

鉄含有木質炭化物ろ床へのタイダルフロー導入効果

日本大学 学生会員 ○荒川 皓太
 日本大学 正会員 中野 和典
 (株)フジタ技術センター 法人会員 倉澤 響
 (株)フジタ技術センター 法人会員 横山 茂輝
 (株)フジタ技術センター 法人会員 袋 昭太

1. はじめに

鉄含有木質炭化物(プライムカーボン®)は、一般的な木炭と比較して鉄含有量が20%以上と高く、廃水処理に適用することで湖沼等の富栄養化物質であるリンを吸着除去できるとされている。また、リン吸着後の鉄含有木質炭化物のリン酸肥料としての可能性も報告されており¹⁾、水環境の修復だけでなく、リン資源の循環過程で農地へ施肥することで土中への炭素固定が実現されることから気候変動対策技術としても期待されている。一方で、鉄含有木質炭化物によるリン以外の浄化性能や、酸化還元雰囲気下での水質挙動に関する知見が得られていない。

そこで本研究では、酸化還元条件が繰り返されるタイダルフロー (TF)を鉄含有木質炭化物ろ床に適用するとともに、鉛直流 (VF)、水平流 (HF)を適用した場合と比較評価することで、酸化還元条件が有機物、窒素およびリンの除去に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法

3種の水理条件を適用したカラム実験装置を図-1に示す。円筒カラムにろ床厚が10cm(内径10.4cm×長さ73cm)となるように鉄含有木質炭化物を約145g(849ml)充填した実験装置を3系列作製した。畜産廃水をモデルとした合成廃水を酢酸ナトリウム、ミートペプトン、塩化アンモニウム、リン酸二水素カリウムで調製した。平均流入濃度はCOD_{Cr} 約1531mg/L、T-N 約80mg/L、T-P 約9.8mg/Lであった。実験開始前に合成廃水と活性汚泥を投入し、2日間馴養を行った。その後、合成廃水を1日1回500ml(ろ床が飽和し、ORPの計測ができる水量)を流入させ、3種の水理条件(TF、HF、VF)で73日間の連続処理実験を行った。水理学的滞留時間(HRT)はTF、HF、VFでそれぞれ12時間、24時間、0.08時間としてTFでは、ろ床表面が湛水する満水状態とろ床底面から完全に排水する干水状態を12時間周期で水位制御し、HFでは常に満水状態、VFでは常に干水状態とした。合成廃水流入時に生じる排水を週1回採水し、pH、EC、COD_{Cr}、T-P、T-Nおよび無機態窒素(NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N)を測定した。有機態窒素についてはT-Nから無機態窒素を引いて算出した。また、ORP電極をろ床表面から1cm(上層)、5cm(中層)、10cm(下層)に設置し、各地点における合成廃水流入直後と流出直前のORPを計測した。

3. 結果と考察

3.1 3種の水理条件におけるORP

各条件における上層から下層までの3地点の平均ORP値の経時変化を図-2に示す。実験開始から17日以降の平均ORP値は、HF、VF(流入直後)、TF(流入直後)およびTF(流出直前)でそれぞれ-308mV、381mV、316mV、-75mVであった。いずれの試験区においても試験開始後17日目後に安定し、以降HFでは還元状態、VFでは酸化状態が維持されたのに対し、TFでは酸化状態と還元状態が繰り返されたことから、それぞれの水理条件に適した微生物の定着が示唆された。

3.2 3種の水理条件におけるリン除去性能

各条件におけるリン除去性能と累積リン除去量の経時変化を図-3に示す。73日間のT-P除去率の平均値はTF、HF、VFでそれぞれ91%、71%、62%であった。HFとVFは時間とともにリンの除去率が減少したのに対し、TFではほとんど除去率が低下しなかった。いずれの試験区でも微生物の定着前に

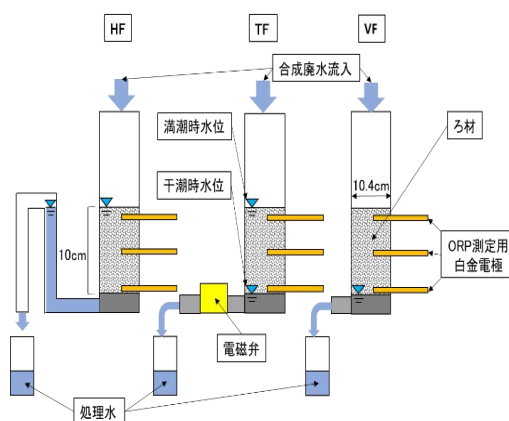


図-1 3種の水理条件を適用したカラム実験装置の概要

キーワード：人工湿地、タイダルフロー、鉄含有木質炭化物、水質浄化

〒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

高いリン除去率を示したことや、HRT の短い VF で初期にリン除去率が低かったことから、初期のリン除去は微生物作用ではなく鉄含有木質炭化物の物理化学的作用によるものと示唆された。一方、酸化還元条件を繰り返す TF では、木質炭化物に含まれる鉄とリンの反応効率が向上することが示唆された。73 日間の累積リン除去量は TF、HF、VF でそれぞれ 326、242、212mg-P となった。倉澤ら(2019)の研究から鉄含有木質炭化物のリン吸着容量は 14mg-P/g 以上と報告されている²⁾。今回充填したろ材量では、2030mg-P 以上のリン除去が可能であり、530 日以上連続使用できることが推定された。

