

PS 灰造粒材料の強度および物質溶出特性

愛媛大学大学院 学生会員 ○本田美紀

愛媛大学 正会員 木下尚樹

愛媛大学 正会員 安原英明

愛媛大学 正会員 川口 隆

1. はじめに

現在、製紙業の産業廃棄物である製紙スラッジ焼却灰（PS 灰）は大部分が埋め立て処分されている。しかし、新たな埋め立て地の立地が困難であること、用途の拡大などの課題より、PS 灰造粒材料に加工し建設材料として利用することが検討されている¹⁾。ここで、PS 灰造粒材料は一般の材料と比較し、吸水率が高く密度が小さいという特徴を有している。このため、吸水や乾燥による耐久性に対する評価が必要である。そこで、本研究ではスレーキング試験および単粒子破碎試験により乾湿繰り返しに対する耐久性を評価する。また、建設材料として利用するためには、有害物質等の溶出量が土壤環境基準値以下であることを確認する必要があるため、溶出試験を実施し溶出特性を評価する。

2. 耐久性評価

PS 灰造粒材料の耐久性を評価するため、スレーキング試験および単粒子破碎試験を実施する。まず、スレーキング試験は岩のスレーキング試験（JHS110）²⁾に準じ実施する。試料は粒径が 20～40mm の範囲のものを使用し、自然含水比状態で 3kg の試料を準備する。ここで試験の再現性を確認するため、試験は 3 回行う。105℃ で 24 時間炉乾燥させる作業を「乾燥」とし、試料の入った容器に水道水を注ぎ 24 時間浸漬させる作業を「湿潤」とする。この「乾燥」・「湿潤」のサイクルを 1 サイクルとし、5 サイクル実施する。試験結果は、式（1）より求められたスレーキング率および目視により評価する。

$$R_s = \frac{m_b - m_c}{m_b} \cdot 100 \quad (1)$$

ここで、 R_s ：スレーキング率 [%]、 m_b ：全乾燥土質量 [g]、 m_c ：10mm ふり残留乾燥土質量 [g] である。

スレーキング試験結果より求められたスレーキング率は全試験とも 2%以下であり、目視による変化も少ないことから細粒化に対する耐久性は高いと判断できる。

次に、単粒子破碎試験は 1993 日本工業規格造粒物 - 強度試験方法 (JIS Z 8841) に準じ実施する。この試験は、粒径が 20～40mm の範囲の試料に対し、スレーキング試験前後に各 30 個ずつ計 60 個実施する。本試験ではサーボ制御式疲労試験機を使用し、0.1mm/s の速度で載荷する。試験結果は、最初の荷重ピーク F_1 を試料の長径 l と短径(高さ) h の積で除することにより破碎強度を求め評価する。図 1 に荷重と変位の関係を示し、図 2 にスレーキング試験前後の破碎強度と試料の見かけ密度の関係を示す。ここで見かけ密度は式（2）より求められる値とする。

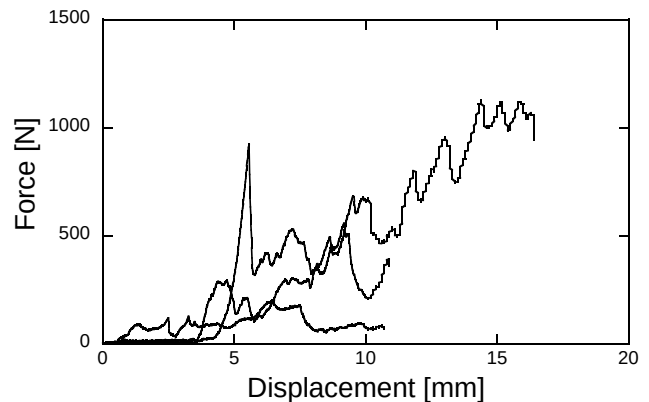


図 1 荷重 - 変位関係

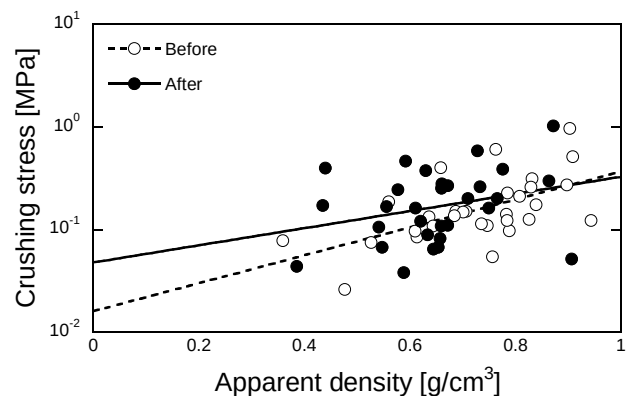


図 2 破碎強度と見かけ密度
(スレーキング試験前後)

$$\rho_{ad} = \frac{m}{h^2 \cdot l} \cdot 10^3 \quad (2)$$

ここで、 ρ_{ad} ：見かけの密度 [g/cm^3]、 m ：試料の質量 [g]、 h ：試料の短径（高さ）[mm]、 l ：試料の長径 [mm]である。

図 1 より PS 灰造粒材料の破碎は延性的な破碎であることがわかる。次に、図 2 よりスレーキング試験前後において破碎強度に差はなく、乾湿繰り返しによる強度劣化はみられないと判断できる。また、スレーキング試験前後における両試験とも見かけの密度の増加に伴い、破碎強度も増加する傾向がみられる。

