

BOD 除去型浄化槽における 有機物・窒素の高度処理化技術に関する研究

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
○佐々木 敦 高橋 直樹 久住 知裕

1. はじめに

富栄養化の問題、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素による地下水汚染の問題等、窒素による水環境汚染の問題は深刻化しており、浄化槽においても有機物に加え窒素の除去が望まれている。これまでに著者らは、好気槽に担体流動生物ろ過方式を用いている構造では、処理水を BOD20mg/L 以下に保っているが、アンモニア性窒素の蓄積¹⁾²⁾を確認している。一方、処理水が BOD20mg/L を超過する担体流動生物ろ過方式を用いた浄化槽に対して改善事例³⁾が報告されている。この運転技術は送風機の風量を上げずに、担体流動生物ろ過方式の生物ろ過部をばっ気することで DO を確保し、好気処理を促進する方法である。この運転技術は有機物除去に効果があると認められているが、負荷が高い施設に適用した報告であり、通常負荷の施設に適用した場合に高度な処理が確保できるかまでは検討されていない。

そこで、BOD 除去型浄化槽の高度処理化技術として、担体流動生物ろ過方式における生物ろ過部をばっ気する構造改善（以下：「底部ばっ気」）を検討した。さらに底部ばっ気を維持しながら好気槽上部に担体を充填した構造改善（以下：「担体充填」）も検討した。

2. 調査概要

（1）調査対象浄化槽および調査方法

宮城県内に設置されている BOD 除去型 10 基を対象とし、通常の負荷と考えられる人員比 1.0 以下を対象とした。運転状況を表 - 1 に示す。維持管理要領書に従った通常の運転（以下：「対照群」）、底部ばっ気、底部ばっ気を維持しながら担体を充填した構造改善を約 1 ヶ月間行った。なお、j 施設に対しては、運転変更を行わず、通常の運転における処理水の経過を観察した結果、平均 TOC27.2mg/L、平均 T-N57.1mg/L、平均 NH₄-N50.9mg/L であり、期間を通じて大きな差が認められなかった。

表-1 運転状況

施設名	人員比	運転期間と運転状況		
		約1カ月	約1カ月	約1カ月
A	0.57	通常運転 (以下:「対照群」)	底部ばっ気	底部ばっ気 と 循環比の増加 (以下:「循環調整」)
B	0.57			
C	0.86			
D	0.71			
E	0.71	通常運転 (以下:「対照群」)	底部ばっ気	底部ばっ気 と 担体充填 (以下:「担体充填」)
F	0.86			
G	0.43			
H	0.86	通常運転 (以下:「対照群」)	底部ばっ気	—
I	1.00			
J	0.71	通常運転(Contral)		

（2）採水箇所および水質項目

採水箇所は図-1 に示すとおり、嫌気槽第一室出口と好気槽処理水槽出口の 2 カ所で行った。採水はおおむね 1 週間間隔で行い、その週の平日に採水を 2 回（2 回/週）行った。

水質項目は、TOC、T-N、NO₂-N+NO₃-N（以下：「NO_x-N」）、NH₄-N、pH、DO、ORP を測定し、処理水のみ BOD を測定した。なお、BOD に関しては、処理水の BOD 達成状況の確認のため、運転期間中に 1～2 回程度分析を行った。また、充填した担体について調査終了後、硝化細菌の測定および顕微鏡観察を行った。

(3) 解析手法

対照群、底部ばっ気、担体充填において、処理水質に差があるか確認するため、Kruskal-Wallis 検定を行った後、joint Wilcoxon による多重比較を行った。また、二群間の比較には、Wilcoxon の順位和検定を行った。なお、統計的有意差の水準には 5% 値（以下；「 $p < 0.05$ 」）を採用した。

