

유입수 분배비와 체류시간이
ASA공정의 가정오수 처리효율에 미치는 영향

양은경 · 성일화*

가천의과대학교 보건환경시스템학과

Effects of Influent Flow Distribution Ratio and HRT
on Sewage Treatment Efficiency of the ASA Process

Eun-gyoung Yang · Il-wha Sung

Department of Sanitary & Environmental System Engineering,

Gachon University of Medicine and Science

Abstract

This study was performed to determine the effect of the influent flow distribution ratio and hydraulic retention time(HRT) on removal of organic matter, nitrogen and phosphorus when domestic sewage was treated by the advanced step aeration(ASA) process.

Results of the experiment for the determination of the optimum influent flow distribution ratio between the anaerobic reactor and the anoxic reactor showed BOD removal efficiencies of above 92.0% at all influent flow distribution ratios from 9:1 to 4:6. The highest T-N removal efficiency was 82.6% at the influent flow distribution ratio of 6:4. On the other hand, the highest T-P removal efficiency was 67.8% at the influent flow distribution ratio of 9:1. Considering both the T-N and T-P removal efficiencies, the influent distribution ratio of 6:4 was considered the optimum. Results of the experiment for the determination of the optimum HRT at the optimum influent flow distribution ratio of 6:4 revealed BOD removal efficiencies better than 92.7% at all HRTs from 12hr down to 6hr. The highest T-N and T-P removal efficiency were 82.6% and 59.5%, respectively both at the HRT of 8hr.

In conclusion, the optimum influent flow distribution ratio and HRT for treatment of domestic sewage by the ASA process were determined to be 6:4 and 8hr, respectively.

Key words : ASA system, nitrogen, phosphate, HRT, Influent Flow Distribution Ratio

*Corresponding author E-mail: iwsung@gachon.ac.kr

요약문

ASA공정은 유입수를 혐기조와 무산소조에 분배하여 유입시킴으로써 반송슬러지에 영양 물질을 공급하여 슬러지의 안정화 및 인 방출을 유도하고, 후속 호기조에서 유기물 제거, 인 과잉섭취 및 질산화를 조장하며, 무산소조에서는 내부반송을 하지 않고 폐수의 탄소원을 이용하여 탈질함으로써 내생탈질을 증가시키는 공법이다. 본 연구에서는 가정오수에 ASA공정을 적용하여 유입수의 분배비와 체류시간이 처리효율에 미치는 영향을 파악하였다. 유입수 분배비와 HRT는 BOD 제거에 큰 영향을 미치지 않았고 BOD 제거율은 운전기간 동안 92.0% 이상 안정적으로 유지되었다. 유입수 분배비가 4:6일 때에는 질소제거율이 82.6%, 9:1일 때에는 인제거율이 67.8%로서 가장 높게 나타났다. ASA공정에 의한 가정오수처리에서 유입수의 분배비는 6:4, HRT는 8hr일 때 제거율이 가장 양호하였으며, 이때 질소, 인 제거율은 각각 82.6%와 59.5%이었다.

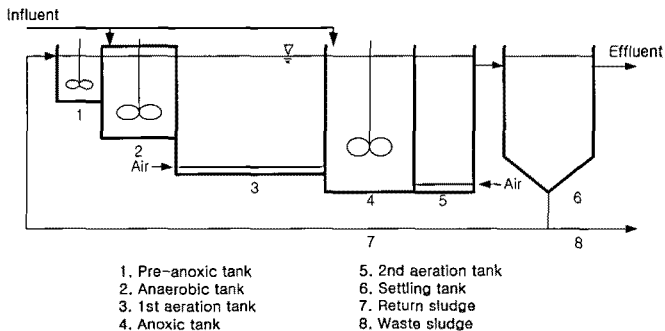


Fig. 1. Schematic of the ASA process.

