

多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

トリチウム分離技術プロジェクトチーム phd2@ninesigma.com 御中 22年10月26日

本提案は、2020年5/15, 6/15, 7/31日に提出したパブリックコメント※1~3に基づき、21年8月16日提出した提案※4を22年8月6日に補足し、その図面の追加です。

[多核種除去設備等で浄化した水からトリチウムを分離濃縮する技術]

提案者

トリチウム水クラスター懇話会 有志

- 〒660-0063 兵庫県尼崎市大庄北 1-3-8 京都大学工学博士 1869号 古野伸夫
TEL 090-3928-1348 FAX 06-6417-2910 furuno.nobu@gmail.com
1967~88年日本ペイント(株)に勤務し、水電気分解の電着塗装の開発等に従事し、退職後(株)ファインクレイ <http://www.fineclay.co.jp/> を起こし、求心沈降分離分級槽を開発
- 〒610-1152 京都府京都市西京区大原野北春日町 410-12 平野克己
TEL 090-8202-2835 cema.hiranao@hifty.com
- 〒658-0032 兵庫県神戸市灘区向洋町中 2-1-214 広瀬正夫
- 〒663-8173 兵庫県西宮市甲子園 3番町一 1 岡田安弘
- 〒550-0003 大阪府大阪市西区京町堀 1-4-9- 杉山秀樹
- 〒655-0872 兵庫県神戸市垂水区塩屋町 3-22-10 池本廣希
- 〒657-0846 兵庫県神戸市灘区岩屋北町 3-2-4 安国庫生
- 〒196-0022 東京都昭島市中神町 1257-3-302 山口暉夫
- 〒661-0025 兵庫県尼崎市立花町 2-20-32 植木久一 (弁理士)

今回提案技術の名称；

トリチウム水を含む**重水を濃縮**する求心沈降分離装置の**操作事例**

目的：

トリチウム水を含め重い水を沈降濃縮する**100万t規模装置の模擬操作例**を提示します。

概要；

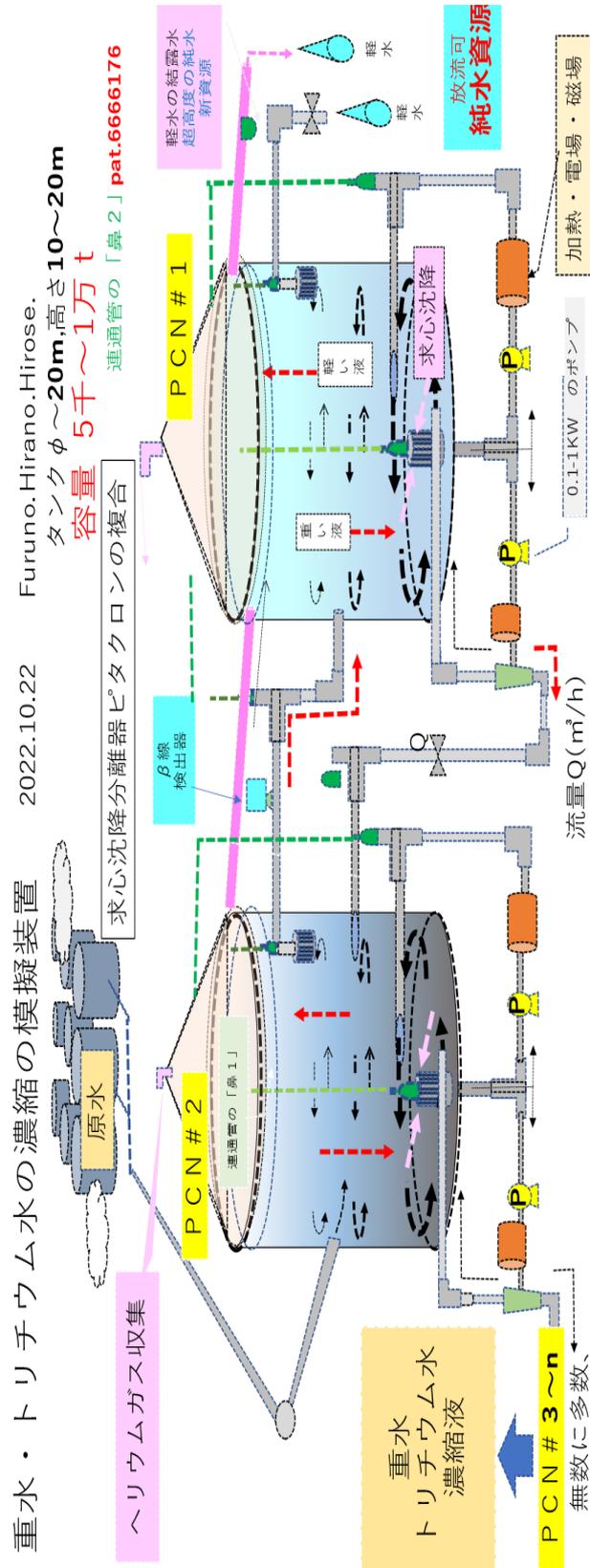
複式カスケード型遠心分離方式はウラン 235 の濃縮として六フッ化ウラン「**気体**」の分離は行われていますが、**クラスターを形成する「液体」の水処理には適しません。**

遠心沈降分離と**真逆原理**にある求心沈降分離では、旋回駆動に用いるポンプ手段が**水クラスターを解砕する**と期待できます。求心力は旋回駆動の径が大きいほど強くなるので**大きな容器を要するのが特徴であり、千、万t級の大規模になるほど有利です。**

