

생물학적 질소·인 제거를 위한 SMMIAR(Submerged Moving Media Intermittent Aeration Reactor) 공정의 운전 특성

김 홍 태·김 학 석·김 규 창
경북대학교 토목공학과

(2002년 9월 30일 접수; 2003년 1월 3일 채택)

The Operating Characteristics of SMMIAR process for Biological Nitrogen · phosphorus Removal

Hong-Tae Kim, Hak-Seok Kim and Gyu-Chang Kim

Dept. of Civil Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
(Manuscript received 30 September, 2002; accepted 3 January, 2003)

This study was carried out to obtain the operating characteristics of SMMIAR process for biological nitrogen · phosphorus removal. SMMIAR was operated at HLR(Hydraulic loading rate) of 39.6, 52.8, 63.4 and 79.2 $\ell/m^2/d$ respectively and the operating parameters such as intermittent aeration time ratio of aerobic/anoxic, DO and microorganism concentration were changed to confirm the optimum operating condition. The concentrations of the wastewater BOD, TN(Total nitrogen) and TP(Total phosphorus) were 150, 30 and 7.5mg/ ℓ respectively. Achieving better removal efficiencies of BOD, TN and TP up to 90, 85.4 and 95.4% respectively, we must keep in operation condition of SMMIAR by 0.75 of time ratio of aerobic/anoxic and by minimum 45 minutes of oxic period simultaneously.

Key words : SMMIAR process, HLR, Intermittent Aeration, Media.

1. 서 론

부착 미생물을 이용한 영양소 제거에 관한 연구는 미디어에 부착된 미생물을 이용하면 미생물의 체류시간이 길어지고, 고농도의 미생물을 유지할 수 있어 특히 질소제거에 유리하기 때문에 많이 사용되고 있다.¹⁾ 그러나, 부착성장 반응조에 의한 질소, 인의 동시 제거에 관한 연구는 그 처리효율에 있어서 그다지 높은 효과를 나타내지 못하며²⁾, 그 운전 방식이 까다로와 적용성에 많은 어려움을 겪고 있다. SMMIAR 공정은 회전매체를 가진 반응조에 간헐포기 방식을 채택한 공법으로 반응기 내에 다양한 미생물이 증식할 수 있고, 슬러지 일령이 길며, 슬러지의 자산화가 촉진되기 때문에 폐슬러지의 발생량이 적은 이점이 있다. 그리고, 간헐포기 방식을 이용함으로써 포기비용 절감³⁾과 더불어 질소와 인

을 효과적으로 해결할 수 있는 장점을 가지고 있으며⁴⁾, 다양한 미생물종이 군집을 형성함으로써 온도나 pH 변동, 충격부하 및 슬러지 부상 등과 같은 문제점을 줄일 수 있다.⁵⁾

본 연구에서는 일반적인 부유 성장 공법보다 집적적인 공정으로 생물학적으로 유기물질, 질소, 및 인을 동시에 제거하기 위하여 타이머에 의해 주기적인 포기 단속이 가능한 SMMIAR와 혐기조를 연결하여 인 섭취와 질산화 및 탈질 소화를 동시에 수행하였다. 그리고 SMMIAR공정을 보다 효과적으로 이용하기 위하여 가장 중요한 운전인자로 포기/비포기 시간비가 명확히 설정되어, 다양한 폐수의 특성에 적합한 운전 지표를 확립할 필요가 있다. 이를 위하여 유입수의 BOD농도가 150mg/L인 실제 도시하수를 이용한 SMMIAR 공정을 적용하여 다양한 수리학적 부하율(Hydraulic Loading Rate)을 적용하여 최적의 포기/비포기 시간을 찾기 위하여 수행되었다.

