

〈研究発表〉

水処理施設におけるスカム堆積抑制の取り組み

小 高 勇¹⁾, 三 牧 大 朗²⁾, 清 水 雅 之³⁾, 中 村 光⁴⁾¹⁾ 東京都下水道サービス(株) 技術部技術開発課
(〒100-0004 東京都千代田区大手町 2-1-1 E-mail: isamu-kotaka@tgs-sw.co.jp)²⁾ 東京都下水道局 東部第一下水道事務所 砂町水再生センター
(〒136-0075 東京都江東区新砂 3-9-1 mail: Tarou_Mimaki@member.metro.tokyo.jp)³⁾ イービストレード(株) 環境事業部
(〒101-0046 東京都千代田区神田多町 2-1 E-mail: m.shimizu@ebistrade.com)⁴⁾ エビスマリン(株) 開発部
(〒850-0057 長崎県長崎市大黒町 9-22 E-mail: nakamura@ebismarine.com)

概 要

汚水に多量の油分を含む下水処理区ではスカムが大量に発生し、その収集・除去は既設の設備では不十分であり、人力で対応をしているのが現状である。スカムは水路上の流れのない水域で堆積・成長することから、水路上に一定の流速を与えることで堆積を抑制できると考える。本取り組みは、湖沼等の水質浄化で実用されている「ジェットストリーマー技術」を用いた導水式無閉塞水流発生装置を水処理施設に適用させたスカム堆積抑制の取り組みを報告するものである。

キーワード：水処理、スカム、水流、堆積抑制

原稿受付 2019.6.28

EICA: 24(2・3) 66-69

1. 概 要

1.1 はじめに

東京都墨田区、江東区の大部分を下水処理区にもつ砂町水再生センターでは、汚水中に多くの油分が含まれ、浮上性の高いスカムが大量発生しており、特に最初沈殿池及び導水渠では、既存のスカム収集設備の処理能力を越え、スカムが発生、堆積している状況である。堆積したスカムは、人力による掻き寄せ作業やバキューム車による吸引、搬出する他なく対応に苦慮している。また、硫化水素等臭気が発生するため、作業環境の悪化や躯体の劣化等、様々な問題を引き起こしており、スカムを堆積させないことが課題である。

1.2 堆積抑制の検討

(1) 流速とスカム堆積

伏越し施設の清掃履歴を基に統計分析した過去の調査によれば、晴天時の伏越し管内流速の平均値は、スカム生成人孔で 5 cm/sec、スカム非生成人孔で 13 cm/sec であった。晴天時において 10 cm/sec 程度の流速が確保されていればスカムは生成しない可能性があることを示唆している。

(2) 浮上速度とスカム堆積

スカムの堆積は、水中に溶け込んだ油分等の浮上する速度が流速を上回る場合にスカムが重なり、堆積していくことが考えられる。

過去の研究によれば、カラムを用いて計測した油脂スカムの浮上速度は、粒子の短径が大きくなるに従い速くなる傾向がみられ、研究で得られた浮上速度は 0.6~9.5 cm/sec の範囲としている。

これらの過去の知見より、スカムが水面に浮上する速度を上回る 10 cm/sec 程度の流速を与えることにより、スカムの堆積は抑制できると考えられる。

1.3 適用技術について

(1) 適用技術

流速を発生させる機器として攪拌器のスクリーやジェットスプレー等が考えられるが、下水処理施設内の水路や沈殿池を考慮した場合、スクリー機器では閉塞の恐れが有り適していない。また、ジェットスプレー等では効果範囲が限定され厚みを帯びた強固なスカムの質量に対して不十分である。ここで、湖沼や河川等の閉鎖性水域の水質改善で使われている無閉塞導水式水流発生装置をスカム堆積の課題解決に適用できるか取り組んだ。

(2) 無閉塞導水式水流発生装置の原理

無閉塞導水式水流発生装置(以下、「水流発生装置」という)は、圧力水(Q1)を整流筒内部のノズルから吐出させることで、整流筒周囲の水(Q2, Q3)を吸引随伴、圧力水の数倍もの水(Q1+Q2+Q3)を直進させる「ジェットストリーマー技術」を利用した既存技術である。また、スクリー等の回転部分がないの

