요 약 문

Ⅰ. 제목

신개념 도시하수도시스템에서 질소 및 인 회수 신공정 개발

Ⅱ. 연구의 목적 및 필요성

본 연구에서는 신개념 도시하수시스템에서 발생원 분리배출에 의한 소변에서 질소와 인을 struvite 결정화(MAP)로 회수 시 MAP 공정 이후, 발생하는 잔류 질소 처리 및 회수를 하기 위한 MAP반응기에 잔류질소회수기술을 가미한 새로운 컴팩트한 신공정을 구축하고자 한다. 이를 위해 공정 개발과 운전조건을 도출하여 회수효율을 높이고, 공정을 상용화하기 위한 방안을 마련하고자 한다.

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

1. MAP 반응기와 잔류질소 회수기술의 일체화 공정 개발
   - 잔류질소 회수기술의 MAP 반응기 적용 방안에 관한 연구
   - 일체화 공정 시스템 설계 및 제작
   - 일체화 공정의 비료 생산 효율성에 대해 실험을 통한 검토

2. 공정의 질소 및 인 회수 효율을 높이기 위한 적정 운전인자 도출 및 공정 상용화를 위한 연구
   - 경제성 확보를 위한 해수 농축수 주입을 통한 공정 운전 조건 도출
   - 생성된 비료의 암모니아가 함유된 MAP 성분 분석 및 적정 함유량 생성을 위한 인자 도출
   - 잔류질소회수기술의 운전인자 도출

Ⅳ. 연구결과

MAP반응기에서 MAP struvite 결정 생성에 관하여 경제성을 갖추기 위한 해수 농축수와 RO 농축수를 이용한 MAP struvite 결정화의 적정 인자를 도출한 결과 해수 농축수의 경우 10mL-해수농축수/L-Urine을 주입하였을 때 95%의 인회수 효율을 나타냈으며, RO 농축수의 경우 100mL-RO농축수/L-Urine을 주입하였을

때 98.5%의 높은 인 회수 효율이 나타났다. 또한, pH, 교반속도, 반응시간의 적정 인자는 pH 10, 교반속도 150rpm, 반응시간 30min으로 나타났다.

배치실험으로 도출된 최적인자를 통해 MAP struvite 반응장치를 운전한 결과 유출수의 PO_4-P 농도가 8.19~10.61 mg/L로 나타났으며, 제거율은 평균 97.0%로 안정적인 운전이 가능하였으며, CRT 8시간일 때 92.9%의 PO_4-P 회수율을 가졌다.

MAP 반응기와 접목시켜 잔류암모니아를 회수하는 공정으로 암모니아 탈기 실험을 한 결과 2.5L/min, 10L/min의 공기를 주입한 실험에서 최대 79.1%, 94.9%의 암모니아 제거율이 나타났다. 그러나 암모니아 탈기의 경우 운전에 어려움이 있으며 많은 양의 공기를 주입할 시 암모니아 탈기의 효율은 높으나 운전비용의 증가와 탈기된 암모니아를 황산에 녹여 황산암모늄으로 회수해야 되기에 MAP 공정에 접목시키기에는 공정이 복잡해지기 때문에 암모니아 탈기 공정은 운전관리 및 비용적인 측면에서 효율적이지 못하다고 판단된다.

운전비용 및 유지관리의 어려움이 있는 암모니아 탈기 기술을 대신하여 간단한 제올라이트를 이용한 잔류 암모니아 회수 위한 적용 가능성을 실험을 통하여 도출하였다.

칼럼에 두 종류의 제올라이트를 충진하여 EBCT 10분으로 실험한 결과 천연 제올라이트와 박막 코팅된 제올라이트는 초기 66.1%, 64.5%의 제거효율을 나타냈으나 10분 후 파과됨에 따라 18.3%, 15.7%로 감소되었다. 파과된 제올라이트를 황산나트륨을 이용해 재생한 결과 천연 제올라이트는 2.16mg-NH_4^+/g-zeolite, 박막 코팅된 제올라이트는 2.55mg-NH_4^+/g-zeolite의 암모니아 회수량이 나타났다. 암모니아 회수를 위해 회수율이 높은 박막 코팅된 제올라이트가 적합하다고 판단되며, 소변의 잔류 암모니아 농도가 높은 특성에 따라 제올라이트 공정에 변화를 주면 일체화 공정에서 소변 내 잔류 암모니아 회수를 위한 공정으로 적용이 가능하다고 판단된다.

MAP struvite 반응장치와 제올라이트 흡착 공정을 일체화 시켜 7시간 동안 운전한 결과 최종 유출된 소변의 암모니아 제거율은 62.9~82.0%로 나타났으며, 또한 인산염의 제거율은 92.9~95.2%로 나타났다. 시스템 운전에 의해 생산된 비료로서의 질소, 인 회수율은 인 회수량은 451mg-PO_4-P/g-MAP struvite로 회수율은 92.1%로 나타났으며, 암모니아의 회수율은 71.6%로 나타났다. 이러한 운전 결과를 통해 소변에서의 질소와 인을 회수하기 위한 기술의 상용화가 가능하다.

Ⅴ. 연구결과의 활용계획

본 연구 결과는 차세대 신개념 도시 하수도시스템의 기반 기술로 소변을 발생원에서 분리처리 시 기반 기술로 활용이 가능하다. 또한 하수 중 유용자원 회수의 선도 기술로의 활용이 가능하며, 하수 중 질소의 50%이상을 차지하는 소변에서 대부분의 질소를 회수함으로 인해 하수처리장의 질소 부하감소로 인한 공정 개발비 및 에너지 절감을 위한 시책에 활용할 수 있다. 그리고 도시 하수에서 자원 회수를 통한 비료생산으로 인해 앞으로 증가될 것으로 예상되는 도시농업의 확충을 위한 기술적 기반을 조성할 수 있다.