

小型浄化槽における塩素に依存しない 消毒方法の開発に関する基礎的研究

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
○高橋 直樹 佐々木 敦 久住 知裕

1. はじめに

浄化槽処理水の衛生学的安全性の確保では、塩素消毒前までの工程において大腸菌群などの病原性細菌を除去することが重要である。大腸菌群の除去に及ぼす影響因子では、BOD、SS が低下することで大腸菌群数の値も減少し、さらに硝化率が上昇すると大腸菌群数は低減する¹⁾ことから浄化槽の処理構造の違いが考えられる。故に塩素消毒に依存することなく衛生学的安全性を確保できる浄化槽の開発に向けた有効的な手法と考えている。

そこで本研究は、既設浄化槽における大腸菌群数除去性能について浄化槽の処理構造および処理水質の関係を解析し、除去性能が高い浄化槽の特性を明らかにした。

2. 調査方法および解析方法

(1) 調査方法

宮城県内の戸建て住宅に設置している性能評価型浄化槽のうち、7人槽を対象とし、人員比が1.0以下で適正に使用されているものを選定した。調査は平日の午前中、実使用人数が把握できることを要件とした。採水箇所は塩素消毒前と塩素消毒後の2箇所である。水質項目は大腸菌群数の他、塩素消毒前ではBOD・SS・NH₄⁺-N・NO₂⁺-N・NO₃⁺-N・T-Nを測定し、塩素消毒後では全残留塩素濃度、遊離残留塩素濃度をそれぞれ測定した。

(2) 解析方法

型式ごとの大腸菌群除去性能を解析するため、60基15型式を対象に統計解析を行った。性能評価型浄化槽は、BOD除去型浄化槽：「BO」、窒素除去型浄化槽：「NI」、高度処理型浄化槽：「AD」に分類される。また窒素除去型浄化槽の中には、従来のコンパクト型浄化槽よりさらに有効容量の小さいモアコンパクト型浄化槽：「CO」も含まれるため全4種類の浄化槽に分類し、各種性能評価型浄化槽の処理性能基準を表-1に示す。

表-1 各種性能評価型浄化槽における処理性能基準

各種性能評価型浄化槽 【性能】	BOD除去型浄化槽	窒素除去型浄化槽	高度処理型浄化槽	モアコンパクト型浄化槽	
	【BO】	【NI】	【AD】	【CO】	
(基数)	11基	18基	23基	8基	
(型式)	4型式	3型式	5型式	3型式	
処理性能基準 (mg/L)	BOD	15-20	20	10	15-20
	T-N	なし	20	10-20	20
	SS	なし	20	10-15	15-20

各種性能評価型浄化槽における大腸菌群除去特性を評価するため、既往の研究で明らかとなった BOD・SS・硝化率の中央値を代表値として用い、ユークリッド距離のウォード法を用いた階層型クラスター分析を行ってグループ化を行った。さらに、グループ間の影響因子においてクラスカル・ウォリスの多重比較を用い、群別の中央値に差があった場合にウィルコクソンの順位和検定を行った。なお、有意性については棄却率 5%を統計的に有意であると判断した。

3. 調査結果および考察

(1) 階層型クラスター分析による浄化槽のグループ化

異なる処理構造(A から K までの 15 型式)における大腸菌群除去特性を評価するため、階層型クラスター分析を行った。クラスター分析の結果を図-1 に示す。なお、型式の下部の文字は各種性能評価型浄化槽の性能を表す。

