

水質悪化原因の特定および水質改善手法の検討

公益社団法人 宮城県生活環境事業協会 浄化槽法定検査センター
○佐々木 敦、桃澤 健、高橋 直樹、久住 知裕

1. 研究背景および目的

宮城県の第11条検査では、合併処理浄化槽の処理水において3回連続でBODと透視度が浄化槽法定検査判定ガイドラインの不可に該当した場合に二次検査¹⁾を行う「宮城方式」を導入し、水質改善策を関係者へ提示している。これまでの検査結果から、個々の水質悪化施設に対する処理水質の改善の取り組みは行っているが、より効果的な維持管理をしようとした場合、使用状況や汚泥管理、好気処理に必要なばっ気状況等を数値化し、処理水質との関係を把握することが重要であると考えられる。

そこで本研究は、継続的な水質悪化施設における使用状況や運転管理状況、各処理工程の処理水質結果を用いて水質悪化原因を特定し、維持管理等で対応可能な水質改善手法について検討を行った。

2. 調査概要

2.1 調査対象浄化槽および解析方法

調査対象浄化槽は、2004年度から2018年度に二次検査を実施した施設のうち、住宅に設置している性能評価型浄化槽692基について、使用状況、堆積汚泥、送風量、各処理水質等のデータを抽出して解析した。なお、清掃実施後1ヶ月～13ヶ月以内の施設を用い、清掃の影響を避けるため、清掃直後や清掃時期を超過しているものを除いた。

これまで処理水に及ぼす影響として、田畑²⁾は、流入水量を変化させ、堆積汚泥の高さと巻き上げ回数との関係について、流入水量が多いほど巻き上げ回数が増加することを示している。また、大久保³⁾は、嫌気槽に蓄積したSSは、HRTの低下および短絡流を招き、さらに、そのSSからの有機物の溶出によって有機物除去率を低下させることを示している。加えて石黒⁴⁾は、送風量を29.5L/分から62.5L/分へ増加させたことや送風量を58.0L/分から37.0L/分に減少させたことで処理水BODが改善されたことを示している。このことから、使用状況、汚泥管理、処理状況に起因することが考えられ、水道使用量、堆積汚泥厚、送風量の項目に着目し、測定値を用いた分類を行い処理水との関係について解析した。なお、抽出したデータを基に、計画流入汚水量に対する水道使用量の比（以下、「計画水道比率」という。）、BOD値に対してD-BODの割合（以下、「D-BOD割合」という。）、S-BODの割合（以下、「S-BOD割合」という。）、C-BODの割合（以下、「C-BOD割合」という。）、N-BODの割合（以下、「N-BOD割合」という。）、型式毎の定格風量に対する負荷時における風量の比を算出し、送風量が低下している割合（以下、「送風量の低下率」という。）を算出し、これらの値を用いた。

2.2 統計的解析手法

統計には、統計・社会システム分析フリーソフトウェア College Analysis⁵⁾を使用し、相関係数Sを求め、各項目における測定値の分類では、検査データにばらつきがあることから、基数が極端に少なくならないよう分類し、群の代表値として中央値を用いた。

3. 水質悪化原因の特定

(1) 計画水道比率が処理水質に与える影響の結果・考察

計画水道比率と水質項目との相関関係は、計画水道比率に対して処理水 BOD で $S = 0.72$ ($p < 0.05$)、C - BOD 割合で $S = 0.93$ ($p < 0.05$)、D - BOD 割合で $S = 0.86$ ($p < 0.05$) が得られた。このことから、計画水道比率が高くなると、D - BOD 割合や C - BOD 割合が高くなっていることが示され、嫌気槽での巻き上がり²⁾により、堆積汚泥から溶解性の成分が溶出していると考えられる。また、計画水道比率に対して人員比や洗濯回数との相関関係は、人員比で $S = 0.95$ ($p < 0.05$)、洗濯回数で $S = 0.89$ ($p < 0.05$) が得られ、人員比や洗濯回数が計画水道比率の増加につながり、処理水質に影響を与えるため、使用状況を踏まえて維持管理を行うことが重要と考えられる。

