

最終処分場における放射性セシウム(Cs) 吸着土壌層の仕様検討

鹿島建設(株) 正会員 ○小澤一喜 西村吉央 山中友仁 堂本聖司

1. 目的

福島県浜通り地域の中央に位置する「クリーンセンターふたば」は、2011 年の東日本大震災により稼働を停止した一般および産業廃棄物最終処分場であり、復旧工事を経て、双葉郡内で発生する生活廃棄物と福島第一原子力発電所事故に由来する特定廃棄物(放射能濃度 10 万 Bq/kg 以下)の最終処分を行う計画となっている。当該処分場の特徴として、特定廃棄物の埋立処分に際し、廃棄物から放射性 Cs が溶出しても底部遮水工上部に構築する下部土壌層により吸着させ、放射性 Cs の埋立地周辺への流出を防止する機能を有するということが挙げられる。そのため、施工に先立ち、放射性 Cs の吸着性を担保する土壌層の配合を検討し、実機配合試験および吸着性能評価の結果を元に施工時の仕様を確定した。

本稿は、下部土壌層の施工に際して実施した試験施工や土壌層の性能評価について報告するものである。

2. 下部土壌層

(1)仕様

下部土壌層の標準断面を図-1 に示す。処分場底面の排水勾配に合わせて上層:800~1400mm、下層:500mm の層厚が設定されている。下層については遮水シートの保護土となっており、破損を防止するために転圧無しで仕上げることにし、上層はローラ転圧を行う仕様となっている。要求性能としては、強度定数や透水係数に加えて分配係数 $K_d \geq 18(\text{mL/g})$ を担保するということが本工事の特徴である。

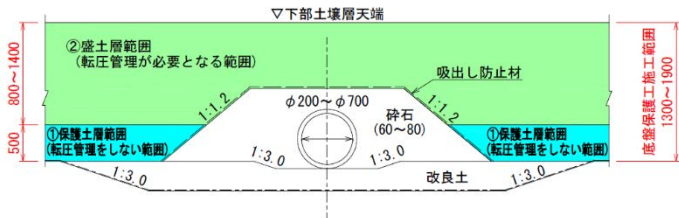


図-1 下部土壌層断面

(2)構成材料

埋め立てられた特定廃棄物から放射性 Cs が溶出した場合には、浸出水の滞留や流下とともに周辺環境へ漏出する懸念がある。そのため、下部土壌層で吸着・固定化させる必要があり、現場で調達可能な母材(まさ土)にゼオライトを混合することで下部土壌層を構築し、放射性 Cs の吸着能力を担保することとした。

3. 実機混合試料を用いた分配係数評価

施工において下部土壌層を構築する際には、まさ土とゼオライトを均質に混合する必要がある。そこで、自走式土質改良機と回転式破碎混合機を選定し(表-1)、混合した材料について陽イオン交換容量(CEC)試験を行い、その結果を元に分配係数とゼオライトの配合比の関係および適切な機械選定について検討した。

(1)事前室内試験

分配係数を評価するための吸着試験を行った。対象土は表-3 中に赤字で示す体積比 0.9~18.0 のまさ土:ゼオライト混合土であり、放射性 Cs 溶液は福島第一原子力発電所事故で飛散した放射性 Cs を模擬し、 ^{134}Cs (半減期:約 2 年)と ^{137}Cs (半減期:約 30 年)の両者を含んだものとした(表-2)。今回

表-1 混合機の仕様比較

	自走式土質改良機	回転式破碎混合機
混合方式	2 軸パドルミキサ	チェーン回転式 破碎混合
製造能力	80m³/h	100m³/h
母材管理	体積管理	質量管理
添加剤管理	スクリュー フィーダ	ロータリー フィーダ

表-2 吸着試験溶液

項目/試料名		単位	供与液
放射性 Cs	^{134}Cs	Bq/L	140
	^{137}Cs		4, 400
	$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$		4, 540
pH		(-)	12. 1

キーワード 廃棄物処分場, 特定廃棄物, 放射性 Cs, 分配係数

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株) 土木管理本部 TEL 03-5544-1111

は、事故後 10 年以上経過していることから、半減期が長い ^{137}Cs を用いて評価した分配係数で施工仕様を検討した。

(2) 試験土壌

(1) の結果、配合比:0.9%で要求性能である分配係数:18(mL/g)を満たすことが分かっている。ここでは、実機/室内の割増係数が未確定であるため、試験施工の試験ケースは(1)と同様とした(18.0%で安全率 20)。なお、試験期間と改良機の都合から回転式破碎混合機では試験ケースを 3 ケースに絞る必要があったため、配合比:1.8、5.4%のケースを省略し、試験結果を内挿することで評価することとした。

