

7. 脱水ケーキの植生土壌化

電源開発㈱：殿村 敦典、

佐藤工業㈱：*山田 賢一、山田 僚一

1. はじめに

奥只見・大鳥発電所増設工事現場では、濁水処理工程から発生する脱水ケーキを植物が生育しうる土壌（植生土壌）に改良している。当現場ではトンネル掘削ズリのうち、良質な岩石を現場プラントにて粒度調整し、コンクリート用骨材として利用する。骨材製造の過程で発生する濁水は凝集剤を用いて凝集沈殿させ、それをフィルタープレスによって脱水しケーキ状にする。従来であれば、この脱水ケーキは産業廃棄物として管理型処分場へ運ばれた。しかし、資源循環型社会が形成された現在において、廃棄物を再利用するための取組みは基本的な考えであり、脱水ケーキ（汚泥）の再利用についてもさまざまな利用法が考案されている。

有機性廃棄物の堆肥化施設に主要装置をスクープ式とした堆肥化システム切返し機（以下、「自走切返し機」）を用いた実績が以前からあり、現在においても高品質の堆肥を生産し続けている。

一方、宇奈月ダム建設工事において、無機質な脱水ケーキを植物の生育しうる植生土壌に改良する試験施工を行ない、その有効性を確認している。この両者のノウハウを組合せ、短期間のうちに脱水ケーキを植物の生育しうる植生土壌に改良することを可能にした。ここでは、その施工事例をもとに報告する。

2. 脱水ケーキの植生土壌化の概要

脱水ケーキは、元来、自然由来の無機粒子であるため、有機物を混合して物性改善を施せば、植物の生育し得る土壌緑化基盤材として再利用が可能である。

脱水ケーキの植生土壌化は、図-1 に示す処理フローにしたがって行なわれる。脱水ケーキにバーク堆肥、発酵鶏糞堆肥が添加され、それぞれの有機資材ホップより脱水ケーキ：バーク堆肥：発酵鶏糞堆肥=100:10:10（容積比）の割合となるように供給される。

これらの資材は高速回転する解砕機に送られ、均一に混合される。この混合土（脱水ケーキと有機資材を混合したものを称し、養生を終了した混合土を改良土と称することにする）は養生槽に投入され、約14日間の養生が行なわれる。養生中の混合土はエアレーションを受けながら自走切返し機によって1~2回/日の頻度で攪拌・混合を受け、養生槽の出口へと移動する。

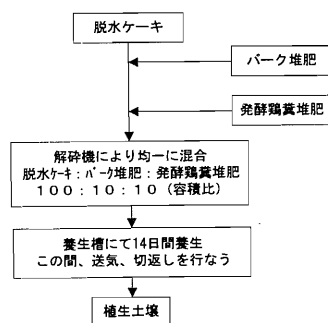


図-1 脱水ケーキの植生土壌化フロー

3. システムの特徴

このシステムは脱水ケーキホップ、有機資材ホップ、ケーキ解砕機、養生槽から構成され、これらを総称して「植生土壌化プラント」と呼んでいる。「植生土壌化プラント」の全景を写真-1に示す。

各機器類はベルトコンベアによって連結され、各ホップより供給された資材（脱水ケーキ、パーク堆肥および発酵鶏糞堆肥）が養生槽に搬送される。養生槽内には、自走切返し機（写真-2）が設置され、混合土の攪拌・混合を行なう。また、送風機が養生槽ごとに設置され、養生槽底面に設置されたエア配管よりエアレーションが常時行なわれる。個々の機械性能を表-1に、全体のプロセスフローを図-2に示す。