Corresponding Author : Hong-Tae Kim, Dept. of Civil Engineering, Kyungpook Nat'l Univ., Daegu 702-701, Korea
Phone : +82-53-950-5611
E-mail : htkim@knu.ac.kr

2. 재료 및 방법

2.1. 모형실험장치

본 연구에 적용한 모형실험 장치의 온도는 항온실에서 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지하였고, 실험실 규모의 모형 실험장치는 Fig. 1과 Table 1에 각각 나타내었다. 반응조의 구성은 혐기조 · SMMIAR · 침전조 순서로 배열하였으며, 유입수는 혐기조로 유입하여 단계적으로 이송되었다. 실험에 사용한 반응기의 유효 용량은 혐기조 3ℓ, SMMIAR 10ℓ이며, 재질은 아크릴 수지로 제작하였고, 침전지는 2ℓ로 유리로 제작하였다. SMMIAR의 크기는 가로×세로×높이가 33cm×19cm×26cm인 장방형으로 제작되었으며, Timer를 연결시킨 포기기에 의해 하부의 산기관에서 산소를 일정시간 마다 공급하며, 발생하는 기포에 의한 회전원판에 부착된 미생물의 탈리를 방지하기 위하여 Baffle를 횡방향으로 설치하였다. 또한, 반응조 바닥에는 좌우 측벽부터 내부로 중방

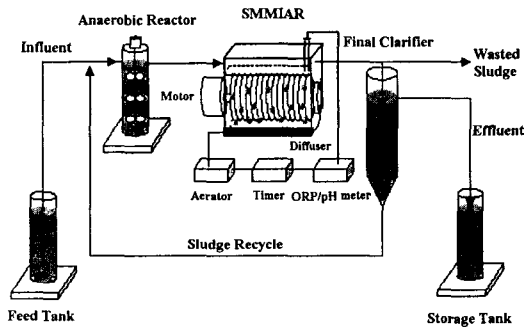


Fig. 1. Schematic diagram of the laboratory scale reactor.

Table 1. Description of reactor

| Items | Description |
|------------------------|--|
| AR (Anaerobic reactor) | Cylindrical acrylic plastic : $\varnothing 10\text{cm} \times \text{H}50\text{cm}$ Effective volume : 3 ℓ |
| SMMIAR | Rectangular acrylic plastic : $\text{W}33 \times \text{L}19 \times \text{H}26\text{cm}$ Effective volume : 10 ℓ |
| Final Clarifier | Round glass cylinder, Effective volume : 2 ℓ |
| Moving Media | Number of moving media (EA) : 19 Moving media diameter(mm) : 160 Moving media thickness(mm) : 1.5 Moving media spacing(mm) : 14 Moving media material : Acryl Shaft diameter(mm) : 15 Media surface Area(m^2) : 0.7573 SMMIAR volume / media surface area (ℓ/m^2) : 11.78 Submerged area (%) : 100 Moving media revolution velocity : 0.15 m/s |

향 경사를 두었으며, 그 측벽 하단부에 지름 10mm의 토출구를 설치하여 탈리되어 반응조 바닥으로 침전되는 슬러지를 배제할 수 있도록 하였다. SMMIAR 내부에 설치된 원형 회전매체는 아크릴 수지로 제작되었고, 전체 19개로 직경은 16cm이며, 각각의 설치 간격은 14mm로 회전원판의 유효면적은 0.7573m^2 이며, 표면적 당 반응조의 용적비는 $11.78 \ell/\text{m}^2$ 이다. 회전원판은 구동 Motor에 연결되어 있으며, Motor에는 감속장치를 부착하여 회전속도를 자유롭게 조정할 수 있도록 하였다. 반응조의 반송유량은 유입유량의 100%로 일정하게 하였다.

2.2. 운전

SMMIAR 반응조의 수리학적 체류시간(HRT)은 8hrs, 6hrs, 5hrs, 4hrs로 변동시키면서 본 연구를 수행하였으며, 운전조건은 Table 2와 같다. 미생물 체류시간(SRT)는 수리학적 체류시간당 조금 차이가 있으며, 2차 침전지에서 혐기조로의 슬러지 반송율은 100%로 유입유량과 동일하게 운전하였다. SMMIAR 내 DO 농도는 포기 말단에서 $3.0 \sim 5.5\text{mg}/\ell$ 로 변화를 주었으며 비포기시, 약 7분 이내에 $0.5\text{mg}/\ell$ 이하로 감소하여 무산소 조건이 효과적으로 수행되었다.

