

## 石膏を用いた建設発生土の凝集沈殿特性の評価及び土壌内のヒ素不溶化に関する研究

早稲田大学 学生会員 ○井上 雄貴

早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一

早稲田大学 堀田 翔平

## 1. 研究目的

中間処理プラントで行われている建設発生汚泥の凝集沈殿工程ではこれまで高分子凝集剤が用いられてきた。しかし、凝集剤に毒性を持つ未反応のモノマーが含まれていることを危惧して、近年では高分子凝集剤を使用している中間処理業者からの処理汚泥の受け入れを制限する傾向にある。そのため、高分子凝集剤の添加量を減らす新たな工程が求められており、その一つに凝集補助材として再生石膏を用い、無機系凝集剤および高分子凝集剤を併用するという方法がある。

既往の研究により、カオリンとベントナイトの混合粘土を汚泥サンプルとして用いた場合、再生石膏を凝集補助材として用いることで凝集性能を向上させられるという知見が得られている。<sup>1)</sup> 本論文では、実際の現場の土試料を用いて凝集沈殿試験を行い、石膏添加による凝集性能の向上が確認できるか検証をした。

また近年では、自然由来の重金属による土壌汚染が問題視されている。常松らは、廃石膏粉の添加によりヒ素の溶出が抑えられると述べている。<sup>2)</sup> そこで本研究では凝集沈殿工程において石膏を添加した際にも、同様にヒ素の不溶化に貢献しうるか実験的検証を行った。

## 2. 現場土試料を用いた凝集沈殿試験

## 2.1 試験概要

本実験では新綱島の現場土試料を用いて、実際の建設発生土に対しても石膏添加による凝集性能の向上が確認できるか実験的検証を行った。

本試験の実験手順は以下の通りである。

- ①現場土試料を 2mm ふるいに通過させた。
- ②液性限界の値をもとに( $w_L \times 15$ )、汚泥サンプルを作成した。
- ③pH 調整剤(高炉セメント B 種)を添加し懸濁液の pH を 11.5 にし、その後急速攪拌(120rpm)にて 20 分間攪拌した。
- ④石膏粉末を添加するサンプルについては、ここで二水石膏を添加した。

⑤汚泥サンプルの電気伝導率を測定した。

⑥無機系凝集剤を添加し懸濁液の pH を 10 にし、緩速攪拌(30rpm)にて 10 分間の攪拌を行った。

⑦無機系凝集剤添加後におけるサンプルの濁度値を測定した。

⑧サンプルを 1000ml メスシリンダーに移し、高分子凝集剤を添加した。

⑨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位置を記録し、さらに 30 秒ごとにサンプルの濁度値の測定を行った。

実験条件について、表 2.1 に示す。

土粒子密度	$\rho_s=2.72 \text{ (g/cm}^3\text{)}$
懸濁液濃度(含水比)	691.5% ( $w_L \times 15$ )
石膏の種類	二水石膏
無機凝集剤	硫酸バンド $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
pH 調整剤	高炉セメント B 種
高分子凝集剤	アニオン系
高分子凝集剤添加量	0.01%

本試験では、以下についての検証を行った。

○沈降速度から見た凝集沈殿特性

○濁度値から見た凝集沈殿特性

## 2.2 試験結果

## 1) 沈降速度から見た凝集沈殿特性

高分子凝集剤添加後における経過時間と沈下量の関係を図 2.1 に、沈降曲線から算出した沈降速度と石膏添加の有無の関係を図 2.2 に示す。

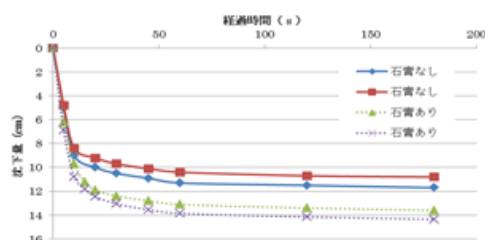


図 2.1 経過時間と沈下量の関係

キーワード：再生石膏，高分子凝集剤，ヒ素

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院赤木研究室 Tel.03-5286-3405



図 2.2 石膏添加の有無と沈降速度の関係

図 2.1, 図 2.2 より, 新綱島の現場土試料においても石膏添加による凝集性能の向上が確認できた。これにより, 実際の建設発生土に対しても石膏添加による効果は発揮されると考えられる。

