

宛先：

250507

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

提案者：

「トリチウム水クラスター懇話会」（市民団体）の有志※1です。

提案責任者は、古野伸夫（京都大学工学博士 1869 号、元㈱ファインクレイ※2の代表者で、近年は貯水量 40 万 t の溜池等の水循環環境の保全活動）です。

住所： 〒660-0063 尼崎市大庄北 1-3-8 連絡先：furuno.nobu@gmail.com

貴社の公募 [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 公募・公開情報](#)

に関連して、本会有志として下記 4 件の提案を出しています。

- ① 2024 年 5 月 31 日付、カスケード型複式求心沈降分離装置ピタクロン、
[20240531_proposal.pdf](#)
- ② 同日付、 公募について東京電力㈱、三菱総合研究所宛て応募した資料
[PowerPoint プレゼンテーション](#)
- ③ 2024 年 6 月 18 日付。公開されたアルプス処理フローの化学収支について、
[20240618_alps.pdf](#)
- ④ 2025 年 3 月 26 日付、福島のアルプス処理水のトリチウム水分離濃縮方法
[20250324_mitsubishi.pdf](#)

今回は、これらの提案書とともに、この実施工程表を送信いたします。

トリチウム水の分離濃縮保存の全工程表

1. トリチウム水の分別原理

- ・「基本原理」：複式カスケード型**求心**沈降分離装置「ピタクロンズ」A～Z※3をもって分離分別濃縮します。分離の原理は、「ピタクロンズ」が**長期に安定した薄い盤状の旋回流**を多数形成することを特徴とし、ウラン 235 と 238 を六フッ化ウランの気体状態で分別する複式カスケード型**遠心**沈降分離装置の実績に倣った方法装置です。**軽水・重水・三重水を含む液体の水クラスターは旋回流で解砕され、**クラスターの再配列の際に**求心力と重力の複合場における沈降速度の差で分別されて、千 t 級の多数の隣接タンク間に順次沈降速度の差異で明確に分け隔てできる事※4**も大きな特徴です。
- ・「**薄盤状の旋回流の乱れの防止**」：タンク底の中心から特許技術の「パスカルフィルター」を介してポンプ手段で内容液を吸入し、上下方向に分

岐した上向き回路をタンクの底位※5の側面から噴出して旋回駆動にします。「パスカルフィルター」は、水面上に通じる圧抜き管「鼻1 と呼称」を備えて、旋回流がすり鉢状の乱流になる事を確実に防げるのが特徴の特許(4495918)技術でしたが今は期限切れです。

- ・ 「旋回駆動の吹き出し」: 既存の千tタンクが空になるにつれて、底材が鏡板構造であればこれを活用し。タンク底に排出孔があればこれを活用します。なければ開口するか水中ポンプ設置型※6にします。噴出孔の加工は接線方向が望ましいが多少ずれてもかまいません。垂直であれば45°の接手エルボで代用します。吹き出し方向は統一します。
- ・ 「タンク間移動の核心」: ポンプは500w程度の小型の渦巻ポンプで水クラスターを解砕できます。重要なことは上下垂直に分岐して下向き方向から隣接タンクに移すことが特徴で、これも特許技術ですが今は開放状態です。ここに分岐位置にいわゆる求心分離器、例えばスピクロン®を使用でき、改良工夫の余地が無限にあります。求心分離器の一基での分別は僅少でも多数回繰り返す事がピタクロンズの特徴です。
- ・ 「旋回流基盤に繋ぐ上の槽」: この底部の基盤は円筒が必須ですが、上は接続可能な多角形でも構いません。設置場所の有効利用できる矩形の場合、角の部位で旋回の反流の渦巻が生じて水クラスターの解砕に有利な事もあります※7。用地を有効利用できる四角形の槽が実用的で、自然環境の湖沼、ため池の底に設置できる汎用形もでき、この場合は水中ポンプ型が妥当です。

