

産業廃棄物最終処分場の水処理施設における安定セシウムの挙動

大石修 吉澤正 栗原正憲

1 目的

2011年3月11日の東日本大震災により、福島第一原子力発電所は大きな被害を受け、多量の放射性核種が周辺及び日本各地に飛散した。そのため、処分場に搬入されてくる廃棄物が放射性セシウム(Cs)等に汚染され、大きな問題となっている。千葉県内の産業廃棄物処分場は従前から層状に埋立て、中間覆土を施すサンドイッチ方式による処分を行っており、「平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」が施行される2011年12月末まで継続されていた。現在、現場サイトでは廃棄物にゼオライトを混入し、浸出水への放射性核種の溶出を少しでも抑制する試みや浸出水から放射性Csを吸着して除去する水処理が導入され始めている。

Csが水処理で一部が除去できる、若しくは、除去できないという情報や吸着による水処理を実施する場合に浸出水(原水)に吸着処理を直ちに行わないと、後に行う凝集沈殿や生物処理から出る汚泥が放射能汚染してしまい、放射能汚染物として処理しなければいけない等々、いろいろな情報が流れている。

そこで、今後の対策のための基礎資料を得ることを目的に、放射性Csと同じ化学的な挙動をとると考えられる安定セシウム(^{133}Cs)について最終処分場の水処理施設で実態調査を実施した。

2 調査方法

2・1 調査対象及び調査時期

対象は県内の3か所の産業廃棄物最終処分場の水処理施設とし、2011年11月から2012年3月までの期間に実施した。

図1に3施設の水処理フローを示した。

Csが除去される可能性のある処理としては濁質に

吸着していれば凝集沈殿処理があり、また、活性炭吸着でも除去できるとの情報もある。そこで、浸出水(原水)と凝集沈殿処理の後(砂ろ過原水)、活性炭吸着若しくはキレート処理の後(処理水)について採水を実施した。C社については凝集沈殿処理後に湧水を処理水に加えているため、原水と処理水で電気伝導度(EC)が変化している場合は湧水も採水した。なお、11月は第1凝集沈殿処理後で採取し、12月から2月は第2凝集沈殿後に採水した。3月は両方の凝集沈殿後で採水を行った。

2・2 分析項目及び方法

2・2・1 ^{133}Cs

^{133}Cs は上水道試験方法に準拠し、ICP-MS法で測定した。内部標準物質はインジウム115(^{115}In)を用いた。分析フローを図2に示した。なお、3月のD社の原水は0.45 μm の孔径のメンブランフィルター(Cellulose acetate C045A047A)でろ過したろ液も測定した。

試料100 mLに硝酸10mLを加え、サンドバスで10~15mLになるまで加熱し、放冷後、10mLの過酸化水素水を加え、さらに、加熱して過酸化水素水を飛ばしてから、超純水で比色管に洗いこんだ。その後、10倍に希釈し、内部標準物質濃度を最終的に5 $\mu\text{g/L}$ となるように添加したものをICP-MS測定用試料とした。ICP-MSはAgilent製7500iを用いた。

2・2・2 現場測定項目 (EC, 濁度)

