

인공하수 조성 성분에 따른 SBR 처리 공정의 효율에 관한 연구

이장훈[†] · 장승철 · 권혁구 · 김동욱*

호서대학교 환경안전공학부 환경공학과, *공주대학교 환경공학과

A Study on Efficiency of SBR Process by Composition of Artificially Wastewater

Jang-Hoon Lee[†] · Seung-Cheol Jang · Hyuk-Ku Kwon · Dong Wook Kim*

Department of Environmental Engineering, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

*Department of Environmental Engineering, Kongju National University, Cheonan 330-717, Korea

(Received February 1, 2005; Accepted March 29, 2005)

ABSTRACT

The removals of organic matter, nitrogen and phosphate in wastewater were investigated with Sequencing Batch Reactor (SBR). Glucose and sodium acetate were Used for organic carbon source so as to know nutrient removal efficiency in proportion to MLSS concentration. In the case of glucose, the COD removal rate was 74%, 41% and 66% in MLSS 5000, 3000 and 1000, respectively. On equal terms, the BOD was 57%, 21% and 38%, the T-N was 24%, 13% and 44%, and the T-P was 12%, 21% and 33%. As a result, the removal rate of organic materials showed the finest remove when MLSS was 5000, but the nutrient removal rate appeared as was best when MLSS was 1000. In the case of sodium acetate, the COD removal rate was 83%, 81% and 86% in MLSS 5000, 3000 and 1000, respectively. On equal terms, the BOD was appeared by 76%, 82% and 92%, the T-N 57%, 42% and 78%, and the T-P 48%, 52% and 38%. As a result, organic and T-N removal rates were best when MLSS was 1000. But, the T-P removal rates were best when MLSS was 3000. Glucose was shown fast removal in reaction beginning, but screened by more efficient thing though sodium acetate removes organic matter, nitrogen and phosphate. Form of floc was ideal in all reactors regardless of carbon source and MLSS concentration. And its diameter was about 200~500 μm .

Keywords: Sequencing Batch Reactor(SBR), organic carbon, MLSS, nitrogen, phosphate

I. 서 론

호소와 해역의 부영양화 현상이 발생하는 주요 원인이 질소와 인과 같은 영양염류 과다 유입에 의한 것으로 밝혀지면서 이들의 제거가 절실하게 요구되고 있다. 우리나라의 경우 1996년도부터 질소와 인이 배출규제항목으로 포함되어 총 질소(T-N) 및 총 인(T-P)의 방류수 수질기준이 각각 60 mg/l 및 8 mg/l, 청정지역의 경우 30 mg/l 및 4 mg/l로 적용되고 있다.¹⁾ 그러나 이 기준은 우리나라 도시하수의 평균농도보다 높은 것이며, 미국, 일본, 스위스 등의 총질소와 총인의 규제기준인 5~15 mg/l 및 0.2~1.0 mg/l와 비교하여 볼 때

5배 이상 높은 농도이다. 따라서 점차 국내 규제도 강화될 것으로 생각되며, 대규모 처리 시설뿐만 아니라 중·소규모 처리 시설에서도 질소와 인의 제거가 요구되고 있기 때문에 질소와 인의 제거공정 개발이 중요한 문제로 인식되고 있다. 경제성 및 환경적 관점에서 볼 때 물리적 또는 화학적 방법으로 질소와 인을 제거하는 것 보다는 생물학적 방법에 의한 제거공정이 가장 좋은 것으로 알려져 있다. 특히 단일 반응조에서 폭기, 침전, 처리수의 배출 등을 효과적으로 할 수 있는 연속회분식 활성슬러지법(Sequencing Batch Reactor Activated Sludge Process; SBR)은 운전이 간단하고 유지관리가 적게 소요되며, Sludge Bulking을 유발하는 사상성 미생물의 성장을 방지할 수 있어 유량 변동이 심하고 수질변동이 큰 소도시, 농촌, 관광단지 등에서도 적절하며, 계절적 변동이 있는 각종 폐수처리에 효율적인 처리방법이다.^{2,3)} 미국, 일본의 경우 하수도 사

[†]Corresponding author : Department of Environmental Engineering, Hoseo University
Tel: 82-41-540-5741, Fax: 82-41-540-5748
E-mail : jhlee@office.hoseo.ac.kr

업이 대도시에서 중·소도시로 전환되어 하수처리장의 규모도 작아짐에 따라 실제 처리시설에 SBR 공정이 적용되고 있다.^{4,5)} 그러나 국내의 경우 실제 처리시설에 적용한 예는 많지 않으며, 대부분 유기물 제거를 목적으로 한 활성슬러지법 또는 살수여상법 등의 처리공정을 사용하고 있기 때문에 수중의 질소 및 인의 제거율은 낮은 실정이다.