2.3. 유입수의 성상

본 실험에 사용된 유입수는 도시하수 처리장으로

Table 2. Operating conditions

| HRT (hrs) | Run No. | Oxic/Anoxic | | | | HLR ($\ell/\text{m}^2/\text{day}$) | SMMIAR/AR MLSS (mg/ℓ) | SRT (day) |
|-----------|---------|-------------|------------------|------------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| | | Time (min) | Total time (min) | Time ratio | DO ratio (mg/ℓ) | | | |
| 8 | I | 30/60 | 160/320 | 0.5 | 5.5/0.1 | 39.6 | 2250/1750 | 19 |
| | II | 45/60 | 205.7/274.3 | 0.75 | 4.5/0.1 | | | 16 |
| 6 | I | 30/30 | 180/180 | 1 | 3.0/0.1 | 52.8 | 3600~4400/3000~3500 | 15 |
| | II | 30/45 | 144/216 | 0.67 | 5.5/0.1 | | | |
| | III | 30/60 | 120/240 | 0.5 | 4.5/0.1 | | | |
| | IV | 45/45 | 180/180 | 1 | 5.5/0.1 | | | |
| | V | 45/60 | 154.3/205.7 | 0.75 | 3.0/0.1 | | | |
| 5 | I | 45/45 | 150/150 | 1 | 4.5/0.1 | 63.4 | | 13 |
| | II | 45/60 | 128.6/171.4 | 0.75 | 4.5/0.1 | | | |
| 4 | I | 45/60 | 102.8/137.1 | 0.75 | 3.0/0.1 | 79.2 | | 11 |

Note) HLR : Hydraulic loading rate
SRT : Sludge retention time
Total time : oxic/anoxic total time during HRT

생물학적 질소·인 제거를 위한 SMMIAR(Submerged Moving Media Intermittent Aeration Reactor) 공정의 운전 특성

유입되는 도시하수를 채취하여 사용하였다. 사용된 유입수의 성상은 Table 3에 나타내었다.

3. 실험결과 및 분석

3.1. 유기물질 제거 효율

유기물질 제거효율은 전체적으로 운전형태, 즉 포기/비포기 시간, DO농도, 미생물 농도에 관계없이 유입수에 대한 유출수의 TBOD는 약 90%, TCODcr은 약 91% 제거효율을 나타내었다. 생물학적 과잉인 제거 메카니즘에서 인축적미생물은 세포내에 탄수화물의 일종인 PHB(Poly-β-hydroxybutyrate)의 형태로 발효생성물을 저장하는 과정에서 유입되는 유기물질을 이용하는 것으로 알려져 있다⁶⁾. 본 연구에서 유기물질 제거효율이 높게 나타난 것은 혐기조에서 인 제거 미생물이 인을 방출하는 과정에서 유기물질의 약 70~80%를 소모하며^{7,8)}, SMMIAR로 유입 후 부착 미생물이 세포합성과 탈질소화의 에너지원으로 유기물질을 섭취하였기 때문으로 사료된다.

Table 3. Characteristics of wastewater

| parameters | Range Concentration (mg/ℓ) | Average (mg/ℓ) |
|------------------------|-------------------------------|----------------|
| TBOD | 145.9 ~ 161.1 | 157.0 |
| TCODcr (SCODcr) | 251.0 ~ 299.0 (110.0 ~ 190.0) | 285.0 (165.0) |
| TSS (VSS) | 50.0 ~ 73.0 (24.0 ~ 44.0) | 61.0 (32.0) |
| TKN | 22.0 ~ 29.8 | 28.0 |
| NH ₃ -N | 17.9 ~ 25.5 | 22.0 |
| NO ₃ -N | 0 ~ 0.3 | 0.1 |
| TP(Total phosphorus) | 6.4 ~ 9.2 | 7.7 |
| SP(Soluble phosphorus) | (6.1 ~ 7.0) | (6.7) |

3.2. 질소 제거

Table 6과 Fig. 2, 4에는 본 공정에 의한 질소 제거효율 및 처리수의 농도에 관한 운전 결과를 나타내었다.