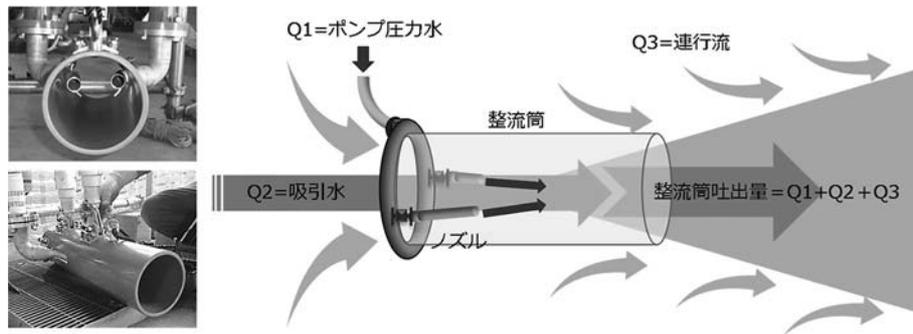


Fig. 1 ジェットストリーマー技術

で閉塞しづらい構造となっている。(Fig. 1)

2. 水流発生装置の仕様検討

2.1 前提条件

水流発生装置の設置を想定している下水処理施設の導水渠は、ほとんど開口部のない暗渠となっていることから、①現場の設置開口条件に適合する外形であり、移設や撤去が容易であること、②整流筒出口流速と水流増幅率が高い仕様であることを前提条件とした。

- ・ 水流増幅率 = 整流筒出口流量 / ポンプ吐出量
- ・ 整流筒出口流量 = 整流筒出口平均流速 × 整流筒内径面積

2.2 シミュレーション解析

水流発生装置は、主に水中ポンプ、水流発生部（ノズル、整流筒）、配管、制御盤等で構成されている。水中ポンプの吐出量と整流筒の形状、内部にあるノズルの角度によって、流速や水流増幅率が変化する。そのため、最適な仕様を検討するにあたり、複数の組み合わせパターンをシミュレーション解析により絞り込んだ。

(1) 解析条件

2次元領域での解析を行い、整流筒出口 2.0 m 付近の平均流速から出口流量を求め、水流増幅率を計算し比較する。解析にあたっては、これまでの知見より解析する形状の条件を設定し検討を行う。(Table 1) (Fig. 2)

(2) シミュレーション結果

複数パターンのシミュレーション結果から次の傾向を得られた。水流増幅率は、整流筒径の断面積や筒出口の流速に比例するため、特に整流筒径は強い相関を示しデータ群を構成した。また、整流筒長も筒径に対する比が大きいくほど水流増幅率が高くなる傾向を示した。(Fig. 3)

その他、ノズル角度は、小さいほど水流増幅率はやや高くなる傾向を示したが、ノズル角度が小さいと、ノズル配管が筒内に入る構造となり筒の断面積が変わ

Table 1 水流発生装置の解析条件

項目	単位	解析条件				
		28				
ノズル口径	mm	28				
ノズル角度: θ	度	5	10	15	20	—
整流筒径: D	mm	150	200	—	—	—
整流筒長: L	mm	500	600	700	750	850
ポンプ吐出量	(m^3/min)	0.6	0.9	1.2	—	—

