

1. はじめに

汚水排除と雨水排水を同時に行う合流式下水道は、図1に示す通り降雨時に市街地の汚濁成分を排除する効果がある半面、一定量を超える雨天時下水は、雨水吐や雨水ポンプ場から越流水として汚濁成分の一部が公共用水域へ放流される問題がある。

この対策として、各種改善策が提案され、すでに遮集倍率の増強、処理を平滑化する貯留池やSSの分離効率を高めたスワール分水槽の設置などが実施されている。これらに加えてポンプ場、下水処理場および貯留池などにおいて雨天時下水を高速に、二次処理水に近い水質まで処理できるコンパクトな設備が開発されれば、合流改善事業は一層促進される。

高速処理方式としてはスクリーン法、凝集沈殿・ろ過法、磁気分離法などが研究されている。本研究は、特に高級な水質が高速で得られる磁気分離法についてその実用化研究を行ったものである。

磁気分離法はAllen¹⁾によって、下水への適用研究がなされている。この方法は鉄粉等の磁性粒子を含む排水の処理に適しているが、非磁性の粒子やコロイドを含む下水でも、凝集剤と強磁性の四三酸化鉄粉末を添加して磁性フロックを形成させることにより処理が可能となる。本方法の特長は高速処理が可能である点とSS、リン、大腸菌群等の除去率が高い点である。

筆者らは、磁気分離法を雨天時下水処理に適用するため、凝集混和装置とフロック形成装置を組み合わせた磁気分離装置を考案し、処理水量1,000m³/日の実証プラントを建設し、3ヶ月間に渡り、雨天時の下水処理運転を行った。その結果、高速でかつ安定した処理結果を得たので報告する。

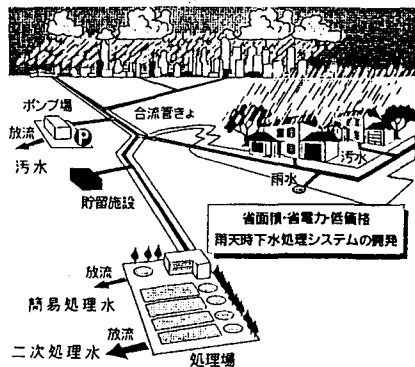


図1 背景

2. 磁気分離法の原理とシステム

図2に磁気分離法の原理、図3に磁気分離法を雨天時下水処理に適用したシステムを示す。原水はスクリーン設備を通過後、鉄粉（四三酸化鉄の粉末）と硫酸バン土を添加し、凝集混和設備で数分間強攪拌後、フロック強度を高めるためポリマを添加し、磁性フロック化して磁気分離設備に通水される。磁気分離設備では、磁性フロックは磁気力により磁極へ捕捉され、処理水と磁性フロックに分離される。

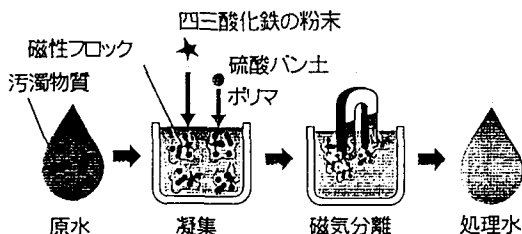


図2 磁気分離法の原理

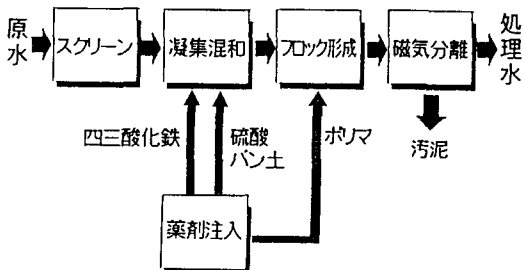


図3 磁気分離法のシステム

3. 実証プラントの運転結果

3.1 実証プラント概要

処理水量1,000m³/日の実証プラントを、S処理場に設置し運転を実施した。図4に実証プラントフローシート、表1に運転条件を示す。原水は余剰汚泥が投入される前の最初沈殿池流入渠より取水し、目開き1mmのスクリーンでスクリーンかすを除去して使用した。原水に鉄粉と硫酸バン土を注入し急速搅拌槽で混合した後、ポリマを注入しフロキュレーション槽でフロックを形成する。形成したフロックは磁気分離装置によって分離され、処理水は放流される。分離したフロックは汚泥として貯留される。

