

扁平ノズル型モニタリング装置を用いた養豚污水处理施設における 活性汚泥物質濃度の自動測定

田中康男¹、中野貞雄²

¹一般財団法人畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所、福島県西白河郡 961-8061

²中野企画、埼玉県朝霞市 351-0012

要約 活性汚泥法の養豚污水浄化施設では曝気槽の活性汚泥浮遊物質 (MLSS) 濃度の調整が重要である。しかし、管理者による適正調整は困難なのが実情である。この状況改善のため、MLSS 濃度をモニタし、汚泥引抜ポンプを自動制御するシステムが開発され、その中核となる MLSS モニタが提案されている。このモニタでは、曝気液を円筒ノズルから自由落下させ、落下水柱の左右に透過型光電センサの照射および受光ヘッドを配置し、透過光量の減衰率を計測する。しかし、このモニタ方式では落下水柱の断面が円形のため透過光通過時の屈折が不可避であった。このため、MLSS と透過光量の関係が複雑になり、単一式では近似できないという問題点があった。これを改善するため、ノズル断面を長方形にすることで落下流水を帯状化し、レンズ効果が発現しないようにした。この結果、MLSS 濃度約 1,000~10,000 mg/L において、光量と MLSS 濃度との関係が単一の累乗関数で表せるようになった。さらに、発光強度を低下させセンサヘッド間の距離を広げることで、約 50~1,000 mg/L の低濃度域でも 2 次関数で近似できた。よって処理水 SS 濃度が排水基準以下であることの確認用としても利用可能性がある。

キーワード：養豚污水、活性汚泥法、MLSS 濃度、モニタリング装置、扁平ノズル

受領日：03.07.2023. 受理日：02.08.2023.

日本畜産環境学会会誌

緒 言

養豚污水浄化施設の多くでは活性汚泥法が採用されている。活性汚泥法では、微生物増殖に伴い活性汚泥浮遊物質 (MLSS) 濃度が常に増加する。このため、浄化施設の管理では、MLSS 濃度を把握し、その濃度が一定以上に上昇した際には引抜用ポンプを作動させ汚泥濃度を適正值まで下げる作業が不可欠である。しかし、引抜きが適切に行われずに汚泥濃度が過大になり、処理水質が悪化するケースが多いのが実情である。

この現状を改善するには、MLSS 濃度を自動測定し、測定値に基づいて汚泥引抜を自動制御するシステムの実用化が望まれる。田中らは内径 8 mm のノズルから測定液を流下させ、その落下流水の左右対称位置に配置したセンサで測定液の濃度を測定する手法を開発している [2][3]。さらに、この手法にエリア型ファイバ方式のデジタル LED センサを組み込んで、曝気液の MLSS 濃度をモニタする計器が開発され [4]、そのモニタを中核とした曝気槽活性汚泥濃度の自動制御システムの実証も行われている [5]。

扁平ノズル型 MLSS モニタ

しかし、開発されたモニタは落下流水の断面が円形のために流水が透過光に対してレンズ的な影響を及ぼし MLSS 濃度と透過光量の関係が複雑になる。このため、広範囲の MLSS 濃度を単一の関係式で表すことができず、また計測濃度範囲の上限が十分ではないという欠点があった。

上記の問題点を改善するため、流下ノズルの断面を長方形にして、落下流水を帯状とし、帯の長辺に垂直に投光するように改良した。本報では、この改良型装置（以下扁平ノズル型 MLSS モニタと呼ぶ）の性能検証結果を報告する。

材料および方法

1) 曝気液試料

試験用曝気液は2カ所の養豚農場污水处理施設（表1）の曝気槽から採取し、プラスチック容器中で約1日静置後に上澄水を除去して濃縮した。この濃縮液を水道水で段階的に希釈しながら、各希釈段階での MLSS モニタ表示値の記録と MLSS 濃度の実測を行った。

曝気液の採取場所、採取日および試験日は以下のとおりである。福島県中通り南部の中山間地に立地する SF 農場では、高濃度試験用に2022年9月27日、低濃度試験用に2022年10月11日にそれぞれ採取した。高濃度試験を2022年9月29日、低濃度試験を2022年10月12日に実施した。

