

各種焼却灰を用いた汚泥懸濁液の凝集沈降特性

早稲田大学 学生会員 ○景山 隆弘
 早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一
 早稲田大学 学生会員 李 理
 (株)福岡建設合材 非会員 福岡 大造

1 研究目的

火力発電等の副産物として、毎年多量の焼却灰が発生している。焼却灰は一般廃棄物処分場に廃棄され、有効利用するリサイクル方法が求められている。そこで、各種の焼却灰を有効利用するために、凝集沈降剤を開発することを試みている。本研究では、焼却灰の物理的、化学的な分析を行い、既往の研究結果に基づいた適切な添加剤を選択し、作成したブレンド材料を粘土系の対象汚泥懸濁液に添加し、汚泥懸濁液の凝集沈降特性の実験的検討を行った。

2 凝集沈降試験 ①

2.1 試験概要

各種焼却灰添加による凝集性能への影響を検討するために、カオリンの混合土サンプルを用いて、沈降速度と濁度を求めた。

2.2 使用する試料の基本性質

本試験で使用する試料の物性値²⁾と化学組成を表2.1、2.2にまとめる。

表 2.1 PS(Paper Sludge) 灰、石炭灰とカオリンの物性値

	PS 灰	石炭灰	カオリン
比重(g/cm ³)	2.72	2.57	2.19
初期含水比(%)	0.60	0.96	0.24

表 2.2 石炭灰、PS 灰とカオリンの化学組成(mass%)

	CO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO
PS 灰	13.1	3.16	21.7	13.9	48.3
石炭灰	65.3	0.36	31.9	44.4	2.56
カオリン	3.74	—	21.7	72.6	0.10

2.3 試験手順

試験手順は、以下の通りである

- ① 水 1000ml に、カオリン粘土粉末 10g を添加し、汚泥サンプルを作成する。
- ② 焼却灰を添加するサンプルはここで添加する。
- ③ 無機凝集剤を添加する。
- ④ pH 調整剤として NaOH(aq)を添加する。
- ⑤ 急速攪拌(120rpm)を 5 分間、緩速攪拌(60rpm)を 20 分間行う。
- ⑥ サンプルを 1L メスシリンダーに移し、高分子凝集

剤を添加する。

- ⑦ メスシリンダーを 10 回振り、凝集を促し、攪拌を終えた瞬間を 0 秒としてサンプルの固液界面沈降量を測定した。固液界面沈降量より、初期接線の傾きを沈降速度として算出する。攪拌し凝集を促した後、上澄み液の濁度測定(15 秒ごと)を行う。

2.4 試験条件

表 2.3 に試験条件を示す。

表 2.3 試験条件

無機凝集剤	PAC
無機凝集剤添加量(g/L)	1.0
焼却灰添加量(g/L)	1.0
高分子凝集剤	アニオン系
高分子凝集剤添加量(g/L)	0.1
pH	4.3~9.8
pH 調整剤	NaOH(aq)
粘土	カオリン
粘土割合 (g/L)	10
水温(°C)	20±2.0

2.5 試験結果

2.5.1 沈降速度

高分子凝集剤添加後、メスシリンダーを静置し、各時刻における固液界面に相当する箇所のメスシリンダーの目盛りを読み取り、図 1 のような沈降曲線を描く。そして、「沈降曲線の初期接線の傾き＝沈降速度」とし沈降速度を定量化した。

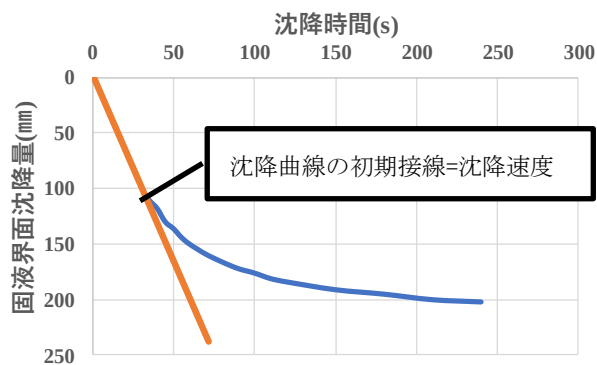


図 1 沈降曲線と沈降速度の関係

高分子凝集剤 無機凝集剤 焼却灰

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58 号館 205 号室 赤木研究室 Tel 03-5286-3405

