

ImageJ を用いた浄化槽内の 汚泥フロック分散状態の評価

田中 孝国^{*1}, 川村 涼香^{*2}, 岡野 恵拓^{*2}, 佐藤 佑海^{*3}, 大岡 久子^{*4}

Evaluation of floc dispersion in septic tanks using ImageJ

Takakuni TANAKA, Suzuka KAWAMURA, Keita OKANO, Takumi SATOU and Hisako OOKA

While septic tanks have anaerobic and aerobic portions and have the same treatment capacity as sewage treatment facilities, there is a phenomenon of flocs flowing out into the treated water. This floc is one of the factors that worsen the turbidity of treated water. In order to eliminate (or minimize) this floc, devices to increase the amount of airflow into the septic tank was incorporated into existing combined treatment septic tanks. However, since the flocs are minute, it is difficult to see the effect. In this study, we evaluated the effect of airflow on the flocs by photographing the treated water in each tank and analyzing the images using ImageJ. The results showed that the transparency of the treated water in the aerobic and anaerobic tanks tended to increase when the air flow rate was $20 [\text{L} \cdot \text{min}^{-1}]$ or higher in the first and second tanks. No change was observed in the third tank. This was thought to be the airflow change was effective for the initial tank, which had a large amount of floc clumps in the septic tank. In addition, very high transparency was found. These results suggest that there is a suitable air flow rate for each tank.

KEYWORDS : Septic tank, floc, Image analysis, ImageJ

1. まえがき

令和3(2021)年度、栃木県によれば、生活排水処理人口普及率は県全体で88.8%(下水道68.9%、農業集落排水4.0%、コミュニティ・プラント0.1%、浄化槽15.8%)に達していることが報告されている¹⁾。生活排水の処理を担う手法の1つである浄化槽は、下水道が未整備の地域に設置される生活排水処理装置である。家庭から排出された汚染水

は、浄化槽内の微生物による生物処理により汚染物質分解後に放流される。浄化槽内は、嫌気性、好気性部分が存在し、ろ材などにより処理効率の向上が図られている²⁾。浄化槽は排水処理能力が高く、一般的には排水中のBOD200 $[\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}]$ を、BOD20 $[\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}]$ にまで分解・除去可能であるとされている³⁾。

その一方、浄化槽からのSS(suspended solids)の流出が問題となっている。SSは、浄化槽流入前からの成分で未分解の物質もしくは、浄化槽内で増

*1 物質工学科(Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering), E-mail: tanakatakakuni@oyama-ct.ac.jp

*2 物質工学科(Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering)

*3 電気電子創造工学科(Department of Innovative Electrical & Electronic Engineering)

*4 群馬高専 物質工学科(N.I.T., Gunma College's Dept. of Chemistry and Materials Science)

殖した微生物などが起源と考えられ、常に一定の量が浄化槽から流出している。流出した SS は、透明度等の外観や生態系に大きな影響を与える。排水中の SS の許容限度は $200 \text{ [mg} \cdot \text{L}^{-1}]$ (日間平均 $150 \text{ [mg} \cdot \text{L}^{-1}]$) とされており、監視する必要性の高いパラメータである。

浄化槽の処理後の水に見られる SS はスカム(沈殿池に堆積した汚泥が炭酸ガスや窒素ガスなどにより浮上したもの)、フロック(汚泥中に浮遊する、様々な微生物の塊)、スラッジ(槽の底に貯留する、様々な微生物の塊)などが混在している成分であることが考えられる。見た目の違いは大きくはなく、一般的にフロックと呼ばれることが多いため、本論文では呼び名をフロックとして以降統一する。今回、このフロックを解消・消滅させる装置が合併処理浄化槽に組み込まれた。装置の働きはブロワによる曝気を加えることでフロックの要因の1つであるスカム発生の抑制(解消)もしくは発生したスカムの物理的破壊などが予想されている。本報告では、その風量条件設定のためにフロックの観察を実施した。