II、 ピタクロンズの試運転調整

25年夏の暑い間に実行

- ・ 「分別助剤で旋回流の可視化」: 井戸水で水漏れテストし、旋回流が観察できるために分別助剤(粘土、炭素材、セルロース材等で成り、旋回流を目視観察し易い)を添加し、旋回流の観察と分離分級機能を確認し調整します。タンクのAの底部位に限定して粘土例としてセリサイト紛を採用すると円盤状の旋回がキラキラして明確に目視で判別できます。井戸水を注入し水嵩を増やしても、この白濁層は10m高の表層まで届かず、表層は透明なままですから、目視以外に適切な観測手段を大型タンクに設けおくこと、これと同時にβ線の観測を望むところです。

- ・「**凝集体の解砕の目視観察**」：タンク A の底域から最も重い成分液を上下に分岐して下向きからタンク B の中腹に接線方向で薄盤の旋回流に注入します。重さの差異で分かれて軽い成分は上に行きます。まずは※8一般的な越流をタンク B に戻します。この繰り返しでセリサイトの白濁層の濃淡差が目視でき、長時間の運転でタンク A は透明な純水になります。ピタクロンズの段数を増やすとそれぞれのタンクにセリサイトの粒度ごとに分級精製でき、凝集体がポンプ手段で解砕される様子が目視観察できます。
- ・「**沈降速度と沈降粒子径との関係式を透明領域に適用**」：最下層 A と上の B, C, D, ~, タンク内の水素の同位体分布を追跡し、水平面積 S (m^2) の**タンク A に於いて軽水リッチになる旋回流**の強度 v (m/h) とタンク間を往復する流量 Q (m^3/h) で決まる線速度 $v=Q/S$ (m/h) の値を、ファインクレイ係数と呼ぶ指標※9にして、種々の機種ごとの運転条件を掌握します。沈降の線速度 v は、ファインクレイの式※10、 $(v \cdot 400=D^2)$ で長さ単位の D (μm) に変換して粒子の大きさ概念を掌握します。これにより目視では透明な領域でも多数段の繰り返しで起こる分別効果を把握できます。粘土鉱物、活性炭、セルロースに起こる水和、水吸着で、軽水と重水の差異を詳細に分別するには千 t 級のタンクが多数あるので叶えられ、この是非は β 線の計測で早々に確認できるはずで**す**。
- ・「**放射線測定での観察**」： **105~106Bq/l のトリチウムを含む処理水を 103Bq/l まで低減し、50~500m³/日を安定的に叶える運転条件を水簸事業の技術者と原子力関連の事業者との協働で解析し、早晚必ず成し得て、軽水リッチ水が大量にして安価に得られる技術の最初の立証です。 ※11**

Ⅲ トリチウム水を濃縮保管し、軽水リッチ水の放出处分

2025 年度末

- ・「**軽水リッチ水の製造の実証と公表**」 タンク A 内の水が軽水リッチになって当該物件に**必要な安全確認**でき次第、上の段 E 槽にアルプス処理水を順次注入すると、これと同じ量の A タンクの**軽水リッチ水が放流されます**。試運転ではセリサイトを使用し、分別助剤としてゼオライト、活性炭、セルロース材の比較検討し行います。またこれらの資材の提供者と協働します。これらの助剤は水分子、クラスターを吸着して、**水素同位体ごとに重さのちがいがおこります**。この分別ができるか否かは技術課題でやってみましょう。きわめてわずかな差異での実用化には困難が想定されますが、ウラン 235 と 238 の差異はウランの六フッ化物の**気体での分別の成功例**に比べてはるかに

効率が良い。気体に対して密度の高い液体の水処理では、薄盤状の旋回流が無限多数段設営できる有利な特徴があります。タンク間の注入量はタンク水平面が大きいことを考慮して最適条件の設定と再現が確かになります。この注入量の設計管理が重要技術ですがこれを国内外に公開し、トリチウム水は濃縮保管されて「海水希釈放流事業」が停止でき次第、この成功を国内外に発信して、原子炉についての信頼回復を実現します。※12