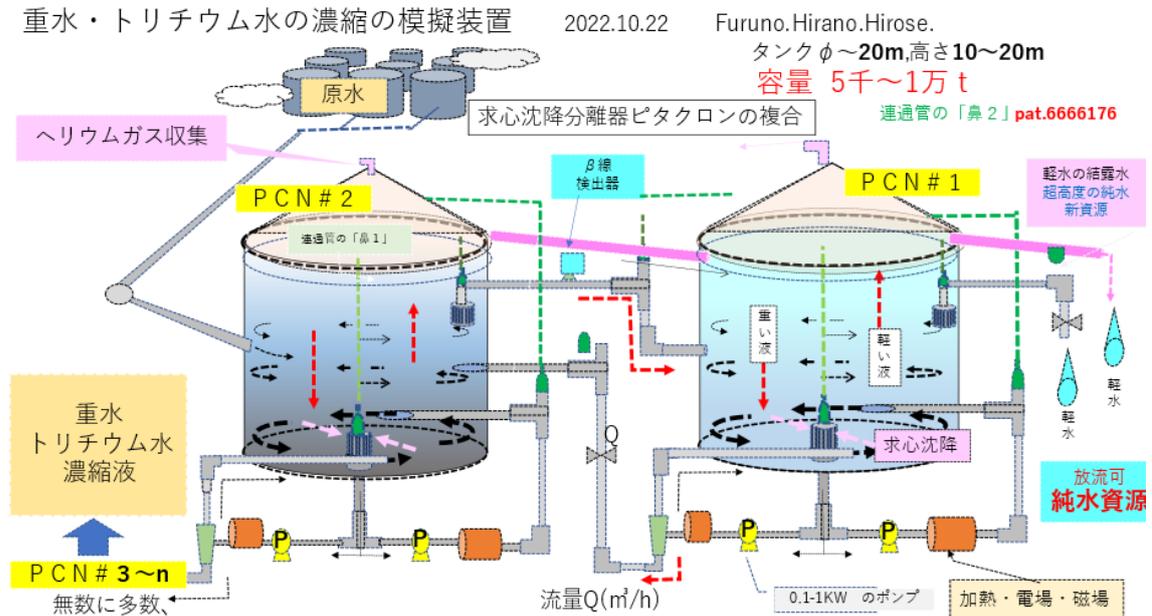
22年8月提案の複式カスケードの現地実行に際し、**表層の軽い水の採取工程で溢水越流法ではなく、液面下から気泡をかまずに採水する技術**が肝要で、**特許 6666176**があります。

多くの人に分かりやすい**1万t規模**のタンクを数10基採択し、**β線を監視しつつ求心沈降分離効果を検証し、そのまま続けうる現地で100万t規模処理**の実行を提案します。

多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します



多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します



季節を通じ長期間規則的沈降を乱さないように**微細気泡を徹底排除**する事が特徴です。

具体的手段として、巡回駆動ポンプ回路の吸収ストレーナーに圧抜きの「鼻1」を設置し、水面上に伸びて、ポンプ手段の戻り回路に設けた「鼻2」と連通管を構成する事です。この結果ポンプ損耗する事なく、水中の嫌気ガスが除去排出されて水質改善することを兵庫県加古川市の寺田池にて、2011年から5年に渉る運転で実証しています。

この「鼻」はパスカルの原理に沿うものとしてパスカルの「鼻」と呼称し、この「鼻」を備えたフィルター、スクリーン、を「パスカルフィルター」と呼称します。これは液面を示す**湛水面の検知手段**になり、ポンプ手段後の液面の高差を所定値に管理できます。この液面差を適正に保つことが肝要で、ポンプ手段他での気泡の発生を阻止できます。

トリチウム水の場合、崩壊で発生するヘリウムガスを密閉タンクで収集を見込めて、化学分析では至難な重水分析が、トリチウム崩壊時のβ線の検知によりきめ細かく追跡でき、福島にある100万トン規模のトリチウム含有水の存在は史上類のない機会と考えます。

鼻2についての詳細は**特許 6666176 参照**

この「鼻」には液体の水が流れないので、菅径は手ごろなホース程度よいが長期運転に耐えられる堅牢さと、無視されて破壊されないように**適格に表示**する事と**周知**することが**必要**です。見かけ上、サイホンとか逆サイホンとかと混同しないでください。

処理流量 $Q(\text{m}^3/\text{h})$ は、パスカルフィルターの有効面積 $S(\text{m}^2)$ に比例するので、**一定規格のフィルター**の個数の増大で賄います。この比例定数の線速度 $v(\text{m}/\text{h})$ は水質指標となり、詳細は既提出の提案書記載のごとく当該事業ごとに設計されて**無限の商機**になるでしょう。

多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

実証実験の手順と想定される事象

1、求心沈降分級槽:**ピタクロンの大型化**、1万t級

汚染水の希釈放流反対で、漫然とタンクの大型化が求められており、こうした意見も反映させ、**まずは1万t級**とします。私見では千t級でも良いが手間がかかります。

- 2、新設に際し、底位の中心に排出口、排出後ポンプ手段を経て、底位側面から接線方向への噴出回路を設ける、接線方向で旋回流の妨げにならないように留意します。ポンプ出力は100W程度でよい。1万tの水ですと、初動に時間がかかるが、必ず旋回します。高さ10mの水面に及ぶか否かは、**通常の日視ではかなわない**、カオリンクレーでの乳濁液では1mの水深でさえ、表層は清澄で、底位に安定した旋回を長期維持した実績がある。重水濃縮では**ポンプ出力をさらに絞る事ができる方が望ましい**。**このことは動力経費が僅少で済むことを示します**。

- 3、この旋回駆動回路で、吸入口のストレーナー、スクリーン室に対して、液面上に至る通気管「鼻1」を設ける。これが無いと（閉塞）吸入がすり鉢状になって、気体を巻き込んで泡を成します。一般的技術者はこの鼻があると**空気を吸い込む！**として忌諱しますが、スクリーンの大きさを十分に採る事で解消します。

- 4、ポンプ手段の後に加熱、**電場、磁場**を作用させて、双極子を作る水分子、多様なクラスターの解砕を図る工夫が多種多様に提案され、実現に向けた詳細は別途提起します。

