

機能性ろ材の水質浄化性能の比較

日本大学 学生会員 ○池谷 祐太
 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 袋 昭太

1. 研究背景及び目的

標準活性汚泥法では有機物の除去に照準を合わせているため、窒素・リンを十分取り除くことができない。そこで、有機物や SS に加えて窒素やリンの除去率を高めた下水処理方法として嫌気好気活性汚泥法が開発されている。しかし、エネルギー消費量が大きいことやシステムが複雑なことが課題となっている。

リンは、通常水中でリン酸の形で存在し、リン酸は主に生活排水、工場排水及び農業排水などから混入し、河川や湖沼の富栄養化を促進する原因となっている。リンの代表的な除去方法として、凝集沈殿や吸着法がある。凝集沈殿法は、リン除去技術の主流であり、凝集剤を添加し、水中のリンを不溶性にして除去する方法である。リンだけでなく、水中の微量の濁りや有機物も同時に沈殿として除去できる。リン除去に用いられる凝集材は、リン酸鉄としてリンを除去する鉄系凝集材、リン酸アルミニウムとしてリンを除去するアルミニウム系凝集材がある。一方、水和酸化金属のリン吸着性能は、溶液の pH に大きく依存することが明らかとなっており、pH が 2 から 5 付近の酸性領域で大きな吸着量を持っている。このように、吸着や凝集沈殿によるリンの除去は、pH 条件や共存物質（鉄、アルミニウム、カルシウム）の影響を受けるため、機能性ろ材を用いた人工湿地のリン除去においても pH 条件や共存物質が影響を与えている事が考えられる。そのような観点から本研究では、リン除去が期待できる異なる成分を含む 4 種類の機能性ろ材の水質浄化性能の比較評価することを目的とした。

2. 実験材料及び方法

本研究で制作した水平流型ろ床（処理水出口をろ材の高さに合わせて水位をろ材表層以上に維持）実験装置を図-1 に示す。鉄を含有する機能性ろ材として鉄含有木炭を、アルミニウムを含有する機能性ろ材としてゼオライトを、カルシウムを含有する機能性ろ材としてケイ酸カルシウム及び軽量気泡コンクリート(ALC)を使用した。円筒カラムにこれらの機能性ろ材をそれぞれ充填した水平流実験装置を 4 系列製作し、微生物植種源として下水処理場の活性汚泥 5ml を投入後、1 日 1 回 400ml（空隙体積に相当）の合成廃水をタイマー制御で自動的に各カラムに流入させる水質浄化実験を開始した。処理水の採水は週 2 回行い、処理水の COD_{Cr}、T-N、NO₂-N、NO₃-N、T-P、PO₄-P、pH を測定して各機能性ろ材の水質浄化性能を比較評価した。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、T-N 濃度 100mg-N/L(有機 50:無機 50)、T-P 濃度 10mg-P/L(有機 5:無機 5)となるように調整したものをを用いた。



図-1 実験装置の外観

3. 実験結果及び考察

3.1 有機物 (COD_{Cr}) 除去性能の評価

合成廃水と各機能性ろ材で得られた処理水の COD_{Cr} 濃度の経時変化を図-2 に、COD_{Cr} 除去率の平均値を表-1 に示す。有機物除去性能は鉄含有木炭が 69.6%と最も高く、次いでゼオライトが 53.0%、ALC 及びケイ酸カルシウム

はそれぞれ 48.9%及び 46.3%と同等であった。多孔質ろ材の中でも細孔の大きさが小さい鉄含有木炭とゼオライトが高い有機物除去率を示しており、細孔の小ささが有機物を分解する微生物の住処や有機物の吸着に有利に作用したと考えられた。

3.2 T-N 除去性能の評価

合成廃水と各機能性ろ材で得られた処理水の T-N 濃度の経時変化を図-2 に、T-N 除去率の平均値を表-1 に示す。T-N 除去性能はゼオライトが最も高く 83.8%であったのに対し、ケイ酸カルシウム及び ALC は 32.6%及び 29.7%と低く、鉄含有木炭では 13.0%と最も低かった。どの機能性ろ材でも処理水には硝酸態窒素と亜硝酸態窒素は殆ど含まれていなかった。これはろ床が嫌氣的になり易い水平流で実験を行ったためと考えられ、硝化反応が抑制され、T-N 除去率の差はろ材のアンモニア態窒素吸着性能によることが考えられた。ゼオライトは、陽イオン交換能に優れていることが知られており、アンモニア態窒素をイオン交換したことで最も高い窒素除去率が得られたと考えられた。本結果より、ALC とケイ酸カルシウムのアンモニア態窒素吸着性能は同等であること、鉄含有木炭のアンモニア態窒素吸着性能は低いことが明らかとなった。

