

ろ床厚と処理段数が干満流と水平流を組み合わせた人工湿地の 下水浄化性能に及ぼす影響

日本大学 学生会員 ○中平 皓介
 日本大学大学院 非会員 吉野 謙司
 日本大学 正会員 中野 和典
 AW エンジニアリング株式会社 非会員 谷口 崇至

1. 研究背景及び目的

人工湿地は高い水質浄化性能を有した半自然的な汚水処理システムである。汚水中の汚濁物質はろ床に浸透する過程で、ろ材によるろ過作用や吸着作用によりろ床内に濃縮され、微生物によって時間をかけて分解される仕組みである。従来の研究により人工湿地の水質浄化性能がろ床厚の影響を受けることが明らかとなっている。本研究では、干満流と水平流を組み合わせた人工湿地のろ床厚と処理段数が下水浄化性能に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、ろ床厚が異なる人工湿地の下水処理性能を比較するとともに処理段数は異なるがろ床体積が同一の人工湿地の下水処理性能を比較した。

2. 実験方法

郡山市の湖南浄化センター内にあるパイロットスケールの3段の人工湿地のA及びD区を調査対象とした。1段目の人工湿地はA及びD区で共通あり、2段目の以降の人工湿地は別れている。A区の2、3段目の人工湿地のろ床厚は60cmであるのに対し、D区の2段目のろ床厚は120cmであり、共にゼオライトをろ材として使用している。2021年7月より、A区の2、3段目及びD区のろ床の上半分に干満流を、下半分に水平流を導入し、2022年7月までの下水浄化性能を評価した。各段の処理水を毎月2回採水し、BOD、全窒素(T-N)、亜硝酸態窒素(NO₂-N)、硝酸態窒素(NO₃-N)、アンモニア態窒素(NH₄⁺-N)、全リン(T-P)、大腸菌及び大腸菌群の濃度を測定した。

3. 結果と考察

3.1 下水浄化性能に及ぼすろ床厚の影響

干満流と水平流を導入して下水処理を実施した2021年7月から2022年7月までの13ヶ月間のA区及びD区の下水浄化性能を図-1に示す。A区の2段目のろ床厚は60cmであり、D区の2段目のろ床厚は120cmであることから、両区の2段目処理水を比較することで、ろ床厚が下水浄化性能に及ぼす影響を評価した。BOD除去率は、A及びD区でそれぞれ99.3及び99.9%と、どちらも極めて高く、両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった(P>0.05)。NH₄⁺-N除去率は、A及びD区でそれぞれ99.1及び99.6%であり、BODと同様に両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった(P>0.05)。これらの結果より、ろ床厚が120cmと厚くても、ろ床の上半分に干

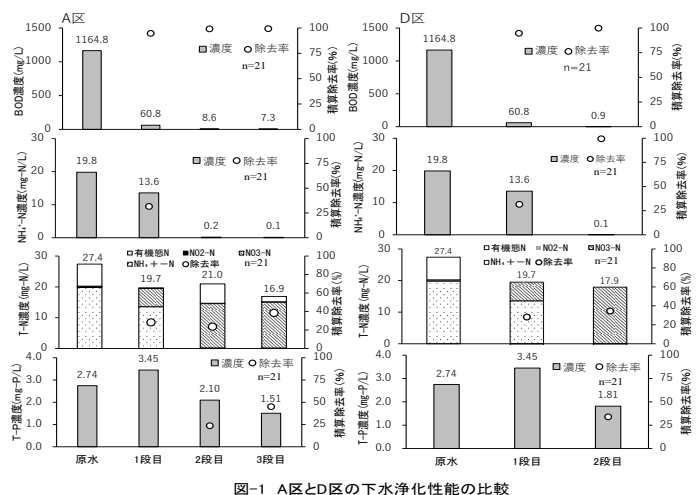


図-1 A区とD区の下水浄化性能の比較

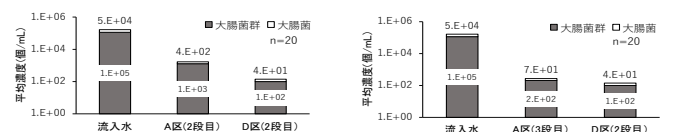


図-2 A区とD区の大腸菌・大腸菌群の比較

キーワード：下水処理、干満流人工湿地、ろ床厚、処理段数

〒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

満流を導入することで、問題なく好気処理を強化できることが明らかとなった。

T-N 除去率に着目すると、A 及び D 区でそれぞれ 23.5 及び 34.6%であり、D 区の除去率が A 区を上回ったが、両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。原水 BOD の 94.8%が 2 段目ろ床に流入する前に除去されていたことから、両区とも脱窒に必要な有機物が 2 段目ろ床の下半分の嫌氣的な環境に届かず、有機物不足により脱窒が制限されたことが推察された。T-P 除去率は、A 及び D 区でそれぞれ 23.6 及び 33.9%であり、T-N と同様に、D 区の方が高い値となったが両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。これら結果より、T-N 及び T-P の除去性能に及ぼす床厚の影響は小さいが、ろ床厚が厚い方が有利であることが示唆された。

