

性能評価型浄化槽におけるアンモニア性窒素の除去特性を 踏まえた既設浄化槽の窒素除去能改善技術の開発

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、高橋 直樹、久住 知裕

1. 研究背景および目的

浄化槽は、家庭から排出される汚水を処理するため個別分散処理として下水道未整備地区や浄化槽地区で活用されており、生活排水対策において重要な役割を果たしている。この中、浄化槽における処理水の実態¹⁾やBOD20mg/Lを超える処理水の改善事例²⁾が報告され、主に処理水が安定していない施設に対して報告されている。また、処理水の高度処理化を行う技術については、循環比を調整することで窒素除去を可能にしている。

これまで著者ら³⁾は、BOD除去型浄化槽の窒素除去能改善技術を実証し、硝化の促進が窒素除去能改善のために重要であることを示唆している。また硝化反応^{4) 5)}では、DOや水温⁶⁾、NH₄-N濃度⁷⁾、有機物の負荷⁸⁾、担体充填率⁹⁾が重要な因子であることが報告されている。これらを踏まえると、循環比の調整のみでの窒素除去の制御には限界があり、窒素除去を行おうとすると、その前提として硝化を促進させる必要がある。しかし、既設浄化槽において何が窒素除去を阻害しているのか調査された例は少ない。

そこで本研究は、既設浄化槽の好気槽に着目し、アンモニア性窒素と硝化細菌数、および窒素除去に係るその他の影響因子の関係を解析して、処理性能を向上させる要因を明らかにすることを目的とした。

2. 調査方法および解析方法

2. 1 調査対象浄化槽および調査期間

対象浄化槽は、宮城県内の住宅に設置している窒素除去型とし、嫌気槽に嫌気ろ床方式と好気槽に担体流動生物ろ過方式を採用した同一型式の7人槽、3施設（以下、「施設S」、「施設K」、「施設M」という。）を対象とした。調査期間は、2018年8月～2018年11月（約4か月間）にかけて調査した。

2. 2 調査方法

(1) 採水箇所および現場の水質項目

採水箇所は、嫌気槽第一室出口と好気槽処理水槽出口の2か所とした。現場の水質測定項目は、pH、水温、DOを各々測定した。なお、DOの測定は、担体流動部と生物ろ過部の2か所について実施した。

(2) 水質項目

水質項目はT-N、NH₄-N、NO₂-NとNO₃-N（以下、「NO₂₊₃-N」という。）、SS、TOC、BODを測定した。また硝化細菌数の測定は、ヤクルト社製の「検出君」を用いた。併せて担体に付着した生物膜量を把握するため、担体から剥離した膜の重量を測定した。

3. 結果および考察

3. 1 窒素除去型におけるアンモニア性窒素の除去特性

(1) 施設 S、施設 K、施設 M における硝化細菌数と処理水質の比較

各施設における硝化細菌数と生物膜量の結果を図 - 1、2 に示す。図 - 1 より、硝化細菌数において、施設 S では 8.3×10^5 数/ml・個、施設 K では 1.0×10^6 数/ml・個、施設 M では 1.1×10^6 数/ml・個を示した。図 - 2 より、生物膜量において、施設 S では 3.4mg/個、施設 K では 5.2mg/個、施設 M では 13.0mg/個を示した。各施設における硝化細菌数および生物膜量を比較した結果、施設 S、K、M のすべてに有意差は確認されなかった ($p > 0.05$)。生物膜量において、施設 S と K に対して、施設 M は有意に生物膜量が多く付着していることを確認した ($p < 0.05$)。

次に、各施設における処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ の結果を図 - 3 に示す。図 - 3 より、 $\text{NH}_4\text{-N}$ において、施設 S では 10.6 mg/L、施設 K では 7.5 mg/L、施設 M では 29.2mg/L を示した。各施設における処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ を比較した結果、施設 S と K に対して、施設 M は有意に $\text{NH}_4\text{-N}$ が高いことが認められた ($p < 0.05$)。次に、各施設における硝化率の結果を図 - 4 に示す。図 - 4 より、硝化率において施設 S では 37.0%、施設 K では 46.0%、施設 M では 11.9% を示した。各施設における処理水 $\text{NO}_{2+3}\text{-N}$ および硝化率を比較した結果、硝化率において施設 M に対して、施設 S と施設 K は有意に硝化率が高いことが認められた ($p < 0.05$)。

