

タイダルフローを導入した人工湿地の有効性の評価

日本大学 学生会員 ○若松 洸佑
 日本大学 谷口 崇至
 日本大学 中村 和徳
 日本大学 正会員 中野 和典

1. はじめに

一般的な人工湿地に採用される水理条件として、好気的環境を確保できる鉛直流型人工湿地(VF)と嫌気的環境を確保できる水平流型人工湿地(HF)がある。しかし、好気的環境と嫌気的環境は両立しないため、その両者を両立できる水理条件の開発が求められている。潮の満ち引きのようにろ床内の水位を変動させるタイダルフロー(TF)では、水位が低下するタイミングにはろ床内に酸素が供給される好気的環境に、水位が上昇するタイミングにはろ床内の空気が押し出されて嫌気的環境になることが期待できる。

そこで本研究では、ラボスケール人工湿地にTFを導入し、既存のVFとHFとの有機物、窒素及びリン除去の比較から、その有効性の評価を試みた。

2. 実験方法

3つの水理条件(VF、HF、TF)を実現するために製作した人工湿地実験装置を図-1に示す。円筒カラムに充填した $2,500\text{cm}^3$ の川砂をろ床とし、排水口の位置をVF及びTFではろ床底面とし、HFではろ床表面下より 1cm の位置とした。これにより、VFではろ床内の水面がろ床底面に、HFではろ床表面下より 1cm となるようにした。これに対し、TFでは排水口に電磁弁を取り付け、12時間に1回、弁を解放することで、ろ床内の水面が潮の満ち引きの様に上下に変動するようにした。一方、各実験装置の流入口にも電磁弁を取り付け、1時間に1回所定量の合成廃水を流入させ、水理的滞留時間が12時間となるようにした。

このような3系列の実験装置に微生物を定着させるため2週間の馴養を行い、合成廃水を用いた水質浄化実験を開始した。合成廃水のCOD濃度はグルコースで調整し、その濃度は、馴養時及び浄化実験開始後70日間は $1,500\text{mg/L}$ 、71日から89日までは 750mg/L 、90日から116日までは 200mg/L とした。窒素及びリン濃度は、それぞれ NH_4Cl 及び KH_2PO_4 により、 40mg-N/L 及び 1.3mg-P/L 一定とした。微生物馴養時には、COD濃度 $1,500\text{mg/L}$ の合成廃水に下水汚泥及びペプトンをそれぞれ5及び0.15%添加した。

3. 結果と考察

3.1 有機物除去性能の評価

3つの水理条件下で得られた流出COD濃度の変遷を図-2に、異なる流入COD濃度条件下で得られた平均除去率を表-1に示す。TFの流出濃度は、合成廃水の流入濃度を $1,500\text{mg/L}$ とした70日間を通して安定して低く、平均除去率は98.5%に達した。好気的環境を確保できるとされるVFの平均除去率は94.0%であり、TFはVFを上回る好気的処理性能を有していることが示唆された。これに対し、嫌気的環境を確保できるとされるHFの平均除去率は明らかに低い73.4%であった。一方、合成廃水の流入濃度を 750mg/L に低下させると、VFとTFにおいて流出濃度の増加が観察されたのに対し、HFでは観察されなかった。TFの流出濃度の増加が明

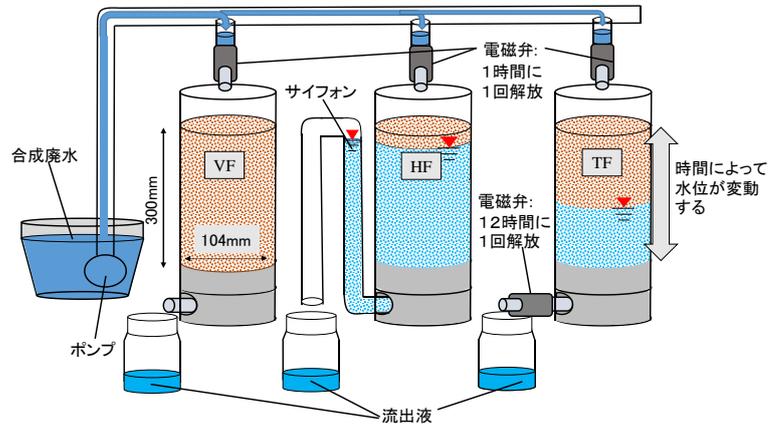


図-1 鉛直流(VF)、水平流(HF)及びタイダルフロー(TF)を実現するための実験装置の概略

キーワード：タイダルフロー、人工湿地

連絡先 〒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 環境生態工学研究室

らかにVFより少なかったことから、HFやTFのように一定時間流入水をろ床内に滞留させる操作が流入負荷の変動の影響を緩和するのに有効であることが示唆された。更に流入濃度を200mg/Lまで低下させると、全ての水理条件において流出濃度が低下し、安定したCOD除去が行えた。全ての流入濃度条件で最も高い平均除去率が得られたことから、TFが好気性処理に優れ、流入負荷変動の影響を緩和する能力を有していることが明らかとなった。