従来、フロックを監視する装置として、濁度計、MLSS 計、浮遊懸濁物センサーなどが市販され、広く用いられている。これらの光学的センサーは、粒子径のサイズを認識(判別)する機能が無い(ある場合も非常に高価である)。そのため、フロックのサイズを観察したい場合は、従来通り顕微鏡で観察する必要があるが、定量的な把握が難しいことがネックである。そのため、観察した画像を「撮影」し、「画像解析」を行う手法が近年多用されている。例えば、津波の遡上範囲を確認するために津波堆積物中の砂粒子を画像解析した例⁴⁾、シダ植物の胞子の発芽の観察⁵⁾などに使用されている。このような画像撮影およびその解析手法は、 μm 単位以下の状態であっても、定量性の高いデータが得られることが判明している。様々な研究例の中で、特に多用されている解析ソフトが ImageJ である。このソフトはフリーソフトであり、入手しやすく扱いやすいことが知られている⁶⁾。そのため本研究では、画像解析ソフト ImageJ を用いた画像解析手法によるフロックの形状の観察手法について検討を実施した。

2. 実験方法

2. 1 浄化槽およびサンプリングについて

図1にフロックを採取した浄化槽のイメージ、図2に浄化槽の全体写真を記載した。浄化槽に送るブロワからの風量を変化させ、①～⑤の部分においてフロックのサンプリングおよび撮影を実施した。サンプリング後、フロックはガラスシャーレに入れ、USB 型の簡易顕微鏡で撮影した。この画像を用いて、ImageJ によるフロック分散の解析を実施した。尚、この浄化槽に流入する厨房排水は、益子町の森のレストランから定常的に排出されており、グリーストラップなどを経て浄化槽(図2および3)に流入している。

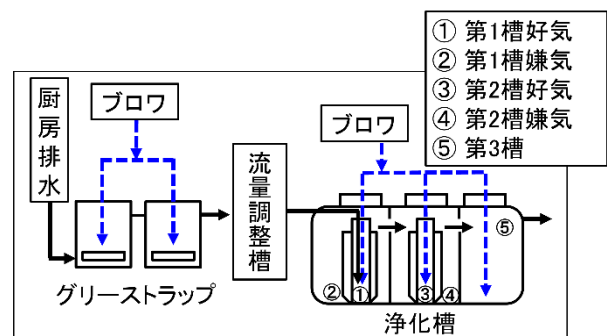


図1 浄化槽

図中の実線は排水の流れ、点線はブロワからの通気を示す。



図2 浄化槽の写真(側面)



図3 浄化槽の写真（上部より）
左側から厨房排水が流入し、右側へ抜けていく
構造である。写真手前の配管がブロワからの
送風管である。



図5 切り取りの例

2. 2 ImageJによる解析

画像解析ソフト ImageJ の機能の中の Histogram は、画像の輝度値の分布を棒グラフでそれぞれ表示することができ、画像の最大の輝度や最小の輝度や平均の光度など画像中のコントラストの評価に役立つ。今回、この Histogram に着目し、解析を実施した。まず、提供された画像(図4)は大きく、不必要な部分があるため、画像ビューワで改めて開き 50×50 [pixels] サイズの画像をランダムに4枚切り取った(図5、図中の白枠が切り取り部分)。続いて ImageJ を立ち上げ、Analyze の項目の Histogram から画像全体の輝度値の分布を分析する処理を実施した(本報告では通常用いられる 8ビット、白と黒と 254 階調の Gray Value で濃淡を表した)。画像の濃淡とその画素数のデータは.csv 形式で得られるため.xlsx で再保存後、4枚の解析結果の平均を使用して、Gray Value の数値のピクセル数を示すグラフを作成し、その最大値の変化より、ブロックの分散性を評価した。