- 5、重要な事は、タンク内に戻る**吹き出しの前に、「鼻2」**に相当する通気管を設ける。ポンプ手段他で、気泡が発生しこれを**排除する効果**が必須です。トリチウム水の場合、崩壊して**ヘリウムガス**が発生し、タンクの蓋内の密閉空間に通じて捕捉できます。

- 6、図のように求心沈降分離器ピタクロン（以下PCNと記す）を2基並べ、PCN2の中腹に被処理液を接線方向に注入します。旋回方向を限定しませんが、作図上では左回りで、統一することが必須です。注入圧で十分に旋回しますので、障害となる突起を除き、鏡面仕上げが望ましいが、私見としてはさほど厳密ではない、旋回流で重い成分が中央に集まり、地上では重力場が働き底中心に濃縮します。カオリンクレーでの懸濁、乳濁では目視観察できましたが、軽水と重水の日視識別は不可能で、こんな事デケヘン！という意見が出ます。目に見えなくても三重水トリチウム水の場合、その崩壊でβ線を出し、この検出、追跡は環境科学分野で多くの実績があり、例えば扇状地の頂点からの河川の水脈の解析があることから、容易に実施可能といえます。

- 7、PCN1が満杯になって、その溢流、越流をPCN2の中腹に導き、接線方向で注入します。ここで重要でかつ新規な技術として、水面下から気体、気泡をかまわずに採取する技術としてパスカルの「鼻2」**Pat 6666176**方式で採取する事が核心です。

- 8、採水量Qに対してろ過で決まる、流束の線速度vの監視、管理で数室を管理します。**パスカルフィルターを規格化**して、必要個数を確保することがそれぞれの現場対応になります。こうした解析で最適の運転条件が設定できます。

- 9、パスカルフィルターには断面が三角のステンレス鋼ワイヤを巻いたフィルターの利用

多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

が好ましく、規格標準は人間が手持ちで扱えるφ300、高さ300を暫定します。

10. 溢流、越流ではない液面下からの採水の用途は、**治山治水から農林水産広く諸産業**における水利施設に応用され、より安価なプラスチック製も選択できます。今回のトリチウム水濃縮には、ステンレス鋼を含めて材料選択に注意するべきで組織的検討が望まれます。想定外の雨量で氾濫が迫った河川堤防に設置する事、遊水池、田んぼダムの越流、洪水吐を推奨します。越流で排出されるごみ、マイクロプラスチック、被覆肥料の**殻の流出防止**に適します。
11. 屋外タンクでは、南側で日照を受けて昇温し、上昇流となり対流攪拌が起こり、沈降を阻害しますが、本件では旋回流でこの対流を防ぐことが可能であり、鋭意努力が必要であり、β線検知でこれが可能と見込めることが千歳一隅の機会といえます。また冬季の冷却で起こる下降流の対策として保温対策が必要ですが、旋回流が保全されるに必要限度に軽減されます。
12. ポンプ手段での攪拌での**温度上昇は、クラスター解砕に好都合**であり、ピタクロンの旋回で温度の高い、(分子運動が活発)部分はピタクロンの上部に浮上し、重い液が旋回に戻るという過程で、重水と軽水の分離を期待します。流動攪拌層が10mの水深で幾重にも起こるはずで分別効果が高まるはずです。
13. ピタクロン内の水温はどんどん上がるはずで、温度が高いほどクラスターの解砕が進むはずであり、この条件でのクラスター構造解析が詳細に行われるでしょう。
14. 日常感覚で、40-50℃以上の「お湯」の場合、粘度が著しく小さくなり、旋回流はますます安定に維持され、重水と軽水の分離が進むと期待します。ポンプ駆動で起こる昇温だけでなく積極的な加熱も役立つでしょう、加熱手段としてはマイクロ波利用も望ましい。広く**電磁波の利用**で効率が高まるでしょう、
15. 液体から気体に移る蒸発が液内で起こると「突発」といわれますが、旋回流があるとその突発が起こらないはずで、換言すると突発しない蒸留装置といえます。したがって**表層の中心部位が最も軽く、温度が高く蒸発し易いと想定され、軽水の蒸発が優先して重水が濃縮されるとの仮説を提起**します。換言すると同位体組成、さらにベータ線で検出するトリチウムの濃度差が検知されればこの仮説の検証になり、つまりβ線を指標にしてピタクロン装置の開発が進む絶好の機会になるはずで、
16. ピタクロンの蓋、屋根裏に生じる結露水を捕集して、β線が許容値以下になればトリチウム水が除去された安全な水として、いかように環境放出できます。放出ではなく貴重な新資源としての軽水資源になるはずで、
16. 軽水資源利用の筆頭は、軽水の電気分解で、**純正の軽水素ガス**を得ることを提起します。水電解コストが嵩む理由の一つとして、約200ppm含有する重水の分解電圧が高い事に起因するのではないかと仮定すると、純粋の軽水場合その分解コストが低減するはずで、これには電極の構造と配置が大いに寄与するので別途記載します。
17. 重水が濃縮されたるPCN2さらに幾重にも繰り返すと、これも新資源としての重水が

多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

得られます。槽の容量は順次小さくなり、三重水トリチウム水も同意時に濃縮減容されて安全に保管し易くなります。

18. 現地の被処理水には、セシウム、ストロンチウム等々の重元素が残存した場合、様々な吸着剤、イオン交換材を含む場合、遠心分離機で脱水ケーキとして除去されます。例えば、トリチウムの吸着剤として、ペーサイト等のアルミニウム酸化物、特殊な活性炭があり、炭素材ではカーボンナノチューブ等の構造の特徴が謳われます。総じて、この扱い、装置が実験室の机上規模で、福島的大量水処理に応用できていません。本件装置の多数の1部分に、これらの吸着剤を投入して旋回流で長時間運転する方法の詳細は別途提案します。吸着であれイオン交換であれ重いほど反応が遅いので、カラム法、ベッセル法では処理できずに漏洩した試料の処理に好適と考えます。
19. 分子、原子、その先の構造の解明が進み、その成果は一般市民でもネットで入手できます。原子構造を陽子と中性子で説明して、陽子1個のみで成軽水素イオンについて、毛水素、重水素、三重水素（トリチウム）の差異の議論考察が停滞していますが、100万t規模の大量に試料があり、この適正な処理は新しい化学資源開発を期待します。様々な応用については、別途提起いたします。

