

人工湿地の水質浄化性能に及ぼすろ床高の影響

日本大学工学部 学生会員 ○岩瀬 慎太郎
日本大学工学部 武田 文彦
日本大学工学部 谷口 崇至
日本大学工学部 正会員 中野 和典

1.はじめに

人工湿地システムの全工事費用に占めるろ床工事の割合は全体の約半分である。人工湿地のスケールにコストが最も大きく依存するのはろ床である。そのコスト低減には、ろ床体積のダウンスケールが有効であるが、それにより人工湿地の排水処理性能が低下しては意味が無くなってしまふ。本研究では、異なるろ床高条件でカラム試験を行い、ろ床体積のダウンスケールが水質浄化性能に及ぼす影響を調べた。

2.実験概要

人工湿地のろ床を想定し、図 1 に示すようなろ床高の異なるカラムで実験を行った。ろ床高は、一般的に人工湿地で採用されている 60cm とろ床体積を 6 分の 1 とした 10cm とした。ろ材は、人工湿地での実績がある火山レキ(粒径 0-7mm)とした。また、ろ材流出防止のため、ろ材の下に砂利を 10cm 敷き詰めた。ろ床体積のダウンスケールが水質浄化性能に及ぼす影響を調べるため、養豚糞尿排水を流入水とした浄化実験を行った。実際の人工湿地の日平均水面積負荷($2.04 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)を想定し、80ml の養豚糞尿排水を約 12 時間毎に投入する浄化実験を 60 日間継続し、ろ床による処理水質の違いを比較した。

3.実験結果及び考察

3.1 ろ床高が及ぼす物理的除去作用への影響

図 2 に示されるように実験開始から 14 日までの COD 除去率は、ろ床高 10cm では約 50%、ろ床高 60cm では約 80%であり、ろ床高による影響が現れている。しかし、28 日からは除去率がどちらも約 80%になり、ろ床高による影響は無くなった。さらにその後、どちらも除去率が約 90%にまで上昇した。ろ床高による影響が見られなくなったのは、ケーキろ過による COD 除去が行われているためと予想された。

図 3 に SS の結果を示す。ろ床高 60cm での除去率が実験期間を通してほぼ 100%であるのに対し、ろ床高 10cm での除去率は、14 日後には約 50%以下にまで低下した。これはろ床高の影響が表れたためと考えられ、SS の除去にもある程度のろ床高が必要であることを示している。21 日には高い SS 濃度が流入したにもかかわらず、ろ床高 10cm、60cm ともに高い除去率が得られた。これはろ床表層に SS が堆積してろ過作用を發揮するのに十分なケーキ層が生成したためと考えられ、これによりその後のろ床高 10cm の除去性能が改善されたと考えられた。このようにろ床高に関係なく表層にケーキ層が形成され、SS がケーキ層で除去されるようになり、ろ床高による影響が無くなったと考えられた。

TS は $0.45\mu\text{m}$ 以下の粒子も含めた懸濁物質濃度である。図 4 に示す TS 濃度を見ると、7 日ではろ床高 60cm がほぼ 100%なのに対し、ろ床高 10cm は約 60%でありろ床高の影響が現れた。しかし、14 日の時点でどちらも除去率が約 40%になっており、ろ床高による影響は無くなった。ケーキ層が機能し始めたと予想される 21 日以降では除去率が上昇し、どちらも最終的に約 80%にまで増加している。このことから、ケーキ層の形成により TS の除去であつてもろ床

