

再生石膏を用いた建設発生汚泥の無機系凝集剤による沈殿特性

凝集 石膏 濁度

早稲田大学 学生会員 ○檜垣 隼也

早稲田大学 国際会員 赤木寛一

早稲田大学 学生会員 野元 亮太

1. 研究目的

これまで、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主に高分子凝集剤が用いられてきた。しかし、近年では凝集剤に毒性を持つ未反応のモノマーが含まれることを危惧して、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自治体が出始めている。そこで、新たに高分子凝集剤に変わる中間処理プロセスが求められている。その一つとして無機凝集剤を用いる方法があるが、無機凝集剤は高分子凝集剤に比べて凝集効率のはるかに劣るため、実用化にはその効果を増大する補助剤となるものが必要となる。本研究では、その補助剤として近年排出量が増加傾向にある廃石膏ボードを利用した再生石膏に着目した。再生石膏を用いた無機凝集剤による凝集沈殿に効果が見られれば、これらの課題が同時に解決されることが期待される。

2. 石膏ボードについて

石膏ボードは、優れた耐熱性や防音性を持つことから、今日幅広く用いられている建築材料である。図 2-1 にあるように、その生産量は年々増加し、ここ 5 年ほどは高い水準で安定している。また、石膏ボードの厚さは年々厚くなる傾向にあり、実質的に現在でも生産量は増加しているといえる。

一方で、生産量の増加に伴う廃石膏ボード排出量の増加が問題となっている。図 2-2 より、排出量は年々増加し、2032 年には現在の約 3 倍の廃石膏ボードが排出されることが予想されている。にもかかわらず、石膏ボードをリサイクルする手段が少なく、今後は大量の廃石膏が埋め立て処分をされることが予想される。最終処分場の残余容量が 10 年強といわれていることから、石膏を安全にリサイクルする方法の開発は必須であると考えられる。

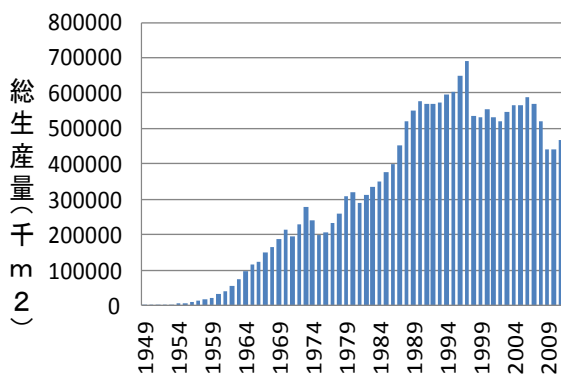


図 2-1 石膏ボード生産量の推移

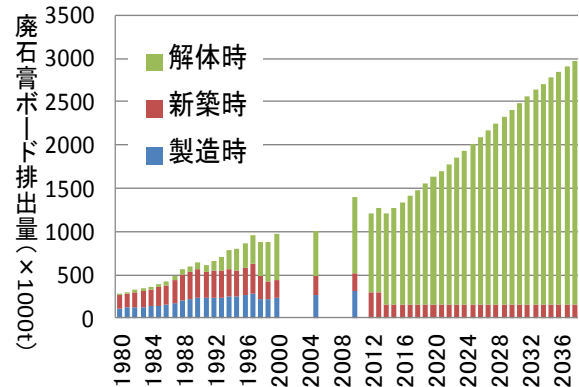


図 2-2 廃石膏ボード排出量の推移

3. 実験概要

本研究では建設汚泥サンプルとしてカオリン懸濁液、無機凝集剤として硫酸バンド、pH 調整剤として NaOH および $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、凝集補助剤としてⅢ型無水石膏を用いた。石膏の種類については、既往の研究より、凝集補助剤としてⅢ型無水石膏がもっとも効果を発揮することがわかっている。ここでは、凝集補助剤として使用する石膏をⅢ型無水石膏に固定して実施した。

pH 調整剤の種類と再生石膏の有無、さらにはカオリン懸濁液濃度を変数として各サンプルにおける沈降後の上澄み液の濁度 (FTU 値) を指標とし、凝集沈殿効率を比較検討した。なおすべてのサンプルの攪拌はジャーテスターを用いて同時に行った。

4. 実験手順

- ①石膏懸濁液を 1 時間攪拌した後、静置してできる上澄み液から飽和石膏水溶液を得る。石膏を添加しない条件では、この手順は省略する。
- ②飽和石膏水溶液に水とカオリンを加えカオリン懸濁液 500ml を作成する。
- ③1 時間の急速攪拌(120rpm)の後、24 時間程度の緩速攪拌(30rpm)を行い、懸濁状態を安定させる。
- ④pH 調整剤として NaOH あるいは $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を添加し、5 分間緩速攪拌を行う。
- ⑤各サンプルに無機凝集剤を添加し、急速攪拌を 5 分間、緩速攪拌を 20 分間行う。
- ⑥攪拌後、低濃度カオリン懸濁液では 5 分間、高濃度カオリン懸濁液では 20 分間静置し、上澄み液の濁度を測定する。

なお、凝集試験の条件は表 4-1 のとおりである。

表 4-1 凝集試験の条件

カオリン懸濁液濃度	200-50000mg/L
石膏の種類	Ⅲ型無水石膏
石膏の添加条件	飽和石膏水溶液
石膏添加濃度	4000mg/L
凝集剤の種類	硫酸バンド
凝集剤の添加量	50倍希釈のものを4.8mL
攪拌速度	30-120rpm
pH調整剤	NaOHとCa(OH) ₂
pH	10.0→7.0
濁度測定までの静置時間	5-20分

