

하 · 폐수 고도처리시 F/M비 변화에 따른 유기산 잔류 농도가 슬러지 침강성에 미치는 영향

박영기[†] · 김영일* · 김슬기*

국립 익산대학 건설환경시스템과 · *전북대학교 환경, 화학공학부

(2005년 8월 18일 접수, 2006년 1월 9일 채택)

Influence of Organic Acids Residual Concentration by the Change of F/M Ratio on Sludge Settleability in Advanced Sewage Treatment Processes

Park Young Ki[†] · Kim Young Il* · Kim Sl Ki*

Department of Civil and Environmental Engineering, Iksan National college

*Division of Environmental and Chemical Engineering, Chonbuk National University

ABSTRACT : The biological nutrient treatment is formed with repetition and rearrangement of anaerobic, anoxic and oxic tank. In this case, VFAs is generated in the anaerobic tank and the anoxic tank. The VFAs is an important factor for removal of nitrogen and phosphate and SVI.

So, in this study I investigated to find a relationship among the generation rate of the VFAs according to the change of F/M ratio and the characteristic which can eliminate organic matter and nitrogen according to the change of residual concentration of the VFAs and the efficiency of the process and also SVI in wastewater treatment.

A²/O process was used for wastewater treatment. F/M ratio was under the control of the change of MLSS concentration.

When the F/M ratio was changed from 0.16 to 0.08 kg-BOD/kg-MLSS/day, the VFAs's production volume increased based on the reduction of F/M ratio in batch reaction. And the residual concentration of the VFAs decreased at first and then increased later.

SVI and SS were high when F/M ratio was 0.16 kg/kg · d and showed stable status when F/M ratio decreased 0.11~0.13 kg/kg · d. However, SVI and SS continuously increased with decrease of F/M ratio and were high at 0.08 kg/kg · d.

In the result of comparison between residual concentration of the VFAs and denitrification rate in anoxic tank, the less residual volume of the VFAs was in anoxic tank, the higher denitrification ratio became.

The optimal residual-concentration of the VFAs considering SVI and removal efficiency of nitrogen was 1.4~2.2 mg/L. At that time F/M ratio was 0.11~0.13 kg-BOD/kg-MLSS/day.

Key Words : SVI, VFAs, Nitrification, Denitrification, F/M ratio

요약 : 생물학적 고도처리는 혐기, 무산소, 호기의 조건을 반복하거나 재배열함으로써 이루어지는데 이때 혐기조와 무산소조에서는 유기산이 발생한다. 여기서 발생한 유기산은 질소와 인의 제거와 슬러지침강성에 중요한 인자로 작용한다.

따라서 본 연구에서는 하 · 폐수 고도처리 시 F/M비 변화에 따른 유기산의 발생정도와 잔류농도 변화와 그에 따른 유기물과 질소의 제거 특성과 처리효율 및 슬러지 침강성과의 관계를 모색하기 위해 특성을 검토 하였다.

고도처리를 위해 A²/O 공정을 사용하였고 MLSS의 농도의 변화로 F/M비를 조절하였다.

F/M비를 0.16~0.08 kg-BOD/kg-MLSS/day로 변화 시켰을 때 F/M비에 감소에 따라 회분식 반응기에 의한 유기산의 생성량의 증가하였고 잔류 유기산 농도는 감소하였다가 증가하였다.

F/M비가 0.16 kg/kg · d 실험 조건에서 SVI와 SS는 높게 나타났으며 F/M비가 0.11~0.13 kg/kg · d로 높아짐에 따라 감소하여 양호한 상태를 보이다 F/M비가 증가함에 SVI와 SS도 지속적으로 증가하여 0.08 kg/kg · d에서 높은 SVI와 SS 농도를 나타내었다.

무산소조의 유기산 잔류 농도 그리고 탈질률을 비교한 결과 무산소조의 유기산 잔류량이 적을수록 탈질률은 증가하였다.

슬러지 침강성과 질소 제거효율을 고려한 최적의 유기산 잔류 농도는 1.4~2.2 mg/L이며 이때의 F/M비는 0.11~0.13 kg-BOD/kg-MLSS/day범위로 나타났다.

