

[様式 2]

提案書	
技術分野	③
提案件名	微生物を利用した港湾内海水浄化システム
提案者	ポリテックジャパン

1. 技術等の概要（特徴、仕様、性能、保有者など）

本提案による港湾内の海水の浄化システムは、微生物のもつ代謝機構を活用する独自の技術(当社保有、特許出願中)に基づくものであり、海水中に含まれる放射性セシウム、ストロンチウムを除去するとともに、目的外元素の吸着による除去効率低下が少なく、除去に伴う廃棄物の処理が容易であり、かつ簡易な設備であるという、数々の優れた特徴を持つ。

以下、微生物によるセシウム、ストロンチウム吸着の原理について説明し、次いで、当社の有する微生物の高密度保持技術について述べ、最後に、本技術を適用した港湾内海水浄化用のシルトフェンスの構造ならびに二次廃棄物の処理方法について説明する。なお、本提案システムの放射能除去性能については、2. 備考で述べる。

【微生物によるセシウム、ストロンチウム吸着の原理】

微生物によるセシウム吸着には2つの機構が存在する。まず、セシウム蓄積菌、脱窒菌等の微生物は、もともとその細胞膜に有するカリウム輸送ポンプを介してセシウムを細胞内に取り込むことが知られている。カリウムポンプは ATP のエネルギーを利用して、ナトリウムイオンを細胞外に運び出すと共に、カリウムイオンを細胞内に取り込む機能を有するが、ある種の微生物はカリウムとセシウムの識別が甘く、セシウムも細胞内に取り込む。

また、一般に微生物は多糖類、アミノ酸等の様々な有機物を分泌して膜状の構造体(バイオフィーム)を形成しており、バイオフィーム内には嫌気性菌から好気性菌まで様々な種類の微生物が存在している。このバイオフィームに含まれるある種の有機物はセシウムイオンを選択的に吸着する。図1にバイオフィームを、図2に有機物分子の官能基にセシウムイオンが吸着した様子を示す。

本提案システムは、吸着剤として微生物とそれが形成するバイオフィームの両方を用いるため、セシウムの吸着率が飛躍的に高い。

一方、ストロンチウムは水溶液中で2価のカチオンであり、セシウムと同様にバイオフィームに吸着するものと考えられる。図3に有機物分子の官能基にストロンチウムイオンが吸着した様子を示す。



図1 バイオフィルム

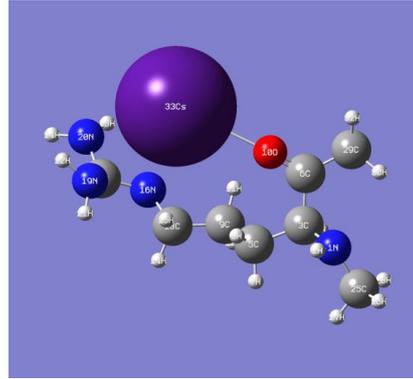


図2 セシウムイオンが吸着した様子

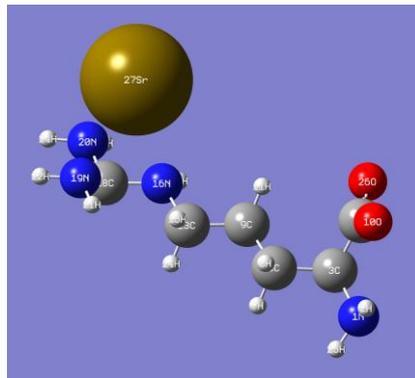


図3 ストロンチウムイオンが吸着した様子

海水中において、競合する目的外元素として、まず、ナトリウムイオンがあげられよう。しかしながら、ナトリウムイオンは硬い酸であり、セシウムイオン、ストロンチウムイオンは軟らかい酸に属する。したがって、バイオフィルム内でそれぞれが吸着する官能基は異なり、本提案システムにおいては目的外元素の吸着による除去効率低下は少ない。

