

干満流と水平流の組み合わせが及ぼす 下水浄化性能への影響

日本大学 学生会員 ○ 吉野 謙司
日本大学 正会員 中野 和典

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污水处理システムである。汚水中の有機物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。本研究グループでは、パイロットスケールの多段型人工湿地を下水処理場に設置し、下水浄化性能を検証してきた。2017年10月からの20か月は水理条件を鉛直流に統一して下水処理を実施したが、嫌気処理が不十分であった。そこで、2019年6月からの14か月は3段目のろ床を水平流として嫌気処理を強化することを試みたが、嫌気処理が改善された一方で好気処理性能は低下した。そこで本研究では、好気処理と嫌気処理の双方を強化することを目指し、一つのろ床内に好気的な干満流と嫌気的な水平流を導入することを試み、干満流と水平流の組み合わせが人工湿地の下水浄化性能に及ぼす影響を検証した。

2. 調査対象とした人工湿地の概要と調査方法

調査対象としたパイロットスケールの多段型人工湿地の航空写真を図-1に、1~3段目の各区のろ材を表-1にそれぞれ示す。本研究で調査対象としたB区及びC区は、2段目のろ材が異なっている。B区の2段目のろ材は、ろ過砂とゼオライトを1:1で混合したものであり、C区の2段目のろ材は、ケイ酸カルシウムとゼオライトを1:1で混合したものである。

本研究では、B区及びC区の2段目及び3段目ろ床の上半分を干満流、下半分を水平流(TH条件)とし、2021年7月から6ヵ月間の下水浄化性能を検証した。そして2019年6月から14ヵ月間のハイブリッド条件(H条件)で得られた水質浄化性能と比較評価することで、干満流と水平流の組み合わせが人工湿地の下水浄化性能に及ぼす影響を評価した。評価は生物化学的酸素要求量(BOD)、全窒素(T-N)、アンモニア態窒素(NH₄⁺-N)、亜硝酸態窒素(NO₂⁻-N)、硝酸態窒素(NO₃⁻-N)及び全リン(T-P)で行った。

3. 結果と考察

H条件とTH条件で得られた下水浄化性能を図-2に示す。H条件のB区で86.0%であったBOD除去率はTH条件に変更したことで98.1%に向上した。同様にC区ではH条件で87.1%であった

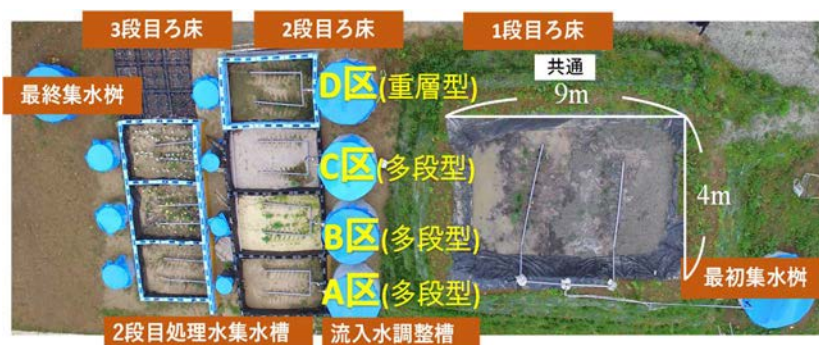


図-1 当該人工湿地航空写真

表-1 1~3段目の各区のろ材

段	区間	ろ材	ろ材粒径(mm)	ろ床厚さ(mm)	ろ床面積(m ²)
1	共通	礫	5~10	200	36
	A区	ゼオライト	1.0>1.4	600	8.75
	B区	砂	3>	300	8.75
2		ゼオライト	1.0>1.4	300	8.75
	C区	ケイ酸カルシウム	2>	300	8.75
		ゼオライト	1.0>1.4	300	8.75
	D区	ゼオライト	1.0>1.4	600	8.75
	A区	ゼオライト	1.0>1.4	300	8.75
3	B区	砂	3>	300	8.75
		活性炭	0.5>1.4	300	8.75
	C区	砂	3>	300	8.75
		活性炭	0.5>1.4	300	8.75
	D区※	ゼオライト	1.0>1.4	600	8.75

※50mmの空気層を隔て2段目ろ床の地下に設置

キーワード: タイダルフロー、重層型人工湿地、多段型人工湿地、下水処理

〒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

BOD 除去率が TH 条件に変更したことで、98.6%となり、除去率が約 10%改善された。しかし、両区ともに統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。一方、H 条件では 95.4%であった B 区の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去率は、TH 条件に変更したことで 99.3%に向上した。同様に C 区の H 条件で 98.0%であった $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去率が、TH 条件に変更したことで 99.7%に向上したが、BOD と同様に両区とも統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。サンプル数($n=11$)が過少であったことが、統計学的に有意な差が P 値に反映されなかった理由として考えられ、今後より長期的な比較評価を行うことで、干満流と水平流を組み合わせが好気処理の強化に有効であることを実証できると考えられる。