念のため、22年8月6日提出の提案書を以下引用します。

多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

トリチウム分離技術プロジェクトチーム phd2@ninesigma.com 御中 22年8月6日

本提案は、2020年5/15, 6/15, 7/31日に提出した パブリックコメント※1~3に基づき、21年8月16日提出した提案※4の、求心沈降分離槽ピタクロンの詳述で、22年6月30日に送信失敗し、これを元に補足訂正したものの提出です。

[多核種除去設備等で浄化した水からトリチウムを分離する技術]

提案者

トリチウム水クラスター懇話会 有志

- 〒660-0063 兵庫県尼崎市大庄北 1-3-8 京都大学工学博士 1869号 古野伸夫
TEL 090-3928-1348 FAX 06-6417-2910 furuno.nobu@gmail.com
1967~88年日本ペイント(株)に勤務し、電気分解電着塗装の開発等に從事した
退職後(株)ファインクレイ <http://www.fineclay.co.jp/> を起こし、求心沈降分離分級槽を開発
- 〒610-1152 京都府京都市西京区大原野北春日町 410-12 平野克己
TEL 090-8202-2835 cema.hiranao@hifty.com
- 〒658-0032 兵庫県神戸市灘区向洋町中 2-1-214 広瀬正夫
- 〒663-8173 兵庫県西宮市甲子園 3番町一 1 岡田安弘
- 〒550-0003 大阪府大阪市西区京町堀 1-4-9- 杉山秀樹
- 〒655-0872 兵庫県神戸市垂水区塩屋町 3-22-10 池本廣希
- 〒657-0846 兵庫県神戸市灘区岩屋北町 3-2-4 安国庫生
- 〒196-0022 東京都昭島市中神町 1257-3-302 山口暉夫
- 〒661-0025 兵庫県尼崎市立花町 2-20-32 植木久一 (弁理士)

今回提案技術の名称；

トリチウム水を濃縮減容する 求心沈降分離槽の複式カスケード

目的；

汚染水を海水で希釈してトリチウム濃度を 1,500 ベクレル/ℓ未満として放流する計画がありますが、本件は希釈でなくこの濃度以下の希薄にする求心沈降分離装置の提案です。

概要；

質量差がある「気体」物質の分離は多段の複式カスケード型遠心分離方式で行われていますが、クラスターを形成する「液体」の水処理に適しません。

直径10mを超える大型タンクで、底位に限定する旋回流動域をポンプ手段で維持する求心沈降分離槽（以下ピタクロン,PCN と呼称）に改造すると、攪拌状態で重い物質成分がタンク底中央に集中します。このポンプ循環の配管を上下方向に分岐し、下向き方向管からの採取液を隣接の同様の求心沈降槽 PCN 2 に送り、そのタンクの越流（詳細は別途記載）

多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

越流とは本質的に異なる浸透ろ過に該当するように工夫した) を元の PCN1 槽に戻す。この循環を繰り返すほどに重い成分と軽い成分を別の槽に分別できて、CN1 槽ではトリチウム水が放流可能なまで希薄になるまで多数段のカスケード処理をします。

ポンプ手段後の回路途中で圧力と温度調整ともに、超音波、電磁波等、各種の工夫を凝らし、水クラスターの解砕を図るほどに、上段槽でトリチウム水の濃縮と、同時に下段槽でその希薄化が進むはず。この過程をトリチウムの発するβ線で検証して最適運転条件を選定して、段数を増やして放流に支障のない濃度水準に到達する事が見込めます。

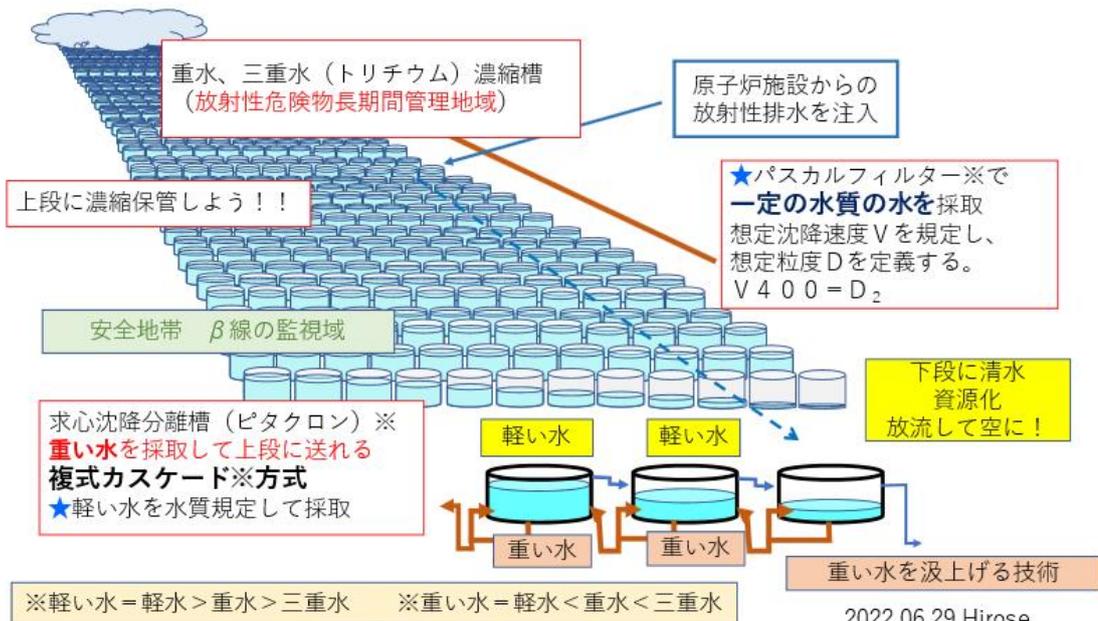
既存の 1000 基のタンクを順次改造すると、数 10 年かかる希釈放流計画に対して確実に追いつく可能性があり、空になったタンクは高機能の求心沈降槽 PCN として諸産業に活用する事が見込めます。