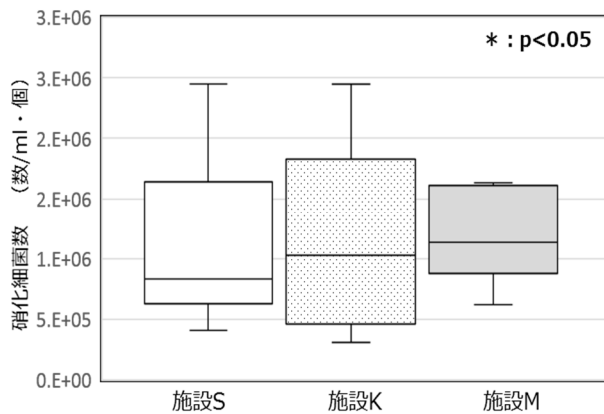


図 - 1 各施設における硝化細菌数

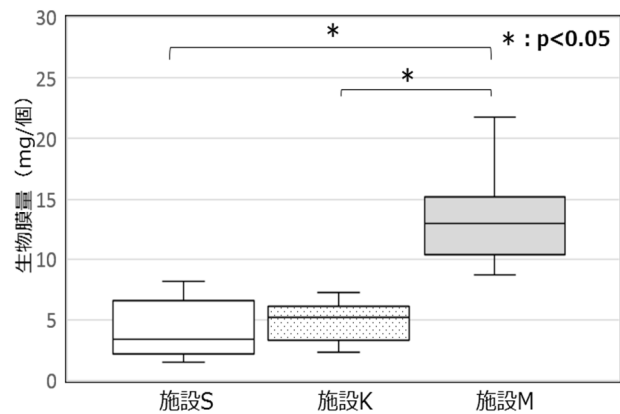


図 - 2 各施設における生物膜量

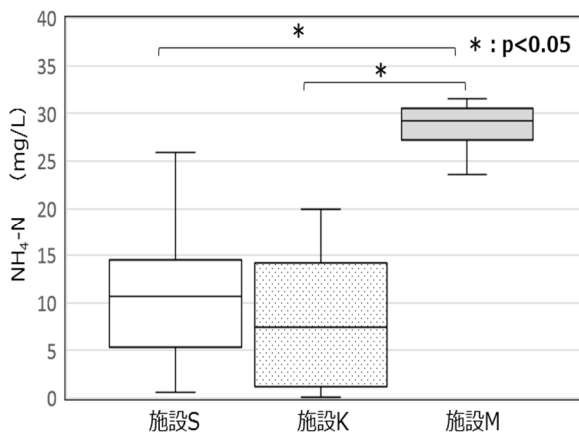


図 - 3 各施設における処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$

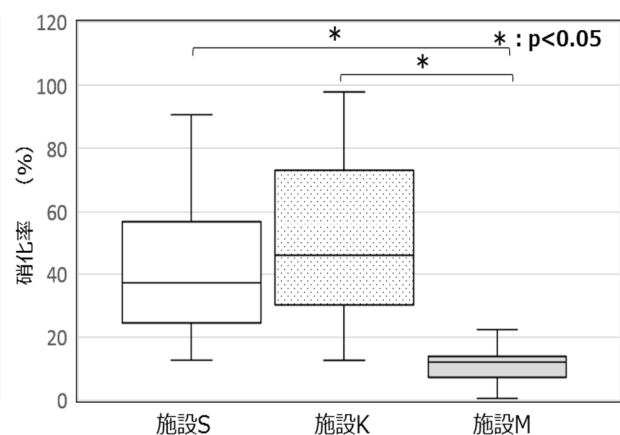


図 - 4 各施設における硝化率

(2)窒素除去型におけるアンモニア性窒素の除去特性に関する考察

施設 S、K、M において担体に付着した生物膜量が異なる結果となったことから、生物膜量に対する硝化細菌数を算出（硝化細菌数における生物膜量の商）し、3 施設における比較を行った。その結果、施設 S では 2.2×10^5 数/ml・mg、施設 K では 2.2×10^5 数/ml・mg、施設 M では 7.5×10^4 数/ml・mg を示した。生物膜量に対する硝化細菌数では、施設 M に対して施設 S と施設 K が有意に高いことが分かり ($p < 0.05$)、施設 S と施設 K には、有意差が認められなかった ($p > 0.05$)。さらに、生物膜量と硝化細菌数との相関関係を調べたところ、相関係数は 0.205 を示したが、有意差は確認できなかった ($p > 0.05$)。このことから、生物膜の付着量が必ずしも硝化細菌数を高く保持するものではないと示唆された。一方、施設 S、K、M の処理水質には明らかな差異が認められた。本研究では、対象とした施設の型式は同じであり、担体の充填量(約 65%)、送風量(80L/分)、担体の比表面積(500m²/m³)である。そのため処理水質の差異は、構造的な影響ではなく、硝化細菌の活性が硝化に影響していると考えられた。