주제어 : 슬러지침강성, 유기산, 질산화, 탈질화, F/M비

1. 서 론

현재 우리나라의 대부분의 하수 종말 처리장은 표준 활성

슬러지공법을 통하여 수질오염의 직접적인 오염물질인 유기물(BOD)을 제거하고 있지만, 표준 활성슬러지공법은 수질오염 간접적인 원인이 되는 질소(N)와 인(P)의 제거에는 미흡한 실정이다.

질소와 인이 과도하게 수계에 유입될 경우 조류가 급격하게 증가하는 부영양화를 초래하는 주원인이 되며 수자원의

[†] Corresponding author

E-mail: parkyk@iksan.ac.kr

Tel: 063-850-0797

Fax: 063-850-0792

용존산소를 고갈시키고, 수중생물에 독성을 유발하며, 염소소독의 효율에 영향을 끼치며 공공 보건상에 위해를 야기하고, 하수의 재사용시 적합성에 영향을 끼친다.

2002년부터 강화되어 시행되어진 하수 종말 처리장 방류수 수질 기준은 팔당호 상수원 수질보전특별대책지역, 잠실수중보존역을 특정지역으로 정하여 다른 지역에 비해 높은 기준이 적용되고 있으며, 2004년 현재 한강·낙동강·금강·영산강·섬진강 수계지역을 특정지역으로 확대 포함 시켰으며 2008년에는 전지역이 특정지역과 같은 기준을 적용하게 된다. 이와 같이 단계적으로 하수 종말 처리장의 방류수 수질 기준이 강화되고, 특히 질소와 인의 규제 기준이 강화되어 기존의 표준 활성 슬러지 공법으로 강화된 방류수 수질 기준을 유지하기 어렵게 됨에 따라 BNR 등의 하수 고도처리 공법¹⁰⁾이 도입되고 있다.

이러한 문제점의 해결 방안으로 대두되고 있는 것이 3차 처리공법의 적용이나 현재의 처리장을 이용한 새로운 공법의 도입이 필요한 실정이다. 그러나 3차 처리공법의 추가나 신설은 시설비와 운영비가 과도하게 소요될 것으로 예상되어 경제적인 측면에서 실용화하기 어렵기 때문에 기존의 시설에 적용이 가능하고 시설비와 운영비가 저렴하여 경제적으로 타당하며 강화된 방류수 수질기준을 만족하는 새로운 공법이 도입되고 있는 추세이다.

이와 같은 영양염류의 제거와 함께 대두되는 문제는 슬러지 침강성이다. 전국의 산재하는 처리장중 25% 이상이 침전 문제를 겪고 있는 것으로 알려져 있다. 생물학적 오수 처리의 목적은 깨끗한 처리수를 방류하는 것인데 깨끗한 처리수를 방류하는데 중요한 역할을 하는 것은 2차 침전지이다. 2차 침전지는 정화과 농축의 기능을 수행하여 미생물^{8,9)}과 처리수를 분리하는데, 슬러지 팽화(Bulking)나 핀 플럭의 발생 등에 의해 2차 침전지에서 침강하지 못한 슬러지 플록은 처리수의 수질을 저하시키는 요인이 된다.

Lesperance는 일반도시하수를 처리할 때 F/M비와 SVI와의 관계를 제안¹⁾하였으나 표준활성슬러지 공정의 F/M비와 SVI와의 관계를 여러 반응조를 가지고 혐기, 무산소, 호기조건을 변화, 반복하는 고도처리시 그대로 적용하기에는 무리가 따른다.

생물학적 고도처리는 혐기, 무산소, 호기의 조건을 반복하거나 재배열함으로써 이루어지는데 이때 혐기조와 무산소조에서는 유기산이 발생한다. 여기서 발생한 유기산은 인의 방출과 질산화된 폐수의 탈질을 위해 소비되어 질소와 인의 제거에 중요한 인자로 작용한다. 또한 유기산의 잔류량이 미생물의 체외 고분자 물질(EPS : Extracellular Polymeric Substance)^{2,3)}의 분비에 영향을 끼치며 이 물질에 의해 슬러지의 침강성⁷⁾ 및 SS의 유출에 영향을 주게 된다.

따라서 본 연구에서는 강화된 방류수 수질 기준을 만족시키기 위한 고도처리시 F/M비 변화에 따른 유기산의 발생 정도와 잔류 농도 변화와 그에 따른 유기물과 질소의 제거 특성과 처리효율 및 슬러지 침강성과의 관계를 모색하기 위해 유기산잔량 및 하수처리특성을 검토하였다.

