

## 2. 除染作業による除去土壌からの有機物の分別方法に関する検討

安藤ハザマ  
安藤ハザマ  
東京電力株式会社

○ 木川田 一弥  
武石 学  
川崎 一弘

### 1. はじめに

除染等作業により発生した除去土壌のうち、有機物（植物の茎や根など）を多く含む土壌を保管した場合、有機物の経年腐食によるガスやアンモニウムイオンの発生により、長期的・安定的な保管に支障をきたす恐れがあると考えられる<sup>1)</sup>。そのため、保管前に土壌中の有機物を取り除くことは安定的な保管に有効であり、取り除いた有機物を焼却処理すれば減容化を図ることもできる。本稿では、有機物の混入した非汚染の模擬除去土壌を用いて、乾式ふるい分別（以下、乾式分別）試験と湿式分別試験を行って分別性能等を評価したので報告する。

### 2. 有機物分別技術の概要

試験で用いた乾式分別装置は、トロンメル内部に解砕用の回転翼を装着したものであり、回転翼で土壌中の草木類に衝撃を与えて付着土壌を分離することにより、有機物と土壌の効率的な分別ができる特徴をもつ（写真-1～2）。

また、この乾式分別と比較するため、土壌を水中に浸してバックホウにより攪拌し、浮遊した有機物を回収する湿式分別も実施した。

### 3. 有機物分別試験

#### 3.1 分別試験の概要

- ① 試験実施場所：安藤ハザマ技術研究所（茨城県つくば市）
- ② 試験実施期間：2014年1月～2月

#### 3.2 分別試験ケース

分別試験では、上記試験場所敷地内の土壌を実際の除染作業と同様に表層5～10cmの厚さで、植生ごとはぎ取った模擬除去土壌（写真-3）を試験試料とした。表-1に示すように有機物を比較的多く含む土壌試料（試験Aグループ）と有機物の比較的少ない試料（試験Bグループ）の2種類の試料について、さらに含水量を変化させるため、A-1、B-1試験ケースの試料は天日乾燥、A-3、B-3試験ケースの試料は加水混合を行った上で、分別試験に供した。1試験ケースあたりの土壌量は3～4ト

ン程度（湿潤質量）である。



写真-1 乾式分別装置外観



写真-2 分別装置内部の回転翼



写真-3 模擬除去土壌の採取状況

表-1 試験ケースと模擬除去土壌の性状

ケース	有機物量	含水率(%)	土壌量(kg 湿)
A-1	比較的多い	29.4 (乾燥)	3,034.0
A-2	〃	36.8 (標準)	3,431.0
A-3	〃	39.1 (加水)	3,604.5
B-1	比較的少ない	35.3 (乾燥)	3,518.5
B-2	〃	36.4 (標準)	3,782.0
B-3	〃	38.6 (加水)	4,105.0

### 3.3 乾式方式による有機物分別

処理速度最大20m<sup>3</sup>/時間程度の分別能力を有する乾式分別装置を用いて乾式分別を行った。



(a) ふるいを通過した土壌



(b) ふるい上の有機物



(c) ふるい上の礫

写真-4 乾式分別の状況

分別前の原土を乾式分別装置に供給すると、ふるいを通過した土壌と、ふるい上に残った有機物および礫に分別され、さらに比重によって有機物と礫が分別される(写真-4)。なお、分別装置にセットされる網(メッシュ)サイズは40mm固定とした。

### 3.4 湿式方式による有機物分別

乾式分別と同じ模擬除去土壌を用い、容積3m<sup>3</sup>の水槽に試験1ケースあたり100kg程度の原土と500Lの水を投入してバックホウにて十分に攪拌した後、沈降と浮遊により土壌と有機物を分別した(写真-5)。



(a) 水槽へ投入した土壌をバックホウで攪拌



(b) 網により浮遊有機物を回収



(c) 回収された有機物

写真-5 湿式分別の状況

### 3.5 分別性能と周辺影響の評価

分別性能は土壌等への有機物の含有状況を指標として評価し、有機物の含有状況は強熱減量試験により求めた。強熱減量は、試料を110±5℃で炉乾燥させた後、750±50℃で1時間強熱したときの減少質量を求めて、炉乾燥試料の質量に対する割合(%)で表したものである。多くの有機物を含む場合には、減少質量が大きくなるため強熱減量の値が大きくなる。