3. 溶出特性

PS 灰造粒材料の溶出特性を評価するために、環境省告示第 18 号（土壌溶出量調査に係る測定方法）に準じ溶出試験を実施する。この試験では、試料は 2mm 以下に調整したものを使用し、対象物質を六価クロム、ほう素、鉛、ふっ素の 4 種類とする。また、周辺環境や酸性雨との接触による影響を評価するため、試験液作製時における溶媒を超純水（pH6）、濃度 0.769mmol/L の硫酸水溶液（pH3）、濃度 3.85mmol/L 水酸化カルシウム水溶液（pH11）の 3 種類とする。図 3 に各物質の溶出試験結果を示す。いずれの試験結果においても土壌環境基準値を実線で示す。

図 3 より、いずれの物質も中性条件における溶出量は環境基準値以下であり、PS 灰造粒材料の溶出における品質は安定していると判断できる。酸性条件およびアルカリ性条件において六価クロムの溶出量が土壌環境基準値を上回っている。今後の課題として、周辺環境の影響による溶出メカニズムの検証が必要であると考えられる。

4. 終わりに

本研究では、スレーキング試験および単粒子破碎試験、溶出試験により PS 灰造粒材料の強度特性と溶出特性を評価した。強度特性においては、乾湿繰り返しによる強度劣化はみられず、耐久性が高いことを確認した。溶出特性においては、いずれの物質も中性条件では溶出量は土壌環境基準値を下回る結果となったが、今後は周辺環境の影響を考慮した溶出メカニズムの検証が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 木下尚樹，川口隆，松尾暁，本田美紀，安原英明：製紙スラッジ灰焼却材料を用いたモルタルのプレキャスト材料としての性能評価，Journal of MMIJ, Vol.128, pp.611-619, 2012
- 2) 社団法人 日本道路協会：舗装調査・試験方法便〔第4分冊〕，第Ⅲ章 試験編，5.路盤材料 6.路床土 7.舗装の出来形・品質，pp.[4]137-[4]142, 2007

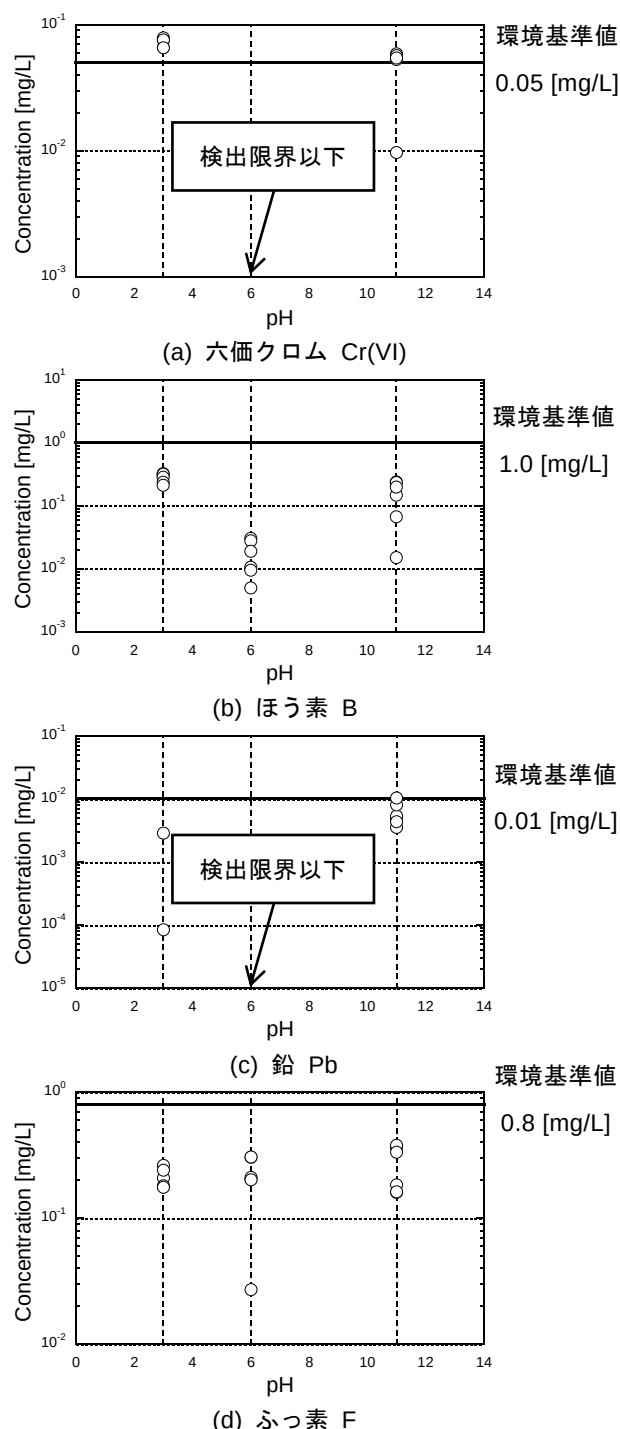


図 3 土壌環境基準対象物質の溶出量

(六価クロム，ほう素，鉛，ふっ素)