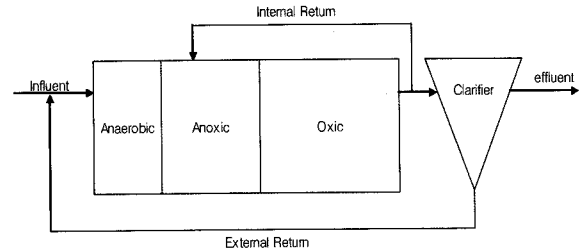


Fig. 1. Schematic diagram of Lab-scale A²/O process.

2. 실험 장치 및 방법

2.1. 실험 장치

본 연구에 사용된 반응기를 Fig. 1에 나타내었고 A²/O반응기는 투명 아크릴을 사용하여 2개의 반응조가 제작되었고 2개의 반응조를 동일하게 생물 반응조 내부는 혐기-무산소-호기조로 구성하였다. 용적비는 1:2:3조건으로 조별 용적은 혐기조 2 L, 무산소조 4 L, 호기조 6 L이고, 전체 유효 용적은 12 L이다. 무산소조와 혐기조의 원활한 혼합을 위해 프로펠러 교반기를 사용하여 교반속도는 약 60 rpm의 속도로 운전하였다. 호기조의 DO를 유지하기 위해 에어펌프를 사용하고, 연속적인 유입수 공급 및 내부, 외부반송을 위해 3개의 정량 펌프를 이용하였다. 혐기조, 무산소조, 호기조의 수리학적 체류시간은 경험치인 1:2:3의 비율로 하였고 내부반송 및 외부반송비는 100%로 고정하여 운전하였다. 질산화를 위해 호기조의 DO농도는 3.5 mg/L~4.5 mg/L로 유지하였다.

2.2. 사용시료

실험에 사용된 유입원수는 J시의 하수처리장 구조적인 유입형태에 따라 가정하수와 공장폐수 1차 처리수가 혼합되는 유입수를 이용하였는데, 유입수는 J하수처리장의 초침 후 유통수를 각각 또는 혼합하여 사용하였고 COD_{Mn}을 비롯하여 COD_{Cr}, BOD₅, NH₃-N, NO₃-N, T-P 등을 측정하였다. 또한 식종 sludge는 J시 하수종말처리장의 반송슬러지를 일정 기간 순양 후 이용하였으며, 유출수는 매일 같은 배출시간에 채수하여 실험을 실시하였다.

유입수의 특성은 Table 1에 나타난 것과 같이 J시 하수처리장의 운전조건과 채수지점, 채수시기에 따라 다소 변화를 보이고 있는데, 대체로 pH는 6.5~7.5의 분포를 보이고 있어 pH의 조절이 없이 직접 생물학적 반응조에 유입시켰다.

2.3. 실험 방법

현재의 표준 활성슬러지 공정에서 A²/O공정을 도입할 때 향후 방류수 수질기준에 부합되는 유기물과 질소, 인의 농도로 저장하기 위해 F/M비에 따라 각 계열별 제거율을 고려하여 가장 합리적인 운전조건을 모색하였다.

현재 하수처리장의 HRT가 6 hr~8 hr로 운전되고 있기 때문에 적용 HRT를 6 hr로 맞추어 48 L/day로 유입유량을 조절하였고, 각계열별 1차침전을 거친 유입수를 실제 하수처리장의 유입유량과 HRT를 고려하여 부피비에 따라 혼합하여

Table 1. Sewage characteristics in J-City

| Parameters | Concentration | |
|--------------------------|---------------|------|
| | range | mean |
| pH | 6.5~7.5 | - |
| alkalinity(mg/L) | 152~317 | 265 |
| COD _{Mn} (mg/L) | 31.9~98.4 | 50.7 |
| BOD ₅ (mg/L) | 50.5~138.0 | 87.4 |
| COD _C (mg/L) | 139~304 | 214 |
| NH ₃ -N(mg/L) | 12.3~19.0 | 14.9 |
| NO ₃ -N(mg/L) | 0.2~4.7 | 0.9 |
| T-N(mg/L) | 12.6~20.0 | 15.8 |
| T-P(mg/L) | 1.26~1.98 | 1.6 |
| SS(mg/L) | 17.0~117.0 | 52.3 |
| BOD ₅ /T-N | 1.8~10.6 | 5.4 |
| VFAs(mg/L) | 0.29~1.31 | 1.01 |