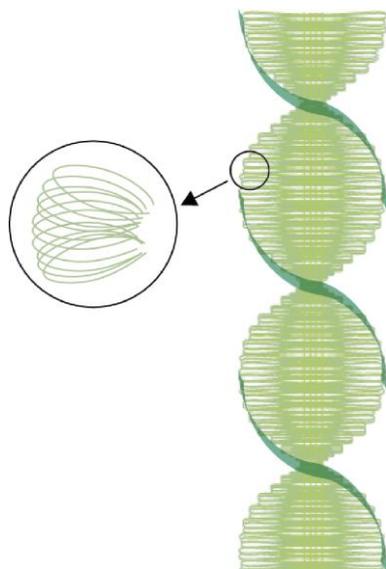
【微生物の高密度保持技術】

先に述べたように、微生物ならびにバイオフィルムはもともとセシウム、ストロンチウムの吸着能力を持つわけであるが、当社の有するその高密度保持技術により、世界で初めて、微生物による低濃度汚染水からのセシウム、ストロンチウムの回収が実現した。図4に当社の有する微生物の高密度保持技術の概要を示す。

当社の微生物の高密度保持技術は、中空二重螺旋型担体を用いることを特徴としており、担体上にバイオフィルムが張られ微生物の大群落を出現させることができ、微生物の個体数密度が飛躍的に向上する。このため、放射性物質の濃度が低い汚染水からも効率的にセシウム、ストロンチウムを回収することが可能である。

また、中空二重螺旋型担体を用いることにより、多種多様な微生物を定着増殖させることができ、バイオフィルムの剥離・脱落が抑制され、処理能力を向上させることができる。

微生物の高密度保持技術



中空二重螺旋型担体

- 長繊維を紡いで作った糸を束ね、さらにそれを振って中空二重らせん構造としたものです。

微生物の高密度保持法

- 微生物は二重らせん構造の糸を利用してバイオフィルムを張ります。これにより効率的な酸素供給が可能です。



微生物個体数の飛躍的増加



低濃度汚染水の処理が可能

図4 微生物の高密度保持技術

さらに、二重螺旋構造とすることにより、担体に張られたバイオフィルムの両面からバイオフィルム内の微生物に対して酸素、栄養物質が供給され、バイオフィルムの片面のみから酸素が供給される方法と比較して優れた効果をもたらす。

以上述べた効果により、当社は、通常の微生物担体と比較して、微生物の個体数を数百倍に高めることに成功した。

【港湾内海水浄化用シルトフェンス】

当社の中空二重螺旋型担体を用いた港湾内海水浄化用のシルトフェンスの構造を図5に示す。フロートカバーにフロートを通し、フロートカバーの縫付けとおもりの間に中空二重螺旋型担体を張り、海水中に固定するという簡易な設備である。図6に港湾内に設置した様子を示す。

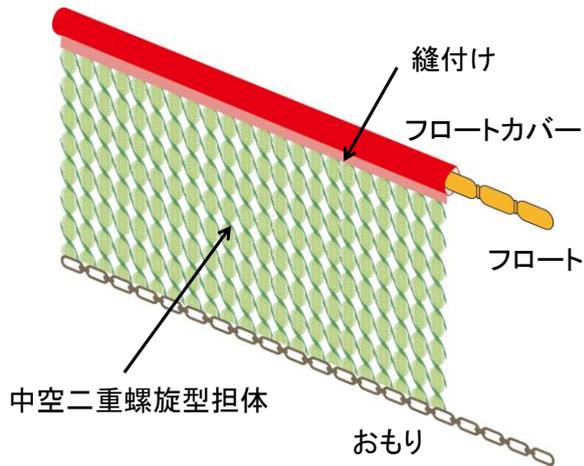


図5 シルトフェンスの構造

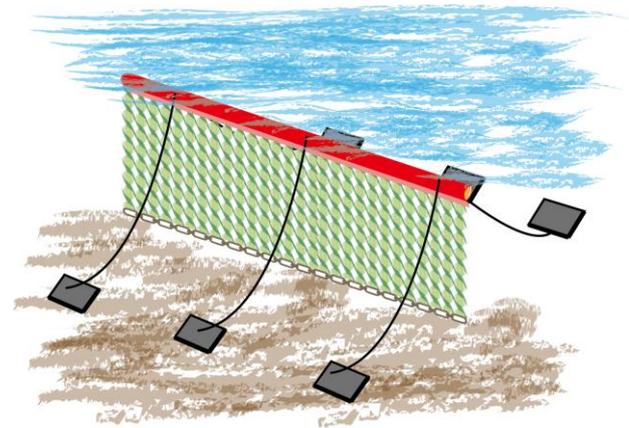


図6 港湾内設置図

本提案システムから生じる二次廃棄物は所謂、汚泥であり、「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方」ならびに「放射性物質汚染対処特別措置法」に従い処理できる。図7にその処理フローを示す。本提案システムから生じる二次廃棄物は、脱水・乾燥・焼却により著しく減容化が可能である。