본 연구에서는 SBR 공정에서 질산화와 탈질화, 인의 용출 및 침취에 관여하는 미생물들의 영양염류(질소, 인) 제거능력에 유기탄소원인 Glucose와 Sodium acetate가 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 또한 MLSS 농도에 따른 유기물과 질소 및 인의 처리효율을 비교하고, 반응시간에 따른 COD, 질소 그리고 인 제거를 위한 적합한 운전조건을 조사하여 효율성이 높은 처리시설의 운영과 설계를 위한 기초 자료를 얻고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 장치

본 연구에 사용된 SBR 반응조는 Fig. 1과 같이 5 mm 두께의 직경 17 cm인 투명한 아크릴 원통으로 제작하여 유입수는 Modular Controller Pump에 의해 반응기에 직접 유입되도록 하였다. 상부에 pH Probe,

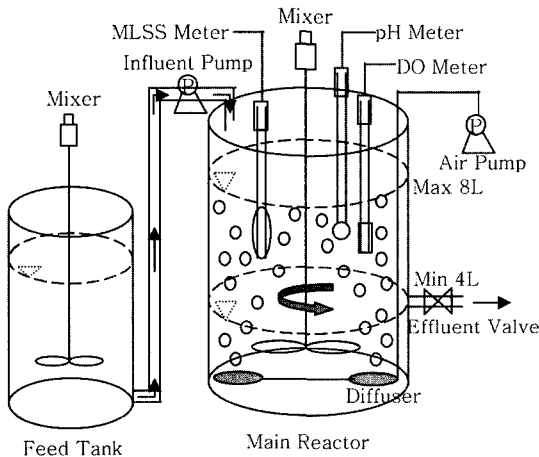


Fig. 1. A Schematic of the lab-scale SBR system.

DO Probe, MLSS Probe를 설치하였으며 원활한 반응을 위해 교반장치를 하였다.

2. 운전조건

연구에 사용된 활성슬러지는 충남 C시에서 배출되는 생활하수를 환경사업소 폭기조에서 채취하여 사용하였으며, 합성폐수와 실험조건은 Table 1, Table 2와 같다. 반응장치는 20~23°C의 실온에 설치하여 유입후의 최대 용적은 8 l, 최소용적은 유입량과 동일한 4 l로 고정시켰다. Cycle Time은 Anaerobic과 Aerobic을 2 회/Cycle, 반응주기는 8 hr/Cycle, 1일 3 Cycle이 되도록 운전하였고, 유입시간(Fill Time)과 배출시간(Draw Time)동안 4 l의 처리량을 각각 유입, 배출하였다. 반응후 침전시간(Settle Time)은 1시간을 두었으며, 유입과 배출시간은 각각 30분씩 두었다. 유기탄소원으로는

Table 1. Composition of the synthetic wastewater

Component	Concentration (g/l)		Remarks	Component Con. (g/l)
	A Type	B Type		
Glucose(C ₆ H ₁₂ O ₆)	0.10 g/l		Organics	COD ≃ 0.100
Sodium acetate (CH ₃ COONa)	0.76 g/l			
KH ₂ PO ₄	0.008 g/l		Phosphorus	T-N ≃ 0.035
K ₂ HPO ₄	0.018 g/l			
NH ₄ Cl	0.16 g/l		Nitrogen	T-P ≃ 0.005
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.09 g/l			
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.07 g/l		Minerals	
EDTA	0.02 g/l			
Trace Solution	1 ml/l			
* Trace Solution				
Component	Concentration (g/l)			
FeCl ₃ · 6H ₂ O	1.5 g/l			
H ₃ BO ₃	0.15 g/l			
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.03 g/l			
KI	0.03 g/l			
MnCl ₂ · 4H ₂ O	0.12 g/l			
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.06 g/l			
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.12 g/l			
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0.15 g/l			

Table 2. Sources of organic carbon and microorganism concentration

Condition	A Type			B Type		
	Reactor 1	Reactor 2	Reactor 3	Reactor 4	Reactor 5	Reactor 6
Organic carbon	Glucose	Glucose	Glucose	Sodium acetate	Sodium acetate	Sodium acetate
MLSS (mg/l)	5,000 mg/l	3,000 mg/l	1,000 mg/l	5,000 mg/l	3,000 mg/l	1,000 mg/l

Glucose 또는 Sodium acetate을 사용하였고 각 유기탄 소원에 따라 MLSS를 5,000 mg/l, 3,000 mg/l, 1,000 mg/l로 변화를 주어 운전하였다.

