

49 天然物を主剤とする凝集剤を用いた放射能汚染土壌の浄化に関する研究

井上守正, 吉田和利, 吉岡秀樹

1 目 的

福島原発事故は広く全国に深刻な影響を及ぼしている。その中でも環境に放出された放射性物質による農地、路地野菜等の汚染事象は、早急に解決を図る必要のある重大な課題である。当センターでは平成 22 年度に、八紀産業(株)と共同研究を行い、同社が開発した天然物を主剤とする凝集剤を用いた排水処理技術について検討を重ねてきた。その中で、当該凝集剤の、水中のヨウ素、セシウム等を凝集、除去する性能が確認できた。

本研究では、この基礎技術を踏まえ福島県における汚染土壌で実証試験を実施することにより放射能汚染土壌の浄化への適用を検討した。

2 試験方法

試験は平成 23 年 5 月 18 日~20 日に実施した。協力企業（デリカフーズ(株)、北庄ウエバー(株)）から紹介を受けた飯館村農家（福島県相馬郡飯館村）の圃場を試料土壌採取場所とした。

当該農地をラドラム社製 NaI シンチレーションサーベイメータ(以下 SC)およびアロカ社製ガイガーミュラーカウンター(以下 GM)を用いて線量測定を行い、線量の高い区域を選定した。選定した区域において 50cm×50cm、深さ 5cm の土壌を採取し試験に供した。採取した試料土壌を協力企業（八幡鉱業(株)）の保養施設（福島県白河市棚橋）に移送した。同施設の井戸水原水の線量を SC を用いてバックグラウンドを測定し、洗浄用水として使用した。イオン交換による溶出を図るため、KCl120g を溶解した洗浄用水 20L に試料土壌 10kg を投入し、塊が無くなるまで(5 分程度)柄杓で激しく攪拌したのち上澄 2L を別容器に取り、凝集試料水とした。また洗浄前の試料土壌ならびに上澄を除去した後の洗浄土壌については 100ml 容器に回収し、核種毎の線量分析（外部委託）に供した。凝集試料水を八紀産業(株)製凝集剤 FROG（商品名）の所定法により凝集沈殿上澄液（処理液）を得、SC を用いて処理後の線量を測定した。また洗浄濁水、上澄ならびに処理液については 100ml 容器に回収し、核種毎の線量分析に供した。

凝集剤 FROG を用いた凝集イメージを図 1 に、試料土壌採取場所選定風景、洗浄作業風景、凝集作業風景をそれぞれ図 2、図 3、図 4 に示す。

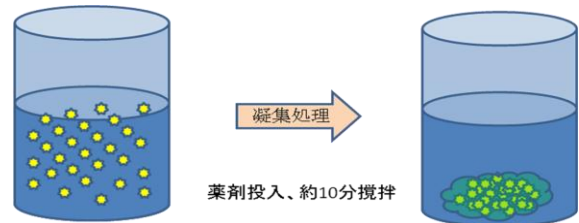


図 1 凝集剤FROGを用いた凝集イメージ



図 2 土壌採取場所選定風景



図 3 洗浄作業風景

3 結果と考察

凝集試料水をFROGを用いて凝集処理を施す前後の線量測定結果を図 5 に示す。凝集試料水中には放射性ヨウ素 (I) は検出されなかった。セシウム (Cs) についてはCs134、Cs137がそれぞれ70%以上除去されていた。以上の