TN제거효율은 HRT가 8시간이고 포기/비포기 시간비가 45/60분(8-II)일 때 82%, HRT가 6시간이고 포기/비포기 시간비가 30/60분(6-III)일 때 88.5%, HRT가 6시간이고 포기/비포기 시간비가 45/60분(6-V)일 때 82.9%, HRT가 5시간이고 포기/비포기

Table 4. Analytical Method and Instrument

| parameters | Analytical Method and Instrument |
|--------------------|--|
| BOD | Modified Azid Winkler method |
| CODcr | K2Cr2O7 Closed Reflux Method Hot block baths: Model TB-620 Spectrophotometer: SPECTRONIC 20D+(MILTON ROY) |
| NO ₃ -N | Burcine Sulfate Colorimetric Method Spectrophotometer: SPECTRONIC 20D+(MILTON ROY) |
| NH ₄ -N | Nesslerization Method Vacuum pump: Model No. 0523-V4-G180DX Spectrophotometer: SPECTRONIC 20D+(MILTON ROY) |
| P | Ammonium-Persulfate Digestion and Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method Vacuum pump: Model No. 0523-V4-G180DX |
| MLSS | Gravimetric Method Glass fiber filter: Gelman Science Type A/E Vacuum pump: Model No. 0523-V4-G180DX Drying oven: Precision Incubator Furnace: NEY 2-525 SERIESE II Balance: METELER AT561 DeltaRange |
| pH | Portable pH Meter, Model 590A(ORION) |
| DO | YSI MODEL 57 OPERATING INSTRUCTIONS |

Table 5. Operating results of organic matters removal

| HRT (hrs) | Run No. | Influent (mg/ℓ) | | | Anaerobic effluent and removal efficiency | | Effluent (mg/ℓ) | | | Removal efficiencies (%) | | |
|-----------|---------|-----------------|--------|--------|---|------------|-----------------|--------|-------|--------------------------|--------|-------|
| | | TCODcr | SCODcr | TBOD | SCODcr (mg/ℓ) | SCODcr (%) | TCODcr | SCODcr | TBOD | TCODcr | SCODcr | TBOD |
| 8 | I | 281.90 | 158.10 | 159.00 | 49.10 | 68.75 | 32.80 | 17.40 | 14.30 | 88.10 | 89.00 | 91.00 |
| | II | 291.00 | 225.00 | 153.00 | 38.00 | 83.50 | 28.10 | 18.60 | 9.20 | 90.34 | 91.73 | 93.98 |
| 6 | I | 286.00 | 137.70 | 161.10 | 23.00 | 83.30 | 19.80 | 9.50 | 10.80 | 93.08 | 93.1 | 93.30 |
| | II | 283.00 | 151.00 | 157.00 | 28.60 | 81.10 | 23.00 | 13.50 | 9.70 | 91.87 | 91.06 | 93.82 |
| | III | 289.00 | 137.20 | 157.00 | 21.00 | 84.70 | 15.40 | 18.50 | 11.00 | 94.67 | 86.60 | 93.00 |
| | IV | 288.00 | 120.00 | 167.00 | 29.00 | 75.80 | 20.00 | 13.90 | 8.00 | 93.05 | 88.40 | 95.20 |
| | V | 299.00 | 195.00 | 161.00 | 39.00 | 80.00 | 29.40 | 16.10 | 16.80 | 90.17 | 91.70 | 89.60 |
| 5 | I | 289.00 | 171.00 | 155.60 | 36.10 | 77.40 | 18.50 | 15.50 | 15.60 | 93.60 | 91.00 | 90.00 |
| | II | 251.00 | 158.40 | 154.00 | 35.00 | 71.00 | 22.00 | 18.80 | 17.30 | 91.20 | 88.10 | 88.70 |
| 4 | I | 292.00 | 191.80 | 145.90 | 29.40 | 84.20 | 21.80 | 20.60 | 12.40 | 92.50 | 89.30 | 91.50 |

시간비가 45/60분(5-II)일 때 85.9%, HRT가 4시간 이고 포기/비포기 시간비가 45/60분(4-I)일 때 81.9%로 높게 나타났다. 이 때의 공통점은 모두가 비포기 시간이 60분으로 나타났으며, 가장 높은 제거 효율은 6-III에서 나타났지만 포기/비포기 시간 중 인 섭취에 적합한 포기 45분을 고려하면 5-II로 운전하는 것이 적합하다고 사료된다. 또한 Fig. 2에서는 동일 포기/비포기 시간에서 수리학적 부하율(HLR)이 증가할수록 질산화는 감소하는 현상을 보였으나 전반적인 TN 제거효율은 증가하다가 다시 감소하는 현상을 보였다. 이는 수질보다 처리수량의 증대로 반응 접촉체류시간이 짧아짐으로써 처리수질의 저하를 나타낸다는 연구⁹⁾와 동일한 현상을 보였다.