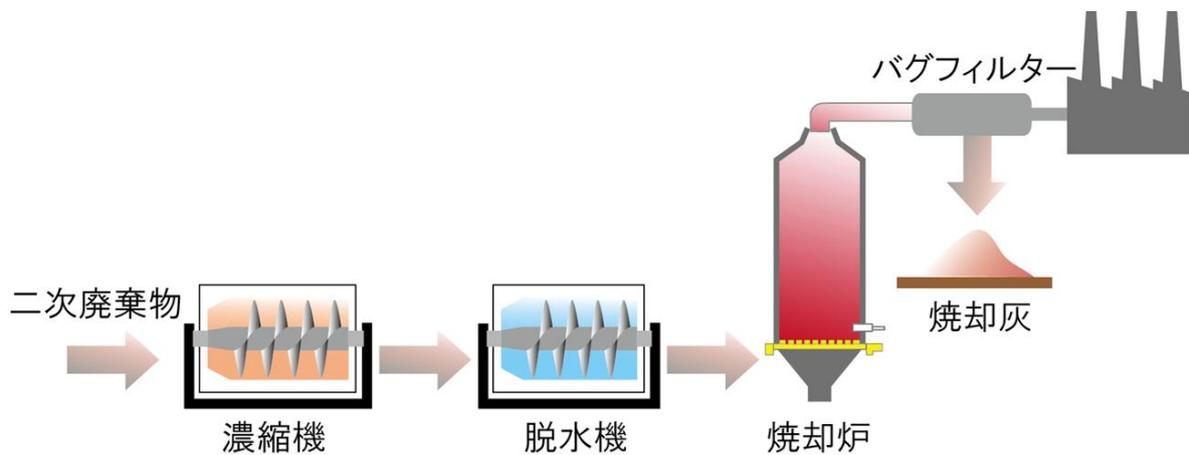


図7 除去に伴う二次廃棄物の処理フロー

2. 備考

- ・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）

本提案に先立ち、当社では、ベンチスケールではあるが、微生物によるセシウムの吸着試験を実施し、提案技術を検証した。その結果について述べる。

飯舘村および同村教育委員会の協力により、汚染された小学校プールの水の提供を受け、これを用いて除染実証試験を行った。実験に用いた低濃度汚染水のセシウム濃度は、2300Bq/kgであった。

実験装置は、3槽から成り、各槽の寸法は450×450×300mmである。各除染槽には、中空二重螺旋担体を実装し、担体上にバイオフィルムを形成後、試験に供した。

処理時間が24時間となるように、汚染水の供給流量を設定し、装置出口において除染水を採取して、そのセシウム濃度を測定した。除染水中におけるセシウム134の濃度は82Bq/kg、セシウム137の濃度は98Bq/kgであり、約92%のセシウムを除去することに成功した。

本実証試験の成果は、汚染水からセシウム92%除去（毎日新聞2011年12月9日）、汚染水微生物で除去（福島民報2011年12月9日）、微生物のバイオフィルム活用、セシウム吸着技術を開発（いわき民報2011年12月10日）等で報道され、低コストな実用化技術として、大きな期待を集めている。

