

フライアッシュを使用した人工湿地ろ床の水質浄化特性

日本大学 学生会員 ○大倉 佑慎
 福島エコクリート株式会社 正会員 横田 季彦
 日本大学 正会員 中野 和典

1. はじめに

現在福島県内では、石炭火力発電所の廃棄物としてフライアッシュ(FA) が年間 170 万 t 発生しており、それを原料とした OR クリート(福島エコクリート株式会社)が路盤材、盛土材として活用されているが、土木や建築資材以外の用途開発が課題となっている。OR クリートには Al や Fe などの金属成分が多く含まれており、リンの除去性能に優れた機能性ろ材として有効であることが期待できる。そこで本研究では、FA を原料とした OR クリートのろ床材としての適用性と優位性を明らかにすることを目的として、OR クリートのろ床材としての性能を低濃度及び高濃度モデル廃水を用いた浄化実験を実施した。

2. 実験方法

本実験で使用したカラム実験装置を図-1 に示す。円筒カラム(内径 10.4cm ×長さ 73cm)にろ床厚が 10 cm となるように OR クリートを約 950 g 充填した実験装置を 3 系列作製した。COD_{Cr} 1,500 mg/L、T-N 100 mg/L(有機 50:無機 50)、T-P 10 mg/L(有機 5:無機 5)となるように酢酸ナトリウム、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で調整したものを高濃度モデル廃水とし、これを 10 倍希釈したものを低濃度モデル廃水とした。実験開始前に低濃度モデル廃水と活性汚泥を実験装置に投入して 1 日間放置し、微生物の馴養を行った。浄化実験は、低濃度モデル廃水を 1 日 1 回 450 ml(ろ床が完全にモデル廃水で満たされ、ORP の計測ができる水量)を流入させ、鉛直流(VF)、水平流(HF)、タイダルフロー(TF)の 3 種の水力条件で実施した。実験開始から 22 日間は pH 無調整の低濃度モデル廃水を流入させ実験(Phase1)を行った。実験開始から 23 日目より低濃度モデル廃水の pH を 4 とし 19 日間の浄化実験(Phase2)を行った。43 日目より pH を 4 とした高濃度モデル廃水に切り替え、20 日間の浄化実験(Phase3)を行った。TF では、水位がろ床表面にある満水状態とろ床底部にある干水状態が 12 時間周期で繰り返されるように水位を管理し、HF では常に満水状態、VF では流入時を除いて干水状態に水位を管理した。モデル廃水流入時に生じる排水を Phase1 では週 2 回、Phase2、3 では週 3 回の頻度で採水し、pH、EC、COD_{Cr}、T-P、T-N および各態窒素として NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N を測定した。また、ORP 電極をろ床表面から 1 cm(上層)及び 10 cm(下層)に設置し、モデル廃水流入直後と流出直前の ORP を計測した。



図-1 カラム試験装置の外観

3. 結果および考察

3.1 低濃度 pH 無調整条件での OR クリートろ床の水質浄化性能

3 種の水力条件で駆動させた OR クリートろ床の ORP、pH 及び水質浄化性能の変遷を図-2 に示す。OR クリートろ床に pH 無調整の低濃度モデル廃水を流入させると水力条件に関わらず処理水の pH は 11 前後と高アルカリ性となることが明らかとなった。ORP 値は水力条件に関わらず 200mV 前後の一定の値を示したことから、微生物活性はゼロに近いことが推察された。つまり Phase1 における浄化性能は、生物作用が含まれない吸着やろ過などの物理化学作用のみを反映してい

キーワード： フライアッシュ、水質浄化、ろ床材、産業廃棄物

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1

日本大学工学部 土木工学科 環境生態工学研究室

ると考えられた。3種の水力条件で得られた浄化性能を比較すると、T-P 除去率は HF>TF>VF の順に高く、VF を除いて平均除去率は 75%前後で安定した。これは高 pH によるリンの沈殿が生じているためと推察され、OR クリートろ床のアルカリ性質を活かしてリン除去を行うには、滞留時間が長い方が良いことが示された。COD_{Cr} の除去率は VF>TF>HF の順に高く、VF と TF は 60%で安定したのに対し HF は 50%だったことから、OR クリートろ床の有機物の吸着作用は滞留時間が短い方が発揮されることが示された。T-N の除去率はリンと同様に HF>TF>VF の順に高かったが、当初 50~60%だった除去率が 20 日目に 20~25%まで低下した点において T-P と異なり、吸着が除去機構であると考えられた。

