

# 鉱物系凝集剤の建設工事排水への適用に関する研究

## Study on the Application of a Mineral Flocculant to Remove Dissolved Matter in Turbid Water Treatment

太田 三郎<sup>\*1</sup> 野田 三利<sup>\*2</sup>  
Saburou Ohta Mitsutoshi Noda

### 【要旨】

建設工事に伴う濁水処理に関する技術では、浮遊物質量低下に関する提案は多くされているものの、凝集剤に関する提案は少ない。そこで、従来の無機系凝集剤と高分子系凝集剤の組み合わせではない、粉末タイプの鉱物系凝集剤に着目した。

環境測定機関で、本凝集剤が建設工事排水に適用できるかジャーテストを行った結果、凝集沈殿効果が確認できた。さらに、本凝集剤の実証実験を2つの工事現場で実施し、良好な結果を得たので、その結果を報告する。

【キーワード】 凝集剤 SS pH 添加剤装置 重金属

## 1. はじめに

建設工事に伴う周辺環境への影響をいかに低減していくかが強く求められてきている。濁水処理についてもその要求に対して様々な技術が提案されているが、砂濾過装置やフィルタープレス等に関する提案は多く見られるものの、凝集剤に関する提案は少なく、新たな凝集剤の開発が望まれていた。

一方、日本大学理工学部海洋建築工学科では、海洋・河川・湖沼の水質浄化のため新しい凝集剤、および、凝集剤ミキシング装置を開発した<sup>1)</sup>。この凝集剤は浮遊懸濁物質だけではなく、溶存している物質も吸着固定化できる。また、凝集能力が高いため、凝集の助剤として一般的に使用されている高分子系凝集剤が不要になる可能性が高い。

以上のことから、この凝集剤を建設工事に用いた場合、浮遊物質や溶存性物質を除去する効果が期待できる。そこで、上記の凝集剤の建設工事排水への適用性について実証を行ったので報告する。

## 2. 凝集剤について

### 2.1 特徴

本凝集剤の組成および性状を表-1に示す。

表-1 凝集剤の組成および性状

主剤	カルシウム塩を主成分とした天然鉱物とミネラル成分の組み合わせ
副剤	植物性凝集剤
見かけ比重	1.62
外観	白色の微粉末
反応	弱アルカリ性

本凝集剤は粉末のまま排水に添加して使用するが、比較的強い攪拌力が必要となる。浮遊物の凝集システムは以下のとおりである。

- ① マイナスに帯電している土粒子に、プラス電荷の凝集剤を加え中和する。
- ② 硫酸アルミニウムや複合アルミナ・珪酸の働きで、表面電位をなくした土粒子が凝集する。
- ③ 水酸化アルミニウムの働きで凝集した土粒子をさらに結合し、フロックを大型化し沈殿させる。

### 2.2 ジャーテスト

本凝集剤の建設工事排水への適用性を確認するため、ジャーテスト（ビーカー実験）を行った。

東北地方で施工中のシールド工事の工事排水で凝集の確認を行ったところ、凝集効果が確認できた。

次に、都内で施工中のシールド工事排水を環境測定機関に送り、ジャーテストを行った。ジャーテスト状況を写真-1に、その結果を表-2に示す。

その結果は、一般的な濁水処理における無機系凝集剤（以下PACという）と高分子系凝集剤による凝集反応と

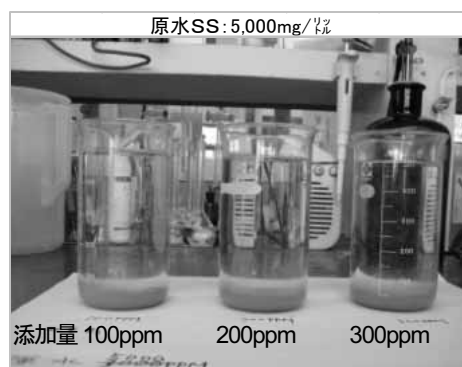


写真-1 ジャーテスト状況

1. 土木事業本部 機電部 2. 中日本建築支社 名古屋建築事業部 桐林クリーンセンター作業所

表-2 ジャーテスト結果

	原水		凝集後処理水			
	性状	凝集剤添加量 ppm	SS mg/l	pH	COD mg/l	電気伝導度 mS/m
①	SS 1,000	100	1.9	8.2	7.3	104
	COD 11.8	200	<1.0	8.2	6.7	105
	pH 8.7 電気伝導度 106	300	<1.0	8.2	6.9	114
②	SS 3,000	100	1.9	8.3	19.1	195
	COD 28.4	200	1.7	8.1	18.3	194
	pH 8.9 電気伝導度 191	300	5.6	8.0	18.6	207
③	SS 5,000	100	6.4	8.4	27.5	236
	COD 82.4	200	6.9	8.4	27.8	245
	pH 9.0 電気伝導度 230	300	3.0	8.1	27.6	244

