

## 放射性セシウム含有砕石の洗浄処理に関する基礎的検討

(株)鴻池組 正会員 ○大山 将、中島卓夫、保賀康史  
松生隆司、吉岡由郎、西村良平

## 1. はじめに

東北地方太平洋沖地震に伴う福島第一原子力発電所の事故により環境中に放出された放射性物質は非常に広範囲に降雨等により地上に沈着した。半減期が約2年のセシウム134および約30年のセシウム137による汚染は、地表面の土壌や草木類、排水溝、道路、建物、農地、山林などあらゆる箇所で認められ、放射線による長期的な人への健康影響や社会的影響が懸念されている。これらの問題に対して、放射性物質汚染対処特措法が平成24年1月1日に全面施行されたが、平成23年11月11日に閣議決定された特措法「基本方針」の中では、国は除去土壌等の量の発生抑制のための技術や、事故由来放射性物質により汚染された土壌の減容化技術の開発・評価・公表を積極的に進めるものとする、と謳われている。

本報告では、原子力発電所事故による放射性セシウム汚染の深刻な状況を踏まえ、放射性セシウムにより汚染された土壌の減容化技術として期待される土壌洗浄技術に関して、実際の放射性セシウム含有土壌を用いて実施した室内試験の中で、特に砕石を用いた洗浄処理に関する試験結果について紹介する。

## 2. 室内試験方法

### 2.1 放射性セシウム含有砕石

室内試験に用いた放射性セシウム含有砕石は、福島県内の砕石舗装部で、原子力発電所事故後に改変されていない箇所の表層3cm～5cmの部分から採取した。試料採取時には落葉などの有機物は極力除去した。室内に搬入後、何回も混合して均質化した後、試料として室内試験に供した。

試料の基本物性を把握するため、土質試験を実施した。測定項目は含水比(JIS A 1203)、土粒子密度(JIS A 1202)、粒度分布(JIS A 1204;ふるい分析のみ実施)、pH(JGS 0211)、強熱減量(JIS A 1226 準拠; 800℃4時間加熱)とした。また、風乾後の試料について放射性セシウム分析に供した。

### 2.2 土壌洗浄処理(湿式分級処理)

湿式分級処理実験には、砕石試料500g(湿潤)に対してまず150mL(試料重量の30%)の水を加え、ソイルミキサーで1分間攪拌後、ステンレスバット等に試料を移し、使用水量が合計1.5L(試料重量の3倍量)となるようにすすぎ洗いして細粒分を除去し、概ね75 $\mu$ mフルイ残留物として洗浄処理砕石を回収した。洗浄処理後は風乾・均質化して放射性セシウム分析に供した。

### 2.3 物理的除去手法(超音波洗浄および表面研磨)

礫に強固に吸着した放射性セシウムの除去効果の向上を図るため、物理的な除去手法(超音波洗浄および表面研磨)の効果について検討した。超音波洗浄は35 Hz-600 Wの卓上超音波洗浄機を使用し、洗浄槽内で砕石を30分間連続洗浄した後、すすぎ洗いして細粒分を除去した。表面研磨は砕石300g、水300mLをポリエチレン容器に入れ、振とう機で24時間振とうした後、超音波洗浄機で30分間連続洗浄した後、すすぎ洗いして摩耗片と細粒分を除去した。

### 2.4 放射性セシウム濃度の測定

試料をU-8容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリーによりセシウム134およびセシウム137の濃度を測定した。なお、測定結果については、含水比を別途測定し、乾燥重量あたりの濃度(Bq/kg-dry)に換算して表記している。

---

キーワード:放射性セシウム、土壌洗浄、湿式分級、吸着、砕石、表面研磨

連絡先:〒136-8880 東京都江東区南砂 2-7-5 (株)鴻池組 土木事業本部 環境エンジニアリング部 Tel.03-5617-7793 Fax.03-5617-7788

3. 室内試験結果

3.1 土質試験結果

土質試験結果を表-1 および図-1 に示す。碎石試料であるため礫分が 97.4% と最も多い。一般的な重金属等の汚染土壌を想定した場合、粒度分布からは土壌洗浄処理(湿式分級処理) に最も適していると考えられた。