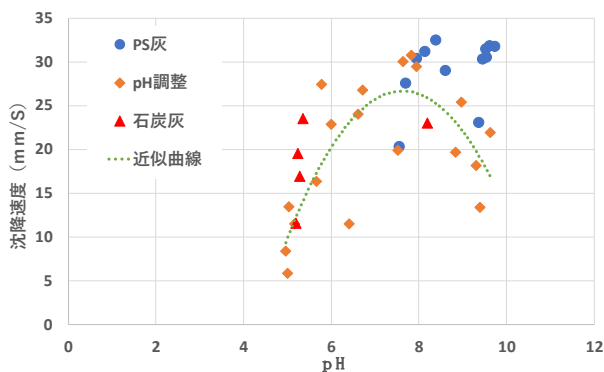


図2 pH と沈降速度の関係

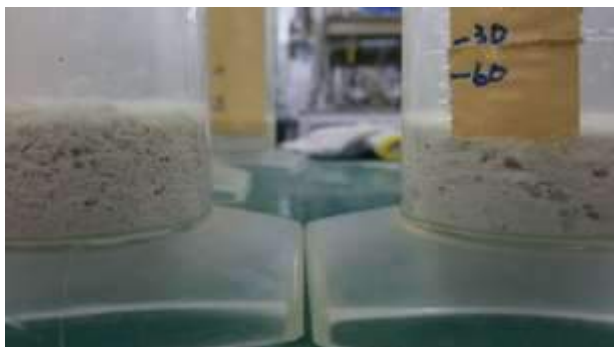
図3 静置後5分経過時の沈降試験の様子 (pH9.5)
左:PS 灰添加サンプル,右:pH 調整剤添加サンプル

図2は,pHを調整したときの沈降速度の変化を示しているものである。NaOH(aq)でpHを調整したサンプル結果より,沈降速度はpHに大きく依存することが分かる。これは,今回用いた高分子凝集剤の凝集可能範囲が,弱酸性から弱塩基性までであることに起因すると考えられる。また,石炭灰添加サンプルは,沈降速度はpH調整剤添加サンプルと同様に,pHに応じて変化する。一方,PS灰添加サンプルは,高分子凝集剤の最適凝集可能なpH範囲において,沈降速度の改善がみられるだけでなく,pHがより高い9.0以上においても,凝集性能の低下が生じなかった。また,図3は凝集沈降試験における沈殿物の状態を採取したものである。図3より,PS灰を添加したサンプルは,pH調整剤でpHをそろえたサンプルより沈殿物フロックの粒径が大きくなることが分かる。

2.5.2 濁度試験

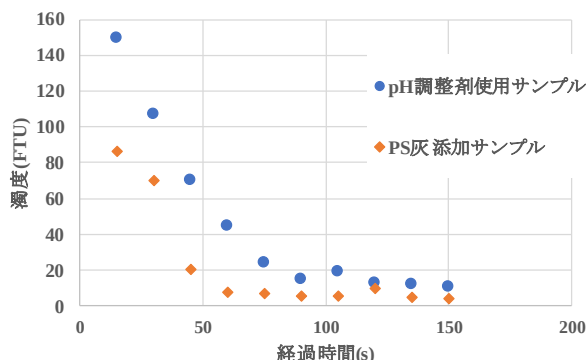


図4 濁度試験結果(pH9.5)

凝集性能の向上が見られたPS灰のサンプルにおいて,上澄み液の濁度試験を行いpH調整剤添加サンプルと比較検討を行った。高分子凝集剤添加前においてpH9.5の試験結果である図4より,PS灰添加により,上澄み液の濁度も改善することが分かった。

3 考察

懸濁粒子の沈降は,単一粒子の沈降速度を求める式として,通常ストークスの式(1)が適用される。

$$v_t = \frac{g(\rho_s - \rho_w)}{18\eta} D_p^2 \quad (1)$$

v_t : 沈降速度(cm/s)

ρ_s : 土粒子の密度(g/cm³)

ρ_w : 水の密度(g/cm³)

D_p : 粒径(cm)

η : 流体の粘度(g/(cm・s))

式(1)より,粒径が大きいくほど,沈降速度は速くなり,凝集性能が上がる事が分かる。本試験においては,図3のようにフロックの粒径が大きいPS灰を添加したサンプルの沈降速度が速くなる事が式(1)よりも言える。

また,表2.2より,PS灰には,多くのカルシウムが含有されていることが分かる。PS灰を凝集剤として用いた場合,界面電気二重層理論の観点より,懸濁中の負の電荷を帯びた土粒子に対して,溶解した2価のカルシウムイオンが接近し電気的中性をとり,凝集が促された(凝結作用)と考えられる。一方で,石炭灰を凝集剤として用いた場合,石炭灰のカルシウム含有量が少ないため,凝結作用に寄与しなかったと考えられる。以上が,各焼却灰の添加による凝集沈殿性能への影響の理由として考えられる。

4 まとめ

今回用いた石炭灰は,水に溶けにくく,表2.2よりカルシウムが少ないため,凝集においてあまり効果が出なかった。一方,PS灰は水に溶けやすく,pHが高くなり,表2.2よりカルシウムも大量に含まれることから,凝集に効果があることが分かった。これは,界面電気二重層理論の観点からも理解できる。

今後,別の配合割合と他の灰を用いて凝集試験を行いたいと考えている。また,凝集性能を低下させるNa型ベントナイト含有の汚泥において,焼却灰添加による凝集性能への影響を検討していく。

参考文献

- 1) 井上,赤木,檜垣ら:再生石膏を用いた無機系および高分子凝集剤併用による建設発生土の沈殿特性(土木学会年次学術講演会 2015)
- 2) 地盤材料試験の方法と解説 地盤工学会(2009)