Table 2의 HRT당 포기/비포기 총 시간을 기준으로 하면, 동일 비포기 시간에 대한 질산화율은 포기 시간이 길수록 높았으며, 동일 포기 시간에 대한 탈질율은 비포기 시간이 길수록 높았다. Cycle 당 포기/비포기 시간비가 1:1로 동일한 6-I과 6-IV의 경우, 6-IV는 포기 기간이 45분으로 6-I의 30분 보다

길어서 질산화율은 약 92%로 84%보다 더 높았지만, 비포기 시간이 45분으로 최적 탈질을 나타내는 60분 보다 짧아져 질산성 질소의 농도가 높아져 전체적인 TN제거효율은 78%로 6-I과 비슷하였다. 결과적으로 Fig. 3에 나타난 바와 같이 질소제거효율은 질산화율 보다, SMMIAR에서 적절한 탈질을 위한 비포기 시간으로 60분을 요구하고 있다.

3.3. 인 제거

Table 7과 Fig. 2, 3에는 본 공정에 의한 인 제거 효율 및 처리수의 농도에 관한 운전 결과를 나타내었다. TP제거효율은 HRT가 8시간이고 포기/비포기 시간비가 45/60분(8-II)일 때 91%, HRT가 6시간이고 포기/비포기 시간비가 45/60분(6-V)일 때 90.4%, HRT가 5시간이고 포기/비포기 시간비가 45/60분(5-II)일 때 89.8%, 그리고, HRT가 4시간이고 포기/비포기 시간비가 45/60분(4-I)일 때 87%로 나타났으며, 모두 포기/비포기 시간 45/60분이다. 그리고, HRT가 8시간이고 포기/비포기 시간비가 45/60분(8-II)일 경우 91%로 가장 높은 제거효율을 나타내었다.

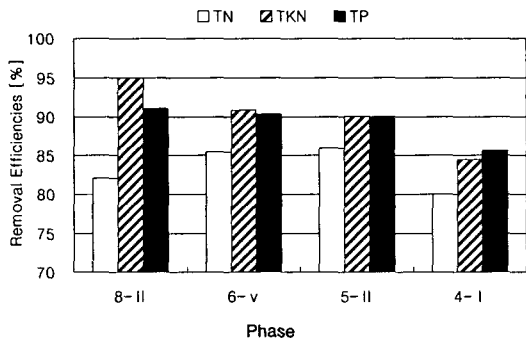


Fig. 2. Removal efficiencies of TN & TP in each Run (45/60).

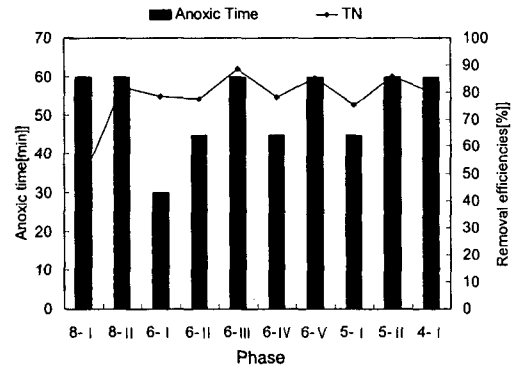


Fig. 3. TN Removal efficiencies & anoxic time.