ことから、汚染された水中の放射性セシウムがFROGによって凝集できることが確認できた。



図4 凝集作業風景

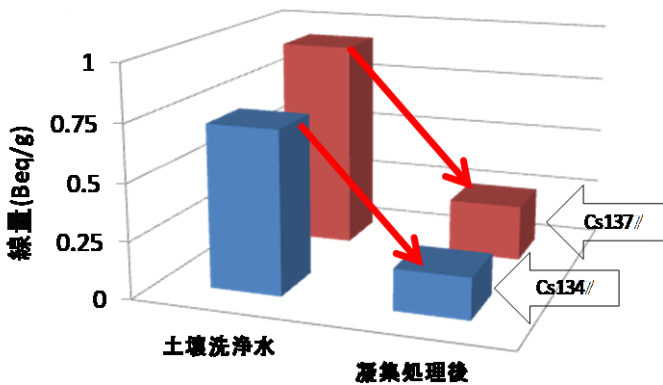


図5 土壌洗浄廃水 凝集処理前後の線量比較

これは非放射性物質を用いたモデル実験で確認した、FROGが溶解したセシウムを凝集除去するという結果と合致する。

次に汚染土壌の洗浄前後の線量測定結果を図6に示す。

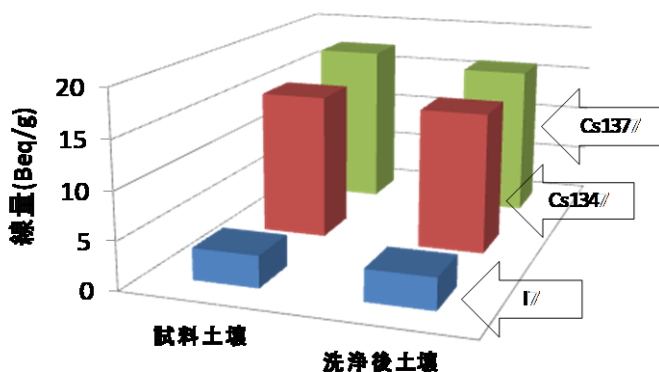


図6 土壌の洗浄前後の線量比較

土壌にはヨウ素が0.3Becq/g程度検出された。洗浄前後で土壌の放射線量に有意な変化は見られなかった。以上のことから塩類を溶解した水を用いて攪拌するという洗浄方法では、土壌中の放射性物質は溶出しないことが確

認された。以上の結果から、土壌から水中に溶出させた放射性成分の凝集、除去が可能であることが確認できた。

今後の課題として次の点があげられる。凝集剤FROGを用いた汚染土壌の除染は、①土壌の洗浄技術（土壌から水中への放射性成分の溶出）、②回収した放射性成分を含むスラッジの処理技術、③洗浄した土壌の農地としての再生技術が上げられる。

今回の実験では①については条件が不適であることが分かり、条件の最適化について継続検討する必要があることが分かった。②、③については今回検討していないが国、関係団体等に働きかける必要がある。

4 まとめ

八紀産業(株)との共同研究で開発した水中のヨウ素、セシウム等を凝集、除去する技術を踏まえ、福島県における放射能汚染土壌の浄化実証試験を実施した。その結果、①洗浄濁水中のセシウムの70%が除去出来たが、②しかし土壌の線量は殆ど減少しなかった。

今回の実証試験の知見を踏まえ、各企業と共同で実証試験を実施してきた。

第2回実証試験

共同研究先：八紀産業(株) 日程：平成23年9月15日~17日

場所：郡山市開成山公園他

概要：洗浄、分級、凝集による除染試験を実施。汚染土壌33kg(57kBq/kg相当)→洗浄土壌22kg(4.3kBq/kg相当)。線量の93%をスラッジとして回収できた。

第3回実証試験（福島県除染実証試験採択事業）

共同研究先：川崎重工業(株)

日程：平成24年1月9日~13日

場所：伊達市月舘運動場

概要：本システムを車載化するための基礎データを収集。

第4回実証試験

共同研究先：東洋建設(株)

日程：平成24年3月1日~2日

場所：郡山市荒池公園

概要：池、湖沼の水、底質の除染に本システムを応用するための基礎データを収集。平成24年度環境省研究助成金に採択された。

以上の取組の結果、最新データでは土壌線量の90%以上が除去でき、最終放射性廃棄物は元土の1/10程度を実現している。現在この成果を踏まえ、八紀産業(株)は経済産業省の農商工連携等による被災地等復興支援事業に採択され、神戸大学、当センター、地元企業等と連携して事業を継続している。

(問合せ先 井上守正)

50 ゼオライト等吸着剤による播州織染色排水の無色化に関する研究

佐伯 靖, 瀬川芳孝, 藤田浩行, 有年雅敏

1 目 的

播州織の染色排水の浄化に関しては、環境に優しく、安価な排水処理技術の開発が関連企業から要望されている。染色排水を浄化する場合、まず脱色するために活性炭を多く必要とするが、活性炭を多用するとコスト高になる。このため、活性炭とはほぼ同様の脱色性能を有し、かつ安価な脱色剤を検討しなければならない。

本研究は、高価な活性炭に替わる脱色剤として、ゼオライトやシリカアルミナ系活性白土に着目して、脱色性能を評価するとともに、染色排水への適用の可能性について基礎検討を加えた。