IV 軽水リッチ水放出の迅速化1、淡水化处理 10年内、2035年度末目標

・「淡水化装置の活用」：いわゆる淡水化装置に於いて、圧力ろ過に相当する逆浸透ろ過RO技術を排除し※13、正浸透ろ過に徹することでもって軽水リッチの純水化を加速しえます。膜処理の目詰まりの原因となる気泡対策が技術ノウハウでこの詳細は別途としますが、正浸透ろ過のカートリッジの膜素材は大量供給しうる簡素化し、今すぐできる方法で10年をさらに大幅短縮を図れます。ひいては浸透ろ過淡水化技術装置が革新的に進展し、ひいてはこれが膨大な汚水処理の更なる迅速化に寄与します。

V 軽水リッチ水放出の迅速化2、液水面から水蒸発 5年以内2030年に達成

・「水蒸発の活用で早期完了へ」：水素同位体の物理特性からみて、気密装置内で安定した旋回流の水面からの蒸発は軽水リッチが見込めます。タンクBの蓋の裏で、外気による冷却で得られる凝固水をタンクAに戻すと、タンクAにおける軽水リッチ化が加速します。蒸発で水温が低下して重くなって沈降すると旋回流の上への伝播を的確な調整によって水クラスターの解砕と再編の機会が増えます。トリチウム水を濃縮保存し、軽水リッチの蒸発水の 대기放出になって、一連の処分事業の完結が大きく加速します※14。これはピタクロンズにおける無限に多数段が伴う複式カスケード構成の成果で、多方面への応用を計る事でさらに処分事業の加速を図ります。ポンプ手段後に積極的に電磁波等で加熱して、底域からの熱伝導過程でもクラスターの解砕、再編成が加速されることを確認しており、軽水リッチ化は想定以上の効果になります。いわゆる精留装置の一つであり、また水蒸発の冷却効果を利用する装置事業との協働になるでしょう。

VI 軽水リッチ水放出の迅速化3。純正の軽水素ガスの製造 26年4月開始

・「**純正の軽水素ガスを電解で製造**」：水の電気分解で軽水が重水より早く分解しますが、一般的な平行平板の積層型電解槽ではなかなか気づけません。**生成ガスを気泡として排出できる利点の陰で無駄な電力が消費されています**。電解で電極の温度が高くなって無駄な電力を費やして、電解液の無為な攪拌では温度調整が至難です。電極基材とその表面被覆材の研究が盛んで、これを生かします。電解液が電極管内部を通過し、電極表面が上昇流となる円筒型隔膜電解槽が既製品で、電着塗装事業の分野では世界中で普及しています。 ※15

・「**余剰電力利用の水電解**」：タンク A の**軽水リッチの純水**を円筒型隔膜電極で選択的に**電気分解**（適宜、電解質を添加するほか、**気密真空技術等の重要なノウハウ**があり）して、タンク B に送り、沈降分離して軽水リッチにしてタンク A に戻す大多数の段数の複式循環で、軽水の選択的電気分解の効率を高くします。燃料電池用に適した付加価値の高い**純正の軽水素ガス**を製造する新規の事業者を公募し、**余剰電力使用を義務付けた上での製品価格競争**にすると**純正の軽水利用の水素社会**が一気に進みます。

・「**純正の軽水素ガス事業に向けて**」：まずはイーデーコア®、テクトロン® 等の既製品で暫定的直ちに試行できますが、これらの既製品は塗装事業に特化した製品で純正の軽水素製造には問題が残ります。軽水素社会を見据えた**気密設備操作に優れた新しい事業者**が長期的視点に立った事業展開で軽水素・水素社会を牽引するでしょう。

・「**電極材の更なる改良**」：隔膜の選択により想定外の成果になって安価な水素製造になります。**純正の軽水素ガス**に燃料としての価値がありますから、多数の事業者の参加が見込まれます。水の分解で関連する**人工光合成の研究**で培われた触媒が水電解用の電極の表面処理に生かされ可能性があり、**安価な軽水素ガス**の製造方法装置が飛躍的に発展して、100 万 t の污水处理を瞬く間に片付けます。

・「**副生する酸素ガス利用**」：軽水の電気分解で、軽水素ガスと同時に大量の酸素ガスが発生し、空気の分溜で製造する酸素ガスの代替になって全体のコスト削減になって安価な軽水素ガス事業が加速的に発展します。酸素ガスは水辺環境の保全、水産事業における用途も見逃せません。