図4 ブロックの写真

3. 結果と考察

3. 1 濃縮汚泥および水道水の比較

ブロックの分散性を評価するために、高密度ブロック状態である濃縮汚泥、低密度(ほぼゼロ)である水道水の解析をまず実施した。その結果、Gray Value の最大値は濃縮汚泥が 70、水道水は 202 であった。尚、図中「淡」「濃」は、淡い=画像が白い、左濃い=画像が黒い、示している(図6および7)。これらの図から、ブロックの濃度や密度が減少すると Gray Value の数値が高くなることが判明した。同時に、Pixel 数が最大値を示した Gray Value の変化を追うことでブロック分散の状況が把握できることが示唆された(図中の最大値)。尚、本来横軸は 255 が最大値であるが、解析の結果 Pixel 数は全て 0 であったことから、今回はグラフ作成がしやすい 250 を最大値としている。

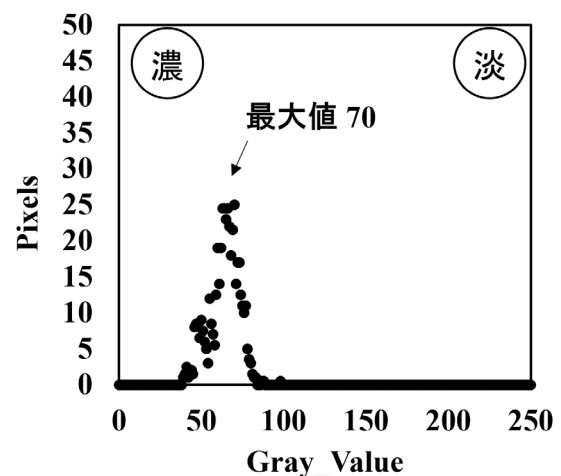


図6 濃縮汚泥の解析結果

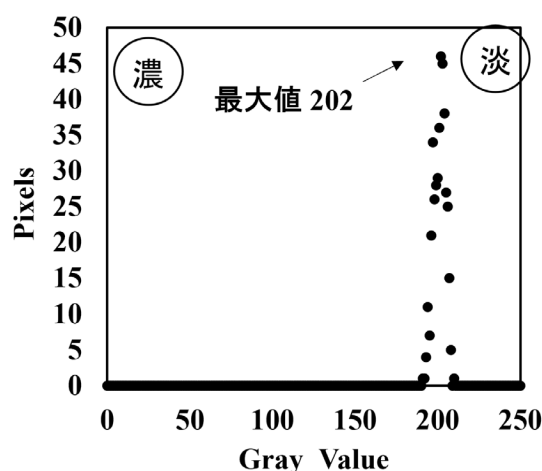


図7 水道水の解析結果

3.2 浄化槽の風量変化がおよぼすフロック分散への影響

まず、浄化槽流入前の排水の Pixel 数の最大値を調査した結果、その Gray level は 45 であり、濃縮汚泥(最大値 70)よりも濃い状態であり、流入時のフロックは高い密集状態であることが判明した(図 8)。

続いて、表 1～3 に第 1～3 槽(図 1)の結果を示した。表中の風量が槽ごとに異なるのは、浄化槽の設計上の事情によるものである。また、風量変化直後はフロックの状態が安定しないため、風量変化の約 10 日後に撮影および解析を実施した。

