

단일 및 가변형 SBR 공법의 영양염류 처리효율 및 “상” 전환속도 평가

김만수[†] · 박종운 · 박철휘* · 이상일**

대양바이오테크(주) 부설환경기술연구소 · *서울시립대학교 환경공학부 · **충북대학교 환경공학과

(2005년 3월 8일 접수, 2005년 11월 25일 채택)

Estimation of Nutrient Removal Efficiency and Phase Conversion Rate of Single Reactor SBR and SBR with Flexible Vertical

Man-Soo Kim[†] · Jong-Woon Park · Chul-Whi Park* · Sang-Il Lee**

Environmental Technology Institute, Dae-Yang Bio Tech Co., LTD · *Department of Environment Engineering, University of Seoul

**Department of Environment Engineering, Chungbuk National University

ABSTRACT : The purpose of this research was to compare the nutrient removal efficiency, and to estimate the net reaction time in order to calculate a "phase" transfer rate. SBR(SBR1) with flexible verticals and single reactor SBR(SBR2). Consequently, the removal efficiencies of COD_{Cr} and BOD₅ in SBR1 and SBR2 were 91.5%, 97.5% and 90.4%, 97.3%, Respectively. Accordingly, the organic removal efficiency was not distinguished in both processes.

In the T-N and T-P removal efficiencies, however, SBR1 obtained higher removal efficiency than SBR2, at 12.1% and 7.6% respectively. Also, in the experiment to estimate the "phase" transfer rate, SBR1 was higher than SBR2. Because SBR1 has two phases in the single reactor simultaneously, it has the buffer capacity to reduce the "phase" transfer time and provides a definite reaction condition.

Key Words : SBR, Flexible Vertical, F/M Ratio, Phase Conversion Rate, Nutrient Removal Treatment

요약 : 본 연구는 가변형 간벽이 설치된 SBR 고도처리 공법과 기존의 단일 반응조로 구성된 SBR 고도처리 공법의 영양염류 처리효율을 비교하였으며, 또한 호기에서 무산소로의 “상” 전환속도를 비교하여 실질적인 반응시간의 차이를 검증하고자 하였다. 그 결과, SBR1의 COD_{Cr} 및 BOD₅ 제거효율은 91.5% 및 97.5%이었으며, SBR2의 경우 90.4% 및 97.3%로 유기물 제거효율에 있어서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 T-N 및 T-P 제거효율에 있어서는 SBR1이 SBR2보다 12.1% 및 7.6% 높은 처리효율을 나타내었다. 또한 “상” 전환속도 평가 실험에서 SBR1이 SBR2보다 높게 나타났다. 그 이유는 SBR1이 한 반응조내에 연속적으로 두 개의 “상”이 존재하기 때문에 “상” 전환시 완충능력을 갖고있기 때문에 “상” 전환시간을 줄일 수 있고, 또한 명확한 반응조건을 제공할 수 있는 것으로 나타났다.

주제어 : 회분식 반응조, 가변형 간벽, F/M비, 영양염류처리, “상” 전환속도

1. 서론

간헐포기법을 적용한 SBR 고도처리 공법은 종래의 처리 공정에 비해 반응조의 수를 감소시켜 기계공사비, 동력비, 시설운영비를 감소시킬 수 있으며, 특히 anaerobic조와 aerobic조 등 반응조의 용량이 고정된 종래의 공법과 달리 간헐포기 시간을 조정함으로써 종래 공법에서의 반응조 용량을 변경시킨 것과 같은 효과를 얻을 수 있게 되어 유입수의 조건이 변하더라도 탄력적으로 대처할 수 있는 장점이 있다. 그러나 종래의 SBR공법의 가장 큰 단점은 단일 반응조에서 anaerobic과 aerobic 조건이 시간적으로 분리되어 반복되기 때문에 aerobic에서 anaerobic 또는 anoxic으로 전환되는 시간이 길어지게 된다. 따라서 완전한 탈질과 탈인을 위한 반응

조건이 이루어지기 어렵기 때문에 NO₃-N의 축적과 이로 인한 충분한 인의 방출을 유도하지 못하고 따라서 후속되는 인의 파인섭취를 도모하지 못해 질소 및 인제거 효율이 상대적으로 낮은 단점을 가지고 있었다.^{1,2)}

따라서 본 연구에서는 가변형 간벽이 설치된 SBR 반응조와 기존 단일 반응조로 구성된 SBR 반응조를 동절기 운전 조건으로 외부에 설치하고 12월 1일부터 12월 30일까지 1개월간 영양염류 처리효율을 비교/평가하고자 하였으며, 또한 호기/무산소·혐기 mode로의 “상” 전환속도를 비교하여 실질적인 반응시간의 차이를 검증하고자 하였다.