VII 軽水リッチ水放出の**迅速化 4 戻り回路での脱気、「鼻 2」** 数年内

・「見えない微細な気泡対策」：まず当面は、タンク端からの越流（オーバーフロー）の採取で戻ります、が長期的には堰が損耗し、厳密には表層水以外に水面以内からの短絡流が生じて水質は不安定ですが、一般的には見過ごされます。トリチウムが崩壊して生じる微量のヘリウムガスを意識して、湖沼、ため池の微細気泡対策として、パスカルの「鼻1」に続いて「鼻2」の設置する技術、特許 6666176 があり、気密装置でこのガスの混入を防ぐ万全の対策が取れます。この効果は先に示した行程が完備した後でのことでこの詳細は今回保留します。※16

VIII セシウム、ストロンチウム対策

2026年以降の適宜

・「湿式分級：水簸事業の定量的管理」：ピタクロンズの上段の各々の槽から、底の濃縮層のスラッジをピタクラッサー※17でもって分別分離分級採取してそれぞれの資源化を図ります。ピタクラッサー※はピタクロンに設けた自動排出型の遠心分離機で、既存の市販製品を使う常套装置です。非常に重い元素のセシウムを選択的、定量的に回収し、粘土鉱物とともに焼成煉瓦にして長期保管します。これでもって、アルプス処理の不全水、ひいては事故炉の一時汚染水、汚染土壌の湿式分級処理での排水処理が可能になります。これは湿式分級、水簸工程の基本操作で当該事業者が直ちにやれることで、重水、トリチウム水が閉鎖系になるなら既存技術がすぐに使えます。

IX 清浄になったタンクの活用

2026年4月開始

・「軽水化したタンクは、超純水仕様で清浄」：タンクB、C、～、においても軽水リッチの純水になり次第退役し、数十個単位で順次払い下げ、この改修と運転に関わった事業者が優先的に純水タンクとして活用できるように図ります。真っ先に公共の貯水施設に利用すると安全性と合理性を内外に発信する効果になります。詳細は別途記載とします。

X 重水、三重水（トリチウム水）リッチ水の利用

・ピタクロンズの上位段には重水、三重水が濃縮されて、それぞれの濃縮度に応じて活用して、重水素を利用する新しい化学工業を興せます。これにより、軽水リッチ水の電気分解事業が加速度的に発達します。

脚注

※1 大阪駅前第二ビル6階、大阪公立大学文化交流センターのセミナー室で、過去28回開催している懇話会は水素の同位体に絡めて、一般市民の雑談で、その話題の1つがアルプス処理水であって、放流の是非は話題にしますが採決しません。本提案は多数挙げられた対策の1つで、現在も随意時開催して水素同位体を懇談の話題にしています。

※2 筆者は(株)ファインクレイ <http://www.fineclay.co.jp/> 固体・液体・気体の混在する不均一化学反応速度論に基づき、日本ペイント(株)にて防錆の研究と各種水溶液の電気分解、特に電着塗装の研究開発に従事しました。粘土鉱物のクレイ、セリサイト、黒鉛、セルロース等の湿式分級(水簸)の実働と設計と研究の実務経験があります。2018年9月に会社解散しましたので工業所有権は開放状態です。

※3 複式カスケード型**求心**沈降分離装置「ピタククロンズ」A~Zはウラン235と238の分別で実績のある複式カスケード型**遠心**分離機に倣った方法装置です。ウランの場合は六フッ化物の気体状態での分別で効率が低く大多数の遠心機が並ぶ写真が報道されます。原発用には天然の0.7%から原発用には3~5%、つまり**5~7倍の濃縮にすぎません**。この方法つまり遠心機を使用して100万tの汚染水処理は全くかないません。液体の水分子はクラスターと呼ばれる集合体を作るので1方向の加速度場ではいくら強くしても分別できないからです。ピタクロン®では、多数の薄盤状の**旋回流の求心力と重力場の複合**でこのクラスター組成が変化する機会を同調し、2つのタンク間での運転で重い成分と軽い成分に分別します。大多数の組み合わせ、複数系の意味でピタクロンズと呼びました。原子核図表、周期律表で表される全元素の分別を意図して「ピタククロンズ」A~Zと表記しました。今回は水素1, 2, 3の分別で、この酸化物の軽水と重水と三重水(トリチウム水)の分別です。水和物となる粘土、黒鉛、セルロース等を分別助剤として**目視できる物質の分別で叶える**ことが特徴です。