(2) 堆積汚泥が処理水質に与える影響の結果・考察

一次処理槽の堆積汚泥と水質項目との相関関係は、堆積汚泥に対して処理水 BOD で $S = 0.95$ ($p < 0.05$)、処理水 SS で $S = 0.95$ ($p < 0.05$) が得られた。このことから、一次処理槽の堆積汚泥が多くなると、SS からの有機物³⁾の溶出や好気処理の低下により処理水を悪化させると考えられる。

次に、一次処理槽第一室の堆積汚泥が第二室および処理水槽へ及ぼす影響を確認するため、処理工程における堆積汚泥の分布を図 - 1 に示す。一次処理槽第一室での堆積汚泥が高くなると一次処理槽第二室から処理水槽側へと流出していることが認められた。このことから、維持管理要領書を参考にした、清掃判断や堆積汚泥の返送が処理水を安定させるためにも重要と考えられる。また、清掃後の経過日数とともに堆積汚泥は増加する傾向を示し、堆積汚泥が清掃の目安を超えている場合は、1 年未満であっても清掃の実施が必要である。

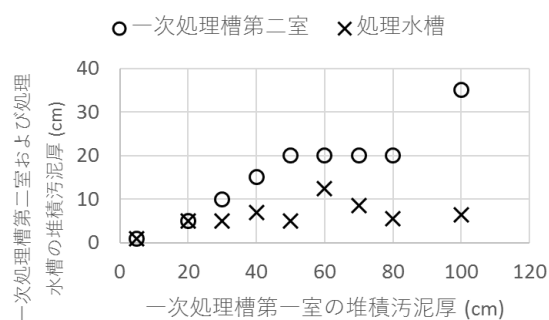


図 - 1 処理工程における堆積汚泥の分布

(3) 送風量の低下率が処理水質に与える影響の結果・考察

送風量の低下率と水質項目との相関関係は、送風量の低下率に対して C - BOD 割合で $S = 0.94$ ($p < 0.05$)、N - BOD 割合で $S = -0.94$ ($p < 0.05$)、DO 値で $S = -0.94$ ($p < 0.05$) が得られた。このことから、送風量が不足している場合、好気処理では硝化が進まず、有機物が残存することが考えられる。また、送風量の低下率が高くなると好気槽 DO 値は低下することが認められ、特に送風量の低下率が 20% 程度を示した場合は、有機物が残存し、処理水質に影響を及ぼすことが示唆された。好気槽の処理水質を向上させるためには、送風量を十分に確保することが重要と考えられる。

4. 水質改善手法の検討

4.1 水質改善手法の検討概要

対象浄化槽は、好気槽が 2 室にわかれている担体流動方式を用いた同一型式の 5 人槽 3 基 (以下、「A 施設」、「B 施設」、「C 施設」という。) を選定、2019 年 8 月～2020 年 2 月 (約 6 ヶ月間) に調査を行い、採水は 1 ヶ月に 1 回行った。7 人槽と比較して 5 人槽は容量が小さいため、嫌気槽での固液分離や SS の除去よりも好気処理の向上が必要と考えられ、送風量の増加 (約 20% 程度) の効果を検討するため、定格風量 50L/分から 60L/分の送風機に変更し、処理水質の改善を検討した。

4.2 送風機の増加効果における結果・考察

各施設における処理水 BOD および SS を図 - 2、図 - 3 に示す。送風量を増加させた 3 施設は、調整後で処理水 BOD、SS がおおむね減少していることから、好気処理が促進され、処理水質の改善につながったと考えられる。また、好気槽の DO 値を調査前後で比較すると、担体流動槽における調査後の DO 値は 2.2 倍に増加した。