1.1. 운전모드의 개요

1.1.1. 가변형 간벽이 설치된 SBR 반응조

가변형 간벽이 설치된 SBR반응조의 형태는 Fig. 1과 같으며, 운전모드는 Table 1과 같다. 본 연구에서 운영한 반응조는 Fig. 1과 같이 2조의 flexible vertical을 설치하여 1개의 반응조 내부를 3개의 지로 구분하였으며, 반응조 크기

[†] Corresponding author
E-mail: buddha@biotech21.com
Tel: 02-979-1647

Fax: 02-979-4400

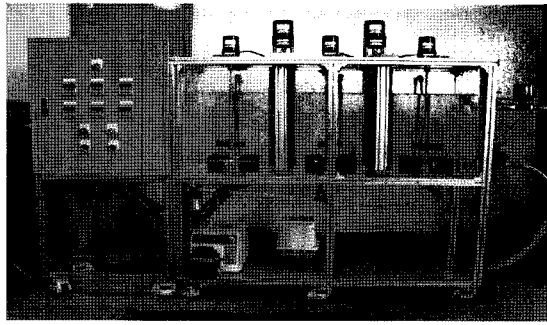


Fig. 1. Pilot plant with flexible verticals.

Table 1. Operation mode of SBR reactor with Flexible verticals

| No. | Cycle Components | | | Operation Zone | Operation Time | Influent Conditions |
|-----|------------------|---|---|----------------|----------------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | | | | 2 : 1 | 60 min | Influent flow |
| 2 | | | | 1 : 2 | 60 min | Influent flow |
| 3 | | | | 2 : 1 | 60 min | Influent flow |
| 4 | | | | 3 | 60 min | Influent flow |
| 5 | | | | 3 | 30 min | Influent flow |
| 6 | | | | 3 | 90 min | No Influent flow |

Aerobic
 Anoxic/Anaerobic
 Settle & Decant

는 120 L용량이였다. Flexible vertical은 SUS304로 제작되었으며, 구동장치는 1개의 구동모터와 chain belt로 연결되어 구동되도록 제작되었고, operation mode는 control panel내에 PLC(Programmable of Logic Controller)를 설치하고 운전 logic을 입력시켜 완전 자동화조건을 갖추었다. 본 반응조의 수리학적 체류시간(HRT)은 24 hr, MLSS 농도는 2,500 mg/L로 조절하였으며, 약 15일의 적응 운전 기간을 거친 후 본 연구를 수행하였다. 1cycle은 6시간으로 구성되어 있으며, 하루 4주기로 구성된다. 원수의 유입은 No.1부터 No.5의 호기까지 유입되며, 마지막 침전주기에서는 원수의 유입을 차단한다. 슬러지의 인발은 No.1 호기반응이 끝나기 5분전에 인발되도록 하였으며, 1시간 침전 후 30분 방류되도록 하였다.

1.1.2. 단일 SBR 반응조

단일 SBR 반응조는 70 L용량의 P.E 재질로 된 원통형 탱크를 이용하였다. 본 반응조는 blower와 solenoid valve를 장착한 후 timer에 연결하여 포기 및 비포기 시간, 슬러지 인발시간, 방류시간을 조절하였다. 또한 비포기 및 유입수의 혼합을 원활히 수행하기 위해 반응기 상부에 paddle을 장착한 DC motor(120 rpm)를 설치하였으며, 운전모드는 Table 2와 같다. 이때 수리학적 체류시간(HRT)과 MLSS농도, 순응기 간등은 가변형 간벽이 설치된 SBR반응조와 동일하게 하였다. 본 반응조의 원수주입모드는 기존 SBR반응조의 운전모드를 다소 변경하여, 상기 가변형 간벽이 설치된 SBR반응조의 원수주입 모드와 유사하게 침전·방류주기만을 제외하고 연속 주입되도록 하였다.

Table 2. Operation mode of single SBR reactor

| No. | Cycle Components | Operation Time | Influent Conditions |
|-----|------------------|----------------|---------------------|
| 1 | Anaerobic | 15 | Influent flow |
| 2 | Aerobic | 60 | Influent flow |
| 3 | Anoxic | 45 | Influent flow |
| 4 | Aerobic | 75 | Influent flow |
| 5 | Anoxic | 60 | Influent flow |
| 6 | Aerobic | 15 | Influent flow |
| 7 | Settling | 60 | No Influent flow |
| 8 | Decanting | 30 | No Influent flow |

1.1.3. “상” 전환속도 비교운전

가변형 간벽이 설치된 SBR 반응조의 “상” 전환속도 측정 은 Table 1의 No. 1 mode에서 No. 2 mode로의 전환, No. 3 mode에서 No. 4 mode로의 전환되는 시점에서 2지의 ORP 변화를 측정하였다. 단일 반응조의 “상” 전환속도 측정은 전체 호기조건에서 전체 무산소 조건으로 전환되는 mode의 전환속도를 측정하였다. 본 연구의 외적 영향요인을 최대한 배제시키기 위하여 가변형 간벽이 설치된 SBR 반응조를 이용하여 간벽의 가동시와 간벽이 없는 조건인 full open상태의 조건에서 수행되었으며, 미생물의 상태에 따른 오차를 감안하여 4회에 걸쳐 전환속도를 측정하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1. 대상시료의 성상

2.1.1. 단일 및 가변형 SBR 반응조의 효율비교 실험

본 연구의 유입수는 “P”시 하수처리장 유입원수로서 그 성상은 Table 3과 같다. 표에서 보는바와 같이 유입원수의 COD_{Cr} 및 T-N의 농도는 689~439 mg/L 및 96.5~35.6 mg/L로서 유입수의 COD_{Cr}/T-N ratio는 7~12정도를 보였으며, BOD₅/T-N ratio는 3.4~5.6을 보였다.