5. 実験結果

カオリン懸濁液濃度と濁度の関係を図 5-1 に示す。

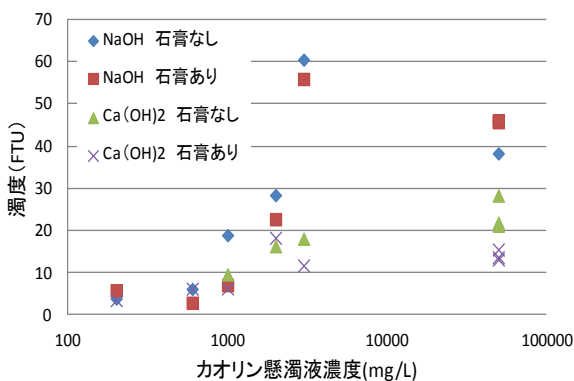


図 5-1 カオリン懸濁液濃度と濁度の関係

図 5-1 より、カオリン濃度に関係なく、pH 調整剤として Ca(OH)₂ を使用した場合に、NaOH よりも大きな濁度低下を見ることができた。よって、石膏及び硫酸バンドを使用した凝集沈殿工程では、Ca(OH)₂ が pH 調整剤として適していると考えられる。また、いずれの pH 調整剤を用いた場合であっても、石膏が凝集補助剤としての効果を発揮しており、特に Ca(OH)₂ を使用した場合に石膏の有無による濁度差が大きかった。

6. 考察

6-1 NaOH と Ca(OH)₂ の凝集効果の違いについて

NaOH と Ca(OH)₂ のいずれかを pH 調整剤として用いた場合でも凝集剤の硫酸バンドとの反応で二水石膏、エトリンガイトといった物質の生成が考えられる。二つの pH 調整剤の間で凝集効果に差が生じた最大の理由はこれらの物質の生成量にあると推測した。

まず、二水石膏の濁度低下への効果について考える。二水石膏は比較的重いため、攪拌し生成する際に土粒子を巻き込んでフロックを形成し重りの役割を果たし、沈降速度を増大する効果があると考えられる。

次にエトリンガイトの濁度低下への効果について考える。エトリンガイトとは、石膏と石灰の反応によって生じる針状の物質であり、空隙充填能力が高く固化分野において特に効果を発揮する物質である。本研究

においては二水石膏と同様に、エトリンガイトがフロック形成の際に周囲のフロックや土粒子を巻き込むことが期待できる。

6-2 石膏の凝集効果に及ぼす影響について

工藤らの研究¹では、凝集後の CaSO₄、Ca(OH)₂、Al(OH)₃ それぞれの沈降量を調査しており、エトリンガイト中の SO₄²⁻ が排水中の B(OH)₄⁻ と容易に置換するため、エトリンガイトの生成はホウ酸除去率を高めると述べている。図 6-1 に示すとおり飽和溶解度に近い石膏水溶液を添加することにより、生成物中の CaSO₄ 成分が増加し、Ca(OH)₂ 成分が減少するという結果を得ている。したがって、石膏を添加することにより無添加時よりも多くの二水石膏およびエトリンガイトを生成していると言え、かつ石膏の添加が濁度の低下に効果を示していると推測することができる。

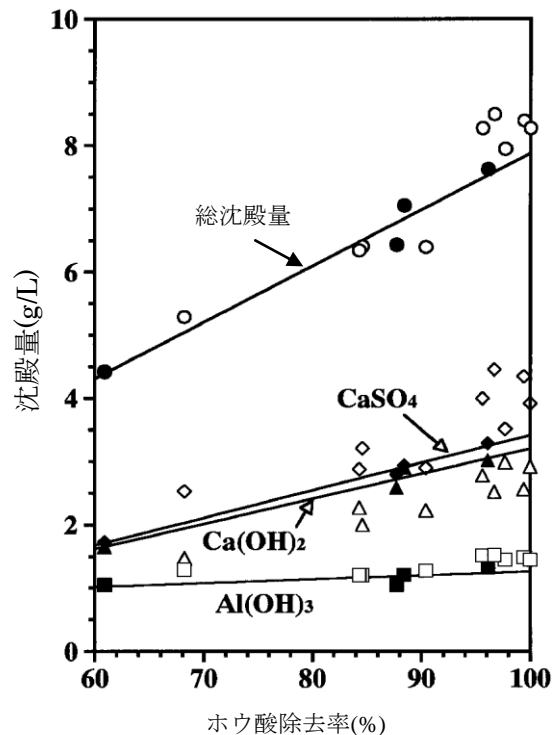


図 6-1 各物質の沈殿量変化とホウ酸除去率の関係 (石膏飽和度○,◇,△,□:75%,●,◆,▲,■:0)

7. まとめ

無機系凝集沈殿において、pH 調整剤として NaOH でなく Ca(OH)₂ を用いること、凝集補助剤として石膏を用いることのいずれも、二水石膏およびエトリンガイトの生成を助長し、その生成の際に土粒子を巻き込んで凝集効果を高めることが期待される。

¹ 工藤、坂田：硫酸アルミニウムと消石灰による排水中のホウ酸の凝集沈殿処理、No2, pp.265-268, 2002 The Chemical Society of Japan