3.2 湿式分級処理結果

湿式分級処理試験結果を表-2 に示す。試料碎石の放射性セシウム濃度は 7,340Bq/kg (Cs-134+Cs-137) であったが、湿式分級処理により 5,160Bq/kg となり、除去率は 29.7% と低い値であった。放射性セシウムは礫にも強固に吸着しており、表面に付着した細粒分を除去しただけでは放射性セシウムを効果的に除去することはできなかった。

3.3 物理的除去手法による結果

物理的な除去手法(超音波洗浄および表面研磨)の効果について検討した結果を表-3 および写真-1 に示す。

湿式分級処理では 29.7% であった除去率は、キャビテーション処理を想定した超音波洗浄では 45.8% に、機械的表面研磨を想定した振とうによる衝突研磨では 59.9% にそれぞれ大きく増加した。これらは、ほぼ粒度の揃った碎石での結果であり、多様な粒度を有する実際の放射性セシウム含有土壌では、土粒子の接触面積が増えるため、表面研磨による除去効果は、さらに大きくなると考えられる。また、湿式分級処理後からの除去率はそれぞれ 22.9% および 43.0% となっており、実処理を想定した場合、湿式分級処理と物理的除去手法を組み合わせることで、放射性セシウムの除去効果の向上が期待できることが確認できた。

表-1 土質試験結果

含水比		%	1.79
含水率		%	1.76
土粒子密度		g/cm <sup>3</sup>	2.932
粒度分布	礫分 2mm以上	%	97.4
	砂分 0.075~2mm	%	1.1
	細粒分 0.075mm未満	%	1.5
pH(JGS法)		—	9.0
強熱減量(800℃、4時間)		%	0.95

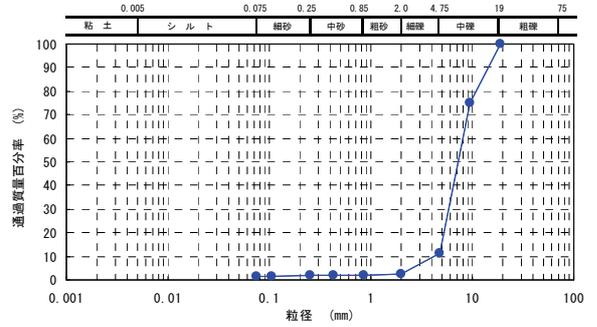


図-1 粒径加積曲線

表-2 湿式分級処理試験結果

試験実施時期		—	H23.9
原土壌	Cs-134濃度	Bq/kg	3,270
	Cs-137濃度	Bq/kg	4,070
	Cs-134/Cs-137	—	0.80
	Cs-134+Cs-137濃度	Bq/kg	7,340
洗浄処理土	回収率(乾土ベース)	%	98.8
	Cs-134濃度	Bq/kg	2,400
	Cs-137濃度	Bq/kg	2,760
	Cs-134/Cs-137	—	0.87
	Cs-134+Cs-137濃度	Bq/kg	5,160
	Cs-134+Cs-137除去率	%	29.7

※ Cs-134濃度+Cs-137濃度(単純加算値)

※※ (除去率%) = (原土壌のセシウム濃度 - 洗浄処理土のセシウム濃度) ÷ (原土壌のセシウム濃度) × 100

表-3 物理的除去手法検討結果

項目		回収率 %	セシウム Bq/kg※	除去率 %	湿式分級処理後からの除去率 %
原土壌		—	7,340	—	
洗浄処理土	基本ケース(湿式分級)	98.8	5,160	29.7	
	超音波洗浄(キャビテーション)	—	3,980	45.8	
	表面研磨(機械的研磨)	78.0	2,940	59.9	

※Cs-134濃度+Cs-137濃度(単純加算値)



洗浄前碎石

湿式分級後

超音波洗浄後

表面研磨洗浄後

写真-1 試料土(碎石)の洗浄試験状況