Table 3. Characteristics of domestic wastewater of “P” wastewater treatment plant

| ITEM | Maximum Conc., mg/L | Minimum Conc., mg/L | Average Conc., mg/L |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| COD _{Cr} | 689 | 439 | 560 |
| COD _{Mn} | 126 | 84 | 99 |
| BOD ₅ | 328 | 201 | 265 |
| SS | 352 | 132 | 203 |
| T-N | 96.5 | 35.6 | 55.5 |
| T-P | 8.8 | 2.0 | 4.7 |
| PO ₄ ³⁻ -P | 6.4 | 1.2 | 2.7 |
| COD _{Cr} /T-N | 7.2 | 12.3 | 10.0 |
| BOD ₅ /T-N | 3.4 | 5.6 | 4.7 |

Table 4. Characteristics of domestic wastewater of “k” wastewater treatment plant

| ITEM | Maximum Conc., mg/L | Minimum Conc., mg/L | Average Conc., mg/L |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| COD _{Cr} | 403 | 105 | 223 |
| COD _{Mn} | 136 | 25 | 44.5 |
| BOD ₅ | 265 | 48 | 105 |
| SS | 500 | 36 | 108 |
| T-N | 49.671 | 9.87 | 26.979 |
| T-P | 8.203 | 1.493 | 3.350 |

2.1.2. “상” 전환속도 비교실험 폐수성상

본 연구의 유입수는 “k”시 하수처리장 유입원수로서 그 성상은 Table 4와 같다. 표에서 보는바와 같이 유입원수의 COD_{Cr} 및 T-N의 농도는 105~403 mg/L 및 9.87~49.671 mg/L로서 유입수의 COD_{Cr}/T-N ratio는 8~10 정도를 보였다.

2.2. 실험분석 및 방법

본 연구에서 행한 수질측정법 및 항목은 다음과 같다. Sampling은 반응조 상부 및 방류구에서 채취하였으며, 진공여과장치를 이용하여 Whatman사의 pore size 1.2 μm glass micro-fiber GF/C filter와 MFS사의 pore size 0.45 μm mixed cellulose membrane filter로 여과하여 측정하였다. 측정항목은 SS, BOD₅, MLSS, MLVSS, TCOD_{Cr}, COD_{Mn}, T-P, T-N 등이었으며, 모든 항목들은 환경부고시 제 95-91호 수질오염공정시험법, Standard Method(1995), HACH DR/4000 Spectrophotometer를 이용하여 측정하였고, 5분 주기 호기시간에 잉여슬러지를 인발하여 SRT를 조절하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 항목별 처리효율 검토

Table 5는 가변형 간벽이 설치된 SBR 고도처리 공법(SBR 1)의 영양염류 처리효율을 단일반응조 SBR 공법(SBR 2)과 비교 실험한 결과이며, Fig. 2는 BOD₅에 대한 두 공정의 효율을 나타낸 그림이다. BOD₅에 대한 제거효율 면에서 SBR 1과 SBR 2는 97.5%와 97.3%로 유사한 제거 효율을 보이는 것으로 나타났다. Fig. 3은 COD_{Cr}에 대한 두 공정의 처리효율을 나타낸 그림으로서 COD_{Cr}의 제거효율은 91.5%와 90.4%이었으며, COD_{Mn}의 제거효율은 89.4%와 90.1%로 큰 효율상의 차이를 나타내지 않았다(Fig. 4). 따라서 상기 실험 결과와 같이 두 공정은 유기물 제거 효율면에 있어 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 조사되었다.

Fig. 5는 유입수 및 방류수의 SS 제거효율을 나타낸 그림으로 SBR 1의 SS제거효율은 98.9%이었으며, SBR 2는 97.6%로서 SBR 1보다 처리효율 면에서 다소 떨어지는 것으로 조사되었다. 이는 aerobic상태와 anoxic 또는 anaerobic 상태의 구분된 조건 하에서 각각 활동하던 미생물들이 가변형 간벽의 open에 의해 혼합될 때 flocc 형성능력이 기존 간헐 포기식 SBR보다 향상되는 것으로 사료된다. 또한 단일 SBR 반응조에 간벽을 설치해 줌으로서 설치되지 않았을 때보다 완

