

せせらぎ水路用水を浄化する 干満流人工湿地のスタートアップ性能

日本大学 学生会員 ○平井 伸和
日本大学 正会員 中野 和典

1. 研究背景と目的

下水を再生処理した下水再生水が公園の親水空間であるせせらぎ水路用水として多く用いられている¹⁾。しかし、下水処理水をさらに高度処理するために多額の費用がかかっており、そのコストが課題となっている¹⁾。これに対し、福島県須賀川市にある翠ヶ丘公園では、再生処理した公園内の池の水がせせらぎ水路用水として用いられている。その再生処理には、わが国で初めて干満流人工湿地が導入されている。人工湿地は優れた水質浄化性能を有した半自然的な水処理システムであり、従来の水処理方法と比較すると運用が容易で、かつ安価な水処理が可能であり、水処理の脱炭素化を実現する方策としても期待されている。本研究では、せせらぎ水路用水を浄化する干満流人工湿地のスタートアップから半年間の水処理性能を検証した。

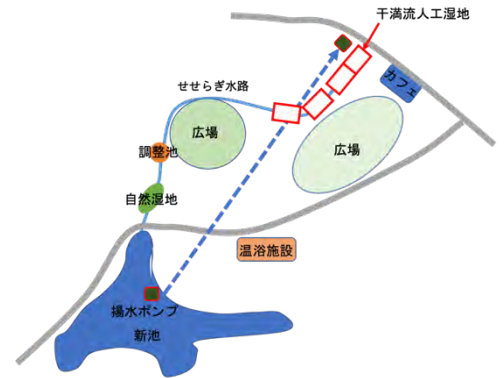


図-1 せせらぎ水路浄化システム

2. 調査対象とした干満流人工湿地と調査方法

翠ヶ丘公園のせせらぎ水路用水浄化システムの全体概要を図-1に示す。揚水ポンプにより汲み上げられた池水(写真-1)は、1段目の干満流人工湿地(写真-2)に流入し、4段の干満流人工湿地での処理を経てせせらぎ水路を自然流下し、調整池と自然湿地を経て池に戻る流れである。せせらぎ水路用水浄化システムの稼働に要する動力は、池水を揚水するポンプと、干満流人工湿地内の水位をコントロールする電磁バルブの稼働に要する動力のみである。4段の人工湿地のろ床面積及びろ床厚は、それぞれ 12m^3 及び 0.6m である。ろ材は、1段目が砕石、2段目はゼオライト、3段目はゼオライト及び木炭、4段目は木炭を使用した。池水は、25分ごとに1段目の干満流人工湿地に流入し1日の処理水量は、約 215m^3 である。これらの干満流人工湿地のスタートアップ性能を評価するため、稼働を開始した2022年7月から12月までの6ヶ月間、月2回の頻度で池水、各段の流入水及び処理水、自然湿地からの流出水を採水し、 COD_{Cr} 、 BOD 、全窒素(T-N)、全リン(T-P)、色度、大腸菌、大腸菌群、SS、VSS、を測定した。



写真-1 せせらぎ水路用水源である池水の様子



写真-2 翠ヶ丘公園に導入された干満流人工湿地の様子

3. 結果と考察

3.1 干満流人工湿地の有機物除去性能

干満流人工湿地が稼働を開始した2022年7月から12月までの6ヶ月間の浄化システムにおける平均水質を表-1に示す。

キーワード：干満流人工湿地、せせらぎ水路、再生水

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学工学部土木工学科 環境生態工学研究室

有機物に関わる水質項目に着目すると、全有機物量の指標である COD_{Cr} の池水濃度は 18.8mg/L であったが、4 段の干満流人工湿地により徐々に濃度が低下し、4 段目の流出水では 10.2mg/L となり、4 段の干満流人工湿地による除去率は 46% であった。しかし、その下流にある自然湿地を経ると 12.4mg/L となり、自然湿地での有機物の増加が認められた。

生物易分解性有機物の指標である BOD では、池水濃度が 6.1mg/L であったのに対し、4 段目の干満流人工湿地の流出水では 4.9mg/L であり、除去率は 19.4% と COD_{Cr} よりも除去性能が低いことが明らかとなった。

SS 中に含まれる有機物の指標である VSS では、池水濃度 9.3mg/L に対し、4 段目の干満流人工湿地の流出水では 1.1mg/L であり、除去率は 88.4% と非常に高い値であった。これらの結果より、干満流人工湿地は特に VSS の除去に大きな効果があることが明らかとなった。