窒素除去性能に着目すると、H 条件で 28.7%であった B 区の T-N 除去率は、TH 条件に変更したことで 23.1%に低下したが、統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。一方、H 条件で 29.4%であった C 区の T-N 除去率は、TH 条件に変更したことで 10.2%に低下し、統計学的有意差が認められた($P<0.05$)。この結果より、干満流と水平流の組み合わせが人工湿地の窒素除去性能に及ぼす影響がろ材によって異なることが示唆された。BOD と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の除去率が高いことから、B 区、C 区ともに窒素除去性能の低下は有機物不足による脱窒の抑制によることが考えられた。両区とも処理水の窒素成分の大部分を $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 占めていることから、ろ床内で脱窒が抑制されていたことが明らかである。

リン除去性能に着目すると、H 条件で 3.7%であった B 区の T-P 除去率は TH 条件に変更したことで -5.5%に低下したが、統計学的有意差は認められなかった($P>0.05$)。除去率が負の値となったのは、これまでの下水処理でろ床に蓄積したリンが溶出に転じた結果であると推察された。これに対し C 区では、H 条件で 21.6%であった T-P 除去率は、TH 条件に変更したことで 46.8%に向上し、統計学的有意差が認められた($P<0.05$)。除去率が約 2 倍に向上したことから、ケイ酸カルシウムによるリン吸着作用が強化されたことが推察され、干満流と水平流の組み合わせがケイ酸カルシウムのリン除去機能の発揮に有効であることが明らかとなった。

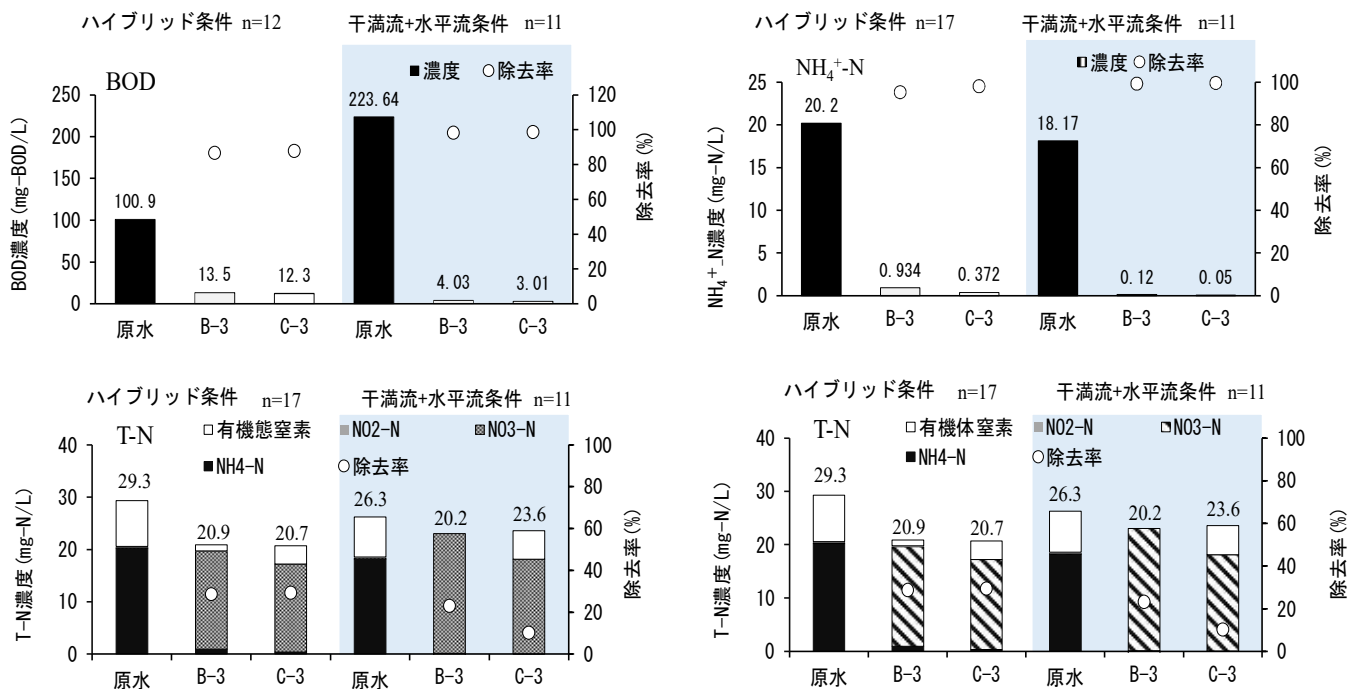


図-2 H 条件と TH 条件で得られた下水浄化性能の比較

4.まとめ

本研究では、人工湿地のろ材が異なるろ床を調査対象として、干満流と水平流の組み合わせが下水浄化性能に及ぼす影響を評価した。干満流と水平流の組み合わせをろ床に適用することで、好気処理と嫌気処理の双方を強化することを目指したが、好気処理は強化された一方で、嫌気処理の強化は不十分であった。一方、干満流と水平流の組み合わせがケイ酸カルシウムのリン除去機能の発揮に有効であることが明らかとなった。本研究では干満流と水平流の比率を 1:1 としたが、この比率を変更することで嫌気処理の強化が可能である。今後は、その効果を検証する予定である。