実証プラントに用いた磁気分離装置の構造を図5に示す。磁気分離装置は、磁性フロックを捕捉するための低速回転する磁気ディスクと、磁気ディスクに付着した汚泥を連続的に水中部で掻き取り、上部の汚泥ピットまで運ぶベルト形スクレーバで構成されている。磁性フロックは、4,600ガウスの残留磁束密度を持った磁気ディスクに捕捉され、磁気ディスクとの接触時間はわずか10秒前後である。

磁気分離装置の滞留時間は、表1に示す通り4分10秒（急速搅拌槽3分、フロキュレーション槽1分、磁気分離10秒）であり、標準活性汚泥法の滞留時間10時間（最初沈殿池1.5時間、エアレーションタンク6時間、最終沈殿池2.5時間）と比較すると驚異的に短い時間で処理が可能である。

3.2 雨天時運転結果

平成5年9月から11月にかけて雨天時に8回に渡って、実証プラントを雨の降り出した日の午前10:00から雨がやむまで運転を行い、SSは30分毎、BOD、CODなどは、4時間毎に分析した。その結果を表2に示す。BOD、COD、T-P除去率は80%以上、SS除去率は90%以上である。T-P除去率が80%と高いのは、硫酸バン土とリン酸が反応しリン酸アルミニウムとなり、これが磁性フロックの一部となり分離されるためである。

SSの経時変化の一例を図6に示す。本図より原水SS濃度が3～4倍変動しても処理水SSは安定して

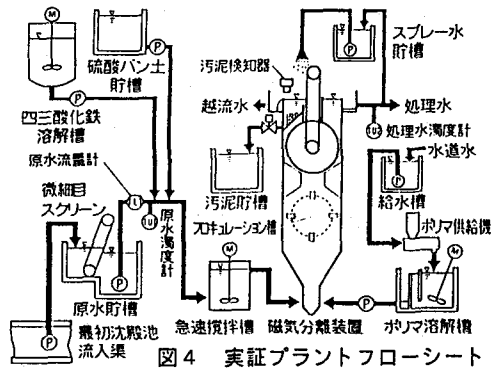


図4 実証プラントフローシート

表1 運転条件

処理量		1000 m ³ /日
運転条件	急速搅拌	3分
	フロキュレーション	1分
	磁気分離	10秒(8640 m ³ /日)
薬注条件	四三酸化鉄	SSに対し 30%
	硫酸バン土	5~7 mgAL/L
	ポリマ	1mg/L

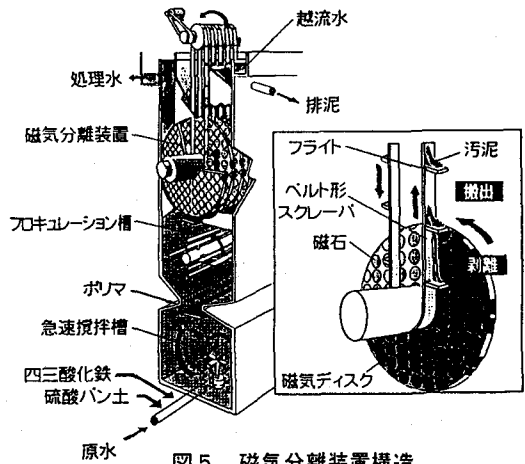


図5 磁気分離装置構造

表2 雨天時下水の処理性能

分析項目	原水	処理水	除去率(%)
SS (mg/l)	278~466	7~19	93~98
BOD (mg/l)	80.2~261	9.3~25.4	85~93
COD (mg/l)	82~140	7.9~21.0	82~92
pH	6.57~6.84	6.12~7.00	—
T-P (mg/l)	179~5.42	0.14~0.35	89~94
透視度(cm)	2.8~5.0	23.9~31.5	—
色度(度)	25~56	8~22	45~82

