

提出日:2025年12月31日
宛先:三菱総合研究所 社会インフラ事業本部
トリチウム分離技術募集担当 御中

提案表題

トリチウム水分離濃縮を迅速化するための軽水リッチ水生成技術
— 極限的フロンティア浸透ろ過 FFOF(Final / Frontier Osmosis Filtration)の提案 —

提案者

大阪公立大学セミナー室等で開催の「トリチウム水クラスター懇話会 TCF」有志
古野伸夫 野原博 植木久一 広瀬正夫 池本廣希 安国庫生

提案責任者:古野伸夫(京都大学 工学博士 1869号)
元(株)ファインクレイ、元日本ペイント(株) 所:〒660-0063 尼崎市大庄北 1-3-8
連絡先:090-3928-1348 ail:furuno.nobu@gmail.com

貴社公募「東京電力福島第一原子力発電所 多核種除去設備等処理水(ALPS 処理水)に対するトリチウム分離技術の募集 | MRI 受託事業」に関連し、当方はこれまでに7件の提案を提出済みである。技術の詳細は以下に掲載しています。

<http://www.fineclay.co.jp/> (要約は A4 版で末尾に添付)

I. 提案の要点

本提案は、ALPS 処理水に含まれるトリチウム水の分離・濃縮の高速化を目的とし、以下の二つの技術を統合した新しい分離プラットフォームを提示する。いずれも10年以上の運転実績を持つ要素技術を体系化し、発展させたものです。

① 複合複式カスケード型求心沈降分級装置(ピタクロンズ)

重力場と求心力場を組み合わせた多数の薄層旋回流により、水分子クラスターを解砕し、沈降した重い成分(重水・トリチウム水)を底部へ連続濃縮し、上段へ汲み出す方式です。これは古野・西村効果に基づく独自技術であり、薄層旋回流による剪断効果(古野・広瀬効果)が水処理の基盤となります。

② 極限的フロンティア浸透ろ過 FFOF(Final / Frontier Osmosis Filtration)

越流(オーバーフロー)位置で軽い成分を連続採取し、軽水リッチ水を下段へ循環させる方式です。気泡の影響を徹底排除した(古野・数山効果)ことにより、分画度を**沈降速度 $v(m/h)$ **で定量管理できる点が特徴です。透明域(水・軽水・重水)にも適用可能で、特許 6666176・4495918 に基づく技術を含みます。

これにより、軽水純度を天然水(99.76%) → 99.9% → 99.99% → 99.999% へ段階的に向上させます。

II. 技術の独自性と原理

1. ピタクロンズの特徴

- 重力+求心力による薄層旋回流の剪断効果を多数回利用
- 水クラスターの解砕により同位体分別が可能
- 多段カスケードにより分別効果が指数関数的に増大
- 底部の重い成分を連続採取できる方式は稀で、本技術の大きな独自性
- ポンプ吸入口フィルター域に圧抜き管(鼻 1)を設置(特許 4495918)

さらに、イオン交換体・粘土鉱物・セルロース材・活性炭・CNT・MOF など多様な分別材を各段に投入可能であり、従来のカラム塔式では不可能な**超大規模・希薄処理**を実現します。農林水産事業における棚田、棚池等のカスケード型貯水槽に応用できます(池本・安国効果)。

2. 極限的フロンティア浸透ろ過 FFOF の定義

越流と浸透ろ過を統合した発展形であり、上部の軽い成分を連続採取することで軽水純度を極限まで高める新しい分離工学です。逆浸透(RO)を正浸透側へ戻した概念に属し、未開拓領域を切り開く技術です。

特徴

- 粒径ではなく **沈降速度 $v(m/h)$** で管理(川口・大藪効果)
- 全没構造により気泡を巻き込まない(古野・野原効果)
- 外設置時は透明水頭管(鼻 2)で作動状態を視認可能
- 水・軽水・重水・トリチウム水の透明域分別が可能
- 万 t~10 万 t 級の超大規模処理に適用
- 堤防・堰堤の「樋」の発展形として利水・治水分野へ応用可能