現場で電気伝導度はTOA製WM-22EP、濁度(TB)はHACH携帯型2100P型濁度計を用いて測定した。なお、A社の2月の濁度は欠測である。

3 結果

3・1 水処理の概要

3社とも基本的な処理フローは同じで生物処理(活性汚泥法、回転円板法)の後に、凝集沈殿及びフェント

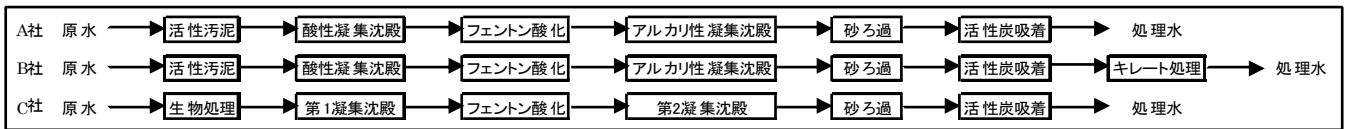


図1 水処理フロー

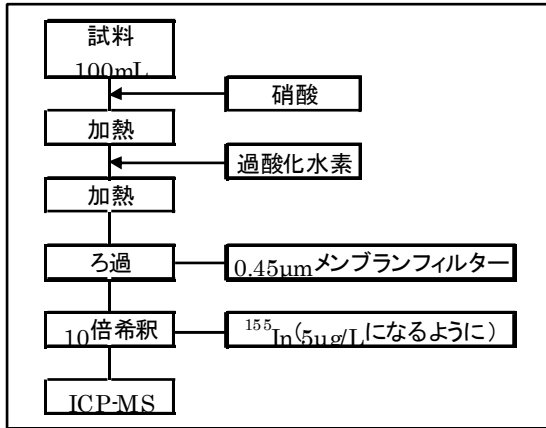


図2 Cs分析フロー

ン酸化と凝集沈殿を行い、砂ろ過、活性炭吸着処理等を行うものであった。

A社は活性汚泥処理の後に酸性凝集沈殿処理(設定pHは4)、その後にCOD化学酸化(フェントン酸化)、続いて、アルカリ性凝集沈殿処理(設定pHは8)を行っていた。酸性凝集沈殿処理では塩化第二鉄の凝集剤と高分子凝集剤(MK フロック 558KA 三菱化工機(株))を添加、COD化学酸化処理では塩化第一鉄と過酸化水素を添加、その後のアルカリ性凝集沈殿処理では2種の高分子凝集剤(KEA-636 日鉄環境エンジニアリング製 中アニオン、ハイブリッドV(HB3043) アムコン(株)製 中性)が添加されていた。続いて、砂ろ過、ソリサイト処理及び活性炭吸着処理等が行われていた。

B社の処理フローはA社の処理フローと類似しており、A社の処理フローのソリサイト処理がなく、活性炭吸着処理のあとにキレート吸着処理を加えたものである。また、高分子凝集剤は2回とも高分子凝集剤(日鉄環境エンジニアリング(株) KEA-646 中アニオン)を使用していた。

C社は回転円板法のあとの凝集沈殿処理はPACと高分子凝集剤A-123(ウォーターエージェンシー製 アニオン)で行われており、処理フローにあるフェントン酸化及び第2凝集沈殿池は調査時に薬剤を添加せずに、省略して稼働していた。前述のように、水質に応じて凝集沈殿処理後に湧水を処理水に加えていた。

3・2 ¹³³Cs, EC, 濁度の変化

3・2・1 A社

A社の¹³³Cs, EC, 濁度の変化の変化を図3~5に示した。

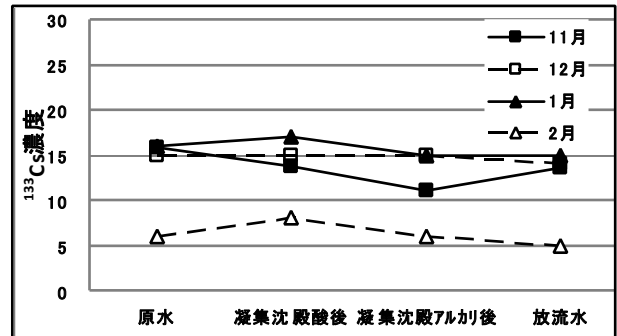


図3 ¹³³Cs濃度変化 (A社処分場 [μg/L])

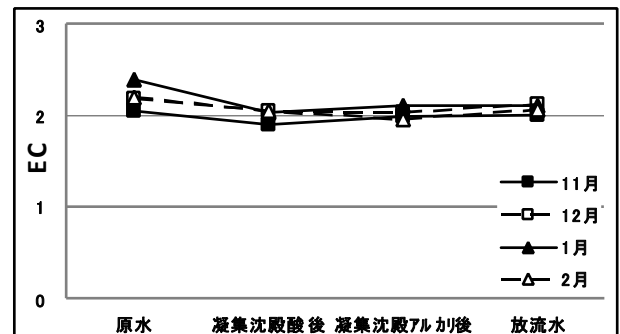


図4 EC変化 (A社処分場 [S/m])