また栃木県中央部の平地に立地する TY 農場

で2022年10月5日に曝気液を採取し、高濃度試験を2022年10月6日に、低濃度試験を2022年10月7日に実施した。

MLSS 濃度の測定は、下水試験方法[1]によりガラス繊維ろ紙法で測定した。ろ紙にはワットマン GF/B を使用した。

2) MLSS モニタ

エリア型ファイバセンサ（パナソニックデバイス SUNX 株式会社製 FT-A11 センサヘッド（光軸径 2.2×11mm））を搭載した装置を使用した。投光ヘッドと受光ヘッドの間隔は高濃度試験の場合 18 cm、低濃度試験の場合 32cm とした。専用アンプには FX-505-C2 型を使用した。アンプの設定は、応答時間設定 HyPr、ヒステリシス設定 HySH-03、シフト設定 SHFtd19t（入光量表示）、投光パワーは MLSS が高濃度域の場合 Pct1 H-P（高パワー）、低濃度域の場合 Pct1 L-P（低パワー）とした。試料非流下時の表示値は高パワーの設定では 9,999 であったが、低パワーの設定では 4,811 であった。また、低パワーで水道水を流下させた場合の表示値は 1,225 であった。

ノズル下端開口部の内寸は 5.5×16.5 mm とした。照射光と断面長辺が直交するようにノズル取付け方向を調整した。これにより、照射光は 5.5 mm 厚の落下流水を透過することになる。試料水はバケツに投入し、バケツ内の小型水中ポンプでモニタ上部に設置したホッパに揚水し、ノズルを自然流下させた。ノズルから落下

表 1. 曝気液採取農場の概要

農場名略称	飼養規模・経営形態	汚水の前処理	汚水浄化施設
SF 農場	肥育豚換算 2,000 頭、一貫経営	肥育豚舎はスクレーパ式ふん尿分離。汚水と余剰汚泥を混合後に凝集脱水機で固液分離し、分離液を浄化施設の曝気槽に投入。	連続式活性汚泥法曝気槽に外付け膜分離施設を後付した膜分離活性汚泥法
TY 農場	肥育豚換算 800 頭、一貫経営	肥育豚舎はスクレーパ式ふん尿分離。汚水と余剰汚泥を混合後に凝集脱水機で固液分離し、分離液を浄化施設の曝気槽に投入。	循環式硝化脱窒法式曝気槽に外付け膜分離施設を後付した膜分離活性汚泥法

扁平ノズル型 MLSS モニタ

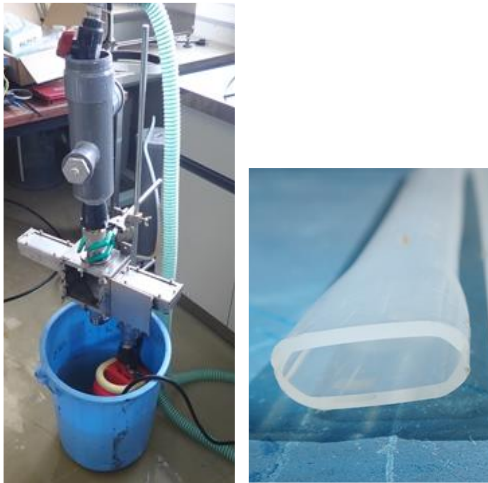


図1. MLSSモニタ外観とノズルの開口端

した試料水はバケツに戻し再揚水して循環させた(図1)。

結果および考察

図2に高濃度域におけるセンサ表示値とMLSS濃度実測値の関係を示した。

MLSS濃度1,000~11,000 mg/Lの範囲で二農場とも決定係数0.97の良好な累乗近似を示した。農場間で回帰式に差が生じたのは、MLSS成分の粒径分布が農場によって異なり、同じMLSS濃度であっても光透過特性が異なるためと考えられる。したがって、本装置はMLSS濃度の絶対値測定用ではなく、各農場内での相対的な濃度変化のモニタリングに用いるのが適切と考えられる。なお、MLSSは膜分離法でない場合は3,000~8,000 mg/L程度、膜分離法の場合6,000~12,000 mg/L程度に維持することから、今回得られた単一の近似式でほぼ対応可能といえる。

MLSSが1,000 mg/L未満になると、透過光強度が受光上限を超える飽和状態になり測定不能になった。そこで、センサの発光強度を「高」から「低」に変更し、さらにヘッド間距離を広げたところ、低濃度域での測定が可能になった。図3にMLSS濃度約50~1,100 mg/Lの範囲にお