Table 6. Operating results of nitrogen

| HRT (hrs) | Run No. | Influent (mg/l) | | Anaerobic eff. (mg/l) | Final eff. (mg/l) | | | Final removal efficiencies(%) | |
|-----------|---------|-----------------|------|-----------------------|-------------------|-----------------|------|-------------------------------|-------|
| | | TKN | TN | NO ₃ | TKN | NO ₃ | TN | TKN | TN |
| 8 | I | 22.0 | 22.3 | 0.30 | 10.60 | 0.60 | 11.2 | 51.81 | 48.00 |
| | II | 29.8 | 30.1 | 0.50 | 1.49 | 3.91 | 5.4 | 95.00 | 82.00 |
| 6 | I | 27.9 | 28.0 | 0.50 | 4.50 | 1.48 | 5.9 | 83.87 | 78.60 |
| | II | 23.4 | 23.7 | 0.60 | 3.08 | 2.22 | 5.3 | 86.83 | 77.60 |
| | III | 29.3 | 29.4 | 0.26 | 2.31 | 1.09 | 3.4 | 92.12 | 88.50 |
| | IV | 22.0 | 22.2 | 0.24 | 1.86 | 2.94 | 4.8 | 91.55 | 78.20 |
| | V | 29.4 | 29.4 | 0.50 | 2.70 | 1.62 | 4.3 | 90.82 | 85.40 |
| 5 | I | 24.4 | 24.5 | 0.45 | 3.15 | 2.85 | 6.0 | 87.10 | 75.70 |
| | II | 26.2 | 26.2 | 0.60 | 2.60 | 1.09 | 3.7 | 90.08 | 85.90 |
| 4 | I | 25.6 | 25.9 | 0.30 | 4.00 | 1.20 | 5.2 | 84.38 | 80.00 |

생물학적 질소·인 제거를 위한 SMMIAR(Submerged Moving Media Intermittent Aeration Reactor) 공정의 운전 특성

Table 7. Operating results of TP(Total phosphorus) and SP(Soluble phosphorus)

| HRT (hrs) | Run No. | Influent (mg/ℓ) | | An. eff. (mg/ℓ) | An. release ratio (%) | Effluent (mg/ℓ) | | Rem. eff. (%) | |
|-----------|---------|-----------------|------|-----------------|-----------------------|-----------------|------|---------------|-------|
| | | TP | SP | SP | SP | TP | SP | TP | SP |
| 8 | I | 7.90 | 6.96 | 9.04 | 130 | 7.44 | 6.32 | 5.80 | 9.20 |
| | II | 8.70 | 6.90 | 14.49 | 210 | 0.78 | 0.59 | 91.03 | 91.45 |
| 6 | I | 8.25 | 6.62 | 28.47 | 430 | 3.75 | 3.14 | 54.54 | 52.60 |
| | II | 7.20 | 6.13 | 21.45 | 350 | 4.10 | 2.98 | 43.06 | 51.39 |
| | III | 8.40 | 6.55 | 26.20 | 400 | 3.70 | 3.05 | 56.00 | 53.43 |
| | IV | 8.70 | 6.95 | 20.15 | 290 | 2.78 | 1.91 | 68.04 | 72.52 |
| | V | 8.30 | 6.87 | 22.00 | 320 | 0.80 | 0.52 | 90.36 | 92.43 |
| 5 | I | 6.49 | 6.20 | 15.60 | 251 | 2.45 | 1.65 | 62.24 | 73.40 |
| | II | 8.80 | 6.67 | 20.10 | 300 | 0.90 | 0.75 | 89.80 | 88.75 |
| 4 | I | 9.20 | 6.61 | 17.18 | 260 | 1.20 | 0.95 | 87.00 | 85.60 |

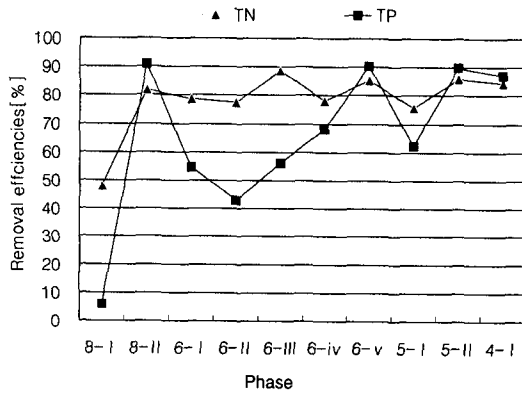


Fig. 4. Removal efficiencies of TN and TP.

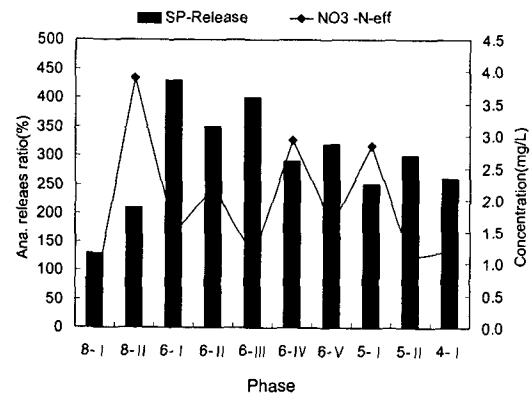


Fig. 5. SP Release ratio and NO₃-effluent in each Phases.