写真-1 「植生土壌化プラント」全景

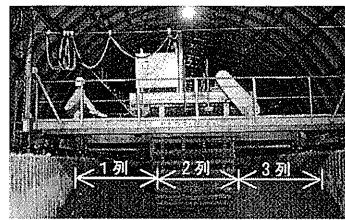


写真-2 「自走切返し機」正面

表-1 機械性能表

機 械 名	規格・仕様	最 大	最 小	備 考
脱水ケーキ受入ホップ	有効容量 10m ³ 切出し機付き	切出し最大速度 9m ³ /h	同、常用速度 7.5m ³ /h	脱水ケーキの単位体積重量 1.95t/m ³ 含水比 30%程度
有機資材受入ホップ	パーク 有効容量 3.5m ³ 3軸スクリューホッパー	切出し最大速度 1.1m ³ /h	同最小速度 0.55m ³ /h	パーク堆肥の単位体積重量 0.62t/m ³
	鶏糞 有効容量 3.5m ³ 2軸スクリューホッパー	切出し最大速度 1.1m ³ /h	同最小速度 0.55m ³ /h	発酵鶏糞の単位体積重量 0.55t/m ³
ケーキ解砕機	CB10型ミキサー	10m ³ /h	—	—
養生槽	有効容量 475m ³ (W7.15m×L44.0m×H1.5m (maxH2.0m))	—	—	2槽設置 壁：鋼製 床：コンクリート構造
自走切返し機	攪拌能力 120m ³ /h 切返し幅 2.3m	前進：0.5m/min 戻り：3.0m/min	前進：0.3m/min 戻り：2.5m/min	インバータ制御
送風機	VB-080Eボルトレスプロ	6.5m ³ /min	—	3台/槽

このシステムの特徴は、自走切返し機により大量の混合土を均一に切りほぐしながら運搬し、混合土内部に空隙をつくり、エアレーションを加えることで好気性条件を作り出すことである。

この切返し機は、攪拌機・走行機・横行機の3つのパーツで構成されている。発酵槽に設置した攪拌機を3列分横移動しながら攪拌できるため、用途に応じた多量の原料を処理することが可能である。

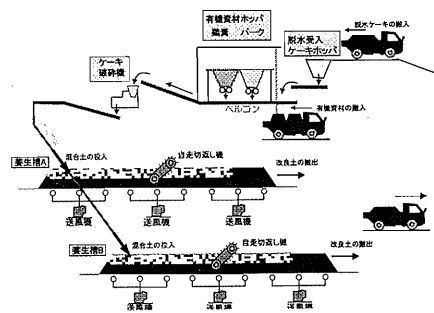


図-2 植生土壌化プロセスフロー

4. 各設備の紹介

1) 脱水ケーキ受入ホップ

脱水ケーキは 10t ダンプにより運搬し、受入ホップにダンプアップする。受入ホップ底部には、移送装置が設置されている。切出し量の定量性確保のため移送装置のフライトは、2列構造とし、取付間隔を半ピッチずらし、左右同時排出を避ける構造としている。(写真-3)

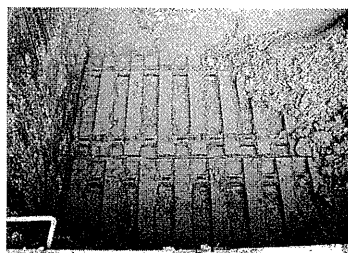


写真-3 脱水ケーキホップの底部構造

2) バーク堆肥受入ホップ

バーク堆肥はフレコンパックにて搬入され、ホップへの投入は天井クレーンにて行なう。底版部には、3軸のスクリーフィーダが設置され定量分が排出される構造となっている。(写真 4, 5)

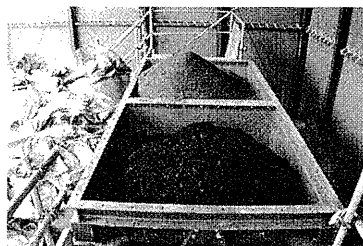


写真-4 有機資材受入ホップ
(手前：バーク堆肥用、奥：発酵鶏糞用)

3) 発酵鶏糞堆肥受入ホップ

発酵鶏糞堆肥もバーク堆肥と同様に、フレコンパックにて搬入される。定量フィーダは 2 軸のスクリーフィーダとなっている。発酵鶏糞堆肥はバーク堆肥に比べ乾燥した状態であるため比較的スムーズに搬出される。(写真-4)

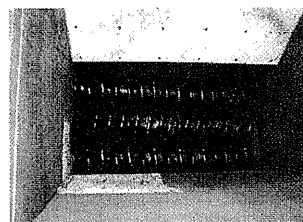


写真-5 バーク堆肥受入ホップ底版部
(3軸スクリーフィーダ)

4) 解砕機

バーク堆肥および発酵鶏糞堆肥の添加された脱水ケーキの解砕、混合を行なう。土壤微生物の好気性分解を促進するためには、十分な酸素供給が必要とされる。その前処理として、固結した脱水ケーキを解砕し表面積を増やす作業を行なう。解砕機は大別して、上部の押込装置と下部の解砕装置で構成されている。(写真-6)

