

令和 4 年 5 月 24 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K06969

研究課題名(和文) 堆積汚泥に吸着した放射性セシウムの減容化を考慮した効率的除染システムの開発

研究課題名(英文) Development on Effective Removal System of Radioactive Cesium adsorbed on Ocean Sludge by considering the Volume Reduction

研究代表者

岡本 強一 (OKAMOTO, Kyoichi)

日本大学・理工学部・研究員

研究者番号：50256806

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：通常ヘドロに吸着しているセシウムを除去することはできない。そこで、セシウムは海底堆積汚泥(ヘドロ)に吸着しているので、このヘドロを分解すれば、セシウムが溶出すると考え、循環型浄化システムを利用した実験を行ってきた。本課題では、溶出したセシウムをシリカに再吸着させようという考えで、外的添加(ゼオライト等の)量を最小にする「減容化」を行い、効率的な除去システムの開発を目的として、海水および堆積汚泥さらにシリカを投入し循環型浄化システムを稼働し、pHを数種類用意し吸着率の比較を行った。その結果、特定のpHの時を除いて83%以上の吸着率を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

申請者らが以前提案したセシウム除去の方法は汚泥の分解で水中に溶出されたセシウムはゼオライトで固定可能とした。ここでゼオライトは理論上概略500g程度必要となるようであるが、本課題では、溶出したセシウムをシリカに再吸着させようという考えである。本方法では、60g程度のシリカ粉末で最低83%のセシウム吸着性能を有し、大幅な減容化が可能となることが分かった。また、pH=7.0程度とすればシリカ粉末へのセシウム吸着性能は十分であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Generally, it's impossible to remove the cesium absorbed on the sludge. It's possible to elute radioactive cesium by decomposition of the sludge. We had many experiments using Fine-bubble Purification System according to elute radioactive cesium by decomposition the sludge. In this application, our object is to check the removal performance of cesium after the decomposition and elution of the sludge by using improved Fine-bubble Purification System, for ocean decontamination. From the experimental results we get more 83% adsorption rate except specific pH.

研究分野：海洋環境工学

キーワード：減容化 放射性セシウム 循環型浄化システム 微生物活性剤 ファインバブル

### 1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日の東日本大地震によって発生した原発事故により、広い範囲で放射性物質により汚染された。しかも原発付近の沿岸の堆積汚泥にも放射性セシウムが吸着された。さらに陸上の汚染に対しては除染が行われた。一方、遠く離れた東京湾の海底土に含まれる放射性セシウムが検出された。これは原発事故で放出されたセシウムが河川から東京湾に流れ込んだとされている。2014年の採取で海底土に含まれるセシウムの量は最大1200ベクレル/kgとの調査結果がある。(東京湾における放射性セシウム濃度分布図(東京新聞,2015,3,15))したがって、このセシウムの除去は早急に行わなければならない重要な問題である。また最近、福島県内のダム湖の底土表層濃度が最大1キロ当たり6万4439ベクレルもあるとの報告があった。(朝日新聞9月25日)底土に含まれるセシウム除去など、これらの除染は非常に重要な問題である。

さて、通常ヘドロに吸着しているセシウムを除去することはできない。そこで、セシウムは海底堆積汚泥(ヘドロ)に吸着しているので、このヘドロを分解すれば、セシウムが溶出すると考え、循環型浄化システムを利用した実験を行ってきた。しかし、このシステムを使用して効率的かつ大量処理を行うには、添加するゼオライトや凝集剤等の残存物が多くなり、当初の汚泥の量より処理後の方が増大する問題が生ずると考えられる。すなわち、「減容化」を目指す必要がある。

そこで、循環型浄化システムにおいてシステム内に投入させたものが残存する場合その量を最小にする、すなわち「減容化」を行い、かつ高効率な除去システムが必要となった。

### 2. 研究の目的

原発事故によって陸地が放射性物質により汚染された。しかも、東京湾にも河川から放射性セシウムが流入した。海の除染を早急に確実に行う必要があるとの考えから、申請者の一人がマイクロバブルと微生物活性剤を用いた「循環型浄化システム」を開発している。そこで放射性セシウムは堆積汚泥の表面に吸着しているのではないかと仮説から、このシステムを利用して汚泥を分解することにより、吸着していた放射性セシウムを海水中へ溶出させ、既存技術(ゼオライト等)で固定させることにした。さらに分解されない堆積汚泥中のセシウムを凝集剤で凝集沈殿させるシステムを構築した(科研費(基盤(C))26420831 海の除染:マイクロバブルと微生物を利用した海底堆積汚泥からの放射性セシウムの除去)

しかし、このシステムを使用して効率的かつ大量処理を行うには、添加するゼオライトや凝集剤等の残存物が多くなり、当初の汚泥の量より処理後の方が増大する問題が生ずると考えられる。すなわち、「減容化」を目指す必要がある。