전혼합 반응조의 조건을 충족시켜 주었기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 6은 유입수 및 방류수중의 T-N 제거효율, 반응조의 온도변화를 나타낸 그림이다. 동절기 조건으로 반응조내 온도는 5~8℃범위로 변화하였으며, 평균 6.5℃를 나타내었다. 이때의 T-N 제거효율은 SBR 1의 경우 84.8%이었으며, SBR 2의 경우 72.7%로서 SBR 1의 T-N 제거효율이 12.1% 높은 양호한 처리효율을 보였다. 또한 방류수의 농도는 6.41 mg/L가 낮은 농도를 보임으로서 T-N제거효율에 있어 가변형 간벽을 적용한 SBR 1이 탈질반응을 위한 anoxic 조건을 유지시킴에 있어 기존 SBR 공정보다 우수하였던 것으로 사료된다. Fig. 7은 유입수 및 방류수의 T-P 제거효율을 나타낸 그림으로 SBR1의 제거효율은 45.6~85.8%의 범위로 평균 71.5%를 나타내었다. 반면에 SBR 2의 T-P제거효율은 42.3~86.1%의 범위로 평균 63.9%로 조사되었다.

이와같이 가변형 간벽이 설치된 SBR 1 반응조는 인의 release 및 uptake를 위한 anaerobic/aerobic조건의 명확한 형성과 이러한 “상”의 변화속도가 빠르기 때문에 실질적인 탈질/탈인 반응시간이 기존 간헐 포기식 단일반응조 SBR 공법보다 상대적으로 긴 효과가 있는 것으로 사료된다.

Table 5. Experiment results to test treatment efficiency for each SBR reactors

| Item | SBR 1 | | | SBR 2 | | | |
|-------------------|-----------------------|-------|------|-------|-------|------|------|
| | Max. | Min. | Avg. | Max. | Min. | Avg. | |
| BOD ₅ | Effluent conc.(mg/L) | 12.6 | 2.7 | 6.6 | 14.7 | 2.1 | 7.1 |
| | Removal efficiency(%) | 98.9 | 95.5 | 97.5 | 99.1 | 95.5 | 97.3 |
| COD _{Cr} | Effluent conc.(mg/L) | 105.8 | 15.8 | 46.3 | 109.4 | 13.3 | 51.0 |
| | Removal efficiency(%) | 97.7 | 79.1 | 91.5 | 98.0 | 78.4 | 90.4 |
| COD _{Mn} | Effluent conc.(mg/L) | 13.8 | 6.2 | 10.3 | 14.1 | 6 | 9.7 |
| | Removal efficiency(%) | 94.1 | 84.6 | 89.4 | 94.3 | 84.3 | 90.1 |
| SS | Effluent conc.(mg/L) | 6.3 | 0.7 | 2.0 | 11.3 | 0.7 | 4.66 |
| | Removal efficiency(%) | 99.6 | 97.2 | 98.9 | 99.6 | 94.9 | 97.6 |
| T-N | Effluent conc.(mg/L) | 12.8 | 4.9 | 7.9 | 20.4 | 9.9 | 14.3 |
| | Removal efficiency(%) | 90.8 | 75.0 | 84.8 | 84.1 | 61.9 | 72.7 |
| T-P | Effluent conc.(mg/L) | 2.4 | 0.5 | 1.2 | 3.7 | 0.6 | 1.6 |
| | Removal efficiency(%) | 85.8 | 45.6 | 71.5 | 86.1 | 42.3 | 63.9 |

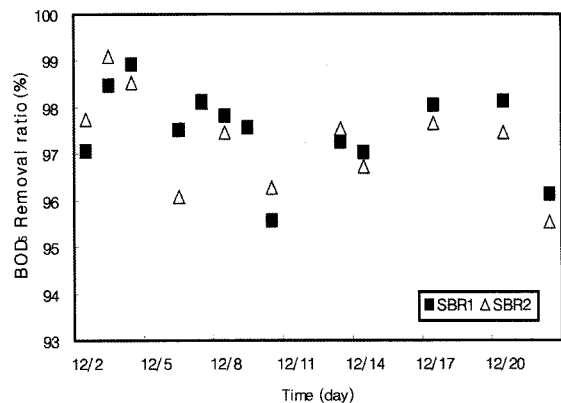


Fig. 2. Removal efficiency of BOD₅.

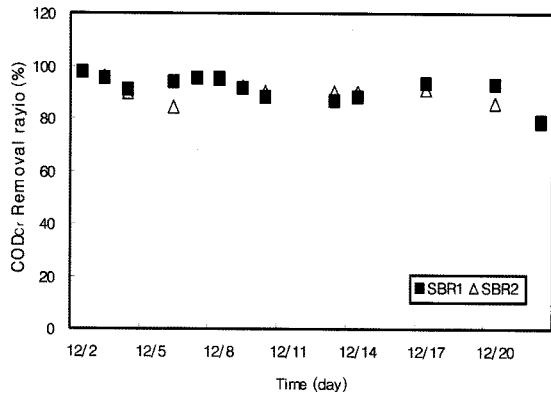


Fig. 3. Removal efficiency of COD_{Cr}.