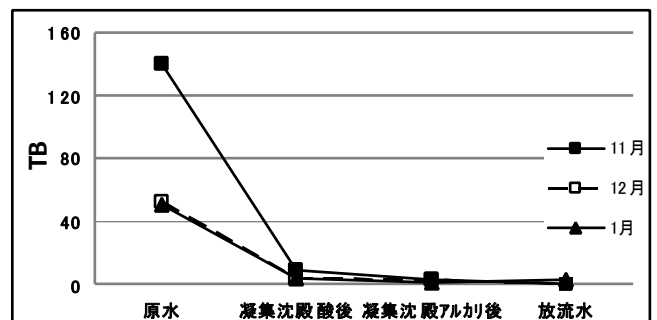


図5 濁度変化 (A社処分場 [度])

A社の原水の濁度36.5~140度は水処理を行うことで、いずれも凝集沈殿処理で3度以下まで低下していたが、原水の¹³³Cs濃度は6~16μg/Lで、凝集沈殿処理や活性炭吸着処理を行っても、¹³³Cs濃度はほとんど変化しなかった。このようにA社では濁質が水処理で除去されるが、¹³³Csは除去されないことからほぼ溶存態として存在すると考えられた。11月~2月の

いずれの月も水処理過程で ^{133}Cs 濃度はほぼ変化は見られず、活性炭吸着でも除去されなかった。このように ^{133}Cs は水処理施設内で変化することなく通過しているものと推察された。

3・2・2 B社

B社の ^{133}Cs , EC, 濁度の変化及び ^{133}Cs 濃度と EC の関係を図 6~9 に示した。

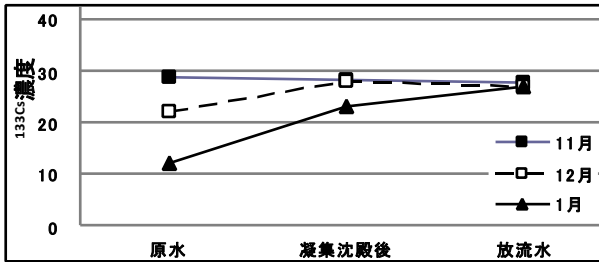


図 6 ^{133}Cs 濃度変化 (B社処理場) [$\mu\text{g/L}$]

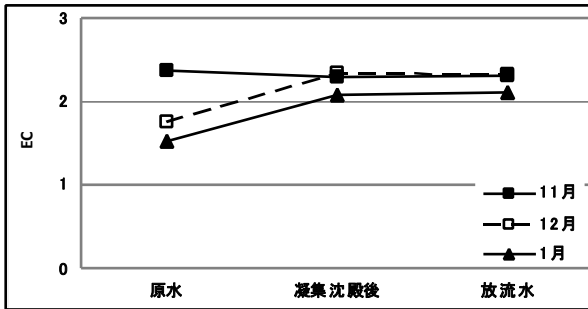


図 7 EC 変化 (B社処理場) [S/m]

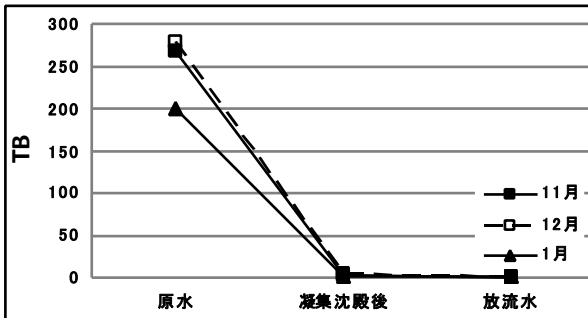


図 8 濁度変化 (B社処理場) [度]

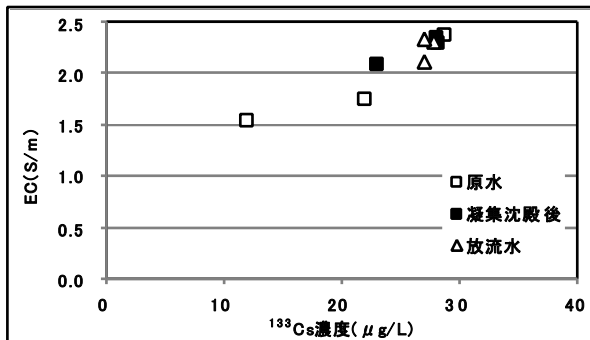


図 9 ^{133}Cs 濃度と EC (B社処理場)