3.3 3 種の水理条件における COD_{Cr} 除去性能

各条件における COD_{Cr} 除去性能の経時変化を図-4 に示す。COD_{Cr} の平均除去率は TF が 88% と最も高く、HF は 62%、VF は 44% であった。VF と HF では除去率が変動したのに対し、TF では 17 日目以降は 95% 以上の高い除去率を維持した。TF の ORP の経時変化に着目すると、合成廃水流入直後の ORP と合成廃水流出直前の差が大きくなるにつれて除去率が向上しており、微生物による有機物の分解により COD_{Cr} の除去率が向上したことが示唆された。

3.4 3 種の水理条件における窒素除去性能

各条件における窒素除去性能と各態窒素の経時変化を図-5 に示す。T-N の平均除去率は TF が 65% と最も高く、HF は 26%、VF は 28% であった。VF は HRT が短いことから除去性能は向上しなかったと考えられた。また、HF は還元環境であったため硝化が律速となり低い除去率となったと考えられた。一方、TF では除去率が徐々に増加し、38 日目以降に 80% 前後に達したことから、酸化還元条件の繰り返しにより、ろ床に硝化菌と脱窒菌が定着したことが示唆された。どの水理条件においても実験開始 31 日目までは有機態窒素が増加傾向にあることから、実験開始初期は鉄含有木質炭化物に有機態窒素が吸着されていたが、徐々に破過し始めたことが推察された。TF では、31 日目以降は微生物が定着し始めたことで有機物分解、硝化、脱窒が起こり有機態窒素およびアンモニア態窒素の減少が起こっていることが示唆された。

4. まとめ

本研究により、鉄含有木質炭化物は適用した 3 種のどの水理条件でもリン除去性能を発揮するが、酸化と還元を繰り返す TF を適用することでリン除去性能だけでなく、有機物や窒素に対しても優れた除去性能を発揮するろ床材として機能することが示された。

5. 参考文献

- 1) 横山茂輝・倉澤響・松澤大起・袋昭太・中野和典 (2019): 日本水処理生物学会誌 別巻 39 号, p.56
- 2) 倉澤響・横山茂輝・松澤大起・袋昭太・中野和典 (2019): 日本水処理生物学会誌 別巻 39 号, p.55

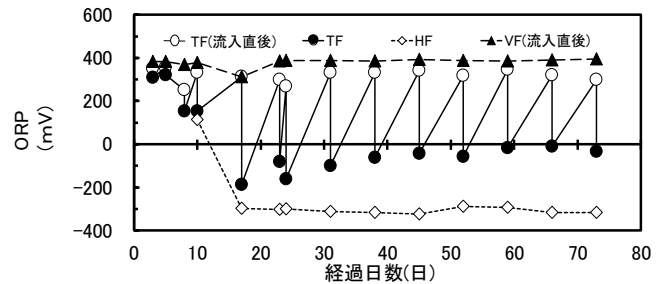


図-2 3種の水理条件におけるORP値の経時変化

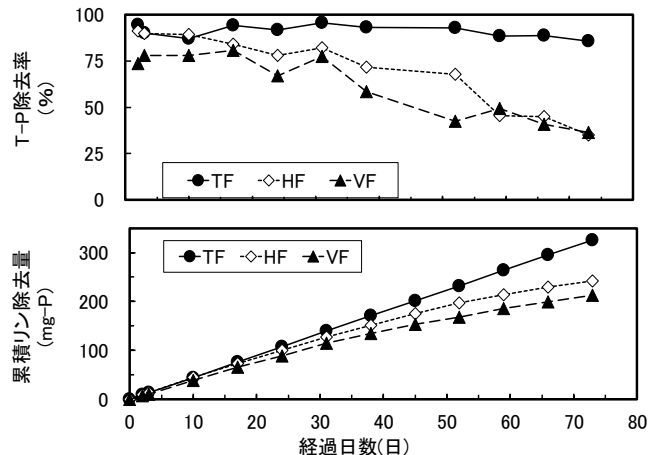


図-3 T-P除去性能と累積リン除去量の経時変化

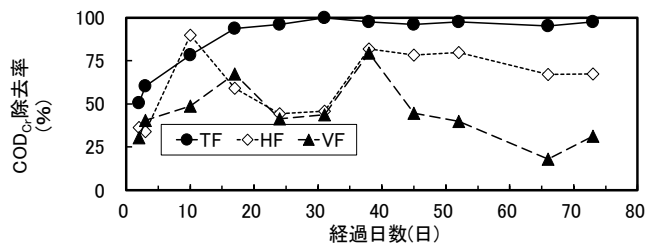


図-4 COD_{Cr}除去性能の経時変化

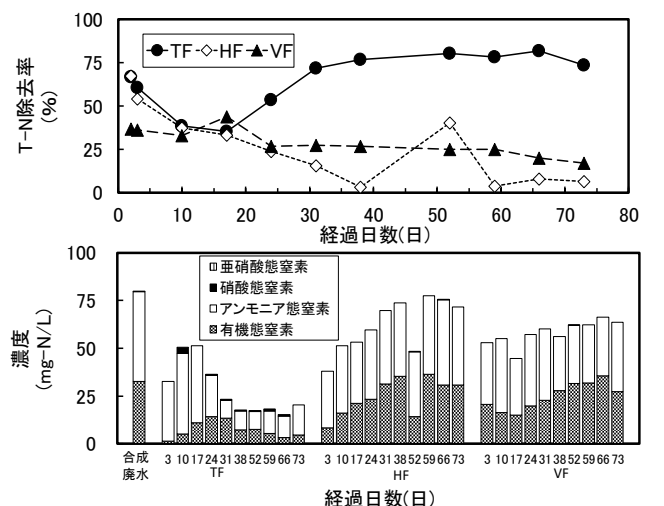


図-5 T-N除去性能と各態窒素の経時変化