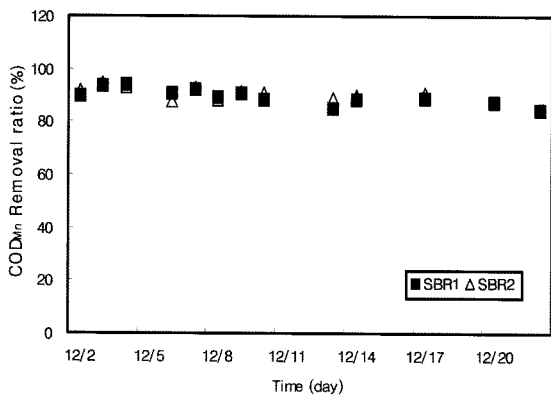


Fig. 4. Removal efficiency of COD_{Mn}.

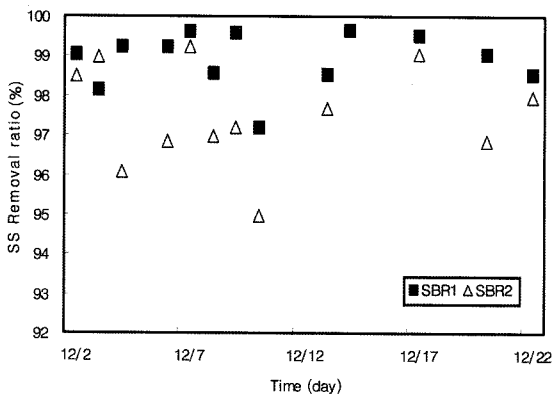


Fig. 5. Removal efficiency of SS.

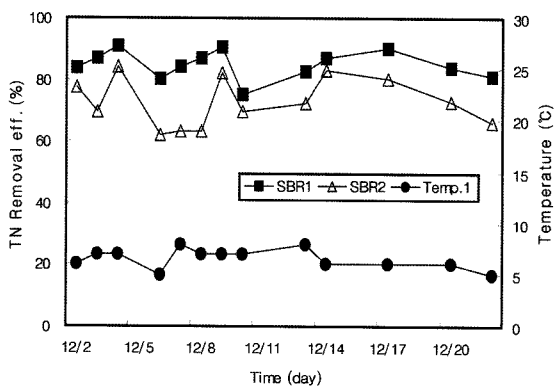


Fig. 6. Removal efficiency of T-N.

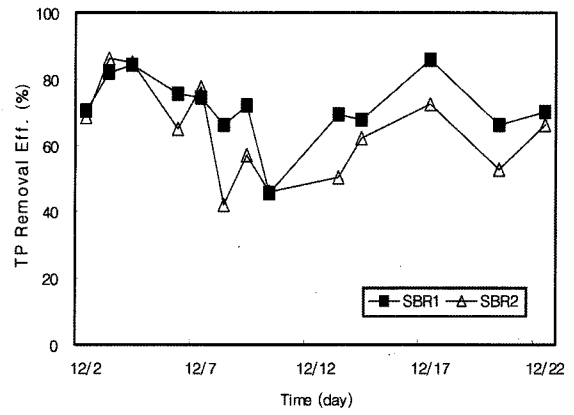


Fig. 7. Removal efficiency of T-P.

Fig. 8 및 9는 유입수 및 방류수의 NH₄⁺-N 및 NO₂⁻-N의 농도변화를 나타낸 그림으로 SBR 1 방류수의 NH₄⁺-N 및 NO₂⁻-N의 평균 농도는 0.779 및 0.133 mg/L이었으며, SBR 2 방류수의 NH₄⁺-N 및 NO₂⁻-N의 평균 농도는 1.622 및 1.519 mg/L로 질산화 효율 또한 SBR 1 반응조가 다소 높은 것으로 조사되었다. 그러나 동절기 저온의 조건에서 이전 연구자들³⁾의 연구결과와는 달리 질산화 반응에는 두 반응조 모두 큰 영향을 받지 않았던 것으로 조사되었다. 이는 질산화를 위한 aerobic조건에 비율이 다소 anoxic 조건보다 크고, 수리학적 체류시간이 24 hr으로 충분하였기 때문인 것으로 사료된다.

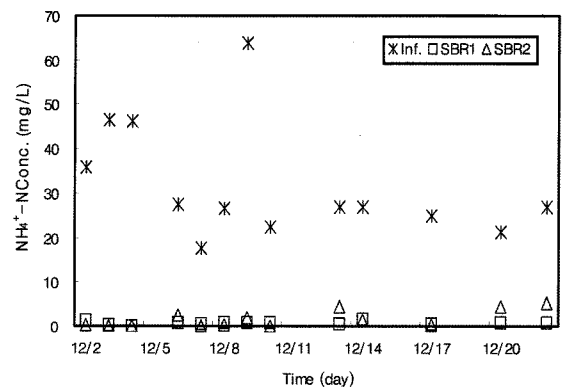


Fig. 8. Concentration of NH₄⁺-N for influent.