사용하였다. 실제하수를 혼합하여 사용하였기 때문에 F/M비의 변화를 유입수의 기질의 농도를 변화시켜 적용하는 것이 무리라고 판단되어 유입수질을 일정하게 유지하고 반응조내의 MLSS농도를 2000 mg/L에서 500 mg/L씩 4500 mg/L까지 증가시켜 각각 step 1, step 2, step 3, step 4, step 5, step 6으로 구분하였다. 일반적으로 활성 슬러지 공정에서 MLSS의 농도는 2000 mg/L 전후에서 운전되기 때문에 이것을 그대로 적용하였고 MLSS의 농도가 4500 mg/L 이상이 되면 더 이상 증가하지 않고 감소하는 경향을 보였다.

F/M비의 변화를 조절하여 각각의 step에 대한 유기물과 질소의 처리 효율을 실험하였고, 각각의 F/M비에 따라 혐기조, 무산소조, 호기조의 유기산 잔류량과 유출수의 SS농도 및 SVI를 측정하였다.

F/M비의 변화에 따른 기본운전조건은 Table 2와 같다.

본 실험에 사용된 Lab scale A²/O 반응기에서는 질산화된 폐수가 내부 반송되기 때문에 수중에 NO₃-N의 농도가 높다. 따라서 종속영양 미생물인 탈질 미생물이 탄소원으로 생성된 유기산을 소비하고, 외부 반송된 유량에 의한 회석, 인 방출시 소비되는 유기산의 감소량 등에 의해 정확한 유기산의 발생량의 측정이 어렵기 때문에 유기산의 생성량은 batch 반응

Table 2. Operation condition of F/M ratio

| Operation condition | F/M ratio | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0.161 | 0.129 | 0.107 | 0.092 | 0.081 | 0.072 |
| | step 1 | step 2 | step 3 | step 4 | step 5 | step 6 |
| HRT(hr) | 6 hr | | | | | |
| Inf. flow(L/d) | 48 L/d | | | | | |
| DO(mg/L) | 3.5 mg/L ~ 4.5 mg/L | | | | | |
| MLSS(mg/L) | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 |
| pH | 6.5~7.5 | 6.5~7.5 | 6.5~7.5 | 6.5~7.5 | 6.5~7.5 | 6.5~7.5 |
| Water temp.(°C) | 20~21 | 20~21 | 19~21 | 19~21 | 20~21 | 10~21 |
| inf. BOD(mg/L) | 76.5 | 75.7 | 90.0 | 90.0 | 75.7 | 76.5 |
| inf. T-N(mg/L) | 17.6 | 14.5 | 14.8 | 14.6 | 14.4 | 17.7 |

기로 수행되었다. batch 반응기의 용적은 A²/O 반응기의 혐기조의 체류시간을 고려하여 1시간을 기준으로 하였고, 반응조 용적은 2 L, 원활한 혼합을 위해 프로펠러 교반기를 사용하여 교반속도는 약 60 rpm의 속도로 운전하였다. 반응조내의 MLSS농도를 2000 mg/L에서 500 mg/L씩 증가시켜 4500 mg/L까지 F/M비의 변화를 조절한 5개의 반응기에서 F/M비 별로 유기산의 생성량을 동시에 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Batch 반응기에서의 유기산의 생성

유기산의 생성 실험은 batch 반응기에서 step 1~step 5에 걸쳐 F/M비에 따라 실시되었다. 실제 A²/O 반응기에서는 질산화된 폐수가 내부 반송되기 때문에 수중에 NO₃-N의 농도가 높다. 따라서 종속영양 미생물인 탈질 미생물이 탄소원으로 생성된 유기산을 소비하고, 외부 반송된 유량, 인 방출시 소비되는 유기산의 감소량 등에 의해 정확한 측정이 어렵기 때문에 유기산의 생성량은 batch 반응기로 수행되었으며 각각 F/M비에 따른 유기산의 발생량은 Fig. 2와 같다.

F/M비가 높은 운전조건일 때 유기산의 발생량이 많지 않은 이유는 MLSS의 농도가 증가함에 따라 유기물을 분해하여 유기산으로 변환하는 산 형성 미생물의 생물량은 증가하나, 혐기조의 HRT가 1시간으로 매우 짧기 때문에 유기물이 유기산으로의 전환되는 비율이 낮아지기 때문으로 판단된다.