또한, Fig. 2에서 수리학적 부하율(HLR)이 증가함에 따라 인제거 효율은 감소되는 현상을 보였다. 이는 유입수량의 증대로 처리수질의 저하를 나타내는 것으로^{10,11)} 유기물질 제거효율 및 질소 제거효율과 동일한 결과이다. 이는 회전원판을 사용하는 공법에서는 유기물질 부하율보다 수리학적 부하율에 더 많은 영향을 받는다는 연구결과와 일치한다.¹⁾

Table 2에서 포기/비포기 시간 중 포기시간을 기준으로 45분인 8-II, 6-V, 5-II 및 4-I은 공통적으로 90% 정도의 높은 인 제거효율을 나타내었다. 그러나, 동일한 포기시간으로 45분의 6-IV, 5-I은 60~72%의 낮은 제거효율이 나타났는데, 이는 비포기 시간이 앞선 조건의 60분에 비해 45분으로 15분의 차이가 원인인 것으로 판단된다.

다시 말해서, Fig. 5를 보면 비포기 시간이 길면, 탈질율의 증가로 낮은 농도의 질산성 질소가 혐기조로 반응이 되어 높은 인 방출과 동시에 인제거 효율의 증가로 나타났다. 이는 인의 제거효율을 높이

기 위해서는 혐기조에 유입되는 DO나 Nitrate의 양이 최소화 되어야 한다는 연구결과와 잘 일치한다¹²⁾. 즉 Nitrate가 반응조의 Redox potential을 증가시키고 인 방출을 촉진시키는 anaerobic stress를 감소시키는데 기인하므로 질소제거효율이 증가하면 인 방출율이 증가되며, 결과적으로 인 제거효율 또한 증가된다¹³⁾. 그러나, Table 7에서 430%와 400%의 높은 인 방출율을 보인 6-I과 6-III이 50% 안팎의 낮은 인 제거효율을 나타내어 전체적인 인 제거효율은 감소하였으나, 방출된 인의 양에 대한 포기단계에서의 인 섭취율은 87%와 86%로 높게 나타나 인방출율과 인제거 효율은 비례하는 것으로 밝혀졌고, 단지 방출된 인의 섭취를 위한 포기시간으로 30분의 포기주기는 짧으며, 적어도 45분 이상의 포기시간이 필요한 것으로 판단된다.

3.4. 질소·인 제거의 최적 운전특성

Table 7에서 HRT당 전체 포기시간을 비교해 볼

때, HRT가 6hrs일 때 6-I과 6-IV는 총 포기시간이 180분으로 가장 길지만 TP 제거효율은 약 50%와 72%로 낮고, 그와 반대로 포기시간이 120분으로 가장 짧은 6-III 역시 50% 정도로 저조한 효율을 보였다. 그러나, 전체 포기시간 154분인 6-V는 인 제거효율이 90% 이상으로 가장 높게 나타났다.

HRT가 5hrs인 5-II는 전체 포기시간 129분으로 동일한 체류시간인 5-I의 150분보다 짧아도 인 제거효율이 높아 총포기시간이 길면 인 제거효율이 향상될 것이라는 기대를 벗어났다. 이는 미생물의 인위적인 환경변화에 적응시간이 필요하며¹⁴⁾, HRT 당 포기/비포기의 전체시간을 기준으로 운전하는 것은 부적절하며, 이를 보완하기 위하여 포기/비포기 시간비를 0.75 부근에서 운전하는 것이 필요하다. 동시에 포기시간이 최소 45분은 유지하여야 질소와 인의 동시제거를 위한 최적의 효율을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

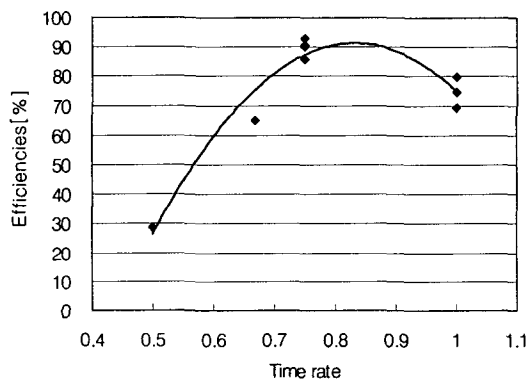


Fig. 6. Oxic/Anoxic rate & N, P removal efficiencies.