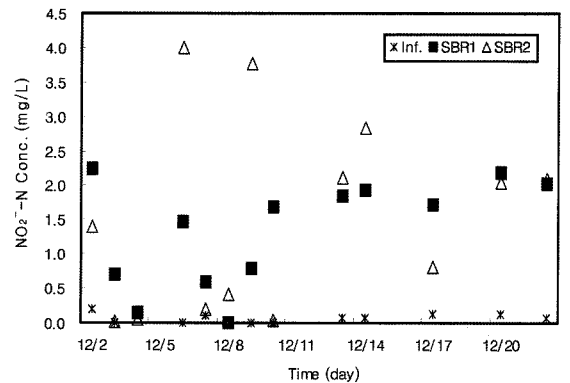


Fig. 9. Concentration of NO₂⁻-N for influent.

또한 SBR 1반응조의 경우 anoxic 및 anaerobic조건의 반응조와 aerobic 반응조가 동 시계열 내에 공존하며 질산화가 지속되고, 또한 anoxic 및 anaerobic조건의 반응조가 간벽이 open되면서 추가적으로 호기조로 바뀔 때 산소의 전달속도가 빨라 결과적으로 “상”의 변화속도가 빠르기 때문에 질산화 효율 측면에 있어서 SBR 2보다 다소 양호한 것으로 사료된다. Fig. 10은 유입수 및 방류수의 NO₃⁻-N 농도변화를 나타낸 것으로 SBR 1의 방류수 NO₃⁻-N 농도는 1.3~8.3 mg/L의 범위로 평균 4.6 mg/L로 나타났다. 또한 SBR 2의 방류수 NO₃⁻-N 농도는 3.2~15.3 mg/L의 범위로 평균 8.5 mg/L로 조사되었다.

Fig. 11은 유입수 및 방류수의 PO₄³⁻-P 농도변화를 나타낸 것으로 SBR 1의 방류수 PO₄³⁻-P 농도는 0.2~2.4 mg/L의 범위로 평균 1.0 mg/L로 나타났다. 또한 SBR 2의 방류수 PO₄³⁻-P 농도는 0.2~3.8 mg/L의 범위로 평균 1.4 mg/L로 조사되었다. 이는 상기 연구결과와 같이 SBR 1의 반응조건이 간벽을 이용한 지수 분할로 인하여 질산화반응과 탈질반응, 탈인 반응 조건인 aerobic, anoxic과 anaerobic 조건 제공에 있어 기존 공정보다 명확한 구분을 제공할 수 있고, 명확히 구분된 각 cell에 원수를 연속적으로 공급시켜 줌으로 인하여 유기탄소원을 효과적으로 이용할 수 있으며, 부수적으로 anoxic uptake 반응 효율등의 증가에 기인하여 SBR 1의 PO₄³⁻-P 제거효율이 높았던 것으로 사료된다.

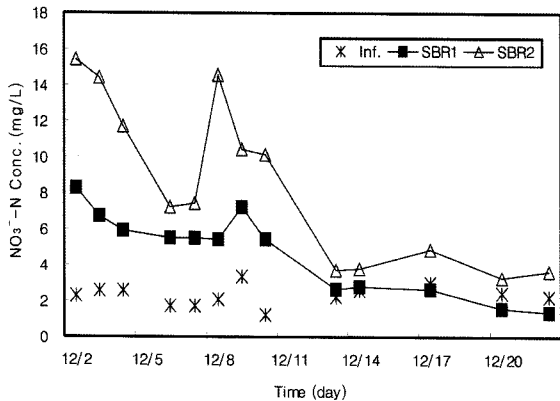


Fig. 10. Concentration of NO₃⁻-N for influent.

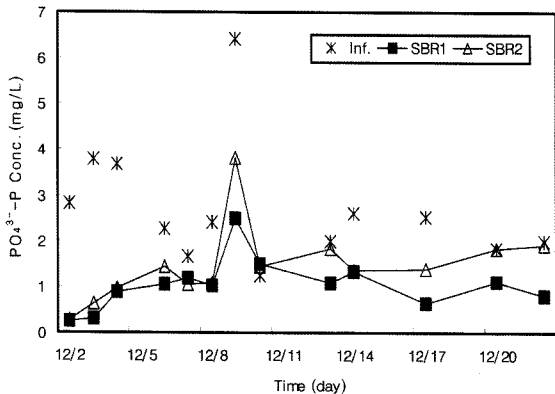


Fig. 11. Concentration of PO₄³⁻-P for influent.

3.2. 간헐포기 “상” 전환속도 비교결과

Fig. 12(a)는 F/M ratio 0.11의 조건하에서 가변형 간벽이 설치된 경우와 설치되지 않은 경우에 있어서 호기/무산소 “상” 전환속도를 ORP로 측정하고 선형화하여 그 기울기로 전환속도를 상대 비교한 그림이다. 가변형 간벽이 설치된 조건에서 2회 실험한 결과 기울기는 -99.23과 -93.29로 나타났으며, 간벽이 설치되지 않은 경우 기울기는 -50.45로 간벽을 설치할 경우 호기에서 무산소로의 전환속도가 상당히 빠르다는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 12(b)는 F/M ratio 0.11로 정상운전되는 반응조에 강수에 의해 일시적으로 유입수의 유기물 부하가 많이 낮아진 상태에서의 ORP변화를 가정한 실험으로서 그림에서와 같이 간벽이 설치된 경우 이전의 전환속도보다는 느리지만 -58.59와 -58.24를 나타내었으며, 간벽이 설치되지 않은 경우에 있어서는 4.04의 기울기로 오히려 ORP가 약간 증가하는 경향을 보였다.