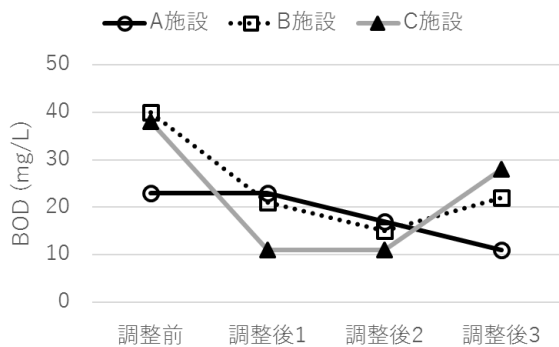


図 - 2 各施設における処理水 BOD

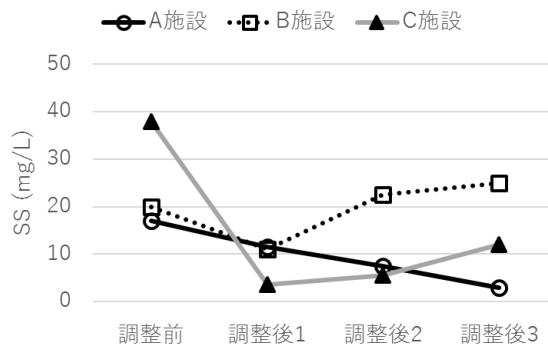


図 - 3 各施設における処理水 SS

担体流動方式は、担体に付着した生物膜を自然に剥離し、処理性能を発揮するため、担体における生物膜の付着量は重要と考えられ、DO 値と担体 1 個当たりの生物膜量の関係を図 - 4 に示す。送風量の増加により DO は平均 4.7mg/L 上昇、それに合わせて生物膜量も平均 58mg/個増加し、DO 値と生物膜量の相関関係は $S = 0.54$ ($p < 0.05$) が得られた。この理由として、流動している担体での SS 捕捉が考えられる。そこで、嫌気槽出口の SS と好気槽後の沈殿槽の処理水 SS を用いて、処理工程の SS 除去率と生物膜量（各担体流動室の 1 個当たりの生物膜量の和）の相関関係を図 - 5 に示す。この結果、 $S = 0.62$ ($p < 0.05$) が得られ、担体に付着した生物膜が SS 除去に貢献していることが示唆された。顕微鏡観察から、輪虫類の *Rotaria sp.*、縁毛類の *Vorticella convallaria* が優占⁶⁾ しており、生物膜量が増加しても圧密性を保持していることが伺えた。以上のことから、送風量の増加により DO 値は増加し、担体に SS が捕捉され、生物膜量を高く保持することが分かった。

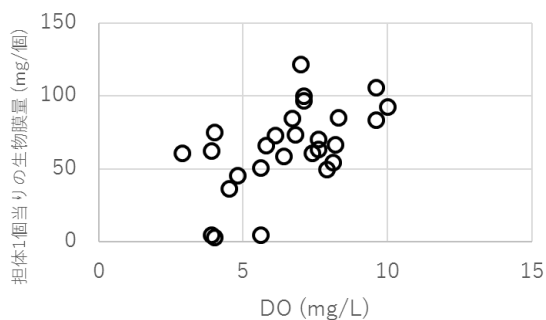


図 - 4 DO 値と担体 1 個当たりの生物膜量の関係

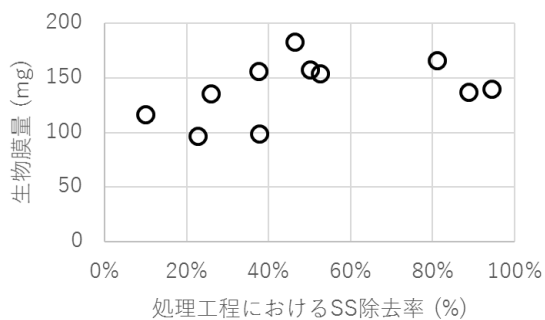


図 - 5 SS 除去率と生物膜量の関係

さらに、DO 値と BOD の関係を明らかにするため、本検討と別に同一型式 38 基（5 人槽/20 基、7 人槽/18 基）について実態調査を行った結果、担体流動槽 DO（以下、「DO1」という。）と BOD の関係を図 - 6 に、緩担体流動槽 DO（以下、「DO2」という。）と BOD の関係を図 - 7 に示す。図 - 6 より DO1 と BOD の関係で $S = -0.36$ ($p < 0.05$)、図 - 7 より DO2 と BOD の関係で $S = -0.33$ ($p < 0.05$) が得られ、各 DO 値と BOD には相関関係があることが分かった。また、BOD30mg/L 未満における処理水の DO 値に着目すると、DO1 の平均値で 5.3mg/L、DO2 の平均値で 6.2mg/L を示し、BOD30mg/L 未満を目指す場合、DO1 と DO2 の比率は 1.2 となり、保守点検の指標の一つになると考えられる。

