

学生食堂排水を処理する花壇型人工湿地の水質浄化機構

日本大学 学生会員	○大附 遼太郎
日本大学 学生会員	清野 紘
マンパワーグループ(株)	佐々木 百合
日本大学	中村 和徳
日本大学 正会員	中野 和典

1.はじめに

人工湿地は、人工的に湿地の汚濁浄化性能を強化し、活性汚泥法と同等の浄化性能を持たせた排水処理方法である。人工湿地の浄化機構は、ろ材による吸着やろ過による物理的除去と微生物が汚濁を分解する生物的除去の2段階の作用が繰り返し行われる仕組みとなっている。物理的除去はろ材の性能に大きく依存しており、安価で性能が優れるろ材が求められる。その候補として本研究室では、非常に安価な土木資材として用いられているリサイクルガラス造粒砂に着目し、そのろ材としての適性を室内条件下でのラボスケールの実験により評価し、透水性だけでなく COD_{Cr} や $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の除去性能にも優れていることを明らかにした。そこで次のステップとして、屋外条件で学生食堂排水を処理する花壇型人工湿地のろ材としてリサイクルガラス造粒砂を適用し、長期間の浄化実験を開始した。本研究では特に花壇型人工湿地のスタートアップ期の水質浄化性能とその水質浄化機構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

調査対象とした花壇型人工湿地は図-1に示すように5段のろ床から成る多段型人工湿地であり、それぞれの段のろ床表層に花卉が植栽されている。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5mm以下のリサイクルガラス造粒砂である。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た。

2014年7月24日から花壇型人工湿地への学生食堂排水の流入を開始し、浄化実験をスタートした。実験開始から131日目までに花壇型人工湿地に流入させた学生食堂排水量について図-2に示す。10月31日から11月11日の12日間のデータは流量メーターの故障により欠損した。データ欠損期間を除いた実験開始からの積算処理水量は 44.5m^3 に達し、日処理水量の平均値は 0.37m^3 であった。

3.実験結果及び考察

3.1 流入させた学生食堂排水水質の推移

学生食堂排水に含まれる COD_{Cr} 、SS、T-N及びT-P濃度の推移を図-3に示す。最大濃度がそれぞれ7920、3266、28.4及び 13.9mg/l であったのに対し、平均濃度はそれぞれ2443、1155、10.0及び 7.3mg/l であり、花壇型人工湿地に流入させた学生食堂排水の水質は大きく変動していたことが明らかとなった。

3.2 スタートアップ期の水質浄化性能の評価

流入させた学生食堂排水と花壇型人工湿地の処理水の水質から求めた COD_{Cr} 、SS、T-N及びT-Pの

キーワード: 人工湿地、花壇、リサイクルガラス造粒砂、排水処理、学生食堂排水、油脂

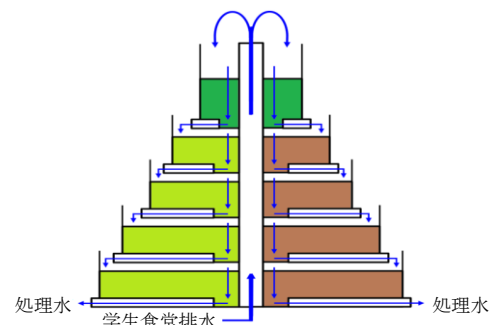


図-1 花壇型人工湿地の構造

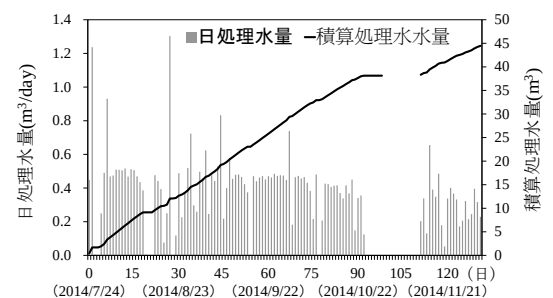


図-2 日処理水量及び積算処理水量

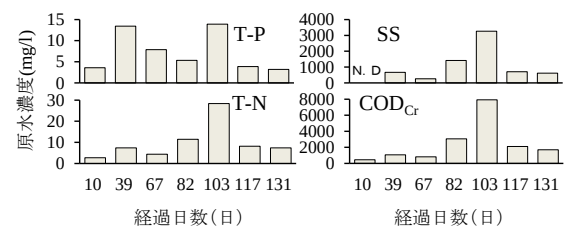


図-3 学食排水水質の推移

除去率の推移を図-4 に示す。COD_{Cr} 及び T-N の除去率は共に実験開始から 10 日目で 90%以上の高い値を示したが、131 日目までの平均値では、COD_{Cr} では 99%と高レベルを維持していたのに対し、T-N では 87%と低下し、異なる傾向を示した。一方、T-P の除去率は実験開始から 10 日目では 43%と低かったが、39 日目には 97%と大きく上昇し、131 日目までの平均除去率では 86%となった。同様に SS の除去率も実験開始初期には低く 67 日目には 57%であったが、82 日目には 100%と改善し、経過日数に伴い高い除去率が維持されるようになった。このように花壇型人工湿地のスタートアップ期の水質浄化性能は流入させた学生食堂排水水質の変動の影響を受けず、高い除去率が達成されていたことが明らかとなった。

3.3 スタートアップ期の水質浄化機構の評価

花壇型人工湿地の水質浄化機構を明らかにする観点より、全体での除去量に対する各段での除去量の割合について検討を行った。除去量の割合を 1 段目、2 段目と 3 段目の合計及び 4 段目と 5 段目の合計の 3 つに分けて整理した結果を図-4 に示す。82 日目以前に着目すると、実験開始初期にはどの水質項目も 1 段目の除去量が占める割合が低かったが、経過日数に伴いその割合が高くなり、82 日目には 1 段目の除去量が占める割合が COD_{Cr} と SS では 100%、T-N では 93%、T-P では 96%に達していた。一方、82 日目頃には 1 段目の表層に数 mm の油膜の形成が観察され、透水速度が著しく低下していた。したがって、当初低かった 1 段目の除去量が占める割合が経過日数に伴い高くなった要因として、学生食堂排水に含まれる油脂分の蓄積によって 1 段目表層に形成された油膜が汚濁成分を阻止するフィルターとして機能したことが示唆された。

透水速度の低下はろ過層内の嫌気化を招くため、97 日目に花壇型人工湿地の 1 段目にミズ 100 匹を投入し、1 段目の透水速度の改善を試みた。その結果、大きな透水速度の改善は認められなかったが、図-4 に示すように 103 日目には 1 段目の除去量が占める割合は僅かに低下していた。これは油膜による汚濁成分の阻止率の低下によるものと考えられ、透水速度の改善が示唆された。さらにミズ 400 匹を 118 日目に投入したところ、131 日目には 1 段目の除去量が占める割合の明らかな低下が見られ、透水速度の改善を確認できた。このように経過日数やミズの投入に伴い 1 段目の除去量が占める割合は変化したが、2 段目以降のろ床が汚濁除去を補うため、花壇型人工湿地全体としての水質浄化性能は高いレベルに維持されていたことが分かった。

COD_{Cr} 及び SS と比較すると T-N 及び T-P の除去性能は期間全体を通して低い傾向にあった。これは図-4 に示すように 2 段目以降のろ床で窒素及びリンの溶出が起きていたためであった。窒素の溶出成分は学生食堂排水に含まれていない硝酸態窒素であったことから、ろ床に捕捉された有機態及びアンモニア態窒素が硝化により硝酸態窒素に変換された後の脱窒が完全ではなかったことが示唆された。一方、リンの溶出は浄化実験開始から 10 日目に生じ、経過日数に伴い溶出量が低下する傾向が見られることから、花卉の植栽に伴ってろ床に混入した肥料からのリンの溶出が起きていたことが考えられた。

4.まとめ

本研究では特に花壇型人工湿地のスタートアップ期の水質浄化性能とその機構を明らかにすることを試みた。その結果、経過日数に伴い高い水質浄化性能が達成され、花壇型人工湿地が学生食堂排水水質の変動の影響を受けなかったことが明らかとなった。経過日数やミズの投入に伴い 1 段目での除去量が占める割合は変化していたが、2 段目以降のろ床が汚濁除去を補うため、花壇型人工湿地全体としての水質浄化性能は高レベルに維持されていたことが分かった。

□1段目 □2、3段目 ■4、5段目

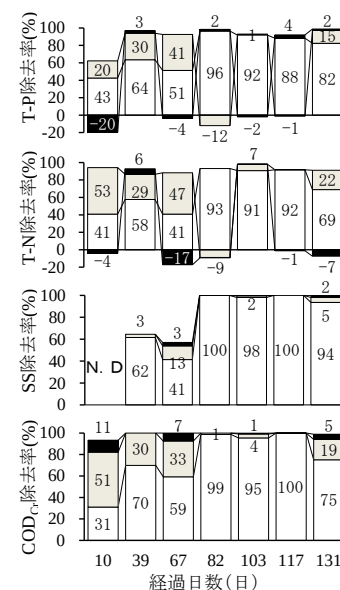


図-4 花壇型人工湿地の水質浄化性能及び除去量全体に対する各段の除去量の割合の推移