強熱減量試験にあたっては、サイズの大きい有機物も含めて分析対象とすることから、試料の均一性を確保するため、有機物をカッター等で微細に細断したものを試料とした。

乾式分別、湿式分別ともに、分別前の土壌(原土)および分別後の土壌と有機物から試料を採取し、それぞれについて強熱減量を求めて分別性能を評価した。

周辺影響は分別作業時における周辺の空気中粉じん濃度で評価することとし、とくに粉じんの発生が懸念される乾式分別作業において粉じん濃度測定を行った。粉じん濃度はローボリウムエアサンプラ(柴田科学 NW-354 PM4 型)でろ紙に粉じんを捕集して直接的に質量濃度を求めた。粉じん濃度の測定状況を写真-6に示す。



写真-6 粉じん濃度測定の様子

## 4. 試験結果と考察

### 4.1 分別前後の質量収支(乾燥質量ベース)

#### (1) 乾式分別前後の質量収支

乾式分別による分別前後の質量収支を表-2に示す。分別前後の乾燥質量ベースの収支は94.0%~99.9%の範囲にあり、分別前後の質量収支がほぼ一致した。

#### (2) 湿式分別前後の質量収支

湿式分別による分別前後の質量収支を表-3に示す。乾式分別に比較して収支のバラツキが大きく、とくに濁水の質量(濁水を乾燥させて粒子分を計量)に差があることから、採取した濁水の濃度の均一性に起因するものと考えられる。

表-2 乾式分別の質量収支

ケース	分別前 <sup>1)</sup>		分別後 <sup>1)</sup>		収支 <sup>2)</sup> (%)
	原土	土壌	有機物	礫	
A-1	2,143.4	2,058.2	22.5	14.6	97.8
A-2	2,168.1	2,035.3	28.7	9.1	95.6
A-3	2,195.3	2,152.5	23.2	17.3	99.9
B-1	2,276.4	2,203.2	5.3	9.0	97.4
B-2	2,406.1	2,312.2	6.5	18.0	97.1
B-3	2,519.3	2,290.4	31.2	47.6	94.0

注1) 分別前後の質量単位は乾燥質量(kg 乾)

注2) 収支(%) = (分別後質量/分別前質量) × 100

表-3 湿式分別の質量収支

ケース	分別前 <sup>1)</sup>		分別後 <sup>1)</sup>		収支 <sup>2)</sup> (%)
	原土	土壌	有機物	濁水	
A-1	74.1	63.2	2.3	0.3	88.8
A-2	65.4	56.0	3.1	2.6	94.4
A-3	67.0	42.6	2.0	13.8	87.1
B-1	77.6	71.6	0.9	16.5	114.8
B-2	68.7	54.7	0.9	2.2	84.1
B-3	62.3	49.7	0.4	7.6	92.7

注1) 分別前後の質量単位は乾燥質量(kg 乾)

注2) 収支(%) = (分別後質量/分別前質量) × 100

### 4.2 強熱減量試験結果

#### (1) 土壌の強熱減量試験結果

分別前原土、乾式分別後の土壌、湿式分別後の土壌について強熱減量を求めたものを図-1に示す。

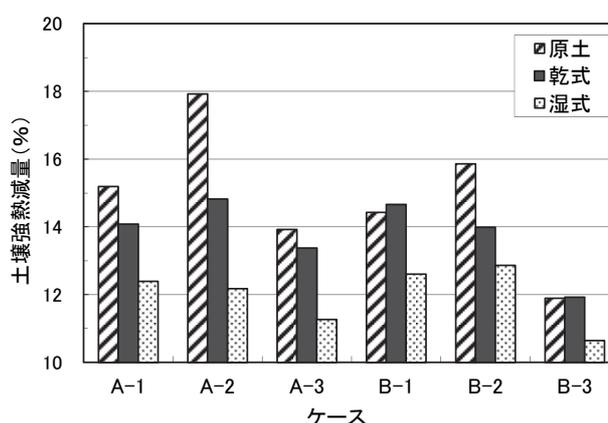


図-1 土壌の強熱減量結果

有機物含有量の多い試験Aグループでは、乾式分別後の強熱減量の値が、原土に比較して0.6~3ポイント程度低下しており、乾式分別による有機物の除去効果が認められる。一方、有機物の少ないBグループでは、ケースB-2を除き乾式分別後の強熱減量の値は原土に比較して低下していない。これは、多量の有機物を含むAグループ土壌でも、

分別した有機物は質量割合として1.1%程度（原土2,140～2,200kg 乾に対して分別有機物は25kg 乾程度）であり、有機物の含有量の少ないBグループ土壌では分別した有機物の質量割合が平均0.6%程度と小さいため、感度が小さくなったことが影響していると思われる。