なお、2月以降については施設のトラブルで採水が出来なかった。

B社の原水中の濁質は処理により A社と同様にほぼ除去された。 ^{133}Cs は 12月, 1月に原水でやや低いものの、図 9 に示したように B社の EC と ^{133}Cs 濃度はほぼ同じ挙動をとり、原水の変動による濃度の変化と考えられた。このため、この施設の水処理においては A社と同様に ^{133}Cs はほぼ除去されず、素通りしていると推察された。

3・2・3 C社

C社の ^{133}Cs , EC, 濁度の変化を図 10~12 に示した。

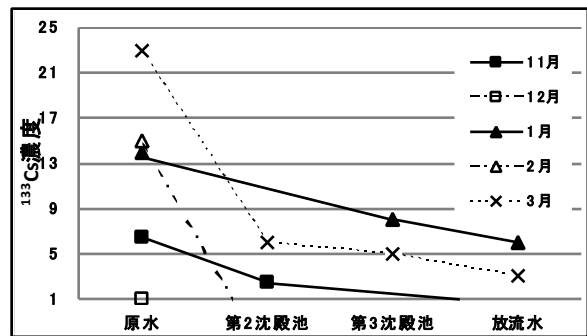


図 10 ^{133}Cs 濃度変化 (C社処理場) [$\mu\text{g/L}$]

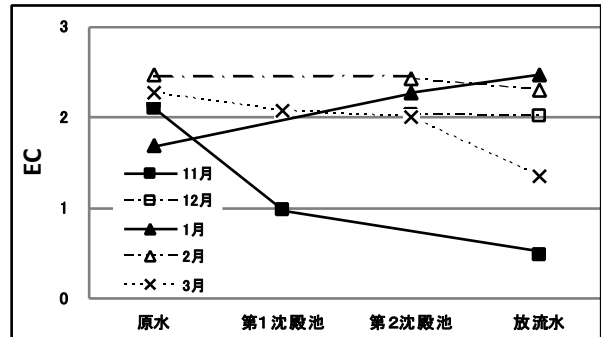


図 11 EC 変化 (C社処理場) [S/m]

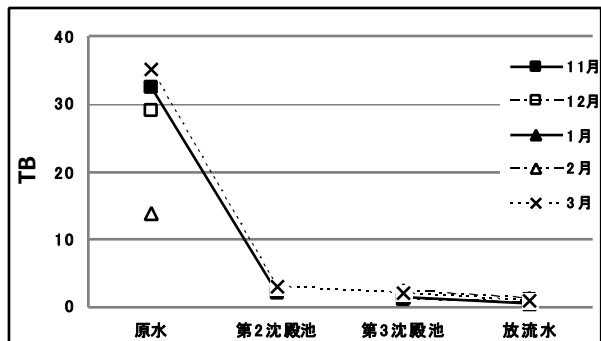


図 12 濁度変化 (C社処理場) [度]

12月の C社の ^{133}Cs 濃度は他の 2社と比べて低い濃度で、ほぼ下限値前後であったが、11月及び1~3月

はA社と同程度であった。聞き取りから、C社では凝集沈殿処理後に、湧水を必要に応じて、注入しているとのことであった。処理工程間のEC変化から、湧水による希釈が行われていたのは11月のみで、他の月には行われていないと判断された。11月の湧水量は原水と処理水の塩素イオン濃度の変化から原水の約1.4倍量の注入されており、11月の ^{133}Cs 濃度の処理水での低下は希釈による寄与と凝集沈殿処理の両方で6 $\mu\text{g/L}$ から1 $\mu\text{g/L}$ 以下に濃度が低下していると考えられた。湧水による希釈がなかった1~3月ではいずれも原水と凝集沈殿後を比較すると ^{133}Cs 濃度は明らかに減少していた。処理水濃度が下限値以下の場合の ^{133}Cs 濃度を下限値として計算した12月を除いた平均除去率は79%であった。3月の調査でフェントン酸化と第2凝集沈殿では処理が行われていないが、濁度はわずかではあるが徐々に減少しており、微小フロックが沈降および砂ろ過や活性炭吸着塔で除去されていた。そのため、第1凝集沈殿よりわずかではあるが、第2凝集沈殿および処理水で ^{133}Cs 濃度が低下したと考えられた。また、3月の調査で原水のろ液を測定したところ、 ^{133}Cs 濃度はろ過していない原水と変わらず、 ^{133}Cs は0.45 μm 以上の懸濁性物質に吸着されているのではなく、さらに微小の粒子が溶存状態で存在していると考えられた。