そこで、本申請では、循環型浄化システムにおいてシステム内に投入させたものが残存する場合その量を最小にする、すなわち「減容化」を行い、かつ高効率な除去システムを開発することを研究目的とする。

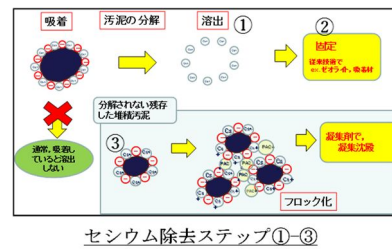
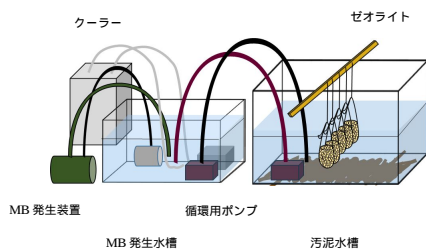
### 3. 研究の方法

最適減容化に関して、基本の方針とアイデアを提案する。基本方針として(1)ゼオライトをなるべく使用しない、(2)セシウムを有機物からシリカに吸着させる。

(減容化方法1)ゼオライトが減容化に大きく影響を加えるとの考えから、使用しないようにする。そのために、(ステップ で、循環型浄化システムで汚泥分解するが)当初堆積汚泥の表面にある有機物に吸着していた状態から、最終的に砂の主成分である「シリカ」にセシウムを再吸着させようという考えである。ステップ は不要になる。すなわちゼオライトは不要である

(減容化方法2)汚泥の成分の有機物からシリカに吸着したセシウム量がどの程度かを確認する。セシウム全量をシリカが吸着可能な堆積汚泥の量の検討が必要である。

(減容化方法3)セシウム全量をシリカが吸着したら、今度は凝集剤で凝集・沈殿させようとする。これによりほぼすべてのセシウムが凝集沈殿される。この凝集剤を投入する時間と凝集剤の量との関係を探ることが必要である。ここにおいて、最適減容化が実現される。



セシウム除去ステップ①-③

#### 4. 研究成果

まず、淡水中におけるシリカ粉末へのセシウム吸着実験を行った。蒸留水にセシウムを添加し pH を調整した数種類を作成し、シリカ粉末を添加・攪拌の後セシウム吸着率を調べた結果 40%以上の値を示した。これにより、シリカへのセシウム吸着の可能性が示された。

次に海水条件下でのシリカ粉末へのセシウム吸着実験を行った。海水および堆積汚泥を用いた循環型浄化システムを構築して行う。塩化セシウムをシステム稼働 1 時間前に添加・攪拌した。システムの稼働時間は 72 時間に設定した。システム停止後、汚泥を含む海水試料を回収・ろ過し、pH を数種類調整した。シリカ粉末添加濃度、攪拌時間および分析方法については淡水の場合と同様とし、吸着率の比較を行った。結果は、特定の場合を除いて 83%以上の吸着率を示した。特定の場合では、セシウム吸着性能が発揮されなかった。これは、pH=4.2 付近に等電点があり、吸着性能が低減したと推測される。よって pH の制御がシリカ粉末へのセシウム吸着性能に影響すると考えられる。さらに、等電点に関する再現実験を行った。

海水条件下で pH別のシリカへの吸着率  
(Case5はPAC添加後 pH3.9に変化)

Case	pH	吸着率 [%]
1	2.6	83.79
2	4.2	-3.34
3	6.2	84.14
4	7.2	84.30
5	4.4 (3.9)	83.37

結果から、従来申請者らが提案してきたセシウム除去の方法は汚泥が分解され水中に溶出されたセシウムはゼオライトで固定可能とした。ここでゼオライトは理論上概略 500g 程度必要となるようであるが、本方法では、60g 程度のシリカ粉末で最低 83%のセシウム吸