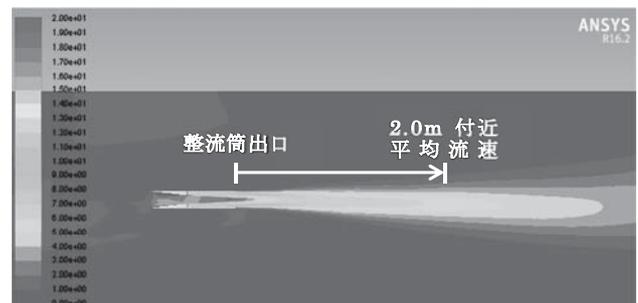


Fig. 2 シミュレーション解析例

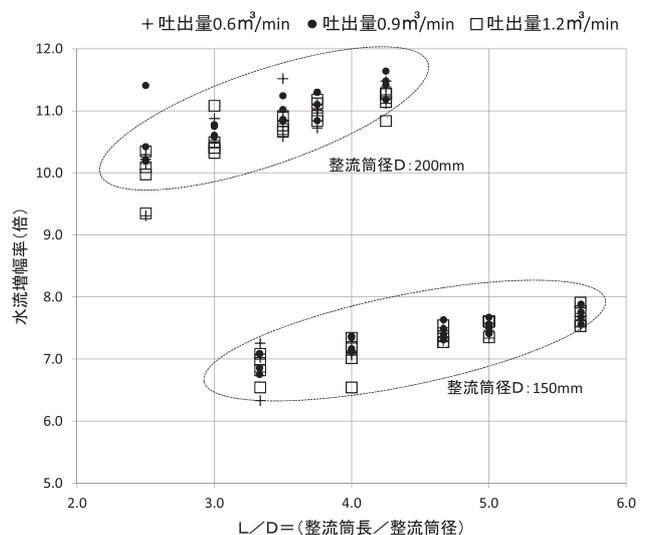


Fig. 3 整流筒形と増幅率の関係

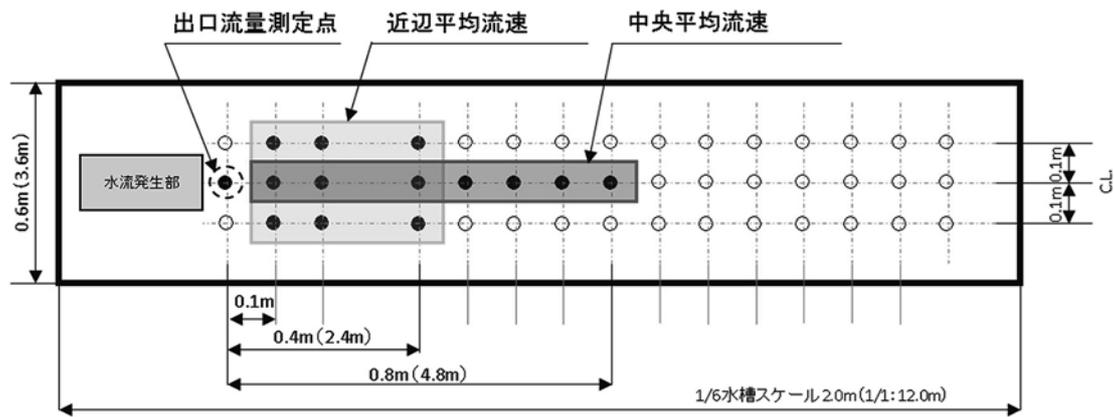


Fig. 4 スケール実験の測定点

るため、導水効果が減退しないよう考慮する必要がある。

2.3 スケール実験

整流筒出口の平均流速だけでなく、前方方向の流速分布を把握し整流筒の仕様を選定するため、設置を想定している導水渠（概ね水路幅 W : 3.6 m, 水路長 H : 12.0 m, 水路深 D : 2.6 m）の 1/6 スケール相当の実験水槽 (W : 0.6 m, H : 2.0 m, D : 0.43 m) とシミュレーション結果で得た流速・増幅率の高い複数パターンの整流筒形状の縮小模型を製作し、水槽内でスケール実験を実施した。

(1) 測定条件

測定点は、実スケールに換算した整流筒前方の 0~2.4 m の側面も含めた近辺平均流速と壁面からの反射流を考慮し、整流筒前方 4.8 m までの中心に沿って中央平均流速を測定した。

実験で使用した整流筒の仕様は、前提条件にある現場の設置開口条件、移設や撤去の容易性を考慮し整流筒長 $L=600$ mm 以下とした。

また、シミュレーション結果から、整流筒径 $D=150$ mm, 200 mm とノズル角度 $\theta=5^\circ$, 10° を組み合わせた 4 パターンとし、ポンプ能力は吐出量 $0.8 \text{ m}^3/\text{min}$ を基本として実施した。(Fig. 4)

(2) スケール実験結果

水槽内のスケール実験結果は、流速測定値 (1/6 スケール) を 1/1 スケール相当の流速に換算する必要があるが、1/N スケールにおける流速測定値 U_N は、1/1 スケールにおける流速換算値 U_0 について、浅水流方程式におけるフルード相似則より関係式 $U_0 = \sqrt{N} \times U_N$ より、流速測定値に $\sqrt{6}$ 倍したものを 1/1 スケール換算値として結果確認を行った。(以降の掲載結果は全て 1/1 スケール換算値である。)

スケール実験からは、ノズル角度 $\theta=5^\circ$ 、整流筒径 $D=150$ mm の整流筒の近辺及び中央平均流速が最も高く、ノズル角度 $\theta=10^\circ$ 、整流筒径 $D=200$ mm の整

