

[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 (及び 3) (「技術提案募集の内容」の該当番号を記載 願います)
御提案件名	溶液中のセシウム、ストロンチウムの除去 (実験で確認済み)、 及びトリチウム除去に対する提案
御提案者	露 木 尚 光
<p>1. 技術等の概要 (特徴、仕様、性能、保有者など)</p> <p>申請者らはトリチウムだけを選択的に除去するのは技術的に極めて難しいと考え、セシウム、ストロンチウムを含めて一挙に除去する方法を提案するものである。</p> <p>申請者らの提案はセシウム及びストロンチウムなどの核種をケイ酸水溶液と結合させ、$\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系セメント水和物中に取り込み、水溶液からこれらの元素を除去する方法である。実験では水溶液に試薬の塩化セシウム、塩化ストロンチウムを溶かした溶液を疑似汚染水と想定して行った。この疑似汚染水に新たに開発したケイ酸水溶液を混合し、その後、水酸化カルシウム (消石灰) を加えた結果、沈殿を生じてほぼ完全に固定化することができた。ケイ酸と消石灰の混合比によって組成と性状の異なる水和物が得られるが、いずれもこの沈殿は非晶質の $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系化合物の形成によるものである。この沈殿は極めて急速に生成され、時間の経過と共に固化する。沈殿した $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系の化合物はセメント水和物で、コンクリートと同様な主要鉱物で急速に固化して強度発現するのが特徴である。この部分は既に実験で確認している。</p> <p>現在問題になっている水溶液中のトリチウムは、$\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系化合物が水を取り込んで水和物を形成するので、水を取り込む形で化合物を生成することができ、この結合水の中にトリチウムが取り込まれる想定である。水を含む化合物は、いわゆるセメントによる水和物で、これは構造水として固定される。蒸発などによって簡単に飛散するものではない。この水和物を多く生成させることによってトリチウムを捕捉することができる。この方法によってトリチウムの量を低減できると考えている (勿論 100% ではない)。トリチウムを扱える研究機関でなければ測定は難しいので、現在は提案するに留まっている。</p> <p>本申請の方法は、最初に少量のケイ酸水溶液と少量の消石灰でセシウム、ストロンチウムを凝集沈殿させる。その結果、セシウムは 96.4%、ストロンチウムは 89.3% が沈殿形成時に捕集された。その後、ケイ酸水溶液の量を増やし、また、過剰の消石灰を投入して $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系の化合物をできるだけ多く形成させる。すなわち、結晶水ができるだけ多いと、その中にトリチウムも多く取り込まれることになるので、別添写真のように大量の沈殿を生成する必要がある。この方法はセシウム、ストロンチウム、トリチウムを一挙に沈殿させる方法が特徴である。</p>	

本実験で提案するケイ酸水溶液は、二酸化ケイ素 (SiO_2) を 1 L 中に 20000 mg/L 程度溶解させた溶液である。本来全く別の目的のために開発したもので、特殊な方法で製造している。土と同じケイ素が主要成分であり、超安全で無害である。疑似汚染水に対して実験した結果、適応できることが明らかになり申請したものである。

申請者らは具体的な実験方法を述べ、別添で写真を添付した。トリチウムの実験はできないが、写真の沈殿層に取り込まれるものと考えられる。
以下に日本大学理工学部一般教育彙報の依頼論文の一部を記載した¹⁾。

ここで、筆者の提案を述べてみよう。表層に含まれる土壌中の放射性物質は、土壌を改質しての構造中のセシウムを排除するなどしてから除染しなければならない。高圧洗浄した放射性物質は最終的には水中に溶解込み、また廃炉にするときの高濃度汚染水中の放射性物質を除去しなければならない。筆者はこれを凝集剤によって沈殿させることを考えた。非放射性試薬の塩化セシウム (CsCl) や塩化ストロンチウム・6水塩 ($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) を前述のケイ酸水溶液 (H_4SiO_4) で処理した。例えば、筆者が実験した方法は、

- 1) 塩化セシウム濃度 600 mg/L が、処理によって 380 mg/L に低減された。これは 36.67% の低減である。実際にはこのような高濃度の放射性物質はあり得ないが、化学分析上このような高濃度で行ったものである。
- 2) また、塩化セシウム濃度 240 mg/L、及び塩化ストロンチウム濃度 94 mg/L の共存溶液では、処理によってそれぞれ 160 mg/L、0.76 mg/L に低減された。これはそれぞれ 33.3%、99.2% の低減である。

実験の再現性は確認され、下層部に含まれる塩化セシウム、塩化ストロンチウムは沈殿となって固化して除去することができた。この写真を添付する。現実の放射性物質はこのような高濃度ではないが、水の除染、土壌の除染、廃炉に伴う高濃度廃液の除染には有効な方法であると考え、提案するものである。

1) 露木尚光、日本大学理工学部一般教彙報, 93, 27-34 (2013) .

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いたします）

- ・ 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）

本申請で提案するケイ酸水溶液の開発目的は、本来建設資材の高付加価値化や高機能性を期待したもので、特殊な方法で製造している。主要な化学成分は二酸化ケイ素（ SiO_2 ）を1 L中に20000 mg/L程度溶解させた溶液である。疑似汚染水に対して実験した結果、適応できることが明らかになり申請したものである。申請者の協力者が横浜の研究室で製造している。

これまでの実用実績としては、建築設計事務所による施工例の他、今後一部上場企業による重金属の不溶化などに使う予定である。

実用化までの時間は規模によるところが大きいが、初期の試験段階であれば下記の装置が準備できれば比較的短時間で実用可能である。

- ・ 開発・実用化に向けた課題・留意点

本申請の技術により実際に除染するためには、混合器、濾過器もしくは真空濾過器、乾燥器があれば実用化できる。極めて汎用的な装置だけである。

除染目的に本法を適用し、生成した固形物はセシウム、ストロンチウム、トリチウムが高濃度で含まれている $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系セメント水和物となる。さらに一度固化してしまうと再溶解することがほとんどなく、適切に防水処理を施せば水和水として取り込まれているトリチウムを動けなくすることができる利点がある。この沈殿物はコンクリートと同様に時間の経過と共に固化するので極めて扱い易い。

- ・ その他（特許等を保有している場合の参照情報等）

現在、特許出願中 平成25年10月23日

発明者 露木尚光

出願者 (有) 日本素材工学研究所

(備考) 技術提案募集の内容 (6分野)

- ① 汚染水貯蔵 (タンク等)
- ② 汚染水処理 (トリチウム処理等)
- ③ 港湾内の海水の浄化 (海水中の放射性物質の除去等)
- ④ 建屋内の汚染水管理 (建屋内止水、地盤改良等)
- ⑤ 地下水流入抑制の敷地管理 (遮水壁、フェーシング等)
- ⑥ 地下水等の挙動把握 (地下水に係るデータ収集の手法、水質の分析技術等)