3. 분석방법

유입수와 처리수에 대한 pH, DO, SVI, BOD, COD, T-N, T-P, NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N 등을 기 분석 및 수질오염공정시험방법⁶⁾에 따라 조사 하였다. 슬러지의 상태와 조류 및 미소후생동물의 관찰은 Olympus의 Model BX-50 현미경으로 관찰하였다. 사진촬영은 Olympus Model DP11 Digital Camera System을 BX-50에 부착하여 컴퓨터와 연결하여 실시간 동영상 관찰과 Data의 저장이 가능하도록 하였다. Floc 및 미소후생동물의 크기는 현미경의 대안렌즈에 부착된 눈금(1칸=10 μm)을 통하여 관찰하였고, 배율조정에 따른 오차는 Slide Glass에 표시되어 있는 Micrometer의 눈금과 일치하도록 보정하여 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 반응조내 pH, DO의 시간적 변화

Glucose의 경우 Fig. 2와 같이 유입수의 초기 pH가 4.5로 조사되었으나 점차 pH가 상승하여 혐기와 호기 조건에 상관없이 전 운전기간 동안 pH 5.0~6.2 수준을 유지하였다. Glucose를 탄소원으로 사용한 경우 pH가 낮은 이유는 acid former에 의한 산성화나 발효에 의한 것으로 생각 된다.⁷⁾ 따라서 유입수에 충분한 양의 알칼리도가 존재하지 않으면 낮은 pH 때문에 질화 및 탈질화 미생물에 악영향을 줄 것으로 생각 되었다. 반면 sodium acetate의 경우 초기 유입수의 pH가 6.4로 낮았지만 운전이 진행되면서 질산화의 최적 pH 조건인 7.0~8.5 수준을 유지하여 pH로 인한 질화 및 탈질화 미생물에 악영향은 없을 것으로 판단되었다. 그리고 유입수가 1차 혐기성 상태에서 탈질에 의하여 pH가 약간

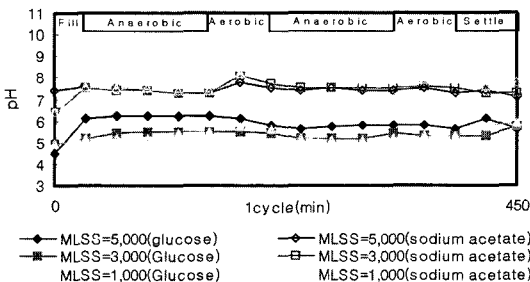


Fig. 2. Variation of pH during 1 cycle.

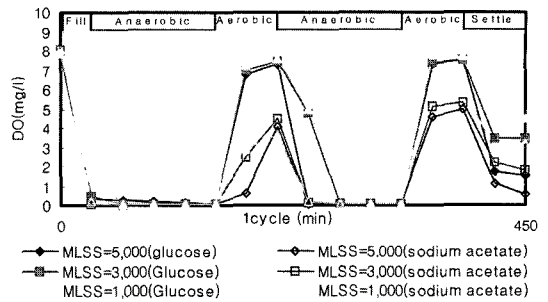


Fig. 3. Variation of DO during 1 cycle.

증가하는 경향을 보였으나 폭기 직후 탄산가스의 방출로 인하여 pH가 약간 증가한 후 암모니아성 질소의 질산화에 의하여 바로 저하하는 경향을 보였다. 또한 폭기 후 pH가 약 8.5까지 급속히 증가하였는데, 그 원인은 탄산가스의 방출과 더불어 폭기 직전까지 잔류한 단백질의 분해에 의한 것으로 생각 된다.⁸⁾

전체적으로 폭기 중의 DO는 Fig. 3과 같이 2.0~8.0 mg/l를 유지하였다. 1주기 동안 시간경과에 따른 폭기시의 DO는 점차적으로 약간씩 증가하는 경향을 보였다. 이는 반응초기에 유기물의 상당량이 제거되어서 반응조내 용량에 대한 유입수의 부하가 상대적으로 감소되어 산소 소모율(섭취율)이 점차 낮아졌기 때문으로 생각된다. 폭기 상태가 끝나고 약 30분 후와 혐기상태에서 DO가 거의 고갈되어 zero 상태에 가깝게 유지되고 있는 것으로 조사되어 각 단계별로 운전이 적절한 DO 상태에서 운전되고 있음을 알 수 있었다. 그러나 반응주기 후반부에 DO가 잘 낮아지지 않았다. 이러한 이유는 Fig. 7과 같이 이 기간에 아질산염이 축적되는 것으로 조사되어 탈질화에 있어서 탄소원이 부족하여 나타난 것으로 생각 된다.⁹⁾ 침전이 시작되면서 약 30여분 동안 DO가 급격히 낮아지며 배출 종료 직전까지 0~4.0 mg/l를 유지하였다. Schoberl과 Engel¹⁰⁾은 Nitrosomonas는 DO 농도가 1.0 mg/l 이상에서, Nitrobacter는 2.0 mg/l 이상의 DO 농도에서 질산화에 영향을 끼치지 않는다고 하였다. 본 연구에서는 혐기조건이 끝난 직후 호기상태에서 30분내에 DO가 2.0 mg/l 이상이 되어 질산화 및 인의 섭취에 DO가 방해 요소로 작용하지 않고 있다는 것을 알 수 있었다.