一方、湿式分別ではすべての試験ケースで乾式分別よりも強熱減量が大きく低下しており、有機物の分別性能が優れていることを示している。乾式分別ではふるい（分別装置の網）により機械的な分別を行っているが、湿式分別で水に浮遊させた有機物を回収する方法が、より確実な分別手段であることが確認された。

なお、乾式・湿式分別とは別に、原土から目視により手作業で有機物を取り除いた後の土壌の強熱減量を求めたところ13.5%であったのに対し、乾式分別後の土壌の全ケースの平均強熱減量が13.8%であったことから、乾式分別により比較的良好な結果が得られたといえる。

ただし、湿式分別により有機物をもっとも除去できた後の土壌（図-1のB-3）でも、強熱減量が10.6%であったことから、試験に供したもともとの土壌中に、ふるいや浮遊分離では取り除くことのできない有機物が多く含まれていたものと思われる。

## (2) 有機物の強熱減量試験結果

分別前原土、乾式分別後の有機物、湿式分別後の有機物について強熱減量を求めたものを図-2に示す。

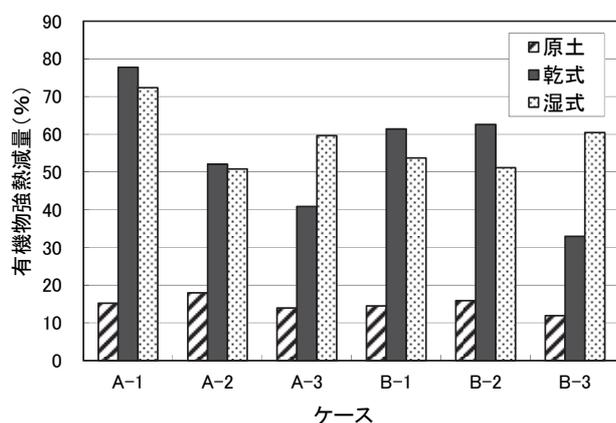


図-2 有機物の強熱減量結果

乾式分別の結果としては、有機物が多く含まれるAグループでは、含水率が大きくなるにしたがい（含水率はA-1<A-2<A-3）強熱減量が低下しており、有機物（とくに植物の根）に固着した土壌が十分に分離・除去できていないと考えられる。この傾向は有機物含有量の少ないBグループでも同様であり、高含水土壌での有機物と土壌の分離が課題であると考えられる。

湿式分別では土壌100kg 湿程度に対し、500Lの水を加えて分別するため、もともとの土壌の含水状態の影響は受けない分別方法となっている。図-2に示されるように、多少のばらつきはあるものの、すべての試験ケースで50～70%（平均58%）の強熱減量であり、安定した分別性能を有することがわかった。

なお、含水率の比較的大きい土壌（A-3, B-3）以外のケースでは、乾式分別後の有機物の強熱減量は湿式分別と同程度か、より大きくなっていることがわかる。これは、土壌の含水状態を乾式分別に適切な範囲にしてやれば、有機物と土壌が確実に分離されることを示している。減容化のために、分別した有機物を焼却処理するとすれば、乾式分別された有機物は、湿式と同等以上に「焼却しやすい」「主灰の発生が少ない」ものになっていると思われる。湿式分別に比較して簡易な分別方法である乾式方法による分別性能を評価することができる。

## 4.3 粉じん濃度の測定結果

乾式分別装置の運転中に粉じん濃度を測定した結果を表-4に示す。乾式分別作業時の総粉じん濃度の最大値は0.55 mg/m<sup>3</sup>程度であり、除染電離則で示される高濃度粉じん作業（10mg/m<sup>3</sup>超）<sup>2)</sup>には該当しないことを確認した。

表-4 粉じん濃度測定結果

測定対象作業	測定位置	総粉じん濃度
乾式分別試験 (ケース B-1)	有機物排出口	0.55 mg/m <sup>3</sup>
	ふるい下土壌排出口	0.33 mg/m <sup>3</sup>

## 5. おわりに

乾式分別および湿式分別により土壌中の有機物を分別し、強熱減量試験結果から両方法の基本的な分別性能を把握した。乾式分別については、本文で述べたふるい式の分別装置によって分別された土壌に対して、風力を利用してさらに二次的に分別する方法も試みたが、必ずしも効果的ではなかったため、紙数の都合で割愛した。

別途行ったコスト試算によれば、乾式分別は湿式分別と比較してコスト優位性があると考えられたため、今後はより効率的に乾式分別が行えるよう、施工条件等の検討を進めたいと考える。

## 参考文献

- 1) 環境省：中間貯蔵施設安全対策検討会及び環境保全対策検討会の結果とりまとめ，pp.7～12, 2013年
- 2) 平成23年厚生労働省令第152号：東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則，第5条