

花壇型人工湿地の4年間の水質浄化性能の評価

日本大学 学生会員 ○佐々木 美穂
日本大学 正会員 中野 和典

1. 研究背景

日本の高度処理普及率は平成24年度末で40%に満たず、先進国の中では高いとは言えない現状であり改善が望まれる。一方、日本の人口は2050年には約25%減少することが予測され、人口密度の減少に伴い、一人当たり利用可能な土地は増加するため、小規模分散処理の重要性と適用性が増加する。さらに、気候変動による地球温暖化が顕在化してきており、その緩和策として低炭素化の推進が望まれている。そのような状況を鑑みて小規模分散処理の高度処理化と低炭素化を家庭の庭で実現する花壇型人工湿地が開発された。屋外の自然条件下で排水処理を行う人工湿地は自然の影響を受けやすく、植物の成長や微生物の定着も経年により変化することから、花壇型人工湿地の水質浄化性能は変化する可能性がある。本研究では、学生食堂排水を処理する花壇型人工湿地の運転開始から4年間の水質浄化性能を検証し、その経年変化を明らかにすることを試みた。

2. 花壇型人工湿地の概要及び調査方法

本研究で調査対象とした花壇型人工湿地の概要を図-1に示す。5段のろ床から成る多段型人工湿地であり、ろ床表層に植物が植栽されている。ろ床高は1段目が40cm、2段目以降は30cmである。1段目のろ材は最大粒径10mm以下のリサイクルガラス造粒砂であり、2段目以降は最大粒径2mm以下の川砂である。また各段の表層5cmには最大粒径4mm以下のゼオライトとケイ酸カルシウムを混合させて窒素やリン成分の捕捉性能を強化している。ポンプで揚水した学生食堂排水は最上部より流入し、自然流下により5段のろ床を通過することで浄化が行われる仕組みであり、毎日約300Lの学生食堂排水が浄化処理されている。本研究では、毎月1回花壇型人工湿地に流入する学生食堂排水と処理水を採水し、BOD、COD_{cr}、SS、全窒素(T-N)、 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^{-}\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^{-}\text{-N}$ 、全リン(T-P)、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ を測定して水質浄化性能を評価した。

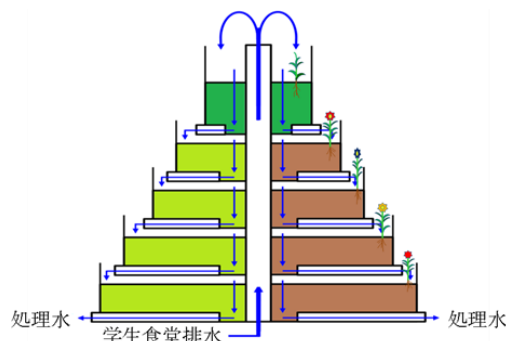


図-1 花壇型人工湿地の概要

3. 実験結果及び考察

3.1 4年間のBOD除去性能の変遷

花壇型人工湿地の4年間のBOD除去性能の変遷を図-2に示す。4年間の平均除去率は94.6%、処理水平均濃度は5.8mg/Lであり、浄化槽の基準値（除去率90%以上、BOD濃度20mg/L以下）を満たしていた。4年間で流入濃度に大幅な低下がみられ流入負荷が変動したが、除去率は大きく変動せず、約90%を維持できていた。4年間の学生食堂排水の浄化処理において、花壇型人工湿地内の堆積物の取り出しやろ材の交換は行っておらず、花壇型人工湿地では、ほぼメンテナンスフリーで安定してBODの除去を行うことが可能であることを確認することができた。

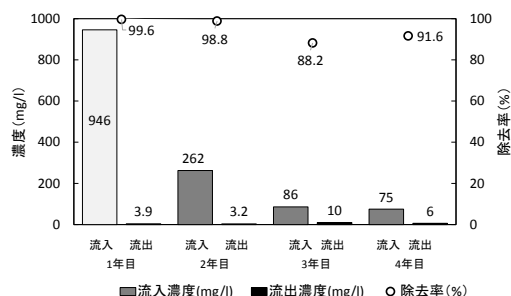


図-2 4年間のBOD浄化性能の比較

キーワード：人工湿地、有機物、窒素、リン

〒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

3.2 4年間のT-N除去性能の変遷

4年間の窒素除去性能の変遷を図-3に示す。T-N平均除去率は58.6%、処理水の平均濃度は4.0mg/lであった。T-N除去率は2～3年目に低下していたが、4年目には改善に転じていた。前任者の斎藤(2017)によれば、花壇型人工湿地の2段目ろ床の透水性が悪化したため、その解決策として、2017年8～9月（3年目の成長期）に3回の刺突が行われた。その結果、2017年12月まで透水性が維持されたことが報告されており、これが4年目の窒素除去性能の改善につながったと考えられる。植物の成長期と枯死期にわけて浄化性能の4年間の変遷を整理すると、3年目の成長期には硝酸態窒素が処理水に蓄積していたが、3年目の枯死期には処理水中から硝酸態窒素が消失していたことが明らかとなった。したがって、刺突がきっかけとなって透水性が回復し、脱窒に必要な有機物の供給が改善され窒素除去性能が回復したことが推察された。この結果よりろ床の透水性は窒素除去性能に大きな影響を及ぼすことが示された。ろ床の透水性が維持されれば、今後も高い窒素除去性能が維持されることが期待できる。