4. 결 론

혐기조를 가진 SMMIAR 공정의 BOD 150mg/L의 실제폐수 처리에 있어, 수리학적 체류시간(HRT)을 8hrs, 6hrs, 5hrs, 4hrs로 변화하여 분석한 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 유기물질 제거효율은 수리학적 부하율, 포기/비포기 시간에 관계없이 TBOD는 약 90%, TCOD는 약 91%의 제거효율을 나타내었다. 또한, 혐기조에서 많은 유기물질의 제거는 인 방출율과 비례하여 나타났다.
- 2) 질소 제거효율은 8-II일 때 82%, 6-V는 82.9%, 5-II는 85.9%, 4-I은 81.9%로 높게 나타났으며, 포기/비포기 시간비가 0.75로 동일하게 나타났다. 그리고 6-III(30/60)은 88.5%로 질소제거율이 가장 높았으나, 인 제거 효율이 53.4%로 저조하여 적절한 운전인자의 확립에서 제외되었다.

- 3) 인 제거효율은 8-II일 때 91%, 6-V는 90.4%, 5-II는 89.8%, 4-I은 87%로 높게 나타났으며, 포기시간 30분은 인 제거를 수행함에 있어 짧은 시간이며, 최소 포기시간이 45분 이상에서 높은 처리효율을 나타내었다.
- 4) 그러므로질소와 인의 동시제거를 위한 SMMIAR의 효과적인 운전방식은 다음과 같다.
첫째, 포기/비포기 시간 중 포기 시간은 45분 이상을 유지하여야 한다.
둘째, 포기/비포기 시간 비는 0.75 정도에서 최적의 운전결과를 기대할 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 정재춘, 조남영, 1993, 회전 원판법, 동화기술, 1장.
- 2) Barnes, D., P. J. Bilss., 1983, Biological control of nitrogen in wastewater treatment, E. & F. N. Spon Ltd, London.
- 3) Kootatep, S., C. Leesangga, and H. Araki, 1993, Intermittent aeration for nitrogen removal in small aerated lagoon, Wat. Sci. & Tech., 28(10), 433-442.
- 4) Sumiuo Masuda, et al., 1988, Simultaneous Nitrification and Denitrification in a RBC, Fixed film biological process for wastewater treatment, 227-245.
- 5) Kim, H. T., 1997, The Simultaneous Removal of organic matters and Nutrients Using High-rate Anaerobic Reactor and Moving Media Intermittent Aeration Reactor, J. Environ. Sci. Health, A43, 2657-2667.
- 6) Barnard, J. L., 1974, Cut P and N without Chemicals-Part 1 and 2, Water Waste Eng., 11, 33-41.
- 7) Jones, M. and T. Stephenson, 1997, The effect of Temperature on enhanced biological phosphate removal, Water Environment Reserch, Literature Review, June, 469.
- 8) Wenzel, M. C., G. A. Ekama, et al., 1988, Enhanced Polyphosphate Organism culture in Activated Sludge Systems Part I, Water SA, 14, 81-92.
- 9) 金子欣司, 1977, 回轉圓板法에 있어서 維持管理, 用水와 廢水, 19(7).
- 10) Dawing, A. L., H. A. Painter, and G. Knowles, 1964, Nitirification in the Activated Sludge Process, J. Ind. Sew. Purif., Part 2, 130-145.
- 11) Geinopoles, A. G., 1971, Nitrogen remval : A

생물학적 질소·인 제거를 위한 SMMIAR(Submerged Moving Media Intermittent Aeration Reactor) 공정의 운전 특성

- Literature review, JWPCF, 44, 8.
- 12) Barnard, J. L., 1983, Design Consideration regarding phosphate removal in activated sludge plant, Wat. Sci. Tech., 15, 319-328.
- 13) Randall, C. W., et al., 1992, Design and retrofit of wastewater treatment plants for biological nutrient removal, Technomic Publishing co. InC.
- 14) Painter, H. A., 1970, A review of literature on inorganic nitrogen metabolism in microorganisms, Wat. Res., 4(6), 393-450.