

軽量気泡コンクリートを使用した人工湿地の 水質浄化性能に及ぼす水理条件の影響

日本大学 学生会員 ○蛇石 雅介
 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 袋 昭太

1. 研究背景及び目的

人工湿地は、水質浄化のための効率的な生態学的技術であることが証明されている。従来の浄化システムと比較して、低コストであり、容易に操作および維持することができ、低炭素で環境的な技術である。人工湿地では、有機物や窒素は分解等により無機化され空気中へ放出されるが、リンは気化しないため、ろ床の捕捉作用（ろ過、吸着、凝集沈殿等）により除去が行われる。そのため、人工湿地でのリン除去において、ろ材は重要な役割を果たしている。また、有機物や窒素と異なり、人工湿地のろ床内が酸化環境であるか還元環境であるかの違いが、リン除去性能に及ぼす影響を検討した事例は見当たらない。本研究では、ろ材として軽量気泡コンクリート（ALC）を使用したラボスケールの人工湿地実験装置を3つの水理条件に設定して酸化還元電位を調整することにより、リン除去において酸化還元環境が影響するの否かを検証した。また、有機物と窒素の除去性能への影響も合わせて検証した。

2. 実験条件

実験に使用したラボスケールの人工湿地実験装置を図-1に示す。ろ材として粒径10mm以下のALCを使用し、ろ床厚を10cmと設定してALCを円筒カラムに合計約360g投入して、人工湿地実験装置を作製した。合成廃水の構成物質は酢酸ナトリウム、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とし、COD_{Cr}濃度1500mg/L、全窒素濃度（T-N）100mg-N/L、全リン濃度（T-P）10mg-P/Lとなるように調整した。実験装置に合成廃水を1日1回400mL（ろ床が完全に合成廃水で満たされる水量）を流入させ、鉛直流（VF）・水平流（HF）・タイダルフロー（TF）の3つの条件で水質浄化実験を行った。タイダルフローの条件は干潮時間12時間、満潮時間12時間とした。人工湿地における生物学的分解作用を再現するために実験開始時には下水処理場の活性汚泥5mlを投入した。2週間の活性汚泥養生期間中は週1回の処理水採水と、2日に1回の酸化還元電位の測定を行った。活性汚泥養生期間終了後、週2回処理水の採水を行い、週1回酸化還元電位の測定を行った。酸化還元電位（ORP）の測定位置は、ろ床表面から1cm（上層）、5cm（中層）及び10cm（下層）とした。ORP測定には水位が必要であり、ほとんどの時間水位がないVFでは合成廃水の流入直後のORPを測定した。これに対し、HFとVFでは合成廃水流入直前のORPを測定した。さらにTFでは45日目以降から合成廃水の流入直後にもORPを測定した。

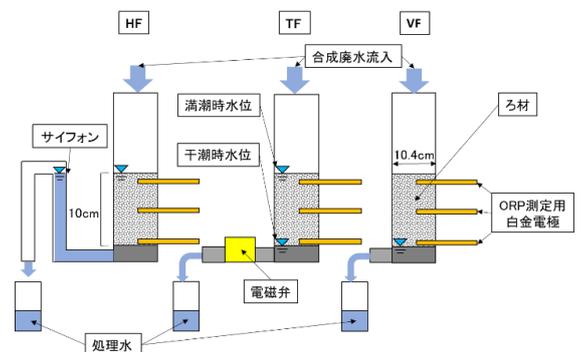


図-1 ラボスケールの人工湿地実験装置概要

3. 結果と考察

3.1 3つの水理条件におけるORP値の比較

ORP測定の結果を図-2に示す。HFのORPは実験開始から5日目以降は安定した値となった。TFでは24日目以降は値が安定した。各条件とも電極位置の違いによる測定値の著しい差はなかった。VFのORPは上

層、中層、下層ともに平均約 330mV であり、常に酸化環境であった。HF の ORP は上層は平均約-260mV、中層は平均約-340mV、下層は平均約-320mV であり、常に還元環境であった。TF の ORP は、合成廃水の流入直後では上層は平均約 180mV、中層は平均約 170mV、下層は平均約 170mV であったが、流入から 2 時間後には上層は平均約-300mV、中層は平均約-300mV、下層は平均約-210mV となり、酸化環境と還元環境が繰り返されていたことを確認することができた。

3.2 T-P 除去性能の比較

3 つの水理条件の処理水の T-P 濃度の比較を図-3 に示す。実験装置に流入した合成廃水の T-P 平均濃度は 10.1mg-P/L であった。T-P の平均除去率は HF 及び TF はそれぞれ 50.0% 及び 49.9% と同等であったのに対し、VF は 31.3% と低かった。また、合成廃水の有機態リンの比率が 51.0% であったのに対し、処理水における有機態リンの比率が HF は 98.3%、TF は 86.4%、VF は 92.0% であった。この結果より、リン酸態リンが効率良く除去できたのに対し、有機態リンの除去効率が低いことが示された。また、ORP 測定結果との関係より、リン除去においては、酸化還元環境の影響よりも、ろ材との接触時間（水理学的滞留時間）が重要であることが示された。