3.2. F/M비에 따른 유기산의 잔류농도의 영향

F/M비에 따른 유기산의 잔류농도와 영향에 대하여 step 1~step 5에 걸쳐 GC를 이용하여 대표적인 유기산인 Acetic acid, Propionic acid, Isobutyric acid, Butric acid 등의 10개의 유기산을 분석하였다.

유기산은 혐기조에서 인 제거 미생물이 인 방출시에 소비되고 무산소조에서 탈질 미생물이 질산화된 폐수를 탈질화할 때 소비되고, 반응조간에 순환이 일어나기 때문에 잔류되는 양은 발생량에 비해 매우 적게 나타났으며, F/M비에 따른 각 조별 잔류 유기산의 양은 Fig. 3과 같다.

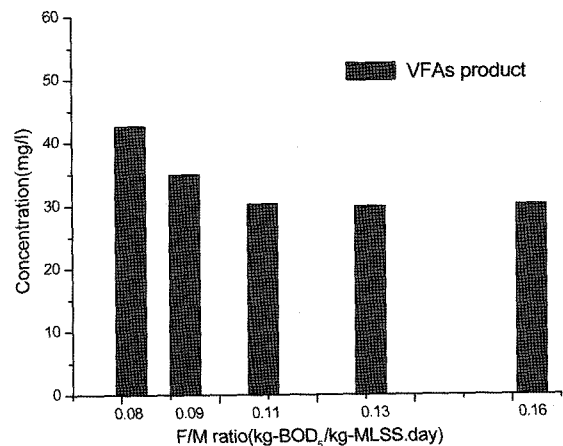


Fig. 2. VFAs product concentration of F/M ratio.

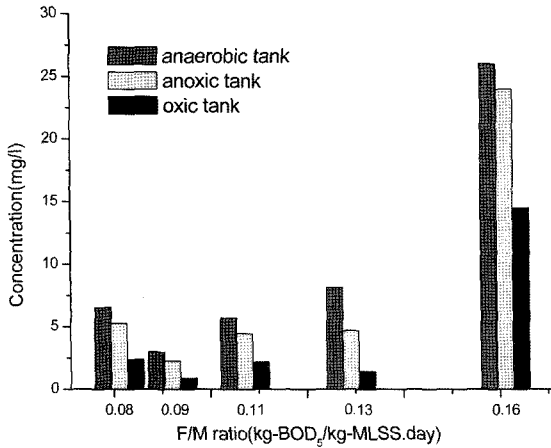


Fig. 3. VFAs remain concentration of F/M ratio.

유기산의 발생은 앞의 Fig. 2와 같이 F/M비에 감소에 따라 증가하는 경향을 보이고 있는데 유기산의 잔류량이 Fig. 3과 같이 F/M비에 증가에 따라 높아지는 것은 F/M비의 증가에 따라 MLSS의 농도가 감소하고 미생물에 의한 유기물의 유기산의 전환량이 감소하기 때문인 것으로 판단된다.

3.3. 유기산농도와 슬러지 침강성

Lesperance¹⁾는 일반도시하수를 처리할 때 F/M비와 SVI와의 관계가 S-curve^{3,7)}를 이루어 F/M비가 0.1과 1.0 kg-BOD/kg-MLSS·day 부근의 슬러지 침강성이 좋지 않다고 하였으나 본 연구에서는 Fig. 4와 같이 0.13 kg-BOD/kg-MLSS·day 부근의 슬러지 침강성이 양호한 SVI값을 나타내었지만 전체적으로 S-curve의 아래 부분을 나타내었다. 그 이유는 J시의 유입원수가 생활하수뿐만 아니라 공장폐수 1차 처리수를 포함하고 있어서 유입수의 성상이 도시하수와 약간 상이하고 공법이 표준활성슬러지공법이 아닌 A²/O 공법이기 때문으로 판단된다.