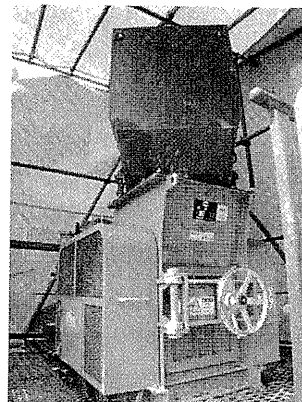


写真-6 解砕機全景

5) 自走切返し機

自走切返し機は、養生槽に投入された混合土を耕す大型耕運機の役割を果たす。切返し機の走行速度は、攪拌（前進）時、最大で0.5m/minである。戻り（後進）時は、最大3.0m/minである。横行（列移動）は最大1.3m/minであるが、後進と同時に行なえるためサイクルタイムには影響しない。発酵槽の1列の切返しサイクルタイムは、最速で84分となる。この作業を1日1列に対して1~2回を基準に行なう。従って2回/日/列の稼働時間は84分×3列×2回=8.4時間+ α となる。混合土の送り量は1.9m/回程度であるから、脱水ケーキ30m³/日/槽の処理が可能である。（図-3）

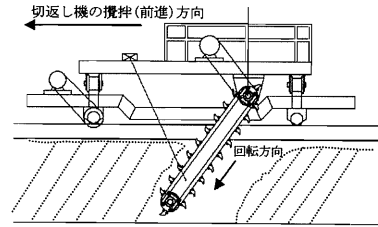


図-3 自走切返し機

6) 送風機

1槽につき3台のターボブローが設置され、3系統の供給管（塩ビ管φ50）が養生底板部に設置されている。配管周りは混合土による目詰まり防止のため、籾殻を敷いている。（写真-7）

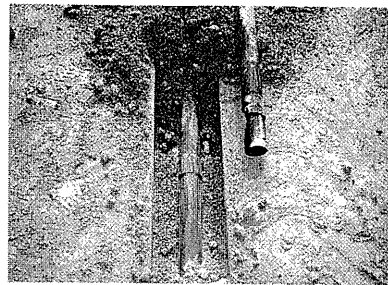
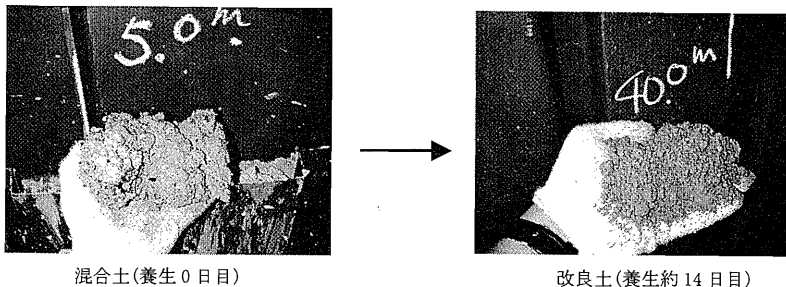


図-7 養生槽底板のエア配管

5. 養生槽内における混合土の物性変化の状況と考察

養生期間中における混合土の物性の経時変化を把握するため、混合土の温度、含水率、二酸化炭素（CO₂）発生量の測定を行なった。混合土と改良土の状況を写真-8、H13年10月に測定した混合土の物性の経時変化を図-4に示す。



混合土(養生0日目)

改良土(養生約14日目)

