

## 경기도내 혐기성소화슬러지에서 알루미늄, 철 응집제와 인의 회수 기술 개발

< 엔비넷(주) 김 영 규 >

### 1. 연구의 목적 및 필요성

- 하수처리장의 인의 처리효율을 높이기 위하여 알루미늄, 철을 응집제로 사용하고 있다. 그러나 현재 상수원보호구역등의 인의 방류기준이 0.2~0.5ppm으로 강화되고 응집제의 사용이 급격히 증가하고 있어, 알루미늄이나 철 응집제를 회수하여 재활용할 필요성이 제기되고 있다.
- 알루미늄에 흡착된 인을 슬러지로 제거하거나 일부는 다시 원수에 유입하여 전체반응조의 인 제거에 악 영향을 미치고 있다. 이런 인을 회수하여 재활용하는 기술이 요구된다.
- 인은 식물생산에 없어서는 안 될 식물 비료성분 중 중요한 기본 물질이며 이런 농업용 비료성분 중 중요한 인을 만들기 위한 전 세계적인 인 광석 매장량이 고작 50년에서 100년이고 세계 인 광석 사용량의 연간증가율을 2.8%를 고려하면 2030년경에는 인 관련 자원 고갈이 심각해질 것으로 예측되므로 하·폐수 중의 인을 회수하여 재이용하는 기술을 새로운 각도에서 진행해야 하며, 현재 선진국에서는 효율적인 인 회수 기술 개발을 완료하였지만 현재 국내의 경우는 기초실험 단계에 머물러 있다.
- 인은 산업의 발달과 인구증가 및 대체에너지원인 바이오에너지가 석유에너지의 대체 에너지로 대두되면서 곡물생산량이 증가함에 따라 비료 사용량 역시 증가하여 인의 사용량도 날로 증가하고 있는 추세이다.
- 인을 하·폐수에서 고효율로 제거하는 기술 못지않게, 알루미늄과 철 및 인의 자원 회수 및 재이용 기술의 필요성이 전 세계적으로 높아지고 있다.

## II. 연구의 내용 및 범위

- 하수처리시설의 최종침전지와 혐기성소화조 슬러지에서 인을 용출하고 알루미늄과 철을 용출하는 기술 개발
- 하수처리장 혐기성소화조 슬러지로부터 알루미늄, 철 및 인을 제거·회수함으로써 유용자원을 확보하고 방류수질 개선을 도모하는 기술 개발
- 하수처리장 최종침전지와 혐기성소화조의 슬러지 등으로부터 인을 제거·회수함으로써 무기금속을 다시 생물학적 반응조의 인 제거를 위한 응집제로 재활용하는 기술개발
- 하수처리장 혐기성소화조 슬러지로부터 회수된 인을 액비나 퇴비로 재활용하는 기술 개발
- 생물반응조에서 알루미늄과 철 무기금속과 인을 반응시켜 제거특성과 제거율을 파악
- 중침조와 혐기성소화조, 슬러지반응조로 알루미늄과 철 무기금속과 인을 회수하는 특성과 회수율 및 재활용 방법을 파악
- 평택시 J 공공하수 처리시설에 위치한 Pilot plant로 알루미늄, 철 무기응집제와 인을 반응시키고 슬러지에서 이들 자원을 회수하는 연구를 진행

## III. 연구결과

본 기술의 처리수는 BOD 10mg/l이하, COD<sub>mn</sub> 5.0mg/l이하, SS 5.0mg/l이하, T-N 10.0mg/l이하, T-P 0.2mg/l이하를 만족하는 하수의 고도처리 기술로써 향후 강화되는 하수처리장 방류수 기준에도 적용이 가능한 기술이다. 평가시설이 설치되어 있는 평택시 J 공공하수처리장은 처리장 일대의 생활하수를 차집하여 처리하는, 일 65,000톤(기존 40,000톤/일 + 신설 25,000톤/일) 규모의 하수종말처리장이다. 해당 연구는 J 공공하수처리장에 위치한 Pilot plant에서 2012년 9월부터 2012년 11월까지 약 3개월간 하수처리장에 유입되는 침사지 월류수의 일부를 plant의 유입원수로 사용하였다. 유입수의 평균 유기오염물질 농도는 BOD 105.4mg/l, COD<sub>mn</sub> 54.7mg/l, SS 93.8 mg/l이었으며, T-N 33.2mg/l, T-P는 2.87mg/l로 조사되었다. 유입수의 용적부하량은 0.43kg-BOD/m<sup>3</sup>·d), C/N비의 경우 평균 COD<sub>mn</sub>/T-N비는 1.65(1.25-1.95), 생물반응조의 수리학적체류시간은 7.16hr간, 호기조의 DO는 3.15mg/l, F/M비는 T-BOD/MLSS기준으로 평균 0.147(0.013-0.183), 미생물체류시간인 SRT는 MLSS기준으로 19day로 운전하였다. 생물반응조인 철석출조를 거친 방류수1의 농도를 보면 BOD는 9.8mg/l로 처리효율은 90.6%(88.4~92.0), COD<sub>mn</sub>은 6.3mg/l로 처리효율은 90.8%(85.6~90.7), SS는 7.5mg/l로 처리효율은 90.2%(87.6~92.3), T-N은 9.9mg/l로 처리효율은 69.9%(65.8~73.1),