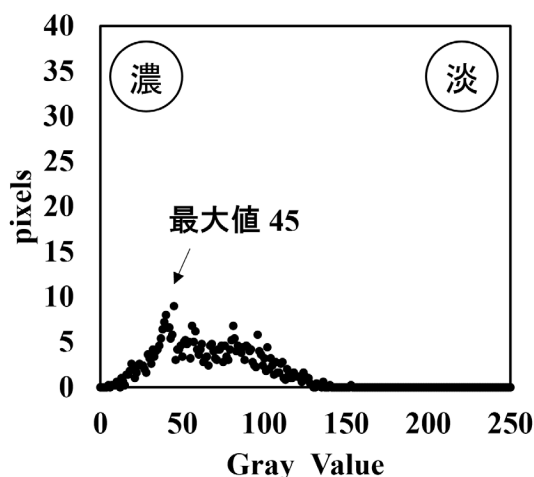


図8 浄化槽流入前の排水の解析結果

表 1 より第 1 槽では、好気槽、嫌気槽ともに風量を 20 [L・min⁻¹] まで上昇させると、Gray level

が上昇し、フロックの分散傾向が見られた。この浄化槽に流入する排水は、厨房排水であるため、グリーストラップを経ても、フロックを多く含む排水であり、流入時の排水は Gray level が極めて低い傾向がある(図 8)。従って、浄化槽内でフロックの塊が多い第 1 槽に対して、風量を多くする操作はフロックの分散に効果的であったことが考えられた。好気槽と嫌気槽の透明度は平均して約 10 の差であり、大きな差は見られなかった。第 2 槽では、風量変化による、透明度への影響は見られなかった。また、嫌気槽の透明度を好気槽と比較すると透明度が低い傾向が見られ、好気槽と嫌気槽の差が約 25 であり、第 1 槽の場合よりも数値の開きが大きかった(数値の開きの理由については不明である)。第 3 槽では、風量変化による透明度への影響は見られず、第 3 槽までに十分にフロックは分散されていることが示唆された。

表 1 風量の変化がおよぼす第 1 槽内のフロック分散への影響

風量 [L・min ⁻¹]	Pixel数が最大を示した Gray level 値	
	第1槽好気	第1槽嫌気
25~30	164	185
20	178	180
10~20	115	142

表 2 風量の変化がおよぼす第 2 槽内のフロック分散への影響

風量 [L・min ⁻¹]	Pixel数が最大を示した Gray level 値	
	第2槽好気	第2槽嫌気
20~100	134	170
20	144	166
10~20	130	158

表3 風量の変化がおよぼす第3槽内の
ブロック分散への影響

	Pixel数が最大を示した Gray level 値
風量 [$\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$]	第3槽好気
60~80	144
60	167
50~60	158

500 (2019)

謝辞

本研究は、株式会社レックEM益子様の多大な協力を受けて実施された
ものです。感謝申し上げます。

[受理年月日 2024年8月6日]

4. あとがき

今回、浄化槽の処理水中のブロックを分散させることを目的とした、浄化槽への風量追加新装置を設置の条件設定を実施した。その結果、第1槽において風量 $20 [\text{L} \cdot \text{min}^{-1}]$ 以上の際、透明度の上昇傾向が見られたことから、第1槽における風量操作が重要であることが判明した。第1槽以降の排水は放流に至るまで水道水のみの Gray level 202 に近い値を取っており、透明度が高いことが判明した。今後は、水温や厨房排水の増減によるブロックの外的変化、その際の風量設定などについて、更にデータを蓄積する予定である。

参考文献

- 1) 栃木県土整備部都市整備課：栃木県生活排水処理構想 2023, URL: <https://www.pref.tochigi.lg.jp/h14/town/machidukuri/gesuidou/kousou.html> (閲覧日：2024.05.10)
- 2) 本間都, 坪井直子：合併浄化槽入門, 株式会社北斗出版, p.102 (2003)
- 3) 栃木市上下水道局： <https://www.city.tochigi.lg.jp/site/suidou/1091.html> (閲覧日：2024.05.10)
- 4) 中西諒 他：鉱物学的手法に基づいた Invisible 砂質津波堆積物の検出日本地質学会学術大会講演要旨 2022, p. 345 (2022)
- 5) 西野文貴 他：異なる温度条件におけるベニシダ, オシダ, イヌガンソクの胞子発芽と前葉体成長, 日本緑化工学会誌, Vol. 46, No.1, pp.3-8 (2020)
- 6) 朽名夏磨：画像解析ツール ImageJ, 映像情報メディア学会誌, Vol.74, No.2, pp.346-348 (2020)
- 7) 今泉大作 他：文書スキャン向け白黒2値グレースケール自動判定技術, 日本画像学会誌, Vol.58, No.5, pp.494-