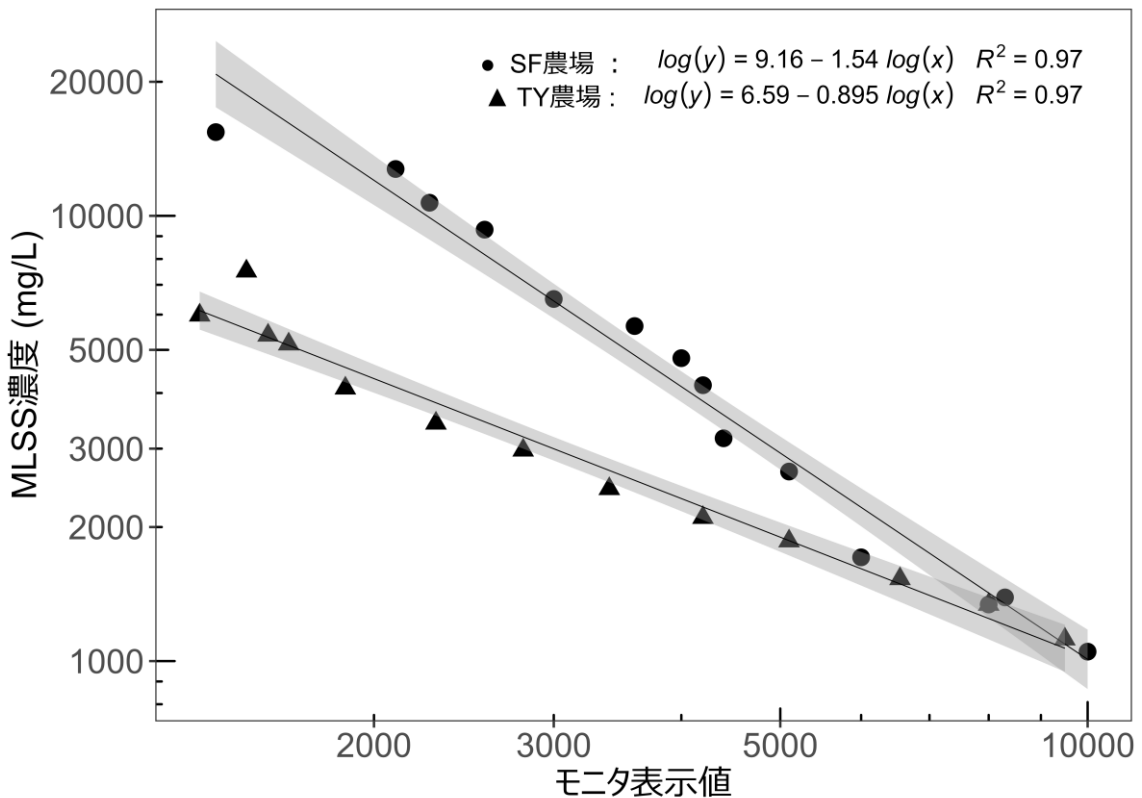


図2. 高濃度域におけるMLSS濃度とモニタ表示値の関係

扁平ノズル型 MLSS モニタ

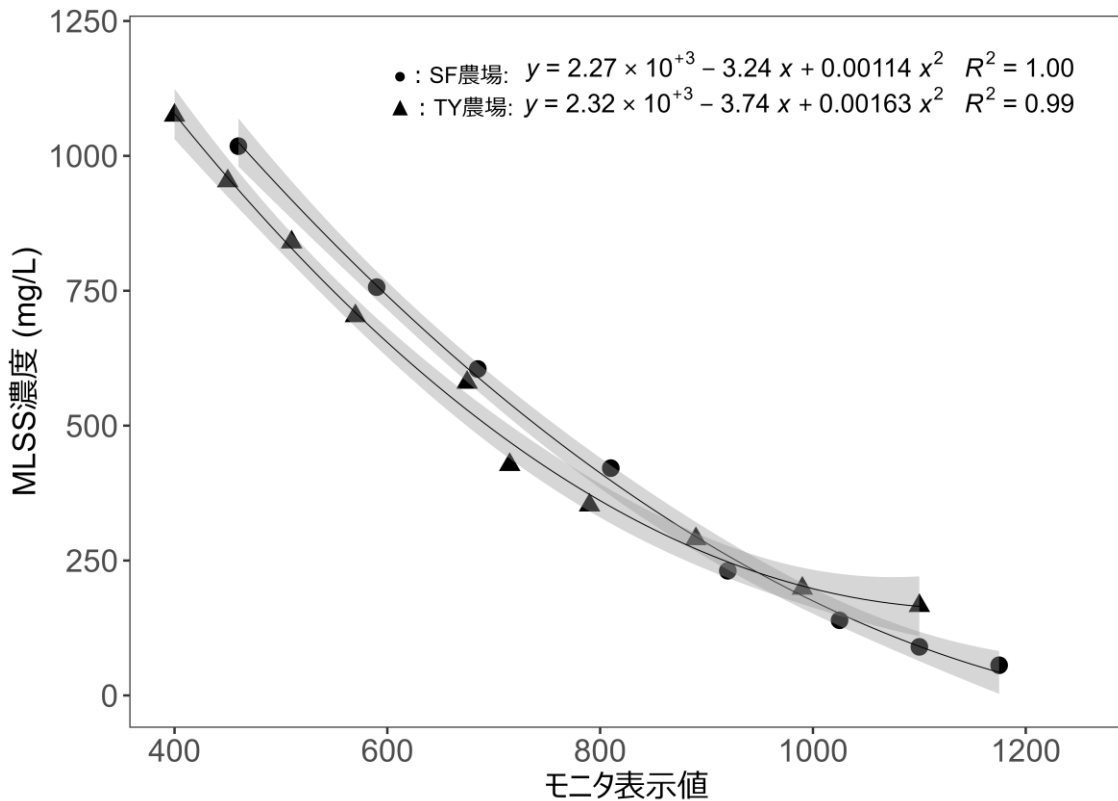


図3. 低濃度域におけるMLSS濃度とモニタ表示値の関係
(近似式の有効範囲はモニタ表示値がおおよそ400~1,200)

けるモニタ表示値とMLSS濃度の表示値の関係を示した。高濃度の場合と異なり2次式で決定係数0.99~1.00の良好な回帰が得られた。曝気槽のMLSSが1,000mg/L未満になることはあり得ない一方で、処理水のSSは水質汚濁防止法の基準値が日最大で200mg/Lであることから、低濃度対応の設定にすれば処理水SS値の監視に用いることも可能と考えられる。

なお、現場における曝気槽MLSS濃度のモニタリングの際に、曝気液に含まれる夾雑物がノズルに流入して閉塞し計測不能になるトラブルが低頻度ではあるが発生した。このトラブル防止のため、外形4mm×内径2mmのステンレス製チューブの先端をノズル基部に挿入し、電磁弁のタイマ操作で定期的にコンプレッサからの圧縮空気をノズル内に短時間吹き込み閉塞物の除去を行う試みを行い効果が認められた。この効果が長期間発揮できれば、活性汚泥濃度