3.3 T-P 除去性能の評価

合成廃水と各機能性ろ材で得られた処理水の T-P 濃度の経時変化を図-2 に、T-P 除去率の平均値を表-1 に示す。T-P 除去性能は鉄含有木炭が 78.7%と最も高く、次いでケイ酸カルシウムが 69.4%、ゼオライト及び ALC がそれぞれ 50.5%及び 50.0%と同等であった。合成廃水には有機態リンが 51.0%、無機態リンが 49.0%含まれていたが、処理水においては有機態リンが鉄含有木炭で 99.2%、ゼオライトで 96.5%、ケイ酸カルシウムで 90.9%、ALC で 98.0%を占めており、リン除去においては全般的に無機態リンが効率よく除去され、有機態リンの除去率が低いことが明らかとなった。鉄含有木炭においては、T-P 除去率が無機態リンの含有率を超えていることから、有機態リンも半分近く除去できていることが推察された。鉄含有木炭は、有機物除去率も高

かったことから、有機態リンが有機物として除去されたことが考えられた。ケイ酸カルシウムでは、処理水の pH が 9.1 と他の機能性ろ材よりも高いことから、カルシウムの溶出が卓越してリンと結合することにより、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ として沈殿ろ過され、鉄含有木炭に次ぐ高い除去率が得られたと考えられた。ゼオライトと ALC の T-P 除去率は合成廃水の無機態リン含有率とほぼ同等であり、無機態リンの除去がメインであったと考えられた。

4. まとめ

4 種類の機能性ろ材の水質浄化性能を比較した結果、有機物除去に最も優れていたのは鉄含有木炭であり、有機物除去には多孔質ろ材が適していることが示された。窒素除去で最も優れていたのはゼオライトであり、アンモニア態窒素吸着性能の差が他の機能性ろ材との除去性能の差となったことが示された。リン除去に最も優れていたのは鉄含有木炭であり、他の機能性ろ材との性能の差は有機態リンの吸着の有無によって生じたことが推察された。

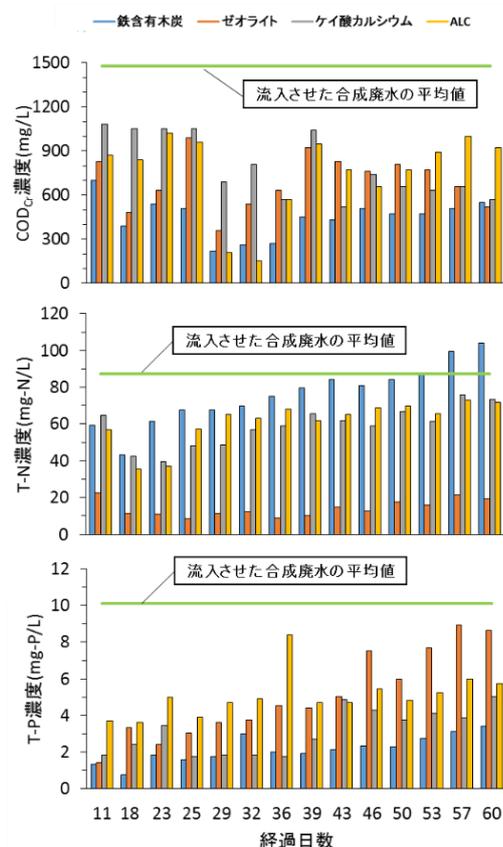


図-2 4 種類の機能性ろ材で得られた処理水質の経時変化

表-1 4 種類の機能性ろ材で得られた処理水 pH と水質浄化性能の比較

	除去率(%)			pH
	COD _{Cr}	T-N	T-P	
合成廃水	—	—	—	7.1
鉄含有木炭	69.6	13.0	78.7	7.8
ゼオライト	53.0	83.8	50.5	7.2
ケイ酸カルシウム	46.3	32.6	69.4	9.1
ALC	48.9	29.7	50.0	7.9