2 実験方法

本研究では、活性炭に替わる脱色剤としてゼオライト並びにシリカアルミナ系活性白土を用いて脱色性能を調べた。

2.1 ゼオライトによる染色排水の吸着試験

天然ゼオライトおよび人工ゼオライト(シーキュラス Caタイプ: 中部電力(株)製)をポリ塩化アルミニウム(PAC)+ポリアクリルアミド(PAA)と併用して青色系および赤色系の染料排水を処理し、処理水の着色を目視および分光光度計(U-2000 Spectorphotometer: HITACHI製)で300-800nm間で吸光度を測定した。

2.2 SiAl₂O₃系活性白土による染色排水の吸着試験

酸性白土[ニッカナイトS-200]、活性白土強、フロナイト723[シリカアルミナ系排水処理剤]、[シリカアルミナ系合成ゲル](いずれも東新化成(株)製)をPAC+PAAと併用して青色系および赤色系の染料排水を処理し、処理水の着色を目視および分光光度計で吸光度を測定した。

2.3 各種吸着剤による播州織染色排水への吸着試験

各吸着剤の活性炭(S-W50: 二村化学(株)製)、人工ゼオライト、活性白土強、フロナイト723とPAC+PAAと併用して播州織染色排水の処理実験を行った。排水処理水の着色を目視および分光光度計で吸光度の測定を行い、排水処理水の化学的酸素要求量(COD)の測定を行った。

3 結果と考察

3.1 ゼオライトによる染色排水の吸着性能

染料は三原色(シアン、マゼンタ、イエロー)の組み合わせにより調色されているため、三原色中で目立つと思われる青色系と赤色系の染色排水について試験を行った。ゼオライトとPAC+PAAと併用して処理した染色排水の吸

着性は表1および図1の処理水の吸光度に示すように青色系染色排水の場合は、人工ゼオライトでは吸着性は良好であるが、赤色系染色排水の場合は吸着性が低いことが明らかになった。これは反応染色の色素母体の差異に起因していると考えられる。すなわち青色系のアントラキノン系より赤色系H酸アゾ系の色素母体分子が長いいため、凝集体に取込まれにくかったためではないかと考えられる。

表1 染色排水のゼオライト処理水の吸光度

吸光波長	538nm	596nm
天然ゼオライト300mg+PAC+PAA	—	0.225
人工ゼオライト300mg+PAC+PAA	—	0.082
青色系染色排水(50ml)	—	0.828
人工ゼオライト300mg+PAC+PAA	0.608	—
赤色系染色排水(50ml)	0.713	—

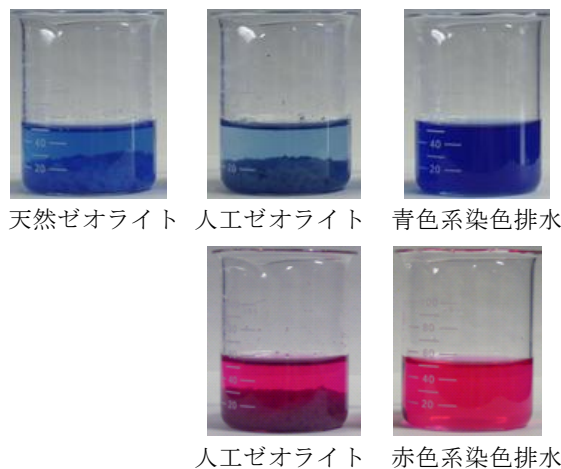


図1 ゼオライトによる青色および赤色の染色排水の吸着実験結果

3.2 各種活性白土による反応染色排水の吸着性能

各種活性白土とPAC+PAAと併用して処理した染色排水の吸着実験の結果、表2および図2に示すように活性白土強、フロナイト723[シリカアルミナ系]が青色系染色排水に高い吸着性を示した。一方、赤色系染色排水の場合は、ゼオライト吸着剤と同様に吸着性が低下した。活性炭と異なり、活性白土等は反応染料排水の単独処理での吸着は低かったため、PAC等の凝集効果を補強しフロックの形成を促進して、その結果染料排水を凝集体に取込み易くしているものと考えられる。

表2 染色排水の活性白土処理水の吸光度

吸光波長	540nm	597nm
酸性白土 300mg+PAC+PAA	—	0.184
活性白土強 50mg+PAC+PAA	—	0.045
フロナイト723 50mg+PAC+PAA	—	0.041
ニッカゲルS 300mg+PAC+PAA	—	0.171
青色系染色排水(50ml)	—	0.559
活性白土強 100mg+PAC+PAA	0.704	—
フロナイト723 100mg+PAC+PAA	0.618	—
活性炭 S-W50 50mg+PAC+PAA	0.000	—
赤色系染色排水(50ml)	0.767	—