유기산 농도와 슬러지 침강성과의 관계는 Fig. 4와 같이 나타났다. 높은 F/M비 조건일 경우 Tenny와 Stumm⁶⁾의 이론과 같이 대수 성장기의 미생물은 급속히 성장하는 단계에

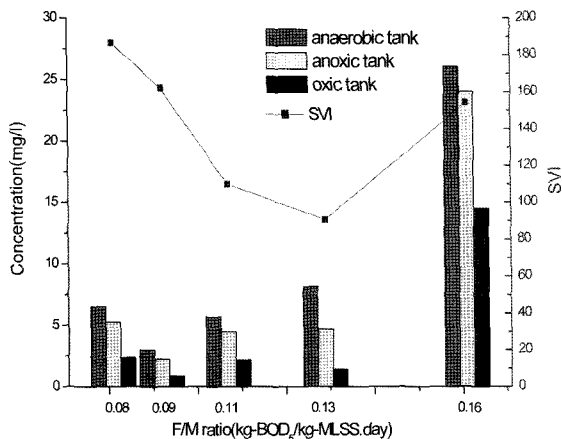


Fig. 4. Relationship between SVI and VFAs remain concentration.

있기 때문에 응집에 필요한 polymer를 충분히 분비하지 않고, 분산성 미생물의 증가에 따라 SVI가 높게 나타난 것으로 판단되며,⁴⁾ 낮은 F/M비 조건일 경우 잔류 유기산의 농도가 침강성이 양호한 F/M비의 농도와 유사하였지만 높은 MLSS와 빈 부하에 의한 핀플러의 발생에 의해 슬러지 침강성이 좋지 못한 경향을 보였다. SVI는 Step. 4, F/M비가 0.131 kg-BOD/kg-MLSS·day일 때 적당한 유기산의 잔류농도와 MLSS 농도에 의해 가장 낮게 나타났다.

3.4. 유기산농도와 SS

잔류 유기산의 농도와 유출 SS의 관계는 잔류 유기산의 양이 많으면 SS의 농도가 높게 나타났고, 잔류 유기산의 양이 적으면 SS의 농도가 낮게 나타났다. 그러나 높은 F/M비 조건에서 유기산의 잔류농도가 높음에도 불구하고 슬러지 침강성의 지표인 SVI가 높게 나타나는 이유는 Tenny와 Stumm⁶⁾의 이론과 같이 대수 성장기의 미생물은 급속히 성장하는 단계에 있기 때문에 응집에 필요한 polymer를 충분히 분비하지 않기 때문인 것으로 판단되며, 낮은 F/M비에서 유출수의 SS 농도가 높은 것은 빈부하에 의한 핀 플러의 발생에 의한 것으로 사료된다.

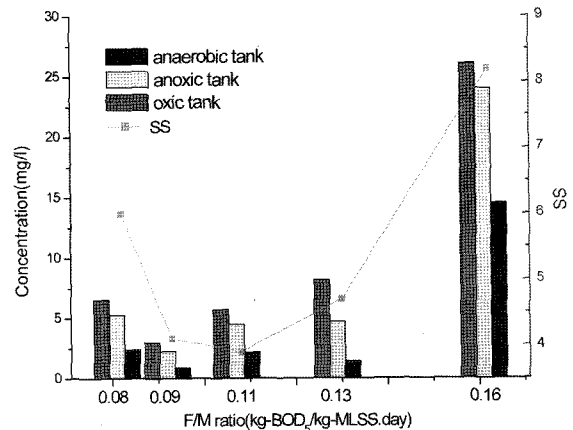


Fig. 5. Relationship between SS and VFAs remain concentration.

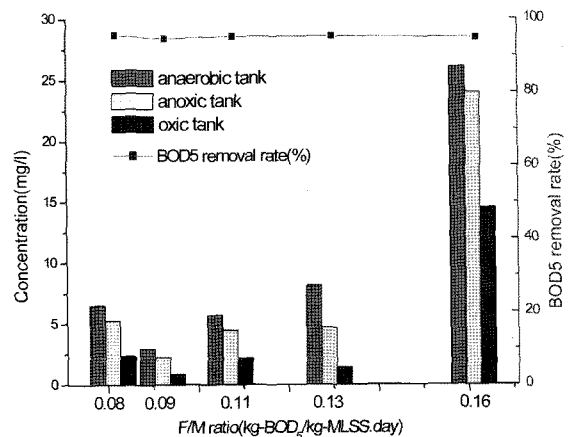


Fig. 6. Relationship between BOD₅ and VFAs remain concentration.

3.5. 유기산농도와 BOD 제거율과의 관계

유기산의 발생량과 소비량에 관계없이 BOD 제거율은 90% 이상을 나타내었다. 이는 유입원수의 BOD와 COD_{Mn}이 각각 80.7 mg/L, 53.4 mg/L로 낮았고, 포기조의 DO 농도가 4 mg/L로 비교적 충분한 양의 DO가 공급되었고 유입원수에 비해 충분한 미생물량이 유지되었기 때문에 잔류유기물의 제거가 충분하게 이루어진 것으로 사료된다.