## 2) 濁度値から見た凝集沈殿特性

新綱島の現場土試料について, 無機系凝集剤添加後における電気伝導率と濁度値の関係を図 2.3 に, 高分子凝集剤添加後における経過時間と濁度値の関係を図 2.4 に示す。

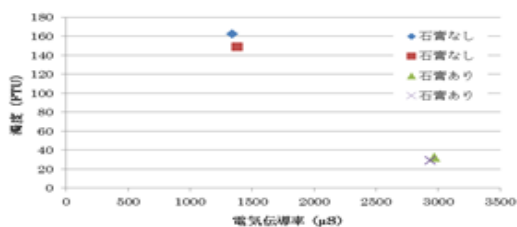


図 2.3 電気伝導率と濁度値の関係

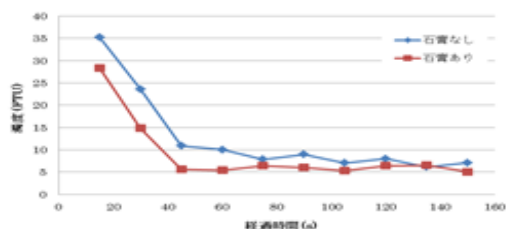


図 2.4 経過時間と濁度の関係

図 2.3, 図 2.4 より, 現場土試料を用いた際にも石膏添加によってサンプルの濁度値が低下していることがわかる。

石膏添加によって凝集性能が向上した要因として, 土粒子同士の電位による反発の軽減が挙げられる。ここでは本現場土試料を用いて, サンプル内のゼータ電位の測定をした。電気伝導率とゼータ電位の関係を図 2.5 に示す。



図 2.5 電気伝導率とゼータ電位の関係

図 2.5 より, 石膏添加による電気伝導率の増加に伴い, 土粒子が持つ負電荷の値が減少していることがわかる。これは, 石膏が持つカルシウムイオンが懸濁液に溶解することで, 土粒子が持つ負電荷の値が減少したためである。本結果より, 石膏添加によって土粒子同士の反発が軽減されることが確認された。

## 3. 石膏添加による土壌中の自然由来ヒ素の不溶化

### 3.1 試験概要

本実験では, 凝集沈殿工程において石膏を添加した際に, 土壌内のヒ素の不溶化に貢献しているか実験的検証を行った。サンプルには 2 章と同様に新綱島の現場土試料を使用した。

### 3.2 試験結果

凝集沈殿工程後の試料土におけるサンプル内のヒ素含有濃度について, 図 3.1 に示す。



図 3.1 石膏添加の有無とヒ素濃度の関係

図 3.1 より, 凝集沈殿工程において石膏を添加した際にもサンプル内のヒ素の不溶化に効果があることがわかる。

これは, 土壌試料から溶出したヒ素が石膏から溶出するカルシウムイオンと反応し, 難溶性のヒ酸カルシウムが生成されるためである。<sup>3)</sup>

## 4. 結語

今回の試験結果によって, 実際の建設発生土に対しても, カオリンとベントナイトの混合粘土を汚泥サンプルとして用いた場合と同様に, 石膏添加による凝集性能の向上が確認できた。また石膏を添加することにより, 土壌内のヒ素不溶化への貢献も期待できる。

### 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(土木全国 2015)
- 2) 常松, 植松ら: 石膏粉添加による土壌中の自然由来ヒ素の不溶化とその機構(農業農村工学会論文集 No.278, pp.63-72)
- 3) 植松, 小口ら: 廃石膏ボードとホタテ貝殻を利用したヒ素不溶化処理の研究(第 40 回地盤工学研究発表会)