2. 유입수

하수는 I시 J아파트 단지에서 배출되는 가정오수를 사용하였으며, 2~3일 간격으로

채취하여 냉장고에 보관하면서 상정액을 사용하였다. 실험에 사용된 하수의 SBOD는 12~219 mg/L, T-N은 28~56 mg/L, T-P는 3~10 mg/L이었다.

Table 1. Characteristics of the settled sewage used for the experiment

Item	Range	Average
pH	6.8~8.1	7.4
Alkalinity(mg/L)	140~270	217
TBOD(mg/L)	58~333	151
SBOD(mg/L)	12~219	115
TCOD _{Cr} (mg/L)	149~411	263
SCOD _{Cr} (mg/L)	72~330	187
TSS(mg/L)	19~90	54
VSS(mg/L)	16~77	46
TKN(mg/L)	28~56	43
T-N(mg/L)	28~56	44
T-P(mg/L)	3~10	6

3. 실험 및 분석방법

반응조를 I시 S하수종말처리장의 반응슬러지로 채운 다음, 제1포기조의 MLSS농도를 3,000 mg/L 정도로 유지하면서 오수를 주입하였다. 제2포기조의 MLSS농도는 제1포기조의 MLSS농도와 100~150 mg/L의 차이를 보였다. 대상시료로 순용시킨 후 반응조의 총 체류시간을 8hr로 일정하게 유지하고, 혐기조와 무산소조간의 유입수 분배비를 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 및 4:6으로 변화시키면서 유기물, 질소 및 인 제거율을 비교하였다.

호기조와 무산소조의 유입수 분배비 실험은 기존 생물학적 공법의 유입방식과 비슷하게 호기조의 부하를 높게 시작하여 점차 무산소조의 유기물 부하량을 늘여가는 방식으로 320일간 진행되었으며, 부하 변화시의 미생물 순용기간은 60일간 수행하였다.

제거율이 가장 양호한 유입수의 분배비로 고정하고 반응조의 체류시간을 12hr, 10hr, 8hr, 및 6hr로 변화시키면서 처리효율을 조사하였다.

수질항목은 Standard Methods⁵⁾ 및 수질오염공정시험기준⁶⁾에 준하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 유입수 분배비의 영향

1.1. 유기물 제거

유입수의 분배비를 달리한 실험에서 유기물, 질소 및 인 농도는 5~10월의 하절기에는 9:1, 8:2 및 7:3이고, 11~3월의 동절기에는 6:4, 5:5 및 4:6로서 하절기 유입수의 분배비가 동절기에 비하여 낮게 유지되었다. TBOD농도도 하절기에는 110~130 mg/L, 동절기에는 160~210 mg/L로서 동절기에 높았으며, TCOD_{Cr} 농도도 같은 경향이었다. 또 하절기와 동절기에 T-N농도는 37~45 mg/L와 43~50 mg/L이고, T-P 농도는 5~6 mg/L와 6~7 mg/L이었다.

이와 같이 하절기 수질이 동절기보다 낮은 이유는 하절기에 물 사용량과 강수량이 많기 때문이라고 판단된다.

TBOD 제거율은 92.0~98.8%로서 양호하지만, 혐기조에 대한 무산소조의 유입수 분배비가 증가함에 따라 BOD 제거율은 감소하였다. 이는 계절적 요인으로 유입수의 유기물 농도가 2배 정도 상승하고, 혐기조와 무산소조의 유입수 분배비가 9:1에서 4:6으로 변경됨에 따라 제1포기조보다 용적이 작은 무산소조와 제2포기조의 유기물 부하가 증가한 데 따른 것이다.

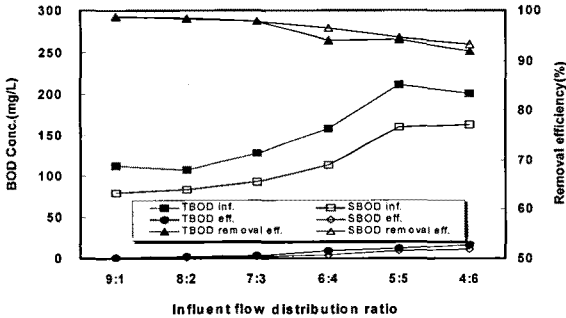


Fig. 2. Effect of influent flow distribution ratio on BOD removal.