3.2 窒素除去性能の評価

3つの水理条件下で得られたT-N、NH₄-N及びNO₃-Nの流出濃度の変遷を図-2に示す。経過日数20日までは、HFに対しTFとVFのT-N流出濃度は明らかに低かったことから、TFとVFで見られた窒素除去性能が吸着によるものでなく、硝化・脱窒によるものと考えられた。しかし、TFとVFいずれも20日以後はT-N流出濃度が増加し、窒素除去性能は維持されなかった。この時のNH₄-N濃度はTFよりもVFが高く、NO₃-N濃度はTFがVFよりも高かったことから、TFではVFよりも硝化が進行していた。しかし、流出COD濃度は低く、有機物不足により脱窒が抑制され、窒素除去性能が維持されなかったことが推察された。TFでは、流入COD濃度を750-mg/Lに低下させた際に流出COD濃度の増加が観察されると同時にNO₃-Nと共にT-N濃度が低下したことから、更に流入COD濃度を200mg/Lまで低下させるとNO₃-Nと共にT-N濃度が増加したことから、有機物不足が窒素除去性能低下を招いたと考えられた。好気性処理に優れたTFにおいては、このように有機物不足による脱窒の抑制が顕著に現れており、最終的に窒素除去性能はVF及びHFよりも低くなった。

3.3 リン除去性能の評価

3つの水理条件下で得られたPO₄-Pの流出濃度の変遷は、図-2に示すように水理条件に関わらず同様であり、リン除去率は最低でも92%に達していた。流出水に鉄臭があったことから、リンがろ材の川礫に含まれていた鉄と反応し、凝集沈殿が生じていたため、水理条件に関わらず高い除去性能を示したと考えられた。

4. まとめ

本研究では、TFで得られる水質浄化性能をVF及びHFと比較することで、TFを導入した人工湿地の有効性を評価した。TFが好気的環境を確保できるとされるVFを上回る有機物除去性能を有するだけでなく、HFに次いで流入負荷変動の影響緩和にも優れていることを示すことができた。TFはVFより硝化が進行し、窒素除去に関わる好気性処理には優れていたが、有機物不足による脱窒の抑制を招き、窒素除去については明らかな有効性を示すことができなかった。リン除去においては、ろ材に含まれる鉄との凝集沈殿が生じたため、VF及びHFと同等の除去性能となり、有意な差を示すことができなかった。

謝辞 本研究は、平成28年度日本大学工学部長指定研究（特別研究）により実施されたものである。ここに記して謝意を表す。

表-1 異なる流入COD濃度条件で得られた平均除去率の比較

COD濃度 (mg/L)	平均除去率(%)		
	VF	HF	TF
1500	94.0	73.4	98.5
750	26.7	65.7	79.5
200	83.7	79.3	91.2

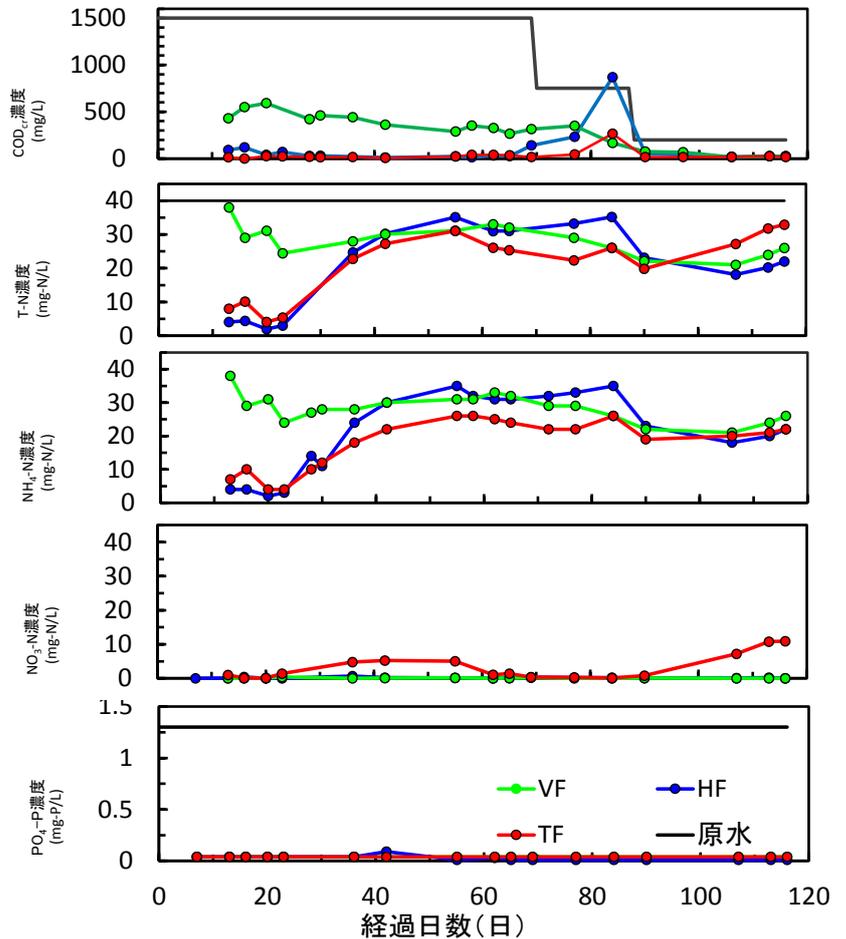


図-2 3つの水理条件で得られた流出水中のCOD、T-N、NH₄-N、NO₃-N、及びPO₄-P濃度の変遷