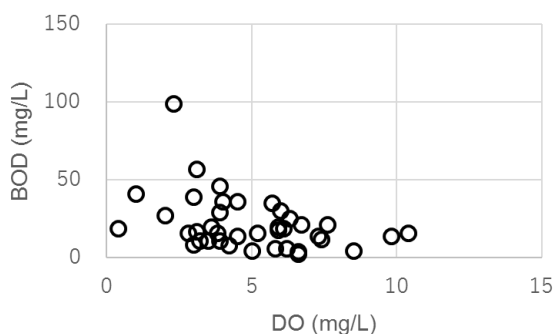


図 - 6 担体流動槽DOとBODの関係

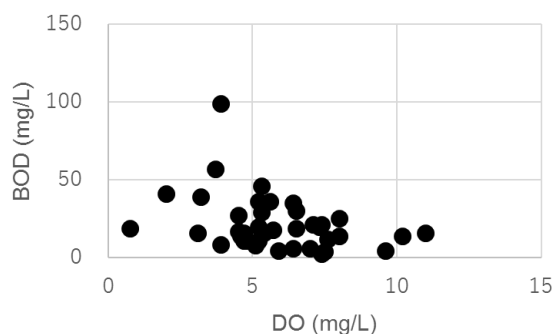


図 - 7 緩担体流動槽DOとBODの関係

5. まとめ

本研究は、水質悪化原因の特定および得られた因子を踏まえて、水質改善手法の検討を行った。

(1) 水質悪化原因の特定

- ・人員比や洗濯回数の増加により流入水量が増加し、計画水道比率の増大に伴い、D - BOD および C - BOD の割合が高くなるため、処理水質が悪化する一因子となる。
- ・堆積汚泥の増加により汚泥の界面付近で SS が巻き上がり、その後好気槽に流入することで BOD が高くなるため、処理水質が悪化する一因子となる。
- ・送風量の低下率が 20%を示すと DO 値が低下するため、好気処理では硝化が進まず、有機物が残存するため、処理水質が悪化する一因子となる。

(2) 水質改善手法の検討

- ・送風量を 20%増加したことで、調査前後で DO 値は 2.2 倍増加、担体に SS が捕捉され、生物膜量を高く保持することで、処理水質の向上に繋がった。

謝辞

本研究は、(公財)日本環境整備教育センターの令和元年度浄化槽に関する調査研究助成によって実施することができました。また、この研究を行うにあたり、東北大学大学院工学科 環境生態工学研究室に水質分析等の協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1)公益社団法人宮城県生活環境事業協会浄化槽法定検査センター：浄化槽法定検査の手引き
- 2)田畑ら：浄化槽一次処理槽における底部流速が汚泥巻き上げに及ぼす影響、環境技術、Vol.39、No.12、(2010)
- 3)大久保ら：嫌気・好気ろ床法の処理性能に及ぼす流量変動および懸濁物質の影響、水質汚濁研究、第14巻、第4号、pp.233-242、(1991)
- 4)石黒ら：ばっ気風量の変更による合併処理浄化槽の処理水質向上、土木学会論文集 G (環境)、Vol.73、No.7、III_53-III_62、(2017)
- 5)福井 正康：統計・社会分析フリーソフトウェア College Analysis
[<https://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/analysis.html>] (2021年7月21日)
- 6)吉田ら：担体流動床式生物膜法における付着微生物の生物相と処理水質の関係、第30回全国浄化槽技術研究集会、講演要旨集、(平成28年度10月17日)