

N-10 鉄・シリカ無機高分子凝集剤の製造と下水処理への適用

北海道大学大学院工学研究科
同上
旭有機材工業株式会社

渡辺義公
小澤源三
○首藤 健

1. はじめに

鉄・シリカ無機高分子凝集剤（PSI）は、安定化を図った重合ケイ酸に鉄塩を導入したもので、水中で多価カチオンとして作用する鉄塩の荷電中和能力と、アニオンポリマーである重合ケイ酸の高い架橋作用とを兼ね備えた凝集剤である。重合ケイ酸の分子量は20万～50万（Dalton）で、通常、重合ケイ酸と鉄のモル比（Si/Fe）が0.5～3程度のものが用いられ、凝集速度や形成フロック粒径が大きく、カオリン等の懸濁質のみならずフミン質等の微コロイドや難凝集性で知られる藻類に対しても高い凝集効果を有することを報告してきた^{1), 2)}。

PSIの主成分である重合ケイ酸は反応性に富み、放置すると重合が進行してゲル化する特性を有しており、その重合速度は重合ケイ酸濃度をはじめとして、pH、温度、共存イオン等により大きく変化する。しかし、PSIの保存性など実用性の観点からは重合の進行を抑制することが望ましく、長谷川らは先に、ナトリウムを除去した水ガラス水溶液を中性～弱アルカリ性で重合した重合ケイ酸を用いた安定で高濃度のPSIの調製方法を報告している³⁾。

本研究では、ナトリウムを除去した水ガラスを原料とし、更にケイ酸の重合の進行を抑制する添加物を検討してPSIの保存安定性の向上を試みた。また、PSIの処理効果を、下水処理場流入都市下水を対象に噴流攪拌式固液分離装置（JMS）を用いて検討した。

2. 安定なPSIの製造

2. 1 重合進行抑制剤の探索

ケイ酸の重合は、解離した重合ケイ酸の縮重合反応で進行すると考えられている。そこで、溶媒の極性を低下することで解離している重合ケイ酸の活性を下げることを試みた。具体的には、酸性重合ケイ酸に水溶性で極性の低い物質を添加し、時間経過ごとの極限粘度数を測定してその効果を評価した。

添加物としては、エタノール、エチレングリコール、スターチを検討した。表-1は、重合ケイ酸にこれらの物質を添加した際の極限粘度数の経時変化およびゲル化に要した時間である。エタノールとエチレングリコールはゲル化時間を遅延し、極限粘度数の増加を抑制することが認められた。

表-1 安定剤の探索結果

添加物	添加量 %	極限粘度の経過時間変化					ゲル化時間 h r
		0hr	19hr	67hr	115hr	139hr	
ブランク	—	0.22	0.05	0.17	0.33	—	1 3 9
エタノール	1 0	0.11	0.12	0.15	0.18	0.20	2 8 8
エタノール	3 0	0.18	0.19	0.20	0.22	0.23	4 3 2
エチレングリコール	1 0	0.09	0.11	0.13	0.17	0.17	2 1 6
スターチ	1 0	0.03	0.06	—	—	—	5 4

※重合シリカのSi濃度 2. 2% 温度30℃

2. 2 安定化処理したPSIの保存性

ナトリウムを60%除去した水ガラスを原料としてPSIを製造し、エタノールを10%添加した場合のPSIの極限粘度数の経時変化を図-1に示す。ナトリウム除去した水ガラスとエタノールの併用により、極限粘度数の上昇は著しく抑制され、貯蔵安定性に優れたPSIが調整可能なことが分かる。

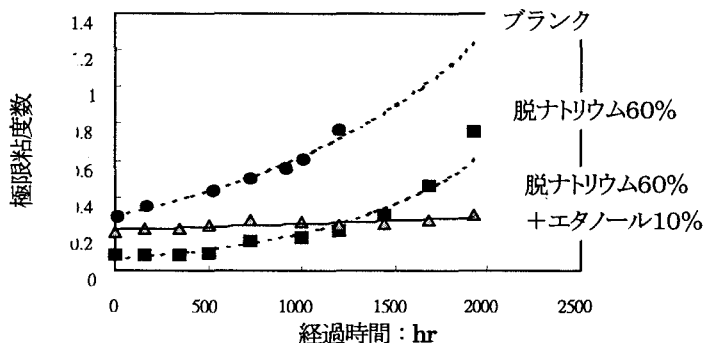


図-1 脱ナトリウム処理とエタノールの添加によるPSIの保存性

3. 下水処理の適用

3. 1 ジャーテストによる処理効果の検討

既存の凝集剤とPSIの性能を比較するために3種類の凝集剤を用いたジャーテストを行った。急速攪拌(150rpm)5分、緩速攪拌(30rpm)20分、静置30分の後、上澄水を採取し、濁度、TOC、全リンを測定した結果を図-2に示す。図中PSIの末尾の数はケイ酸と鉄のモル比を表す。