キーワード: 人工湿地、ダウンスケール、ろ床高、火山レキ、ケーキ層

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

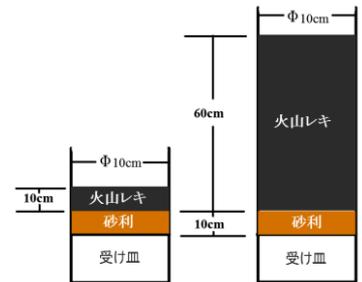


図 1 実験装置の概略

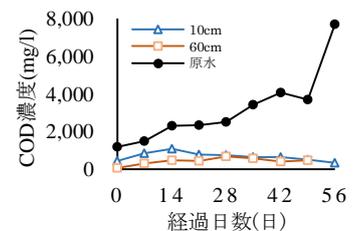


図 2 COD 濃度の比較

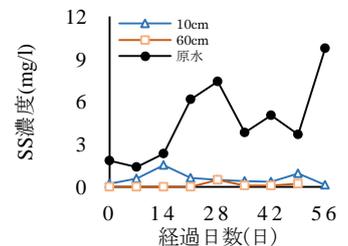


図 3 SS 濃度の比較

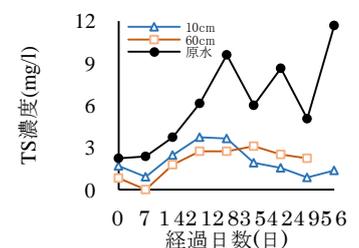


図 4 TS 濃度の比較

の影響が無くなるのが分かった。また、除去率が増加するのは、TS の蓄積によりケーキ層のふり分け作用が増加するためと考えられた。

3.2 ろ床高が及ぼす窒素除去性能への影響

TN 濃度の結果を図 5 に示す。実験開始直後には、どちらのろ床高でも 60% 程度の除去率が達成できていたが、14 日では TN はほとんど除去されなくなり、ろ床高 10cm では原水よりも高い濃度が検出されている。これは、実験開始後からろ床内に蓄積した窒素成分の流出が生じたためと考えられた。しかし 49 日以降は、どちらのろ床高でも処理水の濃度が原水の濃度を明らかに下回っており、ろ床内において脱窒が生じたことが考えられた。このことから人工湿地では窒素を実質的に除去できるようになるまで 2 ヶ月近くかかることが示唆された。また、実験開始直後に見られたろ床高 10cm と 60cm の TN 除去性能の差は、脱窒が始まるころには見られなくなっており、ろ床高による影響が無くなるのが分かった。

図 6 に示されるように NH₄-N の濃度を見ると、どちらのろ床高の処理も原水の濃度は超えていない。したがって、TN で見られた処理水が原水を上回る現象は、NH₄-N 以外の窒素成分によることが分かった。TN 濃度と NH₄-N の濃度より、実験開始直後の処理水の TN が、ほぼ NH₄-N で占めているのに対し、その後は NH₄-N 以外の成分がその多くを占めていることが分かる。これはろ床内に蓄積した NH₄-N が硝化されて生じた硝化や亜硝酸であると考えられた。実験開始直後は、NH₄-N の吸着容量の差により、ろ床高 60cm の方が NH₄-N の除去性能が卓越していたが、硝化が始まったことで、NH₄-N が硝酸や亜硝酸に変換されて溶出して NH₄-N の吸着サイトが確保されているようになったため、ろ床高 10cm でも NH₄-N の吸着が行われるようになり、ろ床高の影響が無くなったことが推察された。

3.3 リンの濃度変化によるろ材の吸着能力の変化

TP の結果を図 7 に示す。ろ床高 60cm では終始除去率がほぼ 100%であったのに対し、ろ床高 10cm では徐々に除去率が悪化したことが分かる。TN では生物的分解により、COD、SS および TS ではケーキ層による物理的作用により、経過日数に伴い除去率が向上したが、TP ではそれらとは逆の現象が起きている。これは、TP の除去がろ材の吸着性能に依存しているためと考えられる。そのためろ床高 10cm の方が先に除去率が低下し、ろ床高による差が生じたと考えられた。また、経過日数に伴い、ろ材表面が生物膜に覆われることでろ材が有する吸着性能が失われた可能性も考えられた。

同様の現象は PO₄-P でも観察された。図 8 に示されるように、ろ床高 10cm では早い時期から徐々に除去率が悪化したのに対し、ろ床高 60cm では 35 日まで高い除去率が維持されていた。このように、除去機構がろ材の吸着作用に依存する場合には、ろ床高の影響は避けられないことが示唆された。

4.まとめ

ろ床体積のダウンスケーリングのためろ床高を低くした場合、その影響により稼働初期の COD、SS 及び TN の除去能力は低下するが、稼働から 1 ヶ月でケーキ層が機能し始めると、ろ床高を低くした影響は無くなり、COD、SS 及び TN の除去能力が回復することが分かった。しかし、リンの除去能力はろ材の吸着性能に依存するため、ろ床高を低くした影響による性能の低下が避けられないことが示された。

謝辞 本研究は、東北マリンサイエンス拠点形成事業及び平成 25 年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の成果の一部である。記して心より謝意を表します。

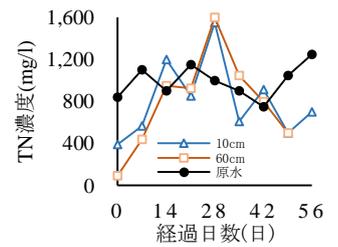


図 5 TN 濃度の比較

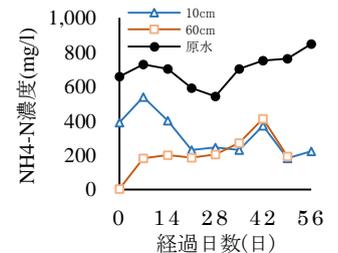


図 6 NH₄-N 濃度の比較

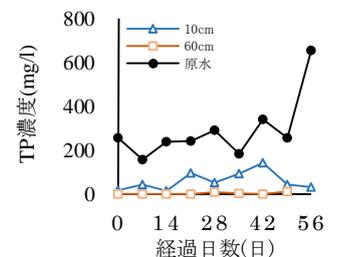


図 7 TP 濃度の比較

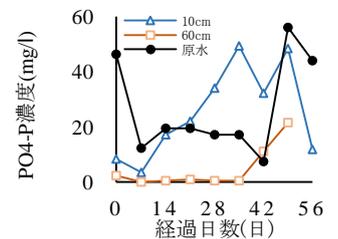


図 8 PO₄-P 濃度の比較