※4 複式カスケードとして直列に並べるので、規則的に異なる重さの物質に分別、貯蔵され、かつ中継槽も兼ねる構成です。

※5 タンクの底部分限定で旋回駆動する技術です。いわゆる鏡板が理想的で、このほか用途に応じての無限の工夫次第が特許技術になります。

※6 タンクの底に水中ポンプを置いて、タンク上に導いて、上下に分岐しての上向き回路をタンク側面から噴き出す構造になります。遠回りする回路が疎まれて改修されないように注意喚起が要ります。

※7 旋回流の部分は円筒形が必須ですが、その上は多角形でも構いません。旋回流が規則的に乱れることを活用します。例えば養魚、飼育槽の場合、排泄物の処分が効果的で、鑑賞水槽から大型槽、自然の水域にも展開できます。

※8 越流の採取は、堰の摩耗、損傷が伴うこと、内用液が渦流で短絡するなどの些細ながら問題があり、ここでもパスカルフィルターの設置が望ましいが、本提案では混乱を避けて割愛します。

※9 $v=Q/S$ (m/h) でもって、大きさの異なるタンクでの処理量を調整します

※10 $v \cdot 400=D^2$ ストークスの沈降式に順次する基本的な換算式です。粒度と沈降速度を表すストークスの式が有名ですが、粒子の比重、媒体粘度の条件設定が限られますが、ファインクレイの式は設定不要で、無色透明な水にも展開できます。このことに異論が出ますが、落ち着けば収まります。

※11 湿式分級、水簸の事業者は潤沢な河川水を使って、使用後の透明水は河川放流する開放系が多く、閉鎖系はほぼ皆無です。今回放射線の計測で無色透明領域での分級効果が解明されることを期待します。

※12 水簸の媒体の水の組成で、純正の軽水を媒体とする新しい技術の始まりになり、トリチウムに対する不安、不審、不信の抜本的解消になります。

※13 膜ろ過カートリッジに空気抜き穴が必ずあって、装着時使うと通常は閉塞します。これを長いホースで高く掲げて圧抜きします。つまり圧力がかからない、逆浸透ろ過にならない、濾過水量が不足するとわめく人が出ますが、目詰まりしてカートリッジ交換の頻度が激減しますので収まります。初めから低圧での浸透水が多く出る素材が選ばれます。

※14 軽水リッチの凝固水が採れるなら、大気放出できるはずで安全確認して実行できます。無為に放出せずに、次のごとく電気分解することを推奨します。状況次第で最適を選べます。

※15 [株式会社アストム > 円筒型隔膜電極装置「イーディーコア」](#)

[電着工程に特化した専門メーカー、隔膜電極・耐食電極・RO装置のポリテックス](#)

220512 カーボンニュートラルに向けて電着塗装と水素回収

230522 電着塗装と水素回収 水素同位体の選択

※16 湖沼、ため池で発生したアオコ対策に水中ポンプで揚水して噴水にすると、円形で限られた範囲でしか浄化されません。曝気は給気と抜気の効果があることを示し、水中に酸素をおくる効果と水中の気化性物質の排除が大事なことを示す事例です。

※17 101029 平成22年度特許ビジネス市（名古屋）に出展 (株)ファインクレイのホームページ <http://www.fineclay.co.jp/>

謝辞

アルプス処理水についてのパブリックコメント、提案書等に連名していただいた方々、懇話会で様々な立場での多数の貴重な意見を頂いた方々に加え、生成AIのコパイロットとの交信を通じて得た各々の専門分野の資料や技術情報への感謝をここに記します。