Table 2 測定点における平均流速

ノズル角度: θ (度)	$\theta=5$		$\theta=10$	
整流筒径: D (mm)	150	200	150	200
近辺平均流速 (cm/sec)	53.7	45.0	46.8	40.5
中央平均流速 (cm/sec)	88.7	68.8	87.6	63.1
水流増幅率 (倍)	4.0	5.7	3.7	7.1

流筒の水流増幅率が最も高い結果が得られた。

流速と増幅率はトレードオフの関係にあるため設置予定の導水渠を考慮した場合、流動の効果範囲が広いノズル角度 $\theta=5^\circ$ 、整流筒径 $D=150$ mm の形状を選定した。(Table 2)

3. 実証試験

3.1 現地での設置

(1) 設置方法

先に述べた通り、水流発生装置は主に水中ポンプ、配管、水流発生部、制御盤から構成されている。設備機器の洗浄や冷却に使用される処理水配管との直結は、用水の取り合いとなり設備に影響を与える懸念もあることから、水中ポンプは、近辺の沈殿池からの取水とし、沈殿池の既設開口部 ($W950$ mm \times $H500$ mm) のフレームを改造して吊り下げ設置とした。水流発生部においても同様に既設開口部 ($W900$ mm \times $H600$ mm) に吊り下げ設置とした。(Fig. 5)

(2) 機器仕様

水中ポンプについては、配管の取り回し、全揚程等を考慮して、標準的なポンプ 3.7 kW, 7.5 kW を用意

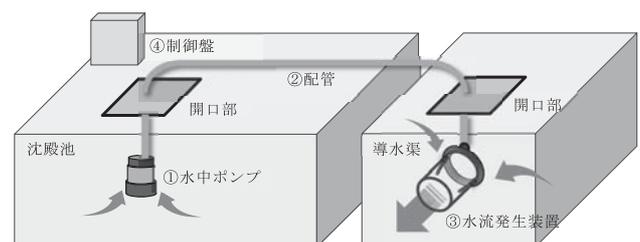


Fig. 5 システム構成

した。また、水流発生装置の仕様検討から、整流筒径 $D=150\text{ mm}$ × 筒長 $L=600\text{ mm}$ 、ノズル角度 $\theta=5^\circ$ で試験を行った。

3.2 実証試験結果

(1) スカム堆積の抑制効果

7.5 kW ポンプを使用した際に水流発生装置より確認可能な前方約 9 m 地点におけるスカム堆積の抑制を確認した。その際の水面流速は 15 cm/sec であった。水流発生装置を停止させた際は、短期間で厚み 30~40 cm のスカムが堆積することを確認した。また、既設のスカム収集設備によるスカム回収量の増加がみられた。今回の試験では約 6 か月間の連続運転を実施したが装置の劣化・損傷・閉塞等はなかった。

(2) 消費電力の抑制

スカム堆積を抑制するのは水流発生装置の連続運転が望ましいが、省エネの観点から間欠運転を検討した。当該下水道施設の導水渠においては、7.5 kW のポンプを用いて 2 時間運転し 4 時間停止させる間欠運転であってもスカムの抑制効果を確認した。

3.3 検討課題

(1) 観測手段の検討

設置場所は、開口部が少ない暗渠となることから、

水路全体のスカム堆積及び抑制状況を常時観測することが困難であった。スポットで定点カメラを設置したが、防爆仕様の機器であっても、硫化水素や湿気といった下水特有の環境下においては、耐久性、機能性が不十分であった。実態に合わせた最適なシステムとするためにも観測手段を検討する必要がある。

(2) 処理影響の検討

スカム堆積を抑制したことによる後段処理への影響について、今回の実証試験期間中の水質は良好であり、試験前後での処理水質への影響は確認されなかった。既設のスカム収集設備によるスカム回収量の増加がみられたが、気象状況や設備の稼働状況等、様々な要因がある中で、長期的なスパンで後段処理への影響を注視していく必要がある。

参考文献

- 1) 三牧大朗：水処理施設におけるスカムの破壊・堆積防止対策 (2018)
- 2) 佐々木司, 近藤浩毅, 長井洋一郎, 花原朋廣：伏越し施設におけるスカム生成・破壊条件の実態調査 (2011)
- 3) 山崎武志, 中村永秀, 吉本英幸, 目黒享, 古米弘明：雨水滞水池による油脂スカムの除去に関する研究 (2005)

[特許：特願 2017-134245]