(3) 試験結果

各ケースについて実機による試験施工を行い、混合試料毎に分配係数を評価した。分配係数の評価に際して、全ケースについて吸着試験を実施することは時間的に困難であり、(1)で求めていた分配係数と陽イオン交換容量(CEC：ショーレンベルガー法)の関係により各配合の CEC 値から分配係数を間接的に評価した。

試験施工の結果、自走式改良機では K_d :18(mL/g)を配合比 3%で、回転式破碎混合機では 5%で達成可能であった(図-2、3)。ただし、これは母材の計量管理方法や添加材供給方法の差異(表-1)から発生した結果であり、回転式破碎混合機の方が多量のゼオライトを必要とするということではない。今回の施工では、現場内における改良機の設置状況から自走式が望ましく、また、コストを含めた総合的な判断により自走式改良機を用いることとした。

事前の室内試験によれば、まさ土単独の分配係数 K_d も 10~25(mL/g)程度となり、放射性 Cs の吸着能力を期待できることが分かっている。しかし、まさ土の吸着能は不均質性が高く(K_d : 10~25(mL/g))、これを元に要求性能を保証することは難しいと考え、ゼオライトのみで所定の吸着能力を担保することとした。そのため、図-2、3は CEC を元に算定した分配係数から、まさ土の分配係数の最大値 25(mL/g)を減じた評価としている。

4. 施工配合の検討

図-2 の通り、自走式改良機を用いた場合、配合比 3%で所定の分配係数を担保することが可能であった。この結果からまさ土の吸着能力に期待することなく、下部土壌層に求められる要求性能を満足する配合比を 3%と確定し、自走式改良機を用いて下部土壌層の配合・構築を行った。

5. まとめ

クリーンセンターふたばでは、前述の検討を経て確定した配合で下部土壌層を施工し、2023 年 3 月末に竣工を迎えた。当事業は、廃棄物処分場の遮水工上部に放射性 Cs の吸着層を構築するという前例のない工事であり、材料の分配係数の評価法やゼオライトと現場発生土の混合方法等で試行錯誤を繰り返し、施工仕様の確定に至った。今後、福島県内の復興事業の進捗とともに特定廃棄物の処分に向けて今回のような工事が増えてくることが考えられ、ここで得られた知見をまとめて、吸着層の仕様確定を迅速に実施できるように準備を進めていきたい。

表-3 ゼオライトの配合比(体積比)

	ゼオライトの体積比(%)					
自走式土質改良機	0.9	1.8	3.6	5.4	9.0	18.0
回転式破碎混合機	0.9		3.6		9.0	

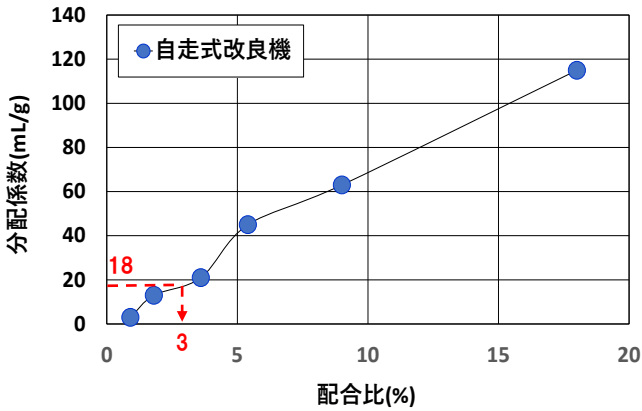


図-2 吸着試験結果(自走式改良機)

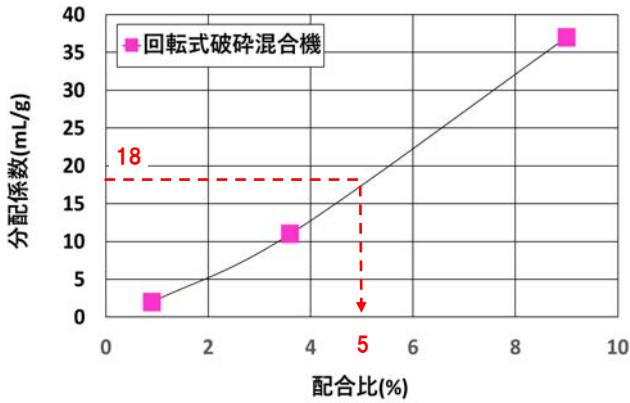


図-3 吸着試験結果(回転式破碎混合機)