Fig. 13은 F/M ratio를 0.17로 증가시켜 운전한 결과로서 MLSS의 농도가 낮아 이전의 결과보다 전체적으로 느린 ORP 감소속도를 보이고 있다. 이때의 “상” 전환속도는 간벽이 있을 경우 -36.54와 -34.95로 조사되었으며, 간벽이 설치되지 않았을 경우 3.48로서 호기에서 무산소로의 전환이 되지 않고 있음을 알 수 있다. 이와같이 MLSS의 농도가 낮은 조건

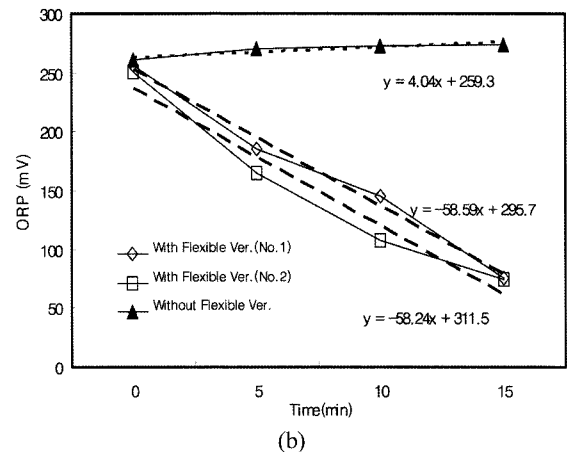
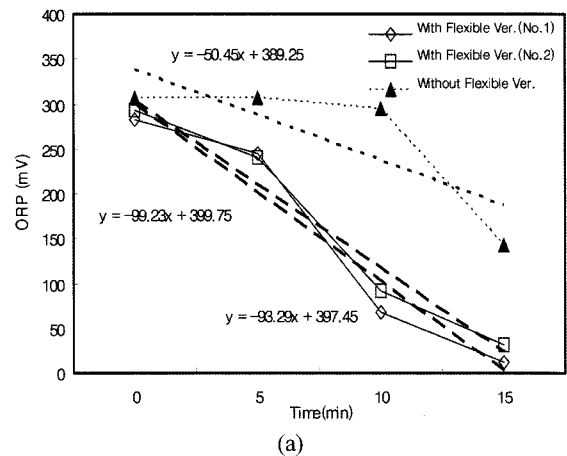


Fig. 12. The Variations of ORP according to dry season and rainy season to 2,000 mg/L as MLSS concentration.

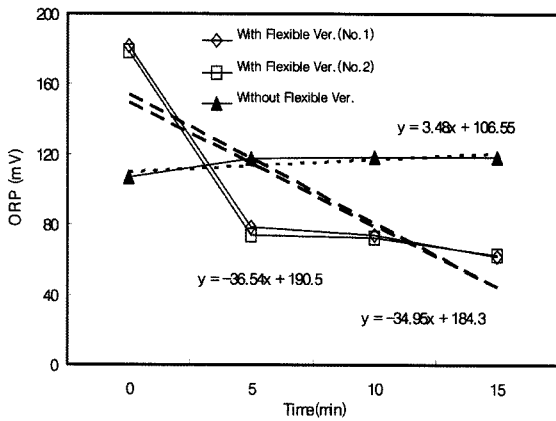


Fig. 13. The variation of ORP to condition of F/M ratio 0.17(as MLSS 1,300 mg/L).

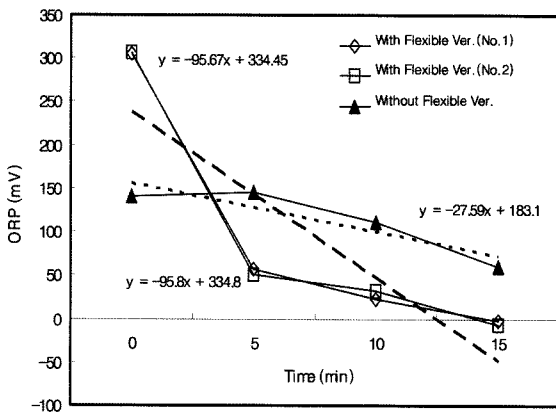


Fig. 14. The variation of ORP to condition of F/M ratio 0.06(as MLSS 3,500 mg/L).