そこで、施設 S、K、M の流動槽の DO 値と好気槽における滞留時間、水温、硝化速度について解析した結果を図 - 5、6、7、8 に示す。図 - 5 より、流動槽の DO 値において施設 S では 2.8mg/L、施設 K では 4.8mg/L、施設 M では 3.2mg/L を示し、施設 S や施設 M に対して、施設 K が有意に高い DO 値であることが認められた ($p < 0.05$)。既報¹⁰⁾では、DO の増加につれて硝化速度が顕著に増加することを明らかにしており、本研究においても、DO 値が硝化に影響していると考えられた。図 - 6 より、好気槽における滞留時間において、流入水量は3施設とも異なるので水道使用量を基に算出した結果、施設 S では 19.4h、施設 K では 28.1h、施設 M では 15.8h を示し、施設 M に対して、施設 S や施設 K が好気槽における滞留時間が有意に確保していることが認められた ($p < 0.05$)。図 - 7 より、水温において施設 S、K、M のすべてに有意な差は認められなかった ($p > 0.05$)。図 - 8 より、硝化速度において施設 S では 2.3×10^{-3} mg/L・h、施設 K では 2.4×10^{-3} mg/L・h、施設 M では 0.6×10^{-3} mg/L・h を示し、施設 M に対して、施設 S や施設 K が有意に速いことが認められた ($p < 0.05$)。

以上のことから、施設 K では DO 値は高く、滞留時間が確保されていたため、施設 S および M と比較すると硝化速度は速く、硝化が促進されたことによって、安定した窒素除去が行われていたと考えられた。

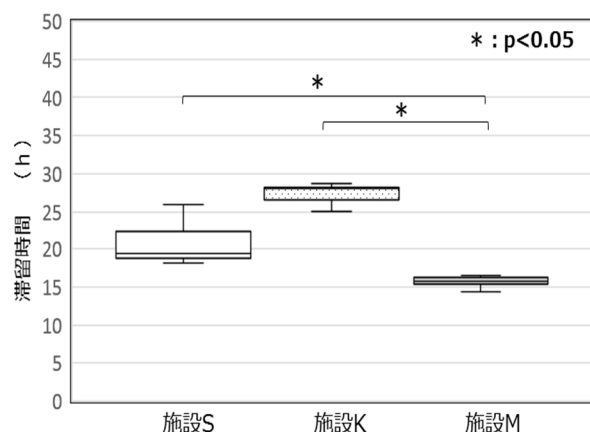
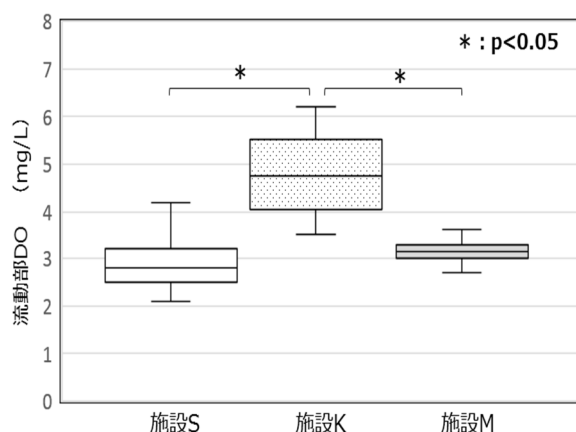