3.3 4年間のT-P除去性能の変遷

図-4に4年間のリン除去性能の変遷を示す。T-P除去率は67.8%、処理水の平均リン濃度は2.1mg/lであった。1年目に78%であった除去率は2～4年目で65%前後を維持しており、安定していた。季節の変化に着目すると、除去率の平均値は植物の成長期で57.8%、枯死期で76.9%と明らかな差があり、成長期に除去率が低下していたことが明らかとなった。この現象は、生物の活動が停滞する枯死期にろ床内に蓄積した有機態のリンが成長期に微生物の分解を受け、溶出に至っているためと考えられた。処理水に残存するリンの大半は有機態リンであり、カルシウム等による吸着・凝集沈殿などの通常のリン除去メカニズムでは除去できないことが考えられる。リンはガス化しないため、花壇内部に蓄積すると考えられ、蓄積した有機態リンの溶出により、今後リン除去性能が悪化する可能性がある。これまで4年を経ても60%以上のT-P除去率が得られており、このようなリン除去性能の持続性を引き続き確認する必要がある。

4.まとめ

本研究では、学生食堂排水を処理する花壇型人工湿地の運転開始から4年間の水質浄化性能を検証した。その結果、堆積物の取り出しやろ材の交換を行わなくても、BODの除去率は90%前後を安定して維持できることが明らかになった。刺突により透水性が回復すると、2～3年目に低下していた窒素除去性能が回復したことから、ろ床の透水性の維持が窒素除去性能の維持に重要であり、窒素除去性能の経年変化を左右する要因であることが示唆された。リン除去率は4年を経ても60%以上で安定していたが、リン除去性能には季節性があり、植物の成長期に除去性能が低下する傾向であることが明らかになった。

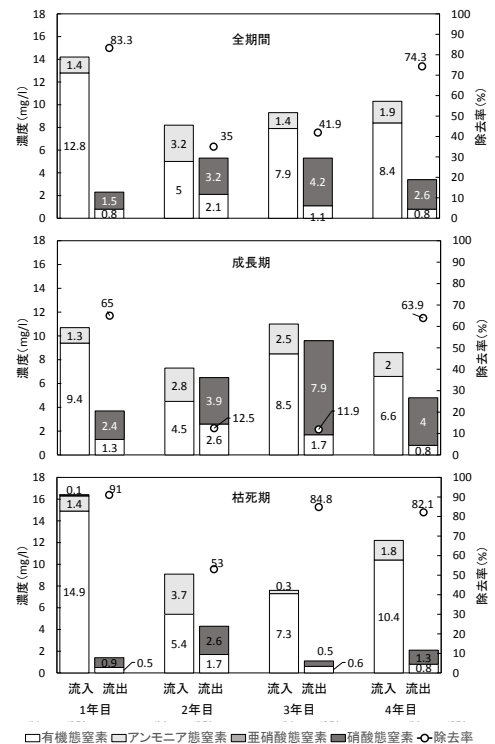


図-3 4年間のT-N浄化性能の比較

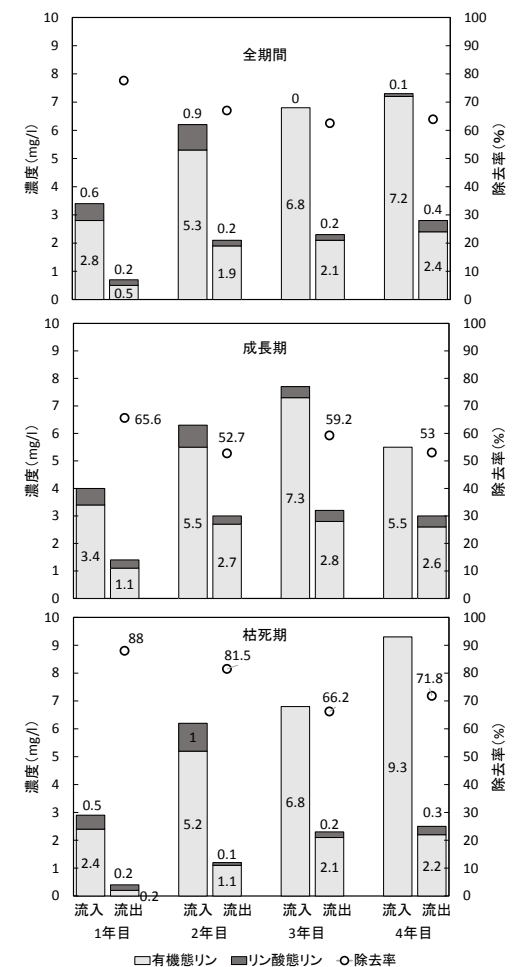


図-4 4年間T-P浄化性能の比較