A 及び D 区の大腸菌及び大腸菌群の平均値を図-2 に示す。流入水の大腸菌の平均値 5.0×10^4 個/mL に対し、A 区及び D 区の処理水の平均値はそれぞれ 3.9×10^2 及び 4.2×10^2 個/mL であり、両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。大腸菌群では、流入水の平均値 1.1×10^5 個/mL に対し、A 区及び D 区でそれぞれ 1.3×10^3 及び 1.0×10^3 個/mL と同等であり、両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。これらの結果から、干満流と水平流を組み合わせた人工湿地における大腸菌及び大腸菌群の除去性能はろ床厚の影響を受けないことが明らかとなった。

3.2 下水浄化性能に及ぼす処理段数の影響

A 区の処理段数は 3 段であり、D 区の処理段数は 2 段であるが、D 区 2 段目のろ床厚は A 区 2、3 段目のろ床厚の 2 倍であり、ろ床体積の合計は等しい。従って A 区 3 段目と D 区 2 段目の処理水を比較することで、処理段数は異なるが、ろ床体積は同一である場合の下水浄化性能を比較することになる。図-1 に示すように、BOD 除去率は、A 及び D 区でそれぞれ 99.4 及び 99.9%と、どちらも極めて高く、両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。NH₄⁺-N 除去率は、A 及び D 区ではそれぞれ 99.3 及び 99.6%であり、BOD と同様に両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。これらの結果より、処理段数が少なくても、ろ床の上半分に干満流を導入することで、問題なく好気処理が強化され、処理段数の影響は無視できることが示された。

T-N 除去率は、A 及び D 区でそれぞれ 38.3 及び 34.6%であり、A 区の除去率が D 区を上回ったが、両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。A 及び D 区のグラフの窒素成分の内訳に着目すると、A 区では有機態 N が残存していたのに対し、D 区では消失していたことから、ろ床厚が厚い D 区の方が有機態 N の分解が進行していたことが分かった。T-P 除去率は、A 及び D 区でそれぞれ 45.0 及び 33.9%であり、T-N と同様に A 区の方が高い値となったが、両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。これらの結果より、T-N 及び T-P の除去性能に及ぼす処理段数の影響は小さいが、処理段数の多い方が有利であることが示唆された。

A 及び D 区の大腸菌及び大腸菌群の平均値を図-2 に示す。流入水の大腸菌の平均値 5.0×10^4 個/mL に対し、A 及び D 区の処理水の平均値はそれぞれ 6.7×10^2 及び 4.2×10^2 個/mL であり、両区間の流出濃度に統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。大腸菌群では、流入水の平均値 1.1×10^5 個/mL に対し、A 及び D 区の処理水の平均値は 2.1×10^2 及び 1.0×10^2 個/mL と同等であり、統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。これらの結果から、干満流と水平流を組み合わせた人工湿地では、処理段数は異なっても、ろ床体積が同一であれば、大腸菌及び大腸菌群の除去性能は同等となることが明らかとなった。

4.まとめ

ろ床厚が異なる 2 つの人工湿地の下水浄化性能の比較により、ろ床厚が厚くてもろ床の上半分に干満流を導入することで、問題なく好気処理を強化できることが明らかとなった。T-N 及び T-P 除去性能に対するろ床厚の影響は小さいが、ろ床厚が厚い方が有利であることが示唆された。大腸菌及び大腸菌群の除去性能はろ床厚の影響を受けないことが明らかとなった。処理段数が異なるがろ床体積が同一の 2 つの人工湿地の比較により、ろ床の上半分に干満流を導入することで、問題なく好気処理を強化できることが明らかとなった。T-N 及び T-P 除去性能に対する処理段数の影響は小さいが、処理段数の多い方が有利であることが示唆された。処理段数は異なっても、ろ床体積が同一であれば、大腸菌及び大腸菌群の除去性能は同等となることが明らかとなった。