフィージビリティ検討が残されていて、これには小規模な試作試験を必要とする。特にトリチウム技術は核融合ト

リチウム処理系の設計として、わが国が最大の技術保有国の一である。類似技術はカナダ、韓国も保有しており、一部は国際的に共有された技術と言える。

ii) トリチウムの環境生体影響技術は、わが国の専門家を含め、世界的にも十分評価手法が確立している。大量のトリチウムを含む排水技術は、原子力発電所の設計施工経験のある業者は十分に技術を保有しており、圧力損失が大きいことを除けば大きな開発課題はない。

#### ・開発・実用化に向けた課題・留意点

個々の技術は存在しているが、コストとリスクの最小化がなされた最適の組み合わせとするには、異なる次元の要求を総合的に判断し個々の技術の適用の可否を検討する必要がある。ここで提案した技術課題はいずれもが実施可能であり、また判断のために必要なR&Dであるが、その結果をそのまま適用するとは限らない。

#### ・その他（特許等を保有している場合の参考情報等）

特公平 6-98271 (1994. 12. 07) 深冷蒸留塔の運転方法

実公平 3-15136 (1991. 04. 03) 分離塔

特許第 3327789 (2002. 07. 12) 固体電解質型電気化学セルの電極

特許第 3377642 (2002. 12. 06) 固体電解質型電気化学セルの基材

特許第 3469021 (2003. 09. 05) セルシール構造

特許第 3469071 (2003. 09. 05) 水蒸気電解方法

特許第 3652941 (2005. 03. 04) 電気化学セル用材料、電気化学セルおよび酸素発生装置

その他 27 件

<固体酸化物形（固体電解質形）燃料電池(SOFC)>

特許第 3486213 (2003. 10. 24) 固体電解質型燃料電池

特許第 3626838 (2004. 12. 10) 固体電解質型燃料電池の発電システム

特許第 4119723 (2008. 05. 02) 固体酸化物形燃料電池発電設備

特許第 4519221 (2010. 05. 28) 固体電解質型燃料電池

特許第 4848177 (2011. 10. 21) 固体酸化物形燃料電池

その他に 189 件

特許第 2584902 (1996) 水素同位体の分離方法

Method of Separating Hydrogen Isotope, Canadian Patent 2058054

特許第 2568110 (1996) 水蒸気電解セル

特許第 3177849 (2001) 固体電解質電解槽

特許第 3369192 (2002) 向流式電解反応槽

特許第 3006894 (2000) 気液反応器

その他