2. MLSS 농도에 따른 유기물 변화

각 운전조건별 1 cycle 동안의 시간경과에 따른 반응조내 유기물의 변화를 Fig. 4, 5에 나타내었다. Glucose의 경우 운전초기에 바로 유기물이 제거가 되어 반응 1주기 동안에 거의 변화 없이 지속적으로 유지되

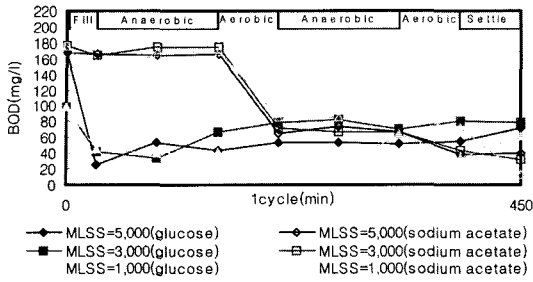


Fig. 4. Variation of BOD during 1 cycle.

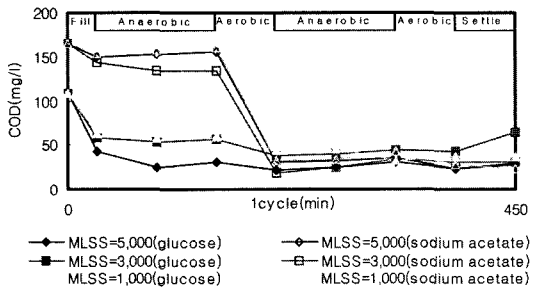


Fig. 5. Variation of COD during 1 cycle.

었다. 이러한 현상은 SBR 공법의 특성상 침전 및 휴지기간 동안 영양분이 부족하여 starvation 상태의 미생물이 새로운 유입수의 주입으로 영양분이 공급되었을 때 왕성한 분해 작용이 짧은 시간 내에 일어났기 때문이며 동시에 일부 유기물은 회석·확산과정을 통하여 회석되었기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 sodium acetate의 경우 glucose와는 다르게 유기물이 대부분 혐기성상태에서 탈질과 인 방출에 필요한 외부기질로 이용되어 감소율이 저조하였으나 폭기 개시 후 급속히 감소하였다.

3. MLSS 농도에 따른 질소성분 변화

1 Cycle 동안 질소성분의 변화를 Fig. 6-9에 나타내었다. 유기탄소원이 Glucose인 경우 뚜렷한 변화는 없었으나 Sodium acetate의 경우는 아질산성 질소와 질산

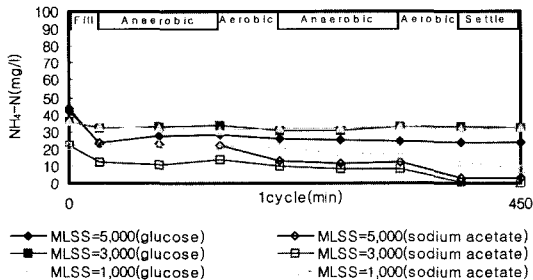


Fig. 6. Variation of NH₄-N during 1 cycle.

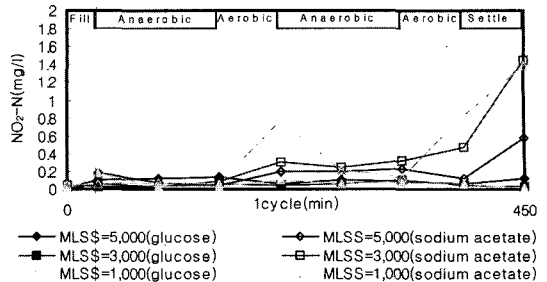


Fig. 7. Variation of NO₂-N during 1 cycle.

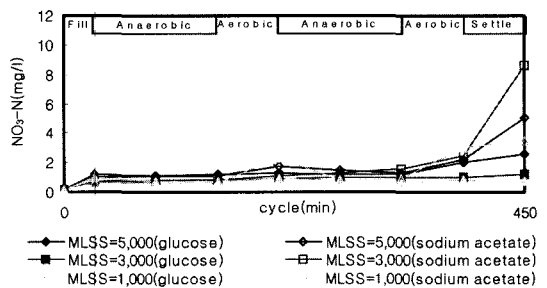


Fig. 8. Variation of NO₃-N during 1 cycle.