比較しても、フロック形成や沈降状態に遜色はなかった。

電気伝導度は水質の指標で、河川上流が 10 mS/m、河口で 3,000 mS/m 程度と言われている。

表-2 より、浮遊物質量（以下 SS という）は、全ての原水性状で、凝集剤添加量に関わらず 10mg/l 以下であった。水素イオン濃度（以下 pH という）は、原水 8.7～9.0 が、凝集後 8.0～8.4 と中性に近づいた。化学的酸素要求量（以下 COD という）は原水 11.8～82.4mg/l が、凝集後 7～28mg/l と低下した。同様に電気伝導度も原水 106～230 mS/m が、凝集後 104～245 mS/m となった。

この結果より、建設工事排水への適用の可能性が高まり、工事作業個所でフィールド実験を行うこととした。

### 3. 建設工事現場での検証

#### 3.1 トンネル工事での検証

近畿地方で掘削中のトンネル現場で、本凝集剤の適用性検証試験を実施した。

##### (1) 工事概要

阪和自動車道トンネル工事で、掘削断面 70.3～98.0m<sup>2</sup>、掘削延長 1,305m のタイヤ工法による工事であり、SS は岩石の砂・シルト・粘土分である。

##### (2) 濁水処理設備

検証用濁水処理設備をトンネル坑口に設置し、坑内で発生した工事排水を原水として使用した。処理水は坑外に設置している濁水処理設備でさらに処理を行った。

検証設備の概要を表-3 に、装置の写真を写真-2 に示す。

表-3 濁水処理設備の概要

処理能力	3～8m <sup>3</sup> /hr
処理方法	機械処理沈殿方式
	炭酸ガス中和方式
原水 水質	SS 5,000 mg/l
	pH 8.0～11.0
処理水 水質	SS 25 mg/l
	pH 7.0±1.0
寸法	W2.2m×L1.9m×H1.9m
電気設備容量	2.64 kW
重量	1,300 kg



写真-2 濁水処理設備

本設備は、粉末の凝集剤を添加する機能を有し、炭酸ガスで pH 調整を行う。今回は、炭酸ガスを使用しないで、凝集剤による pH 調整効果を合わせて検証する。

粉末凝集剤の添加装置を写真-3 に、検証状況を写真-4 に示す。



写真-3 粉末凝集剤添加装置



写真-4 検証状況(左が岡本先生)

##### (3) 検証手順

① トンネル坑口で原水を採取し、ビーカーによるジャーテストを行い、凝集剤の最適添加量を決定した。結果は表-4 に示すとおりであった。

表-4 ジャーテスト結果

	原水	添加量 ppm					
		100	200	300	400	450	500
濁度 ppm	940	2	7	2	1	1	1
pH	11.1	10.6	10.4	9.6	8.6	8.7	8.7

上記の結果により、最適な添加量を SS 調整に対して 100ppm、pH 調整に対して 400ppm として、処理水の清澄度を監視しながらさらに添加量を変化させた。

② 濁水処理設備の原水量を 3m<sup>3</sup>/hr と固定し、凝集剤を添加後 0.5～1.5 時間運転を継続して、処理水を測定した。各添加量ごとに同様とした。

検証時の沈降槽と処理水槽の状況を写真-5 に示す。



写真-5 検証時の沈降槽（左）と処理水槽（右）の状況

### (3) 検証結果

検証結果を表-5 に示す。

表-5 実機による検証結果

	原水	0.5 時間後	1 時間後	1.5 時間後
添加量：100 ppm				
濁度 ppm	1,400	13	3	2
pH	11.7	11.2	11.3	11.2
添加量：400 ppm				
濁度 ppm	1,450	1	—	—
pH	12.2	11.1	—	—
添加量：1,400 ppm				
濁度 ppm	1,450	1	1	1
pH	12.2	9.6	9.1	8.8
添加量：1,800 ppm				
濁度 ppm	1,400	1	1	1
pH	11.7	8.8	8.6	8.5

#### ① 添加量 100ppm の場合

凝集剤添加後、0.5 時間後の濁度は 13、1.0 時間後は 2～3 となった。pH は初期値 11.7 から、0.5 時間後には 11.2 へ低下した。

#### ② 添加量 400ppm の場合

凝集剤添加後、0.5 時間後の濁度は 1、pH は 0.5 時間後、12.2 から 11.1 と低下した。濁度の改善効果が確認できたため、③に移行した。

#### ③ 添加量 1,400ppm の場合

100ppm、400ppm とともに、濁度の数値は小さいがフロックの浮遊があるため、1,400ppm の添加量で試みた。

凝集剤添加後、0.5 時間後の濁度は 1、pH は 0.5 時間後 12.2 から 9.6 に、1.5 時間後 8.8 に低下した。

#### ④ 添加量 1,800ppm の場合

凝集剤添加後、0.5 時間後の濁度は 1、pH は 0.5 時間後 11.7 から 8.8 に、1.5 時間後は 8.5 に低下した。

①～④により、凝集剤添加量 100ppm で濁度は 1 桁台となり、1,400ppm では pH が 3 程度低下することが実証された。ただし、ピーカーテストの効果と比較して効果の程度が低いのは、凝集剤添加後の原水攪拌能力が弱いためと考えられ、処理装置の改善の必要性がある。