3.6. 유기산농도와 영양염류 제거율과의 관계

탈질율은 F/M비에 따라 많은 차이를 보이고 있는데, F/M비가 감소함에 따라 탈질율은 높아지다가 F/M비가 0.1 kg-BOD/kg-MLSS · day 부근에서 높은 탈질율을 나타내었으며 F/M비가 더 감소하면 오히려 탈질율이 낮아졌다. F/M에 감소에 따른 탈질율은 각각 39%, 64%, 68%, 68%, 58%로 나타났으며, F/M비가 가장 높은 0.161 kg-BOD/kg-MLSS · day 일 때 탈질율이 낮게 나타났다. Fig. 7은 각 반응조의 유기산의 잔류농도와 탈질율을 나타낸 그림이며, 유기산의 반송이나 희석등에 의해 영향을 배제하여 측정된 유기산의 생성량과 무산소조에서의 유기산의 잔류 농도와의 차와 탈질율

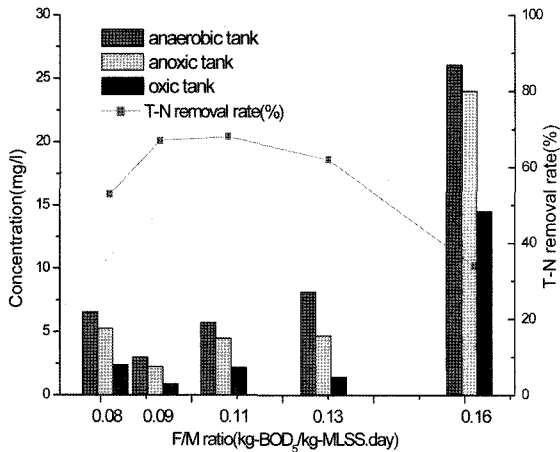


Fig. 7. Relationship between T-N and VFAs remain concentration.

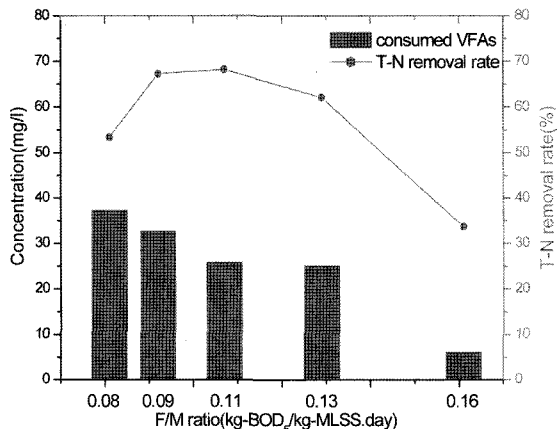


Fig. 8. Relationship between T-P and VFAs remain concentration.

을 비교한 결과 Fig 8과 같은 경향을 나타내었다. F/M비가 0.082 kg-BOD/kg-MLSS · day인 조건에서는 소비되는 유기산의 양이 많음에도 불구하고 탈질율이 감소하는 것은 MLSS가 높아 생물량이 풍부하기 때문에 유기산이 탈질에 쓰이지 못하고 기타 세균에 의해 분해되기 때문이라고 판단되며 F/M비가 0.091~0.161 kg-BOD/kg-MLSS · day의 경우는 소비되는 유기산의 양이 많을수록 탈질 미생물이 탈질을 수행하는데 필요한 유기 탄소원으로 작용해 탈질율을 증가시키는데 중요한 역할을 하는 것으로 판단되었다.

4. 결론

A²/O 공정을 이용한 하 · 폐수 고도처리시 F/M비가 0.08 ~0.16 kg-BOD/kg-MLSS · day범위 일 때 MLSS의 농도에 의한 F/M비의 변화가 유기산 생성 및 슬러지 침강성과 처리 효율에 미치는 영향은 다음과 같다.

1) F/M비에 감소에 따라 회분식 반응기에 의한 유기산의 생성량의 증가가 관찰되었다. 이는 MLSS의 농도가 증가함에 따라 유기물을 분해하여 유기산으로 변환하는 산 형성 미생물의 생물량이 증가하여 유기물의 유기산으로의 전환율이 높아지기 때문으로 판단된다.