TCOD 제거율은 84.8~92.2%이며 TBOD 제거율과 유사한 경향을 보였다. TCOD 제거율은 유입수 분배비 9:1~7:3에서는 큰 변화가 없었으나 6:4 이후 제거율이 저하하

여 5:5에서 84.8%로서 가장 낮게 나타났고 4:6에서 약간 상승하였다. 분배비 4:6에서 제거율이 상승한 것은 슬러지 팽화가 발생하는 초기상태이기 때문이라고 판단된다.

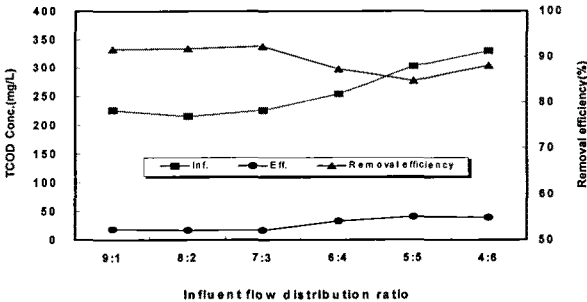


Fig. 3. Effect of influent flow distribution ratio on TCOD removal.

분배비 4:6을 유지하면서 15일이 경과되었을 때 슬러지 팽화하기 발생되어 침전성이 악화되고 슬러지가 유실되어 실험을 종결하였다. 결과적으로, 유입수 분배비 9:1~

4:6에서는 유기물 과부하로 인하여 무산소조에서 슬러지 팽화가 일어난 분배비 4:6을 제외하고는 유입수 분배비가 유기물 제거에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

1.2. 질소 제거

경우에는 T-N 제거율이 63.3%에서 82.6%로 제고되고, 6:4에서 4:6로 변경할 경우에는 T-N 제거율이 66.4%로 저하하였다.

유입수 분배비를 9:1에서 6:4로 변경할

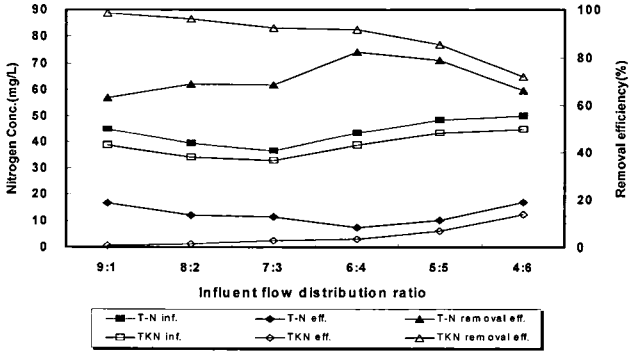


Fig. 4. Effect of influent flow distribution ratio on nitrogen removal.

무산소조 유입량보다 혐기조 유입량이 많은 유입수 분배비 9:1, 8:2 및 7:3에서는 제1포기조의 체류시간이 짧아서 질산화가 저조하거나 무산소조에 유입되는 유기물의 양이 제1포기조에서 질산화된 질산염을 탈질시키는데 요구되는 유기물의 양에 비하여 부족하기 때문에 T-N 제거율이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 반면에 무산소조 유입량이 많아지면 제1포기조에서 질산화된 질산염의 탈질에 소모되는 유기물의 양보다 많은 양의 유기물이 무산소조에 공급되지만 제2포기조에서 체류시간이 짧아져서 질산화가 원만하게 진행되지 않고 유출된다.

유입수의 분배비가 9:1에서 4:6으로 변함에 따라 TKN 제거율은 98.5%에서 72.1%로 감소하고 유출수의 질산성 질소농도는 15.9 mg/L에서 2.6 mg/L로 감소한 반면 TKN 농도는 0.7 mg/L에서 13.9 mg/L로 증가하였다. 분배비 4:6에서는 앞에서 언급한 슬러지 팽화현상으로 인하여 TKN 및

T-N 제거율이 크게 저하되었다.