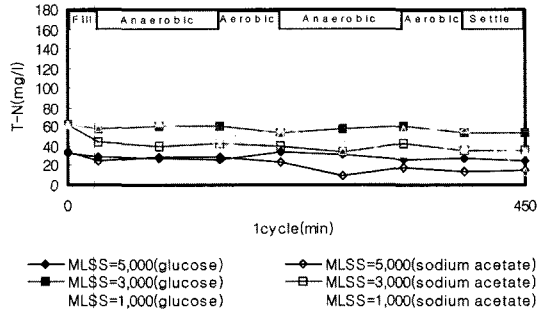


Fig. 9. Variation of T-N during 1 cycle.

성 질소가 모두 혐기성일 때 감소하고, 호기성 조건하에서는 증가하는 경향을 보였다. 반응 후반에는 glucose 보다는 sodium acetate일 때 아질산성 질소와 질산성 질소의 변화폭이 높은 것으로 조사되어 유기탄소원이 sodium acetate일 때 질산화율이 더 높았다. Glucose일 때 질산화율이 저조한 이유는 Fig. 2에서와 같이 낮은 pH 때문인 것으로 생각된다. 암모니아성 질소 및 총질소 변화는 유기탄소원이 glucose일 때 반응기간 동안 일정한 값을 유지하였다. 이는 glucose를 탄소원으로 이용할 경우 pH 저하 및 암모니아 축적 일어났기 때문인 것으로 생각된다.⁷⁾ Sodium acetate를 유기탄소원으로 사용 하였을 경우에는 반응이 진행되면서 암모니아성 질소와 총질소의 값이 감소하는 경향을 나타내어 Glucose를 사용 하였을 때보다 감소의 변화 폭이 크게

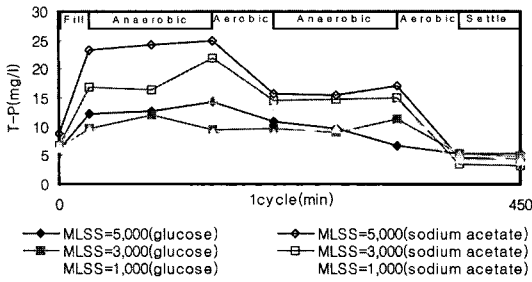


Fig. 10. Variation of T-P during 1 cycle.

나타났다. 이는 Sodium acetate를 사용 하였을 때 질산화 및 탈질화에 적합한 pH 값을 지속적으로 유지하였기 때문으로 생각 된다.

4. MLSS 농도에 따른 인 변화

각 운전조건별 반응조내 인의 변화를 Fig. 10에 나타내었다. 유기탄소원으로 Glucose 또는 Sodium acetate를 사용 하였을 경우 혐기성 조건일 때 미생물의 인 방출로 인해 인의 값이 증가하고 인의 섭취가 일어나는 호기성 조건에서 감소하는 경향을 보였다. 특히 MLSS의 농도가 높을수록 변화 폭이 높게 나타났다. 그러나 Glucose보다는 Sodium acetate를 사용 하였을 경우 인의 방출과 섭취의 폭이 크게 일어났다. 전체적으로 폭기가 시작되면서 인이 급격히 섭취되기 시작하였다. 이는 섭취된 인이 세포합성에 쓰이기도 하지만 *Acinetobacter* 등 인 제거 미생물에 의한 과잉 섭취가 원인인 것으로 생각된다. 또한 이차 혐기성 기간에는 약간 증가하는 경향을 보였으나 유입시의 혐기상태에 비해서 그 정도가 거의 무시될 정도이다. 이것은 유입시에 비해서 외부의 유기물농도가 훨씬 낮았기 때문으로 생각된다.

5. MLSS 농도에 따른 제거율

각 운전조건별 유기물 및 총질소와 총인의 제거율을 Fig. 11에 나타내었다. Glucose의 경우 MLSS 5000, 3000, 1000에서 BOD 제거율이 각각 약 57%, 21%, 38%, COD 제거율은 각각 약 74%, 41%, 66%이었다. Sodium acetate의 경우는 각각의 MLSS 5000, 3000, 1000에서 BOD 제거율은 각각 약 76%, 82%, 92%, COD 제거율이 약 83%, 81%, 86%로 COD·BOD 모두 80% 내외하는 양호한 제거율을 보였다. 각각의 MLSS에 대해서는 Glucose를 사용하였을 때에는 MLSS 5000에서, Sodium acetate일 때는 MLSS 1000 일 때 가장 좋은 제거효율을 갖는 것으로 조사되었다. 그리고 전체적으로 Glucose에 비하여 Sodium acetate

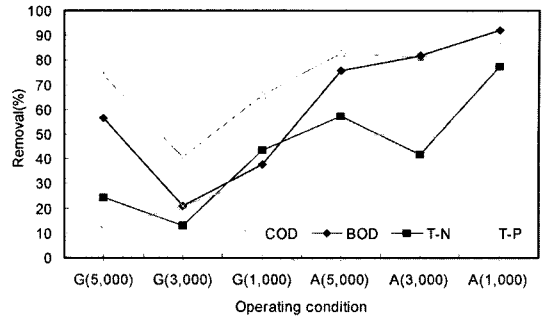


Fig. 11. Variation of COD, BOD, T-N and T-P removal efficiency in variation of MLSS conc.