3・3 考察

A社及びB社では変化のなかった ^{133}Cs 濃度がC社では明らかに水処理過程で減少していた。両者で異なるのは水質以外には、凝集剤及び助剤が異なっていた。前者は鉄と高分子凝集剤、後者はPACと高分子凝集剤で凝集沈殿処理を行っていた。このため、水質以外の原因としてそれらの違いによる可能性があった。これを明らかにしていくためには今後、別施設での測定事例を増やしていくことが必要と考えられた。

本調査で対象とした処分場の浸出水中には ^{133}Cs 濃度の最大値は29 $\mu\text{g/L}$ で、ほとんどが数 $\mu\text{g/L}$ 以上であった。現在、問題とされている放射性Cs濃度はこれよりさらに低いng/L以下の濃度であるため、ゼオライト等で吸着処理を検討する場合、 ^{133}Cs 濃度の差は破過容量等に大きな影響を与えると推察された。

また、水処理で発生する汚泥に放射性Csが濃縮さ

れ、汚染状態であるか否かはどの処理段階で吸着処理過程を導入するかを検討する重要なポイントと考えられた。本調査の結果から施設によって ^{133}Cs の挙動は異なり、水処理を考える場合は現状の施設での ^{133}Cs の挙動および濃度を事前に確認する必要があると考えられた。

4 まとめ

調査を実施した3社のうち2社の水処理施設では ^{133}Cs 濃度は水処理の過程でほぼ変化は認められず、処理施設を素通りしていた。浸出水中の濁質はほぼ除去されていたことから、埋立層から溶出してくる ^{133}Cs は濁質に吸着しておらず、ほぼ溶存態であると推察された。それらの施設では同様な埋め立て処分が行われていることから、今後も同様な溶出が続くと考えられた。別の1社については前述の2社と同様の水処理を行っているが、 ^{133}Cs 濃度は水処理過程で低下した。また、0.45 μm の孔径のメンブランフィルターでろ過した原水とろ過していない原水の ^{133}Cs 濃度は差がなかった。両者の主な相違点として凝集剤の違いによる可能性があったが、まだ、不明な点が多かった。

このように施設により ^{133}Cs 濃度の処理過程での挙動は異なり、放射性Csの吸着・除去処理を検討する際は施設内での ^{133}Cs の挙動および濃度を事前に検討することが必要と考えられた。

謝辞

本調査の試料採取等で産業廃棄物処分場の現場担当者の方々に協力いただいたことに謝意を表します。

^{133}Cs in Wastewater Treatment of controlled type landfills

Osamu OOISHI, Tadashi YOSHIZAWA and Masanori KURIHARA

キーワード：安定セシウム，放射能，産業廃棄物最終処分場，水処理，電気伝導度，濁度

要旨：

千葉県内産業廃棄物最終処分場の水処理施設における安定セシウムの挙動について調査した。3施設の基本的な水処理フローに大きな違いはないが，水処理工程における ^{133}Cs 濃度には違いがあった。 ^{133}Cs 濃度に変化のなかった2社では濁質が除去されたことから ^{133}Cs が溶存態で存在すると推察された。別の1社では ^{133}Cs 濃度が減少しておりこの原因として，水中での存在様態の違い，凝集剤の違いなどが考えられた。ただし，まだ不明な点が多いため別の施設での調査事例を増やしていく必要がある。

施設により処理過程における ^{133}Cs の挙動が異なることや化学的に同じ挙動をする安定セシウムが量的には非常に多いため，実際の現場で放射性 Cs の除去設備を導入する場合には，事前に ^{133}Cs の挙動および濃度を把握したうえで検討する必要があると考えられた。