処理できることがわかる。分離した汚泥の脱水試験結果を図7に示す。汚泥濃度は10,000~20,000mg/ℓであり、脱水ケーキ含水率は70~73%で、下水の混合汚泥と同程度の含水率を得ることができた。

以上の結果より、磁気分離法を適用した雨天時下水処理装置によって、短時間で下水二次処理水と同程度の処理水質が得られることが確認できた。さらに、富栄養化の原因の一つであるリンの除去に優れていることが確認できた。

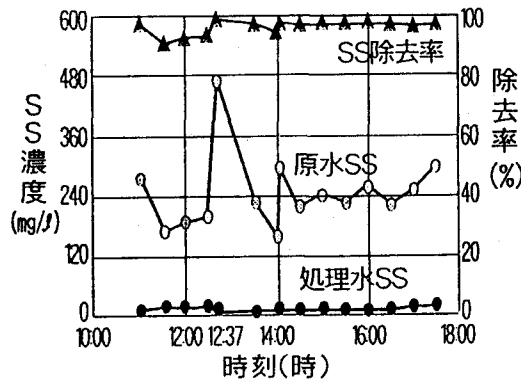


図6 SSの経時変化の一例

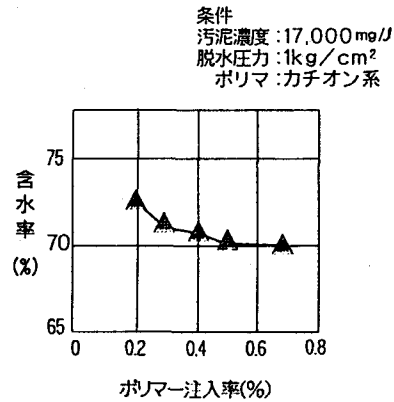


図7 脱水性能

4. 技術比較

雨天時下水の高速処理方式としてスクリーン法、凝集沈殿・ろ過法が検討されており、表3に各処理方式と磁気分離法との比較を示す。なお、参考として最初沈殿池、エアレーションタンク、最終沈殿池から成る標準活性汚泥法との比較も記載した。磁気分離法は他処理法に比べ、設置面積、設備動力とも大幅な省スペース、省電力を図ることができ、処理性能も優れているが、鉄粉を使用する必要があるためランニングコストが若干高くなる。しかし、雨天時の処理を考えると東京都の平均年間降雨時間は680時間（約28日間）程度であり、稼働頻度を考慮すると大きなデメリットとはならない。以上より、磁気分離法は、敷地に余裕のない新たに雨天時下水処理施設を設置する必要のある都市の処理場では最適な方法であると考えられる。

表3 雨天時下水処理システム比較

方式 項目	スクリーン法	凝沈ろ過法	磁気分離法	標準 活性汚泥法 (参考)
SS除去率	80	84	90	95
設置面積比	8	5	1	50
設備動力比	2	3	1	4
ランニングコスト比	0.4	0.6	1	0.7

5. おわりに

合流式下水道の改善方法として、遮集倍率の増強や雨水貯留池、あるいはスワール分水槽の設置などが実施されているが、さらに効率的な雨天時下水の処理技術の早期開発が望まれている。磁気分離法は、コンパクトで高速の処理ができることから雨天時下水処理に期待できる技術であるといえる。また、下水処理のみでなく、湖沼のSS・リン除去やポンプ場などの場内用水製造などにも十分適用が可能なものと考えられる。

最後に本研究に協力頂いた関係各位に感謝の意を表します。

6. 参考文献

- 1) Allen, D.M, Sargent, R.L. & Oberteuffer, J.A. : EPA/600/14 (1978)
- 2) Allen, D.M. : EPA-600/2-78-209 (1979)