最初の実験での確認事項

トリチウム水クラスターの構造とその解砕云々の議論が不可欠重要ですが、これに先立ち、まずは濃縮と希薄化を現実の千tタンク規模での実証が先であり、最適の旋回流条件と PCN1~2 の 2 槽間の循環速度及び最適化で対応できます。これを繰り返す PCN1~1000 の複式カスケードに於いて、所望の希薄化が確認できます。

効果；

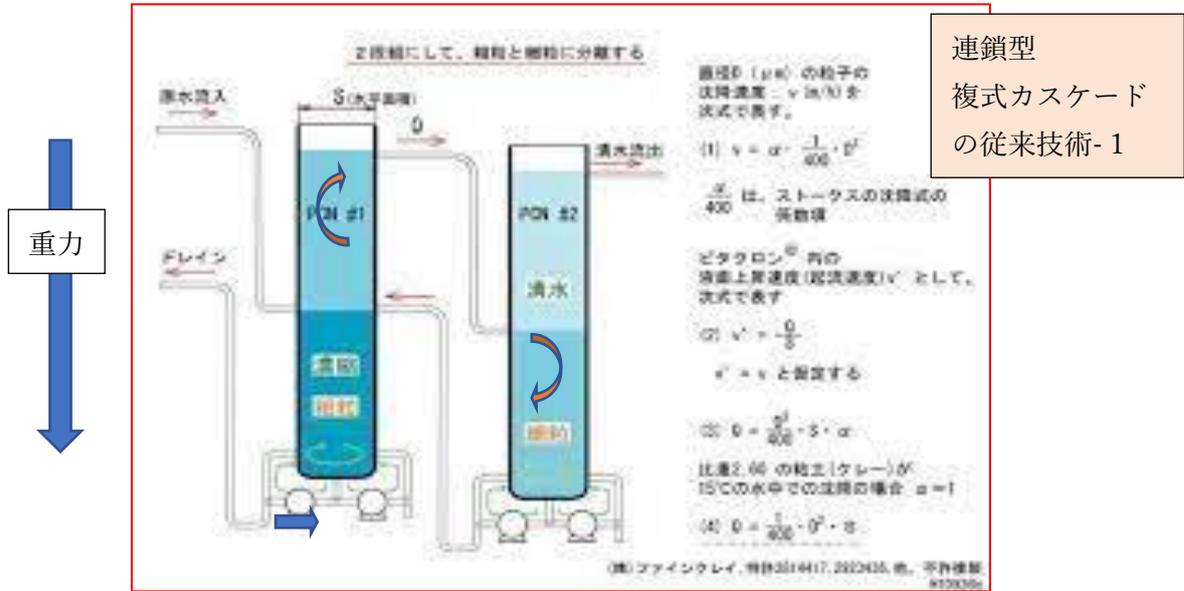
本方式にて、さらに電気分解で軽水を選択的に分解するとトリチウムを含む重水資源が得られて資源化利用が見込めます。この電気分解で得られる純正の軽水素ガスは水素社会に於ける基礎エネルギー資源です。トリチウム含有水での実証で軽水素の純度が解析されることを期待します。屋外タンクで昼夜、四季の温度変化があっても定常的旋回流では分別に影響が出にくいはずながら、相応の工夫を施します。



多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

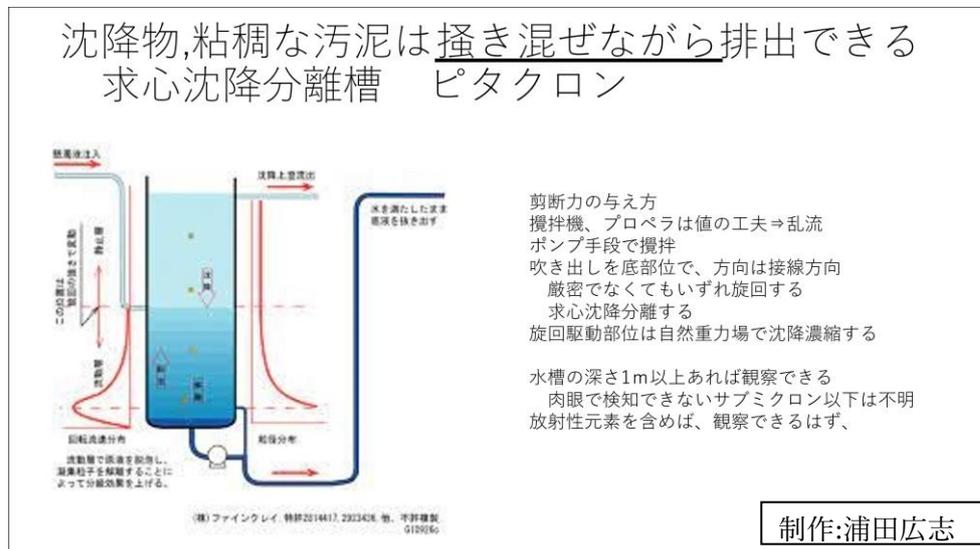
求心沈降分離の複式カスケード方式の参考資料 1

遠心力はこれに代わるもの、作用反作用の関係で同じ力の**求心力**の利用があり、「求心沈降」「ピタクロン」 をネット検索すると下記の図が得られます。



参考資料 2

タンクの底の中心からポンプ手段で吸入した液を上下に分岐し、上方を側壁から噴出し旋回流を成し、旋回流の中心に、かつ**重力場が作用して底位中心に沈降濃縮**します。