하에서도 가변형 간벽을 설치한 조건이 호기에서 무산소로 “상” 전환이 빠르고 명확한 조건을 제공할 수 있는 것으로 조사되었다. 따라서 유입부하가 낮은 조건, 또는 강수량이 많은 우기에 유입부하가 낮아 부득이 MLSS의 농도를 낮게 유지하여야 할 경우라도 가변형 간벽을 설치함으로써 그렇지 않은 경우보다 탈질/탈인의 조건을 양호하게 제공할 수 있을 것으로 사료된다. Fig. 14는 F/M ratio를 0.06으로 위 조건들 보다 MLSS를 높게 유지한 상황에서 가변형 간벽이 설치된 조건과 그렇지 않은 조건에서의 “상” 전환속도를 비교한 것이다. 그림과 같이 가변형 간벽이 설치된 조건에서의 ORP 곡선은 -95.67과 -95.8의 기울기를 보였으며, 가변형 간벽이 설치되지 않은 경우 ORP 곡선은 -27.59의 완만한 기울기를 나타내었다. 상기 연구 결과에서와 같이 F/M ratio의 변화에 따른 ORP의 전체적인 영향은 있었으나, 가변형 간벽을 설치함으로써 한 반응조내에 서로 다른 “상”을 운전할 수 있고, “상” 전환시 서로 완충작용의 효과가 있었던 것으로 사료된다.

4. 결론

- 1) 가변형 간벽이 설치된 SBR(SBR1) 공법과 기존 재래식

SBR(SBR2) 공법의 BOD₅ 및 COD_C에 대한 제거효율은 97.5%와 97.3%, 91.5%와 90.4%로 효율상의 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 두 공정은 유기물 제거 효율면에 있어 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 조사되었다. 그러나 처리수의 SS농도와 제거효율에 있어 SBR1의 경우 98.9%이었으며, SBR2의 경우 97.6%로서 SBR 1의 SS 제거효율이 다소 높은 것으로 조사되었다. 이는 가변형 간벽을 설치하여 완전혼합 반응조의 여건을 제공하였기 때문에 반응조 내 순간혼합 효율 및 flocc 형성능력이 향상되었던 것으로 사료된다.

2) 가변형 간벽이 설치된 SBR(SBR1) 공법과 기존 재래식 SBR(SBR2) 공법의 영양염류 처리효율 비교 연구시 평균 유입 T-N, T-P농도는 55.6 mg/L와 4.7 mg/L이었다. 이때 SBR 1의 T-N 및 T-P 제거효율은 84.8% 및 71.5%이었으며, SBR 2의 경우 72.7% 및 63.9%로서 SBR1 반응조가 T-N 및 T-P 제거효율에 있어 약 12% 및 9% 높았다. 이는 상기 연구결과와 같이 SBR 1의 반응조건이 간벽을 이용한 지수 분할로 인하여 질산화반응과 탈질반응, 탈인반응 조건 제공에 있어 기존 공정보다 명확한 구분이 가능하고, 각 cell에 원수를 연속적으로 공급시켜 줌으로 인하여 유기탄소원을 효과적으로 이용할 수 있기 때문인 것으로 사료된다.

3) 가변형 간벽이 설치된 경우와 설치되지 않은 경우에 있어서 호기/무산소 “상” 전환속도를 ORP로 측정하고 선형화하여 그 기울기로 전환속도를 상대 비교한 결과 가변형 간벽을 설치함으로써 한 반응조내에 서로 다른 “상”을 운전할 수 있고, “상” 전환시 서로 완충작용을 함으로써 빠르고, 명확한 반응조건을 제시할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 빠른 “상” 전환속도로 인해 전체 간헐폭기 공정보다 상대적으로 긴 반응시간의 효과를 얻을 수 있어 전체적인 수리학적 체류시간을 줄일 수 있으며, 이러한 효과로 인해 향후 실 플랜트 적용시 시설비 및 유지관리비의 상당부분을 절감시킬 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2004년도 중소기업 기술혁신개발사업의 일환으로 중소기업청의 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Simpkins, M. J. and McLaren, A. R., “Consistent Biological Phosphate and Nitrate Removal in an Activated Sludge Plant. Prog.,” *Water Sci. Technol(G.B.)*, **10**(5/6), 433(1978).
2. Vinconneau, J. C., Hascoet, M. C., and Florentz, M., “The First Applications of Biological Phosphorus Removal in France,” *Proceeding of the International Conference, Management Strategies for Phosphorus in the Environment, Lisbon, Portugal, July, 1~4*(1985).

3. 원성연, 이상일, 김만수, “온도 및 Free ammonia농도에 따른 농축질화균의 질화반응에 미치는 영향인자 규명”, 대한환경공학회지, **21**(9), 1613~1620(1999).
4. Plisson-Saune, S, Capdevile, B., Mauret, M., Debuin, A., and Baptiste, P., “Real-Time Control of Nitrogen Removal Using Three ORP Bending Points; Signification, Control Strategy and Results,” *Water Sci. Technol.*, **33**(1), 275~280(1996).
5. Wareham, D. G., Kenneth, J. H., and Mavinic, D. S., “Real-Time Control of Wastewater Treatment System Using ORP,” *Water Sci. Technol.*, **28**(11~12), 273~282(1993).