3. 結果および考察

(1) 対照群と底部ばっ気の比較について

対象施設とした 9 基における対照群と底部ばっ気の処理水を比較した結果を図-2 に示す。その結果、TOC、T-N、NH₄-N とともに有意に低下することが認められた ($p < 0.05$)。既往の研究³⁾ 同様、有機物の除去が確認され、本研究においては同時に窒素の除去まで確認された。また図-3 より、好気槽底部における DO 値は、対照群では 0.1mg/L、底部ばっ気では 1.4mg/L を示し、底部ばっ気の DO が有意に高いことが認められた ($p < 0.05$)。一方、生物ろ過部をばっ気したことにより、SS の捕捉への影響が考えられたが、SS 除去率は、対照群で 70.1%、底部ばっ気で 64.1% と有意差は確認されなかった ($p > 0.05$)。これらのことから、底部ばっ気することで SS 除去性能に影響なく処理水を高度処理できることが確認された。なお、底部ばっ気により、十分に有機物除去されていることから、以降の解析においては窒素に着目した。

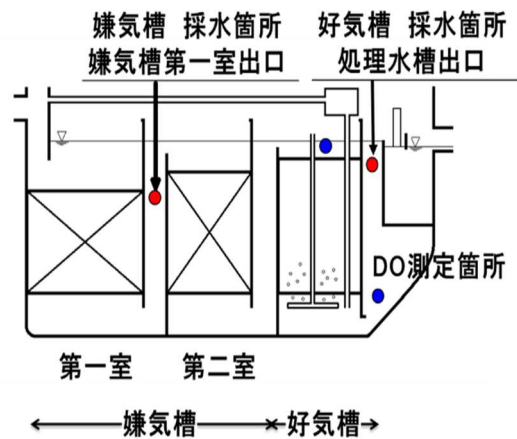


図-1 採水箇所

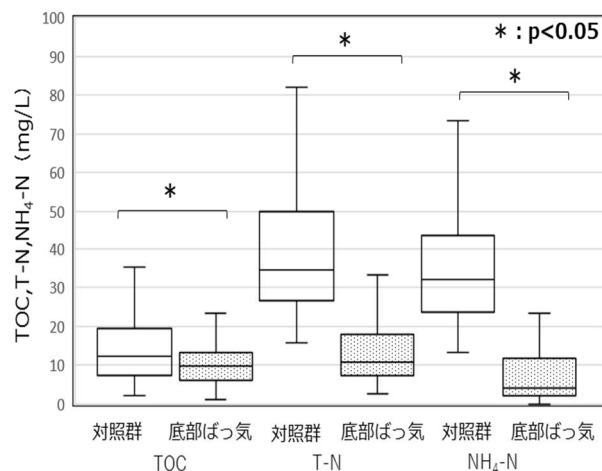


図-2 対照群と底部ばっ気における処理水 TOC、T-N、NH₄-N の比較

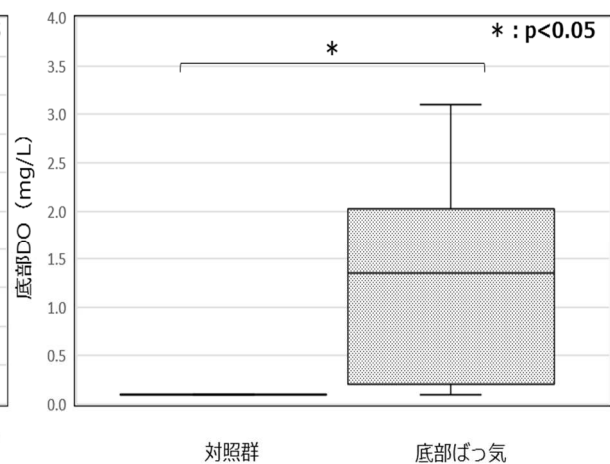


図-3 対照群と底部ばっ気における処理水底部 DO の比較

(2) 対照群、底部ばっ気、循環調整の比較について

対照群と底部ばっ気、循環調整を行った結果を図-4に示す(対象施設 n=4)。底部ばっ気のみの場合と比較して循環比を約3Qから約6Q程度に倍増してもT-Nに有意差は確認されなかった(p>0.05)。その要因として嫌気槽の脱窒の低下が考えられたことから、嫌気槽のNO_x-Nについて比較した結果、循環比を増加したことで嫌気槽での濃度が有意に高かった(p<0.05)。一方図-5より、好気槽のNH₄-Nを比較した結果、循環比を増加したことにより、NH₄-N濃度が低下したことを確認した(p<0.05)。このことから、循環比を増加することで硝化は促進したものの、嫌気槽での脱窒が不十分となったと考えられた。

