

製紙灰の路盤材への適用に関する検討

王子エンジニアリング株式会社 非会員 川添栄治*

五洋建設株式会社 正会員 ○佐藤昌宏**,塩田耕司,齋藤到***

1. はじめに

製紙産業では、主たる廃棄物である有機性汚泥（ペーパースラッジ）の処理が課題となっている。現在、王子製紙株式会社富岡工場では、この有機性汚泥を焼成処理した製紙灰を土壌改良材、脱臭剤、吸着剤、水質改良剤、鉄鋼保温材等としてリサイクルしている。本研究は、製紙灰のリサイクル用途をさらに広げることを目的に、製紙灰を造粒し路盤材料としての適性を検討した。

2. 製紙灰

製紙灰の主成分とその効果を表-1に示す。また、製紙灰は、原料として木材、石灰、クレー等の原料を使用しており土壌環境基準値を満たす安全な材料である。

表-1 製紙灰の主成分とその効果

主成分名	含有率	作用効果
活性炭	約20%	吸着（肥料成分・臭気成分の吸着）
炭酸カルシウム	約20%	酸性土壌の中和（遅効性）
石灰	約5%	酸性土壌の中和（即効性）
クレー	約55%	

3. 実験方法

造粒実験は、図-1のフローに従って実施した。各実験の主な目的は以下のとおりである。

①製紙灰の造粒試験

製紙灰造粒物の主材料を、製紙灰、高炉セメント、水とする。変化させるパラメータを単位製紙灰重量に対する高炉セメントと水の添加量、ミキサの攪拌時間と回転速度とし、最大粒径10mm程度の造粒物作製を目指した。

本試験で使用するミキサ（HF-50L）¹⁾は、材料にせん断力を与えて混練する機能と渦状に対流・攪拌させて解きほぐす機能を併せ持っている。図-2に製紙灰の流れを記したミキサの概略図を示す。

②路盤材としての適性試験

造粒物の物理試験（粒度、密度）、強度試験（修正CBR試験）を行い、路盤材としての適性を判断する。また、溶出試験（環告46号法）を実施し造粒物の安全性を確認する。

4. 実験結果

4. 1 基本パラメータ

基礎実験を数ケース行った後、基本パラメータを表-2に示すように設定した。ここで最高水分量とは、造粒物の表面に水が浮き粒が互いに付着し始める状態の添加水量をいい、最小水分量とは、水分量を減じると粒径が小さくなりさらに減らすと造粒不能となる境の添加水量をいう。

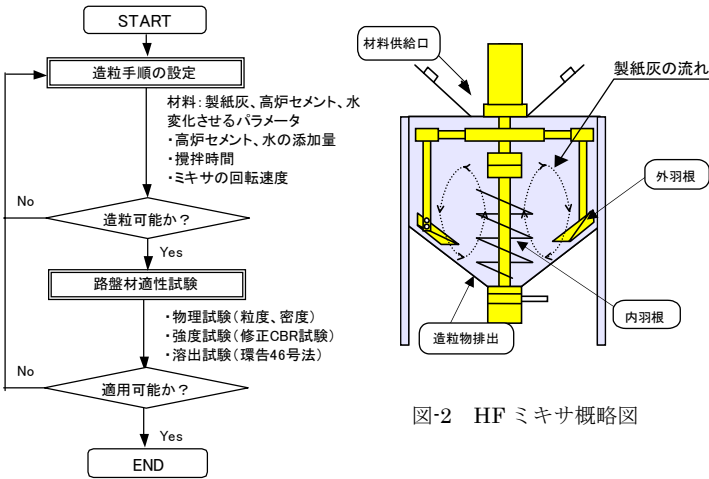


図-1 実験フロー



写真-1 製紙灰造粒物

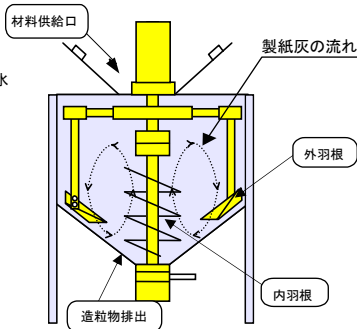


図-2 HF ミキサ概略図



写真-2 HF ミキサ(内羽根,外羽根)

表-2 基本パラメータ

配合(重量比)				ミキサの調整		
製紙灰	セメント	最高水分量	最小水分量	攪拌時間	外羽根回転数	内羽根回転数
100%	5%	34%	25%	60s	40rpm	400rpm
100%	10%	33%	22%	60s	40rpm	400rpm
100%	20%	25%	20%	60s	40rpm	400rpm

キーワード：リサイクル、製紙灰、造粒物

連絡先：*徳島県阿南市豊益町吉田1番地2-2-8, TEL0884-23-3320, **東京文京区後楽2-2-8, TEL03-3817-7521

***栃木県那須郡西那須野町四区町1534-1, TEL0884-23-3320

4. 2 修正CBR値

表-3にセメント添加量別の修正 CBR 試験結果を示す。修正 CBR の規格値は、クラッシャランに準じると下層路盤が 20%以上、上層路盤が 80%以上である。試験結果より、製紙灰造粒物の強度は、セメントの添加量を 5%以上にすることで、上層路盤材の規格値を満たさないものの下層路盤材の規格値を満足することが確認できた。