図-2より、都市下水の凝集においてPSIが既存の凝集剤と比較して優れた処理性を有することが確認された。

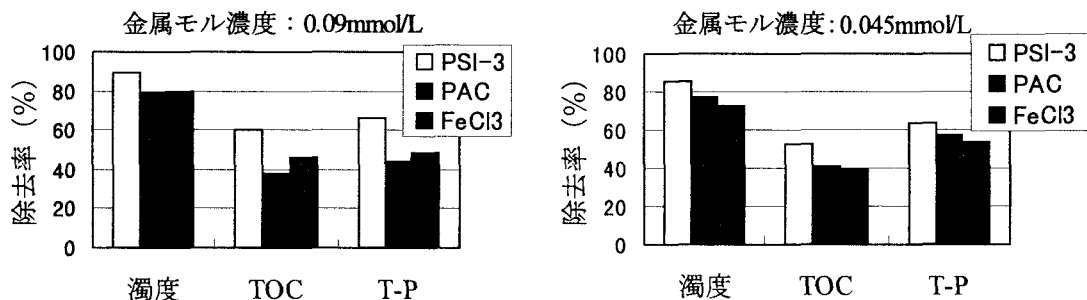


図-2 各種凝集剤の性能比較

3. 2 PSIとJMSによる下水処理試験

JMSは、高効率・省エネルギーの凝集沈澱処理装置であることが確認されている^{4), 5), 6)}。JMSの概要を図-3に示す。本研究で使用したJMSは、長さ250 cm、幅91 cm、深さ133 cmの長方形水槽で槽底部に集泥部を有し、槽内には上流側より20 cm間隔で4段の多孔板が設置されており、槽の後半部には傾斜管が設置されている。多孔板は板の片側のみが開口しており、開口が左右交互になるように設置されているため流路は迂回流となる。そして汚水が多孔板を通過する際、開口によって流路断面積が制限されるため流速が

増すと共に乱流が生じ、水平方向に渦となって水路中に攪拌を起こす。この作用によって JMS は懸濁粒子のフロック形成と沈殿を同時に行うことが可能となる。

原水は S 下水処理場の沈砂池流出水を用い、PSIは急速混和槽の原水流入部に添加し、攪拌機により急速混和を行った。急速混和された原水はJMS本体に流入され、フロック形成と固液分離処理された後、後半部の傾斜管装置を経て処理水として流出する。

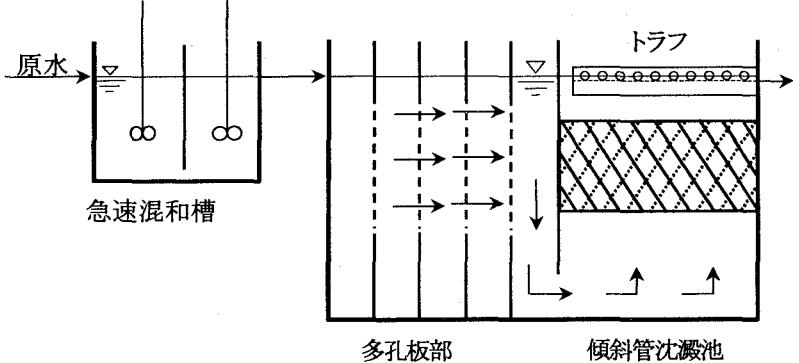


図-3 JMSの概要

PSIとJMSおよびポリ塩化アルミニウム（PSI）とPACの組合せによる下水処理実験を行った。PACの注入率を10mg-Al/L（0.37mmol/L）、PSIの注入率を10mg-Fe/L（0.18mmol/L）として1週間運転した際の、JMS入口および出口の平均の水質を表-2に示す。

金属モル濃度換算では、PSIはPACの1/2の注入率であるにもかかわらず、濁度やT-Pは、ほぼ同程度以上の除去率を示している。また、特にDOCに着目するとPACと比較して大幅な処理の改善が認められ、PSIとJMSを組み合わせた本システムの有効性が確認された。

表-2 凝集剤の相違によるJMSの処理効果

		濁 度	DOC	T-P
PSI	JMS入口	167	47	3.6
	JMS出口	3.3	20	0.2
	除去率	0.98	0.57	0.94
PAC	JMS入口	224	51	3.6
	JMS出口	8.2	41	0.1
	除去率	0.96	0.20	0.97

【引用文献】

- 1) Hasegawa, T. et al.: Characteristics of Metal-Polysilicate Coagulants, Wat. Sci. Tech.23, Kyoto 1991, pp.1713-1722
- 2) Hashimoto, K. et al.: Separation of Microcystis sp. by Polysilica-iron Coagulant, Proc. of 6th Korea/Japan Symposium On Water Environment, 1997, pp.129-136
- 3) 長谷川孝雄ほか、新しい無機高分子凝集剤の研究(Ⅳ)ー有効成分の向上と保存安定性の改善一、第43回全国水道研究発表会講演集、1992、163-165
- 4) Watanabe, Y., Iwasaki, Y.: Performance of Hybrid Small Wastewater Treatment System Consisting of Jet Mixed Separator and Rotating Biological Contactors, Wat. Sci. Tech., 35(6)(1997)63-70
- 5) Watanabe, Y., et al.: Theory and Performance of a Jet Mixed Separator, J. Water SRT-Aqua 39(6)(1990)387-395
- 6) Watanabe, Y., et al.: Enhanced Flocculation/sedimentation Process by a Jet Mixed Separator, Proc. of IAWQ/IWSA Joint Specialist Group on Particle Separation Workshop, Sapporo 1997, pp.57-70