図 - 5 各施設における流動部の DO 値

図 - 6 各施設における好気槽の滞留時間

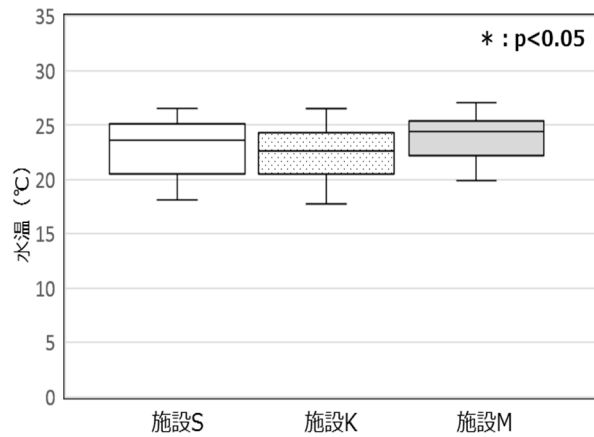


図 - 7 各施設における処理水の水温

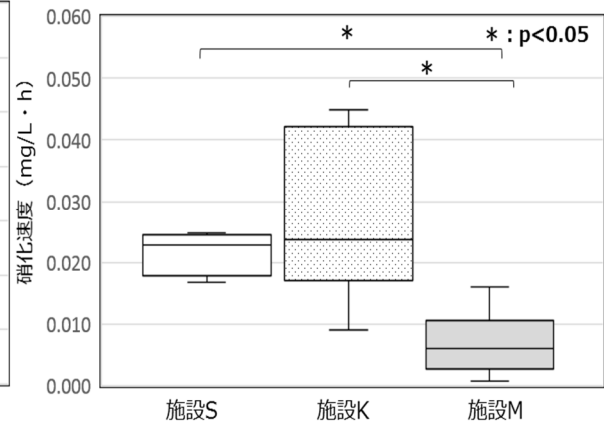


図 - 8 各施設における硝化速度

4. まとめ

アンモニア性窒素の除去特性について解析した結果、施設 K では DO 値が高く、好気槽での滞留時間が十分に確保されていたため、硝化速度は速く、硝化が促進されたことによって、窒素濃度は低下した。また、日々の維持管理においては、生物膜の付着量を高く保持させる必要はなく、DO 環境の向上と滞留時間を確保することが硝化細菌の活性をより高めるために重要であることが示唆された。

謝辞

本研究は、(公財)日本環境整備教育センターの平成 30 年度浄化槽に関する調査研究助成によって遂行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) 治多 伸介ら：農村地域における戸別合併浄化槽処理水質の実態解明、農村計画学会誌 Vol.26、特集号 (2007.12)。
- 2) 佐々木 敦ら：指定検査機関を活用した保守点検指導業務の成果と課題、月刊浄化槽、No.384、No.4、(2008)。
- 3) 佐々木 敦ら：BOD 除去型浄化槽における有機物・窒素の高度処理技術に関する研究、第 32 回 全国浄化槽技術研究集会 講演要旨集 (2018)。
- 4) 芳倉 太郎ら：生物学的硝化脱窒法による排水の高度処理、生活衛生、Vol.43、No.2、pp49-64 (1999)。
- 5) 古市 昌浩ら：日本製浄化槽の海外適用化に関する設計手法の検討と処理性能の検証、土木学会論文集 G (環境)、Vol.74、No.7、pp.III_9III_18 (2018)。
- 6) 稲森 悠平ら：生物学的排水処理における硝化活性および N₂O 生成速度に及ぼす水温および窒素負荷の影響、水環境学会誌、Vol.24、No.2、pp.97-102 (2001)。
- 7) 府中 裕一：生物膜ろ過法における下水の高度処理 - BOD 除去と NH₄-N の硝化の競合関係 -、環境技術、Vol.19、No.5 (1990)。
- 8) 長坂 實上ら：活性汚泥法において有機物負荷が硝化速度に及ぼす影響、環境技術、Vol.27、No.4 (1998)。
- 9) 野田 尚宏ら：包括型および付着型 PEG 担体で固定した硝化細菌の抗原抗体法による挙動解析、日本水処理生物学会誌、No.37、Vol.2、pp.77-86 (2001)。
- 10) 藤田 昌史ら：都市下水処理施設における細胞数あたりの最大硝化速度の変動とその要因、水環境学会誌、Vol.30、No.12、pp.723-729 (2007)。