4. 3 粒径

図-3に粒度試験結果を示す。細粒分の多い製紙灰が造粒され粒径の大きい右側へスライドし礫の性状へと変化していることがわかる。

下層路盤で粒度試験を必要としている粒状路盤材料は、クラッシャランとクラッシャラン鉄鋼スラグであり、規格値を設けているのはクラッシャランだけである。再生クラッシャラン等その他材料は、粒度試験を必要としていない。製紙灰造粒物は、修正 CBR の規格値を満足していること、その他材料であることより、粒度試験を品質管理項目として必要ないと筆者らは考えるが、参考のため製紙灰の改良前後の粒径とクラッシャラン(C-20)の規格値を比較した。

4. 4 溶出試験

セメント添加量 5%時の溶出試験（28 日養生後）は、27 項目すべて基準値を満たした。しかし、10%時には六価クロムが 0.06mg/l となり基準値（0.05mg/l）を満足しなかった。基準値を超えたことより、生産地の異なる高炉セメントを使用した造粒物（添加量 5, 10%）を養生日数ごとに溶出試験を実施した（図-4, 5）。次に、造粒物からの溶出量が最も多かった A 工場のセメント（添加量 10%）に市販の重金属不溶化材を 0.4%加えた造粒物の溶出試験を実施した（図-6）。

試験結果より、以下のことがわかった。

①六価クロムの溶出は、7 日養生後がピークであり養生が進むと溶出量が減る。

②セメントの添加量が少ない方が六価クロムの溶出が少ない。

以上より、セメント 5%添加時は 28 日養生で問題なく使用することができる。10%添加時は、六価クロムの溶出が少ないセメントを選定することで対応できる。また、重金属不溶化材を併用することで早期に使用することができる。

尚、セメント自体の六価クロムの溶出量を測定したところ、A 工場のセメント 0.48mg/l、C 工場のセメント 0.06mg/l であった。よって、セメント自体の六価クロムの溶出が造粒物からの溶出に影響していることがわかる。

5. まとめ

本検討により、製紙灰を使用した造粒物は、下層路盤材料として利用できることが確認できた。また、リサイクルの推進という意味からも、製紙灰造粒物の公共工事での積極的な利用を図ることが望ましい。

参考文献

- 1) 河合 優ほか：石炭灰を用いた浚渫土の造粒固化技術の開発，土木学会第 57 回年次学術講演会，pp217-218, 2002.

表-3 修正 CBR 試験結果

高炉セメント 添加量	修正 CBR 試験結果	養生期間
5%	24%	1週間
10%	37%	1週間
20%	38%	1週間

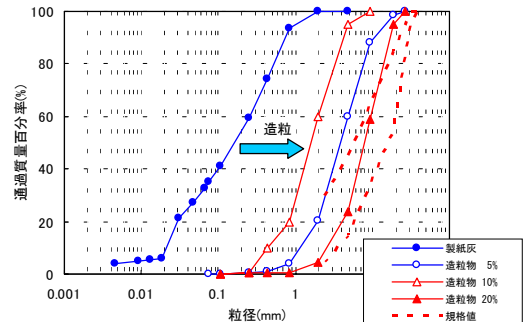


図-3 粒径加積曲線

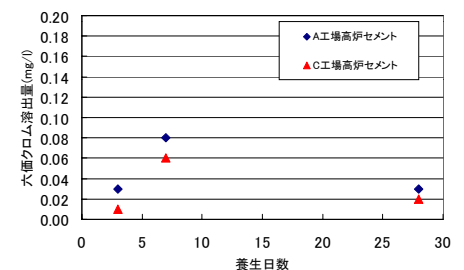


図-4 溶出試験結果(添加量 5%)

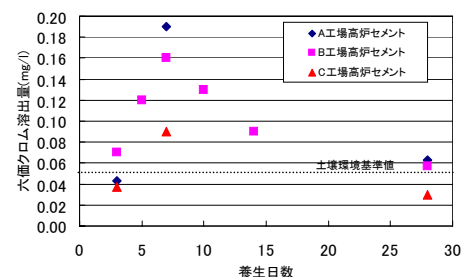


図-5 溶出試験結果(添加量 10%)

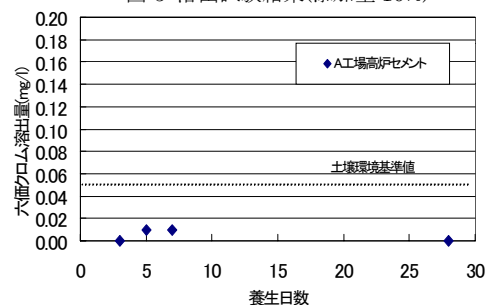


図-6 溶出試験結果

(添加量 10%+不溶化材添加)