Ⅲ. ALPS 処理水への適用シナリオ

1. 技術フロー

1. ピタクロンズで重水・トリチウム水を底部中心へ濃縮し、汲み出す
2. 上部から軽水リッチ水を FFOF で採取し、上段へ戻す循環を構成
3. 濃縮された重水・トリチウム水は新資源として公的機関・公社で管理

2. 期待される効果

- トリチウム水の分離・濃縮の迅速化
- ALPS 処理水の長期的リスク低減
- 既存設備の部分改造で導入可能
- 大規模処理に適した低コスト運転

Ⅳ. 社会実装ロードマップ

1. 飲用ボトル水

- PFAS・重水・トリチウム水を同一プラットフォームで処理
- PFAS 汚染時代における最高水準の安全性
- 既存貯水槽をピタクロンズ型へ改造
- 1t → 10t → 100t → 1000t → 万 t ヘスケールアップ
- 高級・プレミアム水市場の創出

2. 上水道 PFAS 対策

- 上水道貯水槽をピタクロンズ型へ改造
- 50ng/L → 5ng/L 規制に確実に対応
- 大規模矩形槽でも底部に旋回流が形成され、吸着剤との併用効果が視認可

3. 産業利用

- 産業用水・工業用水全般
- 水性塗料の溶媒水として革新的応用
- 電着塗装の隔膜電極室内循環水
- 化成処理・冷却塔・チラー・塗装ブース用水

- 軽水素ガスの低コスト製造

4. 水素社会への貢献 軽水リッチ水の電気分解 → 軽水素ガスを強調

- 重水素ガスを含まないため燃料電池電極の劣化抑制
- “同位体で分類する水素”という新市場の創出

5. 公共下水道の PFAS 対策

- 貯水槽をピタクロンズ型へ改造
- 濾過膜カートリッジの空気抜き栓を圧抜き水頭化
- 閉塞・交換コストを大幅削減
- 長期安定稼働で 5ng/L 規制に対応
- 汚染地下水・河川水の受け入れが可能

V. まとめ

ピタクロンズと FFOF は、
「極微量成分の分別・濃縮・連続採取」を超大規模で実現する技術体系です。

これは ALPS 処理水のトリチウム水対策に直結し、

- PFAS
- 重水
- トリチウム水

を同一プラットフォームで扱えます。

軽水リッチ水は、飲用・産業・水素社会・農業・環境保全へ波及する新資源になります

関連説明図面は別途パワーポイント版にて添付します。

謝辞: 本公募の機会をいただいたことに深く感謝申し上げます。

要約(A4版)

トリチウム水分離濃縮を迅速化するための軽水リッチ水生成技術

— 極限的フロンティア浸透ろ過 FFOF(Final / Frontier Osmosis Filtration) —

本提案は、ALPS 処理水に含まれるトリチウム水の分離・濃縮を高速化するため、「極微量成分の分別・濃縮・連続採取」を超大規模で実現する新しい分離工学体系を提示します。

PFAS・重水・トリチウム水を同一プラットフォームで扱え、軽水リッチ水は飲用・産業・水素社会・環境保全へ波及する新資源となります。

1. 技術の概要

① ピタクロンズ(複合複式求心沈降分離装置)

重力場＋求心力場による多数の薄層旋回流が水分子クラスターを解砕し、重い成分(重水・トリチウム水)を底部へ連続濃縮します。

イオン交換体・粘土鉱物・活性炭・CNT・MOFなどを段階的に併用でき、分別効果を指数関数的に増大させます。

② FFOF(Final / Frontier Osmosis Filtration)

越流位置で軽い成分を連続採取し、軽水リッチ水を循環させる方式。気泡の影響を排除し、分画度を**沈降速度 $v(m/h)$ **で管理できます。透明域(水・軽水・重水・トリチウム水)に適用でき、軽水純度を 99.9% → 99.99% → 99.999% へ向上させます。

2. ALPS 処理水への適用シナリオと社会実装の展開性

- 飲用ボトル水: PFAS 汚染時代における最高水準の安全性
- 上水道 PFAS 対策: 50ng/L → 5ng/L 規制に确实対応
- 産業利用: 水性塗料、電着塗装、冷却塔、工業用水
- 水素社会: 軽水リッチ水の電気分解 → 軽水素ガス生成
- 公共下水道: 放流水槽の改造で PFAS 除去を低コスト化