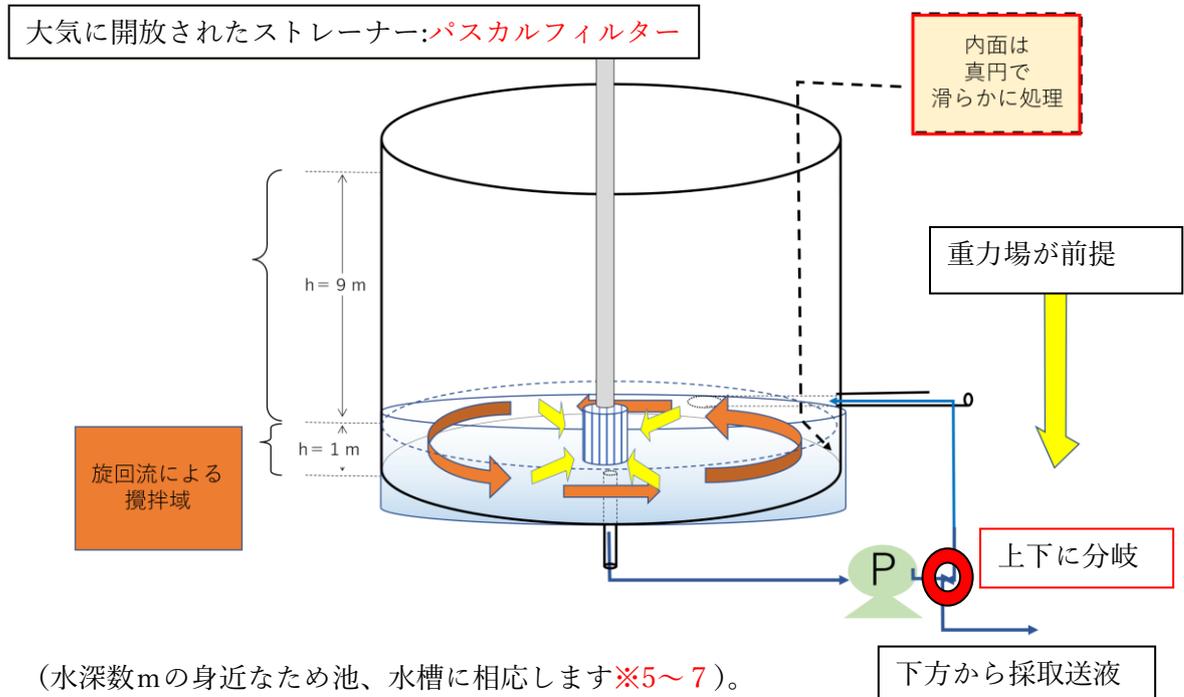


濃縮された**重い液**を汲み出して隣接槽に送れることが特徴で、送った液が重力による自然流下で戻る循環これを無数段繰り返すことで、複式カスケードが無数段成立します。

この時の処理水量 Q と用いたフィルターの面積 S で算出する線速度 v で水質管理する事、「速度単位」を仮想粒子の**粒径 D** 「長さ単位」に換算する式が提起されています。この式はいわゆるストークスの沈降式に相当し、前提条件がないので応用範囲は広いです。

多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

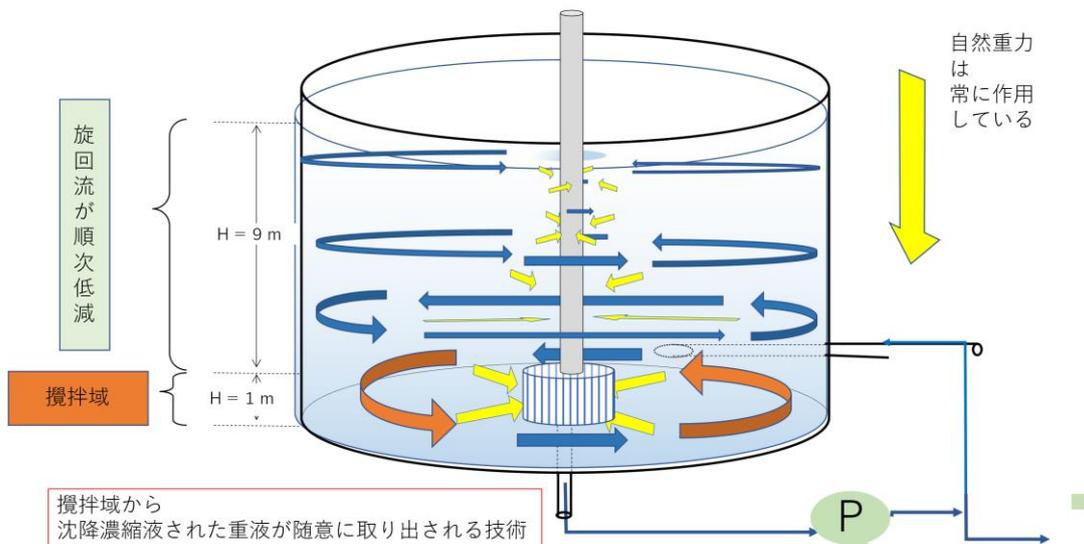
求心沈降分離は、回転径が大きいほど有利で、大量処理に好適であり、本件千tタンクでは次のように施工してできます。



(水深数mの身近なため池、水槽に相応します※5~7)。

タンクの底中心にインチ径程度の菅を設けて、ポンプで吸入し槽の底位側面で接線方向に噴き出す。途中、上下に分岐し、下向き方向から採取送液を厳守します。今回の水素同位体の場合は、 β 線検出の検定次第ですが、この部位に格段の工夫の余地があります。