3.2 干満流人工湿地の栄養塩除去性能

富栄養化の指標である T-N 及び T-P に着目すると、T-N の池水濃度は 0.6mg-N/L であり、4 段目の干満流人工湿地の流出水では 0.4mg-N/L となり、4 段の干満流人工湿地による除去率は 31.9% であった。これに対し T-P では、池水濃度 0.08mg-P/L に対し、4 段目の干満流人工湿地の流出水は 0.09mg-P/L と増加し、4 段の干満流人工湿地による除去作用は確認できなかった。しかし、自然湿地を経ると 0.06 mg-P/L と T-P 濃度は低下しており、自然湿地が T-P の除去に一定の効果があることが明らかになった。

3.3 せせらぎ水路用水に要求される水質項目に対する浄化性能

親水用水として用いられる再生水の基準に関連する水質項目である色度と大腸菌に焦点を当てると、池水の色度は 8 度であり 4 段目の干満流人工湿地の流出水では 7 度であった。親水用水としての再生水の基準では色度 10 度以下が求められており、4 段の干満流人工湿地の処理水はこれを満たしていた。

一方、大腸菌は池水及び 4 段目流出水で検出されなかった。再生水の基準では、大腸菌不検出が求められており、池水自体がこれを満たしていた。これらの結果より、干満流人工湿地で再生処理された池水が、せせらぎ水路用水としての基準を満たしていることを確認することができた。

4.まとめ

本研究では、わが国で初めての事例であるせせらぎ水路用水を浄化する干満流人工湿地のスタートアップ性能を検証した。その結果、干満流人工湿地が特に VSS の除去に有効であることが明らかとなった。池水には植物プランクトンが含まれており、今後は VSS の正体が植物プランクトンであるか否かを確認する必要がある。BOD、窒素及びリンの除去性能は低いレベルであったが、干満流人工湿地で再生処理された池水は、せせらぎ水路用水としての基準は満たしていた。人工湿地に植栽した植物やろ床の微生物が定着することで、今後どのように水質浄化性能が変化するかを確認する必要がある。

5.参考文献

1)小崎敏弘(1999):黒部市における高度処理水の再利用について(アクアパーク整備事業)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/rpsj1986/46/2/46_2_99/_pdf/-char/ja

表-1 浄化システムにおける水質の変遷

| 水質項目 | | n=12 | | | | | |
|-------------------|---------------|------|------|------|-------|------|-------|
| | | 池水 | 1段目 | 2段目 | 3段目 | 4段目 | 自然湿地 |
| COD _{Cr} | 平均濃度 (mg/L) | 18.8 | 16.1 | 12.9 | 11.3 | 10.2 | 12.4 |
| | 標準偏差 (±) | 9.0 | 6.8 | 7.9 | 6.3 | 4.1 | 7.1 |
| | 積算除去率 (%) | | 14.6 | 31.4 | 40.3 | 46.0 | 34.1 |
| BOD | 平均濃度 (mg/L) | 6.1 | 5.1 | 3.8 | 4.5 | 4.9 | 4.5 |
| | 標準偏差 (±) | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 3.0 | 3.0 | 2.5 |
| | 積算除去率 (%) | | 16.1 | 37.8 | 26.9 | 19.4 | 26.7 |
| SS | 平均濃度 (mg/L) | 10.8 | 6.8 | 7.9 | 5.3 | 4.9 | 12.2 |
| | 標準偏差 (±) | 9.1 | 3.4 | 1.4 | 1.0 | 1.0 | 3.3 |
| | 積算除去率 (%) | | 36.8 | 27.2 | 50.9 | 54.6 | -12.6 |
| VSS | 平均濃度 (mg/L) | 9.3 | 3.2 | 3.9 | 1.5 | 1.1 | 2.6 |
| | 標準偏差 (±) | 7.5 | 3.7 | 1.0 | 0.8 | 0.2 | 1.0 |
| | 積算除去率 (%) | | 66.1 | 58.7 | 83.7 | 88.4 | 72.6 |
| T-N | 平均濃度 (mg-N/L) | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 |
| | 標準偏差 (±) | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| | 積算除去率 (%) | | 1.0 | 28.6 | 17.9 | 31.9 | 32.3 |
| T-P | 平均濃度 (mg-P/L) | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.09 | 0.06 |
| | 標準偏差 (±) | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.06 | 0.04 |
| | 積算除去率 (%) | | 10.0 | 21.3 | 34.6 | -3.1 | 23.7 |
| 色度 | 平均濃度 (度) | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 9 |
| | 標準偏差 (±) | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 6 |
| | 積算除去率 (%) | | -9.1 | 12.1 | 13.6 | 15.1 | -7.2 |
| 大腸菌群数 | 平均濃度 (mg/L) | 110 | 120 | 150 | 145 | 96 | 132 |
| | 標準偏差 (±) | 89 | 106 | 73 | 74 | 52 | 88 |
| | 積算除去率 (%) | | -9 | -37 | -31.9 | 12 | -20 |
| 大腸菌 | 平均濃度 (mg/L) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 標準偏差 (±) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 積算除去率 (%) | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |