

人工湿地のろ材としてのリサイクルガラス造粒砂の性能評価

日本大学工学部	学生会員	○丹	大輝
日本大学工学部		武田	文彦
株式会社たすく		谷口	崇至
日本大学工学部	正会員	中野	和典

1. はじめに

活性汚泥法の代替処理として人工湿地法が挙げられる。人工湿地は自然条件下で湿地の汚濁浄化性能を人工的に強化し活性汚泥法と同程度の汚濁浄化能力をもった処理方法である。人工湿地の浄化性能はろ材による濾過や吸着による物理的除去に大きく依存しており、安価でそれらの性能に優れるろ材の開発が望まれる。そこで本研究では、非常に安価で土木資材として使用されているリサイクルガラス造粒砂の人工湿地のろ材としての性能評価を行った。

2. 実験方法

リサイクルガラス造粒砂(0-5mm)の性能評価のための比較対象として、人工湿地ろ材として実績のある火山礫(0-4mm)と安価な土木資材である砕石(2.5-5mm)を用いた。豚尿排水の処理性能をカラム試験により比較することでろ材の性能評価を行った。実験装置の概略を図-1に示す。カラム試験として実際の人工湿地における操作条件を参考に80mlの豚尿排水を12間隔で投入する浄化実験を60日間継続した。

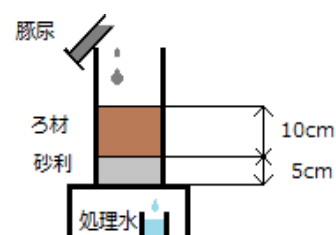


図1 実験装置の概略

3. 実験結果

3.1 各ろ材のCOD_{Cr}除去性能の比較

60日間の実験における各ろ材のCOD_{Cr}除去性能の比較を図-2に示す。実験開始から14日目までは、各ろ材ともCOD_{Cr}濃度が上昇する傾向となったことから、COD_{Cr}はろ材の吸着作用により除去されていたことが考えられた。経過日数14日で比較すると、人工湿地の現場において実績のある火山礫では、40%のCOD_{Cr}が除去されたがこれに対し安価であるが実績のない砕石では、除去率はわずか1%であった。同様に安価であるが実績のないガラス造粒砂では、除去率は65%であり、この時点では火山礫よりも除去性能が高かった。14日経過後は、火山礫、ガラス造粒砂ともに除去性能が高まり、両者の差はなくなった。しかし、火山礫は実験開始から42日目を目詰まりを起こし、実験を中止することとなった。その時点での除去率は90%に達していた。これに対しガラス造粒砂は、60日間の実験において目詰まりせず、60日目のCOD_{Cr}除去率は94%に達した。一方、除去性能の低かった砕石でも60日目の除去率は72%まで増加しており、時間経過に伴いろ材表面に形成された生物膜がろ材表層のケーキ層の形成を促し、ケーキ濾過が起きていたと考えられた。この結果は、ろ材の特性によるものではなく、粒径によるものと考えられる。最小粒径が異なる砕石とガラス造粒砂で除去性能に明らかな差があったことから、ケーキ層の形成は小さい粒径の割合が影響していると考えられた。

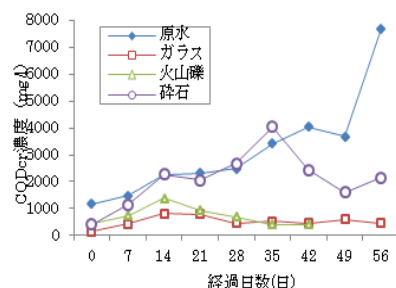


図2 COD_{Cr}除去性能の比較

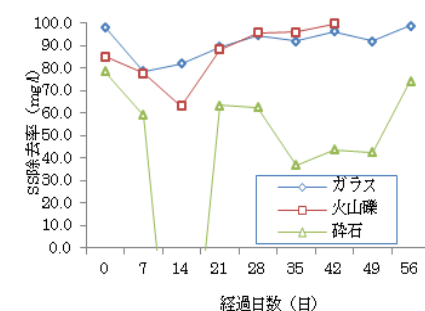


図3 SS除去率の比較

3.2 各ろ材のSS除去性能の比較

各ろ材のSSの除去率の比較を図-3に示す。実験開始から14日目までは、各ろ材とも除去率が減少する傾向となった

キーワード: 人工湿地, ケーキ層, リサイクルガラス造粒砂, ろ材,

た。火山礫では、開始時に 90%だったものが 14 日後には 60%に下降し、砕石では 80%から-100%まで低下した。これは実験開始時にろ床内に蓄積された SS が流出したためと考えられる。一方、ガラス造粒砂でも同様に SS 除去率が低下したが、減少はわずかであり、7 日目以降は除去率が増加に転じた。火山礫及び砕石でも 14 日以降には除去率が増加に転じた。これらはろ材表層にケーキ層が形成され、SS 除去性能が回復したことを示唆している。火山礫での除去率は、目詰まりを起こした 42 日目には 99%となり、砕石でも 60 日目の除去率は 80%まで増加した。ガラス造粒砂での除去率は 21 日以降は 90%以上を維持したが、目詰まりは生じなかった。

3.3 各ろ材の T-N 除去性能の比較

各ろ材の T-N の除去性能の比較を図 - 4 に示す。7 日目までは、各ろ材の処理性能は上昇していた。これは実験開始直後には窒素がろ材へ吸着し、ろ床内に蓄積したためと考えられる。14 日目以降に各ろ材の処理水の T-N 濃度が原水より高くなったことから、ろ床内に蓄積されていた窒素成分の流出が起きたことが明らかになった。そのような現象は 28 日まで継続したが、35 日目以降は原水の濃度を下回るようになった。これらの T-N の挙動は、各ろ材に共通していた。

T-N で観察された現象を検討するために $\text{NH}_4\text{-N}$ の結果を図 - 5 に示す。T-N と異なり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ はどのろ材でも処理水が原水の濃度を超えることはなかった。T-N と濃度を比較すると、実験開始直後の T-N はほぼ $\text{NH}_4\text{-N}$ で占められていたが、それ以降は $\text{NH}_4\text{-N}$ 以外の窒素成分が占めていたことがわかる。そのため処理水の T-N 濃度が原水を超えた原因は $\text{NH}_4\text{-N}$ ではなく、硝化反応により生じた硝酸や亜硝酸によるものと判断出来る。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の低下は硝化の進行を反映しており、透水性に優れたガラス造粒砂で最も硝化が進行したことが示唆された。

35 日以降で各ろ材の処理水が原水の濃度を下回るようになったのは、脱窒が起きているためと考えられる。COD_{Cr} 除去性能の比較で述べたように砕石ではケーキ層の形成が最も遅れており、より好氣的であったと考えられる。そのため脱窒が始まるまで時間を要したことが推察された。一方、ガラス造粒砂はケーキ層の形成が早かったため脱窒も早く始まったと考えられ、最終的な T-N 除去率が最も高くなったと考えられた。

3.4 各ろ材の T-P 除去性能の比較

各ろ材の T-P の除去性能の比較を図 - 6 に示す。各ろ材とも処理水が原水の濃度を超えることはなかったが、除去率は時間経過とともに低下する傾向となった。これは T-P の除去がろ材による吸着作用に依存していることが示唆している。除去率の低下は砕石で早く現れたのに対し、火山礫とガラス造粒砂の除去性能はより長く続いた。このことから、火山礫とガラス造粒砂の T-P 吸着性能は同等であったことが示された。

4. まとめ

リサイクルガラス造粒砂のろ材としての性能が、人工湿地ろ材としての実績のある火山礫と同等以上であることが、豚尿排水の処理試験における COD_{Cr}、SS、T-N、T-P の除去性能より明らかとなった。リサイクルガラス造粒砂は粒径が小さくケーキ層が形成されやすいだけでなく、透水性にも優れていることが除去性能の高さに繋がったと考えられた。

謝辞 本研究は、東北マリンサイエンス拠点形成事業および平成 25 年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の成果の一部である。また、日本大学工学部土木工学科古河研究室の協力を得ました。心より謝意を表します。

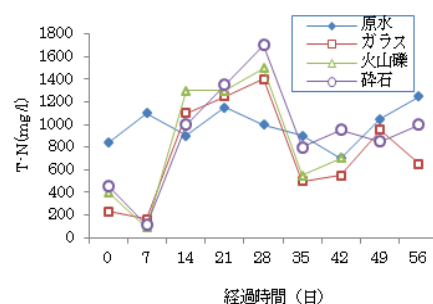


図 4 T-N の除去性能の比較

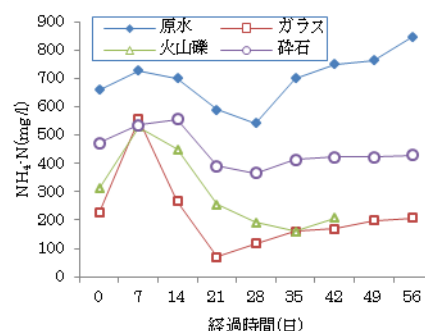


図 5 $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去性能の比較

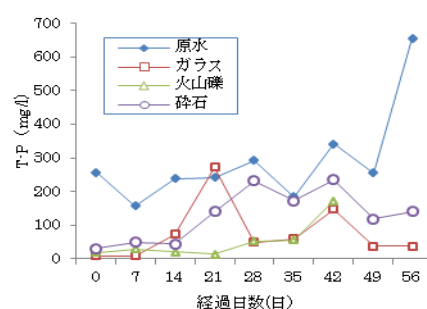


図 6 T-P 除去性能の比較