写真-8 混合土と改良土の状況

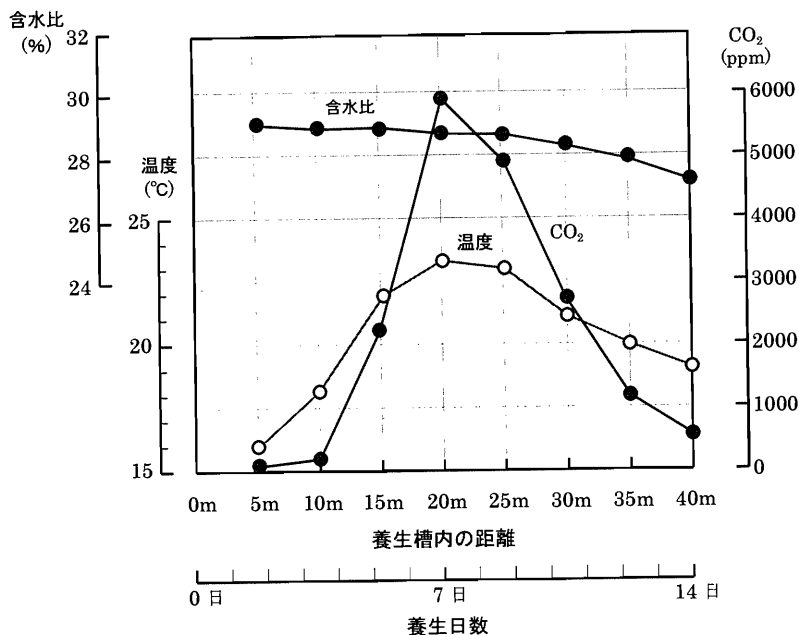


図-4 養生槽内における混合土の物性変化

1) 温度（養生槽内の物温）

混合土の温度は、微生物が有機物を分解するときの代謝熱によって養生期間中、上昇する。この温度上昇は微生物活性の指標となる。

図-4 に示した通り、混合土の温度は、養生を開始した直後から上昇し始め、20～25m 地点（養生約 7～9 日目）で最高に達し、23℃を示した。その後は徐々に低下し、養生終了時の 40m 地点（養生 14 日目）では 19℃となった。投入時点の混合土の温度よりピーク時で 7℃の温度上昇があり、土壌微生物類の活動による代謝熱によるものと考えられる。

2) 二酸化炭素

二酸化炭素の発生量は温度と同様に微生物の代謝活動によるものであり、有機物の分解に伴って発生したものと考えられる。二酸化炭素量の増加は、いずれも 15m 地点（養生約 5 日目）から急速に始まり、20m 地点（養生約 7 日目）で最大値を示している。このことから土壌微生物類が活動は盛んであったことがわかる。

3) 含水比

含水比は経時的に低下傾向を示した。この含水比の低下は、エアレーション、切返しによる空気との接触による蒸発によるものと考えられる。

6. 奥只見・大鳥発電所増設工事における植生土壌化の実績と計画

奥只見・大鳥発電所増設工事の工期は、平成11年から平成15年の5年間であり、この工事期間のうち、脱水ケーキの発生量は21,500m³が見込まれている。このうち、約半分の12,200m³の再利用を計画している。表-2に平成11年度から平成15年度までにおける脱水ケーキの植生土壌化による再利用の計画数量と実績を示す。

表-2 脱水ケーキの植生土壌化の実績値及び計画数量^{*}

年 度	汚泥発生量 (脱水ケーキ)	同左累計 (1)	土壌化に用いた汚泥量	同左累計 (2)	土壌化率 (2)/(1)
平成11年度 実績	2,000m ³	2,000m ³	0m ³	0m ³	0%
平成12年度 実績	5,200m ³	7,200m ³	2,800m ³	2,800m ³	39%
平成13年度 実績	10,800m ³	18,000m ³	3,900m ³	6,700m ³	37%
平成14年度 計画	3,500m ³	21,500m ³	3,900m ³	10,600m ³	49%
平成15年度 計画	0m ³	21,500m ³	1,600m ³	12,200m ³	57%

(^{*}電源開発 奥只見・大鳥増設建設所HPから)

7. 改良土による植生調査

脱水ケーキの植生土壌化土(300m³)を土壌基盤として用いた造成地(工事現場内)には、地元の在来種と考えられる各種の植物が繁茂し、アメリカセンダングサ、エノコログサ、ヨモギ等の植物の繁茂が観察された。また、写真-9に示すように、改良土表面は地衣類で覆われており、雨水の浸食による改良土の周辺への流亡を防ぐ効果を期待できる。

さらに、改良土中には、大型のミミズ(体長15~20cm、太さ5~6mm程度)が多数生息しているのも確認された(写真-10)。ミミズの糞土は極めて良好な団粒を形成し、土壌の肥沃度の向上に大きく寄与することはよく知られている。改良土を土壌緑化基盤として施した造成地にも、ミミズの棲息が多数確認されたことは、改良土の物性改善がさらに今後も進むことを示しており、非常に望ましい傾向であるといえる。



写真-9 改良土の表面状況



写真-10 ミミズの生息確認

8. まとめ

自走切返し機を核としたシステムにより、脱水ケーキを短期間のうちに植物の生育可能な植生土壌として物性改善することができた。これは、ただ単に脱水ケーキと有機物を混ぜただけのものではなく、微生物活動の無機-有機結合に伴う団粒化が促進されたことによるものである。

脱水ケーキの植生土壌化は単なる建設副産物の再生・再利用だけではなく、自然景観再生、地域活性化にもつながる可能性を秘めた技術として期待できる。