10mまで水を入れても、旋回流が低減しつつ表層に及ぶようにポンプを調整する。この判断が多様デス



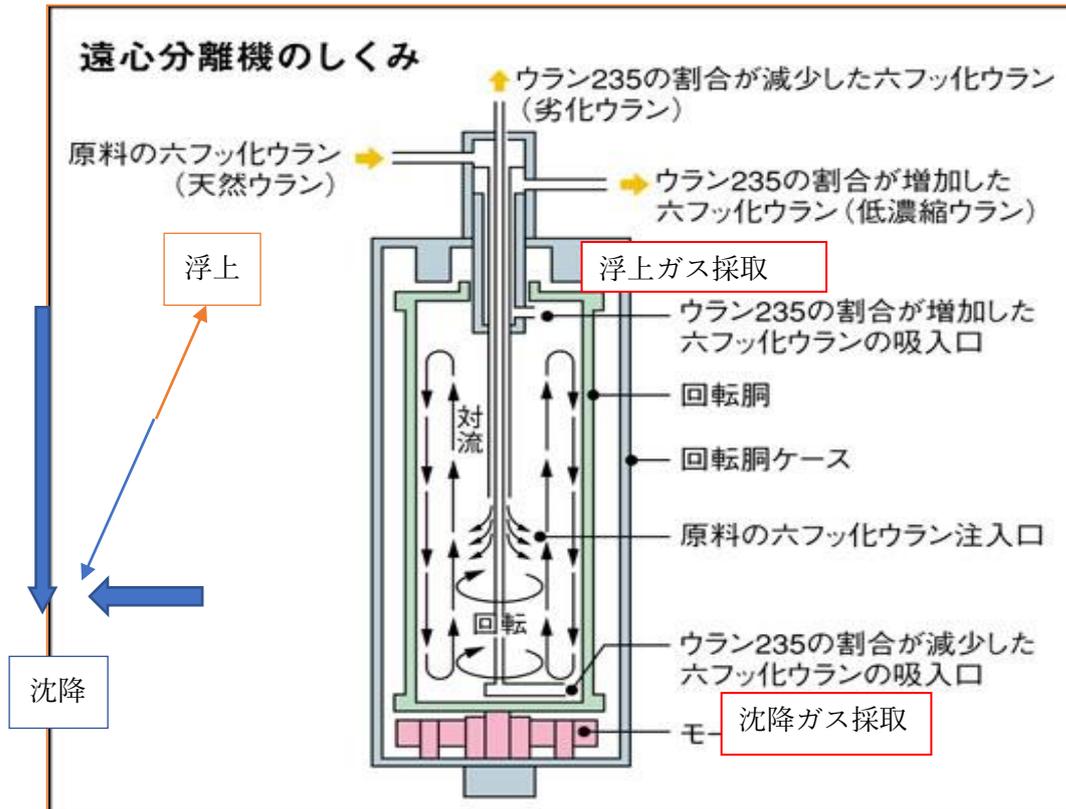
多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

重力沈降と求心力が合わさって底域中央に濃縮される事が極めて重要です、が千t級の大規模施設での実施は民間個人ではかないません。

参考資料 3

同位体の分別は、ウラン 235 を天然ウランから濃縮採取する方法が下記公開されています、

[\[濃縮事業\] 遠心分離機・カスケードとは | 事業情報 > 概要 - 日本原燃株式会社 \(jnfl.co.jp\)](#)



内部に注入された六フッ化ウランガスは、重力の何千倍もの強さの遠心力によって回転胴に押し付けられます。このとき重いウラン 238 の割合が高い六フッ化ウランが外側に押され、外側で 238 の割合が高くなり、軽いウラン 235 の割合が高い六フッ化ウランが中心部に集まり、中心部で 235 の割合が高くなります。そして**中心部から六フッ化ウランガスを抜き取る**ことにより、**濃縮ウラン**が得られます。と記されています。

中心部の上位で採取するのは、軽い、つまり重力場で浮遊する現象を利用したものと考えます。遠心力は水平方向に働き、重力が垂直方向に働いて上位に浮遊したことを利用して、**数々の工夫の成果**でウラン 235 と 238 を分離分取したものです。遠心力を強化すればするほど効率が上がるわけではなく、**適正値はさほど強力ではない**と推測します。

1 台の遠心分離機によって濃縮される度合は、一般的にはごくわずかであり、必要な濃縮度を得るためには何回も処理を繰り返す必要があります。このために複数の遠心分離機を連結して効率よく運転を行う設備が必要であり、これをカスケードといいます。と記載あり。

つまり、カスケードの**数量段数**と**構成が技術力の本質**であると考えますが、公開討論されにくい分野です。カスケードとは一般に棚田のように上位から滝のように流れ下る一方

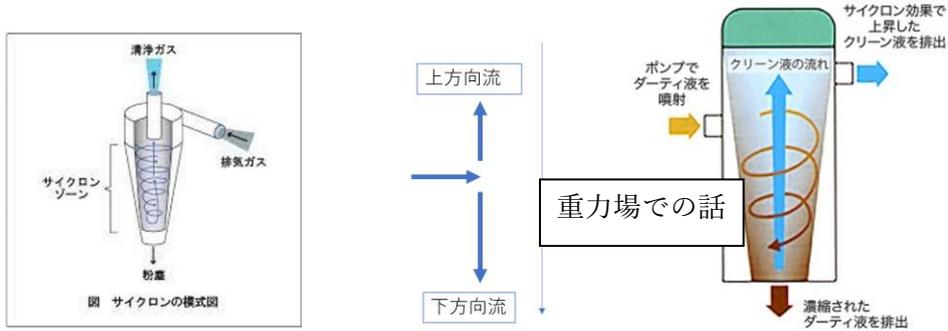
多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