가 유기물 제거율이 높게 나타났다. 이러한 이유는 Glucose의 pH가 7.0(Fig. 2) 이하를 유지하여 질화 및 탈질화 미생물에 악영향을 미쳐 탈질화에 이용되는 탄소원의 소모가 잘 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 이때의 용존산소(Fig. 3)도 Sodium acetate보다 Glucose가 높았으며, 질산화율이 낮아 질산성 질소의 농도(Fig. 8)가 낮았다. 총질소 제거율은 Glucose의 경우 총질소 제거율이 MLSS 5000, 3000, 1000에서 각각 24%, 13%, 44%이었고, Sodium acetate는 각각 57%, 42%, 78%의 제거율을 보였다. Glucose와 Sodium acetate 두 경우 모두 MLSS 1,000일 때 제거율이 좋았으며, 전체적으로는 Glucose에 비하여 Sodium acetate를 사용 하였을 때 제거율이 좋은 것으로 조사되었다. 그러나 Sodium acetate의 MLSS 1000에서만 70% 이상의 질소 제거 효율을 보였다. 이는 본 실험의 운전조건에서 pH의 영향 이외에도 폭기 반응 뒤에 탈질을 위한 무산소(Anoxic) 기간이 별도로 없었던 것과 혐기, 호기반응에서 유기물과 인의 제거를 위해 기질이 모두 소모되어 탈질 반응을 위한 탄소원의 부족에 기인한 것으로 생각되었다. EPA⁽¹¹⁾에 의하면 폭기반응 후 별도의 무산소 반응을 시킨 결과 80% 내외의 질소제거 효율을 나타낸 결과 등이 보고 되고 있다. 따라서 본 실험조건에서도 질소제거 효율을 향상시키기 위해서는 폭기 반응 후 별도의 무산소 반응기간이 필요 할 것으로 생각된다. 총인 제거율은 Glucose의 경우 MLSS 5000, 3000, 1000에서 각각 12%, 21%, 38%을 나타내고, Sodium acetate는 각각 48%, 52%, 38%의 제거효율을 갖는 것으로 조사되었다. 따라서 T-P의 제거율은 Glucose의 경우 MLSS 1,000일 때 약 44%, Sodium acetate의 경우 MLSS 3,000일 때 약 52%로 각각 가장 좋은 제거효율을 나타냈다. 유기탄소원에 따라 비교했을 때 전체적으로 Glucose에 비하여 Sodium acetate가 유기물 제거율이 높게 나타나는 것을

볼 수 있다. 그러나 전체적으로 T-P 제거효율이 낮은 것은 질산화 과정에서 생성되어 탈질을 통해 제거되지 못하고 반응조내 잔존하는 산화질소에 의해 인방출이 저해된 것으로 생각 된다.¹²⁾ 즉, 인 축적 미생물이 산소 대신에 잔존하는 산화질소를 이용하여 인을 섭취하고 또한 탈 인에 관여하는 미생물은 산화질소가 잔존하는 상태에서 탈질균에 비해 유기물 섭취 능력이 떨어지기 때문에 무산소 상태에서 인 방출이 심하게 저해를 받

았기 때문으로 생각된다.¹³⁾ 따라서 혐기성조건동안 내부 탄소원을 확보하지 못한 인 제거 미생물은 호기성 조건상태에서도 인을 섭취하지 못하므로 인 방출이 인을 제거하는데 중요한 인자이므로 교반시간을 충분히 확보하여 탈질이 선행되도록 해야 할 것으로 생각된다.