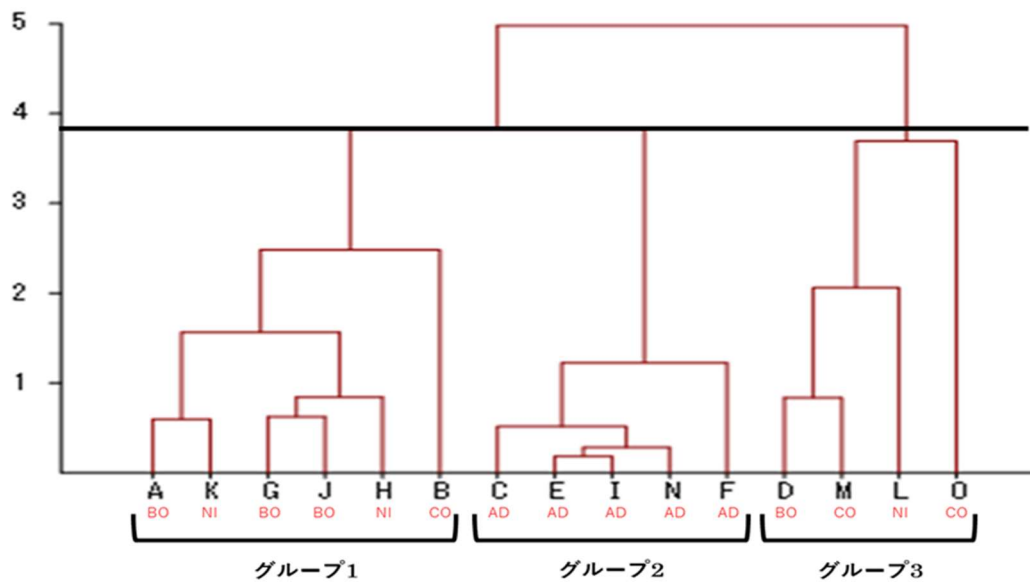


図-1 階層型クラスター分析による浄化槽のグループ化

図-1 より、大きく分けて 3 つのグループに分類できた。グループ 1 は A・K・G・J・H・B の計 6 型式で内訳は BO : 3 型式、NI : 2 型式、CO : 1 型式該当した。グループ 2 は C・E・I・N・F の計 5 型式で全て AD が該当した。グループ 3 は D・M・L・O の計 4 型式で BO : 1 型式、NI : 1 型式、CO : 2 型式該当した。

(2) グループごとの大腸菌群数

階層型クラスター分析により得られたグループについて、大腸菌群数における多重比較を行い、浄化槽の特性について評価した。塩素消毒前の大腸菌群数を図-2 に、塩素消毒後の大腸菌群数を図-3 に示す。塩素消毒前の図-2 より、グループ 1 の大腸菌群数の中央値は $1.3 \times 10^2 \text{cfu/mL}$ 、グループ 2 は $5.6 \times 10 \text{cfu/mL}$ 、グループ 3 は $1.5 \times 10^3 \text{cfu/mL}$ であった。群別の中央値に有意な差があったため、それぞれで順位和検定を行った結果、グループ 1 と 3、グループ 2 と 3 に有意差が確認された。全てのグループにおいて、不検出となった浄化槽を確認したが、グループ 3 においては大腸菌群数の排水基準値 $3.0 \times 10^3 \text{cfu/mL}$ に

対し、同程度のオーダーを示したことから、塩素消毒による必要性が示唆された。塩素消毒後の図-3より、グループ1の大腸菌群数は 2.2×10^2 cfu/mL、グループ2は 1.3×10^2 cfu/mL、グループ3は 1.3×10^2 cfu/mLであった。群別の中央値に有意な差は無かった。全てのグループにおいて、塩素消毒前後の大腸菌群数は1オーダーずつ低下しており、既往の研究同様¹⁾、遊離残留塩素0.05mg/L以上の検出が大腸菌群除去

性能を向上させたものと考えられた。このことは、浄化槽においても塩素消毒の実施が大腸菌群の除去に重要であることを意味し、塩素消毒前の大腸菌群の除去と塩素消毒によって、より衛生学的安全性の高い二重バリア効果をもたらすことが確認された。

(3) グループごとの処理水質

階層型クラスター分析から得られたグループよりBOD、SS、硝化率、T-Nをそれぞれ多重比較して、浄化槽の特性について評価した。塩素消毒前のBODを図-4に、塩素消毒前のSSを図-5に、塩素消毒前の硝化率を図-6に、塩素消毒前のT-Nを図-7に示す。

図-4より、グループ1のBODは9.0mg/L、グループ2は3.5mg/L、グループ3は26.0mg/Lであった。群別の中央値に有意差があったため、それぞれで順位和検定を行った結果、全てのグループ間で有意差が確認された。グループ1とグループ2は中央値および第3四分位数まで処理水質における技術上の基準；BOD20mg/L²⁾を下回っているが、グループ3は中央値で20mg/Lを超過しており、本グループは処理水質上の課題があることが確認された。図-5より、グループ1のSSは2.0mg/L、グループ2は2.1mg/L、グループ3は13.0mg/Lであった。群別の中央値に有意差があったため、それぞれで順位和検定を行った結果、グループ1と3、グループ2と3に有意差が確認された。したがって、グループ1と2に含まれる浄化槽のSS除去性能は高いことが示された。一般的に好気槽構造において、担体を用いた生物ろ過槽を有している際、生物膜による生物的浄化作用と物理的なる過作用が同時に起こる³⁾ことで、BODやSS除去効果が発揮される。2つのグループにおいて、この構造を有した浄化槽は90.9%であったことから、生物ろ過機能を有する浄化槽において処理性能が高かったことが考えられる。図-6より、グループ1の硝化率は74.1%、グループ2は90.6%、グループ3は6.8%であった。群別の中央値に有意差があったため、それぞれで順位和検定を行った結果、全てのグループ間で有意差が確認された。既往の研究で、大腸菌群数とアンモニア態窒素には正の相関が認められ、アンモニア態窒素を酸化させるためには滞留時間の確保が必要なこと⁴⁾が明らかとなっている。硝化率がもっとも高かったグループ2の浄化槽では、アンモニア態窒素の残存は少なく、滞留時間が長いことが硝化率を向上させた要因であると考えられる。図-7より、グループ1のT-Nは24.6mg/L、グループ2は10.6mg/L、グループ3は35.1mg/Lであった。群別の中央値に有意差があったため、それぞれで順位和検定を行った結果、グループ1と2、グルー