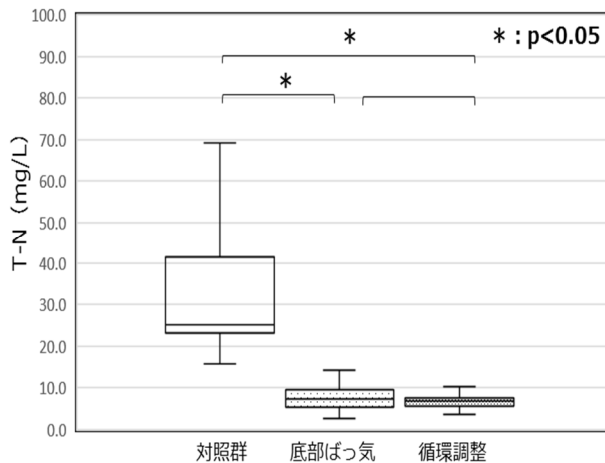


図-4 対照群と底部ばっ気、循環調整における処理水 T-N の比較

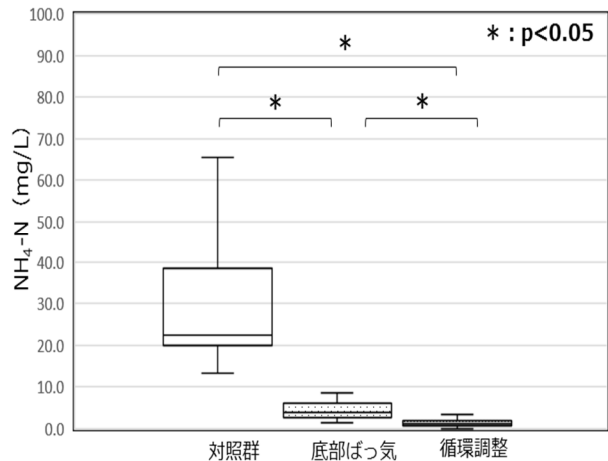


図-5 対照群と底部ばっ気、循環調整における処理水 NH₄-N の比較

(3) 対照群、底部ばっ気、担体充填の比較について

対照群と底部ばっ気、担体充填における処理水 T-N の結果を図-6に示す(対象施設 n=3)。対照群、底部ばっ気、担体充填の処理水 T-N を比較した結果、有意に低下することが認められ(p<0.05)、底部ばっ気のみよりも担体充填を組み合わせることで窒素除去が進むことが分かった。伊与ら⁴⁾は、比表面積が大きくなると BOD 除去率が上がることを報告しており、本研究においては、有機物が十分に除去されていたため、担体の総表面積が増加したことにより、担体当たりの負荷が低減したことで硝化が促進された可能性が考えられる。そこで、底部ばっ気のみと担体充填における処理水質の NH₄-N を比較した結果を図-7に示す。その結果、NH₄-N 濃度が底部ばっ気と比較して有意に低いことが認められた(p<0.05)。一方、NO_x-N 濃度は底部ばっ気と比較して高い傾向が認められたが、有意差は無かった(p>0.05)。三島ら⁵⁾は、硝化細菌は付着担体の存在により増殖を示しており、井上ら⁶⁾は、充填した紐状接触材の効果は、特に窒素除去能の向上に現れたことを明らかにしている。すなわち、担体充填によって硝化が促進されたことで窒素除去が進んだことが示唆され、本研究における構造改善は BOD 除去型の高度化に適用できる技術であると考えられた。なお、付着性微小動物⁷⁾が SS の除去に貢献することが知られており、本実験終了後に充填担体に付着した生物膜を顕微鏡観察した結果、*Rotaria* 属や *Philodina* 属の輪虫などの微小後生動物、*Aeolosoma* 属などの環形動物が確認された。