着性能を有し、大幅な減容化が可能となることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 OKAMOTO Kyoichi, KOMORIYA Tomoe, TOYAMA Takeshi, HIRANO Hirotsuke, GARCIA Teodinis, BACCAY Melito, MACASILHIG Marjun, FORTALEZA Benedicto	4. 巻 Vol.16, Issue54
2. 論文標題 PURIFICATION EXPERIMENTS ON THE PASIG RIVER, PHILIPPINES USING A CIRCULATION-TYPE PURIFICATION SYSTEM	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 49-54
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21660/2019.54.4735	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 KOMORIYA Tomoe, OKAMOTO Kyoichi, TOYAMA Takeshi, HIRANO Hirotsuke, GARCIA Teodinis, BACCAY Melito, MACASILHIG Marjun, FORTALEZA Benedicto	4. 巻 Vol.17, Issue59
2. 論文標題 PERFORMANCE OF A CIRCULATION TYPE PURIFICATION SYSTEM DURING THE REATMENT OF SLUDGE FROM MANILA BAY AND TWO PORTS IN JAPAN	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 51-56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21660/2019.59.4736	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 OKAMOTO Kyoichi, KOMORIYA Tomoe, TOYAMA Takeshi, HIRANO Hirotsuke, GARCIA Teodinis, BACCAY Melito, MACASILHIG Marjun, FORTALEZA Benedicto	4. 巻 1
2. 論文標題 PURIFICATION EXPERIMENTS ON THE PASIG RIVER, PHILIPPINES USING A CIRCULATION-TYPE PURIFICATION SYSTEM	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 4th Int. Conf. on Science, Engineering & Environment (SEE)	6. 最初と最後の頁 1016-1020
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 OKAMOTO Kyoichi, KOMORIYA Tomoe, TOYAMA Takeshi, HIRANO Hirotsuke, GARCIA Teodinis, BACCAY Melito, MACASILHIG Marjun, FORTALEZA Benedicto	4. 巻 1
2. 論文標題 PERFORMANCE OF A CIRCULATION TYPE PURIFICATION SYSTEM DURING THE TREATMENT OF SLUDGE FROM MANILA BAY AND TWO PORTS IN JAPAN	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 4th Int. Conf. on Science, Engineering & Environment (SEE)	6. 最初と最後の頁 1021-1025
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 小森谷友絵, 岡本強一, 遠山岳史	4. 巻 Vol.15, Issue47
2. 論文標題 REMOVAL OF RADIOACTIVE CESIUM FROM OCEAN SLUDGE BY THE BACTERIUM USING PURIFICATION SYSTEM OF CIRCULATION TYPE	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE(Geotec., Const. Mat. & Env.)	6. 最初と最後の頁 53-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21660/2018.47.7256	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡本強一, 小森谷友絵, 遠山岳史	4. 巻 OMAE2017-62581
2. 論文標題 EFFECT OF ADDITION OF BACTERIA ON THE DEVELOPMENT ON MOST SUITABLE REMOVAL METHOD OF RADIOACTIVE CESIUM ADSORBED ON OCEAN SLUDGE BY USING FINE BUBBLE AND ACTIVATING MICROORGANISMS	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the ASME 2017 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡本強一, 小森谷友絵, 遠山岳史	4. 巻 1
2. 論文標題 COMPARISON OF PURIFICATION PERFORMANCE AGAINST OCEAN SLUDGE IN TWO SEA-AREA BY USING PURIFICATION SYSTEM OF CIRCULATION TYPE	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 6th International Conference on Civil Engineering	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小森谷友絵, 岡本強一, 遠山岳史	4. 巻 Volume7(1)
2. 論文標題 REMOVAL OF RADIOACTIVE CESIUM FROM OCEAN SLUDGE BY THE BACTERIUM USING PURIFICATION SYSTEM OF CIRCULATION TYPE	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of International Conference on Geotechnique, Construction Materials and Environment	6. 最初と最後の頁 770-774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岡本強一, 小森谷友絵
2. 発表標題 堆積汚泥に吸着した放射性セシウムの減容化を考慮した効率的除去法の開発
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会春季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平野廣佑, 岡本強一, 小森谷友絵, 遠山岳史
2. 発表標題 堆積汚泥に吸着した放射性セシウムの減容化を考慮した効率的除去法
3. 学会等名 日本水環境学会・年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野川大輔, 岡本強一
2. 発表標題 循環型浄化システムを用いた堆積汚泥に吸着した放射性セシウムの除去-最適凝集剤添加量の検討-
3. 学会等名 日大理工・海洋建築工学科・日韓シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上野橋平, 立石翔太郎, 野川大輔, 中村隆浩, 岡本強一
2. 発表標題 循環型浄化システムにおける最適な活性剤投入時刻の検討
3. 学会等名 第62回日本大学理工学部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本強一, 遠山岳史, 森谷友絵
2. 発表標題 循環型浄化システムを用いた堆積汚泥に吸着した放射性セシウムの除染
3. 学会等名 環境放射能除染学会第6回研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村隆浩, 岡本強一
2. 発表標題 循環型浄化システムを用いた微生物活性剤の適用による浄化性能の比較
3. 学会等名 第61回日本大学理工学部学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ogawa Ma.Richie C., 立石翔太郎, 岡本強一, Teodinis Garcia, Melito Baccay, Marjun Macasilhig, Benedicto Fortaleza
2. 発表標題 Purification Performance of Sludge in Manila Bay by Purification System of Circulation Type
3. 学会等名 第61回日本大学理工学部学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 污水处理装置	発明者 岡本強一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-104672	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-



6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	遠山 岳史 (TOUYAMA Takeshi) (40318366)	日本大学・理工学部・教授  (32665)	
研究分担者	小森谷 友絵 (KOMORIYA Tomoe) (80409086)	日本大学・生産工学部・准教授  (32665)	
研究分担者	平野 廣佑 (HIRANO Hirosuke) (30758123)	和歌山工業高等専門学校・環境都市工学科・助教  (54701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関