向ですが、このように下方の重い部分を汲み上げて再処理する循環が特徴であり、連鎖型複式カスケードと呼ぶことにします。液体処理には求心沈降が好適と考えます。

参考資料4

求心沈降は遠心沈降に比べて周知されていませんが、ネットではつぎの資料があります。

サイクロン方式のスピクロン®



求心沈降現象を利用するサイクロンは、煙突からの排出される煤塵の採取に使われ、様々の場所で改良工夫され、分離分級に使われるが、自然重力場で**水平方向から上下に分別する事である。**

この分離分級のメカニズムが論じられますが、要素技術の解説にとどまらず、重要なことは連鎖式複式カスケードへの応用です。

求心沈降に対して遠心沈降の場合は、次の資料があり、本件では連鎖型複式カスケードの適所に滞留する重い物質のさらなる濃縮に使用できますが、その場合の軽い液を本件カスケードに戻せることで効果が発揮できます。

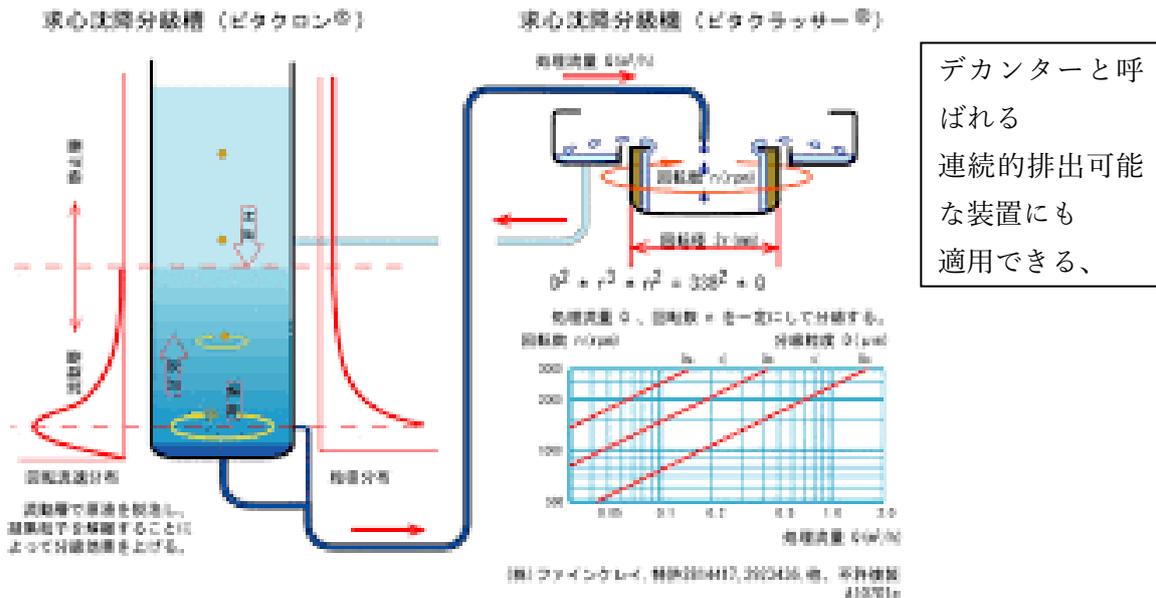


図1 ファインケレイ、特許第4417,300号、他、資料種別 213701e

多核種除去設備等で 浄化処理した水からトリチウムを分離する技術を募集します

沈降線速度で規定した水質で採取できるパスカルフィルターのエレメントは下記 東洋スクリーン(株) https://www.toyoscreen.co.jp/corp_info/ のウエッジワイヤースクリーンの採択が好適です。求心沈降分離槽ピタクロンの底部分は、タンクの底に用いる鏡板の大型化、底位での接線方向の吹き出し孔の入念な加工、内面の鏡面仕上げが重要であり、放射線対策として数十年の耐久性と安全性確保が必要です。 巨大な千tタンクの円周 50m について、1 m間隔で 50W のマグネットポンプ 50 個で 2.5KW の電力で適正な旋回流の付与できると提案します。カスケードのタンク間の高低差工夫次第で運転経費を僅少にします。

SLPS 処理水に限らず、原発事故の様々な汚染土壌の水簸分級処理の汚染水に対応する事、ゼオライト、ペーライト、各種イオン交換体、活性炭等の吸着剤を活用する事、従来のカラム、筒処理に代わる新方式に向けての詳細は別途提案いたします。

※1 2020 年 05 月 15 日 経産省廃炉・汚染水対策チーム事務局へ提出 [資料](#) **NEW!!**
多核種除去設備等処理水の取り扱いに関する意見
求心沈降分離型カスケード方式で水クラスターを解して、トリチウム水を濃縮しよう

※2 2020 年 06 月 15 日 経産省廃炉・汚染水対策チーム事務局へ提出 [資料](#) **NEW!!**
多核種除去設備等処理水の取り扱いに関する意見 - 補遺
軽水が択的に電気分解できるので、重水、三重水(トリチウム水)を濃縮しよう

※3 2020 年 07 月 31 日 経産省廃炉・汚染水対策チーム事務局へ提出 [資料](#) **NEW!!**
多核種除去設備等処理水の取り扱いに関する意見 - 補遺 2
電流が集中する尖った部位のない円筒形の電極採用で軽水のみを電気分解しよう

※4 2021 年 08 月 16 日 東京電力(株)、ナインシグマ社宛てに提出 [提案資料](#) **NEW!!**
軽水の選択的電気分解とトリチウム水濃縮減容装置

※5 2010 年名古屋で様々な用途提案がされた。
http://www.fineclay.co.jp/materials_data/101029tokkyo.pdf

※6 2007 年ごろ国土交通省での発表資料
http://www.fineclay.co.jp/materials_data/070500%E5%9B%BD%E4%BA%A4%E7%9C%81_%E8%AA%BF%E2%85%A107%E6%B0%B4%E8%BE%BA%E3%81%AE%E5%BA%95%E5%9F%9F.pdf

※7 その他、浅い水辺、ため池、身近な水循環での関連資料
<http://www.finecly.co.jp/>