1.3. 인 제거

생물학적 인 제거공정에서는 혐기조에서 인이 방출되고 후속 포기조에서 인이 파잉 섭취되는데 슬러지를 폐기함으로써 인 제거 효과가 나타난다.^{7,8)} 이러한 인 제거 기작에 의하면 포기조에 가장 많은 양의 유기물이 공급되는 유입수 분배비 9:1에서 인 제거율이 최대가 되고 분배비가 4:6 쪽으로 변화하면 인 제거율이 낮아질 것으로 예상된다.

그러나 유입수 분배비에 따른 인 제거율은 분배비 9:1에서 67.8%로서 가장 높고, 8:2에서는 55.5%로 크게 낮아졌으나 5:5에서는 다시 증가하고, 4:6에서는 41.7%로 다시 낮아지고 유출수의 인 농도는 3.5 mg/L까지 상승하였다.

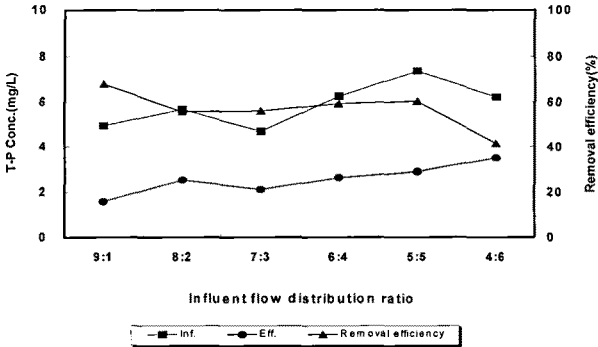


Fig. 5. Effect of influent flow distribution ratio on T-P removal.

Kang 등³⁾은 유출수의 용해성 인 농도를 1 mg/L 이하로 유지하기 위해서는 유입수의 TBOD/T-P비를 20~25 이상, 또는 SBOD/T-P비를 15 이상으로 유지하여야 한다고 보고하였다. 본 실험에서는 분배비가 8:2인 경우를 제외하고는 모든 분배비에서 TBOD/T-P비가 22.4 이상이므로 분배비 8:2에서 인 제거율이 낮은 것은 TBOD/T-P비가 낮는데 기인한다고 판단된다.

유입수의 분배비가 T-N제거에 미치는 영향을 단정적으로 말하기는 어렵지만 유입수 분배비에 따른 유기물 제거효율은 미미한 것으로 판단된다. 실험기간 동안 T-N 제거율은 63.3~82.6%이고, 분배비가 6:4일 때 가장 높게 나타났다. 인 제거율도 일괄적인 경향을 나타내지는 않았지만 분배비 9:1에서 67.8%로서 가장 높고 6:4 및 5:5

에서 약 60%이었다. 이러한 점들을 종합하면 유입수의 분배비는 6:4가 적절하다고 생각한다.

2. HRT에 의한 영향

2.1. 유기물 제거

HRT에 따른 TBOD제거율은 HRT 10hr에서 96.6%로서 가장 높고 다른 HRT에서도 92.7~94.3%로서 안정적으로 제거되고, 유출수의 BOD 농도가 10 mg/L 이하로 유지되었다.

TCOD제거율은 HRT를 6~12hr으로 변화시킬 때 85.5~95.3%로서, 체류시간은 유기물 제거에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

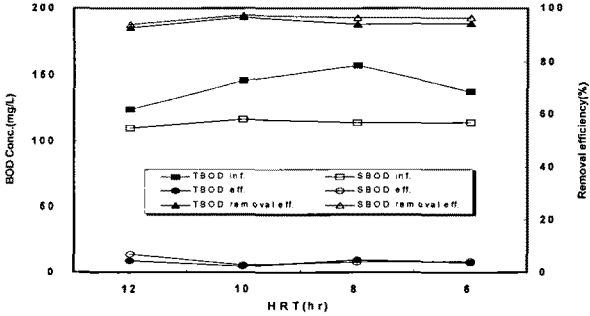


Fig. 6. BOD removal efficiency at various HRTs.