2) F/M비에 따른 유기물 제거율은 모든 F/M비에서 유기산의 발생량과 소비량에 관계없이 BOD의 제거율은 90% 이상을 나타내었다. 이는 유입원수의 유기물 농도가 낮았고, 온도가 20℃로 상온을 유지 하였으며, 유입원수에 비해 충분한 생물량이 유지되었기 때문에 잔류유기물의 제거가 충분하게 이루어진 것으로 사료된다. COD의 제거율이 낮은 이유는 유입수가 공장폐수 1차 처리수를 포함하고 있어 생물학적으로 분해 불가능한 NBDCOD 물질이 포함되어있기 때문으로 판단된다.

3) SVI와 SS는 F/M비가 0.16 kg-BOD/kg-MLSS · day인 실험 조건에서 대수 성장기의 미생물이 급속히 성장하는 단계에 있기 때문에 응집에 필요한 polymer를 충분히 분비하지 않고, 분산성 미생물의 증가에 따라 SVI와 유출수의 SS농도가 높게 나타났으며 F/M비가 0.09~0.13 kg-BOD/kg-MLSS · day 실험 조건에서는 SVI와 유출수의 SS가 양호하였는데 이때 유기산의 농도가 슬러지 침강성에 알맞은 유기산의 농도로 판단되었고, F/M비가 0.08 kg-BOD/kg-MLSS · day 조건에서는 빈 부하에 의한 핀 플러의 영향으로 SVI와 유출수의 SS양이 증가하였다.

4) 유기산의 총 발생량과 무산소조에서의 유기산의 잔류 농도와의 차와 탈질율을 비교한 결과 F/M비가 0.08 kg-BOD/kg-MLSS · day 조건에서 운전시 MLSS가 높아 미생물량이 풍부하여 유기산이 탈질에 쓰이지 못하고 기타 세균에 의해 분해되기 때문에 소비되는 유기산의 양이 많음에도 불구하고 탈질율이 좋지 못한 것으로 나타났으며, 0.1~0.16 kg-BOD/kg-MLSS · day의 경우는 소비되는 유기산의 양이 많을수록 탈질 미생물이 탈질을 수행하는데 필요한 유기 탄소원으로

작용해 탈질율을 증가시키는데 중요한 역할을 하는 것으로 판단되었다.

5) 유기산은 탈질을 위한 유기탄소원으로 쓰이고, 슬러지 침강성에 관련한 EPS의 분비량 등에 영향을 주어 각 조별 소비량과 잔류량에 따라 질소 제거율, SVI, 유출수의 SS농도 등에 많은 영향을 미치기 때문에 A²/O 공정을 이용한 하·폐수 고도처리시 고려되어야 할 중요한 인자로 판단되고 슬러지 침강성과 질소 제거효율을 고려한 최적의 유기산 잔류 농도는 1.4~2.2 mg/L이며 이때의 F/M비는 0.11~0.13 kg-BOD/kg-MLSS·day범위로 나타났다.

참고 문헌

1. Lesperance, T. W., "Ageneralized approach to. : Part II. Developing the process," *Water Works and Waste-engineering*, **2**(5), 52~55(1965).
2. McKinney, R. E., "Microbiology for Sanitary Engineers," McGraw-Hill(1962).
3. Bitton, G., "Wastewater Microbiology," Wiley-Liss, Inc., 229~245(1994).
4. Ganczarczyk, J., "Variation in the activated sludge volume index," *Water Research*, **4**(1), 69~78(1970).
5. 이정수, "부유성 미생물을 이용한 생물처리법의 최적설계," *대한환경공학회지*, **22**(6), 1011~1019(2000).
6. Tenney, M. W. and Stumm, W., "Chemical flocculation of microorganisms in biological waste treatment," *J. Water Pollut. Control Fed.*, **37**, 1370~1388(1965).
7. 이정수, "슬러지의 침전성에 미치는 온도의 영향," *대한환경공학회지*, **23**(4), 671~679(2001).
8. Pipes, W. O., "Advances in Applied Microbiology," *Academic Press*, **8**, 77~103(1966).
9. Granville, H. S., "Introduction to environmental microbiology," Prentice-Hall, 268(1974).
10. Hammer, M. J. and Hammer, M. J., "Water and Wastewater Technology," 3rd. Prentice-Hall. New Jersey, 396~397(1996).