3.3 有機物 (COD_{Cr}) 除去性能の比較

3 つの水理条件の処理水の COD_{Cr} 濃度の比較を図-3 に示す。実験装置に流入した合成廃水の COD_{Cr} 平均濃度は 1478 mg/L であった。有機物の平均除去率は TF が最も高く 80.1% であったのに対し、HF 及び VF では 48.9% 及び 47.7% であった。有機物の除去に有利と考えられた VF よりも TF の浄化性能が良かったことから、有機物除去においては酸化環境とろ材との接触時間の両方を満たすことが有効であることが示された。

3.4 T-N 除去性能の比較

3 つの水理条件の処理水の T-N 濃度の比較を図-3 に示す。実験装置に流入した合成廃水の T-N 平均濃度は 87.3 mg-N/L であった。T-N の平均除去率は、TF が 71.1% であったのに対し、HF 及び VF においては、それぞれ 29.7% 及び 39.0% と明らかに低かった。したがって、窒素除去においては酸化環境と還元環境の組み合わせが重要であることが示された。また、どの条件の処理水にも硝酸と亜硝酸はほとんど含まれていなかったことから、VF と HF の双方で硝化が律速となっていたのに対し、TF では硝化と脱窒が効率よく行われたことが考えられた。

4. まとめ

本研究では、ALC を使用した人工湿地の水質浄化性能に及ぼす水理条件の影響を検証した。その結果、HF、TF、VF の 3 つの水理条件の酸化還元環境特性が明らかとなった。COD_{Cr} と T-N では TF が最も除去性能が高く、これは酸化環境と還元環境が繰り返されることに依存した。これに対し、T-P は HF と TF で同程度の除去率を示したことから、酸化還元環境よりも水理学的滞留時間に依存することが明らかとなった。

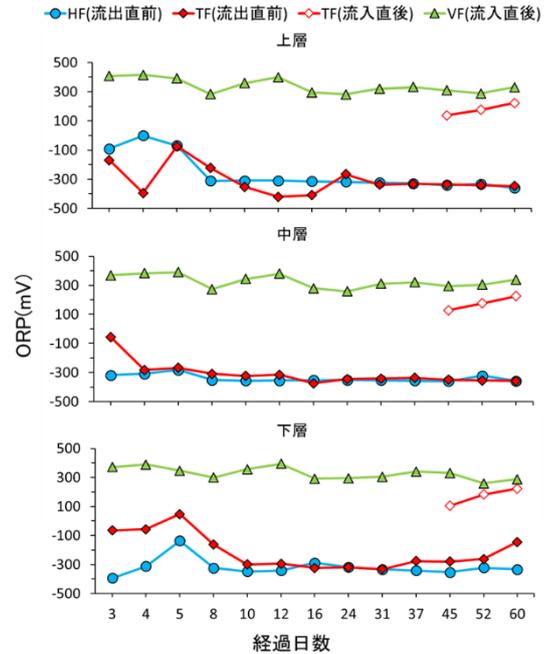


図-2 3つの水理条件のORP値の比較

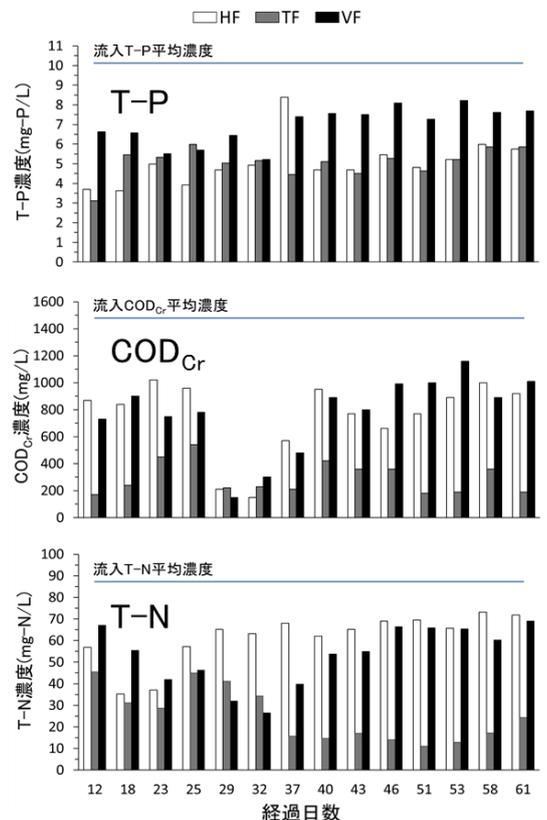


図-3 3つの水理条件の処理水質の比較