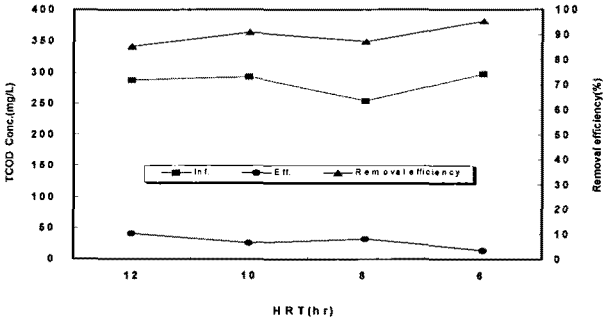


Fig. 7. TCOD removal efficiency at various HRTs.

2.2. 질소 제거

HRT에 따른 T-N제거율은 12hr에서 81.7%이고, 10hr에서 65.7%로 크게 감소하였다. 이는 비정상적 오수유입에 의한 슬러지 팽화에 원인이 있는 것으로 보인다.

10hr에서는 79.8%로 상승하여 탈질균이 정상적인 활성을 회복한 것으로 판단되며, 8hr에서는 질산화와 탈질이 정상적으로 진행되어 T-N제거율이 82.6%로서 가장 높게 나타났다. 6hr에서는 질산화가 저조하여 TKN제거율이 70.2%로 저하하고 T-N 제거율도 65.0%로 낮아졌다.

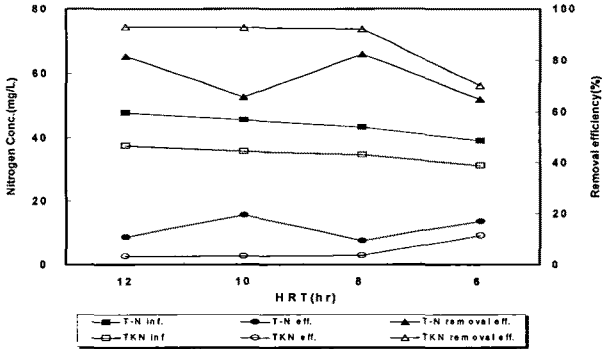


Fig. 8. Nitrogen removal efficiency at various HRTs.

2.3. 인 제거

HRT에 따른 인 제거율은 12hr에서 51.9%이고, 10hr에서는 55.3%이며, 8hr에서는 59.5%로서 가장 높고, 6hr에서는 47.9%로 저하하였다.

유입수 분배비를 6:4로 유지하면서 HRT를 6~12hr 범위에서 변화시킬 때 유기물이 안정적으로 제거되고, 질소와 인 제거율은 8hr일 때 82.6% 및 59.5%로서 가장 높은 제거율을 나타내어 HRT 8hr가 적절하다고 생각한다.

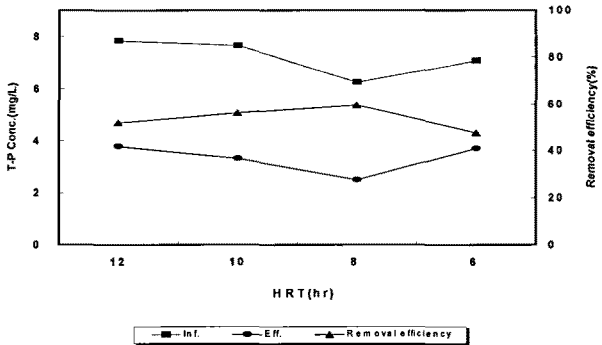


Fig. 9. T-P removal efficiency at various HRTs.