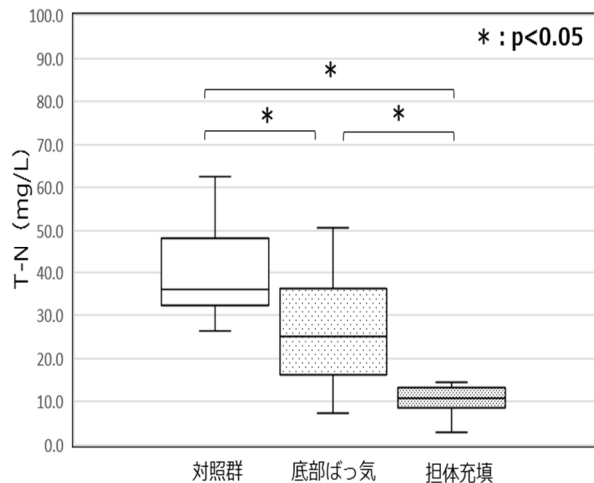


図-6 対照群と底部ばっ気，担体充填
における処理水 T-N の比較

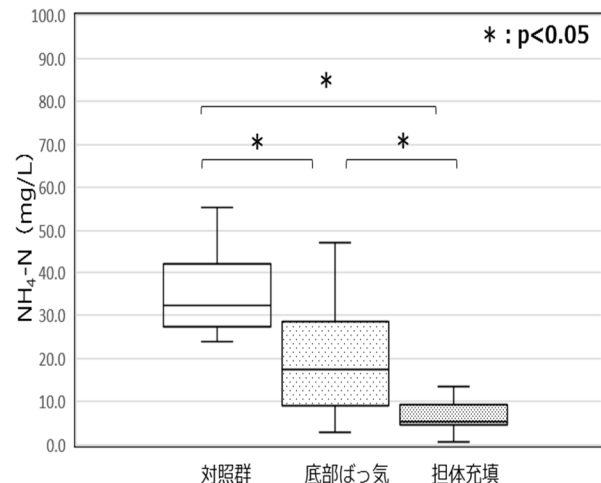


図-7 対照群と底部ばっ気，担体充填
における処理水 NH₄-N の比較

4. まとめ

BOD 除去型浄化槽を用いた、担体流動生物ろ過方式における底部ばっ気および好気槽上部への担体の充填によって高度処理技術を検証した結果、以下の知見が得られた。

- 1) BOD 除去型浄化槽の処理水質を窒素除去型浄化槽の処理レベルまで高度処理化できることが明らかになった。
- 2) 対照群である通常ばっ気と比較して、底部ばっ気は有機物除去と硝化の促進が認められた。この要因として、好気槽底部の DO 値を上昇させることで生物ろ過部の好気処理が進んだためと考えられた。
- 3) 底部ばっ気を行いながら循環比を増加させた結果、窒素濃度の低下には繋がらなかった。この要因として、好気槽では硝化が促進されるものの、嫌気槽での脱窒が窒素除去の制限因子となったことが分かった。
- 4) 底部ばっ気と担体充填した結果、硝化促進および窒素除去が認められた。この要因として、充填担体には硝化細菌が付着して硝化活性を高めるためであることが分かった。

謝辞

本研究の一部は、平成 30 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、謝意を表する。

参考文献

- 1) 佐々木 敦ら：第 30 回全国浄化槽技術集会 講演要旨集 pp.82-86 (2016)
- 2) 高橋 直樹ら：日本水処理生物学会誌 Vol.53 No.1 pp.1-10 (2017)
- 3) 佐々木 敦ら：月間浄化槽 No.384 pp.33-39 (2008 年 4 月号)
- 4) 伊与 亨ら：水質汚濁研究 第 14 巻 第 6 号 pp.400-403 (1991)
- 5) 三島 浩二ら：水環境学会誌 Vol.21 No.4 pp.237-243 (1998)
- 6) 井上 充ら：水環境学会誌 Vol.22 No.10 pp.839-844 (1999)
- 7) 丁 国際ら：日本水処理生物学会誌 第 39 巻 第 3 号 pp.119-129 (2003)