6. Floc 및 미생물의 형태 관찰

각 운전조건별 폭기조내 Floc의 형태를 Fig. 12에 나

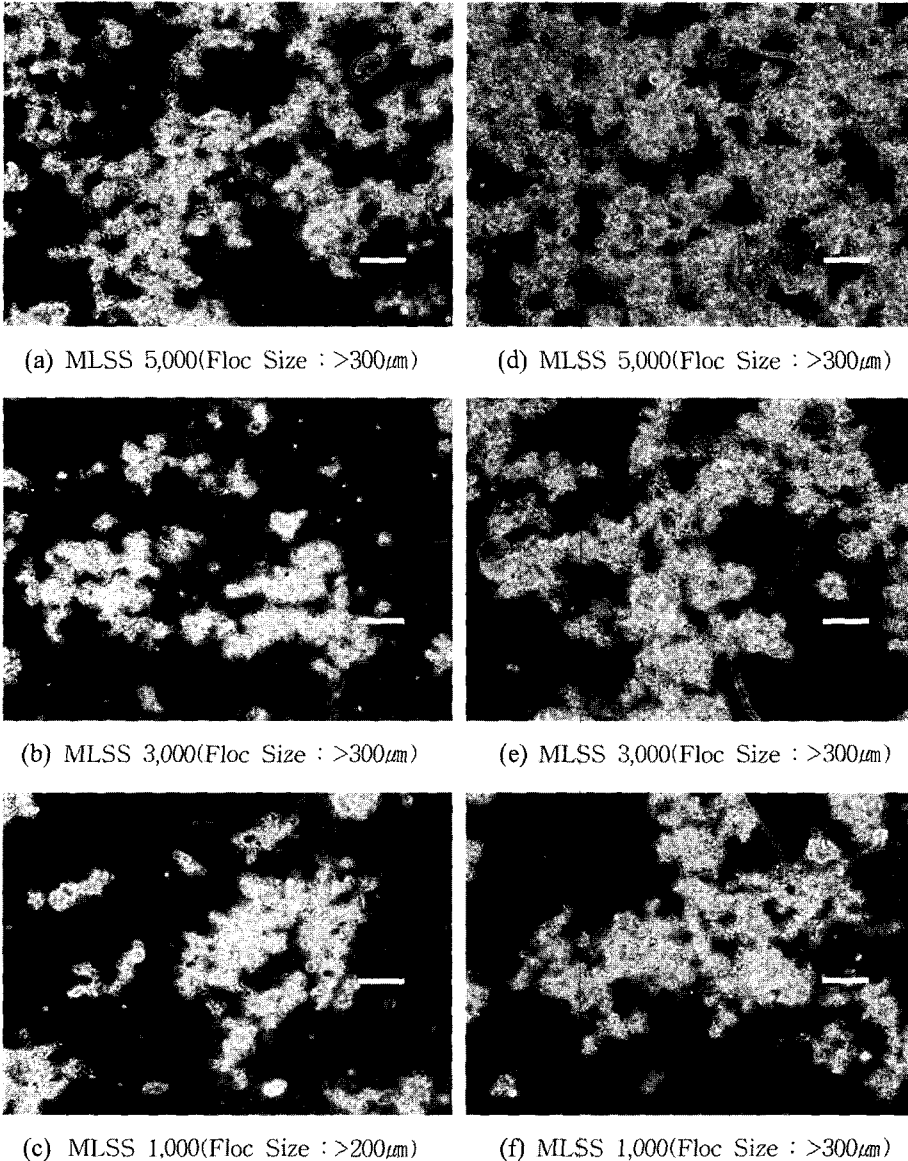


Fig. 12. Microscopic appearance of activated sludge flocs (all 100 \times phase contrast; bar = 200 μ m; a, b, and c, Glucose; d, e, and f. Sodium acetate).

타내었다. 유기탄소원, MLSS 농도에 상관없이 전 반응기에서 이상적인 Floc의 형태를 관찰할 수 있었다. 그러나 MLSS 농도값에 따라 Sludge의 밀도 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 MLSS 1000, 3000에서 약간의 Pin Floc의 형태가 관찰되었으나 시간이 지남에 따라 사상체를 골격으로 하여 박테리아가 조밀하게 부착하여 성장하였다. 모든 조건에서 Floc들의 응집성은 양호하였고, 직경도 200~500 μm 정도였으며 Floc과 Floc 사이의 공간에 존재하는 SS가 적어 투명도도 양호하였다. 또한 사상체는 주로 우리나라 생활하수에서 일반적으로 발생하는 Type 021N, Type 1701, Type 0041, *Sphaerotilus natans*, *Beggiatoa*가 적당히 분포되어 있는 것으로 관찰되었고, *Opercularia*, *Arcella*, *Epistylis*, *Carchesium*, *Tokophrya*, *Rotaria*, *Diplogester*, *Multifasciculatum* 등의 원생동물들도 출현하는 것으로 조사되었다.¹⁴⁾

IV. 결 론

본 연구에서는 SBR 공정을 사용하여 유기탄소원으로 Glucose와 Sodium acetate를 각각 사용하고, MLSS 농도를 1000, 3000, 5000으로 하여 운영하면서 유기물, 총질소, 총인의 제거 효율을 비교 실험하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) pH의 변화는 Glucose를 사용 시 5.0~6.2, Sodium acetate에서는 7.0~8.5이었다. 폭기기간 중의 DO는 2.0 mg/l 이상을 유지하였으나 호기 상태가 끝나고 약 30분 후 Zero 상태에 가깝게 유지되었으며, 슬러지용량 지표(SVI)는 100~200 ml/g이었다.