図8に実証試験の様子と結果、表1に既存の実験結果との比較を示す。

図8 実証試験の様子と結果

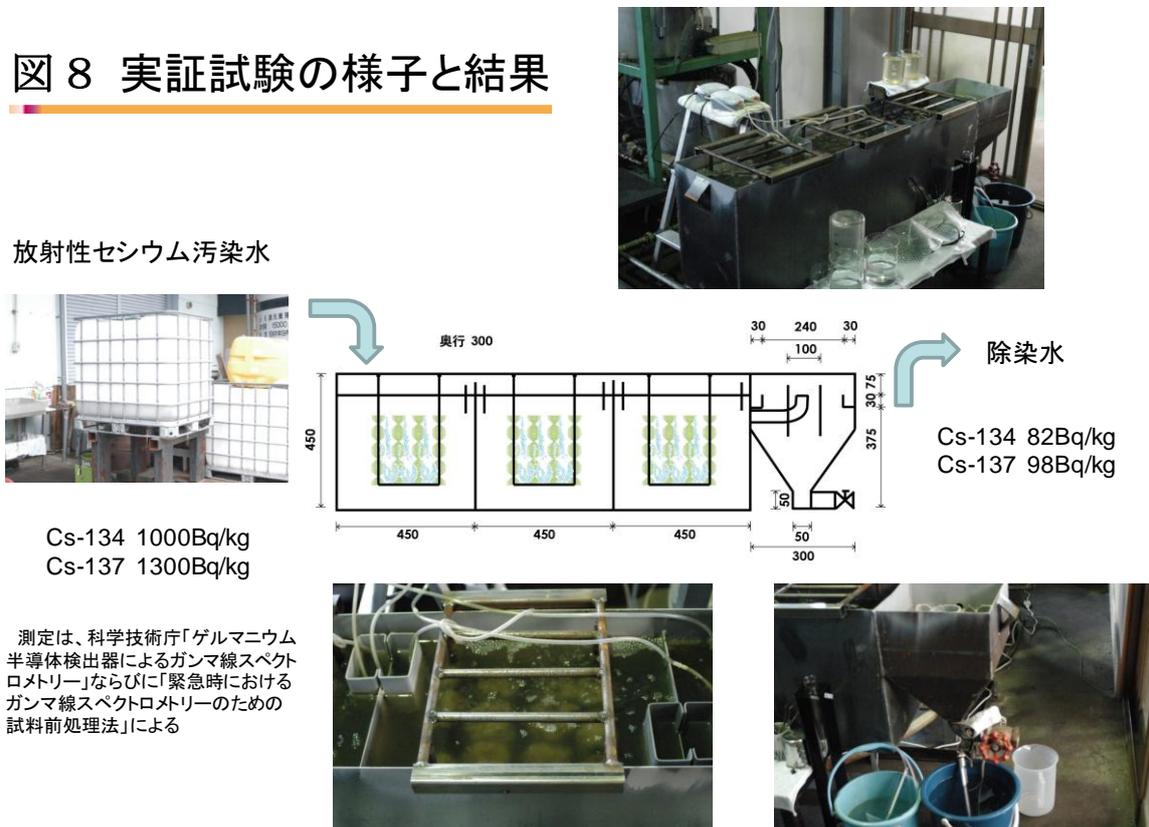


表1 既存の実験結果との比較

研究機関	微生物	対象	実験法	吸着率
国環研	Rhodococcus	放射性セシウム 37kBq/L	バッチ	92%
三菱重工	脱窒菌	非放射性セシウム 10mg/L	フロー	95%
ポリテック+産総研	活性汚泥	放射性セシウム 2.3kBq/L	フロー	92%

国環研、三菱重工は、セシウム吸着能の高い微生物種の探索・同定を行い、それぞれ Rhodococcus 菌、脱窒菌を実験に供したが、当社では、事故直後、各地の下水処理場で下水汚泥の放射能濃度が急上昇したことに基づき、活性汚泥をそのまま使用した。表1から、微生物によるセシウム吸着率は概ね90～95%程度といえよう。ゼオライト等の他の吸着剤と比較して吸着率の値は低いが、吸着剤そのもののコストがほぼ0であることは、それを補って余りあると考えられる。

・開発・実用化に向けた課題・留意点

海水の常在微生物相から海水活性汚泥を形成し、排水処理に用いることができる。すでに述べたように、当社では低濃度汚染水を用いた実証試験を行ったが、海水を使用した試験は行っていない。本提案の実用化に向けて、まずこの点について実験的に検討する必要があると考えている。微生物種の同定も必要であろう。

また、当社が先に行った実証試験では、ストロンチウム濃度の測定は行わなかったが、微生物を用いたセシウムとストロンチウムの同時除去の報告等もあり、ストロンチウムも当然除去されていたと考えている。ストロンチウムに対する吸着率も測定する必要がある。

いくつか課題は残されているものの、本技術は低コストであり、大規模化が容易、かつ簡易な設備であるという数々の優れた特徴を有しており、国の支援のもと実用化が急がれる技術の1つと考える。御支援をお願いしたい。

・その他（特許等を保有している場合の参照情報等）

特願 2010-203692 微生物担体を利用する汚水処理槽と汚泥抑制

特願 2011-248243 放射性物質の除染・除去方法(産総研との共同出願)