## 3.2 建築解体工事での検証

3.1 で使用した濁水処理設備と同機種の設備を関東地区の建築解体現場で使用した。この設備では、本凝集剤を使用して工事用水を処理し、処理水を循環使用している。本凝集剤の、凝集効果の確認および重金属類除去の適用性を検証した結果について述べる。

### (1) 工事概要

地上 2 階、地下 1 階、高さ 50m の構造物を解体する工事である。SS は焼却炉の洗浄水である。

### (2) 濁水処理設備

濁水処理は前述の設備を使用した。ただし、原水と凝集剤の攪拌能力を向上させるために、添加後、水中ポンプによる循環攪拌ラインを新たに設けた。濁水処理装置を写真-6 に、新たに設置した攪拌ラインを写真-7 に示す。



写真-6 濁水処理装置



写真-7 循環攪拌ライン

### (3) 検証手順

処理水量 3m<sup>3</sup>/hr, 凝集剤添加量 100ppm の状態で, 設備運転時の凝集効果と重金属の除去を測定する. 測定項目は SS と pH, それ以外に 12 項目の重金属とした.

### (4) 測定結果

原水と処理水の測定結果を表-6に示す.

表-6 測定結果

項目	単位	原水	処理水
SS	mg/l	190	5.5
pH		7.4	6.9
カドミウム	mg/l	0.049	0.013
鉛	mg/l	0.42	<0.01
砒素	mg/l	0.008	<0.005
水銀	mg/l	0.0009	<0.0005
セレン	mg/l	<0.005	<0.005
ホウ素	mg/l	0.14	0.14
フッ素	mg/l	0.74	0.12
銅	mg/l	0.28	<0.002
亜鉛	mg/l	3.6	0.75
クロム	mg/l	0.05	<0.002
鉄	mg/l	1.6	0.08
マンガン	mg/l	0.13	0.12

原水と処理水はそれぞれ, SS は 190mg/l から 5.5mg/l に, pH は 7.4 から 6.9 に低下した. 重金属ではセレン, ホウ素, マンガン以外は, 数値が減少し効果が見られた. 重金属除去のメカニズムは不明であるが, SS に付着した重金属が沈降分離したものと考えられる.

攪拌ラインを増設したことによる効果は, フロックが大きくなったことが確認されたものの, 測定結果には現れなかった.

## 4. 結論

粉末タイプの鉱物系凝集剤の建設工事排水への適用性検証試験を, トンネル掘削工事および建築解体工事中用排水で行った. その結果, 得られた知見を以下に示す.

1) 原水に含まれるSSはそれぞれ, 岩石, 鋼構造物の洗浄水であったが, いずれもSS除去, pH調整に効果があった.

2) 助剤として的高分子系凝集剤が不要で, 1種の凝集剤で効果が得られた.

3) 溶存性の重金属除去については, セレン, ホウ素, マンガンを除く9項目の重金属に対して効果が期待される結果が得られたが, さらなる確認検証が必要である.

4) 以下の条件がそろえば, 本凝集剤の建設工事排水への適用効果は大きいものと考えられる.

- ・処理水量が小規模であること.
- ・強アルカリ水では中和剤と併用すること (本凝集剤を併用することにより, 中和剤の使用量を減少できる).

## 5. 今後の展望

本凝集剤の工事現場での実証では, 既設の粉末凝集剤添加装置付の設備を使用した. そのため, 処理水量が限られ, 処理水量の多い工事現場での実証ができなかった.

今後の本凝集剤の建設工事排水への適用に関する検討事項は, 以下のとおりである.

- 1) 凝集剤添加装置の大型化.
- 2) 凝集攪拌機の改良.
- 3) pH 中和時の炭酸ガス使用量減少の検証.

謝辞: 本凝集剤の研究にあたり, 日本大学理工学部海洋建築工学科の岡本強一専任講師にご指導をいただきました. ここに感謝の意を表します.

## 【参考文献】

- 1) 岡本強一, 堀田健治: 湧昇循環装置と凝集剤を用いた湖沼の水質浄化実験, 平成 16 年度日本大学理工学部学術講演会論文集, pp.692-693, 2004.11.

**Summary** In turbid water treatment technology during construction work, there are many proposals regarding the reduction of the volume of suspended solids, but few proposals regarding flocculants. Consequently, we have focused on a powder type mineral flocculant, which is not a combination of a conventional inorganic flocculant and a polymer flocculating agent.

According to the results of the jar test carried out by an environmental measurement agency in order to determine whether this flocculant can be applied to construction work discharge water, a coagulating sedimentation effect could be confirmed. Furthermore, the proving test of this flocculating agent was carried out at two construction sites, and the results are reported here.

**Key Words:** Flocculant, SS, pH, Device for addition, Heavy Metals