

하수 인 고도처리를 위한 인 결정여과공정 운전결과 및 부산슬러지 특성 검토

Operating result of Hydroxyapatite Crystallization-Filtration (HCF) process and characterization of its sludge for wastewater effluent

장향연*, 김원재**

Hyang-Youn Chang, Weon-Jae Kim

요 지

우리나라 대규모 하수처리장에 상용화되어있는 응집공정의 운영상 난점을 극복하고자 대체공정으로 고안된 인 결정여과공정(HCF, Hydroxyapatite Crystallization-Filtration process)의 pilot plant를 구축하고 부산슬러지의 자원화를 위해 그 특성을 검토하였다. 기존의 hydroxyapatite(HAP) 결정화공정 내 탈탄산(decarbonation) 단계를 생략하는 HCF공정의 경우에 고농도의 Ca^{2+} 주입과 처리수내 탄산염으로 인해 HAP을 포함하는 석회계 슬러지가 발생하는데, 이는 산성화된 토양의 개량제(중화제)로 널리 사용될 수 있다.

본 연구를 위해 경기도 I하수처리장 2차침전지 후단에 구축된 처리용량 27.1 - 135.6 m³/day HCF pilot plant의 전처리 조건은 pH 10.0 - 11.0, Ca^{2+} 농도 80 mg/L이었다. 결정여과조는 선속도 1.0 - 5.0 m/hr, 상향류로 운전되며, 여재는 2.0 - 3.0 mm의 석회석 모래를 충전하였다. 역세척은 중앙에 Air lifting pipe를 설치하여 역세척수가 처리수와 분리배출되도록 설계하였고, 침전시켜 역세척 슬러지를 회수하였다. 처리수의 평균 T-P, PO₄-P 및 SS는 각각 0.05, 0.04, 1.1 mg/L으로 모든 항목에서 방류수 수질기준 이하로 안정적으로 유출되었다. 회수된 HCF 슬러지는 SEM-EDX, XRD, FT-IR을 활용하여 그 특성을 분석하였다. SEM-EDX로 분석된 슬러지의 원자분율은 CaCO₃ 또는 HAP으로 추측되었다. 또한, XRD spectrum 분석결과, 슬러지의 주요 구성성은 calcite, HAP, phosphoric acid(H₃PO₄) 및 brusite로 나타났다. FT-IR 분석결과, 슬러지는 대부분 인산염 및 탄산염의 무기물로 구성되어 있으며, 유입수의 인 농도가 높을수록 슬러지 내 HAP의 함량이 calcite보다 높은 것으로 나타났다. 고농도의 Ca^{2+} 을 주입하여 탈탄산단계를 생략한 HCF의 부산슬러지는 HAP 이외에도 CaCO₃와 칼슘-인 화합물로 구성되어 있는 것으로 나타났다.

하수 인 고도처리를 위한 HCF공정의 하수처리시설 인 고도처리 적용이 검증되었으며, 부산슬러지를 산성화된 토양의 개량제(중화제) 또는 비료로서의 재활용 및 자원화 가능성이 시사되었다.

핵심용어 : 결정여과공정, 슬러지 자원화, 인 제거, 하수처리, 하이드록시아파타이트

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업(2022-0194)의 연구비지원으로 수행되었습니다.

* 정회원 · 한국건설기술연구원 환경연구본부 박사후연구원 · E-mail : changhyangyou@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 환경연구본부 연구위원 · E-mail : wjkim1@kict.re.kr