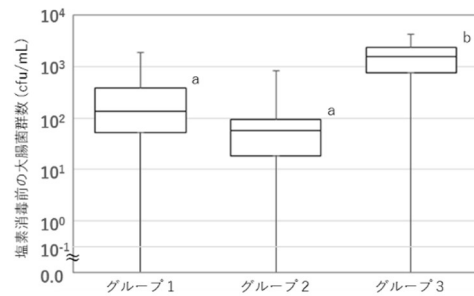


図-2 塩素消毒前の大腸菌群数

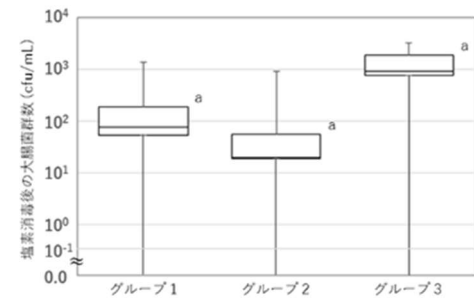


図-3 塩素消毒後の大腸菌群数

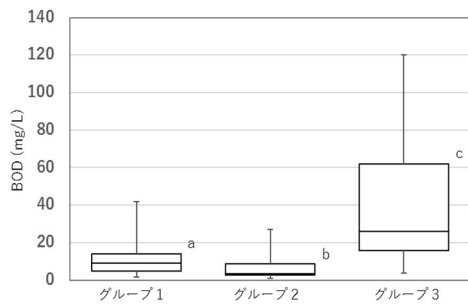


図-4 グループごとの BOD の比較

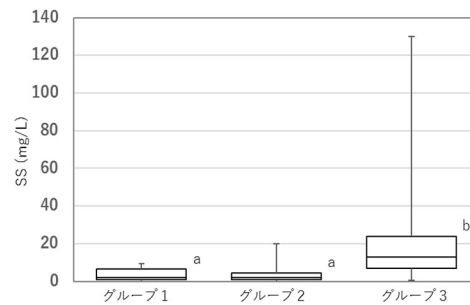


図-5 グループごとの SS の比較

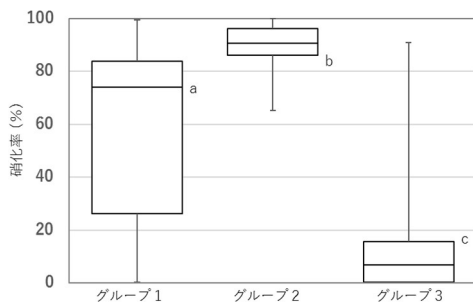


図-6 グループごとの硝化率の比較

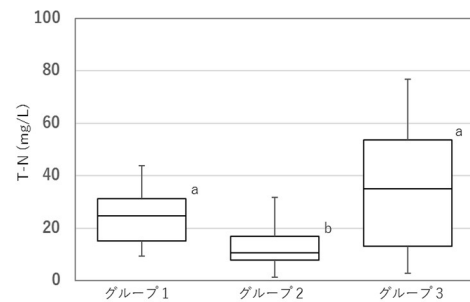


図-7 グループごとの T-N の比較

グループ 2 と 3 において有意差が確認された。処理水を嫌気槽に返送する循環機能により、脱窒が促進されて窒素が除去される⁴⁻⁵⁾が、紙面の関係で結果は割愛するが、本研究においても硝化率と T-N に負の相関があり、T-N 除去は硝化が律速因子であると推察される。

4. まとめ

既設浄化槽における大腸菌群除去特性を評価した結果、グループ 2 に該当した高度処理型浄化槽は塩素消毒前において大腸菌群数を基準値以下に低下させることが可能であり、好気槽において生物ろ過槽を有しているため BOD・SS の高度除去の他、アンモニア態窒素の硝化が進行し、T-N の高度除去が可能であることが明らかとなった。したがって、高度処理型浄化槽は塩素消毒に依存しない浄化槽として有望であり、衛生的安全性を十分に確保することが可能であると考えられる。

謝辞

本研究は、平成 29 年度浄化槽に関する調査研究助成を受けて実施した。ここに記して、謝意を表す。

参考文献

- 1) 高橋ら：大腸菌群除去に関する BOD 除去型浄化槽と窒素除去型浄化槽の比較，日本水処理生物学会誌, Vol.53, No.1, pp1-10, 2017
- 2) 社団法人全国浄化槽団体連合会：改正 浄化槽法（第 3 版），浄化槽法施行規則第 1 条の 2，放流水に係る水質基準，平成 19 年 7 月 1 日
- 3) 財団法人日本環境整備教育センター編：浄化槽用語辞典，1996 年発行
- 4) 藤村ら：小規模合併処理浄化槽の処理水性状と循環運転による窒素除去，水環境学会誌，Vol.21, No.3, pp.157-162, 1998
- 5) 石黒ら：処理水循環が浄化槽の処理水質に与える影響—多変量解析手法を用いた検討—，土木学会論文集 G, Vol.72, No.7, pp255-265, 2016