3.2 低濃度 pH 調整条件での OR クリートろ床の水質浄化性能

Phase2 において pH を 4 に調整したモデル廃水に切り替えたところ、処理水の pH は全ての水力条件で 8.5~9 と大きく低下し、中性に近づいた。その結果、直ちに ORP 値に変化が現れ、TF 及び HF では ORP 値が低下したことから、OR クリートろ床の高 pH が微生物活性を抑制していたことが明らかとなった。COD_{Cr} の除去率は特に TF において増加傾向を示し、生物学的作用が付加されたことが推察された。T-N の除去率も同様に特に TF において増加傾向となった。Phase1 終了時に 31%であった除去率は Phase2 終了時には 49%に達しており、生物学的作用により除去性能が向上したことが明らかとなった。これらの結果から OR クリートろ床で生物学的作用を活用するには、pH 条件が重要となることが分かった。これに対し T-P 除去性能の傾向は pH 条件が変化しても変わらず、平均除去率は全水力条件で 65%前後に安定していたことから、生物学的作用の寄与は小さいことが示唆された。

3.3 高濃度 pH 調整条件での OR クリートろ床の水質浄化性能

Phase3 において pH を 4 に調整した高濃度モデル廃水に切り替えたところ、処理水の pH はさらに低下傾向を示し、ORP 値の変化幅も増加したことから、高濃度モデル廃水に切り替えたことで微生物活性がさらに向上したと推察された。その効果は COD_{Cr} と T-N の除去率に現れ、除去率が最も高かった TF において Phase2 終了時にそれぞれ 70%及び 49%であった COD_{Cr} と T-N の除去率は、Phase3 終了時に 83%及び 55%に達していた。T-P の除去率も同様に TF が最も高く、Phase3 終了時には 93%に達した。これに対し Phase1 及び 2 で除去率が高かった HF の Phase3 終了時の T-P 除去率は 73%であった。

TF の ORP 値がほぼプラス側であったのに対し、HF の ORP 値が Phase3 後半では -600mV であったことが TF と HF の T-P 除去性能の逆転の要因として考えられた。

4. まとめ

OR クリートのろ床材としての適用性と優位性を低濃度及び高濃度モデル廃水を用いた浄化実験により評価した結果、OR クリートろ床のアルカリ性質はリン除去に有効であることを確認することができた。しかし、pH 無調整では生物学的作用が期待できないことが明らかとなった。pH 調整すると生物学的作用が付与され、特に OR クリートろ床を TF 条件で運用すると COD_{Cr}、T-N、T-P の全ての項目で浄化性能が最大限に発揮できることが明らかとなった。

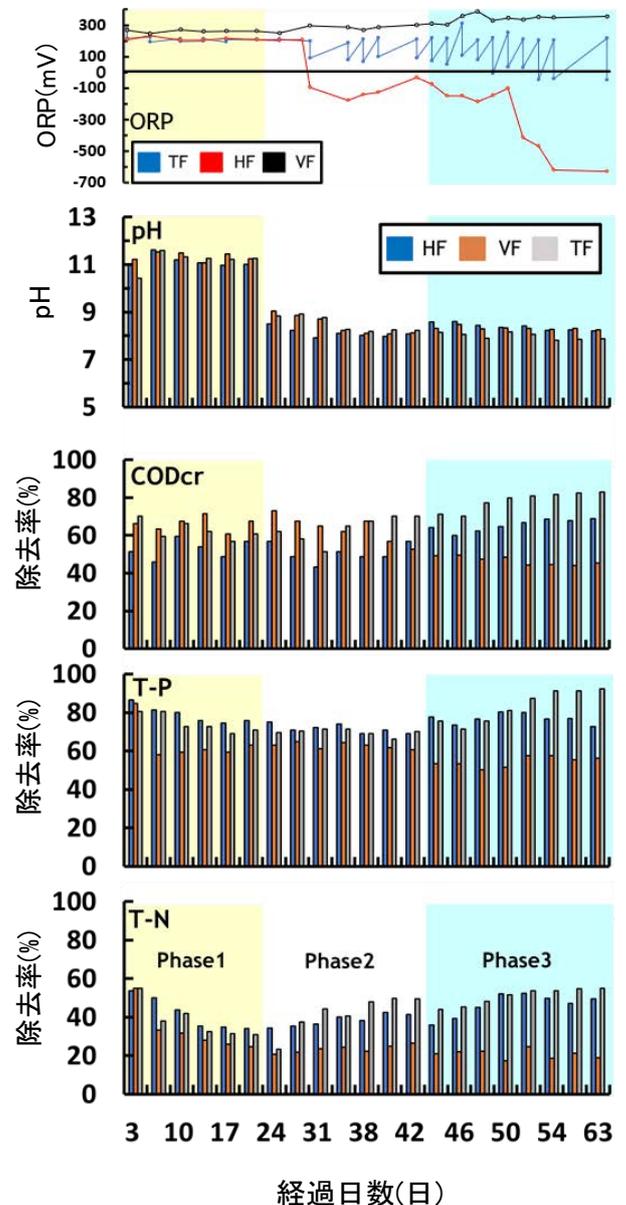


図-2 3種の水力条件で駆動させた OR クリートろ床の ORP、pH 及び水質浄化性能