강 등⁴⁾은 pilot 규모의 ASA공정을 사용하여 T-N 및 T-P제거율은 85~95%와 90~95%이었는데, 본 연구에서는 82.6% 및 59.5%로서 T-N제거율은 약간 낮으나, 및 T-P제거율은 매우 저조하다. 이러한 결과는 강 등⁴⁾이 혐기조와 부산소조의 유입수 분배비는 8:2, 생물반응조의 HRT는 7hr, MLSS 농도는 2,600~2,900 mg/L, 유입수의 COD, T-N 및 T-P농도는 각각 120~135 mg/L, 25~30 mg/L 및 2.2~2.5 mg/L, 수온은 20~25℃로 유지한 반면, 본 연구에서는 유입수의 TCOD농도를 263 mg/L, T-N 및 T-P농도는 43.5 mg/L와 6.2 mg/L로 유지함으로써 유입수의 COD, T-N 및 T-P농도가 높았기 때문이라고 사료된다.

IV. 결론

가정오수를 ASA 공정으로 처리할 때 유입수의 분배비 및 체류시간이 처리효율에 미치는 영향을 파악하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 유입수 분배비와 HRT는 BOD제거에 큰 영향을 미치지 않았고 BOD제거율은 92.0% 이상 안정적으로 유지되었다.
2. T-N제거율은 유입수 분배비가 6:4일 때 82.6%로서 가장 높고, 인 제거율은 9:1일 때 67.8%로서 가장 높게 나타났다. 질소 및 인 제거율을 동시에 고려하면 유입수의 분배비는 6:4가 적절하다.
3. 유입수 분배비가 6:4일 때 T-N 및 T-P 제거율은 HRT 8hr에서 82.6% 및 59.5%로서 가장 높게 나타났다.

참고문헌

1. Sedlak, R. I., Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater, Lewis Publishers, (1991).
2. Painter, H. A., "Microbial Transformation of Inorganic Nitrogen", Prog. in Water Technol., Vol. 8, 3 (1977).
3. 강용태, 김태형, "기존하수처리장의 고도처리 개선방안에 관한 연구", 수처리기술, 제4권, 제3호, pp.45~54 (1996).
4. 강용태, 현길수, 한동우, "질소, 인 제거를 위한 ASA 공법과 활성슬러지 변법의 특성 비교", 한국수처리기술연구회지, Vol. 5, No. 4, pp.3~11 (1997).
5. APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Ed., New York (2005).
6. 환경부 고시 제 2008-99호, 수질오염공정시험기준 (2009).
7. Nichols, H. A. and Osborn D. W., "Bacterial Stress: Prerequisite for Biological Removal of Phosphorus", JWPCF, Vol. 51, No. 3, pp.557~569 (1979).
8. Buchan, L., "The Location and Nature of Accumulated Phosphorus in Seven Sludges from Activated Sludge Plants which Exhibited Enhanced Phosphorus Removal", Water SA, Vol. 7, 1 (1981).
9. Kang, S. J., et al., Handbook for Retrofitting POTWs for Phosphorus Removal in Chesapeake Bay Drainage Basin, EPA-625/6-87/017, U.S. EPA Washington D.C. (1987).

10. 강용태, 조용현, "ASA공법의 처리특성 및 단위공정별 물질수지에 관한 연구", 한국수처리학회지, 제15권 제1호, pp.3~9, (2007).
11. 김영호, 김성철, 이광현, 주현중, "광합성 미생물을 이용한 SBR공법에서의 질소, 인 동시제거에 관한연구", 대한위생학회지, 제20권 제2호, pp.12~20, (2005).
12. 이태호, 은종국, "침적 생물막법에 의한 제지폐수처리에 관한 연구", 대한환경위생 공학회지, 제23권 제3호, pp.23~30, (2008).
13. 한동준, "Membrane Filter를 이용한 수산물 가공폐수처리에 관한연구", 대한위생 학회지, 제22권 제4호, pp.119~130, (2007).