T-P는 0.3mg/l로 처리효율은 89.7%(87.8~90.7)의 제거효율을 보였다. 여과조를 거친 방류수의 수질농도를 보면 BOD는 6.3mg/l로 94.0(92.3~94.8)%, COD<sub>mn</sub>은 5.0mg/l로 처리효율은 평균 93.4% (87.0~93.4), SS는 4.5mg/l로 처리효율은 95.2%(93.5~96.6), T-N은 9.2mg/l로 처리효율은 72.2%(69.5~75.9), T-P는 0.19mg/l로 처리효율은 93.3%(92.2~94.6)의 제거효율을 보였다.

슬러지내 S-COD가 4.89mg/L에서 90.3mg/L로 증가하고 P도 최초 1.39mg/L에서 4.51mg/L로 증가하였으므로 소화조 슬러지 상등액을 축분과 혼합하여 액비로 발효시켜 사용할 수 있다고 본다.

- 2013년에 본 공법으로 6000m<sup>3</sup>/yr을 재이용수로 이용할 경우 전력량과 CO<sub>2</sub>의 절감효과를 파악하였다. 재이용수의 상수대체율 0.437과 물 1톤당 소모되는 전력량 (0.248Kw/물 1m<sup>3</sup> 생산)을 고려할 경우 273,343Kw/day의 전력이 절감되고 산업용전기요금(72원/Kw)으로 환산하면 17,088천원/yr이 절감되고 CO<sub>2</sub>는 100,010kg/yr 감소되었다.
- 재이용수로 사용시 기존의 생물학적 처리공법에 비해 COD는 1.3mg/L(여과조를 사용한 재이용수 약 1.3mg/L의 COD가 더해짐)가 감소되어 오염부하량(COD)은 약 7.8 kg/day(2,847kg/yr)의 감소효과를 보인다.
- 알루미늄과 철판을 50%씩 사용한 석출장치에서 인의 제거량은 90%, 응집제인 철과 알루미늄의 회수율이 80%로 연간 절감액은 6,302,800원/yr
  - 철회수량/yr = 3,000m<sup>3</sup>/day × 0.00257kg/m<sup>3</sup>(제거하는 인의양) × 2.0g-Fe/g-P × 0.8(회수율) × 365day = 4,502kg/yr
- 알루미늄과 철을 50%씩 사용 하므로 절감액은 6,302,800원/yr
- 인 회수율이 80%일 경우 : 165,600원/yr 절감
- 인 회수율이 80%일 경우 제거된 인의 양은 50톤/day의 물질수지에 의하여 슬러지가 8000mg/L일 때, 인이 4.52mg/L이 발생하므로 1일의 폐기슬러지가 0.71kg/day 발생할 때는 총 396mg/day의 인이 발생한다.
  - 회수된 인의 양 = 396mg/day × 0.8(회수율) × 365day=115g/yr × 6000톤/50톤 =13.8kg/yr
  - 13.8kg/yr × 12000원/kg-P=11,520원/day=165,600원/yr
- 상수도 사용량 및 광역 상수도의 댐 주변지역 지원비 절감으로 인한 상수도 생산비용 절감액은 1,874,730원/day 이므로 연간 684,276,450원을 절감할 수 있음
  - 6000m<sup>3</sup>/day 의 하수를 재이용수로 사용할 경우 상수대체효과 0.437, 상수도요금 715원/m<sup>3</sup> 적용함
  - 상수도 생산요금 절감 = 6,000m<sup>3</sup>/ × 상수대체효과 0.437 × 715원/m<sup>3</sup>

**=1,874,730원/day**

- 인을 회수하는 것은 경제성이 없으나 대부분의 수처리 공정에서 응집제로 사용되는 Alum과 철을 회수하는 것은 경제성이 있으며 재이용하여 사용할 경우에는 상수 대체 효과 있을 것으로 사료된다.

#### **IV. 연구결과의 활용계획**

본 연구를 통해 기흥저수지 수질개선 적용, 경기도내의 오염저수지 수질개선에 활용하고자 한다.