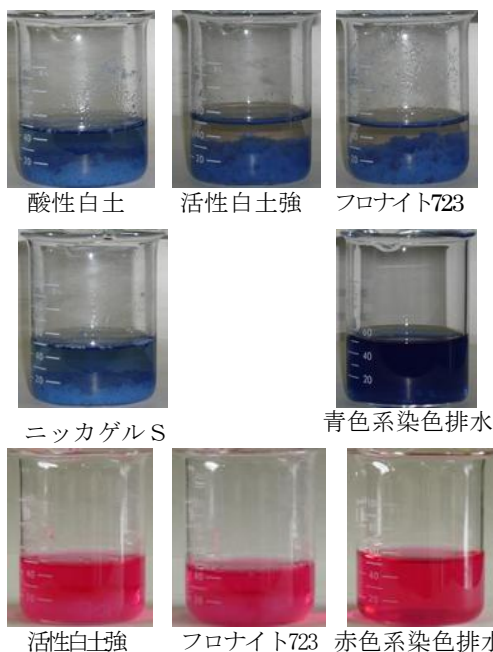


図2 活性白土による青色および赤色の染色排水の吸着実験結果

3.3 各種吸着剤による播州織染色排水の吸着性能

表3および図3に示すとおり播州織染色排水の吸着性は活性炭とPAC+PAAとの併用処理が最も高い。排水1m³当たり活性炭の使用量は1kgの計算となった。処理費用の中でこの活性炭が最もコスト高になると考えられる。排水処理コストを抑えるために、染色排水の処理剤として、人工ゼオライトや活性白土等とPAC+PAAとの併用処理を検討した結果、処理水の着色度は減少するが、赤みがかかった着色が残り、良好な脱色は得られなかった。

そこで、着色を減少させるため、使用量を半減した活性炭と人工ゼオライトや活性白土等とPAC+PAAと併用して処理を検討した結果、処理水のかんりの着色の低減が可能になることが明らかになった。また、この処理水のCODは染色排水処理場での従来処理(36.2mg/l)と比べるとほぼ2倍であるため、今後CODを削減するために、最近排水処理剤として利用が検討されている天然粘性物質等の処理技術の利用が必要になると考えられる。

表3 播州織染色排水の各処理水の吸光度

吸光波長	540nm	590nm
染色排水	0.313	0.313
活性炭 S-W50 (500mg)	0.000	0.004
活性炭(200mg) +人工ゼオライト(300mg)	0.029	0.031
活性炭(200mg) +活性白土強(300mg)	0.022	0.024
活性炭(200mg) +フロナイト723(300mg)	0.006	0.010
人工ゼオライト(300mg)	0.071	0.062
活性白土強(300mg)	0.069	0.061
フロナイト723(300mg)	0.070	0.063

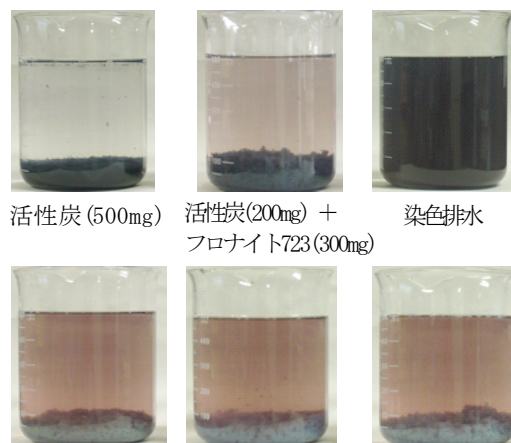


図3 播州織染色排水の吸着剤による処理実験結果

表4 播州織染色排水の各処理水のCOD

染色排水(500ml)に対する処理剤の量(mg)					COD (mg/l)
活性炭 S-W50	人工 ゼオライト	活性白土 強	フロナイト 723	PAC (ml)	
500	—	—	—	2	49.0
200	300	—	—	2	68.3
200	—	300	—	2	64.7
200	—	—	300	2	61.1
—	300	—	—	2	122.6
—	—	300	—	2	113.6
—	—	—	300	2	120.6
—	—	—	—	2	107.5
播州織染色排水					245.2

4 結論

人工ゼオライトや活性白土等に活性炭を併用した色素吸着剤と凝集剤で播州織染色排水を処理した結果、染色処理水の着色を低減できることが明らかになった。本実験範囲内では、CODが従来処理水に比べ、まだ高いため、天然粘性物質によるCOD削減効果について今後検討を進める必要がある。

(問合せ先 佐伯 靖)