2) Glucose 사용 시 유입수가 유입되면서 유기물 제거가 시작되었으며 MLSS 5000에서 COD 및 BOD 제거율은 각각 74%, 57%이었다. 반면 Sodium acetate의 경우에는 초기 혐기와 호기 1 Cycle이 끝난 후에 유기물의 제거가 이루어졌고 MLSS 1000일 때 COD 86%, BOD 92%로 가장 좋은 제거율을 보였다. 전체적으로 Sodium acetate를 사용하였을 때 유기물 제거율이 높게 나타났다.

3) 질산성 질소는 Glucose를 사용하고 MLSS가 5000일 때 증가폭이 가장 높았으며, 질소의 변화는 Sodium acetate를 사용 하였을 때 반응 후반에 변화값이 크게 나타났다. 암모니아성 질소 및 총 질소는 Glucose를 사용한 MLSS 5000에서 질소 제거가 가장 빨리 일어났고, Sodium acetate를 사용한 경우 감소의 변화 폭이 크게 나타났다. 총질소 제거율은 Sodium acetate를 사용하고 MLSS가 1,000일 때 약 78%로 가

장 좋은 제거율을 보였다.

4) 인의 변화 경향은 유기탄소원에 상관없이 MLSS 5000일 때 변화 폭이 가장 높았다. Sodium acetate를 사용 하였을 때 인의 방출과 섭취가 확연하게 이루어졌다. 총인의 제거율은 Glucose의 경우 MLSS 1,000일 때 약 44%, Sodium acetate는 MLSS 3,000일 때 약 52%였으며, Sodium acetate를 사용한 반응조에서 제거율이 높게 나타났다.

5) Floc의 형태는 탄소원, MLSS 농도에 상관없이 전 반응기에서 이상적인 형태가 관찰되었으며 직경은 200~500 μm 정도였다. 사상체는 Type 021N, Type 1701, Type 0041, *Sphaerotilus natans*, *Beggiatoa*가 주로 관찰이 되었고, 원생동물은 *Opercularia*, *Arcella*, *Epistylis*, *Carchesium*, *Tokophrya*, *Rotaria*, *Diplogester*, *Multifasciculatum* 등이 관찰되었다.

참고문헌

1. 환경부 : 수질환경보전법(시행규칙 별표5 및 별표11), 2001.
2. 河情根, SBR 工法에 의한 食品加工 廢水處理. 東亞大學校 博士學位論文, 7-8, 1996.
3. 崔泰全, SBR 工法을 이용한 豚舍廢水 처리시 最適 運轉 Cycle 決定. 江原大學校, 碩士學位論文, 1-2, 1996.
4. 허 목, 이용두, 한지용 : SBR을 이용한 제주지역 하수 중의 질소·인 제거. 한국수처리기술연구회, 6(3), 65-76, 1998.
5. Irvine, R. L. : Controlled Unsteady State Processes and Technologies, First IAWQ Specialized Conference on Sequencing Batch Reactor Technology, Germany, 1996.
6. 편집부 : 수질오염공정시험방법. 동화기술, 2001.
7. Akunna, J. C., Bizean, C. and Moletta, R. : Nitrate and nitrite reductions with anaerobic sludge using various carbon sources: glucose, glycerol, acetic acid, lactic acid and methanol. *Wat. Res.*, 27, 1303-1312, 1993.
8. Alleman, J. E. and Irvine, R. L. : Nitrification in the sequencing batch biological reactor. *J. WPCF*, 52, 2747-2754, 1980.
9. Oh, J. I. and Silverstein, J. : Acetate limitation and nitrite accumulation during denitrification. *J. Environ. Eng.*, March, 1999.
10. Schoberl, P. and Engel. H. Dar. : Verhalten Nitrifikation Kakterien gegenüber gelostem. *Archiv Fin Mikrobiologie*, 393, 1964.
11. U.S. EPA. : Manual-Nitrogen Control. EPA/625/R-93/010, 101-110, 1993.
12. Petter, J., Jespersen, K. and Henze, M. : Biological phosphorous uptake under anoxic and aerobic condition. *Wat. Res.*, 27(4), 617-624, 1993.
13. Schon, G., Gfywitz, S. and Mertens, F. : Influence of DO and ORP on phosphate release and uptake by

- activated sludge from sewage plants with EBPR. *Wat. Res.*, 27(3), 343-354, 1993.
14. Jenkins, D., Richard, M. G. and Daigger, G. T. : Manual on the causes and control of activated sludge bulking and forming. *LEWIS PUBLISHERS*, 1994.