の自動制御への利用の信頼性が高まることが期待される。

謝 辞

本研究は、日本中央競馬会畜産振興事業の研究助成「畜産汚水浄化施設のAI支援型リモート管理技術開発・普及事業」によるものであることを記し謝意を表します。

文 献

- [1] 日本下水道協会(2012) 下水試験方法上巻-2012年版-. 公益社団法人日本下水道協会.
- [2] 田中康男、森達摩、矢吹芳教、相子伸之、渡辺高秀、篠崎秀明、渡辺是文、横山浩、荻野暁史(2009) 畜舎排水水質の簡易自動モニタリング装置の性能検討. 日本畜産学会報. 80(1):83-90.
- [3] 田中康男、和木美代子、横山浩、森達摩、矢吹芳教(2011) 水質モニタリング装置. 特

扁平ノズル型 MLSS モニタ

- 許第 4817100 号.
- [4] 田中康男、中野貞雄（2021）養豚廃水浄化施設用の活性汚泥濃度簡易モニタリング装置. 日本畜産環境学会会誌. 20(1):1-9.
- [5] 田中康男（2021）養豚汚水処理施設におけるエリア型ファイバセンサ搭載 MLSS モニタを用いた曝気槽活性汚泥浮遊物質濃度の自動制御. 日本畜産環境学会会誌. 20(1):30-37.